การวิเคราะห์คุณภาพของโดโลไมต์ เพื่อเป็นสารปรับสภาพดินเปรี้ยว

ปิยนันท์ อำนาจสกุลฤทธิ์

E.1
ป 618 ก
ฉ.1
2544

กองวิเคราะห์
กรมทรัพยากรธรณี
มกราคม 2544

การวิเคราะห์คุณภาพของโดโลไมต์ เพื่อเป็นสารปรับสภาพดินเปรี้ยว

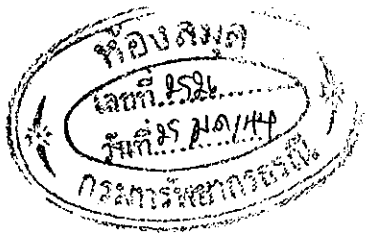
ปิยนันท์ อำนาจสกุลฤทธิ์

E.1
ป 618 ก
ฉ1
2544

ห้องสมุดกรมทรัพยากรธรณี
DMR Library
1442 0000003402

กองวิเคราะห์
กรมทรัพยากรธรณี
มกราคม 2544

โดโลไมต์ - การวิเคราะห์



1442

สารบัญ

บทคัดย่อ V
คำขอบคุณ VI
บทนำ 1
ความจำเป็นในการดำเนินงาน 1
วัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน 2
ขอบเขตของการศึกษา 2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
ลักษณะดินเปรี้ยว 3
ดินเปรี้ยวจัด (Acid Sulfate Soils) 3
การเกิดดินเปรี้ยวจัดตามธรรมชาติ 4
สาเหตุที่ดินเปรี้ยวมีคุณสมบัติไม่เหมาะแก่การใช้ประกอบการเกษตรกรรม 5
ประโยชน์ทั่วไปของการใช้ปูน 6
โดโลไมต์ 7
ความหมายของโดโลไมต์ 7
คุณสมบัติทางกายภาพ 7
คุณสมบัติทางเคมี 9
ลักษณะเด่นและวิธีตรวจเบื้องต้นอย่างง่าย ๆในสนาม 9
การกำเนิด 9
การเรียกชื่อหินคาร์บอเนต (Limestone & Dolomite) 10
ประโยชน์ของโดโลไมต์ในทางการเกษตรกรรม 12
วิธีดำเนินการวิเคราะห์ 17
การเตรียมตัวอย่าง 17
วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างโดโลไมต์ 17
การประเมินประสิทธิภาพของวิธีการวิเคราะห์ 29
ผลวิเคราะห์ตัวอย่าง 32
บทวิจารณ์ 38
บทสรุป 40
เอกสารอ้างอิง 41
บรรณานุกรม 42
ภาคผนวก รูปแสดงอุปกรณ์ทองคำขาวและลักษณะการใช้งาน 43

สารบัญรูป

1. แสดงการเปลี่ยนแปลงภายในดินที่สภาพน้ำขังและดินที่สภาพแห้ง 3
2. แสดงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด และลักษณะของดินเปรี้ยวจัด 4
3. โครงสร้างทางกายภาพของลักษณะผลึกของ โดโลไมต์ (Dolomite) 8
4. แสดงลักษณะทั่วไปของก้อนโดโลไมต์(บน) และลักษณะผลึกของโดโลไมต์(ล่าง) 8
5. แสดงการเรียกชื่อหรือจำแนกชื่อหินปูน และโดโลไมต์ โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ ของแคลไซต์และโดโลไมต์ 10
6. แสดงแผนผังการวิเคราะห์หาส่วนประกอบของโดโลไมต์ 21

สารบัญตาราง

1. แสดงการเรียกชื่อหรือจำแนกชื่อหินปูนและโดโลไมต์ โดยพิจารณาจากอัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์ของแคลไซต์และโดโลไมต์ 11
2. แสดงการเรียกชื่อหรือจำแนกชื่อ โดยพิจารณาจากปริมาณเปอร์เซ็นต์ของ Mg , MgO และ $MgCO_3$ 11
3. การจำแนกโดโลไมต์ตามชนิดการนำไปใช้ประโยชน์ 12
4. แสดงเงื่อนไขการวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance, A) โดยเครื่อง AAS Varian Spectr AA 800 เพื่อหาปริมาณ Fe , Al 26
5. แสดงการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบในโดโลไมต์ (J DO-1) ของ Geological Survey of Japan (GSJ), Japan กับค่าที่ยอมรับ 29
6. แสดงความแม่น และความเที่ยง ของผลวิเคราะห์ตัวอย่าง J DO-1 ใช้วิธีวิเคราะห์ที่ได้ปรับปรุงบางขั้นตอนจากวิธีของ Maxwell และ U.S.G.S. 30
7. แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของโดโลไมต์ จากอำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร 32
8. แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของโดโลไมต์ จากอำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร 32
9. แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของโดโลไมต์ จากอำเภอเมือง จังหวัดชุมพร 32
10. แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของโดโลไมต์ จากอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี 33

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

AAS	Atomic Absorption Spectrophotometer
Al_2O_3	อะลูมินา (Alumina)
$CaCO_3$	แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate)
CaO	แคลเซียมออกไซด์ (Calcium oxide)
Fe_2O_3	เฟร์ริกออกไซด์ (Ferric oxide)
HCl	กรดเกลือ หรือกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochoric acid)
HF	กรดกัดแก้ว หรือกรดไฮโดรฟลูออริก (Hydrofluoric acid)
HNO_3	กรดไนทริก (Nitric acid)
H_2O^-	ความชื้น (Moisture)
KCl	โพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride)
$KHCO_3$	โพแทสเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (Potassium hydrogen carbonate)
K_2O	โพแทสเซียมออกไซด์ (Potassium oxide)
LOI	ส่วนที่หายไปหลังการเผา (Loss on Ignition)
mA	มิลลิแอมแปร์
$MgCO_3$	แมกนีเซียมคาร์บอเนต (Magnesium carbonate)
MgO	แมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium oxide)
Na_2CO_3	โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate)
Na_2O	โซเดียมออกไซด์ (Sodium oxide)
$(NH_4)_2C_2O_4.H_2O$	แอมโมเนียมออกซาเลตโมโนไฮเดรท (Ammonium oxalate monohydrate)
NH_4OH	แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide)
$(NH_4)_2HPO_4$	แอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Ammonium hydrogen phosphate)
nm	นาโนเมตร (nanometre)
ppm	ส่วนในล้านส่วน (parts per million)
% RSD	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation)
SD	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
SiO_2	ซิลิกา (Silica)
U.S.G.S.	United State Geological Survey
W	น้ำหนัก (Weight)

การวิเคราะห์คุณภาพของโดโลไมต์ เพื่อเป็นสารปรับสภาพดินเปรี้ยว

โดย ปิยนันท์ อำนาจสกุลฤทธิ์

บทคัดย่อ

วิธีวิเคราะห์ทางเคมีของโดโลไมต์ เลือกวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่ได้ปรับปรุงบางขั้นตอน จากวิธีของ Maxwell และ U.S.G.S. แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือวิธี Gravimetric และวิธี Atomic absorption spectrometry

การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้นำตัวอย่างโดโลไมต์มาวิเคราะห์ด้วยวิธี Gravimetric method โดยการนำตัวอย่างมาผ่านกระบวนทางเคมีเพื่อแยกส่วนประกอบแต่ละตัวให้บริสุทธิ์ แล้วชั่งน้ำหนักของสารประกอบนั้นๆ ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณของ ซิลิกา (SiO_2) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ส่วนปริมาณอะลูมินา (Al_2O_3) และเฟร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) วิเคราะห์โดยใช้วิธี Atomic absorption spectrometry ซึ่งสามารถหาปริมาณธาตุหลัก และธาตุปริมาณน้อย มีความแม่น (accuracy) และมีความเที่ยง (precision) โดยมีการควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ด้วยการใช้ตัวอย่างอ้างอิงโดโลไมต์ เครื่องหมาย J DO-1 ของ Geological Survey of Japan (GSJ) วิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์ และความผิดพลาดสัมพัทธ์

ผลวิเคราะห์ทางเคมีของโดโลไมต์จากอำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร และอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 117 ตัวอย่าง พบว่าส่วนใหญ่มีปริมาณของ MgO 18.37 % ขึ้นไป และมี SiO_2 , Al_2O_3 และ Fe_2O_3 ปะปนอยู่น้อย จัดเป็นแหล่งโดโลไมต์ที่ดีสองแหล่ง มีเกณฑ์นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมได้หลายประเภท แต่แนวโน้มในอนาคตจะใช้เป็นสารปรับสภาพดินเปรี้ยวหรือดินเป็นกรด เนื่องจากต่างตัวอื่นๆมีราคาแพงจึงไม่นิยมใช้กัน โดยเฉพาะในการใช้สารปรับสภาพดินเปรี้ยวที่ต้องใช้ในพื้นที่เป็นกรดสูงและใช้เวลาในการปรับปรุงสภาพดินนานถึง 2-3 ปี กว่าดินจะคืนสภาพ จะใช้เวลานานมากต้องเสียค่าใช้จ่ายในการใส่ปุ๋ยทางใบเพิ่มขึ้น ดังนั้นหากมีการใช้โดโลไมต์อย่างสม่ำเสมอในปริมาณที่เหมาะสม จะช่วยลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นได้ค่อนข้างสูง

คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณสุรวิช จึงไพศาล ผู้อำนวยการกองวิเคราะห์ กรมทรัพยากรธรณี และขอขอบคุณ คุณยุคล มัณฑะจิตร (อดีตผู้เชี่ยวชาญ) กรมทรัพยากรธรณี ที่กรุณาให้การสนับสนุนมาด้วยดี ขอขอบคุณ คุณขันธ์พงษ์ จริงจิตร หัวหน้าฝ่ายวิเคราะห์แร่และหิน กองวิเคราะห์ ที่กรุณาสนับสนุน คุณพรรณิภา หมื่นเหล็ก นักวิทยาศาสตร์ 8ว. กลุ่มงานวิจัยทรัพยากรธรณี ที่กรุณาเสนอแนะให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ท้ายนี้ขอขอบคุณนาวาโทบุญเรือง เกิดอรุณเดช อาจารย์ประจำโรงเรียนการช่างทหารเรือ กรมการช่าง กรมอู่ทหารเรือ กองทัพเรือ ที่ช่วยให้คำปรึกษาตลอดจนกระทั่งสำเร็จลุล่วงด้วยดี

บทนำ

ความจำเป็นในการดำเนินงาน

ภารกิจหลักของกรมทรัพยากรธรณี คือการบริหารและจัดการด้านทรัพยากรธรณี และกิจการด้านธรณีวิทยาของประเทศ เพื่อให้เกิดมีการแสวงหา การสำรวจ การพัฒนา และมีแหล่งสำรองทรัพยากรธรณี วัตถุดิบ เพื่อการพัฒนาประเทศในด้านต่างๆ อย่างพอเพียงและเกิดประโยชน์สูงสุด โดยคำนึงถึงผลกระทบ ทางด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อม การใช้ทรัพยากรธรณีอย่างชาญฉลาด และสำรองวัตถุดิบ เพื่อการอุตสาหกรรมของประเทศในภายภาคหน้า

จากสภาพการขยายตัวทางเศรษฐกิจสังคมและพลเมืองที่เพิ่มขึ้น โดยที่ทรัพยากรของประเทศมีจำกัด เนื่องจากผลผลิตทางการเกษตรหลายชนิดได้ลดลงเป็นเพราะมาจากความแห้งแล้งเพิ่มขึ้น และขาดเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาวะท้องถิ่นในภาคต่างๆ ของประเทศ เมืองไทยมีที่ดินกว้างขวางพอสมควร แม้จะมีอัตราการเพิ่มของพลเมืองขึ้นมากแต่ก็ยังมีที่ดิน บางแห่งดินเปรี้ยวหรือบางแห่งดินเป็นกรด จึงต้องมีการลงทุนช่วยสำหรับผู้ที่เป็นเกษตรกร ซึ่งสามารถทำให้คนมีที่ทำกินมากขึ้น ส่วนหนึ่งจะเป็นผลที่ดีมาก อีกส่วนจะเป็นผลช่วยประเทศชาติให้รอดพ้นวิกฤตการณ์ จึงจำเป็นต้องมีการค้นคว้า ศึกษา วิจัย และใช้วิทยาการสมัยใหม่ที่สามารถจะให้ผลผลิตมากขึ้น

ทฤษฎีแกล้งดิน ตามรอยพระยุคลบาทพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช คือการที่แกล้งดินให้ดินเปรี้ยวหรือดินเป็นกรดโดยเริ่มจากการแห้งและเปียกให้สลับกันเพื่อเร่งปฏิกิริยาทางเคมี เป็นเพราะว่าสารไพไรต์ในดินทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ ปลดปล่อยกรดกำมะถันออกมา ทำให้ดินเป็นกรดจัดถึงขั้นเปรี้ยวสุดขีด พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้ จากนั้นทำวิธีการปรับปรุงดินโดยการเอาปูน, หินฝุ่น หรือปูนโดโลไมต์ใส่ในดินเปรี้ยว สามารถที่จะปลูกข้าวทำกสิกรรมอื่นๆ และทำสวนในที่พรุแท้ๆ ได้

โดโลไมต์เป็นแร่เกิดจากตะกอนของแคลเซียมและแมกนีเซียมทับถมกัน โดยทั่วไปจะมีลักษณะคล้ายหินปูนและหินอ่อน ขนาดค่อนข้างโต และมีความแข็งมากกว่าหินปูนและหินอ่อนเล็กน้อย มีหลายสีด้วยกัน เช่น สีขาว เทา เทาเข้มอมดำ เขียว ชมพู เป็นต้น ซึ่งโดโลไมต์ที่มีสีอ่อนนี้จะเกิดจากการตกผลึกทางเคมีโดยตรงอยู่ในชั้นหินสามารถเห็นได้เด่นชัด ในปัจจุบันมีการนำแร่โดโลไมต์ไปใช้ในอุตสาหกรรมหลักหลายชนิด เช่นอุตสาหกรรมทำวัสดุทนไฟ อุตสาหกรรมแก้ว อุตสาหกรรมถลุงเหล็ก และการเกษตรกรรม

โดโลไมต์ในรูปของปูนโดโลไมต์ใช้ปรับสภาพดินเปรี้ยวหรือดินเป็นกรด ก่อนที่จะนำแร่โดโลไมต์ไปใช้ประโยชน์นั้นนอกจากต้องทราบปริมาณร้อยละของแคลเซียมออกไซด์ (CaO) และแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญยังต้องพิจารณาถึงส่วนประกอบอื่นๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ เช่น ซิลิกา (SiO_2) อะลูมินา (Al_2O_3) และเฟร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) การวิเคราะห์เพื่อหาคุณสมบัติทางเคมีของแร่โดโลไมต์ จึงมีความจำเป็นมากเพื่อเป็นแนวทางการนำโดโลไมต์ไปใช้เป็นสารปรับสภาพดินเปรี้ยวหรือดินเป็นกรดของพื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกรในประเทศที่ประสบ

ปัญหาของการเพาะปลูกบนพื้นที่ดินเปรี้ยว รวมทั้งสอดคล้องกับนโยบายของกรมทรัพยากรธรณี ในแง่การนำเสนอข้อมูลจากคุณสมบัติทางเคมีของโดโลไมต์ เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาเลือกใช้วัตถุดิบดังกล่าวในอุตสาหกรรมต่าง ๆได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และได้ประโยชน์สูงสุด อันเป็นการเพิ่มคุณค่าทางเศรษฐกิจของโดโลไมต์ตลอดจนเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างคุ้มค่า

วัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน

เพื่อเป็นการสนับสนุนการนำข้อมูลปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในโดโลไมต์ที่วิเคราะห์ได้ไปใช้ประโยชน์เพื่อเป็นสารปรับสภาพดินเปรี้ยวหรือดินเป็นกรด และเสนอผลวิเคราะห์ขององค์ประกอบทางเคมีในโดโลไมต์จากตัวอย่างที่ได้มาจากการสำรวจทางธรณีวิทยาแหล่งโดโลไมต์จังหวัดชุมพรและจังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 128 ตัวอย่าง

ขอบเขตของการศึกษา

1. วิธีวิเคราะห์ทางเคมีของโดโลไมต์ เลือกวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่ได้ปรับปรุงบางขั้นตอน จากวิธีของ Maxwell (1968) และ U.S.G.S. (Shapiro ,1975)

2. ข้อมูลปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของโดโลไมต์ ที่หาได้สามารถนำไปประกอบการพิจารณาการใช้โดโลไมต์เพื่อปรับสภาพดินเปรี้ยวหรือดินเป็นกรด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโดโลไมต์ ซึ่งมีความแม่น (accuracy) และความเที่ยง (precision) สูง และมีความสะดวกและรวดเร็วในการวิเคราะห์

