

๕๕๑

ส๑๓๑๗

**ผลงานวิจัย บทความ
และเอกสารทางวิชาการ
(บางส่วน)**

ของ

ผศ. ดร. เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา

๒๓ ก.ค. ๒๕๕๗

**ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**

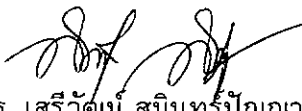
๒๕๕๕

h 248973

คำนำ

เอกสารเล่มนี้ประกอบด้วย ผลงานวิจัย บทความ และเอกสารทางวิชาการ รวมทั้งสิ้นจำนวน 11 เรื่อง ซึ่งเป็นผลงานเพียงบางส่วนของผู้เสนอขอเลื่อนตำแหน่งทางวิชาการเป็นรองศาสตราจารย์ ผลงานเหล่านี้ยังมีเคยถูกนำไปใช้ในการเสนอขอเลื่อนตำแหน่งทางวิชาการใด ๆ มาก่อน แต่ผู้เรียบเรียงได้นำออกเผยแพร่ในลักษณะต่าง ๆ แล้ว เช่น การตีพิมพ์ในวารสาร การมอบให้สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ การใช้ประกอบการสอนนิสิตในวิชาต่าง ๆ เช่น วิชา วท 101 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับสิ่งแวดล้อม และวิชาอื่น ๆ รวมทั้งการแจกจ่ายแก่ผู้สนใจ

เพื่อความสะดวกของผู้พิจารณา และหวังว่าเอกสารคงจะมีประโยชน์ต่อผู้ที่จะนำไปใช้ในโอกาสอื่น ผู้รวบรวมจึงได้จัดเรียงลำดับผลงานไว้ในเล่ม ตาม พ.ศ. ที่จัดทำ จากเรื่องล่าสุดไปจนถึงเรื่องที่จัดทำอันดับแรก ผู้รวบรวมขอขอบคุณผู้พิจารณา และผู้อ่านมาเป็นอย่างสูง


(ผศ. ดร. เสรีวัฒน์ สมิณฑรปัญญา)

สารบัญ

	ลำดับที่
Ti-Fe mineral inclusions in star sapphires from Thailand	1
มอยซาไนต์ (Synthetic Moissanite) เพชรเลียนแบบชนิดใหม่	2
การพัฒนาคุณภาพอัญมณี Gemstone Enhancement	3
เครื่องมือในการวิเคราะห์อัญมณี	4
การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง เยาวชนกับทรัพยากรอัญมณีและสิ่งแวดลอม - ธรณีกายภาพภาคตะวันออกเฉียงของประเทศไทย - การทำเหมืองพลอยภาคตะวันออกเฉียงของไทย - ธรณี – สิ่งแวดลอมสัญจร	5
การสำรวจปริมาณและแหล่งน้ำทิ้งที่ไหลลงคลองแสนแสบ	6
การสำรวจธรณีสัณฐานและธรณีวิทยาด้วยภาพถ่ายดาวเทียม	7
พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร	8
รายงานการสำรวจ ธรณีวิทยาเบื้องต้นในท้องที่อำเภอหนองบัว จังหวัดเลย	9
พลังงานความร้อนใต้พิภพ	10
เอกสารประกอบการฝึกภาคสนามเบื้องต้นวิชา GE 234 หลักภูมิศาสตร์- กายภาพ กรุงเทพฯ – เขาสามร้อยยอด ประจวบคีรีขันธ์	11

ลำดับที่ 1

Ti-Fe MINERAL INCLUSIONS IN STAR SAPPHIRES FROM THAILAND

Seriwat Saminpanya PhD, FGA, GG
Srinakharinwirot University, Bangkok, Thailand

ABSTRACT

Star sapphires from Bang Kacha, Chanthaburi province, Thailand were investigated for their iron and titanium contents with regard to exsolved needles and mineral inclusions. The instrument used was the EPMA-WDS (Electron Probe Microanalysis - Wavelength Dispersive Spectrometer), with the techniques of element mapping and spot analyses. The results suggest that the exsolved 'needles' are not rutile or hematite as stated in literature. The 'needles' are probably a mineral of the ilmenite-hematite series, ilmenite, or a spinel; while other opaque inclusions are magnetite-hercynite.

Keywords: Electron microprobe, Ti-Fe mapping, exsolved 'needle', corundum, point analysis, ilmenite-hematite, spinel.

INTRODUCTION

Star corundums from Thailand are composed chiefly of black star and golden star sapphires (Hughes, 1997). These are found in association with other varieties (e.g. blue-green, yellow sapphires) in the alluvium derived from alkali basalts at, for example, Bang Kacha, Bo Phloi, Den Chai and Nam Yun. Bang Kacha is the locality where star sapphires are found more abundantly and in larger average size than elsewhere in Thailand. Moon & Phillips (1984, 1985, 1986) proved by electron diffraction methods that the 'silk' in black Australian sapphire consisted of solid solutions of minerals of the ilmenite and hematite series.

Moon & Phillips (1985) also referred to asterism in black star sapphire from Bang Kacha, Thailand, the subject of the present study. The hercynite inclusions

associated with aligned ferrian ilmenite 'needles' were illustrated in Moon & Phillips (1986). These resemble the mineral inclusion association illustrated in this paper. Also, Pearson (1990) described Australian star sapphire that contained both rutile and possible ferrian ilmenite exsolutions, but in different orientations relative to the prism faces. Hughes (1997) stated that sapphires from Australia and Thailand were similar in their occurrence and suites of inclusions; but he claimed that only rutile 'silk' and/or hematite 'silk' and 'plates' produce the star effect in Thai sapphires. Weibel & Wessicken (1981) also stated that the stars in black-star sapphires from Thailand were caused by hematite lamellae.

THE PROBLEM

The yellow-brown 'needles', in star sapphires from several localities in Thailand, precipitate on the {0001} plane in three directions with the angles of 60° between each trend. The length of these 'needles' is perpendicular to the 1st order hexagonal prism faces {1010} of the sapphires. The 'needles' are the exsolved phase that cause the chatoyancy and asterism (star) which are seen if these sapphires are cut and polished *en cabochon*. They accumulate along the growth zoning of the sapphire host as illustrated on figure 1. In certain samples, the 'needles' occur in association with inclusions of black spinel of mainly magnetite-hercynite composition as shown in figure 2.

Note: The representative composition of magnetite-hercynite (BKCEP4-SP2) in wt% was: TiO₂ = 1.84, Al₂O₃ = 30.53, Fe₂O₃ = 31.21, FeO = 33.58, MnO = 1.48, MgO = 0.45, Na₂O = 0.52. Percentages of end members were: spinel = 2.3, hercynite = 50.6, galaxite = 4.2, magnetite = 38.4, ulvöspinel = 4.5. Using the solvus diagram (Fig. 5) of Turnock & Eugster (1962) gave a minimum temperature of crystallization for this spinel of 860 °C.

These analyses were performed by the SEM-EDS (Electron Microscope equipped for Energy Dispersive Spectrometry).

In polished sections of these samples of star sapphires, 'needles' exposed on the cut surface showed strong dispersion under the reflected light

Address for correspondence:
Dr Seriwat Saminpanya
Department of General Science
Srinakharinwirot University
Sukhumvit 23, Watthana,
Bangkok 10110, Thailand
Email: seriwat@hotmail.com

Element	Crystal	Spectrometer No.	Standard used	Line of electron transition between atomic shells
Fe	LIF (lithium fluoride)	2	Fe ₂ O ₃	Ka
Ti	LPET (Large pentaerythritol)	3	Rutile (TiO ₂)	Ka

Table 1. Summary of the EPMA-WDS conditions for analysis of the star sapphire (sample BKCEP9).

microscope. These 'needles' were analysed by the SEM-EDS. However, the results were not accurate due to the fact that the widths of 'needles' were too small (~1 µm) for analysis by the electron beam. The analytical result (in wt% oxide) for the 'needles' (TiO₂ = 3.04, Al₂O₃ = 87.92, FeO = 9.22, Na₂O = 0.27, Total = 100.45) was probably contaminated by alumina from the host corundum. However, high Ti and Fe contents imply that these 'needles' are neither pure rutile nor hematite. They may be the ilmenite or an ilmenite-hematite solid solution mineral, according to Moon & Phillips (1984), or possibly a spinel. To clarify this problem, a 6-ray star sapphire from Bang Kacha, Chanthaburi Province, was chosen for investigation of its iron (Fe) and titanium (Ti) content by the electron microprobe, using the techniques of trace element mapping and spot analysis.

METHODS

Sample BKCEP9 was embedded in the epoxy resin and attached to the glass slide. It was then cut and polished into a section about 100 µm thick that is illustrated in figure 1. The section was coated with carbon, by an evaporation technique, to provide a path for the probe current and prevent charging before analysis (Reed 1996, 1997). The CAMECA-SX100 EPMA-WDS, at the University of Manchester, was employed for this purpose. SXRAY computer software was set to automatically run the machine. Conditions for analysis were 30 kV of the accelerating voltage, and 60 nA of the beam current. Mapping for Fe and Ti was accomplished by rastering the beam over the sample grain, with 8 µm between each pixel to cover an area of (4000 µm x 4000 µm). The total number of pixels was 262,144 (512 along x-axis and 512 along y-axis). Details of the technique are given by Schmetzer *et al.* (1998).

The four spots analysed across the areas of 'needle' accumulation (Again see figure 1), and the analytical conditions, are summarized in Table 1. Running time for each analysis (together with 9 other trace elements) was 12 minutes.

Point number	1	2	3	4
Fe ₂ O ₃ *	1.844	1.830	1.808	3.334
TiO ₂	0.013	0.026	0.009	0.375

*Fe₂O₃ has been recalculated from the total FeO.

Table 2. Weight per cent (wt%) oxide obtained from the analysis of the star sapphire (sample BKCEP9) by the EPMA.

RESULTS & DISCUSSION

The results of elemental mapping (Fig. 3) indicated that the 'needles' contained both titanium and iron. This suggests that the exsolved phase is likely to be either a solid solution mineral of ilmenite-hematite series, ilmenite, or a spinel. Spot analyses (Table 2) were made to confirm the result of the element mapping, and are plotted on the graph (Fig. 4) to show the variation in the content of these two elements from rim to core in the one sample.

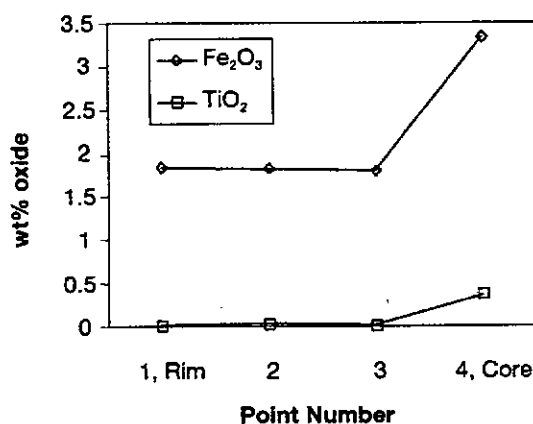


Fig. 4. TiO₂ and Fe₂O₃ contents in the star sapphire sample (BKCEP9) from Bang Kacha. Analysis points 1, 2 and 3 contain similar amounts of the two oxides, but point 4 (in the area of high density of 'needles') has higher contents of both elements. The higher Fe and Ti in point 4 is due to a greater density of 'needles' at this point. The other points have greater contamination from the corundum matrix due to lower densities of needles in these locations.

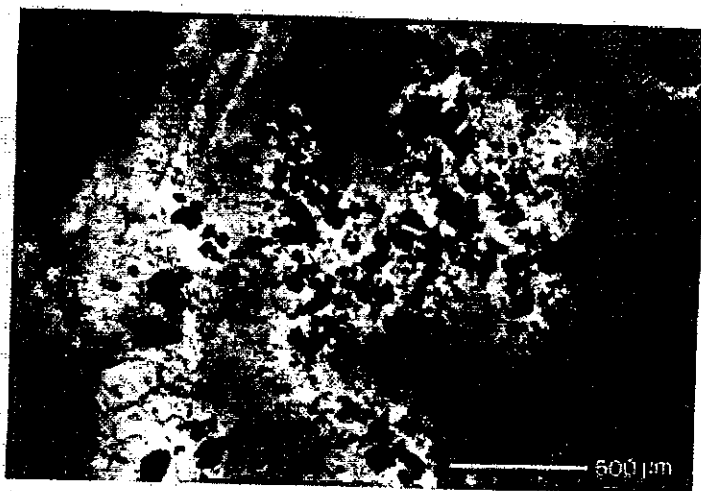
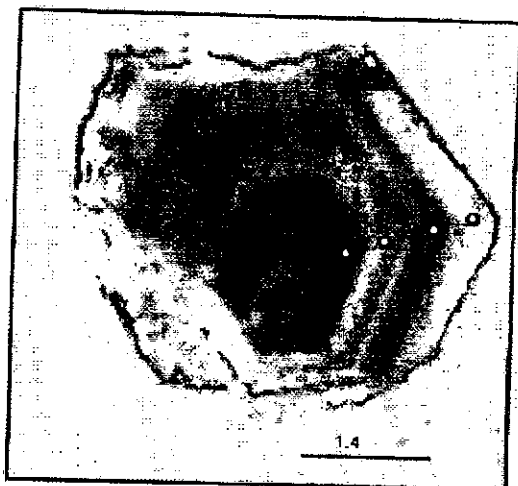


Fig. 1. Polished section of a star sapphire (sample BKCEP9) from Bang Kacha, Chanthaburi, Thailand, which was prepared for analysis by the EPMA. The section shows growth zoning with accumulation of exsolved 'needles' of brown to black colours. 'Needles' also were abundant in the core of the sapphire. The location of analyses, which are indicated by the numerals 1-4, correspond to the point numbers in Table II and Figure 4. [Transmitted light with PPL].

Fig. 2. Black platelets of magnetite-hercynite associated with yellow-brown 'needles' in star sapphire (BKCEP4) from Bang Kacha. The 'needles' have accumulated along the hexagonal growth zoning of the sapphire, with orientations perpendicular to the 1st order hexagonal prism faces $\{10\bar{1}0\}$ of the sapphire. [Viewed parallel to the basal pinacoid (0001) in transmitted light with PPL].

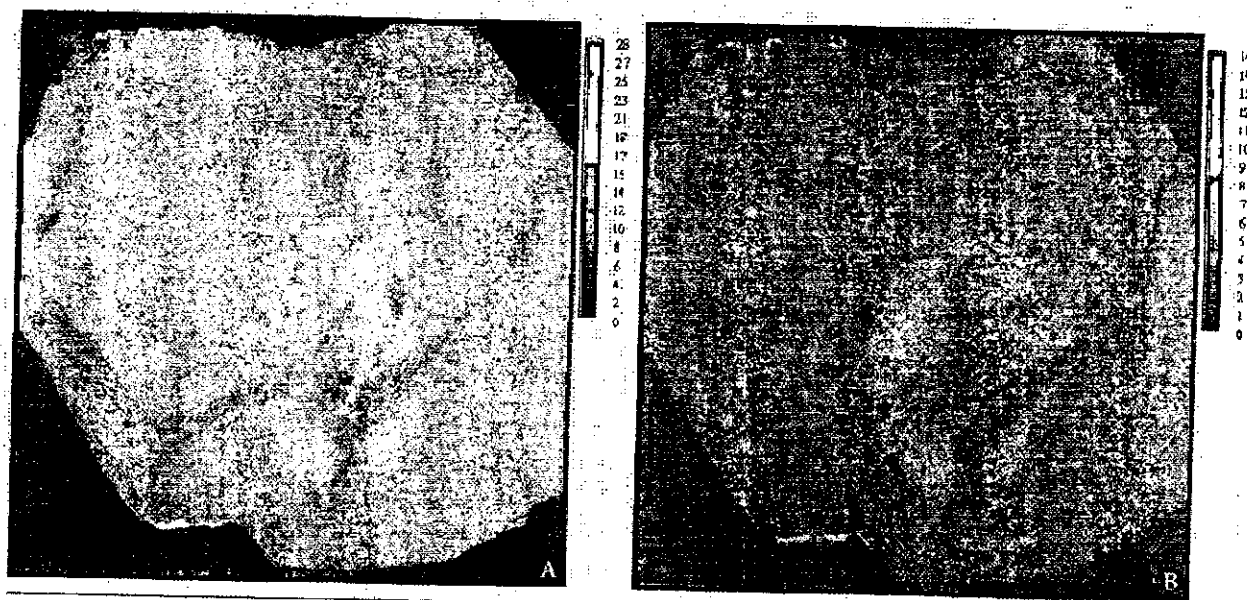


Fig. 3. Images of iron and titanium mapping on the surface of sample BKCEP9 as illustrated in figure 1.
 A. Indicating the count rates for Fe (quantified by low to high colour codes black (blue → green → yellow → orange → red) and collected by the spectrometer for corresponding the Fe content in the area of the grain. Iron disperses throughout the corundum matrix, and is abundantly accumulated in the 'needles'.
 B. The pattern of titanium count rates indicates that Ti content is abundant in and mainly confined to the zonal areas where 'needles' accumulate. Ti content it is more pronounced than Fe content.

According to Sutherland *et al.* (1998), these magnetite-hercynite inclusions are typical of those found in growth-banded sapphires associated with basalt. The estimated temperature of crystallization of the magnetite-hercynite inclusion in this study is close to the estimated 900 °C temperature of formation of sapphire-magnetite from a nearby Thailand locality (Khao Wua) that was studied by Coenraads *et al.* (1995). This suggests that sapphires from both localities might have been crystallized in the same geological environment. Extensive discussion of equilibrium temperature for sapphires from basaltic terrain can be found in Sutherland *et al.* (1998).

CONCLUSION

This study suggests that the exsolved 'needles' associated with magnetite-hercynite in Thai star sapphire are not pure rutile or hematite as stated by Hughes (1977), or by Weibel & Wessicken (1981). It is more likely a mineral of the ilmenite-hematite solid solution series, ilmenite, or a spinel, which produces the asterism and/or chatoyancy in these Thai sapphires. The sample of Bang Kacha star sapphire contained high Fe dispersed throughout the grain; whereas titanium mainly concentrates in the area of the exsolved 'needles'.

This study did not prove conclusively the identity of the mineral/s responsible for the 'needles' in Bang Kacha sapphire. These, obviously, will need to be identified by other techniques.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank Prof. D.A.C. Manning, Department of Agricultural and

Environmental Science, University of Newcastle (UK), for reading the manuscript and offering certain suggestions. Thanks also to Dave Plant, Department of Earth Sciences, University of Manchester (UK), who helped analyse the samples by EPMA-WDS.

References:

- Coenraads, R.R., Vichit, P. and Sutherland, P.L. (1995). An unusual sapphire-zircon-magnetite xenolith from the Chanthaburi Gem Province, Thailand. *Mineralogical Magazine*, 59, 465-479.
- Hughes, R.W. (1977) *Ruby & sapphire*. RWH Publishing: Boulder, Colorado. 511 pp.
- Moon, A.R. and Phillips, M.R. (1984) An electron microscopy study of exsolved phases in natural black Australian sapphires. *Micron and Microscopica Acta*, 15(3), 143-146.
- Moon, A.R. and Phillips, M.R. (1985) Asterism - no mystery: A response to 'Asterism-the great enigma'. *Australian Gemmologist*, 15(11), 395-397.
- Moon, A.R. and Phillips, M.R. (1986) Inclusions in sapphire and heat treatment. *Australian Gemmologist* 16(5): 163-166.
- Pearson, G. (1990) Multiple chatoyancy in Australian sapphire. *Australian Gemmologist*, 17(8), 296-298.
- Reed, S.J.B. (1996) *Electron microprobe analysis and scanning electron microscopy in geology*. Cambridge University Press: Cambridge. 201 pp.
- Reed, S. J. B. (1997) *Electron microprobe analysis*. 2nd ed., Cambridge University Press: Cambridge. 326 pp.
- Schmetzer, K., Beili, Z., Yan, G., Bernhardt, H.J. and Hanni, H. (1998) Element mapping of trapiche rubies. *Journal of Gemmology*, 26(5), 289-301.
- Sutherland, F.L., Hoskin, P.W.O., Fanning, C.M. and Coenraads, R.R. (1998) Models of corundum origin from alkali basaltic terrains: A reappraisal. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 133, 356-372.
- Turnock, A.C. and Eugster, H.P. (1962) Fe-Al Oxides: Phase relationships below 1,000 °C. *Journal of Petrology*, 3 (Part 3), 533-565.
- Weibel, M. and Wessicken, R. (1981) *Haemetit als Einschluss im schwarzen Sternsaphir*. *Journal of the German Gemmological Association*, 30, 170-176.



The "SPARKLE" Light Box

Especially designed for every jewellery photographic purpose

You read the critique in "The Valuer"?

- Use it with standard or digital cameras • Catalogue photographically your own creations
- Email your goods around the world • Security photograph your gem collections
- There's a thousand other uses

NOW AVAILABLE WITH OPTIONAL BRILLIANT, SIMPLE, USER-FRIENDLY VALUATION PROGRAMME

Start really making money out of your valuations

Lightbox \$895⁰⁰
with optional Valuation
Programme \$995⁰⁰

NEED MORE INFORMATION?...CALL TODAY

David Churcher Jewellers, Devonport, Tasmania.

Phone (03) 6424 6988 Fax (03) 6424 6830

email - info@dcj.com.au

Or our N.S.W. agent - House of Jewellery, 89 York Street, Sydney. Phone (02) 9299 6663

ลำดับที่ 2

มอยซาไนต์ (Synthetic Moissanite) เพชรเลียนแบบชนิดใหม่

เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา¹

มอยซาไนต์เป็นอัญมณีที่มีคุณลักษณะคล้ายคลึงเพชรมากเมื่อมองด้วยตาเปล่า ทั้งความแวววาว การเล่นแสง และความใส อาจจะแยกไม่ไ้ระหว่างมอยซาไนต์กับเพชรด้วยสายตาของคนทั่วไป มอยซาไนต์ที่นำมาใช้เป็นอัญมณีเป็นสารสังเคราะห์ที่ประกอบด้วยธาตุซิลิกอนและคาร์บอน หรือเรียกว่าซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) ส่วนเพชรมีเพียงธาตุคาร์บอน (C) เป็นองค์ประกอบ มอยซาไนต์ถูกนำเข้าสู่ตลาดและมีบทบาทต่อวงการอัญมณีและเครื่องประดับตั้งแต่ พ.ศ. 2541 โดยบริษัทซีที (C3 Inc.) ของสหรัฐอเมริกา และสามารถเลียนแบบเพชรได้ใกล้เคียงกว่าเพชรเลียนแบบชนิดเดิมที่อยู่ในตลาดมานาน เช่น คิวบิกเซอร์โคเนีย (CZ) หรือที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่า ‘เพชรรัสเซีย’ เป็นต้น (ภาพที่ 1)

ความจริงซิลิกอนคาร์ไบด์เป็นวัสดุที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรมมานานแล้ว เช่น ใช้เป็นผงขัด ซึ่งเรียกว่าคาร์โบรันดัม (Carborundum) เพราะมีความแข็งสูงอยู่ระหว่างเพชร (แข็ง 10) และ

คอร์ันดัม (แข็ง 9) และเทคโนโลยีเกี่ยวกับสารกึ่งตัวนำ แร่มอยซาไนต์ที่เกิดในธรรมชาติพบอยู่ในอุกกาบาต โดยผู้พบครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2436 คือ ศาสตราจารย์ Ferdinand Frederick Henri Moissan (พ.ศ. 2395-2450) ชื่อของแร่ชนิดนี้จึงถูกตั้งขึ้นเพื่อเป็นเกียรติแก่ท่านเมื่อปี พ.ศ. 2448 แร่มอยซาไนต์ในธรรมชาติหายาก และเป็นผลึกเล็กไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นอัญมณี

มอยซาไนต์สังเคราะห์มีหลายสี (เขียว เหลือง น้ำเงิน และใสเกือบไม่มีสี) และยังสามารถผลิตได้หลายแบบ (มากกว่า 150 แบบ เมื่อจำแนกตามโครงสร้างผลึก) สำหรับที่นำออกจำหน่ายเพื่อเลียนแบบเพชรนั้นเป็นมอยซาไนต์สังเคราะห์ที่ใสเกือบไม่มีสี หรืออาจมีสีเหลืองเจือบ้างเล็กน้อย และมีโครงสร้างผลึกอยู่ในระบบสามแกนราบ (Hexagonal system)

การสังเคราะห์มอยซาไนต์ให้มีคุณภาพเพื่อใช้เป็นอัญมณีได้รับการจดสิทธิบัตรในปี พ.ศ. 2533



ภาพที่ 1 มอยซาไนต์ เพชร และคิวบิกเซอร์โคเนีย ตามลำดับ⁽⁴⁾

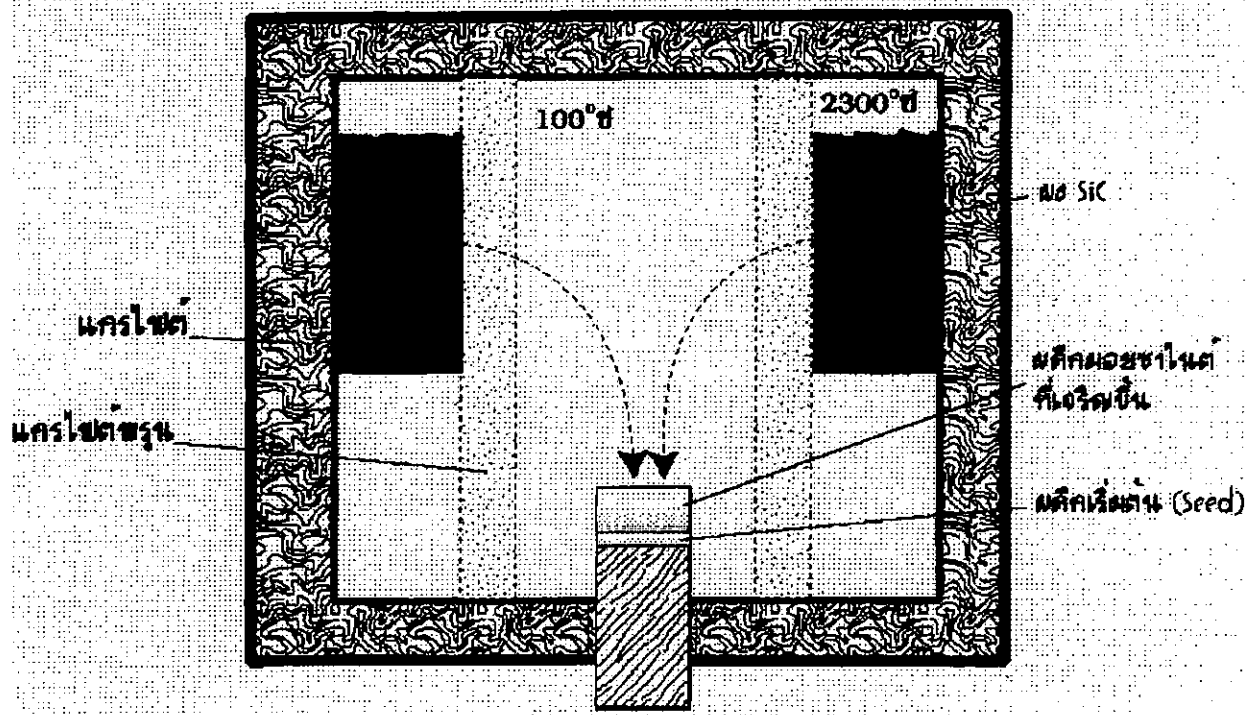
¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

โดย R.F. Davis, C.H. Carter, และ C.E. Hunter
 วิธีการสังเคราะห์ในขณะนั้นยังได้มอยซาไนต์ที่มี
 คุณภาพไม่ใกล้เคียงกับเพชรที่เป็นอัญมณีมากนัก แต่
 นับว่าเป็นประดิษฐกรรมชิ้นแรกที่ประสบความสำเร็จ
 และมีผลต่อวงการอัญมณี เพราะสามารถสังเคราะห์
 มอยซาไนต์ให้มีผลึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 12
 มิลลิเมตร หนา 6 มิลลิเมตร ได้ ต่อมา C.H. Carter,
 V.F. Tsvetkov, และ R.C. Glass ได้ปรับปรุง
 คุณภาพการผลิตเพื่อให้มอยซาไนต์สังเคราะห์มี
 มลทินน้อยลงจนใสเกือบไม่มีสี ซึ่งคล้ายเพชรมาก
 และจดสิทธิบัตรในปี พ.ศ. 2541

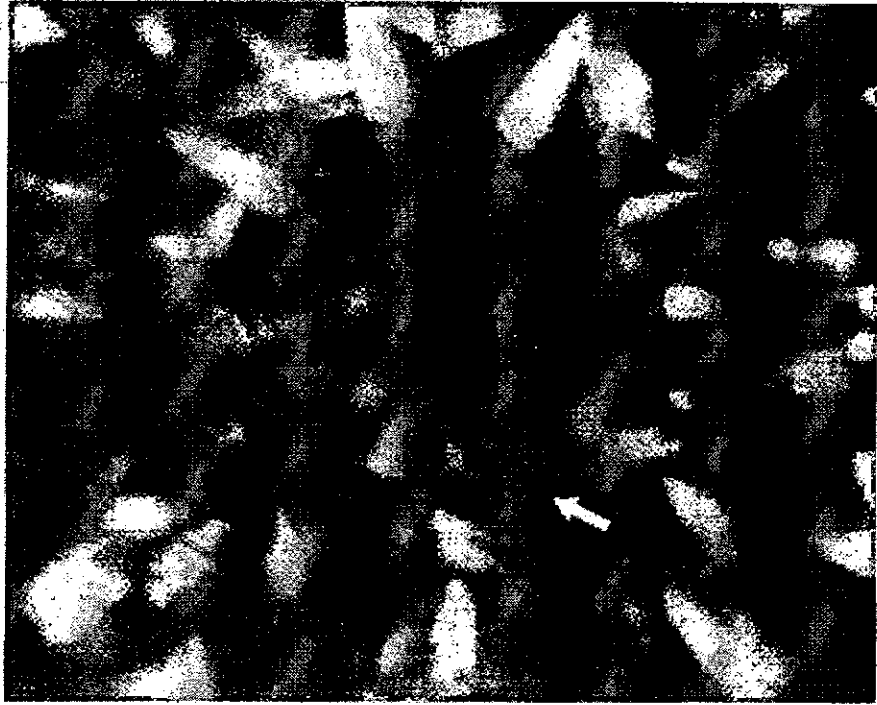
ขั้นตอนการสังเคราะห์มอยซาไนต์สามารถ
 แสดงเป็นแผนภูมิอย่างง่ายได้ดังภาพที่ 2 กล่าวคือ
 ผงซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) จะถูกทำให้กลายเป็นไอ
 โดยได้รับความร้อนสูงถึง 2,300°C ไอดังกล่าว
 สามารถผ่านผนังแกรไฟต์ที่มีรูพรุน เข้าไปตกผลึก
 บนผลึกเริ่มต้น (Seed) ในบริเวณใจกลางเตาซึ่งมี

อุณหภูมิต่ำกว่ามาก (100°C) ภายในบริเวณกลาง
 เตาถูกทำให้เป็นสูญญากาศในระยะเริ่มแรกแล้วจึง
 เต็มก๊าซอาร์กอนเข้าไปภายหลัง

ผู้สนใจอัญมณีสังเคราะห์ชนิดนี้ หรือผู้ที่
 กำลังหาซื้อเพชรควรศึกษาข้อมูลให้ดีก่อนตัดสินใจ
 อย่างน้อยควรทราบคุณสมบัติเบื้องต้นของมอยซาไนต์
 คิวบิกเซอร์โคเนีย และเพชรไร้บ้าง มอยซาไนต์มี
 โครงสร้างภายในที่ทำให้แสงที่เข้ามาในตัวผลึก หักเห
 แยกออกเป็นสองทิศทาง แสงที่เคลื่อนที่ในสองทิศ
 ทางดังกล่าวมีความเร็วต่างกัน ดังนั้น มอยซาไนต์
 จึงมีค่าดัชนีหักเห 2 ค่า ซึ่งต่างจากเพชรและคิวบิก
 เซอร์โคเนีย ซึ่งแสงที่เข้ามามิได้แยกออกเป็นสองทิศ
 ทาง ดังนั้น อัญมณีทั้งสองชนิดหลังนี้จึงมีค่าดัชนี
 หักเหเพียงค่าเดียว ปรากฏการณ์นี้สังเกตได้หากใช้
 เลนส์ที่มีกำลังขยาย 10 เท่าส่องผ่านหน้าบนสุดของ
 มอยซาไนต์และมองตรงลงไปยังเหลี่ยมต่างๆ ที่อยู่
 ด้านล่าง จะสามารถมองเห็นเหลี่ยมเหล่านั้นแยก



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงการสังเคราะห์มอยซาไนต์(2)



ภาพที่ 3 เหลี่ยมเจียรไนมองเห็นแยกออกเป็นคู่ (ภาพซ้อน, ลูกศรชี้) เมื่อมองผ่านหน้าบนสุดลงไปยังหน้าที่อยู่ด้านล่างของมอยซาไนต์⁽⁶⁾

ออกเป็นคู่ หรือเป็นภาพซ้อน (ภาพที่ 3) ซึ่งไม่พบในเพชรและคิวบิกเซอร์โคเนีย อย่างไรก็ตาม หากอัญมณีมีขนาดเล็กมากอาจใช้กล้องจุลทรรศน์สำหรับวิเคราะห์อัญมณีช่วย นอกจากนี้ ไซร์ (Dispersion) หรือการกระจายออกเป็นสเปกตรัม (สีรุ้ง) ของแสงที่ผ่านออกมาจากอัญมณี (เห็นชัดเมื่อใช้แสงไฟจากกระบอกไฟฉายส่อง) จะเห็นได้ชัดมากที่สุดในมอยซาไนต์ เมื่อเทียบกับเพชรและคิวบิกเซอร์โคเนีย ทั้งนี้เพราะไซร์ของมอยซาไนต์มีค่าที่วัดได้สูงสุด ดังสรุปไว้ในตารางที่ 1

คุณสมบัติพื้นฐานอย่างอื่นของมอยซาไนต์ เช่น ความด่างจำเพาะ ความแข็ง นับว่าใกล้เคียงกับเพชรมากแทบจะไม่สามารถแยกจากเพชรได้โดยไม่ใช้เครื่องมือทางอัญมณีช่วย (ตารางที่ 1) แม้แต่บริษัทชหิรียังต้องนำเครื่องมือตรวจแยกเพชรออกจากมอยซาไนต์อย่างง่ายออกจำหน่ายแก่ผู้ค้าเพชรและผู้สนใจทั่วไป โดยอาศัยหลักการความแตกต่างของการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นใกล้อัลตราไวโอเลต

(Near-ultraviolet) ของอัญมณีทั้งสอง กล่าวคือ เพชรจะยอมให้แสงนี้ผ่านได้ ส่วนมอยซาไนต์จะดูดกลืน วิธีการทดสอบ เพียงแค่สัมผัสหน้าเรียบที่สะอาดของอัญมณีลงบนโพรบ (Probe) หรือส่วนที่มีลำแสงส่องผ่านออกมา หากเครื่องมือมีสัญญาณเสียงดังขึ้น แสดงว่าอัญมณีนั้นคือเพชร หากไม่มีเสียงแสดงว่าเป็นมอยซาไนต์สังเคราะห์ อย่างไรก็ตาม เครื่องมือนี้ยังมีข้อจำกัดในการใช้ คือใช้ทดสอบอัญมณีชนิดอื่นไม่ได้ เพราะมีอัญมณีที่ใสเกือบไม่มีสีชนิดอื่นอาจให้ผลการทดสอบต่อเครื่องมือนี้เหมือนเพชร และเพชรที่มีมลทินมากอาจให้ผลการทดสอบเหมือนมอยซาไนต์

คุณสมบัติอีกประการหนึ่งที่เด่นชัดของมอยซาไนต์ คือเมื่อถูกความร้อน เช่น ความร้อนจากไม้ขีดไฟ ไฟแช็ก หรือเตาไฟฟ้าหุงต้ม จะทำให้สีของมอยซาไนต์เปลี่ยนเป็นสีเหลืองสดไปชั่วคราวในขณะที่ร้อน และจะกลับเป็นเช่นเดิมเมื่อเย็นลง ซึ่งไม่เห็นความเปลี่ยนแปลงนี้ในเพชร แต่การทดสอบดัง

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของมอยซาไนต์ (สังเคราะห์) เปรียบเทียบกับเพชร และคิวบิกเซอร์โคเนีย (CZ)

อัญมณี	องค์ประกอบ	ระบบโครงสร้างผลึก	ดัชนีหักเห ¹	ความแข็ง ²	ความถ่วงจำเพาะ ³	ไฟร์ (Dispersion) ⁴
มอยซาไนต์ (สังเคราะห์)	SiC	สามแกนราบ (Hexagonal system)	2.65, 2.69	9.25	3.22	0.104
เพชร	C	สามแกนเท่า (Cubic system)	2.42	10	3.52	0.044
คิวบิกเซอร์โคเนีย (CZ)	ZrO ₂	สามแกนเท่า (Cubic system)	2.15	8.5	5.6-6.0	0.065

¹ ดัชนีหักเห = ความเร็วของแสงในอากาศ/ความเร็วของแสงในวัตถุ

² ความแข็งตามมาตราของโมห์ (ทัลก์ = 1, ยิปซัม = 2, แคลไซต์ = 3, ฟลูออไรต์ = 4, อะพาไทต์ = 5, ออร์โทเคลส = 6, ควอร์ตซ์ = 7, โทแพส = 8, คอร์ันดัม = 9, เพชร = 10)

³ ความถ่วงจำเพาะ = น้ำหนักของวัตถุ/น้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่าวัตถุ

⁴ ไฟร์ (Dispersion) = ค่าดัชนีหักเหของวัตถุซึ่งแสงที่มีความยาวคลื่น 687 นาโนเมตร (แดง) ผ่าน - ค่าดัชนีหักเหของวัตถุซึ่งแสงที่มีความยาวคลื่น 430.8 นาโนเมตร (ม่วง) ผ่าน

กล่าวไม่ควรลองหากยังไม่ทราบว่าอัญมณีนั้นเป็นมอยซาไนต์เพราะอาจทำให้อัญมณีที่ทดสอบนั้นแตกร้าวได้

เอกสารอ้างอิง

- Carter, C.H., Tsvetkov, V.F. และ Glass, R.C. 1998. US Patent 5,718,760, February 17, 1998.
- Davis, R.F., Carter, C.H. และ Hunter, C.E. 1990. Sublimation of silicon carbide to produce large, device quality single crystals of silicon carbide. US patent Re. 34,861, February, 14, 1995. (Re-issue of US Patent 4,866,005, September 12, 1989; reissue application filed October 26, 1990).
- GIA. 1992. Gem reference guide. Gemological Institute of America. 270 pp.
- Hodgkinson, A. 1998. Synthetic moissanite, diamond and some distinctions. Scottish Gem Lab News. www.scot-gem.demon.co.uk/!moisstest.htm#17.
- Nassau, K. 1999. Moissanite: a new synthetic gemstone material. J. Gemm., 26, 7: 425-438.
- Nassau, K., McClure, S.F., Elen, S. and Shigley, J.E. 1997. Synthetic moissanite: a new diamond substitute. Gems & Gemology, 33, 4: 260-275.
- Read, P.G. 1999. Gemmology. 2nd ed. Oxford: Butterworth Heinemann. 326 pp.

ลำดับที่ 3

การพัฒนาคุณภาพอัญมณี Gemstone Enhancement

เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา*

การพัฒนาคุณภาพอัญมณีคืออะไร?

การพัฒนาคุณภาพอัญมณี (Gemstone enhancement) คือกระบวนการใดๆ ภายใต้การควบคุมของมนุษย์ ที่ทำให้เกิดการปรับปรุงลักษณะปรากฏ ความทนทาน หรือมูลค่าของอัญมณี จากความหมายนี้จะเห็นว่า ครอบคลุมถึงการเจียรไน การแกะสลัก การทำพลอยปะ (assembled gemstones) และการทริทเมนต์ (treatment) ใดๆ เช่น การให้ความร้อน การย้อมสี การอบรังสี เป็นต้น สำหรับในบทความนี้จะกล่าวถึงการทริทเมนต์ เป็นสำคัญ

การพัฒนาคุณภาพอัญมณีแบบทริทเมนต์มีกี่วิธี ทำอย่างไร พบในอัญมณีชนิดใดบ้าง?

การทริทเมนต์อัญมณีมีหลากหลายวิธี ซึ่งพอจะจัดกลุ่มตามลักษณะกระบวนการที่ใช้ได้ 4 กระบวนการ คือ การเพิ่มอุณหภูมิหรือการให้ความร้อน การอบรังสี การใช้สารเคมี และการคัดแปรพื้นผิว ในแต่ละกระบวนการมีวิธีย่อยต่างๆ ที่ไม่ซ้ำกัน ดังจะกล่าวตามลำดับ ดังนี้

การเพิ่มอุณหภูมิ (Temperature)

การเพิ่มอุณหภูมิแก่อัญมณีเป็นวิธีเก่าแก่ที่สุดซึ่งพบหลักฐานว่าชาวอินเดียเริ่มทำตั้งแต่ 2,000 ปีก่อนคริสต์ศักราช วิธีนี้นิยมเรียกกันโดยทั่วไปว่า "ฮีททริทเมนต์" (heat treatment) คนไทยรู้จักกันในชื่อของ "การหุง" หรือ "การเผา" ซึ่งใช้อุณหภูมิสูงเพื่อเปลี่ยนลักษณะปรากฏของอัญมณีไป โดยเฉพาะ

เปลี่ยนสี หรือกำจัดมลทินต่างๆ เช่น การเปลี่ยนเพทายสีน้ำตาลไปเป็นไม่มีสีหรือสีฟ้า แอเมทิสต์ (สีม่วง) เป็นจิทริน (สีเหลือง) และเพชรสีเขียวเป็นสีเหลือง น้ำตาล หรือม่วงแดง เป็นต้น ปัจจุบันได้นำวิธีนี้มาใช้กับอัญมณีอย่างกว้างขวางมากขึ้น เช่น ใช้กับอำพัน (amber) อะความารีน ทับทิม แซฟไฟร์ งาช้าง จิทริน กาลซิโดนี โทแพส ทัวร์มาลีน และแทนซาไนต์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้เผาไล่ตำหนิหรืออินclusion (inclusion : วัตถุแปลกปลอมหรือช่องว่างในอัญมณี) ให้หมดไปอีกด้วย โดยเฉพาะการเผาไล่จุด (spot) ออกจากทับทิมและแซฟไฟร์

อุปกรณ์และวิธีการที่ใช้มีตั้งแต่การนำอัญมณีมาบรรจุในเข้ดินเหนียวและเผาโดยใช้ไม้ฟืน จนถึงใส่อัญมณีลงในถ้วยกระเบื้องเซรามิกส์ แล้วเผาในเตาไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้ อุณหภูมิที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของอัญมณี เช่น การเผา งาช้าง ใช้ประมาณ 150° ซ. ทับทิมและแซฟไฟร์ใช้สูงถึง 1,900° ซ. ระยะเวลาเผาอาจใช้น้อยไม่กี่ปาทีจนถึงหลายวัน

ความร้อนสามารถทำให้อัญมณีมีสีเข้มขึ้น จางลง หรือเปลี่ยนไป รวมทั้งอินclusion ภายในหมดไปได้ การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ความดัน อุณหภูมิ อัตราการเพิ่ม-ลดความร้อน หรือองค์ประกอบเคมีของอากาศหรือสารที่ใช้ในการเผา

การให้ความร้อนแก่อัญมณียังสามารถใช้ร่วมกับกระบวนการอื่น เช่น การอบรังสีเพชรภายใต้ความร้อนสูง ซึ่งเรียกว่า แอนนิล (anneal)

ตัวอย่างอัญมณีชนิดต่างๆ ที่นำมาพัฒนาคุณภาพโดยการเผา ดังตาราง 1,2

ตาราง 1 อัญมณีที่เผาแล้วเปลี่ยนแปลง ณ อุณหภูมิต่างๆ⁽³⁾

อัญมณี	สีที่ได้	อุณหภูมิ (°ซ.)
โพลีคริสตอล	ขาว-เหลืองจางมาก	400
แซฟไฟร์คริสตอลสีม่วง	ชมพู	450
โทแพส (สีส้ม)	ชมพู	500
เบริลสีเขียว	ฟ้า (อะความารีน)	420
เบริลสีเหลือง	ขาว-ฟางจางมาก	400
ทัวร์มาลีนสีแดงเข้ม	ชมพู	550-600
ทัวร์มาลีนสีน้ำเงิน-เขียว	เขียวใสเข้ม	650
ทัวร์มาลีนสีเขียวขุ่น	เขียวใสเข้ม	600-650
ควออร์ตซ์สีควีนไฟ	ขาว	275-300
แอมethyst (บางเม็ด)	เหลือง-ส้ม (อิทรีน)	250-350
เบริลสีชมพูอมอน	ชมพูใส (มอร์แกนไนต์)	400
เบริลสีน้ำตาล	ชมพู	400
เพทายสีเขียว-น้ำเงิน	น้ำเงินใส	380-500

ตาราง 2 การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดในอัญมณีที่ผ่านการเผา⁽²⁾

อัญมณี	การเปลี่ยนแปลง*	โอกาสที่เป็นไปตามการเปลี่ยนแปลง
อำพัน	เกิดลักษณะชั้นสเปงเกิล (Sun-spangle) สีเข้มขึ้น (ดูแก่ลง)	†† †
เบริล (อะความารีนและอื่นๆ)	จากสีเขียวเป็นสีฟ้า จากสีเหลืองเป็นไม่มีสี ส้ม หรือชมพู	††† †
กาลซิโดนี (คาร์เนเลียน, อะมัลทิส, แก้วดาเซีย ฯลฯ)	จากสีจางเป็นน้ำตาล-แดง หรือแดง	†††
คอร์ันดัม-แซฟไฟร์	สีน้ำเงินเข้มหรือจางลง สีเหลืองเข้มขึ้น สีชมพู-ส้ม (พัคพาร์ดชา) เป็นชมพู สวแทรกเพิ่มขึ้นหรือลดลง สีเดิมหรือสวแทรกพร้อมๆ	†††† †††† †††† †††† ††††

ตาราง 2 การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดในอัญมณีผ่านการเผา(๒)

อัญมณี	การเปลี่ยนแปลง*	โอกาสที่เป็นไปตามการเปลี่ยนแปลง
- ทับทิม	เปลี่ยนอันดับสีเป็นสีแดงแกมม่วงหรือ แดงแกมน้ำตาล เป็นสีแดง	† †
เพชร	สำหรับเพิ่มขึ้นหรือลดลง	† † †
งาช้าง	เปลี่ยนสี (ในเพชรที่ผ่านการอบรังสี)	†
ควอตซ์	สีเข้มขึ้น (ดูเก่าลง)	†
	แอมทิสต์เป็นจินทรินสีเหลือง	† † †
	สีควันไฟเป็นสีเหลืองปนเขียว	†
	ทำให้แตกเพื่อนำไปขัดมสี	†
	แก้วตาเสียและอื่นๆ จากสีเหลืองเป็น น้ำตาล-แดง หรือแดง	† †
สปอคูมิน (กุนาไซต์)	สีจางลงหรือไม่มีสี จากเดิมเป็นสีม่วงแดง น้ำเงินหรือเขียวถึงชมพูหรือม่วง	†
โทแพส	จากน้ำตาลเป็นชมพู	† † †
	จากน้ำตาลหรือเขียวเป็นน้ำเงิน	† † †
ทัวร์มาลีน	จากน้ำเงินหรือน้ำเงิน-เขียวเป็นจางกว่า หรือเขียว จากแดงเป็นจางกว่า	†
เพทาย	จากน้ำตาลเป็นไม่มีสีหรือฟ้า	† † †
	จากเขียวเป็นฟ้าหรือเหลือง	†
ชอยไซต์	จากน้ำตาลเป็นม่วงแดง-น้ำเงินเข้ม	† † †

*ทุกสีที่เกิดขึ้นจะอยู่คงทนเสมอ † = น้อย † † = บ่อย † † † = เกือบทุกเม็ด

การอบรังสี (Irradiation)

การอบรังสีนิยมใช้เพื่อทำให้อัญมณีเปลี่ยนสี เช่น ในเพชร เมริล ไข่มุก ควอตซ์ โทแพส ทัวร์มาลีน แจฟไฟร์ สปอคูมิน เป็นต้น

การเปลี่ยนสีในอัญมณีมีกลไกการเกิดคือ รังสี จะเข้าไปกระทบอิเล็กตรอนของอะตอมให้ย้ายที่หรือหลุดออกจากตำแหน่งเดิมและถูกจับไว้โดยอะตอมอื่นทำให้บริเวณที่อิเล็กตรอนหลุดไปนั้นเป็นคล้ายหลุม

(hole) หรือเรียกว่า คัลเลอร์เซนเตอร์ (color center) ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงในอัญมณีหรืออัญมณีเปลี่ยนสีไปนั่นเอง คัลเลอร์เซนเตอร์ในอัญมณีบางชนิดคงอยู่ถาวร แต่ส่วนใหญ่มักหายไปเมื่อได้รับความร้อนหรือแสงที่เข้มมาก นั่นคือทำให้สีของอัญมณีที่ผ่านการอบรังสีจางลงหรือกลับไปเหมือนเดิม เช่น ควอตซ์สีควันไฟ เปลี่ยนกลับมาเป็นควอตซ์ใส แอมทิสต์เปลี่ยนเป็นจินทริน และ

โทแพสซิสัมหรือน้ำตาลเปลี่ยนเป็นสีชมพู แชฟไฟร์ สีเหลืองและส้ม และสปอคูมินสีเขียวเข้มจะจางลง เป็นต้น

รังสีที่ใช้กันมากที่สุดคือรังสีแกมมาจากธาตุ โคบอลต์และซีเซียม ซึ่งให้สีสม่ำเสมอ ใช้พลังงานต่ำ และรังสีไม่ตกค้างในอัญมณี วิธีการคือนำอัญมณี และสารกัมมันตรังสีบรรจุในภาชนะตะกั่วและทิ้งไว้ในระยะเวลาตามที่ต้องการ รังสีหรืออนุภาคอื่นๆ ที่ใช้ เช่น นิวตรอน (1 โปรตรอน + 1 นิวตรอน) แอลฟา

(2 โปรตรอน + 2 นิวตรอน) เป็นต้น การสร้างรังสีทำได้จากเครื่องเร่งอนุภาค (particle accelerator) ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าทำให้อะตอมแบ่งแยกเป็นอนุภาคต่างๆ อนุภาคเหล่านี้จะถูกบังคับให้วิ่งเข้าหาเป้าหมาย นอกจากนั้น ธาตุเรเดียมยังใช้เป็นแหล่งกำเนิดของอนุภาคแอลฟา อิเล็กตรอน และรังสีแกมมาด้วย

ตัวอย่างอัญมณีที่มักใช้กระบวนการอาบรังสี เพื่อเพิ่มคุณภาพมีในตาราง 3 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงหลักที่เกิดขึ้นด้วย

ตาราง 3 การเปลี่ยนแปลงในอัญมณีที่ผ่านการอาบรังสี⁽²⁾

อัญมณี	การเปลี่ยนแปลง*	โอกาสที่เป็นไปตามการเปลี่ยนแปลง
มรกต	จากไม่มีสีเป็นเหลืองเขียวหรือฟ้า [s, r] จากสีน้ำเงินจางเป็นน้ำเงินเข้มหรือเขียวเข้ม (แมกนีซี) [u, r]	† †
คอร์นคัม	จากไม่มีสีเป็นเหลือง, จากชมพูเป็นพัคพาร์ดิชา [s และ u, r]	†
เพชร	จากเกือบไม่มีสีเป็นดำ ฟ้า เขียว เหลือง น้ำตาล ชมพู หรือแดง [s]	††
ไข่มุก	สีเปลี่ยนเป็นเข้มขึ้นจนถึงเทา น้ำตาล ฟ้า หรือดำ [s]	††
ควออตซ์	จากสีจางๆ หรือไม่มีสีเป็นสีควันไฟ [s, r] จากแอมเทิสต์เป็นแอมเทิสต์-ซิทริน [s, บางตัวอย่าง r]	††† ††
สปอคูมิน	จากชมพู (คุนไซค์) เป็นเหลืองหรือเขียว [u, r]	†
โทแพส	จากสีจางๆ หรือไม่มีสีเป็นฟ้า [s, r] จากสีจางๆ หรือไม่มีสีเป็นน้ำตาลหรือเขียว [s และ u, r]	††† †
ทัวร์มาลีน	จากสีจางๆ หรือไม่มีสีเป็นแดงหรือหลายสี [s, r] จากฟ้าเป็นสีม่วงแดง [s, r]	†† †
เพทาย	จากสีจางๆ หรือไม่มีสีเป็นน้ำตาล [s]	†

s = ด่าง u = ไม่ด่างอาจจางลง r = อาจกลับเป็นสีเดิมถ้าผ่านการทรีตเมนต์อื่น

† = น้อย †† = บ่อย ††† = เกือบทุกเม็ด

การใช้สารเคมี (Chemicals)

การพัฒนาคุณภาพอัญมณีโดยใช้สารเคมีมีมานานกว่า 2,000 ปี และยังใช้กันอยู่จนทุกวันนี้ เช่นเดียวกับการเพิ่มอุณหภูมิ กระบวนการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัด เพิ่ม หรือเปลี่ยนสี เพื่อปิดบัง ขจัด หรือสร้างอินคลูชัน รวมทั้งเพื่อเพิ่มความทนทานของอัญมณี

สารเคมีที่ใช้มีตั้งแต่สารที่ใช้ในบ้านเรือน เช่น น้ำตาล คลอรีน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ดลอคจน วัสดุเหลือทิ้ง เช่น ปุ๋ยคอก และน้ำมันเครื่องใช้แล้ว จนถึงสารเคมีในห้องปฏิบัติการ เช่น โพแทสเซียมเพอร์ริชยาไนต์ และไอโรออนเฮกซะไซยาโนเฟอเรด

การพัฒนาคุณภาพอัญมณีโดยสารเคมีมีวิธีการต่างกันหลายแบบที่สำคัญมี 5 วิธี ได้แก่

- การฟอกขาว (Bleaching)
- การอาบน้ำมัน (Oiling)
- การย้อมสี (Dyeing)
- การปิดรอยแตกหรือที่ว่างเล็กๆ (Impregnation)
- การแพร่ (Diffusion)

ซึ่งจะกล่าวถึงตามลำดับดังนี้

การฟอกขาว (Bleaching) หมายถึง การใช้สารเคมีทำให้สีของอัญมณีหรือของอินคลูชันจางลงหรือเลือนหายไป ส่วนใหญ่สารเคมีเป็นตัวทำละลายหรือล้างเอาสารที่ทำให้เกิดสีออกไป นิยมทำกับไข่มุก (ทั้งธรรมชาติและเลี้ยง) โดยเฉพาะไข่มุกที่เตรียมจะอาบรังสีหรือย้อมสี โดยไข่มุกถูกฟอกขาวเพื่อขจัดจุดดำหรือให้สีสม่ำเสมอ ก่อนอัญมณีอื่นที่ใช้ได้แก่ กาลซิโดนี ปะการัง งาช้าง และแก้วดาเสื่อ แม้กระทั่งอินคลูชันสีดำในเพชรมักถูกฟอกขาวหรือทำให้ละลายออกไปโดยการเจาะรูด้วยแสงเลเซอร์ (laser-drilling) เข้าหาอินคลูชันนั้น แล้วใช้สารเคมีเข้าไปฟอก ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มักใช้ฟอกขาวท่ามกลางแสงแดดกับวัตถุที่บอบบางเช่นไข่มุก และงาช้าง กรดเจือจางหรือคลอรีนมักใช้ฟอกแก้วดา

เสื่อและกาลซิโดนีบางชนิด ส่วนการฟอกขาวอินคลูชันในเพชรใช้สารเคมีที่เป็นตัวทำละลายที่แรงกว่า

การย้อมสี (Dyeing) เป็นวิธีตรงข้ามกับการฟอกขาว คือ การย้อมสีต้องใช้สารเคมีเพิ่มเข้าไปหรือให้สัมผัสกับอัญมณีเพื่อให้มีสีเข้มขึ้น สีสม่ำเสมอหรือสีเปลี่ยนไป

เพื่อให้ได้ผลคืออัญมณีที่ใช้ควรมีรูพรุน เช่น กาลซิโดนี ลาพิสลาซูลี หรือมีรอยแตกขึ้นมาที่ผิว รอยแตกที่เหมาะสมมักทำขึ้นโดยกระบวนการควENCH แครกกลิง (Quench crackling : การให้ความร้อนสูงต่ออัญมณีแล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว จะทำให้อัญมณีแตกเป็นรอยเล็กๆ ที่ผิวทั่วทั้งเม็ด) สารเคมีบางชนิดมีสีในตัวที่เด่น เช่น สีน้ำเงินใช้ย้อมลาพิสลาซูลี และสีแดงใช้ย้อมไข่มุกให้มีสีชมพูกุหลาบ (rose) สารไม่มีสีบางชนิด เช่น น้ำตาล และกรดใช้กับกาลซิโดนี และโอปอล โดยทำให้อัญมณีเกิดสีขึ้นเนื่องจากเข้าทำปฏิกิริยากับอัญมณีหรือมลทินในอัญมณีนั้น

อัญมณีที่มักผ่านการย้อมสีได้แก่ กาลซิโดนี ฮอวาไลต์ (เพื่อเลียนแบบเทอร์ควอยส์และลาพิสลาซูลี) งาช้าง เจไลต์ (หยกชนิดหนึ่ง) ลาพิสลาซูลี โอปอล ไข่มุก หรือคริสตัลที่ผ่านกระบวนการควENCH แครกกลิง (เพื่อเลียนแบบอัญมณีอื่นๆ) และเซอร์เพนทิน

การรมควันโอปอล (Opal smoking) ถือเป็น การย้อมสีเช่นกัน โดยเฉพาะโอปอลคุณภาพต่ำ จะถูกนำมาห่อด้วยกระดาษ (บางทีชุบน้ำมันเครื่อง) และนำไปรมควัน บางตำรับใช้วิธีบรรจุอัญมณีลงในเบ้าดินเหนียวที่มีปุ๋ยคอกและนำไปเผาในเตาด่าน ทั้งสองวิธีที่ทำให้เข้มซึ่งเป็นอนุภาคขนาดเล็กๆ เข้าไปอยู่ในรูพรุนของโอปอล ทำให้สีพื้นเปลี่ยนเป็นสีดำ และมีการเล่นแสงเด่นชัดขึ้น

การแพร่ (Diffusion) เป็นการพัฒนาคุณภาพ โดยใช้สารเคมีร่วมกับการเพิ่มความร้อนให้สูงขึ้นเพื่อให้เกิดสี หรืออินคลูชันในอัญมณี บางตำราเรียกอัญมณีที่ผ่านกระบวนการนี้ว่า “พลอยชานสี” วิธีการนี้ยังใหม่กว่าแบบอื่น ค้นพบเมื่อประมาณ

ทศวรรษที่ 1940S โดยบริษัทลินดี (Linde company) ซึ่งนิยมทำกับแซฟไฟร์และทับทิม

วิธีการคืออัญมณีถูกนำมาสัมผัสหรือจุ่มในสารเคมีและทำให้ร้อนขึ้นจนเกือบหลอม ทำให้สารเคมีแพร่เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างผลึกในเนื้อบริเวณใกล้ผิวของอัญมณี การแพร่เกิดอย่างช้าๆ และสารเคมีเข้าไปไม่ลึก (ประมาณ 0.01-0.25 มม.)

สารเคมีที่ใช้ปกติเป็นสารชนิดเดียวกันกับองค์ประกอบหลักตามธรรมชาติของอัญมณี เช่น อะลูมินา (Al_2O_3) เป็นองค์ประกอบของคอร์ันดัม ได้ถูกนำมาเป็นสารที่ใช้ในการแพร่ในแซฟไฟร์โดยเพิ่มธาตุไทเทเนียมและเหล็กเข้าไปเพื่อให้มีสีน้ำเงิน อะลูมินาและโครเมียมจะทำให้ทับทิมมีสีแดง ส่วนไทเทเนียมออกไซด์ทำให้เกิดรูโกล์ผลึกรูปเข็มในเนื้อ ซึ่งมองเห็นเป็นดาวแหก (asterism) หรือสตาร์ (star) ขึ้นในทับทิม หรือแซฟไฟร์

การอาบน้ำมัน (Oiling) เป็นการเพิ่มคุณภาพอัญมณีที่ง่ายที่สุดโดยทำให้สารเคมีเข้าไปทางรอยแตกหรือช่องว่างขนาดเล็กๆ ที่เชื่อมต่อกันมายังผิวอัญมณี เพื่อให้สารเคมีคงอยู่ในช่องว่างอันจะทำให้อัญมณีใสสะอาดมากขึ้น หรือบางทีอาจทำให้สีสดขึ้น สารเคมีดังกล่าวได้แก่ น้ำมันแร่ (mineral oil) น้ำมันข้าวโพด (corn oil) น้ำมันปาล์ม (palm oil) น้ำมันมะกอก (olive oil) น้ำมันตังอิ้ว (tung oil) แคนาดาบอลซัม (canada balsom) หรือน้ำมันเครื่องชนิดเบา อัญมณีที่ผ่านการอาบน้ำมันได้แก่ มรกต ทับทิม แซฟไฟร์ และโอปอล

การปิดรอยแตกหรือที่ว่างเล็ก ๆ (Impregnation) ส่วนใหญ่ใช้ของแข็ง เช่น ขี้ผึ้ง หรือพลาสติกปิดรอยแตกหรือช่องว่างเล็กๆ ในเนื้ออัญมณี ในกระบวนการต้องทำให้สารที่ใช้อยู่ในรูปของเหลว หรือหลอมก่อนเข้าไปแข็งตัวในรอยแตกหรือช่องว่างดังกล่าว ตัวอย่างอัญมณีที่มักผ่านการเพิ่มคุณภาพด้วยวิธีนี้ ได้แก่ ลาพิสลาซูลี โอปอล และเทอร์ควอยส์

สารที่ใช้ในกระบวนการปิดรอยแตกๆ หรืออาบน้ำมันมักไม่มีสี ดังนั้นถ้านำสีเข้ามาผสมสารเหล่านี้ให้จัดว่าเป็นการย้อมสี กระบวนการอาบน้ำมันและการปิดรอยแตกๆ มีผลต่ออัญมณีหลายประการ เช่น สารไม่มีสีทำให้มองไม่เห็นรอยแตก และเข้าไปปิดรูพรุนของอัญมณีดังเช่นในเทอร์ควอยส์ ถ้าไม่ใช้วิธีนี้จะทำให้สีเปลี่ยนไปได้โดยน้ำมันจากผิวหนังหรือสารเคมีอื่นๆ ซึมเข้าไปในขณะสวมใส่ การปิดรอยแตกในโอปอลทำให้มองดูแล้วมีการเล่นแสงเหมือนชอล์ก (chalky) สีของเทอร์ควอยส์คุณภาพต่ำสามารถเปลี่ยนเป็นสีฟ้าสด นอกจากนั้น การใช้พลาสติกปิดรอยแตก ทำให้อัญมณีมีความเหนียว (toughness) เพิ่มขึ้นได้

ในกระบวนการปิดรอยแตก หรืออาบน้ำมันโดยทั่วไปอาจทำให้อัญมณีเปื่อยนุ่มเฉพาะผิวเท่านั้น ดังนั้น เพื่อให้สารเคมีไหลเข้าไปได้ดีและกระบวนการดำเนินไปอย่างได้ผลสมบูรณ์ขึ้น จึงมีการอุ่นอัญมณีก่อนเพื่อให้ช่องว่างต่างๆ ขยายตัวเล็กน้อย และสารที่ใช้เหลวขึ้นหรือดูุดอากาศออกจากรอยแตกในระบบสุญญากาศก่อน

การดัดแปรพื้นผิว (Surface modification)

การดัดแปรพื้นผิวไม่มีผลกระทบต่อเนื้อภายในหรือโครงสร้างผลึกของอัญมณีแต่อย่างใด เพราะเป็นกรกระทำที่ผิวเท่านั้น เช่นเดียวกับการอาบน้ำมันและการปิดรอยแตก เทคนิคนี้มีหลายประการ ที่ง่ายที่สุดได้แก่ การดัดด้วยหมึก ยาทาเล็บ (แม้จะอยู่ได้ไม่นาน) นอกจากนี้คือการเคลือบขี้ผึ้ง น้ำมัน ชักเงา พลาสติก หรือสารประกอบโลหะ การปิดพื้นผิวด้วยแก้วหรือพลาสติก จนถึงการใช้ฟอยล์ (foil : ติบูกผสมปรอทสำหรับทาหลังกระจกเงา) ทาด้านหลังหรือใช้สารอื่นแทน และใช้กลไกอื่น เช่น การแกะสลักลายเส้นให้เหมือนดาวแหก การดัดแปรพื้นผิวอัญมณีมีวิธีต่างๆ กัน 4 วิธี ได้แก่

- การทาสี (Painting)
- การเติมให้เต็ม (Filling)
- การเคลือบ (Coating)
- การปิดหลัง (Backing)

ดังจะกล่าวต่อไปนี้

การทาสี (Painting) เป็นวิธีการพัฒนาคุณภาพอัญมณีที่มีมาตั้งแต่โบราณแล้ว เช่น ชาวกรีกและโรมัน ทาสีรูปปั้นหินอ่อนซึ่งจะทำกับอัญมณีด้วย แต่สีที่ใช้ไม่คงทนถาวร ดังนั้นจึงไม่มีร่องรอยดังกล่าวหลงเหลือให้เห็น

ปัจจุบันการทาสีปกปิดทำเพื่อหลอกลวงผู้ซื้อ เพราะทำให้ดูคล้ายสีที่แท้จริงของอัญมณี มักพบในเพชรหรืออัญมณีชนิดอื่นที่มีการสะท้อนของสีที่เข้มเป็นแบบทวิคูณจากหน้าเรียบของอัญมณีโปร่งใส ที่เจียรในรูปหลายเหลี่ยม ดังนั้นผู้กระทำจึงแค้นสีเพียง 1 หรือ 2 จุดบริเวณผิวที่ลับตาในอัญมณีนั้น เช่น บนหน้าปาวิลเลียน (Pavilion) หรือเกอร์เดิล (Girdle) เพราะเป็นบริเวณที่ถูกซ่อนไว้ในตัวเรือน

การเคลือบ (Coating) อัญมณีโปร่งแสงหรือทึบแสงมักถูกเคลือบให้เกิดความมันเงาด้วยขี้ผึ้งหรือน้ำมันชักเงา อัญมณีไม่มีสีหรือสีจาง (เช่น เบริล) มักนิยมเคลือบด้วยพลาสติกสีเพื่อเลียนแบบอัญมณีมีค่าชนิดอื่น ลักษณะนี้อาจกระทำกับลูกบิดและเคลือบในรูลูกบิดด้วย การเคลือบด้วยโลหะโปร่งใสคล้ายการเคลือบเลนส์กล้องถ่ายรูปพบในเพชรเพื่อเพิ่มสีและพบในอัญมณีไม่มีสีเพื่อเพิ่มสีหรือการกระจายแสง (ไฟร์) (Dispersion) การเคลือบแบบกระจกเงาทำเพื่อเพิ่มสีหรือเพิ่มประกาย (brilliance) ในอัญมณีเลียนแบบบางชนิด

การเติมให้เต็ม (Filling) มีส่วนคล้ายกับการเคลือบโดยมีวิธีการ คือ ใช้พลาสติก หรือแก้วเติมลงในช่องเปิด (cavity) บนผิวอัญมณีโดยเฉพาะบริเวณเกอร์เดิลและปาวิลเลียน สารที่เติมอาจมีสี แต่วัตถุประสงค์หลักเพื่อทำให้ผิวเรียบสม่ำเสมอและซ่อนเร้นช่องเปิด วิธีนี้ช่วยเพิ่มน้ำหนักอัญมณีและ

รักษาเนื้อแท้ไว้ แทนที่จะถูกนำไปเจียรในใหม่เพื่อคัดรอยเว้าแหว่งหรือช่องเปิดให้หมดไป ซึ่งทำให้น้ำหนักลดลง

การเติมให้เต็มนิยมทำกันมากจนเป็นปกติในทับทิม สารอีพอกซี (epoxy) นิยมใช้เป็นสารเติมช่องเปิดและยังใช้ลดความคมชัดของรอยแตกกร้าวหรือเชื่อมปิดช่องว่างที่ผิวมรกตอีกด้วย (ในเพชรบางครั้งก็ใช้สารนี้)

การปิดหลัง (Backing) อัญมณีด้วยแผ่นฟอยล์โลหะเงินผสมทองคำมีขึ้นในสมัยประมาณ 2,000 ปีก่อนคริสต์ศักราชแล้ว จนกระทั่งทศวรรษ 1700S การปิดหลังได้ถูกยอมรับกันอย่างกว้างขวางและใช้วัสดุอื่นมาปิดหลังกันมากขึ้น เช่น ผ้า กระดาษ ขนนกสี เป็นต้น แต่การเจียรในเป็นแบบใหม่สามารถทำให้ประกายของอัญมณีเกิดขึ้นได้ ดังนั้นการปิดหลังด้วยฟอยล์จึงตกอันดับไป ปัจจุบันพบในอัญมณีและเครื่องประดับโบราณ ของเทียม หรือของชาวตะวันออกเป็นส่วนใหญ่ นอกจากการปิดหลังโดยตรงแล้วยังอาจรวมถึงการแกะสลักลาย เส้นละเอียดบนฟอยล์ด้านหลังอัญมณีหรือแกะลงบนผิวด้านหลังอัญมณีโดยตรงเพื่อเลียนแบบเพชรตาแมว (cat's eye) หรืออัญมณีสาหร่ายบางชนิด

สรุป

การพัฒนาคุณภาพอัญมณี คือกระบวนการใดๆ ภายใต้อการควบคุมของมนุษย์ที่ทำให้เกิดการปรับปรุงลักษณะปรากฏ ความคงทน หรือมูลค่าของอัญมณี ประกอบด้วยกระบวนการต่างๆ ได้แก่ การเจียรใน การแกะสลัก การทำพลอยปะ การเพิ่มอุณหภูมิ การอาบรังสี การพัฒนาโดยสารเคมี การดัดแปรพื้นผิว

การเพิ่มอุณหภูมิ (การเผาหรือหุง) เป็นวิธีเก่าแก่ที่สุด มีความเสี่ยงสูง มุ่งเปลี่ยนสีอัญมณีเป็นหลัก การอาบรังสีเป็นการใช้รังสีทำให้อิเล็กตรอนของอะตอมในโครงสร้างอัญมณีเปลี่ยนตำแหน่งจนเกิดเป็นคัลเลอร์เซนเตอร์ขึ้น ซึ่งมีผลให้สีของอัญมณี

เปลี่ยนแปลง วิธีนี้สีของอัญมณีบางชนิดมีโอกาสดำลงไปเป็นสีเดิมได้ เมื่ออัลเตอร์เซนเตอร์ถูกทำลาย เช่นได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์

การพัฒนาคุณภาพอัญมณีโดยสารเคมีมีหลายวิธีได้แก่ การฟอกขาวซึ่งใช้สารเคมีทำให้สีอัญมณีจางลงหรือหายไป (ไม่รวมการฟอกขาวก่อนการขัดสีหรือก่อนการอบรังสีในไข่มุก) การขัดสีต้องใช้สารเคมีเพิ่มเข้ามาเพื่อเปลี่ยนสีอัญมณี (รวมวิธีใช้น้ำมันที่มีสีด้วย) การแพร่จะใช้สารเคมีสัมผัสกับอัญมณีภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูงจนอัญมณีเกือบหลอม เพื่อให้สารดังกล่าวแพร่เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างจากผิวไม่ลึกนัก มีผลทำให้เกิดสีหรือสีแทรก การออบน้ำมันเป็นการใช้น้ำมันไม่มีสีอบอัญมณีให้มีลักษณะปรากฏเปลี่ยนไปเช่นทำให้มรกตใสขึ้น การปิดรอยแตกหรือที่ว่างเล็กๆ ใช้พลาสติก หรือขี้ผึ้งและความร้อนช่วย

การคัดแปรพื้นผิวมีวิธีที่ต่างกัน 4 วิธี ได้แก่ การทาสีซึ่งส่วนใหญ่เป็นการเติมสีเล็กน้อยที่ผิวอัญมณี ณ ตำแหน่งที่ผู้ซื้อมองเห็นได้ยาก โดยทำเพื่อหลอกลวงลูกค้าว่าสีที่เห็นเป็นสีจริงของอัญมณี การเคลือบเป็นการนำสารบางอย่างเช่น หินก สารประกอบโลหะ สี พลาสติก น้ำมันชักเงา หรือขี้ผึ้งมาเคลือบบางๆ ที่ผิวของอัญมณี การเติมให้เต็มส่วนใหญ่ใช้แก้วหรือสารคล้ายแก้วอุดช่องว่างที่ผิวอัญมณี การปิดหลัง เป็นการนำฟอยล์ ผ้าหรือวัสดุอื่น มาเปิด

ด้านหลังของอัญมณีเพื่อเพิ่มประกายมากขึ้น

การพัฒนาคุณภาพอัญมณีตามความหมายแล้ววิธีการส่วนใหญ่ถือว่ามีประโยชน์เพราะทำให้อัญมณีสวยสดงดงามมีคุณค่ายิ่งขึ้น แต่บางกรณีถูกมองไปในทางลบ เพราะผู้พัฒนามีเจตนาหลอกลวงผู้ซื้อ เช่น การทาสี การเคลือบ การปิดหลัง การขัดสี เป็นต้น ซึ่งผู้ขายบางคนทราบดีแต่ขายอัญมณีนั้นในราคาสูงกว่าที่ควรจะเป็น ผู้ขายที่มีจรรยาบรรณจะไม่กระทำเช่นนั้น ต้องแจ้งให้ลูกค้าทราบเสมอว่าอัญมณีได้ผ่านการเพิ่มคุณภาพมาแล้วโดยกระบวนการใด และขายในราคาเหมาะสม ดังนั้นขอให้ผู้ซื้อระมัดระวังในการซื้ออัญมณีโดยคำนึงถึงเรื่องดังกล่าวเป็นสำคัญ หากไม่แน่ใจไม่ควรด่วนตัดสินใจซื้อควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญทางอัญมณีก่อน

เอกสารอ้างอิง

1. Gemological Institute of America. (1992). Colored stones 8, Gem enhancements. Gemological Institute of America, 2-17, 26.
2. Nassau K, (1994). Gemstone enhancement 2nd ed. Oxford : Butterworth. 28, 53.
3. Wild G.O. (1932). The treatment of gem stones by heat. Rocks and Miner. Vol. 7, No. 9.

ลำดับที่ 4

เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ
วิเคราะห์อัญมณี

เรื่อง

เครื่องมือในการวิเคราะห์อัญมณี

สำหรับ

นายเจริญชัย ชัยชนะกุล
K.R.S.M. 17 11 11 11

เจ้าหน้าที่สถานธนาขุมบาลกรุงเทพมหานคร

วันที่ 8 กรกฎาคม 2538 เวลา 10.45 - 12.00 น.

