

บทนำ

ถ่านหิน (Coal) เป็นทรัพยากรที่มีอยู่ในธรรมชาติ เมื่อโลกเริ่มพัฒนาอุตสาหกรรมในระยะแรก ๆ แหล่งพลังงานสำคัญมักจะเป็นถ่านหินซึ่งใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและการขนส่ง จนต่อมามีการพัฒนาเอาน้ำมันมาใช้เป็นเชื้อเพลิง วงการอุตสาหกรรมและการขนส่งทั่วไปก็ได้หันมาใช้น้ำมันเป็นการใหญ่ เพราะนอกจากจะใช้ง่าย ขนถ่ายได้อย่างสะดวกสบายแล้ว ยังลดปัญหาทางด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาที่ฝุ่นถ่านและซัลเฟอร์สร้างความสกปรกให้แก่สภาพแวดล้อมของชุมชนในเมืองอุตสาหกรรมซึ่งมักจะเป็นเมืองใหญ่ มีผู้คนอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น

หลังจากวิกฤติการณ์น้ำมัน ทุกประเทศทั่วโลกนอกจากผู้ผลิตน้ำมันได้เกิดการตื่นตัวหันกลับมาพิจารณาถึงการนำเอาถ่านหินขึ้นมาใช้ในวงการอุตสาหกรรมเพื่อลดต้นทุนการผลิต มีการหาแหล่งถ่านหินแหล่งใหม่ และหาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของถ่านหิน ทั้งนี้เพราะถ่านหินเป็นแหล่งพลังงานที่ยั่งยืนกว่ามีต้นทุนต่ำมาก เมื่อเทียบกับน้ำมันหรือพลังงานรูปอื่น

ถ่านหินลิกไนต์ของไทย มีปริมาณและคุณภาพพอที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้คุ้มค่า⁽¹⁾ จึงได้เริ่มทำการเปิดเหมืองผลิตลิกไนต์ออกจำหน่ายแทนเชื้อเพลิงประเภทอื่น เพื่อสงวนป่าไม้ และเพื่อลดปริมาณการส่งน้ำมันจากต่างประเทศ ได้มีการตั้งโรงไฟฟ้าขึ้นที่แหล่งลิกไนต์ และผลิตไฟฟ้าออกจำหน่ายให้ประชาชนได้ใช้เป็นพลังงานหลักในชีวิตประจำวันและเพื่องานอุตสาหกรรม

1.1 กำเนิดของถ่านหิน⁽²⁾

Thomson⁽²⁾ ได้กล่าวถึงการเกิดของถ่านหิน เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์ของพืช ซึ่งเป็น Carbonaceous materials ส่วนใหญ่เป็นพืชที่สะสมกันเป็นชั้นหนาตัวการที่จะทำให้เกิดการสะสมตัวของพืช นอกจากจะมีแหล่งสะสมตัวที่เหมาะสมแล้ว สภาพดินฟ้า

อากาศ ลักษณะทางภูมิศาสตร์ ตลอดจนมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาเป็นไปอย่างช้า ๆ ในลักษณะที่มีปริมาณน้ำหรือความชื้นในแอ่งสะสมมากพอที่จะทำให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชในแหล่งสะสมตัวนั้นได้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลาานาน

การสะสมตัวของพีท

พีทที่มาสะสมตัวก่อนจะกลายเป็นถ่านหินมีต้นกำเนิดมาจาก

1. Autochthonous accumulation จากพีทที่เกิดขึ้น ณ แอ่งสะสมตัวนั้น และ
2. Allochthonous accumulation จากพีทที่เกิดขึ้นที่อื่นแล้วถูกพัดพามารวม

ยังแอ่งสะสมตัว

ซึ่งทั้งสองประเภทสามารถที่จะจำแนกตามลักษณะสิ่งแวดล้อมในการสะสมตัวได้ดังนี้

แหล่งสะสมตัวของพีท

การสะสมตัวในน้ำทะเล

การสะสมตัวในน้ำทะเล จะพบในแหล่งที่เป็นอ่าวน้ำนิ่ง พีทที่สะสมตัวจะมีทั้งแบบที่เป็นลำต้นไม้ ซุง กอสาვეที่ลอยมากับน้ำ หรือเป็นพวก Fucoïd algae ที่เกิดตามชายฝั่ง หรือเป็นวัสดุผสมจากทั้งที่ลอยมากับน้ำและเกิดขึ้น ณ ที่นั้น และมักจะพบซากเปลือกหอย และสัตว์ทะเลปะปนอยู่ในพีทนั้น

การสะสมตัวในน้ำกร่อย

แหล่งสะสมพีทที่เป็นน้ำกร่อยอาจเกิดขึ้นได้จากพีทที่ขอบเกิดในที่น้ำกร่อย หรือที่น้ำทะเลท่วมถึง เช่น ป่าชายเลน ป่าแสม ป่าโกงกาง ดงลำพู ซึ่งขอบขึ้นในที่ลุ่มน้ำขัง ที่เรียกว่า mangrove like swamps หรือดงหนำริมทะเลที่เรียกว่า salt marsh และพีทลุ่มลุ่ม ตลอดจนดงเคย เฟิร์นน้ำกร่อย ดงจากที่ขึ้นหนาแน่นในที่น้ำทะเลขึ้นถึง นอกจากนี้ยังมีซากพืช

ที่ถูกพัดมาสู่แอ่งสะสมตะกอนจากแหล่งที่ไม่ไกลนัก

การสะสมตัวในน้ำจืด

พื้ที่สะสมตัวในน้ำจืดมีอยู่ 3 ลักษณะ คือ

1. ในทะเลสาบที่ค่อนข้างสงบ ไม่ถูกรบกวนด้วยกระแสลมและคลื่น
2. บริเวณสันดอน ปากอ่าว ปากแม่น้ำ คู่งน้ำเก่า และ
3. เป็นที่ลุ่มบริเวณกว้างขวางคล้ายทะเลสาบแต่ตื้น และมีพื้ที่ชอบน้ำขึ้นอยู่หนาแน่น

พื้ในแหล่งนี้จะเกิดจากพื้ที่เกิดในแหล่งสะสมตัวนั่นเองเป็นส่วนใหญ่ อาจเป็นพวกแพลงตอน สาหร่าย เซลล์เดี่ยวที่เกิดในทะเลสาบ พื้ที่ขึ้นในน้ำ เช่น สาหร่ายพวง สาหร่ายหางกระรอก ผักสิ้นควา บัวต่าง ๆ พื้ชลอยน้ำ เช่น จอก แหน ผักตบชวา และพื้ที่มีรากขนไชไปในแหล่ง น้ำตื้นหรือชายฝั่ง เช่น หนุ่ยปล่องและหนุ่ยอื่น ๆ กกชนิดต่าง ๆ ไมลมูลก และไม้อื่นที่ชอบน้ำ นอกจากนี้ยังมีซากพื้ที่ถูกพัดมาจากแหล่งไกลเคียง ตามทางน้ำที่ไหลลงสู่แอ่งสะสมตะกอน

การสะสมตัวบนแผ่นดิน

พื้ที่เกิดจากการสะสมตัวบนแผ่นดินจนเป็นแหล่งพื้ที่นั้น ส่วนใหญ่มักจะเป็นพื้ที่ชอบขึ้นในที่ที่มีความชื้นสูง เช่น มอสส์หรือเฟิร์น และหญ้าบางชนิด มักจะพบตามแอ่งชื้น เขิงเขา ในหุบเขาสูง หรือหลุมบ่อที่เกิดจากธารน้ำแข็ง กลายเป็นแอ่งน้ำขังที่มีมอสส์ สาหร่ายเซลล์เดี่ยว ทรายไคร่น้ำขึ้นอยู่กลายเป็น peat bog นอกจากพื้ที่เกิดขึ้นในแอ่งแล้วยังมีลำต้นไม้ใหญ่ ชุงที่เกิดรวมกับพรรณไม้ในแอ่งหรือถูกพัดลงมาจากภูเขากว้าง ๆ นั้นมาสะสมตัวรวมกันอยู่ในเขตรอนชื้น มักจะพบว่าแอ่งชนิดนี้เป็นหุบเขาที่ติดต่อกับบึงหรือทะเลสาบขนาดเล็ก ทำให้พื้ที่ประกอบ ด้วยพรรณไม้นานาชนิด ทั้งพื้ชบก พื้ชชอบดินชื้น และพื้ชน้ำสะสมตัวรวมกัน

ในแหล่งสะสมตัวเหล่านี้ พื้ที่สะสมตัวจากซากพื้ชล้วน ๆ จะให้ true peat ซึ่งต่อไปจะกลายเป็น Humic coal แต่ยังมีพวก Sapropelic coals หรือ bone coal ที่เกิดจาก organic muds ที่ตกตะกอนลงมาจากน้ระหรือทะเลสาบที่ไม่ค่อยมีอากาศผ่านลงไปถึง เกิดเป็นชั้นถ่านที่มีสิ่งเจือปนเป็นทั้งสารอนินทรีย์ และสารอินทรีย์ค่อนข้างสูง

ปัจจัยที่ทำให้ชั้นพีตสะสมตัว

ในการที่จะเกิดแหล่งถ่านเพลิงใหญ่ ๆ ที่มีชั้นถ่านหินหนามาก ๆ ต่อเนื่องกันได้นั้น สภาพภูมิประเทศจะต้องอำนวย และต้องมีการเปลี่ยนแปลงระดับของแหล่งสะสมเืองสภาพมีน้ำขังอยู่ในระดับที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ตลอดเวลา ในลักษณะของน้ำคอย ๆ ทวมช้า ๆ หรือแผ่นดินทรุดตัวลงอย่างช้า ๆ อย่างใดอย่างหนึ่ง เพราะถ้าหากที่ลุ่มน้ำขังนั้นขึ้นเนินมาก ๆ น้ำแห้งไป นอกจากจะไม่มี การสะสมพีตแล้ว พีตที่สะสมอยู่ก็อาจสูญเสียไปโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการผุพังทำลายพัดพาไป เสียจากแหล่งที่พีตเคยสะสมอยู่

การสะสมตัวในแหล่งพีตใหญ่ ๆ นั้น มักจะเป็นพีตที่เกิดขึ้นในแหล่งสะสมตัวนั่นเอง ส่วนที่ตายลงก็ทับถมลง ณ ที่นั้น และมีการเกิดของพืชชุดใหญ่ทับไปบนซากพืชที่ตายทับถมนั้นต่อเนื่องกันมาเรื่อย ๆ มาเป็นเวลานาน การสะสมตัวนี้จะสิ้นสุดลงก็ต่อเมื่อ

