

กรณีศึกษาของหินอัคนีบริเวณด้านตะวันออกของ อำเภอ ไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์

นางสาว ดาววรินทร์ ศรีจันทร์

รหัสประจำตัวนิสิต 4932710123

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พุทธศักราช 2552

ธรณีเคมีของหินอัคนีบริเวณด้านตะวันออกของ อำเภอ พายัพ จังหวัดนครสวรรค์

ดาววรินทร์ ศรีจันทร์

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทร:0-8313-4481 email:praew_vidya@hotmail.com

บทคัดย่อ: พื้นที่ภาคตะวันออกของอำเภอพายัพ จังหวัดนครสวรรค์ ถูกเลือกเป็นพื้นที่ศึกษาเนื่องจากเป็นบริเวณที่ครอบคลุมด้วยหินอัคนีแทรกซอนหลายชนิด อาทิ หินอัลคาไลน์-เฟลด์สปาร์-ไซย์ไนท์ หินไซย์ไนท์ หินมอนโซไนท์ หินควอร์ต-มอนโซไนท์ หินควอร์ต-ไดออไรต์ และหินไดออไรต์ โดยมีหินบะซอลต์และหินแอนดีไซต์ แทรกดันหินอัคนีแทรกซอนในลักษณะของผนังหิน

ตัวอย่างของหินทั้งหมด 20 ตัวอย่างได้ถูกนำไปวิเคราะห์ทางเคมี โดยใช้เครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometer วิเคราะห์ปริมาณธาตุหลักทั้งหมดและธาตุรองบางตัว ในขณะที่เดียวกันได้ใช้เครื่อง Colorimeter (UV-VIS Spectrometer) วิเคราะห์ปริมาณ SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer วิเคราะห์ปริมาณ CaO , MgO , K_2O , Na_2O เพื่อเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF และปริมาณธาตุหายากวิเคราะห์โดย Neutron Activation Analysis

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเครื่อง Colorimeter (UV-VIS Spectrometer) และเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จาก XRF มีความแตกต่างกันที่ชัดเจน ซึ่งทำให้ไม่สามารถสรุปได้ รายงานฉบับนี้จึงใช้ผลที่ได้จากเครื่อง XRF มาพิจารณา

ผลการศึกษาปรากฏว่าหินอัคนีแทรกซอนเหล่านี้ประกอบด้วย SiO_2 44.63 – 72.71%, TiO_2 0.26 – 2.60 %, Al_2O_3 13.39 – 17.52 %, Fe_2O_3 1.75 – 15.43 %, MnO 0.01 – 0.27 %, MgO 0.19 – 7.12%, CaO 0.44 – 12.69 %, Na_2O 2.25 – 6.92 %, K_2O 0.33 – 5.73 % และ P_2O_5 0.04 – 0.71%. โดยองค์ประกอบทางเคมีของหินมีการเปลี่ยนแปลงจากหินอัลคาไลน์-เฟลสปาร์ ไซย์ไนท์ เป็นหินควอตซ์-ไดออไรต์ เป็นหินควอตซ์-มอนโซไนท์ เป็นหินไซย์ไนท์ และไปเป็นหินมอนโซไนท์ โดยที่มีปริมาณ SiO_2 เพิ่มขึ้นอย่างสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของการเพิ่มขึ้นของ NaO และ K_2O ในขณะที่ปริมาณ Al_2O_3 , MnO , MgO , CaO , TiO_2 และ P_2O_5 มีปริมาณลดลง

เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณอัลคาไลน์รวม ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) ของหินของหินไซย์ไนท์ หินมอนโซไนท์ และหินควอตซ์-มอนโซไนท์ มีค่าระหว่าง 9.37-11.06% ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงมาก น่าจะเป็นแหล่งแร่เฟลด์สปาร์ได้ในอนาคต

Geochemistry of Igneous rocks at an area east of Amphoe Phai Sari, Changwat Nakhornsawan

Daowarin Srichan

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University;

Tel: 0-8313-44181, e-mail: praew_vidya@hotmail.com

Abstract: An area east of Amphoe Phai Sari, Changwat Nakhornsawan was chosen for this study. This is because of the fact that the area was covered by many kinds of intrusive rocks i.e. Alkali-feldspar syenite, Syenite, Monzonite, Quartz monzonite, Quartz diolite and Diolite. These intrusive rocks were intruded by Andesitic and Basaltic dykes.

Altogether twenty rock samples were chemically analyzed for all major elements by X-ray Fluorescence Spectrometer, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 were analyzed by Colorimeter (UV-VIS Spectrometer) whereas CaO , MgO , K_2O , Na_2O were analyzed by Atomic Absorption Spectrophotometer. In addition, REE was analyzed by Neutron Activation Analysis. It was intended to find out the discrepancy among the XRF and the others. Unfortunately, the results were erratic. Thus, this study has to used the analyzes, carried out by XRF for consideration.

The results show that these intrusive rocks comprise SiO_2 44.63 – 72.71%, TiO_2 0.26 – 2.60 %, Al_2O_3 13.39 – 17.52 %, Fe_2O_3 1.75 – 15.43 %, MnO 0.01 – 0.27 %, MgO 0.19 – 7.12%, CaO 0.44 – 12.69 %, Na_2O 2.25 – 6.92 %, K_2O 0.33 – 5.73 % and P_2O_5 0.04 – 0.71%. The rocks chemically change from Alkali-feldspar syenite to Quartz diolite to Quartz monzonite and to Syenite, Monzonite. This can be observed that SiO_2 contents increase in accordance with the increase of Na_2O and K_2O contents whereas Al_2O_3 , MnO , MgO , CaO , TiO_2 and P_2O_5 contents decrease.

It is noticeable that the amount of total Alkali($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) of Syenite, Monzonite and Quartz monzonite vary from 9.37-11.06% which is quantity high. This may be used for Feldspar resources for the near future.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย นาคะผดุงรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
โครงการในคำแนะนำ คำปรึกษาและรวมไปถึงการให้ความช่วยเหลือในทุกด้านของงานวิจัยนี้
ขอขอบพระคุณอาจารย์ มาลาตี ทัยคุปต์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงการเป็นอย่างสูงที่ให้คำแนะนำ
คำปรึกษาในการศึกษาระณีเคมีของหิน ตลอดจนความช่วยเหลือในการติดต่อความอนุเคราะห์ขอใช้
เครื่องมือของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ขอขอบพระคุณสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ในความอนุเคราะห์
เครื่องมือเพื่องานวิจัย ขอขอบพระคุณคำแนะนำ คำสอนของอาจารย์ อภรณ์ บุชมงคล ในการวิเคราะห์
ธาตุหายาก และขอขอบคุณ คุณวรพจน์ เพิ่มน้ำทิพย์ ผู้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการวิจัยธาตุหา
ยาก

ขอขอบคุณอย่างสูงในความช่วยเหลือและคำปรึกษาของ คุณจิระประภา เนียมปาน ใน
กระบวนการศึกษาระณีเคมีของหิน ขอขอบคุณ คุณประจัน ทองประชุม และคุณบรรจง พวงทอง ที่ให้
ความช่วยเหลือและคำแนะนำการเตรียมตัวอย่างผงหินบด ขอขอบคุณ นส.ชุตินันท์ ลิ้มปกาศัญญ์เวช นาย
นัทธิ ชิตางกูร นาย เจตนา สารทอสี่ ญาดา ผลวิมลจิต และผู้ที่ไม่ได้กล่าวถึงที่ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา
ตลอดจนกำลังใจเพื่องานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและภาควิชาธรณีวิทยาที่มอบโอกาส มอบความรู้
และความอนุเคราะห์ด้านการศึกษา

สุดท้ายผู้วิจัยขอขอบคุณครอบครัวที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำงานวิจัยนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ไทย)	๑
บทคัดย่อ (อังกฤษ)	๑
กิตติกรรมประกาศ	๗
สารบัญ	๗
สารบัญรูปภาพ	๘
สารบัญตาราง	๘
บทที่ 1 : บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	1
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตการศึกษาและสถานที่ศึกษา	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 : วิธีดำเนินงานวิจัย	6
2.1 วิธีดำเนินงานวิจัย	6
2.2 การวิเคราะห์กรณีศึกษา	8
บทที่ 3 : ผลการวิเคราะห์กรณีศึกษา	27
บทที่ 4 : สรุปผลงานวิจัย	40
เอกสารอ้างอิง	41
ภาคผนวก	43

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์และอำเภอไพศาลี	3
รูปที่ 1.2 แสดงพื้นที่ศึกษาและจุดเก็บตัวอย่าง	5
แผนภาพที่ 2.1 แสดงวิธีดำเนินงานวิจัย	7
แผนภาพ 2.2 แสดงวิธีวิเคราะห์หาค่าเคมีของหินอัคนี	8
รูปที่ 2.3 แสดงการระเหยน้ำออกด้วยเตาไฟฟ้า (electric hotplate)	10
รูปที่ 2.4 แสดง crucible ที่เผาด้วย ตะเกียงบุนแส (Bunsen Burner)	11
รูปที่ 2.5 แสดง crucible ที่นำออกจากตะเกียงบุนแส แล้วตั้งให้ให้เย็น	11
รูปที่ 2.6 แสดงการกรองสารละลาย	12
รูปที่ 2.7 แสดงสารละลาย A ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ในขวดพลาสติก	12
รูปที่ 2.8 แสดงสารละลายตัวอย่าง วิเคราะห์หาปริมาณ Fe_2O_3	16
รูปที่ 2.9 แสดงเครื่อง AAS(PerkinElmer prociety AAnalyst 200)	18
รูปที่ 2.10 แสดงหลอดทดลองสารละลายตัวอย่าง	18
รูปที่ 2.11 แสดงเครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometry (Bruker AXS S4Pioneer)	20
รูปที่ 2.12 แสดงเครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometry (Bruker AXS S4Pioneer)และ sample holder ของเครื่องมือ XRF	20
รูปที่ 2.13 แสดงเครื่องอัดแบบไฮดรอลิกที่ 200 Pa	21
รูปที่ 2.14 แสดงการเตรียมตัวอย่างวิธีวิเคราะห์ NAA	24
รูปที่ 2.15 แสดงอุปกรณ์การวิเคราะห์ NAA	25

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.16 แสดงเครื่อง MCA	26
รูปที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือต่างๆ	29
รูปที่ 3.2 แสดง Harker variation diagram	35
รูปที่ 3.3 แสดง Chondrite-normalized REE patterns	39

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือต่างๆ	28
ตารางที่ 3.2 แสดงธาตุองค์ประกอบหลัก ธาตุองค์ประกอบรอง และ ธาตุหายากบางตัว(ด้วยเครื่อง XRF)	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

จากการศึกษาภาคสนาม Yanticha et al., 2009 และ Teawpanich et al., 2009 พบว่าบริเวณด้านตะวันออกของอำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์มีหินอัคนีหลายชนิดโดยเชื่อว่าบริเวณดังกล่าวมีการเกิดระเบิดและปะทุของภูเขาไฟหลายช่วงเวลาและเกิดค่อนข้างต่อเนื่องกัน ซึ่งหินอัคนีที่พบประกอบด้วยหินบะซอลต์ติกทัฟฟ์ (Basaltic tuff) หินแอนดีไซติกทัฟฟ์ (Andesitic tuff) และหินไรโอไลติกทัฟฟ์ (Rhyolitic tuff) นอกจากนี้ยังพบหินแกรนิต หินแอนดีไซต์ และหินไรโอไลต์ โดยหินแอนดีไซต์เกิดเป็นพนักหิน (Dyke) แทรกเข้ามาในหินแกรนิต

หินอัคนีบริเวณนี้จัดอยู่ในแนวหินอัคนี เลย-เพชรบูรณ์-เกาะช้าง ที่มีแนวเริ่มตั้งแต่จังหวัดเลยไปจนถึงทางตะวันออกของอ่าวไทย โดยหินอัคนีบริเวณไพศาลีส่วนใหญ่ประกอบด้วย หินไรโอไลต์ ไรโอไลติกทัฟฟ์ หินแอนดีไซต์ และหินบะซอลติกแอนดีไซต์ แนวหินอัคนีดังกล่าวนี้มีความสัมพันธ์กับการเกิดของแร่ทางเศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้กับประเทศมากมายไม่ว่าจะเป็น ทอง ทองแดง แมงกานีส เหล็ก และแบเรียม ซึ่งเหมือนทองคำอัคราซึ่งเป็นเหมือนทองคำที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทยก็อยู่ทางทิศเหนือของพื้นที่เพียง 60 กิโลเมตร (Jungyusuk & Khositant, 1992)

เนื่องจากการศึกษาในภาคสนามเบื้องต้น Yanticha et al., 2009 และ Teawpanich et al., 2009 จึงไม่ได้ศึกษาด้านสิลาวรรณนาและธรณีเคมี ทำให้การเรียกชื่อหินอาจเกิดการผิดพลาด ผู้เขียนจึงได้เลือกพื้นที่ศึกษานี้เพื่อจะให้ข้อมูลธรณีวิทยาและธรณีเคมีพื้นฐานนี้อาจใช้ประโยชน์ในการสำรวจแหล่งแร่มีค่าต่อไป

1.2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บริเวณอำเภอไพศาลีมีหินอัคนีหลายชนิด ได้แก่ หินไรโอไลต์ หินไรโอไลติกทัฟฟ์ หินแอนดีไซต์ และหินบะซอลติก-แอนดีไซต์โดยพบว่าหินบะซอลติกแอนดีไซต์มีอายุอ่อนสุด หินภูเขาไฟเหล่านี้มีอายุเพอร์เมียน-จูแรสซิก (Permian-Jurassic) โดยอาศัยหลักฐานอายุเปรียบเทียบจากธรณีสนาม นอกจากนี้ยัง

พบว่าหินอัคนีหลายประเภท หินแกรนิตและหินไดออไรต์มีอายุอ่อนกว่าหินภูเขาไฟโดยอาศัยหลักฐานที่ หินแกรนิตและหินไดออไรต์ต้นแทรกหินไรโอลิติกทัฟฟ์(Jungyusuk & Khositanont,1992)

Jungyusuk & Putthapiban,(1989) ได้ศึกษาธรณีเคมีของหินอัคนีบริเวณอำเภอไพศาลีจังหวัด นครสวรรค์และอำเภอลำน้ำราชนครสวรรค์และสรุปว่าหินอัคนีภูเขาไฟบริเวณนี้เป็นหินอัคนีภูเขาไฟ ชั้นชั้นมีการกำเนิดจากแมกมา(Magma)2ชนิด แมกมาชนิดที่หนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบจาก หินเดซิติก(Dacitic)และเวลดัดทัฟฟ์(Welded tuff) ไปเป็นหินrhyolitic tuff และหินrhyolitesโดยมีหิน micrograniteเป็นหินอัคนีบาดาลในขณะที่แมกมาชนิดที่สองจะเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบจากหินbasaltic andesiteที่มีMgOสูงไปเป็นหินbasaltic andesiteที่มีFeOสูง

บริเวณเขาพระเขาสูง อำเภอหนองบัว จังหวัดนครสวรรค์ซึ่งอยู่ทางเหนือของอำเภอไพศาลีประมาณ40กิโลเมตรมีหินภูเขาไฟและมีหินอัคนีบาดาลหลายชนิดได้แก่ หินบะซอลติกทัฟฟ์ แอนดีซิติกทัฟฟ์ ไรโอริติกทัฟฟ์ หินลาพิลลี หินกรวดภูเขาไฟ บะซอลต์ หินมอนโซไดออไรต์ และหินแอลคาไล-แกรนิต ธรณีเคมีของหินภูเขาไฟมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีจากหินบะซอลต์ บะซอลติกทัฟฟ์ไปสู่ หินแอนดีซิติกทัฟฟ์และหินไรโอริติกทัฟฟ์ตามลำดับ ส่วนหินอัคนีบาดาลมีการเปลี่ยนแปลงจาก มอนโซไดออไรต์ไปสู่ หินแอลคาไล-แกรนิต โดยหินทั้งสองกลุ่มอยู่ในแนวการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีแนวเดียวกัน ซึ่งสรุปได้ว่าหินภูเขาไฟ และหินอัคนีบาดาลในพื้นที่มีกำเนิดมาจากกระบวนการหินชนิดเดียวกันโดยจัดเป็น I-type graniteตามคำจำกัดความของ(Chappel and White,1974และFanka,2009) นอกจากนั้นบริเวณบ้านโพธิ์สวรรค์ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกของเขาพระ-เขาสูงก็มีหินอัคนีบาดาลหลายชนิดได้แก่ หินแกบโบร หินไดออไรต์ หินควอตซ์ ไดออไรต์ และหินฮอร์นเบอร์นด์-ไบโอไทต์ แกรโนไดออไรต์ผลจากการศึกษาทางธรณีเคมีหินดังกล่าวจัดเป็นหิน I-Type ชนิดcalc-alkaline seriesและผลจากการหาอายุหินจากปริมาณไอโซโทปของยูเรเนียมและตะกั่วจากแร่เซอร์คอนสองผลึกในหินแกบโบรโดยเครื่องLaser ablation-ICP MS ได้อายุประมาณ 230+/-4ล้านปีซึ่งจัดอยู่ในยุคMiddle Triassic (Nantasin,2004)