ณ ห้อง 15 - 523

อาคารพลศึกษา และวิทยาศาสตร์

โดย

อ. เสรีวัฒน์ สนิทรัตน์โยธา

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป

คณะวิทยาศาสตร์

มศว ประสานมิตร

เครื่องมือในการวิเคราะห์อัญมณี

โดย เสวีวัฒน์ สมิทธิ์ปัญญา

เครื่องมือในการวิเคราะห์อัญมณีมีหลายชนิด ถ้านับรวมผู้วิเคราะห์ด้วยแล้ว ตาหรือสายตาของผู้วิเคราะห์ถือว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่สุดที่กล่าวเช่นนั้น เพราะว่าคุณสมบัติหลักที่ถูกใช้เป็นส่วนบอกถึงชนิดและคุณภาพของอัญมณีนั้น ๆ เช่น สี ความวาว การยอมให้แสงผ่าน ดัชนีหักเห เป็นต้น ซึ่งต้องอาศัยตาของผู้วิเคราะห์เป็นเครื่องมือในการดู ความจริงอัญมณีประเภทต่าง ๆ ยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับทางแสงโดยตรงอีกมากเช่น ความแข็ง ความคงทน ความแวววาวเฉพาะ เป็นต้น แต่ถ้าหากใช้การทดสอบด้วยคุณสมบัติเหล่านั้น บางอย่างอาจไม่เหมาะต่ออัญมณีเช่น การทดสอบความแข็งซึ่งต้องมีการขีดขูดตัวอย่างเพื่อหาค่าความแข็งอาจทำให้ ตัวอย่างแตกกร้าวเป็นหรือรอยลึกหรือได้ ดังนั้นจึงไม่ค่อยนิยมใช้วิธีนี้

สำหรับเครื่องมือที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อใช้ทดสอบหรือวิเคราะห์อัญมณีมีหลายชนิด ยากที่จะกล่าวถึงรายละเอียดให้ครบถ้วน ในเอกสารฉบับนี้ เครื่องมือดังกล่าวมีตั้งแต่ชนิดที่ใช้วิเคราะห์คุณสมบัติอัญมณีได้โดยง่าย ไปจนถึงชนิดที่ยังยากซับซ้อนและต้องอาศัยความชำนาญในการใช้งาน อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์อัญมณีแต่ละครั้งส่วนใหญ่ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือให้ครบทุกชนิดที่มีอยู่ บางครั้งอาจใช้เครื่องมือเพียง 2-3 ชิ้น บางครั้งอาจใช้มากกว่าขึ้นอยู่กับว่าผู้วิเคราะห์มีความรู้ความชำนาญพอเพียงหรือไม่ ต้องการความละเอียดในการวิเคราะห์ระดับใด อัญมณีตัวอย่างนั้นมีความยาก-ง่ายเพียงใดหรือมีลักษณะ เฉพาะหรือรายละเอียดพอที่จะชี้บ่งว่าเป็นอัญมณีชนิดใดชนิดหนึ่งอย่างชัดเจนหรือไม่

อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์อัญมณีขั้นแรกผู้วิเคราะห์ต้องสังเกตลักษณะทั่วไปของอัญมณีตัวอย่างก่อน โดยอาศัยเครื่องมือพื้นฐานที่สำคัญคือสายตาของผู้วิเคราะห์ให้ละเอียดถี่ถ้วน โดยเฉพาะคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น สี ความโปร่ง ความวาว ปรากฏการณ์ แนวแตก เรียบ รอยแตก เป็นต้น จากนั้นจึงจะเริ่มใช้เครื่องมืออื่น ๆ ที่เหมาะสมต่อไป เพื่อให้ได้คำตอบที่ชัดเจนว่าอัญมณีตัวอย่างมีชื่ออะไร อยู่ในกลุ่มใดเป็นอัญมณีแท้หรือสังเคราะห์ เป็นต้น ในที่นี้จะกล่าวถึงเครื่องมือในการวิเคราะห์อัญมณีที่จำเป็นบางชนิดตามลำดับดังนี้

1. ผ้าทำความสะอาดอัญมณี (Gemcloth)

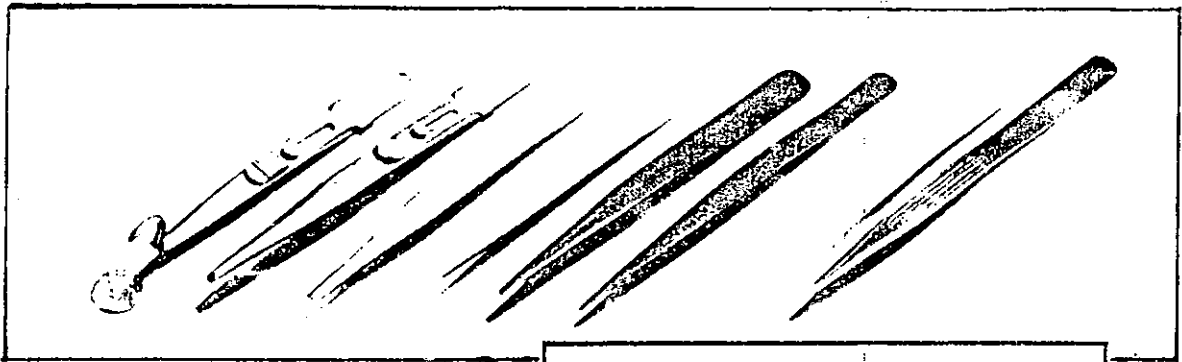
ผ้าทำความสะอาดอัญมณี โดยทั่วไป เป็นผ้าที่ผลิตขึ้น โดยเฉพาะมีลักษณะด้านหนึ่ง เรียบ อีกด้านหนึ่งอ่อนนุ่มคล้ายกำมะหยี่ เป็นผ้าที่ไม่มีขนผ้าหลุดออกมา โดยง่าย เวลาใช้ให้ใช้ ด้านที่อ่อนนุ่ม เช็ดอัญมณี โดยใช้นิ้วชี้และหัวแม่มือจับ ไม่ควรจับผ้าด้านที่ เช็ดถูจนล่อน หากผ้าสกปรก ควรซักด้วยมือกับน้ำสบู่เหลว แล้วสลัดผ้าโดยไม่ต้องบิดให้แห้ง แล้วจึงผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

2. แหนบหรือปากคีบ (Tweezers)

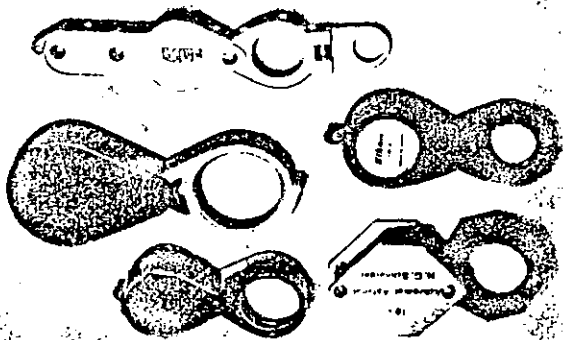
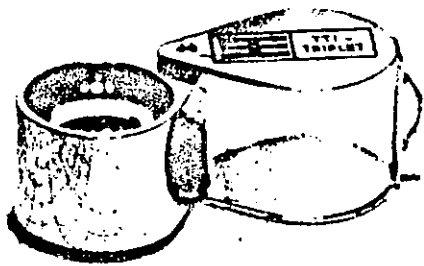
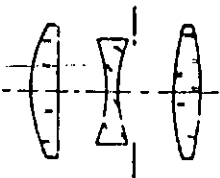
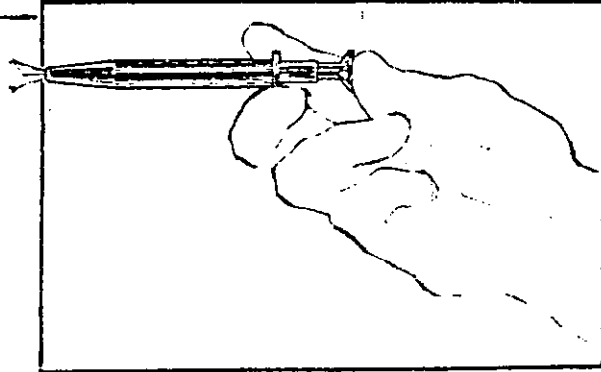
แหนบหรือปากคีบ เป็นเครื่องมือที่ใช้จับหรือคีบอัญมณี มีรูปร่างหลายแบบ ทั้งมี ล็อกในตัว และ ใช้แรงจากมือบีบ ตลอดจนชนิดที่มีรูปทรงคล้ายปากกา โดยมีสปริงซ่อนภายใน และปลายจับเป็นทรงแมคเดย์ แหนบที่ใช้ในงานอัญมณีโดยทั่วไปมีความยาวประมาณ 6 นิ้ว และมีขนาดของปากหลายขนาดขึ้นอยู่กับว่าจะใช้จับอัญมณีขนาดไหน แต่ขนาดปากปานกลาง จะใช้ได้กว้างขวางมากกว่า (ภาพ 1)

3. หลู่ (Loupe)

หลู่เป็นเลนส์ขยายขนาดเล็ก ใช้สำหรับดูลักษณะภายนอกและภายในของอัญมณี มีหลายแบบ เช่น แฮนด์หลู่ (Hand loupe or Hand lens) ายหลู่ (Eye loupe) เฮดหลู่ (Head loupe) และ ดาร์กฟิลด์หลู่ (Darkfield loupe) เป็นต้น เลนส์ที่ใช้ประกอบเป็นหลู่ นั้นมี 3 ชั้น เรียกว่า ทริเปิล (Triplet) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ ความเพี้ยนของภาพและสีที่ผ่านออกมาสู่สายตาผู้ใช้ (ภาพ 2) กำลังขยายมาตรฐานของ เลนส์ที่ใช้ในงานอัญมณีเท่ากับ 10 เท่า และมีระยะ โฟกัสประมาณ 1 นิ้ว ดังนั้นเวลาใช้

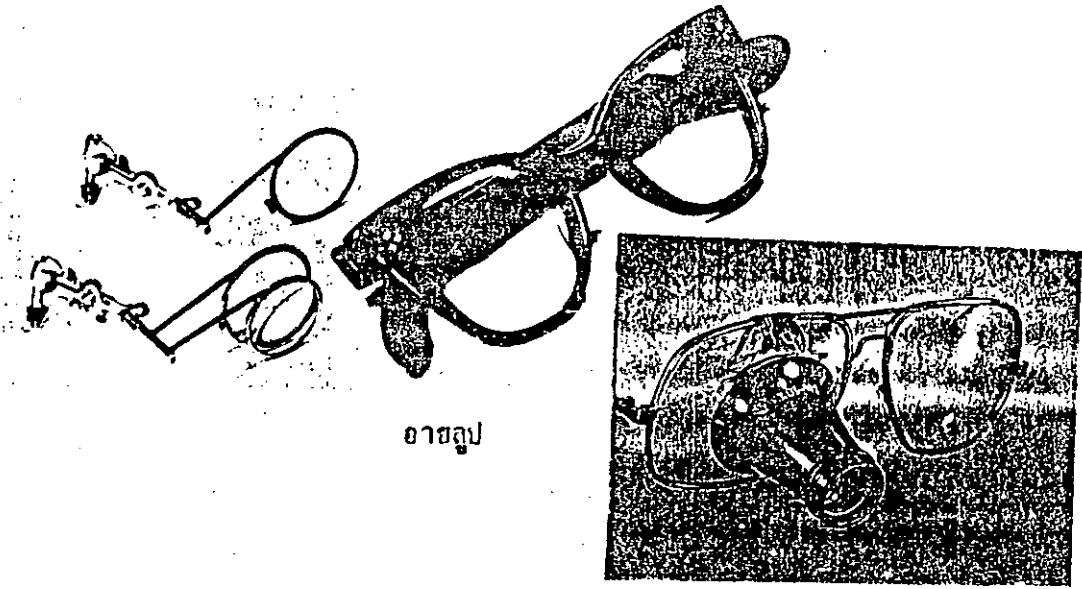


ภาพ 1 แหนบแบบต่างๆที่ใช้จับ
หรือคีบอัญมณี

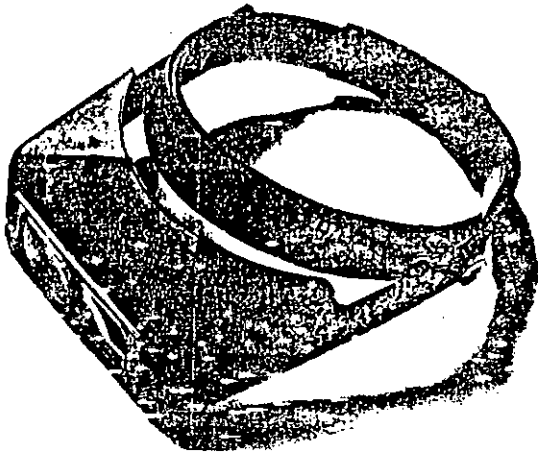


แซนค์เลนส์

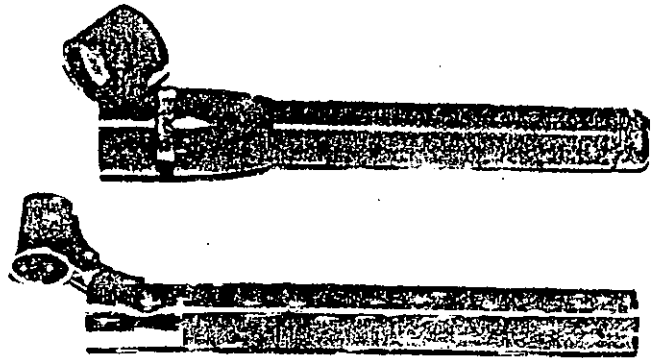
ภาพ 2 รูปแว่นต่างๆ (ยังมีต่อ)



อาชรูป



เชทรูป



การ์ดฟิล์มรูป

ภาพ 2 รูปแบบต่างๆ (ต่อ)



ภาพ 3 การใช้แซนค์เลนส์

แผ่นดีบุกควรจับลูบให้ลื่นอยู่เสมอเพื่อไม่ให้เข้าใกล้กับตา และจับยึดที่มีตัวอย่างให้ห่างจากอุปกรณ์ประมาณ 1 นิ้ว โดยให้แสงส่องลงบนตัวอย่าง (ภาพ 3)

4. กล้องจุลทรรศน์วิเคราะห์อัญมณี (Gemological microscope)

กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้วิเคราะห์อัญมณีส่วนใหญ่เป็นกล้อง 2 ตา ซึ่งจะมองเห็นภาพเป็น 3 มิติ ส่วนประกอบสำคัญของตัวกล้องได้แก่ (โปรดดูภาพ 4 ประกอบ)

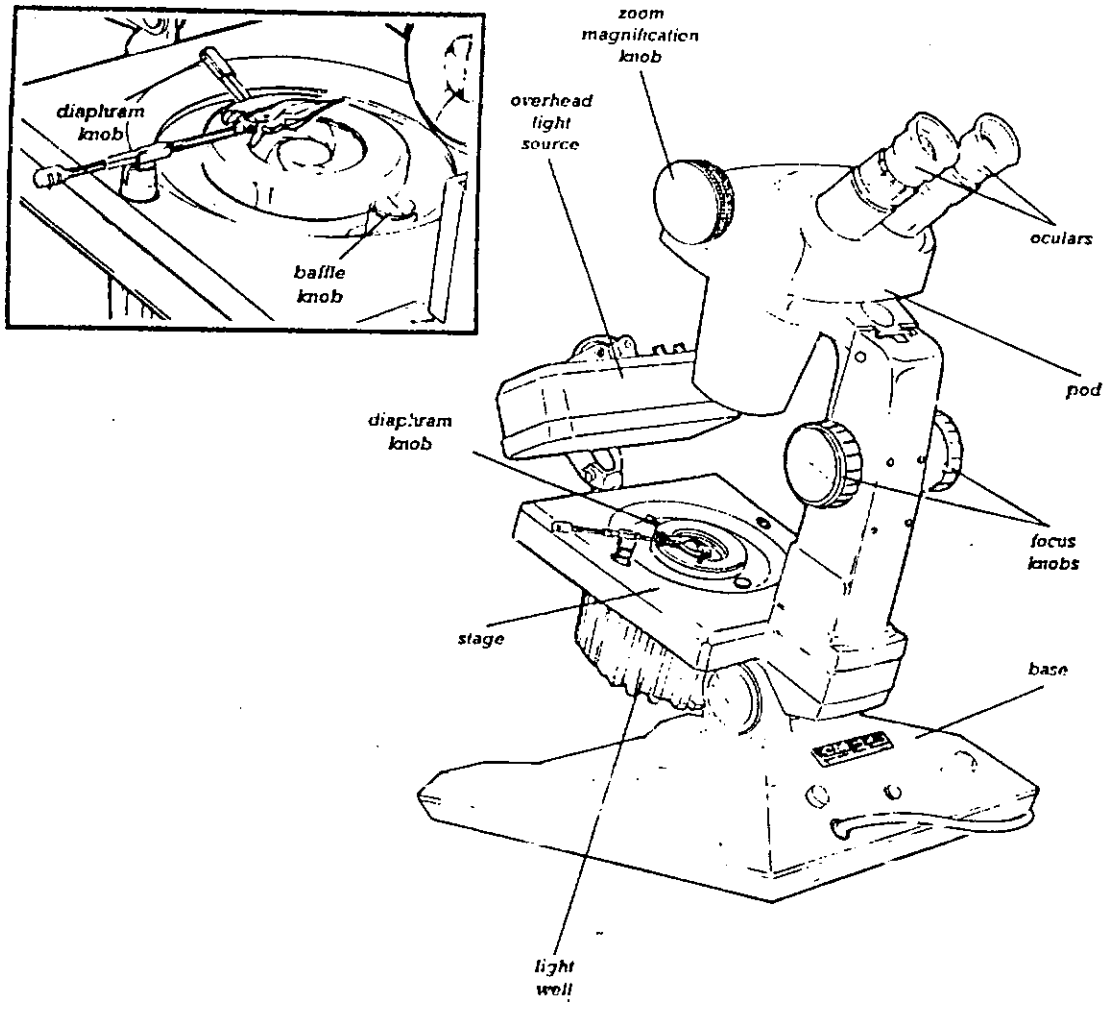
- ส่วนบรรจุเลนส์ (Pod) ซึ่งจะมีทั้งเลนส์วัตถุ และเลนส์ตา ส่วนนี้สามารถเลื่อนขึ้นลงได้โดยใช้ปุ่มปรับโฟกัส เพื่อปรับภาพให้คมชัด

- แท่นวัตถุ (Stage) เป็นส่วนที่เปิดให้แสงจากแหล่งกำเนิดส่องมาจากด้านล่างของวัตถุ ส่วนนี้มีปุ่มปรับปริมาณแสง (Diaphragm knob) ให้ส่องขึ้นมาได้มาก-น้อยตามความต้องการ นอกจากนั้นยังสามารถติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงส่องด้านบน (Overhead light source) อีกด้วย

- ไลท์เวลล์ (Light well) เป็นแหล่งที่มีหลอดไฟแหล่งกำเนิดแสงบรรจุอยู่อยู่ใต้แท่นวัตถุ ประกอบด้วยแก้วหรือพลาสติกดีฟาร์กิงทรงกระบอกซ้อนอยู่ภายในด้วยโลหะ-สะท้อนแสง หลอดไฟอยู่ต่ำกว่าแก้วทรงกระบอกดังกล่าวลงมา ส่วนกันของแก้วทรงกระบอกเป็น "แบบเฟิล" (Baffle) ซึ่งเป็นโลหะสีดำ เปิด-ปิด ได้

- ฐาน (Base) เป็นส่วนที่ติดตั้งวงจรควบคุมระบบไฟฟ้าไว้ภายใน ซึ่งบางรุ่นส่วนฐานนี้หมุนได้รอบตัว และระวางส่วนของตัวกล้องซึ่งแขนนี้สามารถปรับเอียง ก้ม-เงยได้

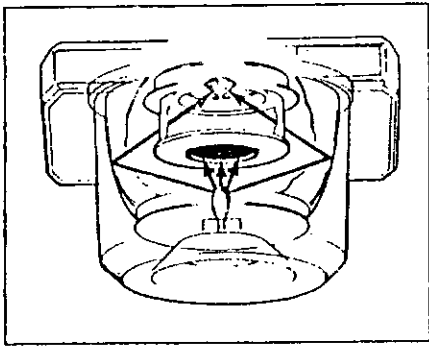
ในการวิเคราะห์อัญมณีส่วนใหญ่ใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายของเลนส์ เป็นช่วง 10-45 เท่า และหากต้องการกำลังขยายเพิ่มขึ้นให้ใช้เลนส์ตอปเบลอร์ (Doubler) ติดตั้งเพิ่มเข้าไป ทำให้กำลังขยายเพิ่มเป็น 2 เท่า อย่างไรก็ตามมีน้อยมากที่การวิเคราะห์อัญมณีโดยทั่วไปจะใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายมากกว่า 90 เท่า



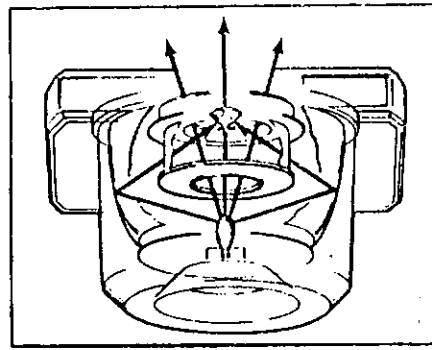
ภาพ 4 ส่วนประกอบที่สำคัญของกล้องจุลทรรศน์วิเคราะห์อัตโนมัติ

การใช้กล้องจุลทรรศน์วิเคราะห์อัญมณีให้ได้ประโยชน์อย่างแท้จริง ผู้ใช้ควรเลือกใช้แสงไฟในกล้องให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการใช้หรือเลือกแสงไฟให้เหมาะสมกับสิ่งที่จะดูในอัญมณีตัวอย่าง ดังสรุปได้ดังนี้

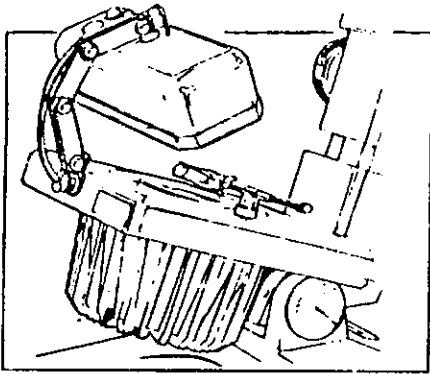
- 1) กรณีจะดูลักษณะภายในของอัญมณีโปร่งใส หรืออินคลูชัน (Inclusion) ให้ใช้แสงส่องผ่านอัญมณีเข้าตาผู้ดู โดยมีฉากหลังอัญมณีมืด ซึ่งเรียกการใช้แสงแบบ "ดาร์กฟิลด์" (Darkfield) วิธีการคือให้เปิดไฟที่ไลท์เวลล์ แล้วปิดแบบเฟล ซึ่งจะทำให้แสงสะท้อนจากโลหะรูปถ้วย ผ่านแก้วทรงกระบอกมายังอัญมณีตัวอย่างเข้าสู่ตาผู้วิเคราะห์ (ภาพ 5 ก)
- 2) กรณีต้องการดูลักษณะริ้วลายขนานโค้ง (Curved striae) อินคลูชันที่เป็นของเหลว (Liquid inclusion) และอินคลูชันที่มีลักษณะของขอบไม่คมชัดเพราะกลมกลืนกับอัญมณีตัวอย่าง ให้ใช้แสงที่เรียกว่า "ไบรท์ฟิลด์" (Brightfield or Transmitted light) วิธีการคือให้เปิดแบบเฟล และปรับปริมาณแสงที่แทนวัตถุให้น้อยลง (ปรับไอริสไดอะแฟรม : Iris diaphragm) (ภาพ 5 ข)
- 3) กรณีต้องการดูแถบสีโค้ง (Curved color banding) และเขตสี (Color zoning) ให้ปรับแสงเป็นแบบไบรท์ฟิลด์ โดยเปิดแบบเฟล และไอริสไดอะแฟรม แล้ววางกระดาษทึบหรือแผ่นกระจกฝ้าลงบนแท่นวัตถุ ลักษณะแสงแบบนี้เรียกว่า "ดิฟฟิวส์" (Diffuse)
- 4) กรณีต้องการดูลักษณะที่ปรากฏบนผิวของอัญมณี เช่น รอยแตกที่ผิว ความวาว เบ้แบน และอินคลูชันบางชนิด ให้ใช้แสงไฟส่องจากด้านบนทำมุมกับผิวอัญมณีเกือบ 90° ซึ่งเรียกว่า "แสงส่องบน" (Vertical overhead or Reflected light) (ภาพ 5 ค)
- 5) กรณีต้องการดูอินคลูชันที่มีลักษณะบางเป็นแผ่น เช่น แนวแตกเรียบ ฝ้าเกลวบ้างันท์ รอยแตกภายในเนื้ออัญมณี ให้ใช้ไฟแสงสะท้อนแบบกอบเล็ค (Oblique reflected) กล่าวคือใช้แสงที่เข้มและเล็ก เช่น ไฟจากไฟฉายขนาดเล็ก (Penlight) หรือไฟเบอร์ออปติก (Fiber optic light) มุมของลำแสงที่ตกกระทบผิวอัญมณีควรมีค่าระหว่าง 0-90° (ภาพ 5 ง)



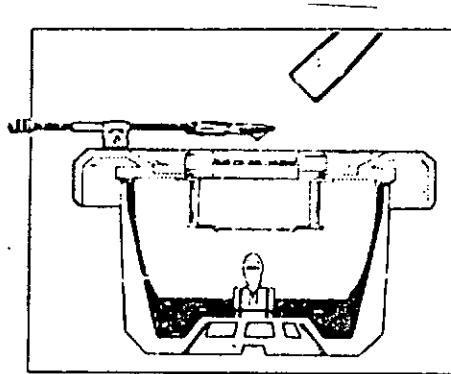
ก) Darkfield



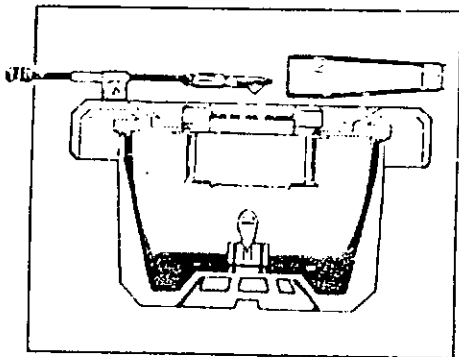
ข) Brightfield (or transmitted light)



ค) Vertical overhead



ง) Oblique reflected



จ) Horizontal

ภาพ 5 การจัดแสงแบบต่างๆ ของกล้องจุลทรรศน์วิเคราะห์ด้วยแสง
 ก) การก่ฟลัด ข) ไบรท์ฟิลด์
 ค) แสงส่องด้านบน ง) แสงไฟสะท้อนแบบออบลิค จ) แสงส่องในแนวราบ

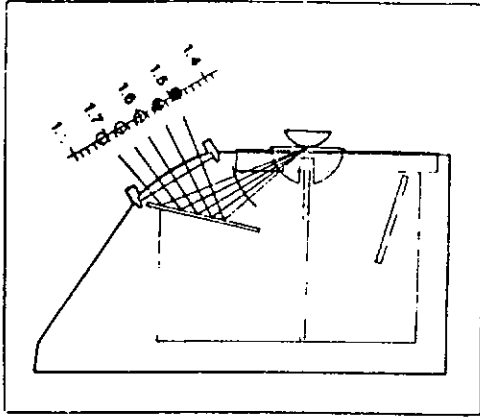
6) กรณีต่อการดูฟองอากาศ (Gas bubble) หรือผลึกแร่ที่อยู่ในเนื้ออัญมณี ให้ใช้แสงไฟแบบดาร์กฟิลด์แล้วใช้แสงจากไฟเบอร์ออปติกหรือไฟฉายขนาดเล็กส่องมายังอัญมณีในแนวราบ หรือเรียกว่า แสงแนวราบ (Horizontal) (ภาพ 5 จ)

การใช้แสงของกล้องจุลทรรศน์ทั้ง 6 แบบนี้ เป็นเพียงวิธีการทั่วไปเท่านั้น ผู้ที่มีความชำนาญอาจประยุกต์แบบต่าง ๆ ใช้ร่วมกันได้ และยังมีการใช้แสงไฟแบบอื่น ๆ อีกซึ่งจะไม่กล่าวไว้ในที่นี้

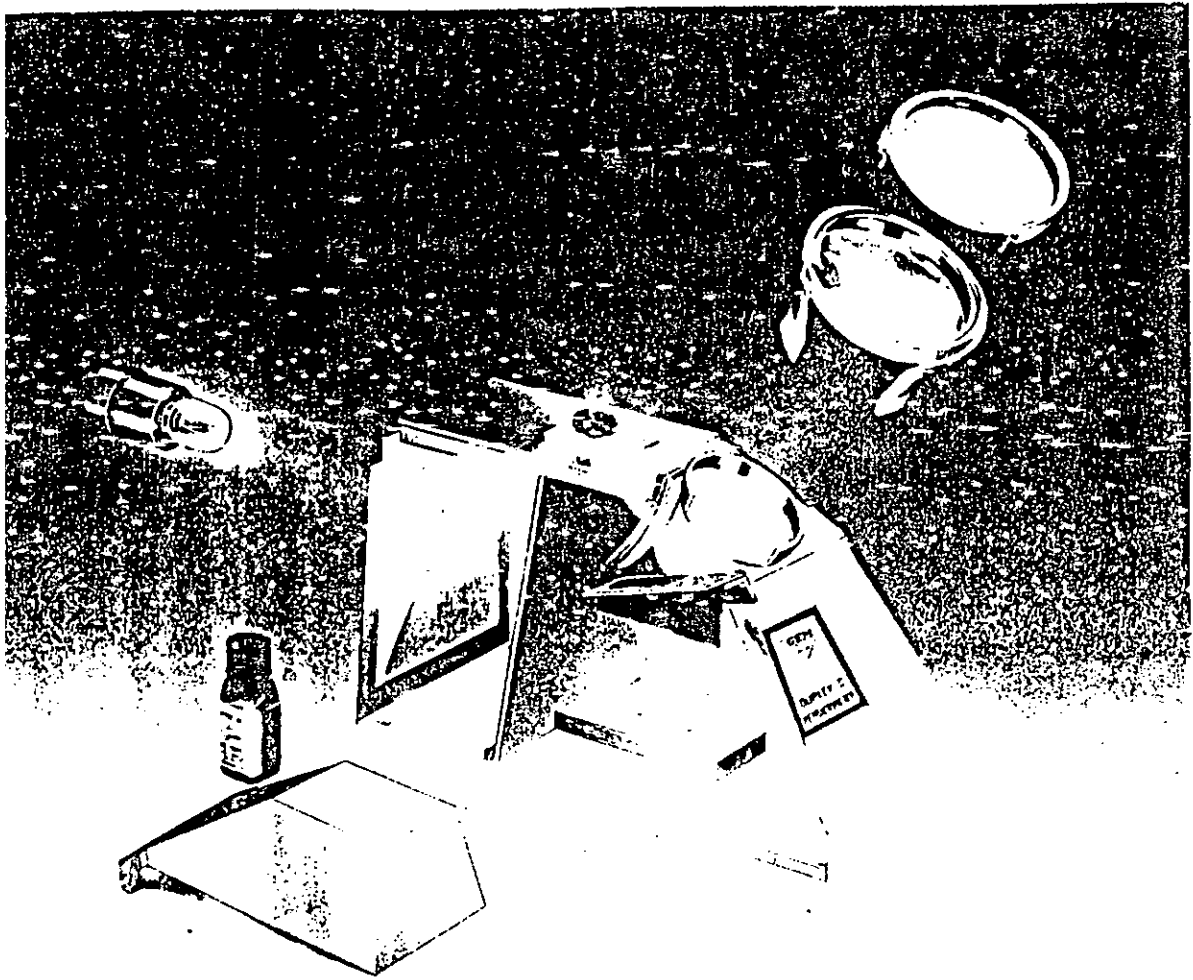
5. รีแฟรกโตมิเตอร์ (Refractometer)

รีแฟรกโตมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดค่าดัชนีหักเห (Refractive index ; RI) ของวัตถุ โดยมีหลักการคือ เป็นการวัดค่ามุมวิกฤต (Critical angle) ที่เกิดขึ้นจากแสงที่ผ่านแท่งแก้วรูปทรงกระบอกครึ่งซีก (Hemicylinder) ที่มีค่าดัชนีหักเหสูงกว่าเข้าไปกระทบกับอัญมณีซึ่งมีค่าดัชนีหักเหต่ำกว่า แล้วแสงที่ผ่านเข้าไปโดยมีมุมตกกระทบน้อยกว่าค่ามุมวิกฤตจะหักเหผ่านอัญมณีตัวออกข้างไป ส่วนแสงที่มีมุมมากกว่าค่ามุมวิกฤตจะสะท้อนกลับหมด ดังนั้นในรีแฟรกโตมิเตอร์จะมีสเกลบอกไว้โดยเทียบให้เป็นค่าดัชนีหักเหที่อ่านออกมาได้ ซึ่งแสงจะผ่านกระจกโปร่งใสที่เขียนสเกลไว้ถึงบนกระจกเงาแล้วสะท้อนเข้าตาเรา การอ่านค่าจะเห็นเป็นแนวเขตแบ่งระหว่างบริเวณมืดและสว่าง ซึ่งบริเวณมืดแสดงถึงแสงที่ผ่านทะลุหรือหักเหขึ้นไปบนตัวอย่าง ส่วนบริเวณสว่างคือแสงที่สะท้อนกลับหมด สำหรับแนวเขตที่แบ่งระหว่างแนวมืดกับสว่างหมายถึง บริเวณที่แสงเกิดเป็นมุมวิกฤตในแท่งแก้วรูปทรงกระบอกครึ่งซีกพอดี (ภาพ 6)

รีแฟรกโตมิเตอร์นอกจากจะใช้วัดค่าดัชนีหักเหของอัญมณีแล้วยังช่วยให้หาคุณลักษณะทางแสงด้านอื่น ๆ ของอัญมณีได้ด้วยเช่น เป็นอัญมณีชนิดที่มีค่าดัชนีหักเหค่าเดียว (Single refraction : SR) หรือมีค่าดัชนีหักเห 2 ค่า (Double refraction : DR) และ



ก) การสะท้อนกลับหมดของแสง เมื่อผ่าน
แท่งแก้วทรงกระบอกครึ่งซีก แล้วผ่านกระ
จกใส่ที่มีสเกลและสะท้อนเข้าสู่ตาชูด



ข) ภาพแสดงลักษณะภายในของรีแฟรกโตมิเตอร์ และอุปกรณ์ประกอบ เช่น น้ำยาคำค่าดัชนีหักเห และแว่นขยาย เป็นต้น

ภาพ 6 รีแฟรกโตมิเตอร์

หาค่าไบรีฟริงเจนซ์ (Birefringence : Bire คือ ค่าความแตกต่างระหว่างค่า RI สูงสุด - RI ต่ำสุดของอัญมณีเม็ดนั้น) ได้

6. โพลาริสโคป (Polariscope)

โพลาริสโคป เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบคุณสมบัติทางแสงของอัญมณี ประกอบด้วยแผ่นแก้วโพลาไรซ์ 2 แผ่น คือ แผ่นล่างเรียกว่าแผ่น "โพลาไรเซอร์" ซึ่งเป็นฟิลเตอร์ที่ทำให้แสงเกิดลักษณะโพลาไรซ์ติดตั้งอยู่ในฐานเหนือแหล่งกำเนิดแสง แผ่นบนเรียกว่าแผ่น "อะนาไลเซอร์" ซึ่งเป็นฟิลเตอร์ที่ทำให้แสงเกิดการโพลาไรซ์เช่นกัน อะนาไลเซอร์สามารถหมุนได้ 360° เพื่อให้แสงจากแหล่งกำเนิดผ่านขึ้นมาได้บางส่วนถึงผ่านไม่ได้เลย ส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ทรงกลมรวมแสง (Condensing sphere) แวนขยายเป็นต้น (ภาพ 7)

ประโยชน์ของโพลาริสโคปต่อการวิเคราะห์อัญมณีมีหลายประการเช่น การจำแนกลักษณะ SR, DR หรือการเกาะกลุ่มผลึก (Aggregate : AGG) ของอัญมณี และดูแกนแสง (Optic axis) ของอัญมณีว่าเป็นแกนเดี่ยว (Uniaxial) หรือแกนคู่ (Biaxial) เป็นต้น ส่วนข้อจำกัดของเครื่องมือชนิดนี้คือ ใช้ทดสอบเฉพาะอัญมณีที่โปร่งใสถึงถึงโปร่งแสงเท่านั้น

ตัวอย่างการทดสอบอัญมณีโดยใช้โพลาริสโคปพอสรุปได้ดังแผนภูมิข้างล่างนี้

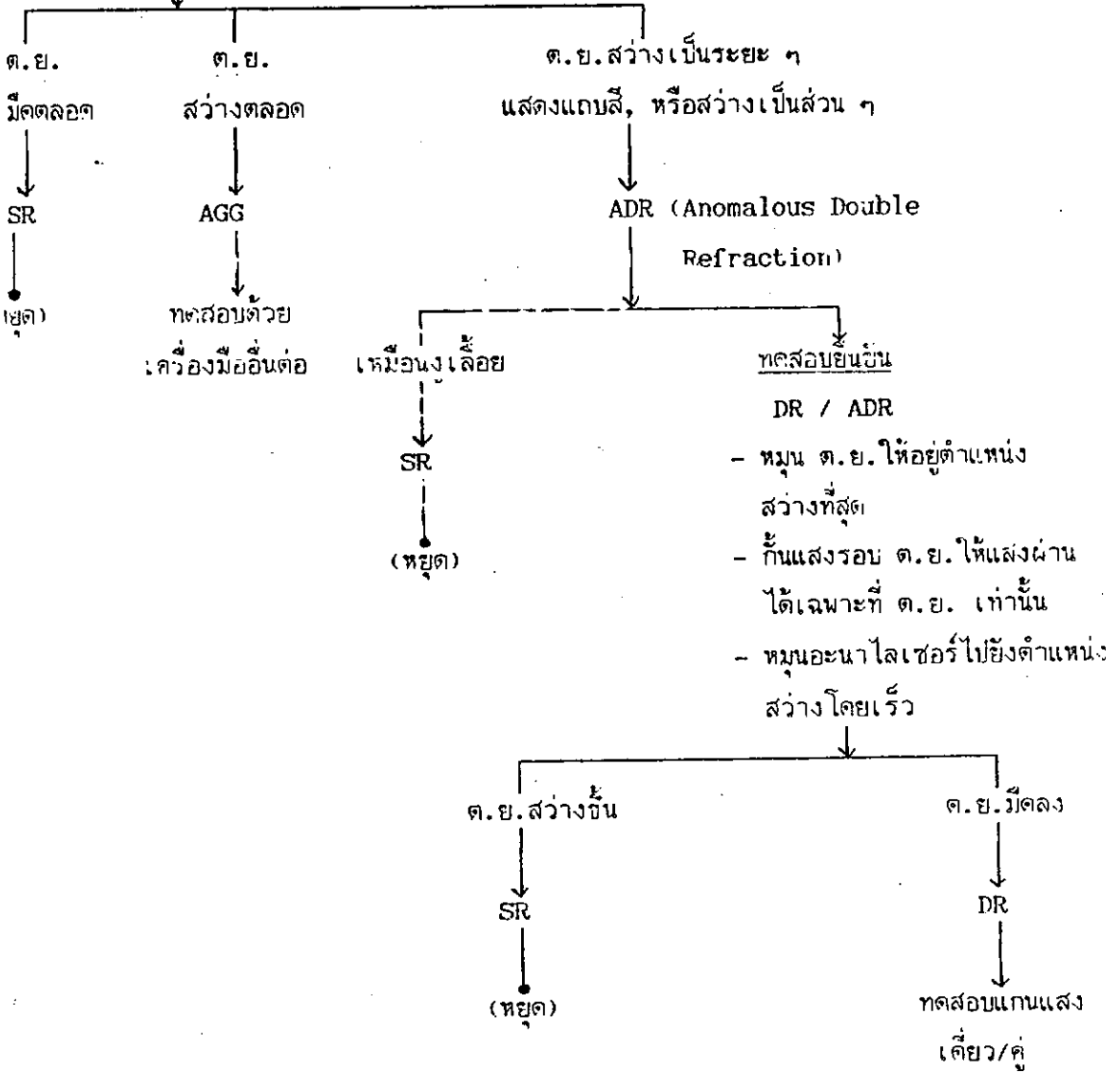
ตัวอย่าง
อัญมณี

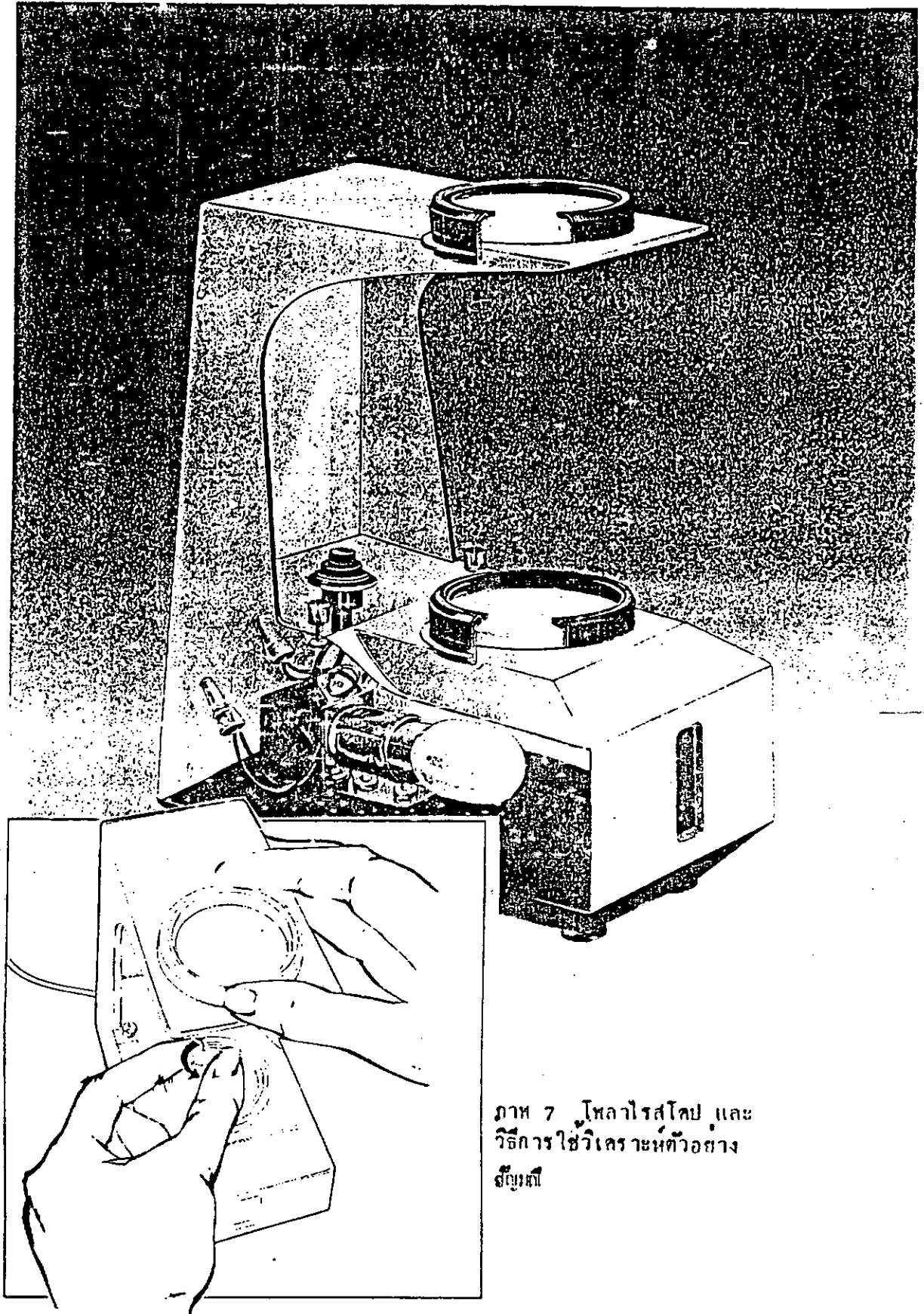
- หมุนอะนาไลเซอร์ให้อยู่ในตำแหน่งมืด (Crossed Polaroids)
- วางตัวอย่าง (ต.ย.) ระหว่างโพลาไรเซอร์กับอะนาไลเซอร์

ทดสอบ

SR/DR/AGG

- หมุน ต.ย. ไปโดยรอบ (360°)





ภาพ 7 โพลารัสโคป และ
วิธีการใช้วิเคราะห์ตัวอย่าง
สีเข้ม

7. หลอดรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet lamp : UV Lamp)

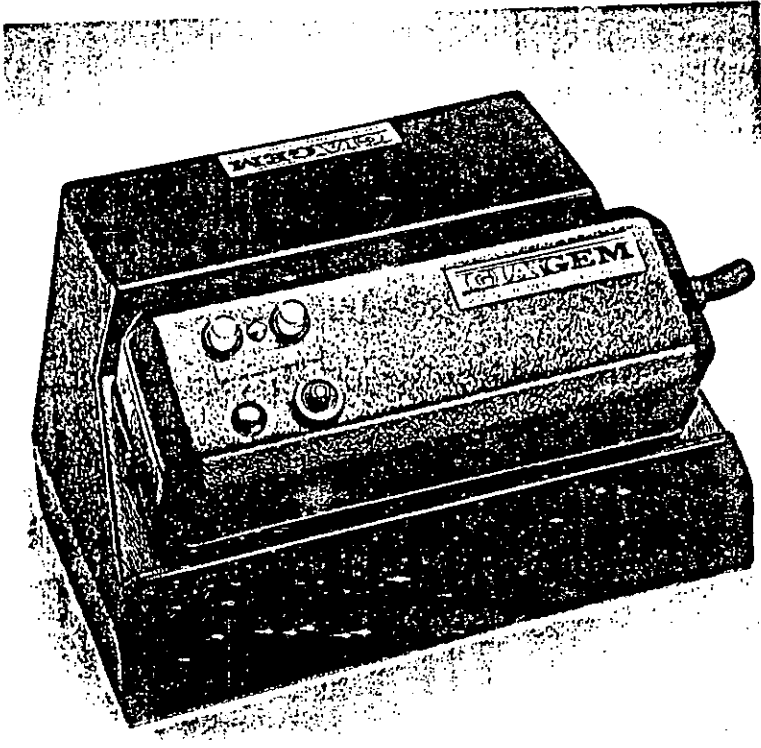
รังสีอัลตราไวโอเล็ตคือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 200-400 นาโนเมตร โดยประมาณ (1 Nanometer (nm) = 10^{-9} เมตร) แบ่งเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงคลื่นสั้น (Shortwave : SW UV) ซึ่งมีความยาวคลื่น 200-280 นาโนเมตร และช่วงคลื่นยาว (Longwave : LW UV) ซึ่งมีความยาวคลื่น 315-400 นาโนเมตร ในการวิเคราะห์อัญมณีจะมีหลอดไฟที่เป็นแหล่งกำเนิดรังสีคลื่นสั้น 254 นาโนเมตร กับรังสีคลื่นยาว 365 นาโนเมตร (ภาพ 8)

UV lamp มีประโยชน์คือ ใช้ทดสอบอัญมณีบางชนิดที่มีการเปล่งแสง (Luminescence) เช่น การวาวแสง (Fluorescence) หรือการเรืองแสง (Phosphorescence) เมื่อได้รับแรงแท่งจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต การใช้ควรรระมัดระวังเพราะรังสีคลื่นสั้นมีอันตรายต่อดวงตาและผิวหนัง ไม่ควรมองที่แหล่งกำเนิดแสง ควรสวมแว่นตาป้องกันเป็นต้น

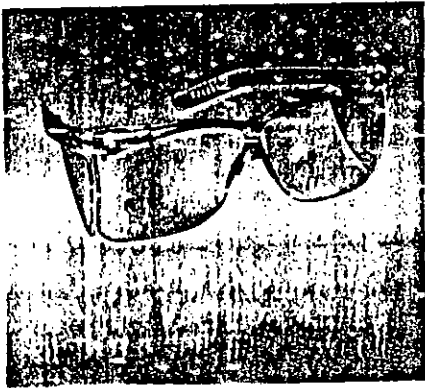
8. สเปกโตรสโคป (Spectroscope)

สเปกโตรสโคปเป็นเครื่องมือที่สามารถทำให้แสงสีขาวกระจาย (Disperse) หรือเลี้ยวเบน (Diffract) ออกเป็นสเปกตรัม (Spectrum) หรือแถบสีรุ้งต่าง ๆ ที่สามารถมองเห็นได้ (ช่วงคลื่น 400-700 นาโนเมตร) ได้แก่ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง

อัญมณีบางชนิดสามารถดูดกลืนแสงบางช่วงคลื่นที่ผ่านหรือตกกระทบตัวมันเอง เอาไว้ ซึ่งการดูดกลืนแสงสีใดนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมี และโครงสร้างระงออัญมณีนั้น ๆ ดังนั้นเมื่อแสงสีขาวผ่าน หรือสะท้อนจากอัญมณีออกมาแล้วผ่านเข้าไปยังสเปกโตรสโคป



ก)



ข)

ภาพ 8 ก) กล่องบรรจุหลอดไฟที่เป็นแหล่ง
กำเนิดรังสีอัลตราไวโอเล็ต ใช้ทดอบอุณหภูมิตาม
วิธีการเปล่งแสงของอัญมณี ข) แว่นตาที่ช่วย
ให้มองเห็นการเปล่งแสงของอัญมณีที่ชัดเจนขึ้น
และยังช่วยป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตเข้าตา
ด้วย

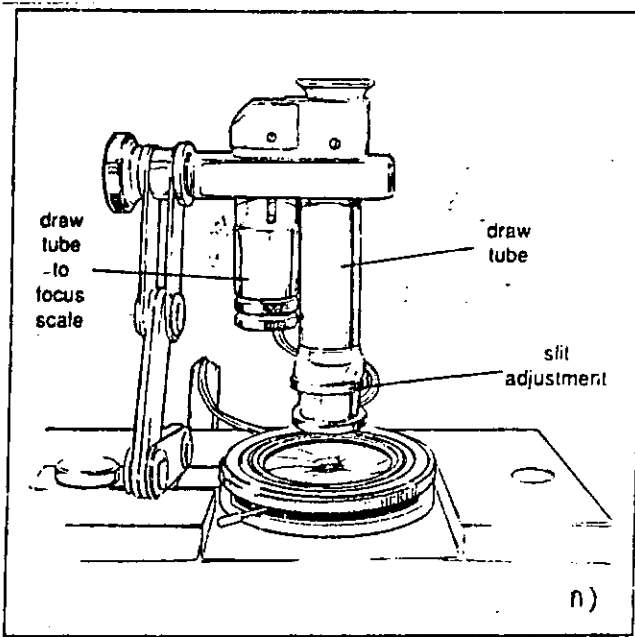
จะทำให้สเปกตรัมของสีต่าง ๆ ที่ปรากฏออกมามีรูปแบบเฉพาะตัวตามชนิดของอัญมณี เพราะแสงบางช่วงคลื่นถูกอัญมณีดูดกลืนเอาไว้

สเปกโตรสโคปมีหลายแบบที่สำคัญมี 2 แบบ คือ ปริซึมสเปกโตรสโคป (Prism spectroscopy) และดิฟแฟร็กชันเกรตติง สเปกโตรสโคป (Diffraction grating spectroscopy) แบบแรกใช้หลักการที่ให้แสงสีขาวผ่านแท่งปริซึมแล้ว แสงจะกระจายออกเป็นสเปกตรัมสีต่าง ๆ และมักออกแบบมาเป็นแบบตั้งโต๊ะ (ภาพ 9) ส่วนแบบหลังอาศัยหลักการที่ให้แสงสีขาวผ่านแผ่นแก้วที่ฉลุเป็นซี่เล็ก ๆ ชนากัน นับพัน ๆ ซี่ต่อนิ้ว แสงจะเลี้ยวเบนออกไปเป็นสเปกตรัมสีต่าง ๆ และมักออกแบบมาเป็นแบบมือถือ (Hand-held spectroscopy)

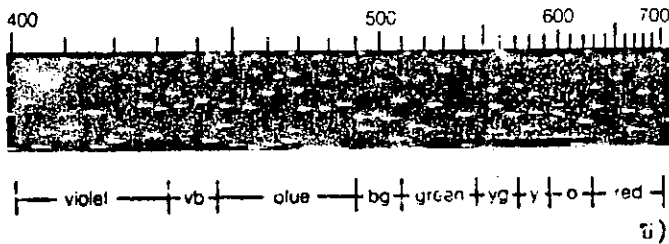
9. ไดโครสโคป (Dichroscope)

ไดโครสโคปเป็นเครื่องมือที่ใช้ทดสอบอัญมณีว่าเป็นอัญมณีชนิด DR และบางครั้งอาจบอกได้ว่าเป็นชนิด DR ที่มีแกนแสง 2 แกน (Biaxial) ได้ด้วย เนื่องจากอัญมณีที่เป็น DR สามารถดูดกลืนคลื่นแสงต่างกัน เมื่อแสงผ่านอัญมณีในทิศทางต่างกัน ดังนั้นจึงทำให้แสงที่ผ่านออกมาจากอัญมณีมีสีต่างกัน ณ ตำแหน่งต่างกันในตัวอย่างหนึ่ง ๆ ลักษณะนี้เรียกว่า การเปลี่ยนสีหรือ พลีโครอริซึม (Pleochroism)

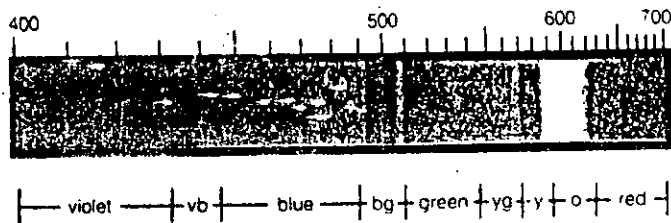
ภายในเครื่องมือนี้ประกอบด้วยแผ่นแร่แคลไซต์โปร่งใสหรือแผ่นฟิลเตอร์โพลาไรซ์ 2 แผ่น ประกบกัน ซึ่งในกรณีที่เป็นแผ่นฟิลเตอร์ 2 แผ่น แผ่นแรกจะยอมให้แสงผ่านออกมา 1 ทิศทาง และอีกแผ่นหนึ่งยอมให้แสงผ่านออกมาในทิศทางที่ทำมุม 90° กับอันแรก เมื่อทิศทางในการที่ยอมให้แสงผ่านออกมาได้ของ ไดโครสโคปสอดคล้องกับทิศทางของแสงที่ผ่านมาจากตัวอย่าง เราก็จะมองเห็นสีพลีโครอริซึม แยกออกเป็น 2 ส่วนในไดโครสโคป



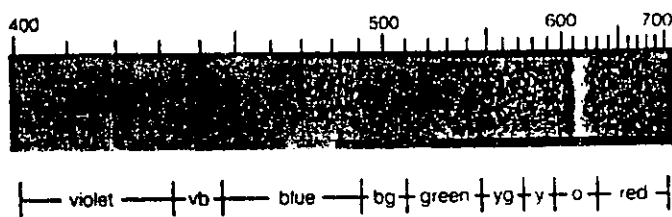
For transmission, set the stone on the iris diaphragm over the light source, and look through the top of the spectroscope.



White light spectrum with no absorption.



Almandite - cutoff: 423; bands: 435, 500, 520, and 575; general absorption: 690.



Ruby - general absorption: 450; lines: 462 and 472, weak line: 468.5; band: 495 to 615, lines: 659, 668, and 696.

ภาพ 9 ก) สเปกโตรสโคป
 ชนิดตั้งโต๊ะ ข) สเปกตรัมที่
 ไม่ถูกดูดกลืน ค) สเปกตรัม
 ของการ์เนต ชนิดแอลมอนด์
 ง) สเปกตรัมของทับทิม

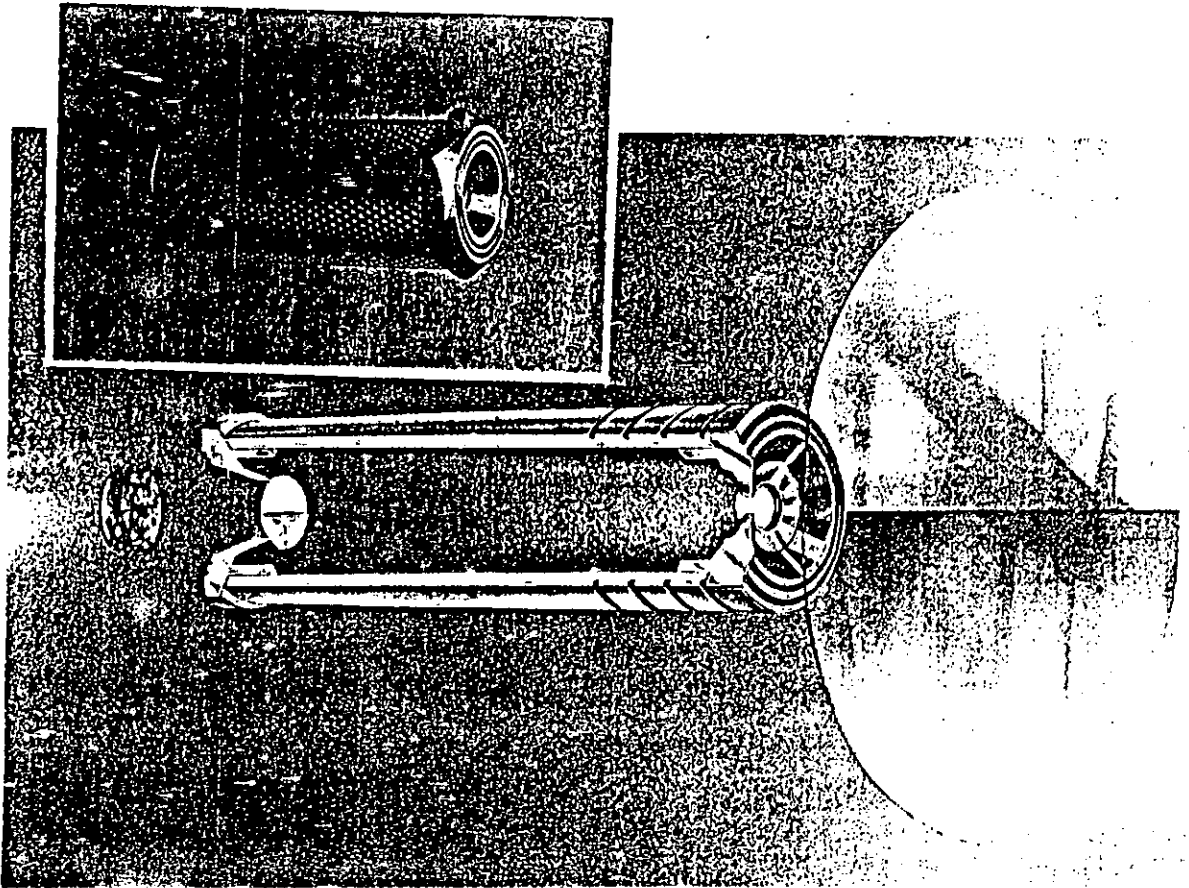
(ภาพ 10) ถ้าเห็นเป็น 2 สี แสดงว่าอัญมณีนั้นเป็น DR ภาพ 11 เป็นการใช้ไดโครสโคปส่องดูผลสีโอครออิซึมในอัญมณีตัวอย่าง

10. เชลซีคัลเลอร์ฟิลเตอร์ (Chelsea color filter)

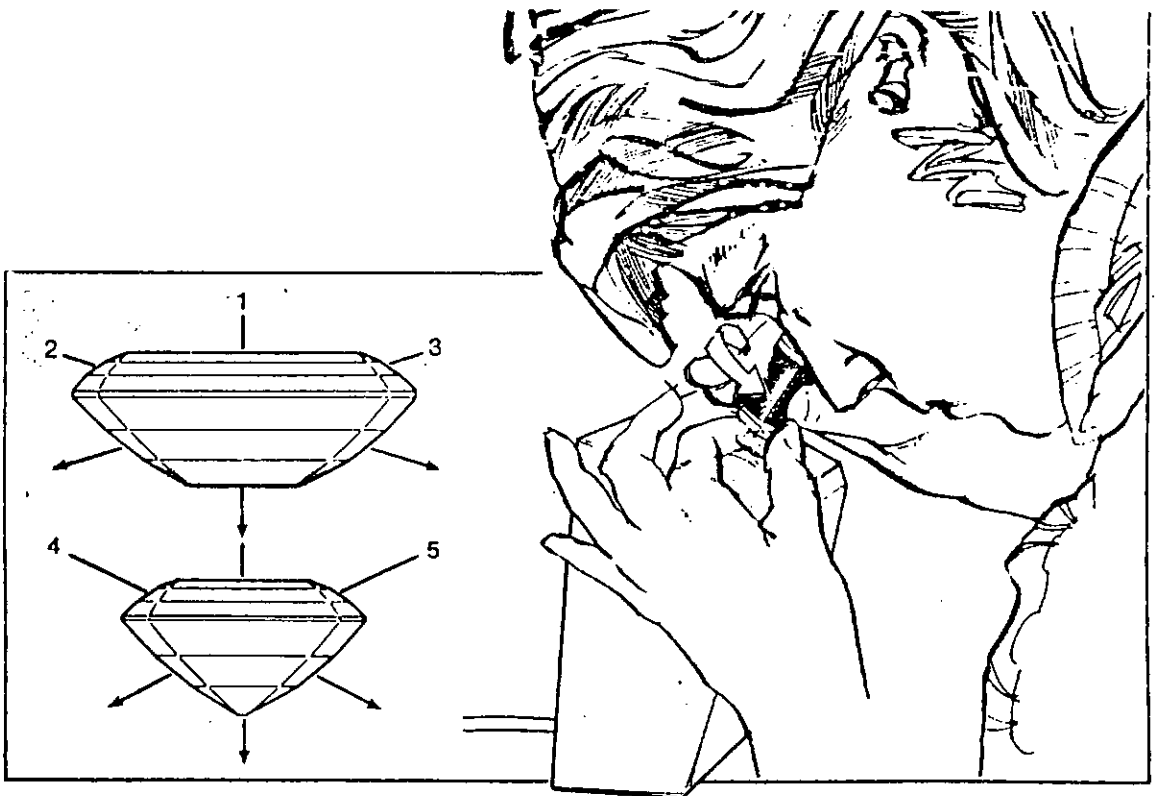
เชลซีคัลเลอร์ฟิลเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบเพื่อบ่งชี้ถึงสิ่งที่ทำให้เกิดสีในอัญมณี ตรวจสอบการย้อมสีของอัญมณี และจำแนกอัญมณีแท้และเลียนแบบ ซึ่งมีข้อจำกัดคือ ใช้งานได้ผลกับอัญมณีบางชนิด และจัดเป็นเครื่องช่วยวิเคราะห์เสริมเท่านั้นควรดูผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมืออื่น ๆ ประกอบการตัดสินใจด้วย (ภาพ 12) หลักการของเครื่องมือชนิดนี้คือ ประกอบด้วยฟิลเตอร์ 2 แผ่นประกบกัน ทำหน้าที่ดูดกลืนสีบางช่วงคลื่นเอาไว้เช่น เหลือง-เขียว แต่ยอมให้แสงสีแดงและสีใกล้เคียงผ่านออกมา

วิธีการใช้เครื่องมือนี้คือ ใช้แสงสีขาวเข้มส่องดูตัวอย่างอัญมณี (กรณีโปร่งใส) หรือสะท้อนจากผิวอัญมณี (กรณีทึบแสง) จับเชลซี ฯ ให้อยู่ใกล้กับตาแล้วส่องดูตัวอย่างให้ห่างประมาณ 10-15 นิ้ว แล้วสังเกตสีของตัวอย่างดังตัวอย่างต่อไปนี้

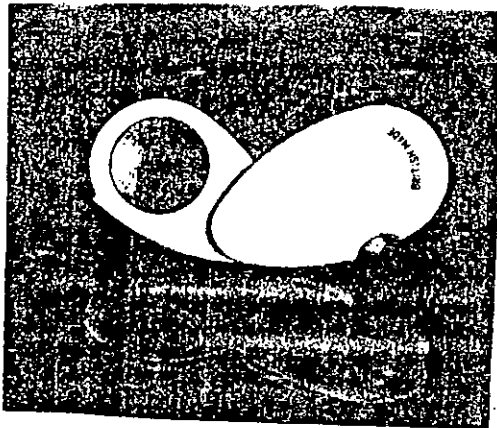
- กรณีถ้าเป็นสปิเนลสีน้ำเงินสังเคราะห์ ----> จะให้สีชมพูถึงแดง
- กรณีเป็นควอตซ์สีน้ำเงินสังเคราะห์ ----> จะให้สีชมพู
- กรณีเป็นแก้วสีน้ำเงิน โคบอลต์
(และอัญมณีอื่น ๆ ที่มีสีเกิดจากธาตุโคบอลต์) ----> จะให้สีชมพูถึงแดง
- กรณีเป็นคาลซิโดไนต์ย้อมสีเขียว ----> จะให้สีแดงถึง แดง-ส้ม ถึง ส้มอมชมพู
- กรณีเป็นฮาวไลต์ย้อมสีน้ำเงิน ----> จะให้สีชมพู หรือแดง



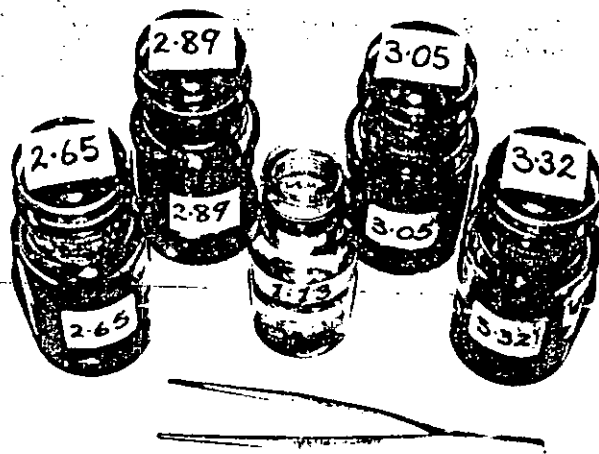
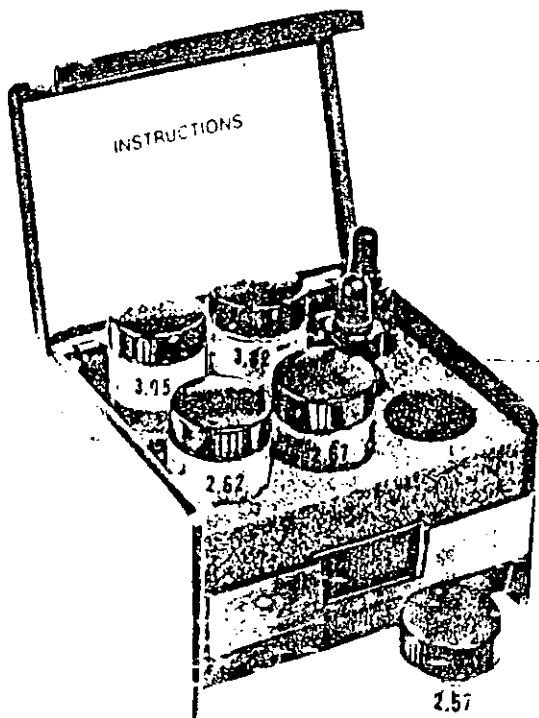
ภาพ 10 โคโรลาโคป



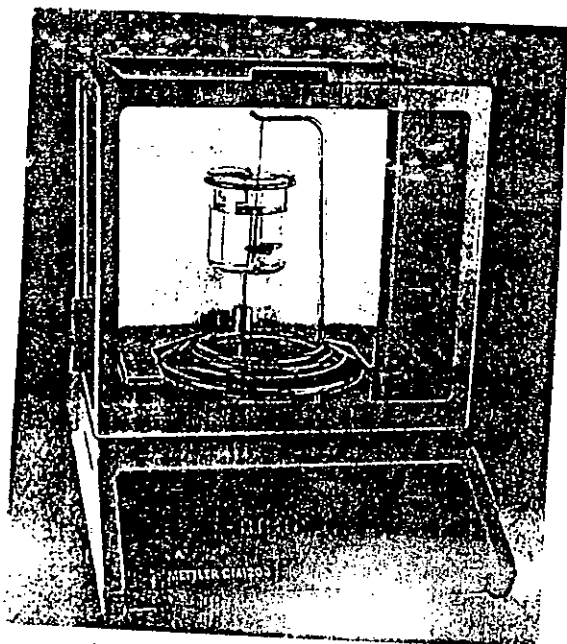
ภาพ 11 วิธีการใช้โคโรลาโคป



ภาพ 12 เซลซีคัลเลอร์ฟิลเตอร์



ภาพ 13 ของเหลวหนักที่มีค่าความ
ถ่วงจำเพาะต่างๆ กัน มีไว้สำหรับ
หาค่าความถ่วงจำเพาะของอัญมณี



ภาพ 14 เครื่องชั่งและ
อุปกรณ์ประกอบ สำหรับ
หาค่าความถ่วงจำเพาะ
ของอัญมณี

11. เครื่องมือหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity equipments)

ความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) ของวัตถุเป็นน้ำหนักของวัตถุเทียบกับน้ำหนักของน้ำ เนื่องจากค่า ถ.พ. ของอัญมณีส่วนใหญ่ค่อนข้างจะคงที่และแตกต่างกันไปตามชนิดของอัญมณี ดังนั้นจึงนิยมทดสอบอัญมณีด้วยคุณสมบัติประกอบกับการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมืออื่น ๆ

วิธีการหา ถ.พ. ต้องอาศัยเครื่องมือเช่น กรณีหยา ถ.พ. ด้วยวิธีให้อัญมณีลอยในของเหลวหนักชนิดต่าง ๆ ที่ทราบค่า ถ.พ. แน่นนอน (ภาพ 13) เช่น โบรโมฟอร์ม (ถ.พ. = 2.86), ไต-ไฮโดโทเมทรีน (ถ.พ. = 3.32) เป็นต้น วิธีการคือ นำอัญมณีตัวอย่างใส่ลงในภาชนะที่มีของเหลวดังกล่าว ถ้าตัวอย่างจม แสดงว่า ถ.พ. ของตัวอย่างสูงกว่าของของเหลว ถ้าตัวอย่างลอยแสดงว่า ถ.พ. ของตัวอย่างต่ำกว่าของของเหลว ถ้าตัวอย่างทรงตัวอยู่ แสดงว่า ถ.พ. ของตัวอย่างใกล้เคียงหรือเท่ากับกับของของเหลว อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ผู้ใช้อาจได้รับอันตรายจากความเปราะบางของของเหลวที่ใช้ได้หากสัมผัส ดังนั้นจึงระมัดระวังในการใช้

สำหรับการหา ถ.พ. โดยวิธีใช้น้ำต้องใช้เครื่องชั่ง ภาชนะใส่น้ำ (เช่น บีกเกอร์) และชดลวดสำหรับแขวนอัญมณีตัวอย่าง ดังภาพ 14 วิธีการคือ 1) ชั่งอัญมณีตัวอย่างในอากาศ (หรือบนจานชั่ง) ก่อนแล้วบันทึกน้ำหนักไว้ 2) ชั่งอัญมณีตัวอย่างในน้ำโดยตีบอัญมณีใส่ลงในชดลวดที่แขวนอยู่ อัญมณีและชดลวดต้องจมน้ำ โดยมีให้แตะกับขอบภาชนะและไม่ไผ่ล้นผิวน้ำ แล้วบันทึกน้ำหนักไว้ เสร็จแล้วให้นำน้ำหนักที่บันทึกไว้มาหาค่า ถ.พ. ของอัญมณีดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{ถ.พ.} = \frac{\text{น.น. ของอัญมณีที่ชั่ง ในอากาศ}}{\text{น.น. ของอัญมณีที่ชั่ง ในอากาศ} - \text{น.น. ของอัญมณีที่ชั่ง ในน้ำ}}$$

ลำดับที่ 5

ภาควิชาการ

เรื่อง

เยาวชนกับทรัพยากรอันมณี และสิ่งแวดล้อม

ระหว่างวันที่ 8 - 11 มีนาคม 2537

(8 มี.ค. ณ มศว. ประสานมิตร

9-11 มี.ค. ออกปฏิบัติการภาคสนาม นครนายก - ปราจีนบุรี -
สระแก้ว - จันทบุรี - ตราด)

โดย นิสิตสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์(อัญมณีและเครื่องประดับ)

ร่วมกับคณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สนับสนุนโดย

ฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สมาคมผู้ค้าอัญมณีไทยและเครื่องประดับ

ธรณีกายภาพภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

(Physical Geology of Eastern Thailand)

โดย เสรีวัฒน์ สมิทร์ปัญญา

1. ภูมิประเทศและภูมิอากาศ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 12 และ 14 องศาเหนือ กับเส้นแวงที่ 101 และ 103 องศาตะวันออก มีอาณาเขตทิศเหนือจดที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศใต้จดอ่าวไทย ทิศตะวันออกจดเขตแดนกัมพูชา ทิศตะวันตกจดที่ราบภาคกลางและอ่าวไทย มีพื้นที่รวมประมาณ 34,400 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วยจังหวัดต่างๆ ได้แก่ จะเข็งเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด มีสภาพภูมิประเทศเป็นภูเขาและเทือกเขาสูง มีที่ราบแคบๆทางตอนบน และตามชายฝั่งทะเลของภาค ที่ราบทางตอนบนของภาคเกิดระหว่างเทือกเขาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กับเทือกเขาในตอนกลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ราบบริเวณนี้เป็นที่ราบซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาซึ่งเกิดแผ่นดินยุบลงจึงทำให้เกิดเป็นที่ราบแคบๆ เรียกว่า ฉนวนไทย (Thai corridor) เทือกเขาและภูเขาที่สำคัญได้แก่ เทือกเขาจันทบุรี เขาเขี้ยวในจังหวัดชลบุรี เขาชะเมาในเขตจังหวัดระยองและจันทบุรี เขาสอยดาวใต้ซึ่งมีจุดสูงสุดถึง 1,633 เมตรจากระดับน้ำทะเล นอกจากนี้ยังมีเทือกเขาบรรทัดซึ่งปะทะเส้นกั้นพรมแดนระหว่างไทยกับกัมพูชา นอกจากภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูงแล้ว พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มกับลูกคลื่นลอนลาด บริเวณที่ราบชายฝั่งทะเลมักเป็นที่ลุ่มติดกับปากแม่น้ำที่นำพาตะกอนจากแผ่นดินมาทับถม โดยมีป่าชายเลน หรือป่าโกงกางตั้งอยู่ทั่วไป โดยเฉพาะชายฝั่งจังหวัดจันทบุรีและตราด ส่วนชายฝั่งทะเลจังหวัดอื่นมักเป็นหาดทรายเป็นส่วนใหญ่ บริเวณนอกชายฝั่งมีเกาะขนาดเล็กและใหญ่เรียงรายอยู่มากมาย เช่น เกาะช้าง เกาะกูด เกาะสีชัง เกาะเสม็ด และเกาะล้าน เป็นต้น แม่น้ำลำคลองมักจะเป็นแม่น้ำสายสั้นๆ ซึ่งมีต้นน้ำจากเทือกเขาคอนกลางของภาคไหลลงสู่ทะเล เช่น แม่น้ำระยอง แม่น้ำจันทบุรี แม่น้ำประแสร์ และแม่น้ำเวฬุ

ภูมิอากาศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู (Tropical savannah climate) ซึ่งมีปริมาณฝนตกน้อย มีอากาศหนาวและแห้งแล้ง และภูมิอากาศแบบมรสุมในเขตร้อน (Tropical monsoon climate) ซึ่งมีปริมาณฝนตกมากและมีช่วงแห้งแล้ง

สิ้น พื้นที่ส่วนใหญ่ในจังหวัดชลบุรี และทางทิศตะวันตกของอำเภอแกลง จังหวัดระยอง ภูมิอากาศ เป็นแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู ซึ่งคล้ายคลึงกับที่ราบภาคกลางของประเทศไทย ทางด้าน ตะวันออกของอำเภอแกลงจนถึงจังหวัดจันทบุรีและตราด ภูมิอากาศเป็นแบบมรสุมในเขตร้อน ปริมาณน้ำฝนของภาคนี้มีตั้งแต่ 1,200 - 4,000 มม. และจะมีปริมาณฝนตกชุกมากขึ้นทางทิศ ใต้ของตะวันออกเฉียงใต้ของภาค ช่วงเวลาที่ฝนตกมากในรอบปีตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม

2. โครงสร้างทางธรณีวิทยา

ลักษณะเด่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาบริเวณภาคตะวันออก ส่วนใหญ่ วางตัวเป็นแนวยาวตามทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าลักษณะ แนวเขาหรือสันเขาจะทอดยาวในแนวดังกล่าว นอกจากแนวนี้รอยเลื่อน (Fault) และแนว แกนของชั้นหินโค้ง (Fold) ก็ยังวางตัวสอดคล้องกับแนวนี้อีกด้วย

3. หินที่พบ

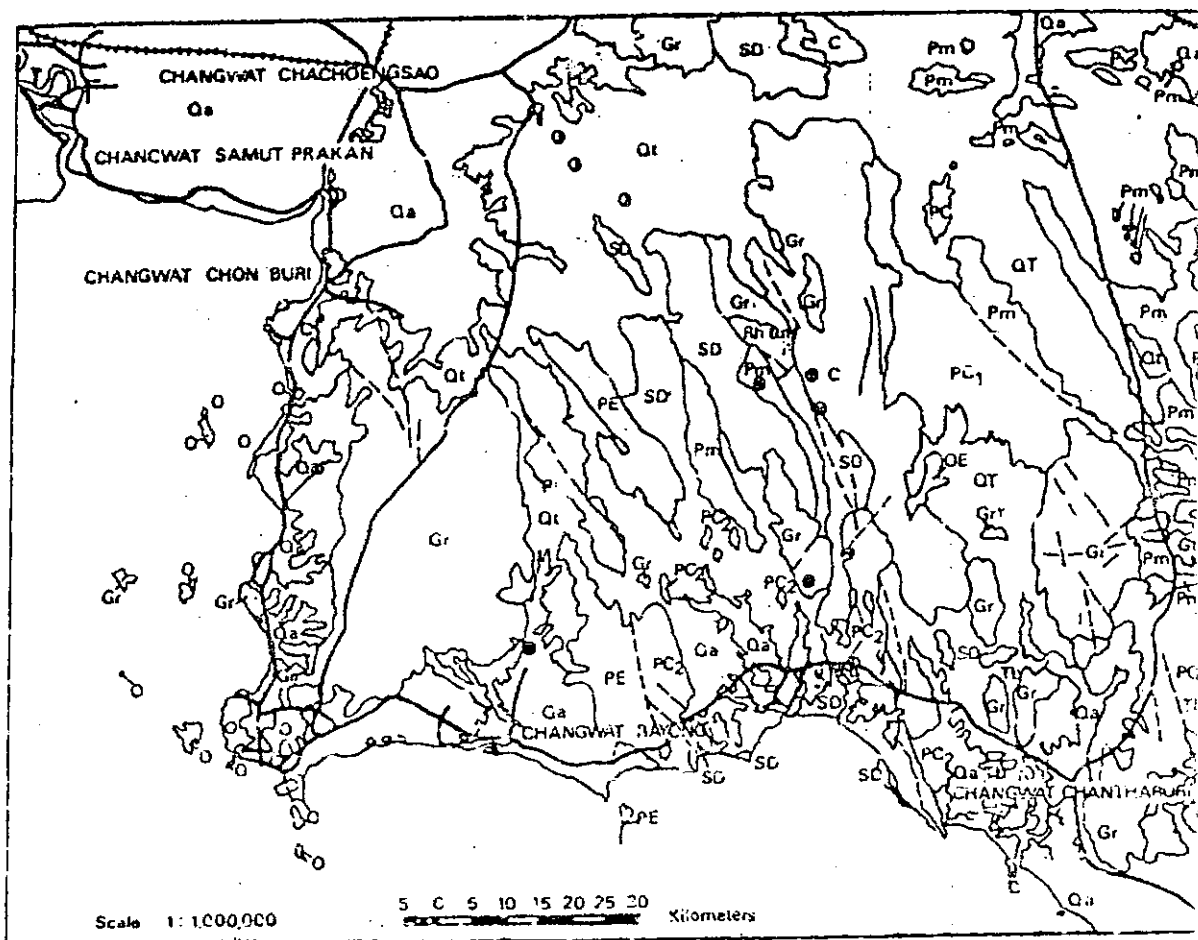
หินส่วนใหญ่ เป็นหินอัคนีชนิดแกรนิต หินชั้น และหินแปร หินอัคนีที่เป็นหินภูเขา ไฟ พบที่เกาะช้าง ไร่แก้ว หินทรายโคลน หินแอกริกเรมอเซด บริเวณตอนใต้ของจังหวัดชลบุรี บริเวณอำเภอสัตหีบ พบหินแกรนิต หินแปรชนิดไนส์และซีส์ บริเวณอำเภอศรีราชา พบหินแปร ชนิดควอร์ตไซต์และเฟิลไซต์ ซึ่งพบเป็นแนวต่อไปทางตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดชลบุรี ทาง ตะวันออกเฉียงเหนือของจังหวัดระยอง พบหินไนส์และซีส์ (อายุจูรีแคมเบรียน) ทางเหนือ และทางตะวันออกของจังหวัดจันทบุรีพบหินแกรนิต ซึ่งครอบคลุมบริเวณเขาสลกตา และเขา มะกอก บริเวณจังหวัดจันทบุรีติดต่อกับตราด พบหินภูเขาไฟชนิดบะซอลต์ซึ่งเป็นหินที่ไหลลอย อายุเทอร์เชียรี-ควอเทอร์นารี ได้ไหลขึ้นมาสู่ผิวโลกตามรอยแตกหรือรอยเลื่อน และตัดผ่าน หินตะกอนที่มีอายุแก่กว่า ได้แก่ หินแกรนิต หินทราย และหินปูน เป็นต้น (ดูภาพ 1 ประกอบ)

4. แร่ธาตุ

แร่ธาตุที่สำคัญในภาคตะวันออกมีหลายชนิด ได้แก่ แร่ฟลูออไรต์และแร่พลวง (สตีบไนต์) พบที่ ตำบลสามพี่น้อง อำเภอใหม่ จังหวัดจันทบุรี แร่สตีบไนต์พบที่แก่งหางแมว

ภาพ 1

แผนที่ธรณีวิทยาและแหล่งแร่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทย
กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี ประเทศไทย



- | | |
|---|---|
| <p>อายุของหินชั้นและหินแปร</p> <p>Qa/Ot ตะกอนยุค ควาเตออร์นารี</p> <p>M มหายุค มีโซโซอิก</p> <p>Pm ยุคเปอร์เมียน</p> <p>PC1/PC2 ยุคเปอร์โม-คาร์บอนิเฟอรัส</p> <p>C ยุคคาร์บอนิเฟอรัส</p> | <p>SD ยุคไซลูเวียน-ดีโวเนียน</p> <p>O ยุคออร์โดวิเชียน</p> <p>PE ยุคเพิร์แคมเบรียน</p> <p>Tb หินบะซอลต์</p> <p>Gr หินแกรนิต</p> <p>Pv หินอลตราเบซิก</p> |
| <p>แหล่งแร่</p> <p>● ตับก</p> <p>○ เหล็ก</p> <p>○ ทองแดง</p> <p>○ ทอง</p> <p>○ พลวง</p> <p>□ แร่รัตนชาติ</p> | <p>○ ทองแดง</p> <p>□ แร่รัตนชาติ</p> |

อำเภอกำแพงเหล็กพบที่ ตำบลเขาวง อำเภอกำแพง อำเภอบึงน้ำร้อน
 จังหวัดจันทบุรี ทางตะวันออกของจังหวัดชลบุรี และยังมีที่จังหวัดปราจีนบุรี ทรายแก้วพบที่
 ชายฝั่งจังหวัดระยอง เช่น ในเขตตำบลสนามไชย ตำบลกระแจะ นอกจากนี้ยังมีพบที่อำเภอ
 บึงน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี และตำบลกระแจะ ตำบลไม้รูด อำเภอกลองใหญ่ จังหวัดตราด
 แร่ดีบุกพบบ้างทางตอนเหนือของภาค และบริเวณชายฝั่งทะเลบ้านน้ำตก อำเภอเมือง จังหวัด
 ระยอง ซึ่งมีผลผลิตได้เป็นแร่โมนาไซต์ (Ce, La, Y, Th) PO_4 แร่รูไทล์ (TiO_2) แร่อิลไมต์
 ($FeTiO_3$) และแร่เซอร์คอน ($ZrSiO_4$) สำหรับอัญมณีพบที่อำเภอกำแพง ตำบลคกขรม
 อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี อำเภอเขาสมิง อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด

การทำเหมืองพลอยภาคตะวันออกของไทย

โดย เสรีวัฒน์ สมิทร์ปัญญา

แหล่งพลอยที่สำคัญในภาคตะวันออกของประเทศไทย มีอยู่ในเขตจังหวัด จันทบุรีและตราด ที่จังหวัดจันทบุรีบริเวณทิศตะวันตกของจังหวัด ได้แก่ เขาหัว เขาพลอยแหวน บริเวณบ้านบางกะจะ และบริเวณเขาสระแก้ว บริเวณตอนกลางระหว่างจังหวัดจันทบุรีและตราด ได้แก่ บ้านบ่อเวฬุ บ้านทรายขาว บ้านสีเสียด บ้านตภรม บ้านตงชี บ้านอ่างเอ็ด บ้านบ่ออีแรม หนองใหญ่ ซากลาว บ้านนาตามี บ้านบ่อนาวง หนองบอนน้อย ม้องพญา บ้านหนองปลาไหล บ่อกลาง ห้วยสะพานหิน บ้านแสงส้ม บ้านแสงแดง และเขาถ้อย เป็นต้น บริเวณจังหวัดตราด ได้แก่ บ้านเสือขาว บ้านหนองบอน เนินตากแดด บ้านบ่อไร่ บ้านตากวัง บ้านนาใหญ่ บ้านคาบาค เป็นต้น

พลอยที่สำคัญที่พบในแหล่งภาคตะวันออก คือ พลอยตระกูลคอรัันดัม (Corundum= Al_2O_3) มีทั้งสีน้ำเงิน แดง เขียว เหลือง ส่วนพลอยชนิดอื่นซึ่งเป็นเพื่อนแร่ เช่น เพทาย (Zircon= $ZrSiO_4$) สีน้ำตาล เหลือง ส้ม สปิเนิล (Spinel= $MgAl_2O_4$) สีแดง ดำ (นิลตะโก) ไพรอกซีนหรือปิโรซีน (Pyroxene) ซึ่งเ็นกลุ่มแร่ซิลิเกต ที่มีแคลเซียม เหล็ก และแมงกานีส เป็นองค์ประกอบ แร่ฮีมาไทต์ (Hematite= Fe_2O_3) และโกเนต (Garnet) สีแดงเข้ม น้ำตาล เป็นต้น

คำว่า "ทำเหมือง" (Mining) ตามความหมายของกฎหมายแร่ หมายความว่า การกระทำแก่พื้นที่ไม่ว่าจะเป็นที่บกหรือที่น้ำ เพื่อให้ได้มาซึ่งแร่ด้วยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายวิธี แต่ไม่รวมถึงการขุดหาแร่รายย่อยหรือการร่อนแร่ตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

สำหรับการขุดค้นหาพลอยในภาคตะวันออกของไทยนั้นได้มีการบันทึกในสมัยของรัชกาลที่ 5 ว่าทางการอนุญาตให้ประชาชนทั่วไปขุดค้นหาพลอยก่อนที่จะมีการประกาศใช้กฎหมายแร่ในปี พ.ศ. 2461 แต่ก็ไม่มีหลักฐานหรือเอกสารใดที่ชี้บ่งว่าคนไทยรู้จักอัญมณี และยึดอาชีพขุดค้นหาพลอยเมื่อใด ที่รู้จักกันก็จะเป็นการพบพลอยโดยบังเอิญ ซึ่งเกิดขึ้นพร้อมๆ กับการรู้จักขุดดินเพื่อเพาะปลูกมากกว่า จะเห็นว่า การทำเหมืองอัญมณีในประเทศไทยแต่เดิม

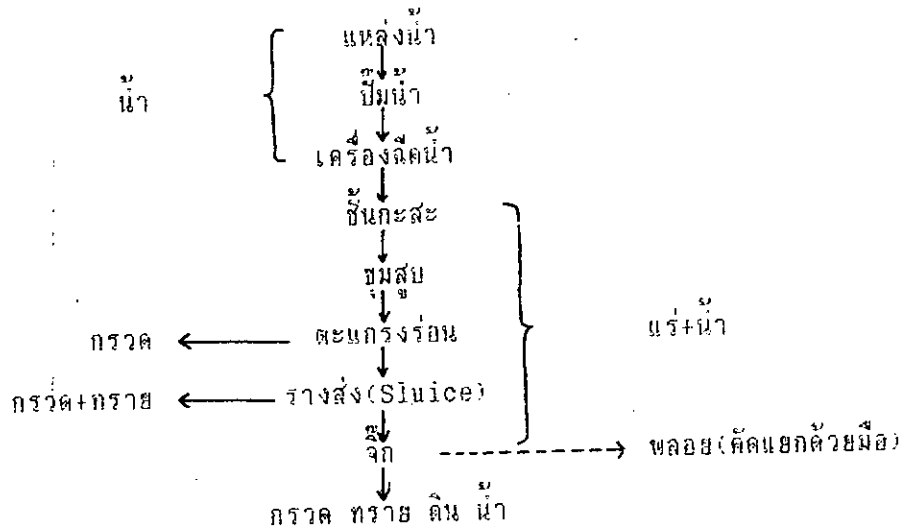
เป็นลักษณะชุดแร่ราชย่อย จนกระทั่งประมาณปี พ.ศ. 2513-2514 เริ่มมีการทำเหมืองขนาดเล็ก เช่น ที่ ต.หนองบอน อ.บ่อไร่ จ.ตราด มีการใช้เครื่องฉีดน้ำเข้าช่วย ในปี พ.ศ. 2519 เริ่มพัฒนาเป็นการทำเหมืองขนาดกลางและขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งมีการใช้จิกหรือแยก ในการคัดผลออกจากเม็ดกรวด

การทำเหมืองในปัจจุบันมีการใช้เครื่องจักรกลหนัก อุปกรณ์ทันสมัย รวมทั้งใช้เทคนิคเข้ามาช่วย ซึ่งพอจะจำแนกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การทำเหมืองสูบลและเหมืองหาบ

การทำเหมืองสูบล เป็นการทำเหมืองโดยใช้เครื่องยนต์หรือมอเตอร์ขับเคลื่อนปั๊มสูบลทราย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อสูบลประมาณ 4-8 นิ้ว บางเหมืองใช้รถแทรกเตอร์ช่วยดันหน้าดินหรือเปลือกดินทิ้งออกไปก่อน และใช้รถขุด (Backhoe) ขุดชั้นกะสะ (ชั้นตะกอนที่มีแร่) เกล่งในหลุมสูบล (Sump) เชื้อป้อนเครื่องสูบลทราย ดินทรายจะถูกสูบลขึ้นมาผ่านตะแกรงคัดขนาด (Rotary trommel) เพื่อคัดแยกก้อนหินขนาดที่โตกว่า 1-1.5 นิ้วออกไป ส่วนกรวดหรือก้อนหินรวมทั้งแร่ที่เล็กกว่าจะลอดตะแกรงไหลลงล่างส่ง (Sluice) ซึ่งวางอยู่ในแนวทำมุม 30 องศา กับแนวระดับ ยาวประมาณ 10 เมตร กว้างประมาณ 1 เมตร ผลอยหรือแร่อื่นๆ ที่มี ถ.พ. สูงกว่ากรวดทรายก็จะไหลลงสู่จิก ส่วนกรวดทรายที่มี ถ.พ. ต่ำกว่าก็จะไหลล้นออกไปในแนวจิก

การทำเหมืองหาบ การทำเหมืองประเภทนี้สามารถแบ่งเป็นวิธีการหาได้ 3 แบบย่อย คือ

- โดยที่ใช้รถแทรกเตอร์และรถขุด ขุดและดันชั้นกะสะ ให้กองรวมกัน หลังจากนั้นจึงใช้กระบอกลัดฉีดน้ำไปส่งตะแกรงคัดขนาด รางส่ง และจิก
- โดยที่ใช้รถขุด ดักชั้นกะสะขึ้นมาเทลงยั้งแล้วใช้กระบอกลัด ฉีดน้ำไปลงดินทรายลงสู่ตะแกรงคัดขนาด รางส่ง และจิก
- เป็นการทำเหมืองที่คล้ายกับ 2 ประเภทแรก แต่มีการใช้รถบรรทุกเข้ามาช่วยในระบบขนส่งดินทราย ชั้นกะสะ เนื่องจากสภาพพื้นที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการก่อสร้างโรงแต่งแร่ในบริเวณหน้าเหมือง สาเหตุอาจเนื่องมาจากปัญหาแหล่งน้ำ สภาพภูมิประเทศ กรรมสิทธิ์ที่ดิน เป็นต้น



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำเหมืองผลอยประเภทเหมืองฉีด

สำหรับการแต่งแร่ นั้น เมื่อผลอยและแร่ต่างๆที่ผ่านเข้าสู่จีกแล้วก็จะค้างอยู่ในจีก เจ้าของเหมืองก็จะเปิดจีกทุกวันเพื่อกู้แร่ ซึ่งได้ผลอยทั้งเม็ดเล็กและเม็ดใหญ่ จากนั้นจะนำผลอยที่ยังเหลืออยู่ที่ปนกับแร่ชนิดอื่นออกไปคัดด้วยมือ (Hand sorting) เพื่อแยกผลอยออกจากมลทิน เช่น กรวด หิน ดิน ทราย หรือ เพื่อนแร่อื่นที่ปะปน แล้วจำแนกผลอยคอกตามขนาด สี และคุณภาพ ก่อนนำไปขายต่อไป

การลงทุนทำเหมืองผลอยขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมาก จากการวิจัยเมื่อปี พ.ศ. 2530 พบว่าเหมืองที่ใช้พื้นที่ประมาณ 30 ไร่ ต้องใช้ค่าใช้จ่ายประเภทลงทุน (Capital cost) ระยะเริ่มต้นประมาณ 2,940,000 บาท เป็นค่าใช้จ่ายในการเช่าที่ดิน และการปรับหน้าดิน การสร้างที่พักคนงาน การติดตั้งอุปกรณ์ ค่าเครื่องจักรกล (ได้แก่ ตะแกรง คัดขนาด รางส่ง จีก และเครื่องยนต์เดินจีก เป็นต้น) นอกจากนี้เป็นค่าใช้จ่ายดำเนินการอีก (Operating cost) เป็นเงินปีละประมาณ 1,800,000 บาท เป็นค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำมัน เชื้อเพลิงและหล่อลื่น ค่าจ้างคนงาน ค่าอาหาร ค่าใช้จ่ายในสำนักงาน ค่าใช้จ่ายในการขายผลอย ค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์ ค่าธรรมเนียม ค่าภาษี เป็นต้น

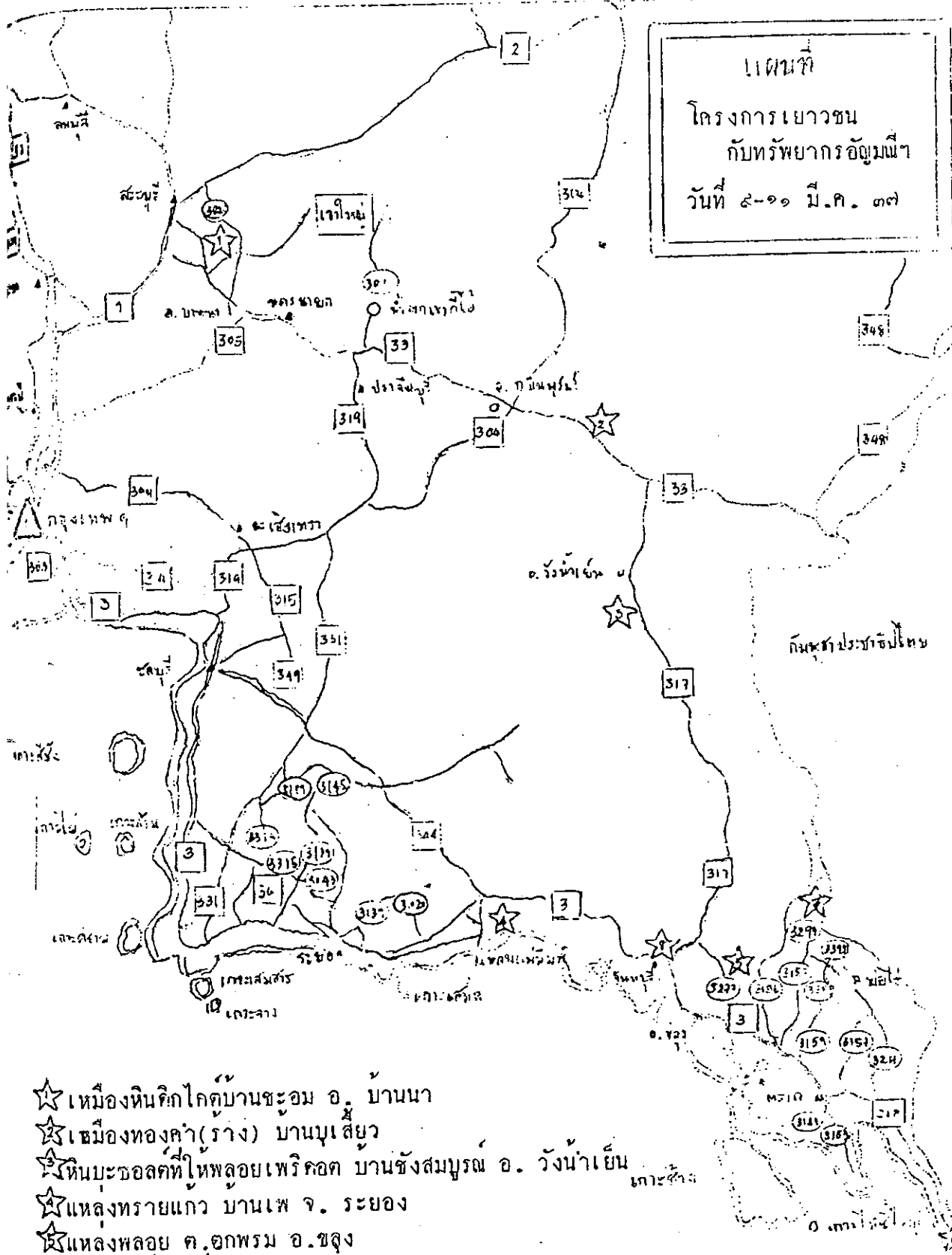
ผลกระทบต่องสิ่งแวดล้อมจากการทำเหมืองพลอย

แม้ว่าการทำเหมืองพลอยบางเหมืองอาจทำกำไรได้อย่างมหาศาลแต่ก็ไม่น้อยที่เจ้าของเหมืองประสบการขาดทุน เพราะการลงทุนประเภทนี้มีความเสี่ยงสูง แต่สิ่งที่สำคัญที่สุดจะเห็นว่าผลกระทบทางด้านระบบนิเวศหรือสิ่งแวดล้อมที่เห็นได้ชัด คือ การทำลายสภาพพื้นผิวดินบริเวณที่ทำเหมือง เพราะการทำเหมืองแต่ละแห่งต้องเปิดหน้าดินที่ไม่มีแร่ออกจำนวนมาก หากเมื่อน้ำผิวดิน เช่น น้ำฝน ซ้ำล้างดินเหล่านี้ ดินก็จะไหลไปรวมกันกับตะกอนหิน ดิน ทราย ที่ถูกชะล้างจากการแต่งล้างแร่ ในบริเวณที่ลุ่มต่ำและแม่น้ำลำธาร ในที่สุดก็ทับถมกันทำให้แม่น้ำลำธารอุดตันขึ้นเช่น ทำลายห่วงโซ่อาหารมีผลกระทบต่อไปเป็นลูกโซ่ ค่าเสียหายนี้ยังไม่มีการประเมินออกมาเป็นตัวเลขที่ชัดเจน แต่ถ้ามองในแง่สิ่งแวดล้อมแล้วจะเห็นว่าสูญเสียอย่างมาก ดังนั้นจึงน่าจะช่วยกันหาแนวทางป้องกันแก้ไขให้รัดกุมมากขึ้น

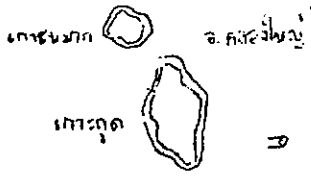
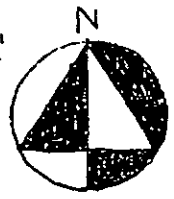
เอกสารอ้างอิง:

1. การสนเทศ, กรม กระทรวงเศรษฐการ. รายงานคณะกรรมการศึกษาเรื่องการส่งเสริมแร่เป็นสินค้าออก. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์รวมมิตรไทย, 2515.
2. ฝ่ายสนเทศและวิเทศสัมพันธ์ กองเศรษฐกิจและเผยแพร่ กรมทรัพยากรธรณี. รวมกฎหมายแร่. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, 2523.
3. พงศ์ศักดิ์ วิจิต. แหล่งพลอยทับทิม-แซฟไฟร์ในประเทศไทย. ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ กองเศรษฐกิจและเผยแพร่ กรมทรัพยากรธรณี. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, 2531.
4. สมเกียรติ กุ๋นงษ์ฤทธิ วิจิษฐ์ อภัยทาน และสมบูรณ์ อินทรีย์สิน. การทำเหมืองพลอยในประเทศไทย. ในเอกสารการประชุมเหมืองแร่ ประจำปี 2531 ณ โรงแรมอินทราวิเจนท์ 17-19 สิงหาคม 2531. กรุงเทพฯ: หจก.มิตรเจริญการพิมพ์, 2531.
5. Hurlbut C, Klein C. Manual of mineralogy (after James D. Dana). 19th ed. New York: John Wiley & Sons, 1977.
6. Saminpanya S. The financial analysis of land use for gemstone mining and rumbutan orcharding: a case study at Tambon Tok Phrom, Amphoe Khlung, Chanthaburi Province. Master Thesis of Mahidol University, 1987.

