

เอกสารอ้างอิง

- American Society for Testing and Materials, Procedures for Testing Soils, ASTM, Philadelphia, Pa. 1964.
- Arunyanak, N. 1978. "Lime-Cement Stabilization on Nong Ngoo Hao Clay". Thesis, Department of Civil Engineering, Graduate School, Chulalongkorn University, Bangkok.
- Clare, K.E., and Cruchley, A.E. "Laboratory Experiments in the Stabilization of Clays with Hydrated Lime". Geotechnique, Vol.7, pp. 97-111.
- Cooper, L.H.N., "Factors Affecting the Distribution of Silicate in the North Atlantic Ocean and the Formation of North Atlantic Deep Water", Journal Marine Biological Assn., Combridge University Press, London, Engl and, Vol.30, pp.511-526, 1952.
- Davidson, D.T., and Sheeler, J.B. "Powder v.s. Slurry application of Lime for soil stabilization", HRB Bullentin No. 195, pp.30-41, 1961.
- Dawson, R.F, "Special Factors in Lime Stabilization", HRB No.129, pp.103-110, 1956
- Diamond, S., and Kingler, E.F., "Mechanism of Soil-Lime Stabilization, An Interpreting Reviews", HRB No.92, Washington, D.C. : National Academy of Science/National Research Council, 1965.
- Eades, J.L. "Reactions of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ with Clay Minerals in Soil Stabilization", Unpublished Ph.D. Descertation, University of Illinois, 1962.
- Eades, J.L. and Grim, R.E. "Reaction of Hydrated Lime with Pure Clay Minerals in Soil Stabilization", Highway Reserch Board Bullentin No.262, Washington, D.C.:National Academy of Sciences/National Research Council, 1962.
- Grim, R.E. Clay Mineralogy, New York : The Mcgraw-Hill Book Company, 1963.
- Grim, R.E. Clay Mineralogy, 2nd ed. New York : The Mcgraw-Hill Book Company, 1968.
- Herrin, M, and Mitchell, H. "Lime-Soil Mixtures", HRB Bullentin

- No.304, Washington, D.C. : National Academy of Sciences/
National Research Council, 1961.
- Hilt, G.H and Davidson, D.T. "Lime fixation in clayey soils", HRB
Bullentin No.195, pp. 43-57, 1961
- Hilt, G.H. and Davidson, D.T."Isolation and Investigation of a
Lime-Montmorillonite Crystalline Reaction Product", HRB
Bullentin No.304, Washington, D.C.:National Academy of
Sciences/National Research Council, 1961.
- Hoover, J.M., Handy, R.L. and Davidson, D.T., "Durability of Soil-Lime
-Flyash Mixes Compacted Above Standard Proctor Density, "HRB
Bull No.193, pp.1, 1958.
- Laguros, I.G., et al., "Evaluation of Lime fro Stabilization of
Loess", Proceedings of ASTM, Vol.56, 1956.
- Leonards, G.A. Foundation Engineering. New York : McGraw-Hill, 1962.
- Lu, L.W., et al., "The Calcium-Magnesium Ration in Soil-Lime
Stabilization", Proceedings, HRB , Vol.36. Washington, D.C.:
National Academy of Sciences/National Research Council, 1957.
- Lund, O.L., and Ramsey, W.J. "Experimental Lime Stabilization in
Nebraska", HRB Bull. No.231 pp. 24-59, 1959.
- Mitchell, J.K., and Hooper, D.R. "Influence of Time Between Mixing and
Compaction on Properties of a Lime-Stabilized Expansive Clay",
HRB Bull. NO. 304, pp.14-31, 1961.
- Miura, N. and Bergado D.T. "Improvement of soft marine clays by
special admixtures using dry and wet jet mixing methods",
Southeast asian geotechnical conference., Bangkok 9 th, 1988.
- Remus, M.d., and Davidson, D.T. "Relation of Strength to Compaction
and Density of Lime-Treated Soils", HRB Bull. 304, Washington,
D.C.:National Academy of Sciences/National Research Council,
1961.
- Ruff, C.G. and Davidson, D.T., "Lime and Sodium silicate
Stabilization of montmorillonite clay soil", HRB Bull No.195,
pp.107-127, 1961.
- Thompson, M.R., "Lime-Reactivity of Illinois Soils", Journal of the Soil

- Ruff, C.G. and Davidson, D.T., "Lime and Sodium silicate Stabilization of montmorillonite clay soil", HRB Bull No.195, pp.107-127, 1961.
- Thompson, M.R., "Lime-Reactivity of Illinois Soils", Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol.92, No.SM5, September, 1966.
- Wang, J.W., et al. "Comparison of Various Commercial Limes for soil Stabilization", HRB Bullentin No.335. Washington, D.C.:National Academy of Sciences/National Research Council, 1962.
- Whitehurst, E.A., and Yoder, E.J., "Durability Tests on Lime-Stabilized Soils", HRB Proc., 31 : 529, 1952.
- Zolkov, E., "Influence of Chlorides and Hydroxides of Calcium and Sodium on Consistency Limits of a Fat Clay", HRB Bullentin No.309, pp.109-115, 1962.
- กรมทรัพยากรธรณี กองเศรษฐกิจและเผยแพร่, "แหล่งแร่สังกะสีผาแดง จ.ตาก", ข่าวสารการธรณี, (4), 10-13, 2528
- บุญสม เลิศศิริวงค์, เล็ก อุตตมะตูล, ปิยะสาร ประเสริฐธรรม, "การเพิ่มเสถียรภาพกากแร่สังกะสี", รายงานโครงการการวิจัยการกำจัดกากแร่สังกะสี, สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531
- วิริยะ กীরติวิรัชการ, "ปฏิกิริยาและการพัฒนากำลังของส่วนผสมดินเหนียวกับปูนขาว", วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525
- สุประดิษฐ์ บุณนาค, "การปรับปรุงคุณสมบัติของดินสำหรับงานวิศวกรรม", หน้า 1-44, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527

ภาคผนวก

- ก. การวิเคราะห์โดยวิธี X-ray diffraction
- ข. วิธีการทดสอบการชะละลาย
- ค. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเกี่ยวกับควบคุมน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ภาคผนวก ก.