1. สภาพพื้นที่ไม่อำนวยต่อการเกิดและเจริญเติบโตของพืช เช่น ดินหรือน้ำในแหล่งนั้นเกิดสภาวะน้ำเสีย หรือเป็นกรดมากเกินไป
2. เกิดสภาวะน้ำท่วมสูง แล้วถูกทับถมด้วยดินตะกอน
3. เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศ เช่น แห้ง หรือหนาวเกินไป
4. เกิดการหาระดับของแหล่งสะสมขึ้นเหนือระดับน้ำ และบริเวณใกล้เคียงทำให้เกิดการเซาะ ซะล้าง ทำลาย แหล่งสะสมนั้นหมดสภาพไป

การเกิดสภาวะน้ำท่วมหรือทรุดตัวของแผ่นดิน จนทำให้เกิดการทับถมของดินตะกอน อาจเกิดการ repeat cycle คือมีการเกิดพืชพรรณและสะสมตัวเป็นพีตใหม่ เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม ทำให้เกิดเป็นชั้นถ่านหลาย ๆ ชั้นในเวลาต่อมา ในลักษณะเช่นนั้นจะพบว่า ชั้นถ่านหินอยู่สลับกับชั้นของ shale หรือ Sedimentary deposits อื่น ๆ เช่น ชั้นหินปูน หินทราย ฯลฯ ดังที่พบในชุด Coal measures ซึ่งเป็น formation หนึ่งของยุคคาร์บอนิเฟอรัส พบว่าชั้นถ่านหินและ inorganic sedimentary rocks อยู่เรียงกันเป็นชุดต่อเนื่องซ้ำ ๆ กันหลายครั้ง ซึ่งในแต่ละ cycles แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่มีการจมตัวของแผ่นดิน และการมีน้ำทะเลท่วมท้นเวียนอยู่ตลอดเวลา

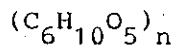
ในชั้นที่ที่หนามาก ๆ อย่างเช่นที่พบกลายเป็นลิกไนต์ในเยอรมัน จีน อเมริกาเหนือ ซึ่งพบว่า แต่ละแห่งมีความหนาถึง 1,200 ฟุต ในแหล่งถ่านหินใหญ่ ๆ เหล่านี้ พบว่ามีชั้นของถ่านหินชั้นใหญ่ ๆ ซ้อนกันอยู่หลายชั้น ชั้นส่วนของพืชที่พบมีชนิดของพืชหลายชนิด ทั้งพืชประเภทใบเลี้ยงคู่และใบเลี้ยงเดี่ยว แต่จากการศึกษาถ่านลิกไนต์ในเยอรมัน โดย Thomson (2) โดยอาศัย Paleobotanical aspects ของถ่านหินลุ่มแม่น้ำไรน์ โดยใช้ Pollen distribution diagram เป็นหลักในการแยกการกระจายของชนิดของพืชในถ่านหินพบว่า ต้นไม้ใหญ่ ๆ รวมทั้งต้นสน มักจะไม่ใช่ coal forming trees ที่แท้จริง ทั้งนี้เพราะพืชพวกนี้มักจะพบว่าถูกไฟป่าเผาไหม้เสียหายเป็นจำนวนมาก ให้เป็นถ่านไม้ก่อนที่จะเกิดการสะสมตัวพวกที่เป็นพืชหลักที่แท้จริง มักจะเป็นพวกไม้พุ่มเล็กพวก angiosperms หนุ่ยและกกต่าง ๆ ซึ่งขึ้นในที่ชื้นแฉะ ที่ลุ่มน้ำขัง ซึ่งพวกกกและหนุ่ยเหล่านี้สามารถขึ้นได้ดีเหนือน้ำเช่นกัน

Thomson (2) ได้สรุปชั้นตอนต่าง ๆ ของถ่านหินในแต่ละระยะที่กล่าวมากินเวลาในการเกิดเป็นเวลานานเป็นแสนเป็นล้านปี อาจเกิดตั้งแต่ยุค Eocene จนกระทั่งถึงยุค Pliocene ซึ่งกินเวลาไม่ต่ำกว่าห้าสิบล้านปี และในระหว่างนั้นยังมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างเด่นชัด ซึ่งดูได้จากชนิดของพืชที่ยังคงเห็นซากอยู่ในถ่านหิน

ส่วนประกอบทางเคมีของพืช(2)

ในพืชที่มีใบสีเขียวสามารถที่จะสังเคราะห์อาหารจากน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ โดยขบวนการสังเคราะห์แสง สามารถที่จะจัดชนิดได้ดังนี้

1. คาร์โบไฮเดรต และผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียง
 - น้ำตาลเชิงเดี่ยว เช่น เพนโทส ($C_5H_{10}O_5$) เฮกโซส ($C_6H_{12}O_6$)
 - น้ำตาลเชิงซ้อน เช่น แป้ง เดกตริน ($C_6H_{10}O_5$)_n
 - น้ำตาลเชิงคู่ เช่น น้ำตาลอ้อย มอลโตส แลคโตส ($C_{12}H_{22}O_{11}$)
 - เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ($C_6H_{10}O_5$)_n
 - สารประกอบเซลลูโลส เช่น ลิกโน-, เปคโต-, หรือคิวโตเซลลูโลส
 - ยางเหนียว (Gums) ได้แก่ กัมในธรรมชาติ เพนโตแซน หรือมิวซิแลล



- เปคติน และพืทอกซีเอสเตอรร์องเปคติน $[CHO(CHOH)_4(COOH)_2]$

2. กลูโคไซด์ เป็นส่วนประกอบของเพนโทสกับเฮกโซส กับสารที่มีกลิ่น เช่น อมิกดาลิน $(C_{20}H_{27}N \cdot O_{11})$
3. เทนิน เป็นยางฝาดที่ได้มาจากกรดแกลลิก $(C_7H_6O_5)$
4. สีต่าง ๆ เช่น คลอโรฟิลล์ สีเขียว สีเหลืองของคาโรทีนอย เป็นต้น
5. ไขมัน น้ำมัน และขี้ผึ้ง เช่น น้ำมันมะกอก น้ำมันปาล์ม หรือพวกเอสเตอร์ที่ได้จากแอลกอฮอล์ชั้นสูง เช่น ซิทิล $C_{16}H_{33}OH$ หรือแลคซิทีน $C_{32}H_{65}OH$
6. น้ำมันประเภทที่มีในเนื้อไม้ เช่น น้ำมันสน $(C_5H_8)_n$ หรือการบูร ซึ่งเป็นผลของการออกซิไดซ์ของน้ำมันที่มีกลิ่น
7. โปรตีน เป็นสารประกอบที่มีในโตรเจนและซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบในรูปของกรดอะมิโน ซึ่งอาจประกอบเป็นโปรตีนอย่างง่าย ๆ เช่น โปรตามีน ฮิสโตน อัลบูมิน กลูเตลิน โปรลามีน หรือพวก conjugated proteins และผลจากการสลายตัวของโปรตีน
8. อื่น ๆ เช่น เรซิน ไฮโดรคาร์บอน อัลคาลอยด์ ยางไม้ฝาด เพียวรีน ไคติน และเอนไซม์ต่าง ๆ

การกลายเป็นถ่านหิน (2)

การกลายเป็นถ่านหิน (Diagenesis of coal or Coalification) ที่จะเปลี่ยนต้นไม้ ซากพืช ไม้กลายเป็นถ่านหิน นอกจากจะมีการสะสมเป็นชั้นแล้วยังจะต้องผ่านกระบวนการทางเคมี และทางฟิสิกส์เป็นเวลานาน การเปลี่ยนแปลงทางเคมี จะออกมาในรูปการลดจำนวนไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และอื่น ๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อไม้ ตั้งแต่เริ่มต้นในถ่านหินที่เกรดต่ำ ๆ พวกธาตุต่าง ๆ เหล่านี้จะอยู่ในรูปของสารระเหยและความชื้น อันเป็นผลมาจากการแยกสลายของโครงสร้างโมเลกุลใหญ่กลายเป็นโมเลกุลที่เล็กลง ส่วนประกอบเหล่านี้บางส่วนจะแยกตัวออกจากเนื้อถ่านหิน เมื่ออุณหภูมิและความดันเพิ่มขึ้นขณะที่ถ่านหินถูกฝังลึกลงไปอีก การสูญเสียน้ำและสารระเหย จะมีผลทำให้เกรดของถ่านหินก็ยิ่งขึ้น ดังนั้นกระบวนการกลายเป็นถ่านหินจะเริ่มต้นที่การสะสมตัวของพีทและไปสิ้นสุดด้วย highly metamorphic anthracite

ส่วนกราฟไฟต์นั้นจะเกิดเฉพาะสภาวะที่เหมาะสมเท่านั้น

หลักที่สำคัญที่ทำให้พืชคงสภาพได้ดี คือ ต้องมีระดับน้ำใต้ดินที่นิ่งสงบ ซึ่งจะมีผลทำให้รากพืชไม่สลายตัว การเกิดพื้หนั้นจะต้องประกอบไปด้วยการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยเริ่มที่ผิวซึ่งมีสภาวะออกซิไดซ์จากพวกเชื้อราและแบคทีเรียประเภท aerobic bacteria เป็นตัวการสำคัญ ผลของออกซิเดชัน จะทำให้ซากพืชสลายตัวเป็นกรดฮิวมิก (Humic acid) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำอย่างรวดเร็ว กรดฮิวมิกที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นเจลาตินก็จะทำตัวเป็นชั้นกั้นไม่ให้ออกซิเจนจากบรรยากาศเข้าไปทำปฏิกิริยากับซากพืชที่อยู่ใต้ชั้นเจลาตินของกรดฮิวมิก ทำให้ลดอัตราการผุพังสลายตัว ต่อมาเมื่อสภาวะอากาศเหมาะสม เป็นต้นว่าอบอุ่นชื้นหรือมีฝนตกลงมา พืชยุคใหม่เกิดบนซากพืชยุคเก่าตายทับถมสลายตัวไปบ้าง คงสภาพอยู่บ้าง ตามแต่สภาพแวดล้อม อัตราการสลายตัวจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ระดับน้ำ จุลินทรีย์ สภาพแวดล้อมทางเคมี เมื่อเวลาผ่านไปโครงสร้างเนื้อเยื่อของพืชเดิมมักจะสลายตัวไปเรื่อย ๆ และปริมาณเจลาตินหรือคอลลอยด์จากกรดฮิวมิกเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จะเหลือเพียงพวก Chemically-resistant bitumen ไขมัน พวกเปลือกเพชร พวกสปอร์ที่ยังคงสภาพอยู่ ส่วนพวกเนื้อเยื่ออ่อน ๆ จะถูกทำลายหมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกที่มีส่วนประกอบทางเคมี ที่สามารถจะถูกไฮโดรไลซ์ได้ง่าย เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส น้ำตาลต่าง ๆ แปคติน โปรตีน จะสลายตัวก่อน ส่วนพวกที่ประกอบด้วยสารที่ผุพังทำลายได้ช้า เช่น ลิกนิน แทนนิน บีทูเมน พวกนี้ซึ่งบางชนิดเป็นส่วนประกอบโครงสร้างเนื้อไม้ถูกเก็บรักษาไว้เป็นอย่างดีหรือถูกทำลายไปก็ไม่มากนัก และสามารถจะเห็นไคบอย ๆ ในถ่านหินว่าพวกซากพืชที่มีปริมาณลิกนินสูง จะยังคงรักษาสภาพเดิมของเซลล์ไว้ได้ แม้อายุจะผ่านมามากหลายล้านปี