แผนที่
โครงการเขาวงกน
กับทรัพยากรอันมีค่า
วันที่ ๕-๑๑ มี.ค. ๓๗



- ☆ เมืองหินคิกโค บ้านชะอม อ. บ้านนา
- ☆ เมืองทองคำ (ร้าง) บ้านบุเสียว
- ☆ หินบะชอลดที่ไหลลอยเพริศคอต บ้านช้างสมบูรณ์ อ. วังน้ำเย็น
- ☆ แหล่งทรายแก้ว บ้านเพ จ. ระยอง
- ☆ แหล่งพลอย ค. ออกพรม อ. ชลุง
- ☆ หาดบ้านชัน (ที่ปัก)
- ☆ เมืองพลอย ค. ทนอมบอน อ. บ่อไร่
- ☆ วิทยาลัยรำไพพรรณี



กรณี - สิ่งแวดล้อมสีเขียว

โดย เสรีวัฒน์ สนิมทรัพย์

กรุงเทพฯ-->นครนายก-->ปราจีนบุรี-->สระแก้ว-->ตราด-->จันทบุรี-->ระยอง-->
ชลบุรี-->กรุงเทพฯ

9-11 มีนาคม 2537

1. เมืองหินดิคไคต์บ้านชะอม อ.บ้านนา จ.นครนายก กม.ที่ 23 ทางหลวงหมายเลข 3
(บ้านนา-แก่งคอย)

ดิคไคต์ (Dickite: $Al_2Si_2O_5(OH)_2$) เป็นแร่ในกลุ่มไฮดรอกไซด์อะลูมิเนียมซิลิเกตเหมือนแควดินขาว (Kaolin) แต่ผลึกมีดกกัน ชาวบ้านเรียกว่า หินสบู่ (Soapstone) แต่ความจริงไม่ใช่ เพราะหินสบู่ที่แท้จริงคือหินแปรซึ่งมีเนื้อเป็นแร่ทัลก์ (Talc) เป็นส่วนใหญ่ สมบัติทางกายภาพของดิคไคต์ต่างจากทัลก์คือแข็งกว่า เล็บขุดไม่เข้า ฤดูไม่ลื่นมือ แต่พอตัดออกเป็นก้อนแล้วกลึงหรือสลักเป็นพระพุทธรูป อับ โภศ แจกัน หรือเจดีย์เล็กๆได้ง่าย และโดยที่ผงหินนี้พอจะลื่นบ้างเมื่อขยี้ด้วยนิ้ว ผึ้งตั้งชื่อแร่ประกอบหินชนิดนี้ว่า พาทอกไซด์ (Pagodite) เพราะจีนใช้เป็นหอคกเทีวมไฟสลักและลุลูเป็นรูปเจดีย์หรือเก๋งจีน เมืองดิคไคต์แห่งนี้บริษัทปูนซีเมนต์ไทย เป็นเจ้าของสัมปทาน โดยที่ระเบิดหินออกมาล้างปองสมบุนิเมนต์ขาวทำอิฐทนไฟ และทำผลิตภัณฑ์เซรามิก เพราะคุณภาพไม่เหมาะไปทำเครื่องประดับ ส่วนดิคไคต์ที่ใช้ทำเครื่องประดับได้จากแหล่งที่เขาชะโรง จ.นครนายก

2. โรงงานสิริสุขหินอ่อน ใกล้เคียง ร.พ.นครนายก อ.เมือง จ.นครนายก

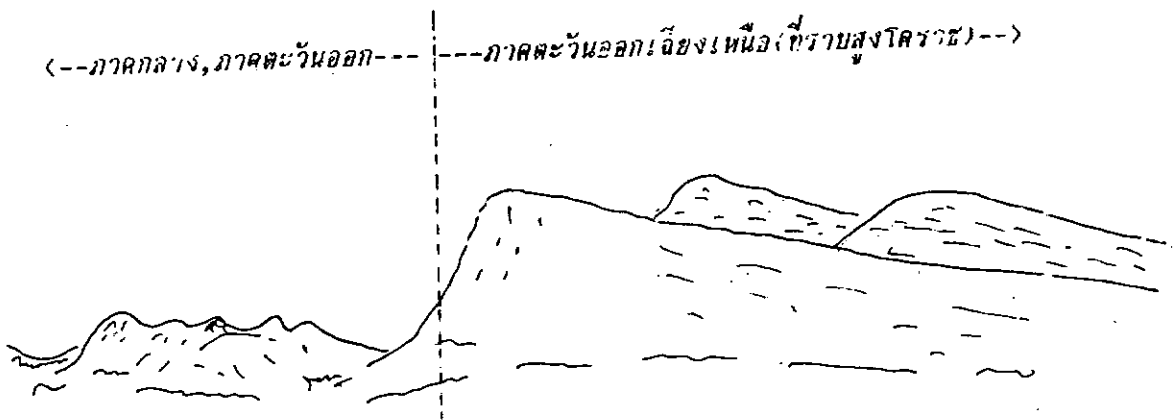
โรงงานแห่งนี้เป็นแหล่งผลิตสินค้าหรือเครื่องประดับจากหินดิคไคต์เป็นส่วนใหญ่ สินค้าบางส่วนอาจทำจากหินชนิดอื่น เช่น หินอ่อน (Marble) สีต่างๆ ศิลปะที่แสดงในโชว์รูมมีตั้งแต่พระพุทธรูป แจกัน ที่เขี่ยบุหรี่ กำไล กาน้ำ จนถึงคอมพิวเตอร์ และอื่นๆ การผลิตสินค้าชนิดนี้ต้องใช้เครื่องจักรต่างๆ เช่น เครื่องกลึง เครื่องขัด และในกระบวนการผลิตต้องใช้น้ำเป็นตัวช่วยลดความร้อนอีกด้วย

ปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการทำงานในโรงงานลักษณะนี้ เช่น อันตรายจากเสียงเครื่องจักร สายพาน ไฟฟ้า เป็นต้น

3. น้ำตกเขาอีโต้ ใกล้เคียงกับเขาใหญ่ ด้านจังหวัดปราจีนบุรีติดกับอ่างเก็บน้ำจักรพงษ์

บริเวณน้ำตกเกิดบนชั้นหินทราย (Sandstone) ชุดพระวิหาร เกิดขึ้นในยุคนูแอสซิก(ร่วมสมัยกับไคโนเสาร์นั่นเอง) ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ในแถบขอบที่ราบสูงโคราชดังนั้นจึงเห็นแนวรอยแยก (Joint) ของหินทราย ซึ่งวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ได้ชัดเจน เพราะได้รับอิทธิพลของแรงที่มากกระทำต่อหินชุดนี้จึงมองเห็นร่องรอยการแตกหักขึ้นบริเวณขอบที่ราบสูงดังกล่าว ลักษณะธรณีสัณฐานที่น่าสนใจของบริเวณนี้ คือ บ่อรูปหม้อ (Pothole) หรือ กุ่มลักษณะซึ่งเป็นบ่อกลมๆรูปหม้อ มักมีกรวดอยู่ที่ก้นสองสามเม็ดเกิดขึ้นเพราะมีน้ำที่ไหลผ่านอาจเป็นน้ำในลำธารหรือน้ำฝนหลาก พัดเอากรวดทรายมาหมุนวนอยู่ในแอ่งเล็กๆ บนหน้าหินนานปีเข้ากรวดเก่าหมดไปกรวดใหม่ก็เข้ามาแทนที่และหมุนกลิ้งอยู่ตอล่างๆของแอ่ง ทำให้แอ่งเติบโตขึ้นและลึกเว้าจนเป็นรูปหม้อดังที่เห็น

"เขาอีโต้" ทำไม จึงมีคำว่าอีโต้ ไซ้มีดอีโต้หรือเปล่า คำตอบก็คือ "ใช่" เพราะคำว่าเขาอีโต้ภาษาอังกฤษเรียกว่า เควสตา (Cuesta) แปลเป็นไทยอย่างเต็มๆว่า ภูมิภาคแบบเขาอีโต้ เควสตามาจากภาษาสเปนซึ่งเป็นคำที่เขาใช้เรียกลักษณะภูเขาก่อนที่นักคำศัพท์อีโต้ของไทยเรา คือ ด้านหน้าชันด้านท้ายลาด พบเห็นได้ตามใกล้ขอบที่ราบสูงโคราช บริเวณติดต่อกับภาคกลาง-ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ดังภาพข้างล่างนี้)



ภาพที่ 1 ภูมิภาคแบบเขาอีโต้ (Cuesta)

ส่วนคำว่า น้ำตก (Waterfall)+เขาอีโต้ (Cuesta) จะให้เรียกเป็นภาษาอังกฤษว่าอย่างไรดี คงจะไม่เรียกว่า Cestawaterfall นะจะบอกให้

4. เหมืองทองคำ(ร้าง) บ้านบุเสี้ยว ระหว่าง กม.ที่ 220-221 ทางหลวงหมายเลข 33
กบินทร์บุรี-สระแก้ว

ทองคำเป็นโลหะยอดปรารถนาของพวกเรา เกิดเป็นธาตุอิสระในธรรมชาติ มีสัญลักษณ์ คือ Au รูปผลึกอยู่ในระบบสามแกนเท่า (Isometric system) สีเหลืองทอง มีถ.พ. 19.3 คุณสมบัติเด่นของทอง คือ ทนทานต่อการเกิดออกซิเดชันและการกัดกร่อน สามารถตีแผ่ออกเป็นแผ่นได้ (Malleable) ดึงหรือยืดเป็นเส้นยาวและบาวงได้ (Ductile) มีความสวยงามอยู่ในตัวนำสัมผัส มีน้ำหนักพอดีเมื่อออกด้วยมือ พกพาสะดวก ที่สำคัญคือหายาก และยอมรับเป็นตัวกลางแลกเปลี่ยนได้ทุกหนทุกแห่งไม่ว่าจะอยู่ในประเทศใด ดังนั้นจึงนิยมนำมาใช้เป็นเครื่องประดับกันอย่างแพร่หลายและได้รับความนิยมสูงสุด ในบรรดาโลหะต่างๆ แต่เพราะราคาแพงลิบลิ่วและความอ่อนของทองคำบริสุทธิ์ (ทองคำมีความแข็ง 2.5-3 ตามสเกลของมอร์ห์) จึงมีการทำหัตถดัดกันและให้ทองคำมีความแข็งแรงมากขึ้น เพื่อให้เหมาะแก่การทำเครื่องประดับหรือทำตัวเรือนอิเล็กทรอนิกส์ไว้ให้มันคง โดยการนำโลหะอื่น เช่น เงิน ทองแดง นิกเกิล เหล็ก เป็นต้นมาผสม ทำให้กลายเป็นโลหะผสม (Alloy) ที่เรียกว่า Karat gold และถือเอาทองคำบริสุทธิ์เป็น 24 Karat (24K) ดังนั้นถ้าทองคำที่เรียกว่า 18K ก็หมายถึงมีเนื้อทองคำอยู่ 75% เป็นต้น

แหล่งแร่ทองคำมี 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ แหล่งแร่ปฐมภูมิที่เกิดในสายแร่ร่วมกับแร่ควอตซ์และแร่ซิลิไฟต์อื่นๆ และ แหล่งแร่ทุติยภูมิ ซึ่งเกิดในแหล่งสะสมตัวของตะกอน โดยเกิดจากการที่แร่ในแหล่งปฐมภูมิถูกกัดกร่อนและพัฒนามาสะสมโดยตัวกระทำ เช่น น้ำผิวและแร่ในแหล่งประเภทนี้มักพบในปริมาณมาก ในลักษณะเป็นก้อนหรือเกล็ด สำหรับแร่ในเขตอ.กบินทร์บุรีมักพบเป็นลักษณะแหล่งทุติยภูมิมากกว่าแหล่งแร่ปฐมภูมิ โดยพบในชั้นดินลูกรัง (Laterite) ดังเช่นแหล่งบ้านบุเสี้ยวเมื่อปี พ.ศ.2533 ชาวบ้านแถบนี้ได้ทำเหมืองฉีดขนาดเล็กใช้เครื่องสูบน้ำขนาด 4 แรงม้า ฉีดลานแร่และร่อนทองคำได้ประมาณวันละ 1/4 บาท (1 สลึง) โดยจ่ายค่าเช่าที่ให้เจ้าของที่ในราคาตารางวาละ 500 บาท จากการสอบถามชาวบ้านพบว่าทองคำมีอยู่ที่ไปแม้แต่ในลานบ้าน ถ้านำดินไปร่อนก็จะพบ ลักษณะของทองคำที่ร่อนได้อยู่ในรูปเม็ดกลมหรือหงซึ่งเรียกว่า Gold nugget

5. หินบะซอลต์ที่ให้พลอยเพริคอต บ้านวังสมบูรณ์ อ.วังน้ำเย็น จ.สระแก้ว กม.ที่ 94
ทางหลวงหมายเลข 317

บะซอลต์เป็นหินอัคนีภายนอก หรือหินภูเขาไฟที่เกิดจากการเย็นตัวของ ลาวา บริเวณผิวโลก ถ้าไม่หินบะซอลต์จึงให้พลอยเพริคอตหรือเขี้ยวส่อง(พลอยประจำเดือน สิงหาคม) นักธรณีวิทยาเชื่อว่าเพริคอตเป็นแร่ที่เกิดขึ้นในชั้นแมนเทิลของโลก(บริเวณที่ลึกประมาณ 30-90 กม. จากผิวโลก) แล้วขึ้นมาสู่ผิวโลกอย่างรวดเร็ว โดยการนำพาของหินหนืด(Magma) ตามรอยแตก หรือปล่องภูเขาไฟบริเวณเปลือกโลก เมื่อหินหนืดขึ้นมาสัมผัสกับอากาศเราเรียกว่า ลาวาและแข็งตัวอย่างรวดเร็ว บนผิวโลกจนกลายเป็นหิน ดังเช่น หินบะซอลต์ที่มีแร่ เพริคอตนี้

ผลึกแร่เพริคอตบริเวณบ้านวังสมบูรณ์ เป็นผลึกขนาดเล็กมากจนเกือบมอง ไม่เห็น มีสีเขี้ยวปนเหลืองถึงเขียวปนน้ำตาล หาดูได้ไม่ง่ายนักเพราะเป็นแร่ที่ฝังงายใน สภาพภูมิอากาศบนผิวโลก ดังนั้นถ้าเราไม่พบเนื้อหินที่สดจริงอาจจะไม่พบเพริคอตเลยก็ได้ สำหรับแหล่งเพริคอตที่สำคัญของโลกอยู่ที่สหรัฐอเมริกาพบในบริเวณ San Carlos Reservation แห่งรัฐอริโซนา แหล่งในประเทศอื่นๆ เช่น บราซิล ออสเตรเลีย พม่า และจีน เป็นต้น สำหรับประเทศไทยนั้นนอกจากบริเวณบ้านวังสมบูรณ์แล้ว ยังพบที่บริเวณคลองแก้วหรือคลองฟ้าผ่า บ้านดงฮาง อ.วังหิน จ.แพร่ และ บริเวณหินบะซอลต์ทั่วไปเช่นแถบจังหวัด แพร่ น่าน ตราด จันทบุรี กาญจนบุรี ศิริสะเกษ และ อุบลราชธานี

6. แหล่งพลอย(ทับทิมสยาม) ต.หนองบอน อ.บ้านไร่ จ.ตราด

การเดินทางเข้าสู่แหล่งนี้โดยทางรถยนต์ หากมาจากตัวเมืองจันทบุรีจะใช้ ทางหลวงหมายเลข 3 (ถนนสุขุมวิท)มุ่งหน้าไปจังหวัดตราด พอถึงบ้านแสนตุ้งให้เลี้ยวซ้ายเข้า ไปตามเส้นทางหมายเลข 3157 ต่อด้วยทางหลวงหมายเลข 3299 รวมระยะทางจากแสนตุ้ง ประมาณ 30 กม. ก็จะถึง ต.หนองบอน แหล่งพลอยบริเวณนี้เป็นแหล่งที่มีพลอยอยู่ในชั้นตะกอน ที่เกิดจากการพองตัวของหินบะซอลต์ ซึ่งไหลลงมาทับถมกันในบริเวณร่องเขา หรือที่ลุ่มต่ำ 2 ข้าง ทางน้ำโบราณชั้นตะกอนที่มีพลอยหนาประมาณ 10-30 ซม. และอยู่ลึกลงไปโดยมีชั้นตะกอนที่ไม่มี พลอยปิดทับอยู่หนาประมาณ 2-7 เมตรและไม่เกิน 10 เมตร อย่างไรก็ตามความหนานี้อาจ

ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศดั้งเดิมของการสะสมตัวของตะกอน ได้ชั้นแวลงไว้มักพบหิน
ตะกอนชนิดหินทรายสีเทา สีเขียวหรือเทาอมเขียว หินดินดาน หินโคลน หินกรวดมน บางแห่ง
อาจพบหินบะซอลต์ที่ยังไม่ผุหลงเหลืออยู่บ้าง หินบะซอลต์บริเวณนี้มีอายุประมาณ เทอร์เชียรีต่อ
กับควอเทียร์นารี

แหล่งพลอยในกลุ่มหนองบอนกลุ่มบริเวณบ้านเสียดาว ตลาดหนองบอน
บ้านเนินตากแดด ไปจนถึงเขตชายแดนกัมพูชา นับเป็นแนวยาวประมาณ 10 กม. มีการทำ
เหมือง 2 ข้างถนน โดยเฉลี่ยกว้างประมาณ 1-2 กม.

การทำเหมืองบริเวณหนองบอน เคยมีราษฎรขุดทำพลอยกันตั้งแต่ปี พ.ศ.
2513-2514 และเริ่มมีการทำเหมืองขนาดเล็กโดยใช้เครื่องฉีดน้ำช่วยในปี พ.ศ. 2517 ต่อ
มา พ.ศ. 2519 ได้มีการพัฒนา ทำเหมืองขนาดกลางและขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งมี
การใช้จิก หรือ แยกในการคัดแยกพลอยออกจากแม่ถกรวด ปัจจุบัน (พ.ศ. 2537) มีการทำ
เหมืองน้อยลงกว่าปีก่อนๆ เพราะข้อจำกัดเรื่องการใช้พื้นที่เนื่องจากเป็นเขตที่ติดกับชายแดน
ไทย-กัมพูชา ซึ่งถือว่ามีความสำคัญต่อความมั่นคงของชาติ จึงได้รับอนุญาตให้ทำเหมืองกันใน
วงจำกัด ชาวเหมืองหรือพ่อค้าจำนวนมากไม่น้อยจึงย้ายออกจากพื้นที่ไปประกอบธุรกิจที่อื่นๆ เช่น
ไปซื้ออัญมณีพลอยมาที่ ค.แม่สาย จ. เชียงราย เป็นต้น

พลอยตระกูลควอรันต์ที่พบในแหล่งหนองบอน เป็นพลอยแดงหรือทับทิมมีสี
แดงสด แดงชมพู ชมพูออกมุกหลาย แดงอมม่วง จนกระทั่งสีเข้มเหมือนนิวกิเมน นอกจากนี้
ยังพบนิวกิเมน สีออกน้ำตาลแดงและพบเพื่อนแร่แมกนีไทต์ แร่โอลิเวอไรต์ แร่ไพรอกซีน เป็นต้น

7. แหล่งพลอย ต.ตพรม อ.ขลุง จ.จันทบุรี

แหล่งพลอยบริเวณนี้พบทั้งพลอยทับทิมและแซฟไฟร์ (สีน้ำเงินและเขียว)
ซึ่งพบในบริเวณที่มีหินบะซอลต์ปกคลุมอยู่ หรือพบในบริเวณที่อยู่ไม่ห่างจากหินบะซอลต์มากนัก
หินบะซอลต์ในแถบนี้ครอบคลุมพื้นที่เป็นแนวเหนือ-ใต้ ยาวประมาณ 22 กม. กว้างเฉลี่ย 3-4
กม. นับตั้งแต่เขื่อนสะพานหินทางตอนเหนือจนถึงบ้านดินแดนซึ่งอยู่ทางตอนใต้ หินที่รองรับ
บะซอลต์อยู่ด้านล่างเป็นหินทราย หินดินดาน และหินโคลน ยุคเพอร์เมียน-คาร์บอนิเฟอรัส
บางแห่งพบหินกรวดมน หินบะซอลต์ที่พบในแหล่งพลอยมักจะมีเนื้อหยาบเป็นดินสีแดง

การขุดพลอยโดยทั่วไป ขุดกันตามที่ราบลุ่มข้างตลิ่งห้วยหรือตามท้องห้วย และขุดตามเนินเขาที่มีดินสีแดงของบะซอลต์ที่ปิดทับคอนบน ชั้นที่มีพลอยอาจพบได้ตั้งแต่ผิวดินไปจนถึงลึก 4-5 เมตร จากผิวดิน บางแห่งเป็นที่ราบอาจลึกถึง 8-10 เมตร ชั้นกะสะ(ชั้นที่มีพลอย) มีความหนาประมาณ 30 ซม. โดยเฉลี่ยซึ่งชั้นกะสะอาจมีหลายชั้นโดยมีชั้นหินบะซอลต์กั้นอยู่แต่ละชั้น

ลักษณะสีของพลอยที่ขุดพบนอกจากที่กล่าวมาแล้วยังพบพลอยแซฟไฟร์สีเหลืองปนอยู่บ้าง โดยเฉพาะบริเวณทางตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ เช่น บ้านบ่อนางง บ้านหนองบอนน้อย และบ้านฆ้องพญา เป็นต้น สำหรับพลอยชนิดอื่นได้แก่ ฉะทาย(Zircon) ชาวบ้านเรียก "พลอยไทย" พบมากเช่นกัน โดยเฉพาะ บ้านบ่อเวฬุ บ้านทรายขาว บ้านตกพรม และบ้านกลาง

8. เหมืองอัญมณี-สิ่งแวคล้อม

การทำเหมืองอัญมณี ความจริงแล้ว เป็นการลงทุนที่เสี่ยงสูง เจ้าของเหมืองที่ประสบความสำเร็จขนาดทุนมีอยู่จำนวนไม่น้อย ผู้ที่อยู่ได้ส่วนใหญ่จะต้องมีวิธการบริหารกิจการของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผนวกกับคุณภาพและปริมาณพลอยที่ก็ได้ เหมืองที่ประสบความสำเร็จเชื่อว่าเกิดผลดีเสมอไป ถ้าหากเรามองในแง่ระบบนิเวศ จะเห็นว่าพื้นที่ส่วนหนึ่งต้องถูกแปรสภาพ เพื่อขุดรื้อที่ขุดพลอย เห็นว่าดินที่อุดมสมบูรณ์ถูกชะล้างไป แม้รัฐบาลได้มีมาตรการให้เจ้าของเหมืองปรับปรุงพื้นที่ที่ขุดแล้วทำเหมืองแร่แล้วไว้ให้อยู่ในสภาพใกล้เคียงสภาพเดิมก็ตาม แต่ก็คงใช้ระยะเวลายาวนานกว่าดินชั้นจะอุดมสมบูรณ์ดังเดิมได้ ส่วนหน้าดินที่ถูกขุดเอาไปก็จะถูกพัดพาไปโดยกระแสน้ำ หรือน้ำผิวดินไหลลงสู่แม่น้ำลำคลองและไปทับถมกันยังปากแม่น้ำ เช่น ปากแม่น้ำเวฬุ ปากแม่น้ำคลองใหญ่ตลาด(จ.ตราด) ทำให้รัฐบาล(โดยกรมเจ้าท่า) ต้องเสียงบประมาณในการใช้เรือดูดโคลนเลนเหล่านี้ออกทิ้ง เพื่อมิให้ร่องน้ำตื้นเกินเป็นอุปสรรคต่อการเดินเรือ ถึงเวลานั้นหรือยังที่เราควรจะคิดคำนึงถึงว่า สิ่งใดก็ตามที่มีคุณค่าทำเงินตราให้มหาศาลก็ให้โทษได้ซึ่งโทษนี้ก็ไม่ตกอยู่ที่ใคร มันจะตกที่ตัวเราเองและลูกหลาน ดังนั้นจึงขอให้พวกเราช่วยระดมความคิดว่าจะทำอย่างไร จึงจะบริหารทรัพยากรนี้ให้เข้าหลักการณ์อนุรักษ์ คือ ใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่าและเกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

9. แหล่งทรายแก้ว ที่ จ.ระยอง (อยู่ใกล้ชายทะเลแหลมแม่พิมพ์).

ทรายแก้วเป็นทรายสะอาดมีปริมาณ ซิลิกา (SiO_2) สูงกว่า 95% มีเหล็ก และสารอื่นปนเล็กน้อย ความบริสุทธิ์ของทรายแก้วที่จังหวัดระยองนี้สูงถึง 99.5% ทรายแก้ว เป็นวัสดุที่สำคัญต่อ อุตสาหกรรมแก้ว กระจก ผลิตภัณฑ์เครื่องแก้วต่างๆ เช่น ขวดแก้ว ภาชนะอัดลม ถ้วยแก้ว ชามแก้ว และแจกัน เป็นต้น

ตารางธรณีภาค

บรมยุค (eon)	มหายุค (era)	ยุค (period)	สมัย (epoch)	เวลา (หน่วยเป็นล้านปี)		
ฟานอโรโซอิก (Phanerozoic)	ซีโนโซอิก (Cenozoic)	ควอเทอร์นารี (Quaternary)	โฮโลซีน/รีเซนต์ (Holocene/Recent)	0.01		
			ไพลสโตซีน (Pleistocene)	1.8		
		เทอร์เชียรี (Tertiary)	พาลีโอซีน (Pliocene)	5		
			ไมโอซีน (Miocene)	22.5		
			โอลิโกซีน (Oligocene)	37		
			อีโอซีน (Eocene)	55		
	มีโซโซอิก (Mesozoic)	ครีเทเชียส (Cretaceous)	พาลีโอซีน (Paleocene)	65		
			จูแรสซิก (Jurassic)	141		
			ไทรแอสซิก (Triassic)	195		
	พาลีโอโซอิก (Paleozoic)	เพอร์เมียน (Permian)	เพอร์เมียน (Permian)	230		
			คาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous)	250		
			ดีโวเนียน (Devonian)	345		
			ซิลูเรียน (Silurian)	385		
			ออร์โดวิเชียน (Ordovician)	435		
			แคมเบรียน (Cambrian)	500		
	โปรเทอโรโซอิก (Proterozoic)	ปลาย	พรี้แคมเบรียน (Precambrian)	ปลาย (Late)	แอลกอนเจียน (Algonkian)	570
				กลาง (Middle)		
				ต้น		
	คริปโตโซอิก (Cryptozoic) อาร์เคอโซอิก (Archaean) อะโซอิก (Azoic)	พรี้แคมเบรียน (Precambrian)	ต้น (Early)	อาร์เคอเจียน (Archaean)	1,600	
				2,000		
					2,800	

ลำดับที่ 6

การสำรวจปริมาณและแหล่งน้ำทิ้ง ที่ไหลลงคลองแสนแสบ

A Survey of Quantity and Source of Sewage Which Flow into Klong Saensaeb

รท. สมเกียรติ กรีทอง
สวัสดิ์ ปานนาวี
เสรีวัฒน์ สมิทรปัญญา

บทคัดย่อ

การสำรวจปริมาณและแหล่งน้ำทิ้งที่ไหลลง
คลองแสนแสบในรัศมี 100 เมตรทั้งสองฝั่ง เริ่ม
สำรวจตั้งแต่ตลาดใหม่ไปจนถึงสถานีระบายน้ำ
แสนแสบเก่า โดยใช้อุปกรณ์วัดความเร็วของ
กระแสน้ำและวัดความลึกของคลอง ในเวลา
2 วัน คือวันที่ 10 และ 11 สิงหาคม 2534
ระหว่างเวลา 08.00 - 17.00 น. และได้ใช้การ
สัมภาษณ์ประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณดังกล่าวด้วย
ผลการวิจัยพบว่าปริมาณน้ำที่ไหลลงคลอง
แสนแสบวันที่ 10 สิงหาคม 2534 เท่ากับ

187,099.20 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และวันที่ 11
สิงหาคม 2534 เท่ากับ 157,636.8 ลูกบาศก์
เมตรต่อวัน ประชาชนใช้น้ำเท่ากับ 2,500 ลูก-
บาศก์เมตรต่อวัน แหล่งน้ำทิ้งเป็นบ้านเรือนและ
ร้านค้าร้อยละ 86.7 โรงงานอุตสาหกรรมร้อย
ละ 3.7 อู่ซ่อมรถยนต์ร้อยละ 6 บั๊มน้ำมัน
ที่มีอู่ซ่อมรถยนต์ร้อยละ 0.3 บั๊มน้ำมันร้อยละ
2.7 บั๊มก๊าซร้อยละ 0.3 และพื้นที่เกษตรกรรม
ร้อยละ 0.3 ของเสียที่ไหลลงคลองเป็นทั้งของแข็ง
เช่น ขยะมูลฝอย และของเหลว เช่น สารล้างจาน
น้ำมัน เป็นต้น

ABSTRACT

A Survey of Quantity and Source of Sewage which flow into Klong Saensaeab in the area of 100 metres far from both sides of Klong Saensaeab was observed from new Bobe market to old draining Saensaeab station. The instruments were the tools used for measuring velocity and depth of water in Klong Saensaeab. The survey of this study also included the interview of the people living nearby. The survey took two days on August 10th and 11th, 1991, from 8 A.M. to 5 P.M.

The results were as follows : on August 10th and 11th, 1991, the sewage flowing into Klong Saensaeab were about 187,099.20 and 157,636.8 cubic metres per day, respectively. The people consumed water about 2,500 cubic metres per day. The sources of sewage were houses and stores, industrial areas, car maintenance garages, gasoline stations with garages, gasoline stations, gas stations and agriculture areas were 86.7, 3.7, 6, 0.3, 2.7, 0.3 and 0.3 percent, respectively. The sewage were solid substances such as rubbish and liquid substances such as dishwashing liquid, oil, etc.

บทนำ

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งมนุษย์ การ

อุปโภคบริโภคน้ำของมนุษย์ทำให้เกิดปัญหาหน้า
น้ำเสียได้ เพราะจากสภาพที่เป็นจริงเรามักพบว่า
มนุษย์ที่อาศัยกันอยู่มาก ๆ ซึ่งเรียกว่าชุมชนที่อยู่
ติดกับแม่น้ำ ลำคลอง มักทิ้งขยะและสิ่งปฏิกูล
ตลอดจนน้ำโสโครกที่ใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ใน
ชีวิตประจำวันลงไปแม่น้ำ ลำคลองต่าง ๆ และ
ปริมาณน้ำเน่าเสียเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนประ-
ชากรที่เพิ่มขึ้น เพราะโดยเฉลี่ยมนุษย์ใช้น้ำ
ประมาณคนละ 150 ลิตรต่อวัน (อนุพันธ์
อิฐรัตน์, 2531) ซึ่งหมายถึงการทำให้เกิดปริมาณ
น้ำทิ้งจากการอุปโภคคนละ 120 ลิตรต่อวันด้วย
และประมาณร้อยละ 80 ของน้ำที่ใช้แล้วในแต่ละ
วันจะไหลลงสู่ท่อหรือคลองสาธารณะ

จากการสำรวจจำนวนประชากรในกรุงเทพ-
มหานครเมื่อวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2532 พบ
ว่ามีประชากรถึง 5,832,843 คน ซึ่งนับว่าเป็น
จำนวนประชากรที่หนาแน่นจนสามารถทำให้
แหล่งน้ำเน่าเสียได้อย่างรวดเร็ว ถ้าไม่มีการ
กำจัดขยะของเสียและสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ ให้ถูกต้อง
มลพิษในสภาพน้ำในคูคลองต่าง ๆ ซึ่งมีถึง 27
คลอง ส่วนใหญ่มีสีดำและเน่าเสีย สาเหตุเกิดจาก
หลายประการ เช่น ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน
กรุงเทพมหานครยังไม่มีระบบศูนย์กำจัดน้ำเสีย
รองรับน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน โรงงานอุต-
สาหกรรมและสถานประกอบการต่าง ๆ มีการ
ลักลอบทิ้งสิ่งปฏิกูลลงท่อระบายน้ำสาธารณะ
(แผนพัฒนากรุงเทพมหานคร, 2530 - 2534 :
44)

คลองแสนแสบเป็น 1 ใน 27 คลองใน
กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นคลองเก่าแก่มีการขุดขึ้น

มาตั้งแต่สมัยพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 3 ระหว่างปี พ.ศ. 2380 - 2383 เป็นคลองเชื่อมระหว่างแม่น้ำเจ้าพระยากับแม่น้ำบางปะกง ระยะแรกขุดเพื่อสะดวกในการทำสงคราม แต่ภายหลังกลายเป็นเส้นทางเดินเรือไปมาค้าขาย (วศิน วงศ์ชลธาร, 2534 : 41) จะเห็นได้ว่าคลองแสนแสบมีความสำคัญมาตั้งแต่ในอดีต แต่ในสภาพปัจจุบันคลองแสนแสบเป็นคลองหลักฝั่งกรุงเทพมหานครเพราะผ่านชุมชนและแหล่งที่อยู่อาศัยที่สำคัญ ๆ หลายแห่ง ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้น้ำในคลองแสนแสบเกิดปัญหาเน่าเสีย เพราะนอกจากมีอาคารบ้านเรือนที่อยู่อาศัยและร้านค้าธรรมดาอยู่หนาแน่นทั้งสองฝั่งคลองแล้วยังมีโรงงานฆ่าสัตว์ โรงงานอุตสาหกรรม อู่ซ่อมรถยนต์ และท่อระบายน้ำเสียหลายแห่ง จึงทำให้น้ำในคลองเน่าดำมีกลิ่นเหม็นในบางตอนที่เห็นอย่างเด่นชัดที่สุดคือระหว่างตลาดใหม่โบ้เบ้กับหลังศูนย์การค้าเดอะมอลล์ 2 มิได้มีการบำบัดก่อนที่จะปล่อยน้ำทิ้งลงในคลอง ประกอบกับปริมาณน้ำเสียมามากเกินกว่าธรรมชาติจะกำจัดได้ ระบบนิเวศในคลองจึงเสียสมดุลและเป็นปัญหาดังกล่าว ซึ่งนับวันจะทวีความรุนแรงและขยายขอบเขตของความเน่าเสียเพิ่มมากขึ้น ความเน่าเสียดังกล่าวหากปราศจากการจัดการป้องกันและแก้ไขอย่างเป็นระบบในระยะยาวแล้ว คลองแสนแสบจะเปรียบเสมือนทางระบายน้ำทิ้งขนาดใหญ่ของกรุงเทพมหานครลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา และไม่สามารถใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ เช่น การสัญจรทางน้ำ การค้าขายทางน้ำ เป็นต้น ได้อีกต่อไป

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น คณะผู้วิจัยจึง

เห็นว่ามีความจำเป็นต้องเร่งศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำขึ้น ในลักษณะของการจัดการโดยหาแนวทางการปรับปรุงคุณภาพน้ำ การใช้ประโยชน์จากน้ำในคลองแสนแสบ ตลอดจนการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ ก่อนปล่อยลงสู่คลองต่อไป ซึ่งนับว่าเป็นโครงการวิจัยที่ใหญ่มาก แต่ในเบื้องต้นนี้จะทำการสำรวจเพื่อให้ทราบถึงปริมาณน้ำทิ้งและประเภทของแหล่งน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยลงสู่คลองแสนแสบก่อน ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อการดำเนินการขั้นต่อไป

จุดมุ่งหมาย

1. เพื่อสำรวจปริมาณน้ำทิ้งที่ไหลลงคลองแสนแสบ
2. เพื่อสำรวจประเภทแหล่งน้ำทิ้งที่ไหลลงคลองแสนแสบ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือใช้หาปริมาณน้ำทิ้งที่ไหลลงคลองแสนแสบ ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ประเภทคือ

ประเภทที่ 1 เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดความเร็วของกระแสน้ำในคลองแสนแสบ เรียกว่า “ ลูกลอย ” เป็นท่อพลาสติก พีวีซี เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ยาว 50 เซนติเมตร บรรจุน้ำ ปิดฝาหัวท้าย

ประเภทที่ 2 เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดความลึกของคลองแสนแสบ เป็นแผ่นเหล็กกลมหนา 1 หุน เส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว เจาะ

2) วัดความเร็วของกระแสในคลองแสน-
แสบตรงจุดกึ่งกลางของทั้ง 4 ส่วน คือจุด
A, B, C และ D ที่สะพานหลังตลาดใหม่ไผ่เบ็
และ E, F ที่สถานีระบายน้ำแสนแสบเก่า

3) จับเวลาที่ลุลอย ลอยจากจุดอ้างอิง
หนึ่งไปยังจุดอ้างอิงอีกจุดหนึ่ง บันทึกเวลาไว้เป็น
วินาที

4) คำนวณความเร็วของกระแสน้ำออกมา
เป็นเมตรต่อวินาที แล้วหาความเร็วเฉลี่ย โดย
การคูณความเร็วที่วัดได้ด้วย 0.85 (สุนันท์
ศรันยนิษฐ์ : 2525, 9-16)

ข. การหาพื้นที่หน้าตัดขวางของคลอง
แสนแสบ

การวัดความลึกของคลองแสนแสบต้องเป็น
เวลาเดียวกันกับที่วัดความเร็วของกระแสน้ำ โดย
ใช้เครื่องมือวัดความลึกดังกล่าวข้างต้นวัดเป็น
จุด ๆ ตามความกว้างของน้ำในคลองแสนแสบ
สำหรับที่สะพานหลังตลาดใหม่ไผ่เบ็แต่ละจุดห่าง

กัน 30 เซนติเมตร ส่วนที่สถานีระบายน้ำแสน-
แสบเก่า พื้นที่กันคลองเป็นพื้นที่ราบเพราะเป็น
ประตูน้ำ จึงวัดเพียง 2 จุด แต่ละจุดห่างกัน
3.00 เมตร ดังภาพ 2

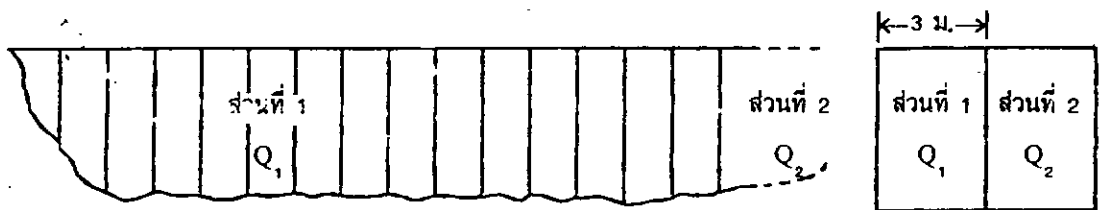
นำความลึกที่วัดได้มาคำนวณหาพื้นที่หน้า
ตัดแต่ละจุด

ตัวอย่างการคำนวณ

พื้นที่หน้าตัดของคลองหาได้ 2 แบบ ดังนี้
แบบที่ 1 - โดยการคำนวณ

พื้นที่หน้าตัดระหว่างจุดที่ 1 กับจุดที่ 2 =
ความกว้างระหว่างจุด \times ความลึกเป็นเมตร
หน่วยเป็นตารางเมตร

ที่สะพานหลังตลาดใหม่ไผ่เบ็ คลองแสนแสบ
บริเวณนี้กว้าง 18 เมตร แบ่งออกเป็น 4 ส่วน
แต่ละส่วนกว้าง 4.5 เมตร แต่ละจุดห่างกัน 30
เซนติเมตร ดังนั้นแต่ละส่วนแบ่งออกได้ 15 จุด
พื้นที่หน้าตัดระหว่างจุดเท่ากับ $0.3 \times$ ความลึก
เป็นเมตร



ที่สะพานหลังตลาดใหม่ไผ่เบ็

ที่สถานีระบายน้ำแสนแสบเก่า

ภาพ 2 แสดงการวัดความลึกของคลองแสนแสบ

ที่สถานีระบายน้ำแสนแสบเก่าแบ่งเป็น 2 ส่วน แต่ละส่วนกว้าง 3.00 เมตร ดังนั้นพื้นที่หน้าตัดแต่ละส่วนเท่ากับ $3.00 \times$ ความลึกเป็นเมตร

เช่น ที่สะพานหลังตลาดใหม่ไผ่เบ็

พื้นที่หน้าตัดระหว่างจุดที่ 1 และที่ 2

$$= 0.3 \times 0.7 = 0.21 \text{ ตารางเมตร}$$

คำนวณไปเช่นนี้จนครบ 15 จุด นำผลที่ได้มารวมกันเป็นพื้นที่หน้าตัดของคลองแสนแสบ ส่วนที่ 1 (ดังภาพ 2) สำหรับส่วนที่เหลือก็คำนวณเช่นเดียวกันกับที่ได้กล่าวแล้ว นำเอาพื้นที่หน้าตัดของคลองแสนแสบทั้ง 4 ส่วนมารวมกันเป็นพื้นที่หน้าตัดของคลองแสนแสบในเวลาที่วัดนั้น

สำหรับที่สถานีระบายน้ำแสนแสบเก่ามี 2 ส่วน การคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดขวางใช้ 3 เมตร \times ความลึกเป็นเมตร

ค. การหาปริมาณน้ำที่สะพานหลังตลาดใหม่ไผ่เบ็และที่สถานีระบายน้ำแสนแสบเก่า

1) ที่สะพานหลังตลาดใหม่ไผ่เบ็ แบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ Q_1, Q_2, Q_3 และ Q_4

Q_1 มีพื้นที่หน้าตัดขวาง 3.513 เมตร² ความเร็วเฉลี่ยตรงจุดกึ่งกลาง 0.213 เมตรต่อวินาที

Q_2 มีพื้นที่หน้าตัดขวาง 6.03 เมตร² ความเร็วเฉลี่ยตรงจุดกึ่งกลาง 0.196 เมตรต่อวินาที

Q_3 มีพื้นที่หน้าตัดขวาง 5.418 เมตร² ความเร็วเฉลี่ยตรงจุดกึ่งกลาง 0.136 เมตรต่อวินาที

Q_4 มีพื้นที่หน้าตัดขวาง 2.409 เมตร²

ความเร็วเฉลี่ยตรงจุดกึ่งกลาง 0.136 เมตรต่อวินาที

---ปริมาณน้ำในแต่ละส่วน (Q_1, Q_2, Q_3, Q_4) = พื้นที่หน้าตัดขวางของคลอง \times ความเร็วของกระแสน้ำ

ปริมาณน้ำในส่วนที่ 1 (Q_1)

$$= 3.513 \times 0.213 = 0.748 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที}$$

ปริมาณน้ำในส่วนที่ 2 (Q_2)

$$= 6.03 \times 0.196 = 1.182 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที}$$

ปริมาณน้ำในส่วนที่ 3 (Q_3)

$$= 5.418 \times 0.136 = 0.737 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที}$$

ปริมาณน้ำในส่วนที่ 4 (Q_4)

$$= 2.409 \times 0.136 = 0.328 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที}$$

ปริมาณน้ำทั้งหมด (Q)

$$= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$= 0.748 + 1.182 + 0.737 + 0.328$$

$$= 2.995 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที}$$

การหาปริมาณน้ำที่หลังตลาดใหม่ไผ่เบ็ ในวันที่ 10 และ 11 สิงหาคม 2534 เวลา 08.00 - 17.00 น. โดยวัดทุกชั่วโมงได้แก่ 08.00 น. 09.00 น. 10.00 น. ...17.00 น.

2) ที่สถานีระบายน้ำแสนแสบเก่าแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ Q_1 และ Q_2

Q_1 มีพื้นที่หน้าตัดขวาง 7.65 เมตร² ความเร็วเฉลี่ยตรงจุดกึ่งกลาง 0.017 เมตรต่อวินาที

Q_2 มีพื้นที่หน้าตัดขวาง 7.65 เมตร²
ความเร็วเฉลี่ยตรงจุดกึ่งกลาง 0.017 เมตรต่อวินาที

ปริมาณน้ำในส่วนที่ 1 (Q_1)

$$= 7.65 \times 0.017 = 0.129 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

ต่อวินาที

ปริมาณน้ำในส่วนที่ 2 (Q_2)

$$= 7.65 \times 0.017 = 0.129 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

ต่อวินาที

ปริมาณน้ำทั้งหมด (Q)

$$= 0.129 + 0.129 = 0.258 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

ต่อวินาที

การหาปริมาณน้ำที่สถานีระบายน้ำแสนแสบเก่า ในวันที่ 10 และ 11 สิงหาคม 2534 เวลา 08.00 - 17.00 น. โดยวัดทุกชั่วโมง ได้แก่ 08.00 น. 09.00 น. 10.00 น. ... 17.00 น.

ง. การหาปริมาณน้ำทิ้งที่ไหลลงคลองแสนแสบ ในวันที่ 10 และ 11 สิงหาคม 2534 เวลา 08.00 - 17.00 น. โดยวัดทุกชั่วโมง ได้แก่ 08.00 น. 09.00 น. 10.00 น. ... 17.00 น.

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณน้ำทิ้ง ในวันที่ 10 สิงหาคม 2534 เวลา 08.00 น.

ปริมาณน้ำที่ไหลลงคลองแสนแสบ = ปริมาณน้ำที่สะพานหลังตลาดใหม่ไผ่เบี้ย - ปริมาณน้ำที่สถานีระบายน้ำแสนแสบเก่า

ปริมาณน้ำที่ไหลลงคลองแสนแสบ

$$= 2.995 - 0.258$$

$$= 2.737 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที}$$

สำหรับการหาปริมาณน้ำที่ไหลลงคลองแสนแสบ ในวันที่ 10 สิงหาคม 2534 เวลา

09.00 - 17.00 น. และวันที่ 11 สิงหาคม 2534 เวลา 08.00 - 17.00 น. ก็คำนวณเช่นเดียวกันกับตัวอย่างดังกล่าวข้างต้น

แบบที่ 2 โดยการเขียนกราฟ

1) นำความลึกของคลองที่วัดได้จากจุดต่าง ๆ มาเขียนกราฟ โดยแบ่งความกว้างของน้ำในคลองแสนแสบออกเป็น 4 ส่วน ที่สะพานหลังตลาดใหม่ไผ่เบี้ย และแบ่งเป็น 2 ส่วน ที่สถานีระบายน้ำแสนแสบเก่า

2) หาพื้นที่ของแต่ละส่วนโดยการนับจากช่องของกราฟ

3) หาปริมาณน้ำได้จาก พื้นที่ที่ได้จากกราฟ \times ความเร็ว ดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้
ก. ที่สะพานหลังตลาดใหม่ไผ่เบี้ย วันที่ 10 สิงหาคม 2534 เวลา 08.00 น.

ส่วนที่ 1 มีพื้นที่จากกราฟ 3.504 เมตร² ความเร็วเฉลี่ยตรงจุดกึ่งกลาง 0.2125 เมตรต่อวินาที

ส่วนที่ 2 มีพื้นที่จากกราฟ 5.880 เมตร² ความเร็วเฉลี่ยตรงจุดกึ่งกลาง 0.1955 เมตรต่อวินาที

ส่วนที่ 3 มีพื้นที่จากกราฟ 5.498 เมตร² ความเร็วเฉลี่ยตรงจุดกึ่งกลาง 0.136 เมตรต่อวินาที

ส่วนที่ 4 มีพื้นที่จากกราฟ 2.453 เมตร² ความเร็วเฉลี่ยตรงจุดกึ่งกลาง 0.136 เมตรต่อวินาที

ปริมาณน้ำในส่วนที่ 1 (Q_1)

$$= 3.504 \times 0.2125 = 0.7446 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที}$$

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณน้ำที่ไหลลงคลองแสนแสบ (พื้นที่หน้าตัดคลองได้จากการคำนวณ)

เวลา	วันที่ 10 สิงหาคม 2534			วันที่ 11 สิงหาคม 2534		
	ปริมาณน้ำที่ หลังตลาดใหม่ ไบบี ลบ.เมตร/ วินาที	ปริมาณน้ำที่ สถานีระบายน้ำ แสนแสบเก่า ลบ.เมตร/ วินาที	ปริมาณน้ำที่ ไหลลงคลอง แสนแสบ ลบ.เมตร/ วินาที	ปริมาณน้ำที่ หลังตลาดใหม่ ไบบี ลบ.เมตร/ วินาที	ปริมาณน้ำที่ สถานีระบายน้ำ แสนแสบเก่า ลบ.เมตร/ วินาที	ปริมาณน้ำที่ ไหลลงคลอง แสนแสบ ลบ.เมตร/ วินาที
8.00	2.995	0.260	2.735	1.503	0.203	1.300
9.00	2.818	1.889	0.929	1.078	0.140	0.938
10.00	2.458	1.295	1.163	1.336	0.870	0.466
11.00	2.746	1.725	1.021	1.905	1.372	0.533
12.00	3.403	1.357	2.046	2.312	1.290	1.022
13.00	3.844	1.086	2.758	2.671	1.336	1.335
14.00	4.088	0.973	3.115	4.095	1.041	3.054
15.00	4.478	1.090	3.388	4.246	1.011	3.235
16.00	4.228	3.001	1.227	4.762	0.956	3.806
17.00	4.154	0.881	3.273	3.114	0.558	2.556
รวม	35.212	13.557	21.655	27.022	8.777	18.245

ผลการสำรวจปริมาณน้ำที่ลงในคลองแสนแสบ
ที่ใช้การคำนวณทั้ง 2 แบบข้างต้นในวันที่ 10
และ 11 สิงหาคม 2534 ตั้งแต่เวลา 08.00 น.-
17.00 น. สรุปได้ดังตารางที่ 1 และ 2

วันที่ 10 สิงหาคม 2534
ใน 10 ชั่วโมง น้ำไหลลงคลองแสนแสบ
= 21.655 ลบ.ม./วินาที

ใน 24 ชั่วโมงน้ำไหลลงคลองแสนแสบ
= $\frac{21.655 \times 24}{10}$ ลบ.ม./วินาที
= 51.972 ลบ.ม./วินาที

ดังนั้นในวันที่ 10 สิงหาคม 2534 น้ำไหล
ลงคลองแสนแสบประมาณวันละ 51.972 ลูก-
บาศก์เมตรต่อวินาทีหรือ 187,099.2 ลูกบาศก์-
เมตรต่อวัน

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณน้ำที่ไหลลงคลองแสนแสบ (พื้นที่หน้าตัดคลองได้จากการเขียนกราฟ)

เวลา	วันที่ 10 สิงหาคม 2534			วันที่ 11 สิงหาคม 2534		
	ปริมาณน้ำที่ หลังตลาคใหม่ ไบบี ลบ.เมตร/ วินาที	ปริมาณน้ำที่ สถานีระบายน้ำ แสนแสบเก่า ลบ.เมตร/ วินาที	ปริมาณน้ำที่ ไหลลงคลอง แสนแสบ ลบ.เมตร/ วินาที	ปริมาณน้ำที่ หลังตลาคใหม่ ไบบี ลบ.เมตร/ วินาที	ปริมาณน้ำที่ สถานีระบายน้ำ แสนแสบเก่า ลบ.เมตร/ วินาที	ปริมาณน้ำที่ ไหลลงคลอง แสนแสบ ลบ.เมตร/ วินาที
8.00	2.980	0.256	2.724	1.680	0.203	1.477
9.00	2.798	1.860	0.938	1.068	0.140	0.928
10.00	2.439	1.280	1.159	1.324	0.869	0.455
11.00	2.723	1.998	0.725	1.888	1.380	0.508
12.00	3.368	1.338	2.030	2.291	1.308	0.983
13.00	3.849	1.080	2.769	2.602	1.361	1.241
14.00	4.099	0.980	3.119	4.040	1.070	2.970
15.00	4.505	1.097	3.408	4.200	1.032	3.168
16.00	4.252	2.898	1.354	4.692	0.970	3.722
17.00	4.083	0.867	3.216	3.084	0.571	2.513
รวม	35.096	13.654	21.442	26.869	8.904	17.965

วันที่ 11 สิงหาคม 2534

ใน 10 ชั่วโมง น้ำไหลลงคลองแสนแสบ

= 18.245 ลบ.ม/วินาที

ใน 24 ชั่วโมงน้ำไหลลงคลองแสนแสบ

= $\frac{18.245 \times 24}{10}$ ลบ.ม/วินาที

= 43.788 ลบ.ม/วินาที

ดังนั้นในวันที่ 11 สิงหาคม 2534 น้ำไหล

ลงคลองแสนแสบ ประมาณวันละ 43.788 ลูก-

บาศก์เมตรต่อวินาทีหรือ 157,636.8 ลูกบาศก์เมตร

ต่อวัน

วันที่ 10 สิงหาคม 2534

ใน 10 ชั่วโมง น้ำไหลลงคลองแสนแสบ
= 21.442 ลบ.ม/วินาที

ใน 24 ชั่วโมงน้ำไหลลงคลองแสนแสบ
= $\frac{21.442 \times 24}{10}$ ลบ.ม/วินาที
= 51.461 ลบ.ม/วินาที

ดังนั้นในวันที่ 10 สิงหาคม 2534 น้ำไหลลงคลองแสนแสบ ประมาณ วันละ 51.461 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

วันที่ 11 สิงหาคม 2534

ใน 10 ชั่วโมง น้ำไหลลงคลองแสนแสบ
= 17.965 ลบ.ม/วินาที

ใน 24 ชั่วโมงน้ำไหลลงคลองแสนแสบ
= $\frac{17.965 \times 24}{10}$ ลบ.ม/วินาที
= 43.12 ลบ.ม/วินาที

ดังนั้นในวันที่ 11 สิงหาคม 2534 น้ำไหลลงคลองแสนแสบ ประมาณวันละ 43.12 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

ผลการวิจัย

1. ปริมาณน้ำที่ไหลลงคลองแสนแสบ 2 วัน ที่ได้จากการคำนวณ ปรากฏผลดังนี้

1.1 วันที่ 10 สิงหาคม 2534 น้ำไหลลงคลองแสนแสบวันละ 51.972 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หรือ 187,099.2 ลูกบาศก์เมตร

ต่อวัน

1.2 วันที่ 11 สิงหาคม 2534 น้ำไหลลงคลองแสนแสบวันละ 43.788 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หรือ 157,636.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

2. ปริมาณน้ำที่ไหลลงคลองแสนแสบ 2 วันที่ได้จากการเขียนกราฟ ปรากฏผลดังนี้

2.1 วันที่ 10 สิงหาคม 2534 น้ำไหลลงคลองแสนแสบวันละ 51.461 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

2.2 วันที่ 11 สิงหาคม 2534 น้ำไหลลงคลองแสนแสบวันละ 43.12 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

3. ผู้ให้สัมภาษณ์ เป็นเพศชายร้อยละ 53 เพศหญิงร้อยละ 47 อายุต่ำกว่า 30 ปี ร้อยละ 56 และอายุ 30 ปีขึ้นไป ร้อยละ 44 มีการศึกษาระดับ ประถมศึกษาร้อยละ 21 มัธยมศึกษา ร้อยละ 43 อุดมศึกษาร้อยละ 25 ไม่ระบุการศึกษาร้อยละ 11

4. ประเภทที่พักอาศัยของผู้ให้สัมภาษณ์ เป็นบ้านเรือนและร้านค้าร้อยละ 86.7 โรงงานอุตสาหกรรมร้อยละ 3.7 อยู่ช่อมรยนต์ร้อยละ 6 บิมน้ำมันที่มีอยู่ช่อมรยนต์ร้อยละ 0.3 บิมน้ำมัน ร้อยละ 2.7 บิมน้ำร้อยละ 0.3 และพื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 0.3

5. ตำแหน่งของสถานที่ห่างจากคลองแสนแสบ ระยะทาง 0 - 20 เมตร ร้อยละ 28.6 ระยะทาง 21 - 30 เมตร ร้อยละ 7.9 ระยะทาง 31 - 40 เมตร ร้อยละ 2.7 ระยะทาง 41 - 50 เมตร ร้อยละ 5.3 ระยะทาง 51 - 100 เมตร ร้อยละ

12.3 และระยะทาง 100 เมตรขึ้นไป ร้อยละ 43.2

6. การใช้ทางระบายน้ำ เป็นทางระบายน้ำ ไหลลงคลองและมีน้ำไหลตลอด ร้อยละ 61.4 เป็นทางระบายน้ำไหลลงคลองแต่น้ำแห้งร้อยละ 1.6 เป็นทางระบายน้ำไหลลงคลองแต่น้ำขัง ร้อยละ 16.3 และเป็นทางระบายน้ำไม่ไหลลง คลองร้อยละ 20.7

7. กรรมวิธีการกำจัดขยะ กทม. เก็บ ร้อยละ 89.4 กองทิ้งไว้ ร้อยละ 7.8 เผาทิ้ง ร้อยละ 1.2 และทิ้งลงคลองร้อยละ 1.6

8. ผู้ให้สัมภาษณ์รวมกับผู้อยู่อาศัย แบ่ง ตามเขตที่ศึกษาได้ดังนี้ เขตคลองเตยร้อยละ 21.2 เขตปทุมวันร้อยละ 17.1 เขตห้วยขวางร้อยละ 9.9 และเขตราชเทวีร้อยละ 51.8

9. มูลค่าการใช้น้ำ รวม 4 เขต เท่ากับ 300,035 บาทต่อเดือน ปริมาณการใช้น้ำรวม 4 เขต เท่ากับ 75,009 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และมีปริมาณการใช้น้ำรวม 4 เขต เท่ากับ 2,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

10. อาคารที่พักอาศัย มีระบบกักน้ำเสีย ร้อยละ 4 ไม่มีระบบกักน้ำเสียร้อยละ 85 ไม่ทราบร้อยละ 11

11. ชนิดของสารประเภทของแข็งที่ใช้ทำ ความสะอาด เป็นสบู่ร้อยละ 24.2 ผงซักฟอก ร้อยละ 36 สารล้างจานร้อยละ 0.5 สารทำความสะอาดสุขภัณฑ์ร้อยละ 1.6 และยาสีพื้น ร้อยละ 37.7

12. ชนิดของสารประเภทของเหลวที่ใช้ทำ ความสะอาด เป็นแชมพูสระผมร้อยละ 5.5 น้ำยา

ล้างจานร้อยละ 17.7 น้ำยาทำความสะอาด สุขภัณฑ์ร้อยละ 49.8 และน้ำยาซักแห้งร้อยละ 27

13. โรงงานอุตสาหกรรม เป็นโรงงานที่ ผลิตเครื่องอุปโภค 7 โรงงาน เป็นโรงงานที่ ผลิตเครื่องบริโภค 3 โรงงาน มีจำนวนคนงาน ทั้งสิ้น 618 คน ของเสียที่กำจัดทิ้งเป็นทั้งของแข็ง และของเหลว

14. อู่ซ่อมรถยนต์ มีทั้งหมด 18 อู่ ปิมน้ำมันมีทั้งหมด 10 ปิมน้ำมันที่เหล่านี้น้ำมันลงคลอง 220 ลิตรต่อวัน และทิ้งน้ำมันลงสถานที่อื่น กระทำเฉพาะเขตราชเทวีเขตเดียว โดยทิ้ง 430 ลิตรต่อวัน

อภิปรายผลการวิจัย

1. จำนวนประชากรที่ได้จากทะเบียนบ้าน ใน 4 เขต ที่ศึกษาตามเงื่อนไขดังกล่าวแล้วมี จำนวน 53,698 คน กลุ่มตัวอย่างสุ่มได้ 3,779 คน ประกอบด้วยบุคคลที่อาศัยอยู่ในที่พักอาศัย อู่ซ่อมรถยนต์ สถานีบริการน้ำมันและก๊าซ โรงงานอุตสาหกรรม รวมแล้วเป็นจำนวน 301 แห่ง กระจายอยู่ภายใน 4 เขตที่ศึกษา

2. ปริมาณน้ำที่ไหลลงคลองแสนแสบคำนวณจากพื้นที่หน้าตัดคลองที่ได้จากการคำนวณ กับปริมาณน้ำที่ไหลลงคลองแสนแสบคำนวณจาก พื้นที่หน้าตัดที่ได้จากการนำเอาความลึกของ คลองไปเขียนกราฟมีค่าใกล้เคียงกันมาก จะถือว่า ไม่แตกต่างกันก็ได้เพราะว่าถ้าให้ปริมาณน้ำที่ คำนวณจากพื้นที่หน้าตัดคลองเป็นหลัก ในวันที่ 10 สิงหาคม 2534 ปริมาณน้ำที่คำนวณจาก

พื้นที่หน้าตัดคลองได้จากการเขียนกราฟจะน้อยกว่าเพียงประมาณร้อยละ 1 ในวันที่ 11 สิงหาคม 2534 น้อยกว่าเพียงประมาณร้อยละ 1.5 เท่านั้น ดังนั้นการคำนวณหาปริมาณน้ำโดยใช้วิธีดังกล่าวมาแล้วจะเลือกใช้วิธีใดก็ได้ตามอัธยาศัย

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ไหลลงคลองแสนแสบโดยถือเอาวิธีที่พื้นที่หน้าตัดคลองได้จากการคำนวณ และใช้วันที่ 10 สิงหาคม 2534 เป็นหลัก ปริมาณน้ำจะแตกต่างกันประมาณร้อยละ 15.75 เมื่อเขียนเป็นกราฟแสดงปริมาณน้ำที่ไหลลงคลองแสนแสบซึ่งคำนวณจากพื้นที่หน้าตัดคลองที่ได้จากการคำนวณและการเขียนกราฟ ในวันที่ 10 และ 11 สิงหาคม 2534 จะพบว่า ตั้งแต่เวลา 08.00 - 15.00 น. ปริมาณน้ำที่ไหลลงคลองแสนแสบทั้งสองวันมีลักษณะเหมือนกัน คือลดลงตั้งแต่เวลา 08.00 - 11.00 น. แล้วจึงเริ่มเพิ่มขึ้นจนถึงเวลา 15.00 น. ที่เป็นเช่นนี้อาจจะเป็นเพราะทางกรุงเทพมหานครมีตารางในการสูบน้ำทิ้งเหมือนกันทุกวัน สำหรับวันที่ 10 สิงหาคม 2534 เวลา 16.00 น. น้ำทิ้งที่ไหลลงคลองแสนแสบมีปริมาณน้อยที่สุด อาจเป็นช่วงที่ทางกรุงเทพมหานครหยุดการสูบน้ำ แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในเวลา 17.00 น. ทั้งนี้ อาจจะเป็นเพราะผู้อยู่อาศัยกลับจากการปฏิบัติธุรกิจและผู้เข้ารับงานผลิตใหม่ของสำนักงานระบายน้ำกรุงเทพมหานครทำการสูบน้ำทิ้ง สำหรับวันที่ 11 สิงหาคม 2534 ปริมาณน้ำที่ไหลลงคลองแสนแสบเพิ่มขึ้นจำนวนมาก และตรงกันข้ามกับวันที่ 10 สิงหาคม 2534 ซึ่งเป็นวันเสาร์ที่เป็นเช่นนี้อาจจะเป็นเพราะว่าในวันที่ 11 สิงหาคม

2534 ซึ่งเป็นวันอาทิตย์ฝนได้ตกลงมาปรอยๆ ในช่วงเวลา 14.00 - 15.00 น. และเมฆตั้งเค้าหม่น ทางสำนักงานระบายน้ำกรุงเทพมหานครสูบน้ำในคลองแสนแสบทิ้งจำนวนมากเพื่อรองรับน้ำฝนที่จะตกลงมา อัตราการไหลของน้ำในคลองแสนแสบจึงเร็วเมื่อคำนวณออกมาเป็นปริมาณน้ำจึงมีค่าสูง เมื่อกล่าวโดยส่วนรวมทั้ง 10 ชั่วโมงที่ทำการวิจัยปริมาณน้ำทิ้งที่ไหลลงคลองแสนแสบในวันที่ 10 สิงหาคม 2534 มีปริมาณมากกว่าในวันที่ 11 สิงหาคม 2534 ทั้งนี้ อาจจะเป็นเพราะห้างร้าน บริษัท โรงงาน หยุดกิจการในวันอาทิตย์ น้ำทิ้งจากสถานที่ดังกล่าวจึงลดลง

เป็นที่น่าสังเกตว่าทางสำนักงานระบายน้ำกรุงเทพมหานครพยายามรักษาระดับน้ำในคลองไว้ที่ระดับหนึ่งซึ่งไม่สูงเกินไป เพราะบางช่วงของคลอง สะพานข้ามคลองมีระดับต่ำเรือหางยาวลอดไม่ได้ถ้าระดับน้ำสูง และไม่ต่ำเกินไปเพื่อความสะดวกของการวิ่งเรือหางยาว และป้องกันไม่ให้โคลนกันคลองถูกใบจักรของเรือหางยาวกว่นให้ขุ่นมากกว่านี้ ดังนั้นอัตราการไหลของน้ำในคลองแสนแสบในช่วงที่ศึกษาจะขึ้นอยู่กับภาระระบายน้ำของกรุงเทพมหานครเป็นสำคัญ

3. สำหรับการสำรวจแหล่งน้ำที่ไหลลงคลองแสนแสบ พบว่าประชาชนจำนวน 3,578 คน ใช้น้ำ 2,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ดังนั้นประชากรที่สำรวจมา 63,698 คน ใช้น้ำทั้งหมด 44,506.7 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน แต่จากการวัดจริงใน 2 วัน ปรากฏว่าปริมาณน้ำที่ได้มีจำนวน

มากกว่า ทั้งนี้เพราะเกิดจากสาเหตุสำคัญสองประการคือ ประการที่ 1 ปริมาณน้ำที่ได้จากการวัดจริงนั้นมาจกการใช้น้ำของประชาชนจากแหล่งต่าง ๆ เกินรัศมี 100 เมตรทั้งสองฝั่งของคลองแสนแสบ ประการที่ 2 ปริมาณน้ำที่ได้จากการวัดจริงส่วนหนึ่งมาจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมด้วย

สำหรับความคิดเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับคลองแสนแสบนั้น ร้อยละ 90 มีความเห็นว่าการเน่าของน้ำในคลองแสนแสบมาจากผู้อยู่อาศัยในบริเวณคลองแสนแสบนั่นเอง น้ำทิ้งจากห้องน้ำถูกปล่อยลงคลองโดยปราศจากการบำบัดเสียก่อน การเดินเรือหางยาววิ่งรับส่งผู้โดยสารทำให้หน้าดินที่สกปรกถูกพัดกระจายเพิ่มความเน่าเหม็นและส่งกลิ่นไปทั่ว ประชาชนมีความเห็นว่า ปัญหาน้ำเสียของคลองแสนแสบเป็นเรื่องใหญ่ระดับชาติที่ต้องกระทำกันอย่างจริงจังจึงจะได้ผลที่จะลดมลภาวะจากคลองแสนแสบไป

ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะต้องทำการวิเคราะห์หอากาศเหนือคลองและอาณาบริเวณที่ห่างจากคลองขึ้นไปในรัศมี 200 เมตร เพราะคณะผู้วิจัยได้พบโดยตนเองว่ากำไลข้อมือเงินของผู้ช่วยวิจัยคนหนึ่งทำการวัดความเร็วของกระแสน้ำบริเวณหลังตลาดใหม่โป๊เป้ ตั้งแต่เวลา 08.00 - 17.00 น. ค่าคล้ำน่าจะเกิดจากก๊าซบางชนิดที่มีกำมะถันเป็นองค์

ประกอบเช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ซึ่งเป็นก๊าซที่เป็นอันตรายต่อทางเดินหายใจของมนุษย์ ประการที่สำคัญก็คือวังสระปทุมซึ่งเป็นเขตพระราชฐานที่สมเด็จพระบรมราชชนนีประทับเป็นประจำตั้งอยู่ริมคลองนี้ จึงควรมีคณะบุคคลที่เกี่ยวข้องทางด้านสิ่งแวดล้อมทำการตรวจวิเคราะห์หอากาศรอบบริเวณเขตพระราชฐานและเขตพระราชฐานเองด้วยเป็นประจำ

2. การวัดความเร็วของกระแสน้ำให้ทำหลาย ๆ จุด ทำตลอด 24 ชั่วโมงทำกันครั้งละครึ่งชั่วโมง ทำประมาณ 14 วันไม่เว้นวันเสาร์-อาทิตย์ หรือวันหยุดทางราชการ

3. การวัดความเร็วของกระแสน้ำควรวัดที่ความลึก 20 และ 80 เซนติเมตรของความลึกของน้ำในคลอง

4. ทำการวัดปริมาณน้ำทุกฤดูกาลคือ ฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูฝน

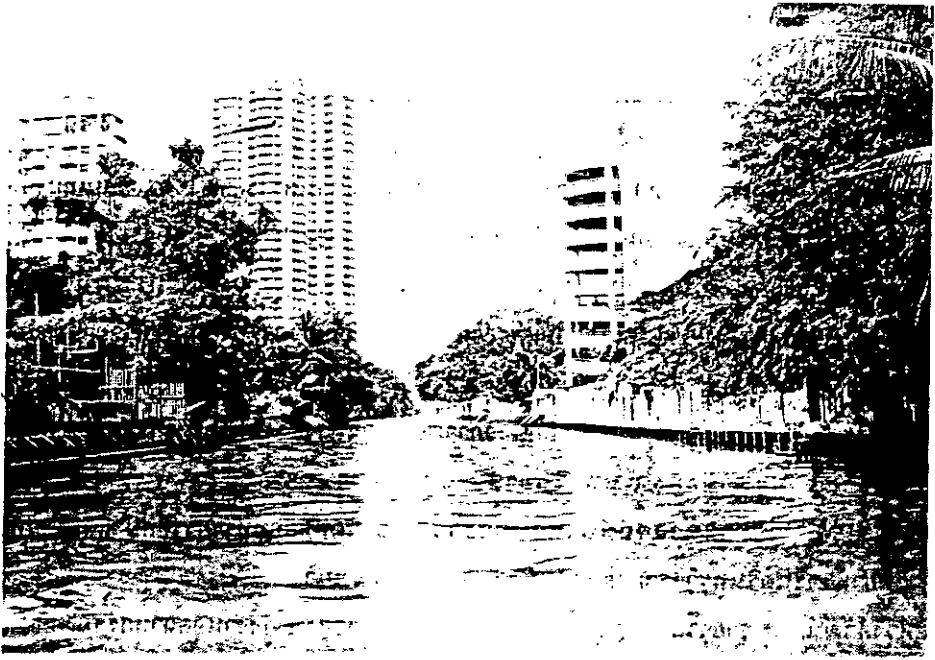
5. พื้นที่ที่ศึกษาควรเริ่มจากตลาดใหม่โป๊เป้ไปจนถึงหลังมหาวิทยาลัยรามคำแหง

6. ควรวัดค่า บี โอ ดี ของน้ำ อัตราการตกตะกอนของน้ำในคลอง

7. ควรนับจำนวนเที่ยวของเรือหางยาวที่แล่นในคลอง

8. ควรตรวจสอบคุณภาพน้ำในคลอง

9. ควรทดลองเลี้ยงผักตบชวาตรงช่องว่างของเขื่อนที่ทางกรุงเทพมหานครทำไว้ว่าจะช่วยกำจัดน้ำเสียได้มากน้อยเพียงใด



สภาพคลองแสนแสบในปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

- เต็มดวง รัตนทัศนีย์ และคณะ. "ทัศนคติของประชาชนกรุงเทพมหานครในการใช้คลองเป็นที่บำบัดน้ำเสีย" **รายงานผลงานวิจัย**. มหาวิทยาลัยมหิดล; ตุลาคม, 2533.
- ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ. **น้ำเสียชุมชนและปัญหามลภาวะทางน้ำในเขต กทม. และปริมณฑล**. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน, 2530.
- ธรรมบุญ ไรจนะบุรานนท์ และคณะ. "การศึกษาสภาวะแวดล้อมทางน้ำในคลองหลักของกรุงเทพมหานคร." **ผลงานวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**. ลำดับที่ 11, 2526.
- บุษกร เพชรวิวรรธ. **วิธีการทางสถิติสำหรับภาววิจัย**. สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2525. อัดสำเนา.
- บุญยง โล่ห้วงศ์วัฒน์. "รายงานการอนุรักษ์ลำน้ำ." ฝ่ายวิชาการกรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2521.
- ปิยนาด บุนนาค, ดวงพร นพคุณ และสุวิมลนา ธาคนิติ. **คลองในกรุงเทพฯ**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525. —
- เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. **แหล่งน้ำกับปัญหามลภาวะ**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.
- แผนพัฒนากรุงเทพมหานคร สำนักนโยบายและแผน กรุงเทพมหานคร. **แผนพัฒนากรุงเทพมหานคร ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2530 - 2534**. 2530.
- วิทยา เพียรวิจิตร. **เทคโนโลยีการกำจัดน้ำเสีย**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนส์โตร์, 2525.
- สมศักดิ์ เกรอด และคณะ. "การสำรวจข้อมูลพื้นฐานเพื่อการวิเคราะห์สาเหตุของน้ำเสียในคลองเจดีย์บูชา จังหวัดนครปฐม." **วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร**. ฉบับพิเศษ 40 ปี : 22 - 36, 2527.
- สุนันท์ ศรีนยนิทย์. **กลศาสตร์ของไหล**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี, ตุลาคม 2525, อัดสำเนา.
- อนุพันธ์ อีรูรัตน์. "ปัญหาน้ำเน่าเสียในคลองภาษีเจริญ." **วารสารวิทยาการสิ่งแวดล้อม**. ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 : 15 - 19, 2531.
- อุตสาหกรรม, กระทรวง. "งานแม่น้ำเจ้าพระยา ปี 2527/2528." กองสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2528.
- Nemerow N. **Scientific Stream Pollution Analysis**. Washington, D.C. : Scripta Book Company, 1974.