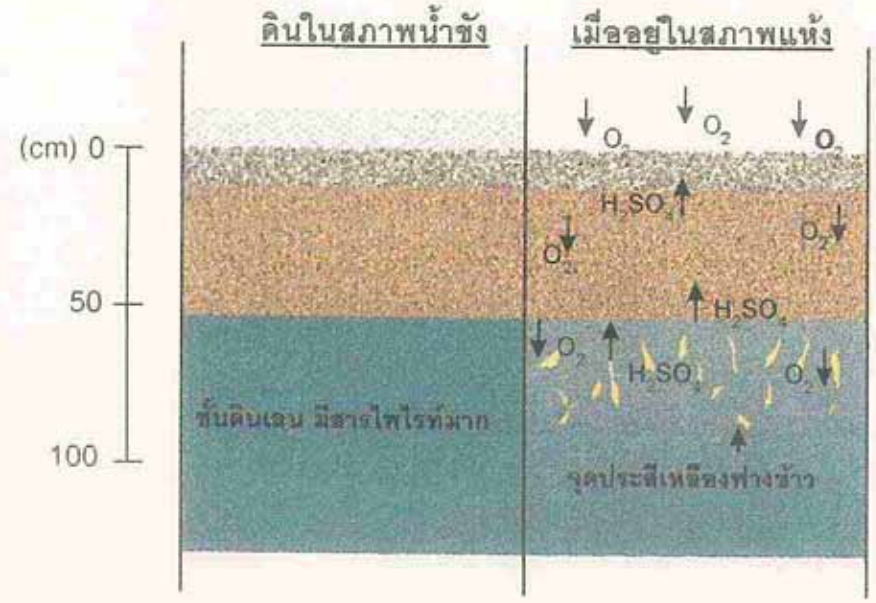
2. สามารถนำผลวิเคราะห์ไปใช้ในการวิจัยโดโลไมต์ เพื่อปรับสภาพดินที่เป็นดินเปรี้ยวหรือดินเป็นกรด โดยใช้เป็นข้อมูลขั้นละเอียดได้อย่างถูกต้อง

3. สามารถนำผลวิเคราะห์ไปเป็นข้อมูลสารสนเทศ สำหรับผู้บริหารในระดับต่าง ๆ เพื่อตัดสินใจในการใช้ทรัพยากรแร่โดโลไมต์ เพื่อเพิ่มมูลค่าและเป็นฐานรองรับอุตสาหกรรมภายในประเทศ รวมถึงกำหนดขอบเขตการพัฒนาแหล่งแร่ให้เหมาะสมกับโครงสร้างการผลิตแร่ เพื่อช่วยลดความขัดแย้งในการใช้ประโยชน์ทรัพยากรแร่โดโลไมต์ หรือการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมอื่น ๆ

ลักษณะดินเปรี้ยว

ดินเปรี้ยวจัด (Acid Sulfate Soil)

ดินเปรี้ยวจัดเป็นดินที่มีดินเลนตะกอนทะเลอยู่ชั้นล่าง ซึ่งตะกอนทะเลนี้มีสารประกอบกำมะถันที่เรียกว่า สารไพไรต์ (Pyrite : FeS_2) อยู่ปริมาณสูง เมื่อดินอยู่สภาพน้ำแช่ขังสารนี้จะคงรูปดินมีสภาพเป็นกลางหรือด่างอ่อน ๆ (pH=7.0-8.0) แต่เมื่อน้ำแห้งอากาศจะแทรกซึมลงไปในดิน ออกซิเจนจะทำปฏิกิริยากับสารไพไรต์ ทำให้เกิดกรดกำมะถัน (Sulfuric acid : H_2SO_4) และสารประกอบจาโรไซท์ [Jarosite : $KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$] มีสีเหลืองซีดคล้ายสีของฟางข้าว ดินแปรสภาพเป็นกรดจัด และเมื่อดินเปียกอีก กรดกำมะถันจะถูกพากระจายไปทั่วหน้าผิวดิน การที่ดินแห้งและเปียกสลับกันสารไพไรต์จะเกิดปฏิกิริยาปลดปล่อยกรดกำมะถันขึ้นมาอีกและรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ (เมธี มณีวรรณ , 2527) ดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2



รูปที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงภายในดินที่สภาพน้ำขังและดินที่สภาพแห้ง
คัดลอกจาก กรมพัฒนาที่ดิน (2540)

รูปที่ 2 แสดงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด และลักษณะของดินเปรี้ยวจัด คัดลอกจาก กรมพัฒนาที่ดิน (2540)

การเกิดดินเปรี้ยวจัดตามธรรมชาติ (เมธี มณีวรรณ , 2527)

ดินเปรี้ยวจัด จะแบ่งขั้นตอนการเกิดออกเป็น 2 กระบวนการใหญ่ ๆ คือ

1. Geogenetic processes กระบวนการนี้ ได้แก่การเกิดและสะสมแร่ไพไรต์ (pyrite) ในดิน การเกิดและสะสมของแร่นี้จะต้องมีองค์ประกอบที่จำเป็น 4 ประการ คือ

1.1 บริเวณนั้นต้องอยู่ในสภาพขาดออกซิเจน (Reduced condition) ซึ่งได้แก่ การมีสภาพน้ำขัง

1.2 มีอินทรีย์วัตถุอย่างเพียงพอได้แก่ซากพืชซึ่งตายทับถมลงไปในบริเวณนั้น

1.3 จะต้องมีแหล่งให้ซัลเฟตตลอดเวลา ในน้ำทะเล 1 ลิตร จะมีเกลือซัลเฟตอยู่ ประมาณ 4 มิลลิกรัม (สี่ส่วนในล้านส่วน)

1.4 จะต้องมีปริมาณของเหล็กอย่างเพียงพอ

ในสภาพที่ขาดอากาศ (anaerobic, reduced) เกลือซัลเฟตในน้ำทะเล จะถูกลดออกซิเจน (reduced) โดยเชื้อจุลินทรีย์บางชนิด เปลี่ยนซัลเฟต($SO_4^{=}$) ไปเป็นซัลไฟด์ ($S^{=}$) และทำปฏิกิริยากับสารประกอบของเหล็กกลายเป็น ferrous sulphide (FeS) ซึ่งในที่สุดจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบไดซัลไฟด์ (FeS_2) หรือแร่ไพไรต์ ดังสมการ

anaerobic

$SO_4^{=}$	⟶	$S^{=}$
สารประกอบซัลเฟต		สารประกอบซัลไฟด์
$S^{=} + Fe^{++}$	⟶	FeS
สารประกอบซัลไฟด์ + เหล็ก		สารประกอบเหล็กซัลไฟด์
$S^{=} + Fe^{+++}$ or O_2	⟶	S
สารประกอบซัลไฟด์ + เหล็ก หรือ ออกซิเจน		แร่กำมะถัน
$FeS + S$	⟶	FeS_2
สารประกอบเหล็กซัลไฟด์ + แร่กำมะถัน		แร่ไพไรต์ ตกตะกอน

การสะสมแร่ไพไรต์ในบริเวณพื้นที่เช่นนี้ 2-3 เปอร์เซ็นต์ ถือเป็นเรื่องธรรมดา หรือถ้ามากกว่านี้ก็ไม่ถือว่าเป็นเรื่องผิดปกติ ในบางแห่งอาจจะสูงมากกว่า 13 เปอร์เซ็นต์

2. Pedological Processes เมื่อฝั่งทะเลยื่นออกไปเรื่อยๆ โดยธรรมชาติทำให้น้ำทะเลท่วมไม่ถึงบริเวณที่เคยเป็นป่าชายเลน หรือเมื่อมีการระบายน้ำออกไปจากบริเวณดังกล่าว แร่ไพไรต์จะถูกเติมออกซิเจน(oxidize) กลายเป็นเฟร์ริกซัลเฟต [$Fe_2(SO_4)_3$] และกรดกำมะถัน เฟร์ริกซัลเฟตจะทำปฏิกิริยาต่อไปเกิดเป็นสารประกอบเหล็กอื่นๆ และกรดกำมะถันเพิ่มขึ้นอีกกรดกำมะถันที่เกิดขึ้นบางส่วนจะถูกชะล้างออกไปสู่แม่น้ำ ลำคลอง บางส่วนจะถูกทำลายโดยเกิดปฏิกิริยากับปูนที่ละลายมากับน้ำ แร่บางอย่างที่สลายตัวง่ายในดิน และอีกส่วนหนึ่งจะยังคงอยู่ในดินในสภาพของกรดที่แลกเปลี่ยนได้ภายในดิน กรดส่วนนี้เองคือตัวการที่ทำให้ดิน "เปรี้ยว"

ส่วนสารประกอบของเหล็กอื่นๆ ที่สำคัญอีกตัวหนึ่งได้แก่ jarosite [$KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$] ซึ่งมีสีเหลืองคล้ายฟางข้าวเป็นลักษณะที่ใช้กำหนดชุดดินของการสำรวจดินในประเทศไทย

$$FeS_2 \xrightarrow[H_2O]{air} Fe^{++} + SO_4^{=}$$

$$Fe^{++} \xrightarrow{Thiobacillus} Fe^{+++}$$

$$Fe^{+++} + FeS_2 \xrightarrow{Ferrooxidans} Fe^{++} + S + SO_4$$

$KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$ jarosite

$Na\ Fe_3(SO_4)_2(OH)_6$ Natro jarosite

Fe OOH goethite

สาเหตุที่ดินเปรี้ยวมีคุณสมบัติไม่เหมาะแก่การใช้ประกอบการเกษตรกรรม

(มานพ ตัณฑเตมีย์, [ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์])

1. ดินเป็นกรดสูงเกินไป ทำให้ธาตุอาหารพืชที่สำคัญต่างๆ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซึ่งอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถดูดเอาไปใช้ประโยชน์ในการสร้างความเจริญเติบโตได้ หรือได้แต่ไม่เพียงพอ และธาตุอาหารรองอื่นๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม อาจมีอยู่ในปริมาณน้อยเกินไป

2. ความเป็นกรดสูงของดิน ทำให้เกิดสารที่เป็นพิษจำพวกสารประกอบของเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมละลายอยู่บนดินมากจนถึงระดับที่เป็นพิษต่อพืช

3. ดินเปรี้ยวมักมีคุณสมบัติทางกายภาพไม่ดี เนื่องจากเนื้อดินเป็นดินเหนียวถึงเหนียวจัด มีการอัดตัวแน่น ถ่ายเทอากาศและระบายน้ำได้ยากหรืออาจไม่ได้เลย ดินแข็งมากเมื่อแห้ง และเป็นโคลนเหนียวเมื่อเปียก ไม่สะดวกในการเตรียมดินสำหรับเพาะปลูกแม้ว่าจะใช้เครื่องมือ และเครื่องทุ่นแรงต่างๆ

4. ดินเปรี้ยวหรือดินที่เป็นกรดสูงเกินไป จะทำให้การทำงานของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อดินไม่สามารถทำงานไปตามปกติ เช่น กระบวนการตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาสู่ดิน ซึ่งหากดินเป็นกรดสูงแล้วบักเตรีต่าง ๆ เช่น ไรไซเบียมที่ก่อให้เกิดขบวนการนี้จะไม่ทำงาน

5. ดินเปรี้ยวเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีธาตุอาหารพืชประเภทไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม อยู่ในปริมาณน้อย

การปรับปรุงดินเปรี้ยวโดยจัดหาวัสดุปรับปรุงดินเปรี้ยวได้แก่ ปูนขาว ปูนมาร์ล หินฝุ่น โดโลไมต์ หรือปูนชนิดอื่น ๆ คำว่า " ปูน " ในแง่ของการเกษตร หมายถึง สารอะไรก็ได้ที่ประกอบด้วยแคลเซียม หรือแมกนีเซียม ซึ่งมีความสามารถในการแก้ความเป็นกรดของดินและป้องกันสารที่เป็นพิษในดินไม่ให้ทำอันตรายต่อพืช การใส่ปูนเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการแก้ความเป็นกรดหรือยกระดับ pH ของดินให้พอเหมาะกับการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งส่วนมากพืชจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วง pH ระหว่าง 6-7 เป็นช่วงที่ธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินจะอยู่ในสภาพที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุดเนื่องจากมีความจำเป็นและมีราคาถูกกว่าการใช้ด่างชนิดอื่น ๆ

ประโยชน์ทั่วไปของการใช้ปูน (เมธี มณีวรรณ , [ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์] , หน้า 114-117)

1. คุณสมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น โดยปูนจะไปทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างเม็ดดิน ทำให้ดินเกาะกันเป็นก้อนเล็ก ๆ (granule) และโปร่งขึ้น ระบบการถ่ายเทน้ำและอากาศดีขึ้น ดินที่เกิดการกระจายตัวและจับกันเป็นก้อนแข็ง (defloculation) อันเป็นผลเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยเคมี เมื่อใส่ปูน ปัญหาดังกล่าวจะหมดไป

2. คุณสมบัติทางเคมี การใส่ปูนจะเป็นการยกระดับ pH ของดินให้สูงขึ้นให้เหมาะกับการเจริญเติบโตของพืช และมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในดิน คือ

2.1 ลดความเข้มข้นของกรด (H^+)

2.2 ลดระดับการละลายของ Fe , Al และ Mn ใน soil solution ลงมาอยู่ในระดับที่พอเหมาะกับการเจริญเติบโตและไม่เป็นพิษต่อพืช

2.3 เพิ่มระดับธาตุอาหารพืชในดิน เช่น P , Mo

2.4 เป็นการเพิ่มธาตุอาหาร Ca และ Mg แก่พืชโดยตรง

3. คุณสมบัติทางชีวภาพของดินได้ปรับปรุงให้ดีขึ้น จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อ pH ของดินอยู่ระดับใกล้เป็นกลาง ดังนั้นเมื่อใส่ปูนลงไปในดินที่เป็นกรด จะมีผลช่วยให้การทำงานของจุลินทรีย์ตัวที่เป็นประโยชน์ในดินทำงานได้ดีขึ้น เช่น การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดินโดยจุลินทรีย์ ธาตุอาหารต่าง ๆที่เป็นประโยชน์ต่อพืชก็จะถูกปลดปล่อยออกมา นอกจากนี้กระบวนการ nitrogen fixation ของทั้ง symbiotic และ nonsymbiotic ก็จะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

โดโลไมต์

H.B. Saussure เป็นคนแรกที่เรียกชื่อว่า Dolomic เพื่อเป็นเกียรติแก่นักเคมีชาวฝรั่งเศส D. Dolomieu (ค.ศ. 1750-1801) ซึ่งเป็นผู้พบคุณสมบัติของแร่นี้ ต่อมา R. Kirwan ได้เรียกแร่นี้ว่า dolomite โดโลไมต์อาจเรียกว่า dolomite spar, bitter spar หรือ bitter salt spar ก็ได้ ในบางกรณีแมกนีไซต์บางส่วนอาจถูกแทนที่ด้วยเหล็ก จะมีสีน้ำตาล เรียกว่า brown spar ถ้ามีสีน้ำตาลอ่อน เรียกว่า pearl spar (Cornelius and Hurlbut , 1971)

ความหมายของโดโลไมต์

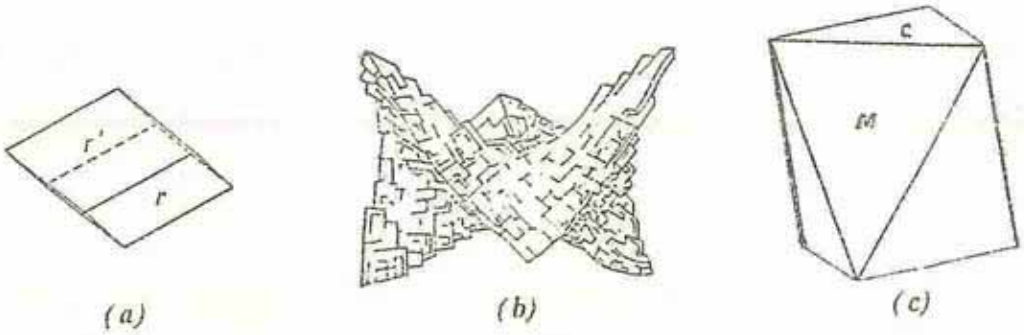
โดโลไมต์ พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา ได้ให้คำจำกัดความ 2 ความหมายดังนี้ "1. (แร่) แร่ประกอบหินชนิดหนึ่ง มีสูตร $CaMg(CO_3)_2$ ผลึกอยู่ในระบบสามแกนราบ (hexagonal system) มีแนวแตกเรียบสามแนวไม่ตั้งฉากกัน (rhombohedral cleavage) มีค่าความแข็ง 3.5-4 มีหลายสี ตั้งแต่สีขาวจนถึงสีน้ำตาล ไม่ค่อยทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก 2. (หิน) หินจำพวกคาร์บอเนตที่มีโดโลไมต์มากกว่าแคลไซต์ เรียกว่า dolostone ก็มี "

โดโลไมต์ หมายถึง หินตะกอนที่มีส่วนประกอบแร่โดโลไมต์ หรือรวมกับแร่แคลไซต์มากกว่า 50 % และต้องมีแร่โดโลไมต์มากกว่าแร่แคลไซต์ โดโลไมต์ที่ถือว่ามีคุณค่าในเชิงพาณิชย์ต้องบริสุทธิ์มาก มีสารประกอบคาร์บอเนตรวมกันมากกว่า 97 % (รัชฎา รุจิพัฒนพงศ์, 2540)