การที่ชั้นพื้เกิดขึ้นต่อเนื่องกันเรื่อยมา ทำให้ชั้นเก่า ๆ จมตัวลงไปเรื่อย ๆ สอดคล้องกับการที่ระดับน้ำเพิ่มขึ้นจะเนื่องมาจากการทรุดตัว หรือการที่ระดับน้ำค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในแอ่งก็ตาม ภายใต้ออกซิเจนที่กรดฮิวมิกปกคลุมอยู่ก็จะเกิดสภาวะรีดักชัน พวกเชื้อราพวกแบคทีเรียที่ชอบอยู่ในสภาวะออกซิเดชัน ก็จะเปลี่ยนไปเป็นพวกที่ชอบอยู่ในสภาวะรีดักชัน คือพวก Anaerobic bacteria และ Actinomycetae พวกจุลินทรีย์พวกนี้ก็จะทำให้ปฏิกิริยาการผุพังเกิดขึ้นต่อไป โดยการดึงเอาออกซิเจนที่มีอยู่มาใช้ในการดำรงชีวิต ทำให้โครงสร้างใหญ่ที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบถูกทำลายกลายเป็นหน่วยเล็กลง และบางครั้งจุลินทรีย์

พวกนี้ก็ไปดึงเอาออกซิเจนจากซัลเฟต คาร์บอเนต ในเตตระไดออกไซด์ แล้วปล่อยไฮโดร-
เจนซัลไฟด์ และแอมโมเนียออกมา ทำให้เกิดการรวมตัวระหว่างเหล็กกับซัลไฟด์ได้ออกกลายเป็น
ไพไรต์ขึ้นมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดอ่อน ๆ เหมาะแก่การดำรง
ชีวิตของจุลินทรีย์พวกนี้ แต่สภาพแวดล้อมมีสภาพเป็นกลางหรือด่าง ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นจะ
เป็นปฏิกริยาเคมีล้วน ๆ และพบว่าส่วนใหญ่แล้วกรดซัลฟิวริกอยู่ระหว่าง 15 - 50 เปอร์เซ็นต์
แต่พื้นที่มาจากต้นกกอาจมีปริมาณกรดซัลฟิวริกมากกว่า 55 เปอร์เซ็นต์ ค่านี้จะเปลี่ยนแปลงไป
ตามระดับความลึก ขึ้นอยู่กับอัตราการสลายตัวของซากพืชในชั้นนั้น ๆ

โดยทั่วไป พีทมิน้ำอยู่ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ แต่บางแห่งอาจมีถึง 98 เปอร์เซ็นต์
และจะมีน้ำมากในพีทที่อยู่ในเขตอบอุ่นมากกว่าในเขตร้อน พีทที่ตากแห้งจะมีน้ำอยู่ไม่ต่ำกว่า
12 เปอร์เซ็นต์

การเปลี่ยนแปลงจากพีทไปสู่ลิกไนต์ (3), (16)

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีในพีทไปสู่ลิกไนต์ มักจะเป็นผลมาจากความกดดัน
ความร้อน เวลา และความลึกในการฝังตัว โดยเฉพาะใน soft lignite จะมีคาร์บอน
ประมาณ 60 - 69 เปอร์เซ็นต์ และใน bright lignite จะเพิ่มขึ้นเป็น 71 - 77
เปอร์เซ็นต์ (หักความชื้นและซีเต้าแล้ว) ส่วนปริมาณสารระเหยนั้นจะเปลี่ยนแปลงมาก ตั้งแต่
65 เปอร์เซ็นต์ ใน soft lignite ไปเป็นประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ (หักความชื้นและ
ซีเต้าแล้ว) ใน bright lignite และ sub-bituminous เมื่อขุดขึ้นมาใหม่ ๆ soft
lignite จะมีน้ำอยู่ 35 - 75 เปอร์เซ็นต์ dull lignite มีน้ำอยู่ 25 - 35 เปอร์เซ็นต์
การที่น้ำเป็นอยู่มากจะทำให้เกิดความร้อนลดลงไปตามส่วนการเพิ่มของน้ำ และการลดปริมาณของ
น้ำ ย่อมหมายถึงถ่านหินจะมีเกรดดียิ่งขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับความลึกแล้ว ในถ่านหินชนิด
soft lignite ความชื้นมักจะลดลง 1 เปอร์เซ็นต์ ต่อความลึก 25 - 30 เมตร และใน
dull lignite จะลดลง 1 เปอร์เซ็นต์ต่อความลึก 100 เมตร และต่อความลึกถึง 200
เมตร ใน bright lignite

จากผลการวิเคราะห์ functional group ต่าง ๆ เช่น methoxyl ($-OCH_3$), Carboxyl ($-COOH$) และ Carbonyl ($-C=O$) จะลดลงอย่างรวดเร็ว พร้อม ๆ กับการเพิ่มปริมาณคาร์บอน เช่นเดียวกับพวกสารอินทรีย์ที่มีกลุ่มไฮดรอกซิลที่เกิดขึ้นในระยะแรกของการสลายตัว เมื่อเวลาผ่านไปพวกอัลกินินจะค่อย ๆ กลายเป็นกรดฮิวมิกและเซลลูโลส ซึ่งมีมากใน soft lignite จะค่อย ๆ หายไปเมื่อเปลี่ยนเป็น hard lignite ความร้อนและความดันที่เพิ่มขึ้นมา เมื่อพืถูกฝังลึก ทำให้เกิดการสูญเสียสารระเหยที่เคยเป็นส่วนประกอบของกรดฮิวมิก ทำให้ความเป็นกรดน้อยลง ส่วนที่ยังเหลืออยู่ก็เกิดเป็นสารใหม่ที่มีโครงสร้างซับซ้อนมากขึ้น และจำนวนคาร์บอนจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

การเปลี่ยนแปลงจากลิกไนต์ไปเป็นบิทูมินัส

การเปลี่ยนแปลงจากถ่านลิกไนต์ไปเป็นถ่านบิทูมินัส ก็คล้าย ๆ กับการเปลี่ยนจากพืเป็นลิกไนต์ คือค่อยเป็นค่อยไปอย่างช้า ๆ มีการสูญเสียสารระเหยและน้ำไปเรื่อย ๆ บิทูมินัสในระบบ International Committee for Coal Petrography จะหมายถึงถ่านหินที่มีน้ำต่ำกว่า 8 - 10 เปอร์เซ็นต์ มีคาร์บอนสูงกว่า 77 เปอร์เซ็นต์ (หักความชื้นและซีไธแล้ว) ค่าความร้อน 7,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (หักซีไธแล้ว) ซึ่งค่าทั้งหมดขึ้นอยู่กับ vitrinites ในระบบที่ซื้อขายกันในการค้า ใช้ค่าความร้อนตั้งแต่ 5,700 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมขึ้นไป ซึ่งพวก bright lignite จะจัดเป็นบิทูมินัสทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงจากบิทูมินัสเป็นแอนทราไซต์

กระบวนการเปลี่ยนแปลงของบิทูมินัสเป็นแอนทราไซต์ จะสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของ macerals (เป็นคำที่ใช้เรียก Organic minerals ซึ่งประกอบเป็นถ่านหิน) ในถ่าน ซึ่งจะออกมาในรูปคุณสมบัติในการสะท้อนแสงของผิวที่ขัดมัน ซึ่งแสดงให้เห็นการสะท้อนแสงจะดีขึ้น เมื่อเกรดของถ่านหินสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงระดับนี้ก็ยังคงเป็นการสูญเสียน้ำกับสารระเหยทำให้ปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แต่ค่าความร้อนจะไม่เปลี่ยนจากถ่านบิทูมินัสและการจัดเรียงตัวของคาร์บอน จะมีผลให้ช่องว่างในถ่านหินค่อยหายไป และมีความเป็นระเบียบ

ด้อยชั้น

จากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์ของพืชที่สะสมตัวกันเป็นชั้นหนาในแหล่งสะสมตัวที่เหมาะสม ประกอบกับสภาพดินฟ้าอากาศ ลักษณะทางภูมิศาสตร์ ตลอดจนมีลักษณะเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาเป็นไปอย่างช้า ๆ ต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาอันยาวนาน Pitt และคณะ⁽⁴⁾ ได้แสดงองค์ประกอบทางเคมีของไม้, พีท และถ่านหินชนิดต่าง ๆ ก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังแสดงในตาราง 1.1

Chemical compositions of wood, peat and various coals.