ลำดับที่ 7

การสำรวจกรณีศึกษาและกรณีศึกษา
ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม

(นายเสรวัดน์ สมินทรปัญญา)
MR. SERWAT SAMINTRANUJANA

โดย

เสรวัดน์ สมินทรปัญญา

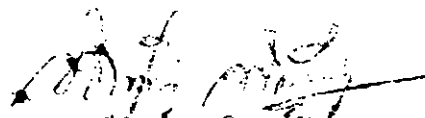
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

23 เมษายน 2535

คำนำ

เอกสารฉบับนี้ผู้เรียบเรียงได้จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้ศึกษาเกี่ยวกับการแปลความหมาย
ภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อหาข้อมูลในค่านิยมพื้นฐานและธรณีวิทยาได้ใช้
ประกอบ ซึ่งเนื้อหาในเอกสารกล่าวถึงหลักการทั่วไปไว้วาง ๆ รวมทั้งได้แทรกพื้นฐาน
ความรู้ทางธรณีพื้นฐานและธรณีวิทยาไว้บ้าง เพื่อให้ผู้ศึกษาเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น
อันจะมีประโยชน์ในการแปลความหมายภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายดาวเทียมได้อย่าง
ถูกต้องมากที่สุด

แนวทางการแปลความหมายจากภาพที่กล่าวไว้ในเอกสารนี้ได้ครอบคลุมลักษณะทาง
ธรณีพื้นฐานและธรณีวิทยาทั้งหมด หรือกล่าวได้ว่าเป็นเพียงตัวอย่างเท่านั้น หากผู้สนใจส่วน
ที่นอกเหนือจากนี้ขอได้โปรดศึกษาเพิ่มเติมจากตำราต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือหาความรู้
เพิ่มเติมจากแหล่งอื่นต่อไป รวมทั้งหมั่นฝึกฝนหาประสบการณ์จากการแปลความให้มากยิ่งขึ้น
ผู้เรียบเรียงขอขอบคุณผู้อ่านทุกท่านมา ณ โอกาสนี้


(เสรีวณ สมนทรปัญญา)

13 เมษายน 2535

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
การสำรวจธรณีสัณฐานและธรณีวิทยาด้วยภาพถ่ายดาวเทียม	
1. บทนำ	1
2. องค์ประกอบพื้นฐานในการแปลความหมายจากภาพถ่าย	1
2.1 ภูมิประเทศ	2
2.2 แบบรูปทางน้ำและความหนา-ละเอียดของทางน้ำที่ปรากฏในภาพ	2
2.3 การกร่อน	6
2.4 ความเข้มของภาพ	6
2.5 พืชพันธุ์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน	9
3. กระบวนการแปลความหมายจากภาพถ่าย	9
4. หินตะกอน (Sedimentary rocks)	10
4.1 หินทราย	12
- การแปลความหมายชั้นหินทรายที่วางตัวในแนวราบจากภาพถ่าย	13
4.2 หินดินดาน	14
- การแปลความหมายชั้นหินดินดานที่วางตัวในแนวราบจากภาพถ่าย	17
4.3 หินปูน	18
- การแปลความหมายชั้นหินปูนที่วางตัวในแนวราบจากภาพถ่าย	20
4.4 การแปลความหมายชั้นหินตะกอนที่วางตัวในแนวราบและแทรกสลับกัน จากภาพถ่าย	21
4.5 การแปลความหมายชั้นหินตะกอนที่เอียงก้ำและแทรกสลับกันจาก ภาพถ่าย	23
5. หินอัคนี (Igneous rocks)	23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.1 หินอัคนีภายใน	26
- การแปลความหมายหินแกรนิตจากภาพฉาย	26
5.2 หินอัคนีภายนอก	27
- การแปลความหมายธารลาวาจากภาพฉาย	27
- การแปลความหมายที่ราบสูงหินบะซอลต์จากภาพฉาย ...	30
6. หินแปร (Metamorphic rocks)	30
7. ธรณีสัณฐานที่เกิดจากราน้ำพา (Fluvial landforms)	31
7.1 ตะกอนน้ำพารูปพัด	31
- การแปลความหมายตะกอนน้ำพารูปพัดจากภาพฉาย ...	32
7.2 ที่ราบน้ำท่วมถึง	32
- การแปลความหมายที่ราบน้ำท่วมถึง	34
7.3 ดินคอนสามเหลี่ยม	35
- การแปลความหมายดินคอนสามเหลี่ยมจากภาพฉาย	35
8. ดินที่มีอินทรีย์วัตถุ (Organic soils)	37
- การแปลความหมายดินที่มีอินทรีย์วัตถุจากภาพฉาย	37
บรรณานุกรม	41

การสำรวจธรณีสัณฐานและธรณีวิทยาด้วยภาพถ่ายเทียม

1. บทนำ

การสำรวจทางธรณีสัณฐานและธรณีวิทยานั้น มีขั้นตอนหลายประการ แต่ขั้นตอนก่อนที่จะลงไปสำรวจตรวจสอบข้อมูลในภาคสนาม ต้องอาศัยการแปลความหมายสภาพรังสีจากภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายดาวเทียมก่อน เพื่อบอกให้ได้ว่าบริเวณพื้นที่สำรวจนั้นมีลักษณะธรณีสัณฐานและธรณีวิทยาเป็นเช่นไร ทั้งนี้มีประโยชน์หลายประการเช่น เพื่อให้เห็นลักษณะโครงสร้างทาง ๆ ของพื้นที่ในภาพรวม และประหยัดเวลาการสำรวจภาคสนาม เป็นต้น

ลักษณะทางธรณีสัณฐานและธรณีวิทยาที่มองเห็นในภาพถ่ายทางอากาศที่ถ่ายจากพื้นที่เดียวกันโดยทั่วไปมีลักษณะใกล้เคียงกัน หรือไม่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความละเอียดของภาพที่ถ่ายออกมา ภาพถ่ายดาวเทียมจะมองเห็นลักษณะต่าง ๆ ของพื้นที่ได้บริเวณกว้างและครอบคลุมมากกว่าที่มองเห็นจากภาพถ่ายทางอากาศ แต่ภาพที่เห็นจากภาพถ่ายทางอากาศแม้จะครอบคลุมพื้นที่ได้แคบกว่าแต่จะแสดงรายละเอียดได้ดีกว่าภาพที่มองเห็นในภาพถ่ายดาวเทียม อย่างไรก็ตามการแปลความหมายหรือการสำรวจทางธรณีสัณฐานและธรณีวิทยาจากภาพถ่ายดาวเทียมก็อาศัยหลักการเดียวกันกับการแปลความหมายจากภาพถ่ายทางอากาศ

ก่อนที่จะกล่าวถึงรายละเอียดการแปลความหมายจากภาพถ่ายควรทราบถึงความหมายของคำว่า ธรณีสัณฐาน กับ ธรณีวิทยาก่อนคือ

ธรณีสัณฐาน (Landform) หมายถึง รูปแบบหรือลักษณะของเปลือกโลก ซึ่งมีรูปพรรณสัณฐานต่าง ๆ กัน เช่น เป็นภูเขา ที่ราบสูง ที่ราบ และอื่น ๆ การศึกษาเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศเรียกว่า ธรณีสัณฐานวิทยา (Geomorphology)

สำหรับคำว่า **ธรณีวิทยา (Geology)** หมายถึง วิชาที่ว่าด้วยโลก คือ ศึกษาเกี่ยวกับสสารต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของโลกกระบวนการที่หาคือสารต่าง ๆ และผลที่เกิดจากกระบวนการนั้น ๆ ตลอดจนสิ่งมีชีวิตทั้งหลายในโลก นับตั้งแต่ปฐมกาลของโลกเรื่อยมา

2. องค์ประกอบพื้นฐานในการแปลความหมายจากภาพถ่าย

ในที่นี้จะเน้นการแปลความหมายลักษณะพื้นผิวโลกตามลักษณะทางธรณีสัณฐานและธรณีวิทยา ซึ่งจะครอบคลุมถึงองค์ประกอบของโลกบริเวณพื้นผิวซึ่งเป็นหินชนิดต่าง ๆ รวมทั้ง

ดินบางประเภท องค์ประกอบหรือลักษณะพื้นผิวโลกที่ใช้เป็นพื้นฐานในการแปลความหมายจากภาพถ่าย ได้แก่ ภูมิประเทศ (Topography) แบบรูปทางน้ำ (Drainage pattern) ความหยาบ-ละเอียดของทางน้ำที่ปรากฏในภาพ (Drainage texture) การกร่อน (Erosion) ความเข้มของภาพ (Photo tone) พืชพันธุ์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Vegetation and Land use) ก็จะกล่าวรายละเอียดแต่ละลักษณะตามลำดับ ดังนี้

2.1 ภูมิประเทศ

ภูมิประเทศ หมายถึง สภาพทั่ว ๆ ไปของผิวโลก ซึ่งประกอบด้วยสิ่งที่ขึ้นอยู่กับ ความธรรมชาติและที่มนุษย์คิดแปลงขึ้น อันได้แก่ ความสูงต่ำของผิวโลก ทางน้ำ และแหล่งน้ำ ถนน เมือง เป็นต้น สิ่งที่อยู่บนผิวโลกแต่ละอย่าง เช่น ภูเขา และหุบเขา ก็เรียกว่า ภูมิประเทศ ชนิดพื้นฐานแต่ละลักษณะและชั้นหินแต่ละชนิดมีลักษณะ ของภูมิประเทศเฉพาะของตัวเองทั้งขนาด และรูปร่าง จึงพบเสมอว่า ภูมิประเทศที่เปลี่ยนแปลงไปย่อมเป็นขอบเขตของชนิดพื้นฐาน 2 ชนิดที่ต่างกัน

2.2 แบบรูปทางน้ำและความหยาบ-ละเอียดของทางน้ำที่ปรากฏในภาพ

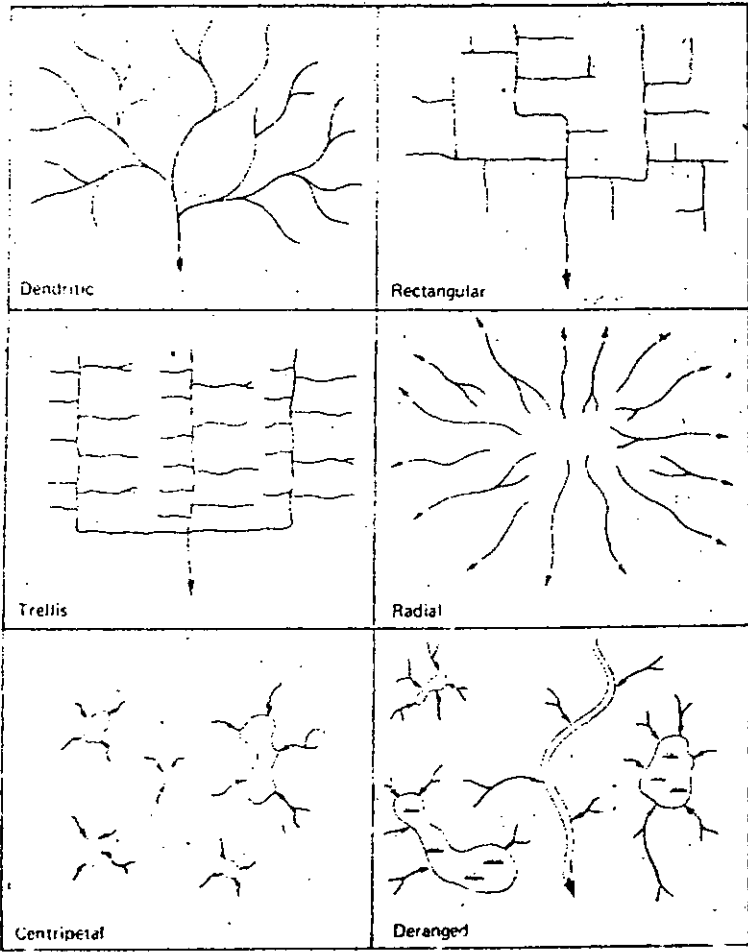
แบบรูปทางน้ำ หมายถึง รูปร่างหรือการจัดรูปแบบทางน้ำตามธรรมชาติใน บริเวณใด ๆ ก็ตามที่ปรากฏขึ้นเมื่อมองในแนวตั้ง แบบรูปทางน้ำมีความสัมพันธ์กับลักษณะ ชนิดพื้นฐานและธรณีวิทยาวงบริเวณนั้น ๆ ซึ่งมีความหมายเช่นเดียวกับ

แบบรูปทางน้ำและความหยาบ-ละเอียดของทางน้ำที่ปรากฏในภาพจะเป็นตัวชี้ ถึงลักษณะชนิดพื้นฐานและชนิดของชั้นหิน รวมทั้งลักษณะดินและสภาพการระบายน้ำเฉพาะแห่ง ในบริเวณนั้นด้วย

แบบรูปทางน้ำโดยทั่วไปมี 6 แบบ ดังภาพ 1 รายละเอียดแบบต่าง ๆ ดังนี้คือ

1) แบบรูปทางน้ำกิ่งไม้ (Dendritic drainage pattern) เป็น รูปแบบที่มีการ รวมกันของทางน้ำในลักษณะที่เข้าสู่ทางน้ำสายหลัก โดยที่ทางน้ำสายรองและ สายเล็กสายน้อยไหลไปในทิศทางอิสระ มีลักษณะคล้ายกิ่งก้านของกิ่งไม้ มักเกิดในบริเวณที่ หินรองรับมีความทนทานต่อการกร่อนใกล้เคียงกัน และไม่ได้รับอิทธิพลของโครงสร้างทาง ธรณีวิทยา มักเกิดในหินตะกอนที่วางตัวในแนวระนาบและหินแกรนิต

2) แบบรูปทางน้ำคี่งฉาก (Rectangular drainage pattern) เป็น แบบรูปทางน้ำที่มีทางน้ำประธานและลำน้ำสาขามาบรรจบกันเป็นมุมฉากหลาย ๆ แห่ง เกิด เนื่องจากทางน้ำไหลตามรอยแยก (Joint) หรือตามรอยเลื่อน (Fault) ทำให้มี



ภาพ 1 แบบรูปทางน้ำพื้นฐาน 6 แบบ

รูปลักษณะคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความหมายเหมือนกับ Lattice drainage pattern
ทางน้ำแบบนี้ถูกควบคุมการไหลโดยโครงสร้างของหินรองรับ เช่น โหลบนซุกหินทรายเนื้อแน่น
ที่วางตัวในแนวราบและมีรอยแยก

3) แบบรูปทางน้ำร้านเตาองุ่น (Trellis drainage pattern)

เป็นแบบรูปทางน้ำที่มีทางน้ำสายใหญ่หลายสายไหลขนานกัน โดยมีทางน้ำสาขาไหลมาบรรจบ
ในแนวตั้งฉากกับลำน้ำสายใหญ่ ณ จุดต่าง ๆ และทางน้ำสาขานั้น ๆ ยังแตกแขนงออกไปใน
แนวตั้งฉากซึ่งไหลขนานกับทางน้ำสายใหญ่ด้วย ทางน้ำเหล่านี้เกิดในบริเวณที่มีชั้นหินเนื้อแข็ง
สลับกับชั้นหินเนื้ออ่อน ในแถบเทือกเขาที่มีชั้นหินคดโค้งหรือเอียงเท ถ้าเกิดตามรอยเลื่อน
เรียกว่า แบบรูปทางน้ำร้านเตาองุ่นตามรอยเลื่อน (Fault trellis drainage pattern)

4) แบบรูปทางน้ำรัศมี (Radial drainage pattern) แบบรูป

ทางน้ำที่มีทิศทางการไหลของน้ำออกจากศูนย์กลาง มีลักษณะเป็นรูปรัศมี มักเกิดในพื้นที่
ทรงกลางสูง โดยเฉพาะโครงสร้างรูปโคมที่เกิดขึ้นใหม่ยังไม่มีการกร่อน หรือพื้นที่กรวย
ภูเขาไฟ

5) แบบรูปทางน้ำสู่ศูนย์กลาง (Centripetal drainage pattern)

เป็นแบบรูปทางน้ำที่มีทิศทางการไหลของน้ำเข้าสู่ศูนย์กลางเอง ลักษณะเช่นนี้อาจแสดงว่า
แอ่งกึ่งกลางเป็นปล่องหรือแอ่งภูเขาไฟ แอ่งบนโคม หลุมยุบของหินปูน ปล่องภูเขาไฟและ
หลุมอื่น ๆ

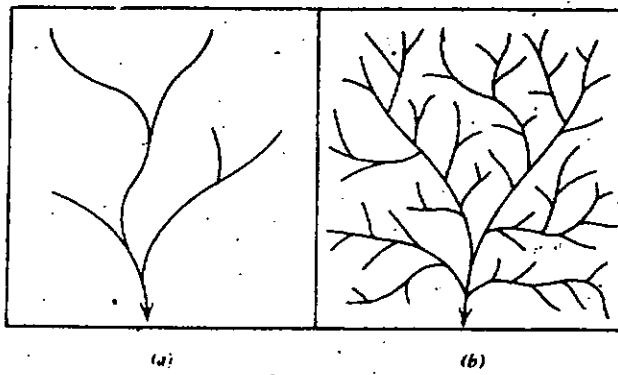
6) แบบรูปทางน้ำสับสน (Deranged drainage) เป็นแบบรูป

ทางน้ำที่ไม่เป็นไปตามระบบที่กล่าวมาทั้ง 5 แบบ เช่น อาจมีลำธารไหลลงไปในหนองหรือบึง
แบบรูปทางน้ำนี้มักเกิดขึ้นในบริเวณที่ปกคลุมด้วยตะกอนจมของธารน้ำแข็ง

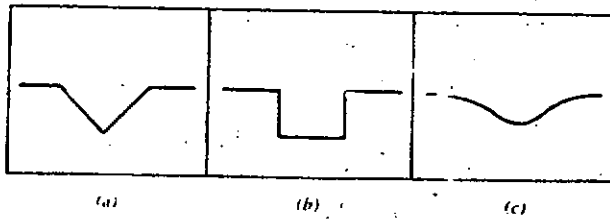
รูปแบบทางน้ำที่กล่าวไว้ทั้งหมด ล้วนเป็นตัวอย่างโดยทำการลัทธิกร่อนผิวโลก ซึ่ง
จะต่างจากทางน้ำที่ก่อให้เกิดวัฏจักรอื่น เช่น ทางน้ำที่ทำให้เกิดเนินตะกอนน้ำพายุพัด
เป็นต้น

ทั้งแบบรูปทางน้ำและความหยาบ-ละเอียดของทางน้ำ ได้แสดงไว้ในภาพ 2

- ซึ่งภาพ a) เป็นแบบรูปทางน้ำถึงไม่ชนิดหยาบ (Coarse - texture drainage pattern)
- ส่วนภาพ b) เป็นแบบรูปทางน้ำถึงไม่แบบละเอียด ทางน้ำแบบหยาบเกิดขึ้นเพราะดินและหิน
ที่มีสารระบายน้ำภายในโลกจึงมีน้ำไหลลงบนผิวดินน้อย ส่วนแบบรูปทางน้ำถึงละเอียดเกิดขึ้น



ภาพ 2 a) แบบรูปทางน้ำกิ่งไม้ชนิดทหาบ
 b) แบบรูปทางน้ำกิ่งไม้ชนิดละเอียด



ภาพ 3 ภาพตัดขวาง ร่องธาร (Gully) ชนิดต่าง ๆ ตามชนิดตะกอนของพื้นร่องธาร
 a) ทรายและกรวด b) ทรายแป้ง c) ดินเหนียวปนทรายแป้งหรือ
 ดินเหนียว

กับดินและหินที่มีการระบายน้ำภายในเลว จึงมีน้ำไหลล้นบนผิวดินได้มาก นอกจากนี้แบบรูปทางน้ำชนิดละเอียดยังอาจเกิดขึ้นบนพื้นที่ไม่แข็ง หรือหินที่ผุกร่อนง่าย เช่น หินดินดาน ส่วนแบบรูปทางน้ำชนิดหยาดอาจเกิดขึ้นบนพื้นที่แข็ง เนื้อแน่น เช่น หินแกรนิต

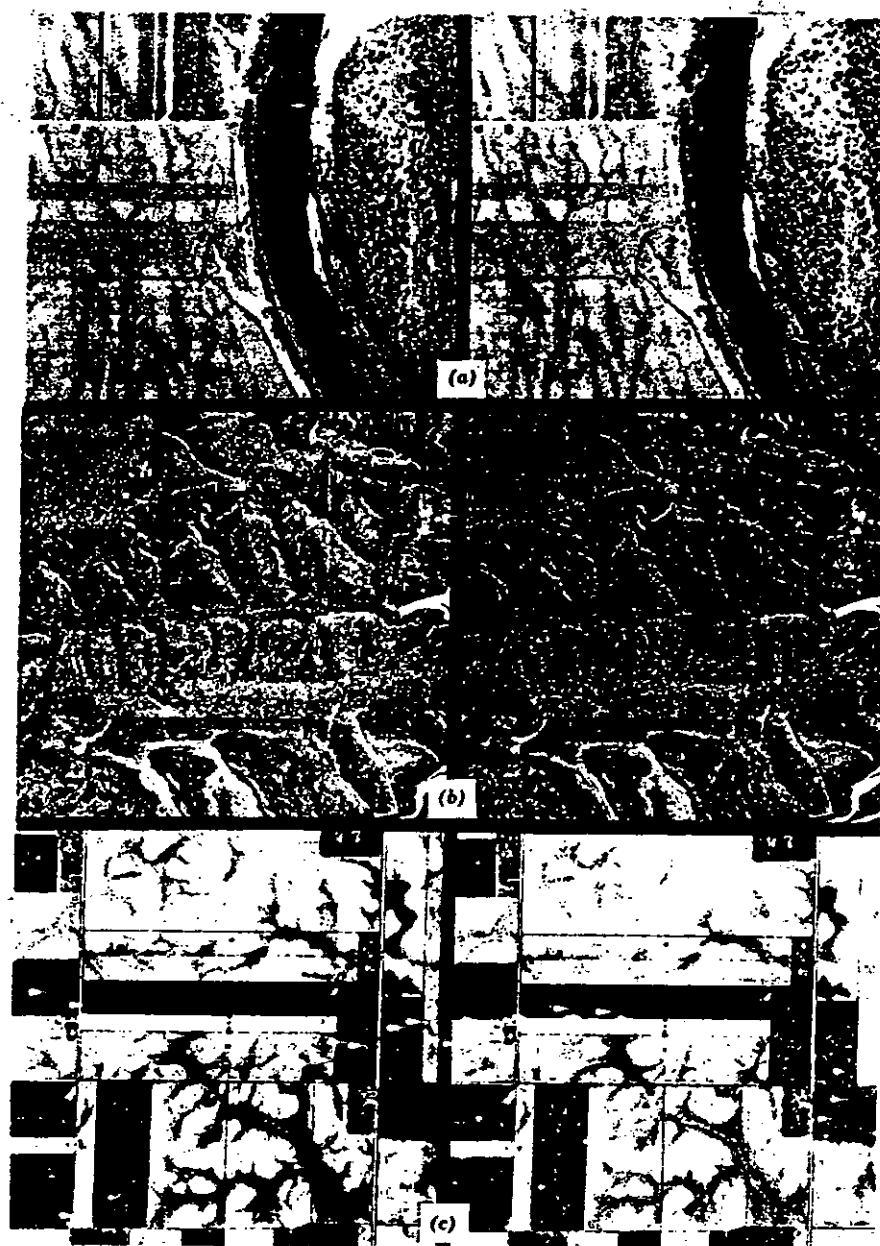
2.3 การกร่อน

การกร่อนเป็นกระบวนการหนึ่งใน หลายกระบวนการที่ทำให้สสารเปลือกโลกหลุดละลายไป หรือกร่อนไปโดยตัวการธรรมชาติซึ่งได้แก่ ลมฟ้าอากาศ สารละลาย การครูด การพัดพา ทั้งนี้ไม่รวมถึงการพังทลายเป็นกลุ่มก้อน เช่น แผ่นดินถล่ม หรือภูเขาไฟระเบิด การกร่อนมักจะทำให้เกิดร่องธาร (Gully) ซึ่งเป็นร่องลึกบนพื้นดินที่เกิดจากการกัดเซาะของน้ำฝนที่ไหลรวมตัวกันอยู่เป็นธารน้ำ มีขนาดเล็กเมื่อมองในภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งขนาดจริอาจกว้างประมาณ 1 เมตร และยาวหลายร้อยเมตร น้ำฝนนี้มีปริมาณไม่เพียงพอที่จะซึมลงสู่ใต้ดินได้จึงไหลล้นไปบนผิวดินเป็นธารเล็ก ๆ (Rivulets) ธารเหล่านี้จะขยายกว้างขึ้น และมีลักษณะเฉพาะขึ้นกับวัตถุที่รองรับถึงภาพ 3 และ 4 ร่องธารสั้น ๆ ที่มีภาพตัดขวางเป็นรูปตัว V มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในกรวดทราย ร่องธารที่มีภาพตัดขวางรูปตัว U มีแนวโน้มที่เกิดขึ้นได้ในดินที่มีอนุภาคขนาดทรายแป้ง และร่องธารที่มีภาพตัดขวางเป็นรูปโค้ง มีแนวโน้มเกิดขึ้นในดินเหนียวปนทรายแป้งและดินเหนียว

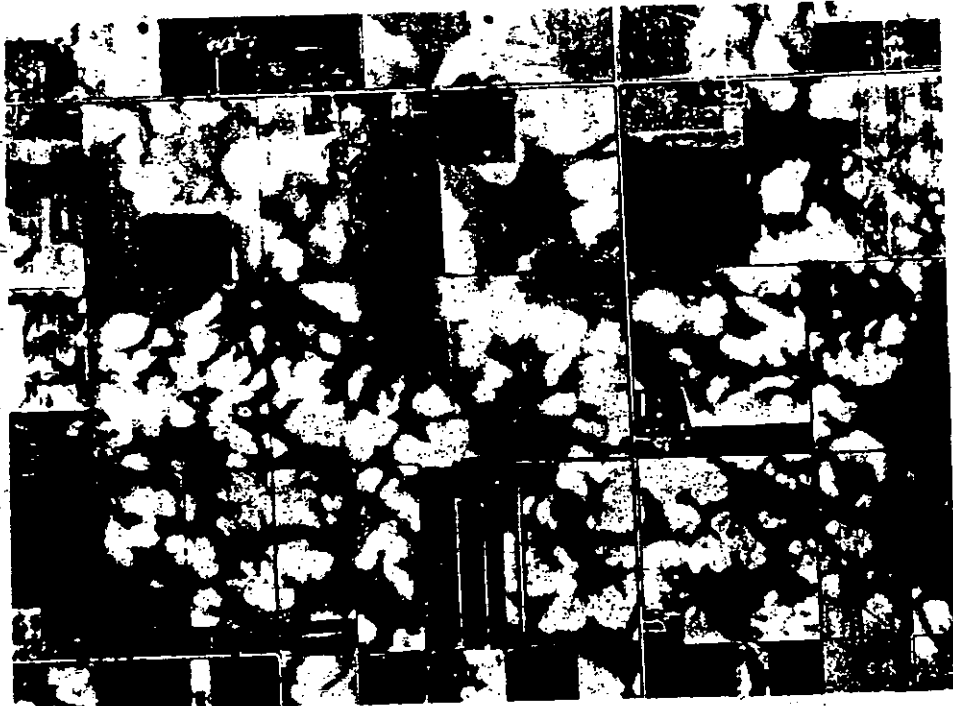
2.4 ความเข้มของภาพ

ความเข้มของภาพ หมายถึง ความสว่าง ณ จุดใด ๆ บนภาพถ่ายชนิดที่มีความไวต่อแสงทุกสี ความเข้มของภาพขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิว สีสัมภาระแสงที่ใช้กับการถ่ายภาพ การเปิดหน้ากล้อง และกระบวนการล้างอัดภาพ นอกจากนี้ยังขึ้นกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาैसेสภาพภูมิอากาศ เช่น หมอก ควัน มุมของดวงอาทิตย์ และเงาเมฆ เนื่องจากผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่ไม่ได้อยู่บนพื้นดินเหล่านี้มีส่วนทำให้การแปลความหมายภาพถ่ายถึงลักษณะพื้นผิวต้องยึดถือการวิเคราะห์หาความเข้มสัมพัทธ์หรือความเข้มในเชิงเปรียบเทียบ มากกว่าการใช้ค่าความเข้มที่แท้จริง ซึ่งการวิเคราะห์หาความเข้มสัมพัทธ์นี้จะมีความสำคัญมากต่อการแปลความหมายภาพถ่าย

ตัวอย่างการแปลความหมายในลักษณะความเข้มสัมพัทธ์ ถึงแสดงในภาพ 5 กล่าวคือ ในกรณีผิวดินที่ไม่มีพืชปกคลุม พื้นที่ที่มีสีจางเป็นบริเวณที่อยู่สูงกว่า มีเนื้อดินหยาดกว่า มีความชื้นในดินต่ำกว่า และมีสารอินทรีย์ต่ำกว่าด้วย ในภาพแสดงถึงจุดประของความเข้ม



ภาพ 4 ลักษณะร่องธารที่เห็นในภาพถ่ายตามชั้นของตะกอนในพื้นที่
 a) ลานตะพักน้ำที่เป็นทรายและกรวด b) ดินลมทอบ
 c) ตะกอนธารน้ำแข็งซึ่งเป็นดินร่วนปนดินเหนียวและปนทรายแข็ง



ภาพ 5 แสดงความเข้มของภาพเชิงเปรียบเทียบ



ภาพ 6 แสดงพืชพันธุ์และการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบต่าง ๆ

ให้เห็นเด่นชัด เป็นคินตะกอน ชารน้ำแข็งมีเนื้อละเอียด ความแตกต่างของความเข้มของภาพ เกิดจากความแตกต่างของการสะท้อนแสงอาทิตย์คือความเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน บริเวณที่อาจเป็นคินร่วนปนทรายแข็งมีการระบายน้ำเลวซึ่งอยู่ในระดับสูงกว่า $\frac{1}{3}$ ถึง 1 เมตรเหนือบริเวณที่มีสีเข้มโดยรอบที่เป็นคินร่วนปนคินเหนียวปนทรายแข็งและมีการระบายน้ำเลวมาก ระดับความแตกต่างระหว่างความเข้มของดินที่ไม่มีพืชปกคลุมในภาพนี้จะเปลี่ยนไปตามความชื้นในดิน

2.5 พืชพันธุ์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ธรรมชาติของพืช หรือพืชที่เพาะปลูกขึ้นและมีลักษณะปรากฏบนภาพต่างกัน ย่อมชี้ให้เห็นได้ว่าบริเวณนั้นมีลักษณะพื้นผิวคินต่างกัน เช่น ส่วนผลไม้และสวนองุ่น โดยทั่วไป จะปลูกในบริเวณระบายน้ำดี ส่วนพืชผักสวนครัวจะปลูกกันในคินที่มีอินทรีย์วัตถุสูง เช่น บริเวณที่มีมูลสัตว์และซากพืชทับถมกัน แต่บางแห่งพืชพันธุ์และการใช้ประโยชน์ที่ดินยังอยู่ในสภาพที่ไม่ชัดเจน ดังเช่นที่กล่าวมา ผู้แปลภาพต้องระมัดระวังในการหาข้อสรุป

ภาพ 6 ภาพ a แสดงถึงพื้นที่ที่ระบายน้ำได้เลวมากบนคินที่มีอินทรีย์วัตถุ (สีเข้มพาดผ่านกลางภาพ) ล้อมรอบด้วยพื้นที่ที่ระบายน้ำได้ดีปานกลางของคินที่เกิดจากตะกอนชารน้ำแข็ง (Till)

พืชพันธุ์ที่ปกคลุมบนพื้นที่เกษตรกรรมเปลี่ยนแปลงได้ในระหว่างปี และระหว่างฤดูร้อนที่มีการเพาะปลูก พืชพันธุ์ที่ปลูกขึ้นอย่างหนาแน่นปกติจะเห็นเป็นสีเข้มหรือดำมืด และยิ่งขึ้นอยู่กับความแตกต่างของคิน ในภาพ 6 ภาพ b) แสดงถึงพื้นที่ที่มีตะกอนชารน้ำแข็ง ซึ่งมีเนื้อละเอียดคล้ายกับภาพ 5 ซึ่งลักษณะของคินคล้ายกันเกือบตลอดพื้นที่ แต่การเปลี่ยนแปลงชนิดพืชพันธุ์จะแตกต่างกันในแต่ละแปลง ความเข้มของภาพที่เป็นจุดประแสงให้เห็นว่าเป็นตะกอนชารน้ำแข็งซึ่งมองเห็นชัดเจนบริเวณที่ไม่มีพืชคลุม

3. กระบวนการแปลความหมายจากภาพถ่าย

จากองค์ประกอบพื้นฐานต่าง ๆ ของการแปลความหมายจากภาพถ่ายที่กล่าวมาแล้วนั้น ผู้แปลภาพสามารถบอกถึงสภาพพื้นผิวที่แตกต่างกันออกไปได้ และสามารถกำหนดขอบเขตระหว่างสภาพต่าง ๆ ออกมาได้ ในเบื้องต้นนี้ผู้แปลภาพต้องคำนึงถึงองค์ประกอบดังกล่าวอย่างระมัดระวัง

และรวมผลการพิจารณาองค์ประกอบแต่ละอย่างเข้าด้วยกันเพื่อที่จะประเมินสภาพพื้นผิวออกมา
 หลังจากผู้แปลภาพมีประสบการณ์ในการแปลภาพมาบ้างแล้ว องค์ประกอบเหล่านี้ก็จะถูกนำมา
 ประยุกต์ใช้ได้โดยสามัญสำนึก ถ้าผู้แปลสามารถพัฒนาความสามารถของตนในการจดจำรูปแบบ
 ต่าง ๆ ของภาพอย่างทอเนื่อง สำหรับบริเวณที่มีลักษณะยุ่งยากซับซ้อน ผู้แปลภาพไม่ควรคว
 ้นตัดสินใจสรุปว่าสภาพพื้นผิวของพื้นที่นั้นเป็นอะไร ควรคำนึงถึงภูมิประเทศ แบบรูปทางน้ำและ
 ความหยาบ-ละเอียดของทางน้ำ การกร่อน ความเข้มของภาพ พืชพันธุ์และการใช้ประโยชน์
 ที่ดินที่ปรากฏในภาพอย่างละเอียดและระมัดระวังก่อนเสมอ

ในเรื่องนี้จะเสนอรายละเอียดการแปลความหมายของหินดาน (Bed rock)

(หินที่รองรับหิน หวาย กรวด) ชนิดหลัก ๆ และชนิดหินที่ถูกหักพามาสะสมตัว วัตถุแต่ละชนิด
 ที่กล่าวมานี้จะพิจารณาถึงการกำเนิดทางธรณีวิทยาและการก่อตัวกันขึ้น ลักษณะของดินและ
 หินดาน นอกจากนั้นยังจะกล่าวถึงธรณีสัณฐานที่สำคัญบางประการอีกด้วย โดยนัยแล้วจะมี
 ประโยชน์ต่อการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการแปลความหมายจากภาพโดยอาศัย
 องค์ประกอบพื้นฐานต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วในการประเมินลักษณะของพื้นที่

แม้ว่าการค้นคว้าและการวิเคราะห์ภาพถ่าย ส่วนใหญ่สามารถตรวจสอบข้อมูลได้จาก
 ภาคสนาม และโดยทั่วไปมักเข้าใจกันว่าข้อมูลที่ได้มาจากการแปลความหมายจากภาพถ่าย
 เพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามผู้แปลภาพควรศึกษาข้อมูลประกอบเพิ่มเติมจากแผนที่ธรณีวิทยา
 แผนที่ภูมิประเทศ และแผนที่ดิน รวมทั้งควรเลือกจุดที่จะลงไปตรวจสอบในภาคสนามด้วย
 ประโยชน์หลักของการแปลความหมายพื้นผิวดินจากภาพถ่ายคือ ประหยัดเวลา เงิน และ
 แรงงาน การใช้เทคนิคการแปลภาพสามารถใช้ในการทำแผนที่ของพื้นผิวดินได้ในช่วงเวลา
 หรือฤดูกาลที่ภูมิอากาศไม่อำนวยที่จะออกไปหาแผนที่ในภาคสนาม นอกจากนั้นการแปลภาพยัง
 ให้ข้อมูลที่ช่วยให้การปฏิบัติงานในภาคสนามมีประสิทธิภาพมากขึ้น

4. หินตะกอน (Sedimentary rocks)

หินตะกอนชนิดหลักที่จะพิจารณาในที่นี้คือ หินทราย (Sandstone) หินดินดาน
 (Slate) และหินปูน (Limestone) หินตะกอนเป็นหินที่พบได้ทั่วไปและโผล่ให้เห็นบน
 ผิวโลกเป็นอาณาบริเวณกว่า 75 % ของผิวโลก ส่วนที่เป็นแผ่นดิน (หินอัคนีโผล่ให้เห็นเป็น
 อาณาบริเวณประมาณ 20 % ที่เหลือ 5 % เป็นหินแปร)

หินตะกอนเกิดขึ้นโดยการแข็งตัวของตะกอนที่ตกทับถมกัน โดยการกระทำของน้ำ และอากาศ (ลม) ตะกอนจะกลายเป็นมวลหินโดยกระบวนการกลายเป็นหิน (Lithification) ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการย่อย คือ การเชื่อมประสาน (Cementation) และการอัดตัว (Compaction) โดยน้ำหนักของตะกอนที่ตกทับ อยู่เบื้องบน

หินตะกอนที่เกิดจากตะกอนที่ถูกพัดพามาโดยตัวกระทำต่าง ๆ เช่น น้ำ ลม จะประกอบด้วยอนุภาคที่แยกจากกันอย่างชัดเจนหรือมีลักษณะเป็นเนื้อเมือกที่หลุดมาจากหินหรือดิน คั้งเคิม โดยกระบวนการกร่อน การพัดพาและการทับถม โดยธรรมชาติของอนุภาคที่ ประกอบกันเป็นหินตะกอนนี้จะเป็นตัวกำหนดเนื้อหิน ความยอมให้ของเหลวซึมผ่านได้และความแข็งแรงของหิน หินตะกอนเนื้อเมือกที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดกรวด (> 2 ม.ม.) เรียกว่า หินกรวดมนหรือหินกรวดเหลี่ยม ถ้าประกอบด้วยอนุภาคขนาดทราย ($\frac{1}{16}$ ม.ม. - 2 ม.ม.) เรียกว่า หินทราย ถ้าประกอบด้วยอนุภาคขนาดทรายแป้ง ($\frac{1}{256}$ ม.ม. - $\frac{1}{16}$ ม.ม.) เรียกว่า หินทรายแป้ง และถ้าประกอบด้วยอนุภาคขนาดดินเคลย์ ($< \frac{1}{256}$ ม.ม.) เรียกว่า หินดินดาน

หินปูนเป็นหินที่มีสารแคลเซียมคาร์บอเนตอยู่จำนวนมาก เกิดจากปฏิกิริยาเคมี หรือปฏิกิริยาชีวเคมี โดยกระบวนการทางเคมีนั้นหินปูนจะเกิดจากสารตกตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนตจากน้ำ ส่วนกระบวนการชีวเคมีนั้น หินปูนเกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่กระทำต่อเศษชิ้นส่วนสิ่งมีชีวิต เช่น เปลือกหอย ชิ้นส่วนของพืช

คุณสมบัติหลักของหินตะกอนที่มีผลต่อสภาพทางอากาศหรือสภาพถ่ายเทความร้อน หรือลักษณะพื้นผิวที่ปรากฏบนภาพ ได้แก่ ชั้นหิน (Bedding) รอยแยก (Joint) และสภาพความคงทนต่อการกร่อน (Resistance to erosion)

หินตะกอนมักมีลักษณะเป็นชั้นซึ่งเกิดจากการแปรเปลี่ยนของกระบวนการตกตะกอน พื้นผิวที่อยู่ด้านบนหรือล่างของแต่ละชั้นเรียกว่า ระนาบชั้นหิน (Bedding plane) ซึ่งมีความสูงต่ำสุดของชั้นหินชั้นหนึ่งและเริ่มชั้นหินอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งบางทีมีลักษณะของหินที่แตกต่างกันไป ในชั้นหินแต่ละชั้นอาจหนาไม่กี่ปมลิเมตร ไปจนถึงหลาย ๆ เมตร ชั้นหินในสภาพดั้งเดิมเมื่อเริ่มเกิดจะวางตัวอยู่ในแนวราบหรือเกือบราบ แต่อาจถูกทำให้เอียงไม่เป็นมุมเท่าใดก็ได้โดยการเคลื่อนไหวของเปลือกโลก

ของหิน

รอยแยกเป็นรอยร้าวที่เกิดในหิน โดยอาจมีการเคลื่อนไหวขนาดกะทัดรัดกับระนาบรอยแยกนั้น หรือไม่ได้ รอยแยกในหินตะกอนมักตั้งฉากกับระนาบชั้นหินและทำให้เกิดผิวระนาบที่ติดกับ ระนาบรอยแยกอื่น ๆ รอยแยกจำนวนมากซึ่งประกอบด้วยชุดรอยแยกต่าง ๆ เมื่อมีอยู่ 2 - 3 ชุด ในพื้นที่หนึ่ง ๆ รวมทั้งหมดเรียกว่า ระบบรอยแยก (Joint system) เนื่องจาก รอยแยกเป็นระนาบของความไม่แข็งแรงในหิน ซึ่งมักมองเห็นได้ชัดเจนในภาพถ่าย โดยเฉพาะ ในหินทราย ทางน้ำมักไหลตามแนวรอยแยกและคดเคี้ยว (Zig - zag) จากรอยแยก แนวหนึ่ง ไปอีกแนวหนึ่ง

ความคงทนต่อการกร่อนของหินตะกอนขึ้นกับความแข็งแรง การบวมตัวของเหลว ซึ่มาน และความสามารในการละลายของหิน ความแข็งแรงของหินโดยหลักแล้วขึ้นอยู่กับ ความแข็งแรงของพันธะที่ยึดอนุภาคทั้งหลายในเนื้อหินตะกอนเข้าด้วยกัน และยังขึ้นกับความหนา ของชั้นหิน หินทรายที่เป็นชั้นหนาที่เชื่อมประสานกันโดยแร่ควอร์ตซ์ เป็นหินที่แข็งแรงมาก อาจใช้ทำวัสดุก่อสร้างได้ หินดินดานที่เป็นชั้นบางมักจะไม่แข็งแรง ซึ่งอาจทำให้แตกออกเป็น ก้อนหรือแผ่นได้โดยใช้มือบีบ การบวมตัวของเหลวซึ่มานได้ของหินเป็นทิว่งชี้ให้เห็นถึง ความสามารถของมวลหินที่บวมให้หน้าซึ่มานที่ขึ้นกับขนาดของ ช่องว่างระหว่างอนุภาคของตะกอน และความต่อเนื่องของการเชื่อมต่อกันของอนุภาคหินทราย โดยทั่วไปเป็นหินเนื้อฟ้าม

(Permeable rock) หินดินดานโดยปกติเป็นหินเนื้อทึบ (Impermeable rock)

แต่น้ำสามารถซึมเข้าไปตามระนาบรอยแยกในหินได้ดีกว่าช่องว่างระหว่างเม็ดอนุภาค หินปูน ซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนตสูงยอมละลายได้ในน้ำและอาจละลายภายใต้การกระทำของน้ำฝน และการเคลื่อนตัวของไอน้ำอากาศได้

ลำดับต่อไปจะกล่าวถึงคุณลักษณะของหินทราย หินดินดาน และหินปูน ที่มองเห็นใน ภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายดาวเทียม การพิจารณาลักษณะที่แทรกสลับกันของชั้นหินตะกอน ชนิดต่าง ๆ ทั้งที่เป็นชั้นหินที่อยู่ในแนวราบและชั้นหินที่เอียงตัว

4.1 หินทราย

การทับถมกันของตะกอนกลายเป็นหินทราย โดยปกติเกิดเป็นชั้น ซึ่งแทรก สลับกับชั้นดินดินดานและ/หรือหินปูน ซึ่งจะกล่าวต่อไปในตอนท้าย สำหรับลำดับต่อไปนี้จะ กล่าวถึงพื้นฐานของหน่วยหินทรายที่หนาประมาณ 10 เมตรขึ้นไป

ชั้นหินทรายมักจะเห็นเด่นชัดในภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายดาวเทียม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อชั้นหินวางตัวอยู่เหนือชั้นหินที่ผุพังง่ายกว่า เช่น หินดินดาน รอยแยกใน หินทรายก็เห็นเด่นชัดเช่นกัน ระบบรอยแยกจะวางตัว 2 - 3 ทิศทางที่เด่น ความคงทนต่อการกร่อนของหินพบได้หลายลักษณะไม่แน่นอน ขึ้นกับความแข็งแกร่งของวัตถุเชื่อมประสาน หินทรายที่ถูกเชื่อมประสานด้วยสารประกอบเหล็กและซิลิกา มักมีความแข็งแกร่งหรือความคงทน สูงมาก ในขณะที่หินทรายที่ถูกเชื่อมประสานด้วยคาร์บอเนตจะคงทนค่ากว่าหรือไม่แข็งแรง เนื่องจากหินทรายเป็นหินที่ยอมให้ของเหลวซึมผ่านได้ง่าย น้ำฝนที่ตกลงมาเกือบทั้งหมดจะ ซึมลงไปใต้อินหินมากกว่าการกลายเป็นน้ำไหลล้นที่พื้นผิว ซึ่งทำให้เกิดการกร่อนชั้น หินทราย ที่เชื่อมประสานด้วยคาร์บอเนตอาจไม่ทนทาน ทั้งน้ำที่ซึมลงไปใต้อินจะละลายสารเชื่อม ประสานดังกล่าว

บริเวณเขตภูมิอากาศแบบแห้งแล้ง มีหินปกคลุมหินทรายไว้น้อยมาก เพราะ อนุภาคทรายที่ผุพังแล้วจะถูกทำให้เคลื่อนไปโดยการกร่อนที่เกิดจากลม ส่วนในบริเวณเขต ภูมิอากาศชื้น ความหนาของดินที่ปกคลุมหินทรายจะขึ้นกับความแข็งแกร่งของวัตถุที่เชื่อม ประสานระหว่างเม็ดทราย แต่โดยปกติหนาไม่เกิน 1 เมตร เนื้อดินที่ปกคลุมหินอยู่ในเขต ภูมิอากาศแบบชื้นขึ้นกับขนาดอนุภาคของหินทราย และความแข็งแกร่งของวัตถุเชื่อมประสาน หินทรายที่วัตถุเชื่อมประสานที่ไมแข็งแรงเมื่อผุพังแล้วจะให้เม็ดทราย ส่วนหินทรายที่มี วัตถุประสานที่แข็งแรงกว่าจะให้ดินที่มีขนาดอนุภาคขนาดทรายแป้งกับเคลย์ ดินที่เหลือจาก การผุพังของหินทรายแล้วมีลักษณะระบายน้ำดีจนถึงระบายได้มากเกินไป อันได้แก่ ดินทราย ดินทรายปนดินร่วน และดินร่วนปนทราย

- การแปลความหมายชั้นหินทรายที่วางตัวในแนวราบจากภาพถ่าย

ภูมิประเทศ : เส้นเข้มนูน เนื้อแน่น ภูเขาเล็ก ๆ ที่มียอดราบมีหน้าผาหรือเชิงเขา ที่ชันเกือบอยู่ในแนวตั้ง

ทางน้ำ : ทางน้ำมีลักษณะหยาบ (Coarse - textured) ไหลไปบน รอยแยก เป็นแบบรูปทางน้ำกิ่งไม้ที่กลาย ๆ มักพบในรูปแบบทางน้ำกิ่งฉากที่เกิดตามทิศทาง ของระบบรอยแยก

การกร่อน : มีร่องธารจำนวนมาก ถ้ามีร่องธารจะมีลักษณะภาพตัดขวางของ ร่องเป็นรูปตัว V ซึ่งเกิดขึ้นในดินที่ปกคลุมอยู่

ความเข้มของภาพ : โดยทั่วไปสีจางขึ้นกับสีที่สะท้อนจากหินและทางน้ำที่อยู่ภายในพื้นที่หินที่ปิดทับอยู่และหินทราย หินทรายสีแดงในบริเวณแห่งแล้งอาจเห็นเป็นสีเข้ม ส่วนพื้นที่ปกคลุมอย่างหนาแน่นบนหินทรายในเขตอากาศชื้นโดยทั่วไปจะเห็นเป็นสีเข้ม แต่กรณีนี้ผู้แปลภาพจะแปลจากลักษณะของพืชมากกว่าคู่มือหินและหิน

พืชพันธุ์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน : พืชพันธุ์จะขึ้นอยู่กับสภาพในเขตแห่งแล้ง ส่วนบริเวณเขตร้อนจะมีป่าปกคลุมหินที่อยู่ในพื้นที่ดินที่ระบายน้ำดีเกินไปจึงไม่เหมาะที่จะปลูกพืชไร่อื่น ๆ : บางครั้งอาจทำให้แปลความหมายหินทรายผิดไปเป็นหินแกรนิตได้

ภาพ 7 แสดงชั้นหินทรายที่วางตัวในแนวราบบริเวณพื้นที่แห่งแล้ง ซึ่งแทรกสลับกับชั้นหินดินดานบาง ๆ สามารถมองเห็นชั้นหินได้ชัด โดยสังเกตจากผนังของหุบเขาบริเวณที่ทางน้ำก็ลึกลงไปอย่างชัดเจนผ่านพื้นผิว ทิศทางของรอยแยกหลัก ๆ จะอยู่ในแนวเกือบตั้งของภาพ ทิศทางของรอยแยกรองตั้งฉากกับทิศทางของรอยแยกหลัก รอยแยกเหล่านี้จะควบคุมทิศทางการไหลของทางน้ำสายหลักเพียงบางส่วนเท่านั้น แต่จะควบคุมทิศทางการไหลของทางน้ำสายรองเป็นอย่างมาก

ภาพ 8 แสดงให้เห็นชั้นหินทรายที่วางตัวในแนวราบของบริเวณพื้นที่แห่งแล้งเช่นกัน ซึ่งบริเวณนี้ไม่มีการแทรกสลับด้วยชั้นหินดินดาน ความเข้มของภาพจะจางมากดังภาพ 7 รอยแยกจะเห็นเด่นชัดมาก ผู้แปลภาพต้องระมัดระวังถึงการแยกแยะระหว่างชั้นหินออกจากรอยแยกให้ชัด เพื่อที่จะแปลลักษณะการวางตัวของชั้นหิน (ว่าอยู่ในแนวราบหรือเฉียงตัว) ในภาพ 8 รอยแยกหลัก ๆ วางตัว 2 ทิศทาง ซึ่งมองเห็นได้อย่างชัดเจน ส่วนชั้นหินมองเห็นไม่ชัดเจน

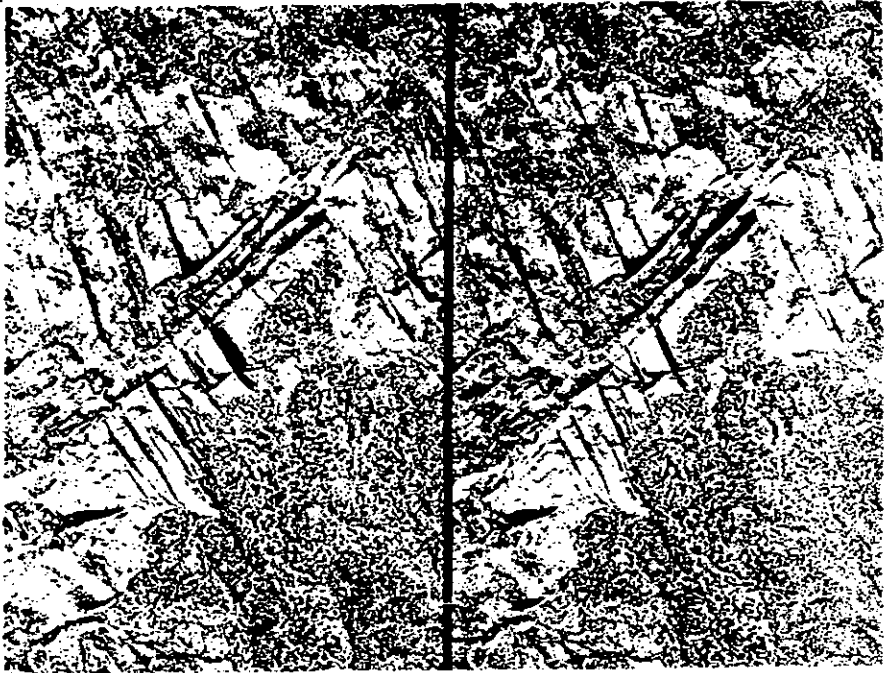
ภาพ 9 แสดงชั้นหินทรายที่วางตัวในแนวราบของบริเวณเขตภูมิอากาศชื้นและเป็นบริเวณที่มีเขา (hill) สลับซับซ้อน และมีพืชปกคลุมเกือบทั้งหมด หินที่ปิดทับอยู่บริเวณนี้เห็นดินร่วนปนทรายที่ระบายน้ำดี มีเศษหินทรายบนอยู่มาก หนาอย่างน้อย 50 เซนติเมตร ก่อนที่จะถึงชั้นหินทราย

4.2 ดินดินดาน

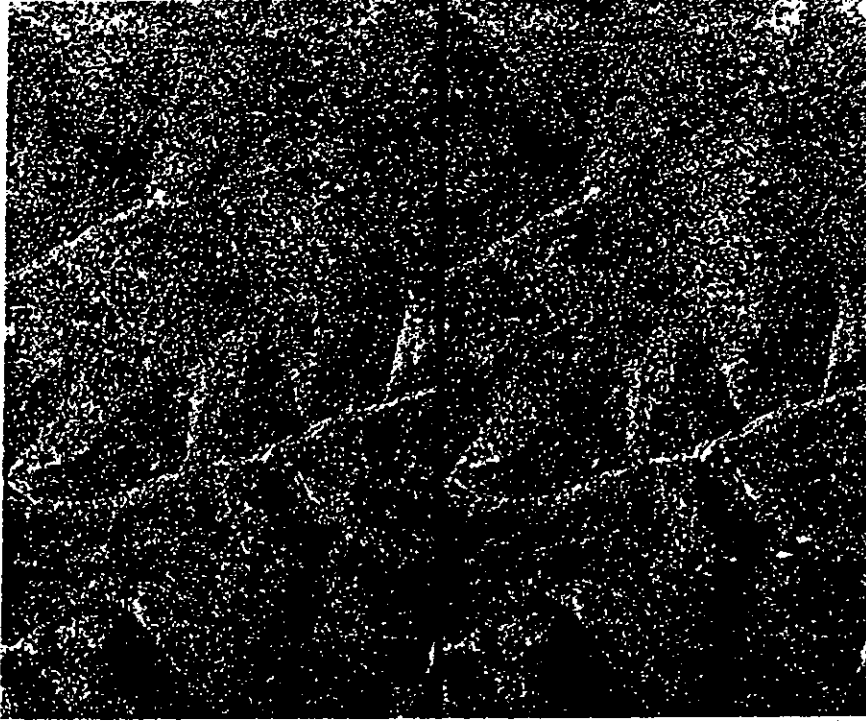
การทับถมของตะกอนที่เป็นหินดินดานพบได้ทั่วโลกทั้งเป็นชั้นหนาและบาง แทรกสลับกับหินทรายและหินปูน ชั้นหินดินดานเป็นชั้นที่แผ่กว้างตลอด ความหนาตั้งแต่ 1 ถึง



ภาพ 7 ชั้นหินทรายที่วางตัวในแนวราบของพื้นที่ภูมิอากาศแห้งแล้ง



ภาพ 8 ชั้นหินทรายที่วางตัวในแนวราบของพื้นที่ภูมิอากาศแห้งแล้ง



ภาพ 9 ชั้นหินทรายที่วางตัวในแนวราบของพื้นที่ที่มีภูมิอากาศชื้น



ภาพ 10 ชั้นหินดินดานที่วางตัวในแนวราบของพื้นที่ที่มีภูมิอากาศแห้งแล้ง

20 เซนติเมตร มักมองไม่เห็นชั้นหินในภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายดาวเทียม อย่างไรก็ตามถ้าชั้นหินมีความแตกต่างในสีของหินอย่างชัดเจน หรือลักษณะที่คงทนต่อการบดกร่อนปรากฏออกมา หรือถ้าหินดินดานแทรกสลับกับหินทรายหรือหินปูน ก็อาจมองเห็นชั้นหินดินดานได้ ผลของการเกิดรอยแตกจะไม่มียุทธผลพอที่จะเปลี่ยนสภาพระบบทางน้ำที่ไหลอยู่เดิมไปเป็นแบบรูปทางน้ำที่ไหลไปตามรอยแตกได้ ความคงทนต่อการกร่อนจะต่ำเมื่อเทียบกับหินตะกอนชนิดอื่น เนื่องด้วยหินดินดานเป็นหินเนื้อที่บวม ดังนั้น น้ำฝนที่ตกลงมาส่วนใหญ่จะไหลล้นไปบนผิวหินเป็นเหตุให้เกิดการกร่อนที่ผิวหินอย่างกว้างขวาง

ความหนาของดินที่ปิดทับบนหิน โดยทั่วไปหนาน้อยกว่า 1 เมตร และมี ส่วนน้อยที่อาจหนามากกว่า 2 เมตร ขนาดของเม็ดดินเป็นอนุภาคทรายแป้งและโคลน ที่พบ โดยทั่วไปมีเนื้อเป็นดินร่วนปนทรายแป้งเป็นหลัก ดินร่วนปนดินเหนียวปนทรายแป้ง ดินเหนียวปนทรายแป้ง และดินเหนียว

แม้ว่าภูมิประเทศในบริเวณที่เป็นหินดินดาน โดยทั่วไปเหมาะที่จะพัฒนาเป็นที่ตั้งชุมชน แต่ทางน้ำไหลผ่านและความลึกของหินดินดานอาจเป็นข้อจำกัดต่อการพัฒนาเป็นที่อยู่อาศัย ทั้งนี้อาจพบปัญหาการซุกเจาะรากฐานและการ คัดกักและบำบัดน้ำเสียถึงกักจัดของเสีย (Septic tank) การว่านายน้ำบาดาลแปรเปลี่ยนได้มากในหินดินดาน ถ้าหินดินดานมีรอยแตกมากอาจมีน้ำบาดาลมาก อย่างไรก็ตามไม่มีความจำเป็นเลยที่จะเจาะผ่านชั้นหินดินดานลงไปเพื่อแสวงหาชั้นน้ำบาดาลเบื้องล่าง

- การแปลความหมายชั้นหินดินดานที่วางตัว ในแนวราบจากภาพถ่าย

ภูมิประเทศ : บริเวณที่มีภูมิอากาศแบบแห้งแล้ง มีทางน้ำหรือร่องธารที่มีคลื่นขึ้น เกิดจากน้ำไหลล้นบนผิวที่ไหลเร็วในช่วงเวลาสั้น ๆ ที่มีฝนตกหนัก บริเวณที่มีภูมิอากาศชั้น ความชื้นของสิ่งอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ จะมีลักษณะยอกลดลง

ทางน้ำ : เป็นแบบรูปทางน้ำกึ่งไม้ โค้งเล็กน้อย บริเวณที่มีภูมิอากาศแห้งแล้ง แบบรูปทางน้ำมีความละเอียด ส่วนเขตภูมิอากาศแบบชื้น แบบรูปทางน้ำจะละเอียดปานกลาง ถึงละเอียด

การกร่อน : ร่องธาร ในดินที่ปิดทับอยู่มีลักษณะหน้าตัดแบบกลมหรือรูปโค้ง

ความเข้มของภาพ : แปรเปลี่ยนได้อย่างมาก โดยทั่วไปเป็นสีเข้มเมื่อเทียบกับหินทรายและหินปูน ความแตกต่างในความเข้มของภาพอาจเป็นขอบเขตของแนวชั้นหินคนละชั้นกัน

พืชพันธุ์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน : บริเวณเขตแห้งแล้งมักจะเป็นที่โล่ง ยกเว้นพืชพันธุ์ชั้นในเขตทะเลทราย สำหรับเขตชั้นมีการเพาะปลูกกันมากหรือเป็นป่าดิบ

อื่น ๆ : ผู้แปลภาพอาจแปลความหมายหินดินดานผิดไปเป็นดินลมหอบ (Loess) ได้

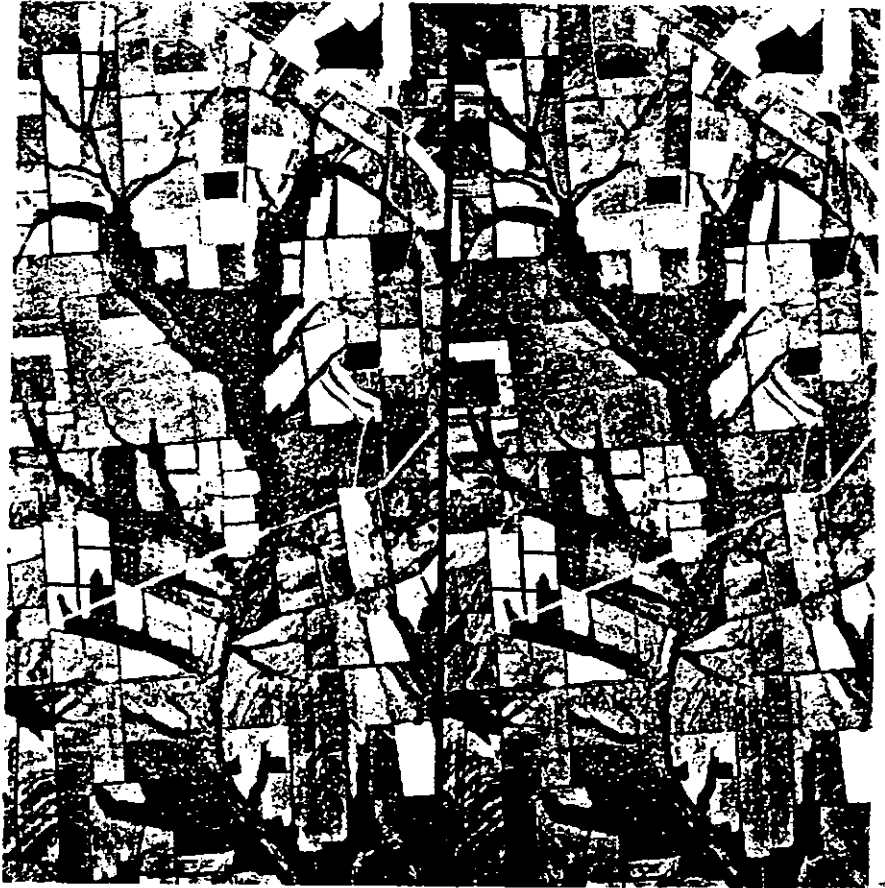
ภาพ 10 แสดงให้เห็นชั้นหินดินดานที่วางตัวในแนวราบของพื้นที่ในเขตภูมิอากาศแห้งแล้ง เมื่อเทียบกับภาพ 7 ซึ่งเป็นหินทราย จะเห็นว่ามี ความแตกต่างกันทั้งรอยแยกและความคงทนต่อการกร่อน

ภาพ 11 แสดงชั้นหินดินดานที่วางตัวในแนวราบบริเวณภูมิอากาศชุ่มชื้น มีแบบรูปทางน้ำรูปกิ่งไม้ ทางน้ำละเอียดยปานกลาง ที่เห็นเป็นแถบหลาย ๆ แถบ แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของเนื้อดินที่ปกคลุมอยู่ และสภาพความชื้นที่เกิดจากการแปรเปลี่ยนไปของส่วนประกอบของชั้นหินดินดานแต่ละชนิด ดินที่ปิดทับอยู่ประกอบด้วยดินร่วนปนทรายแบ่งที่ปนหินดินดานซึ่งระบายน้ำได้ดีปานกลาง และมีความหนา 50 - 100 เซนติเมตร

4.3 หินปูน

หินปูนมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งละลายได้ในน้ำ หินปูนที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตปนแมกนีเซียมคาร์บอเนต เรียกว่า หินปูนโดโลไมต์ หรือหิน โดโลไมต์ซึ่งละลายน้ำได้น้อยกว่าหินปูนที่มีแคลเซียมคาร์บอเนต หินปูนมีอยู่กระจัดกระจายทั่วโลก

โดยทั่วไปจะมองเห็นหินปูนในภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม ยกเว้นกรณีที่แทรกสลับกับชั้นหินทรายหรือหินดินดาน รอยแยกเป็นแนวที่กำหุนค้ำหนึ่งของทางน้ำใต้มีจำนวนมากได้ก็ อย่างไรก็ตาม รอยแยกโดยทั่วไปจะมองไม่เห็นชัดในภาพถ่าย หินปูนในบริเวณภูมิอากาศชื้น ความคงทนต่อการกร่อนจะแปรเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับความสามารถละลายและรอยแยกของหิน เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตละลายได้ในน้ำ พื้นที่ที่มีหินปูนจำนวนมากจึงถูกทำให้ดูแห้งโดยการกระทำของน้ำฝนและน้ำบาดาล



ภาพ 11 ชั้นหินดินดานที่วางตัวในแนวราบของพื้นที่หมู่ภูมิกาศชั้น

พื้นผิวในพื้นที่ที่มีหินปูนละลายได้ของบริเวณภูมิอากาศชื้นมักมีลักษณะเป็นจุดประ
ของหลุมยุบ (Sinkholes) จำนวนมาก หลุมยุบเกิดเมื่อน้ำผิวดินไหลลงในแนวคั้งบ้านหิน
ไปตามระนาบรอยแยก และตามแนวคั้งกันระหว่างระนาบรอยแยกต่าง ๆ ค่อย ๆ ขยายทางน้ำ
ใต้ดินให้กว้างขึ้นโดยการละลาย และเป็นเหตุให้พื้นผิวดินยุบลงไปเกิดหลุมยุบขึ้น

พื้นที่เขตแห้งแล้งมีหินปูนกลุ่มหินปูนอยู่บาง ๆ หินปูนมักจะบิกลุมอยู่เป็น
ลักษณะคล้ายหมวกและเป็นที่ราบสูง บริเวณภูมิอากาศชื้น ความหนาของดินที่บิกลุมอยู่อาจ
แปรเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับจำนวนของการบิกลุมอยู่ด้วยที่โดยการละลาย โดยทั่วไปความหนาของดินที่
บิกลุมหนาประมาณ 2 - 4 เมตร สำหรับบริเวณที่มีหินปูนชนิดละลายน้ำได้ ส่วนบริเวณที่
เป็นหินโคลไลโนสดินจะหนาน้อยกว่า ลักษณะของดินเป็นดินเหนียว ดินเหนียวปนทรายแป้ง
ดินร่วนปนดินเหนียว และดินร่วนเหนียวปนทรายแป้งมักจะพบได้เสมอ ดินจะมีการระบายน้ำดี
ยกเว้นบริเวณก้นหลุมยุบซึ่งจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของดินและการเปิดระบายน้ำออกโดยสารละลาย
ในหินที่อยู่ใต้ดิน ถ้าดินเหล่านี้ถูกกระจายออกโดยการกระทำของมนุษย์แล้ว เช่นการพัฒนาที่ดิน
โดยการจักรวรรที่ดินออกเป็นสวน ๆ จะทำให้เกิดการระบายน้ำแล้วได้

แม้ว่าพื้นที่หินปูนอาจมีความเหมาะสมที่จะพัฒนาเป็นบริเวณชุมชนเมือง แต่ก็มี
ข้อจำกัดในคุณลักษณะที่ควรพิจารณาอย่างระมัดระวังด้วย เนื่องจากลักษณะที่ตกค้างอยู่บนหิน
ประกอบด้วยดินเหนียวจำนวนมาก จึงเป็นดินรากฐานที่เลว บางทีจำเป็นต้องลงฐานราก
ในการก่อสร้างบริเวณที่มีที่รองรับการก่อสร้างไม่เหมาะสม แม้ว่าดินเป็นดินที่ระบายน้ำดีใน
สภาพธรรมชาติ อาจมีปัญหาเรื่องของดินส่วซึมเพราะมีอัตราค่าซึมช้าในดินที่ถูกรบกวน
การหาค่าแห่งน้ำบาดาลอาจพบได้ยาก นอกจากนั้นน้ำบาดาลอาจถูกปนเปื้อนด้วย การระบาย
ของเสียจากดินส่วซึมได้ โดยปกติการพัฒนาพื้นที่ที่ควรพิจารณาทั่วแปรต่าง ๆ ก่อน เช่น
ภูมิประเทศ ความลึกของชั้นหิน การระบายน้ำของดิน การสำรวจและหาแผนที่ดิน ปัญหาที่
อาจเกิดขึ้นและรุนแรงมากคือ การทรุดตัวลงของหลุมยุบเพราะน้ำหนักของวัสดุอุปกรณ์การ
ก่อสร้าง เช่น การสร้างทางไฮเวย์ และทางวิ่งสนามบิน เป็นต้น

- การแปลความหมายพื้นที่ในทางวิศวกรรมจากภาพถ่าย
ในพื้นที่หลายจังหวัดในประเทศไทย โดยเฉพาะภาคใต้

ภูมิประเทศ : เป็นพื้นผิวลูกคลื่นแบบไม่ต่อเนื่องมีหลุมยุบจำนวนมาก หลุมยุบลึก
ประมาณ 3 - 15 เมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 - 50 เมตร

ทางน้ำ : เป็นแบบรูปทางน้ำสู่ศูนย์กลางไหลลงสู่หลุมยุบ มีทางน้ำผิวดินน้อย ทางน้ำผิวดินจากภูมิประเทศข้างเคียงหรือหินข้างเคียงอาจไหลลงไปที่ดินทางหลุมยุบ

การกร่อน : ร่องธารที่มีลักษณะกลมตามลักษณะภาพตัดขวางมีอยู่จำนวนมาก ในดินที่บึกทึบอยู่

ความเข้มของภาพ : ความเข้มเป็นจุดประจันอยู่กับการพัฒนาหลุมยุบว่ามีมาก เพียงใด

พืชพันธุ์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน : ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ยกเว้น ฝนหลุมยุบที่มักเปียกชื้นหรือมีน้ำรั้งบางช่วงของปี

อื่น ๆ : หินปูนที่มีหลุมยุบจำนวนมากอาจถูกแปลความหมายผิดพลาดได้ โดยอาจ คิดความว่าเป็นตะกอนธารน้ำแข็ง ที่เกิดจากการเสียดกร่อน (Ablation till) อาจ แปลความหมายหินโคลไลไนต์ได้ยากกว่าหินปูนที่ละลายได้ โดยทั่วไปโคลไลไนต์มักมีการ ระบายน้ำดีและมีหลุมยุบไม่มาก

ภาพ 12 แสดงให้เห็นชั้นหินที่วางตัวในแนวราบของหินปูนที่ละลายได้ในบริเวณ ภูมิอากาศแบบชื้น จะเห็นว่าหลุมยุบจำนวนมาก (ประมาณ 40 หลุมต่อตารางกิโลเมตร) และไม่พบทางน้ำผิวดินเลย ดินที่ปกคลุมอยู่ระบายน้ำได้ดี เป็นดินร่วนปนดินเหนียวและทราย แฉ่ง และดินเหนียวปนทรายแฉ่งมีความหนา 1.5 - 3 เมตร เหมือนชั้นหินปูน

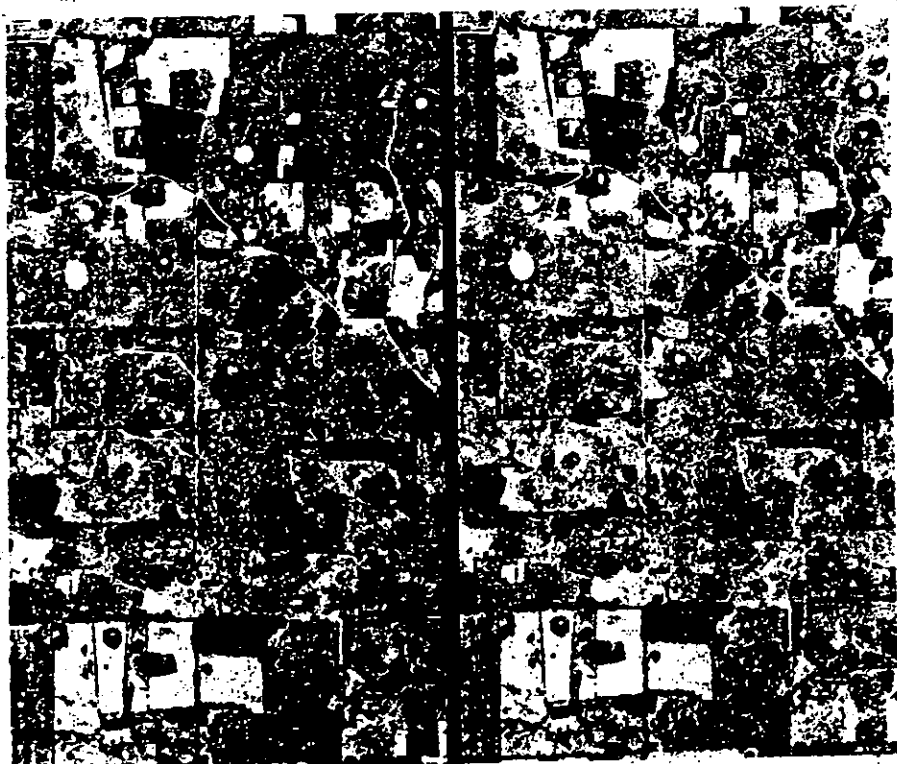
4.4 การแปลความหมายชั้นหินตะกอนที่วางตัวในแนวราบและแทรกสลับกันจาก ภาพถ่าย

ภูมิประเทศ : - เมื่อชั้นหินตะกอนหนา 10 เมตร หรือมากกว่า มักเห็นเป็น ชั้นบันได แดงดำหนาต่ำกว่า 10 เมตร พื้นผิวจะเป็นชั้นบันไดเช่นกัน แต่ความชันที่ เปลี่ยนแปลงไปยากที่จะมองเห็นได้ชัดเจน

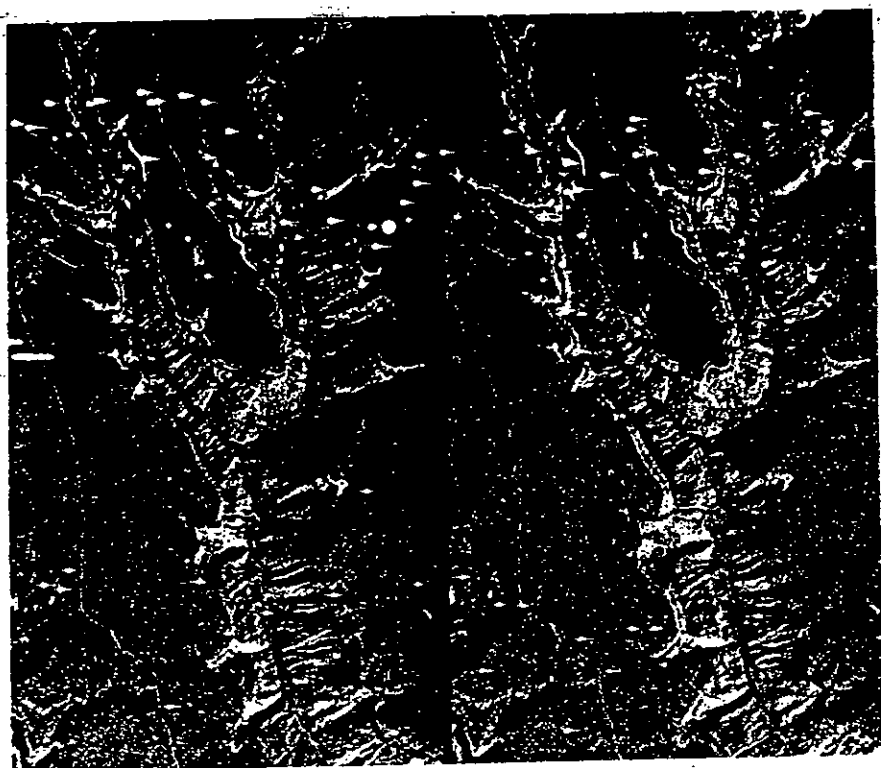
ทางน้ำ : เป็นแบบรูปทางน้ำกิ่งไม้

การกร่อน : แปรเปลี่ยนไปตามลักษณะดิน

ความเข้มของภาพ พืชพันธุ์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน : บริเวณที่มีหินทรายแทรก สลับกับหินดินดานใน เขตภูมิอากาศชื้น พบว่าบริเวณหินทรายอาจมีป่าปกคลุมอยู่ ส่วนหินดินดาน อาจเป็นพื้นที่เกษตรกรรม



ภาพ 12 ชั้นหินปูนละลายน้ำได้ที่วางตัวในแนวราบของพื้นที่หมู่ไม้อากาศชั้น



ภาพ 13 ชั้นหินทรายที่วางตัวในแนวราบและปิดทับอยู่บนชั้นหินดินดานของพื้นที่หมู่ไม้อากาศแห้งแล้ง

อื่น ๆ : ชั้นหินทรายที่วางตัวแนวราบและบดทับอยู่บนหินดินดาน บางครั้งอาจทำให้การจำแนกชนิดฟอสซิลได้ว่าเป็นธารลาวาของหินบะซอลต์ที่ค้ำอยู่บนหินดินดาน

ไปรศิกภาพ 13 และ 14 ประกอบ

4.5 การแปลความหมายชั้นหินตะกอนที่เอียงตัวและแทรกสลัดกันจากภาพถ่าย

ภูมิประเทศ : มีลักษณะเป็นสันเขารูปโค้ง

ทางน้ำ : เป็นแบบรูปทางน้ำรันเดอสูง โดยที่ทางน้ำสายหลักไหลไปตามสันหุบเขา ทางน้ำสายรองไหลลงตามความลาดของแนวเพ (Dip slope) และไหลลงตามลาดชัน (Scarp slope) นอกจากนี้ยังไหลลงตามแนวแยกของหินโดยมีทิศทางตั้งฉากกัน (ดังภาพ 15)

การกร่อน : แปรเปลี่ยนไปตามลักษณะหิน

ความเข้มของภาพ : ขึ้นกับชนิดหิน

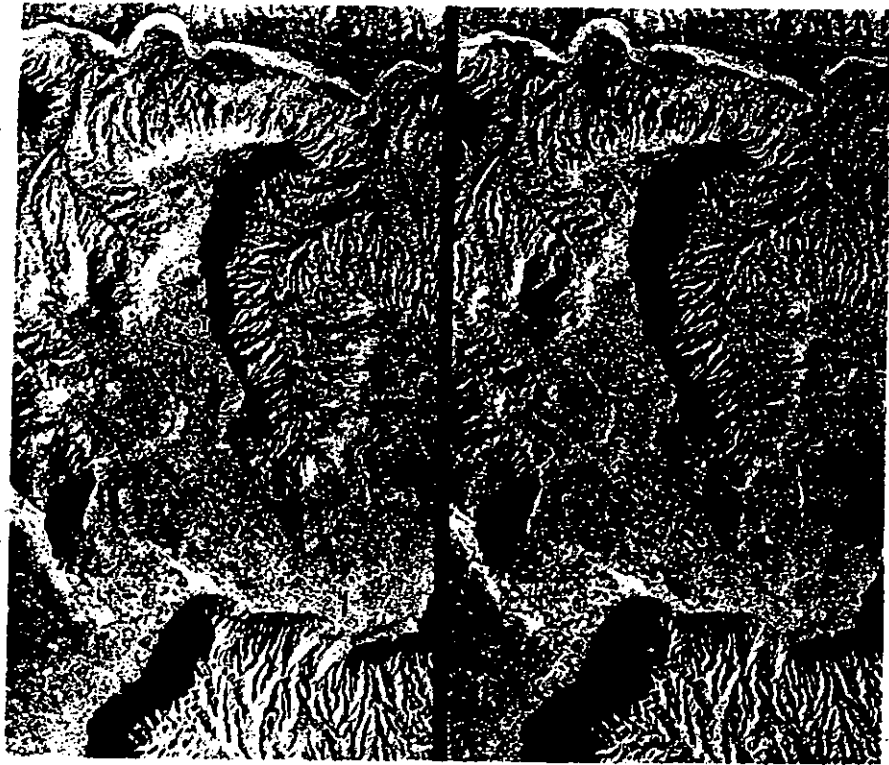
พืชพันธุ์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน : แปรเปลี่ยนไปตามลักษณะหิน โดยทั่วไปในบริเวณภูมิอากาศชื้นมักมีป่าไม้ชั้นปกคลุมสันเขาที่เป็นหินทราย ส่วนหุบเขาเป็นหินดินดาน ซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรม

ภาพ 16 เป็นภาพถ่ายที่แสดงให้เห็นชั้นหินโค้งรูปประทุน (anticline) และชั้นหินโค้งรูปประทุนหงายในเขตภูมิอากาศชื้น

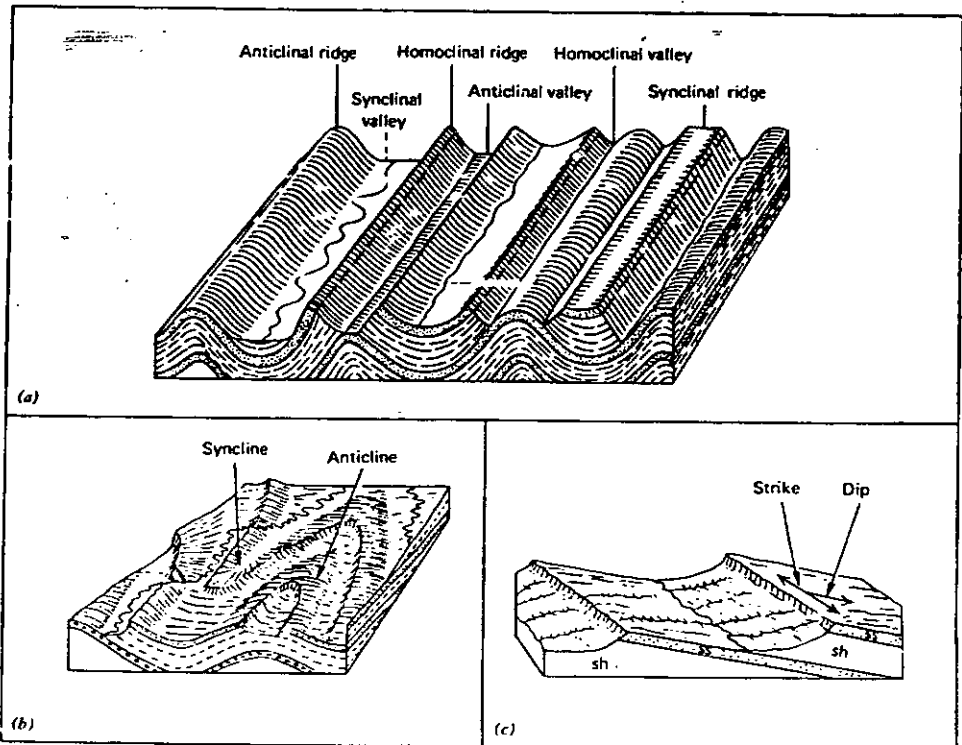
ภาพ 17 แสดงชั้นหินรูปประทุนในบริเวณพื้นที่แห้งแล้ง ซึ่งประกอบด้วยสันหินทรายในส่วนที่เป็นหินโค้งรูปประทุน ส่วนหุบเขาเป็นหินดินดานที่เอียงตัวออกห่างจากสันเขา

5. หินอัคนี (Igneous rocks)

หินอัคนีเกิดจากการเย็นตัวและแข็งตัวของหินหนืด (Magma) หินอัคนีแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ หินอัคนีภายในซึ่งเกิดชั้นขณะที่หินหนืดขึ้นมาโดยไม่ไล่ลมออกจากที่ผิวโลก แต่แข็งตัวในบริเวณของวงหรือรอยแยกใต้มวลโลก โดยคันดินรอบข้างออกไปหรือหลอมเอาหิน



ภาพ 14 ชั้นหินทรายที่วางตัวในแนวราบและปิดทับอยู่บนชั้นหินดินดานของพื้นที่ภูมิอากาศแห้งแล้ง



ภาพ 15 ภูมิประเทศที่เกิดจากชั้นหินตะกอนที่เอียงตัว



ภาพ 16 ภาพถ่ายคววเทียมที่แสดงให้เห็นชั้นหินตะกอนโค้งงอในเขตภูมิอากาศแบบชื้น



ภาพ 17 ชั้นหินทรายที่แทรกสลับกับชั้นหินดินดานและมีการเอียงค้วจนเห็นเป็นหินโค้งรูปประทุนในเขตภูมิอากาศแห้งแล้ง

รอบข้างเข้าไปด้วย หินอัคนีอีกกลุ่มหนึ่งคือ หินอัคนีภายนอก เกิดขึ้นเมื่อหินหนืดข้นมาแข็งตัวเมื่อสัมผัสผิวโลก

หินอัคนีภายในโดยทั่วไปเกิดเป็นมวลขนาดใหญ่ เพราะหินหนืดซึ่งเย็นตัวลงอย่างช้า ๆ และแข็งตัวให้ผลึกขนาดใหญ่ ผลึกแร่จะประสานกันอย่างใกล้ชิดทำให้หินมีเนื้อแน่นแข็ง ไม่มีช่องว่างในหิน ถ้าวัดที่ปิดทับอยู่ที่ด้านบนหินอัคนีถูกกักกร้อนออกไปก็จะมองเห็นหินอัคนีภายในได้

หินอัคนีภายนอกมักเกิดขึ้นจากภูเขาไฟหลาย ๆ แบบ ได้แก่ ทรวยลาวา กรวยลาวาภูเขาไฟ (Lava cone) กรวยกรวยภูเขาไฟ (Cinder cone) กรวยทัพพี และการทับถมของฝุ่นธุลีของภูเขาไฟ หินเหล่านี้จะเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วมากกว่าหินอัคนีภายใน จึงมีผลึกเล็กละเอียดกว่าผลึกหินอัคนีภายใน

5.1 หินอัคนีภายใน

หินอัคนีภายในมีหลายชนิด แต่ในที่นี้จะยกตัวอย่างการแปลความหมายหินแกรนิตจากภาพถ่ายเท่านั้น

- การแปลความหมายหินแกรนิตจากภาพถ่าย

ภูมิประเทศ : พื้นผิวแน่น กลม ไม่มีชั้น ลักษณะเขาเหมือนรูปโคม มียอดเขาหลายระดับ ผนังเขาชัน มักพบรอยแยกที่ชัดเจนจำนวนมาก ซึ่งมีรูปแบบไม่แน่นอนหรือโค้งงอเล็กน้อย รอยแยกอาจทำให้เกิดภูมิประเทศที่เป็นหุบเหวลึก ซึ่งภายในมักสะสมตัวของหินซึ่งมีพืชขึ้นอยู่และยังเป็นทางน้ำไหลด้วย

ทางน้ำและการกร่อน : มีแบบรูปทางน้ำกิ่งไม้ที่หายาก มีแนวโน้มน้ำที่จะไหลโค้งรอบฐานของเขารูปคล้ายโคม ทางน้ำสายรองไหลไปตามรอยแยก ร่องธารมีจำนวนไม่มาก ยกเว้นบริเวณที่มีหินบดกลุ่มหินมาก

ความเข้มของภาพ : เป็นสีจาง เนื่องจากหินแกรนิตมีสีจางอยู่แล้ว ส่วนสีเข้มเป็นสีของรอยแยกที่เป็นหุบเหว

พืชพันธุ์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน : พืชพันธุ์ไม้จะขึ้นอยู่อย่างประปรายในเขตแห้งแล้ง บริเวณภูมิอากาศชื้นมักเป็นป่าไม้สลับกับหินที่ไฉไล บริเวณรอยแยกที่เป็นหุบเหวมักมีพืชพันธุ์ขึ้นอย่างหนาแน่น

อื่น ๆ : อาจแปลความหมายผิดไป เป็นหินทรายที่วางตัวในแนวราบ

ภาพ 18 เป็นหินแกรนิตบริเวณภูมิอากาศแห้งแล้งที่มีหินหรือพืชพันธุ์ปกคลุมน้อยมาก เป็นมวลหินแน่น เป็นซุกหินที่ไม่มีชั้นหินมีหน้าผาโค้งมน ในภาพจะเห็นว่ารอยแยกจำนวนมากขยายกว้างขึ้น และทำให้เกิดหุบเหวที่มีหินและพืชปกคลุมมาก

ภาพ 19 เป็นหินแกรนิตในเขตที่มีปริมาณฝนตก 50 เซนติเมตร/ปี มีหินและป่าไม้ปกคลุมอยู่บ้าง หินโผล่หลายระดับ ลักษณะเขาเป็นรูปค่อนข้างกลมและบางแห่งพบระบบรอยแยกที่แน่นอน

5.2 หินอัคนีภายนอก

การก่อรูปร่างของหินอัคนีภายนอกขึ้นกับปัจจัยหลัก คือ ความหนักของธารลาวา ซึ่งความหนักเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของซิลิกา (SiO_2) กับอะลูมินา (Al_2O_3) ในลาวา ลาวาที่มีความหนักน้อยที่สุด เป็นลาวาของหินบะซอลต์ซึ่งมีสัดส่วนของซิลิกาต่ออะลูมินา 65 % ลาวาที่เป็นแอนคิไซท์มีความหนักปานกลาง มีสัดส่วนซิลิกาต่ออะลูมินา 75 % และไรโอไลต์ ลาวามีความหนักมาก ประกอบด้วยสัดส่วนของซิลิกาต่ออะลูมินา 85 %

- การแปลความหมายธารลาวาจากภาพถ่าย

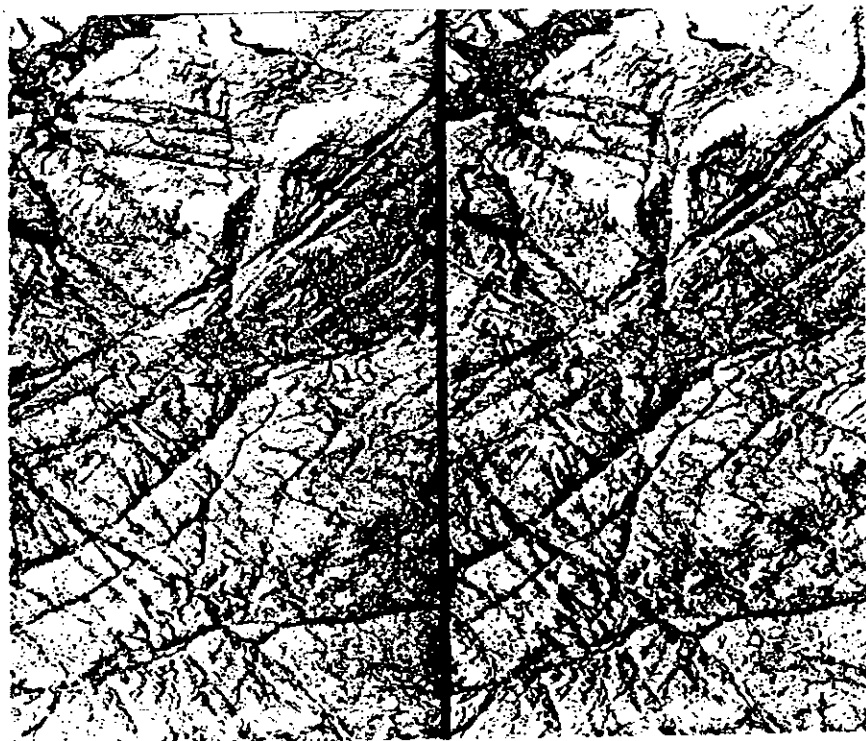
ภูมิประเทศ : รูปร่างเหมือนคลื่น มักมีการให้ล้อมทับแทรกสลับกันเป็นชั้น มักเกิดร่วมกับกรวยกรวดภูเขาไฟ ลาวาที่มีความหนักมาก (แอนคิไซท์และไรโอไลต์) จะให้ชั้นที่หนาเกิน มีขอบสูง ส่วนลาวาที่เหลว (บะซอลต์) จะให้ธารลาวาบาง ส่วนใหญ่หนาไม่เกิน 15 เมตร

