ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ *
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ
วพช
อว 13

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมิน
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว.

เรื่องที่ 2

การศึกษาวิจัยวิธีการวิเคราะห์เพื่อวินิจฉัยดินเบนทอไนต์

นางสุจินต์ พราวพันธุ์
นักวิทยาศาสตร์ 6 ว.

ฝ่ายวิเคราะห์และทดสอบ
ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก
กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ข้อมูลข่าวสาร ... กรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ... พ.ศ. 2540

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมิน
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว.

เรื่องที่ 2

วพ
เลขหมู่ ว พ ช
๑๐๑๓
เลขทะเบียน 10002
วันที่ 14 พ.ค. 44

การศึกษาวิจัยวิธีการวิเคราะห์เพื่อวินิจฉัยดินเบนทอไนต์

นางสุจินต์ พราวพันธุ์
นักวิทยาศาสตร์ 6 ว.

ด้วยอภินันทนาการ
จาก
วศ.

ฝ่ายวิเคราะห์และทดสอบ
ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก
กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

บทคัดย่อ

ดินเบนทอไนต์ เป็นดินที่มีคุณสมบัติพิเศษกว่าดินชนิดอื่น ๆ ตรงที่มีความเหนียวมากกว่า และมีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำ หรือพองตัวในน้ำได้ดี ทั้งยังสามารถแลกเปลี่ยนอิออนที่อยู่ในโมเลกุลได้ ทำให้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลาย ๆ ประเภท ซึ่งในการนำไปใช้งานอาจจะใช้ในรูปของที่ได้จากธรรมชาติ หรือบางครั้งต้องมีการปรับปรุงคุณภาพเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละประเภท

ในการศึกษาวิเคราะห์วิจัยครั้งนี้ ได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวน 5 ตัวอย่าง คือ ดินเบนทอไนต์สำหรับทำโคลนเจาะ , super wac , bentonite 150 E , bentonite 325 และ albagel 4444 ซึ่งในการศึกษาพบว่ามีทั้งตัวอย่างที่เป็นธรรมชาติ โดยไม่ได้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพจำนวน 1 ตัวอย่าง ตัวอย่างที่ปรับปรุงคุณภาพโดยการกระตุ้นด้วยกรดจำนวน 2 ตัวอย่าง และตัวอย่างที่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วยเกลือโซเดียมจำนวน 2 ตัวอย่าง แต่ไม่พบตัวอย่างที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยสารอินทรีย์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญรูป	ก
สารบัญตาราง	ข
คำนำ	1
- เหตุผลและความเป็นมา	2
- วัตถุประสงค์	8
- ประโยชน์ที่ได้รับ	8
- ระยะเวลาดำเนินการ	8
วัสดุและอุปกรณ์	8
วิธีการทดลอง	10
ผลการทดลอง	20
วิจารณ์ผลการทดลอง	27
สรุปผลการทดลอง	29
คำขอบคุณ	30
เอกสารอ้างอิง	31

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 แสดง X-ray diffractogram ของตัวอย่างดินเบนทอไนต์ QF 66	21
รูปที่ 2 แสดง X-ray diffractogram ของตัวอย่างดินเบนทอไนต์ RI 303	22
รูปที่ 3 แสดง X-ray diffractogram ของตัวอย่างดินเบนทอไนต์ RI 304	23
รูปที่ 4 แสดง X-ray diffractogram ของตัวอย่างดินเบนทอไนต์ SI 642	24
รูปที่ 5 แสดง X-ray diffractogram ของตัวอย่างดินเบนทอไนต์ SI 643	25

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงสถิติการนำเข้า-ส่งออก ดินเบนทอไนต์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 ถึงปี พ.ศ. 2537 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินเบนทอไนต์จากแหล่งต่าง ๆ 7

ตารางที่ 3 แสดงหมายเลขปฏิบัติการ ชื่อตัวอย่าง และลักษณะตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ 10

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและอื่น ๆ 26

คำนำ

เบนทอไนต์ (Bentonite) เป็นดินชนิดหนึ่งที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเถ้าภูเขาไฟ ดินชนิดนี้ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายประเภท ได้แก่ ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกสีของน้ำมัน อุตสาหกรรมการขุดเจาะน้ำมัน อุตสาหกรรมการหล่อโลหะโดยใช้เป็นตัวยึดในแบบหล่อทราย อุตสาหกรรมสี อุตสาหกรรมเซรามิก อุตสาหกรรมฟอกหนัง อุตสาหกรรม เครื่องสำอาง อุตสาหกรรมยาฆ่าแมลง อุตสาหกรรมกระดาษ และอื่นๆ ดินชนิดนี้พบน้อยมากในประเทศไทย ส่วนใหญ่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ การที่ดินชนิดนี้นำเข้ามาจากต่างประเทศจึงทำให้ต้องมีการจัดเก็บภาษีการนำเข้าของกรมศุลกากร ดินเบนทอไนต์ที่พบในธรรมชาติมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามชนิดของดิน แหล่งกำเนิดเป็นต้น ดินเบนทอไนต์ที่มีคุณภาพไม่เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละประเภท จะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพโดยกรรมวิธีทางฟิสิกส์ หรือทางเคมีก่อนนำไปใช้งาน

เหตุผลและความเป็นมา

ในการจัดประเภทพิกัดของกรมศุลกากรนั้น ดินเบนทอไนต์ที่ได้จากธรรมชาติจะเสียภาษีอากรการนำเข้าต่ำกว่าดินเบนทอไนต์ที่ผ่านกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพมาแล้ว กล่าวคือดินเบนทอไนต์ที่ได้จากธรรมชาติจะเสียภาษีในอัตรา 5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ดินเบนทอไนต์ที่ผ่านกรรมวิธีปรับปรุงคุณภาพมาแล้วจะเสียภาษีในอัตรา 20 เปอร์เซ็นต์ กรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นหน่วยงานที่ให้บริการการวิเคราะห์ตัวอย่างดินเบนทอไนต์ ที่มีปัญหาด้านการจำแนกประเภทของดินเบนทอไนต์ ว่าเป็นดินที่ได้จากธรรมชาติ หรือเป็นดินที่ผ่านกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพมาแล้ว ที่เป็นปัญหาต่อการจัดเก็บภาษีอากรการนำเข้าของกรมศุลกากร จากสถิติการนำเข้าส่งออกดินเบนทอไนต์จากธรรมชาติตามตารางที่ 1 จะพบว่า การนำเข้าดินเบนทอไนต์ในแต่ละปีมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ และจากมูลค่าการนำเข้าในแต่ละปีมีไม่น้อยกว่าหนึ่งร้อยล้านบาท ดังนั้นถ้าคำนวณเป็นภาษีศุลกากรที่จัดเก็บได้ในแต่ละปีจะสูง ในทำนองเดียวกันถ้าหากในดินเบนทอไนต์ที่นำเข้ามาเป็นดินที่ผ่านกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพมาแล้ว แต่ผู้นำเข้าสำแดงเป็นดินเบนทอไนต์ที่ได้มาจากธรรมชาติ จะทำให้ประเทศชาติสูญเสียรายได้จากการจัดเก็บภาษีศุลกากรเป็นเงินอาจสูงถึง ยี่สิบล้านบาท ดังนั้นการวิเคราะห์เพื่อแยกความแตกต่างระหว่างดินเบนทอไนต์ที่ได้จากธรรมชาติกับดินเบนทอไนต์ที่ผ่านกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพมาแล้วจะช่วยทำให้การจัดเก็บภาษีศุลกากรมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นและทำให้ประเทศชาติมีรายได้จากการจัดเก็บภาษีศุลกากรได้มากขึ้นด้วย

การปรับปรุงคุณภาพของดินเบนทอไนต์มีทั้งกรรมวิธีทางฟิสิกส์และทางเคมี โดยที่การปรับปรุงคุณภาพทางฟิสิกส์เช่น การกระตุ้นด้วยความร้อน (heat activation) นั้นค่อนข้างยากต่อการวิเคราะห์เพื่อพิสูจน์ว่าดินนั้นได้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมาแล้วหรือไม่

จากการศึกษาใน Explanatory Note ของการจัดประเภทพิกัดอัตราภาษีศุลกากรนั้นพบว่าดินที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพทางฟิสิกส์ยังคงจัดอยู่ในประเภทพิกัดอัตราภาษีศุลกากรเช่นเดียวกับดินที่ได้จากธรรมชาติ แต่ดินที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพทางเคมีเช่นการกระตุ้นด้วยกรด (acid activation) และอื่น ๆ จะจัดเป็นดินที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมาแล้ว

ตารางที่ 1 แสดงสถิติการนำเข้า-ส่งออก ดินเบนทอไนต์ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2534 ถึงปี พ.ศ. 2537*

ปี พ.ศ.	นำเข้า		ส่งออก	
	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (บาท)
2534	22,406,599	108,775,347	155,000	485,933
2535	31,779,242	141,398,999	1,020,000	3,305,979
2536	31,485,652	145,371,430	115	34,500
2537**	17,389,095	81,879,601	122,500	751,222

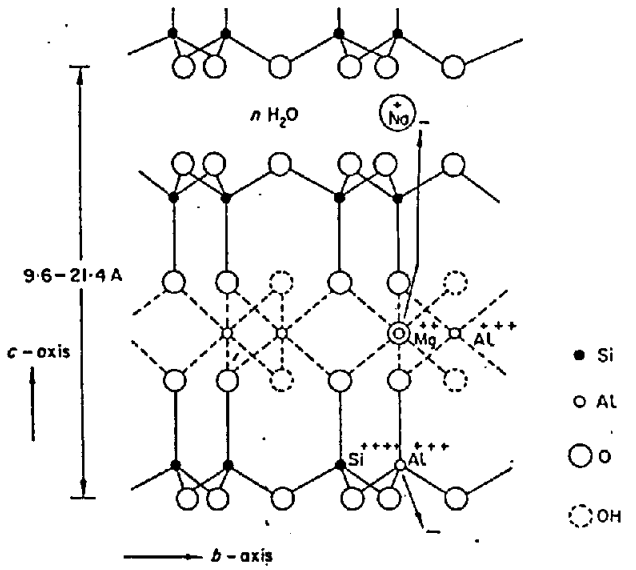
** หมายเหตุ เป็นสถิติการนำเข้า-ส่งออกตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน

* สถิติการนำเข้า-ส่งออก กรมศุลกากร

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับดินเบนทอไนต์

เนื่องจากดินเบนทอไนต์เป็นดินที่เกิดจากเถ้าภูเขาไฟและถูกเรียกชื่อว่า "เบนทอไนต์" (Bentonite) คำว่าเบนทอไนต์ไม่ได้เป็นชื่อเรียกในทางแร่ (mineral name) แต่เป็นชื่อที่มาจากการเรียกผงของดินที่มีลักษณะสีเขียวปนเหลือง เมื่อเปียกน้ำจะดูดซึมน้ำได้มากและจะเกิดการขยายตัวหรือพองตัว (swell) ได้มากกว่าดินจำพวกพลาสติก (plastic clay) อื่น ๆ

ดินเบนทอไนต์เป็นดินเหนียวประเภท อลูมิเนียมซิลิเกต (aluminium silicate) มีองค์ประกอบที่สำคัญในดินเบนทอไนต์คือแร่มอนท์มอริลโอไนต์ (Montmorillonite) และมีแร่อื่น ๆ ปนอยู่เล็กน้อยเช่น แร่ไบด์เดลไลต์ (Beidellite) แร่นอนโทรไนต์ (Nontronite) แร่เฮกโตไรต์ (Hectorite) หรือ ซาโปไนต์ (Saponite) เป็นต้น โดยที่แร่มอนท์มอริลโอไนต์ มีสูตรทางเคมีเป็น $Al_4Si_8O_{20}.(OH)_4.\ xH_2O$ หรือ $Al_2O_3.4SiO_2.H_2O$ ซึ่งจะพบโซเดียม (sodium, Na) แคลเซียม (calcium, Ca) หรือแมกนีเซียม (magnesium, Mg) เข้าไปแทนที่อลูมิเนียม (aluminium, Al) หรือซิลิกอน (silicon, Si) ในสูตรเคมี ดังนั้นสูตรทางเคมีของมอนท์มอริลโอไนต์สามารถเขียนได้ใหม่เป็น $[Al_{1.67}Mg_{0.33}(Na_{0.33}, Ca_{0.33})]\ Si_4O_{10}(OH)_2$ โดยมีโครงสร้างดังต่อไปนี้คือ



Inter-lattice substitutions in montmorillonite.