	% C	% H	% O	% N
Wood	50.0	6.3	42.7	1.0
Peat	57.0	5.2	36.8	1.0
Lignite	65.0	4.0	30.0	1.0
Low-rank coal	79.0	5.5	14.0	1.5
Medium-rank coal	88.0	5.3	5.0	1.7
Anthracite	94.0	2.9	1.9	1.2

ตาราง 1.1 ปริมาณธาตุต่าง ๆ ในถ่านหินแต่ละชนิด⁽⁴⁾

หมายเหตุ

ร้อยละของธาตุ C, H, O และ N เป็นเนื้อสารที่เหลือจากหักกำมะถันและเถ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Class	Group	Fixed Carbon Limits, percent (Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Volatile Matter Limits, percent (Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Calorific Value Limits, Btu per pound (Moist, Mineral-Matter-Free Basis)		Agglomerating Character
		Equal or Greater Than	Less Than	Greater Than	Equal or Less Than	Equal or Greater Than	Less Than	
I. Anthracitic	1. Meta-anthracite 2. Anthracite 3. Semianthracite ^a	98	nonagglomerating
		92	98	2	...	...	...
		86	92	8	...	...	...
II. Bituminous	1. Low volatile bituminous coal 2. Medium volatile bituminous coal 3. High volatile A bituminous coal 4. High volatile B bituminous coal 5. High volatile C bituminous coal	78	86	14	Commonly agglomerating agglomerating
		69	78	22	...	14 000 ^b	...	
		...	69	31	...	13 000 ^c	14 000	
		...	...	...	...	11 500	13 000
		...	...	...	...	10 500	11 500
III. Subbituminous	1. Subbituminous A coal 2. Subbituminous B coal 3. Subbituminous C coal	10 500	11 500	nonagglomerating
		...	...	...	...	9 500	10 500
		...	...	...	...	8 300	9 500
IV. Lignite	1. Lignite A 2. Lignite B	6 300	8 300	nonagglomerating
		...	...	...	...	...	6 300

^a This classification does not include a few coals, principally nonbanded varieties, which have unusual physical and chemical properties and which come within the limits of fixed carbon or calorific value of the high-volatile bituminous and subbituminous ranks. All of these coals either contain less than 48 percent dry, mineral-matter-free fixed carbon or have more than 15,500 moist, mineral-matter-free British thermal units per pound.

^b Moist refers to coal containing its natural inherent moisture but not including visible water on the surface of the coal.

^c If agglomerating, classify in low-volatile group of the bituminous class.

^d Coals having 69 percent or more fixed carbon on the dry, mineral-matter-free basis shall be classified according to fixed carbon, regardless of calorific value.

^e It is recognized that there may be nonagglomerating varieties in these groups of the bituminous class, and there are notable exceptions in high volatile C bituminous group.

ตาราง 1.2 การจัดแบ่งชนิดของถ่านหินตาม ASTM D.388 (5)

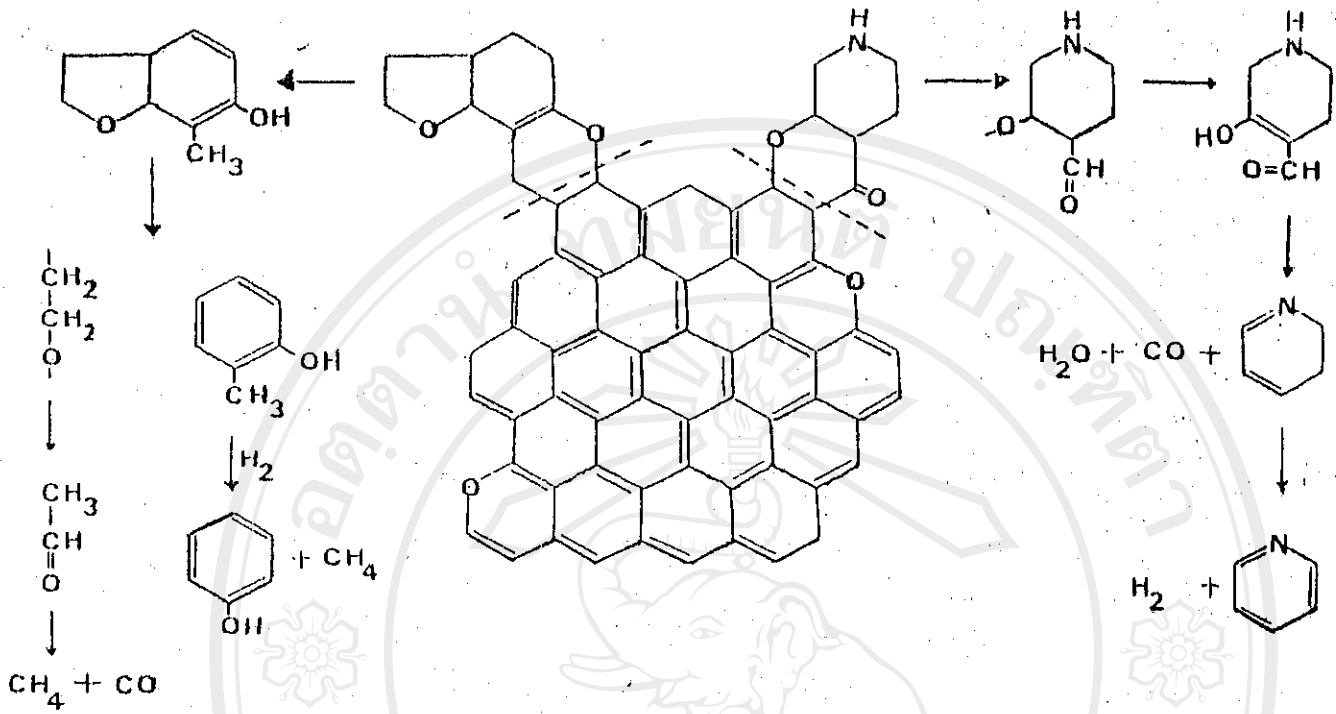
1.2 โครงสร้างของถ่านหิน (The structure of coal)

ถ่านหินมีโครงสร้างยุ่งยากซับซ้อน โครงสร้างที่สมบูรณ์จริง ๆ ยังไม่ทราบแน่ชัด ทราบเพียงว่า เป็นสารโมเลกุลใหญ่ ประกอบไปด้วยฟิวส์อะโรมาติก (Fused aromatic) ไฮโดรอะโรมาติกริง (Hydroaromatic ring) และยังมีพวกไนโตรเจนคอนเทนนิ่งริง (Nitrogen containing ring) ออกซิเจนคอนเทนนิ่งริง (Oxygen containing ring) และคาร์บอนิล กรุ๊ป (Carbonyl group) ด้วย

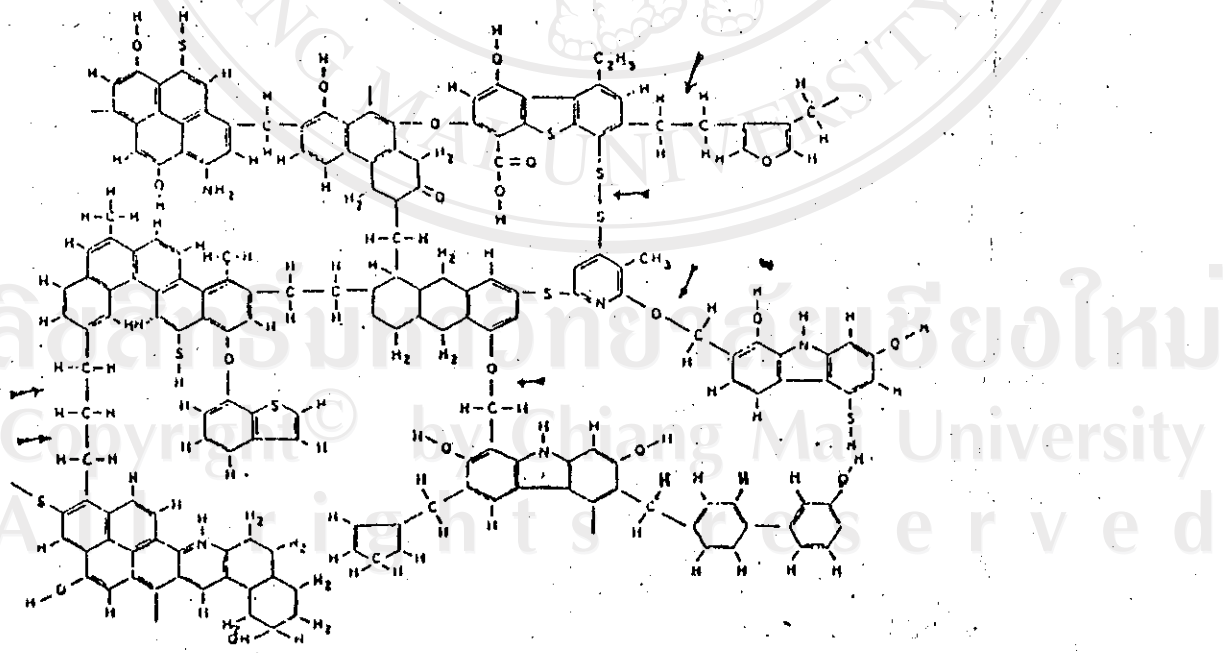
จากการวิเคราะห์หาส่วนประกอบของถ่านหิน bituminous ชนิดหนึ่ง พบว่าประกอบด้วยธาตุต่าง ๆ ดังนี้

C	=	84.76 %
H	=	4.14 %
O	=	9.68 %
N	=	1.42 %

การอนุมานหาสูตรโครงสร้างน้ำหนัก products ที่ได้จากปฏิกิริยา pyrolysis ของถ่านหินดังกล่าวเป็นหลัก ซึ่งพอจะอนุมานสูตรโครงสร้างที่ง่ายที่สุดได้เป็นดังที่แสดงไว้ดังรูป 1.1 ซึ่งถ่านหินดังกล่าวจะมีสูตรโมเลกุล $C_{70}H_{41}O_6N$



รูป 1.1 โครงสร้างทางเคมีของถ่านหินและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิส (6), (17)



รูป 1.2 แสดง function group ในถ่านหิน (7)

กลุ่มผู้ทำการวิจัยได้พยายามที่จะแสดงสูตรโครงสร้างของถ่านหินประกอบขึ้นจากผลการตรวจพบ products ที่ได้จากปฏิกิริยา pyrolysis ของถ่านหิน ได้แสดงในรูป 1.1 ในโครงสร้างมีประกอบด้วย substituted aromatics เป็นส่วนใหญ่

Wiser⁽⁷⁾ แสดงโครงสร้างของถ่านหิน ดังรูป 1.2 ความสำคัญของโครงสร้างนี้มีลูกศรชี้ บอกตำแหน่งพันธะซึ่งจะแตกหักออกได้ง่าย

จากการศึกษาค้นคว้าเครื่องมือปัจจุบัน อินทรีย์เคมีของถ่านหินอาจสรุปได้คือ

1. Aromaticity ของถ่านหินจะเปลี่ยนตามลำดับชั้นของถ่านหิน และจะมี aromaticity ต่ำ ประมาณร้อยละ 40 ในถ่านหินชั้นบิทูมินัสบางชนิด
2. Highly condense aromatic rings ชนิด mode และ di ปรากฏเล็กน้อยในถ่านหิน
3. Sub-bituminous Coal มี polycyclic aliphatic rings เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ
4. ถ่านหิน เมื่อถูกเติมไฮโดรเจน ภายใต้ความดันสูงและมีตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ด้วย สามารถเปลี่ยนเป็นของเหลวได้
5. Functionalities ของสารอินทรีย์ ออกซิเจน และกำมะถัน มีพฤติกรรมทางเคมีคล้ายกัน ประมาณร้อยละ 40 - 50 ของแต่ละธาตุที่ไล่ออกได้ง่าย