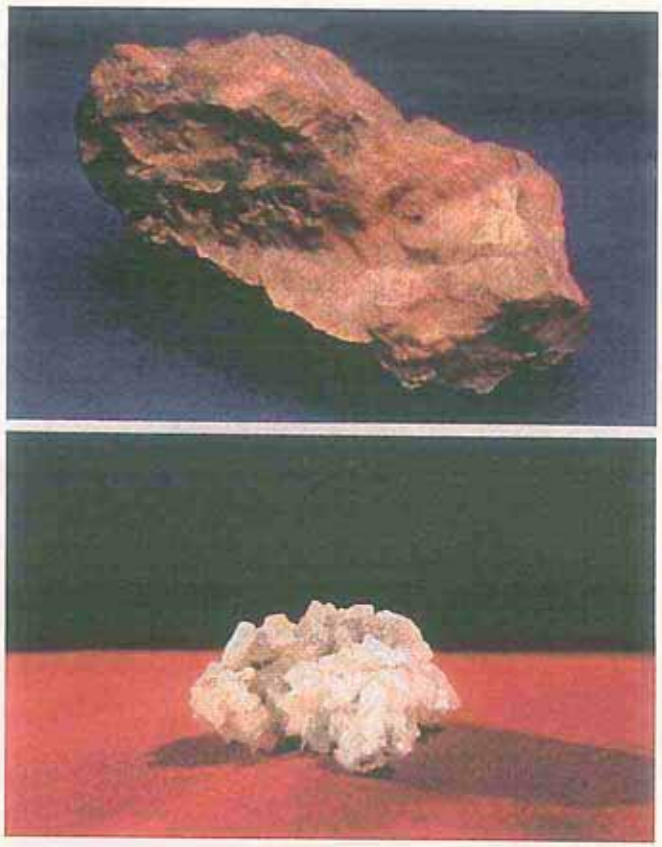
โดโลไมต์ หรือหินโดโลสโตน (dolostone) หมายถึง หินที่ประกอบด้วย แร่โดโลไมต์ [$CaMg(CO_3)_2$] เป็นส่วนใหญ่ โดโลไมต์บริสุทธิ์ ประกอบด้วย $MgCO_3$ 45.7 เปอร์เซ็นต์ และ $CaCO_3$ 54.3 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก (จุมพล คืนตัก และ พิภพ วสุวานิช, 2531)

คุณสมบัติทางกายภาพ

ผลึกของแร่โดยปกติเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน (rhombohedral) ผิวหน้าผลึกมักจะโค้งคล้ายอานม้า (saddle-shape) และมีรอยแตกภายนอกคล้ายหนังช้าง ดังแสดงใน รูปที่ 3 ผลึกในแบบอื่นมีพบบ้างแต่น้อย เช่น รูปผลึกอยู่ในระบบรูปหกเหลี่ยม (hexagonal) ซึ่งอาจพบเป็นเม็ดหยาบๆ ไปจนกระทั่งเม็ดเล็กๆ จะเกาะกันแน่น ความแข็งตามมาตรฐานของ Mohs' scale 3.5-4.0 มีความวาวคล้ายแก้ว บางชนิดมีความวาวแบบมุก (Pearly) มีหลายสี เช่น ไม่มีสี สีขาว สีเนื้อ สีชมพู สีน้ำตาล สีเทา สีเหลือง สีเขียว หรือ สีดำ เนื้อแร่มีทั้งโปร่งใสและโปร่งแสง ลักษณะทั่วไปและลักษณะผลึกของโดโลไมต์ แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 3 โครงสร้างทางกายภาพของลักษณะผลึกของ โดโลไมต์ (Dolomite)
คัดลอกจาก Cornelius and Hurlbut (1971)



รูปที่ 4 แสดงลักษณะทั่วไปของก้อนโดโลไมต์ (บน) และลักษณะผลึกของโดโลไมต์ (ล่าง)
คัดลอกจาก อรกุล โภคากรวิจารณ์ (2543)

คุณสมบัติทางเคมี

โดโลไมต์ มีสูตรเคมีเป็น $CaMg(CO_3)_2$ (Calcium magnesium carbonate) ส่วนประกอบทางทฤษฎี คือ CaO 30.38%, MgO 21.87% และ CO_2 47.75% โดยน้ำหนัก หรือ $CaCO_3$ 54.26% และ $MgCO_3$45.74% โดโลไมต์ปกติจะมีอัตราส่วน $CaCO_3$: $MgCO_3$= 1:1 แต่ Ca อาจถูกแทนที่ด้วย Mg Mg ที่เพิ่มขึ้นมีอัตราส่วน Ca : Mg ประมาณ 1: 5 หรือ Mg อาจถูกแทนที่ด้วย Ca ดังนั้น โดโลไมต์ จึงมีอัตราส่วน Ca : Mg ในช่วง 58:42 ถึง 47.5:52.5 ได้ มักจะมีเหล็ก ซิลิกา แมงกานีส และมลทินอื่นๆ ได้แก่ ยิปซัม แอนไฮไดรต์ เหล็กซัลไฟด์ เซเลสไทต์ โอพอล คาลซิโดนี เหล็กออกไซด์ แมกนีไซต์ ฟลูออไรต์ และสารอินทรีย์ปะปนอยู่ด้วย ถ้ามี Ferrous ion (Fe^{+2}) เข้ามาแทนที่แมกนีเซียมและมีปริมาณมากกว่าแมกนีเซียม เรียกว่า แองเคอไรต์ (ankerite) สูตรเคมีเป็น $CaFe(CO_3)_2$ สำหรับ Mn^{+2}, CO^{+2} และ Zn^{+2} อาจจะแทนที่ Mg Pb จะแทนที่ Ca (Cornelius and Hurlbut , 1971 ; Prederick , 1996)

ลักษณะเด่นและวิธีตรวจเบื้องต้นอย่างง่าย ๆในสนาม

โดโลไมต์ มีลักษณะคล้ายคลึงกับหินปูนมาก จึงยากที่จะแยกจากกันได้ด้วยตาเปล่า แต่สามารถจะแยกออกจากกันได้โดยวิธีใช้เทคนิคการหยดกรดเกลือเจือจาง (dil. HCl) เพราะว่าอัตราการสลายตัวหรือการละลายของแร่ในกรดเกลือเจือจางนั้นช้าเร็วต่างกัน คือ แคลไซต์จะละลายในกรดเกลือเจือจางได้ดีกว่าในโดโลไมต์ ดังนั้นถ้าผิวหน้าของหินถูกกัดด้วยกรดเกลือเจือจาง แคลไซต์ก็จะถูกกัดเป็นรอยบุ๋มลงไปทำให้โดโลไมต์ลอยสูงเด่นขึ้นมา ซึ่งสามารถมองเห็นด้วยแว่นขยายและสามารถนับจำนวนได้ด้วย

การกำเนิด (รัชฎา รุจิพัฒนพงศ์, 2540)

1. เกิดแบบทุติยภูมิ (Secondary occurrence) คือ เกิดจากหินปูนที่มีอยู่เดิม โดยธาตุแคลเซียมในหินปูนถูกแทนที่ด้วยธาตุแมกนีเซียม (Diagenetic Replacement)

$$Mg^{2+} + 2CaCO_3 \longrightarrow CaMg(CO_3)_2 + Ca^{2+}$$

magnesium in solution — Calcite — Dolomite — calcium in solution

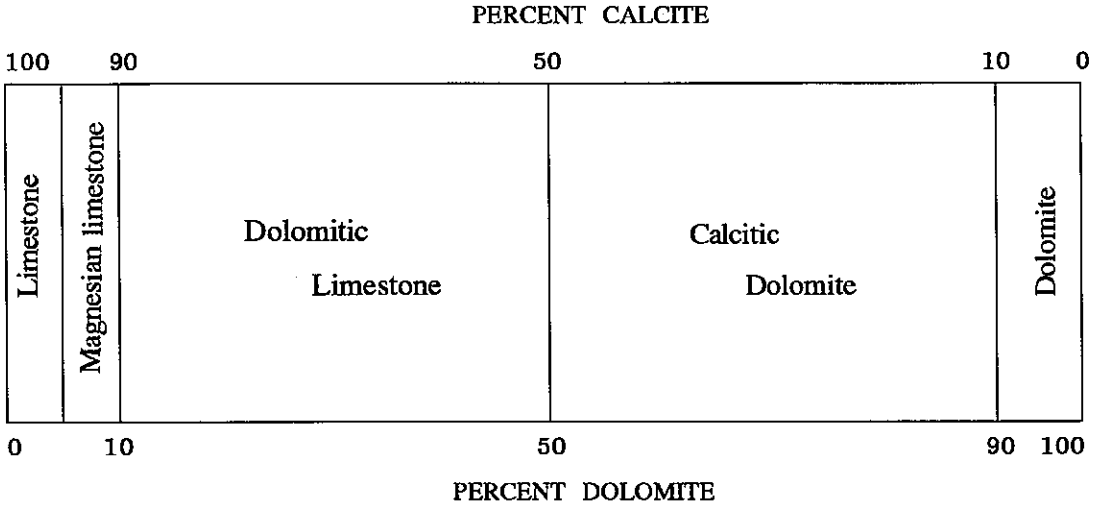
2. เกิดจาก Mg เข้าแทรกในชั้น evaporites โดยเป็นตัวเชื่อมระหว่างเม็ดตะกอน น้ำทะเลที่มีความเข้มข้นของ Mg จะซึมผ่าน (Diffuse) เข้าไปในชั้นของหินปูนที่มีอยู่เดิม โดยเฉพาะน้ำทะเลในเขตโซนร้อนกระบวนการ evaporation จะเกิดได้ดีมาก

จากสูตรเคมี $CaMg(CO_3)_2$ และการเกิดของแร่โดโลไมต์ จะเห็นว่ามีความสัมพันธ์กับแร่แคลไซต์ ($CaCO_3$) มาก Mg ในแร่โดโลไมต์จะอยู่ในโครงสร้างผลึกแคลไซต์ (Lattice of calcite crystal) แบบ Solid Solution ปริมาณ Mg ในในโครงสร้างผลึกแคลไซต์จะมีแตกต่าง ดังนั้น

อัตราส่วนของ Ca และ Mg ในโครงสร้างผลึกของแร่โดโลไมต์ จะมีมากน้อยต่างกันไป รวมทั้งอาจมีอะตอมของธาตุอื่นๆ ปะปนอยู่ด้วย เช่น Fe , Mn , Zn, Co และ S การที่องค์ประกอบทางเคมีของแร่โดโลไมต์ ที่ต่างกันไปทำให้คุณลักษณะในการใช้งานต่างกันไปด้วย

การเรียกชื่อหินคาร์บอเนต (Limestone & Dolomite)

องค์ประกอบทางเคมีของแร่โดโลไมต์ ประกอบด้วย $CaCO_3$ 54.26 % และ $MgCO_3$ 45.74% หรือ CaO 30.38%, MgO 21.87% และ CO_2 47.75% โดยน้ำหนัก แต่ในธรรมชาติจริงๆ แล้วพบว่า โดโลไมต์ มักจะมี $MgCO_3$ น้อยกว่านี้เสมอ ดังนั้นการเรียกชื่อหรือจำแนกชื่อ จึงต้องอาศัยเปอร์เซ็นต์ของโดโลไมต์ และแคลไซต์เป็นหลัก ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการเรียกชื่อหรือจำแนกชื่อหินปูน และโดโลไมต์ โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ ของแคลไซต์และโดโลไมต์ คัดลอกจาก Pettijohn (1949)

เนื่องจากโดโลไมต์มี 2 ความหมาย จึงทำให้เกิดความสับสนได้ง่าย คำว่า "โดโล-ไมต์" จะใช้ทั้งในความหมายว่า "แร่" [$CaMg(CO_3)_2$] และความหมายว่า "หิน"เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสน ผู้เขียนบางคนจะเรียก โดโลไมต์ ในความหมายว่า "แร่" และเรียก "dolomite limestone" ในความหมายว่า "หิน" ต่อมาจะเรียกว่า "dolomitic limestone" ที่ให้ความหมายคล้ายคลึงกัน Cayeux ได้จำแนกชื่อหินโดยพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของโดโลไมต์ และแคลไซต์ที่เป็นองค์ประกอบในหิน เพื่อป้องกันความสับสนในการเรียกชื่อ หิน ดังตารางที่ 1 ส่วน Shrock เรียก โดโลไมต์ ว่า " dolostone " (Pettijohn ,1949)

ตารางที่ 1 แสดงการเรียกชื่อหรือจำแนกชื่อหินปูนและโดโลไมต์ โดยพิจารณาจากอัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์ของแคลไซต์และโดโลไมต์ คัดลอกจาก Pettijohn (1949)

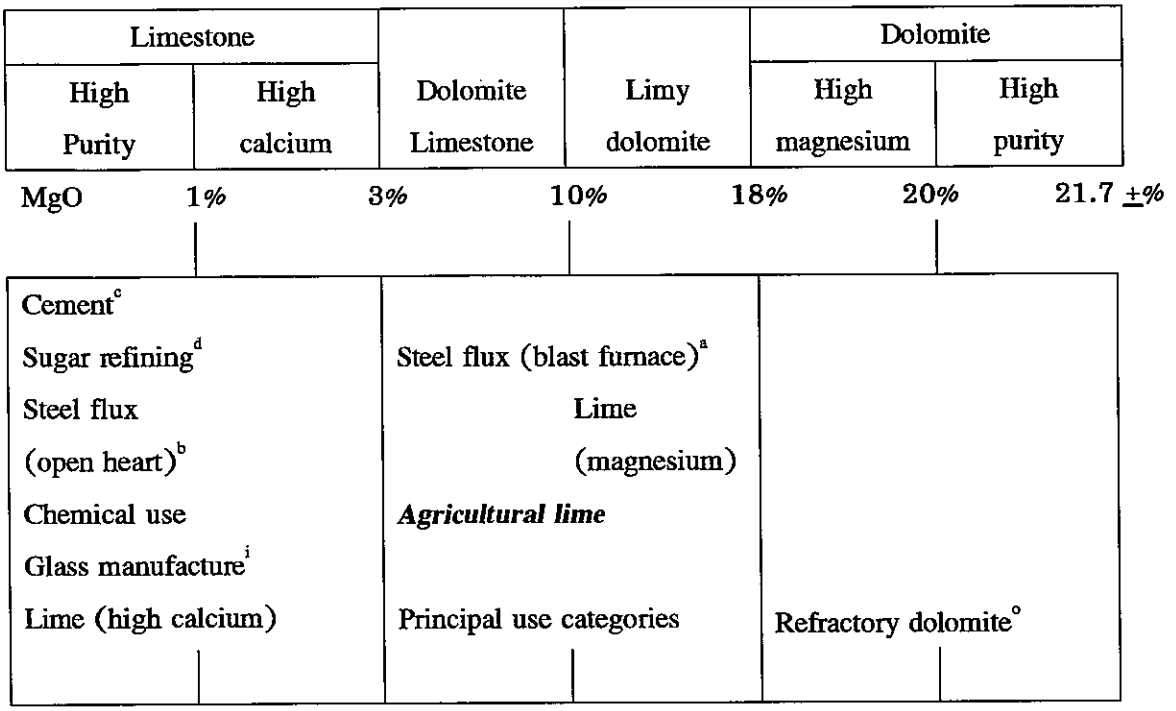
Type	% Calcite	% Dolomite	Approx MgO Equiv
Limestones	> 95	< 5	0 to 1.1
Magnesian limestone	> 90 < 95	> 5 < 10	1.1 to 2.1
Dolomitic limestone .	> 50 < 90	< 50 > 10	2.1 to 10.8
Calcitic dolomite	< 50 > 10	> 50 < 90	10.8 to 19.5
Dolomite	< 10	> 90	19.5 to 21.6

การเรียกชื่อหรือจำแนกชื่อ หินคาร์บอเนต (Limestone & Dolomite) โดยพิจารณาจากปริมาณเปอร์เซ็นต์ของแมกนีเซียม(Mg) แมกนีเซียมออกไซด์(MgO)และแมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) สามารถเรียกชื่อ หรือจำแนกชื่อ ได้ดังแสดงในตารางที่ 2 และการจำแนกโดโลไมต์ตามชนิดการนำไปใช้ประโยชน์ แสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 แสดงการเรียกชื่อ หรือจำแนกชื่อ โดยพิจารณาจากปริมาณเปอร์เซ็นต์ของ Mg , MgO และ $MgCO_3$ คัดลอกจาก Stokowski and others (1992)

	Mg content (%)		
Classification	Mg	MgO	$MgCO_3$
Dolomite	11.7-13.1	19.4-21.7	40.7-45.6
Calcitic dolomite	6.5-11.7	10.8-19.4	22.6-40.7
Dolomitic limestone	1.3-6.5	2.2-10.8	4.5-22.6
Magnesian limestone ...	0.6-1.3	1.0-2.2	2.1-4.5
High Calcium	0-0.6	0-1.0	0-2.1

ตารางที่ 3 การจำแนกโดโลไมต์ตามชนิดการนำไปใช้ประโยชน์ คัดลอกจาก ธีรานี โชติกไกร (2532)



a - SiO_2 < 5% preferably , Al_2O_3 < 2% , P_2O_5 (0.005-0.006%)

b - P_2O_5 must not trace amounts

c - total alkalies < 0.5%

d - SiO_2 < 1.0% , Fe_2O_3 < 0.5%

i - Fe_2O_3 < 0.05% preferably < 0.02%

o - SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 not to exceed 1.0% each

ประโยชน์ของโดโลไมต์ในทางการเกษตรกรรม (ชมรมถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร, 2538)

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปลูกพืชแทนการใช้โดโลไมต์นั้นถ้าใส่มากเกินไปก็จะทำให้พืชเฝือไปเล็กน้อย และจะค่อยๆ เพิ่มกรดให้แก่ดินอย่างช้าๆ พอดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น สมดุลแร่ธาตุก็จะเริ่มเสียไป ซึ่งแก้ไขสภาพดินเป็นกรดได้โดยการเติมโดโลไมต์เล็กน้อยให้แก่ดิน

ปุ๋ยเคมีที่ใส่เฉพาะธาตุหลัก (N-P-K) ใส่ขณะที่พืชเจริญนั้น ต้องใช้ทุกอย่างทั้งธาตุรองและธาตุเสริม ครั้งแรกไม่เห็นผลเสียหายเพราะใช้ธาตุรองและธาตุเสริมในดินหรือในต้นพืชไปพลางก่อน สัดส่วนของแร่ธาตุรองและธาตุเสริมเริ่มต่ำลงทุกทีจนในที่สุดต้นพืชก็อ่อนแอค่อยๆ ตายลงเอง เช่น กิ่งตาย หรือยอดตาย แล้วต่อมาต้นแห้งตายหรืออ่อนแอ จนราหรือแบคทีเรียสามารถเข้าทำลายพืชให้ตายเร็วยิ่งขึ้น ดังนั้นควรใช้ทั้งแร่ธาตุหลัก ธาตุรองและธาตุเสริมให้สมดุลตลอดไปโดยการเติมโดโลไมต์