จากการที่มีคุณสมบัติในการพองตัวในน้ำ เราสามารถแบ่งชนิดของดินเบนทอไนต์ออกได้เป็น 3 ชนิดตามคุณสมบัติในการพองตัวในน้ำได้ดังนี้

1. ดินเบนทอไนต์ชนิดที่พองตัวได้ดีมากเมื่อดูดซึมน้ำเข้าไป เรียกดินเบนทอไนต์ชนิดนี้ว่าชนิด Wyoming จากการศึกษาพบว่าการพองตัวในน้ำเป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนของโซดา (soda) ต่อไลม์ (lime) ในดินเบนทอไนต์ กล่าวคือเมื่อทำการวิเคราะห์ทางเคมีดินเบนทอไนต์ถ้าพบว่าอัตราส่วนระหว่าง โซดา ต่อไลม์มีค่าสูง ดินเบนทอไนต์ชนิดนั้นจะมี โซเดียมไอออน (sodium ion) ที่มีคุณสมบัติเป็นไอออนที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable ion) สูง ทำให้สามารถพองตัวได้ดี ดินเบนทอไนต์ชนิดนี้บางทีเรียกว่าดินเบนทอไนต์ชนิดโซเดียม (sodium bentonite)

2. ดินเบนทอไนต์ชนิดที่พองตัวได้ปานกลางเมื่อดูดซึมน้ำเข้าไป ดินเบนทอไนต์ชนิดนี้จะมีโซเดียมไอออนและแคลเซียมไอออนผสมกันอยู่ ทำให้บางทีเรียกดินเบนทอไนต์ชนิดนี้ว่าชนิดผสม (mixed type) การพองตัวของดินเบนทอไนต์ชนิดนี้จะพองตัวได้น้อยกว่าชนิดโซเดียม แต่จะพองตัวได้มากกว่าชนิดแคลเซียมเมื่อใช้ดินในปริมาณ ที่เท่า ๆ กัน

3. ดินเบนทอไนต์ชนิดที่พองตัวได้น้อยมากเมื่อดูดซึมน้ำเข้าไปแต่ยังคงมีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำได้มากกว่าดินจำพวกพลาสติกอื่น ๆ เรียกดินเบนทอไนต์ชนิดนี้ว่า เมตาหรือซับเบนทอไนต์ (Meta- or Sub-bentonite) โดยปกติแล้วดินเบนทอไนต์ชนิดนี้จะมีคุณสมบัติในการฟอกสีได้ และจะมีคุณสมบัติในการฟอกสีได้ดีมากเมื่อถูกกระทำ ด้วยกรด (acid treatment) ดินชนิดนี้จะมีแคลเซียมไอออน(calcium ion) ที่มีคุณสมบัติเป็นไอออนที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable ion) ดินเบนทอไนต์ชนิดนี้บางทีเรียกว่าดินเบนทอไนต์ชนิดแคลเซียม (calcium bentonite)

การแบ่งประเภทตามกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพดินเบนทอไนต์

ดินเบนทอไนต์สามารถจำแนกตามประเภทกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. การปรับปรุงคุณภาพโดยการนำดินเบนทอไนต์กระทำกับสารอินทรีย์ (Organic treated bentonite) โดยกรรมวิธีนี้จะอาศัยหลักการคือ การที่ดินเบนทอไนต์เป็นดินที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุที่มีอยู่ภายในโครงสร้างได้ ดังนั้นเมื่อนำสารอินทรีย์ที่มีประจุบวก (organic cation) ไปแทนที่ประจุบวกที่มีอยู่ในดินเบนทอไนต์ทำให้คุณสมบัติของดินเบนทอไนต์เปลี่ยนไปจากเดิม กล่าวคือจะเปลี่ยนคุณสมบัติจากดินที่มีคุณสมบัติในการดูดน้ำได้ดี (hydrophillic clay) ไปเป็นดินเบนทอไนต์ที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic clay) แต่จะมีคุณสมบัติในการกระจายตัวและพองตัวได้ดีในสารอินทรีย์อื่น ๆ (organophillic clay) ดินเบนทอไนต์ที่ผ่านกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพโดยวิธีนี้เหมาะสมที่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสี การผลิตจารบี (grease) ใช้ทำเป็น gel organic liquid เป็นต้น การผลิตดินเบนทอไนต์ตามกรรมวิธีนี้มีการซื้อขายกันในท้องตลาดโดยใช้ชื่อต่าง ๆ หลายชนิดเช่น

"BENTONE"เป็นชื่อทางการค้าของดินเบนทอไนต์ที่มาจากกรรมวิธีการผลิต โดยการแทนที่ inorganic exchangeable ion ในดินเบนทอไนต์ด้วย alkyl amine organic cation

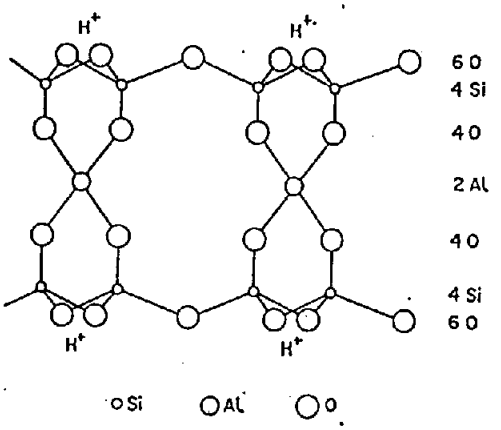
"NIKKAGEL"เป็นชื่อทางการค้าของดินเบนทอไนต์ที่มาจากกรรมวิธีการผลิตโดยการกระทำด้วย แอลกอฮอล์ภายใต้ความร้อนและความดัน ตามด้วยการแทนที่ประจุด้วย organic ammonium salt

"ORGANITE"เป็นการผลิตที่คล้ายกับ NIKKA GEL แต่จะแทนที่ประจุด้วย amine ที่มี benzene nucleus

2. ดินเบนทอไนต์ที่ผ่านกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพโดยการกระทำกับกรด (Acid activation) ทำให้ดินมีคุณสมบัติในการฟอกสีได้ดียิ่งขึ้นเพื่อจะนำดินไปใช้ในอุตสาหกรรมฟอกสี เนื่องจากดินเบนทอไนต์เป็นดินที่มีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุ (ion) ที่อยู่ภายในโครงสร้างของโมเลกุล (Interlamellar space)ได้ ดังนั้นเมื่อนำเอาดินเบนทอไนต์มาทำการกระทำกับกรด จะเกิดการแลกเปลี่ยนประจุของแคลเซียม (Ca^{+}) และประจุของแมกนีเซียม (Mg^{+}) ที่อยู่ภายในช่องว่างของโมเลกุลกับประจุของไฮโดรเจน (H^{+}) ของกรด นอกจากนี้กรดยังช่วยไล่ประจุของอลูมิเนียม (Al^{+}) ประจุของเหล็ก (Fe^{+}) และประจุของแมกนีเซียม (Mg^{+}) ที่อยู่ในช่องว่างระหว่างโมเลกุลของเบนทอไนต์ให้ออกไปด้วย จึงทำให้เกิดช่องว่างขึ้นภายในและระหว่างโมเลกุลของเบนทอไนต์และนอกจากนี้การที่ประจุของไฮโดรเจน (H^{+}) จากกรดเข้าไปเกาะอยู่ภายในโมเลกุลทำให้ช่องว่างภายในโมเลกุลมีประจุที่ active มากกว่าเดิมทำให้สามารถที่จะเกิดแรงดึงดูดระหว่างสารสีที่กรองกับเบนทอไนต์ จึงทำให้ดินเบนทอไนต์ที่ผ่านกรรมวิธีการกระทำด้วยกรดมีคุณสมบัติในการกรองสีดีขึ้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างกรดกับดินเบนทอไนต์สามารถเขียนได้ดังนี้

$$(Al_4)(Si_8)O_{20}(OH)_4 + 6H^{+} \xrightarrow{2H^{+}} (Al_2)(\overset{2H^{+}}{\downarrow}Si_8)O_{20} + 2Al^{+++} + 4H_2O$$

จากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างเบนทอไนต์กับกรดสามารถที่จะเขียนเป็นสูตรโครงสร้างเพื่อทำให้เข้าการเกิดปฏิกิริยาที่มองเห็นได้ชัดดังนี้



The idealized structure of acid-activated montmorillonite as postulated by Thomas, Hickey and Stecker (1950).

3.ดินเบนทอไนต์ที่ผ่านกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพโดยการกระทำกับสารละลายเกลือโซเดียม (sodium salts) ซึ่งที่นิยมใช้คือ โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate, Na_2CO_3) โซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride, NaCl) หรือ โซเดียมไนเตรต (sodium nitrate, $NaNO_3$) ดินเบนทอไนต์ที่ผ่านกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพโดยวิธีนี้ส่วนใหญ่จะเป็นดินเบนทอไนต์ชนิดที่มีการพองตัว (swell) ในน้ำได้น้อยเช่น ดินเบนทอไนต์ชนิดแคลเซียม (calcium bentonite) เมื่อผ่านการกระทำด้วยสารละลายของเกลือโซเดียม จะมีการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างแคลเซียมในโมเลกุลของเบนทอไนต์กับโซเดียมของเกลือต่างๆ ทำให้ได้เบนทอไนต์ที่มีคุณสมบัติในการพองตัวในน้ำได้ดี ดินเบนทอไนต์ที่ผ่านกรรมวิธีการนี้เหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นโคลนในอุตสาหกรรมการขุดเจาะ (Drilling mud) ใช้เป็นดินป้องกันการซึมของน้ำในการสร้างเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ (Waterproofing earthen dams and reservoirs) และใช้เป็นตัวยึดทรายในแบบหล่อโลหะ (Molding sand)

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินเบนทอไนต์จากแหล่งต่าง ๆ

แหล่งดิน	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO_2	60.64	57.98	58.68	59.84	60.18	63.20	54.00	55.22
Al_2O_3	23.26	22.46	25.91	11.84	26.58	12.90	24.48	21.00
Fe_2O_3	3.92	3.80	3.97	3.26	-	2.46	3.00	3.61
TiO_2	0.12	-	-	-	-	0.11	-	-
CaO	0.59	1.92	1.45	2.90	0.23	0.82	2.08	4.94
MgO	2.19	3.24	1.49	2.32	1.01	2.09	2.75	3.04
K_2O	0.37	-	-	2.31	-	0.26	-	-
	1.35	-	-	1.23	-	1.74	1.56	-
Na_2O	4.33	-	1.39	2.13	-	0.66	-	-
SO_3	-	0.75	0.11	-	-	-	-	0.43
CO_2	-	-	Trace	-	-	3.50	-	Trace
Cl	-	-	0.10	-	-	0.21	-	-
P_2O_5	-	-	0.06	-	-	-	0.71	-
Ignition loss	-	7.93	-	10.50	-	-	-	-
H_2O	2.83	-	6.84	-	10.26	13.80	9.12	10.28
Total	98.25	99.43	100.00	95.13	99.49	100.00	97.88	100.08

1. Yellow, colloidal; Bell Fourche, S. Dak; Analyst, W.A. Selvig, U.S. Bur.Mines
2. Yellow, colloidal; Medicine Bow, Calif.; Analyst, A.G. Van Eman, Owyhee Chemical Products Co., Chicago, Ill.
3. White, colloidal; near Barstow, Calif. ;analysis from California Master Products Co., Los Angeles, Calif.
4. White, fine-grained; Otay, San Diego Country, Calif.; analysis from Otaylite Products Co., Los Angeles, Calif.
5. Type material from near Rock Creek, Laramine Basin, Wyo.; Analyst, T.T. Read, Cassa Mining Co.
6. From Big Horn Basin, Wyo.; Analyst, R.C. Wells, U.S. Geol. Survey.
7. Supposed bentonite, near Shelbyvile, Tenn.; analyst unknown.
8. "Ardmorite" , probably variety of bentonite ; Ardmore, S. Dak.; analysis from the Refinite Co., Omaha, Nebr.

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของดินเบนทอไนต์ชนิดที่ได้จากธรรมชาติและผ่านกรรมวิธี

ประโยชน์ที่ได้รับ

1.เพื่อให้ทราบเทคนิคและวิธีการปรับปรุงคุณภาพของดินเบนทอไนต์เพื่อประโยชน์ในการใช้งานประเภทต่าง ๆ

2.สามารถนำเอาวิธีการวิเคราะห์นี้ไปเป็นมาตรฐานและแนวทางในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินเบนทอไนต์อื่น ๆที่ส่งมาวิเคราะห์จากทางกรมศุลกากร

3.เพื่อให้การจัดพิกัดอัตราภาษีศุลกากรเป็นไปอย่างถูกต้อง

4.สามารถนำเอาวิธีการวิเคราะห์นี้ไปประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ตัวอย่างอื่นที่คล้ายคลึงกันได้

ระยะเวลาดำเนินการ

ตั้งแต่ กรกฎาคม 2535 ถึง พฤศจิกายน 2538

วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องเอ็กซเรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (X-Ray diffractometer) ยี่ห้อ PHILLIPS รุ่น PW 1710
2. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ยี่ห้อ CORNING รุ่น ION ANALYZER 250
3. เครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์ (Flame photometer) ยี่ห้อ CORNING รุ่น 410
4. เตาหลอมตัวอย่างยี่ห้อคาร์โบไลท์ (Carbolite) รุ่น EML ให้อุณหภูมิสูงสุด 1100 ^{o} C
5. เตาเผาตัวอย่างยี่ห้อคาร์โบไลท์ (Carbolite) ให้อุณหภูมิสูงสุด 1400 ^{o} C
6. เตาอบ (Oven) ยี่ห้อ BLUE M ให้อุณหภูมิสูงสุด 275 ^{o} C
7. ตะเกียงบุนเสน (Bunsen burner)
8. ถ้วยทองคำขาว (Platinum crucible) ที่มีขนาดความจุประมาณ 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร
9. แท่นให้ความร้อน (Hot plate)
10. เครื่องชั่ง(Balance)ที่มีความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ SARTORIUS รุ่น 2462
11. เครื่องแก้วชนิดต่าง ๆที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

สารเคมีและวิธีเตรียม

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบชนิดรีเอเจนท์เกรด (reagent gradc) ดังนี้

1. Fusion mixture ใช้ส่วนผสมของ anhydrous sodium carbonate 5 ส่วนและ anhydrous potassium carbonate 7 ส่วน
2. กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น (Hydrochloric acid , HCl)
3. กรดซัลฟุริก เข้มข้น (Sulphuric acid, H_2SO_4)
4. กรดไนตริก เข้มข้น (Nitric acid, HNO_3)
5. กรดไฮโดรฟลูออริก เข้มข้น (Hydrofluoric acid, HF)
6. กรดฟอสฟอริก เข้มขัน (Phosphoric acid, H_3PO_4)
7. สารละลายแอมโมเนีย (Ammonium solution, NH_4OH)
8. แอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium chloride, NH_4Cl)
9. แอมโมเนียมไนเตรท (Ammonium nitrate, NH_4NO_3)
10. สารละลายเมทิลเรดอินดิเกเตอร์ (Methyl red indicator) เตรียมโดยละลายเมทิลเรด 2 กรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์ ชนิดร้อยละ 95 จำนวน 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร
11. สารละลายอิ่มตัวเมอร์คิวรี่ (II) คลอไรด์ (Saturated mercuric choride solution , $HgCl_2$)
12. สารละลายสตันนัสคลอไรค์ (Stannous chloride solution, $SnCl_2$) ละลายสตันนัสคลอไรด์ 5 กรัม ในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำจนครบ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต้มจนสารละลายใส เก็บในขวดที่ปิดสนิท ใส่ชิ้นโลหะดีบุกใส่ลง ไปในขวดด้วย
13. สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (Potasium dichromate solution , $K_2Cr_2O_7$) 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร = 0.004 กรัม เฟร์ริกออกไซด์ บดโพแทสเซียมไดโครเมตขั้นมาตรฐานหลัก (primary standard) อบที่อุณหภูมิ 180 ถึง 200 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ ชั่งโพแทสเซียมไดโครเมตที่อบแล้วให้ได้ปริมาณ 2.4570 กรัม ละลายโพแทสเซียมไดโครเมตในขวดปริมาตร แล้วเติมน้ำให้ได้ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เดซิเมตรพอดี สารละลายนี้ถือเป็นสารละลายมาตรฐานหลัก
14. สารละลายแบเรียมไดฟีนีลามีนซัลโฟเนตอินดิเกเตอร์ (Barium diphenylaminesulphonate indicator) ละลายแบเรียมไดฟีนีลามีนซัลโฟเนต 0.3 กรัม ในน้ำ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
15. สารละลายไตรเอทธาโนลามีน (Triethanolamine) ความเข้มข้น 1:1
16. สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide solution, KOH) ความเข้มข้น 250 กรัมต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร

17. สารละลายแบเรียมคลอไรด์ (Barium chloride solution , $BaCl_2$) ละลายแบเรียมคลอไรด์ 100 กรัม ในน้ำ 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร
18. สกรีนด์แคลซีน (Screened calcein) ชั่ง 0.2 กรัมของ calcein 0.12 กรัมของ thymol phthalein และ 20 กรัมของ KCl นำมาบดรวมกันให้ละเอียด
19. เมทธิลไธมอลบลูคอมเพลกโซน (Methythymol blue complexone)
20. สารละลายเอทธิลินไดอะมีนเตทตระอะซิติกแอซิดไดโซเดียมซอลท์ (Ethylene diamine tetra-acid disodium salt , EDTA) standard solution 0.01 โมลาร์ ละลาย 3.72 กรัมของ Na_2H_2 EDTA $2H_2O$ (99% purity) ในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร

วิธีการทดลอง

ในการวิเคราะห์และทดสอบตัวอย่างดินเบนทอไนต์ที่ส่งมาทำการวิเคราะห์จำนวน 5 ตัวอย่าง ซึ่งมีหมายเลขปฏิบัติการ ชื่อตัวอย่างและลักษณะตัวอย่างดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงหมายเลขปฏิบัติการ ชื่อตัวอย่างและลักษณะตัวอย่าง

หมายเลขปฏิบัติการ	ชื่อตัวอย่าง	ลักษณะของตัวอย่าง
QF 66	เบนทอไนต์สำหรับทำโคลนเจาะ	ผงละเอียดสีเทา
RI 303	Super wac	ผงละเอียดสีเทา
RI 304	Bentonite 150 E	ผงละเอียดสีเทา
SJ 642	Bentonite 325	ผงละเอียดสีเทา
SJ 643	Albagel 4444	ผงละเอียดสีขาว

โดยทำการวิเคราะห์ดังรายการต่อไปนี้

- วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางแร่
- วิเคราะห์หาสารอินทรีย์ที่เคลือบที่ผิวดิน
- วิเคราะห์หาองค์ประกอบประกอบทางเคมี
  - วิเคราะห์หาค่าความชื้น
  - วิเคราะห์หาค่าน้ำหนักที่หาไปเนื่องจากการเผา (Loss on Ignition)
  - วิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง
  - วิเคราะห์หาปริมาณ ซิลิกา (Silica)
  - วิเคราะห์หาปริมาณออกไซด์ผสม (Mixed oxide)
  - วิเคราะห์หาปริมาณเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3)

- วิเคราะห์หาปริมาณแคลเซี่ยมออกไซด์ (CaO)
- วิเคราะห์หาปริมาณแมกนีเซี่ยมออกไซด์ (MgO)
- วิเคราะห์หาปริมาณโซเดียมออกไซด์รวม (total sodium oxide, Na_2O) และปริมาณโซเดียมออกไซด์ที่ละลายกรดได้
- วิเคราะห์หาปริมาณโพแตสเซียมออกไซด์ (K_2O)
- วิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตรวม (total sulfate, SO_4) และปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำได้
- วิเคราะห์หาค่าดรรชนีการพองตัว

โดยมีวิธีการวิเคราะห์ที่ละเอียดดังนี้

1. การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางแร่

ในการวิเคราะห์เพื่อดูโครงสร้างหรือองค์ประกอบทางแร่ของดินนั้น เป็นวิธีการวิเคราะห์เพื่อทำให้สามารถบอกชนิดของดินได้ การวิเคราะห์นี้จะใช้เครื่องเอ็กซเรย์ดิฟ แฟรคโตมิเตอร์ โดยใช้ตัวอย่างดินที่บดละเอียดผ่านตะแกรงขนาดประมาณ 325 เมช นำมาอัดจนแน่นเป็นแผ่นใน holder ที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด (กว้าง × ยาว) 2.5 × 1.5 เซ็นติเมตรแล้วนำไปวัดโดยใช้หลอด X-Ray เป็นแบบชนิดโคบอลท์ (Co)เป็นแหล่ง กำเนิดแสง X- Ray โดยให้ความต่างศักดิ์ที่หลอด 35 กิโลโวลท์ (KV) ที่กระแสไฟฟ้า 25 มิลลิแอมป์ (mA) และใช้ฟิลเตอร์ เป็นชนิดเหล็ก (Iron filter) เป็นตัวกรองแสง วัดทำมุม 2θ จากมุม 5 ^{o} ถึง 70^{o} โดยได้ผลออกมาเป็นดิแฟรกโตแกรม

2. การวิเคราะห์หาสารอินทรีย์ที่เคลือบผิวดิน

การวิเคราะห์หาสารอินทรีย์ที่เคลือบผิวดินเบนทอไนต์นั้นจะใช้หลักการสกัดด้วยตัวทำละลาย ดังนี้

2.1 ชั่งตัวอย่างดินประมาณ 5 กรัมใส่ลงในบีกเกอร์ขนาดประมาณ 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.2 เติมคลอโรฟอร์ม (Chloroform) ปริมาณ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้ทั่ว ปิดบีกเกอร์ด้วย กระจกนาฬิกา

2.3 นำบีกเกอร์ไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ (water bath) ประมาณ 20 นาที

2.4 ปล่อยบีกเกอร์ให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปกรองโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 41

2.5 นำตัวทำละลายคลอโรฟอร์มที่ได้จากการกรองไประเหยให้แห้งบนเครื่องอังน้ำ

2.6 หลังจากการระเหยเอาตัวทำละลายออกไป ถ้าในบีกเกอร์ไม่มีสารเหลืออยู่แสดงว่าไม่มีสารอินทรีย์ในตัวอย่าง แต่ถ้าในบีกเกอร์มีสารอินทรีย์เหลืออยู่ให้นำตัวอย่างดินไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์โดยการสกัดด้วย Soxhlet

2.7 ทำตามขั้นตอนที่ 2.1 ถึง 2.6 โดยเปลี่ยนตัวทำละลายอินทรีย์จาก คลอโรฟอร์มเป็นตัวทำละลายอินทรีย์อื่น ๆ เช่น เฮกเซน (hexane) ไซลีน (xylene) เป็นต้น

3. การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี

3.1 การเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์

นำตัวอย่างดินเบนทอไนต์ไปทำการบดให้มีขนาดเล็ก โดยการบดแล้วร่อนผ่านแร่งขนาด 200 เมช (mesh) จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 $\pm$ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปใส่เดซิกเคเตอร์ (desicator) ปล่อยให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง

3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (Moisture)

3.2.1 เตรียมขวดชั่งก้นแบนพร้อมฝาที่แห้งไปทำการชั่งหาน้ำหนักโดยละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) แล้วจดค่าน้ำหนักไว้

3.2.2 ชั่งตัวอย่างประมาณ 10 กรัมใส่ลงในขวดชั่งก้นแบน นำไปชั่งน้ำหนักโดยละเอียด เปิดฝาออกแล้วนำขวดชั่งก้นแบนพร้อมฝาไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 ถึง 110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

3.2.3 ปิดฝาแล้วนำออกจากตู้อบ ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์

3.2.4 นำไปชั่งหาน้ำหนักโดยละเอียด แล้วจดค่าน้ำหนักไว้

3.2.5 นำตัวอย่างและขวดชั่งก้นแบนพร้อมฝาไปอบในตู้อบซ้ำอีกเป็นเวลา 30 นาที ปล่อยให้เย็นแล้วชั่ง ทำเช่นนี้ไปจนกว่าค่าน้ำหนักที่ชั่งได้ 2 ครั้ง ติดต่อกันแตกต่างกันไม่เกิน 5 มิลลิกรัม จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณความชื้นดังนี้

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{A}{B} \times 100$$

A = น้ำหนักตัวอย่างที่หายไปหลังอบ , กรัม

B = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ , กรัม

3.3 การวิเคราะห์หาน้ำหนักที่หาไปเนื่องจากการเผา (Loss on Ignition)

3.3.1 ชั่งตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 3.1 ประมาณ 2 กรัมใส่ลงในถ้วยทองคำขาว (Platinum crucible) จดน้ำหนักของตัวอย่างที่ชั่งได้อย่างละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

3.3.2 นำถ้วยทองคำขาวไปใส่ในเตาเผา (muffle) ค่อยๆ เร่งอุณหภูมิของเตาเผาสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส ปล่อยให้ตัวอย่างอยู่ในเตาเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.3.3 นำถ้วยทองคำขาวออกจากเตาเผาใส่ลงในเดซิกเคเตอร์ ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง นำถ้วยทองคำขาวไปชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด นำค่าน้ำหนักที่จดไว้ไปคำนวณหาค่าน้ำหนักที่หายไปเนื่องจากการเผาดังนี้

$$\%\ \text{น้ำหนักที่หายไปจากการเผา (Loss on Ignition)} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

A = น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา , กรัม

B = น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา , กรัม

3.4 การวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง

3.4.1 ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 105 $\pm$ 5 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 กรัม ใส่ลงในเครื่องปั่นผสม (blender) ที่มีน้ำกลั่นอยู่ 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.4.2 ปั่นตัวอย่างด้วยความเร็วสูงเป็นเวลา 5 นาที

3.4.3 แบ่งสารละลายจากข้อ 3.4.2 มาจำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรแล้วนำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง

3.5 การวิเคราะห์หาปริมาณ ซิลิกา (Silica)

3.5.1 ชั่งตัวอย่างที่เตรียมได้ตามข้อ 3.1 โดยละเอียด ประมาณ 0.5000 กรัม ใส่ลงในถ้วยทองคำขาวที่มีส่วนผสมของตัวทำหลอมละลาย (Fusion mixture) รองพื้นอยู่ จากนั้นเติมส่วนผสมของตัวช่วยหลอมละลายประมาณ 5 กรัม ลงไปคลุมตัวอย่างจนมิด

3.5.2 นำถ้วยทองคำขาวไปหลอมตัวอย่างบนตะเกียงบุนเสน (Bunsen burner) โดยค่อย ๆเพิ่มความร้อนของเปลวไฟขึ้นจนกระทั่งตัวอย่างในถ้วยทองคำขาวหลอมละลายหมด

3.5.3 นำถ้วยทองคำขาวไปหลอมต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 900 ถึง 1000 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 30 นาที

3.5.4 นำถ้วยทองคำขาวออกจากออกจากเตาเผาปล่อยให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง นำตัวอย่างที่ได้จากการหลอมไปทำการละลาย โดยนำเอาถ้วยทองคำขาวใส่ลงในบีกเกอร์ขนาดประมาณ 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารละลาย 1:1 ของน้ำต่อกรดไฮโดรคลอริกจำนวน 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิดบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา

3.5.5 ต้มสารละลายให้เดือดพอประมาณ (ระวังอย่าให้สารละลายในบีกเกอร์กระเด็นออก) เมื่อตัวอย่างละลายออกจากถ้วยทองคำขาวจนหมดแล้วให้ เอาถ้วยทองคำขาวออกจากบีกเกอร์โดยล้างด้วยน้ำกลั่น

3.5.6 นำไประเหยจนแห้งสนิทบนแผ่นให้ความร้อน(hot plate)แล้วทิ้งให้เย็น

3.5.7 เติมสารละลาย 1:4 กรดไฮโดรคลอริกต่อน้ำจำนวน 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นต้มให้เดือดนำลงจากแท่นให้ความร้อน ปล่อยให้เย็น

3.5.8 กรองตะกอนที่ได้โดยใช้กระดาษกรองชนิดไม่มีเถ้า (ashless) เบอร์ 42 เก็บสารละลายที่กรองได้ในบีกเกอร์ขนาด 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร ล้าง ตะกอนที่ได้ด้วยน้ำร้อนจนไม่มีคลอไรด์ออกมากับสารละลายที่ได้จากการกรอง

3.5.9 อบตะกอนที่ได้จากการกรองจนแห้งแล้วเก็บไว้หาค่าซิลิกา ครั้งที่ 1

3.5.10 นำสารละลายที่ได้จากการกรองไประเหยให้แห้งบนแผ่นให้ความ ร้อนตามวิธีในข้อ 3.5.6 ถึง 3.5.8 โดยกรองสารละลายใส่ในขวดปริมาตรขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.5.11 อบตะกอนที่ได้จากการกรองจนแห้งแล้วเก็บไว้หาค่าซิลิกาครั้งที่ 2

3.5.12 นำสารละลายที่ได้จากการกรองในข้อ 3.5.10 มาทำให้มีปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร เก็บสารละลายไว้ทำการวิเคราะห์หาออกไซด์ของโลหะอื่น ๆต่อไป

3.5.13 นำเอาตะกอนที่ได้จากการกรองทั้งสองครั้งพร้อมกระดาษกรองมารวม กัน ใส่ลงในถ้วยทองคำขาว จากนั้นนำไปเผาบนตะเกียงบุนเสนโดยใช้ไฟอ่อน ๆเพื่อให้กระดาษกรองไหม้หมดก่อน แล้วนำถ้วยทอง คำขาวไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

3.5.14 นำเอาถ้วยทองคำขาวออกจากเตาเผาแล้วไปใส่ในเดซิกเคเตอร์ ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง นำไปชั่งอย่างละเอียดแล้วจดค่าน้ำหนักไว้

3.5.15 หยด 1 : 9 กรดซัลฟุริกต่อน้ำ ลงในถ้วยทองคำขาวให้ตะกอนเปียกน้ำ จนชุ่มและกรดไฮโดรฟลูออริกเข้มข้น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำถ้วยทองคำขาวไประเหยให้แห้งบนแท่นให้ความร้อนจนกระทั่งไม่มีควันขาวของกรดเกิดขึ้น นำไปเผาต่อโดยใช้ตะเกียงบุนเสนประมาณ 5 นาที นำไปใส่ในเดซิกเคเตอร์ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง

3.5.16 นำถ้วยทองคำขาวไปชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด และจดค่าน้ำหนักไว้นำไปคำนวณหาปริมาณซิลิกาดังนี้

$$\% \text{ ซิลิกา } (SiO_2) = \frac{A - B}{C} \times 100$$

A = น้ำหนักถ้วยทองคำขาวก่อนระเหยด้วยกรด , กรัม

B = น้ำหนักถ้วยทองคำขาวหลังระเหยด้วยกรด , กรัม

C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ , กรัม

3.6 การวิเคราะห์หาปริมาณออกไซด์ผสม (Mixed oxide)

3.6.1 ปิเปตสารละลายข้อ 3.5.12 มา 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 400 ลูกบาศก์เซนติเมตรเติมน้ำกลั่นลงไป 150 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมกรดไนตริกเข้มข้นลงไป 2-3 หยด จากนั้นเติมแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 1 กรัม คนจนละลาย ต้มสารละลายจนเกือบเดือดเติมเมทธิลเรด (methyl red) 2-3 หยด

3.6.2 เติมสารละลายแอมโมเนียที่มีความเข้มข้น 6 นอร์มอล (6 N NH_4OH) ลงไปจนกระทั่งสีของเมทธิลเรดเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเหลือง จากนั้นเติมสารละลายแอมโมเนียเพิ่มอีก 1 หยด อุ่นบีกเกอร์บนแผ่นให้ความร้อนจนตะกอนรวมตัวกัน

3.6.3 กรองตะกอนที่ได้ด้วยกระดาษกรองชนิดไม่มีเถ้าเบอร์ 41 ล้างตะกอนด้วยสารละลาย 2 % แอมโมเนียมไนเตรต (NH_4NO_3) จนกระทั่งไม่มีคลอไรด์ออกมา อบตะกอนจนแห้ง แล้วนำไปใส่ในถ้วยทองคำขาวที่ทราบค่าน้ำหนัก

3.6.4 นำถ้วยทองคำขาวไปเผาบนตะเกียงบุนเสนโดยใช้ไฟอ่อนจนกระดาษกรองไหม้หมด แล้วนำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 1100°ซ เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

3.6.5 นำถ้วยทองคำขาวออกจากเตาเผาใส่ลงในเดซิกเคเตอร์ ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด แล้วนำไปคำนวณ หาค่าออกไซด์ผสมดังนี้

$$\% \text{ ออกไซด์ผสม (Mixed oxides)} = \frac{A - B}{C} \times 100$$

A = น้ำหนักถ้วยทองคำขาวหลังเผาตะกอน, กรัม

B = น้ำหนักถ้วยทองคำขาวก่อนเผาตะกอน , กรัม

C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ , กรัม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

3.7 การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3)

3.7.1 ชั่งตัวอย่างจากข้อ 3.1 โดยละเอียดประมาณ 0.5000 กรัมใส่ลงในถ้วยทองคำขาว

3.7.2 หยดสารละลาย 1:9 กรดซัลฟุริกต่อน้ำ จนตัวอย่างเปียกชุ่ม และเติม กรดไฮโดรฟลูออริกปริมาตร 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.7.3 นำไประเหยจนแห้งบนแผ่นให้ความร้อน

3.7.4 นำตัวอย่างในถ้วยทองคำขาวละลายใน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรของสารละลาย 10 เปอร์เซ็นต์(ปริมาตรต่อปริมาตร)กรดไนตริก

3.7.5 ต้มสารละลายจนเดือดพอประมาณ เมื่อตัวอย่างละลายออกจากถ้วยทองคำขาวหมดแล้ว นำถ้วยทองคำขาวออกจากบีกเกอร์ โดยล้างด้วยน้ำกลั่น

3.7.6 กรองสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 แล้วล้างตะกอนบนกระดาษกรองด้วยน้ำร้อน

3.7.7 ทำสารละลายที่ได้จากการกรองให้มีปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตรและเก็บไว้เป็นสารละลายเพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะออกไซด์อื่น ๆต่อไป

3.7.8 ปิเปตสารละลายที่ได้จากข้อ 3.7.7 ปริมาตร 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในขวดรูปชมภู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.7.9 เติมกรดไฮโดรคลอลิกเข้มข้น 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปต้มให้เดือดบนแท่นให้ความร้อน

3.7.10 เติมสารละลาย สตันนัสคลอไรด์ ($SnCl_2$) ทีละหยดจนสารละลายใสไม่มีสี แล้วเติมให้เกินพอ 1 หยด ปล่อยให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง

3.7.11 เติมสารละลายอิ่มตัวของเมอร์คิวริกคลอไรด์ ($HgCl_2$) 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าเป็นเวลาประมาณ 1 นาที

3.7.12 เติมสารละลาย 1:1 ของกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4)ต่อน้ำ ปริมาตร 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเติมน้ำจนให้สารละลายมีปริมาตรประมาณ 75 - 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.7.13 นำสารละลายที่เตรียมได้ไปติเตรทกับสารละลายมาตรฐานของโพแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ที่มีความเข้มข้น 0.05N โดยใช้สารละลายแบเรียมไดฟินิลลามีนซัลโฟเนต (Barium diphenylamine sulphonate) เป็นอินดิเคเตอร์ จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วง

คำนวณหาปริมาณเหล็กออกไซด์ดังนี้

$$\% \text{ เหล็กออกไซด์ } (Fe_2O_3) = \frac{0.004 \times A}{B} \times 100$$

A = ปริมาตร $K_2Cr_2O_7$ที่ใช้ติเตรท , cm^3

B = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ , กรัม

3.8 การวิเคราะห์หาปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)

นำเอาค่าปริมาณออกไซด์ผสมที่วิเคราะห์ได้ในข้อ 3.6 มาคำนวณหาปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์ ได้ดังนี้

$$\% Al_2O_3 = \% \text{ Mixed oxide} - \% Fe_2O_3$$

3.9 การวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซี่ยมออกไซด์ (CaO)

3.9.1 ปิเปตสารละลายที่ได้จากการกรองในข้อ 3.7.7 ปริมาตร 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในขวดรูปชมภู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.9.2 เติมสารละลาย ไตรเอททาโนลามีน (Triethanolamine) ต่อน้ำ จำนวน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.9.3 เติม สารละลายโปแตสเซี่ยมไฮดรอกไซด์ (KOH) 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.9.4 เติม screened calcein indicator ประมาณ 0.015 กรัม

3.9.5 ติเตรตด้วยสารละลายมาตรฐาน 0.01 M EDTA จนกระทั่งสีเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง

คำนวณหาปริมาณ CaO ดังนี้

$$\% \text{ CaO} = \frac{0.00056 \times A}{B} \times 100$$

A = ปริมาตร EDTA ที่ใช้ , cm^3

B = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ , กรัม

3.10 การวิเคราะห์หาปริมาณแมกนีเซี่ยมออกไซด์ (MgO)

3.10.1 ปิเปตสารละลายที่ได้จากการกรองในข้อ 3.7.7 ปริมาตร 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในขวดรูปชมภู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.10.2 เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นจำนวน 10 หยด และสารละลายไตรเอทาโนลามีน(Triethanolamine)ต่อน้ำ ปริมาณ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.10.3 เติมสารละลาย แอมโมเนียจำนวน 25 ลูกบาศก์เซนติเมตรและทำให้มีปริมาตร 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.10.4 เติม 0.04 กรัมของ เมทิลไธมอลบูลคอมเพลกโซน (Methylthymol blue complexone)

3.10.5 นำสารละลายที่ได้ไปทำการติเตรตด้วยสารละลาย 0.01 M EDTA จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสารละลายไม่มีสี

คำนวณหาปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ได้ดังนี้

$$\% \text{ แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) } = \frac{0.000403 \times [A - B] \times 100}{C}$$

A = ปริมาตร EDTA ที่ใช้ , cm^3
B = ปริมาตร EDTA ที่ใช้ในการหา CaO , cm^3
C = น้ำหนักตัวอย่าง , กรัม

3.11 การวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียมออกไซด์ (Na_2O) ที่ละลายได้ในกรด

3.11.1 ชั่งตัวอย่างที่เตรียมได้ในข้อ 3.1 โดยละเอียดประมาณ 2 ถึง 3 กรัมใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.11.2 เติมสารละลาย 10 % กรดไนตริกปริมาณ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปต้มจนเดือดประมาณ 10 นาที (ระวังอย่าให้สารละลายกระเด็น)

3.11.3 กรองสารละลายที่ได้ลงในขวดปริมาตรขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 42 ล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง

3.11.4 ทำสารละลายที่ได้จากการกรองให้มีปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.12 การวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียมออกไซด์ (Na_2O) และโพแตสเซียมออกไซด์ (K_2O)

นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ในข้อ 3.7.7 และ 3.11.4 ไปทำการวัดหาปริมาณโซเดียมและ โพแตสเซียมเทียบกับสารละลายมาตรฐานโดยใช้เครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์ (Flame photometer) แล้วคำนวณเป็นโซเดียมออกไซด์ และโพแตสเซียมออกไซด์

3.13 การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำ (Soluble sulfate)

3.13.1 ชั่งตัวอย่างจากข้อ 3.1 อย่างละเอียดประมาณ 2 ถึง 3 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.13.2 เติมน้ำกลั่น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนสารละลาย ด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก ประมาณ 60 นาที

3.13.3 กรองสารละลายลงในบีกเกอร์ขนาด 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 42

3.13.4 นำสารละลายที่ได้จากการกรองมาเติมน้ำโบรมีน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วทำให้เป็นกรดด้วยกรดไฮโดรคลอริก (ถ.พ. 1.18) โดยค่อย ๆ หยดทีละหยด และเติมให้เกินไป 20 หยด ต้มจนเดือดประมาณ 2 นาที

3.13.5 เติมสารละลาย แบเรียมคลอไรด์ปริมาณ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยค่อย ๆ เติมอย่างช้า ๆ แล้วต้มต่ออีกประมาณ 2 นาที

3.13.6 กรองตะกอนที่ได้ขณะที่ร้อน ด้วยกระดาษกรองชนิดไม่มีเถ้า (ashless) เบอร์ 42 ล้างตะกอนที่อยู่บนกระดาษกรองด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง

3.13.7 นำตะกอนพร้อมกระดาษกรองที่ได้ไปอบให้แห้ง แล้วนำไปใส่ในถ้วยทองคำขาวที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว

3.13.8 เผาตะกอนโดยบนตะเกียงบุนเสนโดยใช้ไฟอ่อน ๆก่อน จนกระทั่งกระดาษกรองไหม้หมด จากนั้นจึงนำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที

3.13.9 นำถ้วยทองคำขาวออกจากเตาเผา นำไปทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์จนถึงอุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักโดยละเอียด และนำไปคำนวณดังนี้

$$\% \text{ ซัลเฟตที่ละลายน้ำได้} = \frac{0.4116 \times A}{B} \times 100$$

A = น้ำหนักตะกอนที่ได้ , กรัม

B = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ , กรัม

3.14 วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตรวม (Total sulfate)

3.14.1 ปิเปตสารละลายจากข้อ 3.5.12 มา 50 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

3.14.2 ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.13.5 ถึงข้อ 3.13.8

3.14.3 ทำการคำนวณหาปริมาณซัลเฟตรวมโดยใช้สูตรเช่นเดียวกับข้อ 3.13

3.15 การวิเคราะห์หาค่าดรรชนีการพองตัว

3.15.1 ชั่งตัวอย่างจากข้อ 3.1 ประมาณ 2.0 กรัม

3.15.2 นำตัวอย่างใส่ลงในกระบอกตวงขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่บรรจุน้ำกลั่นอยู่ถึงขีดปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.15.3 ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วอ่านขีดปริมาตรตัวอย่างจากนั้นคำนวณหาค่าดรรชนีการพองตัวดังนี้

$$\text{ค่าดรรชนีการพองตัว (ลูกบาศก์เซนติเมตร)} = \frac{A}{100 - \% B} \times 100$$

A = ปริมาตรตัวอย่างที่อ่านได้ , ลูกบาศก์เซนติเมตร

B = ความชื้นของตัวอย่าง

ผลการทดลอง

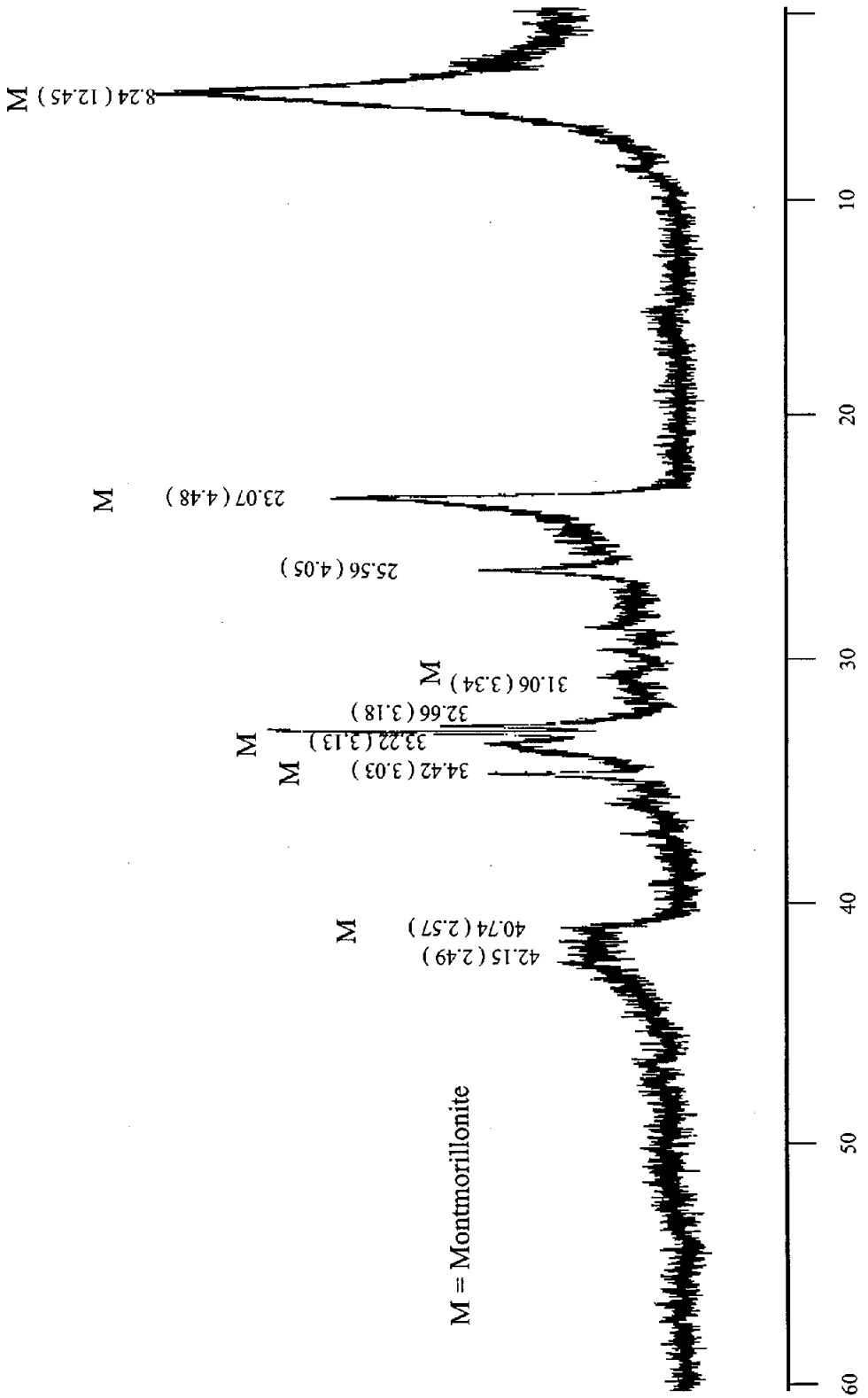
ในการทดลองในครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดินเบนทอไนต์จำนวน 5 ตัวอย่าง ดังนี้

1. การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางแร่โดยการใช้ X-Ray Diffractometer ได้ผลตามดิแฟรกโตแกรม ในรูปที่ 1 ถึง 5 สามารถสรุปได้ดังนี้

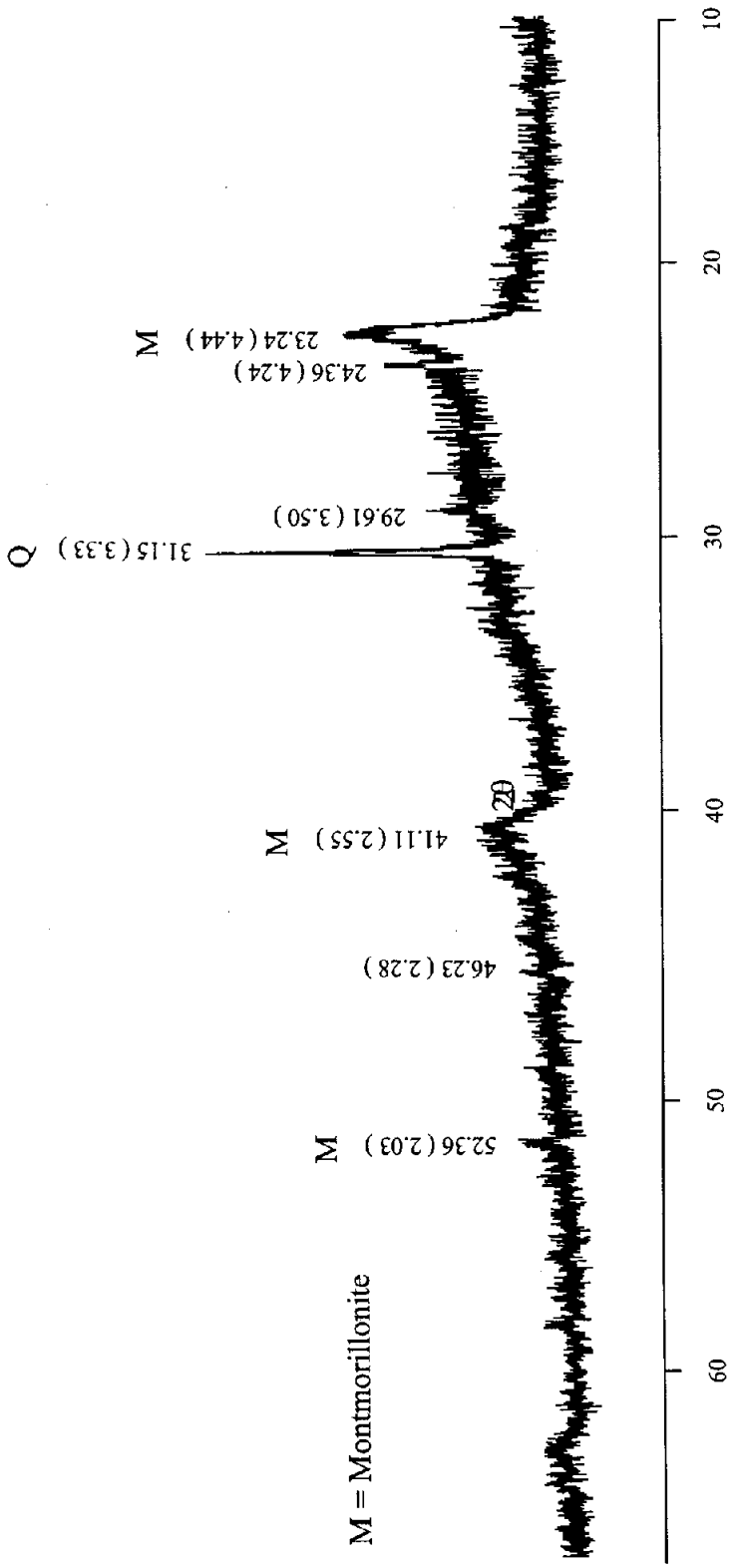
ตัวอย่าง QF 66 ประกอบด้วยแร่ มอนท์มอริลโอไนต์ (เทียบ peak กับ peak ของ file มาตรฐานที่ 29-1498, 13-259) เป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีสูตรทางเคมีเป็นดังนี้ $Na_{0.3}$ (Al, Mg)$_2$ $Si_4O_{10}(OH)_2.H_2O$ และ $(Al_{1.67}\ Mg_{0.33})$ $Si_4O_{10}(OH)_2\ Na_{0.33}$ ตามดิแฟรกโตแกรมรูปที่ 1

ตัวอย่าง RI 303 และ RI 304 ประกอบด้วยแร่ มอนท์มอริลโอไนต์-คลอไรต์ (เทียบ peak กับ peak ของ file มาตรฐานที่ 12-231) เป็นองค์ประกอบหลักโดยมีสูตรทางเคมีเป็นดังนี้ $(Na, K, Ca/2)_{0.34}Mg_{0.8}Al_{2.58}$ $(Si_{3.32}Al_{0.68})$ $O_{10}(OH)_5.2H_2O$ ตามด์แฟรกโตแกรมรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

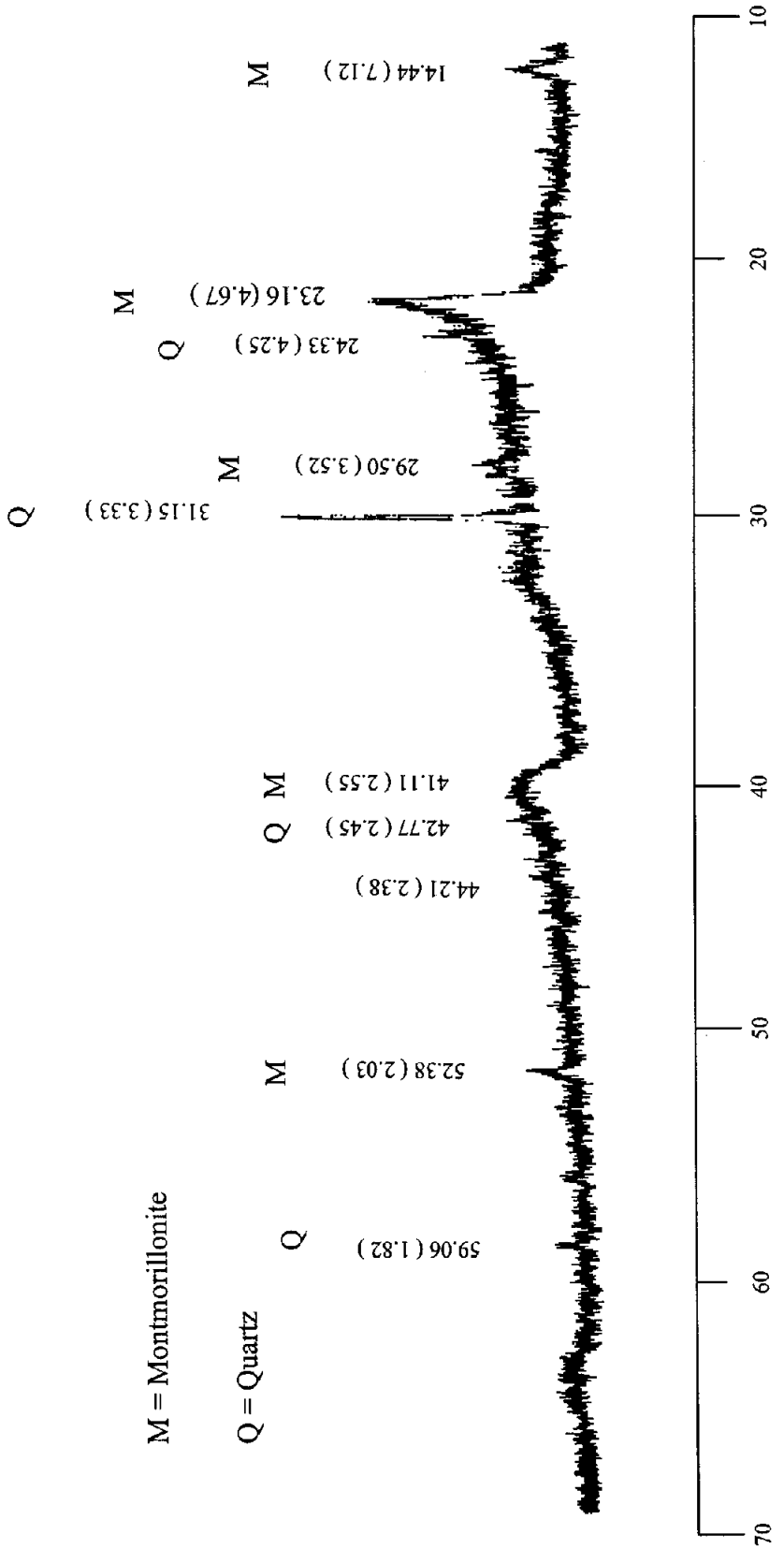
ตัวอย่าง SJ 642 และ SJ 643 ประกอบด้วยแร่ มอนท์มอริลโอไนต์ (เทียบ peak กับ peak ของ file มาตรฐานที่ 29-1498) เป็นองค์ประกอบหลักโดยมีสูตรทางเคมีเป็นดังนี้ $Na_{0.3}$ (Al, Mg) $Si_4O_{10}(OH)_2.\ nH_2O$ ตามดิแฟรกโตแกรมรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ



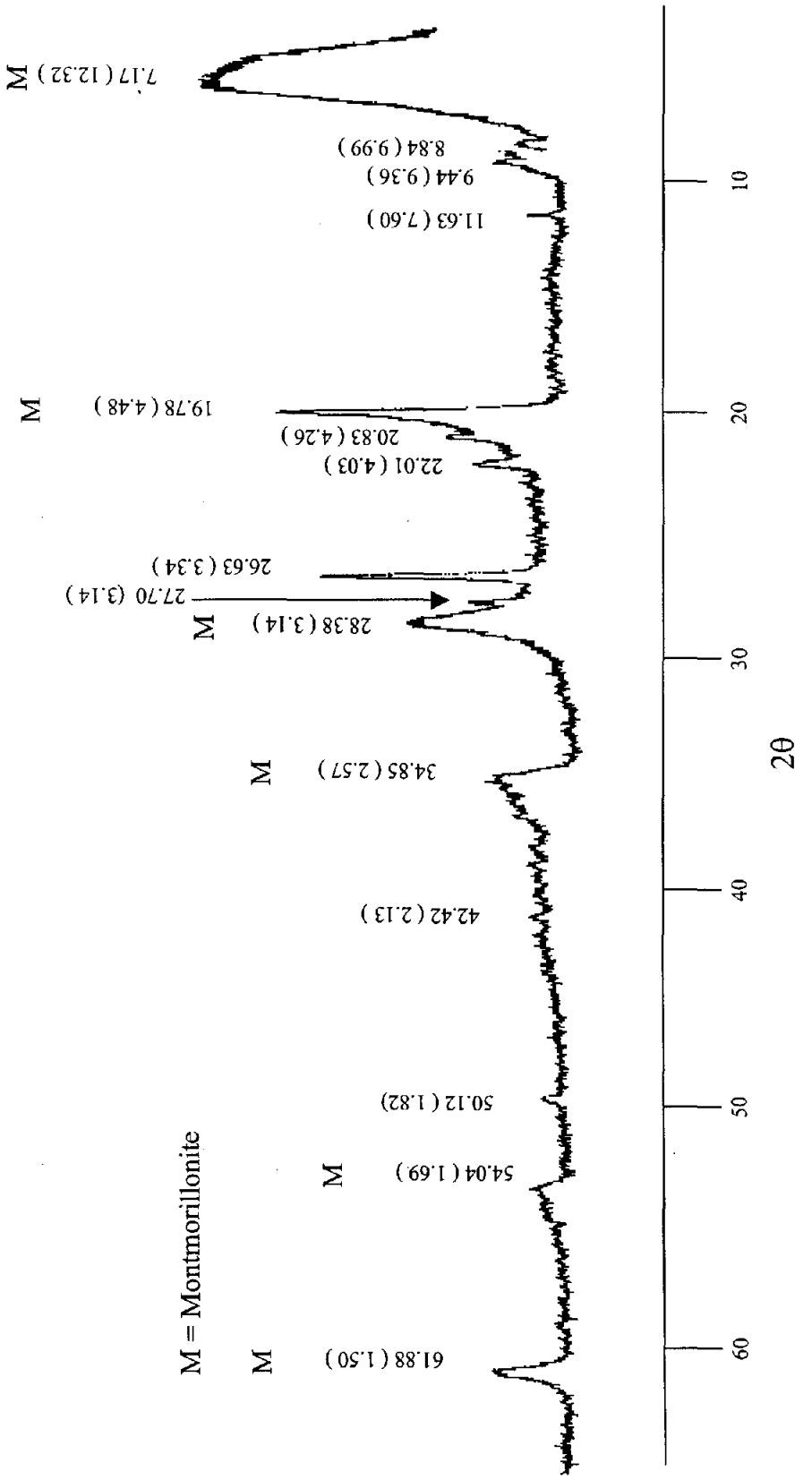
รูปที่ 1 แสดง X-Ray Diffractogram ของตัวอย่างดินมนทอในรูป QF 66



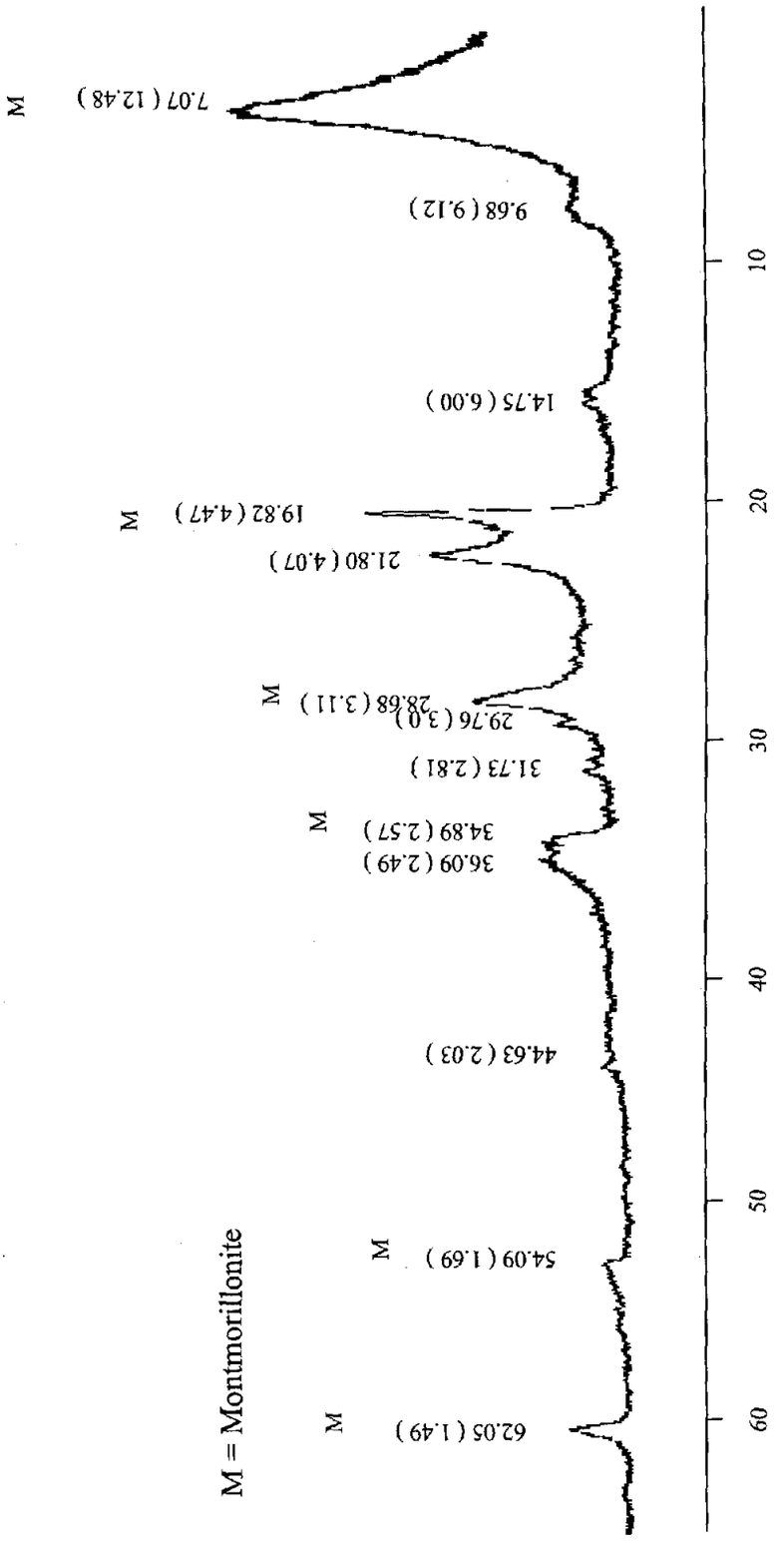
รูปที่ 2 แสดง X-Ray Diffractogram ของตัวอย่างดินเบนทอไนต์ RI 303



รูปที่ 3 แสดง X-Ray Diffractogram ของตัวอย่างดินเบนทอไนต์ RI 304



รูปที่ 4 แสดง X-Ray Diffractogram ของตัวอย่างดินเบนทอไนต์ SJ 642



รูปที่ 5 แสดง X-Ray Diffractogram ของตัวอย่างดินเบนทอไนต์ SJ 643

2. ผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีและอื่น ๆ แสดงอยู่ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีและอื่น ๆ

หมายเลขปฏิบัติการ / องค์ประกอบทางเคมี ,ร้อยละ	QF 66	RI.303	RI. 304	SJ. 642	SJ. 643
น้ำหนักที่หายไปจากการเผา (Loss on ignition), %	14.7	8.2	8.0	8.2	8.1
ซิลิกา (SiO_2), %	55.4	68.8	68.9	59.2	61.2
อลูมินา (Al_2O_3), %	20.7	12.6	11.6	21.3	16.7
เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3), %	3.7	6.0	5.8	4.3	1.1
แคลเซียมออกไซด์ (CaO), %	0.5	0.5	0.9	1.1	1.7
แมกนีเซียมออกไซด์(MgO),%	2.5	1.3	1.2	2.5	3.4
โซเดียมออกไซด์รวม (Total Na_2O) , %	2.8	0.3	0.2	2.6	4.7
โซเดียมออกไซด์ละลายกรด (Acid soluble Na_2O) , %	-	-	-	1.8	3.5
โพแตสเซียมออกไซด์ (K_2O), %	0.6	0.1	0.1	0.4	0.1
ซัลเฟตรวม (Total sulfate), %	-	1.1	1.4	0.4	3.1
ซัลเฟตละลายน้ำ (Soluble sulfate) , %	-	1.1	1.1	-	-
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	8.9	2.5	2.9	9.5	9.2
สารอินทรีย์ที่เคลือบผิว	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ค่าดรรชนีการพองตัว (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	17	5	5	12	12

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินเบนทอไนต์ทั้ง 5 ตัวอย่าง สามารถสรุปผลได้ดังนี้

การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางแร่ของดินทั้ง 5 ตัวอย่าง พบว่าตัวอย่าง QF 66 ซึ่งเป็นดินเบนทอไนต์สำหรับทำโคลนเจาะนั้นประกอบด้วยแร่มอนท์มอริลโอไนต์ชนิดที่มีสูตรทางเคมีเป็น $(Al_{1.67}Mg_{0.33})\ Si_4O_{10}\ (OH)_2\ Na_{0.33}$ และ $Na_{0.3}\ (Al,\ Mg)_2Si_4O_{10}\ (OH)_2.nH_2O$ และตัวอย่าง SJ 642 และ SJ 643 ประกอบด้วยแร่มอนท์มอริลโอไนต์ที่มีสูตรทางเคมีเป็น $Na_{0.3}(Al,\ Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2.nH_2O$ จากสูตรทางเคมีของตัวอย่างทั้ง 3 ชนิดจะพบว่ามีโซเดียมอยู่ในโครงสร้าง และมีอัตราส่วนโซดาต่อไลม์ค่อนข้างสูง คือ 5.6, 2.4 และ 2.8 ตามลำดับทำให้ดินมีคุณสมบัติในการพองตัวในน้ำได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับค่าดรรชนี การพองตัวในน้ำที่ทำการวิเคราะห์ได้โดยมีค่าดรรชนีการพองตัวเป็น 17, 12, 12 ลูกบาศก์เซนติเมตรตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่าง RI 303 และ RI 304 มีองค์ประกอบทางแร่เป็น มอนท์มอริลโอไนต์คลอไรด์ซึ่งมีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็น $(Na,\ K,\ Ca/2)_{0.34}Mg_{0.8}Al_{2.58}\ (Si_{3.32}Al_{0.68})\ O_{10}(OH)_5.2H_2O$ ซึ่งจากสูตรทางเคมีจะพบว่ามีโซเดียมอยู่ในโครงสร้างน้อยกว่าดินเบนทอไนต์ 3 ชนิดแรกคือมีโซเดียม โพแตสเซียม และแคลเซียมอยู่รวมกันเพียง 0.34 โมล ในขณะที่ดินเบนทอไนต์ 3 ชนิดแรกมีเฉพาะโซเดียมชนิดเดียวถึง 0.3 โมล และมีอัตราส่วนโซดาต่อไลม์เพียง 0.6, 0.2 ตามลำดับ ทำให้ตัวอย่างดิน RI 303 และ RI 304 มีคุณสมบัติในการพองตัวในน้ำได้ไม่ดี วิเคราะห์หาค่าดรรชนีการพองตัวได้เพียง 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรทั้งสองตัวอย่าง

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างทั้ง 5 ชนิด พบว่าตัวอย่าง QF 66 , SJ 642 และ SJ 643 มีคุณสมบัติเป็นด่าง กล่าวคือมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8.9, 9.5 และ 9.2 ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่าง RI 303 และ RI 304 มีคุณสมบัติเป็นกรด คือมีค่าความเป็น กรด-ด่างเท่ากับ 2.5 และ 2.9 ตามลำดับ จากการแบ่งประเภทของดินเบนทอไนต์ตามกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพดังที่กล่าวแล้ว พบว่าดินเบนทอไนต์มีการปรับปรุงคุณภาพโดยการกระทำกับสารเคมีได้หลายชนิด จากการที่ดินเบนทอไนต์มี การปรับปรุงคุณภาพโดยการกระทำด้วยกรดหรือด่าง นั้น เมื่อนำไปละลายในน้ำเพื่อวัดค่าความเป็นกรดด่างก็น่าจะเพียงพอที่สามารถบอกได้ว่าดินนั้นผ่านกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพด้วยการกระทำกับกรดหรือด่างมาแล้วหรือไม่ แต่จากความเป็นจริงแล้วการวัดค่าความเป็นกรดหรือด่างไม่สามารถบอกได้ว่าดินนั้นเป็นดินที่ได้มาจากธรรมชาติหรือผ่านการปรับปรุงคุณภาพมาแล้วหรือไม่ ทั้งนี้เพราะว่าดินเบนทอไนต์ที่ได้มาจากธรรมชาติมีทั้งที่มีสภาพเป็นกรดและด่าง กล่าวคือดินเบนทอไนต์ที่เป็นชนิดโซเดียมเมื่อละลายน้ำจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วงระหว่าง 8.5 ถึง 9.8 (เป็นด่าง) และดินเบนทอไนต์ชนิดแคลเซียมจะมีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วงระหว่าง 4.0 ถึง 7.0 (เป็นกรด) แต่อย่างไรก็ดีดินเบนทอไนต์ที่มีอยู่ในธรรมชาติที่มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน คือมีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่ต่ำกว่า 4.0 แต่จากผลการวิเคราะห์จะพบว่าตัวอย่าง RI 303 และ RI 304 มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.0 จึงน่าจะสันนิษฐานว่าดินทั้ง 2

ชนิดนี้อาจจะผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดมาแล้ว

จากการวิเคราะห์หาค่า ซัลเฟตรวม และซัลเฟตที่ละลายน้ำ จากผลการวิเคราะห์พบว่าตัวอย่าง QF 66 ไม่พบซัลเฟตเลย ในขณะที่ตัวอย่าง RI 303, RI 304, SJ 642 และ SJ 643 วิเคราะห์พบซัลเฟตรวม แต่ตัวอย่าง SJ 642 และ SJ 643 ไม่พบซัลเฟตที่ละลายน้ำ ส่วนตัวอย่าง RI 303 และ RI 304 พบว่ามีซัลเฟตที่ละลายน้ำอยู่ในปริมาณสูง และมีค่าใกล้เคียงกับซัลเฟตรวม ซึ่งตามเอกสารทางวิชาการต่าง ๆ พบว่าดินเบนทอไนต์ในธรรมชาติมักไม่ค่อยพบซัลเฟตที่ละลายน้ำ

จากที่กล่าวมาแล้วว่าดินเบนทอไนต์สามารถที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพโดยการ กระทำกับกรดเพื่อทำให้ดินเบนทอไนต์มีคุณสมบัติในการฟอกสีได้ดี และจากการศึกษาพบว่ากรดที่นิยมนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพส่วนใหญ่จะใช้กรดซัลฟุริกและกรดไฮโดรคลอริกซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรดแก่ ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าซัลเฟตรวมและซัลเฟตที่ละลายน้ำของตัวอย่าง RI 303 และ RI 304 จึงสามารถสรุปได้ว่าตัวอย่างทั้งสองผ่านการปรับปรุงคุณภาพมาแล้วโดยการกระทำกับกรดซัลฟุริก

จากการวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมออกไซด์ในตัวอย่างทั้ง 5 ชนิด จะพบว่าตัวอย่าง RI 304, SJ 642 และ SJ 643 มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์สูง ดังนั้นตัวอย่างทั้งสามชนิดนี้น่าจะเป็นดินเบนทอไนต์ชนิดแคลเซียมที่มีคุณสมบัติในการพองตัวในน้ำได้น้อย แต่เมื่อพิจารณาจากค่าดรรชนีการพองตัวและผลจากการวิเคราะห์ด้วย X-Ray Diffraction จะพบว่ามีเฉพาะตัวอย่าง RI 304 เท่านั้นที่มีค่าดรรชนีการพองตัวต่ำและผล X-Ray Diffraction ที่ยืนยันว่าตัวอย่าง RI 304 เป็นดินเบนทอไนต์ชนิดแคลเซียมจริง ส่วนตัวอย่าง SJ 642 และ SJ 643 ผลการวิเคราะห์ด้วย X-Ray Diffraction พบว่าเป็นดินเบนทอไนต์ชนิดโซเดียมและมีค่าดรรชนีการพองตัวสูง แต่เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียมออกไซด์ในตัวอย่าง จะพบว่าตัวอย่าง QF 66, SJ 642 และ SJ 643 มีปริมาณโซเดียมออกไซด์สูงและมีค่าดรรชนีการพองตัวสูงด้วย แต่เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมออกไซด์ที่ละลายในกรดได้จะพบว่าตัวอย่าง QF 66 ไม่พบโซเดียมออกไซด์ที่ละลายในกรดได้ ในขณะที่ตัวอย่าง SJ 642 และ SJ 643 พบโซเดียมออกไซด์ที่ละลายในกรดอยู่สูง จากที่กล่าวมาแล้วว่าตัวอย่าง SJ 642 และ SJ 643 มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์อยู่สูงน่าจะเป็นดินชนิดแคลเซียมแต่เนื่องจากมีโซเดียมออกไซด์อยู่สูงเช่นกัน จึงทำให้อัตราส่วนของโซดาต่อไลม์สูงด้วยเช่นกัน จึงมีคุณสมบัติในการพองตัวได้ดี แต่โซเดียมออกไซด์ที่พบในตัวอย่างเป็นโซเดียมออกไซด์ที่สามารถละลายในกรดได้ จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่าตัวอย่าง SJ 642 และ SJ 643 เป็นดินเบนทอไนต์ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยเกลือของโซเดียม โดยที่เมื่อดินเบนทอไนต์ชนิดแคลเซียมผ่านการกระทำด้วยสารละลายของเกลือโซเดียม จะมีการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างแคลเซียมในโมเลกุลของเบนทอไนต์กับโซเดียมของเกลือต่าง ๆ ทำให้ดินเบนทอไนต์เปลี่ยนสภาพจากดินเบนทอไนต์ชนิดแคลเซียมไปเป็นดินเบนทอไนต์ชนิดโซเดียม ทำให้ดินมีคุณสมบัติในการพองตัวในน้ำได้ดีและทำให้ผลของ X-Ray Diffraction แสดงผลออกมาเป็นตัวอย่างดินเบนทอไนต์ชนิด โซเดียม

จากการศึกษาพบว่าสารอินทรีย์ที่ใช้ในการเคลือบผิวดินเบนทอไนต์นั้น เป็นสารเคมีจำ พวก Alkyl amine compound ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีความเป็น polar เพื่อทำให้สามารถแลกเปลี่ยน ประจุกับ

ดิน ทำให้ดินมีคุณสมบัติเป็น organophillic clay แต่อย่างไรก็ดีในการปรับปรุงคุณภาพโดยวิธีนี้จะต้องมีสารเคมีจำพวก Alkyl amine compound ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนประจุ กับดินบ้างบางส่วน ดังนั้นการสกัดตัวอย่างดินด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) เพื่อวิเคราะห์หาสารเคมีจำพวก Alkyl amine compound เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ดีที่สุด แต่จากผลการการวิเคราะห์ตามตารางที่ 4 พบว่าการวิเคราะห์นั้นไม่พบสารเคมีจำพวกอินทรีย์อยู่ในตัวอย่างเลย ซึ่งผลการวิเคราะห์นี้ค่อนข้างจะสอดคล้องกับเอกสารทางวิชาการที่ระบุว่าตัวอย่างดินที่ผ่านกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพโดยวิธีนี้ส่วนใหญ่จะมีชื่อทางการค้าเป็น "BENTONE", "NIKKAGEL", "ORGANITE" เป็นต้นแต่ตัวอย่างที่ส่งมาวิเคราะห์จากกรมศุลกากรไม่ได้มีชื่อทางการค้าตามที่กล่าวมาข้างต้น และจากการที่ถ้าตัวอย่างดินผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยวิธีนี้จะทำให้ได้ดินที่มีคุณสมบัติเป็น organophillic clay ทำให้ไม่มีคุณสมบัติในการพองตัวในน้ำได้ดี แต่จากผลการวิเคราะห์ค่าดรรชนีการพองตัวของตัวอย่างดินทั้ง 5 ชนิดพบว่ามีค่าดรรชนีการพองตัวอยู่ในระดับที่สูงพอสมควรจึงไม่น่าที่จะเป็นดินที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยสารเคมีจำพวกสารอินทรีย์

สรุปผลการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

- ตัวอย่าง QF 66 จัดเป็นดินเบนทอไนต์ชนิดโซเดียมที่มาจากธรรมชาติ
- ตัวอย่าง RI 303 และ RI 304 จัดเป็นดินเบนทอไนต์ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดซัลฟุริกมาแล้ว
- ตัวอย่าง SJ 642 และ SJ 643 จัดเป็นดินเบนทอไนต์ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยเกลือของโซเดียมมาแล้ว

ซึ่งการทดลองวิเคราะห์ตัวอย่างดินเบนทอไนต์เพื่อบอกความแตกต่างว่าเป็นดินเบนทอไนต์ที่ได้มาจากธรรมชาติหรือผ่านการปรับปรุงคุณภาพมาแล้วนั้น จะพบว่าเป็นเรื่องที่จะต้องมีการวิเคราะห์อย่างละเอียด ทั้งนี้เพราะว่าผลการวิเคราะห์จะเป็นเครื่องชี้บอกการจัดประเภทพิกัดอัตราภาษีศุลกากรที่มีอัตราภาษีแตกต่างกันถึง 15 % ดังนั้นจึงต้องมีการวิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อหาองค์ประกอบทั้งทางเคมีและฟิสิกส์หลาย ๆ อย่างมาประกอบกัน รวมทั้งจะต้องมีการศึกษาค้นคว้าหาเอกสารมาประกอบการพิจารณาจึงจะทำให้สามารถบอกได้ว่าตัวอย่างเป็นดินเบนทอไนต์ที่ได้จากธรรมชาติหรือผ่านการปรับปรุงคุณภาพมาแล้ว เนื่องจากวิธีการวิเคราะห์เพื่อบอกความแตกต่างของดินเบนทอไนต์ที่ได้จากธรรมชาติและที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพนั้นไม่มี และในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของตัวอย่างจะใช้เวลาในการวิเคราะห์นานมากจึงทำให้การออกผลการวิเคราะห์เป็นไปได้ช้า ดังนั้นจากวิธีการวิเคราะห์ทั้งหมดนี้สามารถที่จะนำไปใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินเบนทอไนต์ต่อ ๆไปได้ และสามารถที่จะนำไปเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินชนิดอื่น ๆ ที่มีโครงสร้างลักษณะเดียวกันได้ หรือผ่านการปรับปรุงคุณภาพในลักษณะเดียวกัน และจะทำให้ผลการ

วิเคราะห์ในครั้งต่อ ๆไปสามารถสรุปได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ดีในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินเบนทอไนต์ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยวิธีการอื่น ๆ นอกเหนือจากที่พบในตัวอย่างทั้ง 5 ชนิดนี้นั้น ยังไม่พบทั้งในเอกสารทางวิชาการและการนำเข้ามาในประเทศ ถ้าหากมีการปรับปรุงคุณภาพโดยวิธีการอื่น ๆ ก็จะต้องมีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์เพิ่มเติมออกไปอีกนอกเหนือจากวิธีการวิเคราะห์นี้

คำขอบคุณ

ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบคุณ นายสุรพันธ์ บริสุทธิ์ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก ที่กรุณาให้คำแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ และข้าพเจ้าขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานที่มีส่วนช่วยให้ผลงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณกรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่กรุณาเอื้อเฟื้อวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีต่าง ๆ ซึ่งทำให้การปฏิบัติงานเสร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Bennett , H. and Reed , R.A. Chemical Methods of Silicate Analysis , the British ceramic research association , Academic press , London: 1971 p 62-79 , 227-229.
2. Encyclopedia of Chemical Technology , Volume 4, edited by Raymond E Kirk and Donald F Othmer, the interscience encyclopedia Inc., New York : 1949, p. 53-56.
3. Grim, Relph E., Applied Clay Mineralogy, Magraw-Hill Book company Inc., New York : 1962, p 43-44, 369-370.
4. Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology, 2nd ed. Vol. 3, executive edited by Anthony Standen, John Wilson & Sons, New York : 1964, p 339-358.
5. Ladoo, Raymond B and Myers, W.M., Nonmetallic Minerals, Mcgraw-Hill Book company Inc., New York : 1951, p 93-101.
6. Industrial Minerals and Rocks, 4th ed., edited by Stanley J. Lefond, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineer, Inc., New York : 1975, p. 521-531.
7. Searle, Alfred B. and Grimshaw, Rew W., The Chemistry and Physics of Clays and other Ceramics materials, 3d ed., Ernast Benn Limited,London: 1960, p.143- 311.
8. Siddiqui, M.K.Hasbuddin, Bleaching Earths, Pergamon Press, London : 1968, p.2-33
9. กรมศุลกากร, " สถิติการนำเข้า-ส่งออก ", กรมศุลกากร กระทรวงการคลัง, ปี พ.ศ. 2533-2537