Organic Chemistry of Coal (8)

มีผู้ทำการศึกษาโครงสร้างของถ่านหินหลายกลุ่ม ผู้ทำงานบางกลุ่มยืนยันว่า ถ่านหินมีโครงสร้าง backbone เหมือนแกรไฟไฟต์ แต่อีกกลุ่มหนึ่งก็โต้แย้งว่ามีโครงสร้าง backbone เหมือนเพชร ซึ่งทั้งสองโครงสร้างจะมีอัตราส่วนของคาร์บอนและไฮโดรเจนต่ำ เพื่อให้เห็นโครงสร้างภายในของถ่านหิน ผู้ทำงานได้พยายามที่จะทำลายโครงสร้างของถ่านหินให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ และนำชิ้นส่วนเล็ก ๆ มารวมกันเหมือนการศึกษาผลิตภัณฑ์ในธรรมชาติ ในทางเคมี เทคนิคโดยทั่วไปคือ oxidative degradation ซึ่งใช้ HNO_3 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7/\text{HNO}_3$, KMnO_4/O_2 หรือ peracetic acid เป็น oxidant ผู้ทำการทดลองได้ลงความเห็นว่าจะมี

aromatic เป็นส่วนมาก และจับกันเป็น ring บางคนได้ใช้ NaOCl/OH⁻ เป็น oxidant
สรุปผลแตกต่างออกไป พวกเขาเชื่อว่าถ่านหินมี Quarternary aliphatic carbon เป็น
จำนวนมาก หรือมีโครงสร้างคล้ายเพชร และมี aromatic carbon ร้อยละ 50 หรือน้อยกว่า

วิธีออกซิเดชัน จะเลือกออกซิไดซ์เฉพาะส่วนที่เป็น aliphatic อย่างเดียว
Dieno⁽⁸⁾ เป็นผู้ริเริ่มวิธีใหม่ในการเลือกออกซิไดซ์เฉพาะ aromatic ring โดยใช้
trifluoroacetic acid รวมเข้ากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เมื่อรวมทั้งสองเทคนิคเข้า
ด้วยกันก็สามารถอธิบายลักษณะโครงสร้างของถ่านหินได้ เนื่องจากเป็นการยากที่จะนำส่วน
เล็ก ๆ มารวมเข้าเป็นผลิตภัณฑ์ของถ่านหิน ผู้ทดลองหลายกลุ่มพยายามที่จะอธิบายลักษณะของ
ถ่านหินโดยตรง แต่มีปัญหาคือถ่านหินเป็นของแข็งที่ขุ่นมัวซึ่งไม่ละลาย และเครื่องมือที่จะนำ
มาใช้มีน้อย จนกระทั่งปัจจุบันใช้เทคนิคการกระจายของรังสีเอกซ์ จึงมีรายงานเกี่ยวกับโครง
สร้างของถ่านหิน Hirsch⁽⁸⁾ เป็นกลุ่มแรกที่รายงานว่า ถ่านหินมีโครงสร้างเป็นอะโรมาติก
ร้อยละ 50 - 80 Ergun⁽⁸⁾ ได้ศึกษาด้วย x-ray และสรุปว่าถ่านหินมีโครงสร้างเป็น
อะโรมาติกส่วนน้อย และมี amorphous region ปริมาณมาก

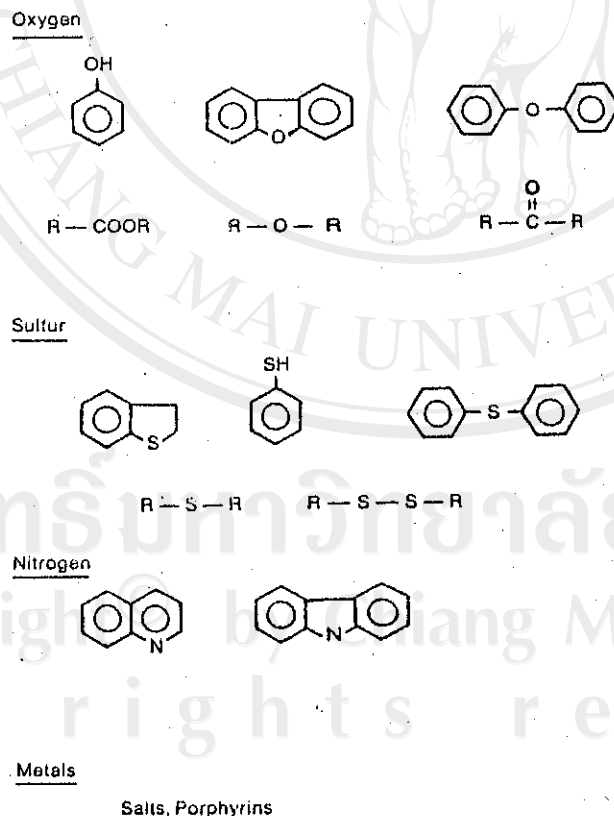
Friedel⁽⁸⁾ ใช้เทคนิค ultraviolet สรุปว่าถ่านหินไม่สามารถจะเป็น poly-
aromatic แต่มีโครงสร้าง aliphatic เป็นจำนวนมาก

Given⁽⁷⁾ อธิบายลักษณะของถ่านหินซึ่งสกัดโดย polarographic reduction
ลงความเห็นว่า ถ่านหินเกรดต่ำจะมีอะโรมาติกที่สำคัญมากกว่าร้อยละ 20 และถ่านหินเกรดสูง
จะมีอะโรมาติกที่สำคัญมากกว่าร้อยละ 50 แต่จะมี poly aromatic มากกว่า ปัจจุบันเครื่องมือ
ใหม่ ๆ มีการเจริญก้าวหน้าขึ้นมาก เช่น ใช้ NMR อธิบายลักษณะของถ่านหินโดยตรงในรูป
ที่อยู่ในธรรมชาติ

Professor Pines⁽⁸⁾ และผู้ร่วมงาน ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนโมล
ของไฮโดรเจนและคาร์บอน และเปอร์เซ็นต์ของอะโรมาติกคาร์บอน ซึ่งหาได้ในถ่านหิน หรือ
ถ่านหินเหลว พบว่าปริมาณอะโรมาติกคาร์บอนจะเพิ่มขึ้นตามเกรดของถ่านหินอะโรมาติกคาร์บอน
จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 40 - 50 ของถ่านหินซับบิทูมินัส และจะมากกว่าร้อยละ 90 สำหรับแอนทรา-
ไซต์

Functionality of Coal⁽⁷⁾

ตาราง 1.3 แสดง functional group ส่วนใหญ่ที่มีในโครงสร้างของถ่านหิน สารประกอบที่มีออกซิเจนส่วนมากที่พบเป็นพวก phenolic หรือ etheric พวก carboxylic acid, ester ส่วน carbonyl compounds พบจำนวนน้อย และเนื่องจากซัลเฟอร์มีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายกับออกซิเจน ดังนั้นจึงพบสารประกอบ sulfoxides บาง แต่มีในถ่านหินจำนวนน้อย ในโตรเจนพบในสารประกอบพวก pyridine หรือ pyrrolic type ring พวกโลหะพบในพวกเกลือและพวก porphyrins Ruberto⁽⁷⁾ ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณและชนิดของ functional group ที่เป็นออกซิเจนในถ่านหินพบว่า ซับบิทูมินส์จะมี carboxylic acid group มากกว่าทูมินส์ และบางครั้งก็พบว่ามี carbonyl มากกว่า แต่ในสภาวะที่ทำถ่านหินเป็นของเหลว (liquefaction) พวก carboxylic acid group และ carbonyl ลดลง ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะเป็น phenolic และ etheric type ออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่



รูป 1.3 Functional groups ที่พบในถ่านหิน⁽⁷⁾

Analyses of Oxygen Functionality in Coals
(wt% maf Coal Basis)*

	Burning Star bituminous	Belle Ayr subbituminous
Oxygen type:		
Hydroxyl (Ar-OH)	2.4	5.6
Carboxyl (-COOH)	0.7	4.4
Carbonyl (C=O)	0.4	1.0
Ether (-O-)	2.8	0.9
	6.3	11.9
Oxygen by difference:		
Ash basis	5.9	16.2
Mineral-matter basis	-	16.0

ตาราง 1.3 ปริมาณ functional groups ชนิดต่าง ๆ ที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบในถ่านหิน (7)

1.3 ส่วนประกอบย่อยของถ่านหิน

ถ่านหินนอกจากจะมีโครงสร้างตั้งที่กลาวมาแล้ว ยังมีสารประกอบอื่น ๆ รวมอยู่ด้วย ดังนี้ :-

- น้ำ เป็นส่วนประกอบที่พบในถ่านหิน ปริมาณของน้ำในถ่านหินจะเป็นสิ่งบอกคุณภาพของถ่านหิน สำหรับลิควิดในถ่านหินประมาณร้อยละ 20 โดยทั่วไปถ่านหินที่ดีจะต้องมีปริมาณความชื้นต่ำ
- สารระเหย (Volatile matter) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของไฮโดรคาร์บอน มีโมเลกุลโมเลกุลประมาณร้อยละ 31 เมื่อได้รับความร้อนสูงสารพวกนี้จะสลายตัวให้ ไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และไอน้ำ

3. ค่างานคงตัว (Fixed carbon) หมายถึงสารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่เหลืออยู่เป็นร้อยละ เมื่อหักค่าความชื้น, สารระเหย และเถ้าออก แสดงได้ดังสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของถ่านคงตัว} = 100 - (\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} + \text{เปอร์เซ็นต์สารระเหย} + \text{เปอร์เซ็นต์เถ้า})$$