ถ้าใส่โดโลไมต์ที่ให้ประโยชน์ทั้งเป็นปุ๋ยแมกนีเซียมและเป็นตัวปรับสภาพดินเปรี้ยว หรือดินเป็นกรดนั้นให้มี pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ดี ต้นพืชเจริญได้ดีที่ pH = 6.5–7.2 ตลอดจนจะให้ธาตุแคลเซียมและธาตุแมกนีเซียม ซึ่งเป็นธาตุที่ต้นพืชนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตด้วยดังนี้

1. **ธาตุแคลเซียม (Ca)** เป็นธาตุที่ต้นพืชนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต ปริมาณของแคลเซียมจะมีมากที่บริเวณกำลังเจริญเติบโต คือ ส่วนของยอดและปลายราก เป็นธาตุช่วยส่งเสริมการนำธาตุไนโตรเจนจากดินมาใช้ให้เป็นประโยชน์มากขึ้น บางกรณีที่พืชอาจได้รับสารซึ่งเป็นพิษมากเกินไป เช่น พวกกรดอินทรีย์ต่างๆ หรือมีธาตุทองแดงในพืชมากขึ้น มีฮอร์โมนในพืชบางอย่าง เช่น พวกออกซิน เมื่อมีมากเกินไปจะทำให้การขยายตัวของเซลล์พืชผิดปกติ ธาตุแคลเซียมจะเป็นตัวช่วยปรับสภาพความสมดุลย์ของฮอร์โมนนี้ให้พอดีได้ ช่วงที่พืชจำเป็นต้องใช้ธาตุแคลเซียม นอกจากช่วงที่กำลังเจริญเติบโตแล้วในระยะออกดอกและระยะที่จะสร้างเมล็ดพืชมีความจำเป็นมากเพราะ ธาตุแคลเซียมจะมีส่วนในการเคลื่อนย้ายและการเก็บรักษาในรูปของคาร์โบไฮเดรทและโปรตีนในพืช เพื่อนำไปใช้ในการสร้างผลและเมล็ดต่อไป ข้อเสียของแคลเซียมถ้ามีแคลเซียมมากเกินไปก็จะทำให้พืชดูดเอาธาตุโพแตสเซียมไปใช้ได้น้อยลง อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตไม่ดีเท่าที่ควร

แคลเซียมเป็นธาตุอาหารพืชซึ่งไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ในพืช เพราะฉะนั้นอาการขาดจึงพบมากในบริเวณยอดและปลายราก อาการขาดในพืชบางชนิด พบว่ายอดอ่อนจะแห้งตายและใบจะมีอาการม้วนงอไปข้างหน้า และขาดเป็นริ้วๆ จะเกิดที่ปลายใบก่อน ดังนั้นการใส่โดโลไมต์เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดของดิน ทำให้ปริมาณแคลเซียมมากพอต่อการเจริญเติบโตของต้นพืช

2. **ธาตุแมกนีเซียม** (Mg) เป็นองค์ประกอบของส่วนที่เป็นสีเขียวทั้งที่ใบและส่วนอื่นๆ มีบทบาทสำคัญในการสร้างอาหารและโปรตีน แต่พืชดูดแมกนีเซียมจากดินในปริมาณที่น้อยมาก ถ้าขาดแมกนีเซียมจะพบอาการใบเหลือง ซีด หากอาการขาดรุนแรง ใบแก่จะมีอาการมากกว่าใบอ่อน ทั้งนี้เนื่องจากการเคลื่อนที่ของธาตุแมกนีเซียมซึ่งสะสมที่ใบแก่มาสู่ใบอ่อน

การปรับปรุงสภาพดินโดยปรับสภาพความเป็นกรดของดินด้วยโดโลไมต์เพื่อให้เหมาะสมต่อการดูดธาตุแมกนีเซียมเข้าไปใช้ในพืช และมีการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมที่พอเหมาะ

ในท้องตลาดการซื้อและขาย โดโลไมต์ สูตรเคมี $CaMg(CO_3)_2$ มี 13.5 % Mg ช่วยลดความเป็นกรดในดิน นอกจากนี้ยังอาจใช้เป็นสารตัวเติมสำหรับปุ๋ยผสม เพื่อลดฤทธิ์กรดซึ่งมีอยู่ในปุ๋ย แล้วยังเพิ่มแมกนีเซียมในปุ๋ยผสมอีกด้วย

ตัวอย่างการใช้และประโยชน์ของโดโลไมต์ในเกษตรกรรม

การเกษตร	**ประโยชน์ของโดโลไมต์และการใช้**
การทำไร่อ้อย	ควรใส่โดโลไมต์ ซึ่งให้แมกนีเซียม (Mg) 20% จะทำให้ใบอ้อยเขียวเข้ม จับพลังงานจากแสงแดดได้ดี และทำให้โตเร็ว
ปลูกทุเรียน	ค่า pH = 6.5–7.0 เป็นค่าที่พืชเจริญเติบโตดีที่สุด ทำให้แร่ธาตุปุ๋ยทั้งในดินเองและที่จะใส่ลงไปจะเกิดประโยชน์สูงสุด ถ้า pH ต่ำกว่า 6.5 ยิ่งมากเท่าไร ก็ยิ่งเป็น

การเกษตร	ประโยชน์ของโดโลไมต์และการใช้
	กรดจัดเท่านั้น กรดจะกัดล้างแร่ธาตุปุ๋ยออกมาทำให้สูญเสียไปกับน้ำได้ง่ายทั้งธาตุรองและธาตุเสริม ดินกรดจะทำให้ธาตุหลักคือฟอสฟอรัสถูกตรึงไว้ 90% จะละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชเพียง 10% แร่ธาตุจะถูกชะล้างไปและเป็นประโยชน์ได้น้อย การแก้กรดของดินโดยใช้โดโลไมต์ หินฟอสเฟต ปูนมาร์ล ขี้เลื่อยใหม่ หินฝุ่น หินปูนบด เปลือกหอยป่น (ไม่เผา)
มะขามหวาน	ถ้าขาดธาตุในปูนและแมกนีเซียม เนื้อมะขามจะค่อนข้างเละ แฉะได้ง่าย เนื้อไม่กรอบ อร่อย เหมือนที่ได้ธาตุในปูนและแมกนีเซียมเพียงพอ
กล้วย	ดินที่เป็นกรดจัดจะตรึงฟอสเฟต (PO_4^{-}) ไว้ จนแทบไม่ละลายออกมา ธาตุแคลเซียม (Ca) จะถูกไล่ออกไปหมด มีซัลเฟต (SO_4^{-}) มากเกินไป ธาตุบางตัวถูกจับยึดจนต้นกล้วยใช้ประโยชน์ไม่ได้ และบางตัวก็มีพิษ ต้นกล้วยจึงอ่อนแอ ส่วนที่ดอนนั้นดินจะถูกชะล้างและกัดกร่อนด้วยกรดจนโทรม การแก้ไขที่ต้นเหตุคือ ใส่โดโลไมต์ หินฟอสเฟต แก้กรด ใส่มินเนอรัลส์ เพื่อให้ธาตุ ใส่ปุ๋ยอินทรีย์และใช้ปุ๋ยเคมี 16-11-14 ในที่ดอน ใช้ 20-20-0 หรือ 26-7-7 ในที่ดินเหนียว
เพิ่มผลผลิต	
มันสำปะหลัง	ใส่ฟอสเฟตหว่านกระจายทั่วไร่มันสำปะหลัง จะกระตุ้นการออกรากทำให้รากมากและเจริญดีขึ้น รากนี้คือหัวมันสำปะหลังนั้นเอง ทำให้น้ำหนักของมันสูงขึ้น ควรหว่านโดโลไมต์ ไร่ละ 500-2,000 กิโลกรัม ในโดโลไมต์จะมีแมกนีเซียมเป็นแร่ธาตุรองชนิดหนึ่ง ช่วยปรับและรักษาสมดุลของกรดด่างในดินและในพืช เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ อันเป็นส่วนสีเขียวของพืช เมื่อพืชมีสีเขียวเข้ม ก็ทำให้สามารถจับพลังงานจากแสงแดดมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเช่นกัน ทำให้มันสร้างแป้งเพิ่มขึ้น
ขนุน	ควรใช้หินฟอสเฟตและโดโลไมต์ไร่หนึ่งอย่างละ 50-100 กิโลกรัมต่อปี แล้วแต่ว่าดินจะเป็นกรดจัดมากหรือกรดอ่อน ใส่ให้พอเหมาะขนุนก็จะแข็งแรงขึ้นเองโดยธรรมชาติ
สวนป่า	ดินที่นำมาปลูกสวนป่าเป็นดินเปรี้ยว จากการทับถมของเศษซากอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ในภายหลังหรือจากการตกค้างของปุ๋ยเคมีที่ใช้ติดต่อกันมานาน ดินเป็นกรดทำให้แร่ธาตุปุ๋ยต่าง ๆ เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยลงเนื่องจาก โพแทสเซียม ไนโตรเจน แคลเซียมและแมกนีเซียม ถูกชะล้างไปได้ง่าย ฟอสฟอรัสและธาตุหลายตัวถูกจับตรึง แต่เหล็กละลายออกมามากเกินไปจนแย่งการทำงานของแร่ธาตุปุ๋ยอื่นและเป็นพิษต่อพืช พืชจะขาดอาหาร โตช้า อาจติดโรคง่าย หากพบว่าดินเปรี้ยวหรือเป็นกรดจัด แก้ไขโดยใส่ปูน (ไม่เผา) ให้แก่ดิน เช่น โดโลไมต์, หินฟอสเฟต, ปูนมาร์ล หินฝุ่น หินปูนบด เปลือกหอยป่น เป็นต้น ใส่ครั้งละมากก่อนปลูกหรือ

การเกษตร	ประโยชน์ของโดโลไมต์และการใช้
	ครั้งละน้อยแต่บ่อยครั้งจนดินกลับเป็นกลาง จะใช้แร่ธาตุปุ๋ยในดินเป็นประโยชน์เต็มที่
การเพาะชำกล้ายางในหน้าแล้ง	ใช้ดินผสมปุ๋ยอินทรีย์, โดโลไมต์, หินฟอสเฟต, และแกลบดินเป็นวัสดุเพาะ รดน้ำให้ชุ่มชื้นเป็นประจำจนงอกและเจริญเติบโตต่อไป
ต้นส้ม	ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับส้มนั้นมีทั้งธาตุอาหารหลัก (N-P-K) ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) ดินที่เป็นกรดจัด พืชมักแสดงอาการขาดธาตุแคลเซียม แต่สามารถบำรุงดินได้ด้วยโดโลไมต์ หรือ ปูนขาว หรือหินฟอสเฟต จะลดปัญหาขาดธาตุแคลเซียมได้ ส้มที่ขาดธาตุแคลเซียมจะแคระแกรน ต้นแข็งกระด้าง ขนาดของใบเล็กลง กิ่งที่แตกใหม่ช่วงข้อจะสั้น ใบอ่อนสีซีดจากขอบใบเข้าไปหาเส้นกลางใบ เนื้อผลแฉะน้ำ และถ้ามีแคลเซียมมากเนื้อจะหยาบกระด้าง นอกจากนี้แล้วโดโลไมต์ยังให้ธาตุแมกนีเซียม ซึ่งถ้าต้นส้มขาดธาตุนี้ใบมักจะออกด่าง ๆ และสีบรอนซ์เห็นเด่นชัด โดยเฉพาะต้นที่ติดผลมาก ๆ ลักษณะใบสีซีดเหลืองที่ขอบใบมองดูคล้าย ๆ ตัว A กลับหัว ถ้าขาดธาตุรุนแรงและลุกลามเข้าสู่โคนใบและใบร่วงได้ ถ้าแมกนีเซียมมากอาจทำให้ผลส้มสุกช้ากว่าปกติ
ปาล์มน้ำมัน	การผลิตปาล์มน้ำมันต้องใช้ปุ๋ยเคมี อย่างสม่ำเสมอ พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันส่วนมากเป็นที่ลาดเนินเขา ขึ้นได้ดีในเขตภาคใต้ และในปีหนึ่ง ๆควรมีฤดูแล้งไม่เกิน 3 เดือน เห็นได้ว่าแหล่งปลูกปาล์มน้ำมัน คือเขตร้อนฝนตกชุกประกอบกับพื้นที่ลาดเอียง โอกาสสูญเสียธาตุอาหารจากฝนชะล้างมีค่อนข้างสูง ถ้าจัดการพื้นที่ไม่ดี ไม่มีพืชคลุมดิน ความจำเป็นต่อการเพิ่มปุ๋ยให้ต้นปาล์ม มีสูงมาก หากต้องการผลผลิตที่คงที่หรือเพิ่มขึ้น ปาล์มน้ำมันจะขาดปุ๋ยไม่ได้เลยก็ว่าได้ โดยปุ๋ยสำหรับปาล์มน้ำมันมีอยู่ 5 สูตร คือ - ปุ๋ยเคมี สูตร 20-11-11+1.2 MgO เป็นปุ๋ยหลักที่ให้กับปาล์มที่ปลูกในปีแรก - ปุ๋ยเคมีผสม สูตร 14-9-20+2 MgO (N-P-K-Mg) เป็นปุ๋ยอีกสูตรหนึ่งที่ใช้ทุกปี - ปุ๋ย สูตร 0-0-60 หรือปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ โดยใช้ร่วมกับปุ๋ยหลักสูตร 14-9-20+2 MgO โดยปุ๋ยทั้ง 2 สูตรนี้ใส่ให้กับต้นปาล์มครั้งแรกของทุกปี - ปุ๋ย สูตร 14-14-21 (หรือสูตรปุ๋ยตัวท้ายสูตรอื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกัน) เป็นปุ๋ยใส่ให้ต้นปาล์มทุกปี ๆ ละครั้ง (ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2) - ปุ๋ยหินฟอสเฟต เนื่องจากหินฟอสเฟตตกค้างเป็นประโยชน์ได้นาน 2-3 ปี จึงไม่จำเป็นต้องใส่ทุกปี อาจใส่หินฟอสเฟตทุก ๆ 2 ปี หรือทุก ๆ 3 ปีก็ได้ ประมาณ 2 กิโลกรัมต่อต้น

การเกษตร

ประโยชน์ของโดโลไมต์และการใช้

การใส่ปุ๋ยปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว มักแบ่งใส่ 2 ครั้ง โดยครั้งแรกใช้ปุ๋ยสูตร 14-9-20+2 MgO ผสมกับโพแทสเซียมคลอไรด์ (สูตร 0-0-60) หรือบางปีอาจร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตด้วยเมื่อจำเป็น เมื่อผสมปุ๋ยทั้ง 3 สูตรเข้าด้วยกัน ต้องรีบใส่ให้ต้นปาล์มทันที อย่าผสมทิ้งไว้นานๆ หากเริ่มจากการปลูกปาล์มพันธ์ดี มีการปรับปรุงเรื่องดิน น้ำ และปุ๋ย ประกอบกับการตรวจสอบกรดด่าง ปีละ 2 ครั้ง คือต้นฝนและปลายฝน และมีการแก้ไขดินกรดโดยใช้โดโลไมต์ หินฟอสเฟต ส่วนในดินทรายก็อาจใช้ปูนยิบซั่ม หรือแคลเซียมซัลเฟตใส่สลับกัน ดินก็จะหายจากการเป็นกรด และจะลดการจับตรึงแร่ธาตุต่าง ๆ และหากมีการใส่ปุ๋ยทั้ง 5 สูตร ดังกล่าวข้างต้น เหมาะสมตามความจำเป็นและความต้องการของปาล์มน้ำมันแล้ว ก็จะให้ผลผลิตคงที่ หรือสามารถเพิ่มผลผลิตได้เป็นอย่างดี จึงจะเห็นได้ว่าโดโลไมต์สามารถช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยทั้ง 5 สูตรลงได้อีกทางหนึ่งด้วย

วิธีดำเนินการวิเคราะห์

วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างโดโลไมต์ เป็นวิธีที่ได้ดัดแปลงและปรับปรุงมาจากวิธี classical analysis ของ Maxwell (1968) และ U.S.G.S (Shapiro, 1975) องค์ประกอบทางเคมีของโดโลไมต์ที่จะทำการวิเคราะห์ คือ H_2O^-, LOI , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO และ MgO

ขั้นตอนการดำเนินงานตั้งแต่วิธีการรวบรวมตัวอย่างโดโลไมต์ ที่ส่งมาทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเคมีของฝ่ายวิเคราะห์แร่และหิน จนถึงการวิเคราะห์หาปริมาณส่วนประกอบในโดโลไมต์ อาจกล่าวโดยละเอียดได้ตามหัวข้อต่อไปนี้

การเตรียมตัวอย่าง

เริ่มจากการบดตัวอย่างโดยนำตัวอย่างโดโลไมต์มาย่อยให้ขนาดเล็กลงด้วยเครื่องบดอย่างหยาบ (Jaw Crusher) แล้วนำเข้าเครื่องบดละเอียด (Pulverizer) จากนั้นนำไปชักตัวอย่าง (Sampling) ด้วยเครื่อง Riffle Sampler หรือการทำ Quartering จนเหลือปริมาณตัวอย่างตามต้องการ (ประมาณ 5-10 กรัม) นำตัวอย่างที่ได้จากการ Sampling ไปบดละเอียดขนาดประมาณ 200 mesh อีกครั้ง ด้วยเครื่องบดละเอียด (Siebtecnik) ตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วมาคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำไปใส่ขวดตัวอย่างและอบไล่ความชื้นออกไปในตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ 105-110 ^{o}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เนื่องจากการวิเคราะห์ต้องวิเคราะห์ในสภาพตัวอย่างปราศจากความชื้น (dry basis) นำขวดตัวอย่างออกมาปิดฝาแล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 4-6 ชั่วโมง

วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างโดโลไมต์

เครื่องมือ (Instrument)

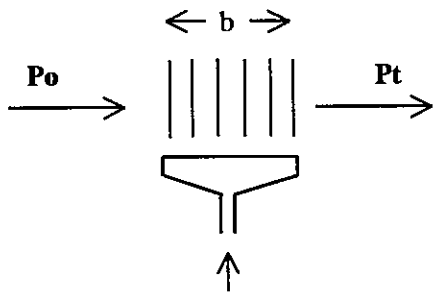
เครื่องเฟลมอะตอมมิกแอบซอร์พชั่นสเปกโทรมิเตอร์(Flame Atomic Absorption Spectrometer, AAS) ของบริษัท Varian Australia Pty Ltd. รุ่น Spectr AA800

หลักการของอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี

กระบวนการอะตอมมิกแอบซอร์พชัน (atomic absorption process) Beaty (1978) ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า เป็นกระบวนการดูดกลืนแสงของอะตอมเกิดจากอะตอมเสรี (free atom) ของธาตุดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่นจำเพาะอันหนึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับของพลังงานแตกต่างกัน

Atomic Absorption Spectroscopy ใช้หลักเดียวกัน คือ ใช้วิธีวัดแสงที่ถูกดูดกลืนโดยอะตอมเสรีในสถานะแก๊ส และอยู่ในสภาวะปกติ (ground state) เพื่อเปลี่ยนไปเป็นสภาวะกระตุ้น (excited state)

การทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมเสรีได้นั้นต้องมีการดูดกลืนพลังงานเข้าไป ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปต่างๆ กัน เช่นพลังงานความร้อนจากเปลวไฟ หรือความร้อนจากไฟฟ้า เป็นต้น จากนั้นอะตอมเสรีเปลี่ยนระดับจากสภาวะปกติไปเป็นสภาวะกระตุ้นระดับแรก โดยดูดกลืนพลังงานจากแหล่งกำเนิดแสงที่ความถี่คลื่นเฉพาะธาตุนั้นๆ คือหลอดฮอลโลว์แคโทด (Hallow Cathode Lamp ; HCL) เป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งฉาบด้วยโลหะชนิดเดียวกับธาตุ ที่ต้องการวิเคราะห์ที่ผ่านเข้าไปในเปลวไฟจากช่องแคบยาวเปิดของตะเกียงชนิดลามินาโฟลว์ ซึ่งมีอะตอมเสรีของธาตุต้องการวิเคราะห์อยู่ ที่ถูกฉีดพ่นผ่านเครื่องเนบิวไลเซอร์ (nebulizer) โดยอาศัยแรงดันที่เกิดจากแก๊สออกซิไดส์ไหลผ่านด้วย ปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของอะตอมของธาตุซึ่งอยู่ในสารละลายตัวอย่าง ดังนั้นแสงที่ผ่านไปจากอะตอมแล้วจะมีความเข้มลดลง ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์นี้ได้โดยใช้ Beer-Lambert's law ดังนี้



$$\log \frac{Po}{Pt} = \text{absorbance (A)} = abc$$

เมื่อ Po = ความเข้มของคลื่นแสงที่ตกกระทบอะตอม

Pt = ความเข้มของคลื่นแสงที่เหลือออกมาหลังจากดูดกลืนโดยอะตอม

a = molar absorptivity เป็นคุณสมบัติเฉพาะของอะตอมในการดูดกลืนแสง

b = ความยาวของ absorption path ที่มีอะตอมอยู่ (หมายถึงความยาว Slot ของ Burner)

c = ความเข้มข้นของอะตอมที่มีอยู่ในสารละลาย

A = Absorbance

จากกฎของ Beer-Lambert จะเห็นว่าค่า absorbance จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของอะตอมที่มีอยู่ในสารละลาย จากสมการสามารถคำนวณหาความเข้มข้นได้โดยตรง แต่เป็นวิธีที่ไม่นิยม ในทางปฏิบัติสามารถหาปริมาณของสารได้ โดยทำกราฟมาตรฐาน (calibration graph) โดยวัดค่า absorbance ของสารละลายมาตรฐานของธาตุที่รู้ความเข้มข้นที่แน่นอน แล้วนำมาเขียนกราฟระหว่าง absorbance และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน จากนั้นวัดค่า absorbance ของสารละลายตัวอย่างแล้วนำมาเทียบกับกราฟมาตรฐาน ก็สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างได้

อุปกรณ์ (Apparatus)

- เบ้าทองคำขาว (platinum crucible) ขนาด 25-30 มิลลิลิตร พร้อมฝาปิด (ภาคผนวก รูปที่ ก.1)
- ถ้วยทองคำขาว (platinum dish) ขนาด 250-300 มิลลิลิตร (ภาคผนวก รูปที่ ก.1)
- คีมคีบเบ้าทองคำขาว (nickle tongs) (ภาคผนวก รูปที่ ก.2)
- เบ้า porcelain ขนาด 30 มิลลิลิตร
- เตาไฟฟ้า (Hot plate) ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ถึง 250^{o}C ของ Thermolyne (Type 2200), Germany
- เตาอบไฟฟ้า (electric oven) ของ Memmert 854, Germany
- เตาเผาไฟฟ้า (muffle furnace) ของ Heraeus Hanau , Germany
- ตู้ดูดควัน
- เครื่องชั่งน้ำหนัก ของ Mettler 5 ตำแหน่ง (รุ่น AE 240 , Switzerland)
- desiccator
- กรวยกรองขนาด 65 มิลลิลิตร
- กระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11 และ 12.5 เซนติเมตร (ซม.) ของ Whatman เบอร์ 41 และ 42
- Glass Volumetric Flask ขนาด 50, 100, 250, 500 และ 1000 มิลลิลิตร ของ pyrex, USA
- Pipette ขนาด 10 และ 50 มิลลิลิตร
- Beaker ขนาด 250, 400 และ 600 มิลลิลิตร ของ pyrex, USA
- กระบอกตวงแก้วขนาด 25 และ 50 มิลลิลิตร
- Polyethylene stirrer
- แท่งแก้ว
- Policeman
- ขวดน้ำกลั่น

สารเคมี (Reagent)

สารเคมีที่ใช้เป็นชนิด AR grade (analytical reagent grade) น้ำกลั่นที่ใช้เป็น Deionized water

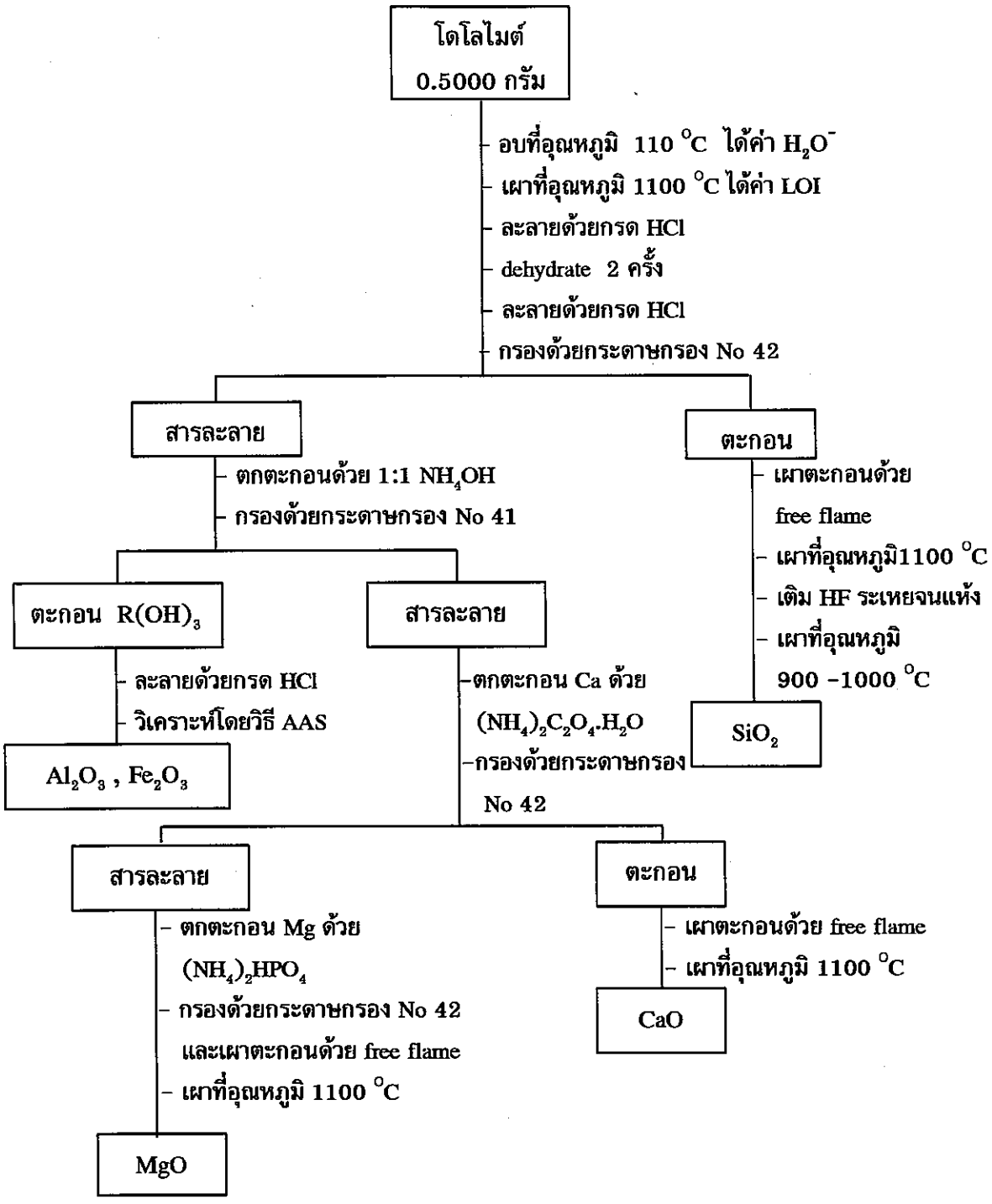
- กรดไนทริกเข้มข้น (Nitric acid, HNO_3) ของ บริษัท Merck, Germany
- กรดกัดแก้วเข้มข้น (Hydrofluoric acid, HF) ของ บริษัท Merck, Germany
- กรดเกลือเข้มข้น (Hydrochloric acid, HCl) ของ บริษัท Merck, Germany
- สารละลายแอมโมเนีย (Ammonium hydroxide,NH_4OH) ของบริษัท BDH Ltd., England
- โซเดียมคาร์บอเนต(Sodium carbonate, Na_2CO_3) ของ บริษัท Merck, Germany
- โพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride, KCl) ของ บริษัท Merck, Germany
- โพแทสเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (Potassium hydrogen carbonate, $KHCO_3$) ของบริษัท BDH Ltd., England
- แอมโมเนียมออกซาเลตโมโนไฮเดรท [Ammonium oxalate monohydrate, $(NH_4)_2C_2O_4.H_2O$] ของ บริษัท Merck, Germany
- แอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต [Ammonium hydrogen phosphate, $(NH_4)_2HPO_4$] ของ บริษัท Merck, Germany
- bromocresol purple indicator, pH 5.2-6.8 ของ บริษัท Merck, Germany
- สารละลายมาตรฐาน Al , Fe ความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ของบริษัท BDH Ltd., England

การเตรียมสารละลายเคมี

- สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (ที่มี K= 6.25%) เตรียมโดยชั่งน้ำหนักโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) มา 119.24 กรัม ละลายน้ำกลั่น และคนเพื่อให้ละลายได้ดีขึ้น เทใส่ Glass volumetric flask ขนาด 1000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
- เตรียม flux โดยชั่ง Na_2CO_3 : $KHCO_3$ ในอัตราส่วน 5:1 โดยน้ำหนัก
- เตรียม indicator โดยการชั่ง bromocresol purple มา 0.10 กรัม เติมสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.1 N ลงไป 1.85 มิลลิลิตร เทใส่ Glass volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นให้ถึงขีดปริมาตร
- เตรียม 1: 1 NH_4OH โดยนำสารละลายแอมโมเนียมาผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1: 1 โดยปริมาตร

วิธีการวิเคราะห์ (Procedure)

การวิเคราะห์หาส่วนประกอบของโดโลไมต์สามารถเขียนแผนผังได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงแผนผังการวิเคราะห์หาส่วนประกอบของโดโลไมต์

ลำดับขั้นตอนและเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบของโดโลไมต์

1. การวิเคราะห์หาปริมาณของ H_2O^- โดย Gravimetric Method

1.1 นำเบ้าทองคำขาวขนาด 25 มิลลิลิตร พร้อมฝาปิด มาเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 1000°C เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำมาเก็บไว้ใน desiccator ทิ้งไว้ให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้อง และชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักไว้ (W_0)

1.2 ชั่งตัวอย่างโดโลไมต์ประมาณ 0.5000 กรัม (ทราบน้ำหนักอย่างละเอียดและแน่นอน) ใส่ในเบ้าทองคำขาว บันทึกน้ำหนักเบ้าทองคำขาวและตัวอย่างไว้ (W_1)

1.3 นำเบ้าทองคำขาวพร้อมตัวอย่างเข้าตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105-110°C เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง เปิดฝาไว้เล็กน้อย

1.4 นำเบ้าออกจากตู้อบไฟฟ้า วางไว้ใน desiccator อย่างรวดเร็ว แล้วปิดฝาทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

1.5 ชั่งตัวอย่างพร้อมเบ้าและฝาอย่างรวดเร็ว บันทึกน้ำหนักไว้ (W_2)

การคำนวณ (Calculation)

$$\% H_2O^- = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{(W_1 - W_0)}$$

เมื่อ W_0 = น้ำหนักเบ้าเปล่าพร้อมฝา

W_1 = น้ำหนักของตัวอย่าง + น้ำหนักเบ้าพร้อมฝา ก่อนนำเข้าอบ

W_2 = น้ำหนักของตัวอย่างที่อบแล้ว + น้ำหนักเบ้าพร้อมฝา

2. การวิเคราะห์หาปริมาณส่วนที่หายไปหลังการเผา (Loss on Ignition, LOI) โดย Gravimetric Method

2.1 นำเบ้าพร้อมตัวอย่างที่หาความชื้น (moisture, H_2O^-) แล้วนั้น ใส่ในเตาเผาที่ อุณหภูมิ 1100 °C เป็นเวลา 30 นาที โดยเผยอฝาเล็กน้อย

2.2 นำเบ้าพร้อมฝา ใส่ไว้ใน desiccator ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องประมาณ 20-30 นาที ชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักไว้ (W_3)

การคำนวณ (Calculation)

$$\% LOI = \frac{(W_2 - W_3) \times 100}{W}$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง = $(W_1 - W_0)$

W_2 = น้ำหนักของตัวอย่าง + น้ำหนักเบ้าพร้อมฝา ก่อนนำเข้าเตาเผา

W_3 = น้ำหนักของตัวอย่าง + น้ำหนักเบ้าพร้อมฝา หลังการเผาในเตาเผา

3. การวิเคราะห์หาปริมาณของ SiO_2 โดย Gravimetric Method

3.1 นำตัวอย่างโดโลไมต์ที่ได้หลังจากหาค่า LOI เทใส่ในถ้วยทองคำขาว และล้างเบ้าทองคำขาวด้วยน้ำ 2-3 ครั้ง จนแน่ใจว่าไม่มีตัวอย่างค้างในเบ้าทองคำขาวแล้วเติมกรดเกลือ (HCl) เข้มข้น 10 มิลลิลิตร จนตัวอย่างละลาย

3.2 วางบน water bath เพื่อระเหยสารละลายจนแห้ง (ภาคผนวก รูปที่ ก.3) จะได้ตะกอนของซิลิกา เป็นการ dehydrate (การระเหยจนแห้งสนิท) ครั้งที่ 1

3.3 เติมกรดเกลือเข้มข้น 5 มิลลิลิตร โดยค่อย ๆ เติมลงไปจากส่วนบนด้านในรอบ ๆ ถ้วยทองคำขาว (dish) และฉีดน้ำกลั่นข้าง ๆ ถ้วยทองคำขาว หมุนถ้วยทองคำขาว ช่วยทำให้คราบตะกอนลงมาอยู่ในสารละลายกรดให้หมด ใช้กระจกนาฬิกาปิดถ้วยทองคำขาวตั้งบน water bath นาน 10 นาที แล้วเปิดกระจกนาฬิกาเพื่อระเหยสารละลายจนแห้งสนิทอีกครั้งหนึ่ง เป็นการ dehydrate ครั้งที่ 2 แล้วตั้งต่อไปให้ แห้งสนิทจริง ๆ อีก 15-20 นาที บน water bath เมื่อแห้งสนิทแล้วจะสังเกตได้เมื่อขยับ dish จะมีเสียงกรอบแกรบของคราบตะกอนที่ติดขอบด้านในถ้วยทองคำขาว

3.4 ค่อย ๆเทกรดเกลือเข้มข้น 5 มิลลิลิตรลงไปในถ้วยทองคำขาว ทำให้ตะกอนเปียกไปทั่วโดยหมุนถ้วยทองคำขาวไปรอบ ๆ ตั้งทิ้งไว้ 1-2 นาที หมุนถ้วยทองคำขาวเพื่อให้คราบของแข็งที่ติดข้าง ๆหลุดลงไปที่ก้นถ้วยทองคำขาวแล้วเติมน้ำกลั่นประมาณ 50 มิลลิลิตร ฉีดล้างข้าง ๆ ถ้วยทองคำขาวให้คราบตะกอนลงไปหมด