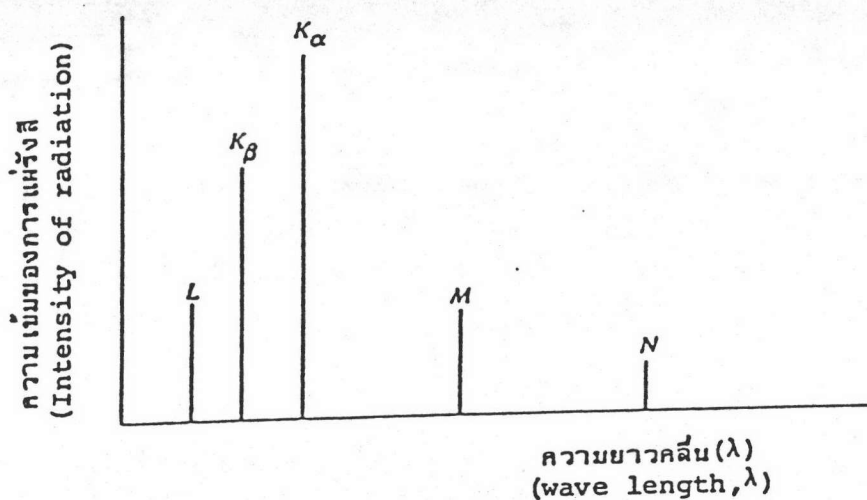
การวิเคราะห์โดย X-ray diffraction

X-ray diffraction เป็นวิธีหนึ่งใช้ศึกษาส่วนประกอบของแร่ที่เป็นผลึก โดยรังสีเอ็กซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นประมาณ 0.01 ถึง 100 Å° รังสีเอ็กซ์เกิดจากการที่อิเล็กตรอนความเร็วสูงวิ่งเข้าชนสารที่ใช้ทำเป้า ซึ่งจะทำให้เกิดปรากฏการณ์อันหนึ่งอันใดใน 2 ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นคือ

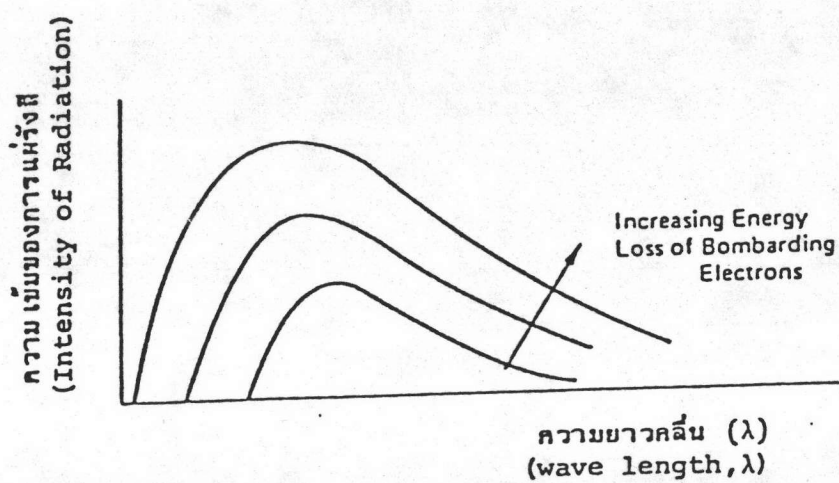
1. อิเล็กตรอนความเร็วสูงวิ่งเข้าไปชนและแทนที่อิเล็กตรอนที่อยู่ Shell ชั้นในของอะตอมหนึ่งในสารที่ใช้ทำเป้า ดังนั้นอิเล็กตรอนที่อยู่ Shell ชั้นนอกซึ่งมีพลังงานสูงกว่าจะลงมาแทนที่ จึงปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาเป็นรังสีเอ็กซ์ ส่วนความยาวคลื่นและความเข้มของการแผ่รังสีขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของอะตอมของสารที่ใช้ทำเป้า แต่เนื่องจากการแทนที่ของอิเล็กตรอนสามารถเกิดขึ้นได้หลาย Shell และการแทนที่ในแต่ละ Shell จะให้คุณลักษณะของรังสีเอ็กซ์ที่แตกต่างกัน ผลของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของการแผ่รังสี (Intensity of radiation) กับความยาวคลื่นแสดงในรูปที่ ก.1

2. อิเล็กตรอนความเร็วสูงไม่ได้วิ่งเข้าไปชนอิเล็กตรอนในอะตอมของสารที่ใช้ทำเป้าโดยตรง เพียงแต่ความเร็วของอิเล็กตรอนช้าลงไปในสนามไฟฟ้าที่อยู่ใกล้กับนิวเคลียสของอะตอม ดังนั้นพลังงานที่ลดลงจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนและโปรตอนของรังสีเอ็กซ์รังสีเอ็กซ์ที่เกิดโดยวิธีนี้คุณสมบัติจะไม่ขึ้นกับธรรมชาติของอะตอมที่ถูกชนคือจะให้ผลเป็นแถบของคลื่นต่อเนื่องที่มีความยาวคลื่นแปรเปลี่ยนไปดังรูปที่ ก.2

ผลรวมของรังสีเอ็กซ์จากปรากฏการณ์ทั้ง 2 นี้จะเป็นดังรูป ก.3 ในทางปฏิบัติแล้ว รังสีเอ็กซ์จะถูกสังเคราะห์โดยใช้หลอดที่มีขั้วหนึ่งสร้างอิเล็กตรอน และด้วยความต่างศักย์ไฟฟ้าประมาณ 50,000 โวลต์ ทำให้เกิดลำอิเล็กตรอนวิ่งเข้าชนสารที่ใช้ทำเป้า รังสีเอ็กซ์ที่เกิดขึ้นนี้จะใช้ Curved crystal monochromator ทำให้มีความยาวคลื่นเพียงค่าเดียวหรืออาจจะใช้สารซึ่งสามารถดูดซึมรังสีเอ็กซ์ที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ เป็นตัวกรองรังสีให้ได้รังสีเอ็กซ์ที่มีความยาวคลื่นเพียงค่าเดียว ความยาวคลื่นของ Monochromatic radiation จะขึ้นกับสารที่ใช้ทำเป้าโดยความยาวคลื่นจะเป็น 0.71 Å° เมื่อใช้โมลิบดีนัมทำเป้าจนถึง 2.29 Å° เมื่อใช้โครเมียมทำเป้า ส่วนทองแดงซึ่งเป็นสารที่ใช้กันมากในการวิเคราะห์เรดิเนียมเห็นว่าจะมีความยาวคลื่นเท่ากับ 1.54 Å°



รูปที่ ก.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของการแผ่รังสีและความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการแทนที่ของอิเล็กตรอนใน shell ต่างๆ โดยตัวอักษรแสดงถึง shell ที่ถูกแทนที่



รูปที่ ก.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของการแผ่รังสีกับความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการลดความเร็วของอิเล็กตรอนในสนามไฟฟ้า

การสะท้อนของรังสีเอ็กซ์

เนื่องจากความยาวคลื่นประมาณ 1 \AA นี้เป็นขนาดที่ใกล้เคียงกับระยะห่างของ Atomic plane ในสารที่มีโครงสร้างเป็นแบบผลึกทำให้รังสีเอ็กซ์มีประโยชน์มากในการวิเคราะห์โครงสร้างผลึก Atomic plane กับรังสีเอ็กซ์จะมีพฤติกรรมต่อกันคล้ายกับการสะท้อนของแสง กล่าวคือเมื่อรังสีเอ็กซ์กระทบกับโครงสร้างผลึกรังสีเอ็กซ์จะทะลุเข้าไปในโครงสร้างผลึกหลายล้านชั้น (layers) ก่อนที่จะถูกดูดซึม ที่แต่ละ Atomic plane ลำรังสีจะถูกดูดซึมโดยแต่ละอะตอมและจะเกิดการแกว่งเหมือนกับ dipole แล้วจะเกิดการแผ่รังสีในทุกทิศทาง การแผ่รังสีในทิศทางที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการซ้อนและเสริมกันของคลื่นและมีผลคล้ายการสะท้อนของคลื่นแสง รังสีเอ็กซ์ที่คลื่นเสริมกันนี้จะถูกดักจับด้วยฟิล์มหรือเครื่องมือวัดรังสี