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

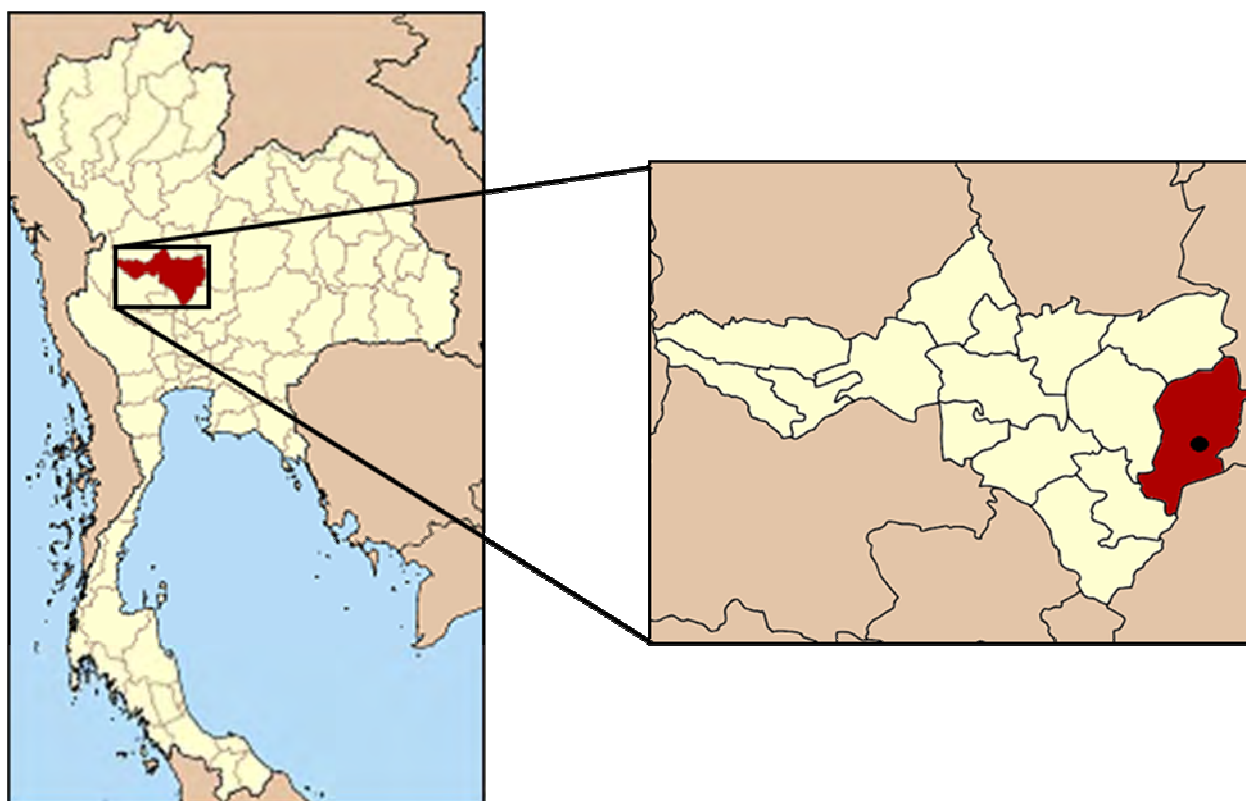
เพื่อศึกษาธรณีเคมีของหินอัคนี บริเวณด้านตะวันออกของอำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์ เพื่อศึกษาการกำเนิดของหิน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ข้อมูลจากการศึกษาธรณีเคมีของหินอัคนีสามารถช่วยในการกำหนดลักษณะเฉพาะและความสัมพันธ์การเกิดของหินชนิดต่างๆและอาจช่วยในการกำหนดชื่อหินภูเขาไฟ

1.5 ขอบเขตการศึกษาและสถานที่ศึกษา

สถานที่ศึกษาอยู่ในพื้นที่บริเวณด้านตะวันออกของอำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์แสดงในรูปที่ 1.1 grid reference : 800160 – 800270, 875160 – 875270 topographic maps of Amphoe Phai Sari, sheet 5140 III และ grid reference : 875300 – 875340, 910300 – 910340 topographic maps of Ban Sap Asok, sheet 5140 II, scale 1:50,000พื้นที่โดยประมาณ 220 ตร.กม. แสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.1 แสดงพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์และอำเภอไพศาลี

จากการออกภาคสนามและการศึกษาศิลาบรรณานหินที่พบในพื้นที่สามารถจำแนกได้เป็น 7 ชนิด คือหินอัคนี-เฟลสปาร์ ซายีไนท์, ซายีไนท์, มอนโซไนท์, หินควอตซ์ มอนโซไนท์, หินควอตซ์ ไดโอไรท์, บะซอลติกไดค์ และแอนดซิติกไดค์ มีรายละเอียดดังนี้

หินอัคคาไลน์-เฟลสปาร์ ซายีไนท์ หมายเลขตัวอย่าง NP13, NP17, NP18, NP19

หินซายีไนท์ หมายเลขตัวอย่าง NP4, NP10

หินมอนไซไนท์ หมายเลขตัวอย่าง NP2, NP8, NP9

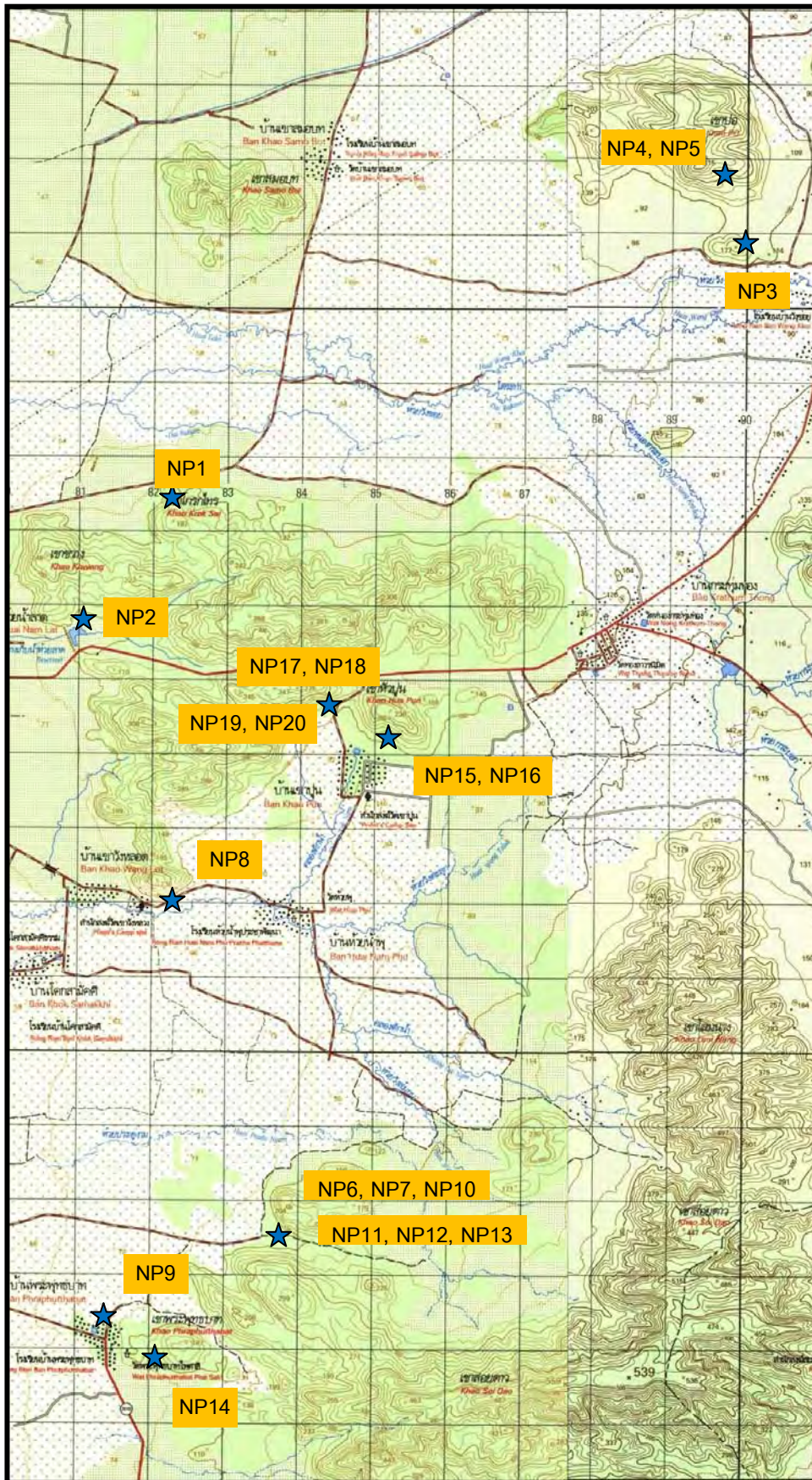
หินควอตซ์ มอนไซไนท์ หมายเลขตัวอย่าง NP5, NP14, NP3, NP1, NP6

หินควอตซ์ ไดโอไรท์ หมายเลขตัวอย่าง NP16, NP20

บะซอลติกไดค์ หมายเลขตัวอย่าง NP11, NP7

แอนดีซิติกไดค์ หมายเลขตัวอย่าง NP12

โดยจุดเก็บตัวอย่าง แสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แสดงพื้นที่ศึกษาและจุดเก็บตัวอย่าง

บทที่ 2

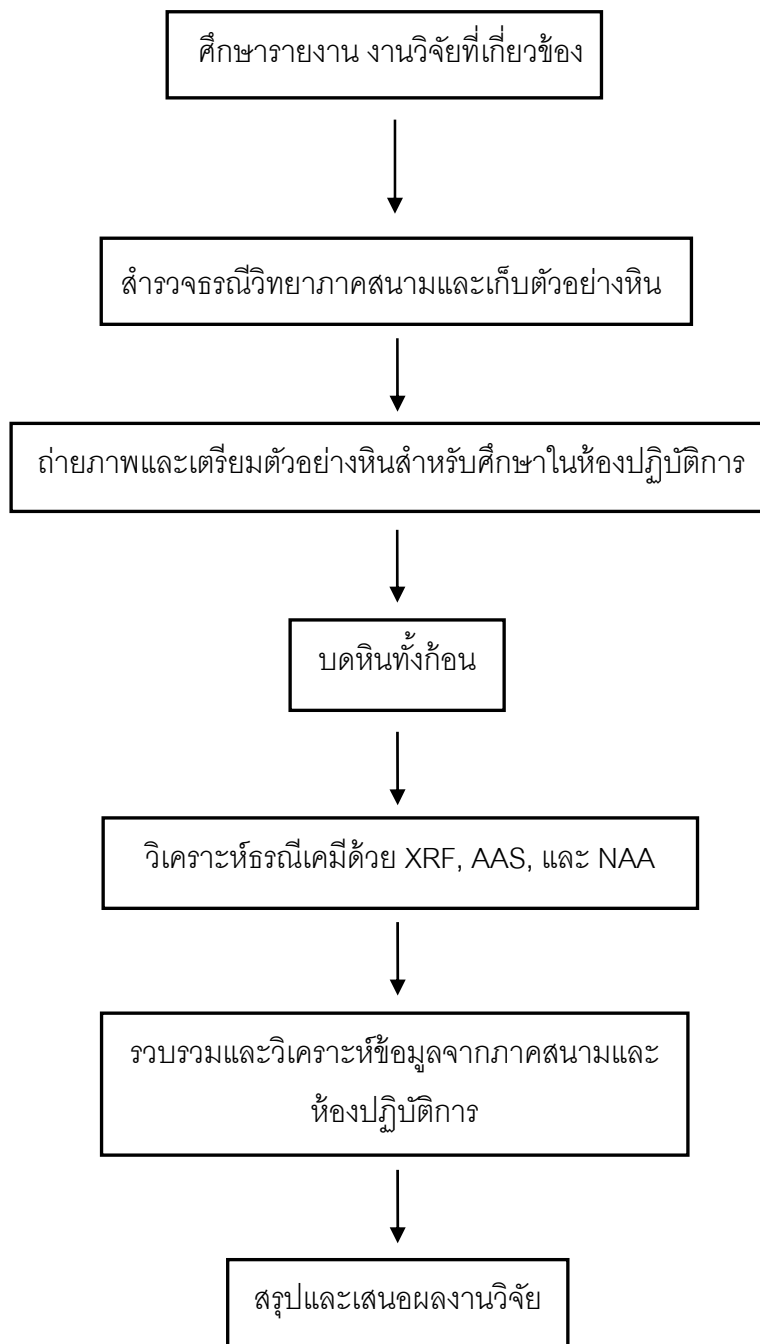
วิธีดำเนินงานวิจัย

2.1 วิธีดำเนินงานวิจัย

เริ่มต้นจากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้าและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นสำรวจธรณีวิทยาภาคสนามและเก็บตัวอย่างหินรวม 20 ตัวอย่าง โดยจะเลือกเก็บหินที่มีความผุ่ร้อยละน้อยที่สุดและคลุมพื้นที่ศึกษาโดยเฉพาะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของหิน ในขั้นตอนถัดมานำตัวอย่างหินมาถ่ายภาพ และทำการย่อยด้วยเครื่อง Jaw Crusher ให้เป็นก้อนเล็กเพื่อบดหินทั้งก้อนให้เป็นผงด้วยเครื่อง Disc Mill ใช้ตัวบดที่ทำด้วยทั้งสแตนคาร์ไบด์ แล้วนำผงหินตัวอย่างไปวิเคราะห์ธาตุเคมีในห้องปฏิบัติการ ดังนี้ ธาตุองค์ประกอบหลัก ธาตุองค์ประกอบรอง และธาตุปริมาณน้อยบางตัว ด้วย X-ray Fluorescence Spectrometer, Atomic Absorption Spectrophotometer, Colorimeter (UV-VIS Spectrometer) และวิเคราะห์ธาตุหายากโดย Neutron Activation Analysis จากนั้นจึงรวบรวมผลข้อมูลมาวิเคราะห์และทำ CIPW NORM เพื่อนำข้อมูล plot ใน QAPF diagram, plot ค่าระหว่าง $Al / (Na+K)$ กับ $Al / (Ca+Na+K)$ (The shand's index diagram (Maniar-Piccoli, 1989)), plot อัตราส่วนของ SiO_2 และ Na_2O+K_2O-caO (Frost et al., 2001) และ Harker variation diagram ทำการสรุปและนำเสนอผลงานวิจัย

วิธีดำเนินงานวิจัยในโครงการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ดังแผนภาพ 2.1

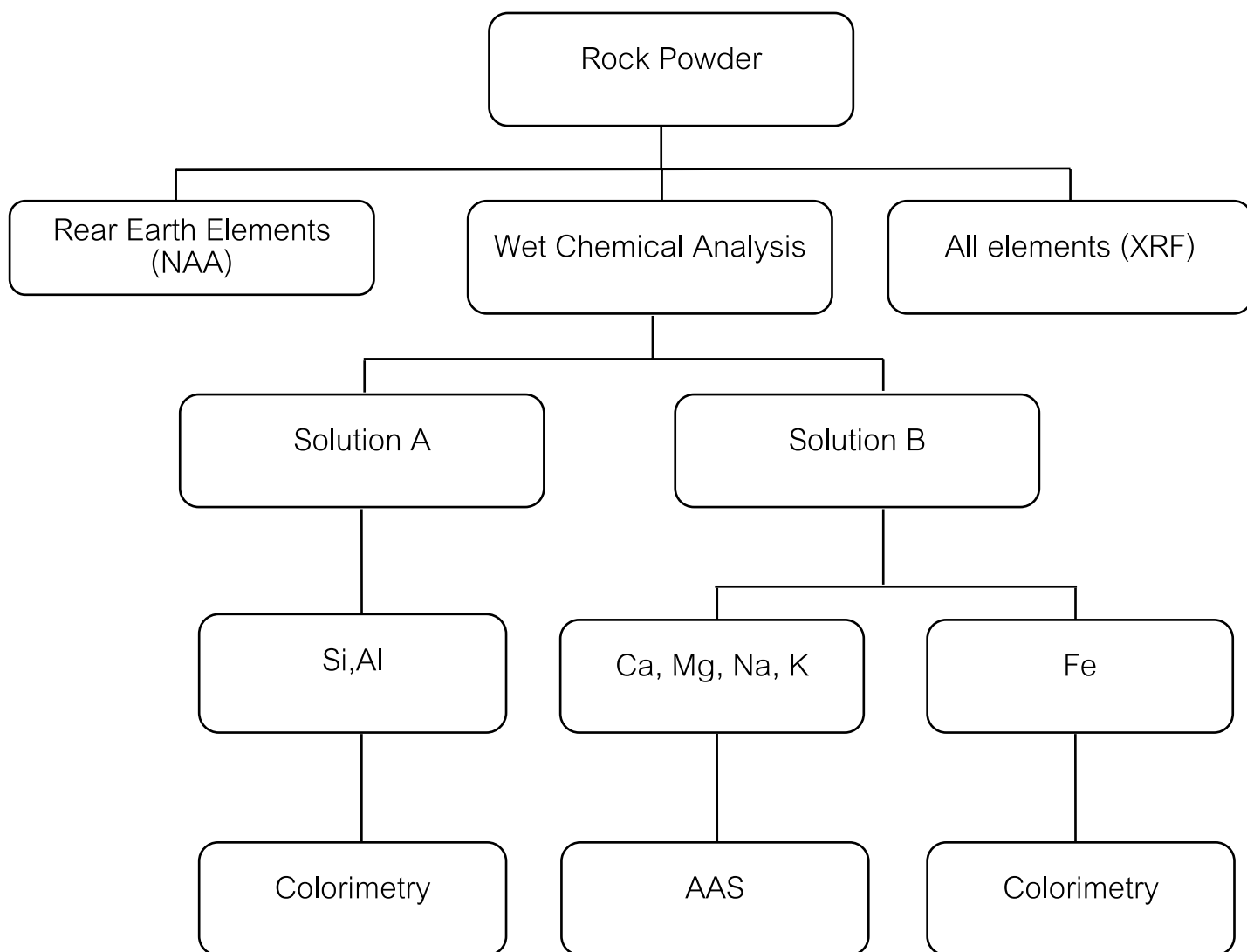
แผนภูมิการทำงาน



แผนภาพที่ 2.1 แสดงวิธีดำเนินงานวิจัย

2.2 การวิเคราะห์ธรณีเคมีหินตัวอย่าง

ในการปฏิบัติการวิเคราะห์ธรณีเคมีของหินหลังจากที่ทำการบดหินทั้งก้อนเรียบร้อยแล้วจะนำผงหินตัวอย่างมาวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังแผนภาพ 2.2