ทางน้ำและการกร่อน : ในเนื้อลาวาระบายน้ำคืออยู่แล้ว ดังนั้นทางน้ำจึงเกิดขึ้นที่ผิวลาวาได้น้อย

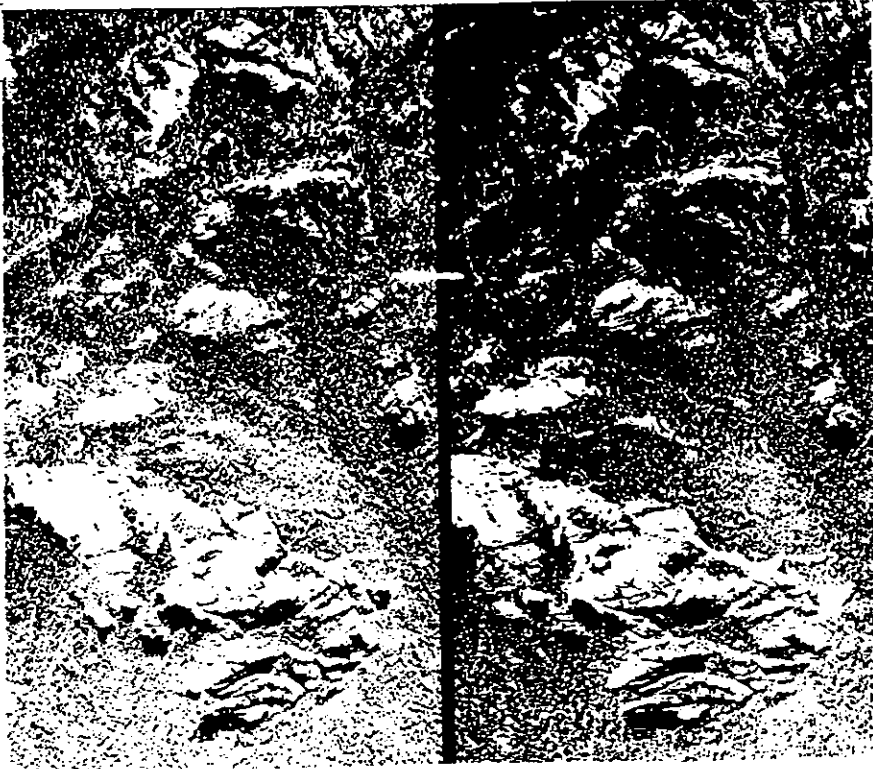
ความเข้มของภาพและพืชพันธุ์ : ลาวาที่ยังไม่ยุติและไม่มีการพอกคลุมจะเป็นสีเข้ม ในกรณีที่เป็นหินบะซอลต์ ส่วนหินแอนคิไซท์มีสีเข้มปานกลาง และเป็นสีจางถ้าเป็นหินไรโอไลต์ โดยทั่วไปธารลาวาที่มีอายุอ่อนและยังไม่มีพืชคลุม มีสีเข้มกว่าลาวาที่ยุติและมีพืชปกคลุม

การใช้ประโยชน์ที่ดิน : ธารลาวาที่มีอายุอ่อนมักจะยังไม่ได้รับการปรับพื้นที่ให้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม

ภาพ 20 คือ ตัวอย่างธารลาวา ภูเขาเม้าท์ซาสคา ในรัฐแคลิฟอร์เนีย



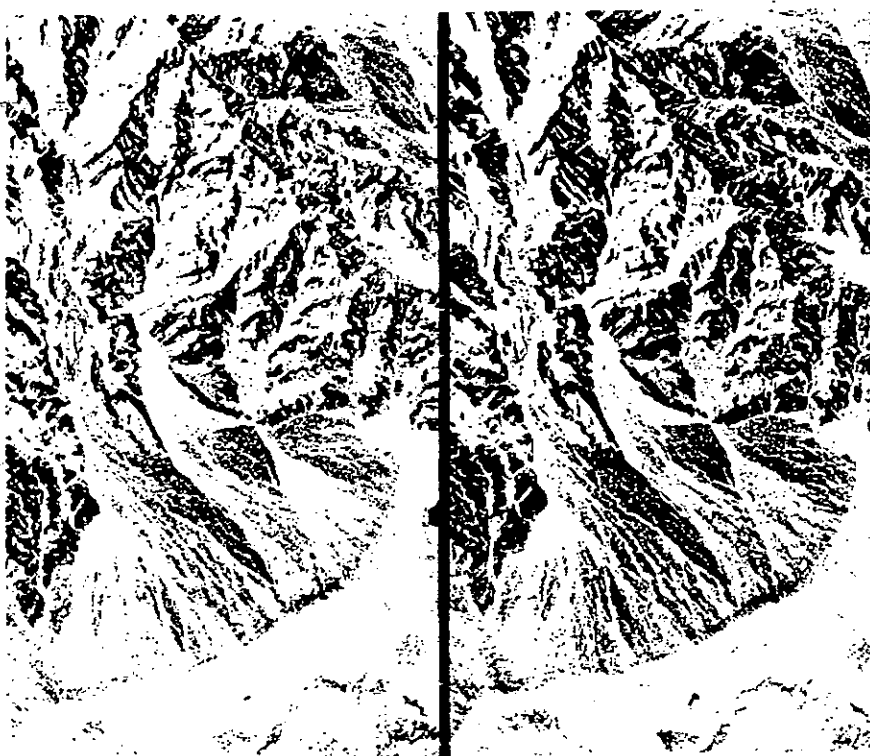
ภาพ 18 หินแกรนิตบริเวณภูม้อากาศเขตแห้งแล้ง



ภาพ 19 หินแกรนิต



ภาพ 20 ธารลาวา



ภาพ 21 ตะกอนน้ำพากรูปพัดในเขตภูมิอากาศแห้งแล้ง

- การแปลความหมายที่ราบสูงหินบะซอลต์จากภาพถ่าย

ภูมิประเทศ : บริเวณใกล้พื้นผิวมักถูกกัดเซาะลงไปโดยแม่น้ำสายหลัก ซึ่งทำให้เกิดหุบเขาลึก มองเห็นลักษณะของรอยแยกรูปเสา (Columnar joint) (สำหรับภาพ
นากรารส่วน 1 : 20,000) ที่บริเวณผนังหุบเขาหรือผนังชัน (Escarpment)

ทางน้ำ : พบทางน้ำขีวคินน้อยมาก เนื่องจากทางน้ำไหลอยู่ที่พื้นผิวเป็นส่วนใหญ่

การกร่อน : ผลจากการกร่อนเกิดร่องธารบ้างแต่ไม่ชัดเจน ยกเว้นพื้นที่มี
หน้าคินลึก

ความเข้มของภาพ : หินบะซอลต์มีสีเทา ซึ่งมองเห็นได้ชัดเจนความเข้มของหุบเขา
หน้าคินชัน ส่วนพื้นผิวทั่วไปไม่มีพืชปกคลุมอยู่ทั่วไป ในบริเวณที่มีพืชปกคลุมอยู่

การไขว้ประโยชน์ที่ดิน : บริเวณแห้งแล้ง ที่ราบสูงหินบะซอลต์ที่มีดินปกคลุม
มักเป็นพื้นที่เกษตรกรรมโดยเฉพาะที่อยู่ใกล้ทางน้ำ ส่วนบริเวณแห้งแล้งที่ขาดแคลนน้ำก็มีหญ้าขึ้น
อยู่อย่างเบาบางและมักถูกปล่อยให้รกร้างว่างเปล่า

ลักษณะอื่น ๆ : แผ่นดินลุ่มมักเกิดขึ้นบริเวณหน้าผาของที่ราบสูงหินบะซอลต์
โดยเฉพาะบริเวณที่มีทางน้ำที่คั่นฐานฐานของความชันของหน้าผา นอกจากนั้นที่ราบสูง
หินบะซอลต์อาจถูกแปลความหมายผิดไปเป็นที่ราบสูงที่เกิดจากชั้นหินทรายได้ แต่มีข้อแตกต่าง
คือ หินบะซอลต์มีสีเข้มที่มากกว่าหินทราย รอยแยกในหินบะซอลต์จะแสดงรอยแยกรูปเสา ส่วน
หินทรายเป็นรอยแยกที่เป็นระบบชัดเจน 2 - 3 ทิศทางหลัก ดังนั้น ขอบของหน้าผา หิน
บะซอลต์แสดงลักษณะที่ขรุขระ ส่วนหินทรายเป็นรูปบล็อก ทางน้ำในหินบะซอลต์ไหลอยู่ภายใน
เนื้อหิน ส่วนหินทรายมีแบบรูปทางน้ำถึงไม่คล้าย ๆ มีความหนาแน่นต่ำ (ซึ่งอาจเป็นแบบรูป
ทางน้ำกิ่งฉากหรือแบบรูปทางน้ำเชิงมุม)

6. หินแปร (Metamorphic rocks)

หินแปรชนิดที่สำคัญ ได้แก่ หินควอร์ตไซต์หินชนวน หินอ่อน หินไนต์ และหินอีส์ต์
ซึ่งเกิดขึ้นจากหินดั้งเดิมที่เป็นหินตะกอนหรือหินอัคนี โดยอิทธิพลของความร้อนและความดัน
เป็นหลัก รวมทั้งปฏิกิริยาเคมีหรือแรงเฉือนก็มีส่วนเกี่ยวข้องทำให้เกิดหินแปรด้วย แร่
ประกอบหินแปร โดยทั่วไปคงที่อยู่ใต้อุณหภูมิและความดันที่จำกัด เมื่ออยู่ในสภาวะที่มี

อุทกภูมิและความดันสูง หินดั้งเดิมจะตกอยู่ในกระบวนการแปรสภาพและไคองค์ประกอบของแร่ เนื้อหิน และ/หรือโครงสร้างหินชนิดใหม่ ภาวะชั้นต่ำสุดที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความกระบวนการแปรสภาพ ประมาณจากค่าอุทกภูมิได้คือ เกิน 100 องศาเซลเซียส และมีความดันเท่ากับความดันที่พบในระดับลึก 3 กิโลเมตร จากผิวโลก ส่วนภาวะสูงสุดประมาณได้ว่า ๗ อุทกภูมิ 800 องศาเซลเซียส และความดันเท่ากับความดันที่พบ ๗ จุดลึก 35 กิโลเมตร จากผิวโลก ซึ่งถ้าอยู่ในสภาพมากกว่านั้นอาจหลอมเป็นหินหนืด (Magma) ซึ่งผลที่ได้จะเป็นหินอัคนี

หินแปรส่วนมากมีรูปร่างที่มองเห็นได้ในสนาม และเป็นลักษณะที่ใช้จำแนกออกจากหินตะกอนและหินอัคนี

หินแปรพบได้ทั่วโลก อย่างไรก็ตามเนื่องจากเป็นหินที่กระจายตัวอยู่ค่อนข้างจำกัด การแปรความหมายหินแปรจากภาพถ่ายจึงไม่น่ามากแล้วไว้ ๗ หิน นอกจากนั้นการแปลความหมายยังกระทำได้ยากกว่าหินตะกอนและหินอัคนีมาก รวมทั้งเทคนิคการแปลภาพจึงยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก

7. ธรณีสัณฐานที่เกิดจากธารน้ำพา (Fluvial landforms)

ธรณีสัณฐานที่เกิดจากธารน้ำพาเกิดขึ้นโดย การกร่อน (Erosion) การพัดพา (Transportation) และการทับถม (Deposition) ของวัตถุที่ยังไม่แข็งตัว ซึ่งมีตัวกระทำคือ น้ำไหล ธรณีสัณฐานหลักที่เกิดจากธารน้ำพามี 3 ลักษณะ คือ เนินตะกอนน้ำพารูปพัด (Alluvial fan) ที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood - plain) และคั่นคอนสามเหลี่ยม (Delta)

7.1 ตะกอนน้ำพารูปพัด

ตะกอนน้ำพารูปพัดเป็นเนินตะกอนที่เกิดจากการสะสมตัวของตะกอน ในบริเวณที่มีการเปลี่ยนระดับของทางน้ำจากหุบเขาชันลงสู่ที่ราบ ซึ่งจะทำให้ความเร็วของกระแสน้ำลดลง จนไม่สามารถนำพาตะกอนบางส่วนต่อไปได้ ตะกอนดังกล่าวจึงตกสะสมในลักษณะที่แยกกระจายออกไปรอบข้างเป็นรูปพัด ถ้าตะกอนเหล่านี้สะสมตัวพูนสูงขึ้นเป็นรูปกรวย เรียกว่า เนินตะกอนน้ำพารูปกรวย (Alluvial cone) ถ้าตะกอนส่วนใหญ่มีเนื้อหยาบ

เรียกว่า เนินตะกอนทรายรูปกรวย (Dejection cone) วัตถุที่เป็นตะกอนส่วนใหญ่ คือ ทรายและกรวด มีทรายบ้าง กินบริเวณนี้เหมาะสมกับระดับฐานรากของการก่อสร้างอาคารและถนน นอกจากนั้นลักษณะธรรมชาติของพื้นที่ซึ่งมีความชันเหมาะแก่การใช้เป็นสถานที่ชมทิวทัศน์สวยงาม เหมาะแก่การพัฒนาเป็นที่พักผ่อนหย่อนใจ ตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่อยู่ต่ำกว่าหุบเขา ซึ่งอาจเป็นบริเวณที่มีลมเย็นอ่อน ๆ พัดผ่านในเวลาากลางคืน อย่างไรก็ตาม อาจพบปัญหาการเปลี่ยนทางเดินของทางน้ำได้เมื่อเกิดน้ำท่วมฉับพลัน ในบริเวณนี้ซึ่งเป็นที่ขอจำกัดการพัฒนาพื้นที่

- การแปลความหมายตะกอนน้ำพายุพัดจากภาพถ่าย

ภูมิประเทศ : รูปร่างเหมือนพัดที่มีความชันจากส่วนแหลมของพัดลงมาทางส่วนกว้าง ประมาณ 2 - 15 %

ทางน้ำและการกร่อน : มีทางน้ำไหลลงใต้ดิน มีร่องธารและลำน้ำสาขา

จำนวนมาก

ความชื้นของภาพ : โดยทั่วไปมีสีจาง บริเวณร่องน้ำของทางน้ำสายหลักอาจมี

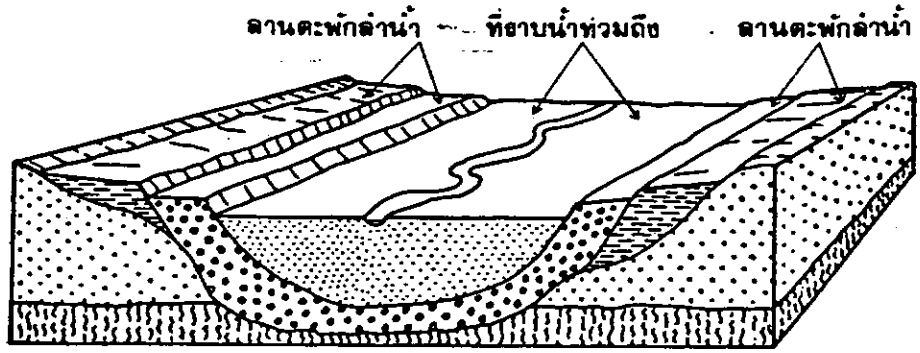
สีเข้มหรือมืด

พืชพันธุ์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน : โดยทั่วไปไม่มีต้นพืชขึ้นตามทางน้ำสายหลัก

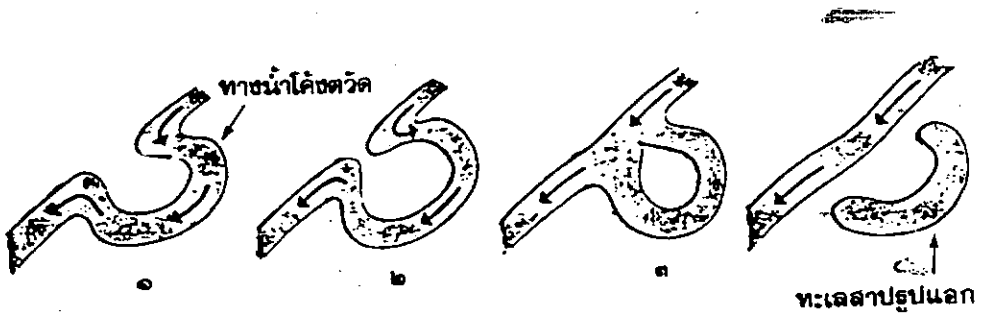
แต่จะมีพืชขึ้นบริเวณปลายพัด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการซึมซับน้ำมาคาลของบริเวณดังกล่าว บริเวณเขตกึ่งอากาศชื้นมักใช้ในการเพาะปลูก ลักษณะพืชพันธุ์บนลานตะกอนนี้อาจแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดจากบริเวณอื่น ๆ รอบข้าง (ภาพ 21)

7.2 ที่ราบน้ำท่วมถึง

ที่ราบน้ำท่วมถึง เป็นที่ราบริมแม่น้ำหรือลำธารซึ่งหน้าฝนหรือหน้าน้ำมักมีน้ำท่วมเป็นคราว ๆ เกิดจากการทับถมของตะกอนโดยการกระทำของกระบวนการ โค้งควัดของทางน้ำ และน้ำหลากหรือน้ำท่วมฉับพลัน การโค้งควัดของทางน้ำเกิดจากการปรับตัวของลำน้ำให้เข้ากับสภาพแวดล้อมเพื่อที่จะพัดเอาตะกอนต่าง ๆ ไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อทางน้ำกัดเซาะขยายออกด้านข้างของฝั่งมากขึ้น ก็ทำให้รัศมีของโค้งควัดมีมากขึ้น ส่วนฝั่งตรงข้ามก็มีการงอกออกมาไปด้วย เรียกว่า พอยน์ บาร์ (Point bar) เมื่อรัศมีของโค้งมากขึ้นจนตกส่วนโค้งควัดก็จะถูกตัดขาดด้วยกระแสน้ำเกิดทะเลสาบรูปแอก (Oxbow Lake) ภาพ 22



ภาพ 22 ที่ราบน้ำท่วมถึง



ภาพ 23 ขั้นตอนการเกิดทะเลสาบรูปแอก

การเกิดน้ำท่วมล้นฝั่งและน้ำขึ้นพาเอาตะกอนขึ้นมาสะสมบนที่ราบ โดยเฉพาะ บริเวณสองข้างฝั่ง เกิดเป็นคันดินธรรมชาติ (Natural levee) และน้ำส่วนที่ล้น คันดินธรรมชาติออกไปจะไหลท่วมอย่างช้า ๆ บริเวณที่ราบและน้ำเอาตะกอนขึ้นมาทับถมบริเวณ น้ควย เรียกว่าการทับถมนี้ว่าการทับถมตะกอนบริเวณที่ลุ่มหลังคันดิน (Backswamp deposits)

ที่ราบน้ำท่วมถึงประกอบไปด้วยวัตถุขนาดต่าง ๆ หลายขนาด เนื่องจากมี การสะสมตัวของตะกอนทุก ๆ ปีที่มีน้ำท่วม บริเวณพอยน์บาร์เป็นตะกอนขนาดกรวดและทราย บริเวณคันดินธรรมชาติประกอบด้วยตะกอนขนาดทรายและทรายแป้งเป็นส่วนใหญ่ บริเวณ แอกคว (Oxbow) มักมีน้ำขังหรือเป็นดินที่มีอินทรีย์วัตถุซึ่งระบายน้ำได้เร็ว ส่วนการทับถม บริเวณหลังคันดินเป็นตะกอนทรายแป้งและดินเหนียวซึ่งระบายน้ำได้เร็ว ความลึกของหินดาน ไม่นั่นอนขึ้นกับลักษณะรูปร่างความสูงต่ำของพื้นผิวของหินดานที่ถูกตะกอนปิดทับ

การพัฒนาพื้นที่บริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงต้องกระทำด้วยความระมัดระวังอย่างมาก การเกิดน้ำท่วมทุก ๆ ปีอาจทำให้เกิดการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน และทำให้เสถียรภาพ ไม่นั่นคง นอกจากนั้นยังพบอันตรายที่เกิดจากน้ำท่วม มีข้อจำกัดด้านฐานราก คือ ดินมีลักษณะ ไม่นั่นอน มีระดับน้ำใต้ดินอยู่สูง ดังนั้นการทำให้โครงการพัฒนาต่าง ๆ ต้องศึกษาลักษณะดิน อย่างละเอียด สภาพการระบายน้ำและสภาพน้ำบาดาล ตลอดจนความถี่และความรุนแรงของ น้ำท่วมที่สามารถคาดคะเนได้ อย่างไรก็ตามที่ราบน้ำท่วมถึงยังเหมาะต่อการใช้ประโยชน์ ด้านเกษตรกรรมหรือสร้างสวนสาธารณะ ซึ่งสามารถต้านความรุนแรงของน้ำท่วมประจำปีลง ทำให้การสูญเสียลดน้อยลงได้

- การแปลความหมายที่ราบน้ำท่วมถึงจากภาพถ่าย

ภูมิประเทศ : ระดับพื้นที่โดยทั่วไปมีความลาด (Gradient) ค่ำลงไปตาม แม่น้ำ คันดินธรรมชาติมีระดับสูงกว่าระดับพื้นดินปกติเล็กน้อย บริเวณที่ลุ่มหลังคันดินเป็นพื้นที่ ค่ำที่สุด

ทางน้ำและการกร่อน : แม่น้ำสายหลักไหลบนที่ราบลุ่ม ที่ราบที่กว้างมาก ๆ มี ทางน้ำสายรองปรากฏอยู่บริเวณขอบนอก ๆ ของที่ราบและไหลมาเป็นระยะทางยาว ก่อนที่จะ บรรจบกับแม่น้ำสายหลัก เนื่องจากระดับน้ำใต้ดินอยู่สูงและมีน้ำท่วมเกิดขึ้นทุกปี ดังนั้น การบรรจบกันของแบบรูปทางน้ำค่าง ๆ กับทางน้ำสายหลักจึงเกิดขึ้นได้น้อยมาก

ความเข้มของภาพ : ความเข้มของภาพมีหลายรูปแบบและซับซ้อนมาก ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะดินหลายชนิด และสภาพความชื้นบริเวณพอยน์บารมีสีจางและอาจแทรกสลับกับสีเข้มของร่องที่อยู่ระหว่างพอยน์บารแต่ละอัน ดินดินธรรมชาติมีสีจางกว่าบริเวณที่ลุ่มหลังคันดินที่อยู่โดยรอบ สำหรับที่ลุ่มหลังคันดินมีสีเข้มกว่า และมักมีทางน้ำที่เกิดจากการซุกซ้นมองเห็นได้ชัดเจน บริเวณแอกวัว เป็นบริเวณที่มีสีเทาดำมีน้ำขัง และมีสีดำดำดินในบริเวณนี้มีอินทรีย์วัตถุ

พืชพันธุ์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน : มักจะถูกใช้เป็นพื้นที่เพาะปลูก โดยเฉพาะบริเวณที่ลุ่มหลังคันดินซึ่งมีการระบายน้ำดี บริเวณที่มีการทับถมกันของตะกอนสารอินทรีย์ในบริเวณแอก วัวมีพืชขึ้น ส่วนบริเวณพอยน์บารซึ่งมีน้ำท่วมทุก ๆ ปีจะไม่มีการใช้ประโยชน์ แต่บริเวณที่มีน้ำท่วมบางโอกาสอาจใช้ทำการเกษตรได้ (ภาพ 24)

7.3 ดินคอนสามเหลี่ยม

ดินคอนสามเหลี่ยม เป็นดินคอนบริเวณปากน้ำซึ่งมีรูปร่างคล้ายพัดตามใจเกิดขึ้นเพราะการที่แม่น้ำและสาขาใหญ่น้อยที่กระจายออกตรงปากน้ำซึ่งเป็นบริเวณที่มีน้ำนิ่ง (บริเวณทะเลสาบหรือมหาสมุทร) ทำให้ความเร็วของน้ำลดลง น้ำจึงพาตะกอนมาทับถมอยู่ตลอดเวลา ทำให้พื้นที่ของน้ำมีระดับสูงขึ้น น้ำก็ยิ่งไหลช้าลง การตกตะกอนก็เพิ่มมากขึ้นจนสูงพอระดับน้ำ กลายเป็นแผ่นดินแฉกกระจายออกตรงปากแม่น้ำ พื้นที่นั้นจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนเป็นบริเวณกว้างต่อเนื่องกัน กลายเป็นดินคอนสามเหลี่ยม ถ้าไม่ลุ่มเกินไปก็ใช้ทำการเพาะปลูกและตั้งบ้านเรือนได้ แต่อาจเกิดน้ำท่วมหนักฝั่งเสมอ เช่นบริเวณดินคอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำสายใหญ่ ๆ อาทิ แม่น้ำไนล์ แม่น้ำคงคา แบนามิสซิชิปปี และแม่น้ำโขง ดินคอนสามเหลี่ยมทั่วไปประกอบด้วยทรายจำนวนมากและมีกรวดบ้าง ส่วนที่งอกยื่นออกไปในทะเลสาบเหมาะแก่การพัฒนาเป็นพื้นที่พักผ่อนหย่อนใจหรือทำสวนगीฬา

— การแปลความหมายดินคอนสามเหลี่ยมจากภาพถ่าย

ภูมิประเทศ : เป็นบริเวณสูงชันมาเกือบอยู่ในระดับเดียวกับกับพื้นผิวดินบนฝั่ง ล้อมรอบไปด้วยดินแดนดินและพื้นน้ำ

ทางน้ำและการกร่อน : มีทางน้ำสาขากระจายออกไปจากทางน้ำสายหลัก ดินคอนสามเหลี่ยมรูปโค้ง (Arcuate deltas) มีทางน้ำสายหลักอยู่หนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งสายกระจายออกตามแนวรัศมีของรูปพัด ส่วนดินคอนสามเหลี่ยมรูปก้นกา (Birdfoot



ภาพ 24 ที่ราบน้ำท่วมถึงในเขตภูมิอากาศชื้น

deltas) มีทางน้ำสายหลักหนึ่งสาย มีทางน้ำสาขาจำนวนมากกระจายออกในทิศทาง
ต่าง ๆ ไม่นานนัก อาจมีขี้โคลน ๆ และพื้นที่ชื้นแฉะอีกด้วย ส่วนร่องธารมีน้อยมาก

ความชุ่มชื้นของภาพ : ไม่นานนัก ขึ้นกับลักษณะดินและความชื้น ดินคอนสแตมเปลี่ยน
รูปได้งมกให้สีจาง และมีทางน้ำประธานสายขยายออกจากทางน้ำสาขาที่มีอยู่เดิม ดินคอน
สแตมเปลี่ยนรูปคืนตามลักษณะคล้ายที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง เช่น มีดินดินธรรมชาติ และมีที่ราบลุ่ม
หลังคันดิน เป็นต้น

พืชพันธุ์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน : มีลักษณะไม่นานนักขึ้นอยู่กับภูมิอากาศและ
ความลึกของระดับน้ำใต้ดิน บางแห่งใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูก บางแห่งปล่อยให้เป็นที่
ชื้นแฉะตามธรรมชาติ (ภาพ 25 และ 26)

8. ดินที่มีอินทรีย์วัตถุ (Organic soils)

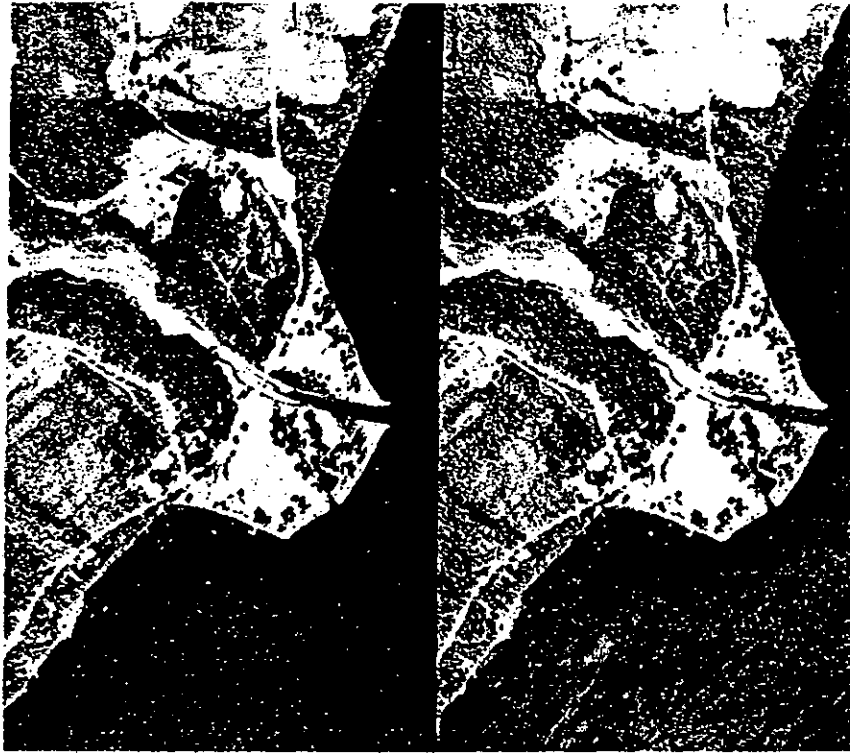
ดินที่มีอินทรีย์วัตถุมีอยู่กระจายทั่วโลก ซึ่งประกอบด้วยผลผลิตต่าง ๆ ที่เป็นสารอินทรีย์
ที่มีมากเกินกว่าที่จะกลายเป็นแร่ธาตุได้ โดยปกติมีคุณสมบัติชุ่มน้ำไคโนน และมีปัญหาการถ่ายเท
ออกซิเจนลงสู่ดิน ทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ เกิดช้า และก่อให้เกิดการสะสมตัวกัน
ของสารอินทรีย์มากขึ้น ดินที่มีอินทรีย์วัตถุมี 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ มัค (Muck) และพีท
(Peat) มัคเป็นดินที่มีสีจางซึ่งสารอินทรีย์ย่อยสลายลงแล้วบางส่วน ส่วนพีทเป็นดินที่สาร
อินทรีย์ยังไม่ย่อยสลาย ยังคงสภาพของเศษพืชอยู่ พีทจะกลายเป็นมัคได้ก็ต่อเมื่อเวลาผ่านไป

— การแปลความหมายดินที่มีอินทรีย์วัตถุจากภาพถ่าย

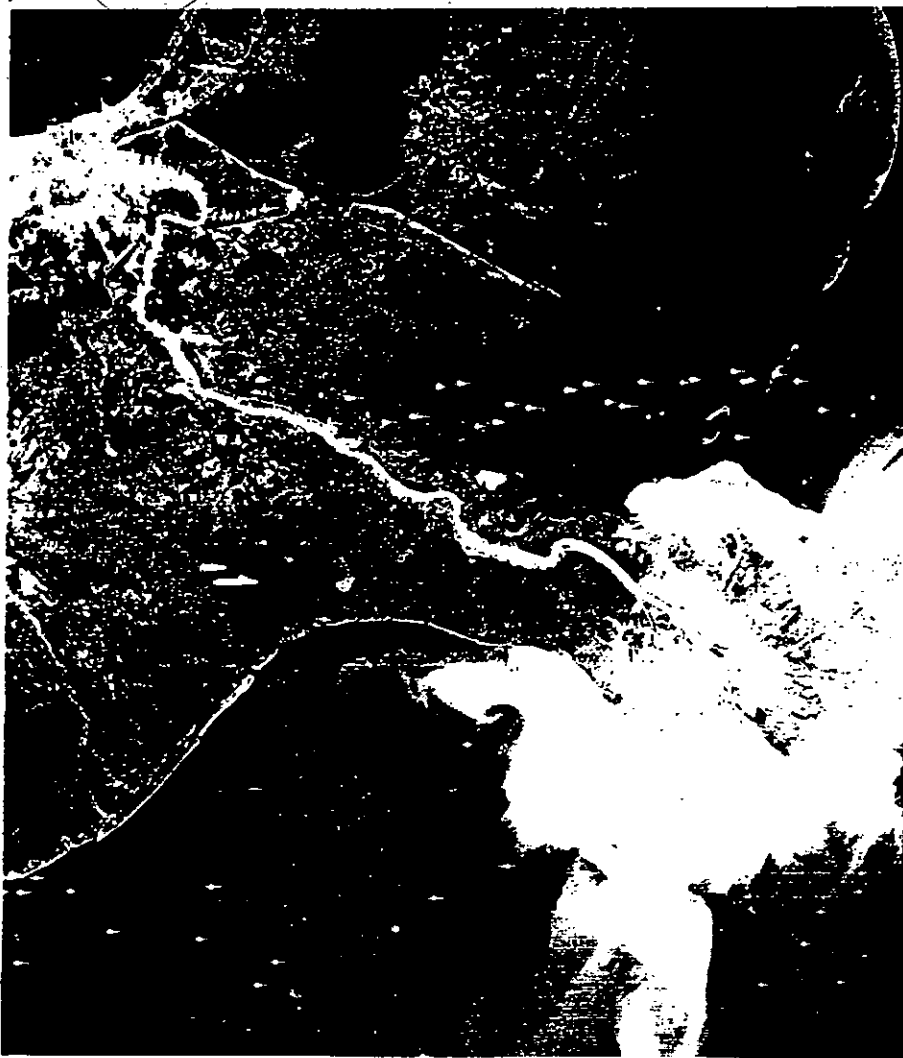
ส่วนใหญ่พบดินเหล่านี้บริเวณที่ลุ่ม เช่น ที่ราบน้ำท่วมถึง (โดยเฉพาะบริเวณแอ่งก้น)
ที่ลุ่มระหว่างแนวสันทรายในหลุมยุบของหินปูน เป็นต้น

ภูมิประเทศ : ราบเรียบมาก มีความแตกต่างจากวัตถุของบริเวณข้างเคียง
อย่างชัดเจน

ทางน้ำและการกร่อน : ระบายน้ำได้ช้ามาก ระดับน้ำใต้ดินอยู่ใกล้ผิวดินมาก
เป็นเวลานานเกือบตลอดปี มีร่องธารจำนวนไม่มาก มักมีการทำระบบระบายน้ำขึ้นเพื่อ
การเกษตร

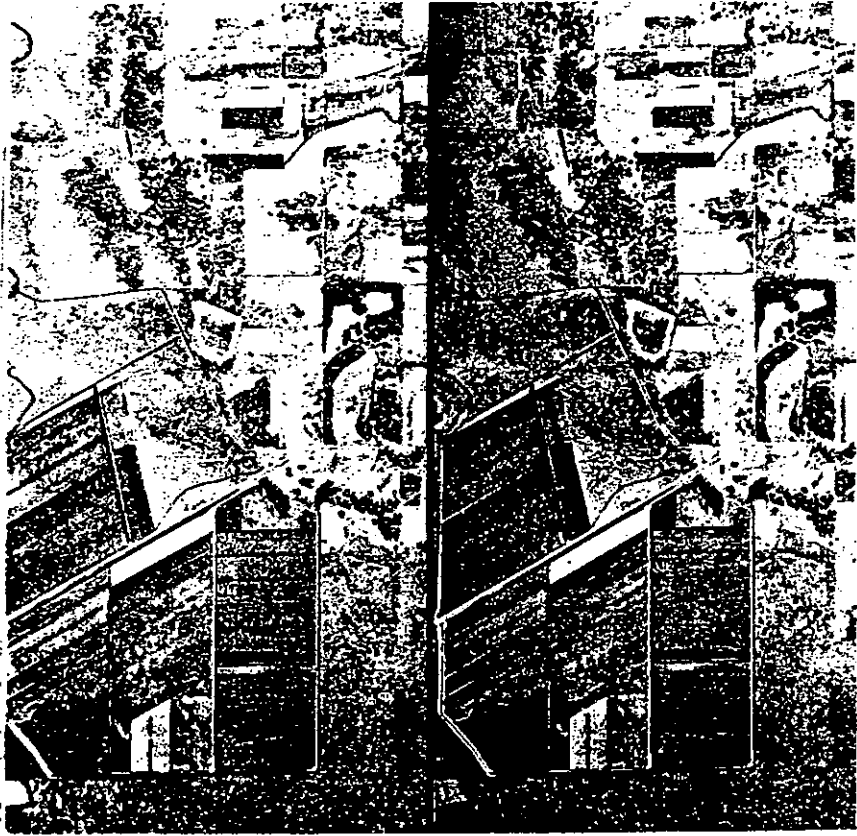


ภาพ 25
 ศึกษิตสามเหลี่ยมรูปโค้ง
 ใน เซลล์มีอากาศขึ้น



ภาพ 26
 ศึกษิตตามเหลี่ยมรูปสี่เหลี่ยม
 (ปากน้ำมีน้ำสีขุ่น)
 อ่าวเม็กซิโก)

ความชื้นของภาพ พืชพันธุ์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน : เป็นที่ว่างเปล่าไม่มีพืชชั้น
 ดินมีสีน้ำตาลเข้มมาก มีหญ้าพื้นเมือง เช่น หญ้าหวกกระเทียม (Sedge) และต้นไม้เตี้ย ๆ
 (Shurb) ขึ้น ซึ่งให้สีเทาที่มี ไม้สาคูไต้ และเป็นจุดประ ที่พืชเกษตรกรรมซึ่ง
 ระบายน้ำค้ำองเห็นได้เด่นชัดในภาพดังกล่าว 27 กล่าวคือ มีการขุดคู หรือร่องรองเพื่อ
 ระบายน้ำออก และเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการเกษตรอย่างหนาแน่นในภาพดังกล่าว ดินที่มี
 สสารอินทรีย์มาก คือ บริเวณมุมล่างซ้ายของภาพ ส่วนค่านุ่มบนขวา คือ ตะกอนจาก
 ธารน้ำแข็ง



ภาพ 27 ตึกรุ่นที่อินทรีวิทยุในพื้นที่เขตภูมิอากาศชื้น

บรรณานุกรม *

คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา. พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา. กรุงเทพฯ :
โรงพิมพ์ฟ้าสงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.

Lillesand T, Kiefer R. Remote sensing and image interpretation.
New York : John Wiley & Sons, 1979.

Thorntony W. Principles of geomorphology. 2nd ed. New York :
John Wiley & Sons, 1969.

ลำดับที่ 8

พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร
(OCEAN THERMAL ENERGY)

โดย

เสรีวัฒน์ สมิทรปัญญา

นายเสรีวัฒน์ สมิทรปัญญา
MR. SERIWAT SAINT

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

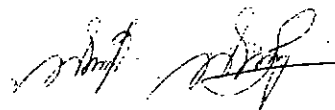
19 กรกฎาคม 2534
1493

คำนำ

เอกสารเรื่องพลังงานความร้อนจากมหาสมุทร (OCEAN THERMAL ENERGY) เล่มนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้หนังสือที่เรียนวิชา วท 101 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กับสิ่งแวดล้อม ใ้ได้อ่านเพิ่มเติม นอกเหนือจากพจนานุกรมในชั้นเรียนแล้ว นอกจากนี้ ผู้สนใจทั่วไปก็สามารถใช้เป็นเอกสารประกอบการค้นคว้า ศึกษาเพิ่มเติมได้ เพื่อเพิ่มพูน ความรู้ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

เนื้อหาในเอกสารประกอบด้วยเรื่องที่สำคัญคือธรรมชาติการเกิดพลังงานความร้อน ในมหาสมุทร การนำพลังงานความร้อนจากมหาสมุทรมาใช้ประโยชน์ในรูปต่าง ๆ เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้า การผลิตแอมโมเนีย และการเพาะเลี้ยงสิ่งมีชีวิตในทะเล สำหรับ ในที่นี้จะเน้นถึงการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นสำคัญ ส่วนการใช้ประโยชน์ด้านอื่นนั้นยังมีข้อมูล จากวารสารที่วิจัยน้อยมากจึงไม่ได้กล่าวถึงอย่างละเอียด เนื้อหาที่น่าสนใจอื่น ๆ ได้แก่ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร และแนวโน้มการพัฒนา การใช้พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร

ผู้เรียบเรียงหวังว่าเนื้อหาในเอกสารคงจะมีประโยชน์ต่อผู้อ่าน ไม่นานก็น้อย และขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนทำให้เอกสารฉบับนี้แล้วเสร็จลงได้ด้วยดี รวมทั้งผู้อ่านทุกท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย



(เสรีวัฒน์ สมิทรปัญญา)

19 กรกฎาคม 2534

สารบัญ

	หน้า
กานำ	ก
สารบัญ	ข
พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร (OCEAN THERMAL ENERGY)	1
1. บทนำ	1
2. ธรรมชาติการเกิดพลังงานความร้อนในมหาสมุทร	2
3. การนำพลังงานความร้อนจากมหาสมุทรมาใช้ประโยชน์	5
3.1 การผลิตกระแสไฟฟ้า	6
3.1.1 ประวัติความเป็นมา	6
3.1.2 หลักการพื้นฐานของระบบโอเทค (OTEC)	8
3.1.3 ลักษณะการใช้งานของระบบโอเทค : ข้อดี-ข้อจำกัด	13
3.2 แหล่งพลังงานความร้อนจากมหาสมุทรและตัวอย่างโครงการโอเทค	14
3.3 การใช้ประโยชน์พลังงานความร้อนจากมหาสมุทรสำหรับด้านอื่น	18
4. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร	20
5. แนวโน้มการพัฒนาการใช้พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร	20
บรรณานุกรม	22

พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร
(OCEAN THERMAL ENERGY)

1. บทนำ

พลังงานที่สะสมอยู่ในบรรยากาศและมหาสมุทรส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ หรือจัดเป็นพลังงานแสงอาทิตย์โดยทางอ้อม (Indirect solar) ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของ ความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ถ่ายเทสู่ตัวกลางอันได้แก่ อากาศและน้ำ ทำให้ตัวกลางเหล่านี้ เปลี่ยนแปลง เช่น เกิดความร้อนขึ้น ความแตกต่างของอุณหภูมิบริเวณต่าง ๆ ทำให้อากาศ เคลื่อนไหวกลายเป็นลม และลมทำให้เกิดคลื่น ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าพลังงานแสงอาทิตย์โดยอ้อม จะอยู่ในรูปของความร้อนในบรรยากาศและมหาสมุทร รวมทั้งลม คลื่น เป็นต้น ข้อดีที่สำคัญจากการ นำพลังงานเหล่านี้ มาใช้คือ

- ไร้มลพิษ

- มีปริมาณมากกว่าพลังงานรูปแบบอื่น ๆ เช่น เชื้อเพลิงจากฟอสซิล เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ เป็นต้น

- เป็นพลังงานที่เกิดทดแทนได้และไม่มีวันหมดสิ้นไป

จากปัญหาการลดลงของพลังงานประเภทที่ไม่สามารถเกิดทดแทนได้ เช่น น้ำมัน ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ เป็นต้น ทำให้กำลังถึงแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์โดยทางอ้อม ซึ่งเป็นพลังงานที่ ไม่มีวันหมดสิ้นไป อันได้แก่

- พลังงานความร้อนที่สะสมในมหาสมุทร

- พลังงานกลจากลม

- พลังงานศักย์และพลังงานกลของคลื่น

- พลังงานศักย์และพลังงานกลของน้ำขึ้นน้ำลงและกระแสน้ำ ทั้งนี้เพื่อหาทางที่จะนำ

พลังงานเหล่านี้ขึ้นมาทดแทนแหล่งพลังงานประเภทที่ใช้แล้วหมดไป

สำหรับพลังงานจากแสงอาทิตย์โดยทางอ้อมประเภทหนึ่งซึ่งกำลังเป็นที่สนใจของ ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงาน พยายามค้นคว้าวิจัยเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ ไม่น้อยไปกว่าพลังงาน

ทัศนรูปอื่น และมีแนวโน้มว่าจะได้รับการพัฒนาขึ้นมาใช้อย่างกว้างขวางในอนาคตอันใกล้
คือพลังงานความร้อนจากมหาสมุทร ซึ่งเป็นพลังงานศักย์ที่สะสมอยู่ที่ผิวน้ำในมหาสมุทรเขตร้อน
(Tropical ocean)

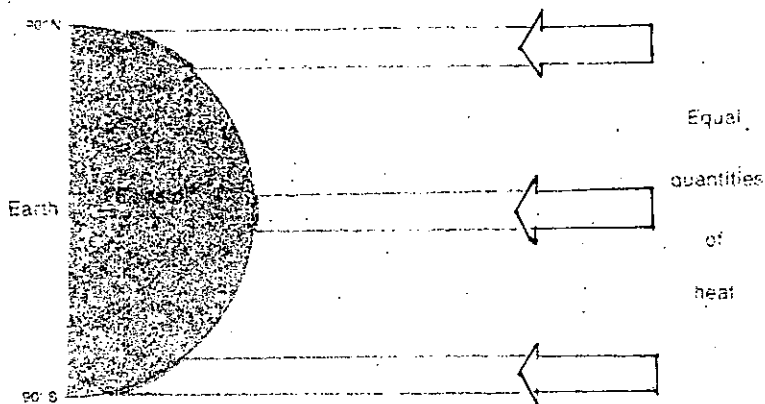
2. ธรรมชาติการเกิดพลังงานความร้อนในมหาสมุทร

อุณหภูมิที่ผิวน้ำของมหาสมุทรมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับเส้นรุ้งและช่วงระยะเวลา
ในรอบปี เนื่องจากความร้อนที่ตกกระทบต่อหน่วยพื้นที่ ณ บริเวณเส้นศูนย์สูตรจะมีมากกว่า
บริเวณขั้วโลก (ภาพที่ 1) และในฤดูร้อนจะสูงกว่าฤดูหนาว รูปแบบอุณหภูมิโดยทั่วไปจะ
เปลี่ยนแปลงตามความลึกของมหาสมุทร เป็นดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย
3 ชั้นหลัก คือ

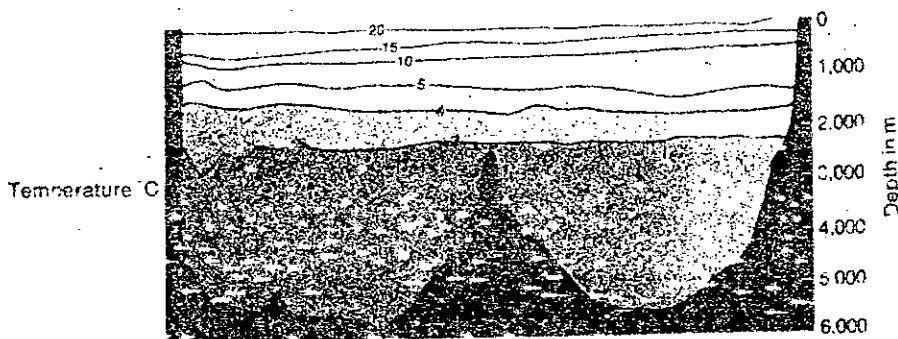
- 1) ชั้นที่ผิวน้ำอุ่น มีความหนา 10 ถึง 500 เมตร (หรือประมาณ 33 ถึง 1,640 ฟุต)
จากผิวน้ำ
- 2) ชั้นที่เปลี่ยนแปลง (Transition layer) อยู่ต่ำลงมาจากชั้นน้ำอุ่น
เรียกว่า ชั้นเทอร์โมไคลน์หลัก (Main thermocline) อุณหภูมิลดลง
อย่างรวดเร็วตามความลึก หนา 500 ถึง 1,000 เมตร (ประมาณ 1,640
ถึง 3,281 ฟุต)
- 3) ชั้นที่หนาวที่สุดซึ่งเย็น อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง หรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก
อยู่ต่ำกว่าชั้นเปลี่ยนแปลงลงไปตามความลึกจนถึงทั่วมหาสมุทร

ชั้นเทอร์โมไคลน์ จะไม่ปรากฏในมหาสมุทรที่อยู่แถบขั้วโลก เนื่องจากผิวน้ำส่วนใหญ่
ปกคลุมไปด้วยน้ำแข็งในฤดูหนาว และในฤดูร้อนมีปริมาณแสงอาทิตย์ส่องลงมาน้อย แก๊สในเขตร้อน
เทอร์โมไคลน์อาจอยู่ในระดับใกล้กับผิวน้ำมาก บางพื้นที่ที่มีฤดูกาลเปลี่ยนแปลง อาจทำให้
เทอร์โมไคลน์เปลี่ยนแปลงไปด้วย

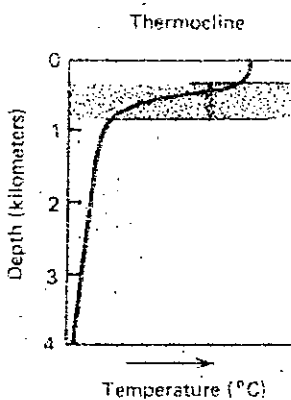
มหาสมุทรจะมีการถ่ายเทความร้อนจากแนวเส้นศูนย์สูตรไปยังขั้วโลก โดยการกระทำ
ของกระแสน้ำ เช่น กระแสน้ำอุ่นกัลฟ์ สตรีม (Gulf Stream) ที่พัดพาน้ำอุ่นที่อยู่ผิวน้ำขึ้นไป
ยังขั้วโลกได้ ณ บริเวณขั้วโลก น้ำที่มีความหนาแน่นกว่าจะค่อย ๆ จมตัวลงและไหลลงมาสู่
แนวเส้นศูนย์สูตร ทำให้เกิดชั้นน้ำเย็นที่อยู่ส่วนลึกของมหาสมุทร (ภาพที่ 4)



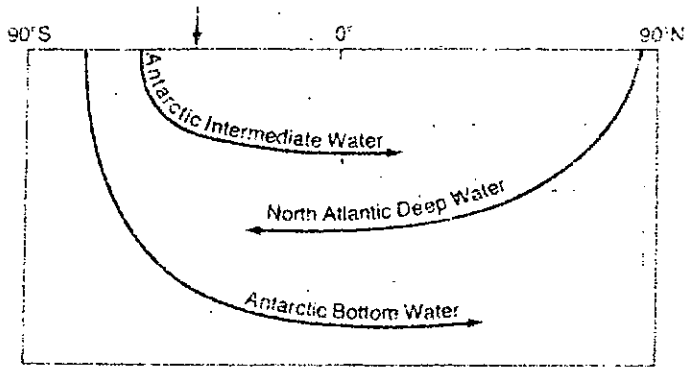
ภาพที่ 1 ความแตกต่างของพลังงานที่เข้ามาในละติจูดที่แตกต่างกันของโลก
แสดงว่าโดยเฉลี่ยแล้ว ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่โลก
(Source : Ross, 1988. p.268.)



ภาพที่ 2 ภาพตัดขวางความหนาแน่นในน้ำถึง 24° เพื่อ แสดงอุณหภูมิ
ที่เปลี่ยนแปลงไปจากความลึกของมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ
(Source : After Fuglister, 1960. In Ross, 1988. p.268.)

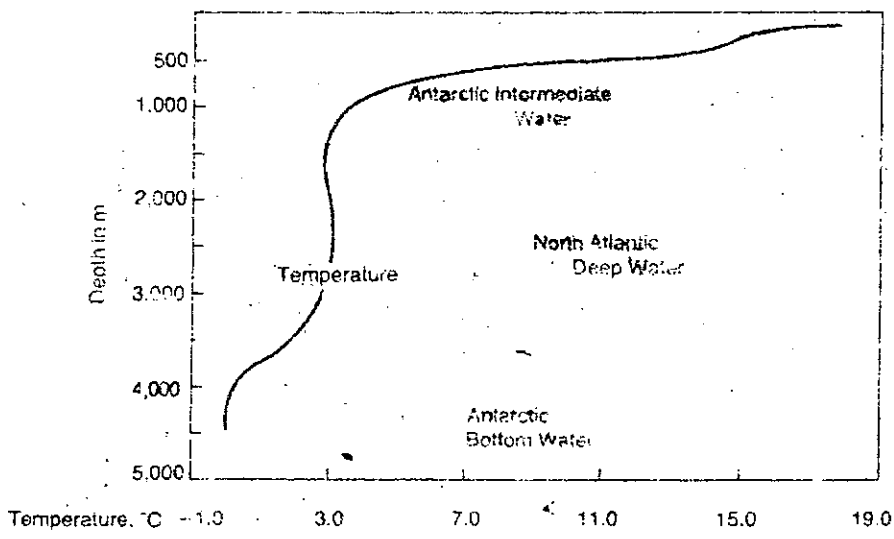


ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกับความลึกในมหาสมุทร
ทำให้เกิดเทอร์โมไคลน์ตามแนวขั้วที่เป็นจุดในมหาสมุทร
(Source : Adapted from Gross, 1987.
In Ross, 1988. p.268.)



ภาพที่ 4 ภาพตัดขวางตามแนว
 เหนือ-ใต้ แสดงที่ล่องทางไหล
 ของน้ำในมหาสมุทรโลก ด้านซ้าย
 แสดงที่ล่องของน้ำเย็นที่ถูกสร้างขึ้น
 ของมหาสมุทรแอตแลนติกตอน
 บนภาพที่ 3

(Source : Ross, 1988.
 p.276.)



ภาพที่ 5 ข้อมูลที่วัดได้โดยจีโอเสกส์ (GEOSECS) สถานีที่ 60 ในมหาสมุทร
 แอตแลนติกใต้ (ณ เส้นรุ้งที่ 35° 58' ใต้-ตัดกับเส้นแวงที่ 42° 30' ตะวันตก)
 ในภาพแสดงแนวที่น้ำเย็นจากขั้วโลกไหลผ่าน (ดูภาพที่ 4 ประกอบ)

(Source : Ross, 1988. p.276.)

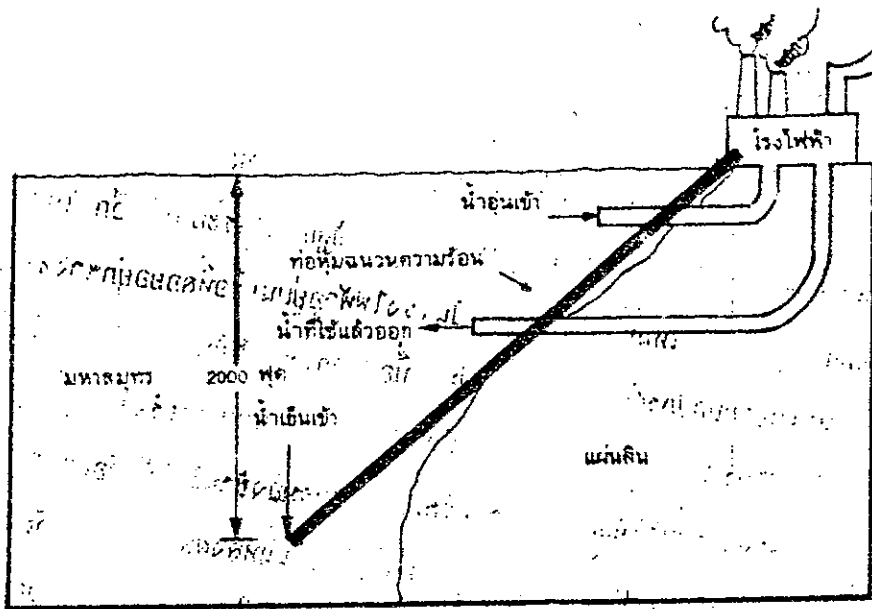
ผิวโลกบริเวณที่อยู่ในเขตร้อนหรือระหว่างเส้นรุ้งที่ $23^{\circ} 27'$ เหนือ และ $23^{\circ} 27'$ ใต้ เป็นมหาสมุทรประมาณร้อยละ 90 ได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์มากกว่าเขาค่อน แสงที่ตกกระทบผิวของมหาสมุทร บางส่วนจะถูกดูดกลืนโดยน้ำทะเลหรือเผาผลาญพื้นผิว และทำให้น้ำบริเวณนี้มีอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าน้ำเขตอบ และถือได้ว่าเป็นแหล่งเก็บกักพลังงานที่สำคัญ ในขณะที่เกี่ยวกับน้ำส่วนที่อยู่บริเวณเดียวกัน แต่อยู่ลึกกว่า จะมีอุณหภูมิต่ำกว่ามาก จึงเกิดเป็นชั้นของความแตกต่างของอุณหภูมิหรือบริเวณที่อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามแนวตั้ง ซึ่งเรียกว่า Thermocline ดังได้กล่าวมาแล้ว

ความแตกต่างของอุณหภูมิตั้งกล่าว มีมากถึง 22°C โดยอุณหภูมิที่ผิวน้ำมีค่าประมาณ $23^{\circ} - 27^{\circ}\text{C}$ ส่วนที่ลึกลงไป 400 เมตร มีค่า 10°C และที่ 1,000 เมตร อุณหภูมิจะเหลือเพียง 4°C ดังตัวอย่างในภาพที่ 5

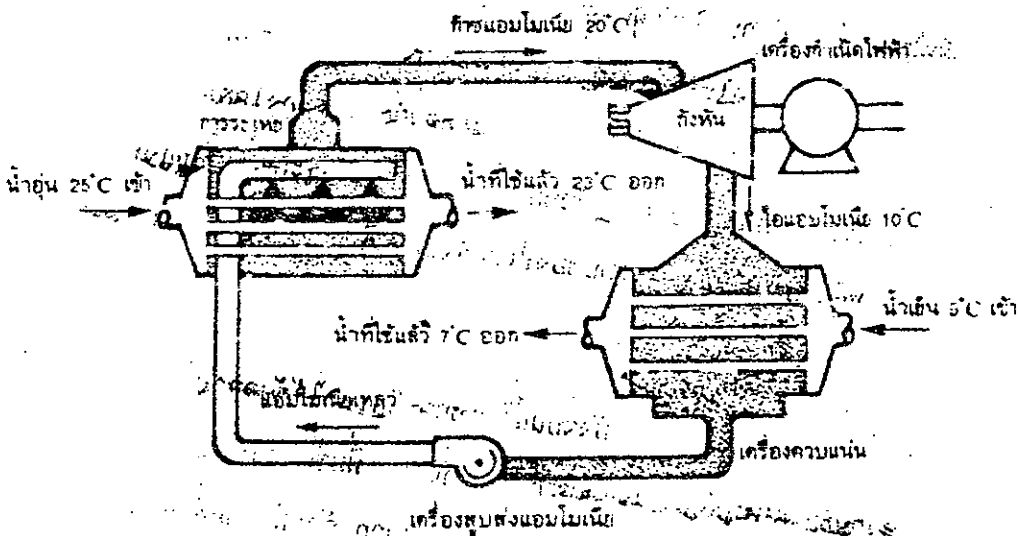
นักวิทยาศาสตร์อาศัยธรรมชาติความแตกต่างของอุณหภูมินี้ มาประยุกต์ใช้โดยการเปลี่ยนพลังงานความร้อนของน้ำให้กลายเป็นพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ดังจะกล่าวรายละเอียดต่อไป

3. การนำพลังงานความร้อนจากมหาสมุทรมาใช้ประโยชน์

บริเวณที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างที่ผิวน้ำกับส่วนที่ลึกลงไปเพียง $17 - 20^{\circ}\text{C}$ ($30.6 - 36^{\circ}\text{F}$) ก็สามารถนำพลังงานที่มีอยู่ไปใช้ได้ ซึ่งเรียกว่า โอเชียนเทอร์มอลดีเอนจี้ คอนเวอร์ชัน (Ocean thermal energy conversion : OTEC) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนพลังงานความร้อนที่สะสมอยู่ในน้ำให้เป็นพลังงานรูปอื่น ๆ เช่นพลังงานกลเพื่อนำไปหมุนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือใช้ในการผลิตสารแอมโมเนีย และในขณะที่ทำการผลิตกระแสไฟฟ้านั้น ก็สามารถจะทำการเพาะเลี้ยงสิ่งมีชีวิตในทะเลได้ด้วย อย่างไรก็ตาม การนำพลังงานชนิดนี้มาใช้ประโยชน์จะมุ่งผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นสำคัญ ดังจะกล่าวรายละเอียดไปตามลำดับ



ภาพที่ 6 ระบบผลิตไฟฟ้าจากความร้อนในทะเลของโคลคอก่อนน้ำเย็นเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ยาว 1 1/4 ไมล์ (ที่มา : วิทยาศาสตร์, 2531. หน้า 52.)



ภาพที่ 7 ระบบการทำงานของโครงการโอเทค เลมอโคยซีเนอร์ (ที่มา : วิทยาศาสตร์, 2531. หน้า 53.)

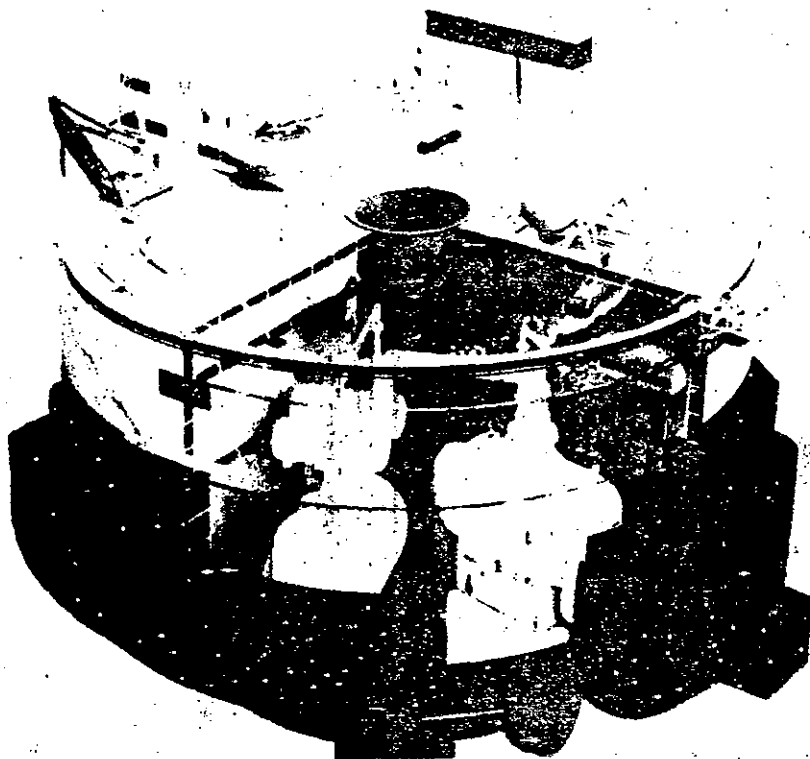
โครงการนี้ของโคลดนั้นจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ แต่ปรากฏว่า
 กำลังไฟฟ้าที่ผลิต ยังน้อยกว่าความต้องการที่จะนำไปใช้สูบน้ำในระบบเสียอีก ในปี ค.ศ. 1934
 เขาจึงทดลองโครงการใหม่ขึ้น โคลดสร้างเป็นโรงไฟฟ้าอยู่บนเรือที่ลอยอยู่กลางทะเล แต่ที่
 ประสบปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เกิดสนิม เนื่องจากเขาใช้น้ำทะเลเป็นของไหลทำงาน
 (Working fluid) แม้โครงการของโคลดจะไม่ประสบผลสำเร็จในทางเศรษฐกิจเลย
 แต่ข้อดีของโครงการนี้ทำให้นักวิทยาศาสตร์คนอื่นในอาระของเขามองไปได้ คือสามารถผลิตกระแสไฟฟ้า
 ได้ต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง ไม่ทำให้เกิดมลพิษ เป็นแหล่งผลิตน้ำจืด แก๊สไฮโดรเจน
 แมกนีเซียมและแอมโมเนียมาเพื่อสเฟสสำหรับทำปุ๋ย ทำให้เกิดแหล่งชุมชนของปลาเนื่องจากน้ำเย็น
 ที่ถูกสูบขึ้นมาจะอุดมไปด้วยออกซิเจนและสารอาหารอื่น ๆ ในน้ำที่สูบขึ้นมาด้วย

ในปี ค.ศ. 1983 คลาเรนซ์ ซีเบอร์ (Clarence Zober) นักวิจัยชาวอเมริกันเป็นอีกผู้หนึ่งที่สนใจโครงการโอเทค (OTEC) เขาได้เสนอระบบ
 การทำงานของโรงไฟฟ้าที่ลอยอยู่บนทะเล ดังภาพที่ 7 โดยใช้แอมโมเนียเป็น
 ของไหลทำงาน เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเช่นเดียวกับระบบของโคลด แต่ประสิทธิภาพสูงสุดจะ
 เหลือประมาณร้อยละ 3.4 ซึ่งน้อยกว่าหนึ่งในสิบของประสิทธิภาพของระบบที่คิดค้นขึ้น
 เชื้อเพลิงฟอสซิลทั่วไป ระบบของซีเบอร์จะต้องติดตั้งอยู่กลางทะเล มีลักษณะตามรูปเขียน
 ในภาพที่ 8

ปัจจุบันมีโครงการโอเทคกำลังดำเนินการอยู่หลายแห่ง ทั้งนี้เพราะ
 ความต้องการพลังงานทดแทนจากแหล่งอื่น ๆ เพิ่มขึ้น และได้มีการปรับปรุงรูปแบบของโรงงาน
 และระบบการทำงานลักษณะต่าง ๆ จำนวนมาก ดังเช่นภาพที่ 9 และภาพที่ 10

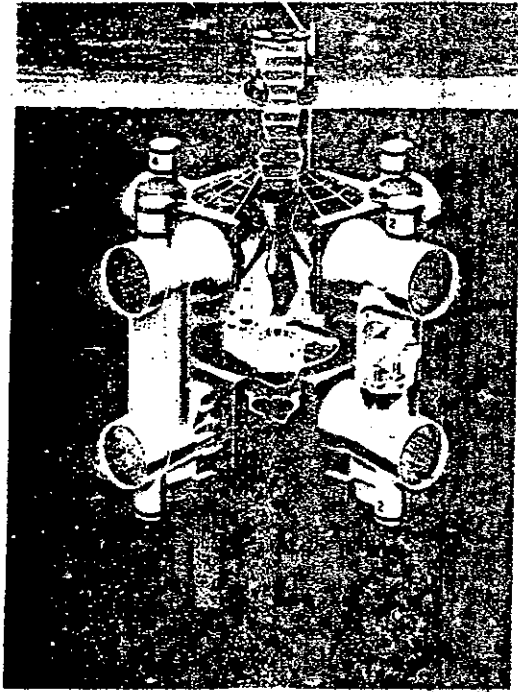
3.1.2 หลักการพื้นฐานของระบบโอเทค (OTEC)

การออกแบบระบบโอเทคโดยทั่วไป มีวัตถุประสงค์หลักที่เหมือนกัน
 ประการหนึ่งคือ เพื่อเปลี่ยนพลังงานความร้อนจากมหาสมุทรไปเป็นพลังงานไฟฟ้า เนื่องจาก
 เทคโนโลยีด้านนี้อยู่ในระยะกำลังพัฒนา จึงไม่มีใครทราบได้ว่ารูปแบบไหนเหมาะสม และ
 ความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจมากที่สุด แต่อย่างน้อยก็อยู่กับหลักพื้นฐานการทำงานลักษณะเดียวกัน
 ดังจะกล่าวต่อไป

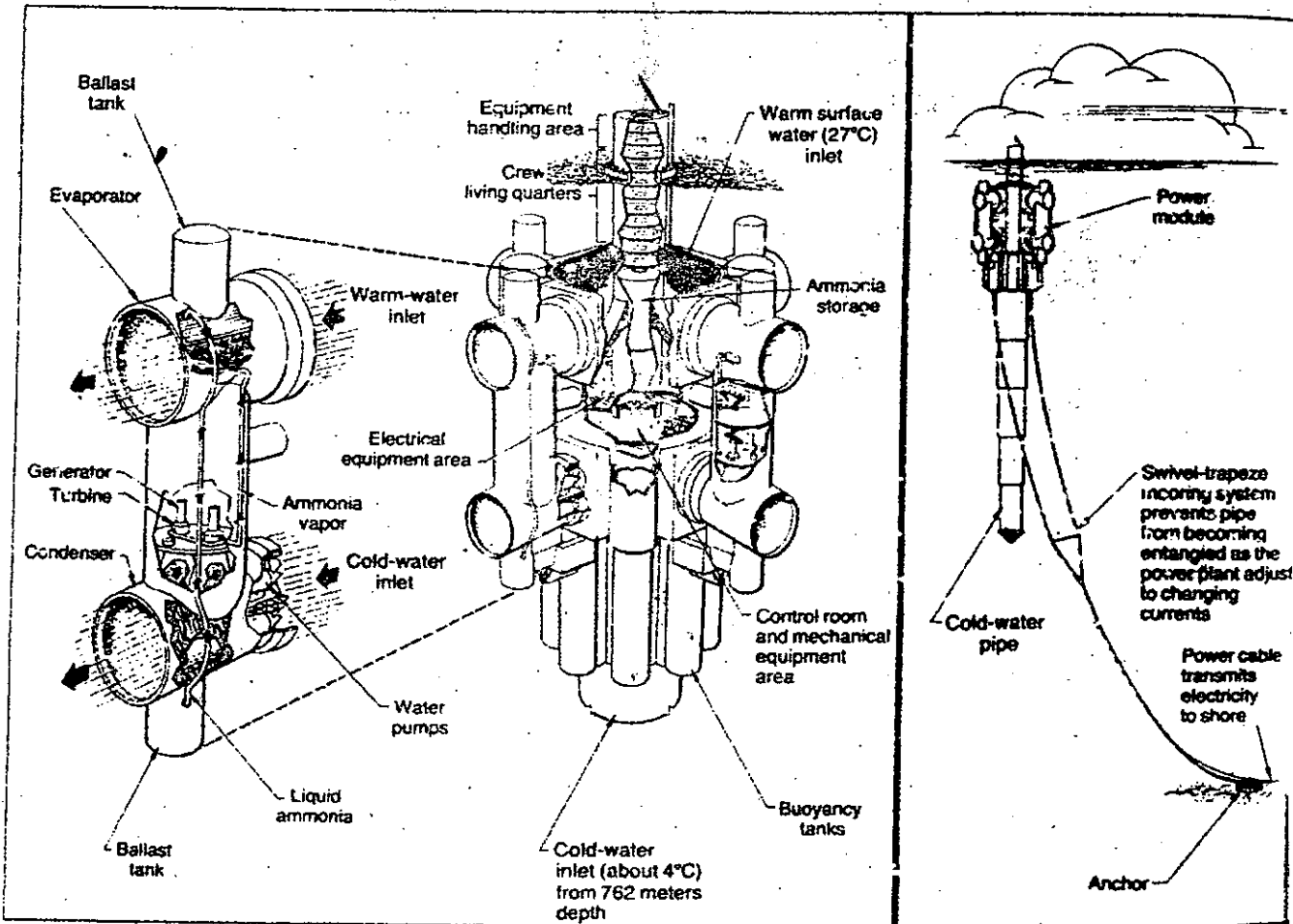


ภาพที่ 8 แบบจำลองโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนในมหาสมุทร โดยการใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำในมหาสมุทรประยุกต์ใช้เพื่อหมุนกังหัน เครื่องกำเนิดไฟฟ้า โครงการนี้กำลังผลิตขนาด 100 เมกะวัตต์ เส้นผ่าศูนย์กลาง 340 ฟุต สูง 17 ชั้น ใช้แอมโมเนียเป็นของไหลทำงาน ทำงานได้ภายใต้ความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำ 40 องศาฟาเรนไฮต์

(Source : TRW. In Mills and Toké. 1985. p.196.)



ภาพที่ 9 ระบบโอเทค เสนอโดยบริษัทล็อกคีย์ (Lockheed Ocean Thermal Energy Conversion) แสดงถึงส่วนประกอบที่สำคัญภายใน ทรายละเอียดเพิ่มเติมตามภาพที่ 10 (Source : Courtesy of Lockheed Missiles and Space Company, Inc., In Ross, 1988 p.419.)

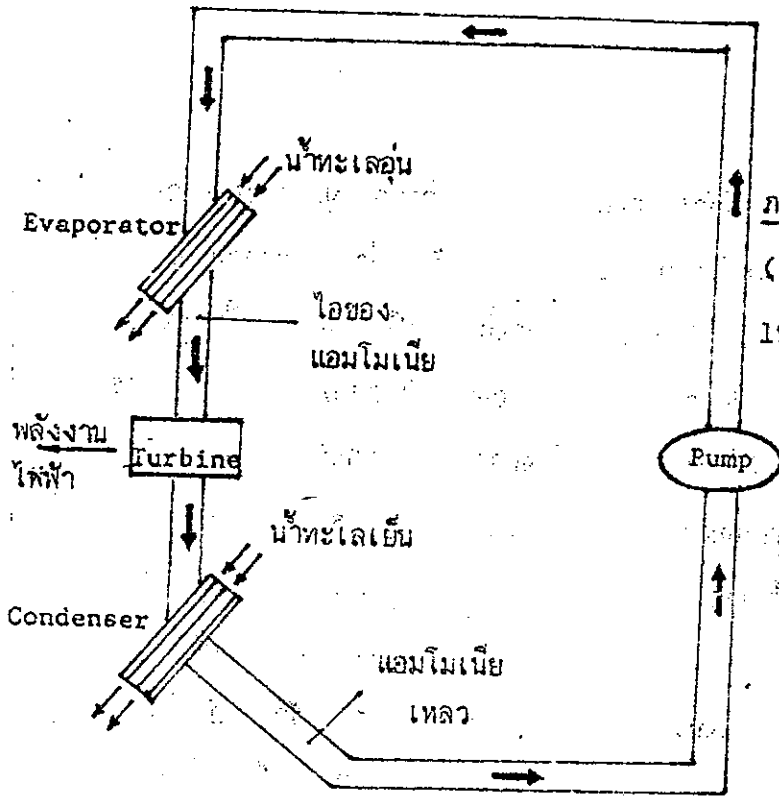


ภาพที่ 10 แสดงให้เห็นโครงสร้างภายในระบบโอเทคของบริษัทล็อกคีย์โดยละเอียด ความยาวทั้งสิ้น 181 เมตร (592 ฟุต) เส้นผ่าศูนย์กลางกลาง 75 เมตร (246 ฟุต) หน่วยประกอบ (Module) แต่ละอันสูง 93 เมตร (305 ฟุต) เส้นผ่าศูนย์กลาง 22 เมตร (72 ฟุต) ท่อน้ำเย็น (Cold-water pipe) ยาว 304.8 เมตร (1,000 ฟุต) ซึ่งประกอบด้วยท่อ 5 ท่อน (Source : Courtesy of Lockheed Missiles and Space Company, Inc., in Ross, 1988 p.420.)

กฎจลศาสตร์ที่นำไปสู่การออกแบบระบบไฮดรอลิกคือการหมุนเวียนของของไหล (Fluid) ในระบบ ของไหลดังกล่าวมีจุดเดือดต่ำเรียกกันทั่วไปว่าสารทำความเย็น (Refrigerant) ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ แอมโมเนีย บางทีอาจใช้โปรเพน สารนี้บรรจุอยู่ในท่อที่ทนต่อไอระเหยของมันได้ดี ภายใต้ความดันประมาณ 50-75 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (70-110 ปอนด์/ตารางนิ้ว) ถูกสูบเพื่อให้ผ่านไปในชุดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) ในขั้นแรกมันจะถูกลดอุณหภูมิลงโดยความเย็นของน้ำทะเล ที่สูงขึ้นมาจากระดับลึกของมหาสมุทร และควบแน่นกลายเป็นของเหลว การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งเรียกว่า เครื่องควบแน่น (Condenser) จากนั้นของเหลวจะถูกทำให้ร้อนขึ้นโดยน้ำอุ่นที่ผิวของมหาสมุทร การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีกอันหนึ่ง เรียกว่า เครื่องกำเนิดไอ (Evaporator) สารดังกล่าวจะเดือดและกลายเป็นไอที่มีความดันสูง สามารถนำไปหมุนกังหัน (Turbine) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ขั้นสุดท้ายไอที่ผ่านกังหันแล้วจะถูกนำกลับไปทำให้เย็นลงอีกครั้งหนึ่งโดยผ่านเครื่องควบแน่น ขบวนการของระบบจะเริ่มรอบใหม่ตั้งแต่ขั้นตอนแรกต่อไป ภาพที่ 11 และภาพที่ 12

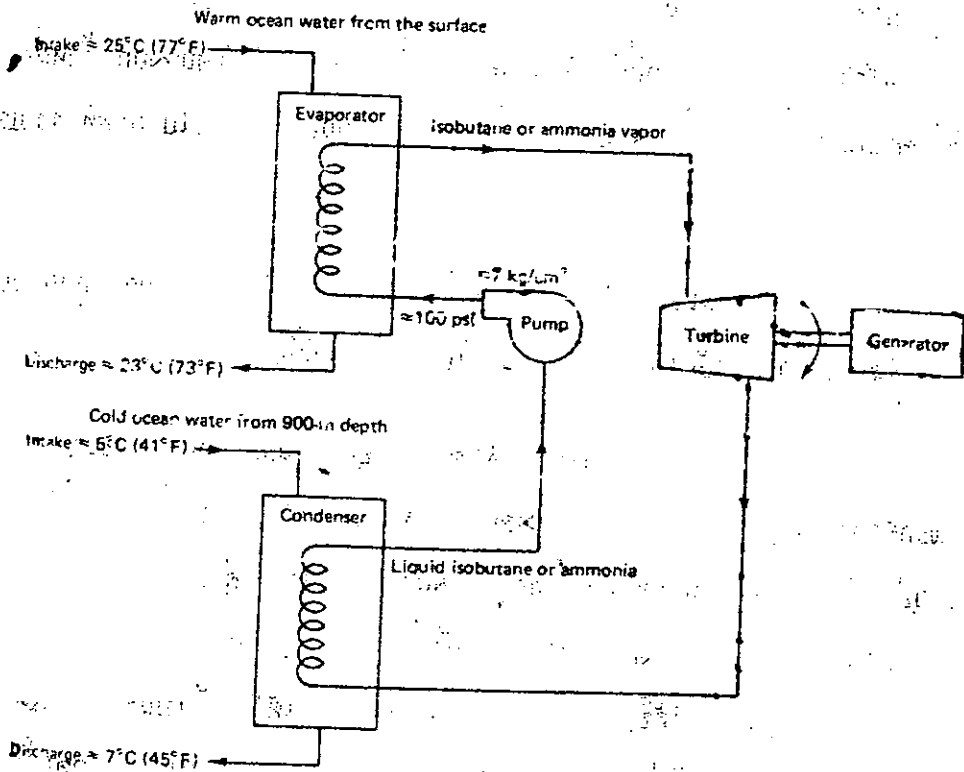
ระบบนี้เป็นระบบปิด ทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง ได้มีการออกแบบให้ระบบซับซ้อนขึ้นมากกว่านี้ แต่ยังไม่ได้รับการยอมรับเท่ากับระบบที่มีอยู่

ในภาพที่ 8 คือโรงไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่บนแท่นลอยน้ำที่สร้างขึ้นโดยเฉพาะ แท่นนี้มีลักษณะคล้ายกับแท่นเจาะน้ำมันกลางทะเลลึก เครื่องกำเนิดไอและเครื่องควบแน่นเป็นส่วนที่จมอยู่ในน้ำ น้ำเย็นถูกสูบจากส่วนลึกของทะเลผ่านท่อขึ้นมา เข้าสู่เครื่องควบแน่น น้ำอุ่นถูกสูบผ่านทางท่อน้ำเข้าซึ่งติดตั้งอยู่ใกล้ผิวน้ำ น้ำที่ใช้แล้วจะถูกปล่อยกลับสู่มหาสมุทรต่อไป ระบบนี้ถ้าจะส่งกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ขึ้นสู่ฝั่ง ต้องวางสายเคเบิลใต้ท้องน้ำเป็นระยะทางยาวมาก ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่ถ้าไม่ส่งกระแสไฟฟ้าขึ้นสู่ฝั่งก็สามารถนำมาใช้บนแท่นผลิตเพื่อผลิตไฮโดรเจนหรือสกัดสารเคมีหรือแร่ธาตุจากน้ำทะเลได้



ภาพที่ 11 ระบบไอเทคอย่างง่าย

(Source : From Ross, 1980. In Ross, 1988. p.418.)



ภาพที่ 12 วงจรการทำงานของระบบไอเทค

(Source : Mills and Toké , 1985. p.195.)

3.1.3 ลักษณะการใช้งานของระบบโอเทค: ข้อดี-ข้อจำกัด

ค่าความร้อนค่าน้ำทะเลถือว่าเป็นพลังงานคุณภาพต่ำด้วย แต่ความร้อนนี้สามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานที่มีคุณภาพสูงกว่าได้ เช่น พลังงานไฟฟ้า เพียงแต่ประสิทธิภาพที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำนั้น ด้วยเหตุผลนี้จะเห็นว่าประสิทธิภาพของระบบโอเทคมีค่าต่ำมากเพียงร้อยละ 2-3 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ ความต้อยประสิทธิภาพทำให้ค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบโอเทคสูงขึ้น เพื่อให้ได้ปริมาณกระแสไฟฟ้าพอเพียง ประมาณกันว่าค่าก่อสร้างสูงถึง 1,500-2,000 ดอลลาร์สหรัฐฯ ต่อกระแสไฟฟ้าหนึ่งกิโลวัตต์

อย่างไรก็ตามระบบโอเทคยังเป็นระบบคงที่ (Constant) และเป็นแหล่งพลังงานที่ไม่ขาดช่วง ซึ่งต่างจากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือระบบโฟโตโวลเทอิก (Photovoltaic) แม้จะเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าแต่ต้องอาศัยแสงอาทิตย์ส่องโดยตรงซึ่งอาจไม่มีความคงที่ ข้อดีบางประการของระบบโอเทคและความพร้อมที่จะนำมาใช้งานมากกว่า อาจช่วยให้มองข้ามข้อจำกัด เรื่องต้นทุนที่เกิดขึ้นจากความต้อยประสิทธิภาพได้

โรงไฟฟ้าของระบบโอเทคที่มีกำลังผลิตขนาด 100 เมกะวัตต์เทียบได้ 1 ใน 10 ของโรงผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่ทันสมัยหรือโรงผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล นั่นหมายถึงจะต้องสร้างโรงผลิตกระแสไฟฟ้าระบบโอเทคให้มีจำนวนมาก และมีขนาดใหญ่ขึ้น อีกทั้งให้กระจายอยู่หัวทุ่นของมหาสมุทร จึงจะได้กระแสไฟฟ้าใช้อย่างเพียงพอ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงที่ตั้งสถานี คือต้องอยู่ไม่ไกลจากฝั่งมากนัก มิฉะนั้นจะประสบปัญหาเรื่องต้นทุน การส่งกระแสไฟฟ้า ยกเว้นกรณีนำพลังงานที่ได้มาผลิตไฮโดรเจนหรือแอมโมเนีย ในประเทศสหรัฐอเมริกามีการตระหนักว่าที่ตั้งสถานีไม่ควรอยู่ห่างจากฝั่งเกิน 160 กิโลเมตร (100 ไมล์) บริเวณที่เหมาะสมคือ อ่าวเม็กซิโก หรือนอกฝั่งของฮาวาย

มีข้อสงสัยหลายประการ เช่น ถ้าระบบโอเทคทำงานนานตลอดเวลา 24 ชั่วโมงต่อวันโดยไม่หยุดแล้ว จะเกิดปัญหาคามาหรือไม่ เช่น การสึกกร่อน อันจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนลดลง - สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อาศัยในทะเล

อาจเข้าไปอุดคันท่อหรือส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ นอกจากนั้นถ้าระบบไม่สามารถเคลื่อนไปมาบนผิวมหาสมุทร ก็จะต้องถูกหอคดสมมติกับใต้ห้องทะเล ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมา

ปัญหายุ่งยากอีกประการหนึ่งของโอเทคคือ เป็นระบบที่ต้องใช้น้ำปริมาณมาก ตัวอย่างเช่นระบบที่ผลิตไฟฟ้าขนาด 250 เมกะวัตต์ต่อวินาที ใช้น้ำถึง 1,416 ลูกบาศก์เมตร (50,000 ลูกบาศก์ฟุต) ต่อวินาที เทียบเท่ากับอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำสายใหญ่ ๆ เช่น แม่น้ำมิสซูรี (Missouri) ในอเมริกา นอกจากนี้ยังมีข้อสงสัยทางกฎหมายที่เกี่ยวกับโอเทค เช่น ใครจะเป็นเจ้าของความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำในมหาสมุทร บริเวณนอกเขตของรัฐต่าง ๆ ของอเมริกาซึ่งมีขอบเขตติดทะเล ตัวระบบโอเทคทำหน้าที่เปลี่ยนอุณหภูมิผิวของมหาสมุทรและเป็นไปได้หรือไม่ที่จะทำให้เกิดผลกระทบต่อภูมิอากาศหรือทำให้ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงได้

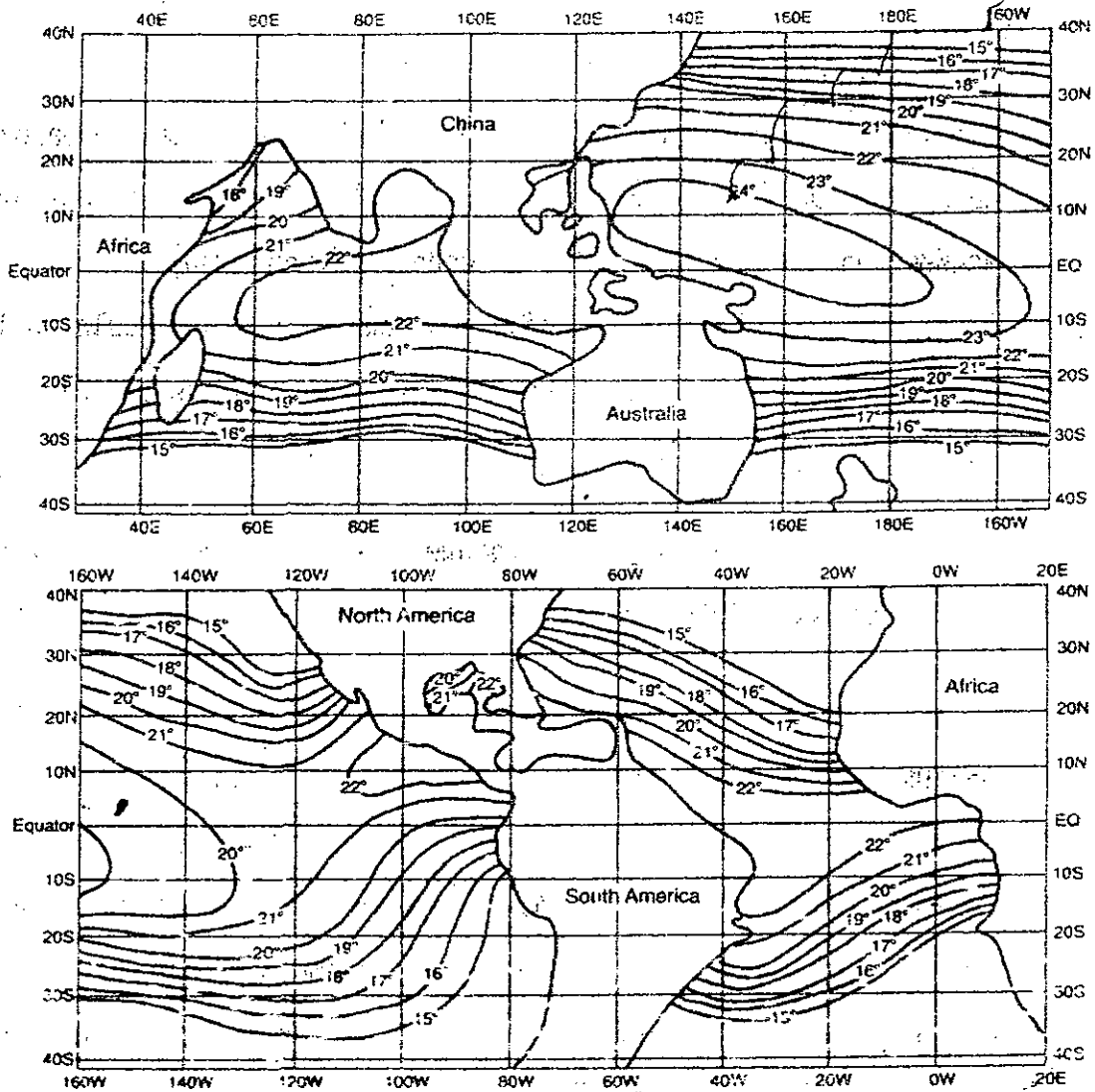
3.2 แหล่งพลังงานความร้อนจากมหาสมุทรและตัวอย่างโครงการโอเทค

ระหว่างเส้นรุ้งที่ 10° เหนือ และ 10° ใต้ เป็นบริเวณที่เหมาะสมกับการติดตั้งสถานีโอเทค เนื่องจากกระแสลมที่พัดผ่านไม่รุนแรง พายุเฮอริเคนเกิดขึ้นน้อยมาก กระแสน้ำมีความเร็วต่ำกว่า 1 นอต (1 นอต = 1.84 กิโลเมตร/ชั่วโมง) บริเวณนี้มีพลังงานแสงอาทิตย์ตกกระทบผิวน้ำประมาณ 215 วัตต์/ตารางเมตร พื้นที่ระหว่างเส้นรุ้งทั้งสองมีมากกว่า 80 ล้านตารางกิโลเมตร นับว่าเพียงพอต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อสนองความต้องการของโลกได้

โดยทั่วไปเชื่อกันว่า ความแตกต่างของอุณหภูมิจากผิวน้ำถึงระดับความลึก 1,000 เมตร หรือ 3,281 ฟุต มีประมาณ 20°C (ประมาณ 36°F) น่าจะพอเพียงต่อการทำงานของระบบโอเทค แต่ปัญหาที่เห็นได้ชัดที่สุดคือบริเวณที่สามารถจัดตั้งเครื่องมือได้ตามข้อกำหนดดังกล่าวมีอยู่น้อย โดยเฉพาะสถานที่ที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิและอยู่ไม่ไกลจากฝั่ง

ดังภาพที่ 13

ตัวอย่างภูมิภาคที่มีศักยภาพในการดำเนินโครงการโอเทค เช่นบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศสหรัฐอเมริกาช่วงตอนใต้ของรัฐฟลอริดากว้างประมาณ 30 กิโลเมตร



ภาพที่ 13 ความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำในมหาสมุทรต่าง ๆ เป็นองศาเซลเซียส ระหว่างผิวน้ำและที่ระดับความลึก 3,000 เมตร (3,281 ฟุต)

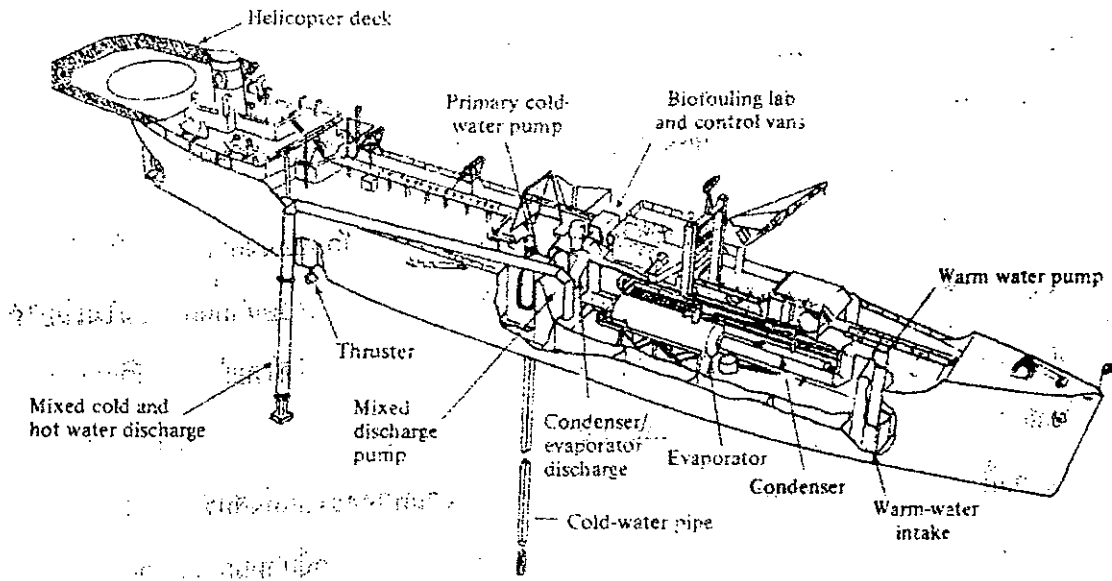
(Source : From Ocean Thermal Energy Conversion Environmental Issues. A discussion paper from NOAA, September 1980. In Ross, 1988. p.421.)

ต่อขึ้นไปทางทิศเหนือเป็นแนวยาวประมาณ 1,000 กิโลเมตร (621 ไมล์) ตามขอบตะวันตกของกระแสน้ำอุ่นกัลฟ์สตรีม (Gulf Stream) (เป็นกระแสน้ำที่ไหลจากอ่าวเม็กซิโกขึ้นไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกา) กองทุนวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (The National Science Foundation) ของสหรัฐฯ เป็นผู้สนับสนุนการทดลองระบบโอเทค โดยตั้งโครงการขึ้นในบริเวณดังกล่าว ณ จุดที่ห่างจากเมืองไมอามี รัฐฟลอริดา 25 กิโลเมตร (15.5 ไมล์) ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

สำหรับประเทศไทย บริเวณที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิเหมาะสมที่น่าจะพัฒนาการใช้พลังงานความร้อนจากมหาสมุทรคือแถบทะเลอันดามัน

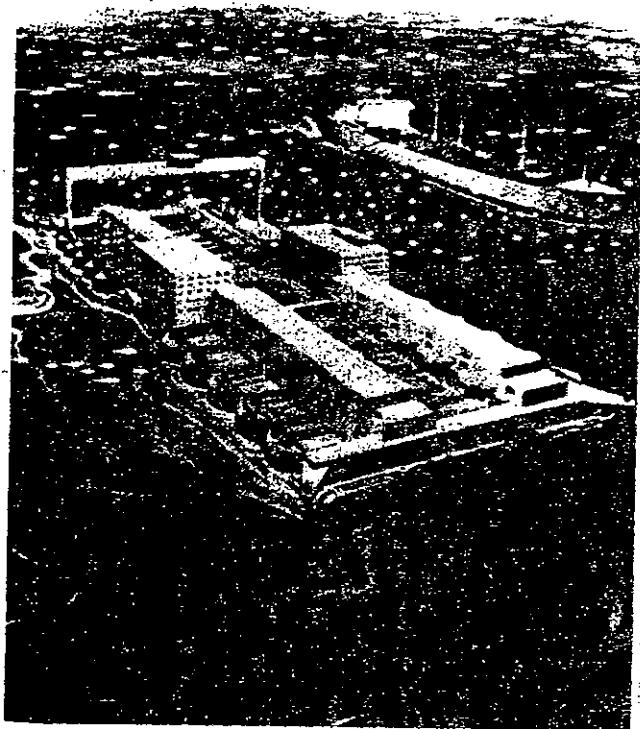
ในปี ค.ศ. 1979 การทดสอบระบบโอเทคที่เรียกว่ามินิ-โอเทค (Mini-OTEC) ประสบผลสำเร็จโดยสามารถดำเนินการได้เป็นเวลากว่า 25 ชั่วโมง ระบบติดตั้งอยู่บนเรือของกองทัพเรือสหรัฐฯ การทดสอบกระทำที่ คี-อะโฮ โพลิน (Ke-Ahole Point) ใกล้หมู่เกาะฮาวาย อุปกรณ์ในระยะนี้ได้รับการออกแบบอย่างง่าย โดยไม่อาศัยเงินทุนสนับสนุน สร้างขึ้นเพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องมือต่าง ๆ ภายใต้สภาพในมหาสมุทร ระบบสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 50 กิโลวัตต์ ในจำนวนนี้นำมาใช้ในตัวระบบ 40 กิโลวัตต์ ส่วนที่เหลืออีก 10 กิโลวัตต์ส่งไปใช้ในกิจการอื่น อุปกรณ์สำคัญของระบบคือท่อยาว 609 เมตร (2,000 ฟุต) เส้นผ่าศูนย์กลาง 56.1 เซนติเมตร (22.1 นิ้ว) จำนวน 1 ท่อ

ระบบที่ทันสมัย และมีขนาดใหญ่กว่ามินิ-โอเทคคือ โอเทค-วัน (OTEC-1) มีกำลังผลิตกระแสไฟฟ้า 1 เมกะวัตต์ (1,000 กิโลวัตต์) เป็นระบบที่ทำการนำเสนอแล้ว แต่ยังมีได้นำมาใช้งาน ทั้งนี้อยู่ระหว่างการทดสอบ การทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และระบบที่เกี่ยวข้องภายใต้สภาวะในมหาสมุทร ระบบนี้ถูกติดตั้งอยู่บนเรือบรรทุกน้ำมัน เชปาเช (Chepachet) และปฏิบัติการในน่านน้ำของฮาวายตามภาพที่ 14 หากมองในแง่เศรษฐศาสตร์แล้ว ถือว่าระบบนี้ยังอยู่ในขั้นวางแผนนกระดาศ แต่ก็นับเป็นก้าวสำคัญที่นำไปสู่การลดวิกฤติการณ์พลังงานลงได้ถ้าการดำเนินงานเป็นไปตามความคาดหมาย



ภาพที่ 14 เรือบรรทุกน้ำมันเชปาเชต (Chepachet) ถูกดัดแปลงให้เป็นเรือบรรทุกโรงผลิตกระแสไฟฟ้าระบบโอเทค-วัน (OTEC-1) มีการทดสอบทางวิศวกรรมโดยผลิตกระแสไฟฟ้า 1 เมกะวัตต์ เพื่อประเมินระบบแลกเปลี่ยนความร้อนและระบบที่เกี่ยวข้อง

(Source : Courtesy of U.S. Department of Energy. In Thurman, 1987. p.122.)



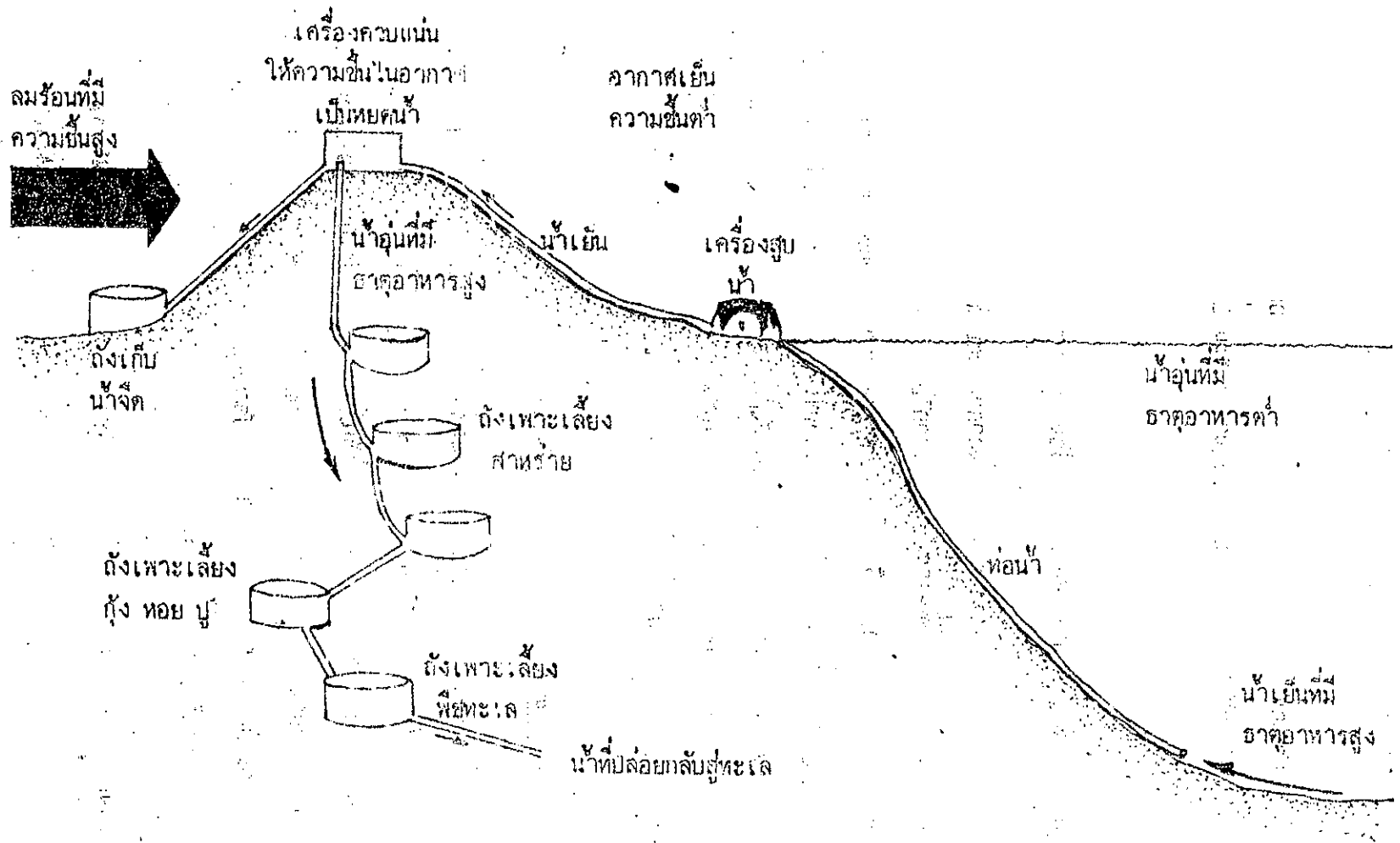
ภาพที่ 15 ระบบโอเทคที่ใช้ผลิตแอมโมเนีย โรงงานนี้แล่นไปได้ในทะเลโดยผ่านน้ำเขตร้อน ผลิตแอมโมเนียได้ร้อยละ 1.4 ของปริมาณที่ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกาแต่ละปี ทำให้ประหยัดแก่สังคมชาติได้ถึงปีละ 22.6 พันล้านลูกบาศก์ฟุต

(Source : Courtesy of U.S. Department of Energy. In Thurman, 1987. p.122.)

3.3 การใช้ประโยชน์พลังงานความร้อนจากมหาสมุทรสำหรับด้านอื่น

นอกจากการผลิตรกระแสไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนของมหาสมุทรแล้ว พลังงานชนิดนี้สามารถนำมาใช้ผลิตสารแอมโมเนียได้ด้วย โรงงานลอยน้ำที่ผลิตแอมโมเนียได้ 586,000 ตันต่อปีนั้น มีผู้เขียนไว้ในรายงานการศึกษาความเป็นไปได้โดยห้องปฏิบัติการทางฟิสิกส์ประยุกต์จอห์น ฮอปกินส์ (Johns Hopkins Applied Physics Laboratory) รายงานนี้เสนอต่อหน่วยงานที่หน้าที่เกี่ยวกับการบริหารงานทางทะเลแห่งสหรัฐ (U.S. Maritime Administration) กล่าวถึงเรือที่จะใช้สารนี้ว่ามีน้ำหนัก 68,000 ตัน กว้าง 60 เมตร (197 ฟุต) และยาว 144 เมตร (472 ฟุต) เคลื่อนที่ผ่านผิวน้ำในเขตร้อน ด้วยความเร็วไม่เกิน 2 กิโลเมตร/ชั่วโมง (1.2 ไมล์/ชั่วโมง) ใช้พลังงานที่ได้จากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างน้ำร้อนที่ผิวน้ำ กับน้ำเย็นที่ระดับลึกลงไป เพื่อผลิตแอมโมเนีย ในสถานีหนึ่ง ๆ สามารถผลิตแอมโมเนียได้ร้อยละ 1.4 ของปริมาณที่ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยร้อยละ 75 ของปริมาณที่ผลิตได้นำไปเป็นวัตถุดิบในการทำปุ๋ย ซึ่งเป็นการประหยัดแก๊สธรรมชาติได้ถึง 22.6 พันล้านลูกบาศก์ฟุตต่อปี (ภาพที่ 15)

โครงการโอเทคสามารถดำเนินการร่วมกับระบบอาร์ทีทีซีแอล อัพเวลลิง (Artificial upwelling) ซึ่งหมายถึงการนำน้ำที่มีธาตุอาหารอยู่มากในระดับลึก ขึ้นมายังผิวน้ำเพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงทางน้ำ (Aquaculture) หรือเป็นการนำทรัพยากรทางทะเลมาเพาะเลี้ยงสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในทะเล (Mariculture) หากเทคนิคนี้สามารถดำเนินการได้จริงแล้ว จะทำให้ผลผลิตทางชีวภาพเพิ่มมากขึ้น น้ำในระดับลึกที่มีธาตุอาหารมากสามารถนำมาเพาะเลี้ยงสาหร่าย นอกจากนั้นยังใช้เพาะเลี้ยงสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อยู่ในห่วงโซ่อาหารระดับสูงขึ้นไปได้ด้วย น้ำจากที่ดังกล่าวซึ่งเย็นกว่าจะช่วยลดอุณหภูมิของน้ำในบริเวณผิวน้ำที่มีอุณหภูมิสูงซึ่งเป็นบริเวณที่ตั้งของระบบโอเทคได้ด้วย (ภาพที่ 16) ในการลดอุณหภูมินี้จะกระทำได้สะดวกโดยเฉพาะบริเวณใกล้กับเกาะที่ตั้งอยู่ในทิศทางหลักของลม และมีปริมาณความชื้นสูง ทั้งนี้น้ำเย็นสามารถทำให้ความชื้นในบรรยากาศควบแน่นกลายเป็นน้ำ โดยการผ่านน้ำทะเลที่เย็นเข้าไปยังชุดเครื่องควบแน่นที่ติดตั้งอยู่ในทิศทางลม ลมร้อนที่พัดผ่านมาจะมีอุณหภูมิลดลง ส่วนความชื้นที่ลมพามาด้วยจะควบแน่นกลายเป็นน้ำที่ใช้ดื่มได้



ภาพที่ 16 การนำน้ำเย็นที่มีธาตุอาหารสูงในทะเลลึก ขึ้นมาใช้เพาะเลี้ยงสิ่งมีชีวิตจากทะเล และผลิตน้ำจืด

(Source : Ross, 1988. p.422.)

ความเป็นไปได้จากระบบ Artificial upwelling อีกประการหนึ่งคือ น้ำเย็นที่ถูกนำขึ้นมาสามารถนำไปหล่อเย็นเตาปฏิกรณ์ปรมาณู หรือระบบอื่น ๆ ในลักษณะเดียวกันได้

4. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร

เนื่องจากระบบโอเทคมิได้ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ หรือปล่อยของเสียที่เป็นพิษออกมาเลย จึงถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทางที่ไม่ดี น้อยมาก แต่ยังไม่มีความชัดเจนนักว่าผลจากการสูบน้ำเย็น รวมทั้งธาตุอาหารจำนวนมากขึ้นมาจากบริเวณน้ำลึก และนอกจากนี้ในกระบวนการโอเทคจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยขึ้นสู่บรรยากาศ อันจะทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศมากน้อยเพียงใด ดังนั้น ต้องมีการศึกษาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นในการทำโครงการเกี่ยวกับเทคโนโลยีโอเทคอย่างระมัดระวังก่อนที่จะมีการก่อสร้างโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้น

5. แนวโน้มการพัฒนาระบบใช้พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร

ระบบโอเทคน่าจะเหมาะสำหรับบริเวณหรือประเทศที่เป็นเกาะ ที่ตั้งอยู่ในเขตร้อน เช่น ฮาวาย หรือเปอร์โตริโก (Puerto Rico) รวมทั้งประเทศกำลังพัฒนาทั้งหลายที่ตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร และยังต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศในอัตราสูง เช่น ประเทศแถบอเมริกากลาง อเมริกาใต้ตอนเหนือและตอนกลาง แอฟริกาแถบคองโก ไชมาลีแควีลอน วินโกนีเซีย นิวกินี บอเนียว ฟิลิปปินส์ และไต้หวัน ปัจจุบันประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น ญี่ปุ่น ฝรั่งเศส เวียดนาม สวิตเซอร์แลนด์ และสหรัฐอเมริกา กำลังเร่งทำวิจัยและพัฒนาแผนของระบบโอเทคกันอยู่

เนื่องจากมีข้อจำกัดในการกระจายความร้อนของโลกไม่สม่ำเสมอ การพัฒนาระบบโอเทคจึงเหมาะสำหรับประเทศในเขตร้อน ส่วนประเทศที่อยู่ทางตอนบนของซีกโลกเหนือ เช่น ประเทศอังกฤษไม่สามารถรับประโยชน์จากโอเทคได้ดีเท่ากับประเทศที่อยู่ในเขตกึ่งร้อนหรือเขตร้อนที่ค่าลมมา เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ศักยภาพของโอเทคจะจำกัดอยู่บริเวณหมู่เกาะฮาวาย และพื้นที่บริเวณอ่าวคอสท์ (Gulf Coast) ทั้งนี้บริเวณนี้เป็นสถานที่ที่มีพลังงาน

ความร้อนสูงอยู่แล้ว โอลิเทคจะช่วยลดความไม่สมดุลของการผลิตพลังงานเพื่อใช้บนฝั่งได้
 อย่างไรก็ตามในฮาวายซึ่งมีแหล่งพลังงานอย่างอื่นแต่ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ดังนั้น
 โอลิเทคจึงกลายเป็นแหล่งสำคัญของการผลิตไฟฟ้า ซึ่งในความจริงแล้วโครงการขนาดเล็ก
 ได้รับการคิดตั้งขึ้นเมื่อไม่นานมานี้ ณ บริเวณนอกชายฝั่งฮาวาย สามารถผลิตกระแสไฟฟ้า
 ในปริมาณที่น่าพอใจ ก่อนที่จะเกิดปัญหาทางกลไกทำให้ระบบต้องถูกปิดลง การไฟฟ้าของฮาวาย
 มีแผนจัดซื้อระบบโอลิเทคที่ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 50 เมกะวัตต์ หลังจากปี ค.ศ. 1980

โครงการสถานีโอลิเทคสามารถดำเนินการให้แล้วเสร็จได้ในเวลาอันรวดเร็ว
 นับจากขั้นเริ่มแนวคิดจนถึงขั้นดำเนินการให้แล้วเสร็จ อาจใช้เวลาประมาณ 5-10 ปี
 ซึ่งจะช่วยป้องกันมิให้เพิ่มต้นทุนมากในการก่อสร้าง เช่น การก่อสร้างโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า
 อื่น ๆ ที่ใช้เวลานาน ความจริงโอลิเทคเป็นระบบที่มีความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจมากกว่า
 เทคโนโลยีชนิดอื่น เช่น ดาวเทียม พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar satellites)

งานวิจัยเกี่ยวกับโอลิเทคได้ดำเนินการได้เพียงไม่กี่ปี โดยบริษัทล็อกฮีท (Lockheed)
 บริษัทเบคเทล (Bechtel) บริษัททีอาร์บีเบิลยู (TRW) หน่วยงานพัฒนาทางทะเลโลก
 (Global Marine Development) และยูไนเต็ดเอนจิเนียแอนด์คอนสตรัคเตอร์
 (United Engineers and Constructors) ร่วมมือกันทำวิจัยเกี่ยวกับโครงการโอลิเทค
 ซึ่งได้รับเงินสนับสนุนจากกองทุนวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Foundation)
 กรมการพลังงานแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Department of Energy : DOE)
 กล่าวว่าโอลิเทคเป็นเทคโนโลยีแห่งความหวัง ("Promising") แต่ DOE ยังไม่หวังว่า
 จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในปริมาณที่สำคัญหรือมากพอเพียงพอต่อการใช้อีกในปี ค.ศ. 2000
 ผู้เขียนเห็นว่าแม้โอลิเทค ยังเป็นเทคโนโลยีใหม่แต่แนวโน้มอนาคตน่าจะเป็นสิ่งที่ประสบผลสำเร็จ
 ได้ดี

บรรณานุกรม

วิทยาศาสตร์, คณะ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, พลังงาน. กรุงเทพฯ :
 ห้างหุ้นส่วนจำกัดอักษรเจริญทัศน์, 2531.

Mills R, Toké Arun N, Mills S. Energy, economics, and the environment.
 Englewood Cliffs : Prentice-Hall, Inc., 1985.

Ross D. Introduction to oceanography. 4th ed. Englewood Cliffs :
 Prentice-Hall, Inc., 1968.

Thurman, Harold V. Essentials of oceanography. 2nd ed. Columbus :
 Merrill Publishing Company A Bell & Howell Company, 1987.

ลำดับที่ 9

รายงานการสำรวจ

ธรณีวิทยาเบื้องต้น
ในท้องที่อำเภอหนองบัว จังหวัดเลย

(บริเวณที่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒขอใช้พื้นที่จากกรมป่าไม้
เพื่อเป็นสถานที่ฝึกปฏิบัติงานภาคสนาม)

นายวิชาญ วัฒนศิริ
S. SIVAT SAMPANAN

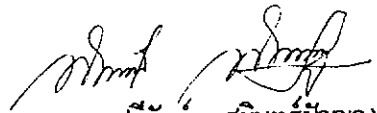
โดย

เสวีวัฒน์ สนิทกรปัญญา

มิถุนายน 2534

คำนำ

รายงานฉบับนี้ เป็นรายงานการสำรวจธรณีวิทยาเบื้องต้น ของพื้นที่ส่วนหนึ่งในเขตท้องที่ อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย สืบเนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นเขตที่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ขออนุญาตจากกรมป่าไม้ เพื่อใช้เป็นสถานที่ฝึกปฏิบัติงานภาคสนามของนิสิต ผู้สำรวจจึงมีโอกาส ออกปฏิบัติงานภาคสนาม ระหว่างวันที่ 29 เมษายน ถึงวันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ. 2534 เพื่อศึกษา ข้อมูลทางธรณีวิทยาเบื้องต้นรวมทั้งการสำรวจการใช้ประโยชน์ที่ดินตามสภาพที่เป็นอยู่ (Existing land use) อันจะมีประโยชน์ต่อการศึกษาระดับปริญญาชั้นรายละเอียด และเป็นข้อมูลประกอบการวางแผนการจัดใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณดังกล่าวต่อไป อนึ่งวัตถุประสงค์หลักของรายงานเล่มนี้ จะเน้นการสำรวจธรณีวิทยา อย่างไรก็ตามเพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้ใช้รายงานนี้ ผู้สำรวจได้ แสดงข้อมูลผลการสำรวจการใช้ประโยชน์ที่ดินไว้ด้วยแล้วในบทที่ 1 ข้อ 1.4.3


(นายเสวีวัฒน์ สมิทธิ์ปัญญา)

ผู้สำรวจ

9 มิถุนายน 2534

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ระยะเวลาศึกษาและขั้นตอนการปฏิบัติงาน	2
1.3 กิตติกรรมประกาศ	2
1.4 สถานภูมิศาสตร์	3
1.4.1 บริเวณที่ตั้งของพื้นที่สำรวจ	3
1.4.2 ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไป	3
1.4.3 ภูมิอากาศ ลักษณะพืชพันธุ์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน	3
บทที่ 2 ธรณีวิทยาทั่วไป	7
2.1 การกระจายของหินส่วนใหญ่	7
2.2 โครงสร้างหลักในหน่วยหิน	7
2.3 ธรณีประวัติ	9
บทที่ 3 การลำดับชั้นหิน ลักษณะเนื้อหิน ธรณีโครงสร้าง และธรณีสัณฐาน	10
3.1 การลำดับชั้นหิน	10
3.2 ลักษณะเนื้อหิน	10
3.3 ธรณีโครงสร้าง	12
3.4 ธรณีสัณฐาน	12
บทที่ 4 สรุป วิจารณ์ และข้อเสนอแนะ	14
บรรณานุกรม	16
ภาคผนวก (ตารางธรณีภาค)	17

บทที่ 1

บทนำ

เนื่องจากบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ส่วนหนึ่งของประเทศที่ยังมิได้ทำการสำรวจธรณีวิทยา โดยทั่วถึง เกี่ยวกับชนิดของหินต่าง ๆ ที่แผ่กระจายอยู่ตลอดพื้นที่ จึงอาจเป็นปัญหาอุปสรรคต่อการวางแผนการจัดใช้ประโยชน์ที่ดิน ตามเป้าหมายของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งต้องใช้ข้อมูลทางธรณีวิทยาเป็นรากฐานที่สำคัญ นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษายังเป็นประโยชน์ต่อการสำรวจและศึกษาธรณีวิทยาโดยละเอียด และมีคุณค่าต่อการวางแผนเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งในด้านทรัพยากรแร่ การก่อสร้าง การอุตสาหกรรม และทางเกษตรกรรม ผู้สำรวจจึงได้ออกปฏิบัติงานภาคสนามเพื่อสำรวจธรณีวิทยาเบื้องต้นครั้งนี้ในระหว่างวันที่ 29 เมษายน - 2 พฤษภาคม พ.ศ. 2534

1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1 เพื่อให้ได้มาซึ่งแผนที่ธรณีวิทยาเบื้องต้น

1.1.2 เพื่อให้ทราบถึงการเรียงลำดับชั้นหินต่าง ๆ (Stratigraphy) สภาพการเปลี่ยนแปลง (Metamorphism) รวมถึงธรณีวิทยาโครงสร้าง แหล่งแร่ต่าง ๆ ธรณีสัณฐาน (Geomorphology) และธรณีประวัติ (Geologic history)

1.2 ระยะเวลาศึกษาและขั้นตอนการปฏิบัติงาน

การศึกษาครั้งนี้ใช้เวลา 2 เดือน เริ่มตั้งแต่ 15 เมษายน ถึง 15 มิถุนายน พ.ศ. 2534 ดังมีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังนี้

เดือน	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	หมายเหตุ
กิจกรรม				
1) ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	→			
2) สืบรวจภาคสนาม	→			29 เมย. - 2 พค. 34
3) ทำแผนที่		→		
4) เขียนและพิมพ์รายงาน			→	

1.3 กิตติกรรมประกาศ

ผู้สำรวจขอขอบคุณ ดร. พิสิทธิ์ สารวิจิตร ที่ให้ความสะดวกในด้านที่พักตลอดช่วงเวลาสำรวจภาคสนาม ผศ. น้อม งามนิสัย ที่ให้กำลังใจในการศึกษาข้อมูลธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา รวมทั้งให้คำปรึกษาวิชาการด้านภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและมีประโยชน์ต่อการสำรวจ คุณสมพงษ์ ชีเกตุ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการขนย้ายหินตัวอย่าง ช่วยอำนวยความสะดวกตลอดช่วงเดินสำรวจและดำเนินการด้านเอกสาร และนายเกียรติวงศ์ ด่านพงษ์กร นายราชัน ฝั่งประกายกรวิทย์ ดันตยานนท์กุล นางสาวนิตชา วงศ์ศาโรจน์ นางสาวพรประกาย ชาราศักดิ์ รางสาวอมรรัตน์ สุวรรณโมฆิต ซึ่งเป็นนิสิตภาควิชาภูมิศาสตร์ได้ช่วยเดินสำรวจทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยวิธีนับก้าว

1.4 สภาพภูมิศาสตร์

1.4.1 บริเวณที่ตั้งของพื้นที่สำรวจ

รายงานนี้ใช้แผนที่ภูมิประเทศจากกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1 : 50,000 ราว 5243 IV เป็น Base map บริเวณที่ทำการสำรวจอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ $17^{\circ} 29'$ เหนือขึ้นไปจนถึงเส้นรุ้งที่ $17^{\circ} 30'$ เหนือ และอยู่ระหว่างเส้นแวงที่ $101^{\circ} 03'$ ถึงเส้นแวงที่ $101^{\circ} 04'$ ตะวันออก ทิศเหนือจดกับถนนสายบ้านเมืองแพ้ว - บ้านแสงพา (ทางหลวงหมายเลข 1268) ทิศใต้จดน้ำแพ้ว ทิศตะวันออกจดแนวเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าภูเป้อย ภูชี้เจ้า ภูเรือ และทิศตะวันตกจดแนวห้วยลกกก (ชาวบ้านเรียกว่าห้วยนาห้าง) ครอบคลุมพื้นที่รวม 1,667 ไร่ 3 งาน 87 ตารางวา หรือประมาณ 2.67 ตารางกิโลเมตร (ภาพที่ 1.1)

1.4.2 ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไป

พื้นที่ศึกษาเป็นภูเขา สูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 480 เมตร ถึง 566 เมตร เฉลี่ย 523 เมตร มีความชันเฉลี่ยประมาณ 13 องศา มีน้ำแพ้วและห้วยหมื่นไหลผ่านพื้นที่จากทิศตะวันตกสู่ตะวันออก และลงสู่น้ำหุบ บริเวณนอกพื้นที่ทางทิศตะวันออก บริเวณ 2 ข้างฝั่งของลำน้ำแพ้ว และห้วยหมื่นมีที่ราบแคบ ๆ เป็นบางแห่ง

1.4.3 ภูมิอากาศ ลักษณะพืชพันธุ์ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ภูมิอากาศของพื้นที่ซึ่งในพื้นใช้ค่าเฉลี่ยในคาบ 30 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2494 - 2523 วัดที่สถานีวัดอากาศ จังหวัดเลย ของกรมอุตุนิยมวิทยา พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย 25.8°C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 72 % ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,236.2 มม.ต่อปี

จากการสำรวจของเจ้าหน้าที่ป่าไม้ เขตอุดรธานีและเจ้าพนักงานป่าไม้ จังหวัดเลย เมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ. 2533 ถึงมีนาคม พ.ศ. 2534 พบว่าพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่กว่า 60 % ยังเป็นป่าที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ ซึ่งอยู่ตอนกลางตอนลงมาทางทิศใต้ของพื้นที่ และพื้นที่ทั้งหมดอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ (ภาพที่ 1.1) ไม้ส่วนใหญ่ประกอบด้วย ต้นเหียง ถึง 34.9 % กอ 32.5 % ส้าน 12.7 % ไม้อื่น ๆ เช่น ไม้ประดู่ ด้วง เต็ง รัง และยมหิน เป็นต้น (ดังตารางที่ 1.1) ส่วนบริเวณขอบของพื้นที่ส่วนที่ติดกับถนนสายบ้านเมืองแพ้ว - แสงพา ชาวบ้านจะใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชไร่ พืชสวน ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวไร่ ถั่วลิสง ส้ม มะม่วง มะขาม เป็นต้น (ภาพที่ 1.2)

ตารางที่ 1.1 จำนวนพันธุ์ไม้ขนาดเส้นรอบวง ตั้งแต่ 50 ซม. ขึ้นไป (วัดที่ความสูงระดับอก)
ในพื้นที่ศึกษา

ชื่อพันธุ์ไม้	จำนวน (ต้น)	%
1) เหียง	277	34.9
2) กอ	258	32.5
3) ส้าน	101	12.7
4) ประดู่	53	6.7
5) ตั้ว	46	5.8
6) เต็ง	19	2.4
7) รัง	15	1.9
8) ยมหิน	7	0.8
9) มะขาม	3	0.4
10) ตีนหมา	2	0.3
11) กระพี้	2	0.3
12) มะกล่ำ	2	0.3
13) ตะแบก	2	0.3
14) กระจ่าง	1	0.1
15) ประดู่เล็ก	1	0.1
16) ตะแบกใหญ่	1	0.1
17) มะค่า	1	0.1
18) แดง	1	0.1
19) มะขามป้อม	1	0.1
20) พลวง	1	0.1
รวม	794	100

บทที่ 2

ธรณีวิทยาทั่วไป

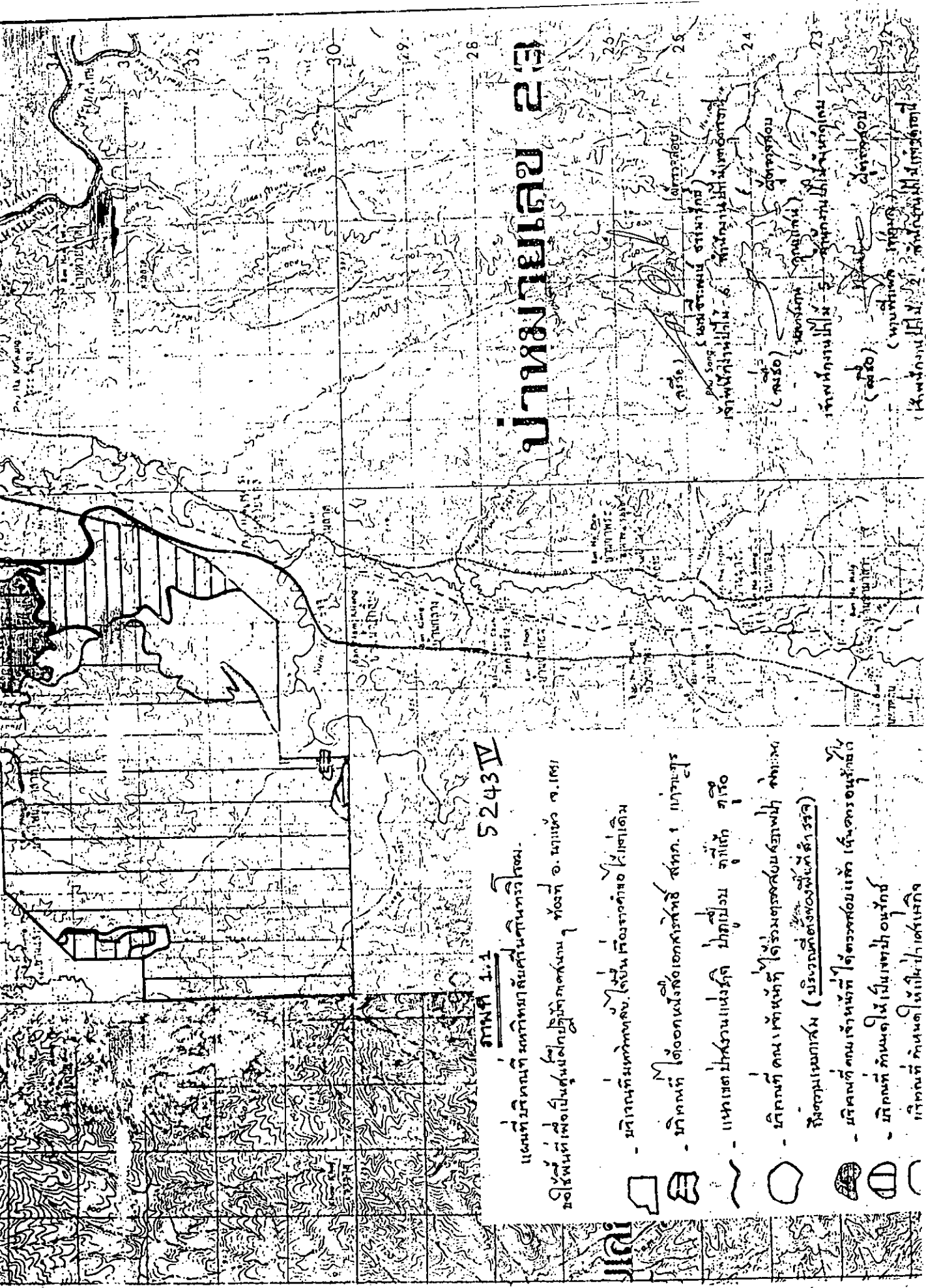
2.1 การกระจายของหินส่วนใหญ่

หินที่พบเป็นหินตะกอนทั้งหมด ได้แก่ หินทราย และ หินทรายแป้ง (ภาพที่ 2.1) หินเหล่านี้มีสีแดงเกือบทั้งหมด ตามแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1 : 500,000 สำรวจโดย กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี ฉบับตีพิมพ์เมื่อ ค.ศ. 1983 ให้สัญลักษณ์เป็น K7 แสดงว่า บริเวณนี้เป็นหินที่ยังพบรายละเอียดจากการสำรวจไม่เพียงพอ หรือยังไม่สามารถกำหนดชื่อหน่วยได้ชัดเจน ประกอบไปด้วยหินทรายสีแดงแกมน้ำตาล ขนาดอนุภาคละเอียดถึงปานกลาง (1/8 - 1/2 มม.) มีการจัดเรียงตัวก้นดี เนื้อแน่น และพบมีการวางชั้นเฉียงระดับ (Cross bedding) ที่หนาด้วยอย่างไรก็ตามกรมทรัพยากรธรณี จัดให้หินในบริเวณนี้เทียบเคียงกับหินหน่วยโคกกรวดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาตอนบนของยุคครีเทเชียส (ช่วง 115-65 ล้านปีล่วงมาแล้ว)

2.2 โครงสร้างหลักในหน่วยหิน

หินหน่วยนี้เป็นหินตะกอนที่ประกอบด้วยหินทราย สีแดงแกมน้ำตาล เป็นส่วนใหญ่ซึ่งแสดงลักษณะโครงสร้างเป็นชั้นหิน (Bedding) ชนิด Planar structure (โครงสร้างที่เรียงเป็นชั้นขนานกัน) วางตัวในแนวราบหรือเกือบราบ มีความหนาชั้นละ 3 เมตร เช่นที่ น้ำตกธารสวรรค์ (ที่กริด 189346) มีบางบริเวณซึ่งเป็นส่วนน้อย เช่น ไกล่อย่างเก็บน้ำ ห้วยหมื่น (กริด 187353) พบชั้นหินทรายแทรกสลับกับหินทรายแป้ง ความหนา 30 ซม. และ 7 ซม. ตามลำดับ มีการวางตัว N35W Dip 11°W

นอกจากนี้ยังพบรอยแยก (Joint) ในชั้นหินทรายโดยทั่วไปอีกด้วย เช่น บริเวณที่เรียกว่า " หินสามเส้า " ซึ่งเป็นฝายน้ำล้นของน้ำแพร่ บริเวณกริด 172347 ลักษณะของรอยแยกที่พบวางตัวแนวเหนือใต้ Dip 90° และยังพบที่บริเวณน้ำตกธารสวรรค์ เป็นต้น



แผนที่ภูมิประเทศ 23

5243 IV

แผนที่ภูมิประเทศ ภูมิประเทศในบริเวณที่...

จุดพื้นที่ที่...

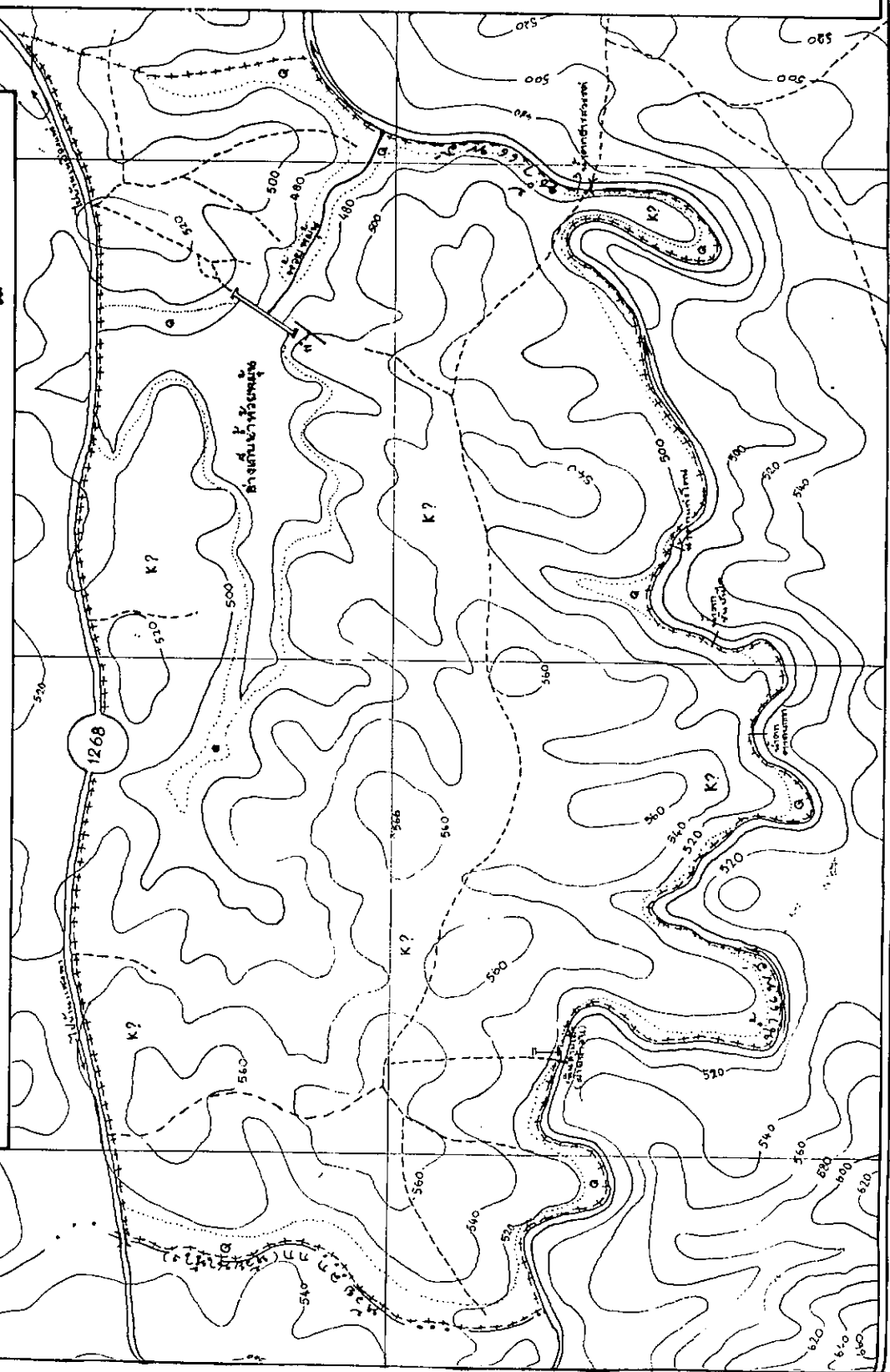
- บริเวณที่...
- บริเวณที่...
- บริเวณที่...
- บริเวณที่...
- บริเวณที่...
- บริเวณที่...



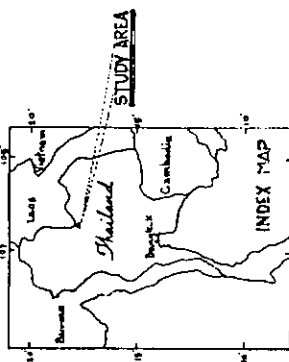
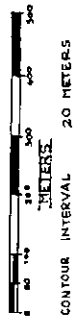
ภาพที่ 2.1

แผนที่ธรณีวิทยา (GEOLOGICAL MAP)

บริเวณทางหลวงสายศรีนครินทราวุฒิชัยเพื่อเป็นสถานที่ศึกษาปฏิบัติงานภาคสนาม



SCALE 1:8930



คำอธิบาย

□ G ดินชั้นใหม่, ดินเหนียวปนทรายสีเทา, ดินเหนียวปนทรายสีเทาปนน้ำเงิน
 □ K? ธรณีสัณฐานไม่แน่นอน (UNCONFORMITY)

ศึกษารายละเอียดแผนที่ภาคพื้นดินของประเทศไทย ซึ่งจัดทำโดยกรมแผนที่ทหารบก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2480 และแก้ไขเพิ่มเติมโดยกรมแผนที่ทหารบก และกรมแผนที่ทหารอากาศ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2500 เป็นต้นมา
 PETZOLD 1924 & MCGRADE 1962 ปรากฏในแผนที่ภาคพื้นดิน FELDSPATHIC GREENSLAND ? ปรากฏในแผนที่ธรณีสัณฐานในประเทศไทย

สัญลักษณ์

- - - - - แนวเขตดินแดนของประเทศไทย
 - - - - - แนวเขตประเทศเพื่อนบ้าน
 - - - - - แนวเขตจังหวัด
 - - - - - แนวเขตอำเภอ
 - - - - - แนวเขตตำบล
 - - - - - แนวเขตหมู่บ้าน
 - - - - - แนวเขตถนน
 - - - - - แนวเขตทางรถไฟ
 - - - - - แนวเขตคลองชลประทาน
 - - - - - แนวเขตคันดิน
 - - - - - แนวเขตคันดิน
 - - - - - แนวเขตคันดิน
 - - - - - แนวเขตคันดิน

2.3 ธรณีประวัติ

จากการสำรวจของกรมทรัพยากรธรณีระบุว่า พื้นที่แห่งนี้เป็นหินตะกอนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาประมาณช่วงบนของยุคครีเทเชียส (115-65 ล้านปี) ซึ่งเป็นช่วงหนึ่งของการเกิดหินตะกอนชุดโคราช กล่าวคือ พื้นที่บริเวณนี้ได้ยกตัวต่อเนื่องกันมาตั้งแต่ยุคไทรแอสซิก (230 ล้านปีล่วงมาแล้ว) ในขณะนั้นตลอดทั้งบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีสภาพเป็นแอ่งสะสมตัวที่เรียกว่า Inland basin อยู่ถัดจากเทือกเขาที่มีการยกตัวขึ้นก่อนแล้ว หลังจากนั้นเริ่มมีการตกตะกอนของหินชุดโคราช ซึ่งเป็นหินที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมที่เป็นน้ำจืด ในระยะนี้เป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศของเปลือกโลกและของประเทศไทยเป็นอย่างมาก ทำให้ทางตะวันตกของประเทศเป็นเทือกเขาเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่เดียวกันทางตะวันออกของประเทศเป็นแอ่งสะสมตัวของตะกอนในน้ำจืดขนาดใหญ่มาก เรียกว่าแอ่งโคราช

พื้นที่ศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของบริเวณแอ่งสะสมตะกอนของแอ่งโคราช ดังนั้นตะกอนที่ตกทับถมในแอ่งนี้จะสะสมตัวเป็นชั้นและแข็งตัวกลายเป็นหิน ชุดโคราช ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเกือบทั้งหมด โดยที่การสะสมตัวของตะกอนในแอ่งสะสมตัวโคราชดำเนินต่อเนื่องไปพร้อม ๆ กับการจมตัวลงของแอ่งนี้ และในช่วงเวลาปลายยุคครีเทเชียส (ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดขึ้นของหินในบริเวณพื้นที่ศึกษา) เรื่อยมาจนถึงยุคครีเทเชียสต่อๆ กับยุคเทอร์เชียรี บริเวณแอ่งสะสมตัวโคราชอาจมีหนทางติดต่อกับทะเลทางตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งทำให้พบแร่ Evaporites (เช่น แร่ยิปซัม เกลือหิน แอนไฮไดรต์) และ Rock salt beds (ชั้นแร่เกลือหิน มีสูตรเคมีเป็น NaCl) ในหินหน่วยโคกกรวด นอกจากนี้ยังพบหินของไดโนเสาร์ Ichthyosaur ซึ่งเป็นสัตว์น้ำเค็มอีกด้วย น้ำทะเลยังคงแทรกเข้ามาในชั้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่อมาจนกระทั่งปลายยุคครีเทเชียสต่อเทอร์เชียรี (ประมาณ 70-65 ล้านปี) จากนั้นเปลือกโลกมีการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่อีกครั้งหนึ่ง กล่าวคือมีการหนูนแทรกของหินแกรนิตขึ้นมา ซึ่งทำให้บริเวณที่เป็นแอ่งสะสมตัวโคราช ยกตัวขึ้นมาเป็นที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือเรียกว่าที่ราบสูงโคราช (Khorat plateau) พื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแอ่งสะสมตัวดังกล่าวยกตัวขึ้นอยู่ในระดับน้ำทะเลและอยู่ในสภาพค่อนข้างคงที่มาจนถึงปัจจุบันนี้

บทที่ 3

การลำดับชั้นหิน ลักษณะเนื้อหิน ธรณีโครงสร้าง และธรณีสัณฐาน

จากการสำรวจทั้งบริเวณพื้นที่ศึกษา และบริเวณข้างเคียง พบว่าหินส่วนใหญ่เป็น หินทรายสีแดงแกมน้ำตาลมีเนื้อแน่น เม็ดแร่ควอร์ตซ์มีขนาดละเอียดมากถึงละเอียด แต่บริเวณที่มีดินปกคลุมและมีความชันสูงจะผุพังง่าย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในเนื้อหินมีแร่เฟลด์สปาร์ปนอยู่มาก นอกจากนั้นบางบริเวณ เช่น ที่อ่างเก็บน้ำห้วยหมื่น ยังพบชั้นหินทรายแป้งแทรกสลับกับหินทราย โดยที่หินทรายแป้งมีเนื้อละเอียดแต่เป็นชั้นบางกว่ามาก กล่าวคือหนาประมาณ 7 ซม. และหินทรายแป้งสีแดงนี้ผุพังง่ายเช่นกัน สำหรับหินทรายส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นชั้น Bedding ที่หนามากมีตั้งแต่ 30 ซม. - 3 ม. (โปรดดูแผนที่ธรณีวิทยา ภาพที่ 2.1 ประกอบ)

3.1 การลำดับชั้นหิน

การลำดับชั้นหินมีลักษณะเนื้อหินของพื้นที่ศึกษามีความแตกต่างกันน้อยมาก ผู้สำรวจจึง จัดให้หินแข็ง (Consolidated rocks) อยู่ในหน่วยเดียวกัน กล่าวคือเป็นลิตีที่มีอายุแก่ที่สุดใน บริเวณนี้คือ ครีเทเชียส ตอนบน

สำหรับหินที่มีอายุอ่อนกว่าจะเป็นตะกอนที่ยังไม่แข็งตัว (Unconsolidated sediments) ซึ่งประกอบด้วยกรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว สีแดง ซึ่งผุพังมาจากหินแข็ง มีทั้งส่วนที่เป็น ตะกอนผุพังอยู่กับที่และที่ถูกอิทธิพลของน้ำพัดพามา พบเห็นทั่วไปตลอดพื้นที่ เช่น ส่วนที่มองเห็น เป็นหน้าดินปิดทับอยู่บนเนินเขา และตามแอ่งที่ลุ่ม ตามสองข้างฝั่งลำน้ำหรือลำห้วย ตะกอนใน หน่วยนี้จะมีอายุอ่อนที่สุดคือ เกิดขึ้นในยุคควอเทอร์นารี (1.8 ล้านปี - ปัจจุบัน)

3.2 ลักษณะเนื้อหิน

หินที่พบในพื้นที่ศึกษาจะ โผล่ให้เห็นค่อนข้างชัดเจน โดยเฉพาะตามบริเวณ ลำธาร ลำห้วย นอกจากนั้น อาศัยบริเวณที่ถนนตัดผ่าน เป็นจุดที่เก็บตัวอย่างหินมาศึกษา แต่ละจุดมีหิน โผล่ให้เห็น

50 % - 80 % ส่วนที่เหลือถูกปิดทับด้วยชั้นดิน

บริเวณน้ำตกธารสวรรค์ (กริด 189346) มีหินทรายโผล่ให้เห็น แต่แนว Basal contact ไม่ชัดเจนเพราะเป็นหินชนิดเดียวกันวางตัวอยู่ด้านล่าง ความหนาของชั้นหิน 3 ม. (Thick bedded) มีรูปแบบของชั้นหินเป็นแบบ Planar หินมีสีแดงอ่อนเนื่องจากได้รับอิทธิพลของน้ำและภูมิอากาศ ส่วนที่ผุจะกลายเป็นสีน้ำตาลแกมเหลือง อนุภาคของเม็ดแร่ประกอบหิน มีขนาดละเอียดมาก (1/16 - 1/8 มม.) มีการคัดขนาดดี (Well sorting) ความกลมเกลี้ยงปานกลาง (Moderately roundness) และมีภาวะทรงกลมปานกลาง (Moderately sphericity) องค์ประกอบของหินมี Matrix 15-75 % ซึ่งเป็นแร่ควอร์ตซ์ น้อยกว่า 75 % มีแร่เฟลด์สปาร์มากกว่าเศษหิน (Rock fragments) โครงสร้างของชั้นหินมีลักษณะ Planar ไม่พบ Fossil จากองค์ประกอบของเนื้อหินที่กล่าวมา สามารถกำหนดชื่อตามหลักของ Petijohn 1954 & McBride 1962 จะได้เป็น "Feldspathic greywacke" ?

ที่บริเวณอ่างเก็บน้ำห้วยหมื่น (กริด 187353) ความหนาของหินที่โผล่ 2 เมตร ประกอบด้วยหิน 2 ชนิด คือ หินทราย และ หินทรายแป้ง หินโผล่ให้เห็น 50 % สัดส่วนของชนิดหินคือ หินทราย 80% หินทรายแป้ง 20 % แนว Basal contact ไม่ชัดเจนเนื่องจากเบื้องล่างเป็นหินชนิดเดียวกันและอยู่ลึกลงไป ความหนาของชั้น Bedding ของหินทราย 30 ซม. (Thick bedded) หินทรายแป้งหนา 7 ซม. (Thin bedded) รูปแบบของชั้นหินเป็น Planar

หินทรายมีสีแดงแกมน้ำตาล ส่วนที่ผุมีสีแดงแกมขาว อนุภาคเม็ดแร่ประกอบหินมีขนาดละเอียด (1/8 - 1/4 มม.) การคัดขนาดดี (Well sorting) ความกลมเกลี้ยงปานกลาง (Moderately roundness) และมีภาวะทรงกลมปานกลาง (Moderately sphericity) องค์ประกอบของหินเป็น Matrix 30 % ซึ่งเป็นแร่ควอร์ตซ์ ประมาณ 75-95 % มีแร่เฟลด์สปาร์มากกว่าเศษหิน (Rock fragments) มีออกไซด์ของเหล็ก ไม่พบ Fossil เมื่อเทียบองค์ประกอบของหินที่กล่าวมากับหลักของ Petijohn 1954 & McBride 1962 จัดเป็นหินทรายที่เรียกว่า "Feldspathic greywacke" ?

สำหรับหินทรายแป้งที่พบเป็นชั้นบาง ๆ แทรกสลับมีสีแดงอ่อน ส่วนที่ผุ มีสีแดงแกมขาว เนื่องจากเนื้อหินถูกอัดแน่นจนเป็นแผ่นบาง ๆ แต่ไม่สามารถมองเห็นเม็ดแร่ด้วยตาเปล่า เพราะเม็ดแร่ประกอบหินมีขนาดเล็กมาก (<1/16 มม.) จึงไม่สามารถบอกองค์ประกอบของหินได้

ส่วนหินที่ " หินสามเส้า " ซึ่งเป็นบริเวณฝายน้ำล้นของน้ำแพร่ (กริด 172346) เป็นหินทรายสี Deep purple red หรือสีแดงแกมม่วงเข้ม ซึ่งมีสีเข้มกว่าหินที่พบบริเวณอื่น ๆ ที่กล่าวมาองค์ประกอบของหินที่พบบริเวณนี้และบริเวณอื่น ๆ จัดเป็นหินที่เรียกว่า " Feldspathic greywacke " ? เช่นกัน

3.3 ธรณีโครงสร้าง

ชั้นหินบริเวณพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่วางตัวในแนวเกือบราบ เช่นที่บริเวณหินสามเส้า และบริเวณน้ำตกธารสวรรค์ บริเวณเหล่านี้จะมีรอยแยก (Joint) ของหิน วางตัวแนวเหนือใต้ และมี Dip 90° ซึ่งแสดงถึงแรงกระทำหรือบีบอัดต่อหินบริเวณนี้มาจากแนวราบทางทิศตะวันออก-ตะวันตก แรงบีบอัดนี้ น่าจะมีความสัมพันธ์กับแรงที่ทำให้หินบริเวณเหล่านี้และข้างเคียงเกิดการโค้งงอเป็นชั้นหินโค้งรูปประทุน และชั้นหินโค้งรูปประทุนหงายที่พบสองข้างของพื้นที่ศึกษา ซึ่งห่างออกไปจากทางทิศตะวันออกและตะวันตกข้างละประมาณ 20 กิโลเมตร โดยแนวโค้งงอของชั้นหินนี้วางตัว N-S, NE-SW แนวรอยแยกเหล่านี้เป็นโครงสร้างที่ทำให้หินหลุดออกจากกัน กลายเป็นแก่งและน้ำตก เช่น บริเวณหินสามเส้า ตาดนกกก และน้ำตกธารสวรรค์ เป็นต้น (ภาพที่ 3.1)

ส่วนการวางตัวของชั้นหินชั้น อยู่ในแนวเกือบราบ เช่นที่หินสามเส้า และน้ำตกธารสวรรค์ มีบางแห่งเท่านั้น เช่นที่ อ่างเก็บน้ำห้วยหมื่น ชั้นหินจะมีความเอียงมากกว่า กล่าวคือ วางตัว N35W Dip 11W

3.4 ธรณีสัณฐาน

พื้นที่ศึกษามีลักษณะการกัดกร่อนที่อยู่ในชั้น Youth stage กล่าวคือช่องเขาที่มีลำห้วยไหลผ่านมีภาพตัดขวางเป็นรูปตัว V แต่หินดั้งเดิมคือหินทรายถูกน้ำกัดเซาะลงไปมาก และมีอัตรา การพังสุงเนื่องจากในเนื้อของหินมีแร่เฟลด์สปาร์ซึ่งมีความคงทนน้อยเป็นอย่างมาก เหนือเขาของ บริเวณนี้มีความชันเฉลี่ย 13° ซึ่งนับว่าไม่ชันมากนัก ลักษณะของทางน้ำตลอดพื้นที่เป็นแบบรูปทางน้ำ กิ่งไม้ (Dendritic drainage pattern) ส่วนน้ำแพร่มีการไหลแบบโค้งตัว (Meander) ซึ่งบางตอนจะไหลตามแนวรอยแยกของหิน

การผุพังของหินบริเวณนี้ จะทำให้สีของหินเปลี่ยนไปเป็นสีจางลง และเนื้อหินจะยุ่ยกลายเป็นเม็ดทรายละเอียดสีแดง ยอดเขาในบริเวณนี้จึงไม่มีลักษณะแหลม ส่วนใหญ่จะมียอดป้าน เนื้อหินบางแห่งมีการแยกของหินเป็นผาย (Exfoliation) ทั้งนี้อาจเกิดจากเนื้อหินมีอนุภาคขนาดเล็กและมีการตัดขนาดดี รวมทั้งปัจจัยทางภูมิอากาศ องค์ประกอบของหินที่ผุพังลงจะไหลลงสู่ที่ต่ำ หรือไปตามทางน้ำ เช่น ลำน้ำแพรว ห้วยลกกก ห้วยหมื่น และไหลไปทางทิศตะวันออกของพื้นที่ลงสู่ลำน้ำหู่ ซึ่งทำให้น้ำในลำน้ำช่วงฤดูฝนเป็นสีแดงขุ่นข้น ตะกอนบางส่วนตกทับถมบริเวณแอ่งที่ลุ่มขนาดเล็กและสองข้างฝั่งลำน้ำหรือห้วย

หินทรายบริเวณนี้ที่ศึกษาบริเวณที่ถูกน้ำกัดเซาะมาก ๆ จะแสดงลักษณะบ่อรูหน้ำมือ (Pothole) เช่นที่บริเวณหินสามเส้า เป็นต้น



ภาพที่ 3.1 ลักษณะชั้นหินทรายที่น้ำตกธารสวรรค์ (กริด 189346)

บทที่ 4

สรุปผล วิจารณ์ และข้อเสนอแนะ

จากการสำรวจธรณีวิทยาเบื้องต้น พบว่าพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยหินทรายสีแดงแกมน้ำตาล สีแดงแกมม่วง หินที่มีสีแดงแกมขาว หรือสีจางกว่าหินที่ยังไม่ผุ มีองค์ประกอบเป็นเม็ดแร่ควอartz ขนาดละเอียดมากถึงละเอียด ($1/16 - 1/4$ มม.) มีชื่อเรียกตามหลักการตั้งชื่อของ Petijohn 1954 & McBride 1962 ว่า Feldspathic greywacke? (ควรศึกษาองค์ประกอบหินจากแผ่นหินบางด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อกำหนดชื่อที่ชัดเจนขึ้น) นางแห่งพบหินทรายแป้งสีแดงอ่อนแทรก สลับเป็นชั้นบาง ๆ จัดอยู่ในหินชุดโคราชเทียบเคียงได้กับหน่วยโคกกรวด เกิดขึ้นในยุคครีเทเชียส ตอนบน (115-65 ล้านปีล่วงมาแล้ว) ลักษณะของชั้นหินแสดงว่ามีการสะสมตัวของตะกอนในแอ่งน้ำ จัดซึ่งไม่ลึกมากนัก (ภาพที่ 2.1)

การเรียงตัวของชั้นหินที่พบบริเวณนี้จากแก่สุด ไปอ่อนสุด ผู้สำรวจจัดให้หินที่เทียบเคียงได้กับหน่วยโคกกรวด (อายุครีเทเชียสตอนบน) วางตัวอยู่ล่างสุดซึ่งเป็นหินที่มีอายุแก่ที่สุดที่พบ และส่วนที่เป็นตะกอนยุคควอเทอร์นารี ซึ่งมีอายุอ่อนที่สุดวางตัวอยู่บนสุด ซึ่งประกอบด้วยตะกอนน้ำพา ตะกอนลานตะกอนน้ำ ได้แก่ กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว สีแดง ส่วนหินที่เกิดขึ้นหลังจากอายุครีเทเชียสและก่อนควอเทอร์นารี คือหินอายุเทอร์เชียรี ไม่พบในพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงเวลานั้น พื้นที่ของบริเวณนี้มีการยกตัวขึ้นเป็นที่ราบสูง เนื่องจากการหมุนเทรกของหินอัคนีชนิดแกรนิต จึงมีการหยุดชะงักการตกทับถมกันของตะกอน จนถึงยุคควอเทอร์นารี ซึ่งเริ่มมีการตกทับถมของตะกอนตามแอ่งที่ลุ่มขนาดเล็ก ๆ ขึ้นใหม่

บริเวณที่หินยังคงสภาพเป็นหินตะกอนอยู่ไม่แสดงว่าได้รับอิทธิพลของการแปรสภาพ (Metamorphism) เลย

ธรณีโครงสร้างของพื้นที่ ประกอบด้วยชั้นหิน (Bedding) เป็นแบบ Planar structure (โครงสร้างที่เป็นชั้นขนานกัน) ที่ส่วนใหญ่วางตัวเกือบราบจะมีบ้างที่เอียงตัว ในค่ามุมที่สูงกว่าคือ 11 องศา วางตัวแนว N35W และมีแนวรอยแยกของหินวางตัวแนวเหนือใต้ Dip 90 องศา ลักษณะโครงสร้างเหล่านี้มักจะมีความสัมพันธ์กับแนวชั้นหินโค้งรูปประทุน และชั้นหิน

โค้งรูปประทุนหงายของบริเวณข้างเคียงพื้นที่ศึกษา

จากการสำรวจบริเวณพื้นที่ศึกษายังไม่พบว่ามีแหล่งแร่สำคัญทางเศรษฐกิจ

ธรณีสัณฐานของพื้นที่มีลักษณะทางน้ำเป็นแบบรูปทางน้ำ กิ่งไม้ และทางน้ำบางสายไหลแบบโค้งตวัด เช่น ลำน้ำแพรว พบลักษณะ Pothole บนผิวของหินทราย ดินที่พูนขึ้นจากหินทรายในหน่วยนี้ น่าจะมีความอุดมสมบูรณ์ดีกว่าหินทรายหน่วยอื่น ๆ เพราะมีปริมาณแร่เฟลด์สปาร์บนอยู่สูง แร่ชนิดนี้เมื่อสลายตัวเป็นดินจะกลายเป็นแร่ดิน (Clay minerals) และให้ธาตุโปแตสเซียม (K) แก่ดิน แต่หากบริเวณนี้มีน้ำบาดาลอาจพบปัญหาคุณภาพของน้ำบาดาลที่มีกลิ่นของสลิมาเหล็ก เพราะในหินทรายสีแดงบ่งบอกถึงมีปริมาณเหล็กออกไซด์ เป็นองค์ประกอบอยู่มากและละลายปนไปกับน้ำบาดาลได้ดี

ธรณีประวัติของพื้นที่ศึกษา พบว่าหินเกิดขึ้นปลายยุคครีเทเชียส และหลังจากนั้นมีการหยุดการตกทับถมของตะกอนมาจนกระทั่งยุคควอเตอร์นารี จึงกล่าวได้ว่าพื้นที่บริเวณนี้ค่อนข้างคงที่หรือถูกรบกวนด้วยการเคลื่อนไหวของเปลือกโลกไม่มากนัก ดังจะเห็นหลักฐาน เช่น รอยแยกในหินไม่มาก และชั้นหินส่วนใหญ่ยังวางตัวในแนวราบ แต่อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาธรณีประวัติหรือธรณีโครงสร้าง โดยละเอียดของพื้นที่ข้างเคียงเพิ่มเติมอีกด้วย

ในแง่ของการก่อสร้างอาคาร - สิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ บนพื้นที่แห่งนี้โดยทั่วไปนับว่าสามารถกระทำได้ ทั้งนี้เนื่องจากหินรากฐานซึ่งเป็นหินทรายเป็นส่วนใหญ่มีความแข็งแรงพอในแง่วิศวกรรม และการวางตัวของชั้นหินเกือบอยู่ในแนวราบ จึงไม่น่าจะพบปัญหาการเคลื่อนที่ของมวล (Mass movement) แต่ถ้าเลือกพื้นที่บริเวณที่เป็นชั้นตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวหรือเป็นดินที่พูนขึ้นมาจากหินทรายบริเวณนี้ ประกอบกับเป็นพื้นที่ที่เอียงเท ทำมุมมาก ๆ แล้วอาจประสบปัญหา Mass movement ได้ ดังนั้นจึงควรเลือกบริเวณก่อสร้าง ที่มีความลาดชันต่ำ แต่อย่างไรก็ตามต้องคำนึงปัจจัยอื่น ๆ ประกอบ เช่น การคงสภาพป่าธรรมชาติเอาไว้ แหล่งน้ำ ทิศทางลม และการคมนาคม เป็นต้น นอกจากนี้ควรมีการสำรวจโดยละเอียดเพิ่มเติม หากมีการก่อสร้างอาคารหรืออาคารวัดอุทยานขนาดใหญ่ต่อไป

บรรณานุกรม

จัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, คณะอนุกรรมการ. พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.

ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์, ช่าง ตันติสุกฤต. ธรณีวิทยาสำหรับวิศวกร. กรุงเทพฯ: มิตรนรา การพิมพ์, 2522.

ธีระพงษ์ ชรรมาภิรักษ์, สมาน คุณะแสน, พีระพล เทกมล. บัญชีสำรวจไม้บริเวณที่ขออนุญาต เข้าทำประโยชน์ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ เพื่อเป็นศูนย์ฝึกปฏิบัติงานภาคสนามและสถานที่ทดลองตามโครงการมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ท้องที่อำเภอหน้าหัว (ทำการสำรวจไม้กระจายทั่วท้องที่). เอกสารของสำนักงานป่าไม้เขตจังหวัดอุดรธานี 2534. (อัดสำเนา).

อุตุนิยมวิทยา, กรม. กระทรวงคมนาคม. สถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2494-2523). ในเอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง ภูมิศาสตร์กายภาพประเทศไทย ณ ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 6-12 เมษายน 2532.

Bunopas S. Stratigraphic successions in Thailand - a preliminary summary. Journal of the Geological Society of Thailand. 1976; 2: 31-58.

Compton R. Manual of field geology. New Delhi: Wiley Eastern Limited, 1968.

Geological Survey Division, Department of Mineral Resources. Geological map of Thailand 1 : 500,000, Northeastern sheet. 1983 edition.

ภาคผนวก
ตารางธรณีกาล

บรมยุค (eon)	มหายุค (era)	ยุค (period)	สมัย (epoch)	เวลา (หน่วยเป็นล้านปี)
ฟานอโรโซอิก (Phanerozoic)	ซีโนโซอิก (Cenozoic)	ควอเทอร์นารี (Quaternary)	โฮโลซีน/รีเซนต์ (Holocene/Recent)	0.01
			พลาสโตซีน (Pleistocene)	1.8
		เทอร์เชียรี (Tertiary)	พาลีโอซีน (Pliocene)	5
			ไมโอซีน (Miocene)	22.5
			โอลิโกซีน (Oligocene)	37
			อีโอซีน (Eocene)	55
	พาลีโอซีน (Paleocene)		65	
	มีโซโซอิก (Mesozoic)	ครีเทเชียส (Cretaceous)	จูแรสซิก (Jurassic)	141
			ไทรแอสซิก (Triassic)	195
			เพอร์เมียน (Permian)	230
	พาลีโอโซอิก (Paleozoic)	คาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous)	ดีวาเนียน (Devonian)	230
			ไซลูเรียน (Silurian)	345
			ออริโดวิเซียน (Ordovician)	395
			แคมเบรียน (Cambrian)	435
			ออริโดวิเซียน (Ordovician)	500
			แคมเบรียน (Cambrian)	570
	โพรเทอโรโซอิก (Proterozoic)	ปลาย (Late)	แอลกอนเกียน (Algonkian)	ปลาย (Late)
กลาง (Middle)				2,000
ต้น				2,600
คริปโตโซอิก (Cryptozoic) อาร์เคโอโซอิก (Archaean) อะโซอิก (Azoic)	พรีแคมเบรียน (Precambrian)	ต้น (Early)	อาร์เคียน (Archaean)	

ลำดับที่ 10

พลังงานความร้อนใต้พิภพ

(GEOHERMAL ENERGY)

ไทย

สิริวัฒน์ สนิทพรปัญญา

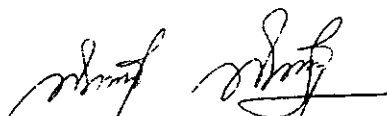
พ.ศ. 2534

(นายสิริวัฒน์ สนิทพรปัญญา)
MR. SERIWAT SANITPHRAN

คำนำ

เอกสารเรื่องพลังงานความร้อนใต้พิภพฉบับนี้ ผู้เขียนมีเจตนาที่จะให้นิสิตที่
กำลังเรียนวิชา วพ 115 พลังงาน 2(2-0-4) หรือ วิชา วพ 101 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กับสิ่งแวดลอม 2(2-0-4) ได้อ่านเพิ่มเติมนอกเหนือจากที่ได้ฟังคำบรรยายในชั้นเรียนแล้ว
อย่างไรก็ตามสำหรับผู้ที่ไม่ได้เรียนวิชาดังกล่าวก็สามารถอ่านเพื่อประกอบการค้นคว้าหรือเพิ่ม
พูนความรู้ได้

เนื้อหาของเอกสารประกอบด้วยเรื่องสำคัญ 9 หัวข้อ ซึ่งกล่าวถึงพลังงาน
ความร้อนใต้พิภพคืออะไร การกำเนิด แหล่ง ประเภทของแหล่ง หดักและวิธีการสำรวจ
ประโยชน์ ผลกระทบต่อสิ่งแวดลอม พลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย และ ข้อดี
ข้อเสียในการนำพลังงานชนิดนี้มาผลิตกระแสไฟฟ้า ตามลำดับผู้เขียนหวังว่าเอกสารฉบับนี้
คงจะมีประโยชน์ต่อผู้อ่านไม่มากนักเลย และขอขอบคุณผู้อ่านทุกท่านมา ณ โอกาสนี้


(เสรีวัชน์ สรินทรบุญญา)

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
1. พลังงานความร้อนใต้พิภพคืออะไร	1
2. การกำเนิดพลังงานความร้อนใต้พิภพ	1
3. แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ	3
4. ประเภทของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ	3
4.1 แหล่งไอน้ำ (Vapor-dominated or Dry-steam)	3
4.2 แหล่งน้ำร้อน (Hot water dominated or Wet-steam)	6
4.3 แหล่งหินร้อนแห้ง (Hot dry rock)	6
4.4 แหล่งความดันธรณี (Geopressure)	6
5. หลักและวิธีการสำรวจเพื่อพัฒนาพลังงานความร้อนใต้พิภพโดยทั่วไป	6
5.1 การสำรวจทางธรณีวิทยา (Geological investigation)	8
5.2 การสำรวจธรณีเคมี (Geochemistry investigation)	8
5.3 การสำรวจธรณีฟิสิกส์ (Geophysics investigation)	9
5.4 การเจาะสำรวจ	9
5.5 การเจาะหลุมผลิต	10
6. การใช้ประโยชน์จากพลังงานความร้อนใต้พิภพ	11
6.1 คำนเภศรกรรม	12
6.2 คำนอุตสาหกรรม	13
6.2.1 คำนอุตสาหกรรมการทองเหี่ยว	13
6.2.2 คำนอุตสาหกรรมการผลิตกระแสไฟฟ้า	13
7. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพ	19
8. พลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย	23
8.1 การสำรวจพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย	23
8.2 การใช้ประโยชน์จากพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย	30
8.2.1 คำนการผลิตกระแสไฟฟ้า	30
8.2.2 คำนการเกษตรกรรม	30
8.2.3 คำนการทองเหี่ยว	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
9. ข้อที่ขอเสียในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานความร้อนใต้พิภพ	32
บรรณานุกรม	33

พลังงานความร้อนใต้พิภพ

(GEOTHERMAL ENERGY)

1. พลังงานความร้อนใต้พิภพคืออะไร

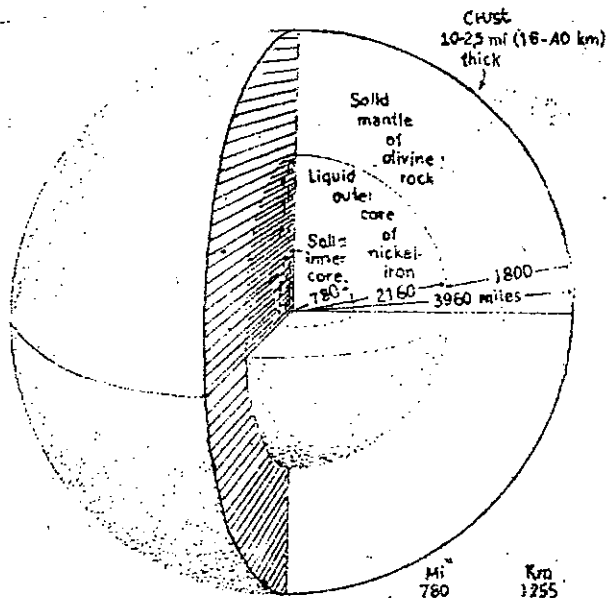
พลังงานความร้อนใต้พิภพคือ พลังงานธรรมชาติที่เกิดจากความร้อนที่ถูกกักเก็บสะสมตัวอยู่ภายในผิวโลกโดยปกติอุณหภูมิใต้ผิวโลกจะเพิ่มขึ้นตามความลึก กล่าวคือยิ่งลึกลงไป อุณหภูมิจะยิ่งสูงขึ้น จากการวัดค่าอุณหภูมิในหลุมที่เจาะลงไปใต้ผิวโลกบริเวณต่าง ๆ พบว่า จะเพิ่มขึ้น 15 องศาเซลเซียสถึง 75 องศาเซลเซียส (เฉลี่ย 25 ° C) ต่อความลึก 1 กิโลเมตร ในบริเวณส่วนกลางของเปลือกทวีป (Continental crust) หรือที่ความลึกประมาณ 25-30 กิโลเมตร อุณหภูมิจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 250-1,000 องศาเซลเซียส ในขณะที่จุดศูนย์กลางหรือแกนกลางโลกจะสูงถึง 3,500 - 4,500 องศาเซลเซียส (ดูภาพที่ 1) จากปรากฏการณ์นี้จึงกล่าวได้ว่าใต้ผิวโลกของเรามีพลังงานความร้อนสะสมอยู่เป็นจำนวนมาก

2. การกำเนิดพลังงานความร้อนใต้พิภพ

โลกจะสูญเสียความร้อนออกไปจากพื้นผิวเฉลี่ย 6.3×10^{-6} จูล/ตารางเซนติเมตร/วินาที หรือ 32.3×10^{12} จูล/วินาที (32.3×10^{12} วัตต์) ซึ่งจะเห็นว่าเป็นปริมาณมากแต่ถ้ามองเทียบกับพื้นที่อันกว้างใหญ่ของโลกแล้วยังมีจำนวนน้อยมากหรือเพียงประมาณ 1 ใน 3 หมื่นเท่าของพลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ จากการประมาณ พบว่าความร้อนถูกปล่อยออกจากผิวโลก 1 ตารางเมตร ต้องรวบรวมไว้ถึง 4 ชั่วโมงอีก 1 ก้อน จึงจะเพียงพอสำหรับต้มน้ำ 1 ถ้วยให้เดือดได้

ความร้อนที่สูญเสียออกไปจากผิวโลกตลอดเวลาไม่ได้ทำให้ผิวโลกเย็นลงเลย ทั้งนี้เพราะมีความร้อนที่เกิดขึ้นใหม่อย่างต่อเนื่อง โดยมาจากธาตุกัมมันตรังสีตามธรรมชาติ เช่น ยูเรเนียม-238 ยูเรเนียม-235 ธอเรียม-232 และ โปแทสเซียม-40 ธาตุเหล่านี้จะมีปริมาณไม่มากและปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมาทีละน้อย เช่น อะตอมของแร่ประกอบหินอีกทีที่อยู่ชั้นเปลือกทวีป (Continental crust) จะให้ความร้อน 9.4×10^{-8} แคลอรี (3.93×10^{-7} จูล) ต่อกรัมต่อวินาที แต่ถ้ามองรวมความร้อนนี้ ทั้งโลกพบจะไม่มีผลทำให้โลกเปลี่ยนแปลงเลย อัตราเพิ่มของความร้อนที่เกิดใหม่นี้จะต่ำจนไม่สามารถนำไปใช้งานได้ แต่สำหรับส่วนที่นำขึ้นมาใช้ประโยชน์เป็นพลังงานที่กักเก็บสะสมมาจากอดีตเป็นเวลานานนับล้าน ๆ ปี แล้ว ดังนั้นถ้าหากอัตราการใช้พลังงานชนิดนี้มากเกินไปเกินกว่าอัตราการเกิดทดแทนแล้ว พลังงานความร้อนใต้พิภพก็จะกลายเป็นพลังงานชนิดที่ไม่สามารถเกิดทดแทนได้ (Nonrenewable resource)

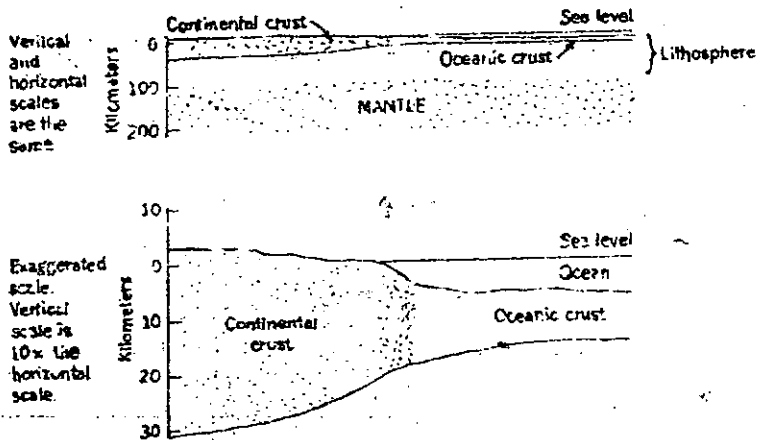
1). ชั้นต่าง ๆ และความหนาของโลก



Source : Strahler A. 1971.

(© 1960, John Wiley & Sons, New York)

2). ภาพตัดขวางของชั้น Lithosphere



Source : Flint A and Skinner B. Physical Geology. New York:

John Wiley & Sons, Inc. 1974.

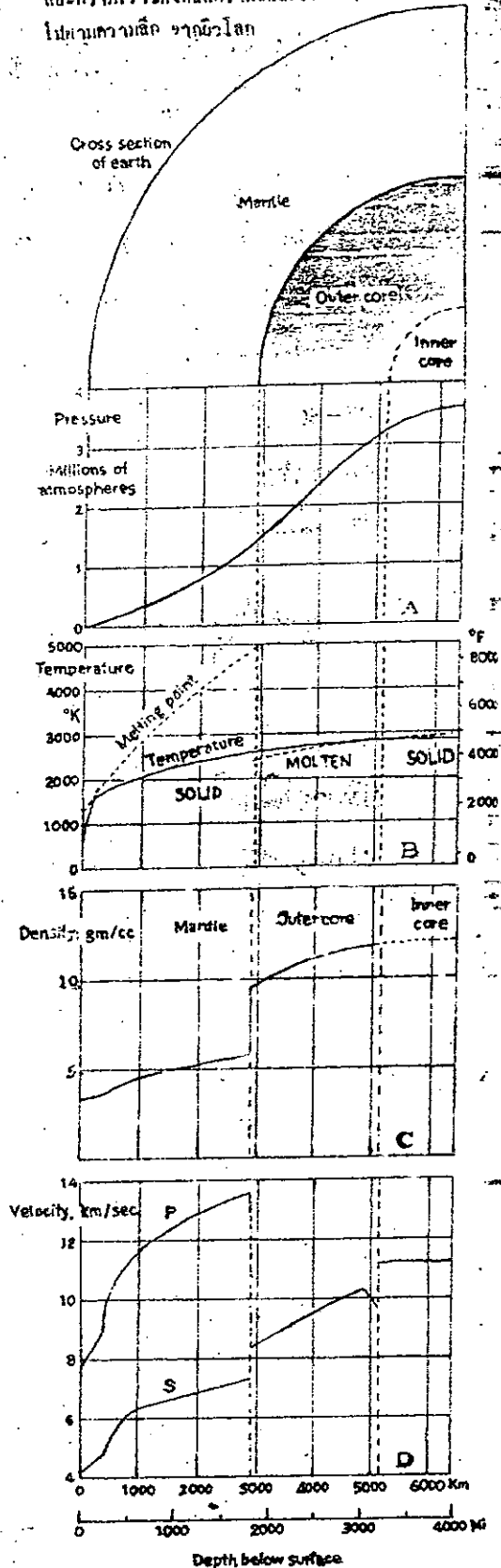
4). อุณหภูมิภายในโลก

TEMPERATURES WITHIN THE EARTH

Depth		Temperature		
miles	kilometers	°F	°C	°K
19	30	900	500	775
62	100	2000	1100	1375
125	200	2600	1400	1675
620	1000	3200	1700	1975
1900	3000	4200	2300	2275
3700	6000	4600	2500	2775

Source : Strahler A. 1971.

3). ความดัน (ภาพ A) อุณหภูมิ (ภาพ B) ความหนาแน่น (ภาพ C) และความเร็วไหวของคลื่นความถี่สูง (ภาพ D) ที่เปลี่ยนแปลงไปตามความลึก จากผิวโลก



Source : Strahler A. The Earth Science. 2nd ed.

New York: Harper & Row, Publishers, 1971. p. 386

แหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพมักจะเกิดในบริเวณที่เรียกว่า hot spot ซึ่งจะเป็นบริเวณที่มีค่าการไหลของความร้อนขึ้นมาสู่ผิวดิน (Heat flow) สูงและมี การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามความลึก (Geothermal gradient) สูงถึง 1.5-5 เท่าของ ค่าปกติ (ค่าปกติในการไหลของความร้อนที่ขึ้นมาสู่ผิวดินประมาณ 1.5×10^{-6} แคลอรี/ตารางเซนติเมตร/ องศา) ซึ่งนี่เนื่องมาจากอิทธิพลของเปลือกโลกที่เคยเคลื่อนที่มาก่อน จึงทำให้เกิดเป็นแนวรอยแตก (Fracture) และรอยเลื่อน (Fault) ของชั้นหิน ซึ่งจะมีขนาดกว้างที่ผิวดินและค่อย ๆ เล็กลงไป ใต้ชั้นหิน น้ำบาดาลหรือน้ำฝนจะไหลลงไปสะสมตัวในชั้นหิน และรับความร้อนใต้ผิวโลกจน ควบที่กลายเป็นน้ำร้อนและไอน้ำที่มีความดันสูง ซึ่งพยายามแทรกซึมขึ้นมาตามแนวรอยเลื่อน และรอยแตกของชั้นหิน ดังปรากฏให้เห็นตามผิวโลกในรูปของบ่อน้ำร้อน น้ำพุร้อน ไอน้ำร้อน โคลนเดือด และก๊าซ การหมุนเวียนของน้ำที่นำลงไปในใต้ผิวโลกแล้วกลับขึ้นมาที่พื้นผิวอีกครั้ง หนึ่งตามธรรมชาติจะใช้เวลาประมาณ 10,000 ปี เป็นอย่างน้อย

3. แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ

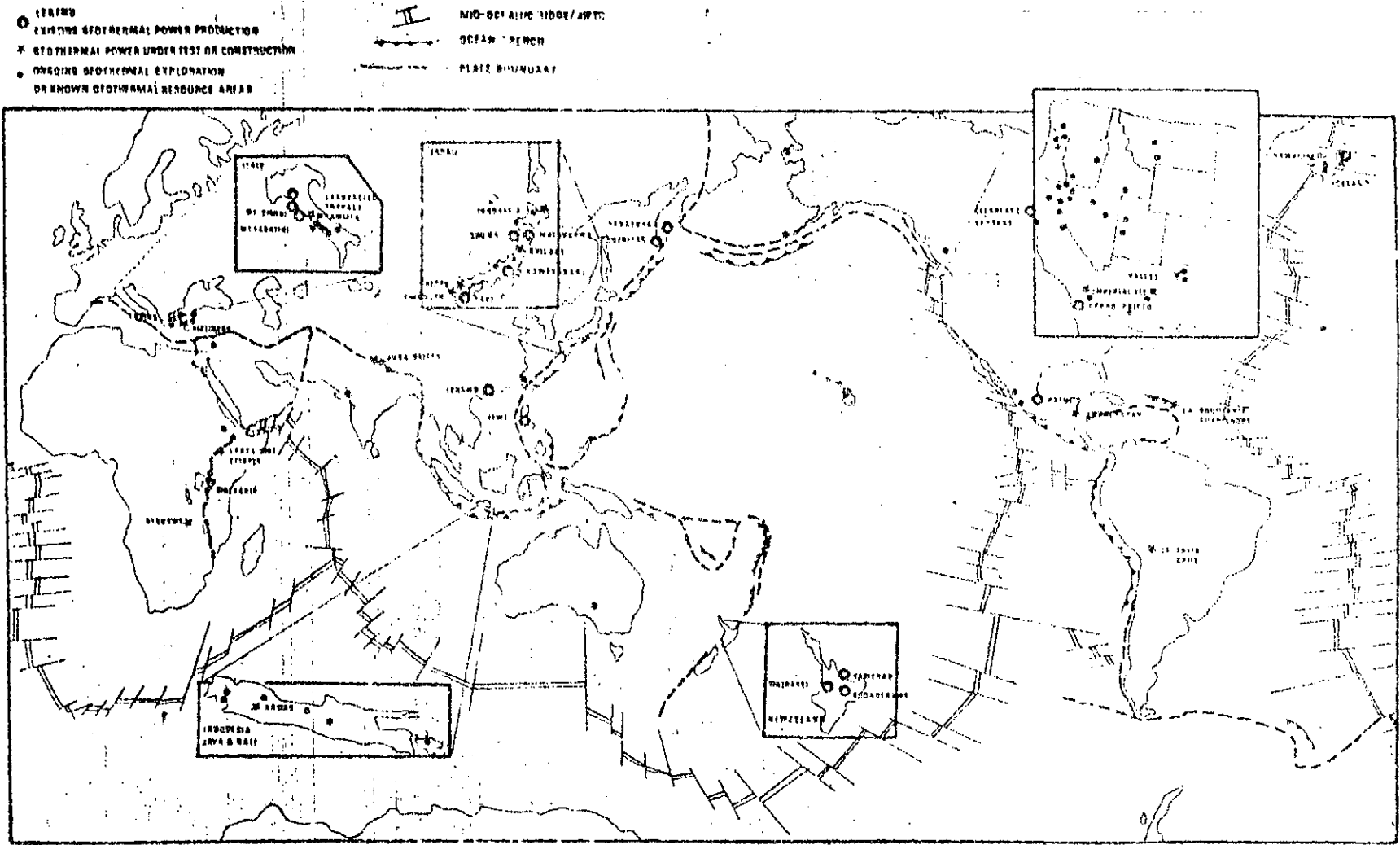
โดยทั่วไปแล้วแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพจะอยู่ในบริเวณแนวเขตของเปลือกโลกที่มีการเคลื่อนที่ (Tectonic active area) ซึ่งบริเวณดังกล่าวมักจะมีแนวภูเขาไฟลูกกรู อยู่บ้าง บริเวณที่พบหินในโลกลึกลงมีความร้อนสูงกว่าปกติและเขตที่เกิดแผ่นดินไหวบ่อย ๆ ซึ่ง จะพบน้ำพุร้อนหรือบ่อน้ำร้อนอยู่ควม (ภาพที่ 2) สำหรับประเทศที่มีแหล่งความร้อนใต้พิภพโดดเด่น ประเทศทางความตะกอนของทวีปอเมริกาใต้ และอเมริกาเหนือ ประเทศไอซ์แลนด์ ประเทศ นิวซีแลนด์ ประเทศอิตาลี ประเทศกรีซ ประเทศแอลจีเรีย ประเทศเคนยา ประเทศฟิลิปปินส์ ประเทศอินโดนีเซีย ประเทศญี่ปุ่น และ ประเทศชิลี เป็นต้น (ภาพที่ 3)

4. ประเภทของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ

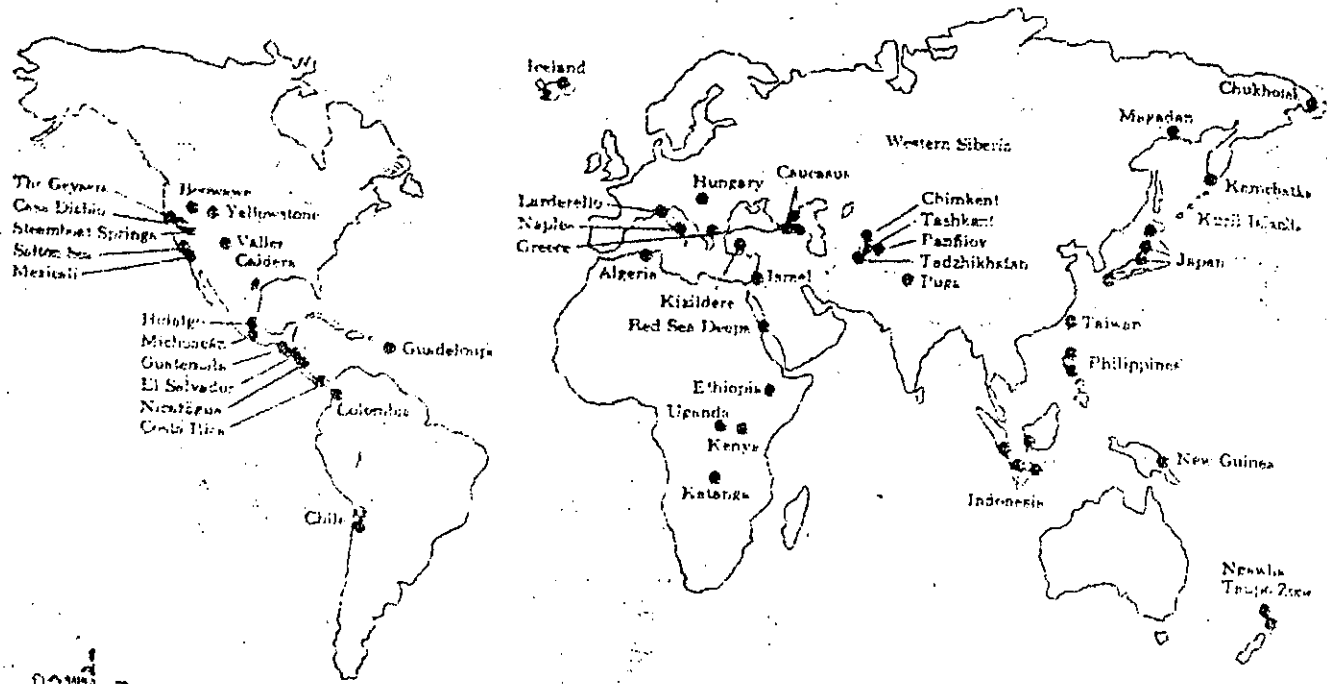
แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในโครงการความแตกต่างในลักษณะทางธรณีวิทยา ของแหล่งและเทคนิคการนำความร้อนมาใช้ประโยชน์ได้ 4 ประเภท คือ

4.1 แหล่งไอน้ำ (Vapor-dominated or Dry-steam)

เป็นแหล่งกักเก็บความร้อนที่ประกอบด้วยไอน้ำมากกว่า 95% โดยน้ำหนัก โดยทั่วไปมักจะสัมพันธ์ กับการเกิดโคลนหิน หลอมเหลวร้อนที่อยู่พื้น ๆ อุณหภูมิของน้ำร้อนจะสูงกว่า 240 องศาเซลเซียส แหล่งชนิดนี้จะพบน้อยมากแต่สามารถนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากที่สุด เช่น The Geysers field ในรัฐแคลิฟอร์เนีย



ภาพที่ 2 แสดงตำแหน่งโรงงานไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพบริเวณที่มีการพัฒนาพลังงานความร้อนใต้พิภพมาใช้ให้เป็นประโยชน์
 ที่มา: ทวีศักดิ์ รมะมิ่งกว้างช. 2522, หน้า 224.



Dots indicate the major high-temperature hydrothermal areas of the world. Most are located in regions of current or recent volcanism or tectonic activity.

Source : Skinner B. ed. 1980. p.146.

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960 และใน ค.ศ. 1983 สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่า 1×10^9 วัตต์ แหล่ง Larderello ทางตอนเหนือของประเทศอิตาลี ผลิตกระแสไฟฟ้าตั้งแต่ปี ค.ศ. 1904 จนถึงปัจจุบัน และแหล่งมัตสูกาวา (Matsukawa) ประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น

4.2 แหล่งน้ำร้อน (Hot water dominated or Wet - steam)

เป็นแหล่งสะสมความร้อนที่ประกอบด้วยน้ำร้อนเป็นส่วนใหญ่ มีไอน้ำร้อนประมาณ 20 % โดยน้ำหนัก อุณหภูมิของน้ำร้อนจะมีค่าตั้งแต่ 100 องศาเซลเซียสขึ้นไป แหล่งประเภทนี้ พบมากที่สุดในโลก นอกจากนั้นอาจพบบางแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงถึง 400 องศาเซลเซียส มีความดันสูงมากและน้ำจะไม่เดือด เช่นที่ Wairakei ประเทศนิวซีแลนด์ Cerro Prieto ประเทศเม็กซิโก และ Hatchobaru ประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น

4.3 แหล่งหินร้อนแห้ง (Hot dry rock)

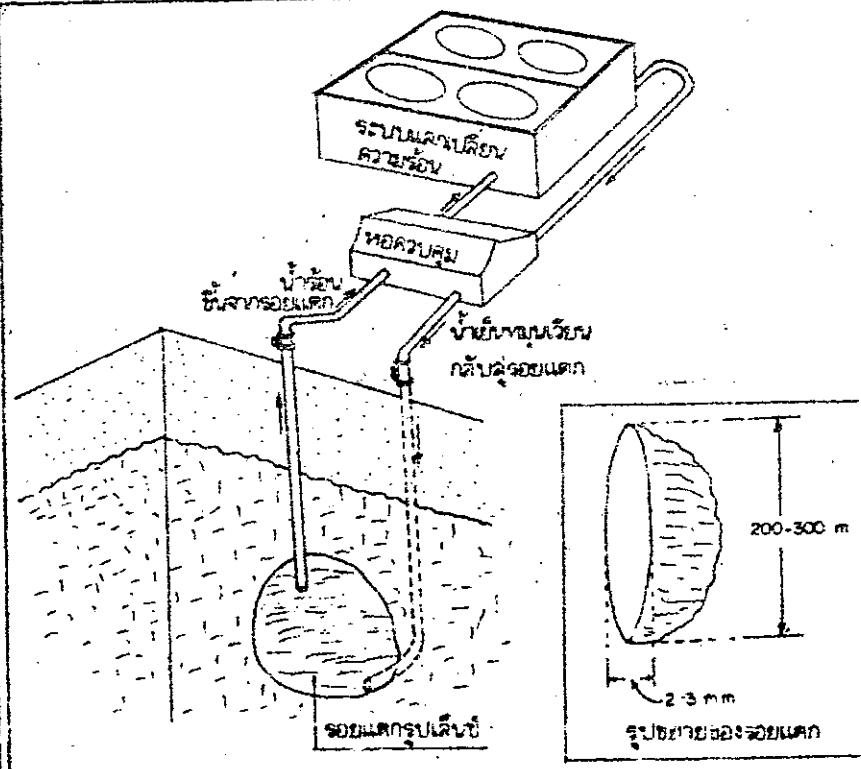
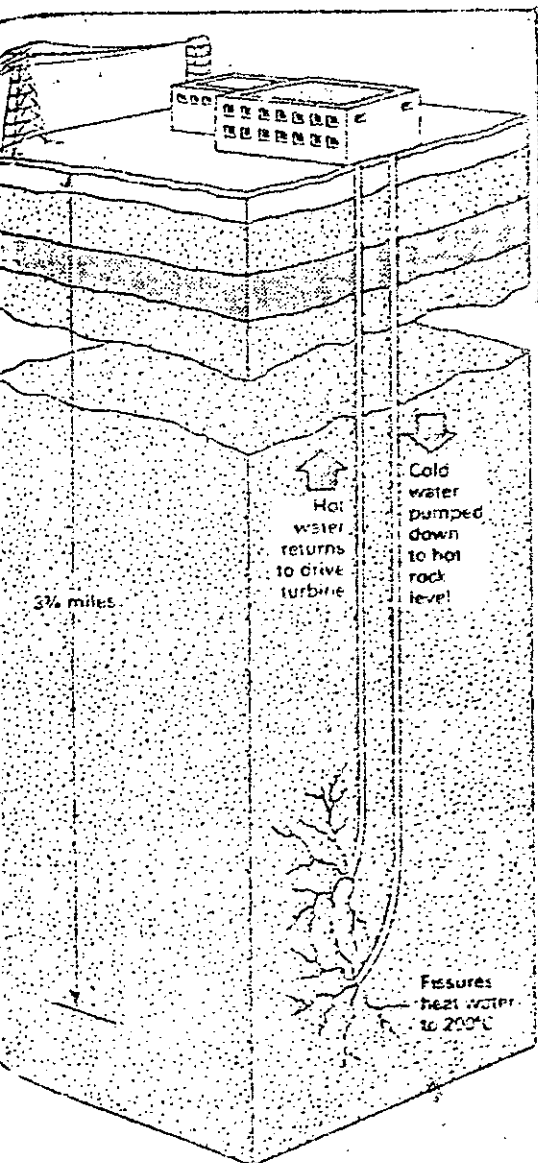
ระบบหินร้อนแห้งเป็นระบบที่แหล่งพลังงานความร้อนเป็นดินเหนียวแน่นใต้ผิวโลก ที่มีอุณหภูมิสูงไม่มีน้ำใต้ดินไหลซึมผ่านบริเวณนั้น ดังนั้นถ้าจะนำมาใช้จึงต้องอัดน้ำเย็นลงไปตามบ่อที่เจาะเพื่อให้น้ำได้รับความร้อนจากหิน โดยไหลหมุนเวียนภายในรอยแตกที่สร้างขึ้น จากนั้นก็สูบน้ำร้อนขึ้นมาใช้โดยสูบน้ำขึ้นอีกบ่อหนึ่งที่จะลงไปตักกับรอยแตกดังกล่าว แหล่งหินร้อนแห้งนี้กำลังอยู่ในขั้นการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ที่ลอสอลามอส มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา (ภาพที่ 4)

4.4 แหล่งความดันธรณี (Geopressure)

เป็นแหล่งพลังงานความร้อนอยู่ในรูปของน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิสูงอันเนื่องมาจากถูกกดทับด้วยน้ำหนักของหินที่อยู่ชั้นบน เช่น แหล่งที่กัลฟ์โคสต์ (Gulf Coast) ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่ามีอุณหภูมิสูงถึง 273 องศาเซลเซียส และมีความดันสูงถึง 11,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้วที่มีความลึก 5,859 เมตร อย่างไรก็ตามเนื่องจากแหล่งนี้เกิดขึ้นที่ลึกมากจึงยังไม่ได้มีการพัฒนาพลังงานขึ้นมาใช้ประโยชน์

5. หลักและวิธีการสำรวจเพื่อพัฒนาพลังงานความร้อนใต้พิภพโดยทั่วไป

บริเวณแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพมักจะมีบ่อน้ำร้อน น้ำพุร้อน ไอน้ำร้อน โคลนเดือด และก๊าซปรากฏให้เห็นแต่การที่จะนำพลังงานมาใช้ประโยชน์ได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ ความดันและลักษณะของแหล่งว่าประกอบไปด้วยน้ำร้อนหรือไอน้ำเป็นส่วนใหญ่ การที่จะทราบว่าแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพอยู่บริเวณไหนที่ระดับความลึกอุณหภูมิเท่าใด จำเป็นต้องมีการสำรวจทั้งบนผิวดินและใต้อผิวดินในหลาย ๆ ด้านประกอบกันได้แก่สำรวจทางธรณีเคมี ธรณีวิทยา และทางธรณีฟิสิกส์ การเจาะสำรวจ รวมทั้งการเจาะหลุมผลิตพร้อมที่จะนำพลังงานขึ้นมาใช้ ดังจะกล่าวรายละเอียด ตามลำดับดังนี้



รอยแตกรูปเส้นใยที่ถือทำขึ้นในหินร้อนแห้ง และ ระบบกักน้ำ/ความร้อน

The generation of electricity using hot dry rock geothermal energy. Cold water is pumped down the well, heated in passing through fissures in the fractured hot rocks at depth, and then returns to the surface to be used to drive turbines.

Source : Craig J. 1988.p.159.

ภาพที่ 4 แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพแบบหินร้อนแห้ง

5.1 การสำรวจทางธรณีวิทยา (Geological investigation)

การสำรวจทางธรณีวิทยาจะกระทำในขั้นเริ่มต้นเพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะหินและดินตลอดจนโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่มีปรากฏบนผิวโลกกับแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ การสำรวจจะครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 50-100 ตารางกิโลเมตร โดยใช้แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 15,000 หรือแผนที่ที่อาจเปลี่ยนแปลงไปตามความเหมาะสมกับขนาดของพื้นที่นอกจากนี้อาจใช้ภาพถ่ายทางอากาศมาช่วยในการสำรวจด้วย

ข้อมูลที่ต้องการทราบจากการสำรวจได้แก่

- ชนิดของหิน
 - การวางตัวและการจัดค่าชั้นหิน
 - อายุและการกำเนิดหรือธรณีประวัติของหิน
 - โครงสร้างทางธรณีวิทยาของหินต่าง ๆ
 - บริเวณที่มีการแปรสภาพของชั้นหิน หินอ่อนเนื่องจากพลังงานความร้อนใต้พิภพ
- ข้อมูลดังกล่าวจะช่วยให้ประเมินชั้นหินที่เป็นแหล่งกักเก็บแหล่งพลังงานความร้อน

ใต้พิภพ ว่าน่าจะมีบริเวณชั้นหินใด

5.2 การสำรวจธรณีเคมี (Geochemistry investigation)

การสำรวจธรณีเคมี เป็นการสำรวจเพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ของธาตุเคมีทางเคมีของน้ำ ก๊าซ ดิน และหินกับแหล่ง พลังงานความร้อนใต้พิภพวิธีสำรวจกระทำโดยการเก็บตัวอย่างน้ำร้อน น้ำ ก๊าซ ดิน และ หินบริเวณ แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพและบริเวณใกล้เคียง มาวิเคราะห์ในห้องทดลองหาส่วนประกอบและสมบัติทางเคมี

สิ่งที่ต้องการทราบจากการสำรวจธรณีเคมีคือ

- หาขอบเขตที่ใ้ได้รับอิทธิพลจากแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ
- หาส่วนประกอบของสมบัติทางเคมีเพื่อศึกษาการกักร้อน การเกิดตะกอน และผลกระทบ

ต่อสิ่งแวดล้อม

- หาอุณหภูมิของแหล่งกักเก็บ โดยประมาณจากชนิดที่วิเคราะห์ได้โดยใช้

ซิลิโคนไดออกไซด์ (SiO_2) หรือ โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และโซเดียมโพแทสเซียม (Na-K) ในการคำนวณเพื่อหาอุณหภูมิ เป็นต้น

- ประเมินลักษณะธรณีวิทยาของแหล่งกักเก็บตลอดจนการหมุนเวียนของของไหลในระบบพลังงานความร้อนใต้พิภพ

ผลของการสำรวจธรณีเคมี จะเป็นเครื่องชี้วัดถึงความเหมาะสมในการพัฒนาแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง

5.3 การสำรวจธรณีฟิสิกส์ (Geophysics investigation)

การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ คือการวัดค่าทางฟิสิกส์ของชั้นหินหรือเปลือกโลก ในบริเวณที่ทำการสำรวจโดยใช้เครื่องมือวัดเพื่อแปรค่าต่าง ๆ ที่ได้เป็นโครงสร้างธรณีวิทยาใต้ผิวดิน และนำข้อมูลมาช่วยแก้ปัญหาทางธรณีวิทยาได้ นอกจากนี้ยังสามารถบอกได้ว่า บริเวณใดควรจะเป็นแหล่งกักเก็บพลังงาน

สิ่งที่ต้องการทราบจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์ คือ

- เพื่อให้รู้โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่คาดว่าจะ เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อน

ใต้พิภพ

การสำรวจธรณีฟิสิกส์ของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพแบ่งได้ดังนี้

- การวัดค่าแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity survey) เพื่อหาโครงสร้างของชั้นหินและเปลือกโลก

- การวัดค่าสนามแม่เหล็ก (Magnetic survey) เพื่อหาโครงสร้างของชั้นหินหรือเปลือกโลก ขอบเขตของหินอัคนี และขอบเขตของชั้นหินที่เปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากอิทธิพลของพลังงานความร้อนใต้พิภพ

- การวัดค่าคลื่นความสั่นสะเทือน (Seismic survey) เพื่อหาความหนาของชั้นหินแต่ละชนิด โครงสร้างของชั้นหินหรือเปลือกโลก ตลอดจนรอยเลื่อน (Fault) และรอยแตก (Fracture) ของชั้นหิน

- การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity survey) เพื่อหาความหนาของชั้นหิน ตลอดจนโครงสร้างของชั้นหินและเพื่อหาบริเวณที่ควรจะเป็นแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพ

5.4 การเจาะสำรวจ

การเจาะสำรวจคือการเจาะลงไปใต้ผิวดิน เพื่อวัดหรือตรวจสอบข้อมูลที่ได้ออกจากการสำรวจต่าง ๆ นี้กล่าวมาแล้วข้างต้น ความลึกของการเจาะขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ ต้องการวัดและตรวจสอบ โดยทั่วไปมีตั้งแต่ 50 เมตรขึ้นไป การเจาะสำรวจพลังงานความร้อนใต้พิภพจะใช้เครื่องเจาะสำรวจเช่นเดียวกับที่ใช้เจาะสำรวจน้ำมัน ซึ่งสามารถเปลี่ยนหัวเจาะในลักษณะต่าง ๆ ได้ตามต้องการ ความสามารถของเครื่องเจาะในปัจจุบันสามารถเจาะลงไปได้ลึกถึงประมาณ 5,000 เมตร

วัตถุประสงค์ของการเจาะสำรวจคือ

- เพื่อตรวจสอบสมบัติฐานต่าง ๆ ทางธรณีวิทยา
- ราค่างทางปัสกส์ในหลุมเจาะเพื่อตรวจข้อมูต่าง ๆ
- ราค่างอัตราการไหลของความร้อน (Heat flow) และอุณหภูมิที่

เปลี่ยนแปลงตามความลึก (Geothermal gradient))

- เพื่อกำหนดบริเวณที่คาดว่าจะเป็นแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพ

การเจาะสำรวจมี 2 วิธีคือ

1) การเจาะเพื่อเก็บแท่งตัวอย่าง (Core sample) จะเจาะโดยใช้

หัวเจาะ (Core bit) สำหรับเก็บตัวอย่างดินและหินจากหลุมเจาะในระดับความลึกต่าง ๆ ที่ต้องการจะเก็บแท่งตัวอย่าง หัวเจาะ มีหลายชนิด จะใช้ชนิดไหนขึ้นอยู่กับลักษณะของชั้นดินและชั้นหินที่จะเก็บตัวอย่าง เช่น ถ้าชั้นหินแข็ง ต้องใช้หัวเจาะเก็บแท่งตัวอย่างที่มีเพชรเป็นส่วนประกอบ (Diamond core bit) เป็นต้น

2) การเจาะเพื่อเก็บตัวอย่างเศษหินหรือดิน (Cutting sample)

จะเจาะโดยใช้หัวเจาะที่จับบดหินหรือดินให้เป็นเศษเล็ก ๆ จากหลุมเจาะในระดับความลึกต่าง ๆ ที่ต้องการ ซึ่งหัวเจาะพวกนี้มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมที่จะใช้หัวเจาะแบบไหน เช่น ถ้าเป็นชั้นดินที่จะใช้หัวเจาะที่เรียกว่า *Soft - bone roller & ock & etc* เป็นต้น เป็นหัวเจาะที่ใช้สำหรับเจาะกับชั้นหินโดยเฉพาะ

ในการเจาะสำรวจอาจใช้วิธีใดวิธีหนึ่งหรือทั้ง 2 วิธี ในหลุมเจาะเดียวกันก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ โดยปกติการเจาะเพื่อเก็บแท่งตัวอย่างจะใช้เวลาและเสียค่าใช้จ่ายมากกว่าการเจาะเพื่อเก็บตัวอย่างเศษหินหรือดิน

ลักษณะของหลุมเจาะสำรวจจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่หรือเล็กแค่ไหน และจะใช้ท่อกรูพร้อมกับการลง Cement ระหว่างท่อกรูกับผนังหลุมเจาะ (เพื่อป้องกันไม่ให้ผนังหลุมเจาะพังและน้ำจากชั้นหินเข้าไปในหลุม) หรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม ของสภาพทางธรณีวิทยาในหลุมเจาะและข้อมูต่าง ๆ ที่ต้องการ

5.5 การเจาะหลุมผลิต

หลุมผลิต คือหลุมเจาะที่สามารถจะพบแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพ และสามารถนำพลังงานดังกล่าวขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้

การเจาะหลุมผลิตจะดำเนินการไค่หลังจากการที่ไค่รวบรวมข้อมูทั้งหมดที่สำรวจมาประเมินผลหาบริเวณแหล่งกักเก็บและบริเวณที่ควรจะเป็นแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพ เสร็จเรียบร้อยแล้วก่อนที่จะเจาะต้องเตรียมกำหนดหลุมเจาะ กำหนดแผนการเจาะ

กำหนดขนาดและความลึกของหลุมเจาะ พร้อมทั้งเตรียมอุปกรณ์การเจาะต่าง ๆ ซึ่งอุปกรณ์ และวิธีการเจาะจะคล้ายการสำรวจน้ำมัน แตกต่างกันที่อุณหภูมิของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ และวิธีการนำขึ้นมาใช้ประโยชน์เท่านั้น

การเจาะหลุมผลิตมีวัตถุประสงค์เพื่อเจาะให้ถึงแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพ และเพื่อนำพลังงานขึ้นมาใช้ประโยชน์

รายละเอียดของการเจาะหลุมผลิตได้แก่

- เจาะแบบ Rotary drilling คือการเจาะโดยใช้เครื่องเจาะแบบที่มีแกนหมุน ซึ่งขนาดของหลุมเจาะจะเล็กลงตามความลึก
- ลงท่อกรุซีเมนต์ ระหว่างผนังหลุมเจาะและท่อกรุ เพื่อป้องกันไม่ให้ผนังหลุมพัง และน้ำก็ไม่น้ำจากชั้นหินไหลเข้าไปในหลุมในซีเมนต์ที่ใช้จะเป็นชนิดที่สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ เพราะหลุมผลิตพลังงานความร้อนใต้พิภพมีอุณหภูมิประมาณ 180-250 องศาเซลเซียส
- ที่ชั้นของแหล่งกักเก็บจะใส่ท่อกรุที่มีรูท่อน (Slotted type) หรือไม้ค้ำขึ้นอยู่กับชั้นหินที่เป็นแหล่งกักเก็บนั้น

- คือตั้งอุปกรณ์ที่ปากหลุมเจาะ (Well head equipment)

เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลและใช้งานได้เมื่อต้องการ

จากผลของการเจาะหลุมผลิตในบางกรณีก็อาจจะพบแหล่งที่ไม่สามารถผลิตน้ำมันหรือไอน้ำได้ เพียงแต่พบว่ามีอุณหภูมิสูงเท่านั้นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพแต่ละแหล่ง

6. การใช้ประโยชน์จากพลังงานความร้อนใต้พิภพ

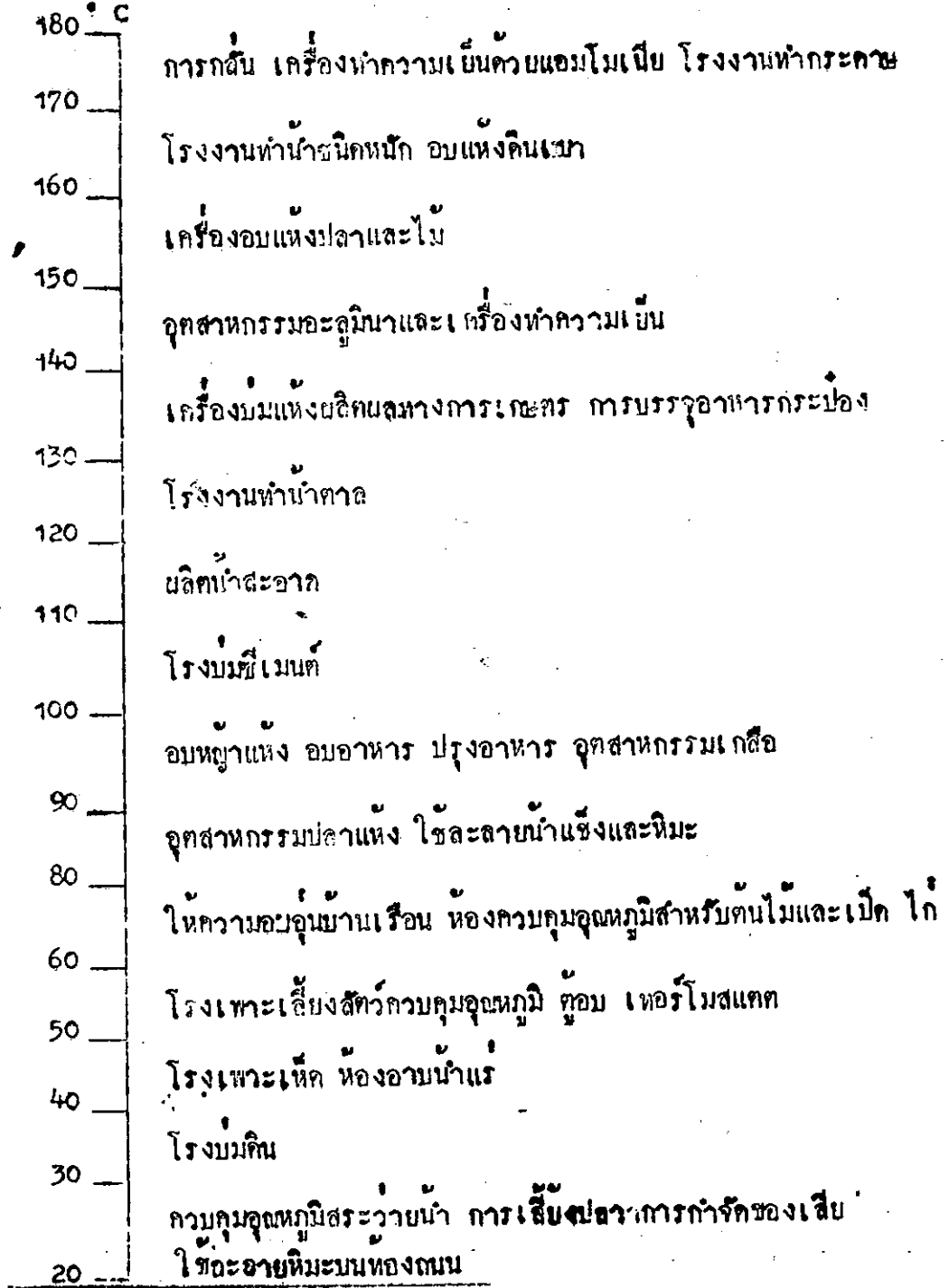
การนำพลังงานความร้อนใต้พิภพมาใช้ประโยชน์มีมาเป็นเวลายาวนานแล้วทั้งด้านอุตสาหกรรม

และเกษตรกรรม เช่น การอบเมล็ดพืช การรมใบยาสูบ อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมประมง การผลิตน้ำจืด การให้ความอบอุ่นแก่ที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรมท่องเที่ยว และการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ประเทศที่นำพลังงานความร้อนใต้พิภพมาใช้ประโยชน์มากได้แก่ อิตาลี ญี่ปุ่น นิวซีแลนด์ และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น การที่จะนำพลังงานความร้อนใต้พิภพมาใช้ประโยชน์ด้านไหนขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิของพลังงานความร้อนใต้พิภพนั้นดังตารางที่ 1 ส่วนการนำมาใช้ประโยชน์พอจะสรุปเป็นด้านได้ดังต่อไปนี้

6.1 ความเหมาะสม

ประเทศที่อยู่ในเขตอบอุ่นได้มีการนำพลังงานความร้อนใต้พิภพมาใช้ตาม
เกษตรกรรมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ใกล้เค็มกับแหล่ง โดยการหล่อ
รับไอน้ำหรือน้ำร้อนที่ผ่านการใช้งานในโรงงานไฟฟ้า หรือจากหลุมลึกที่เจาะเพื่อการ
เกษตรกรรมโดยเฉพาะไปยังบริเวณ ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ หรือเรือนกระจก (Green house)
สำหรับปลูกพืชเมืองร้อน ไอน้ำหรือน้ำร้อนดังกล่าวจะไปควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับสัตว์
เลี้ยงหรือพืชที่เพาะปลูก เกษตรกรสามารถประพรมอาสีห์ได้ตลอดทั้งปี เช่น ประเทศ
ญี่ปุ่น นิวซีแลนด์ อิตาลี เป็นต้น

ตารางที่ 1 การใช้ประโยชน์พลังงานความร้อนใต้พิภพตามช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ



6.2 คำนวณอุตสาหกรรม

ประเทศต่าง ๆ ที่มีแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพได้พยายามสำรวจและพัฒนามาใช้คำนวณอุตสาหกรรม ประเภทต่าง ๆ หลายประเภท เช่น โรงบ่มซีเมนต์ โรงงานทำน้ำตาล โรงงานทำกระดาษ การท่องเที่ยว และโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

6.2.1 คำนวณอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว ในประเทศที่มีแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ มีนักท่องเที่ยวจำนวนมากให้ความสนใจและไปท่องเที่ยวเพื่อชมทิวทัศน์ ชมการใช้ประโยชน์จากพลังงานดังกล่าวทั้งทางด้านการอุตสาหกรรม อุตสาหกรรม ตลอดจนไปอาบน้ำแร่และอบไอน้ำร้อน การที่นักท่องเที่ยวนิยมอาบน้ำแร่และอบไอน้ำร้อนเพราะในทางการแพทย์มีความเห็นว่าจะทำให้โลหิตในร่างกายหมุนเวียนดีขึ้น และสามารถรักษาโรคผิวหนังบางประเภทได้ เนื่องจากมีสารกำมะถันอยู่ในส่วนประกอบของน้ำแร่ อุณหภูมิของน้ำแร่ที่ใช้อาบคือประมาณ 40-43 องศาเซลเซียส แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่มีชื่อเสียงในด้านการท่องเที่ยว เช่น น้ำพุร้อนใน Yellow Stone National Park แห่งรัฐไวโอมิ่ง ประเทศสหรัฐอเมริกา น้ำพุร้อนในประเทศไอซ์แลนด์ ประเทศนิวซีแลนด์

6.2.2 คำนวณอุตสาหกรรมการผลิตกระแสไฟฟ้า

พลังงานความร้อนใต้พิภพถูกนำไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ และประเทศอิตาลีสามารถนำพลังงานชนิดนี้มาผลิตกระแสไฟฟ้าได้เป็นครั้งแรกเมื่อ 87 ปีที่แล้ว ณ เมือง Larderello ปัจจุบันประเทศต่าง ๆ ที่มีแหล่งก็สามารถพัฒนามาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากมาย และที่อยู่ระหว่างการพัฒนามีอยู่หลายประเทศ ในปี ค.ศ. 1986 มีโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพของประเทศต่าง ๆ ในโลกถึง 190 แห่ง กำลังผลิตรวมประมาณ 4,733 เมกะวัตต์ ประเทศที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดคือ ประเทศสหรัฐอเมริกา รองลงมาได้แก่ ประเทศฟิลิปปินส์ ประเทศเม็กซิโก และประเทศอื่น ๆ อีกหลายประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 กำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศต่าง ๆ ของโลก
ในปี ค.ศ.1986*

ประเทศ	ระบบไอน้ำ		ระบบอื่น ๆ		รวม กำลังผลิต (เมกะ วัตต์)
	จำนวน โรงไฟฟ้า	กำลังผลิต (เมกะ วัตต์)	จำนวน โรงไฟฟ้า	กำลังผลิต (เมกะ วัตต์)	
สหรัฐอเมริกา	26	1,788	31	218	2,006
ฟิลิปปินส์	-	-	23	894	894
เม็กซิโก	2	10	12	635	645
อิตาลี	41	500	4	5	505
ญี่ปุ่น	1	22	8	193	215
นิวซีแลนด์	-	-	10	167	167
เอลซัลวาดอร์	-	-	3	95	95
โคลอมเบีย	-	-	3	45	45
ไอซ์แลนด์	-	-	5	39	39
นิการากัว	-	-	1	35	35
อินโดนีเซีย	2	30	1	2	32
อื่น ๆ **	-	-	20	55	55
รวม	72	2,350	118	2,383	4,733

* From R. DiPoppo, Geothermal Power Plants, Worldwide Status-1986,
Geothermal Resources Council Bulletin, vol. 15, Nov. 1986, p. 3-14.

** รวมตุรกี (21 MW), จีน (15 MW), รัสเซีย (11 MW), ฝรั่งเศส (4 MW), โปรตุเกส (3 MW)
และ กรีซ (2 MW)

แหล่งพลังงานความร้อนใดก็ตามที่สามารถนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้จะต้องมีอุณหภูมิที่แหล่งกำเนิดไม่ต่ำกว่า 180 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เป็นแบบของโรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพที่ใช้กันเป็นส่วนใหญ่ โดยใช้น้ำร้อนที่ได้จากแหล่งพลังงานไปขับกังหันไอน้ำ (steam turbine) เพื่อขับเคลื่อนกำเนิดไฟฟ้า ในกรณีที่อุณหภูมิของแหล่งกำเนิดต่ำกว่า 180 องศาเซลเซียส การนำพลังงานมาผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถทำได้โดย วิธีการแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) ระหว่างสารเหลวที่มีจุดเดือดต่ำ เช่น Freon กับไอน้ำและน้ำร้อนที่ได้จากหลุมยลิต ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

วิธีการนำพลังงานความร้อนใดก็ตามซึ่งใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งพลังงานนั้น กล่าวคือถ้าเป็นแบบไอน้ำ ก็จะใช้วิธีเจาะบ่อน้ำลงไปใต้เปลือกโลกเพื่อนำเอาไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูงไปหมุนกังหันไอน้ำขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยตรง (ดังภาพที่ 5)

เช่นที่แหล่งไกเซอร์ในสหรัฐอเมริกา เริ่มใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 502 เมกะวัตต์เมื่อ พ.ศ. 2520 ถ้าเป็นแหล่งน้ำร้อนก็ใช้วิธีเจาะเป็นบ่อน้ำลงไปจนถึงชั้นหินทรายเพื่อนำน้ำร้อนขึ้นมา (ดังภาพที่ 5) น้ำร้อนที่มีไอน้ำปนอยู่ก็จะถูกส่งไปยังเครื่องแยกไอน้ำ ไอน้ำบางส่วนส่งไปควบแน่นเพื่อไปผลิตกังหันไอน้ำและผลิตกระแสไฟฟ้าส่วนน้ำร้อนจะถูกคืนกลับลงไปใต้ดินทางบ่อน้ำร้อนน้ำความดันของมันเอง

สำหรับการเปลี่ยนพลังงานความร้อนใดก็ตาม จากหลุมยลิต ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า มีอยู่ 4 ระบบ คือ (ดูภาพที่ 6)

1) ระบบใช้ไอน้ำโดยตรง (Direct steam system) ระบบนี้จะใช้ไอน้ำจากแหล่ง Dry - steam เช่นแหล่ง Larderello และ Geysers ไอน้ำที่ไต่กองระอาคทอที่จะไปหมุนกังหันและจากนั้นจะถูกทำให้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำด้วยเครื่องควบแน่น และอีกกลั่นลงไปใต้ดินอีก

2) ระบบปรับความดันไอน้ำ (Flash steam system) ระบบนี้ส่วนใหญ่จะเป็นการผลิตกระแสไฟฟ้า จากแหล่งน้ำร้อน (wet - steam) น้ำร้อนจากหลุมยลิตจะถูกส่งไปยังถังแตกน้ำและปรับความดันไอน้ำ (Flash Chamber) เพื่อลดความดันน้ำร้อน จะกลายเป็นไอน้ำก่อนแล้ว จึงจะส่งไอน้ำนั้นไปตามท่อเชื่อมกังหัน น้ำที่แยกออกมาและไอน้ำที่ผ่านกังหันแล้วจะถูกทำให้ควบแน่นเป็นน้ำแล้วอีกกลั่นของใต้ดิน เช่นกัน

ระบบที่กล่าวมา (ข้อ 1, 2) ใช้ที่แหล่งที่มีอุณหภูมิสูง ส่วนอีก 2 ระบบ คือไปจะใช้ แหล่ง ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

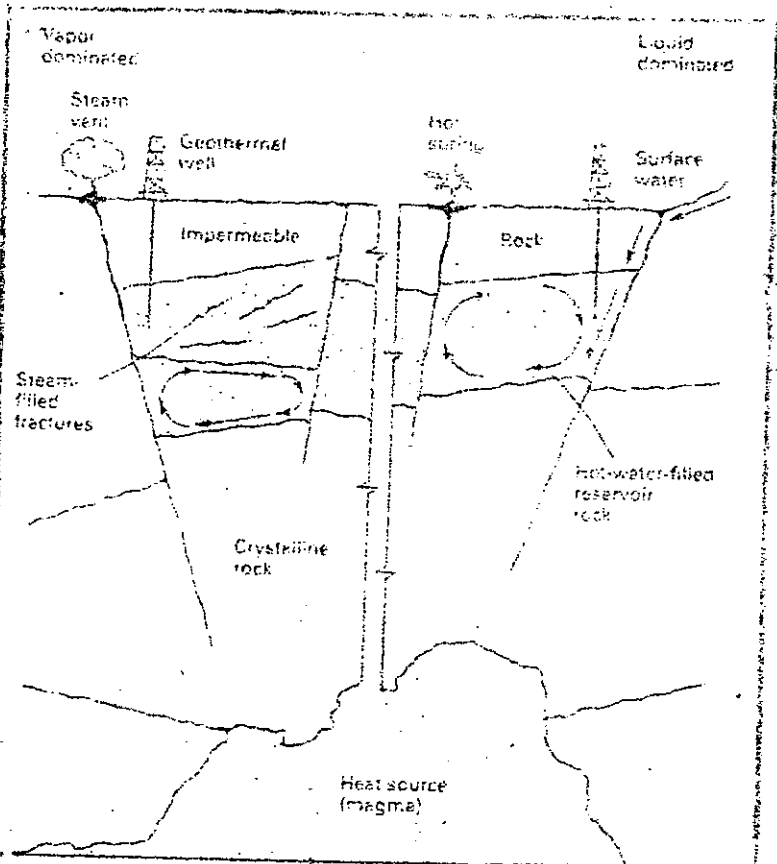


Figure 5

Schematic diagram to show the geological features of dry-steam and wet-steam geothermal (Source: Craig, J., 1988, p. 158.)

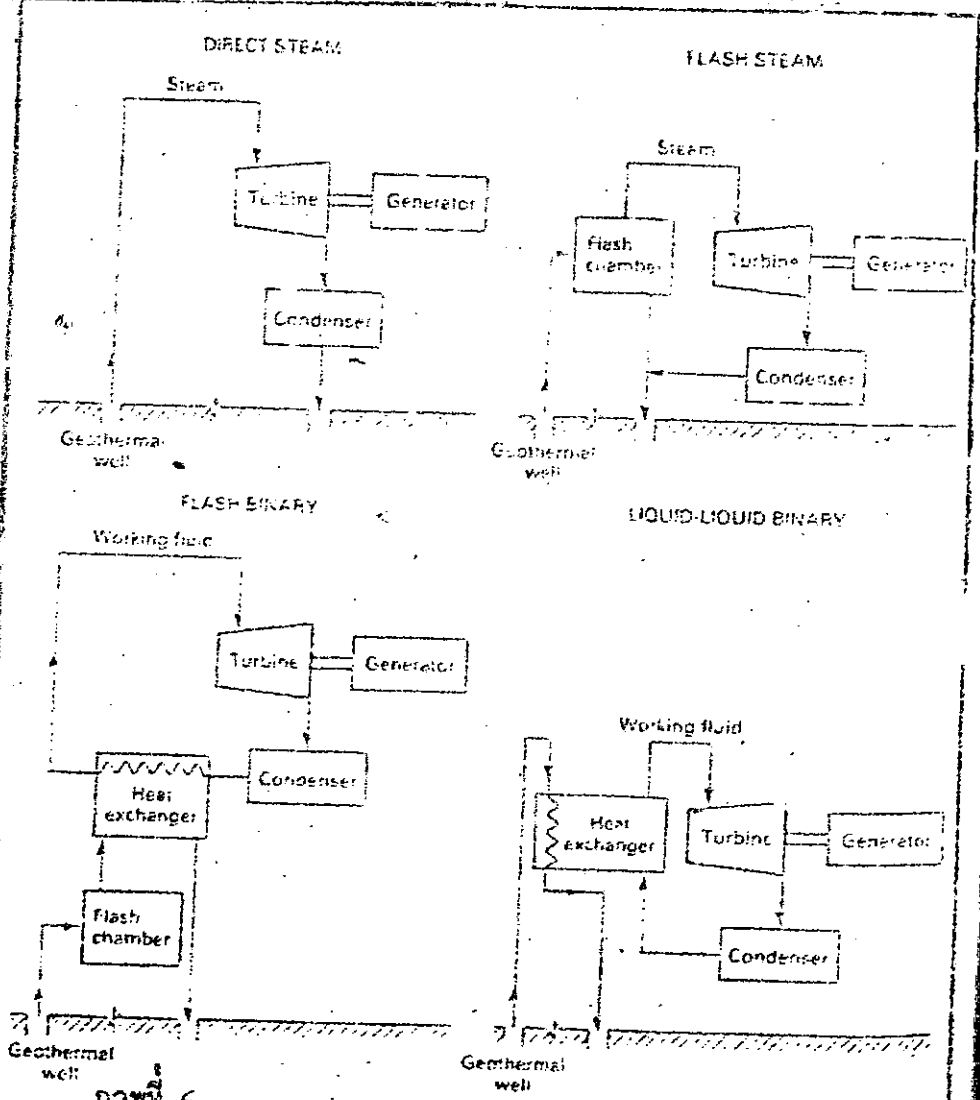


Figure 6

Systems for the conversion of geothermal energy into electricity. Steam from the geothermal well may be directly used to drive turbines or be produced by release of pressure in a flash chamber and then directly used. Alternatively...

3). ระบบถ่ายเทความร้อนจากไอร้อนสู่ของเหลว (Flash binary system)

ระบบนี้เป็นการนำน้ำร้อน (wet - steam) จากอุณหภูมิปานพอไปยังถังเก็บและปรับความ
ดันไอร้อนส่วนไอร้อนที่ได้นี้เข้าไปในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อถ่ายความร้อนให้แก่สาร
ที่มีจุดเดือดต่ำซึ่งอยู่ในสภาพของเหลวผสมก๊าซซึ่งเตรียมไว้ในหอ(ปกติเป็นสารไฮโดรคาร์บอน)
สารดังกล่าวเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวและมีแรงดันไปหมุนกังหันจุกเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
ระบบนี้มีข้อดีคือกังหันจะสะอาดและมีอายุการใช้งานนาน ส่วนน้ำร้อนจากแหล่งจะถูกอัดกลับลงไป
ใต้ดิน

4). ระบบถ่ายเทความร้อนจากของเหลวสู่ของเหลว (Liquid - liquid binary system)

น้ำร้อนจากแหล่งจะผ่านตามหอเพื่อระบายความร้อนสู่ของเหลวผสมก๊าซในเครื่อง
แลกเปลี่ยนความร้อน สารดังกล่าวเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวและมีความดันพอที่จะไปหมุน
กังหัน ส่วนน้ำร้อนจากแหล่งก็จะถูกอัดกลับสู่ใต้ดิน

ระบบนี้เหมาะเป็นการลดปัญหาในการปลดปล่อยน้ำเค็มและมองกันมิให้ก๊าซไฮโดรเจน
เกิดไฟที่มากับน้ำร้อนออกสู่บรรยากาศ ที่เคยปฏิบัติมา น้ำร้อนที่มีเกลือมากจะถือว่าเป็นของเสีย
แต่นักวิทยาศาสตร์ค่อย ๆ เปลี่ยนมาเป็นการใช้ประโยชน์จากการกลั่นให้เป็นน้ำบริสุทธิ์หรือสกัดเกลือและ
แร่ธาตุที่มีความมาใช้ด้วย

ตัวอย่างระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานความร้อนใต้พิภพได้แก่ สถานีผลิตไฟฟ้าเมือง
จตุราโกประเทศนิวซีแลนด์ ซึ่งมีกำลังผลิตสูงถึง 192.6 เมกะวัตต์ และใช้พลังงานมีละ 1,100 ล้าน
กิโลวัตต์ มีหอเจาะไว้ทั้งที่กำลังใช้งานและที่สำรองมากกว่า 100 บ่อซึ่งมีความลึกเฉลี่ย 800 เมตร
ละม่อที่มีความลึกสูงสุด 2,300 เมตร บางบ่อมีความลึกเพียง 600 เมตร อุณหภูมิของน้ำร้อน
เฉลี่ย 230 องศาเซลเซียส

สถานีผลิตไฟฟ้า Larderello ประเทศอิตาลี มีกำลังผลิต 406 เมกะวัตต์
อุณหภูมิมีความลึกเฉลี่ย 600 เมตร ความลึกสูงสุด 1,600 เมตร อุณหภูมิของไอร้อนเฉลี่ย
100 องศาเซลเซียส

สถานีผลิตไฟฟ้ากักกอนคะ (Kakkonda) ในญี่ปุ่น (ดังภาพที่ 7)

ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 55 เมกะวัตต์ ในระบบมีเครื่องควบแน่นไอน้ำที่ผ่านออกมาจากกังหัน
เพื่อลดความดันไอร้อนออกันจะทำให้กังหันทำงานได้ดีขึ้น น้ำเย็นที่นำมาใช้ฉีดพ่นในเครื่องควบแน่น
ส่วนหนึ่งสูมาจากแม่น้ำ อีกส่วนหนึ่งเป็นน้ำเย็นที่ไต่จากเครื่องควบแน่นภายหลังจากผ่านหอทำน้ำเย็น

สถานีผลิตไฟฟ้าในประเทศญี่ปุ่นอีกแห่งหนึ่ง คือ โรงงานไฟฟ้าพลังงานความร้อน ไคฟุกุฮาชิโชมารุ (Hatchobaru) (ตามภาพที่ 8) ตั้งอยู่ทางตอนเหนือของเกาะ คุชู สร้างขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2520 เป็นของบริษัท Kyushu Electric power มีกำลังผลิต 55 เมกะวัตต์ การผลิตไอน้ำจะเป็นแบบดับเบิลฟลัช (Double flash) กล่าวคือ น้ำร้อนจากหลุมผลิต เมื่อถูกแยกจากไอน้ำจะไม่ถูกอัดกลับลงสู่ใต้ดินทันทีเช่น ระบบของโรงไฟฟ้า กักกอนตะ แต่ถูกนำเข้าไปในภาชนะที่มีความดันต่ำเพื่อเปลี่ยนน้ำร้อนให้เป็นไอน้ำอีกครั้งหนึ่ง เรียกว่าไอน้ำทุติยภูมิ (Secondary steam) ไอน้ำทุติยภูมินี้มีอุณหภูมิและความดันต่ำกว่า ไอน้ำปฐมภูมิที่ได้จากการแยกครั้งแรกโดยไอน้ำปฐมภูมิเท่ากับ 164 องศาเซลเซียสและ 5.2 กก./ตร.ซม. ในขณะที่ของทุติยภูมิเป็น 109 องศาเซลเซียส และ 0.44 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ ไอน้ำทุติยภูมิเมื่อส่งเข้ากังหันจะช่วยให้ประสิทธิภาพการนำความร้อนมาใช้ดีขึ้น และเพิ่ม กำลังผลิตของไฟฟ้าประมาณ 20 %

สำหรับการใช้ประโยชน์จากแหล่งพลังงานความร้อนไคฟุกุฮาชิโชมารุที่สร้างขึ้นตั้งอยู่ในระดับการศึกษาทดลองนั้น หน่วยปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ลอสอลามอส (Los Alamos Scientific Laboratory) แห่งมหาวิทยาลัย แคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา ได้ดำเนินโครงการเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าตามภาพที่ 9 ในระบบนี้ไอน้ำจะถูกอัดด้วยความดันสูงลงไปตามหลุมที่เจาะจนถึงโพรงหรือรอยแตกที่เกิดขึ้นในชั้นหินร้อนที่มีความลึก 4 กิโลเมตร จากผิวดิน น้ำที่ร้อนขึ้นจะถูกดันกลับขึ้นมาทางท่อที่เจาะลงไปอีกตำแหน่งซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 245 องศาเซลเซียส และไหลวนเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) แล้วถูกอัดลงสู่ใต้ดินอีกครั้งหนึ่ง ความร้อนที่ได้จากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะถูกใช้ผลิต ไอน้ำร้อนเพื่อหมุนกังหันและจุด เครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อไป

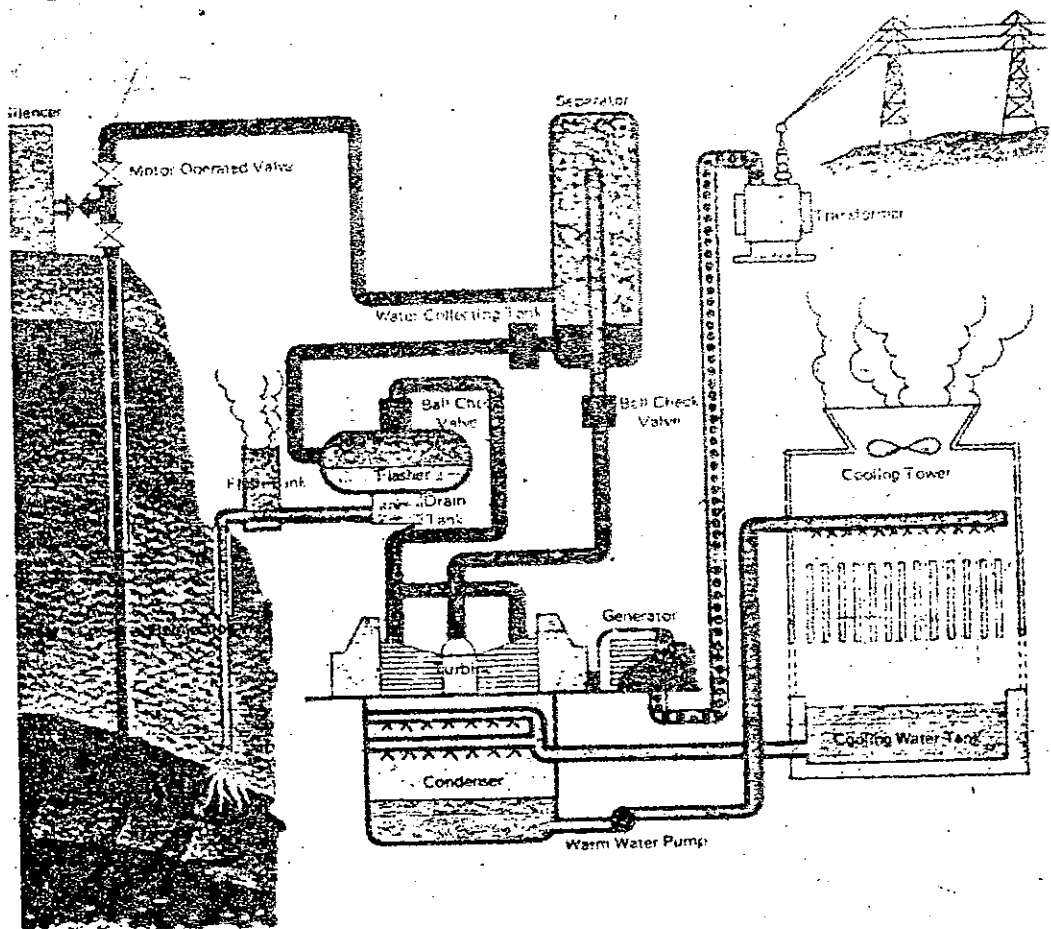
7. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานความร้อนไคฟุกุฮาชิโชมารุ

พลังงานความร้อนไคฟุกุฮาชิโชมารุมีประโยชน์ในหลายด้านดังกล่าวแล้ว แต่ในแง่สิ่งแวดล้อม ก็มีผลกระทบจากการใช้ไคฟุกุฮาชิโชมารุเช่นกันกับการใช้พลังงานชนิดอื่น ดังนั้นการนำมาใช้จึงต้องเตรียมการ ศึกษาและป้องกันไว้ด้วย

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น พอสรุปได้ดังนี้

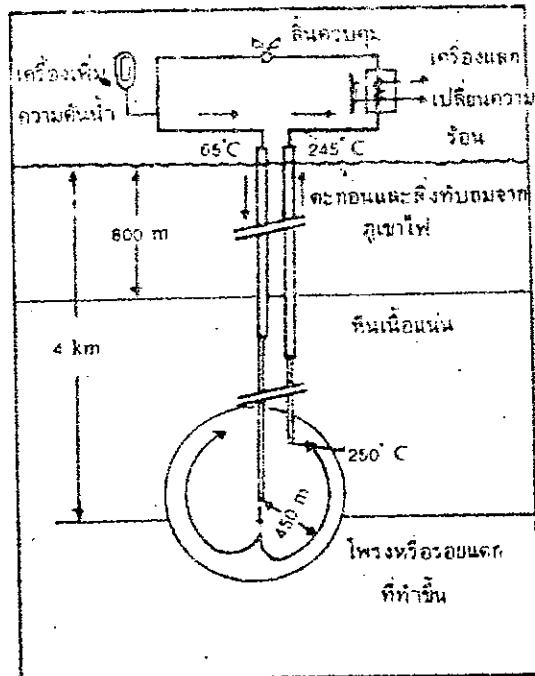
7.1 แหล่งพลังงานความร้อนไคฟุกุฮาชิโชมารุหลายแห่งมีสารเคมีที่เป็นพิษละลายอยู่ การนำมาใช้ก็อาจมีผลกระทบต่อคน สัตว์ นอกจากนี้ยังอาจมีผลกระทบต่อการปนเปื้อนของน้ำบาดาล และ น้ำผิวดินซึ่งใช้ในการเกษตร หรือใช้อุปโภคและบริโภคได้

Outlined System of Hatchobaru Power Station



ภาพที่ 3

แผนภาพแสดงระบบการวางตัวของโรงไฟฟ้าหินโงง จังหวัดคันทัน, Canada
ที่มา: คิตตีชัย วิจารณ์กร 2527, หน้า 92.



ภาพที่ 9 ระบบทดลองนำพลังงานความร้อนใต้พิภพจากแหล่งระบบหินร้อนแห่งการผลิตกระแสไฟฟ้า

ที่มา: ธีรยุทธ บุญ 2531, หน้า 118.

น้ำและไอน้ำจากแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพอาจประกอบไปด้วยก๊าซที่ละลาย
 เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เรดอน (Rn)
 เมเทน (CH_4) แอมโมเนีย (NH_3) และสารเคมีอื่น ๆ ที่เป็นพิษ เช่น เมนสัน
 เซนิก ปรอท และกรดมอริก

ที่แหล่ง Geysers พบว่ามีก๊าซ H_2S ในไอน้ำ ประมาณ 220ppm. ประชาชน
 สัมผัสในบริเวณใกล้เคียง มีอาการเจ็บป่วยต่าง ๆ เช่น ปวดศีรษะ คลื่นไส้
 แสบจมูก ซึ่งเกิดจากพิษของ H_2S ปริมาณก๊าซนี้จากแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพแหล่งอื่น ๆ
 ปรากฏในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณ H_2S ที่ปล่อยออกจากแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพทั่วโลก

ชื่อแหล่ง	ประมาณการ ปริมาณ H_2S (กรัม/เมกะวัตต์ชั่วโมง)
ร้อน	
Geysers, California	2,424
Geysers, California	20
Geysers, New Mexico	2,125
Geysers & Hot Springs, Utah	304
Geysers, New Zealand	570
Geysers, Japan	5,050 - 20,800
Geysers, Mexico	32,000
น้ำ	
Geysers, Italy	14,300
Geysers, California	1,850

น้ำจากแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในรัฐแคลิฟอร์เนียจะมี แอมโมเนีย -100 ppm. ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในอากาศ แอมโมเนียและน้ำร้อนของพลังงานความร้อนใต้พิภพจะหาปฏิกิริยากับไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ แอมโมเนียซัลไฟด์ เชื่อกันว่าเบนซีนที่อยู่ในแหล่งพลังงานชนิดนี้เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยความร้อนในแหล่งปริมาณเบนซีนในแหล่งไอเซออร์จะอยู่ในช่วง 1 - 45 ppm.

สารปรอทในพลังงานความร้อนใต้พิภพจะอยู่ในรูปของสารระเหยกว่า 90% อยู่ในไอน้ำเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสามารถปนเปื้อนไปในอากาศได้ ในทางกลับกันสารอาร์เซนิกละลายอยู่ในน้ำร้อนที่มีความเค็มสูง อาร์เซนิกจากการผลิตพลังงานความร้อนใต้พิภพจะมีความการยผลิตพลังงานถ่านหินหลายร้อยเท่าเมื่อเทียบกับเมกะวัตต์ ความเข้มข้นของสารปรอทในไอน้ำที่กลั่นตัวแล้วจะมีมากกว่าในน้ำทั่วไปถึง 100 - 1,000 เท่า ส่วนในไอน้ำที่ไคกลั่นตัวมากกว่าในอากาศถึง 10^5 ถึง 10^6 เท่า อย่างไรก็ตาม การปล่อยสารปรอทสู่บรรยากาศของแหล่งพลังงานชนิดนี้จะเท่า ๆ กับการปล่อยจากการเผาถ่านหินคืออยู่ในช่วง 0.3 - 18 $\mu\text{g}/\text{kg}$ แหล่ง Matsukawa ในญี่ปุ่นปล่อยปรอทออกมาในปริมาณที่สูงกว่าแหล่งไอเซออร์ ถึงแม้ว่าแหล่งไอเซออร์อยู่ในบริเวณที่มีเหมืองแร่ปรอทตั้งอยู่ก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากความเป็นกรดของน้ำในแหล่ง Matsukawa เป็นตัวทำลายปรอทจากหินใต้มามาก

การป้องกันปัญหาจากสารเคมีต่าง ๆ ได้แก่การทำให้สารตกตะกอน Ponding and evaporation \rightarrow ก่อน หรือเมื่อให้น้ำแล้วจึงอัดน้ำขึ้นกลับสู่ใต้ดิน ในที่นี้ชั้นหินที่ปลดปล่อยก่อนการนำน้ำมาใช้ต้องวิเคราะห์น้ำในแหล่งนั้นเสียก่อน เพื่อความปลอดภัย หากพบว่ามีความเข้มข้นของสารเคมีในปริมาณที่จะเป็นอันตรายต้องทำการบำบัดก่อนนำไปใช้ เช่น ถ้าพบว่ามี H_2S มากก่อนใช้ต้องเปลี่ยนสภาพก๊าซให้เป็นกรดโดยผ่านก๊าซนั้นไปในน้ำก็จะไดกรดซัลฟูริก ซึ่งกรดนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย

7.2 น้ำที่ผ่านการใช้แล้ว และผ่านระบบออกมาอาจยังร้อนอยู่เพราะมีความร้อนตกค้าง (waste heat) ซึ่งหากปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมทันทีจะทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำเสียหาย วิธีแก้ไขให้น้ำที่ร้อนอยู่นั้นไปใช้ประโยชน์อื่นในที่สุดการใช้น้ำอุณหภูมิต่ำกว่าเช่น ใช้ประโยชน์ในการเกษตร ในความอบอุ่นภายในบ้านพัก เป็นต้น

7.3 การสูบน้ำจากแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพขึ้นมาใช้มากเกินไปเกินกว่าการชดเชยน้ำกลับคืนสู่ชั้นหินก็เกิดช่องว่างในแหล่งกักเก็บจะทำให้เกิดปัญหาแผ่นดินบริเวณแหล่งพลังงานหรือ (subsidence) ได้ วิธีป้องกันคือ อัดน้ำที่ใช้แล้วลงไปแทนที่ช่องว่างดังกล่าว

7.4 ในระบบการวัดผลพลังงานไฟฟ้า อาจมีปัญหาเรื่องเสียงดังในขณะที่มีการไล่ตะกอนในหอน้ำ หรือเสียงรบกวนจากไอน้ำรอบ วิธีป้องกันคือ ติดตั้งเครื่องลดเสียงรบกวนของไอน้ำร้อนในระบบ

8. พลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย

ในประเทศไทย การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ ยังอยู่ในวงจำกัด แม้ว่าจะพบบริเวณที่มีน้ำพุร้อนกระจุกกระจายอยู่ทั่วไปถึง 65 แห่ง (ภาพที่ 10) โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคใต้ของประเทศ บริเวณเหล่านี้เป็นบริเวณที่เปลือกโลกไถ่ถวนกระบวนการทางธรณีวิทยาที่คล้าย ๆ กันมาตลอดระยะเวลาอันยาวนาน โดยมีการหมุนแปรทงของหินอัคนีหลายครั้งทั้งส่วนที่เป็นตัวภายในใต้ผิวโลกและนอกผิวโลก ประกอบกับบริเวณเปลือกโลกส่วนนี้มีการเคลื่อนไหวอย่างรุนแรงหลายครั้ง ทำให้เกิดรอยแตกและรอยเลื่อนที่มีขนาดใหญ่มากมาย ซึ่งเป็นสภาพที่เอื้ออำนวยให้เกิดแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ

8.1 การสำรวจพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย

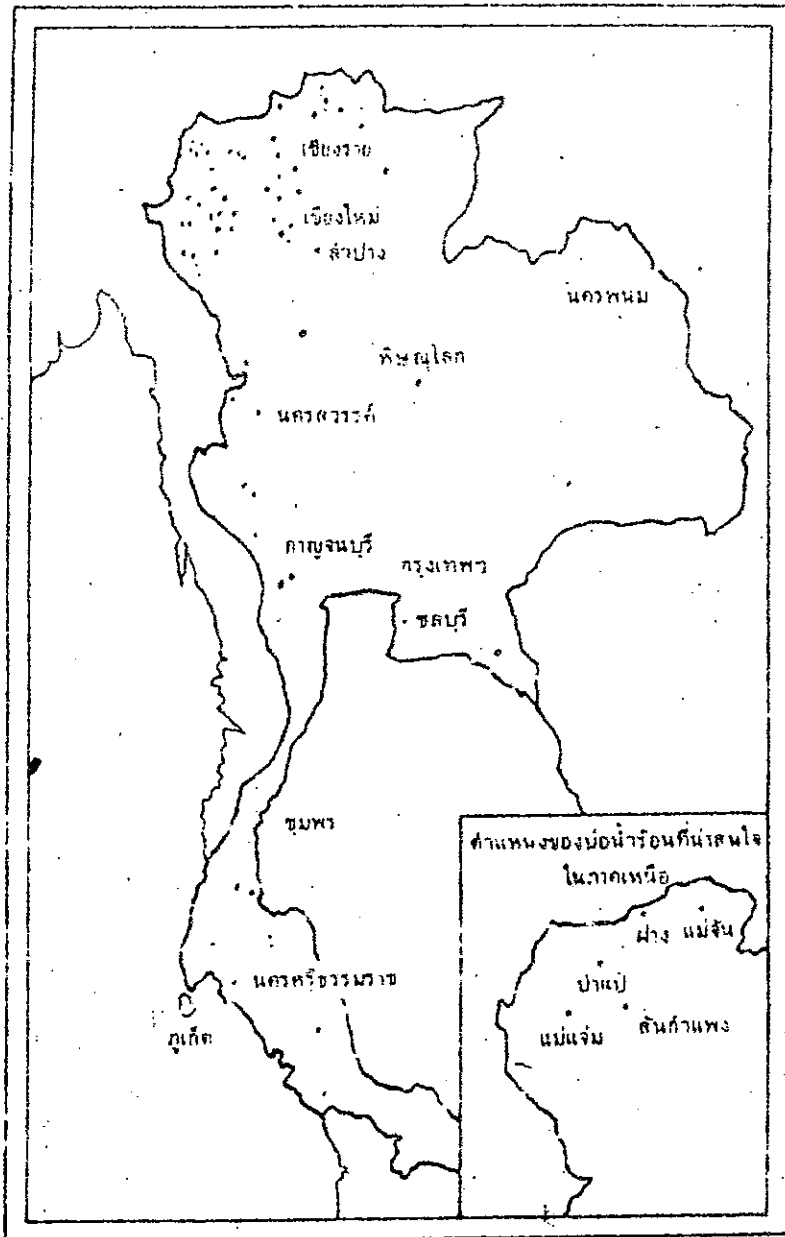
ในอดีตหน่วยงานหลายแห่ง เคยสำรวจพลังงานความร้อนใต้พิภพมาแล้วเป็นระยะ ๆ เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494 แต่ไม่ต่อเนื่องกัน ทั้งนี้ในสมัยนั้นปัญหาพลังงานมีไม่มากนัก หน่วยงานที่เคยสำรวจพลังงานความร้อนใต้พิภพในระยะเริ่มแรกได้แก่กรมทรัพยากรธรณี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และดำเนินกิจการพลังงานแห่งชาติร่วมกับคณะสำรวจจากนิวซีแลนด์

การสำรวจอย่างถ่องถี่และมีเป้าหมายที่แน่นอนเริ่มขึ้นเมื่อปลายปี พ.ศ. 2520

โดยคณะทำงาน (Working group) จากัดหน่วยงานต่าง ๆ ประกอบด้วย ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ กองเสรษฐธรณี กรมทรัพยากรธรณี และกรมไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้ร่วมทำการศึกษาแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพของประเทศไทย โดยมุ่งที่ภาคเหนือตอน เพราะคาดว่าเป็นแหล่งที่มีศักยภาพพลังงานชนิดนี้สูงสุด การสำรวจเบื้องต้น เป็นการศึกษเกี่ยวกับลักษณะทางธรณีวิทยา สภาพอุทกธรณีวิทยา รณีเคมี และธรณีฟิสิกส์ของแหล่ง โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าเป็นสำคัญ

การสำรวจของคณะทำงานดังกล่าวมีวัตถุประสงค์คือ

- 1). เพื่อเป็นการรักษาและใช้แหล่งพลังงานชนิดใหม่ที่มีอยู่ในประเทศ ซดเซย
 ามันซึ่งนับวันจะมีราคาสูงขึ้น
- 2). เพื่อเป็นการสนองนโยบายของรัฐบาล ในการแสวงหาพลังงานชนิด
 ใหมภายในประเทศในการผลิตกระแสไฟฟ้าและการพัฒนาแหล่งพลังงานไฟฟ้าในชนบท



ภาพที่ ๑๐ แสดงตำแหน่งน้ำร้อนที่กระจายอยู่ทั่วประเทศ

ที่มา: ข่าย ชีวะเขต. 2529. หน้า 292.

3). เพื่อเป็นการพัฒนาและนำเทคโนโลยีของพลังงานชนิดใหม่มาสู่ประเทศไทย ทำให้นักวิทยาศาสตร์และประชาชนตระหนักถึงความก้าวหน้าและความสำคัญของพลังงานชนิดใหม่

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการสำรวจคือ

- 1). สามารถนำพลังงานความร้อนใต้พิภพซึ่งเป็นทรัพยากรในประเทศมาใช้
- 2). สามารถบรรเทาภาวะการใช้น้ำมันภายในประเทศ ซึ่งช่วยลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศ

3). สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้แม้ว่าจะเป็นขนาดเล็กจ่ายให้ชุมชนชนบท

4). การร่วมมือระหว่างหน่วยงานช่วยให้เทคโนโลยีแบบนี้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น และเป็นการเพิ่มพูนความรู้แก่บุคลากรในประเทศ

5). หากพบว่าแหล่งพลังงานนี้ไม่เหมาะสมต่อการผลิตไฟฟ้าก็จะได้อบปีตหน่วยงานที่จะได้ประโยชน์รับช่วงดำเนินการต่อไป เช่น พัฒนาใช้ในโรงงานนมบีบอัด

จากการการสำรวจและศึกษาของคณะทำงาน สามารถนำผลการศึกษามาสรุปได้ดังนี้

1). น้ำพุร้อนในบริเวณภาคเหนือของประเทศ ส่วนใหญ่มีกำเนิดสัมพันธ์กับหินอัคนีชนิดที่เย็นตัวภายในใต้มวลโลก (Intrusive igneous rock) ซึ่งลักษณะของหินที่สัมพันธ์กับแหล่งน้ำพุร้อน และอาจจะเป็นแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพได้แก่ หินแกรนิตที่มีอายุแตกต่างกันตั้งแต่คาร์บอนิเฟอรัส จนถึงเทอร์เชียรี ลักษณะของหินเหล่านี้แตกต่างกับลักษณะของหินที่สัมพันธ์กับแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ ที่พบในประเทศอื่น ๆ ทั่วโลก ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นหินอัคนีชนิดที่เย็นตัวนอกผิวโลก (Extrusive igneous rocks) หรือหินภูเขาไฟ (volcanic rocks) ในภาคเหนือของประเทศพบว่ามีเพียง 2-3 บริเวณที่พบว่าหินที่สัมพันธ์กับน้ำพุร้อนเป็นหินที่เย็นตัวนอกผิวโลกซึ่งมีทั้งเป็น Rhyolites และ Andesites

2). น้ำพุร้อน ส่วนใหญ่มักจะเกิดในบริเวณที่น้ำจะคงไหลออกมาตามธรรมชาติของมันเป็นอยู่แล้ว (Natural discharge point) ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่า น้ำพุร้อนที่ไหลขึ้นมาให้เห็นตามผิวดินอาจจะไม่อยู่เหนือแหล่งที่ให้กำเนิดและกักเก็บพลังงาน (Source and reservoir rocks) เลย การไหลของน้ำพุร้อนส่วนใหญ่จะเป็นการไหลในแนวตั้ง และมีบางบริเวณที่แสดงการไหลในลักษณะของแนวระนาบ ซึ่งทำให้น้ำพุร้อนที่ไหลขึ้นมามีการผสมกับน้ำบาดาลที่อยู่ใกล้กับผิวดิน

3). น้ำพุร้อนส่วนใหญ่เกิดในบริเวณที่หินเกิดการรอยเลื่อนและรอยแตก

(Faulting and fracturing) ซึ่งรอยเลื่อน และรอยแตกเหล่านี้ มีการเคลื่อนที่และขนาดที่ใหญ่อาจรอยเลื่อนและรอยแตกเหล่านี้ มีอายุไม่มากนัก หรือถ้าเป็นส่วนที่เกิดขึ้นมาแล้วหรือมีอายุมาก ก็มักจะเกิดการเคลื่อนที่ หรือเลื่อนตัวซ้ำ อีกครั้งหนึ่ง (Reactivate) ในช่วงที่ยานมาไม่นานนัก(ประมาณยุคเทอร์เชียรี) ผลจากการเคลื่อนที่ของรอยเลื่อนเหล่านี้ น่าจะเป็นตัวการที่ทำให้เกิดมีความร้อนแม่ เข้าไปในหินสองข้างรอบ ๆ รอยเลื่อนและรอยแตก ซึ่งเป็นการเพิ่มความร้อนเข้าไปสู่ระบบพลังงานความร้อนใต้พิภพที่มีอยู่แล้วอีกส่วนหนึ่ง รอยเลื่อนบางอันอาจมีความกว้างถึงหลาย ๆ รอยเมตร และยาวนับเป็นร้อยกิโลเมตร ผลจากการเสียดสีระหว่างหินทั้งสองข้างของรอยเลื่อนทำให้เกิดความร้อนขึ้นดังกล่าว

4). อุณหภูมิของน้ำพุร้อนที่ขึ้นมาตามผิวดิน มีตั้งแต่ 45 °ซ. ไปจนถึง 100 °ซ.

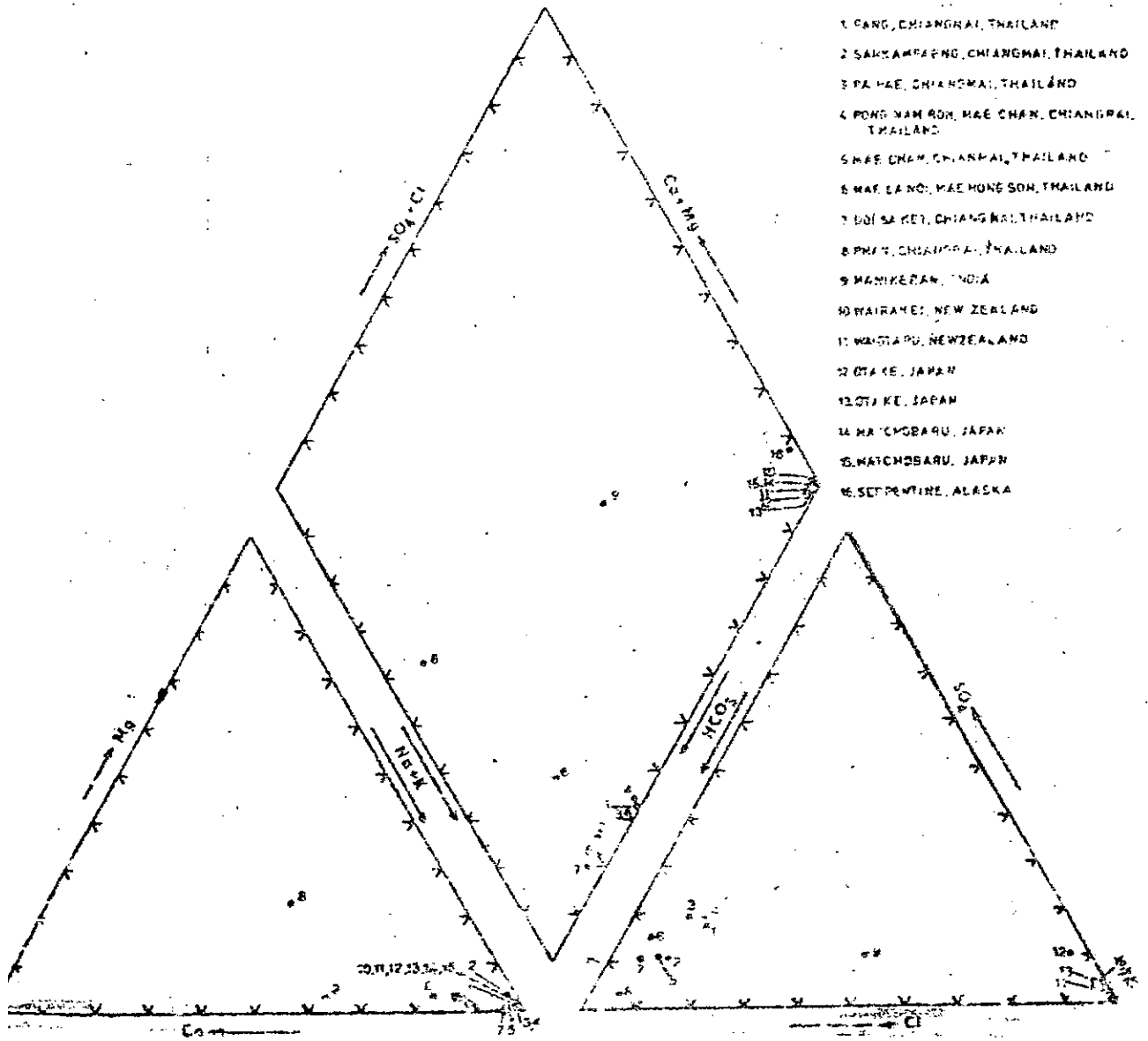
และในขณะเดียวกัน จากการคำนวณหาอุณหภูมิของแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้ผิวดิน (Subsurface or reservoir temperature) โดยใช้ SiO_2 -geothermometer geothermometer และ Na-K geothermometer พบว่ามีอุณหภูมิตั้งแต่ 90 °ซ. จนถึง 200 °ซ.

5). จากการพิจารณาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำพุร้อน พบว่าน้ำพุร้อนมีต้นกำเนิด

มาจากน้ำฝนที่ตกลงมาสู่ผิวโลกในบริเวณข้างเคียงนั่นเอง นอกจากนี้คุณสมบัติทางเคมีของน้ำพุร้อนในภาคเหนือของประเทศไทย ส่วนใหญ่มีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกัน และมีคุณสมบัติทางเคมีที่แตกต่างไปจากคุณสมบัติทางเคมีของน้ำพุร้อนที่พบในทางประเทศ (ภาพที่ 11) ซึ่งเป็นสิ่งที่ยังบอกถึงความเหมือนหรือความคล้ายคลึงกันของสภาพธรณีวิทยา ลักษณะการเกิด สภาพอุทกธรณีวิทยา และธรณีเคมี ของน้ำพุร้อนหรือแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยในขณะเดียวกันก็แสดงถึงความแตกต่างของสภาพธรณีวิทยา สภาพอุทกธรณีวิทยา และธรณีเคมี ของแหล่งน้ำพุร้อนและระบบพลังงานความร้อนใต้พิภพที่พบในประเทศไทยกับในส่วนอื่นของโลก

6). จากการวัดค่าของความแตกต่างของอุณหภูมิกับความลึก (Geothermal

และค่าการไหลของความร้อนที่ขึ้นมาสู่ผิวดิน (Heat flow) ซึ่งส่วนใหญ่วัดในหอดูมเจาะน้ำบาดาลหอดูมเจาะสำรวจน้ำมัน ในประเทศพบว่าค่าของ Geothermal gradient มีค่าตั้งแต่ 25-90 °ซ./กม.(ค่าปกติของ Geothermal gradient ตามเปลือกโลกทั่ว ๆ มีค่าประมาณ 30 °ซ./กม.) ในขณะที่ค่าของ Heat flow มีค่าตั้งแต่ 0.5-3.7 HFU (ค่าปกติของ Heat flow ประมาณ 1.5 HFU ; 1 HFU (heat flow unit))



- 1 PANG, CHIANGRAI, THAILAND
- 2 SAKYAMPANG, CHIANGMAI, THAILAND
- 3 PA HAE, CHIANGMAI, THAILAND
- 4 PONG NAM SON, MAE CHAN, CHIANGRAI, THAILAND
- 5 MAE CHAN, CHIANGMAI, THAILAND
- 6 MAE LA NOI, MAE HONG SON, THAILAND
- 7 BOI SA KEI, CHIANGMAI, THAILAND
- 8 PHAY, CHIANGMAI, THAILAND
- 9 MANIKERAN, INDIA
- 10 WAIRAKEI, NEW ZEALAND
- 11 WAIOTAPU, NEW ZEALAND
- 12 OTA KE, JAPAN
- 13 OTA KE, JAPAN
- 14 MATSUBARU, JAPAN
- 15 MATSUBARU, JAPAN
- 16 SERPENTINE, ALASKA

ภาพที่ 11 แสดงคุณสมบัติทางเคมี (Hydrochemical characteristics) ของน้ำที่เก็บมาจากพื้นที่
 ของประเทศไทยและส่วนอื่น ๆ ของโลก
 ที่มา: ทรินิตี้ ริงคิงส์. 2522. หน้า 228.

มีค่าเท่ากับ 1×10^{-6} แกลลอรี่/ตร.ซม./วินาที) อย่างไรก็ตามการศึกษา Geothermal gradient และ Heat flow ที่ผ่านมา ยังไม่ถึงขั้นที่สามารถบ่งบอกรายละเอียดหรือตั้งสมมติฐานที่แน่นอน เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของค่าเหล่านี้ได้อย่างถูกต้องมากนัก จำเป็นต้องอาศัยเวลาและการศึกษา วิจัย เพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นจำนวนมากพอที่จะประเมินค่าเหล่านี้ได้

7). ปริมาณของน้ำร้อนที่ไหลขึ้นมาหรือถูกปล่อยออกมาตามธรรมชาติ (Natural discharge) จะแตกต่างกันออกไปในแต่ละบริเวณ มากหรือน้อยแล้วแต่กรณี แต่ปกติไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักกล่าวคือปริมาณของน้ำที่ไหลออกมาจะสม่ำเสมอ และไม่เปลี่ยนแปลงไปทั่วทุกกาล แสดงว่าปริมาณของน้ำ เป็นที่คงไปเพิ่มเติมกับแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพ ช่างล้างเปลือกโลก (natural recharge) เป็นปริมาณที่มากเพียงพอ

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ทำให้สรุปได้ว่า น้ำพุร้อนซึ่งสัมพันธ์กับแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยนั้น เกิดจากน้ำฝนซึ่งตกลงมาสู่อิวดินตามธรรมชาติ ไหลซึมผ่านชั้นดินและหินลงไป เส้นทางที่ซึมผ่านลงไปในชั้นส่วนใหญ่จะเป็นตามรอยเลื่อนและรอยแตกของหิน ซึ่งเป็นช่องทางหรือทิศทางการไหลที่ง่ายที่สุด น้ำเย็นเหล่านี้จะไหลซึมลงไปด้วยความลึกมาก ๆ เมื่อกระทบหรือสัมผัสกับหินที่ยังร้อนอยู่ภายใต้ผิวโลก ก็จะระเหยขึ้นในขณะเดียวกันก็จะละลายเอาแร่ธาตุต่าง ๆ จากหินร้อนเหล่านี้ เข้ามารวมในตัวของมันด้วย เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นและความดันเพิ่มขึ้น คุณสมบัติก็จะเปลี่ยนแปลงไป แล้วก็แทรกขึ้นมาตามรอยเลื่อนและรอยแตกในหินชั้นบนสู่อิวดิน โผล่ให้เห็นในลักษณะของน้ำพุร้อนตามิวดินต่อไป ถ้าเราให้ค่าของ Geothermal gradient มีค่าประมาณ 40-50 ๕./กม. และให้จุดอุณหภูมิที่มิวดินหรืออุณหภูมิของแหล่งกักเก็บพลังงานมีค่าประมาณ 180 ๕. ก็หมายความว่า น้ำฝนดังกล่าวจะต้องไหลซึมลึกลงไปจากมิวดินถึงประมาณ 2.4 หรือ 3 กิโลเมตร ตามลำดับ ตัวเลขนี้เป็นตัวเลขที่อาศัยการประเมินจากค่าของ Geothermal gradient เท่านั้น ซึ่งถ้าหากในบริเวณดังกล่าวมีหินที่ยังร้อนอยู่ ความลึกของแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพก็จะอยู่ในระดับที่ตื้นกว่านี้แน่นอน

การศึกษา วิจัยแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยในขณะนี้บรรลุถึงจุดหรือขั้นตอนที่สามารถแสดงให้เห็นว่าในภาคเหนือของประเทศไทยมีแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่มีแนวโน้มของศักยภาพสูงพอที่จะทำการพัฒนา แหล่งพลังงานธรรมชาติที่มีอยู่ขึ้นมาใช้ ให้เป็นประโยชน์ได้ภายใต้เทคโนโลยีปัจจุบันแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ ที่มีอุณหภูมิของแหล่งกักเก็บ (Reservoir temperature) ตั้งแต่ 180 ๕. ขึ้นไป สามารถที่จะพัฒนาขึ้นมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้ โดยการใช้น้ำร้อนหรือไอน้ำร้อน ที่ถูกสูขึ้นมาจาก

หลุมเจาะที่เจาะลงไปยังแหล่งกักเก็บ ในภาคเหนือของประเทศ พบว่ามีแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่มีอุณหภูมิของแหล่งกักเก็บอยู่ในเกณฑ์ตั้งแต่ 175-200 °ซ. อยู่ถึง 5 แหล่งด้วยกัน ได้แก่

1. บริเวณน้ำพุร้อนฝาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่
2. บริเวณน้ำพุร้อนป่าแม่ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่
3. บริเวณน้ำพุร้อนโป่งสอมและโป่งนก อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่
4. บริเวณน้ำพุร้อนเทพนม บ้านอมฤต อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่
5. บริเวณน้ำพุร้อนแม่จัน อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย

บริเวณน้ำพุร้อนและแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพทั้ง 5 บริเวณดังกล่าว มีแนวโน้มของศักยภาพของพลังงานที่สูงเพียงพอที่จะ สามารถพัฒนาเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ จึงสมควรที่จะได้รับการศึกษาวิจัยอย่างละเอียด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของปริมาณน้ำร้อน หรือไอน้ำร้อนที่จะสามารถนำขึ้นมา ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดและคุณสมบัติของหินในบริเวณแหล่งกักเก็บพลังงานอีกต่อหนึ่ง

ส่วนแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 5 แดงข้างต้น คือกลุ่มที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ 140-175 องศาเซลเซียส มีอยู่ 11 แหล่งคือ

แหล่งบ้านโป่ง	อำเภอพร้าว	จังหวัดเชียงใหม่
แหล่งบ้านโป่งใหม่	อำเภอป่าเย็บ	จังหวัดแม่ฮ่องสอน
แหล่งบ้านแจ้หอน	อำเภอแจ้ห่ม	จังหวัดลำปาง
แหล่งโป่งลึกและโป่งปะ	อำเภอป่าเย็บ	จังหวัดแม่ฮ่องสอน
แหล่งบ้านเมืองแปง	อำเภอป่าเย็บ	จังหวัดแม่ฮ่องสอน
แหล่งแมลานอย	อำเภอแม่สะเรียง	จังหวัดแม่ฮ่องสอน
แหล่งบ้านโป่งน้ำคำ	อำเภอเมือง	จังหวัดเชียงราย
แหล่งบ้านโป่งยางผาเคียว	อำเภอเมือง	จังหวัดเชียงราย
แหล่งบ้านโป่งน้ำร้อน	อำเภอเมือง	จังหวัดเชียงราย
แหล่งแมจอก	อำเภอวังชิ้น	จังหวัดแพร่
แหล่งบ้านโป่งเหม็น	อำเภอแม่แจ่ม	จังหวัดเชียงใหม่

แหล่งอุณหภูมิต่ำเหล่านี้สามารถหันมาใช้ด้านการอบใบยาสูบซึ่งมีจุดขึ้น
 แหล่งความร้อนที่ใช้ในการอบใบยาสูบ คือ ถ่านหิน น้ำมันเตา หรือ ก๊าซ ซึ่งนับวันจะหมดสิ้นไป
 การนำความร้อนจากแหล่งน้ำพุร้อนแทน จะช่วยประหยัดเชื้อเพลิงอื่นได้มาก นอกจากนี้
 ยังสามารถนำไปใช้ในระบบทำความเย็น เพื่อใช้ปรับอุณหภูมิในเรือนต้นไม้ให้สามารถปลูกพืช
 เมืองหนาวได้ตลอดปี และที่สำคัญคือให้หันมาเป็นแหล่งท่องเที่ยวหรือบริการการอาบน้ำแร่
 ก็เป็นช่องทางที่น่าสนใจ

8.2 การใช้ประโยชน์จากพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย

8.2.1 ด้านการผลิตกระแสไฟฟ้า

จากผลการสำรวจและการวิเคราะห์ข้อมูลที่ผ่านมาพบว่า แหล่งพลังงาน
 ความร้อนใต้พิภพในประเทศไทยเป็นแหล่งที่ไม่ใหญ่นัก แต่ก็สามารถจะนำมาใช้กับเครื่องกำเนิด
 ไฟฟ้าขนาดเล็กได้ ผู้เชี่ยวชาญและคณะทำงานทางเห็นพ้องกันว่าแหล่งน้ำพุร้อนที่อำเภอสินกา
 แพง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นแหล่งที่เหมาะสมที่สุดต่อการพัฒนาเป็นอันดับแรก รองลงไปได้แก่ที่
 อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

แหล่งที่สินกาแพง นั้นผลการสำรวจเมื่อเดือนมกราคม พ.ศ. 2528 ยังไม่ทราบ
 ขนาดของแหล่งพลังงานความร้อนว่ามีขนาดเท่าใด จึงยังคงคาดคะเนไม่ได้ว่าจะได้กำลังผลิตเท่า
 ใด ส่วนที่แหล่งฝางนั้นคาดว่าจะติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ขยายน้อย 120 กิโลวัตต์ ซึ่งการ ใ
 ผลิตแห่งประเทศไทยมีโครงการติดตั้งปี พ.ศ. 2529 และสำรวจเพิ่มเติมว่าจะติดตั้งได้อีกหรือไม่

แม้ว่าการนำพลังงานความร้อนใต้พิภพมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทย จะทำ
 ได้ในขนาดเล็กเมื่อเทียบกับต่างประเทศ แต่ก็นับว่าเป็นครั้งแรกที่มีการ เริ่มต้นใช้ประโยชน์
 จากพลังงานรูปนี้ผลิตกระแสไฟฟ้า อันจะเป็นประโยชน์ด้านการศึกษาหาประสบการณ์ให้สามารถ
 พัฒนาให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

8.2.2 ด้านเกษตรกรรม

พลังงานความร้อนใต้พิภพสามารถนำมาใช้ในการอบพืชหรือผลิตผลทางการ
 เกษตรต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี เช่นที่แหล่งน้ำพุร้อนสินกาแพงและแหล่งฝางก็มีโครงการพัฒนามา
 ใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรเช่นกัน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ทดลอง
 ใช้ความร้อนจากแหล่งน้ำพุร้อนสินกาแพงอบใบยาสูบ ซึ่งเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่สำคัญของ
 ประชาชนในบริเวณนั้น ปรากฏว่าได้ผลดี ซึ่งสามารถใช้ออบผลิตผลทางการเกษตรอื่น ๆ ได้
 เช่น ถั่วฝักยาว พริกไทย เป็นต้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ จึงมีโครงการที่จะพัฒนาใช้ประโยชน์ด้าน

นี้หากมีการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพขึ้น โดยใช้ความร้อนที่ระบายออกจากโรงไฟฟ้านั้น

สำหรับแหล่งที่อำเภอฝาง สถานีทดลองพืชสวนฝาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยความร่วมมือของคณะทำงาน ได้สร้างโรงอบเมล็ดพืช และผลิตผลทางการเกษตรขึ้นโดยใช้ น้ำร้อนจากหลุมสำรวจน้ำเป็นการนำพลังงานความร้อนใต้พิภพมาใช้ประโยชน์ในการเกษตร โดยตรง

ในอนาคตน่าจะมีการพัฒนานำมาใช้ในระบบของ Adsorption air condition growth chamber เพื่อปลูกพืชเมืองหนาวหรือกิ่งเมืองหนาวในโรงปลูก

8.2.3 คำนการทองเหี่ยว

แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพโดยทั่วไปจะมีน้ำพุร้อนผุดขึ้นในบริเวณนั้น ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่แปลก และน่าสนใจสำหรับนักท่องเที่ยวไปพักผ่อนหย่อนใจ อยู่เสมอ อย่างไรก็ตามน้ำพุร้อนที่มีอยู่ตามธรรมชาติส่วนใหญ่จะเป็นน้ำพุเล็ก ๆ ที่ถึงจุดความสนใจได้ไม่มากนัก แต่บางแห่งที่มีการเจาะสำรวจแล้วอาจทำให้น้ำพุร้อนเกิดขึ้นจากหลุมเจาะ สูงถึง 5-10 เมตร เช่นที่แหล่งสันกำแพง ซึ่งมองเห็นได้แต่ไกลสามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวได้มากขึ้น

นอกจากนี้ น้ำพุร้อนยังมีแร่ธาตุปนอยู่ ซึ่งเชื่อกันว่ามีคุณสมบัติพิเศษช่วยรักษาโรคผิวหนังและโรคไขข้ออักเสบได้ หวังช่วยให้โลหิตหมุนเวียนได้ดีเมื่อนำมาอาบ สำหรับน้ำจาก แหล่งน้ำพุร้อนที่สันกำแพงและฝางคณะทำงาน ได้วิเคราะห์แล้วพบว่า เป็นน้ำแร่ที่มีคุณสมบัติ สามารถใช้อาบได้โดยปลอดภัย และในปี พ.ศ. 2526 การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย (ททท.) และหมุ่บ้านสหกรณ์ สันกำแพง ได้ขอให้คณะทำงานเจาะหลุมน้ำ (ream) เพื่อให้น้ำพุร้อนพุขึ้นมาได้สะดวกขึ้นและให้ช่วยกำหนดแนววางท่อส่งน้ำจากหลุมเจาะไปยัง หองอาบน้ำแร่ควย ททท. และหมุ่บ้านสหกรณ์สันกำแพงก็ได้พัฒนาตกแต่งบริเวณให้สวยงาม และสร้างห้องอาบน้ำแร่ขึ้น บริเวณแหล่งทองเหี่ยวแห่งนี้ ครอบคลุมพื้นที่ 0.75 ตารางกิโลเมตร อยู่ห่างจากตัวเมืองเชียงใหม่ประมาณ 36 กิโลเมตร เป็นที่ดึงดูดแก่นักท่องเที่ยวทั่วไป

สำหรับแหล่งฝางเป็นน้ำพุร้อนที่อยู่ในเขตนอุทยานของกรมป่าไม้ ซึ่งกรมฯ ได้พัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญอีกแห่งหนึ่ง

แหล่งน้ำพุร้อนอื่น ๆ ที่มีเอกชนจัดดำเนินการเป็นสถานที่อาบน้ำแร่ เช่น น้ำพุร้อน จังหวัดระนอง น้ำพุร้อนเทพนม อำเภอแม่แตง - จังหวัดเชียงใหม่ น้ำพุร้อนแม่จัน อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย เป็นต้น

9. ข้อดีข้อเสียในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานความร้อนใต้พิภพ

9.1 ต้นทุนการผลิตถูกกว่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน น้ำมัน และพลังน้ำ

9.2 เราไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำร้อน ทำให้ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องต่ำมาก

9.3 การเจาะสำรวจแหล่งพลังงานมีความเสี่ยงค่อนข้างสูง และเมื่อเจาะสำรวจแล้วอาจไม่ประสบผลสำเร็จทำให้โครงการล่าช้าและประมาณการผิดพลาดได้มาก

9.4 เราไม่สามารถเลือกสถานที่ตั้งสถานีผลิตกระแสไฟฟ้าตามความต้องการหรือความเหมาะสมกับสภาวะอื่นได้

9.5 ม้อผลิตไอน้ำจะให้ไอน้ำน้อยลงเรื่อย ๆ ต้องมีการเจาะบ่อสำรวจรวมทั้งบ่อที่ใช้อัดน้ำคืนลงไปใต้ดินด้วย เพราะมีตะกอน ซองซิลิกาจับภายในท่อ

9.6 การออกแบบอุปกรณ์ต้องป้องกันและคำนึงถึงการกัดกร่อนของตะกอน เพราะในไอน้ำร้อนมีก๊าซที่ทำให้เกิดการบูกรอนเจือปนอยู่ รวมทั้งซิลิกา โซเดียมคลอไรด์และแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งทำให้เกิดตะกอน

9.7 มีปัญหามลพิษท้องถิ่นแวกลอมเช่น สารพิษ เสียงดัง น้ำร้อน

9.8 มีประสิทธิภาพใช้งานประมาณ 22% ซึ่งต่ำกว่าระบบโรงจักรไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ระบบโรงจักรไอน้ำเชื้อเพลิงฟอสซิลจะผลิตไอน้ำร้อนอุณหภูมิสูงถึง 500 องศาเซลเซียสและมีประสิทธิภาพใช้งานประมาณ 40 %

บรรณานุกรม

1. กิตติชัย วัฒนนิกร. เกี่ยวขมพลังงานไคพิภพที่ขู่ปนกันเดอะ. จารสารวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ 2527 ; ปีที่ 3 : ฉบับที่ 3 : 87 - 94 .
2. _____ . พลังงานความร้อนไคพิภพจากหินร้อนแห้ง. วารสารวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ 2524 ; ปีที่ 1 : ฉบับที่ 3 : 78 - 83.
3. ชาย สีวะเกตุ. ในจรวย บุญยกุล และคณะ. พลังงาน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2529.
4. ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์. ใน ชีรพงศ์ ธนสุทธิพิทักษ์ และคณะ. ธรณีวิทยาประเทศไทย. ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2522 .
5. วิทยาศาสตร์, คณะ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, พลังงาน. กรุงเทพฯ : หงษ์หุ่นส่วนจำกัด อักษรเจริญทัศน์, 2531.
6. สารนิเทศ, แผนก. กองพลังงานพิเศษ ฝ่ายวิทยาการพลังงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. งานพัฒนาพลังงานความร้อนไคพิภพ. (อัครสำเนา) มปป.
7. อานาจ เจริญศิลป์. วิทยาศาสตร์เพื่อชีวิต. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเคียนส์โตร์, 2531 .
8. Craig J, Vaughan D, Skinner B. Resources of the Earth. Englewood Cliffs : Prentice - Hall Inc., 1988.
9. Sander C, Toxicological Aspects of Energy Production. Columbus : Battelle Press, 1986.
10. Sitthiphong N, Hirun A, Siriplabpla P, Rerkkriangkrai. Utilization of Geothermal Energy in Tobacco Curing and Agricultural Products Drying. Proceedings Regional Seminar on Alternative Energy Applications in Agriculture. Organize by Chiang Mai University Faculty of Engineering. 27 - 29 October 1986 Chiang Mai Thailand
11. Skinner B. (ed.) Earth's Energy and Mineral Resources. Los Altos: William Kaufman , Inc., 1980.

ลำดับที่ 11

เอกสารประกอบการฝึกภาคสนามเบื้องต้น

วิชา GE 234 หลักภูมิศาสตร์กายภาพ

กรุงเทพฯ - เขาสามร้อยยอด ประจวบคีรีขันธ์

11 - 12 ตุลาคม 2532

ภาควิชาภูมิศาสตร์ มศว ประสานมิตร

โดย

เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา

(นายเสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา)
AIR. SERIWAT SAMINPANYA

อาจารย์ผู้ควบคุม

1. ผศ. กวี วรรณ
2. เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา

เอกสารประกอบการฝึกภาคสนามเบื้องต้น
วิชา GE 234 หลักภูมิศาสตร์กายภาพ
กรุงเทพฯ - เขาสาร้อยยอด ประจวบคีรีขันธ์
11 - 12 ตุลาคม 2532

ภาควิชาภูมิศาสตร์ มศว ประสานมิตร โดย นายเสวีวัฒน์ สนิทพรปัญญา

คำนำ

หลังจากนิสิตได้ศึกษาวิชา GE 234 ภาคทฤษฎีในท้องบรรยายแล้ว นิสิตควรจะได้สัมผัสกับสภาพจริงในภาคสนามให้เกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง รู้จักรักและหวงแหนทรัพยากรธรรมชาติ ภาควิชาภูมิศาสตร์ มศว ประสานมิตร จึงจัดให้นิสิตภาคปกติที่ลงทะเบียนเรียนวิชาดังกล่าว ปีการศึกษา 2532 ภาคเรียนที่ 1 ตามหลักสูตร กศ.บ. (สังคมศึกษา) จำนวน 44 คน ออกศึกษาเรียนรู้ถึงธรณีกายภาพ ธรณีสัณฐาน ธรณีโครงสร้าง กระบวนการทางธรณีวิทยา เทคนิคเบื้องต้นของการสำรวจทางธรณี ตลอดจนสภาพธรรมชาติที่น่าสนใจ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในการ เข้มแข็งสัมพันธ์กับสาขาวิชาอื่น

เนื่องจากระยะเวลาฝึกภาคสนามมีเพียง 2 วัน เพื่อให้ นิสิตได้ศึกษารายละเอียดให้ได้มากที่สุด จึงเลือกบริเวณศึกษาตามสองข้างทางหลวงหมายเลข 4 ช่วงระหว่าง กรุงเทพฯ ถึงประจวบคีรีขันธ์ โดยไปสิ้นสุดและพักค้างแรมที่อุทยานแห่งชาติเขาสาร้อยยอด จากนั้นจึงเดินทางกลับกรุงเทพฯ

เอกสารชุดนี้ ผู้เรียบเรียงนำวัตถุประสงค์เพื่อให้ นิสิตทำความเข้าใจความถี่ไม่กับการศึกษาจากบทเรียนทั้งก่อนและขณะออกปฏิบัติการภาคสนาม ตลอดจนการตรวจสอบทบทวนและอ้างอิงในสิ่งที่ได้ศึกษาเรียนรู้ประจำวัน ผู้เรียบเรียงเห็นว่า นิสิตยังขาดความรู้พื้นฐานในส่วนนี้อยู่ ขณะที่ความรู้พื้นฐานด้านอื่นที่บรรจุในเนื้อหาสองกระบวนวิชา นิสิตได้มีโอกาสเรียนรู้มาบ้างแล้วพอสมควร อย่างไรก็ตาม นิสิตคงอาศัยการสังเกตทุกสิ่งทุกอย่างที่ปรากฏให้เห็นอย่างละเอียดที่สุด และนำข้อมูลที่ได้มาแปลความหมายโดยอาศัยหลักการและเหตุผลของทฤษฎีเป็นตัวประกอบ จึงจะเกิดประโยชน์จากการเรียนวิชานี้

เนื้อหาในเอกสารประกอบด้วย หน่วยโครงสร้างทางธรณีวิทยา สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษา ส่วนสำคัญคือธรณีวิทยาตั้งแต่กรุงเทพฯ - จุฬายานแห่งชาติเขาสาม- ร้อยยอด ซึ่งจะพรรณนาสภาพธรณีวิทยาโดยทั่วไปพอสังเขป ตามบริเวณสองข้างทางที่รถแล่นผ่านและบริเวณอุทยานแห่งชาติเขาสามร้อยยอด ส่วนสุดท้ายเป็นข้อมูลที่ควรบันทึกในระหว่างปฏิบัติการภาคสนาม

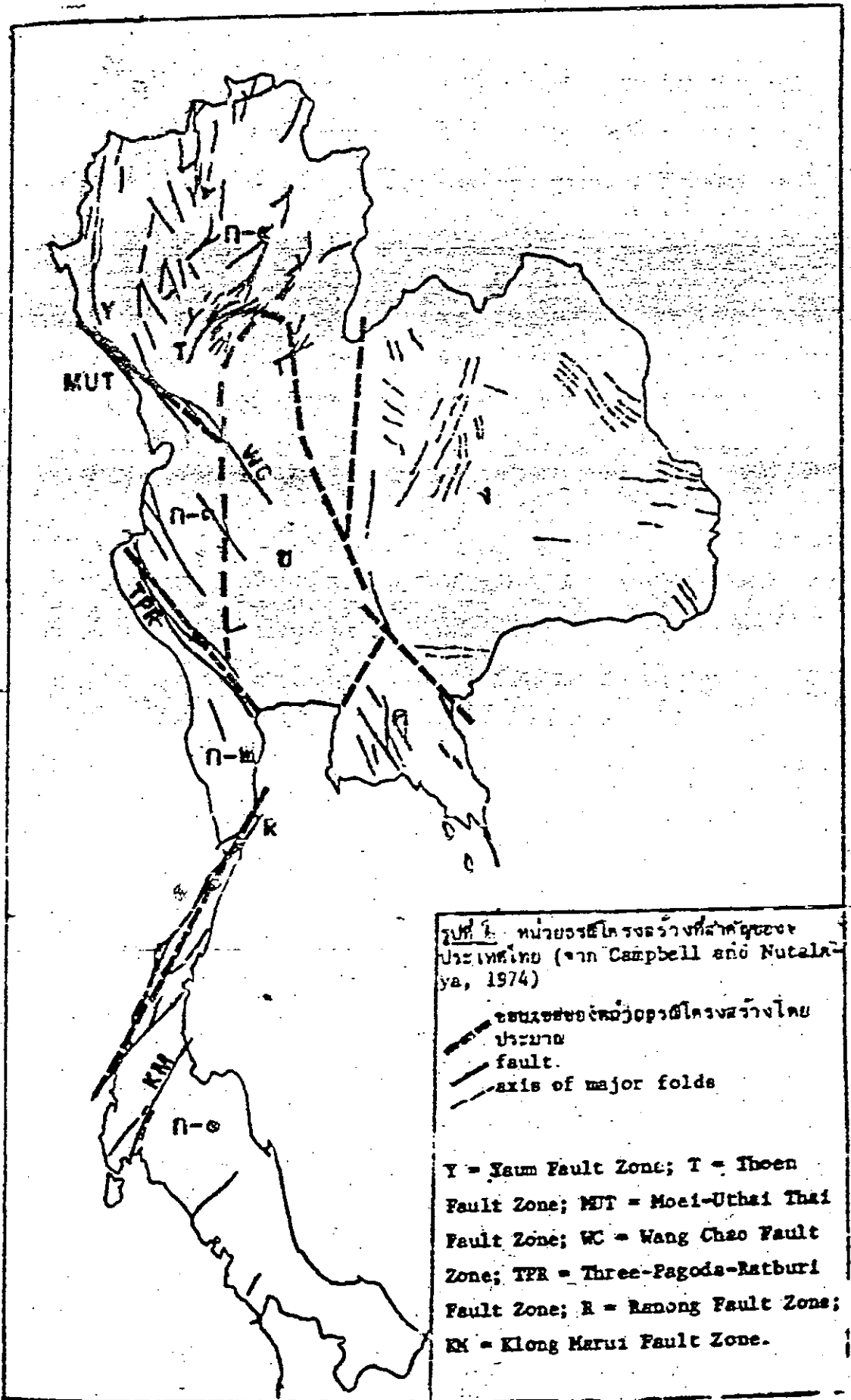
ผู้เรียบเรียงหวังว่าเนื้อหาในเอกสารจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้ที่ลงทะเบียนเรียน วิชา GE.234 และผู้สนใจไม่มากนักน้อย และขอขอบคุณ ผศ.ทวี วรภวิน ที่เป็นผู้นำในการออกฝึกภาคสนาม และได้เขียนแผนที่ธรณีวิทยาไว้ใช้ประกอบการเรียนเรียงเอกสารด้วย

1. หน่วยโครงสร้างทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

ลักษณะภูมิประเทศแต่ละภาคและบริเวณของประเทศโดยจะแตกต่างกันออกไป กล่าวคือ บางส่วนประกอบด้วยเทือกเขาสูง เช่น ภาคเหนือ บางส่วนเป็นที่ราบลุ่มหรือแอ่ง เช่น ภาคกลาง เป็นต้น ภูมิประเทศที่ต่างกันเป็นผลเนื่องจากลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา และลักษณะหินเป็นสำคัญ ดังนั้น จากการอาศัยรูปร่างลักษณะภูมิประเทศ แนวการวางตัวของเทือกเขา และลักษณะหินเป็นต้น จึงพอจะแบ่งหน่วยโครงสร้างทางธรณีของประเทศไทยได้เป็น 4 หน่วยใหญ่ ๆ คือ (ดูรูปที่ 1 ประกอบ)

- 1) หน่วยโครงสร้าง ก. จะรวมเอาบริเวณประเทศไทยที่มีลักษณะภูมิประเทศใกล้เคียงกัน ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคใต้ หรือแหลมไทย
- 2) หน่วยโครงสร้าง ข. ได้แก่บริเวณที่เป็นที่ราบลุ่มภาคกลาง หรือที่ราบลุ่มเจ้าพระยา
- 3) หน่วยโครงสร้าง ค. ได้แก่บริเวณเขาสูงภาคตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย
- 4) หน่วยโครงสร้าง ง. ได้แก่บริเวณที่มีภูมิประเทศเป็นที่ราบสูง ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย หรือที่ราบสูงโคราช

ในที่นี้จะกล่าวรายละเอียดเฉพาะบริเวณหน่วยโครงสร้างที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียงเท่านั้น



แผนที่แสดงแนวรอยเลื่อนและแนวแกนของม้วนตัวที่สำคัญในประเทศไทย (จาก Campbell and Nutalaya, 1974)

- - - - - แนวแกนของม้วนตัวที่สำคัญ
 - - - - - รอยเลื่อน
 fault.
 - - - - - axis of major folds

1.1 หน่วยโครงสร้าง ก (ภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคใต้)

โดยทั่วไปหน่วยโครงสร้าง ก มีลักษณะเด่นคือ ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูง และมีแอ่งหรือที่ราบขนาดใหญ่อันและเล็กแตกต่างกันออกไปแทรกอยู่ตามหุบเขาต่าง ๆ อย่างไรก็ดีตามแต่ละบริเวณมีรายละเอียดเล็กน้อยของภูมิประเทศ ซึ่งมีโครงสร้างและลักษณะหินแตกต่างกันไปบ้าง จึงสามารถแบ่งหน่วยโครงสร้าง ก ออกเป็นหน่วยย่อย ๆ 4 หน่วยคือ

1.1.1 หน่วยโครงสร้างย่อย ก-1 โดยส่วนรวมของภาคเหนือตอนใต้ทั้งหมด นับจาก Ranong Fault Zone ลงมา ลักษณะเด่นของหน่วยโครงสร้างนี้คือ มี faults และ fractures ส่วนใหญ่วางตัวแนวตะวันตกเฉียงเหนือ บางส่วนวางตัวแนวตะวันตกเฉียงเหนือบ้างและมีจำนวนน้อย

1.1.2 หน่วยโครงสร้างย่อย ก-2 โดยส่วนรวมของภาคเหนือตอนเหนือ โดยทางใต้จรดแนวของ Ranong Fault Zone ทางเหนือจรดแนว Three Pagoda Fault Zone

Ranong Fault Zone เป็นรอยเลื่อนที่มีประวัติการเคลื่อนที่และทิศทางการเคลื่อนที่ยังไม่ทราบแน่ชัด แนว faults ย่อยที่เกิดเป็นส่วนประกอบของ Ranong fault ตัดผ่านหินแกรนิต ซึ่งคาดว่าโดยวิธีสัมบูรณ์แล้วได้ประมาณต้นยุคไทรแอสซิก (230 - 195 ล้านปี) (ดูตารางที่ 1 ประกอบ) ที่บริเวณอำเภอหัวหิน และปลายยุคครีเทเชียส (141 - 65 ล้านปี) ถึงต้นยุคเทอร์เชียรี (65 - 55 ล้านปี) ที่จังหวัดระนอง หินแกรนิตบริเวณอำเภอหัวหินถูกแรงผลักดันจากการเคลื่อนที่ของ fault จนเปลี่ยนสภาพเป็น Mylonite (หินไมโลไนต์) ซึ่งเป็นหินแปรชนิดหนึ่งเนื้อละเอียดเห็นเป็นริ้วหรือสายทาง ประกอบด้วยเศษหินขนาดเล็กมาก เห็นผลเนื่องมาจากหินในบริเวณรอบรอยเลื่อนถูกบดคั่วให้แตกออกมาและอัดแน่นขณะเกิดการเลื่อนโดยไม่มีแร่ใหม่เกิดขึ้น นอกจากนี้ ยังพบการเรียงตัวของเม็กครีเทเชียสเฉียงไปทางทิศใต้ปรากฏอยู่บนผิวหน้าของ fault ซึ่งวางตัวอยู่ในแนวตั้ง ลักษณะเหล่านี้แสดงว่า Ranong fault มีการเคลื่อนที่ทั้งในแนวระกัและแนวตั้งเกิดขึ้นเป็นครั้งคราวตลอดช่วงระยะเวลา ตั้งแต่ต้นยุคเทอร์เชียรี และแม้ว่าทิศทางการเคลื่อนที่จะไม่แน่ชัด หลักฐานที่ปรากฏในปัจจุบันแสดงว่า Ranong fault มีการเคลื่อนที่ไปทางซ้ายเป็นระยะทาง 20 กิโลเมตร

Three Pagoda Fault Zone (แนวค้ำเจดีย์สามองค์) เป็นแนว fault ประกอบด้วย fault ชนิดและขนาดต่าง ๆ กันรวมกลุ่มและวางตัวอยู่ในแนวเดียวกัน ทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ ยาวเป็นระยะทางหลายร้อยกิโลเมตร

ตารางที่ 1 ตารางธรณีกาล

บรมยุค (eon)	มหายุค (era)	ยุค (period)	สมัย (epoch)	เวลา (หน่วยเป็นล้านปี)			
ฟานอโรโซอิก (Phanerozoic)	ซีโนโซอิก (Cenozoic)	ควอเทอร์นารี (Quaternary)	โฮโลซีน/รีเซนส์ (Holocene/Recent)	0.01			
			ไพลสโตซีน (Pleistocene)				
		เทอร์เชียรี (Tertiary)	โพลีโอซีน (Pliocene)	1.8			
			ไมโอซีน (Miocene)	5			
			โอลิโกซีน (Oligocene)	22.5			
			อีโอซีน (Eocene)	37			
			พาลีโอซีน (Paleocene)	55			
	มีโซโซอิก (Mesozoic)	ครีเทเชียส (Cretaceous)		65			
			จูแรสซิก (Jurassic)	141			
			ไทรแอสซิก (Triassic)	195			
	พาลีโอโซอิก (Paleozoic)	เพอร์เมียน (Permian)		230			
			คาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous)	260			
		ดีโวเนียน (Devonian)		345			
			ซิลูเรียน (Silurian)	395			
			ออร์โดวิเชียน (Ordovician)	435			
			แคมเบรียน (Cambrian)	500			
	โปรโทโซอิก (Proterozoic)	บ่ลาย	ฟริแคมเบรียน (Precambrian)	ปลาย (Late)	แอลกอนเทียน (Algonkian)	570	
				กลาง (Middle)			1,800
				ต้น			2,000
คริปโตโซอิก (Cryptozoic) อาร์เคอโซอิก (Archeozoic) อะโซอิก (Azoic)			ต้น (Early)	อาร์เคียน (Archaean)	2,800		

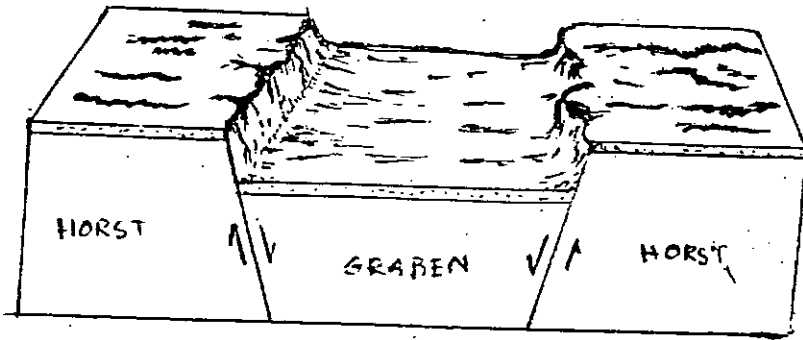
จากขอบด้านตะวันตกของที่ราบสูง (Eastern Highland) ของประเทศพม่าบริเวณที่เรียกว่า Sharn Scarp ตลอดจนทางไคมานเมือง Moulmein เข้าสู่ประเทศไทย ทางด้านเจดีย์สามองค์ จังหวัดกาญจนบุรี และอาจต่อเนื่องลงไปถึงอ่าวไทย ข้อมูลปัจจุบันไม่อาจบ่งถึงความสัมพันธ์ระหว่าง fault ต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นระบบ fault ได้นอกจากพบว่า fault ที่กำหนดแนวของแม่น้ำแควใหญ่ตัดผ่านหินชั้นอายุไทรแอสสิก (230 - 195 ล้านปี) และแสดงลักษณะการเคลื่อนที่ปรากฏไปทางซ้าย บางส่วนมีตะกอนที่เกิดขึ้นในยุคปัจจุบันยกตัวขึ้นเป็นชั้นในระดับต่าง ๆ กันและวางตัวในแนวเดียวกับ fault zone ซึ่งในบริเวณอำเภอหัวหินถูก fault ที่เป็นส่วนประกอบของ Ranong fault ตัดขาดออกจากกัน ลักษณะดังกล่าวแสดงว่าการเคลื่อนที่ตามแนว Three Pagoda Fault zone เกิดขึ้นในยุคไทรแอสสิกก่อนการเคลื่อนที่ของ Ranong Fault และอาจมีการเคลื่อนที่เป็นครั้งคราวต่อเนื่องมาตลอดจนถึงปัจจุบัน

ลักษณะเด่นของหน่วยโครงสร้าง n-2 คือ faults และ fractures ส่วนใหญ่จะมีทิศทางการวางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ และจะพบหินซุกพรีแคมเบรียน (Basement Complex) เช่น Ranong gneiss, Thap Sakae gneiss, Hua-Hin gneiss และ Kanchanaburi gneiss

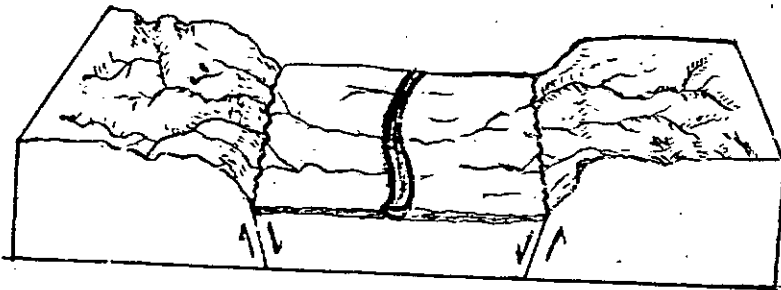
1.1.3 หน่วยโครงสร้าง n-3 ซึ่งได้แก่บริเวณส่วนกลางของภาคตะวันตกของประเทศไทย หินชั้นหรือจรวดบริเวณ Moei-Uthai Thani Fault ต่อกับ Wang Chao Fault ทางทิศใต้จรด Three-Pagoda Fault

1.1.4 หน่วยโครงสร้าง n-4 ครอบคลุมบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ทั้งหมด โดยทางทิศตะวันตกเฉียงใต้จรด Moei-Uthai Thani Fault ต่อกับ Wang Chao Fault และทางตอนใต้จรดส่วนที่เป็นที่ราบลุ่มเจ้าพระยา (Chao Phraya Basin)

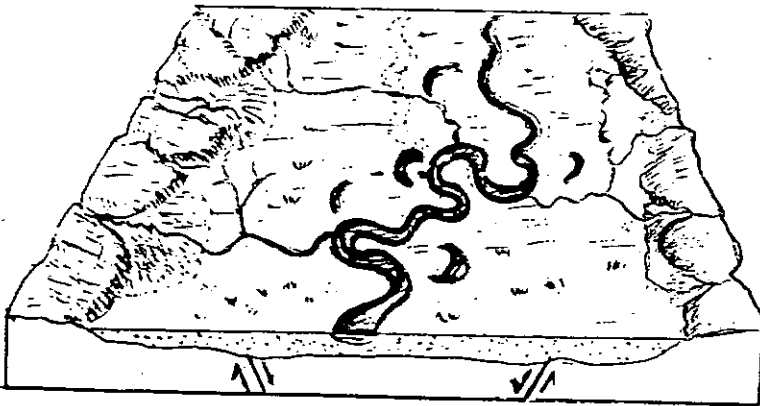
1.2 หน่วยโครงสร้าง ข (Chao Phraya Depression) ซึ่งครอบคลุมบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางหรือที่ราบลุ่มเจ้าพระยาทั้งหมด มีลักษณะเด่นคือ เป็นที่ราบเรียบเป็นส่วนใหญ่ ลักษณะโครงสร้างเกิดจากการจมตัวลงเนื่องมาจากรอยเลื่อน รอยขอบแอ่งในลักษณะของ graben คือตรงกลางยุบตัวลงและแผ่นดินรอบ ๆ ทางทิศตะวันตกและตะวันออกมีการยกตัวขึ้นเพื่อให้เกิดสภาวะสมดุล หินแข็งที่รองรับอยู่ข้างล่างของหน่วยโครงสร้าง ข น่าจะเป็นหินชนิดเดียวกันกับหินที่พบอยู่ตามขอบแอ่งปัจจุบัน (ดูรูปที่ 2)



1
ระยะแรกที่ย่นดินทรุดตัว



2
การพัฒนาในระยะต่อมา



3
สภาพพื้นที่ที่พบในปัจจุบัน

รูปที่ 2 การเกิดแอ่งที่เกิดจากการทรุดตัวของแผ่นดิน
ที่เรียกว่า Horst และ Graben

2. สภาพภูมิประเทศ

เนื่องจากพื้นที่ศึกษาอยู่ในบริเวณภาคกลาง ซึ่งอาจแยกพิจารณาตามลักษณะโครงสร้างโดยทั่ว ๆ ไปได้ 4 ลักษณะ คือ (รูปที่ 3)

2.1 บริเวณที่ราบลุ่มกรุงเทพฯ หรือบริเวณดินดอนสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา เริ่มตั้งแต่จังหวัดชัยนาทลงไปจนจรดอ่าวไทย ส่วนใหญ่จะเป็นดินตะกอนที่แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง และแม่น้ำบางปะกง พัดพามาทับถมไว้ จากการศึกษาด้านธรณีวิทยาพบว่า บางบริเวณตะกอนเหล่านี้ทับถมกันเป็นชั้นหนาถึง 120 เมตร ตะกอนบางส่วนถูกพัดพาไปยังปากแม่น้ำและแผ่ออกไปตามชายฝั่งเป็นแนวกว้าง โดยเฉพาะปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตะกอนเหล่านี้ถูกพัดพาไปทับถมห่างจากชายฝั่งไม่น้อยกว่า 1.5 กิโลเมตร พื้นที่ราบภาคกลางอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลน้อยกว่า 20 เมตร กรุงเทพมหานครอยู่สูงประมาณ 1.5 - 2.0 เมตรจากระดับน้ำทะเล พระนครศรีอยุธยาอยู่สูงประมาณ 4 - 5 เมตรจากระดับน้ำทะเล และชัยนาทอยู่ตอนบนสุดอยู่สูง 15 - 20 เมตรจากระดับน้ำทะเล

2.2 บริเวณขอมที่ราบลุ่ม ประกอบไปด้วยภูมิประเทศที่ราบเรียบจนถึงพื้นที่ที่มีความลาดเทสูง บริเวณขอมที่ราบลุ่มนี้ได้แก่ พื้นที่บางส่วนของจังหวัดกาญจนบุรี สุพรรณบุรี นครปฐม ราชบุรี อพบุรี สระบุรี นครนายก ลักษณะของพื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นลูกคลื่นและล่อย ๆ ลาดลงไปสู่ที่ราบลุ่มกรุงเทพฯ คือดินดอนสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

2.3 บริเวณที่สูงและเทือกเขาสูงชันทิศตะวันตกของภาค ได้แก่พื้นที่ในจังหวัดกาญจนบุรี และบางส่วนของจังหวัดราชบุรี เพชรบุรี เทือกเขาสูงเหล่านี้จะต่อมาจากเทือกเขาทางภาคเหนือลดเป็นแนวยาวลงมาทางใต้ บางส่วนจะเป็นเส้นกั้นพรมแดนระหว่างประเทศไทยกับสาธารณรัฐสังคมนิยมแห่งสหภาพพม่า ได้แก่ เทือกเขาดนงรังชัย และเทือกเขาตะนาวศรี

บริเวณเทือกเขาสูงชันทิศตะวันตกของภาคนี้ จะมีลำน้ำต่าง ๆ ไหลผ่านเกิดเป็นที่ราบลุ่มขนาดเล็กแคบขึ้น เช่น ที่ราบลุ่มแม่น้ำแม่กลอง ในเขตอำเภอสรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี

2.4 บริเวณที่ราบชายฝั่งทะเลด้านตะวันตก บริเวณเหล่านี้อยู่ทางตอนใต้ของภาค ได้แก่ พื้นที่ในจังหวัดเพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ พื้นที่ที่อยู่ติดกับชายฝั่งทะเลจะเห็นหาดทรายยาวตลอด ถัดเข้ามาจะมีลักษณะเป็นที่ราบเรียบแนวแคบ ๆ ไปจรดพื้นที่ที่เป็นลูกคลื่นจนถึงสภาพเนินเขาเตี้ย บริเวณที่เป็นลูกคลื่นเหล่านี้เกิดจากการทับถมของตะกอนลำน้ำที่แห้งเหือดดินทราย มีอาณาเขตไปจนถึงสภาพพื้นที่ที่เป็นภูเขา เป็นส่วนหนึ่งของเทือกเขาตะนาวศรี ที่กั้นระหว่างไทยกับพม่า

3. ภูมิอากาศบริเวณพื้นที่ศึกษา

ภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษาจัดอยู่ในเขตโซนร้อน ได้รับอิทธิพลมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ จะพัดพาเอาความหนาวเย็นจากสาธารณรัฐประชาชนจีน ทำให้อากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งในช่วงนี้ และได้รับอิทธิพลมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในช่วงเดือน พฤษภาคมถึงเดือนกันยายน โดยจะพัดพาความชื้นจากบริเวณเส้นศูนย์สูตร แถบซีกโลกใต้ บริเวณ มหาสมุทรอินเดียและทวีปออสเตรเลีย ทำให้มีเมฆมากและฝนตกชุกในช่วงนี้ ฤดูกาลในพื้นที่ศึกษา จึงแบ่งเป็น 3 ฤดูดังนี้

- ฤดูฝน เริ่มในเดือนเมษายน - พฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม - พฤศจิกายน
- ฤดูหนาว เริ่มในเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์
- ฤดูร้อน เริ่มในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน

จากสถิติภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2494 - 2523) พบสรุปปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปีได้ดังนี้

3.1 ปริมาณน้ำฝน

เนื่องจากสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยที่ราบภูเขาและชายฝั่งทะเล ทำให้ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมพัดผ่านเข้ามาแตกต่างกันไป มีผลกระทบตอสภาพภูมิอากาศของ ภาคกลาง ปริมาณฝนตก ระยะเวลา และารทิ้งช่วงของฝนตกแตกต่างกันไป ปริมาณน้ำฝนของ พื้นที่ศึกษาพอแบ่งได้ 3 เขตดังนี้

เขต 1 ไคแก่จังหวัดกรุงเพหา นครปฐม สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี จะมีฝนตกชุกมากที่สุด เช่น กรุงเพหา มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,372 ม.ม. และจำนวนวันฝนตก เฉลี่ย 123 วัน ในเขตนี้มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,367 ม.ม. และจำนวนวันฝนตก 121 วัน

เขต 2 ไคแก่จังหวัดราชบุรี มีฝนตกชุกรองจากเขต 1 และจะตกระหว่างเดือน พฤษภาคม - ตุลาคม ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,174 ม.ม. และจำนวนวันฝนตก 110 วัน

เขต 3 ไคแก่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีฝนตกน้อยที่สุด ฝนเริ่มตกในเดือนพฤษภาคม ถึง ตุลาคม ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,099 ม.ม. และจำนวนวันฝนตก 123 วัน เหตุที่บริเวณนี้มีฝนตก น้อยเนื่องจากเป็นเขตอับฝน (Rain shadow) เพราะมีเทือกเขาตะนาวศรีอยู่ทางตะวันตก กันทิศทางลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

3.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิในพื้นที่ศึกษาอยู่ในช่วงระหว่าง 27 - 28 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย

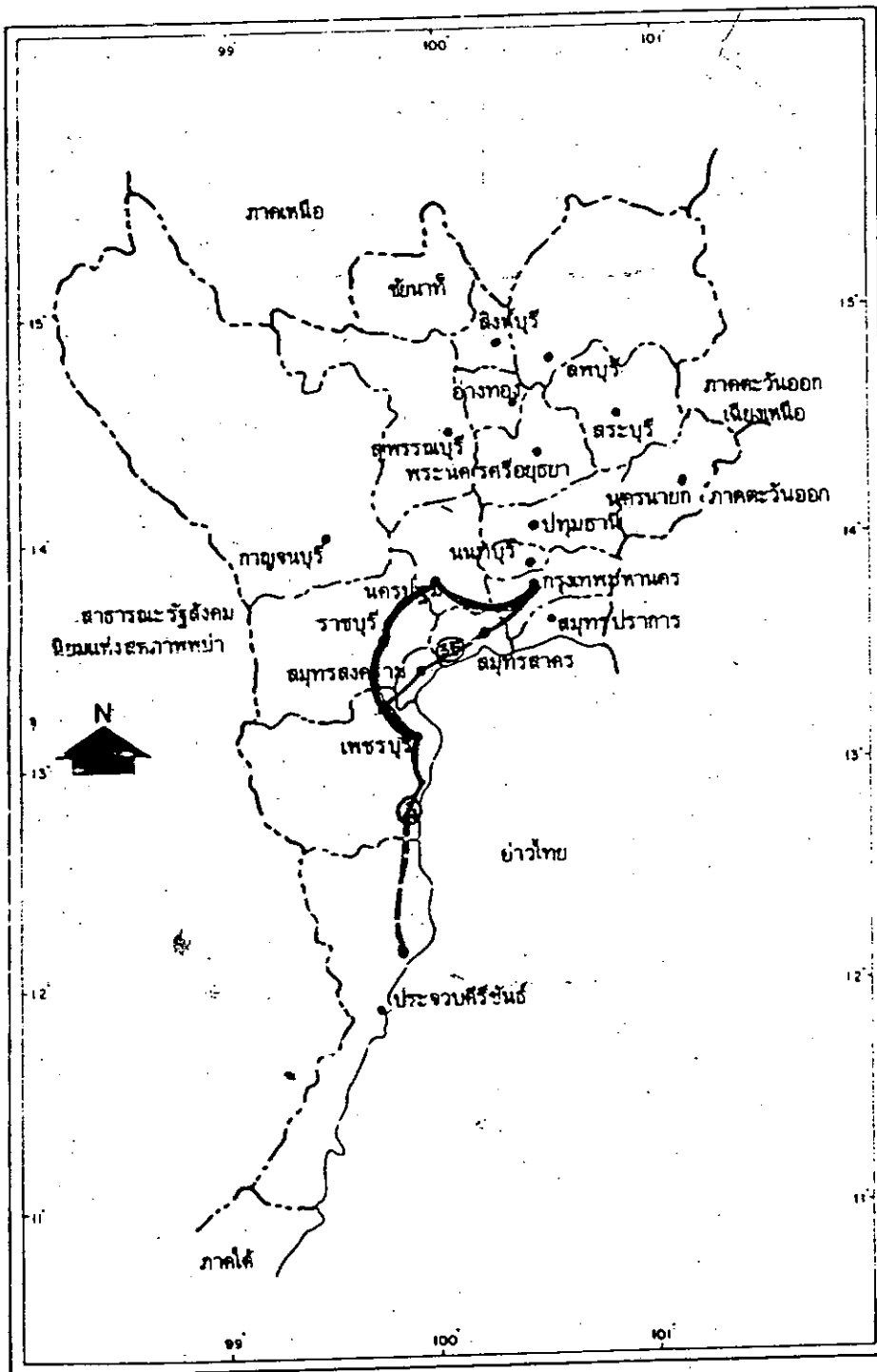
ต่ำสุด 23.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูหนาวประมาณ 26.6 - 27.5 องศาเซลเซียส

และอนุภูมิภาคในฤดูร้อนประมาณ 28.9 - 30.3 องศาเซลเซียส

4. ธรณีวิทยาบริเวณกรุงเทพฯ - นครปฐม - ราชบุรี - เขาสามร้อยยอด (ประจวบคีรีขันธ์) (ดูแผนที่เส้นทางรูปที่ 4 และดูแผนที่ธรณีวิทยาพร้อมคำอธิบายรูปที่ 5) ตามเส้นทางหลวงหมายเลข 4 กรุงเทพฯ - ราชบุรี การเดินทางจากกรุงเทพฯ ไปตามทางหลวงหมายเลข 4 มุ่งสู่จังหวัดนครปฐม - ราชบุรี หรือตามทางหลวงหมายเลข 35 มุ่งสู่อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี จะเห็นว่าพื้นที่บริเวณดังกล่าวเป็นที่ราบเรียบ ซึ่งเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำแม่กลอง ที่ราบแห่งนี้ได้พัฒนามาจากแอ่งที่เรียกว่าแอ่ง graben ที่ทรุดตัวลงแล้วมีตะกอนจากบริเวณรอยแอ่งถูกพัดพาลงมาทับถมกันในแอ่งนี้ โดยขบวนการ Degradation & Aggradation จนกลายเป็นที่ราบลุ่ม ตะกอนบางส่วนถูกพัดพาไปตกทับถมบริเวณปากแม่น้ำ ประกอบกับการได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลเอควัย ทำให้เกิดเป็นดินคอนสามเหลี่ยม (Delta) บริเวณนี้ยังเป็นดินคอนสามเหลี่ยมใหม่ (New delta) ลักษณะตะกอนจะเป็นดินเหนียวจืดในระดับความลึกประมาณ 1 - 2 เมตร ตะกอนจะเป็นดินเลนสีเทาปนน้ำเงินที่เรียกว่า ดินตะกอนน้ำทะเล (marine deposit or marine clay) นอกจากนี้ยังพบซากหอยทะเลจำนวนมาก และพบเปลือกหอยฝังอยู่ในดิน เข้าใจว่าแร่ชนิดนี้เกิดขึ้นโดยการกลดลิกของน้ำทะเล เมื่อน้ำทะเลลดขยลงไป ส่วนตะกอนในระดับผิวหน้าดินชั้นบนสุด เป็นตะกอนที่เกือบเรียกได้ว่าไม่ได้รับอิทธิพลของการขึ้นลงของน้ำทะเลกว่าใด เนื่องจากพบซากพืชที่เกิดขึ้นในสภาพที่ราบลุ่มน้ำขึ้นถึง บริเวณนี้จะมีการชะล้างของน้ำจืดจากบนบก และตะกอนที่เกิดขึ้นจะเป็นตะกอนที่ถูกพัดพามากับน้ำท่วม (Flooding) จึงกล่าวได้ว่าอิทธิพลการเกิดตะกอนในชั้นนี้ขึ้นกับน้ำจืดเป็นสำคัญ ในขณะที่ตะกอนก่อกวักกันหน้าชั้นจนเกิดเป็นแผ่นดินงอกออกไปในทะเล ประกอบกับการที่น้ำจืดไล่น้ำทะเล ลักษณะเช่นนี้จะเกิดการตื้นเขินเพิ่มมากขึ้น จนกลายเป็นที่ราบลุ่มน้ำขึ้นถึงดังกล่าว

พื้นที่ดังกล่าวจะไปไกลชายฝั่งทะเล เป็นบริเวณในเขตน้ำขึ้นน้ำลงของน้ำทะเล (Tidal zone) เป็นแนวตามชายฝั่งทะเลของจังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม และต่อเนื่องไปเป็นแนวแถบ ๆ จนถึงเขตอำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ตะกอนมีลักษณะเป็นดินเลนที่มีเกลือสูง พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าชายเลน หรือใช้ทำนาทุ่ง บ่อปลา และนาเกลือ

ตะกอนที่เกิดขึ้นบริเวณดังกล่าวมาทั้งหมด มีอายุน้อยกว่า 1.8 ล้านปี



รูปที่ 4 GENERAL ROUTE MAP

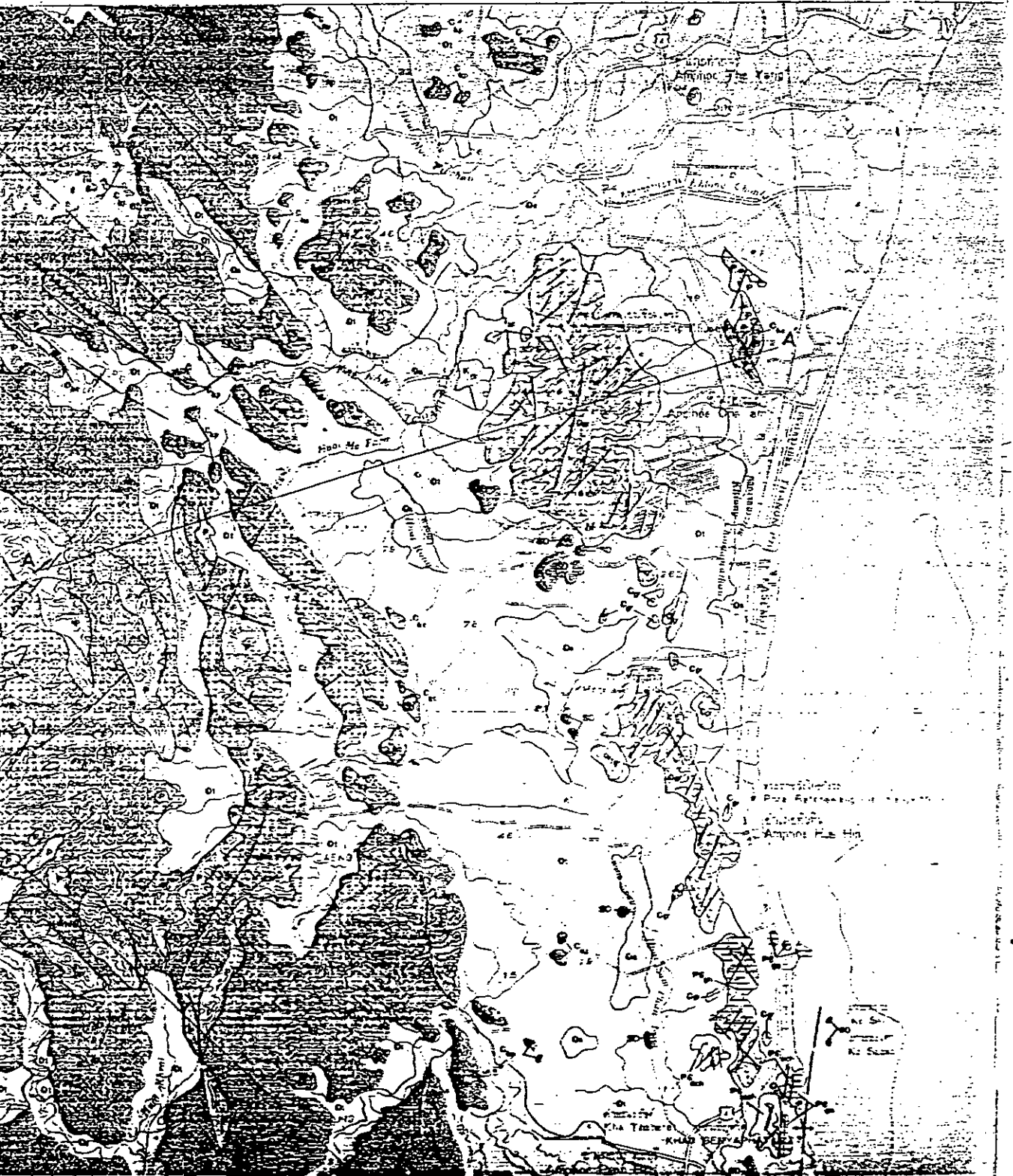


อำเภอหัวหิน

AMPHOE HUA HIN

45

10000





มาตราส่วน ๑:๒๕๐,๐๐๐
 SCALE 1:250,000

คำอธิบาย
EXPLANATION
(ประกอบรูปที่ 5)

หน่วย
FORMATION

หมู่
GROUP

อายุ
AGE

หินชั้นและหินแปร
SEDIMENTARY AND METAMORPHIC ROCKS

การสะสมตัวของตะกอนที่ราบลุ่ม : หาดทราย ทราย
แม่น้ำ ทรายปนโคลน ทรายปนดิน ทรายปนหิน
ดินเหนียว
Alluvial deposits: beach sand, river gravel, beach ridge,
silt, clay, mud, swamp or marsh area

ที่ราบไหล่เขา : การสะสมตัวของหินตามไหล่เขา
ตามชั้น หินมวลละชิ้นของกรวดทราย ซึ่งประกอบด้วย
หินปูน หินกรวด หินทราย หินกรวดในชั้นสูง
ในชั้นสูงในบางบริเวณ
Higher terrace: Colluvial deposits, Pediment deposits,
talus and gravel bed which contained boulders, pebbles
and fragments of quartzite, sandstone, granite, gneiss
gneiss, generally found at higher elevation in places

หินปูนสีเทาถึงสีเทาอมฟ้าเงิน สีอมเหลืองและสีเทา
เนื้อหยาบปาน และเนื้อละเอียดซึ่งพบซากฟอสซิล
ของสัตว์หินอ่อนและพืชทะเลสาบ และปะการังหินปูน
ก้อนในชั้นล่าง ๆ ของชุดหินในบางบริเวณ
Limestone, gray to bluish gray, yellowish and white,
massive and bedded limestone with fossils, including
reef limestone interbedded with light brown calcareous
and calcareous sandstone at the base in places

หินควอตซ์สีขาวและสีน้ำตาล หินสีเทา
ปนสีส้มเทา ทรายสีเทาอ่อนถึงสีเทาอมฟ้าเงิน
สีน้ำตาล หินสีเทาปนขาว เฟลด์สปาร์เม็ดเล็ก
ปานกลางและหินสีเทาปนสีเทาถึงสีเทาอมฟ้า
ซากพวกบรอกคิน
Orthoquartzite, white and brown; tuffaceous shale, light
gray to bluish gray; sandstone, brown, and feldspathic
fine to medium grained; shale and calcareous shale gray
to dark gray with fossils

หินมวลเม็ดเล็ก หินสีเทาปน หินสีเทาปน
หินสีเทาปนประกอบด้วยหินกรวดทราย เฟลด์สปาร์
หินกรวดหยาบ เม็ดหินที่พบจำนวนมากเป็นหินปูน
หินกรวด หินทราย หินกรวดและเม็ดหินปูน หินกรวด
เนื้อหยาบถึงเนื้อละเอียด หินกรวดและหินกรวด
และหินปูน หินสีเทาปนและหินสีเทาอมฟ้าเงิน
ซากพวกบรอกคินต่าง ๆ และปะการังในชั้นสูง
และชั้นสูงหินปูนสีเทาถึงสีเทาอมฟ้าเงิน หินกรวด
ควอตซ์หินกรวดปนสีน้ำตาลอมแดง หินสีน้ำตาลอม
เขียวและหินกรวดปนหินกรวดทราย หินสีเทา หินทราย
หินกรวดและหินกรวดต่าง ๆ
Pebbly rock, pebbly mudstone, pebbly shale, pebbly
sandstone, pebbles are mainly quartz vein quartzite,
feldspar, minor amount of granite, slate, sandstone and
limestone, generally massive, gray to dark gray with
fracture cleavage; shale and limestone, calcareous shale
with fossil brachiopods and bryozoans; brown to yellow-
ish brown gray wacke; arkosic sandstone, conglomerate
reddish brown to greenish brown with pebble of quartz;
chert; sandstone round to subround

หินควอตซ์สีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลอมเหลือง หินสี
เทาปนสีเทาอมฟ้าเงิน ซึ่งถูกแปรสภาพไปเป็นหิน
หินสีน้ำตาลอม
Quartzite, brown to yellowish brown; phyllitic gneiss or
siltstone, gray

หินปูนนาลาโดโลไมต์ สีเทาอ่อนถึงสีเทาอมฟ้า
และสีน้ำตาลปนสีเทาอมฟ้าเงิน หินสีน้ำตาลอม
สีน้ำตาลอมและสีน้ำตาลอมค้ำคองบนชั้นหินกรวด
ปนทรายหยาบซึ่งมีหินปูนนาลาโดโลไมต์
Dolomitic limestone, light gray to dark gray; massive,
massive, gray or white recrystalline; phyllitic, brown to
reddish brown with minor drag fold partly interbedded
with dolomitic limestone bed

หินควอตซ์สีน้ำตาลอมเหลืองซึ่งมีรอยแตก
หินควอตซ์สีน้ำตาลอม หินสีน้ำตาลอม
สีน้ำตาลอมและสีน้ำตาลอมค้ำคอง
Quartzite, yellowish brown with highly fracturing, massive
schist; mica-schist, and spotted schist, brown to yellowish
brown

คาบองควาเทอริ
QUATERNARY

คลองอู
KLONG AU

ราชบุรี
RATBURI

เพอร์เมียน
PERMIAN

เขาเจ้า
KHAO CHAO

เขาคะจาม
KHAENG KRACHAN

คาร์บอนิเฟอรัส - ดีโวเนียน
CARBONIFEROUS-DEVONIAN

เขาพรา
KHAO PHRA

ซิลูเรียน - ดีโวเนียน
SILURIAN-DEVONIAN

เขาคะโหลก
KHAO KRALOK

ออร์โดวิเซียน
ORDOVICIAN

เขาทัพทม
KHAO TAP THIM

ออร์โดวิเซียน - แคมเบรียน?
ORDOVICIAN-CAMBRIAN?

ราชบุรี - อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี

เมื่อเข้าสู่เขตจังหวัดราชบุรี จะสังเกตเห็นว่าพื้นที่เริ่มเปลี่ยนแปลงจากราบเรียบไปเป็นคอนข้างราบเรียบจนถึงลูกคลื่น คิณบริเวณเหล่านี้เกิดจากการสลายตัวของหินในส่วนที่เป็น Horst หรือคิณบริเวณขยแอง Graben ที่เป็นเขาสูงทางตะวันตก แล้วถูกพัดพา มาสะสมตามที่ลาดเชิงเขา โดยมีทางน้ำพัดพามา ในที่นี้หมายถึงลำน้ำแม่กลองที่ไหลผ่าน จังหวัดกาญจนบุรี และสมุทรสงคราม ตะกอนส่วนใหญ่เป็นคิณรวน คิณรวนปนทราย หรือปน ทรายแป้ง ตามลักษณะทางธรณีสังฐานเรียกภูมิประเทศนี้ว่า เนินตะกอนนำพารูปพัด

นอกจากนี้ยังพบภูเขาหินปูนซึ่งเกิดเห็นได้ในระยะไกล ๆ แสดงหน้าผาสูงชัน หินชนิดนี้เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนทางเคมีของน้ำทะเลเมื่อประมาณ 230 - 280 ล้านปี มาแล้ว หินชนิดนี้ชื่อเรียกว่า หินปูนชุกราชบุรี บางบริเวณอาจมองเห็นภูเขาที่ไม่สูงชันนักเป็น ภูเขาหินแปรเช่นหิน phyllite และหิน quartzite เป็นต้น หินเหล่านี้ชื่อเรียกว่า หินชุกแกงกระจาย

เมื่อเข้าสู่เขตอำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี ทางทิศตะวันตกของตัวอำเภอห่าง ออกไปประมาณ 5 กิโลเมตร จะมองเห็นภูเขาที่มียอดสูงประมาณ 165 เมตรจากระดับน้ำ ทะเล ตามแผนที่ธรณีวิทยาระหว่าง NT 47 - 15 ที่มีครั้งที่ 1 พ.ศ. 2519 มาตราส่วน 1 : 250,000 แสดงไว้เป็นหินตะกอนพวกหินโคลน หินดินดาน หินทราย ซึ่งอยู่ในชุกหิน แกงกระจาย บริเวณนี้รดยังแ่นอยู่บนพื้นทีคอนข้างราบ และที่ราบแบบลูกคลื่น โดยทาง ทิศตะวันออกของแนวนอนจะค่อย ๆ ลาดลงสู่ทะเล

ชะอำ - หัวหิน

เมื่อรถแล่นไปถึงทางแยกเข้านิคมสร้างตนเองเขื่อนเพชรด้านตะวันออก จะพบภูเขา หินปูนที่มียอดเขาสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 370 เมตร และทางด้านตะวันตกทางออกไป ประมาณ 5 - 10 กิโลเมตร จะพบแนวเขาที่มีชื่อว่า เขาพระระอม และเขาของนาง ซึ่งมี ยอดสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 399 เมตรแนวเขานี้จะประกอขไปด้วยหินแกรนิตซึ่งเป็นหิน อัดเ้าภายในที่แทรกคั่นตัวขึ้นมาประมาณ 345 - 280 ล้านปีมาแล้ว แนวหินแกรนิตนี้จะกระจาย ลงไปทางใต้เป็นแนวยาวขนานไปกับแนวนอนเพชรเกษมจนถึงเขตอำเภอหัวหิน

จากชะอำถึงหัวหิน รถจะแล่นอยู่ใกล้ชายฝั่ง บางบริเวณจะมองเห็นน้ำทะเลสีคราม ซึ่งช่วงไหนที่มีลมแรงจะมองเห็นคลื่นหัวแกกที่ซัดเข้าหาดังและเห็นแนวเนินทรายทอดยาวขนาน ไปกับฝั่ง

เขาไกรลาส - เขาตะเกียบ - เขาเต่า - เกาะสิงห์โต

บริเวณเหล่านี้รวมทั้งบริเวณแนวเขาค้ำพิศตะวันตกของทางหลวง ประกอบด้วย หินแปร ที่มีชื่อเรียกว่าซุกหัวหิน ส่วนใหญ่เป็นหินไนซ์ มีหินแกรนิต หินอ่อน (Marble) และ หินแปรชนิดอื่นแทรกสลับ เช่น บริเวณเขาเบ็ญหาด ที่อยู่ใกล้กับค่ายพระวิเศษ หินบริเวณ เหล่านี้เป็นหินที่มีอายุเก่าแก่ที่สุด (มากกว่า 570 ล้านปี)

หินไนซ์เป็นหินแปรที่ผ่านกระบวนการแปรสภาพอย่างรุนแรงในอุณหภูมิและความร้อนสูง หินดังเดิมอาจเห็นเห็นแกรนิต หินแปรที่ใดจะมีฉีกแรงแฉกใหญ่ มีการจัดเรียงตัวของเม็ดแร่ มองเห็นได้ชัดเจน

หินอ่อนเป็นหินแปรที่มีการตกผลึกใหม่ของหินปูนหรือหินโคโลไมต์ ซึ่งได้รับความร้อน หรือความดันสูงมากมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่แคลไซต์ หินอ่อนมีหลายสีขึ้นอยู่กับแร่ที่เป็น มลทินผสมอยู่ เช่น สีชมพู สีน้ำตาล มักจะมีเหล็กออกไซด์ เป็นต้น

ปราณบุรี - เขาสามร้อยยอด

จากอำเภอปราณบุรี ไปตามทางหลวงหมายเลข 3168 ถนนจะถึงเขตเขาสาม ร้อยยอด ถนนจะผ่านบริเวณที่ราบซึ่งเคยเป็นทะเลมาก่อน และผ่านเชิงเขาไม่ชันมากนัก มียอดเขาสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 117 เมตร ดูเขาเหล่านี้ประกอบด้วยหินอัคนี ที่ถูกแปรสภาพเรียกว่า หินผลอสโตรโพลีไมต์ หินชนิดนี้เกิดจากหินอัคนี ซึ่งเห็นหินอัคนี ถูกแรงบีบอัดซึ่งเกิดขึ้นในแนวรอยเลื่อน ทำให้หินบริเวณสะพานเฉลิมเดือนถูกบีบให้แตกออก และอัดแน่นขณะ เกิดการเลื่อนไถลไม่มีรอยแตกเกิดขึ้น

บริเวณเขาสามร้อยยอด

เขาสามร้อยยอดเป็นจุดยุทธศาสตร์ที่สำคัญบางแห่งหนึ่งของประเทศ ภูมิประเทศ บริเวณนี้ประกอบด้วยเขาสูงชัน ซึ่งมียอดสูงสุดถึง 605 เมตรจากระดับน้ำทะเล ตั้งอยู่ในเขตตำบลสามร้อยยอด อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ บริเวณเขาประกอบด้วย หินปูนสีเทาถึงสีเทาอมน้ำเงิน สีส้ม เหลือง และสีขาว เนื่องจากบนเขาจะเป็นชั้น ซึ่ง พบซากบรรพชีวิน บางบริเวณพบกระดูกสัตว์และหินทรายปนแร่เฟลด์สปาร์ และหินปูนสีน้ำตาลอ่อน ในส่วนล่าง ๆ ของซอก หินปูนซอกนี้ชื่อเรียกว่า หินปูนซอกปราณบุรี ซึ่งเกิดขึ้นจากการตกตะกอน ทางเคมีจากน้ำทะเลเมื่อประมาณ 230 - 260 ล้านปีมาแล้ว ลักษณะเด่นของหินปูนซอกนี้คือ

มีซากบรรพชีวิน (Fossil) ของสัตว์เซลล์เดียว ใก้แก่ กอข้าวสาร (fusulinids) เป็นจำนวนมาก และยังมีซากหอย ปะการังต่าง ๆ เป็นต้น

ลักษณะภูมิประเทศของบริเวณนี้ประกอบด้วยสันเขาตะปุ่มตะป่ำ (Karst topography) และแอ่งหน้ายาวสูง ๆ มีถ้ำอยู่หลายแห่ง เช่น ถ้ำพระยานคร ที่มีหินยุบ (Sinkhole) ขนาดใหญ่อยู่ 2 หลุม โดยมีผนังด้านบนของถ้ำยุบลงมา ถ้ำไทรและถ้ำแก้ว ซึ่งมีหินงอกหินย้อยที่สวยงาม หินปูนสุกราชูมีทั้งที่เรียงตัวเป็นชั้นเห็นชัดเจน และที่เป็นแบบปะการัง (reef)

ลักษณะ landform ที่เด่นชัดบริเวณนี้ก็คือ ชายฝั่งทะเล ซึ่งฝั่งทะเลด้านนี้เดิมเคยมีน้ำทะเลท่วมถึงลึกเข้าไปในแผ่นดินมาก อาจกล่าวได้ว่าบริเวณเขาสามร้อยยอดเป็นเขากลางทะเล ต่อมาชายฝั่งทะเลยกตัวขึ้น น้ำทะเลจะกัดเขาเอาตะกอนเข้ามาตกทับถมบนชายฝั่งมากขึ้น น้ำทะเลก็ถดถอยออกไปกลายเป็นหาดทราย และบริเวณที่เป็น old lagoon ด้านหลังเขา ดินบริเวณนี้จึงเป็นดินทรายจืด และมีเปลือกหอยอยู่ก่อกองชั้นดิน เช่น ดินบริเวณทุ่งสามร้อยยอด เป็นต้น

นอกจากนี้ยังจะสังเกตเห็นลักษณะของคลื่นและกระแสน้ำทะเลที่กระทำต่อชายฝั่งรวมทั้งการพัดพาตะกอนมาทับถมบนชายหาดให้ลักษณะของ landform ชนิดต่าง ๆ เช่น Ripple, Berm, Sand bar เป็นต้น

• ข้อมูลที่ควรมองห้ศึกษาในระหว่างปฏิบัติการภาคสนาม

ข้อมูลที่ควรมองห้ศึกษาในระหว่างปฏิบัติการภาคสนาม ควรเป็นรายละเอียดเกี่ยวกับประเทศ (topography) ลักษณะของหินที่โผล่ให้เห็น (outcrop), rock units ลักษณะทางโครงสร้างของหิน (structures) และลักษณะอื่น ๆ ที่พบในขณะทำการสำรวจ ซึ่งสามารถแยกการจกออกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ได้ดังนี้

5.1 ลักษณะภูมิประเทศ (topography)

- ตำแหน่งที่สำรวจ
- ความสูงต่ำของภูมิประเทศ เช่น ที่ราบ ที่ต่ำ เนิน ภูเขา และความแตกต่างในความสูงระหว่างยอดเขาและที่ซึ่งต่ำกว่า
- รูปร่างลักษณะของภูมิประเทศ
- ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะภูมิประเทศกับการวางตัวและการกระจายของหิน

5.2 ลักษณะของหินโผล่ (outcrop)

- ตำแหน่งที่พบหินโผล่
- สี ลักษณะ ขนาด รูปร่าง และการวางตัวของหินโผล่
- ลักษณะ ทิศทางการวางตัวของหินโผล่ในกรณีที่มีหินโผล่มีลักษณะ เป็นแนวที่ค่อนข้างตรง
- ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะภูมิประเทศกับการวางตัวของหินโผล่

5.3 หิน

- ตำแหน่งที่พบหิน
- เนื้อหิน (texture)
- ส่วนประกอบของหิน
- สิ่งที่ทำให้หินเกิดการผุพัง และความรุนแรงของการผุพัง
- สีและลักษณะของผิวที่ผุพังและผิวที่สด
- ความสัมพันธ์ระหว่างหินกับอายุและลักษณะโครงสร้าง

5.3.1 หินอัคนี

- การเกิด
- ทิศทางการวางตัวของหิน
- การวางตัวของ dikes, sills เป็นต้น
- การวางตัวของแนวแตกและรอยแตกต่าง ๆ
- ลักษณะทางโครงสร้างที่เกิดกับหิน เช่น flow structure primary gneissic structure, segregation เป็นต้น
- ความสัมพันธ์ระหว่างแนวสัมผัส (contact ของหินและลักษณะของการแปร เปลี่ยนตามแนวสัมผัส)
- สิ่งแปลกปลอมในหินอัคนี (ชนิด รูปร่าง ขนาด การเรียงตัว กับกำเนิดของสิ่งแปลกปลอม)

5.3.2 หินชั้น

- กำเนิดเป็นแบบ (clastic, fragmental), chemical หรือ organic
- ลักษณะการเกิดเป็นชั้นหรือเลนซ้อน ๆ
- ขนาด (ความหนา การขยายตัวในแนวด้านข้าง เป็นต้น)

- Degree of consolidation
- ส่วนประกอบ รูปร่าง ขนาดของ Grain การถล่มขนาด ชนิดของสารเชื่อมประสาน ลักษณะของ matrix และ groundmass
- ลักษณะทางโครงสร้างที่เกิดกับดิน เช่น cross-bedding, ripplemark เป็นต้น
- สิ่งแปลกปลอมที่มีอยู่อาจจะในลักษณะของ concretions nodules, geodes เป็นต้น
- การวางตัว การกระจายตัวกระจาย ซากบรรพชีวินที่ขบ รวมทั้งข้อและสภาพของซากบรรพชีวินนั้น ๆ

5.3.3 หินแปร

- ชนิดและความรุนแรงของ Metamorphism
- หลักฐานของ Metamorphic Zoning
- ลักษณะโครงสร้างเดิมของหินที่เห็นได้
- ลักษณะโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงสภาพแล้ว เช่น slaty cleavage, schistosity, lineation, gneissic structure เป็นต้น และการวางตัวของโครงสร้างนั้น ๆ
- ชนิดของหินเดิมก่อนที่จะถูกเปลี่ยนมาเป็นหินแปร

5.4 ลักษณะทางโครงสร้าง (Structures) บริเวณที่ขบ

5.4.1 Folds

- รูปร่าง ขนาด และชนิด
- horizontal หรือ plunging axis
- ความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศและหิน
- ความสัมพันธ์ระหว่าง major folds และ minor folds
- อายู

5.4.2 Faults

- แนวการเกิด การวางตัว รูปร่าง การแบ่งชนิด (ที่เห็นได้)
- หลักฐานของ fault เช่น slickenside, gouge, breccia, drag เป็นต้น
- หินที่โผล่ให้เห็นตามแนว Fault

- ปริมาณและทิศทางของการเคลื่อนที่ซึ่งสามารถเห็นได้
- ความสัมพันธ์กับลักษณะทางโครงสร้างอื่น ๆ เช่น bedding, fold, joint เป็นต้น
- ความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศ
- อาย

5.4.3 Joints

- แนวการเกิด การวางตัว รูปร่าง spacing
- ผลที่เกิดกับหินหลังจากเกิด Joint
- ความสัมพันธ์กับลักษณะทางโครงสร้างอื่น ๆ
- ความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศ
- อาย

5.4.4 Rock units

- กำหนดแบ่งหิน
- ชื่อหิน หรือชื่อ Rock unit
- ความหนาและลักษณะโครงสร้างส่วนใหญ่ หรือรูปร่างของ unit
- ชนิดของหินส่วนใหญ่และการวางตัว
- ลักษณะของหินที่ เช่น ภูมิประเทศ สีและชนิดของหิน การเกาะปลูก ลักษณะของหินที่ไม่ได้ให้เห็น เป็นต้น
- ลักษณะของ contact เช่น sharp หรือ gradational เป็นต้น
- หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการศึกษาหรือลักษณะเฉพาะประจำ Rock unit
- อาย

เอกสารประกอบการเรียนเรียง

1. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แผนการใช้ที่ดินภาคกลาง. (นป.ท.) 2528.
2. คณะอนุกรรมการจัดทำแผนงานกรมธรรม์วิทยา. รายงานกรมธรรม์วิทยา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.
3. ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์ สุรพงษ์ เดิศจันทร์ และพงษ์ อานันจินดา. ธรรม์วิทยา ประเทศไทยและธรรม์วิทยานานาชาติ. ภาควิชาธรรม์วิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2522.
4. ชีรพงศ์ ธนสุทธิพิทักษ์ ช่าง ตันเลิศฤกษ์ สมพงษ์ จันทร์มี และยี่แยง ปัญจสวัสดิ์วงศ์. ธรรม์วิทยาประเทศไทย. ภาควิชาธรรม์วิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2522.
5. พิสิทธิ์ ชีรลิดก พิธิษฐ สุวัฒน์บัณฑิต สมชาติ มรินทร์โกศล วีระพงษ์ ตันสุวรรณ และอภิชาติ คำจวน. แผนที่ธรรม์วิทยา ลำเภอหัวหิน ระหว่าง ND 47-15 พิมพ์ครั้งที่ 1 มกราคม 1 : 250,000. กรมทรัพยากรธรรม์ 2519.
6. ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. เอกสารอบรมเชิงปฏิบัติการ "ภูมิศาสตร์กายภาพประเทศไทย" 6 - 12 เมษายน 2532.
7. สโมสรกรมทางหลวง. แผนที่แสดงทางหลวงภาคกลาง มกราคม 1 : 1,000,000. กรุงเทพฯ : กรมแผนที่ทหาร, (น.ช.ป.)
8. เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา สุเนต รัชชราภรณ์ และชาติ เกษวีรัตน์. การศึกษาต้นตะกอกน้ำกรวยโดยใช้ซากบรณขีวินของจอยในตำบลศาลายา อำเภอ นครชัยศรี จังหวัดนครปฐม. สาขาเทคโนโลยีการบริการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล 2527.
9. Tourism Promotion Section Hua Hin municipality. Prachuabkhirikhan Hua Hin The queen of tranquillity - 1988 Official guide book.