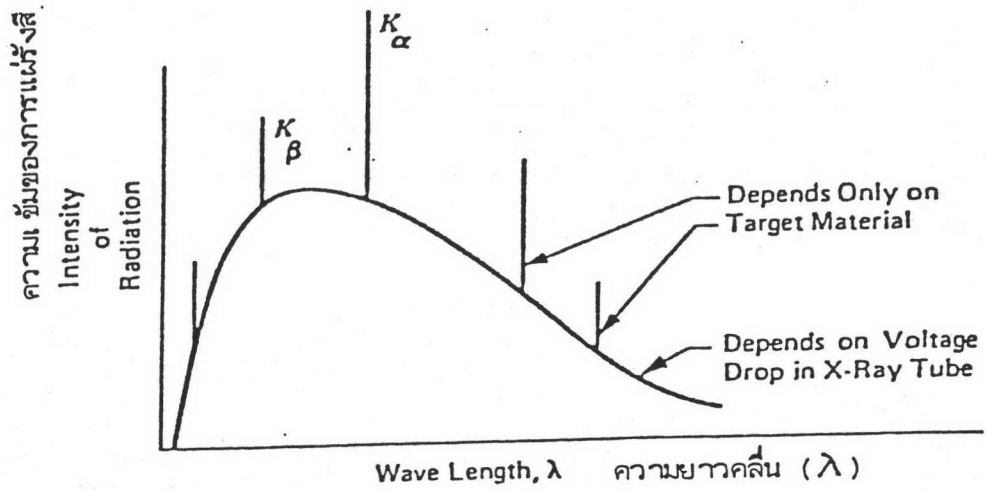
รูปที่ ก.4 แสดงลำรังสีที่ขนานกันของรังสีเอ็กซ์ที่มีความยาวคลื่น λ กระทบกับโครงสร้างผลึกทำมุม θ กับ atomic plane ที่ขนานและห่างกันเป็นระยะ d ถ้าการสะท้อนของคลื่นจากจุด C ไปเป็นคลื่นเสริมกับที่สะท้อนมาจาก A แล้วผลต่างของระยะทางของคลื่นที่ 2 นี้จะเท่ากับผลรวมของความยาวคลื่นคือ $n\lambda$ ผลต่างของระยะทางคือระยะ $BC + CD$

$$BC + CD = n\lambda \dots\dots\dots(1)$$

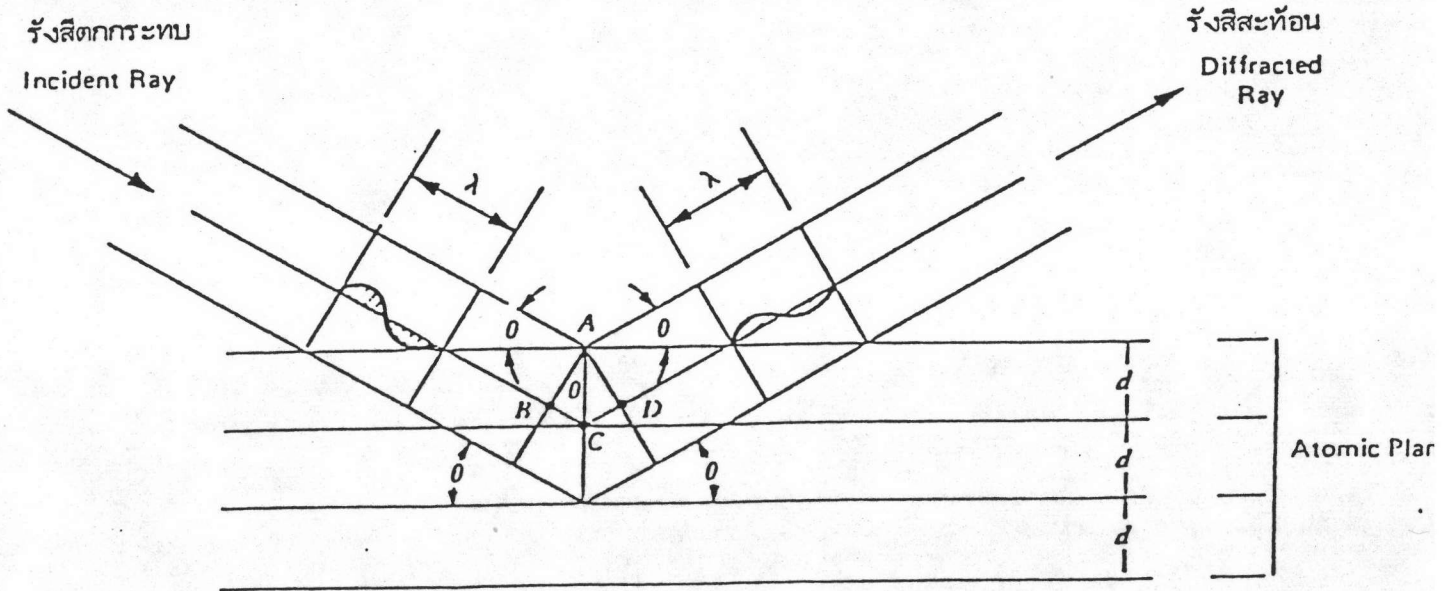
แต่จากการสมมาตรกัน $BC = CD$ และจากความสัมพันธ์ทางตรีโกณมิติ $CD = d \sin\theta$ ดังนั้นสมการ (1) จะเขียนใหม่ได้เป็น

$$n\lambda = 2 d \sin\theta \dots\dots\dots(2)$$

ความสัมพันธ์นี้เรียกว่า กฎของ Bragg ซึ่งเป็นกฎพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์หาชนิดของผลึกเมื่อใช้ X-ray diffraction เนื่องจากระยะห่างระหว่าง atomic plane ใน 3 มิติของแร่แต่ละชนิดไม่เท่ากัน ดังนั้นมุมของรังสีสะท้อนจึงสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ถึงชนิดของแร่ได้ X-ray diffraction นี้เหมาะสมที่จะใช้ในการวิเคราะห์หาชนิดของแร่ดินเหนียวด้วย เพราะระยะห่างของ atomic plane (001) มีค่าเฉพาะสำหรับแต่ละชนิดของแร่ดินเหนียว basal plane จะสะท้อนรังสีได้ดีที่สุดในโครงสร้างผลึกเพราะอะตอมใน plane นี้จะอยู่กันอย่างหนาแน่น นอกจากนี้ X-ray diffraction ยังสามารถใช้ตรวจสอบพวกแร่ที่ไม่ใช่ดินเหนียวในดินได้ดีเช่นกัน



รูปที่ ก.3 ความสัมพันธ์รวมของความเข้มของการแผ่รังสีเอกซ์ กับ ความยาวคลื่น



รูปที่ ก.4 ความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตของการสะท้อนรังสีเอกซ์ตามกฎของ Bragg