แผนภาพ 2.2 แสดงวิธีวิเคราะห์ธรณีเคมีของหินอัคนี

2.2.1 Wet chemical analysis วิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบหลักและรองโดยวิธี Rapid Analysis แบบ 2 สารละลาย คือ สารละลาย A และสารละลาย B

1. การเตรียม Solution A

เตรียมสารละลายเพื่อใช้วิเคราะห์หาปริมาณของ SiO_2 และ Al_2O_3 ด้วยวิธี colorimetry โดยใช้ NaOH ความเข้มข้น 30 % ซึ่งทำหน้าที่เป็น flux และ กรดเกลือ 1:1 เป็นตัวทำละลาย

วิธีการเตรียมตัวอย่าง

- นำตัวอย่างที่เป็นผง ระวังอย่าให้มีการปนเปื้อนของสารอื่น เพราะจะทำให้การวิเคราะห์คลาดเคลื่อน
- เติมสารละลาย NaOH ใน Nickel Crucible 26 อัน นำ Crucible ไประเหยน้ำออกด้วยเตาไฟฟ้า (electric hotplate) จนแห้งสนิท แสดงในรูปที่ 2.3
- ชั่งผงหินตัวอย่าง 50 มิลลิกรัม
- ใส่ผงหินตัวอย่างที่ชั่งไว้แล้วลงใน crucible ที่ระเหยจนแห้งแล้ว ตัวอย่างละอัน อันที่เหลือสำหรับทำเป็นสารละลาย blank
- ปิดฝา crucible แล้วนำไปเผาด้วย ตะเกียงบุนแส (Bunsen Burner) จน crucible แดง 5 นาที แสดงในรูปที่ 2.4 จากนั้นนำลงมาตั้งไว้ให้เย็น แสดงในรูปที่ 2.5
- เมื่อ crucible เย็นแล้ว นำ crucible และฝาปิด ลงไปแช่น้ำในเหยือกพลาสติกใส่น้ำประมาณ 600 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง ใช้แท่งพลาสติกสำหรับคน (Plastic stirring rod) คนสารละลายในภาชนะ
- เติมกรดเกลือ 20 มิลลิลิตร ลงในแต่ละบีกเกอร์ ใช้แท่งพลาสติกคนให้ทั่ว จนละลายหมด
- เอา crucible และฝาปิดออกมาโดยล้างน้ำกลั่นให้สะอาดในบีกเกอร์
- ปรับปริมาตรสารละลายให้ เป็น 1000 มิลลิลิตร ด้วยขวดวัดปริมาตร กรองแล้วเก็บไว้ในขวดพลาสติก แสดงในรูปที่ 2.6, 2.7

2. การเตรียม Solution B

สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณ MgO , CaO , Na_2O และ K_2O ด้วยเครื่อง AAS และ Fe_2O_3 ด้วยเครื่อง Colorimeter

ในการเตรียมสารละลายนี้ใช้ตัวทำละลาย ดังนี้

- Solution B acid mixture (กรดไนตริกเข้มข้น 40 มิลลิลิตร, กรดกัดแก้ว (HF)เข้มข้น 48%, กรดซัลฟูริกเข้มข้น 165 มิลลิลิตร)

2. น้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร

วิธีการเตรียมตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่าง 0.500 กรัม ใส่ในTeflon beakers
2. เติม solution B acid mixture 15 มิลลิลิตร ในแต่ละTeflon beakers โดยหยดน้ำบนตัวอย่างให้เปียกก่อนเติมกรด
3. ปิดฝา Beakers และนำไปตั้งไว้บน hot plate ทิ้งไว้ ค้างคืน
4. เปิดฝา เพิ่มอุณหภูมิ และระเหยกรด จนไม่มีควันสีขาว
5. เติมกรดไนตริก (HNO_3) เข้มข้น 5 มิลลิลิตร เติมน้ำและนำไปตั้งบน hot plate จนสารละลายใส
6. ปรับปริมาตรสารละลายให้ได้ 250 มิลลิลิตร ด้วยขวดวัดปริมาตร



รูปที่ 2.3 แสดงการระเหยน้ำออกด้วยเตาไฟฟ้า (electric hotplate)



รูปที่ 2.4 แสดง crucible ที่เผาด้วย ตะเกียงบุนแสลง (Bunsen Burner)



รูปที่ 2.5 แสดง crucible ที่นำออกจากตะเกียงบุนแสลง แล้วตั้งให้ให้เย็น



รูปที่ 2.6 แสดงการกรองสารละลาย



รูปที่ 2.7 แสดงสารละลาย A ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ในขวดพลาสติก

2.2.1.1 Colorimetry

2.2.1.1.1 วิเคราะห์ SiO₂

ใช้วิธี molybdenum blue method

เครื่องมือ: Colorimetry ที่ช่วงความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร

รีเอเจนท์:

1. สารละลาย Ammonia molybdate ละลาย Ammonia molybdate 6 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร
2. Tartaric acid Solution ละลาย Tartaric acid 16 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร
3. Reducing Solution โซเดียมซัลไฟต์ 0.28 กรัม โซเดียมไบซัลไฟต์ 3.6 กรัม และ 1-amino-2-naphthol-4-sulphonic acid 0.06 กรัม ละลายในน้ำ 1 ลิตร
4. Acidified water กรดซัลฟูริก 1+1 ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ในน้ำ 1 ลิตร

หมายเหตุ รีเอเจนท์ที่เตรียมต้องใช่วิเคราะห์ ภายใน 48 ชั่วโมง

วิธีการ

1. ใส่ Solution A, Blank และสารมาตรฐานอย่างละ 8 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร
2. เติม Acidified water ลงในบีกเกอร์ 25 มิลลิลิตร
3. เติมสารละลาย Ammonia molybdate ลงในบีกเกอร์ 25 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 10 นาที
4. เติมสารละลาย Tartaric acid ลงในบีกเกอร์ 25 มิลลิลิตร
5. เติมสารละลาย Reducing ลงในบีกเกอร์ 25 มิลลิลิตร ทิ้งไว้อย่างน้อย 45 นาทีจนสารละลายเป็นสีฟ้าอมน้ำเงิน
6. นำสารละลายมา วัดด้วยเครื่อง Colorimetry ที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร ใช้ Blank solution เป็นตัวอ้างอิงในการปรับค่า absorbance ที่ 0.00

7. นำค่า absorbance ที่วัดได้กับค่าเข้มข้นของสารมาตรฐานมาเขียนกราฟ

8. คำนวณหาปริมาณ SiO_2 ในหินตัวอย่างจากกราฟมาตรฐาน

2.2.1.1.2 วิเคราะห์ Al_2O_3

ใช้วิธีให้ลูเนียมทำปฏิกิริยาแล้วเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบเชิงซ้อน calcium aluminium alizarin red S

เครื่องมือ: Colorimetry ที่ช่วงความยาวคลื่น 475 นาโนเมตร

รีเอเจนท์:

1. Complexing Solution เติม Potassium ferricyanide 0.3 กรัม สารละลายไฮดรอกซีลามีน ไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 10% ปริมาณ 40 มิลลิลิตร และสารละลาย CaCl_2 80 มิลลิลิตร (สารละลาย CaCO_3 14 กรัม ในกรดเกลือเข้มข้น 30 มิลลิลิตร ทำให้สารละลายมีปริมาตร 1 ลิตร) ในน้ำกลั่น 880 มิลลิลิตร

2. สารละลาย Thioglycolic acid เติมกรดโทโอไกลโคลิกเข้มข้น 3 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่นทำให้ปริมาตรเป็น 1 ลิตร

3. สารละลายบัฟเฟอร์ ละลายโซเดียมอะซิเตด 80 กรัม ในน้ำกลั่น 975 มิลลิลิตร แล้วเติม Glacial acetic acid 24 มิลลิลิตร

4. สารละลาย Alizarin red-s 0.05% Alizarin red-s 0.5 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร

5. สารละลายอะลิซาริน เรด-เอส 0.01% ดูดสารละลายอะลิซาริน เรด-เอส จากสต็อก 200 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 1 ลิตร

วิธีการ

1. ปิเปต solution A สารมาตรฐาน และสารละลายแบลนด์ มาอย่างละ 15 มิลลิลิตร ใส่ลงในปิเปทอร์ ขนาด 150 มิลลิลิตร

2. เติมรีเอเจนท์ตามลำดับดังนี้

เติมสารละลายกรดคอมเพล็กซ์ 25 มิลลิลิตร

เติมสารละลายกรดไฮโอไกลโคลิก 25 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 5 นาที

เติมสารละลายบัฟเฟอร์ 25 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 10 นาที

Alizarin red-s 0.01% 25 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 45-75 นาที จนสารละลายเป็นสีส้ม

3. วัดสารละลาย ด้วยเครื่อง Colorimetry ที่ความยาวคลื่น 475 นาโนเมตร โดยอ่านค่าเปอร์เซ็นต์ Transmittance และค่า absorbance ใช้ blank solution เป็นตัวอ้างอิงในการปรับค่า Absorbance ที่ 0.00

4. นำค่า Absorbance ที่วัดได้กับค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐานมาเขียนกราฟ

5. คำนวณหาปริมาณของ Al_2O_3 จากกราฟมาตรฐาน

2.2.1.1.3 วิเคราะห์ Fe_2O_3

วิเคราะห์ปริมาณเหล็กทั้งหมดในรูป Fe_2O_3 โดยวิธีวัดเป็น Fe^{2+} ด้วย hydroxylamine hydrochloride ก่อน แล้วควบคุมพีเอชด้วย sodium citrate ซึ่ง Fe^{2+} เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ orthophenanthroline วิธีนี้ใช้วิเคราะห์ปริมาณเหล็ก 0-15%

เครื่องมือ: Colorimetry ที่ช่วงความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร

รีเอเจนท์:

1. ไฮดรอกซีลามีเนไฮโดรคลอไรด์ 10%

2. ออร์โธเฟินอลโทโรลีน ($C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$) 0.1% ละลายออร์โธเฟินอลโทโรลีน 1 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

3. สารละลายโซเดียมซิเตรต 10% ละลายโซเดียมซิเตรต 100 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

4. สารละลายมาตรฐานเหล็ก $FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$ ปริมาณ 0.4910 กรัม ในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริก (1:1) 16 มิลลิลิตร เติมกรดไนตริกเข้มข้น 110 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร คนจนกระทั่งสารละลายเข้ากันหมด สารละลายที่ได้มีปริมาณเหล็กเข้มข้น

0.2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร หรือเทียบเท่ากับเหล็กมีความเข้มข้น 10%

วิธีการ

1. ปิเปตสารละลายเหล็กมาตรฐาน สารละลาย B และสารละลายแบลงค์ มาอย่างละ 5 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายไฮดรอกซีลามีน ไฮโดรคลอไรด์ 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 10 นาที
3. เติมสารละลายออร์โธพิโนลโทรีน 20 มิลลิลิตร สารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้ม
4. เติมสารละลายไซเดียมซิติเรต 10 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นทำสารละลายให้มีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร แล้วทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง แสดงในรูปที่ 2.8
5. นำสารละลายที่ได้มาวิเคราะห์กับเครื่อง Colorimetry ที่ความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร โดยอ่านค่าเปอร์เซ็นต์ Transmittance และค่า Absorbance ใช้สารละลายแบลงค์เป็นตัวอ้างอิงในการปรับค่า Absorbance ที่ 0.00
6. นำค่า Absorbance ที่วัดได้กับค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐานเหล็กมาเขียนกราฟ
7. คำนวณหาปริมาณ Fe_2O_3 จากกราฟมาตรฐาน



รูปที่ 2.8 แสดงสารละลายตัวอย่าง วิเคราะห์หาปริมาณ Fe_2O_3

2.2.1.2 Atomic Absorption Spectrophotometer

เครื่อง AAS (PerkinElmer procisety AAnalyst 200) แสดงในรูปที่ 2.9 ใช้วิเคราะห์ MgO , Na_2O , K_2O และ CaO ใช้เทคนิคกระบวนการทำให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟ (Flame Atomization Technique) แลนทานัม (Lanthanum) ที่ใช้เติมในสารตัวอย่าง สารมาตรฐาน และ สารละลายแบลนด์ทำหน้าที่เป็นรีลีสซิงเอเจนต์ (Releasing agent) และธาตุทั้ง 4 ตัววิเคราะห์ได้จาก สารละลาย B

เครื่องมือ เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

CaO วิเคราะห์ในช่วงความยาวคลื่น 422.7 นาโนเมตร สลิตกว้าง 0.5

MgO วิเคราะห์ในช่วงความยาวคลื่น 285.2 7 นาโนเมตร สลิตกว้าง 0.5

K_2O วิเคราะห์ในช่วงความยาวคลื่น 766.5 7 นาโนเมตร สลิตกว้าง 1.0

Na_2O วิเคราะห์ในช่วงความยาวคลื่น 589.0 7 นาโนเมตร สลิตกว้าง 0.5

รีเอเจนต์ สารละลายแลนทานัม

สารละลายแลนทานัม (La_2O_3) 58 กรัม ในกรดเกลือเข้มข้น 250 มิลลิลิตร คนจนสารละลายหมด เติมน้ำกลั่น ปรับปริมาตร เป็น 1 ลิตร

วิธีการ

1. ปิเปต Standard Solution, Solution B และ Blank Solution มาอย่างละ 4 มิลลิลิตร ลงหลอดทดลอง
2. เติมสารละลายแลนทานัม 16 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง
3. เติมน้ำ 40 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง สารละลายที่ได้สามารถนำมาวิเคราะห์ได้เลย แสดงในรูปที่ 2.10
4. นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์สารตัวอย่างจะต้องปรับช่วงความยาวคลื่นและความกว้างของสลิต ให้ตรงกับชนิดของธาตุ ที่จะวิเคราะห์และใช้ สารละลายแบลนด์ปรับค่า Absorbance ให้เท่ากับ 0.00 ก่อนที่จะเริ่มวิเคราะห์

5. นำค่า Absorbance ที่วัดได้กับค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐานมาเขียนกราฟ

6. วิเคราะห์ปริมาณ MgO, Na₂O, K₂O และ CaO จากกราฟมาตรฐาน



รูปที่ 2.9 แสดงเครื่อง AAS(PerkinElmer procisety AAnalyst 200)



รูปที่ 2.10 แสดงหลอดทดลองสารละลายตัวอย่าง

2.2.3 X-Ray Fluorescences Spectrometry

นำผงหินตัวอย่างโดยตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ต้องเป็นตัวอย่างที่แห้งไม่เปียกชื้น โดยให้นำตัวอย่างไปอัดกับ binder ใน sample cup เมื่อเรียบร้อยแล้ว นำเข้าเครื่องอัดทำการวิเคราะห์

โดยวิธีเตรียมตัวอย่าง เตรียมตัวอย่างหินแบบ pressed powder สำหรับวิเคราะห์ด้วยวิธี X-ray Fluorescence Spectrometry (Bruker AXS S4Pioneer) เครื่องภายใต้โครงการ Thailand-Japan Technology Transfer Project (TJTTP) ของฝ่ายบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ แสดงในรูปที่ 2.11, 2.12

1. ชั่งผงตัวอย่างหินประมาณ 8 กรัม และ binder มาประมาณ 1 กรัม
2. ใส่ผงตัวอย่างและ binder ลงในหลอดผสม แล้วเขย่าผสมสารให้เข้ากัน ใส่ลงใน sample cup
3. นำไปอัดด้วยเครื่องอัดแบบไฮดรอลิกที่ 200 Pa นาน 1 นาที แสดงในรูปที่ 2.13
4. ใส่ sample cup ลงไปใน sample holder ของเครื่องมือ XRF แล้วนำเข้าไปในเครื่องวิเคราะห์ เครื่องจะทำการวิเคราะห์โดยอัตโนมัติ ด้วยซอฟต์แวร์ควบคุม



รูปที่ 2.11 แสดงเครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometry (Bruker AXS S4Pioneer)



รูปที่ 2.12 แสดงเครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometry (Bruker AXS S4Pioneer)



รูปที่ 2.13 แสดงเครื่องอัดแบบไฮดรอลิกที่ 200 Pa

2.2.4 Neutron Activation Analysis (NAA)

วิธี NAA เป็นการวิเคราะห์ปริมาณธาตุที่มีปริมาณน้อยมาก (ultra-trace) และไม่สามารถวิเคราะห์ด้วยวิธีการอื่น ๆ หรือใช้ได้ไม่ดี ซึ่งได้ใช้วิเคราะห์ปริมาณธาตุหายาก (rare earth elements) ในหินตัวอย่างสำหรับงานวิจัยครั้งนี้

หลักการคือนำตัวอย่างไปอบรังสีในเครื่องปฏิกรณ์โดยควบคุมความเข้มของปริมาณนิวตรอนที่จะไปกระตุ้นให้ธาตุต่างๆในตัวอย่างกลายเป็นธาตุกัมมันตรังสี แล้วหลังจากนั้นจะวัดปริมาณรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีที่สนใจสลายตัวและแผ่รังสีออกมาด้วยเครื่อง Multichannel Analyzer (MCA) และอาศัยครึ่งชีวิตของธาตุที่แตกต่างกันในการวิเคราะห์ชนิดธาตุหายากของตัวอย่าง และจะคำนวณปริมาณธาตุได้จากปริมาณรังสีที่ธาตุนั้นๆปล่อย

การวิเคราะห์แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ การหาครึ่งชีวิตแบบสั้น การหาครึ่งชีวิตแบบกลาง และการหาครึ่งชีวิตแบบยาว

ขั้นตอนและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 2.14, 2.15, และ 2.16

2.2.3.1 วิธีการเตรียมตัวอย่างเพื่อหาครึ่งชีวิตของตัวอย่างแบบสั้น

ใช้วิธี pneumatic transfer irradiation โดยมีค่า neutron flux อยู่ที่ $2 \times 10^{12} \text{ N.cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ เวลาที่ใช้ในการอบรังสีประมาณ 10 วินาที และรอการปล่อยพลังงานอีก 1 นาที ก่อนนำตัวอย่างไปวัดค่าพลังงานและปริมาณรังสี ด้วยเครื่อง MCA

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.01 กรัม
2. นำตัวอย่างที่ชั่งใส่ในหลอดพลาสติกยาวประมาณ 10 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร
3. นำหลอดพลาสติกบรรจุลงใน ครอบพลาสติกที่มีความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร อีกหนึ่งครั้ง แล้วใส่ด้วยทิชชูปิดทับก่อนปิดฝาให้สนิท
4. จากนั้นนำไปอบรังสี ประมาณ 10 วินาที แล้วรอต่ออีก 1 นาทีให้ตัวอย่างปล่อยพลังงาน ก่อนนำไปวัดค่าการปล่อยพลังงานและปริมาณรังสีด้วยเครื่อง MCA

2.2.3.2 วิธีการเตรียมตัวอย่างเพื่อหาครึ่งชีวิตของตัวอย่างแบบกลาง

วิธีของระบบ epithermal outcore irradiation มีค่า neutron flux อยู่ที่ $1.8 \times 10^9 \text{ N.cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

ระยะเวลาของการอบรังสีประมาณ 7 ชั่วโมง และรอการปล่อยพลังงานด้วยเวลาประมาณ 10 ชั่วโมง

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.05 กรัม
2. นำตัวอย่างที่ชั่งใส่ของพลาสติกแล้วปิดผนึก โดยให้มีขนาดประมาณ 1×1 เซนติเมตร ห่อด้วยพลาสติกอีกหนึ่งชั้นแล้วปิดผนึก
3. นำของพลาสติกที่ได้ใส่ในครอบพลาสติกยาวประมาณ 10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร แล้วปิดฝาให้สนิท

4. จากนั้นผู้ทดลองจะเปิดเครื่องขึ้นก่อนจะนำตัวอย่างไปหย่อนลงเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย TRIGA สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ โดยใช้เวลาในการอบรังสีประมาณ 7 ชั่วโมง ด้วยค่า neutron flux 1.8×10^9 N.cm⁻².s⁻¹

5. เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดเวลา 10 ชั่วโมง นำตัวอย่างออกจากกระบอกลวด โดยต้องเปิดกระบอกลวดในบริเวณพื้นที่สำหรับตัวอย่างที่ผ่านการอบรังสีแล้ว จากนั้นนำของตัวอย่างไปทำการวัดค่าการปล่อยพลังงานและปริมาณรังสีด้วยเครื่อง MCA

2.2.3.3 วิธีการเตรียมตัวอย่างเพื่อหาครึ่งชีวิตของตัวอย่างแบบยาว

วิธีระบบ lazy susan มีค่า neutron flux $3.4 \times 10^{11} - 5.6 \times 10^{11}$ N.cm⁻².s⁻¹ ระยะเวลาการอบรังสีประมาณ 46 ชั่วโมง และเวลาของการปล่อยพลังงาน 2 สัปดาห์

1. ชั่งสารตัวอย่างประมาณ 0.05

2. นำตัวอย่างที่ชั่งใส่ของพลาสติกแล้วปิดผนึก โดยให้มีขนาดที่ประมาณ 1x1 เซนติเมตร แล้วห่อด้วยอะลูมิเนียมฟอย

3. นำตัวอย่างที่เตรียมแล้วใส่ลงในกระบอกลวดโลหะยาวประมาณ 14 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 เซนติเมตร ปิดฝาให้สนิท ผู้ทดลองจะเปิดเครื่องขึ้นก่อนจะนำตัวอย่างไปหย่อนลงเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย TRIGA โดยใช้ระยะเวลาของการอบรังสีประมาณ 46 ชั่วโมง ค่า neutron flux $3.4 \times 10^{11} - 5.6 \times 10^{11}$ N.cm⁻².s⁻¹

4. เมื่อครบเวลาประมาณ 2 สัปดาห์ นำตัวอย่างออกจากกระบอกลวดโดยนำออก ณ พื้นที่สำหรับการทำตัวอย่างที่ผ่านการอบรังสีแล้วเท่านั้น จากนั้นจึงนำของตัวอย่างไปวัดค่าการปล่อยพลังงานและปริมาณรังสีด้วยเครื่อง MCA



ผงหินบดคึกษา



ชั่งน้ำหนักสารตัวอย่าง 0.01 กรัม และ 0.05 กรัม สำหรับหาครึ่งชีวิตสารแบบสั้นและหาครึ่งชีวิตสารแบบ

กลาง ยาว ตามลำดับ



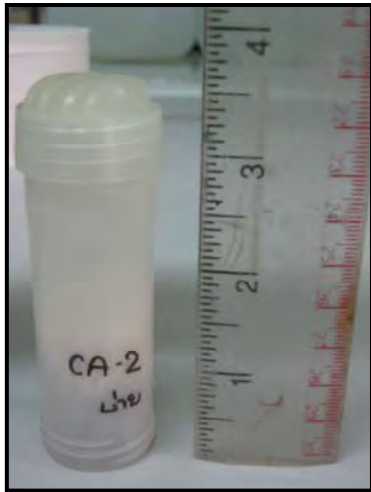
ตัวอย่างสำหรับหาครึ่งชีวิตแบบสั้น



ตัวอย่างสำหรับหาครึ่งชีวิตแบบกลาง

และครึ่งชีวิตแบบยาว

รูปที่ 2.14 แสดงการเตรียมตัวอย่างวิธีวิเคราะห์ NAA



สำหรับการหาครึ่งชีวิตของสารแบบกลาง



สำหรับการหาครึ่งชีวิตของสารแบบยาว



ที่สำหรับวางตัวอย่างเพื่อรอการปล่อยพลังงาน

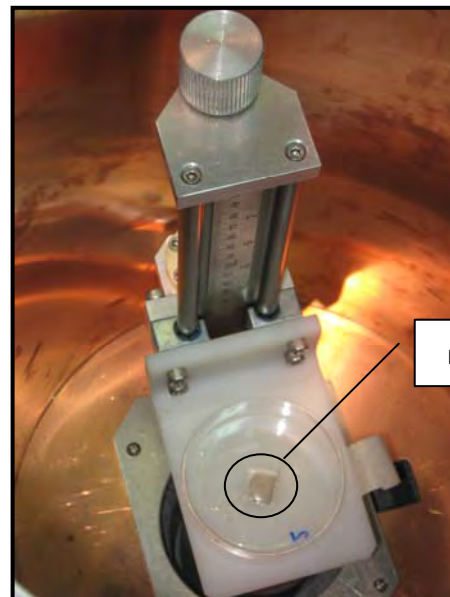


เครื่องสำหรับอบรังสีหาคึ่งชีวิตแบบสั้น

รูปที่ 2.15 แสดงอุปกรณ์การวิเคราะห์ NAA



เครื่องMCAสำหรับวัดค่าการปล่อยพลังงานของตัวอย่าง



ผงหินตัวอย่างศึกษา

ที่วางตัวอย่างภายในเครื่องวัดค่าการปล่อยพลังงาน

รูปที่2.16 แสดงเครื่อง MCA

บทที่ 3

ผลการวิเคราะห์เคมี

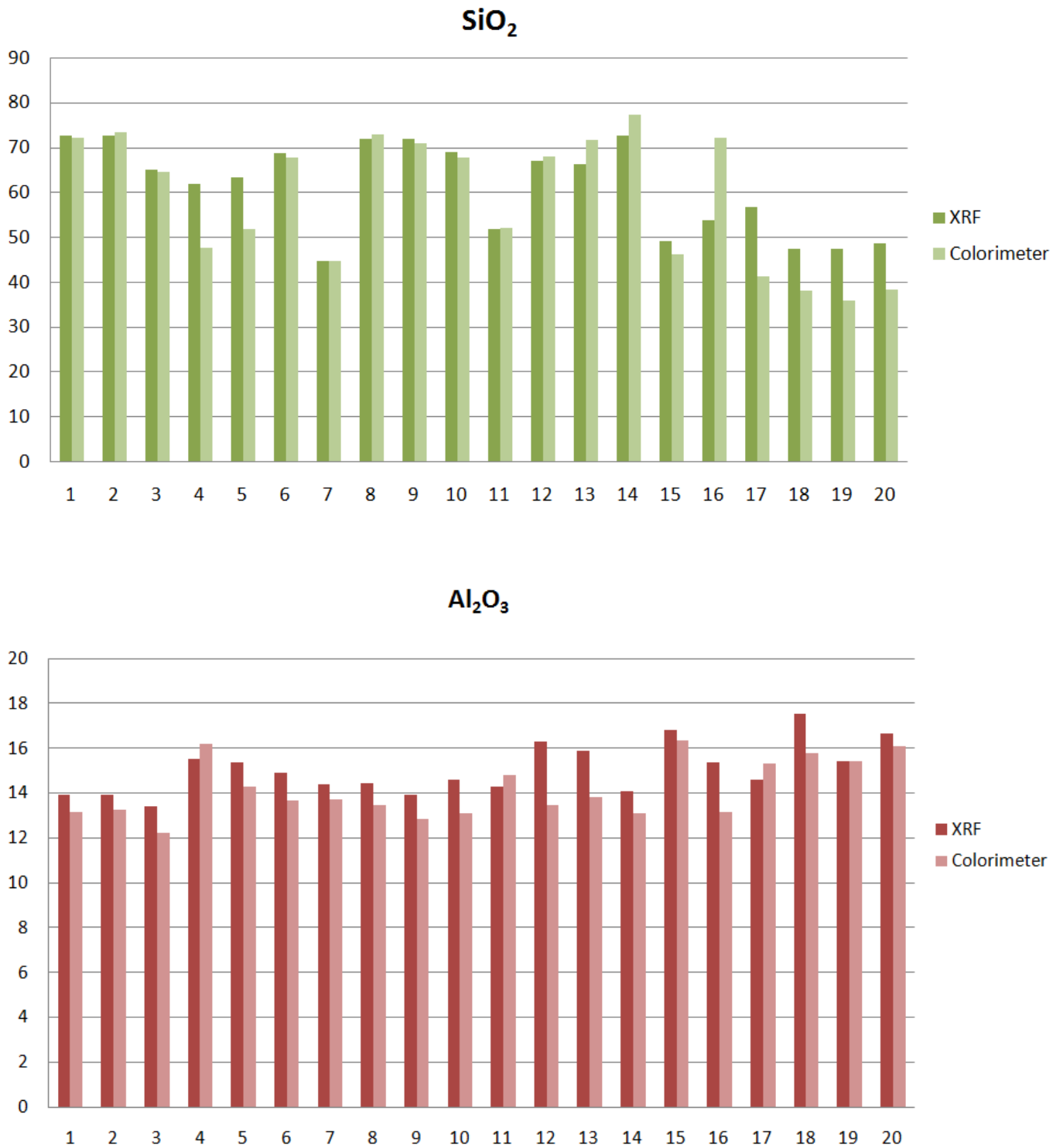
ตัวอย่างการวิจัยครั้งนี้มีจำนวนหินรวมทั้งหมด 20 ตัวอย่างโดยใช้เครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometer ในการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบหลักและธาตุองค์ประกอบรองทั้งหมด แสดงในตารางที่ 3.2 ขณะเดียวกันผู้วิจัยได้ทดลองใช้เครื่อง Colorimeter (UV-VIS Spectrometer) วิเคราะห์ปริมาณ SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 และใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer วิเคราะห์หา Na_2O , K_2O , CaO , และ MgO เพื่อนำผลมาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF แสดงให้เห็นในตารางที่ 3.1

จากตารางที่ 3.1 สามารถแสดงให้เห็นชัดเจนยิ่งขึ้นด้วยกราฟแผนภูมิแท่ง แสดงในรูปที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์มีความแตกต่างกันอย่างไม่เป็นระบบและบางตัวอย่างมีผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันมากจึงไม่สามารถนำมาสรุปได้ในรายงานฉบับนี้ได้ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้พิจารณาใช้ผลการวิเคราะห์จาก XRF (ตารางที่ 3.2) เพียงอย่างเดียวมาอธิบายด้านธรณีเคมีของหินชนิดต่างๆ

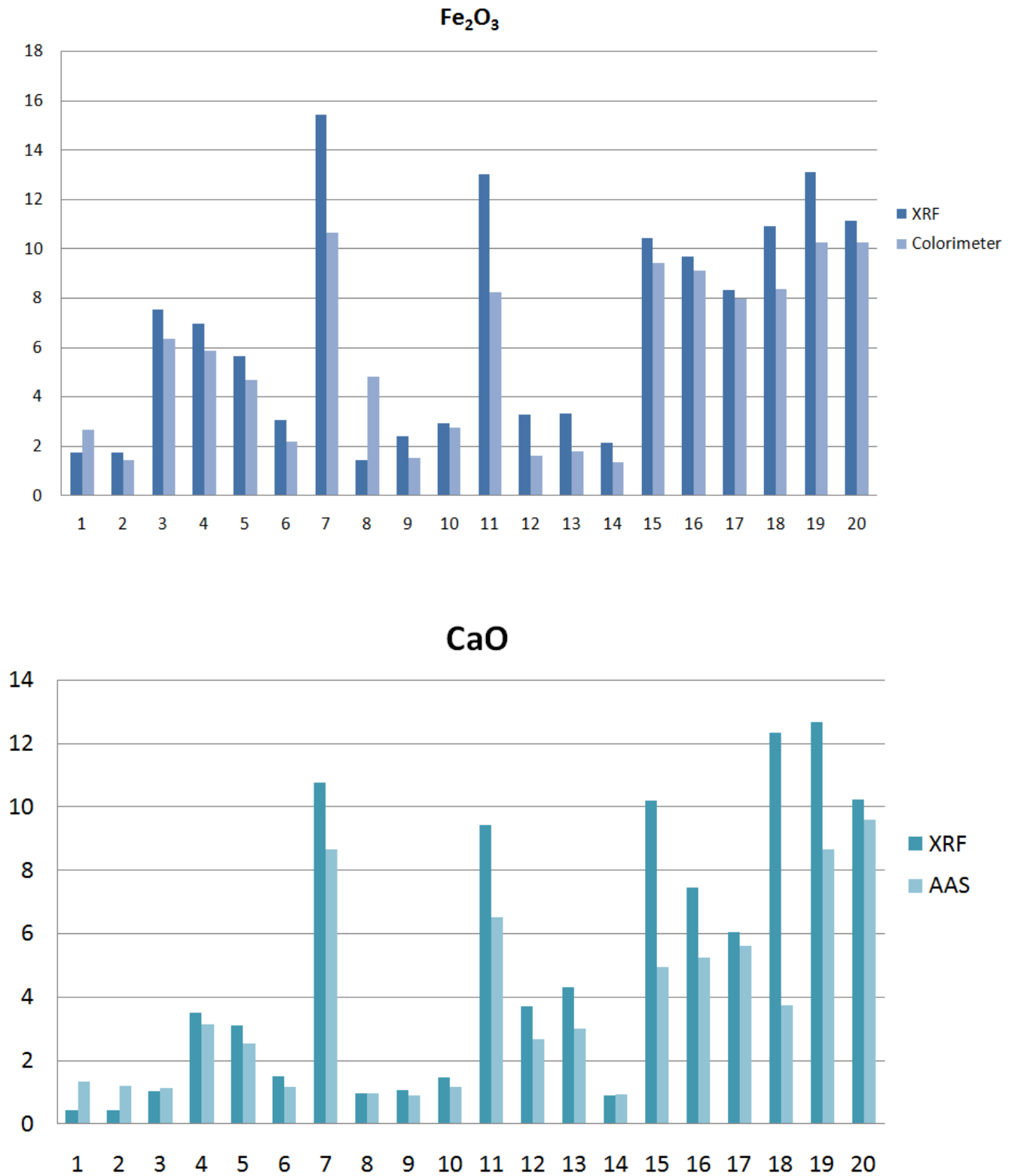
ตารางที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือต่างๆ

Sample	SiO ₂		Al ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃ +FeO		CaO		Na ₂ O		K ₂ O		MgO	
	XRF	Colorimeter	XRF	Colorimeter	XRF	Colorimeter	XRF	AAS	XRF	AAS	XRF	AAS	XRF	AAS
nP1	72.71	72.17	13.93	13.15	1.75	2.647	0.44	1.346	4.60	4.73	5.75	4.112	0.27	0.388
nP2	72.71	73.51	13.93	13.28	1.75	1.442	0.44	1.21	4.71	6.91	5.65	5.89	0.27	0.385
nP3	64.99	64.62	13.42	12.24	7.52	6.369	1.03	1.128	6.92	7.59	4.14	3.734	0.42	0.39
nP4	61.97	47.79	15.53	16.18	6.95	5.879	3.52	3.143	6.56	7.16	3.64	3.153	0.25	0.331
nP5	63.49	51.96	15.36	14.26	5.66	4.691	3.12	2.524	6.32	8.13	4.67	3.936	0.19	0.273
nP6	68.85	67.73	14.90	13.67	3.06	2.175	1.50	1.163	4.81	7.555	5.62	5.27	0.52	0.524
nP7	44.63	44.64	14.38	13.74	15.43	10.64	10.78	8.662	3.26	5.715	1.17	1.296	7.16	8.17
nP8	71.89	73.06	14.42	13.48	1.45	4.822	0.95	0.949	5.07	5.73	5.33	4.8	0.41	0.363
nP9	71.88	71.06	13.90	12.82	2.39	1.546	1.05	0.91	5.19	5.94	4.48	3.952	0.47	0.36
nP10	69.02	67.73	14.61	13.09	2.91	2.752	1.46	1.165	4.99	6.565	5.73	5.19	0.46	0.464
nP11	51.96	52.19	14.29	14.79	13.03	8.23	9.44	6.515	3.03	3.39	0.87	0.637	4.50	4.165
nP12	66.99	67.95	16.32	13.48	3.30	1.599	3.72	2.678	4.23	5.98	3.06	2.502	1.45	1.04
nP13	66.28	71.73	15.88	13.81	3.32	1.782	4.31	2.998	3.94	5.165	2.94	5.14	1.38	0.999
nP14	72.59	77.28	14.06	13.09	2.12	1.337	0.91	0.919	5.03	4.875	4.34	3.933	0.21	0.251
nP15	49.26	46.19	16.80	16.36	10.43	9.435	10.21	4.943	3.78	4.75	0.53	0.729	6.35	8.15
nP16	53.90	72.17	15.35	13.15	9.68	9.121	7.44	5.24	4.95	6.465	1.38	1.342	3.84	5.93
nP17	56.75	41.34	14.57	15.32	8.31	7.968	6.04	5.607	5.30	5.835	2.61	2.341	3.85	4.255
nP18	47.46	38.01	17.52	15.8	10.91	8.361	12.35	3.736	2.25	2.355	0.33	0.272	6.72	6.54
nP19	47.37	35.78	15.44	15.41	13.11	10.27	12.69	8.646	2.68	3.965	0.36	0.338	5.53	5.985
nP20	48.66	38.28	16.66	16.09	11.13	10.25	10.22	9.608	3.57	5.385	0.62	0.579	6.30	6.955

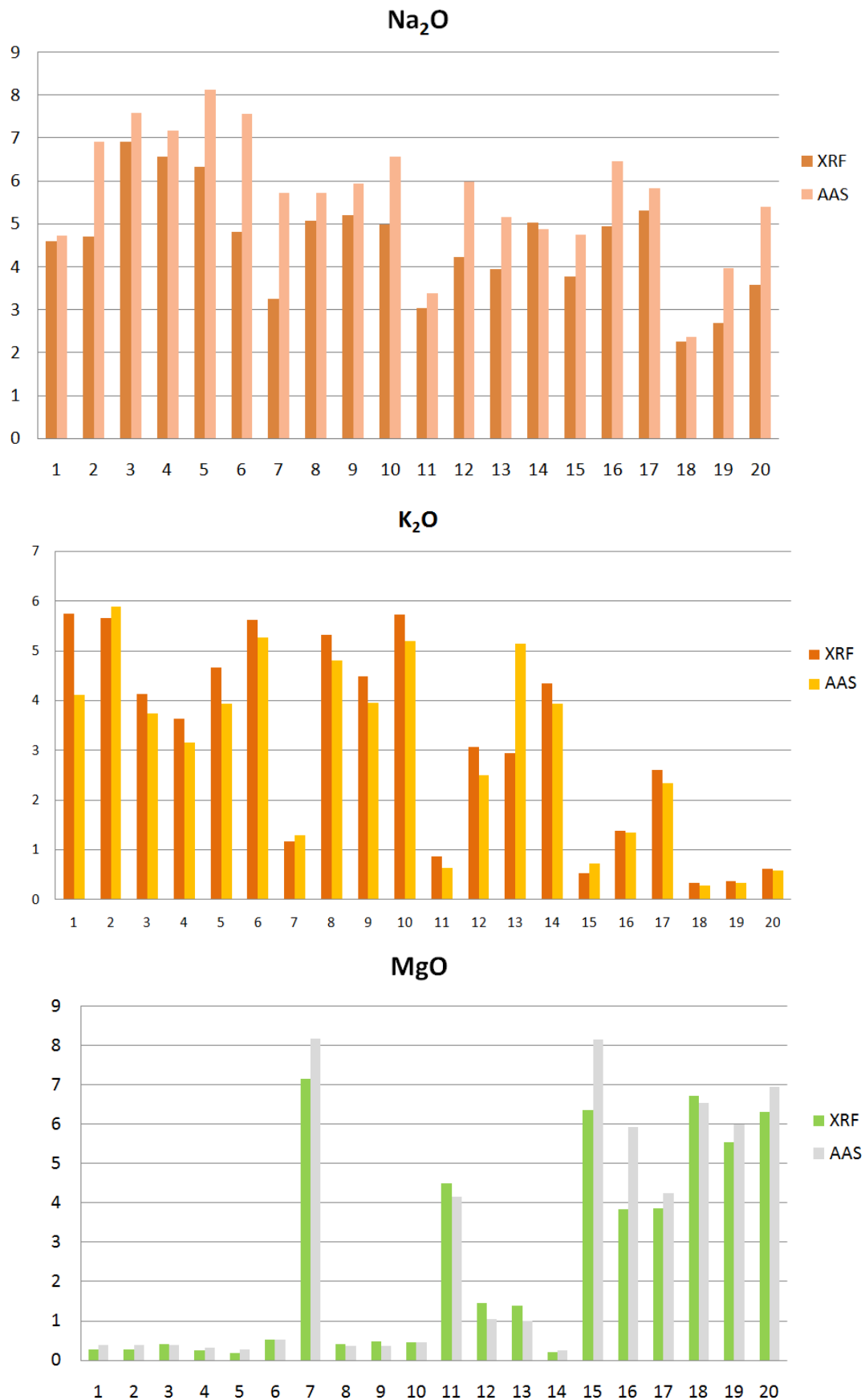
รูปที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือต่างๆ



รูปที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือต่างๆ(ต่อ)



รูปที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือต่างๆ(ต่อ)



ตารางที่ 3.2 แสดงธาตุองค์ประกอบหลัก ธาตุองค์ประกอบรอง และ ธาตุหายากบางตัว (ด้วยเครื่อง XRF)

Composition	ALKALINE-FELDSPAR SYENITE				SYENITE		MONZONITE			QUARTZ MONZONITE					QUARTZ DIORITE		BASALTIC DYKE		ANDESITIC DYKE
	nP13	nP17	nP18	nP19	nP4	nP10	nP2	nP8	nP9	nP5	nP14	nP3	nP1	nP6	nP16	nP20	nP11	nP7	nP12
SiO ₂	66.28	56.75	47.46	47.37	61.97	69.02	72.71	71.89	71.88	63.49	72.59	64.99	72.71	68.85	53.90	48.66	51.96	44.63	66.99
TiO ₂	0.35	1.56	1.51	2.00	0.83	0.40	0.26	0.26	0.38	0.62	0.35	0.67	0.26	0.42	2.04	1.74	1.91	2.20	0.40
Al ₂ O ₃	15.88	14.57	17.52	15.44	15.53	14.61	13.93	14.42	13.90	15.36	14.06	13.42	13.93	14.90	15.35	16.66	14.29	14.38	16.32
Fe ₂ O ₃	3.32	8.31	10.91	13.11	6.95	2.91	1.75	1.45	2.39	5.66	2.12	7.52	1.75	3.06	9.68	11.13	13.03	15.43	3.30
MnO	0.11	0.12	0.22	0.27	0.22	0.04	0.02	0.01	0.00	0.22	0.03	0.25	0.02	0.04	0.18	0.17	0.18	0.12	0.12
MgO	1.38	3.85	6.72	5.53	0.25	0.46	0.27	0.41	0.47	0.19	0.21	0.42	0.27	0.52	3.84	6.30	4.50	7.16	1.45
CaO	4.31	6.04	12.35	12.69	3.52	1.46	0.44	0.95	1.05	3.12	0.91	1.03	0.44	1.50	7.44	10.22	9.44	10.78	3.72
Na ₂ O	3.94	5.30	2.25	2.68	6.56	4.99	4.71	5.07	5.19	6.32	5.03	6.92	4.60	4.81	4.95	3.57	3.03	3.26	4.23
K ₂ O	2.94	2.61	0.33	0.36	3.64	5.73	5.65	5.33	4.48	4.67	4.34	4.14	5.75	5.62	1.38	0.62	0.87	1.17	3.06
P ₂ O ₅	0.18	0.71	0.35	0.41	0.34	0.10	0.04	0.06	0.06	0.20	0.05	0.16	0.04	0.10	0.87	0.56	0.53	0.39	0.18
ZrO ₂	0.02	0.05	0.02	0.02	0.11	0.06	0.04	0.04	0.06	0.09	0.04	0.32	0.05	0.07	0.05	0.02	0.04	0.03	0.02
BaO	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.05	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
SrO	0.08	0.04	0.06	0.07	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.04	0.04	0.06	0.04	0.07
Cl	0.01	0.06	0.02	0.02	0.00	0.07	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.10	0.00
SO ₃	0.03	0.02	0.24	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	0.15	0.23	0.06	0.00	0.01
Rb ₂ O	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
WO ₃	0.06	0.01	0.03	0.00	0.05	0.05	0.10	0.07	0.04	0.04	0.08	0.03	0.10	0.03	0.02	0.02	0.04	0.00	0.03
Total	99.00	100.00	100.0 0	100.00	100.0 0	99.94	100.00	100.00	100.00	100.00	99.91	100.0 0	100.0 0	100.0 0	99.94	100.00	100.00	99.71	100.00

จากตารางที่ 3.2 สามารถแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุหลักของหินชนิดต่างๆ ให้เห็นชัดเจนยิ่งขึ้นโดยใช้ Harker variation diagram แสดงในรูป 3.2

จากรูป 3.2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณ SiO_2 เพิ่มขึ้นปริมาณ TiO_2 , Al_2O_3 , MnO , MgO , CaO , P_2O_5 จะลดลงในขณะที่ปริมาณ Na_2O , K_2O เพิ่มขึ้น โดยหินมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีจากหินอัลคาไลน์-เฟลสปาร์ ซายีไนท์ เป็นซายีไนท์ และเป็นมอนโซไนท์ บะซอลติกไดค์เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีเป็นแอนดซิติกไดค์

Alkaline Feldspar Syenite มีปริมาณ 47.37-66.28% SiO_2 , 0.35-2.00% TiO_2 , 14.57-17.52% Al_2O_3 , 3.32-13.11% Fe_2O_3 , 0.11-0.27% MnO , 1.38-6.72% MgO , 4.31-12.69% CaO , 2.25-5.30% Na_2O , 0.33-2.94% K_2O และ 0.18-0.71% P_2O_5

Syenite มีปริมาณ 61.97-69.02% SiO_2 , 0.40-0.83% TiO_2 , 14.61-15.53% Al_2O_3 , 2.91-6.95% Fe_2O_3 , 0.04-0.22% MnO , 0.25-0.46% MgO , 1.46-3.52% CaO , 4.99-6.56% Na_2O , 3.64-5.73% K_2O และ 0.10-0.34% P_2O_5

Monzonite มีปริมาณ 71.88-72.71% SiO_2 , 0.26-0.38% TiO_2 , 13.90-14.42% Al_2O_3 , 1.45-2.39% Fe_2O_3 , 0.00-0.02% MnO , 0.27-0.47% MgO , 0.44-1.05% CaO , 4.71-5.19% Na_2O , 4.48-5.65% K_2O และ 0.04-0.06% P_2O_5

Quartz Monzonite มีปริมาณ 63.49-72.71% SiO_2 , 0.26-0.67% TiO_2 , 13.42-15.36% Al_2O_3 , 1.75-7.52% Fe_2O_3 , 0.03-0.25% MnO , 0.19-0.52% MgO , 0.44-3.12% CaO , 4.60-6.92% Na_2O , 4.14-5.75% K_2O และ 0.04-0.20% P_2O_5

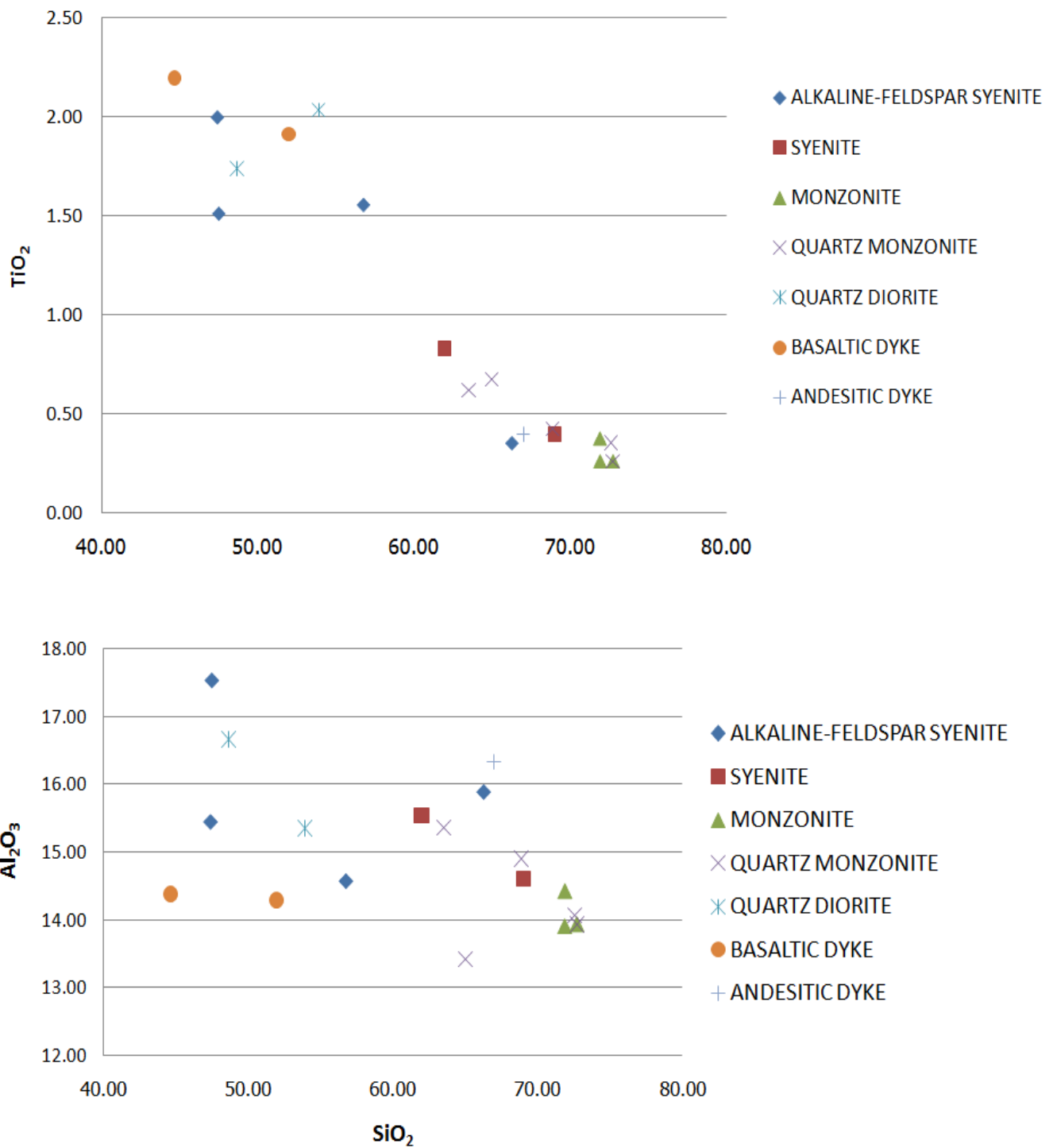
Quartz Diorite มีปริมาณ 48.88-53.90 % SiO_2 , 1.74-2.04% TiO_2 , 15.35-16.66% Al_2O_3 , 9.68-11.13% Fe_2O_3 , 0.17-0.18% MnO , 3.84-6.30% MgO , 7.44-10.22% CaO , 3.57-4.95% Na_2O , 0.62-1.38% K_2O และ 0.56-0.87% P_2O_5

Basaltic Dike มีปริมาณ 44.63-51.96% SiO_2 , 1.91-2.20% TiO_2 , 14.29-14.38% Al_2O_3 , 13.03-15.43% Fe_2O_3 , 0.12-0.18% MnO , 4.50-7.16% MgO , 9.44-10.78% CaO , 3.03-3.26% Na_2O , 0.87-1.17% K_2O และ 0.39-0.53% P_2O_5

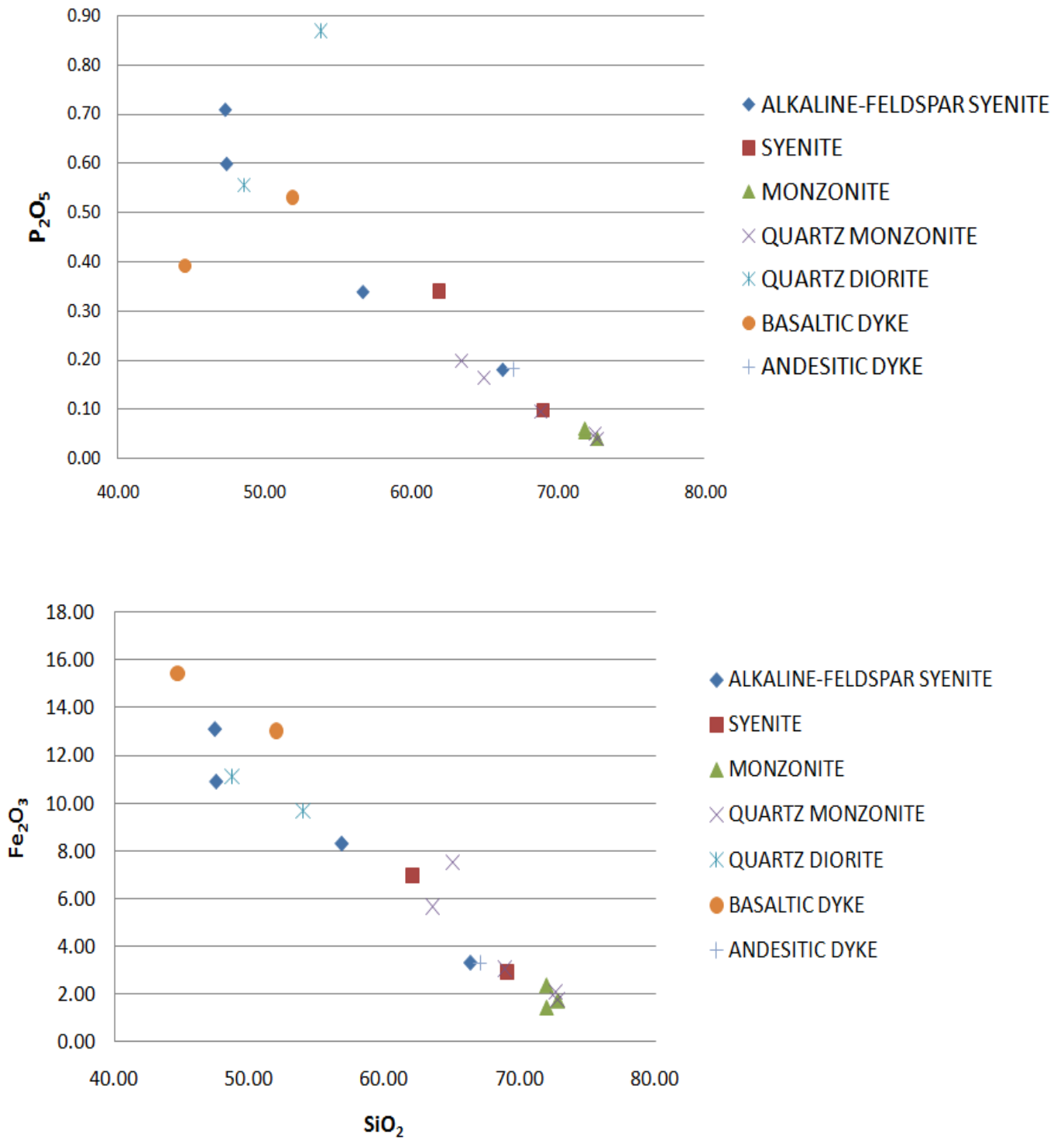
Andesitic Dike มีปริมาณ 66.99% SiO_2 , 0.40% TiO_2 , 16.32% Al_2O_3 , 3.30% Fe_2O_3 , 0.12% MnO , 1.45% MgO , 3.72% CaO , 4.23% Na_2O , 3.06% K_2O และ 0.18% P_2O_5

สิ่งที่น่าสนใจอย่างมากคือ ปริมาณอัลคาไลน์รวม($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) ของหินชายันท์ หินมอนไซไนท์ และหินควอตซ์ มอนไซไนท์จะมีค่าอยู่ระหว่าง 9.37-11.06% ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงมาก

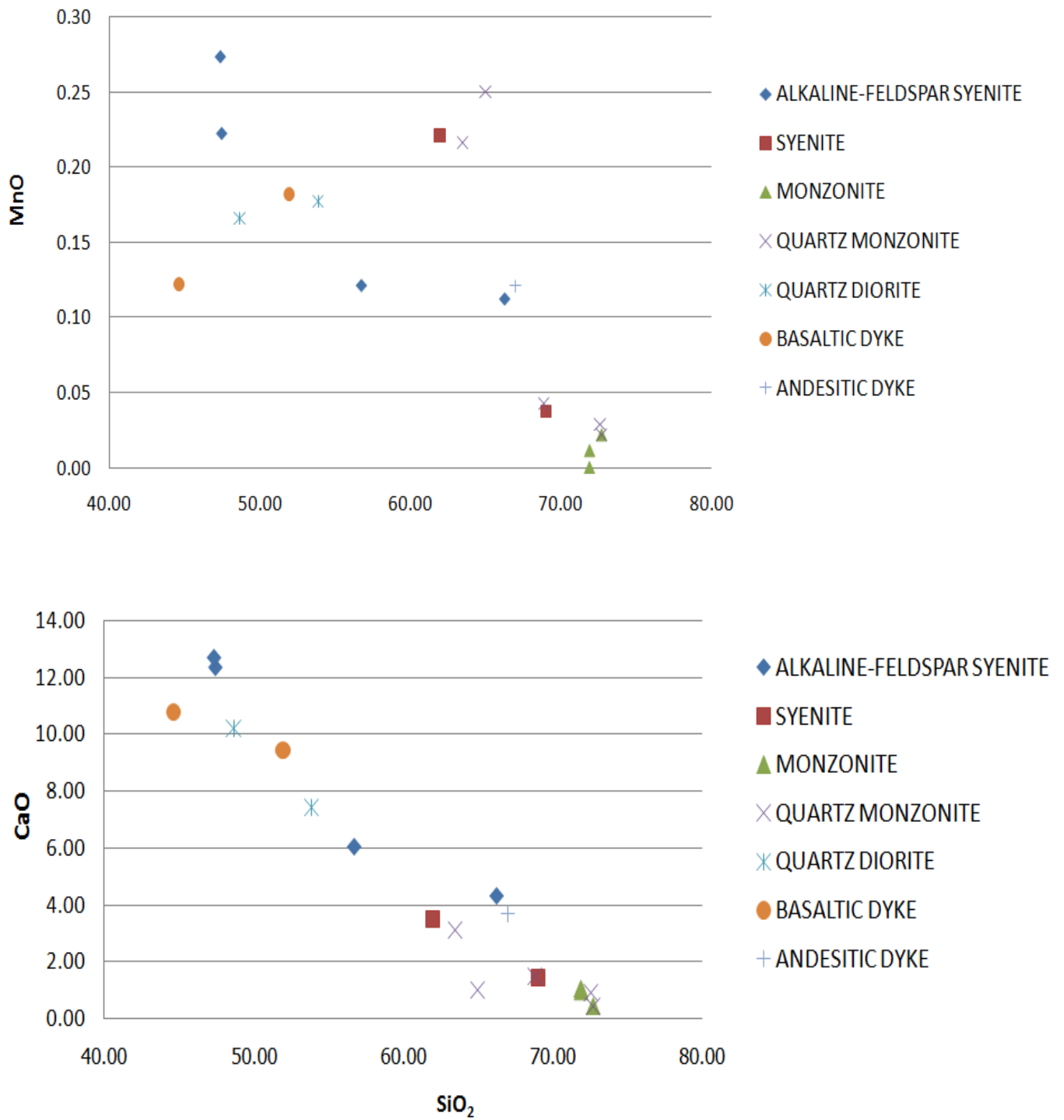
สำหรับปริมาณ REE ซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธี Neutron Activation Analysis ได้ผลที่ไม่น่าพอใจนัก เนื่องจากปัญหาเรื่องสารมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ ทำให้ผลของธาตุเพียง 3 ตัว ได้แก่ La Nd และ Sm แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.3



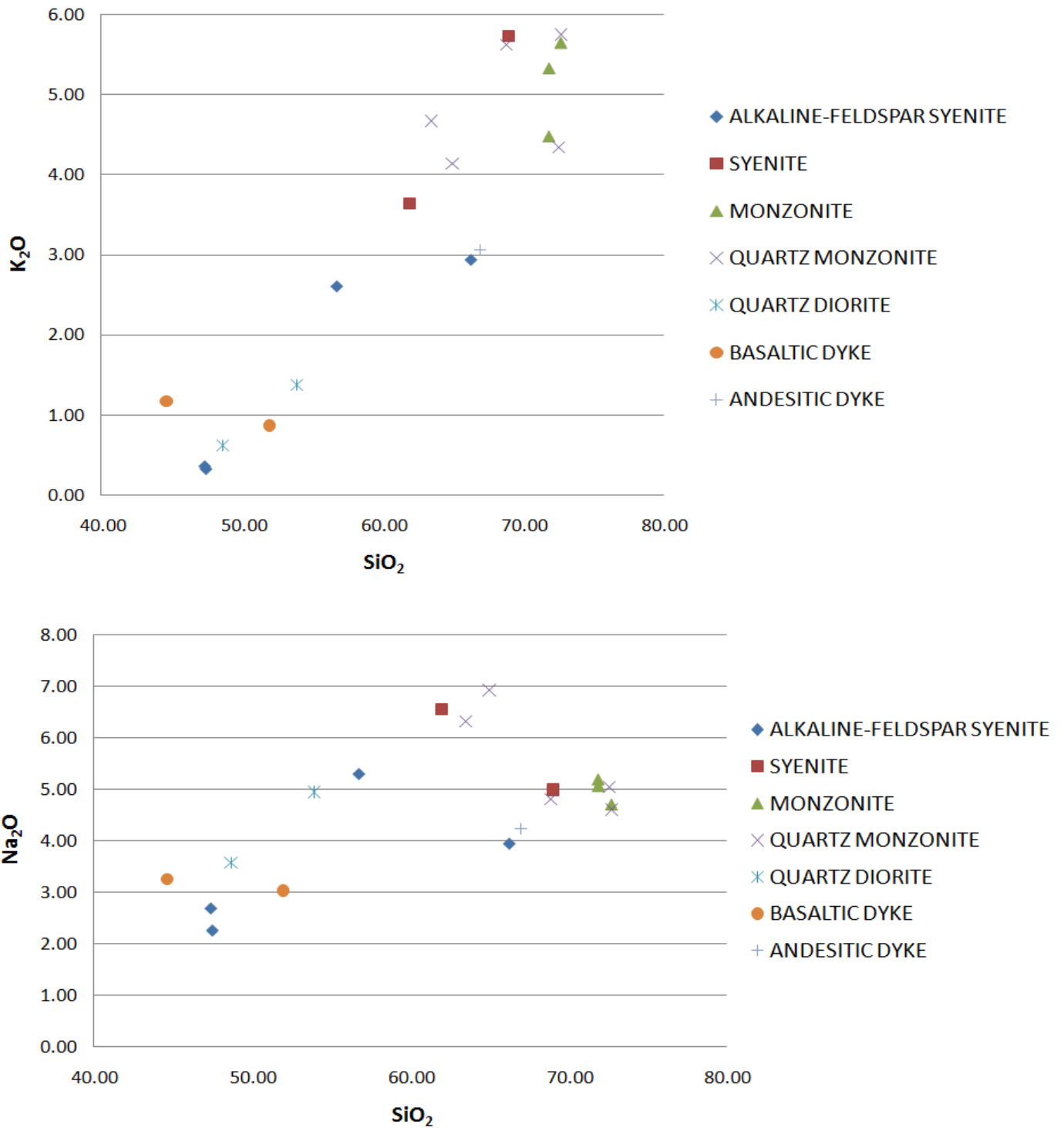
รูปที่ 3.2 แสดง Harker variation diagram



รูปที่ 3.2 แสดง Harker variation diagram (ต่อ)

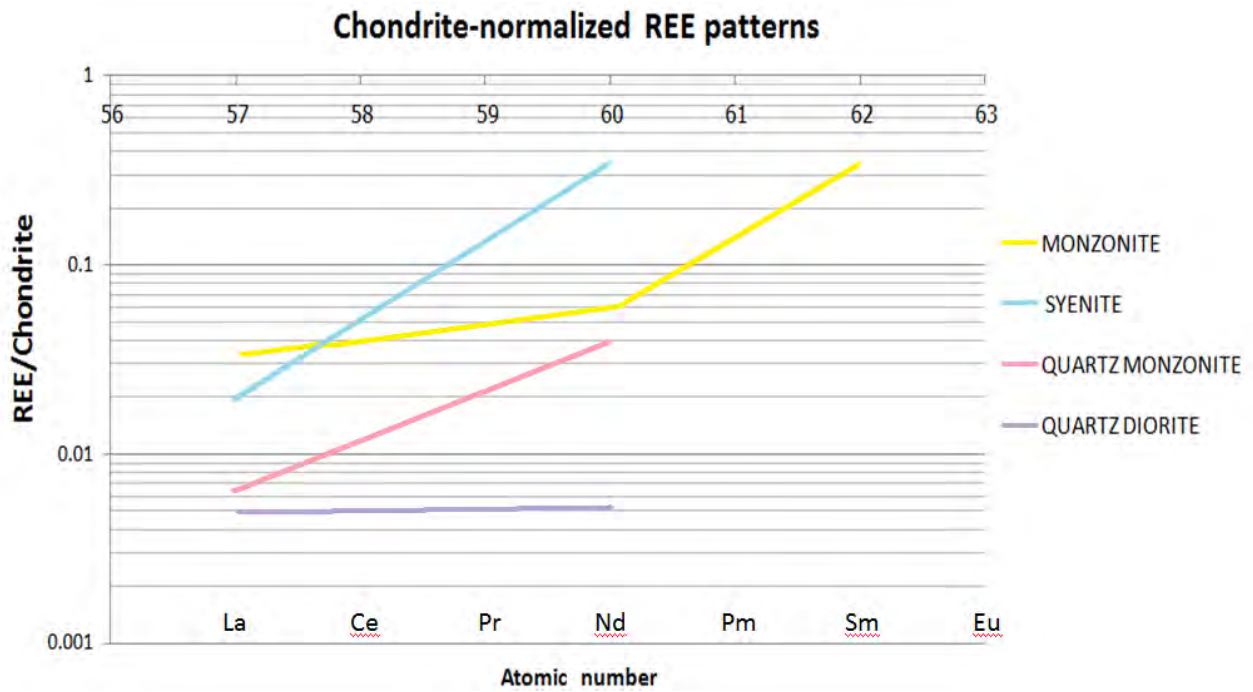


รูปที่ 3.2 แสดง Harker variation diagram (ต่อ)



รูปที่ 3.2 แสดง Harker variation diagram (ต่อ)

ปริมาณ REE ของตัวอย่างที่ศึกษาเมื่อเทียบกับปริมาณ Chondrite (Haskin et al,(1968))มีการเพิ่มของปริมาณ HREE หรือ REEหนัก โดยที่ปริมาณREEรวมของหินไซย์ไนท์มีปริมาณสูงสุดและปริมาณ REEรวมของหินควอตซ์ ไดออไรท์มีปริมาณน้อยสุด แสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดง Chondrite-normalized REE patterns

บทที่ 4

สรุปผลงานวิจัย

ผลจากการศึกษาธรณีเคมีของหินอัคนี บริเวณด้านตะวันออกของอำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์ มีปริมาณธาตุองค์ประกอบหลักดังนี้ SiO_2 44.63 – 72.71%, TiO_2 0.26 – 2.60 %, Al_2O_3 13.39 – 17.52 %, Fe_2O_3 1.75 – 15.43 %, MnO 0.01 – 0.27 %, MgO 0.19 – 7.12%, CaO 0.44 – 12.69 %, Na_2O 2.25 – 6.92 %, K_2O 0.33 – 5.73 % และ P_2O_5 0.04 – 0.71 %

จากHarker variation diagram แสดงให้เห็นถึงแนวการเปลี่ยนแปลงเมื่อ SiO_2 เพิ่มขึ้นแต่มีการลดค่าลงของ TiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , P_2O_5 , MgO และ MnO ในขณะที่แนวการเปลี่ยนแปลงของ Na_2O และ K_2O เพิ่มขึ้นปริมาณของ SiO_2 ก็เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของหินมีการเปลี่ยนแปลงจาก หินอัลคาไลน์-เฟลสปาร์ ซายีไนท์ เป็นหินควอตซ์ ไดโอไรท์ หินควอตซ์ มอนโซไนท์ ซายีไนท์ และไปเป็นมอนโซไนท์ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าบะซอลติกไดค์ไปเป็นแอนดซิติกไดค์ โดยหินบะซอลติกไดค์มีปริมาณธาตุองค์ประกอบหลักดังนี้ SiO_2 44.63 – 51.96%, TiO_2 1.91 – 2.20 %, Al_2O_3 14.29 – 14.38 %, Fe_2O_3 13.03 – 15.43 %, MnO 0.12 – 0.18 %, MgO 4.50 – 7.16%, CaO 9.44 – 10.78 %, Na_2O 3.03 – 3.26 %, K_2O 0.87 – 1.17 % และ P_2O_5 0.39 – 0.53 % หินแอนดซิติกไดค์มีปริมาณธาตุองค์ประกอบหลักดังนี้ SiO_2 66.99%, TiO_2 0.40 %, Al_2O_3 16.32%, Fe_2O_3 3.30%, MnO 0.12%, MgO 0.12%, CaO 3.72%, Na_2O 4.23%, K_2O 3.06% และ P_2O_5 0.18%

จากการที่หินอัคนีในพื้นที่ศึกษามีความหลากหลายทางธรณีเคมีชัดเจนและในพื้นที่มีหินภูเขาไฟเกิดร่วมอยู่ด้วยอันประกอบด้วยหินอัลคาไลน์-เฟลสปาร์ ซายีไนท์, ซายีไนท์, มอนโซไนท์, หินควอตซ์ มอนโซไนท์, หินควอตซ์ ไดโอไรท์, บะซอลติกไดค์ และแอนดซิติกไดค์ นอกจากนี้ในพื้นที่ยังมีหินภูเขาไฟเกิดร่วมอยู่ด้วย ลักษณะธรณีวิทยาเช่นนี้ เป็นลักษณะที่เด่นชัดของ I-Type granite ตามคำจำกัดความของ Chappel and White (1974) และ Pitcher, (1983)

เอกสารอ้างอิง

- Fanka A., 2008. Petrography and geochemistry of igneous rocks at Khao Phra-Khao Sung Area, Amphoe Nong Bua, Changwat Nakhonsawan., Senior project, Department of Geology Faculty of Science Chulalongkorn University, 55p. (unpubl.)
- Jungyusuk, N. and Kositanont, S.,1992 . Volcanic rocks and associated mineralization in Thailand. Proc. Nat. Conf. Geologic Resources of Thailand : Potential for Future Development. Dept. Min. Resources, Bangkok, 17-24 Nov. 1992, pp.522-538.
- Jungyusuk, N. and Putthapiban, P.,(1989) รายงานการเดินทาง รายงานการประชุม และสรุปความคิดเห็นเกี่ยวกับการประชุม GIRCUM-PACIFIC Volcanics and Metallogeny ณ นครนานกิง สาธารณรัฐประชาชนจีน ระหว่างวันที่ 1-9 พฤศจิกายน 2535 หน้า 24-47 กรมทรัพยากรธรณี 50 หน้า
- Nantasin,P. 2004. Petrography and geochemistry of intrusive rocks of Ban Phosawan, Amphoe Bung Samphan, Changwat Phetchabun. M.Sc thesis., Department of geology, faculty of Science, Chulalongkorn University.108p.(unpubl.)
- Shapiro, Leonard, 1975, Rapid analysis of silicate, carbonate, and phosphate rocks--revised edition: U.S. Geological Survey Bulletin 1401, 76 p.
- Teawpanich et al., 2009. Geology of igneous rocks Area I, Fieldwork II. Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University. (unpubl.)
- Tongpan et al., 2009. Geology of igneous rocks Area III, Fieldwork II. Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University. (unpubl.)

แหล่งอ้างอิงรูปภาพ

Map of Thailand highlighting Nakhon Sawan province, 27 nov 2004;

http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%84%E0%B8%9F%E0%B8%A5%E0%B9%8C:Thailand_Nakhon_Sawan.png สืบค้นวันที่ 4 สิงหาคม 2552

http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%84%E0%B8%9F%E0%B8%A5%E0%B9%8C:Amphoe_Nakhon_Sawan.png สืบค้นวันที่ 4 สิงหาคม 2552

ภาคผนวก

วิธีวิเคราะห์กรณีเคมีของหินตัวอย่าง

Colorimeter (UV-VIS Spectrometer)

วิเคราะห์ SiO₂

ตัวอย่างสารละลายหินมาตรฐานที่ใช้ประกอบด้วย

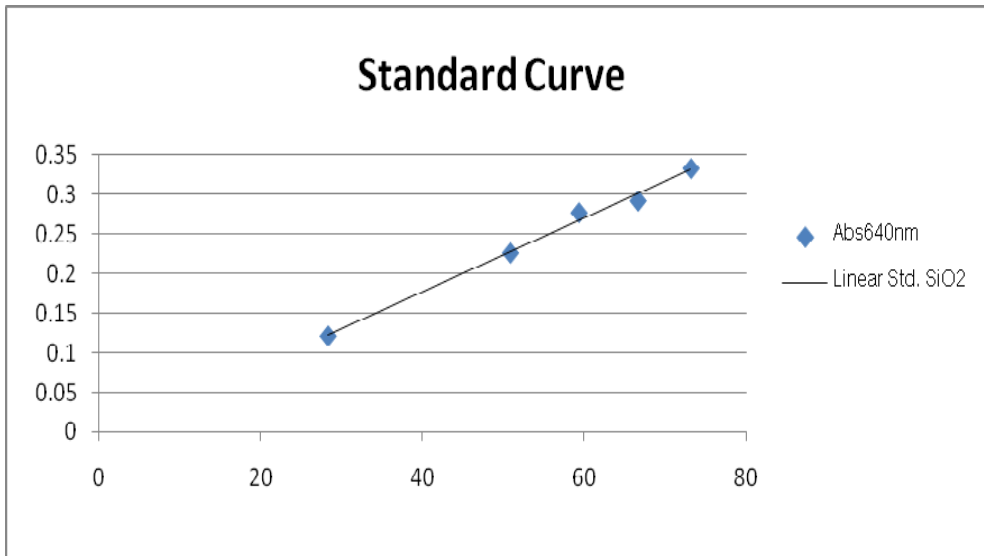
Rock Standard	Material Type	ปริมาณSiO ₂
SGR-1	Shale	28.29
BHVO-1	Basalt	50.83
AGV-2	Andesite	59.3
GSP-2	Granodiorite	66.6
RGM-1	Rhyolite	73.15

ขั้นตอนวิเคราะห์ผล

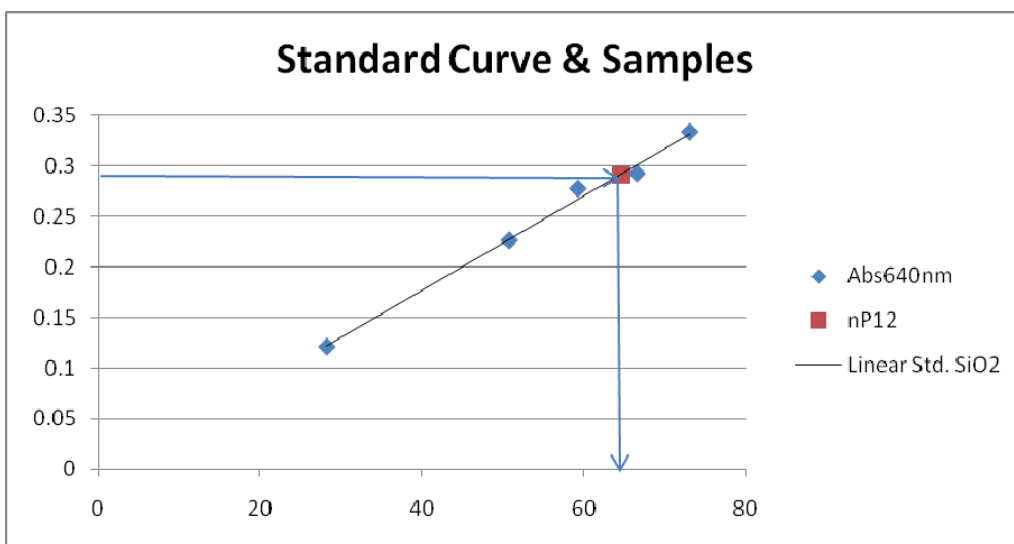
- นำตัวอย่างสารละลายหินมาตรฐานทั้งหมดตรวจวัดด้วยเครื่องเครื่อง Colorimeter ซึ่งจะได้ค่าดูดกลืนแสงของสารละลายหินมาตรฐาน
- นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายหินมาตรฐานที่ได้มาทำplotกราฟโดยแกนXแสดงค่าปริมาณธาตุ แกนYแสดงค่าความดูดกลืนแสง แสดงในรูปที่ บ-1
- นำสารละลาย solution A ของตัวอย่างหินศึกษาไปตรวจวัดด้วยเครื่อง Colorimeter
- เครื่องจะทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง นำค่าที่อ่านได้มาplotลงในกราฟของสารละลายหินมาตรฐาน ลากค่าตัดกับเส้นกราฟแล้วอ่านค่าปริมาณธาตุในหิน แสดงในรูป บ-2

ตัวอย่าง plot ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายหินศึกษาP12ในช่วงความยาวคลื่น640นาโนเมตร เครื่องจะอ่านค่าได้ 0.329 ทำการลากเส้นตัดกราฟสารละลายหินมาตรฐาน จะอ่านค่าปริมาณได้ 73.06%

ด้วยวิธีการดังกล่าว จึงสรุปผลวิเคราะห์ได้ดังตาราง บ-1



รูปที่ บ-1 แสดงกราฟของสารละลายหีนมาตรฐาน วิเคราะห์ SiO_2



รูปที่ บ-2 แสดงกราฟของสารละลายหีนมาตรฐาน และ ตัวอย่างศึกษา

วิเคราะห์ Al_2O_3

ตัวอย่างสารละลายหินมาตรฐานที่ใช้ประกอบด้วย

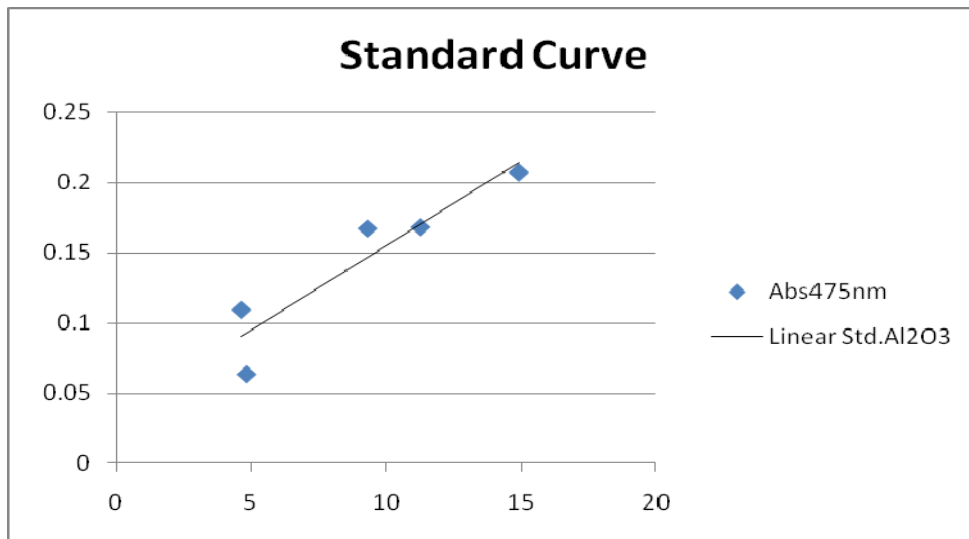
Rock Standard	Material Type	ปริมาณ Al_2O_3
SGR-1	Shale	4.82
BHVO-1	Basalt	9.3
AGV-2	Andesite	11.27
GSP-2	Granodiorite	14.9
RGM-1	Rhyolite	4.63

ขั้นตอนวิเคราะห์ผล

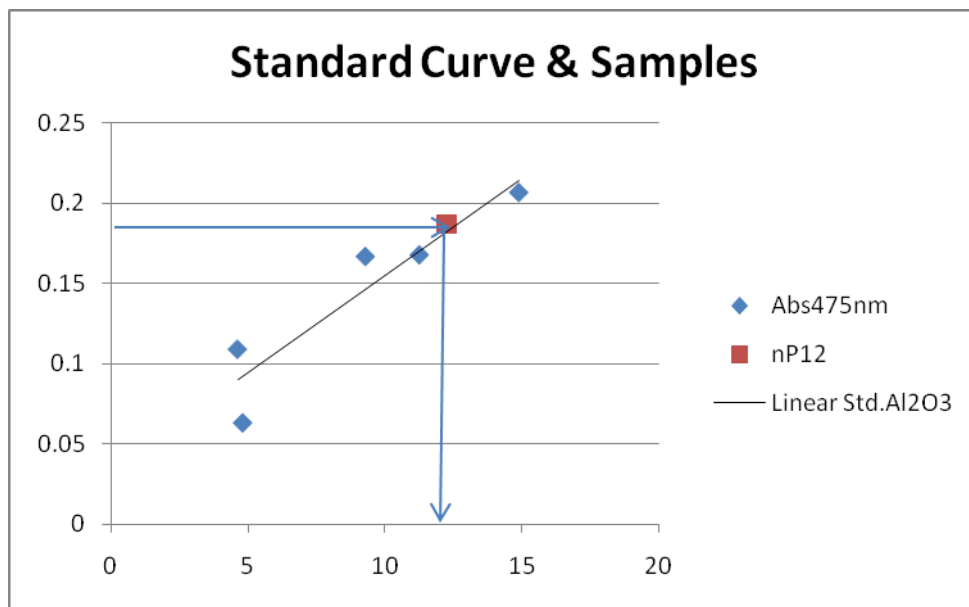
1. นำตัวอย่างสารละลายหินมาตรฐานทั้งหมดตรวจวัดด้วยเครื่องเครื่อง Colorimeter จะได้ค่าดูดกลืนแสงของสารละลายหินมาตรฐาน
2. นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายหินมาตรฐานที่ได้มาทำplotกราฟโดยแกนXแสดงค่าปริมาณธาตุ แกนYแสดงค่าความดูดกลืนแสง แสดงในรูป บ-3
3. นำสารละลาย solution A ของตัวอย่างหินศึกษาไปตรวจวัดด้วยเครื่อง Colorimeter
4. นำค่าที่อ่านได้มาplotลงในกราฟของสารละลายหินมาตรฐาน ลากค่าตัดกับเส้นกราฟแล้วอ่านค่าปริมาณธาตุในหิน ดังแสดงในรูป บ-4

ตัวอย่าง สารละลายหินศึกษาP3 มีค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น475 นาโนเมตร อ่านค่าได้ 0.206 นำค่าplotลงในกราฟสารละลายหินตัวอย่างลากเส้นตัดแกนกราฟ สามารถอ่านค่าวิเคราะห์ปริมาณธาตุAl ได้ค่าที่ประมาณ 13.48

ด้วยวิธีการดังกล่าว จึงสรุปผลวิเคราะห์ได้ดังตาราง บ-2



รูปที่ บ-3 แสดงกราฟของสารละลายหีนมาตรฐาน วิเคราะห์ Al_2O_3



รูปที่ บ-4 แสดงกราฟของสารละลายหีนมาตรฐาน และ ตัวอย่างศึกษา

ตารางที่ บ-1 แสดงค่าการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ SiO₂

ID	Abs640nm	Result
np1	0.325	72.17
np2	0.331	73.51
np3	0.291	64.62
np4	0.215	47.79
np5	0.234	51.96
np6	0.305	67.73
np7	0.201	44.64
np8	0.329	73.06
np9	0.32	71.06
np10	0.305	67.73
np11	0.235	52.19
np12	0.306	67.95
np13	0.323	71.73
np14	0.348	77.28
np15	0.208	46.19
np16	0.325	72.17
np17	0.186	41.34
np18	0.171	38.01
np19	0.161	35.78
np20	0.172	38.28

ตารางที่ บ-2 แสดงค่าการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ Al_2O_3

ID	Abs475nm	Result
np1	0.201	13.15
np2	0.203	13.28
np3	0.187	12.24
np4	0.168	16.18
np5	0.218	14.26
np6	0.209	13.67
np7	0.21	13.74
np8	0.206	13.48
np9	0.196	12.82
np10	0.2	13.09
np11	0.226	14.79
np12	0.206	13.48
np13	0.211	13.81
np14	0.2	13.09
np15	0.25	16.36
np16	0.201	13.15
np17	0.159	15.32
np18	0.164	15.80
np19	0.160	15.41
np20	0.167	16.09

วิเคราะห์ Total Fe

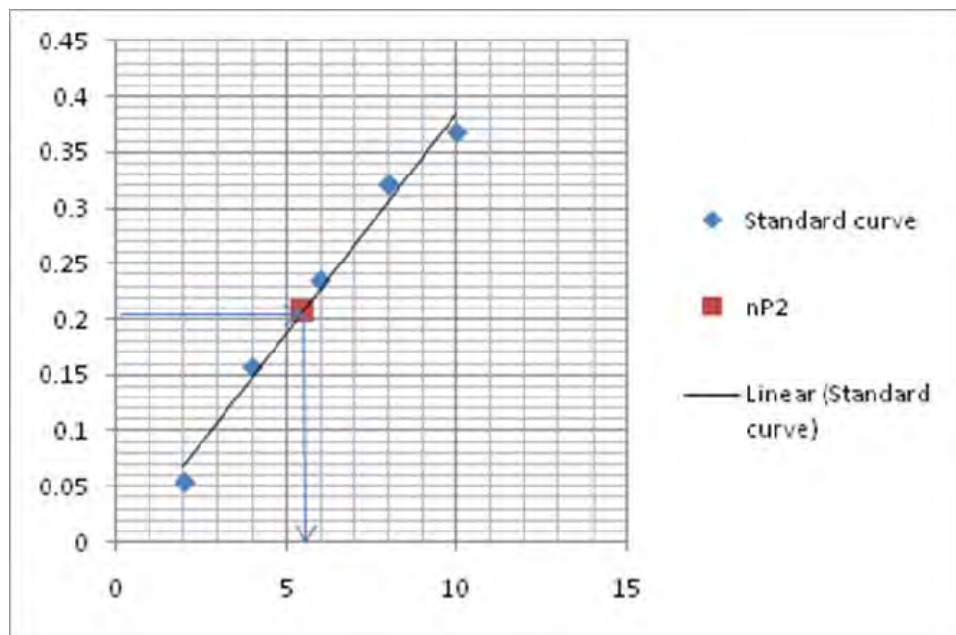
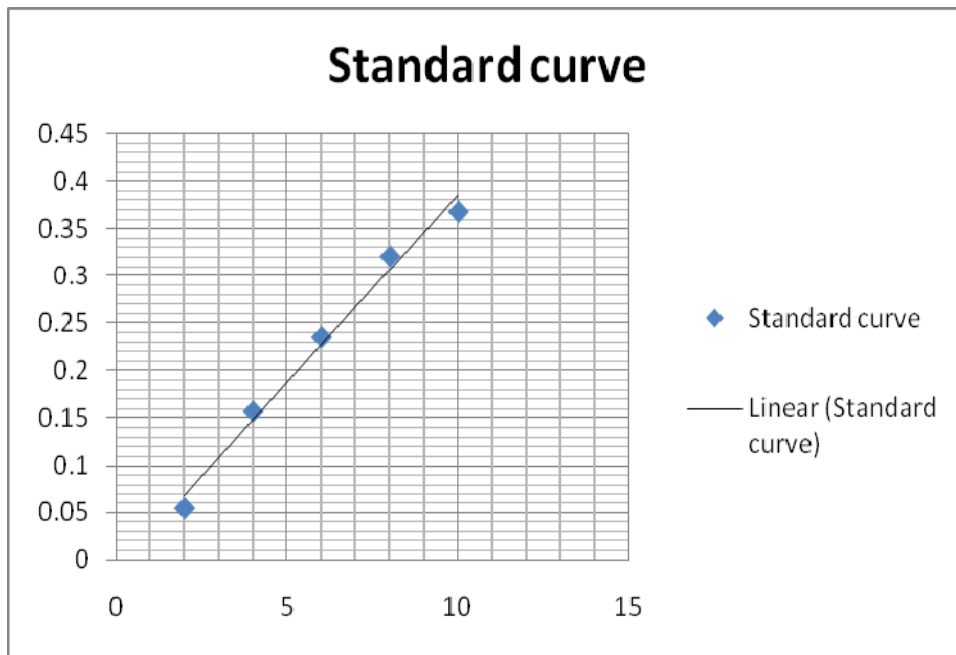
ตัวอย่างสารละลายเหล็กมาตรฐานที่ใช้ประกอบด้วย

Total Fe Standard	ปริมาณ Total Fe
1	2
2	4
3	6
4	8
5	10

ขั้นตอนวิเคราะห์ผล

- นำตัวอย่างสารละลายเหล็กมาตรฐานทั้งหมดตรวจวัดด้วยเครื่องเครื่อง Colorimeter ซึ่งจะได้ค่าดูดกลืนแสงของสารละลายหินมาตรฐาน
- นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเหล็กมาตรฐานที่ได้มาทำplotกราฟโดยแกนXแสดงค่าปริมาณธาตุ แกนYแสดงค่าความดูดกลืนแสง แสดงในรูป บ-5
- นำสารละลาย solution B ของตัวอย่างหินศึกษาไปตรวจวัดด้วยเครื่อง Colorimeter
- เครื่องจะทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง นำค่าที่อ่านได้มาplotลงในกราฟของสารละลายหินมาตรฐาน ลากค่าตัดกับเส้นกราฟแล้วอ่านค่าปริมาณธาตุในหิน ดังแสดงในรูป บ-5

จึงสรุปผลวิเคราะห์ได้ดังตาราง บ-3



รูปที่ บ-5 แสดงกราฟของสารละลายหลักมาตรฐาน และ ตัวอย่างหินศึกษา

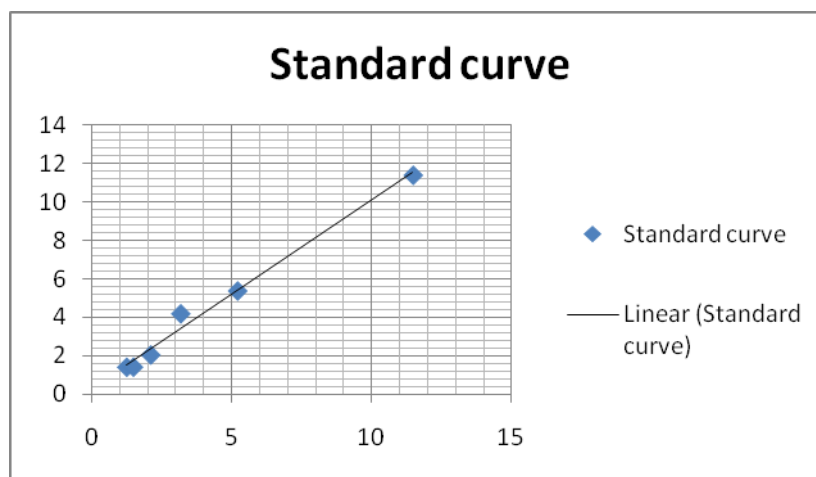
ตารางที่ บ-3 แสดงค่าการวิเคราะห์หาปริมาณ Total Fe

ID	Abs 555 nm	Result
np1	0.101	2.647
np2	0.055	1.442
np3	0.243	6.369
np4	0.225	5.879
np5	0.179	4.691
np6	0.083	2.175
np7	0.406	10.64
np8	0.184	4.822
np9	0.059	1.546
np10	0.105	2.752
np11	0.314	8.230
np12	0.061	1.599
np13	0.068	1.782
np14	0.051	1.337
np15	0.360	9.435
np16	0.348	9.121
np17	0.304	7.968
np18	0.319	8.361
np19	0.392	10.27
np20	0.391	10.25

Atomic Absorption Spectrophotometer

วิเคราะห์ปริมาณ CaO

จากการวิเคราะห์สารมาตรฐานได้กราฟ แสดงในรูป บ-6



รูปที่ บ-6 แสดงกราฟมาตรฐาน ในการวิเคราะห์ CaO

ผลการวิเคราะห์ CaO ค่าของสารมาตรฐานและตัวอย่างศึกษา แสดงในตารางที่ บ-4

ตารางที่ บ-4 แสดงผลการวิเคราะห์ CaO

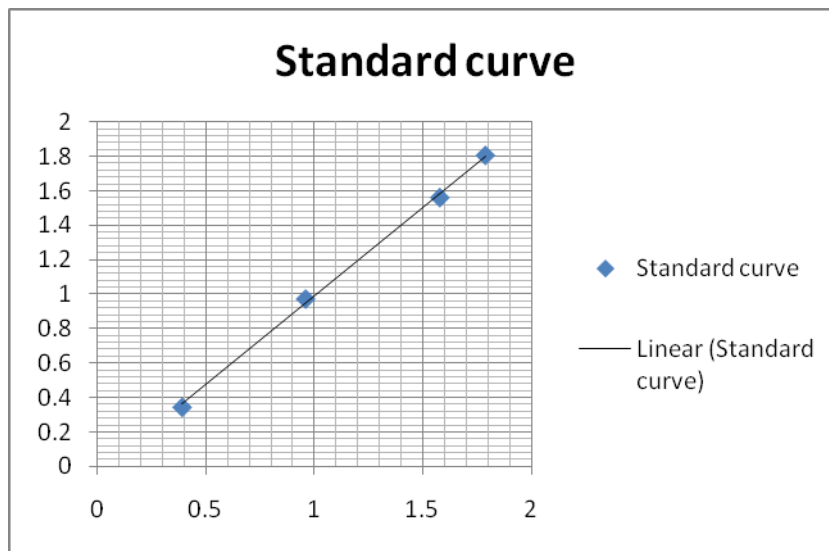
Standard	Entered Conc. %	Calculated Conc. %
Calib Blank 1	0.00	0.000
RGM-1	1.24	1.436
SDC-1	1.48	1.444
GSP-2	2.10	2.071
QLO-1	3.17	4.204
AGV-2	5.20	5.390
BHVO-1	11.47	11.390
Sample		Sample Conc. %
nP1		1.346
nP2		1.210

ตารางที่ บ-4 แสดงผลการวิเคราะห์ CaO

Sample	SampleConc. %
nP3	1.128
nP4	3.143
nP5	2.524
nP6	1.163
nP7	8.662
nP8	0.949
nP9	0.910
nP10	1.165
nP11	6.515
nP12	2.678
nP13	2.998
nP14	0.919
nP15	4.943
nP16	5.240
nP17	5.607
nP18	3.736
nP19	8.646
nP20	9.608

วิเคราะห์ปริมาณ MgO

จากการวิเคราะห์สารมาตรฐานได้กราฟ แสดงในรูปที่ บ-7



รูปที่ บ-7 แสดงกราฟมาตรฐาน ในการวิเคราะห์ MgO

ผลการวิเคราะห์ MgO ค่าของสารมาตรฐานและตัวอย่างศึกษา แสดงในตารางที่ บ-5

ตารางที่ บ-5 แสดงผลการวิเคราะห์ MgO

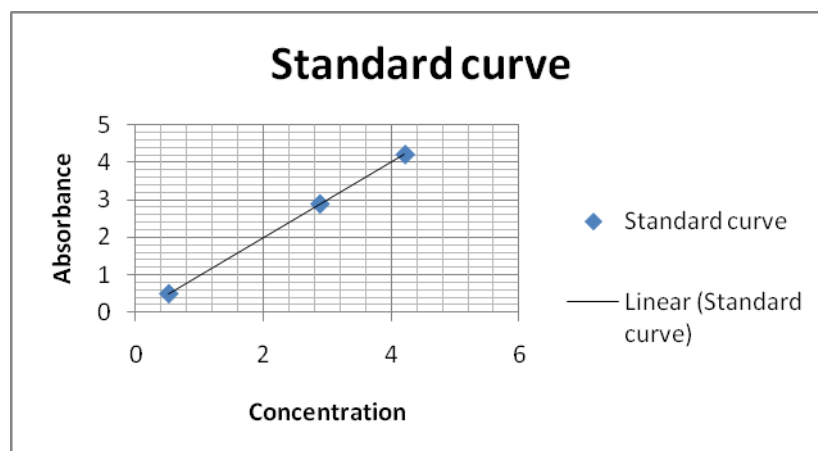
Standard	Entered Conc. %	Calculated Conc. %
Calib Blank 1	0.00	0.000
RGM-1	0.39	0.346
SDC-1	1.58	1.562
GSP-2	0.96	0.974
AGV-2	1.79	1.807
Sample		Sample Conc. %
nP1		0.388
nP2		0.385
nP3		0.390
nP4		0.331
nP5		0.273

ตารางที่ บ-5 แสดงผลการวิเคราะห์ MgO

Sample	SampleConc.%
nP6	0.524
nP7	8.17
nP8	0.363
nP9	0.360
nP10	0.464
nP11	4.165
nP12	1.040
nP13	0.999
nP14	0.251
nP15	8.15
nP16	5.93
nP17	4.255
nP18	6.54
nP19	5.985
nP20	6.955

วิเคราะห์ปริมาณ K_2O

จากการวิเคราะห์สารมาตรฐานได้กราฟ แสดงในรูป บ-8



รูปที่ บ-8 แสดงกราฟมาตรฐาน ในการวิเคราะห์ K_2O

ผลการวิเคราะห์ K_2O ค่าของสารมาตรฐานและตัวอย่างศึกษา แสดงในตารางที่ บ-6

ตารางที่ บ-6 แสดงผลการวิเคราะห์ K_2O

Standard	Entered Conc. %	Calculated Conc. %
Calib Blank 1	0.00	0.000
BHVO-1	0.52	0.488
AGV-2	2.88	2.888
RGM-1	4.21	4.208
Sample		Sample Conc. %
nP1		4.112
nP2		5.890
nP3		3.734
nP4		3.153
nP5		3.936
nP6		5.270
nP7		1.296
nP8		4.800

ตารางที่ บ-6 แสดงผลการวิเคราะห์ K_2O

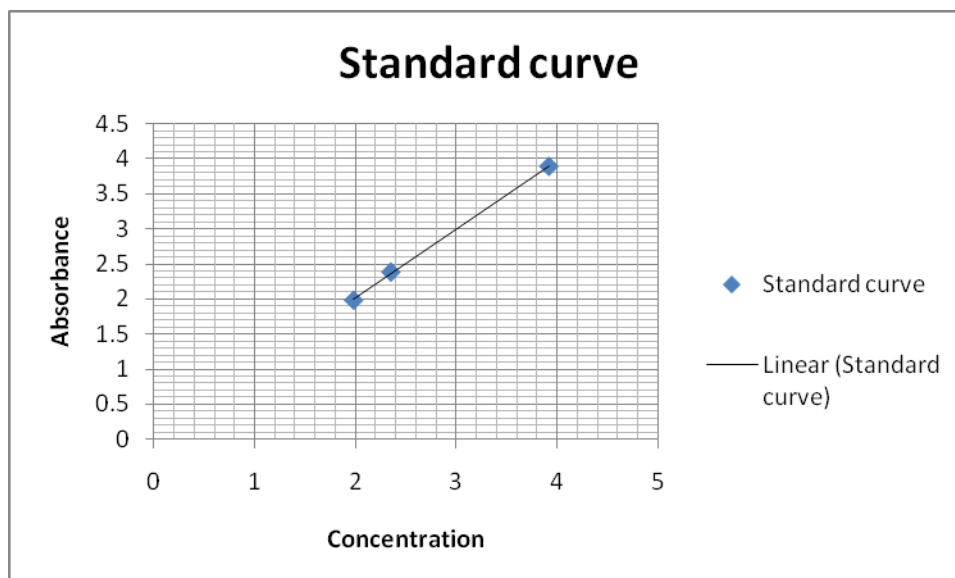
Sample	SampleConc.%
nP9	3.952
nP10	5.190
nP11	0.637
nP12	2.502
nP13	5.140
nP14	3.933
nP15	0.729
nP16	1.342
nP17	2.341

วิเคราะห์ปริมาณNaO

จากการวิเคราะห์สารมาตรฐานได้กราฟ แสดงในรูป บ-9

ตัวอย่างสารละลายหิโนมาตรฐานที่ใช้ประกอบด้วย

Standard	Entered Conc. %	Calculated Conc. %
Calib Blank 1	0.00	0.000
SDC-1	1.98	1.987
AGV-2	4.19	3.905
RGM-1	3.92	3.893



รูปที่ บ-9 แสดงกราฟมาตรฐาน ในการวิเคราะห์ Na_2O

ผลการวิเคราะห์ Na_2O ค่าของสารมาตรฐานและตัวอย่างศึกษา แสดงในตารางที่ บ-7

ตารางที่ บ-7 แสดงผลการวิเคราะห์ Na_2O

Sample	SampleConc.%
nP1	4.730
nP2	6.910
nP3	7.590
nP4	7.160
nP5	8.130
nP6	7.555
nP7	5.715
nP8	5.730
nP9	5.940
nP10	6.565
nP11	3.390

ตารางที่ บ-7 แสดงผลการวิเคราะห์ Na_2O

Sample	SampleConc.%
nP12	5.980
nP13	5.165
nP14	4.875
nP15	4.750
nP16	6.465
nP17	5.835
nP18	2.355
nP19	3.965
nP20	5.385