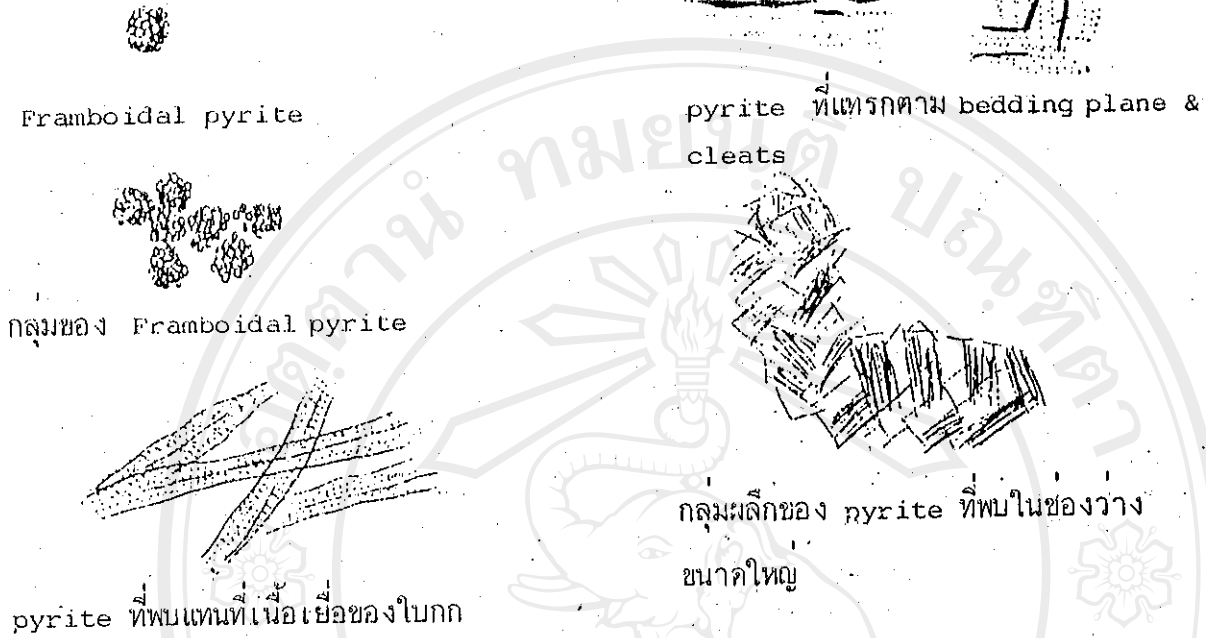
4. เถ้า (Ash) เมื่อถ่านได้รับความร้อนสูง จะเกิดการสลายตัวแล้วได้เป็นเถ้าในถ่านหินที่มีคุณภาพดี จะมีเถ้าน้อย

นอกจากส่วนประกอบย่อยแล้ว ในถ่านหินทั่วไปจะพบสารประกอบของธาตุกำมะถันที่เป็นตัวทำให้เกิดปัญหาในการนำเอาถ่านหินมาใช้ประโยชน์ ปัญหาที่เกิดขึ้นคือการกัดกร่อนและมลพิษสำหรับประเทศไทยพบว่า มีกำมะถันปนอยู่ในถ่านหินประมาณร้อยละ 0.50 - 5.00 โดยน้ำหนัก

1.4 ลักษณะทั่วไปของกำมะถันในถ่านหิน (9)

กำมะถันในถ่านหินสามารถแบ่งได้ 3 รูปแบบ

1. ไพริติกซัลเฟอร์ (Pyritic sulphur : FeS_2) เป็นสารประกอบอนินทรีย์ของกำมะถันพบมากเป็นครึ่งหนึ่งของสารประกอบกำมะถันทั้งหมด โดยมากมีลักษณะเป็นผลึกรูปต่าง ๆ แทรกอยู่ระหว่างช่องว่างของถ่านหิน สารประกอบประเภทนี้ เกิดจากจุลินทรีย์บางพวก เช่น actinomycetae ทำให้ถ่านหินเกิดการผุพัง โดยการดึงเอาออกซิเจนออกจากสารประกอบพวกซัลเฟตไปใช้ในการดำรงชีวิต แล้วปล่อยไฮโดรเจนซัลไฟด์ ทำให้เกิดการรวมตัวระหว่างเหล็กกับซัลไฟด์ ได้เป็นไพริติกซัลเฟอร์ ดังตัวอย่างในรูป 1.4

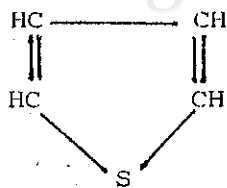


รูป 1.4 ลักษณะต่าง ๆ ของ pyrite ที่พบในถ่านหินภาคเหนือของประเทศไทย (10)

2. ซัลเฟตซัลเฟอร์ (Sulfate sulphur : $CaSO_4 \cdot 2H_2O$) เป็นสารประกอบอนินทรีย์ของกำมะถัน พบตามแหล่งทั่วไปมีปริมาณเล็กน้อย

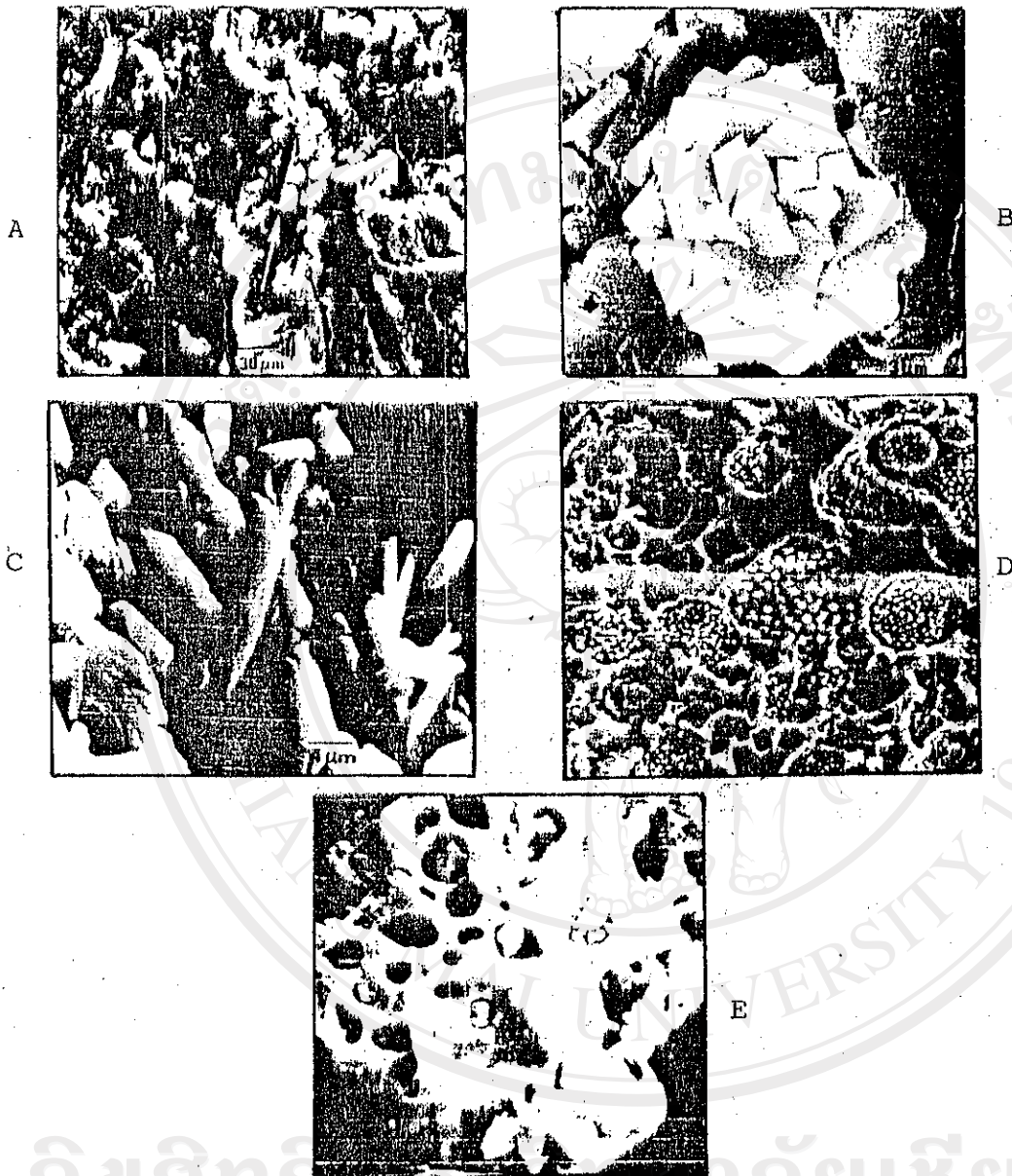
3. กำมะถันอินทรีย์ (Organic sulphur) พบมากในถ่านหินรองมาจากไฟรติกซัลเฟอร์ มีหลายรูปแบบ

- mercaptan or thiol : RSH
- sulfide or thio-ether : RSR'
- disulfide : $RSSR'$
- + aromatic systems containing the thiophene ring :



(R และ R' = alkyl or aryl groups)

กำมะถัน ที่อยู่ในรูปไฟรติกซัลเฟอร์ และซัลเฟตซัลเฟอร์ ในถ่านหินก่อนและหลังการ
กำจัดกำมะถัน ดังแสดงไว้ในรูป 1.5⁽¹¹⁾



รูป 1.5 แสดงลักษณะของสารประกอบกำมะถันที่พบทั่วไป⁽¹¹⁾

A, B = ไฟรติกซัลเฟอร์

C = ซัลเฟตซัลเฟอร์

D = ลักษณะของถ่านหินที่มีไฟรติกซัลเฟอร์ยังไม่ผ่านขบวนการดีซัลเฟอร์-
เซชัน

E = ลักษณะของถ่านหินที่ผ่านขบวนการดีซัลเฟอร์เซชัน

1.5 ถ่านหินลิกไนต์ในประเทศไทย⁽¹²⁾

แหล่งถ่านหินในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะเป็นถ่านหินคุณภาพต่ำมีลำดับตั้งแต่ชั้นลิกไนต์ถึงชั้นบิทูมินัส ซึ่งมีสารระเหยสูง ระบุ 5 ตามมาตรฐานอเมริกา⁽¹²⁾ ถ่านหินคุณภาพต่ำเหล่านี้พบว่ามีกระจุกกระจายทั่วไปในแอ่งซีโนโซอิก ตลอดเหนือจดใต้ของประเทศไทย โดยเฉพาะชีกะวันตง แหล่งถ่านหินที่มีคุณภาพสูงก็พบบ้าง เช่น ตามแนวของประเทศทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบเกิดรวมกับหินอายุจูแรสซิกหรือแก่กว่า แต่แหล่งเหล่านี้มักจะเป็นแหล่งเล็ก ๆ มีคุณภาพอยู่ในลำดับชั้นบิทูมินัสถึงแอนทราไซต์ แต่ก็พบว่าแหล่งที่มีลำดับชั้นสูงถึงแอนทราไซต์นั้น มักจะมีปริมาณของกราไฟต์ปนอยู่เป็นจำนวนมาก อันเป็นผลกระทบบของความกดดัน อันเกิดจากกระบวนการทางธรณีวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งรอยเลื่อนของชั้นหิน ในบริเวณแหล่งถ่านหินนั้น