การตรวจจับรังสีเอ็กซ์ที่สะท้อนออกมา

รังสีที่สะท้อนออกมาจะถูกตรวจจับโดยใช้เครื่องมือ 2 ชนิดคือ

1. ฟิล์ม โดยติดตั้งอยู่ในกล่องรูปทรงกระบอก การที่สามารถใช้ฟิล์มบันทึกผลได้ เพราะรังสีเอ็กซ์ทำให้ฟิล์มเกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับแสงอาทิตย์

2. Geiger Muller counting tube เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดรังสีที่สะท้อนออกมา โดยตรงแล้วบันทึกค่าโดยอัตโนมัติ

การเตรียมตัวอย่างดิน

การเตรียมตัวอย่างเมื่อจะทำการวิเคราะห์ดินเหนียวโดยใช้ X-ray diffraction มีอยู่ 2 วิธีคือ

- Random powder method
- Oriented aggregate method

1. Random powder method เป็นการเตรียมตัวอย่างดินโดยใช้ตัวอย่างที่บดละเอียดและผ่านตะแกรงเบอร์ 200 แล้วนำมาใส่ในถ้วยดี เนื่องจากอนุภาคเล็ก ๆ แต่ละอนุภาคจะมีการจัดเรียงตัวในทิศทางต่าง ๆ กัน ดังนั้นจึงมีโอกาสที่เป็นไปได้ที่จะมีบางอนุภาคจัดเรียงตัวขนานกัน เมื่อถูกรังสีเอ็กซ์มาตกกระทบแล้วจะสะท้อนออกไปด้วยความเข้มของรังสีต่าง ๆ แล้วถูกตรวจจับโดยแผ่นฟิล์มหรือ Geiger Muller counting tube ความเข้มของรังสีที่สะท้อนออกมาจากการเตรียมตัวอย่างดินด้วยวิธีนี้จะเป็นส่วนน้อยใกล้เคียงกับจำนวนผลึกที่อยู่ในสารมากกว่าตัวอย่างดินที่ติดตั้งโดย oriented aggregate method

การยึดตัวอย่างดินที่เตรียมแบบ random powder นี้สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

ก. Rod method ทำโดยเอาตัวอย่างดินที่เตรียมไว้มาปั้นให้เป็นแท่งที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3 ถึง 0.5 มม. โดยใช้ตัวประสานพวก Gum tragacanth ซึ่งตัวประสานนี้จะมีผลเล็กน้อยต่อ X-ray diffraction

ข. Wedge method ทำโดยเอาตัวอย่างดินที่เป็นผงละเอียดมาใส่ในถ้วยชดที่ออกแบบให้ตัวอย่างดินเป็นรูปลิ้ม (Jeffries และ Jackson, 1949) การใส่ตัวอย่างดินไปในที่ชดทำโดยใช้แผ่นแก้วกดให้เรียบ

2. Oriented aggregate method ทำโดยนำตัวอย่างดินที่ถูกแยกขนาดโดยใช้ deflocculating agent ช่วย แล้วนำสารที่ตกตะกอนอยู่ด้านบนซึ่งมีขนาด Clay size มาหยดลงบนแผ่นแก้วหรือเซรามิค ดังนั้นอนุภาคดินเหนียวที่อยู่บนแผ่นแก้วหรือเซรามิคจะมีการจัดเรียงตัวขนาน ทำให้การสะท้อนรังสีจาก plane (001) มีความเข้มมากขึ้น ส่วนระนาบอื่น ๆ จะสะท้อนรังสีเอ็กซ์ได้น้อยลง X-ray diffraction ที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างโดยวิธีนี้จะได้ผลดีเมื่อใช้ประกอบกับข้อมูลที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างแบบ Random powder

เพื่อให้การวิเคราะห์หาชนิดของแร่ดินเหนียวทำได้ถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น จึงได้มีการเตรียมตัวอย่างแบบ Oriented aggregate 4 แบบคือ

1. Mg-Saturation, air dry sample
2. Mg-Saturated, glycevol solvated sample
3. K-Saturated, air dry sample
4. K-Saturated, heated sample (500 °C)

เนื่องจากว่าประจุบวกต่างชนิดกันจะทำให้มีปริมาณน้ำในปฏิกิริยา hydration แตกต่างกัน (Barshad, 1950; Norrish, 1954 และ Mielenz, et al., 1955) ดังนั้นตัวอย่างดินที่เตรียมสำหรับการวิเคราะห์ X-ray diffraction จึงควรมีประจุบวกเพียงชนิดเดียวเพื่อจะได้มั่นใจว่าการขยายตัวซึ่งมีผลจากปฏิกิริยา hydration นั้นจะเป็นแบบเดียวกันในโครงสร้างผลึก การวิเคราะห์โดยทั่วไปมักทำกันในสภาพที่ตัวอย่างแห้งในอากาศ (air dry) ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเลือกประจุบวกชนิดที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อความชื้นเปลี่ยนแปลงไป Mg^{2+} เป็นประจุบวกที่ทำให้หน้าที่ถูกดูดซับอยู่ระหว่าง interlayer ของชั้นซิลิเกตขยายตัวเป็นแบบเดียวกัน และ K^+ เป็นประจุบวกที่จำกัดการดูดซับน้ำใน interlayer ของเวอรัมิคูลไลท์ ดังนั้นจึงเป็นประจุบวกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยทั่วไป (Hellman, et al., 1943, Mac Ewan, 1946 และ Walker, 1957)

ตัวอย่างที่ทำให้อิ่มตัวด้วย K^+ แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 500°C . เป็นเวลา 1 ชั่วโมงจะทำให้ hydroxy complex ถูกทำลายลง ซึ่งจะทำให้ระยะห่าง interlayer ของเวอรัมิคูลไลท์ หดตัวลง แต่คลอไรด์จะไม่มี การเปลี่ยนแปลง

ตัวอย่างที่ผสมกลีเซอรอล ($C_3H_8(OH)_3$) ลงไปจะทำให้ระยะห่างของ interlayer ในแร่ดินเหนียวมอนท์โมริลโลไนท์ขยายตัวจาก 14 \AA เป็น 17.7 \AA (Mac Evan, 1944, Bradley, 1945, White และ Jackson, 1947) ในขณะที่แร่ดินเหนียวเวอรัมิคูลไลท์จะไม่มี การเปลี่ยนแปลง (Walker, 1950; Barshad, 1950) ปรัชการการณ์นี้เป็นข้อแตกต่างที่จะใช้ในการแยกชนิดของแร่ดินเหนียวทั้ง 2 ชนิดนี้ สำหรับตารางที่ใช้ในการวิเคราะห์ชนิดของแร่ดินเหนียว โดยวิธี X-ray diffraction จากการเตรียมตัวอย่างดินทั้งหมด 4 แบบดังกล่าวข้างต้นได้ แสดงในตารางที่ ก.1

การวิเคราะห์ X-ray diffraction pattern

X-ray diffraction pattern ที่ได้มาไม่ว่าจะเป็นจากฟิล์มหรือจาก Geiger Muller counting tube จะให้ผลที่ประกอบด้วยมุมที่รังสีเอ็กซ์ตกกระทบกับแนวระนาบ (θ) กับความเข้มของรังสีเอ็กซ์ที่สะท้อนจากผลึกของแร่ในตัวอย่างดิน ขึ้นแรกในการวิเคราะห์ทำโดยหาระยะห่างของ interlayer โดยใช้กฎของ Bragg ดังแสดงไว้ในตารางที่ ก.2 จากโลหะที่ใช้ทำเป้าแตกต่างกันจะทำให้ความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์ที่จะนำมาวิเคราะห์แตกต่างกัน ในการทดลองนี้ใช้ทองแดง (Cu) เป็นเป้า ดังนั้นความยาวคลื่นที่ใช้ในการวิเคราะห์จะเท่ากับ 1.54 \AA ในการวิเคราะห์ผลจะนำระยะห่างระหว่าง interlayer (d) ของตัวอย่างดินที่ได้มาเปรียบเทียบกับ pattern มาตรฐานของแร่บริสุทธิ์ ข้อมูล X-ray diffraction pattern ของแร่ที่พบ โดยทั่วไปในดินแสดงในตารางที่ ก.3

การวิเคราะห์หาปริมาณของแร่โดยวิธี X-ray diffraction

การหาปริมาณของแร่ชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของตัวอย่างดินเหนียว โดยใช้การเปรียบเทียบความสูงของ diffraction peak หรือพื้นที่ใต้ diffraction peak โดยใช้หลักการเปรียบเทียบแบบธรรมดา ๆ นั้นไม่สามารถจะทำได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากความแตกต่างกันของคุณสมบัติต่าง ๆ ของสารซึ่งเป็นส่วนประกอบของตัวอย่างดินเหนียว กล่าวคือ สัมประสิทธิ์ของการดูดซึมรังสี ปริมาณของสารแต่ละชนิดซึ่งเป็นส่วนประกอบ ลักษณะผิวของผลึก ความสมบูรณ์ของผลึกและ

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ชนิดของแร่ดินเหนียวโดยวิธี X-ray diffraction

Diffraction spacing (Å.)	Mineral (or minerals) indicated
	<u>Mg-saturated, air-dried</u>
14-15	Montmorillonite, vermiculite, chlorite
9.9-10.1	Mica (illite), halloysite
7.2- 7.5	Metahalloysite
7.15	Kaolinite, chlorite (2nd-order maximum)
	<u>Mg-saturated, glycerol-solvated</u>
17.7-18.0	Montmorillonite
14-15	Vermiculite, chlorite
10.8	Halloysite
9.9-10.1	Mica (illite)
7.2- 7.5	Metahalloysite
7.15	Kaolinite, chlorite (2nd-order maximum)
	<u>K-saturated, air-dried</u>
14-15	Chlorite, vermiculite (with interlayer aluminum)
12.4-12.8	Montmorillonite
9.9-10.1	Mica (illite), halloysite, vermiculite (contracted)
7.2- 7.5	Metahalloysite
7.15	Kaolinite, chlorite (2nd-order maximum)
	<u>K-saturated, heated (500° C.)</u>
14	Chlorite
9.9-10.1	Mica, vermiculite (contracted), montmorillonite (contracted)
7.15	Chlorite (2nd-order maximum)

ลักษณะการจัดเรียงตัวของอนุภาค เป็นต้น ดังนั้นการเปรียบเทียบปริมาณของสารซึ่งเป็นส่วนประกอบของตัวอย่างดินเหนียวจึงเป็นไปได้ยาก แต่อาจจะทำได้ผลที่ดีเมื่อใช้ internal standard ซึ่งเป็นสารประกอบพวก ZnO_2 มาใช้ประกอบการวิเคราะห์

เนื่องจากหลักที่ว่าความสูงของ diffraction peak จะแปรโดยตรงกับปริมาณของสารประกอบที่ก่อให้เกิด diffraction peak นั้น ดังนั้นจึงอาจเปรียบเทียบปริมาณของสารประกอบชนิดเดียวกันในแต่ละตัวอย่างดินเหนียวโดยประมาณได้

ตารางที่ ก.2 การแปลงมุม θ ไปเป็นระบุมะห่างของ interlayer ตามกฎของ Bragg เมื่อสารที่ใช้ทำเป็าเป็นทองแดง (CuK α)

CuK α , $\lambda = 1.5405 \text{ \AA}$

θ	0' (0)	6' (0.1)	12' (0.2)	18' (0.3)	24' (0.4)	30' (0.5)	36' (0.6)	42' (0.7)	48' (0.8)	54' (0.9)
0		441.32	220.66	147.11	110.33	88.265	73.555	63.048	55.167	49.038
1	44.134	40.123	36.779	33.950	31.526	29.425	27.586	25.964	24.521	23.230
2	22.069	21.020	20.065	19.193	18.393	17.658	16.980	16.351	15.767	15.224
3	14.717	14.243	13.798	13.380	12.987	12.617	12.268	11.937	11.623	11.325
4	11.042	10.773	10.517	10.273	10.040	9.8172	9.6043	9.4004	9.2050	9.0176
5	8.8377	8.6648	8.4936	8.3387	8.1847	8.0363	7.8933	7.7553	7.6220	7.4932
6	7.3688	7.2485	7.1320	7.0192	6.9100	6.8042	6.7016	6.6021	6.5054	6.4115
7	6.3203	6.2317	6.1456	6.0619	5.9804	5.9011	5.8239	5.7487	5.6755	5.6041
8	5.5345	5.4666	5.4004	5.3358	5.2727	5.2111	5.1510	5.0922	5.0347	4.9785
9	4.9236	4.8700	4.8176	4.7663	4.7161	4.6669	4.6187	4.5715	4.5253	4.4800
10	4.4357	4.3923	4.3497	4.3079	4.2669	4.2267	4.1873	4.1486	4.1106	4.0733
11	4.0367	4.0008	3.9656	3.9310	3.8970	3.8635	3.8306	3.7983	3.7666	3.7354
12	3.7047	3.6745	3.6448	3.6156	3.5869	3.5587	3.5309	3.5036	3.4767	3.4502
13	3.4241	3.3984	3.3731	3.3482	3.3237	3.2995	3.2757	3.2522	3.2291	3.2063
14	3.1839	3.1618	3.1400	3.1185	3.0973	3.0764	3.0558	3.0354	3.0153	2.9955
15	2.9760	2.9567	2.9377	2.9190	2.9005	2.8822	2.8642	2.8464	2.8289	2.8116
16	2.7945	2.7776	2.7609	2.7444	2.7281	2.7120	2.6961	2.6804	2.6649	2.6496
17	2.6345	2.6196	2.6048	2.5902	2.5758	2.5615	2.5474	2.5334	2.5196	2.5060
18	2.4926	2.4793	2.4661	2.4531	2.4402	2.4274	2.4148	2.4024	2.3901	2.3779
19	2.3659	2.3540	2.3422	2.3305	2.3189	2.3075	2.2962	2.2850	2.2739	2.2629
20	2.2520	2.2412	2.2306	2.2201	2.2097	2.1994	2.1892	2.1790	2.1690	2.1591
21	2.1493	2.1396	2.1299	2.1204	2.1110	2.1017	2.0924	2.0832	2.0741	2.0651
22	2.0562	2.0473	2.0385	2.0298	2.0213	2.0128	2.0044	1.9960	1.9877	1.9795
23	1.9713	1.9632	1.9552	1.9473	1.9394	1.9316	1.9239	1.9163	1.9087	1.9012
24	1.8938	1.8864	1.8790	1.8717	1.8645	1.8574	1.8503	1.8433	1.8363	1.8294
25	1.8226	1.8158	1.8091	1.8024	1.7958	1.7892	1.7826	1.7761	1.7697	1.7634
26	1.7571	1.7508	1.7446	1.7384	1.7323	1.7262	1.7202	1.7143	1.7084	1.7025
27	1.6967	1.6909	1.6851	1.6794	1.6737	1.6681	1.6625	1.6570	1.6515	1.6461
28	1.6407	1.6353	1.6300	1.6247	1.6195	1.6143	1.6091	1.6040	1.5989	1.5938
29	1.5887	1.5837	1.5788	1.5739	1.5690	1.5642	1.5594	1.5546	1.5499	1.5452
30	1.5405	1.5358	1.5312	1.5266	1.5221	1.5176	1.5131	1.5087	1.5043	1.4999