3.5 ปิดฝาถ้วยทองคำขาวด้วยกระจกนาฬิกา ตั้งบน water bath ต่ออีกประมาณ 10 นาที (ไม่ควรต้มนานเกิน 10-15 นาที เพราะ SiO_2 สามารถละลายได้บางส่วน) เพื่อให้คราบของแข็งละลายเร็วขึ้นจนหมด เหลือแต่ตะกอนของ SiO_2 อยู่ในสารละลาย

3.6 กรองตะกอนโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 42 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11 ซม. ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.7 ใช้ Polyethylene stirrer เขี่ยตะกอนของซิลิกาที่ติดอยู่ที่ถ้วยทองคำขาวลงไปในกระดาษกรองให้หมด ล้างถ้วยทองคำขาวและตะกอนด้วยน้ำร้อน 5-6 ครั้ง เช็ด Polyethylene stirrer และถ้วยทองคำขาว ด้วยเศษกระดาษกรองขนาด 1/8 ของแผ่น แล้วใส่รวมกับตะกอนในกรวย เก็บสารละลายลงในบีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร เพื่อไว้หาปริมาณ Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO และ MgO (ข้อ4.1)

3.8 นำตะกอนซิลิกา (SiO_2) ใส่ในเบ้าทองคำขาวใบเดิม จากนั้นเผาตะกอนโดยใช้เปลวไฟโดยตรง (free flame) เริ่มที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ก่อน ค่อย ๆ เพิ่มไฟจนกระดาษไหม้หมด จึงเพิ่มไฟจนแรงและได้ตะกอนสีขาวของ SiO_2 ดังภาคผนวก รูปที่ ก.4

หมายเหตุ : การเผาตะกอน ถ้าใช้ไฟแรง ๆตั้งแต่เริ่มเผา จะทำให้คาร์บอนจากกระดาษกรองถูกเผาไม่หมด ปริมาณ SiO_2 ที่หาได้จะมากกว่าความเป็นจริงเพราะคาร์บอนที่เหลือจะถูกเผาไหม้หมดหลังจากการไล่ SiO_2 ดังนั้นการเผาตะกอนควรใช้ไฟอ่อน ๆ ก่อน แล้วค่อยเพิ่มไฟทีละน้อย จนกระดาษกรองไหม้หมดแล้วจึงเพิ่มไฟแรง จนได้ตะกอนสีขาวของ SiO_2

3.9 นำเบ้าพร้อมฝา เข้าไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1100 °C เป็น เวลา 15 นาที นำออกจากเตาเผาไฟฟ้า วางไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน desiccator ชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักไว้ (W_4)

3.10 ฉีดน้ำกลั่นรอบๆ เบ้าทองคำขาว ด้วยความระมัดระวัง ไม่ให้ตะกอนฟุ้ง ทำให้ตะกอน SiO_2 เปียกเล็กน้อย เติมกรดกัดแก้ว (HF) ประมาณ 2-5 มิลลิลิตร ลงในเบ้าทองคำขาว นำไปวางบน water bath ในตู้ดูดควันสำหรับ HF โดยเฉพาะ และระเหยจนแห้งสนิท

3.11 ฉีดน้ำกลั่นรอบๆด้านในเบ้าทองคำขาวประมาณ 1-2 มิลลิลิตรและระเหยจนแห้ง เพื่อไล่ HF ที่เหลือออกให้หมด

3.12 เผาเบ้าด้วยเปลวไฟโดยตรง นำไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 900-1000°C ประมาณ 5 นาที นำออกมาวางให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน desiccator และชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักไว้ (W_5)

การคำนวณ (Calculation)

$$\% SiO_2 = \frac{(W_4 - W_5) \times 100}{W}$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง = $(W_1 - W_0)$

W_4 = น้ำหนักของตะกอนซิลิกา (SiO_2) + น้ำหนักเบ้าพร้อมฝาก่อนไล่ซิลิกา

W_5 = น้ำหนักเบ้าพร้อมฝา หลังไล่ซิลิกา

4. การวิเคราะห์หาปริมาณของ Al_2O_3 และ Fe_2O_3 โดยวิธี Atomic absorption spectrometry

หลังจากหาซิลิกาแล้ว จะมีส่วนที่เหลือติดอยู่ (residue) เป็นคราบที่เบ้าทองคำขาวที่ชั่งแล้ว นำมาวิเคราะห์หา Al_2O_3 , Fe_2O_3, CaO , MgO ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 ถ้ามีส่วนที่เหลือติดอยู่มาก นำมาหลอมกับ flux ประมาณ 0.2 กรัม (Na_2CO_3+$KHCO_3$, 5:1 โดยน้ำหนัก) โดยใช้เปลวไฟโดยตรง และนำมาละลายรวมกับสารละลายที่ได้จากการกรองซิลิกา (ข้อ 3.7) ในขั้นตอนวิธีวิเคราะห์หาปริมาณซิลิกา ถ้ามีคราบน้อยมาก หรือเกือบไม่มีเลย ใช้วิธีละลายกับกรดเกลือ แทนการ fuse ด้วย $KHSO_4$ ก็ได้

4.2 นำสารละลาย (filtrate) ที่ได้จากการกรอง ซิลิกา ในบีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร มาอุ่นบนเตาไฟฟ้าที่ร้อนพอประมาณ เติม NH_4Cl 5-6 กรัม (เพื่อป้องกันการตกตะกอนของ Mg) ต้มจนเกือบเดือด หยดอินดิเคเตอร์ (bromocresol purple) 4-5 หยด จะได้สารละลายสีเหลือง เติม 1:1 NH_4OH โดยปริมาตร จากขวดหยดทีละหยดพร้อมกับคนแรงๆ ตลอดเวลาขณะหยด จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วงน้ำเงิน (pH 5.2-6.8) แล้วเติมเกินพอ 2-3 หยดพอดีอย่างระมัดระวัง ตะกอน R_2O_3 ที่มีลักษณะเป็น gelatin ของธาตุกลุ่มนี้จะตกตะกอนในสารละลาย (Al , Fe , Ti และ P) ต้มให้ร้อนเกือบเดือดประมาณ 10 นาที

(การเติมสารละลาย NH_4OH ต้องระมัดระวังอย่ามากเกินไปเพราะ $Al(OH)_3$ สามารถละลายได้ในด่าง ทำให้ผลวิเคราะห์ผิดไป)

4.3 เมื่อตะกอนตกลงมาแล้วลดอุณหภูมิของเตาไฟฟ้า ลงที่อุณหภูมิ 80°C อุ่นทิ้งไว้ให้ตะกอนตกจนสมบูรณ์นาน 2-3 ชั่วโมง สารละลายขณะนี้จะมีกลิ่นของแอมโมเนียเล็กน้อย และตะกอน R_2O_3 จะเริ่มรวมตัวตกลงมาอยู่ด้านล่างของบีกเกอร์

4.4 กรองตะกอนขณะที่สารละลายกำลังร้อนจะกรองได้ง่าย ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 41 ขนาด 11 ซม. เก็บสารละลายไว้ในบีกเกอร์ ขนาด 400 มิลลิลิตร ล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนจัด 5-6 ครั้ง (จำนวนครั้งที่ล้างขึ้นกับจำนวนตะกอนถ้ามีตะกอนมากก็ล้าง 10-15 ครั้ง) อย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องรอให้แห้งสนิท filtrate เก็บไว้หาปริมาณ CaO , MgO (ข้อ 5.1)

4.5 นำกระดาษกรองที่มีตะกอนของ R_2O_3 ออกมาจากกรวย ค่อย ๆ คลี่กระดาษกรองลงในบีกเกอร์ใบเดิม (ขนาด 250 มิลลิลิตร) โดยมี แท่งแก้วค้ำด้านหลังกระดาษกรอง

4.6 ใช้ขวดน้ำกลั่นฉีดน้ำกลั่นชะตะกอนลงไปในบีกเกอร์ ละลายตะกอนที่ติดกระดาษกรองด้วยกรดเกลือเข้มข้น 2-3 มิลลิลิตร ชะล้างด้วยน้ำร้อน ๆ หลาย ๆ ครั้ง จนไม่มีสารละลายของ R_2O_3 เหลือติดบนกระดาษกรอง

4.7 นำสารละลายมาอุ่นบนเตาไฟฟ้า ละลายตะกอนที่อยู่ในบีกเกอร์ให้หมด ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องและเทใส่ Volumetric flask ขนาด 50 - 100 มิลลิลิตร ตามปริมาณตะกอน และปรับปริมาตรถึงขีด เขย่าให้เข้ากันดี

4.8 ถ้าต้องการหาปริมาณ Al ด้วย ต้องเติมสารละลาย KCl ลงไปให้มีความเข้มข้นของ K อยู่ในระดับ 2000 µg/ml ในสารละลายที่จะวิเคราะห์ Al ลงใน Volumetric flask และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณ Al_2O_3 และ Fe_2O_3 ตามเงื่อนไขในตารางที่ 4

4.9 เตรียมสารละลายมาตรฐานของ Fe และ Al

4.9.1 สารละลายมาตรฐาน 100 µg/ml (ppm) ของ Fe เตรียมจาก Standard Iron nitrate solution (BDH Laboratory Reagent) 1000 µg/ml Fe

- pipette มา 10 มล. ใส่ใน Volumetric Flask 100 ml.
- เติม 2 % HCl ถึงขีดปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากันดี จะได้ stock standard solution Fe 100 µg/ml ใช้เตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 1, 2, 3 และ 5 µg/ml ของ Fe เก็บไว้ในขวดที่มีฝาเกลียวปิดมิดชิด

4.9.2 สารละลายมาตรฐาน 100 µg/ml ของ Al เตรียมจาก Standard $Al(NO_3)_3$ solution (BDH Laboratory Reagent) 1000 µg/ml Al

- pipette มา 10 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask 100 มิลลิลิตร
- เติม 2 % HCl ถึงขีดปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากันดี จะได้ stock standard solution Al 100 µg/ml ใช้เตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 1, 2, 3 และ 5 µg/ml ของ Al เก็บไว้ในขวดที่มีฝาเกลียวปิดมิดชิด

4.10 นำสารละลายที่ได้จาก(ข้อ4.8)ไปวัดการดูดกลืนแสงของ Al และ Fe เทียบกับสารละลายมาตรฐาน Al และ Fe โดยเครื่อง AAS Varian Spectr AA 800 ตามเงื่อนไขของการใช้เครื่อง ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงเงื่อนไขการวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance, A) โดยเครื่อง AAS Varian Spectr AA 800 เพื่อหาปริมาณ Fe , Al

เงื่อนไข	Fe	Al
Wavelength	248.3 nm	309.3 nm
Lamp current ...	5.0 mA	10 mA
Slit Width	0.2 nm	0.5 nm
Fuel	Acetylene	Acetylene
Support	Air	Nitrous oxide
Flame type	Oxidizing (lean blue)	Reducing (rich red)

การคำนวณ (Calculation)

Conversion factor (POTTS, 1987)

Fe_2O_3 = Fe x 1.4297

Al_2O_3 = Al x 1.8895

$$\% Fe_2O_3 = \frac{\mu g/ml\ Fe \times \text{ปริมาตรทั้งหมดของสารละลาย} \times 100 \times 1.4297}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้} \times 10^{-6}}$$

$$\% Al_2O_3 = \frac{\mu g/ml\ Al \times \text{ปริมาตรทั้งหมดของสารละลาย} \times 100 \times 1.8895}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้} \times 10^{-6}}$$

ค่า µg/ml ของธาตุ Fe หรือ Al อ่านได้จาก Calibration curve ของ ค่าความเข้มข้น (µg/ml) ของสารละลายมาตรฐาน กับค่าการดูดกลืนแสง(absorbance) ของสารละลายมาตรฐานนั้น

5. การวิเคราะห์หาปริมาณของ CaO โดย Gravimetric Method

5.1 หาปริมาณ CaO ได้จากสารละลายที่กรองตะกอนของ R_2O_3 ออกแล้ว (ข้อ 4.4) โดยนำไปอุ่นบนเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิประมาณ 90°C เพื่อระเหยสารละลายในบีกเกอร์ ให้เหลือประมาณ 200 มิลลิลิตร ทำให้เป็นกรด ด้วยกรดเกลือเข้มข้น สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน

5.2 เติมแอมโมเนียมออกซาเลตโมโนไฮเดรท [Ammonium oxalate monohydrate, $(NH_4)_2C_2O_4.H_2O$] มากเกินพอเล็กน้อยประมาณ 0.7 กรัม ลงไป คนให้ละลายแล้ว ตั้งไฟให้ร้อน 70-80 °C หรือเกือบเดือด [ถ้าปริมาณของ CaO 40 % = $(NH_4)_2C_2O_4.H_2O$ 0.5 กรัม ถ้าปริมาณของ CaO 60 % = $(NH_4)_2C_2O_4.H_2O$ 0.8 กรัม]

5.3 เติม 1:1 NH_4OH ทีละหยดจนสารละลายเป็นกลางได้สีม่วงคงที่ แล้วเติมลงไปอีก 1-2 มิลลิลิตร (10-20 หยด) เพื่อให้สารละลายเป็นด่าง และมี NH_4OH มากเกินพอ คนแรง ๆ ขณะเติม NH_4OH

5.4 ตั้งอุ่นไว้บนไฟอ่อน ๆ จนตะกอนสีขาวของ calcium oxalate เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และตกลงมาหมด ประมาณ 6-8 ชั่งโมงหรือค้างคืนไว้

5.5 กรองตะกอนขณะร้อนผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 ขนาด 12.5 ซม. ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 600 มล ล้างตะกอนด้วย 1% แอมโมเนียมออกซาเลตโมโนไฮเดรท 2-3 ครั้ง (เพื่อลดการละลาย $Ca_2C_2O_4$ ในน้ำ) แล้วใช้ Policeman ถูตะกอนข้างบีกเกอร์ลงไปรวมกันในกรวย ล้างตะกอนต่ออีก 4 ครั้ง และล้างด้วยน้ำร้อนอีก 3 ครั้ง

5.6 Filtrate ที่กรองได้เก็บไว้นำไปหาปริมาณ แมกนีเซียมต่อไป (ข้อ 6.1)

5.7 นำตะกอน calcium oxalate ที่กรองได้ใส่ลงในเบ้าทองคำขาวขนาด 35 มิลลิลิตร ที่ทราบน้ำหนักเบ้าแน่นอน (W_6)

5.8 เผาตะกอน เริ่มจากไฟอ่อน เปิดฝาเบ้าเล็กน้อย และค่อย ๆ เพิ่มไฟจนได้ตะกอนสีขาวของ CaO แต่อาจยังไม่สมบูรณ์ดี อาจมี oxalate เหลืออยู่

5.9 นำเบ้าไปใส่ในเตาเผาที่อุณหภูมิ 1100 °C ประมาณ 30 นาที เผยอฝาเล็กน้อย เพื่อให้CO_2 ที่เกิดขึ้นออกได้สะดวก

5.10 นำเบ้าออกจากเตาเผาวางไว้ให้เย็นใน desiccator ประมาณ 20 นาที แล้วชั่งน้ำหนักอย่างรวดเร็ว บันทึกน้ำหนักไว้

5.11 นำเบ้าเผาที่อุณหภูมิ 1100 °C ประมาณ 15 นาที เผยอฝาเล็กน้อย เอาออกจากเตาเผาวางไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนักอย่างรวดเร็วทำเช่นนี้จนได้น้ำหนักแคลเซียมออกไซด์ (CaO) คงที่ บันทึกน้ำหนักไว้ (น้ำหนักคงที่ = W_7)

การคำนวณ (Calculation)

$$\% \text{ CaO} = \frac{(W_7 - W_6) \times 100}{W}$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง = $(W_1 - W_0)$

W_6 = น้ำหนักเบ้าเปล่าพร้อมฝา

W_7 = น้ำหนักคงที่ของตะกอน CaO + น้ำหนักเบ้าพร้อมฝา

6. การวิเคราะห์หาปริมาณของ MgO โดย Gravimetric Method

6.1 นำสารละลายที่กรองแคลเซียมออกแล้ว (ข้อ 5.6) ซึ่งอยู่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร มาตั้งไฟอ่อนๆ เพื่อระเหยออกไปบ้าง จนเหลือปริมาตรประมาณ 200 มิลลิลิตร

6.2 เติมกรดเกลือเข้มข้น ให้สารละลายเป็นกรด แล้วเติมลงไปให้ excees อีก 4-5 หยด สารละลายควรใสและมีสีเหลืองอ่อน ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

6.3 เติมแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต [Ammonium hydrogen phosphate, $(NH_4)_2HPO_4$] ประมาณ 2 กรัม คนให้ละลาย

6.4 นำไปแช่น้ำแข็ง จนสารละลายเย็นจัด แล้วค่อยๆ หยด 1:1 NH_4OH ลงไป จนสารละลายสีม่วงคงที่ ไม่เปลี่ยนอีกต่อไป คนแรงๆ ด้วย stirrer ขณะเติม 1: 1 NH_4OH

6.5 เติมสารละลาย NH_4OH เข้มข้นลงไป ให้มีความเข้มข้นของ NH_4OH 5% โดยปริมาตร (ในที่นี้ filtrate มีปริมาตร 200 มิลลิลิตร จึงเติม conc NH_4OH ลงไป 10 มิลลิลิตร) คนแรงๆ ขณะเติม และคนเป็นระยะต่อไปเป็นเวลา 30 นาที ขณะแช่เย็นที่ 10 ^{o}C จะเห็นตะกอนตกมากขึ้น ตั้งทิ้งไว้ค้างคืนเพื่อให้การตกตะกอนของ Magnesium ammonium phosphate สมบูรณ์

6.6 กรองตะกอนด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ขนาด 12.5 ซม.และล้างตะกอนด้วย 5 % NH_4OH 6-10 ครั้ง (เพื่อละลาย salt $(NH_4)_2HPO_4$ ที่เติมเกินพอ)

6.7 นำตะกอนที่ได้ใส่ลงในเบ้า porcelain ขนาด 30 มิลลิลิตร ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน (W_8) แล้วเช็ดบีกเกอร์และ stirrer ด้วยเศษกระดาษกรองใส่รวมกันลงในเบ้า

6.8 เผาโดยใช้เปลวไฟโดยตรง ใช้ไฟอ่อนๆ เผาตะกอนโดยเปิดฝาไว้ ค่อยๆ เพิ่มไฟที่ละน้อยจนไฟปานกลางให้คาร์บอนไหม้หมด เผาจนได้ตะกอนสีขาวปนเทาเล็กน้อยถึงเกือบขาวหรือมีสีขาว

6.9 นำตะกอนเข้าเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 1050-1100 ^{o}C ประมาณ 30 นาที จะได้ตะกอนของ $Mg_2P_2O_7$ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน desiccator และชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักไว้ (W_9) นำมา คำนวณหาปริมาณของ MgO

การคำนวณ (Calculation)

$$\% \text{ MgO} = \frac{(W_9 - W_8) \times 100 \times 0.3623}{W}$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง = $(W_1 - W_0)$

W_8 = น้ำหนักเบ้า porcelain เปล่า

W_9 = น้ำหนักตะกอน $Mg_2P_2O_7$ + น้ำหนักเบ้า porcelain

Convertion factor (Maxwell, 1968)

$$MgO = Mg_2P_2O_7 \times 0.3623$$

การประเมินประสิทธิภาพของวิธีการวิเคราะห์

การประเมินประสิทธิภาพของวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของโดโลไมต์ ที่ได้ปรับปรุงบางขั้นตอนจากวิธีของ Maxwell และ U.S.G.S. โดยการหาความแม่น (accuracy) และความเที่ยง (precision) ของวิธีวิเคราะห์ทางสถิติ ได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างอ้างอิงโดโลไมต์ J DO-1 ของ Geological Survey of Japan (GSJ), Japan หาปริมาณของ SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , H_2O^- และ LOI โดยวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5 และแสดงความแม่น และความเที่ยงของผลวิเคราะห์ตัวอย่าง J DO-1 ในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบในโดโลไมต์ (J DO-1) ของ Geological Survey of Japan (GSJ), Japan กับค่าที่ยอมรับ

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	ค่าที่ยอมรับ
	ออกไซด์หลัก (ร้อยละโดยน้ำหนัก)				
SiO_2.....	0.21	0.23	0.21	0.22	0.21
Al_2O_3.....	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Fe_2O_3.....	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
CaO.....	33.94	33.97	33.96	33.96	33.98
MgO.....	18.80	18.76	18.78	18.78	18.75
H_2O^-.....	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14
LOI.....	46.51	46.50	46.51	46.51	46.49

ตารางที่ 6 แสดงความแม่น และความเที่ยง ของผลวิเคราะห์ตัวอย่าง J DO-1 ใช้วิธีวิเคราะห์ที่ได้ปรับปรุงบางขั้นตอนจากวิธีของ Maxwell และ U.S.G.S.

[เครื่องหมาย Xi , ค่าออกไซด์หลัก (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ; $\overline{X}$, ค่าเฉลี่ย ; SD , ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ; Mean error , ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์ ; % RE , ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสัมพัทธ์ ; True value , ค่าที่เป็นจริง]

ตัวอย่าง หมายเลข	จำนวน ครั้ง	Xi	$\overline{X}$	$\lvert Xi - \overline{X} \rvert$	$(Xi - \overline{X})^2$	SD	Mean error	% RE	True value
SiO_2.....	ครั้งที่ 1	0.21	0.217	0.007	0.000049	0.0094	0.007	3.330	0.21
	ครั้งที่ 2	0.23		0.013	0.000169				
	ครั้งที่ 3	0.21		0.007	0.000049				
Al_2O_3.....	ครั้งที่ 1	0.02	0.020	0.000	0.000000	0.0000	0.000	0.000	0.02
	ครั้งที่ 2	0.02		0.000	0.000000				
	ครั้งที่ 3	0.02		0.000	0.000000				
Fe_2O_3.....	ครั้งที่ 1	0.02	0.020	0.000	0.000000	0.0000	0.000	0.000	0.02
	ครั้งที่ 2	0.02		0.000	0.000000				
	ครั้งที่ 3	0.02		0.000	0.000000				
CaO.....	ครั้งที่ 1	33.94	33.957	0.017	0.000289	0.0120	0.023	0.068	33.98
	ครั้งที่ 2	33.97		0.013	0.000169				
	ครั้งที่ 3	33.96		0.003	0.000009				
MgO.....	ครั้งที่ 1	18.80	18.780	0.020	0.000400	0.0160	0.030	0.160	18.75
	ครั้งที่ 2	18.76		0.020	0.000400				
	ครั้งที่ 3	18.78		0.000	0.000000				
H_2O^-.....	ครั้งที่ 1	0.15	0.143	0.007	0.000049	0.0050	0.003	2.143	0.14
	ครั้งที่ 2	0.14		0.003	0.000009				
	ครั้งที่ 3	0.14		0.003	0.000009				
LOI.....	ครั้งที่ 1	46.51	46.507	0.003	0.000009	0.0050	0.017	0.036	46.49
	ครั้งที่ 2	46.50		0.007	0.000049				
	ครั้งที่ 3	46.51		0.003	0.000009				

วิธีวิเคราะห์ทางเคมีของโดโลไมต์ที่ได้ดัดแปลงและปรับปรุงมาจากวิธีของ Maxwell (1968) และ U.S.G.S. (Shapiro, 1975) ตามที่ได้กล่าวมาโดยละเอียด ได้นำไปวิเคราะห์ตัวอย่างโดโลไมต์ จากอำเภอท่าแซะ อำเภอปะทิว อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร และอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี เพื่อหาปริมาณของ H_2O^-, LOI , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO และ MgO ผลวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 7 ถึง ตารางที่ 10

ผลวิเคราะห์ตัวอย่าง

ตารางที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของโดโลไมต์ จากอำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร

[เก็บตัวอย่างโดย นายจิรศักดิ์ เจริญมิตร ฝ่ายสำรวจธรณีวิทยา กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี]

ลำดับที่	เครื่องหมาย	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	LOI
		ออกไซด์หลัก (ร้อยละโดยน้ำหนัก)					
1	TS 3-1	0.33	0.05	0.17	32.60	19.83	46.95
2	TS 3-2	0.26	0.09	0.14	32.92	19.72	46.84
3	TS 142-1	0.12	0.01	0.14	32.70	19.56	46.79

ตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของโดโลไมต์ จากอำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร

[เก็บตัวอย่างโดย นายจิรศักดิ์ เจริญมิตร ฝ่ายสำรวจธรณีวิทยา กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี]

ลำดับที่	เครื่องหมาย	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	LOI
		ออกไซด์หลัก (ร้อยละโดยน้ำหนัก)					
1	TS 29-2	0.20	0.07	0.17	38.23	15.07	46.11
2	TS 29-3	0.18	0.06	0.07	47.66	7.17	44.68
3	TS 17-1	0.12	0.03	0.12	32.20	20.10	46.96
4	TS 29-1	0.63	0.39	0.20	42.85	10.43	44.44
5	TS 25-1	0.85	0.40	0.17	38.78	13.74	44.91

ตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของโดโลไมต์ จากอำเภอเมือง จังหวัดชุมพร

[เก็บตัวอย่างโดย นายจิรศักดิ์ เจริญมิตร ฝ่ายสำรวจธรณีวิทยา กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี]

ลำดับที่	เครื่องหมาย	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	LOI
		ออกไซด์หลัก (ร้อยละโดยน้ำหนัก)					
1	TS 38-1	0.15	0.05	0.15	34.04	18.37	46.52
2	TS 39-2	0.06	0.03	0.14	39.33	13.95	45.91
3	TS 10-6	0.17	0.04	0.08	34.80	17.75	46.55
4	TS 10-1	0.46	0.06	0.11	34.70	17.42	46.42
5	TS 10-5	2.78	0.23	0.34	35.40	16.33	44.78
6	TS 10-2	0.45	0.07	0.11	35.65	16.96	46.23

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของโดโลไมต์ จากอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี

[เก็บตัวอย่างโดย นายวุฒิกานต์ สุขเสริม กองเศรษฐธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี]

ลำดับที่	เครื่องหมาย	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	H_2O^-	LOI
		ออกไซด์หลัก (ร้อยละโดยน้ำหนัก)						
1	KB1	0.12	0.02	0.05	33.08	19.37	-	46.96
2	KB2	0.08	0.01	0.03	31.34	21.05	-	47.38
3	KB3	0.03	0.02	0.02	32.43	19.95	-	47.05
4	KB4	0.04	0.03	0.05	34.59	17.94	-	46.86
5	KB5	0.02	0.04	0.05	31.05	21.08	-	47.28
6	KB6	0.01	0.01	0.03	40.06	13.37	-	46.25
7	KB7	0.08	0.09	0.09	33.89	18.58	-	46.91
8	KB9	0.02	0.03	0.02	43.91	10.38	-	45.41
9	KB11	0.05	0.03	0.02	38.47	14.92	-	46.23
10	KB12	0.21	0.96	0.19	40.81	12.26	-	45.22
11	KB13	0.02	0.01	0.04	33.37	19.34	-	46.95
12	KB14	0.02	0.02	0.04	35.46	17.53	-	46.55
13	KB15	0.04	0.02	0.02	33.44	19.22	-	47.08
14	KB17	0.13	0.01	0.03	32.10	20.20	-	47.29
15	KB18	0.03	0.01	0.02	40.00	14.00	-	45.97
16	KB19	0.30	0.01	0.03	42.09	11.65	-	45.83
17	KB20	0.17	0.10	0.10	32.35	20.00	-	47.22
18	KB21	0.27	0.00	0.02	33.26	19.15	-	46.87
19	KB25	0.25	0.07	0.09	31.89	20.08	-	46.86
20	KB34	0.21	0.03	0.06	31.64	20.57	-	47.35
21	KB35	0.90	0.44	0.17	31.71	20.01	-	46.72
22	KB45	0.01	0.05	0.03	34.01	18.57	-	46.98
23	KB46	0.46	0.36	0.22	37.00	15.60	-	46.10
24	KB50	0.01	0.02	0.04	32.16	20.08	-	47.18
25	KB66	0.00	0.02	0.02	32.88	20.65	-	47.28

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของโดโลไมต์ จากอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ..... (ต่อ)

[เก็บตัวอย่างโดย นายวุฒิกานต์ สุขเสริม กองเศรษฐธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี]

ลำดับที่	เครื่องหมาย	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	H_2O^-	LOI
		ออกไซด์หลัก (ร้อยละโดยน้ำหนัก)						
26	KB67	0.00	0.03	0.03	34.14	19.91	-	45.90
27	KB68	0.10	0.01	0.03	34.08	19.56	-	46.21
28	KB69	0.17	0.05	0.04	35.75	18.27	-	45.70
29	KB70	0.13	0.06	0.01	32.48	20.81	-	46.32
30	KB71	0.15	0.03	0.04	33.75	14.64	-	45.17
31	KB87	0.00	0.04	0.07	33.71	19.76	-	46.34
32	KB88	0.00	0.02	0.06	32.85	20.32	-	46.76
33	KB89	0.13	0.01	0.04	33.80	19.92	-	46.73
34	KB95	0.11	0.22	0.11	31.67	20.43	-	46.69
35	KB96	0.18	0.08	0.09	33.08	19.43	-	46.67
36	TM97	0.22	0.01	0.48	30.64	21.29	0.18	47.25
37	TM98	0.04	0.17	0.45	31.13	20.83	0.18	47.15
38	TM99	0.04	0.09	0.25	32.13	20.16	0.04	47.16
39	TM100	0.04	0.10	0.45	31.57	20.43	0.08	47.09
40	TM101	0.02	0.20	0.32	32.25	19.97	0.22	46.98
41	TM102	0.08	0.10	0.24	33.90	18.64	0.06	46.85
42	TM103	0.10	0.08	0.29	33.44	18.99	0.08	46.90
43	TM104	0.08	0.37	0.12	31.02	21.04	0.02	47.32
44	TM105	0.53	0.37	0.12	35.67	16.77	0.02	46.84
45	TM106	0.15	0.11	0.20	32.06	20.14	0.06	47.24
46	TM107	0.16	0.00	0.28	33.82	18.71	0.04	46.93
47	TM115	0.84	0.33	0.44	31.47	20.14	0.07	46.76
48	TM116	0.02	0.15	0.11	30.92	21.22	0.08	47.36
49	TM117	0.12	0.13	0.11	31.09	21.04	0.11	47.34
50	TM118	0.14	0.05	0.10	30.84	21.22	0.14	47.38

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของโดโลไมต์ จากอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี . . . . . (ต่อ)

[เก็บตัวอย่างโดย นายวุฒิกานต์ สุขเสริม กองเศรษฐธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี]

ลำดับที่	เครื่องหมาย	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	H_2O^-	LOI
		ออกไซด์หลัก (ร้อยละโดยน้ำหนัก)						
51	TM119	0.03	0.07	0.12	30.86	21.22	0.12	47.38
52	TM120	0.06	0.04	0.22	31.28	20.86	0.13	47.18
53	TM121	0.01	0.06	0.07	30.84	21.31	0.13	47.41
54	TM122	0.01	0.09	0.16	30.84	21.31	0.13	47.41
55	TM123	0.06	0.14	0.11	37.40	15.35	0.09	46.74
56	TM124	0.24	0.00	0.21	30.83	21.26	0.05	47.28
57	TM125	0.30	0.05	0.23	30.74	21.30	0.01	47.33
58	TM126	0.45	0.00	0.08	31.06	21.04	0.05	47.20
59	TM127	0.22	0.25	0.07	31.04	21.10	0.01	47.20
60	TM128	0.15	0.31	0.34	31.95	20.07	0.13	47.06
61	TM129	0.08	0.42	0.28	34.13	18.25	0.19	46.62
62	TM130	0.07	0.49	0.29	31.61	20.37	0.16	47.07
63	TM131	0.16	0.36	0.28	33.12	19.11	0.19	46.84
64	TM132	0.08	0.46	0.20	32.50	19.67	0.21	46.95
65	TM133	0.12	0.19	0.41	31.58	20.35	0.02	46.94
66	TM134	0.40	0.29	0.37	30.53	21.12	0.20	47.14
67	TM135	0.27	0.21	0.24	38.38	14.63	0.18	46.17
68	TM136	0.26	0.03	0.29	32.63	19.64	0.18	47.06
69	TM137	0.09	0.00	0.19	32.24	20.07	0.13	47.25
70	TM139	0.02	0.00	0.29	31.78	20.48	0.04	47.36
71	TM140	0.06	0.00	0.91	30.45	21.33	-	47.12
72	TM141	0.00	0.00	0.35	31.12	20.52	-	46.84
73	TM142	0.00	0.09	0.31	32.07	20.23	-	47.22
74	TM143	0.00	0.00	0.81	30.50	21.36	-	47.28
75	TM147	0.17	0.07	0.10	32.35	20.00	-	47.22

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของโดโลไมต์ จากอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี . . . . . (ต่อ)

[เก็บตัวอย่างโดย นายวุฒิกานต์ สุขเสริม กองเศรษฐธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี]

ลำดับที่	เครื่องหมาย	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	H_2O^-	LOI
		ออกไซด์หลัก (ร้อยละโดยน้ำหนัก)						
76	TM148	0.00	0.00	0.35	31.01	20.52	-	46.84
77	TM149	0.00	0.00	0.27	32.00	20.29	-	47.25
78	TM150	0.00	0.00	0.27	32.00	20.29	-	47.25
79	TM151	0.00	0.00	0.81	30.50	21.56	-	47.28
80	TM152	0.13	0.10	0.51	33.05	19.10	0.10	46.89
81	TM153	0.19	0.00	0.37	36.54	16.31	0.08	46.57
82	TM154	0.10	0.18	0.22	40.44	13.01	0.11	45.96
83	TM159	0.13	0.06	0.07	31.48	20.81	-	47.32
84	TM160	0.15	0.03	0.04	39.05	14.39	-	46.42
85	TM161	0.10	0.01	0.04	34.37	18.44	-	46.97
86	TM162	0.15	0.03	0.03	30.66	21.55	-	47.40
87	TM163	0.10	0.01	0.04	34.37	18.44	-	46.97
88	TM164	0.15	0.03	0.03	30.66	21.55	-	46.66
89	TM165	0.01	0.24	0.06	31.03	21.07	0.17	47.34
90	TM166	0.01	0.18	0.11	31.09	21.03	0.13	47.31
91	TM167	0.01	0.23	0.16	30.92	21.15	0.15	47.43
92	TM168	0.00	0.00	0.19	36.86	16.18	0.08	46.76
93	TM169	0.62	0.27	0.30	33.89	18.20	0.10	46.49
94	TM170	0.02	0.00	0.23	33.95	18.66	0.08	47.10
95	TM173	0.01	0.02	0.04	32.16	20.08	-	47.19
96	TM174	0.29	0.05	0.43	31.48	20.49	0.12	47.15
97	TM175	0.15	0.29	0.10	31.40	20.61	0.20	47.22
98	TM176	0.09	0.58	0.10	31.40	20.61	0.20	47.22
99	TM177	0.07	0.45	0.13	31.80	20.20	0.20	47.08
100	TM178	0.13	0.59	0.10	34.94	17.45	0.26	46.55

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของโดโลไมต์ จากอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ..... (ต่อ)

[เก็บตัวอย่างโดย นายวุฒิกานต์ สุขเสริม กองเศรษฐธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี]

ลำดับที่	เครื่องหมาย	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	H_2O^-	LOI
		ออกไซด์หลัก (ร้อยละโดยน้ำหนัก)						
101	TM179	0.49	0.32	0.51	31.58	20.16	0.24	46.70
102	TM182	0.09	0.00	0.30	32.86	19.50	-	47.18
103	TM183	0.13	0.01	0.04	32.80	19.94	-	47.08
104	TM184	0.45	0.38	0.32	31.51	20.13	0.44	46.79
105	TM185	1.06	0.51	0.35	30.95	20.32	0.32	46.45
106	TM186	0.15	0.04	0.07	31.99	20.11	-	47.05
107	TM187	0.04	0.09	0.28	35.86	17.01	0.08	46.70
108	TM188	0.52	0.14	0.20	31.12	20.73	0.24	47.10
109	TM192	0.27	0.01	0.02	33.26	19.15	-	46.89
110	TM193	0.30	0.11	0.90	32.40	19.50	-	46.43
111	TM194	0.09	0.00	0.25	34.34	18.20	0.13	46.65
112	TM195	0.80	0.30	0.23	38.02	14.42	0.51	45.60
113	TM196	0.33	0.79	0.14	33.15	18.85	0.13	46.26
114	TM197	0.15	0.041	0.156	31.99	20.11	-	47.05

บทวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณส่วนประกอบที่เป็น major element ของตัวอย่างอ้างอิง J DO-1 ของ Geological Survey of Japan (GSJ) มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ยอมรับ (recommended value) ความแตกต่างเล็กน้อยอาจเนื่องมาจากสภาวะการทดลอง เช่น วิธีการ เทคนิคการวิเคราะห์ จำนวนข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณอาจไม่เหมือนกัน การทดลองนี้วิเคราะห์ซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง จะให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลวิเคราะห์ SiO_2 มีค่าเท่ากับ 0.0094, Al_2O_3 มีค่าเท่ากับ 0, Fe_2O_3 มีค่าเท่ากับ 0 , CaO มีค่าเท่ากับ 0.0120 , MgO มีค่าเท่ากับ 0.0160 , H_2O^- มีค่าเท่ากับ 0.0050 และ LOI มีค่าเท่ากับ 0.0050 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเหล่านี้ มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงความเที่ยง (Precision) ของวิธีการวิเคราะห์ได้เป็นอย่างดี ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (Mean error) SiO_2 มีค่าเท่ากับ 0.007, Al_2O_3 มีค่าเท่ากับ 0 , Fe_2O_3 มีค่าเท่ากับ 0 , CaO มีค่าเท่ากับ 0.023, MgO มีค่าเท่ากับ 0.030, H_2O^- มีค่าเท่ากับ 0.003 และ LOI มีค่าเท่ากับ 0.017 คิดเป็นค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ (%RE) SiO_2 มีค่าเท่ากับ 3.33 , Al_2O_3 มีค่าเท่ากับ 0 , Fe_2O_3 มีค่าเท่ากับ 0 , CaO มีค่าเท่ากับ 0.068 , MgO มีค่าเท่ากับ 0.160 , H_2O^- มีค่าเท่ากับ 2.143 , และ LOI มีค่าเท่ากับ 0.036 ตามลำดับ ค่าที่ได้ทั้งหมดส่วนมากมีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าผลวิเคราะห์มีความแม่นสูงเว้นแต่ค่า SiO_2 มีค่าสูงกว่าค่าอื่นแสดงว่า SiO_2 มีความผิดพลาดสูงกว่าค่าอื่นๆ และค่าของ H_2O^- ก็เช่นกัน แต่สารประกอบดังกล่าวยังให้ผลการทดลองเป็นที่ยอมรับได้

ตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์นี้จะแบ่งแยกชนิดของโดโลไมต์ตามการนำใช้ประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. หินปูนประเภท High calcium, Magnesian limestone ได้แก่หินปูนที่มีปริมาณ MgO ต่ำกว่า 3% สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ผลวิเคราะห์ที่มีอยู่ไม่มีค่าในเกณฑ์ดังกล่าว

2. หินปูนประเภท Dolomitic limestone ได้แก่หินปูนที่มี MgO ระหว่าง 3-10 % นำไปใช้ประโยชน์งานเกษตรเพื่อลดสภาพกรดในดินให้เหมาะสมแก่การเพาะปลูก จะพบหินประเภทนี้อยู่ใน อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร 1 ตัวอย่าง คืออันดับที่ 2 มีปริมาณ MgO 7.17 %

3. โดโลไมต์ประเภท Calcitic dolomite โดโลไมต์ชนิดนี้มีองค์ประกอบเคมีของ MgO อยู่ระหว่าง 10-18 % สามารถใช้ประโยชน์ในการปรับสภาพดินเป็นกรดในการเกษตร และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่โดโลไมต์ที่พบใน อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร จำนวน 3 ตัวอย่าง มีปริมาณ MgO 10.43-15.07 % ยกเว้นตัวอย่างที่ 1 และ 2 อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร มีปริมาณ MgO 13.95-17.75 % ยกเว้นตัวอย่างที่ 1 อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี 16 ตัวอย่าง มีปริมาณ MgO 12.26-17.94 %

4. โดโลไมต์ประเภท Dolomite หรือ High magnesium และ High purity dolomite เป็นโดโลไมต์ที่มีคุณภาพดีประกอบด้วย MgO 18-21 % ใช้ในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่นอุตสาหกรรมเซรามิก อุตสาหกรรมแก้ว เป็นต้น โดโลไมต์ชนิดนี้พบใน อำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร มี

ปริมาณ MgO 19.72-19.83 % อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร มีปริมาณ MgO 20.10 % ตัวอย่างเดียว อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร มีปริมาณ MgO 18.37 % มีตัวอย่างเดียว อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี มีปริมาณ MgO 18.07-21.55 % จำนวน 98 ตัวอย่าง

บทสรุป

วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณส่วนประกอบของโดโลไมต์ ปรากฏว่า วิธีการวิเคราะห์ที่ได้รับการปรับปรุงจากวิธีของ Maxwell และ U.S.G.S ได้ผลการทดลองดีมาก เนื่องจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าใกล้เคียงกับ 0 ทุก ๆค่าของปริมาณองค์ประกอบทางเคมี แสดงถึงความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ได้เป็นอย่างดี ส่วนค่าของความแม่นปรากฏว่า ทุก ๆค่าของปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของโดโลไมต์มีค่าใกล้เคียงกับ 0 แสดงว่า ค่าทุกค่ามีความแม่นยำในวิธีการวิเคราะห์

จากผลวิเคราะห์ทางเคมีของโดโลไมต์ อำเภอท่าแซะ อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ผลวิเคราะห์ที่ปรากฏอยู่ในเอกสารฉบับนี้ พบว่าเป็นแร่โดโลไมต์ที่มีปริมาณ MgO สูงกว่า 18.37 % เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากผลวิเคราะห์ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ MgO 18 % ขึ้นไป และมี SiO_2 , Al_2O_3, และ Fe_2O_3 ปะปนอยู่น้อย จัดเป็นแหล่งโดโลไมต์ที่ดีแหล่งหนึ่ง หากใช้ปริมาณ MgO, CaO , SiO_2 , Al_2O_3, และ Fe_2O_3 เป็นเกณฑ์กำหนดในการนำแร่โดโลไมต์ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆได้หลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมแก้ว อุตสาหกรรมเคมี โรงงานผลิตปุ๋ยการเกษตร เป็นต้น จะเห็นได้ว่าปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์โดโลไมต์อย่างกว้างขวาง ปริมาณความต้องการมีมากขึ้นเรื่อย ๆ และแนวโน้มการใช้ประโยชน์ในอนาคตทางด้านการแก้ไขสภาพดินเปรี้ยวหรือดินเป็นกรดจำเป็นต้องใช้โดโลไมต์ในปริมาณมาก เนื่องจากด่างอื่น ๆมีราคาแพง จึงไม่นิยมใช้กัน และหากดินมีปัญหาความเป็นกรดมากขึ้น ต้องใช้เวลาปรับปรุงดิน 2–3 ปี กว่าจะคืนสู่สภาพปกติ ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการใส่ปุ๋ยทางใบเพิ่มขึ้น ดังนั้นหากมีการใช้ปุ๋ยโดโลไมต์อย่างสม่ำเสมอในปริมาณที่เหมาะสม จะช่วยลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นได้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน,2540, แผ่นพับเรื่องโครงการแกล้งดิน : ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์, สำนักงานเลขานุการกรม,4 หน้า.

คณะอนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา,2530, พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา อังกฤษ-ไทย (พิมพ์ครั้งที่1) : กรุงเทพฯ, จัดพิมพ์โดย คณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งชาติ, พิมพ์ที่โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 39.

จุมพล คืนตัก และ พิภพ วสุวานิช, 2531, หินปูน หินปูนมาร์ล (ดินสอพอง) และโดโลไมต์ : รายงานการสำรวจหินปูนของฝ่ายแร่อโลหะ กองเศรษฐธรณีวิทยา, ฝ่ายแร่อโลหะ, กองเศรษฐธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี, หน้า 1-2.

ชมรมถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร , 2538 , ประโยชน์ของโดโลไมต์ในทางการเกษตรกรรม : บทความหน้าหนังสือพิมพ์เดลินิวส์ , หนังสือพิมพ์เดลินิวส์ , 9 มีนาคม 2538 , 1 หน้า.

นิภา จุละจาริตต์ และ ธีรานี โชติกไกร , 2539 , เทคนิคการใช้อุปกรณ์ทองคำขาวในงานวิเคราะห์วิจัยทางเคมี : กรมทรัพยากรธรณี , กระทรวงอุตสาหกรรม , หน้า 18 , 48 .

ธีรานี โชติกไกร , 2532 , คุณสมบัติทางเคมีและการใช้ประโยชน์หินคาร์บอเนตแหล่งลพบุรี : ฝ่ายวิเคราะห์วิจัยแร่และหิน , กรมทรัพยากรธรณี , กระทรวงอุตสาหกรรม , หน้า 11 .

มานพ ตัณฑเตมีย์ , [ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์] ปัญหาและแนวทางในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด *ใน* คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่อง โครงการพัฒนาดินเค็มดินเปรี้ยวภาคใต้ ตามแผนพัฒนาชนบทยากจน (2525-2529) : ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์, สำนักงานเลขานุการกรม, กรมพัฒนาที่ดิน, หน้า 33.

เมธี มณีวรรณ , 2527 , ดินเปรี้ยวจัดและการปรับปรุง *ใน* คำบรรยายในการฝึกอบรม โครงการพัฒนาดินเค็มดินเปรี้ยวภาคใต้ : ฝ่ายพัฒนาบุคคล, กองการเจ้าหน้าที่, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 177 หน้า.

————, [ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์] , ดินที่มีปัญหาทางการเกษตรและการปรับปรุง *ใน* คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่อง โครงการพัฒนาดินเค็มดินเปรี้ยวภาคใต้ ตามแผนพัฒนาชนบทยากจน (2525-2529) : ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์, สำนักงานเลขานุการกรม, กรมพัฒนาที่ดิน, หน้า 114-119.

รัชฎา รุจิพัฒนพงศ์, 2540, หินปูนและโดโลไมต์กับการนำไปใช้ประโยชน์ในภาคใต้ : สำนักงานทรัพยากรธรณีเขต 1 สงขลา, กรมทรัพยากรธรณี , กระทรวงอุตสาหกรรม , หน้า 2-4 .

อรกุล โภคากรวิจารณ์, 2543, แร่ (พิมพ์ครั้งที่ 4) : ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ , สำนักเลขานุการกรม, กรมทรัพยากรธรณี , 272 หน้า.

Cornelius , S., Hurlbut, J.R., 1971, Dana's Manual of Mineralogy (18 th ed.) : USA , John Wiley & Sons, Inc., p.326-327.

Maxwell, J.A., 1968, Rock and Mineral Analysis *in* Elving, P.J., Kolthoff, I.M., eds., Chemical Analysis: USA, Interscience Publishers, John Wiley &Sons Inc ., v.27, 584 p.

Pettijohn, F.J., 1949, Sedimentary Rocks (2 nd ed,) : New York, Evanston, and London , Harper & Brothers Publishers, p.312-313.

Prederick, H.P., 1996 , A Field Guide to Rocks and Minerals (5 th ed.) : New York, Houghton Mifflin Company , p.196-197.

Potts, P.J., 1987, A Handbook of Silicate Rock Analysis , Research Fellow in Earth Sciences : The Open University Milton Keynes , UK ., p.27 .

Shapiro, L., 1975, Rapid Analysis of Silicate Carbonate and Phosphate Rocks (Revised Edition) : U.S. Geological Survey Bull, 1401, 76 p.

Stokowski , S , Jr., Shapiro , A., and Pincomb , A., 1992 , Industrial minerals for acid neutralisation : Industrial Minerals , November , p.67.

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน, 2543 , พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวกับงานพัฒนาทรัพยากรดิน: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ http :// www.ldd.go.th , 25 เมษายน 2543 , 14 หน้า .

ชันธ์พงษ์ จริงจิตร , 2542, การวิเคราะห์ตัวอย่างไซนาสโตน : กองวิเคราะห์ , กรมทรัพยากรธรณี , 100 หน้า.

ยุคล มัณฑะจิตร , 2535, คู่มือการวิเคราะห์ทางเคมีสำหรับแร่และหิน : ฝ่ายวิเคราะห์วิจัยแร่และหิน กองวิเคราะห์ , กรมทรัพยากรธรณี , 176 หน้า.

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.) , 2542 , ประวัติศาสตร์ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริ : บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน) , 176 หน้า.

เอ็นดู ต้นกูล , 2534, การตรวจสอบหินปูน-โดโลไมต์ ในสนาม โดยสาร Alizarin Red S และสาร Magneson II : ฝ่ายวิเคราะห์วิจัยดินและตะกอนธารน้ำ, กองวิเคราะห์, กรมทรัพยากรธรณี, กระทรวงอุตสาหกรรม, 22 หน้า.

ภาคผนวก

รูปแสดงอุปกรณ์ทองคำขาวและลักษณะการใช้งาน

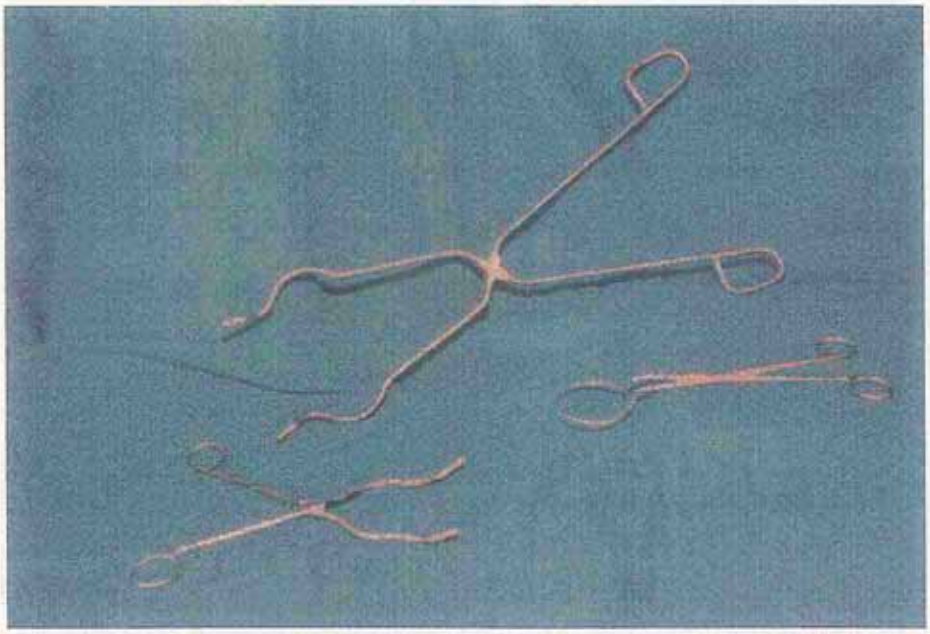
รูปที่ ก1 รูปร่างลักษณะของเบ้าและถ้วยทองคำขาว

รูปที่ ก2 รูปลักษณะของคีมขนาดต่าง ๆที่ใช้กับเบ้าทองคำขาว

รูปที่ ก3 แสดงลักษณะการใช้ถ้วยทองคำขาวขณะทำการระเหยสารละลายบน water bath

รูปที่ ก4 ภาพแสดงลักษณะการใช้เบ้าทองคำขาวขณะเผาตะกอน

รูปที่ ก1 รูปร่างลักษณะของเบ้าและถ้วยทองคำขาว
คัดลอกจาก นิภา จุละจาริตต์ และธีรานี โชติกไกร (2539)



รูปที่ ก2 รูปลักษณะของคีมขนาดต่าง ๆที่ใช้กับเบ้าทองคำขาว
คัดลอกจาก นิภา จุละจาริตต์ และธีรานี โชติกไกร (2539)

รูปที่ ก3 แสดงลักษณะการใช้ถ้วยทองคำขาวขณะทำการระเหยสารละลายบน water bath
คัดลอกจาก นิภา จุละจาริตต์ และธีรานี โชติกไกร (2539)

รูปที่ ก4 ภาพแสดงลักษณะการใช้เบ้าทองคำขาวขณะเผาตะกอน
คัดลอกจาก นิภา จุละจาริตต์ และธีรานี โชติกไกร (2539)