จากรายงานสำรวจถ่านหินในประเทศไทย มีรายงานว่าพบถ่านหินลิกไนต์มากกว่า 20 แหล่ง แต่ปัจจุบันมีการทำเหมืองแร่เพียง 11 แหล่ง คือ

1. เหมืองแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง (พ.ศ.2497) จากการสำรวจครั้งหลังสุด ปี 2523 - 2524 ได้พบถ่านลิกไนต์ คาดว่าจะมีปริมาณมากถึง 1,400 ล้านตัน แต่ปริมาณลิกไนต์ซึ่งสามารถจะเปิดทำเหมืองได้แน่นอนจริงแล้วประมาณไม่ต่ำกว่า 500 ล้านตัน ชุดขึ้นมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ วันละ 7,500 ตัน ดำเนินการโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

2. เหมืองบางปูคำ ตำบลคลองขนาน อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่ (พ.ศ.2507) พบว่ามีปริมาณถ่านที่จะชุดขึ้นมาใช้ได้ ประมาณ 4.5 ล้านตัน ใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันให้กับโรงไฟฟ้าลิกไนต์กระบี่ วันละ 1,200 ตัน ดำเนินการโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

3. เหมืองหวายเล็ก อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่ (พ.ศ.2521) พบว่ามีปริมาณถ่านหินที่จะชุดขึ้นมาใช้ได้ ประมาณ 2.5 ล้านตัน ใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันให้กับโรงไฟฟ้าลิกไนต์กระบี่ วันละ 1,200 ตัน ดำเนินการโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

4. เหมืองบ้านป่าคา อำเภอสี จังหวัดลำพูน (พ.ศ.2524) ดำเนินการโดยการพลังงานแห่งชาติ และได้ทำการสำรวจ และเปิดทำการเหมืองโดยการคำนวณจากผลการสำรวจในปัจจุบัน ปรากฏว่า มีถ่านลิกไนต์สำรองอยู่ประมาณ 20 ล้านตัน ผลิตขึ้นมาใช้ในอุตสาหกรรมหม้อไอน้ำ และอื่น ๆ

5. เหมืองบ้านปู้ อำเภอสี จังหวัดลำพูน ขุดขึ้นมาใช้ในอุตสาหกรรมหม้อไอน้ำ และโรงงานปูนซีเมนต์ ดำเนินการโดยเอกชน ยังไม่ทราบปริมาณของถ่านสำรองที่แน่นอน

6. เหมืองบ้านนาทราย อำเภอสี จังหวัดลำพูน ขุดขึ้นมาใช้ในอุตสาหกรรมหม้อไอน้ำ และอื่น ๆ ดำเนินการโดยเอกชน ยังไม่ทราบปริมาณของถ่านสำรองที่แน่นอน

7. เหมืองแม่ตึบ อำเภอองาว จังหวัดลำปาง ขุดขึ้นมาใช้ในอุตสาหกรรมหม้อไอน้ำ และโรงงานขนาดย่อยอื่น ๆ ดำเนินการโดยเอกชน ยังไม่ทราบปริมาณของถ่านสำรองที่แน่นอน

8. เหมืองแม่ตึน อำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก ขุดขึ้นมาใช้ในอุตสาหกรรมหม้อไอน้ำ และโรงงานขนาดย่อยอื่น ๆ ดำเนินการโดยเอกชน มีบริเวณถ่านสำรองประมาณ 1.2 ล้านตัน

9. เหมืองแม่ละเมา อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ขุดขึ้นมาใช้ในอุตสาหกรรมหม้อไอน้ำ และโรงงานขนาดย่อยอื่น ๆ ดำเนินการโดยเอกชน ยังไม่ทราบปริมาณของถ่านสำรองที่แน่นอน

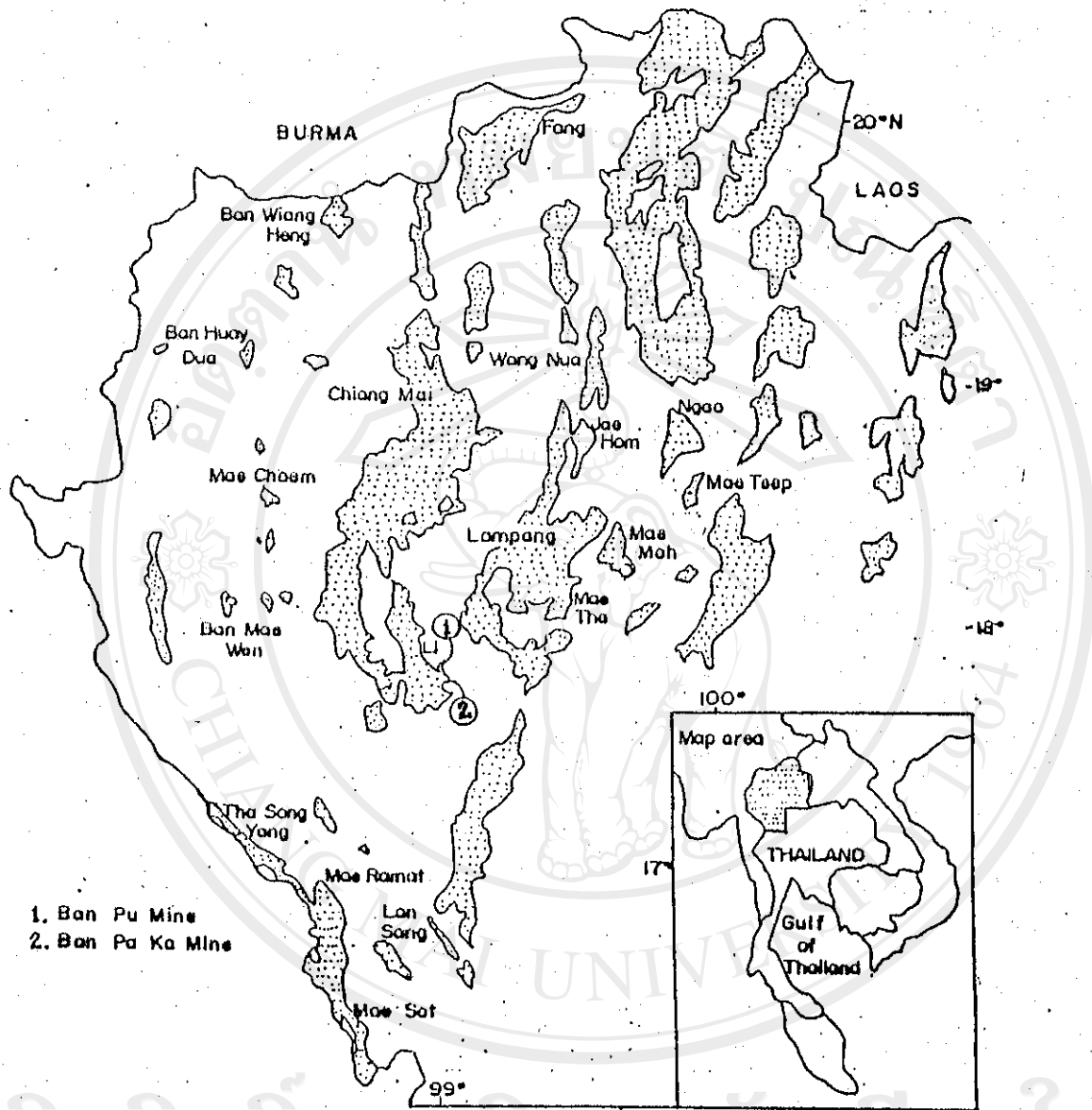
10. เหมืองบ้านนาหญาปลอง กิ่งอำเภอหญาปลอง จังหวัดเพชรบุรี ขุดขึ้นมาใช้ในโรงงานปูนซีเมนต์ ดำเนินการโดยบริษัทไทยลิกไนต์ ยังไม่ทราบปริมาณของถ่านสำรองที่แน่นอน

11. เหมืองจังหวัดเลย อยู่ที่เขตบริเวณบ้านนากลาง อำเภอนากลาง จังหวัดอุดร กับเขตอำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย ขุดขึ้นมาใช้ในโรงงานถลุงเหล็ก ดำเนินการโดยบริษัทสยามกราฟาไฟต์ ยังไม่ทราบปริมาณของถ่านสำรองที่แน่นอน

ในการนี้ผู้วิจัยขอไต่รายละเอียดแหล่งถ่านหินที่นำมาวิจัยครั้งนี้ 2 แหล่งเท่านั้น คือ แหล่งบ้านป่าคว และแหล่งบ้านปู อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน คู่มือแห่งของแหล่งถ่านหินบ้านปู และบ้านป่าคว ดังแสดงในรูป 1.6



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



- 1. Ban Pu Mine
- 2. Ban Pa Ka Mine

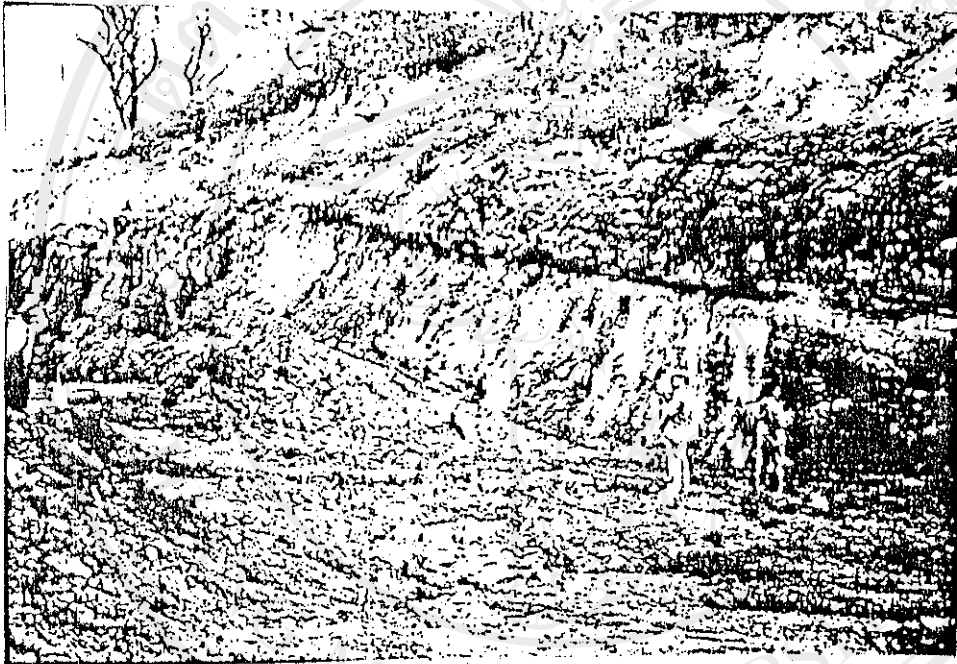
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รูป 1.6 แหล่งถ่านหินลิกไนต์ทางภาคเหนือของประเทศไทย ที่น่านาวิจัย (12)