ตารางที่ ก.3 ข้อมูล X-ray diffraction ของแร่ที่พบโดยทั่วไปในดิน

$d(\text{Å})$	Mineral ^b	$d(\text{Å})$	Mineral ^b
14	<i>Mont. (VS) Chl. Verm. (VS)</i>	2.93-3.00	Felds.
12	<i>Sepiolite, heated corrensite</i>	2.89-2.90	Carb.
10	<i>Illite, Mica(S)</i>	2.86	Felds.
9.23	Heated Verm.	2.84	Carb. <i>Chl.</i>
7	<i>Kaol.(S). Chl.</i>	2.84-2.87	<i>Chl.</i>
6.90	<i>Chl.</i>	2.73	Carb.
6.44	Attapulgit	2.61	Attapulgit
6.39	<i>Felds.</i>	2.60	Verm., Sepiol.
4.90-5.00	10Å (2nd)	2.56	Illite (VS), Kaol.
4.70-4.79	<i>Chlor. (S)</i>	2.53-2.56	Chlor., Felds., Mont.
4.60	Sepiol., Verm. (S)	2.49	Kaol. (VS)
4.45-4.50	Illite (VS)	2.46	Quartz, heated Verm.
4.46	Kaol.	2.43-2.46	Chlorite
4.36	Kaol.	2.39	Verm., Illite
4.26	Quartz (S)	2.38	<i>Kaol.</i>
4.18	Kaol.	2.34	Kaol. (VS)
4.02-4.04	Felds.(S)	2.29	Kaol. (VS)
3.85-3.90	Felds.	2.28	Quartz, Sepiol.
3.82	Sepiol.	2.23	Illite, <i>Chl.</i>
3.78	Felds.	2.13	Quartz, Mica
3.67	Felds.	2.05-2.06	Kaol. (WK)
3.58	Carbonate, <i>Chl.</i>	1.99-2.00	<i>Mica, Illite(S), Kaol. Chl.</i>
3.57	<i>Kaol. (VS), Chl.</i>	1.90	Kaol.
3.54-3.56	Verm.	1.83	Carb.
3.50	Felds., Chlor.	1.82	Quartz
3.40	Carb.	1.79	Kaol.
3.34	Quartz (VS)	1.68	Quartz
3.32-3.35	<i>Illite (VS)</i>	1.66	Kaolin
3.30	Carb.	1.62	Kaolin
3.23	Attapulgit	1.54B	Verm. (S), Quartz
3.21	Felds.	1.55	Quartz
3.20	Mica	1.58	<i>Chl.</i>
3.19	<i>Felds. (VS)</i>	1.53	Verm., Illite (Trioctahed)
3.05	Mont.	1.50	Ill. (S), Kaol.
3.04	Carb. (VS)	1.48-1.50	Kaol. (VS), Mont.
3.02	Felds.	1.45B	Kaol.
3.00	Heated Verm.	1.38	Quartz, <i>Chl.</i>
2.98	Mica (S)	1.31, 1.34, 1.36	Kaol. (B)

• *Italics: (001) spacing.*

• (B) = broad; (S) = strong; (VS) = very strong; (WK) = weak; Mont. = Montmorillonite; Chl. = Chlorite; Verm. = Vermiculite; Kaol. = Kaolinite; Carb. = Carbonate; Felds. = Feldspar; Sepiol. = Sepiolite.

ภาคผนวก ข.

วิธีการทดสอบการชะละลาย

เนื่องด้วยกากแร่สังกะสีที่ได้ อาจมีโลหะหนักจำพวก สังกะสี (Zn), แคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) ซึ่งอยู่ในรูปของเกลือซัลเฟตที่ละลายน้ำได้เมื่อทิ้งในบ่อทิ้งเป็นเวลานาน น้ำฝนที่ตกลงมาหรือน้ำใต้ดินจะละลายเกลือของโลหะหนักออกจากกากแร่สังกะสีที่ไม่ละลายน้ำ แล้วไหลไปสะสมที่ใดที่หนึ่งซึ่งอาจทำให้น้ำในบริเวณนั้นมีความเข้มข้นของโลหะหนักเกินมาตรฐานที่กำหนด โดยกระทรวงอุตสาหกรรม

ความพยายามที่จะลดอัตราการแพร่ของเกลือของโลหะหนักออกมาจากกากแร่สังกะสีทำได้โดยการทำให้กากแร่สังกะสีจับกันเป็นก้อนที่แข็งขึ้น อยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งในการวิจัยนี้ได้ใช้ปูนขาวเป็นตัวเพิ่มเสถียรภาพของกากแร่สังกะสี

เมื่อได้ตัวอย่างของส่วนผสมกากแร่สังกะสี-ปูนขาวแล้วจำเป็นต้องมีการทดลองเพื่อหาอัตราการแพร่ของเกลือของโลหะหนักออกมาจากตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้ว แต่ถ้าจะนำตัวอย่างดังกล่าวไปทิ้งให้อยู่ในสภาพเหมือนธรรมชาติที่มันควรจะเป็น จะพบว่าเวลาที่ใช้ในการทดลองจะยาวนานมาก ดังนั้นเพื่อจะย่นระยะเวลาในการทดลองลง จะทำการทดสอบตัวอย่างกากแร่สังกะสีที่ได้แปรสภาพแล้วในแบบจำลองที่ไม่เหมือนธรรมชาติ แต่จะเป็นสภาพที่เร่งให้การชะละลายของเกลือของโลหะหนักในตัวอย่างกากแร่สังกะสีออกมาได้เร็วกว่าสภาพที่เป็นจริงตามธรรมชาติอย่างมาก ซึ่งแน่นอนว่าการทดสอบแบบนี้จะให้ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำสูงกว่าที่ควรจะเป็นตามธรรมชาติ

ภาวะที่เหมาะสมในการแปรสภาพกากแร่สังกะสี ควรเป็นภาวะที่ให้ค่าความเข้มข้นประมาณต่ำกว่าค่าความเข้มข้นที่กำหนดโดยมาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรม ประมาณ 1 เท่าตัว และเพราะว่าต้องการ การแพร่ของเกลือโลหะหนักในกากแร่สังกะสีที่แปรสภาพแล้วและความเข้มข้นโลหะหนักในสารละลาย เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง แปรผันโดยตรงกับพื้นที่ผิว (Surface area) น้ำหนัก (Weight) ของตัวอย่าง ลักษณะไหลของของไหล (Hydrodynamic of fluid) ผ่านตัวอย่าง, ปริมาณน้ำที่ใช้สกัด, อุณหภูมิและเวลาที่ใช้สกัด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำหนดตัวแปรเหล่านี้ให้คงที่ค่าหนึ่ง เพื่อให้ความเข้มข้นของโลหะหนักในสารละลาย สามารถสื่อความหมายได้

เครื่องจำลองสภาพการชะละลาย เป็นเครื่องกวน (Stirred tank) ขนาดเล็ก มีใบ

พัดกวาน และลวดให้ความร้อนที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิอยู่ด้วย และเนื่องจากป้องกันการรบกวนจากโลหะที่อาจจะละลายออกมาจากภาชนะที่ใช้ทำเครื่องจำลอง ดังนั้นจึงเลือกใช้วัสดุที่ไม่เป็นโลหะ ซึ่งอาจจะได้แก่ แก้ว พลาสติก มาประกอบเป็นเครื่องจำลอง

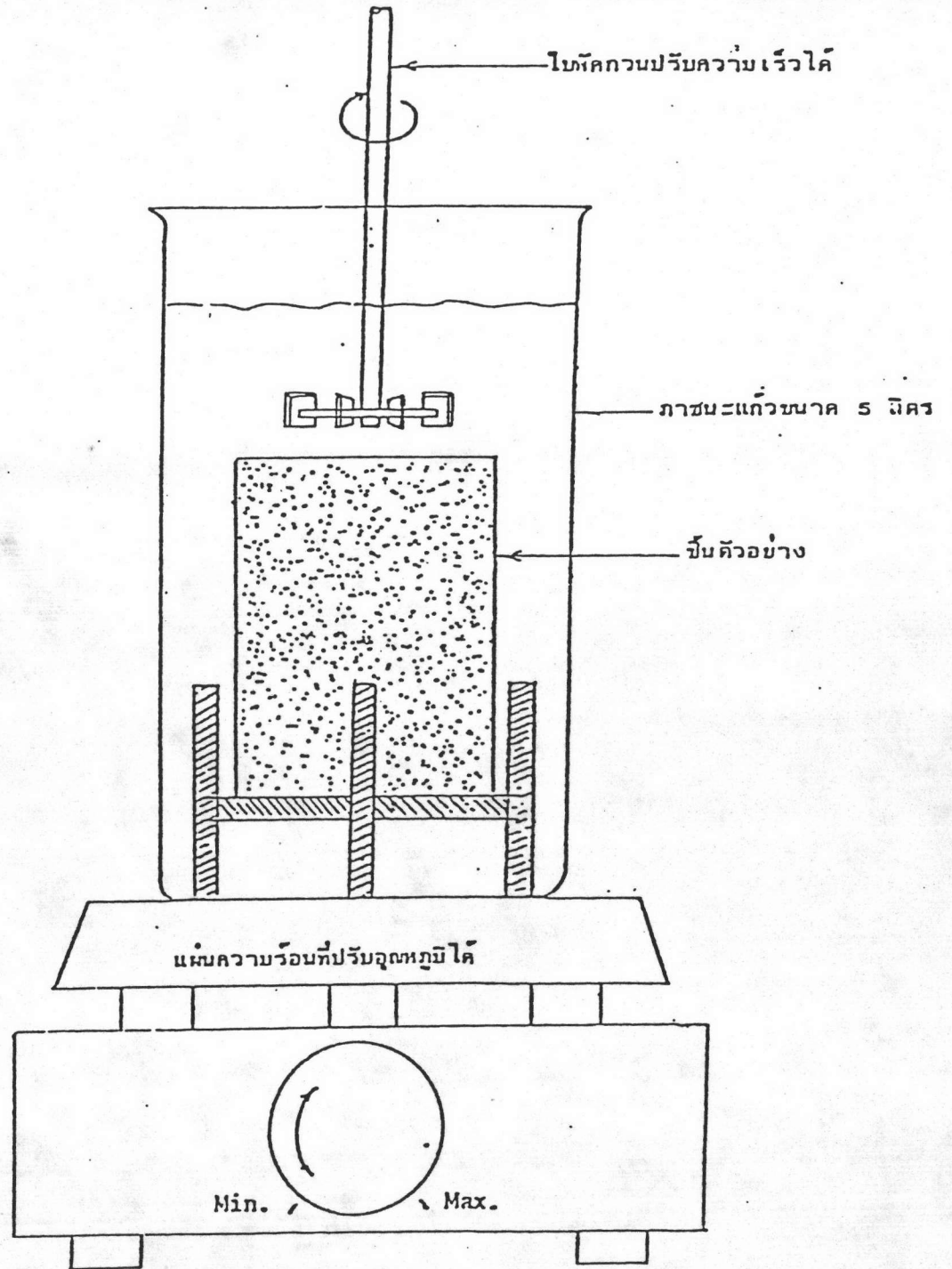
รูปที่ ข.1 แสดงแบบจำลองเครื่องทดสอบการชะละลายของก้อนตัวอย่างกากแร่สังกะสีในการทดสอบการชะละลายของก้อนตัวอย่างส่วนผสมกากแร่สังกะสี-ปูนขาว ได้กำหนดภาวะในการทดสอบดังนี้

- ปริมาณน้ำที่ใช้	4,000	ลบ.ซ.ม.
- จำนวนการกวาน	650	รอบ/นาที
- อุณหภูมิขณะกวาน	70	°ซ
- เวลาที่ใช้กวาน	2	ชั่วโมง
- น้ำหนักก้อนตัวอย่าง	1,300 - 1,400	กรัม

การเตรียมก้อนตัวอย่างเพื่อทดสอบได้ใช้ตัวอย่างที่ได้จากการบดอัดตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 698 ซึ่งจะมีรูปร่างทรงกระบอก โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 101.6 มม. และส่วนสูงประมาณ 116.6 มม.

วิธีการทดสอบทำได้โดยการวางก้อนตัวอย่างที่ต้องการทดสอบในภาชนะเติมน้ำให้ท่วมตัวอย่าง (4,000 ลบ.ซม.) จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 70 °ซ และควบคุมอุณหภูมิไว้ แล้วทำการกวานเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อกวานจนครบเวลาจึงนำน้ำในภาชนะมาแยกสารแขวนลอยออก แล้วนำของเหลวที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer (ICP) ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเครื่องดังกล่าวมีขีดจำกัดดังนี้

ปริมาณ	Zn	วัดได้ต่ำสุด	0.008	ppm
ปริมาณ	Cd	วัดได้ต่ำสุด	0.009	ppm
ปริมาณ	Pb	วัดได้ต่ำสุด	0.080	ppm



รูปที่ ข.1 แสดงแบบจำลอง เครื่องทดสอบการชะละลายของก้อนตัวอย่างกากแร่สังกะสี

ภาคผนวก ค.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2525)

ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2512
เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 39 (6) แห่งพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2512 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกประกาศกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการที่ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานทุกประเภทหรือชนิดที่มีหน้าที่กระทำการเกี่ยวกับการระบายน้ำทิ้งดังต่อไปนี้

ให้ยกเลิกความในข้อ 22 แห่งประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2513) ลงวันที่ 24 กรกฎาคม 2513 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"ข้อ 22 ห้ามมิให้ระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงาน เว้นแต่ได้ทำการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง แต่ต้องไม่ใช่วิธีทำให้เจือจาง (Dilution) โดยให้น้ำทิ้งมีลักษณะดังต่อไปนี้

- (1) ค่าของความเป็นกรดต่าง (pH value) ระหว่าง 5 ถึง 9
- (2) ค่าของเปอร์มันกาเนต (Permanganate value) ไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (3) สารที่ละลายได้ (Dissolved Solids) ต้องมีค่าดังนี้

3.1 สารที่ละลายได้ (Dissolved Solids) ต้องไม่มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ภูมิประเทศหรือลักษณะการระบายตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควร แต่ต้องไม่มากกว่า 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.2 น้ำทิ้งซึ่งจะระบายออกจากโรงงานลงสู่แหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลงสู่ทะเล ค่าสารที่ละลายได้ในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าสารที่ละลายได้ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

(4) ซัลไฟด์ (Sulphide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(5) ไซยาไนด์ (Cyanide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

(6) โลหะหนักมีค่าดังนี้

6.1 สังกะสี (Zinc) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.2 โครเมียม (Chromium) ไม่มากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.3 อาร์เซนิก (Arsenic) ไม่มากกว่า 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.4 ทองแดง (Copper) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.5 ปรอท (Mercury) ไม่มากกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.6 แคดเมียม (Cadmium) ไม่มากกว่า 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.7 บารีียม (Barium) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.8 เซเลเนียม (Selenium) ไม่มากกว่า 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.9 ตะกั่ว (Lead) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.10 นิกเกิล (Nickel) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.11 แมงกานีส (Manganese) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

(7) น้ำมันทาร์ (Tar) ไม่มีเลย

(8) น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ยกเว้น โรงงานกลั่นน้ำมันและโรงงานประกอบกิจการผสมน้ำมันหล่อลื่น จาระบี ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 49, 50 (4) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ให้มีน้ำมันไม่มากกว่า 15 มิลลิกรัมต่อลิตร

(9) ฟอรัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(10) ฟีนอลและหรือครีโซลส์ (Phenols & Cresols) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(11) คลอรีนอิสระ (Free chlorine) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(12) ยาฆ่าแมลง (Insecticide) , สารกัมมันตรังสี ไม่มีเลย

(13) ถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 8 ถึง 1 ต่อ 150 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 30 ส่วนใน 1,000,000 ส่วน ถ้าอัตราส่วนผสม

ระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 151 ถึง 1 ต่อ 300 สารที่ลอยเจือปนอยู่ ต้องไม่มากกว่า 60 ส่วนใน 1,000,000 ส่วนถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะ อยู่ระหว่าง 1 ต่อ 301 ถึง 1 ต่อ 500 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 150 ส่วนใน 1,000,000 ส่วน

(14) ค่าของ บี.โอ.ดี (B.O.D.) (5 วันที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ภูมิประเทศ หรือลักษณะการระบายตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควร แต่ต้องไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร (บี.โอ.ดี หรือ B.O.D. ย่อมาจาก Biochemical Oxygen Demand) ยกเว้นเฉพาะโรงงานประเภทหรือชนิด ดังต่อไปนี้

14.1 โรงงานประกอบกิจการทำอาหารจากสัตว์น้ำ และบรรจุในภาชนะที่ผนึก และอากาศเข้าไม่ได้ ตามประเภทหรือชนิดโรงงานลำดับที่ 7 (1) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ต้องมีค่า บี.โอ.ดี (B.O.D.) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.2 โรงงานผลิตแยมสำหรับรับประทาน ตามประเภทหรือชนิดโรงงานลำดับที่ 9 (3) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ซึ่งมีกรรมวิธีผลิตดังนี้

14.2.1 เหยือกแยกแยมแล้วทำให้แห้งด้วยลมร้อน ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไปต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ภูมิประเทศหรือลักษณะการระบายตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควร แต่ต้องไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.2.2 แยกแยมด้วยการตกตะกอนแล้วทำให้แห้งบนพื้นอังไฟ ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไปต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.3 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับทำผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้ง เป็นเส้น หรือขึ้นตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 10(3) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ชนิดทำก๋วยเตี๋ยวขมจีน และเส้นหมี่ที่ใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบไม่เกิน 500 กิโลกรัมต่อวัน ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526

เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.4 โรงงานหมัก ฟอก หนังสัตว์ ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 29 แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ที่ใช้หนังสือสัตว์สดเป็นวัตถุดิบต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.5 โรงงานผลิตเยื่อกระดาษจากไม้ ชานอ้อย หน้ำ เศษผ้า ฯลฯ ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 38 (1) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ต้องมี บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 140 มิลลิกรัมต่อลิตร และตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.6 โรงงานห้องเย็น ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 92 แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ชนิดที่มีการแกะล้างแล้วแช่แข็งสัตว์น้ำ ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

(15) อุณหภูมิของน้ำทิ้งที่จะระบายลงสู่สาธารณะไม่มากกว่า 40 องศาเซลเซียส

(16) สีหรือกลิ่นของน้ำทิ้ง เมื่อระบายลงสู่สาธารณะแล้ว ไม่เป็นที่รังเกียจ

ประกาศ ณ วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2525

พลตรี ชำติชาย ชุณหะวัณ
(ชำติชาย ชุณหะวัณ)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ประวัติผู้เขียน

นายชวลิต ล้อมอำนวยผล เกิดเมื่อวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2505 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต จากวิศวกรรมโยธา จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ใน พ.ศ. 2527

เข้าทำงานกับบริษัทแสงอุทัยพัฒนาการ จำกัด ในตำแหน่งวิศวกรโยธา ประจำหน่วยงาน โครงการก่อสร้างทางตอน 4 น้ำยืน-น้ำจะหลวย-นุขทริก ของกรมทางหลวง เมื่อปี พ.ศ. 2528-2529

จากนั้นจึงเข้าศึกษาต่อในบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในสาขาปริญญาโทวิศวกรรม เมื่อปีการศึกษา 2529