All rights reserved

1.6 แหล่งบานปู

ที่ตั้ง : แอ่งบานปู รูป 1.7 เป็นแอ่งเล็กในหุบเขาทางขอบด้านตะวันออกของแอ่งลี้ เป็นที่ตั้งของหมู่บ้าน อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน เป็นแอ่งสะสมถ่านหินอายุเทอเชียรีที่วางตัวอยู่คานบนสุด อยู่ห่างจากที่ว่าการอำเภอลี้ประมาณ 7 กิโลเมตร และอยู่เหนือบ้านป่าคา ประมาณ 5 - 6 กิโลเมตร



รูป 1.7 แสดงแหล่งถ่านหินลิกไนต์ บานปู⁽¹²⁾

คุณภาพถ่านหินบานปู

ถ่านหินบานปู เนื้อถ่านจะเป็น 2 ชนิด คือส่วนที่เป็นถ่านหินสีน้ำตาล ประกอบไปด้วยต้นไม้ขนาดใหญ่ ในเนื้อถ่านจะมีชิ้นถ่านมองเห็นเป็นเส้นบาง ๆ ขนาด 1 - 2 มม. ประมาณ 10 % ของเนื้อถ่าน และส่วนที่เป็นสีดำมีลักษณะเป็น humic coal จากการสลายตัวของใบไม้ใบหญ้า สะสมกันในที่นี้ เนื้อถ่านเมื่อแห้งไว้จะแตกตามโครงสร้างของเนื้อไม้คล้ายไม้ผุ แสดงให้เห็นว่าถ่านหินในแอ่งบานปูนี้ยังผ่านขบวนการ coalification ขั้นต่ำ ถ่านหินแอ่งนี้ถึงแม้จะมีปริมาณซีเต่าค่อนข้างต่ำ เพราะส่วนใหญ่เป็นต้นไม้ล้วน ๆ ระหว่าง 3 - 10 % แต่ความชื้นก็

คอนข้างสูง และค่าความรอนไม่สูงนัก

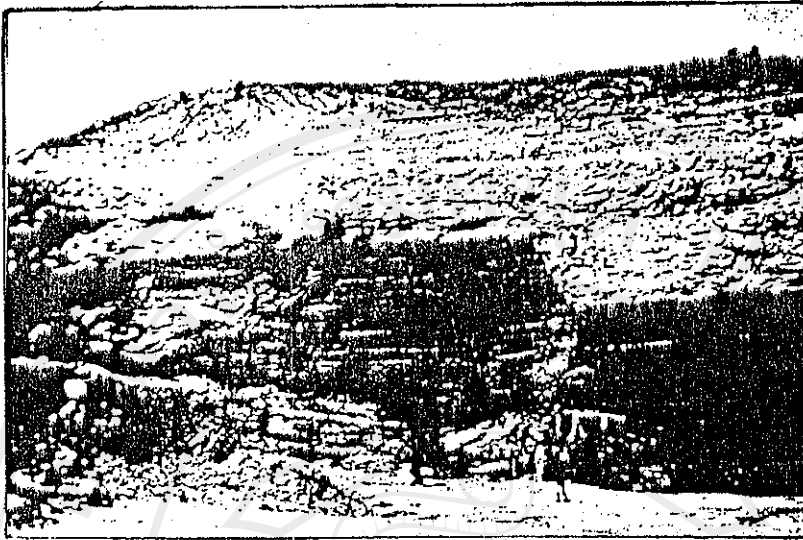
เนื่องจากถ่านหินแองขานปูนยังเป็นถ่านหินที่มีคุณภาพต่ำแคชบิโทมินัส จึงสามารถลุก
ติดไฟเองได้เมื่อเก็บกองไว้นาน

ผลการวิเคราะห์แบบ Proximate analysis⁽¹²⁾ ของถ่านหินบ้านปูน มีดังนี้

ความชื้น	28 - 30 %
สารระเหย	29 - 39 %
ซีเถ้า	3 - 10 %
คาร์บอนคงที่	32 - 36 %
กำมะถัน	ไม่มีข้อมูล
ค่าความรอน	2,900 - 5,000 แคลอรีต่อกรัม

1.7 แหล่งขานป่าคา

ที่ตั้ง : แหล่งขานป่าคา (รูป 1.8) อยู่ทางตะวันออกของทางหลวงแผ่นดิน สายลี้-เถิน
ห่างจากตัวที่ว่าการอำเภอไป 12 กิโลเมตร กลุ่มพื้นที่ขานป่าคา ขานบวก ขานแมลง
ขานยางดงดำ ขานนางसान ตำบลดงดำ อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน พื้นที่เป็นเทือกเขาสูง
ทางตอนเหนือ ตะวันออก และทางใต้ ปิคล้อมที่ราบทางตอนกลาง และคานตะวันตก ซึ่ง
เปิดเขาแองลี มีทางน้ำที่สำคัญ คือ แม่น้ำลี้ และลำธารห้วยแมลง ห้วยโคม และห้วยเม-
แวนน้อย



รูป 1.8 แสดงแหล่งดินหินลึกในตำบลบ้านป่าคา (12)

คุณภาพดินที่บ้านป่าคา

ลักษณะการเกิดขึ้นดินพัฒนามาจากแอ่งเล็ก ๆ ในระยะแรกและเป็นทะเลสาบขนาดเล็กในระยะต่อมา ทำให้คุณภาพดินดีเป็นแห่ง ๆ ส่วนที่อยู่ขอบแอ่งจะให้ชั้นดินคุณภาพดีและมีซึ้เถาสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่กลางแอ่ง เนื้อดินส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลเข้ม มีความแข็งสูงกว่าดินแหล่งอื่นในแอ่งนี้ ผลการวิเคราะห์แบบ Proximate analysis (12) (as recieved) เป็นดังนี้

ความชื้น	17 - 28 %	
สารระเหย	31 - 41 %	
ซึ้เถา	8 - 23 %	
คาร์บอนคงที่	27 - 37 %	
กำมะถัน	1.3 - 4 %	
ค่าความรอน	3,800 - 5,000	แคลอรีต่อกรัม

จัดอยู่ในชั้นชั้นบิโทมินัส ถึง บิโทมินัส ที่มีสารระเหยสูง

1.8 ประโยชน์ของถ่านหิน (Utilization of coals)

ประโยชน์ของถ่านหินเท่าที่ได้มีการพัฒนาใช้งานแล้ว มีดังนี้

1. ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ให้พลังงานความร้อนแทนถ่านไม้ และน้ำมัน ในโรงงานไฟฟ้า และอุตสาหกรรมใหญ่ ๆ ในการบ่มใบยาสูบและเผาหินปูน ทำปูนขาว
2. ใช้ทำถ่านอัด (Briquette) เพื่อนำไปใช้ในการหุงต้มและอุตสาหกรรม
3. ใช้ในการผลิต การสังเคราะห์ และการเชื้อเพลิง เช่น โรงงานปุ๋ยเคมี ใช้ถ่านหินเป็นวัตถุดิบ โดยนำถ่านหินมาทำการสังเคราะห์ (Synthesis gas) ซึ่งประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน เพื่อนำไปผลิตปุ๋ยยูเรีย และอัมโมเนียมซัลเฟต ก๊าซสังเคราะห์ดังกล่าวนี้ก็นำไปใช้ผลิต
 - ก๊าซเชื้อเพลิงความร้อนสูง คือ มีเทน (Methane)
 - ผลิตแอลกอฮอล์ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี
 - ใช้ผลิตไฮโดรเจนใช้ทำอัมโมเนีย
4. ใช้ในการทำน้ำมันเชื้อเพลิงโดยวิธีการไฮโดรจิเนชัน (Hydrogenation) เช่น ที่ประเทศเยอรมันเคยใช้ถ่านหินผลิตได้ทั้งน้ำมันเบนซินและดีเซล โดยใช้เทคนิคและตัวเร่งปฏิกิริยาที่ถูกต้อง ในสงครามโลกครั้งที่ 2
5. ได้จากถ่านหินใช้ทำซีเมนต์ เรียก ตรีฟซีเมนต์ (Trief cement)
6. ใช้ประโยชน์อื่น ๆ เช่น
 - 6.1 การทำถ่านไว (Activated carbon) หรือถ่านดูดซับไว จากถ่านหิน ที่มีคุณภาพดีใช้ เช่น เกี่ยวกับการใช้ขี้เถ้าและกะลามะพร้าวสำหรับใช้งานฟอกสี กำจัดกลิ่น การกรองสีต่าง ๆ
 - 6.2 การผลิตแคลเซียมคาร์ไบด์ สารนี้นำมาผสมกับน้ำให้ก๊าซอะเซทิลีนใช้ในการเชื่อมโลหะและอื่น ๆ
 - 6.3 การทำซีเมนต์บล็อก (Cement block) ชนิดน้ำหนักเบาจากถ่านละเอียดยค และตะกรัน

- 6.4 การสกัดแร่ธาตุบางอย่างจากเถาถ่านหิน เช่น ธาตุเยอรมันเนียม วาเนเดียม ออกมาใช้ประโยชน์
- 6.5 การเก็บกักมะถันที่ได้จากการเผาไหม้ และการกำจัดออกจากถ่านหิน ที่มีกำมะถันสูง นำมาใช้ประโยชน์

1.9 จุดมุ่งหมายของการทดลอง

1. เพื่อศึกษาการกำจัดกำมะถันในถ่านหินลิกไนต์
2. เพื่อหาปริมาณของกำมะถัน ในถ่านหินลิกไนต์ก่อนและหลังการกำจัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved