การกำเนิดแร่ดีบุก

ศิริพร สูงปานเขา
สำนักทรัพยากรแร่

“ถ้าไม่มีแร่ดีบุกในวันวาน อาจจะไม่มีกรมทรัพยากรธรณีในวันนี้” ในอดีตประเทศไทยเป็นผู้นำในการผลิตดีบุกที่สำคัญประเทศหนึ่งของโลก ซึ่งมีการผลิตดีบุกมากที่สุดถึง 46,364 ตัน ในปี พ.ศ. 2522 (ไพรัช ศุทธากรณ์, 2543) และมีผลผลิตประมาณร้อยละ 12 ของผลผลิตโลกทั้งหมดในปี พ.ศ. 2528 ถึงแม้ปัจจุบันเหมืองแร่ดีบุกจะปิดตัวไปมากหลังจากเกิด “วิกฤติการณ์ดีบุก” ในปี พ.ศ. 2528 ทำให้ราคาดีบุกตกต่ำทั่วโลก แต่ปัจจุบันดีบุกมีราคาสูงขึ้นมาก ฉะนั้นการสำรวจแร่ดีบุกเพื่อนำมาใช้ในประเทศ และส่งออกเพื่อสร้างรายได้ให้ประเทศจึงมีความสำคัญ การที่จะหาแหล่งแร่ดีบุกให้พบนั้น สิ่งสำคัญที่ควรทราบคือที่มาของแร่ดีบุก “การกำเนิดแร่ดีบุก” เมื่อเราทราบที่มาของแหล่งแร่ดีบุกโอกาสที่เราจะประสบความสำเร็จในการสำรวจ จึงมีความเป็นไปได้สูง

บริเวณที่เป็นต้นกำเนิดของดีบุก

โดยทั่วไป ดีบุกมักจะเกิดร่วมกับหินอัคนีชนิดที่มีส่วนประกอบเป็นกรด (Acid igneous rock) โดยเฉพาะหินแกรนิต (Granite) บางบริเวณเกิดร่วมกับหินภูเขาไฟ เช่น ไรโอไลต์ (Rhyolite) หรืออาจพบในสายแร่ต่างๆ ที่ตัดผ่านในหินแกรนิตและหินท้องที่ (Country rock) เช่น สายแร่ควอตซ์ (Hydrothermal quartz vein) และสายแร่ซัลไฟด์ (Sulfide vein) และสายแร่เพกมาไทต์ (Pegmatite vein) การกำเนิดของแร่ดีบุกมิได้จำกัดแน่นอนลงไปว่า จะต้องเกิดในยุคใดยุคหนึ่ง แร่ดีบุกที่พบเกิดได้ในหินตั้งแต่อายุเก่าแก่ขนาดยุคก่อนแคมเบรียน (Precambrian) ไปจนกระทั่งอายุอ่อน ๆ อย่างยุคเทอร์เชียรี (Tertiary) ในทำนองเดียวกันมิได้มีกฎเกณฑ์จำกัดแน่นอนว่า ดีบุกจะต้องเกิดอยู่ในระดับความลึกที่ใดที่หนึ่ง อาจจะเกิดที่ระดับไหนก็ได้ ปัจจุบันยังไม่เป็นที่สรุปกันได้แน่นอนว่าต้นกำเนิดให้แร่ดีบุกจริง ๆ มาจากชั้นเปลือกโลก (Crust) หรือมาจากชั้นเนื้อโลก (Mantle) (พงศ์ศักดิ์ วิชิต, 2524)

แนวแร่ดีบุกของโลก

การศึกษาพิจารณาดูตำแหน่งแร่ดีบุกในบริเวณต่าง ๆ ของโลก จะสร้างความเข้าใจการกำเนิดแร่ดีบุกได้ดียิ่งขึ้น หากลองลงจุดตำแหน่งที่มีแร่ดีบุกตลอดทั่วทั้งโลก แล้วโยงยึดเข้าเป็นหมู่เป็นพวกเดียวกัน และนำมาพิจารณาดูจะเห็นได้ว่า ตามแถบบริเวณต่างๆ ของโลก มีบริเวณที่มีแร่ดีบุกเกิดเป็นแนวบริเวณหรือแนวต่างๆ เหล่านี้ทางวิชาการเรียกว่า แดนแร่ (Metallogenic หรือ Metallographic Province) หรือหากจะจำกัดให้แคบเข้าเฉพาะแร่ดีบุกอาจเรียกแนวแร่ดีบุก (Tin belts) ก็ได้ แนวแร่ดีบุกกินอาณาเขตกว้างขวางและมีความยาวมาก อาจมีความยาวติดต่อกันเป็นร้อย ๆ หรือพัน ๆ กิโลเมตร บางทีก็แตกสาขาออกเป็นแนวใหม่หรือเป็นแนวที่เกิดร่วมกัน ณ ที่ใด ที่หนึ่งอีกก็ได้ Schuiling (1967) ได้พยายามเขียนแนวแร่ดีบุก ตามแถบบริเวณต่าง ๆ ของโลกทั้งหมด 12 แนวด้วยกัน ในที่นี้จะขอกล่าวแฉพาะแนวดีบุกที่สำคัญ ๆ ซึ่งพอจะแบ่งออกได้คือ

1. แนวแร่ดีบุกนับตั้งแต่ จีนตอนใต้ติดต่อกันลงมาถึงพม่า ไทย ผ่านมาเลเซียออกไปจนถึงอินโดนีเซีย (บางคนอาจจัดรวมแนวแร่ของออสเตรเลียเข้าในกลุ่มนี้ บ้างก็จัดแยกออกไปต่างหาก) แนวนี้เป็นแนวที่สำคัญที่สุดมีอาณาเขตใหญ่และยาวที่สุด และเป็นแนวที่ให้แร่ดีบุกมากที่สุดอีกด้วย เฉพาะแนวแร่ดีบุกในเอเชียอาคเนย์มีความยาวไม่ต่ำกว่า 2,800 กิโลเมตร (Hosking, 1969)

2. แนวแร่ดีบุกในทวีปอเมริกาเหนือ นับเป็นแนวยาวประมาณ 8,000 กิโลเมตร (Sainbury and Other, 1969) โดยนับเริ่มตั้งแต่รัฐอลาสกา ผ่านลงมาทางซีกด้านตะวันตกของแคนาดาและอเมริกา จนกระทั่งถึงประเทศเม็กซิโกตอนใต้ หากแต่ความสมบูรณ์ของแร่ดีบุก โดยเปรียบเทียบกับแนวแรกแล้วมีน้อยกว่ากันมาก

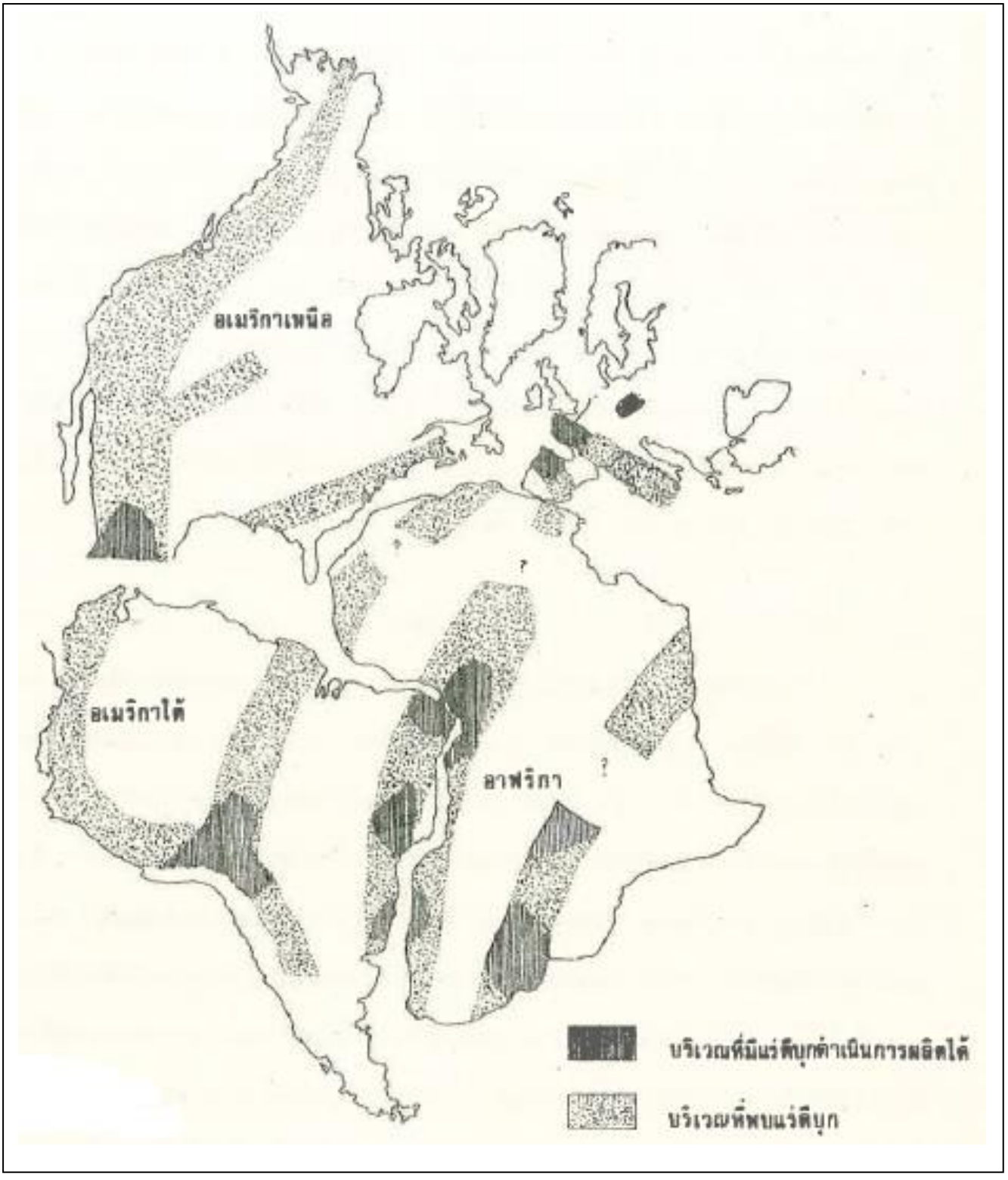
3. แนวแร่ดีบุกชุดออสเตรเลียจนถึงทัสมาเนีย (Tasmania) ซึ่งมักจะพบทางแถบซีกด้านตะวันออกของประเทศออสเตรเลีย ตั้งแต่เหนือจดใต้

4. แนวแร่ดีบุกในทวีปอเมริกาใต้ ที่สำคัญมีอยู่สองแนว คือ แถบทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก แนวแร่ดีบุกทางด้านทิศตะวันออกเรียก แนวเทือกบราซิลด้านตะวันออก (The East Brazillian belt) ทางด้านตะวันตกเรียก แนวเทือกแอนดีส (The Andes belt) แนวแร่ดีบุกทางด้านตะวันตกมีความสำคัญมากที่สุด เป็นที่เริ่มจากเปรูและโคลอมเบีย ผ่านโบลิเวียไปจนกระทั่งถึงอาร์เจนตินา หากนับเฉพาะทางตอนเหนือของโบลิเวีย ไปจนกระทั่งถึงประเทศอาร์เจนตินา จะมีความยาวประมาณ 400 กิโลเมตร (Turneaure, 1971) แนวแร่ดังกล่าวให้แร่ดีบุกมาก โดยเฉพาะประเทศโบลิเวีย ซึ่งมีผลผลิตดีบุกมากเป็นอันดับสองของโลก

5. แนวแร่ดีบุกชุด ไอร์แลนด์ คอร์นวอลส์เดวอนเชียร (อังกฤษ) บริตานี (ฝรั่งเศส) แซกโซนี โบฮีเมีย บางคนเรียก The Armorican belt ที่สำคัญคือแหล่งแร่ดีบุกในคอร์นวอลล์ของอังกฤษ

6. แนวแร่ในทวีปแอฟริกาที่สำคัญคือ แนวแร่ดีบุกของไนจีเรียและซาอีร์ วางตัวอยู่ในแนวเกือบเหนือ-ใต้

ผลจากการศึกษาแนวแร่ดีบุกในแถบบริเวณต่าง ๆ ของโลกนี้เอง Schuiling (1967) ได้นำมาเขียนลงในแผนที่และลองจับทวีปต่าง ๆ มาชนประกบกันให้เข้ารูปเข้ารอยเสียใหม่ (รูปที่ 1) โดยคิดว่าสมัยก่อนในอดีตเมื่อหลายร้อยล้านปีมาแล้ว ทวีปต่าง ๆ วางตัวอยู่ในลักษณะดังรูป แนวแร่ดีบุกของทวีปหนึ่งจะสามารถปะติดปะต่อเข้ากันได้พอดีกับแนวแร่ดีบุกของอีกทวีปหนึ่ง ต่อมาประมาณยุคเพอร์เมียน (Permain ช่วง 280 – 230 ล้านปี) จนกระทั่งถึงยุคเทอร์เชียรี่ (Tertiary ช่วง 65 – 1.8 ล้านปี) มีการเคลื่อนตัวของทวีปออกจากกัน (Continental Drift) และยังคงมีการเคลื่อนตัวอีกในปัจจุบัน แนวแร่ทั้งหมดจึงแยกขาดออกจากกันเป็นอิสระ สมมุติฐานดังกล่าว Schuiling (1967) อธิบายว่าบริเวณที่ให้แร่ดีบุก จะต้องถูกเคลื่อนตัวนำพาไปด้วยในขณะที่ทวีปเคลื่อนตัวแยกออกจากกัน บริเวณดังกล่าวที่ให้แร่ดีบุกคือ ชั้นเปลือกโลก (Crust) หรือบางส่วนอาจมาจากชั้นแมนเทิลตอนบน (Upper mantle) ซึ่งอยู่ติดกับชั้นเปลือกโลก ในขณะที่มีการเคลื่อนตัวของทวีป เรื่องราวทั้งหมดจะเป็นจริงหรือไม่อย่างไรปัจจุบันยังไม่เป็นที่ทราบแน่นอน (พงศ์ศักดิ์ วิชิต, 2524)



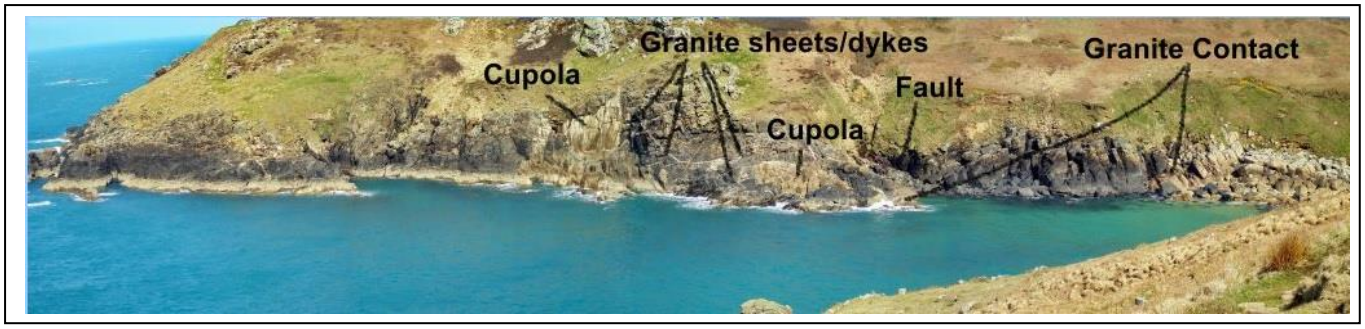
รูปที่ 1 แผนที่แสดงแนวแร่ดีบุกในบริเวณต่าง ๆ ของโลกและตำแหน่งการวางตัวของทวีปในอดีตเมื่อนำมาจัดวางใหม่ (พงศ์ศักดิ์ วิชิต, 2524)

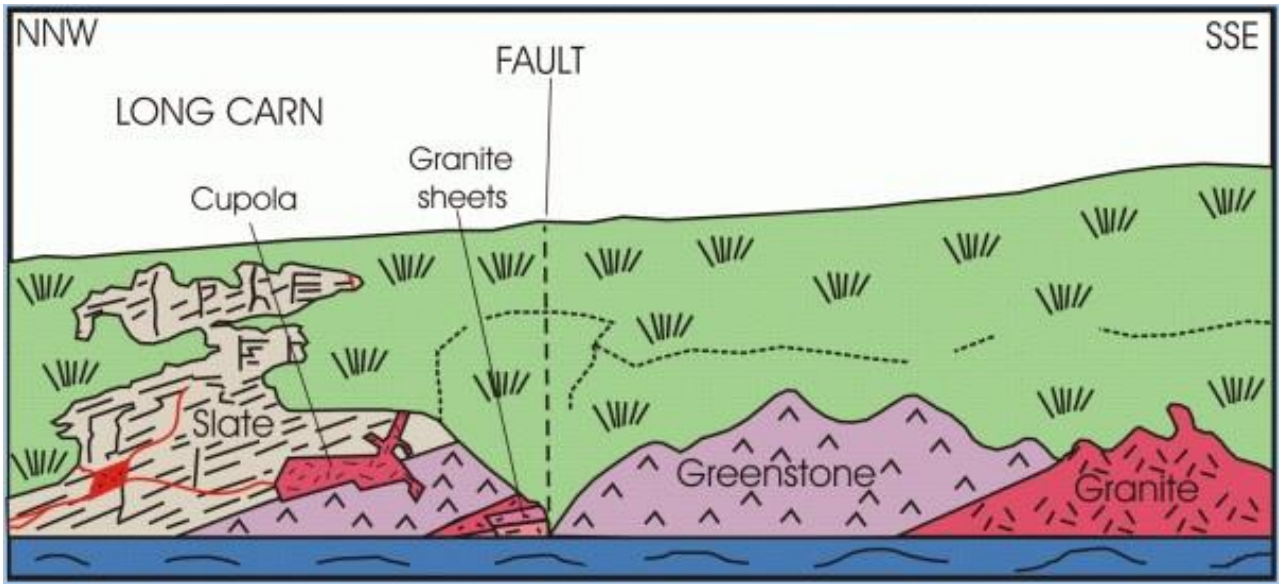
ขบวนการกำเนิดแร่ดีบุก

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า ดีบุกมักจะพบเกิดร่วมกับหินอัคนี โดยเฉพาะหินแกรนิต ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของแหล่งแร่ดีบุกต่าง ๆ ทั่วโลกมักจะพบแร่ดีบุกเกิดอยู่ในบริเวณที่มีหินแกรนิตหรืออยู่ใกล้เคียง มีอยู่บ้างบางแห่งที่พบแร่ดีบุกอยู่ในหินไรโอไลต์ เช่น แหล่งแร่ดีบุกของประเทศโบลิเวีย เม็กซิโก และในรัฐบางแห่งของสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษแตกต่างออกไปจากแหล่งดีบุกของประเทศไทยหรือเอเชียอาคเนย์

มีการสันนิษฐานว่าขบวนการกำเนิดดีบุกมีความสัมพันธ์กับทฤษฎีการแปรโครงสร้างแบบทั้งผืน (Plate Tectonics) ซึ่งว่าด้วยการเคลื่อนตัวของผืนแผ่นเปลือกโลกส่วนหนึ่ง เข้าไปชนกับผืนแผ่นเปลือกโลกอีกส่วนหนึ่ง ขณะที่เกิดการชนกันขึ้น แผ่นเปลือกโลกส่วนหนึ่ง เกิดมุดตัวเข้าไปใต้แผ่นเปลือกโลกอีกส่วนหนึ่ง หลังจากที่เกิดมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก ก็จะมีการหลอมละลายใหม่เกิดแมกมา (ในที่นี้หมายถึงแกรนิตแมกมา) เคลื่อนตัวขึ้นสู่พื้นผิวโลก ในขณะเดียวกันก็ได้นำธาตุดีบุกซึ่งอยู่ในส่วนใดส่วนหนึ่งของชั้นเปลือกโลกมาด้วย จากการศึกษาการกำเนิดของแร่ในหินจะพบว่าเมื่อแมกมาที่ถูกดันตัวขึ้นมาข้างบนนั้น อันดับแรกอุณหภูมิจะลดลง บริเวณตามส่วนขอบ ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงกับหินท้องที่ จะเริ่มแข็งตัวกลายเป็นหินก่อนส่วนอื่น ๆ เมื่อเกิดการเย็นตัวก็จะมีการตกผลึกของแร่ ซึ่งมักจะเป็นการตกผลึกตามลำดับส่วน (Fractional Crystallization) คือ พวกเฟลสปาร์ ไมกา และควอตซ์ จะตกผลึกออกมา จนท้ายสุดเหลืออยู่เฉพาะพวกกากน้ำเหลวที่มีอยู่ภายในแมกมา ปะปนอยู่กับธาตุอื่น ๆ ที่สำคัญ เช่น ดีบุก ทองแดง และธาตุที่ช่วยในการนำพาดีบุกคือพวก ฟลูออรีน คลอรีน โบรอน เป็นต้น ในขณะที่มีการตกผลึก น้ำที่มีอยู่ในแมกมาก็จะเพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ เพราะไม่ได้มีส่วนเข้าไปตกผลึกด้วย จะมีอยู่บ้างก็เพียงแร่บางตัวเท่านั้น ที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบด้วย น้ำนอกจากจะเป็นตัวลดอุณหภูมิให้ต่ำลงแล้วยังเป็นตัวทำละลาย และตัวนำที่ดีอีกด้วย ต่อมาจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของก๊าซ (Pneumatolytic Stage) หรือในขั้นเป็นเพกมาไทต์ (Pegmatite Stage) ตอนท้ายสุดก็จะมาถึงขั้นเป็นน้ำร้อน (Hydrothermal Stage) ซึ่งเป็นขั้นสุดท้ายของการให้แร่ แต่ทั้งนี้หมายความว่าในขณะนั้นจะต้องมีความเข้มข้นธาตุดีบุกพอที่จะทำให้เกิดแหล่งแร่ได้ด้วย ในระยะนี้เองจะทำให้ได้สายแร่ที่มีดีบุก หรือแหล่งแร่แบบสัมผัส (Contact metasomatism) ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาของน้ำแร่กับหินท้องที่ข้างเคียง

ตามปกติแล้วแร่ดีบุกจะไม่เกิดปะปนเกี่ยวข้องกับหินแกรนิต ในระยะที่แกรนิตแมกมาเริ่มแข็งตัว จะเกิดเกี่ยวข้องในขั้นก๊าซที่เรียกว่า Pnuematolytic หรือ ขั้นน้ำร้อน Hydrothermal Stage มากกว่า ซึ่งเป็นระยะที่น้ำและก๊าซเหล่านั้นมักจะเคลื่อนไปสู่บริเวณจุดที่อยู่สูง นั่นก็คือไปอยู่ตามบริเวณที่เป็นส่วนยอดของหินแกรนิต ซึ่งจัดเป็นหย่อมหินอัคนีหรือคิวโพลา (Cupola) อันเป็นบริเวณที่กักเก็บได้ดีที่สุด (รูปที่ 2) เมื่อความดันภายนอกลดลง ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากหินท้องที่ โดยมีรอยแตกรอยเลื่อนเกิดขึ้นรอบ ๆ หรือจะด้วยเหตุผลใดก็ตาม น้ำและก๊าซเหล่านั้นก็จะดันตัวแทรกออกไปบรรจุอยู่ตามรอยแตกหรือช่องว่างภายในหิน เกิดเป็นลักษณะของสายแร่ หรือทางแร่ (Vein หรือ Lode) ซึ่งอาจจะเป็นสายแร่ควอตซ์ที่ให้ดีบุก สายเพกมาไทต์ (Pegmatite) หรือ แอไพลต์ (Aplite) เป็นต้น ในขณะดียวกันน้ำและก๊าซบางส่วนก็ยังสามารถเปลี่ยนแปลงสภาพของหินแกรนิตที่แข็งตัวแล้ว หรือกำลังแข็งตัวอยู่เดิมให้มีลักษณะเนื้อและส่วนประกอบของแร่แตกต่างออกไปจากที่มีอยู่แล้ว เนื้อหินแกรนิตจึงมีลักษณะคล้ายถูกหลอมใหม่และมีเนื้อละเอียดมากขึ้น จะไม่มีลักษณะเนื้อหยาบหรือเนื้อดอกแบบที่มีแร่เฟลด์สปาร์โต ๆ ปะปนเลย กรรมวิธีการเช่นนี้มักจะเกิดขึ้นในช่วงระยะที่เกือบจะหลังหรือใกล้เคียงกับการเย็นตัวของหินแกรนิต และเนื่องจากอยู่ใกล้กับหินท้องที่จึงทำให้มีการเย็นตัวของหินอย่างรวดเร็ว ลักษณะเนื้อหินจึงเปลี่ยนไป (พงศ์ศักดิ์ วิชิต, 2524)



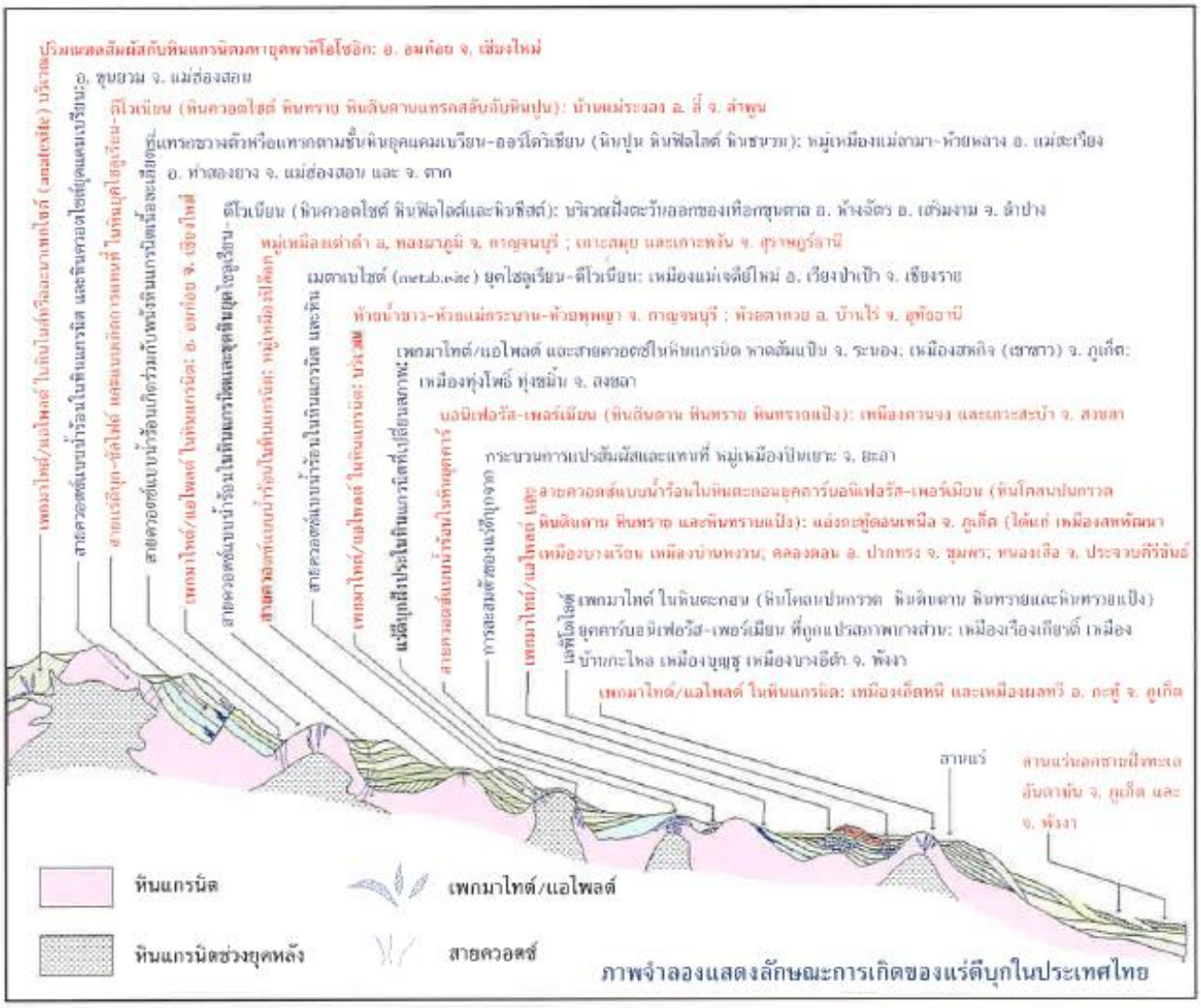


รูปที่ 2 แสดงบริเวณที่เป็นหย่อมหินอัคนีหรือคิวโพลา (Cupola) ตัวอย่างจาก Porthmeor Cove คอร์นวอลล์ ประเทศอังกฤษ แหล่งดีบุกที่สำคัญแหล่งหนึ่งของโลก (Cornish Geology Website, 2017)

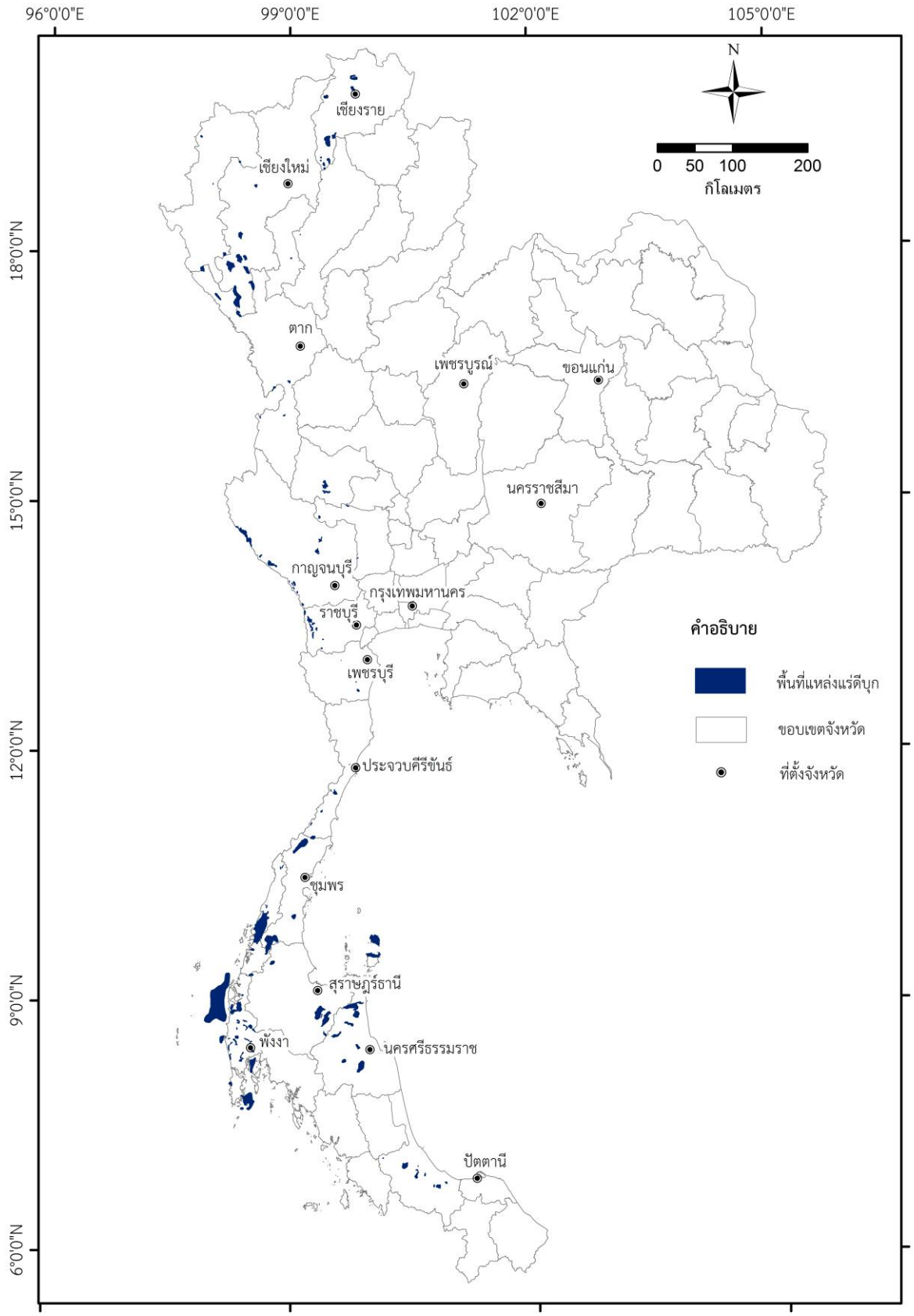
ชนิดของแหล่งแร่ดีบุก

โดยทั่วไปแหล่งแร่ดีบุกแบ่งออกเป็น 2 แหล่งใหญ่ ๆ คือ แบบแหล่งแร่ดีบุกปฐมภูมิ (Primary deposit) และแหล่งแร่ดีบุกทุติยภูมิ (Secondary deposit) แบบแรกเป็นแบบที่พบแร่อยู่ในหินต้นกำเนิดเดิม ส่วนแบบหลังเป็นแบบที่ดีบุกหลุดออกมาเมื่อต้นกำเนิดเดิมผุพังแล้วถูกพัดพาไปโดยกระแสน้ำหรือพลังงานอย่างอื่นไปสะสมตัวอยู่ที่แห่งใหม่ จะใกล้ไกลจากแหล่งกำเนิดนั้นขึ้นกับสภาวะแวดล้อมในแต่ละบริเวณ ระยะแรกจะพบแร่พลัดอยู่ใกล้ต้นกำเนิดเดิมตามไหล่เขาเรียกว่า แหล่งแร่พลัดไหล่เขา หากถูกพัดพาไกลออกไปอีกแล้วสะสมตัวอยู่ตามเชิงเขาที่เป็นตามแอ่ง ที่ราบ หรือท้องทะเลทำให้เกิดแหล่งแร่แบบที่เรียกว่าลานแร่

แหล่งแร่ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจส่วนใหญ่เป็นแหล่งแร่ดีบุกทุติยภูมิ พบมากที่สุดในภาคใต้ รองมาเป็นภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตามลำดับ แหล่งแร่ทั้งสองแบบยังแบ่งย่อยออกไปอีก เท่าที่พบแล้วภายในประเทศพอที่จะจำแนกให้เห็นต่อไป สำหรับภาพจำลองแสดงลักษณะการเกิดของแร่ดีบุกในประเทศไทยแสดงในรูปที่ 3 และแหล่งแร่ดีบุกของประเทศไทยแสดงในรูปที่ 4 ตามลำดับ



รูปที่ 3 ภาพจำลองแสดงลักษณะการเกิดของแร่ดีบุกในประเทศไทย (ไพรัช ศุทธากรณ์ และคณะ , 2543)



รูปที่ 4 แผนที่แสดงพื้นที่แหล่งแร่ดีบุกในประเทศไทย

แหล่งแร่ดีบุกปฐมภูมิ (Primary deposits)

1. แบบฝังปะหรือเป็นกระจุกในหินแกรนิต (Disseminated and segregated tin in granite)

2. แบบแปรสัมผัส (Pyrometasomatic หรือ Contact metasomatic deposits)

3. แบบสายแร่น้ำร้อน (Hydrothermal deposits)

4. แบบสายเพกมาไทต์ ควอตซ์-เฟลสปาร์ และแอไพลต์ (Pegmatite, Quartz-felspar vein and Aplite)

แหล่งแร่ดีบุกทุติยภูมิ (Secondary deposits)

1. แบบที่สะสมตัวอยู่บนบก (Onshore deposits)

1.1 ลานแร่ (Placer)

1.2 ลานแร่พลัดเชิงเขา (Colluvium)

1.3 ลานแร่พลัดไหล่เขา (Eluvium)

2. แบบที่สะสมตัวอยู่ในทะเลนอกชายฝั่ง (Offshore deposits) (ซึ่งจะไม่กล่าวถึงในเอกสารฉบับนี้ เป็นเรื่องที่แยกออกไปต่างหากอีกเรื่องหนึ่ง)

แหล่งแร่ดีบุกปฐมภูมิ (Primary deposit)

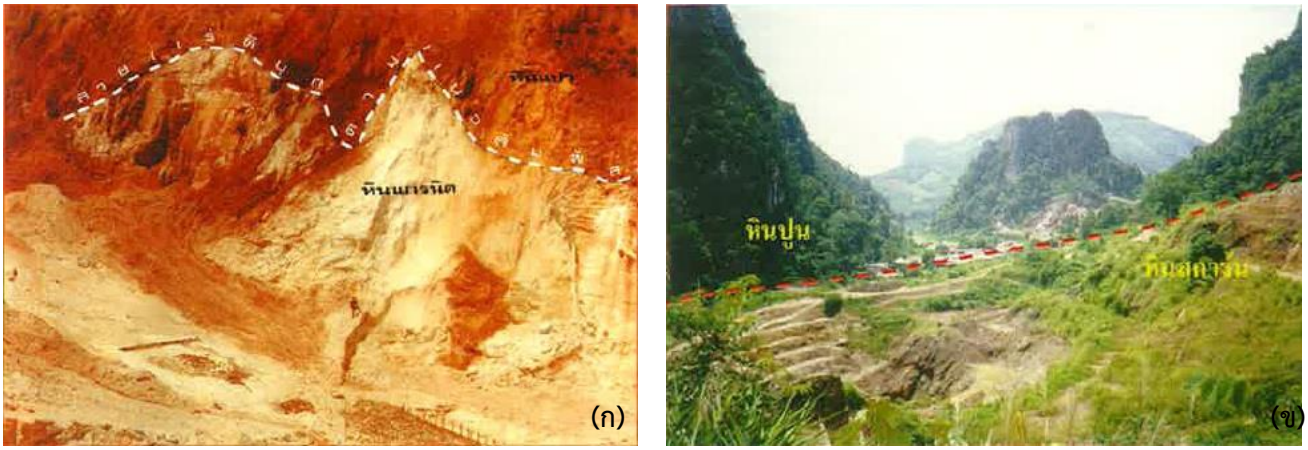
1. แบบฝังปะหรือเป็นกระจุกในหินแกรนิต (Disseminated and segregated tin in granite)

สำหรับการกำเนิดแบบฝังปะในหินแกรนิต ซึ่งเกิดจากกรรมวิธีของก๊าซนั้น ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือ แหล่งแร่ดีบุกหาดส้มแป้น จังหวัดระนอง (พงศ์ศักดิ์ วิชิต และคณะ, 2530) การกำเนิดแบบนี้ค่อนข้างจะกินบริเวณกว้างขวาง มีการแปรเปลี่ยนของแร่เป็นเขตให้เห็นในบางบริเวณฝังปะดังกล่าวจัดได้ว่าเป็นแบบตัวอย่างที่ดี เรียกว่า แบบหาดส้มแป้น (รูปที่ 5 (ก)) กระบวนการต่าง ๆ ที่มักจะพบเกิดร่วมในแหล่งดีบุกชนิดนี้ คือ กระบวนการเกิดแร่แอลไบต์ (Albitization) กระบวนการเกิดแร่ทัวร์มาลีน (Tourmalinization) กระบวนการเกิดแร่มัสโคไวต์ (Muscovitization) กระบวนการเกิดเกาลิน (Kaolinization) และกระบวนการเกิดซิลิกา (Silicification) กระบวนการดังกล่าวมักพบแผ่เป็นบริเวณกว้างขวางในเนื้อหินแกรนิต โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นส่วนยอดของหย่อมหินแกรนิต (Cupola) ใกล้เขตสัมผัสกับหินท้องที่ และมีการเปลี่ยนขนาดของเนื้อหิน จากเนื้อหยาบไปสู่เนื้อปานกลางและละเอียดเมื่อเข้าใกล้แหล่งแร่ พร้อมกับมีแร่ไมกาขาว หรือมัสโคไวต์และทัวร์มาลีนมากขึ้น ในขณะที่แร่ไมกาดำหรือไบโอไทต์ลดลง บางบริเวณจะมีแร่ทังสเตนมากในบริเวณหาดส้มแป้น ลักษณะของผลึกแร่ ในแหล่งแร่ดีบุกชนิดนี้ อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้ เช่น ผลึกแร่ควอตซ์ และผลึกแร่ดีบุก มักจะมีด้านข้างหดสั้น เหลือให้เห็นแต่ยอดเหมือนรูปปิระมิดประกบกันทั้งสองข้าง นอกจากนี้พบว่าจำนวนแร่แม่เหล็กในหินแกรนิต (Magnetic content) ชนิดที่ให้แร่ดีบุกนั้นมีเปอร์เซ็นต์ของแร่แม่เหล็กต่ำมาก ต่ำกว่า 0.02 เปอร์เซ็นต์ ส่วนหินแกรนิตที่ไม่ให้แร่ดีบุกนั้นมีแร่แม่เหล็กมากกว่า 1.25 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป (Aranyakanon, 1961) นักธรณีวิทยาญี่ปุ่น Ishihara (1977) ได้จัดแบ่งหินแกรนิตออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มที่ให้แร่ดีบุก-ทังสเตน จัดเป็นพวก Ilmenite Series และกลุ่มที่ไม่ให้แร่ดีบุก-ทังสเตน แต่ให้พวกทองแดงจัดเป็นพวก Magnetite Series (พงศ์ศักดิ์ วิชิต และคณะ, 2530)

2. แบบแปรสัมผัส (Pyrometasomatic หรือ Contact metasomatic deposits)

แร่ดีบุกที่เกิดแบบแปรสัมผัสในประเทศไทย พบอยู่เพียงบริเวณเดียว และเป็นแหล่งที่เป็นตัวอย่างแบบฉบับที่ดีมากบริเวณหนึ่ง สำหรับการศึกษาวิจัย คือแหล่งแร่ดีบุกบริเวณหมู่เหมืองปินเยาะ ซึ่งก็มีเหมืองบรรจบ และเหมืองนาซัว บริเวณถ้ำทะลุของทางจังหวัดยะลา (รูปที่ 5 (ข)) ซึ่งเป็นหินปูนอายุประมาณ

เพอร์เมียน วางตัวบนหินที่มีเนื้อดิน (Argillaceous rock) พบเป็นชั้นบาง ๆ อยู่ใกล้สัมผัสกับหินแกรนิต ที่ปรากฏให้เห็น ในระดับต่ำ ๆ เป็นช่วง ๆ น้ำแร่จากหินแกรนิตทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับหินปูนที่วางตัวสัมผัสทับด้านบน ก่อให้เกิดแร่ขึ้นมากมายหลายชนิด และมีน้ำเหล็กหรือแร่เหล็กปะปนทำให้ดูคล้ำไปหมด เขตสัมผัสแบบนี้เรียก Skarn zone ถ้าไม่มีเหล็กปนเรียก Tactite zone นอกเหนือจากแร่ดีบุกที่พบแล้ว อาจมีแร่ชนิดอื่น ๆ ได้อีก เช่น แร่ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี ส่วนแร่ตระกูล แคลก์-ซิลิเกต (Calc-silicates) นั้น เป็นลักษณะประจำโดยทั่วไปที่จะต้องพบเสมอ เช่น แร่โกเมน แอกติโนไลต์ (Actinolite) ไฮเพอร์สทีน (Hypersthene) เฮเดนเบอร์ไจต์ (Hedenbergite) และเทรโมไลต์ (Tremolite) (พงศ์ศักดิ์ วิชิต, 2524)



รูปที่ 5 (ก) แหล่งแร่แบบฝังปะ บริเวณหาดส้มแป้น ตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมืองระนอง จังหวัดระนอง (พงศ์ศักดิ์ วิชิต และคณะ, 2530)
(ข) แหล่งแร่แบบแปรสัมผัส บริเวณเหมืองปินเยาะ ตำบลถ้ำทะลุ อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา (ไพรัช ศุทธากรณ์ และคณะ, 2543)

3. แบบสายแร่น้ำร้อน (Hydrothermal deposits)

การเกิดแร่ดีบุกแบบนี้ เป็นการกำเนิดที่นับได้ว่า เป็นแบบสำคัญแบบหนึ่งของแหล่งแร่ดีบุกในประเทศไทย แร่ดีบุกเกิดในสายหรือเกิดมากับสายควอตซ์นั่นเอง (รูปที่ 6) ส่วนใหญ่แล้วมักจะจัดเป็นสายแร่ควอตซ์ที่มีอุณหภูมิสูง (Hypothermal quartz veins) พวกควอตซ์อุณหภูมิสูงจะมีสีใสเหมือนน้ำและเป็นมัน อาจขุ่นเพียงเล็กน้อย บางแห่งอาจมีสีเทา ๆ หรือดำปะปน ส่วนพวกที่จัดว่าอุณหภูมิต่ำลงไปอีกสักเล็กน้อยมักจะขุ่นมาก เนื้อออกสีขาวอมเหลืองอ่อนจาง ๆ หรือค่อนข้างเหลืองแบบมีสนิมเหล็กมาปน เนื้อไม่เป็นมันเหมือนแบบแรก พวกนี้มีแร่เช่นกัน แต่ความสมบูรณ์ของแร่ไม่สูงเท่าแบบแรก บางตอนของสายควอตซ์ที่ให้แร่อาจมีแร่ไมกาขาว และทัวร์มาลีนเกิดปะปนอยู่ด้วยเล็กน้อย และข้างสายควอตซ์อาจมีการแปรสภาพและมีแร่ดีบุกอยู่ด้วย การแปรสภาพข้างสายแร่มักก่อให้เกิดไกรเซน (Greisen)

4. แบบสายเพกมาไทต์ ควอตซ์-เฟลสปาร์ และแอไพลต์ (Pegmatite, Quartz-felspar vein and Aplite)

ในจำพวกสายแร่ด้วยกัน เพกมาไทต์จัดเป็นสายแร่ที่สำคัญอีกแบบหนึ่งที่ให้แร่ดีบุก มีพบได้หลายแห่งในประเทศไทย โดยเฉพาะบริเวณปากทรง พะโต๊ะ จังหวัดชุมพร ประมาณเกินร้อยละ 95 ของดีบุกที่ได้มาจากสายเพกมาไทต์และมีความสมบูรณ์สูงเป็นพิเศษ และอีกหลายบริเวณในอำเภอตะกั่วป่า

จังหวัดพังงา และจังหวัดภูเก็ต เป็นต้น ส่วนทางภาคเหนือมีพบในบริเวณตอนกลาง ๆ พื้นที่ระหว่างจังหวัดแม่ฮ่องสอน และจังหวัดเชียงใหม่ เช่น ห้วยโม่งน้อย อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

คำว่า **เพกมาไทต์** หมายถึง หินอัคนีที่ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ และมัสโคไวต์เป็นหลัก มีเนื้อหยาบ (ปกติเม็ดแร่จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 1 เซ็นติเมตร) อาจมีแร่วุลแฟรไมต์ การ์เนต ทัวร์มาลีน เบริล เลพิโดไลต์ เซอร์คอน รูไทล์ โมนาไซต์ สปอดูมีน ซีโนไทม์ ไบโอไทต์ และแร่ตระกูลโคลัมเบียม-แทนทาลัม เกิดร่วมด้วยเป็นต้น ส่วนสายแร่ที่มีแร่ควอตซ์ และเฟลด์สปาร์เป็นส่วนประกอบเพียงสองชนิดนั้น แม้จะมีเนื้อหยาบมากแบบเพกมาไทต์ ในที่นี้เรียกว่า **สายควอตซ์-เฟลด์สปาร์** เท่านั้น ส่วนคำว่า **แอไพลต์** หมายถึงสายหินที่มีส่วนประกอบเหมือนกับหินแกรนิต บางครั้งดูเหมือนหินแกรนิตที่แปรสภาพ แต่ขนาดเม็ดแร่ที่เป็นส่วนประกอบมีขนาดเล็ก โตไม่เกิน 1 มม. เป็นสายหินที่มาจากแกรนิตแมกมาเช่นกัน บางครั้งอาจจะมีพบทั้งแบบที่ให้และไม่ให้แร่ดีบุก (พงศ์ศักดิ์ วิชิต, 2524 และ พงษ์ศักดิ์ วิชิต และคณะ, 2530)

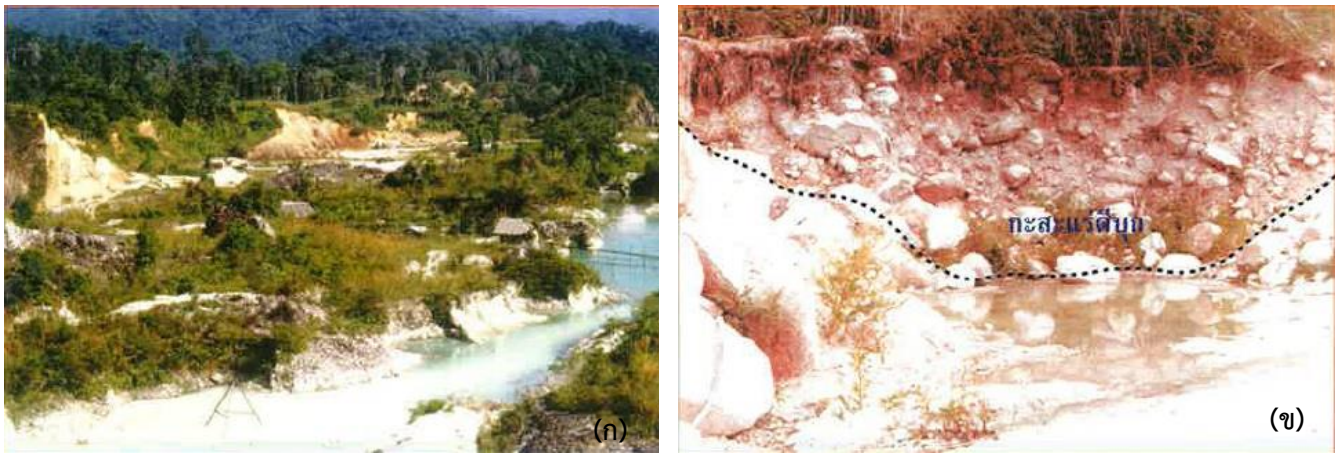
รูปที่ 6 แร่ดีบุกในสายควอตซ์ บริเวณเหมือง 72 ตำบลเหล อำเภอกะปง จังหวัดพังงา (ไพรัช ศุทธากรณ์ และคณะ, 2543)

แหล่งแร่ดีบุกทุติยภูมิ (Secondary deposits)

หลังจากที่เกิดแร่ในหินและมีการยกตัวขึ้นมาตามขบวนการทางธรณีวิทยาแล้ว ต่อมาจะเกิดการผุพังทำลายตามธรรมชาติ ด้วยกระบวนการทางเคมี และ/หรือฟิสิกส์ เฉพาะแร่ดีบุกที่ผุพังแต่ยังคงอยู่กับที่ยังไม่มีการเคลื่อนย้ายออกไปจากที่เกิดเดิมจัดเป็น **แบบหลุดผุพังอยู่กับที่** (Residual deposit) โดยที่แร่ชนิดอื่น ๆ ที่เกิดด้วยอาจถูกพัดพาหรือละลายตัวออกไป แร่ดีบุก ณ ที่นั้นจึงมีปริมาณมากขึ้น การสะสมตัวแบบนี้สำหรับประเทศไทยมีพบอยู่เช่นกัน แต่ความสำคัญมีน้อยกว่าแบบ ลานแร่ เพราะสภาพภูมิอากาศภายในประเทศเอื้ออำนวย ต่อการทำลายตัวและช่วยในการเคลื่อนย้ายแร่ได้เป็นอย่างดี ในระยะแรกจะพบแร่ดีบุกผุพังพลัดอยู่ใกล้ ๆ กับแหล่งกำเนิดเดิมตามไหล่เขาเรียก **ลานแร่พลัดไหล่เขา** (Eluvial deposit) เม็ดแร่และเพื่อนแร่ยังมีลักษณะเป็นเหลี่ยม ๆ อยู่มาก แหล่งแร่แบบนี้มักจะมีความสมบูรณ์ของแร่สูง หากถูกพัดพาไกลออกไปอีกจะเป็นด้วยน้ำหรือพลังงานอย่างอื่นก็ตาม แล้วไปสะสมตัวอยู่ตามเชิงเขา ซึ่งเป็นส่วนต่อกับ

บริเวณที่ราบเรียก**ลานแร่พลัดเชิงเขา** (Colluvial deposit) แล้วในที่สุดไปสะสมตัวอยู่ในลุ่มแอ่งตามท้องธารน้ำเบื้องล่าง ตามแอ่งที่ราบห่างออกไปบ้าง ทำให้เกิดลักษณะของการสะสมในแบบที่เรียกว่า **ลานแร่** (Placer) (รูปที่ 7 (ก))

ในแหล่งแร่ดีบุกชนิดลานแร่ เม็ดแร่ดีบุกมักจะมน เพราะถูกขัดสีในระหว่างที่ถูกพัดพาออกไปจากต้นกำเนิดเดิม โดยปกติจะพบแร่ดีบุกสะสมตัวอยู่ในชั้นล่างที่สุด (กระสะ) (รูปที่ 7 (ข)) ซึ่งวางตัวอยู่บนหินดานหรือหินเดิมที่รองรับอีกทีหนึ่ง ในชั้นกระสะจะพบแร่หนักอื่น ๆ ที่เคยเกิดร่วมกับแร่ดีบุกปะปนไปกับพวกก้อนหินมน ๆ ขนาดใหญ่ ๆ ชนิดต่าง ๆ หลายชนิด ก้อนหินโต ๆ เหล่านี้ บางครั้งจะเป็นอุปสรรคต่อการทำเหมือง อันจะต้องคำนึงถึงเป็นพิเศษอีกแง่หนึ่ง ตามซอกหินโตทางด้านใต้สายน้ำในชั้นกระสะมักจะพบแร่ดีบุกสะสมตัวมากเป็นพิเศษ แร่อื่นที่เบากว่าจะถูกพัดพาออกไปให้ไกลอีก ชั้นบน ๆ ของชั้นกระสะโดยทั่วไปจะสลับด้วยชั้นกรวด ทราย กับชั้นดินหรือดินปนทรายทับสูงขึ้นมา ในบางแห่งอาจพบซากพืชเข้ามาเกี่ยวข้องแทรกในบางชั้น (พงศ์ศักดิ์ วิชิต, 2524)



รูปที่ 7 (ก) ลานแร่ดีบุกบริเวณตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง (ไพรัช ศุทธากรณ์ และคณะ, 2543)
(ข) ชั้นกระสะแร่ดีบุก บริเวณอำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี (ไพรัช ศุทธากรณ์ และคณะ, 2543)

เอกสารอ้างอิง

พงศ์ศักดิ์ วิชิต, 2524, การกำเนิดแร่ดีบุก: เอกสารเศรษฐธรณีวิทยา เล่มที่ 28, กรุงเทพฯ, กองเศรษฐธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 44 หน้า

พงษ์ศักดิ์ วิชิต และคณะ, 2530, ดีบุก และเพื่อนแร่: กองเศรษฐธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, รายงานเศรษฐธรณีวิทยา ฉบับที่ 1/2530, 73 หน้า.

ไพรัช ศุทธากรณ์, 2543, ธรณีวิทยาแหล่งแร่ดีบุกและแร่หายากบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย: เอกสารเผยแพร่เศรษฐธรณีวิทยา ฉบับที่ กศ. 6/2543, กรุงเทพฯ, กองเศรษฐธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 227 หน้า.

ไพรัช ศุทธากรณ์ และคณะ, 2543, แผนที่และข้อมูลแหล่งแร่ของไทย ชุดแร่โลหะของประเทศไทย ฉบับที่ 3 แหล่งแร่ดีบุกในประเทศไทย: เอกสารเผยแพร่เศรษฐธรณีวิทยา ฉบับที่ กศ. 1/2543, ISBN: 974-7733-32-3, กรุงเทพฯ, กองเศรษฐธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี, 16 หน้า.

Aranyakanon, P., 1961, The cassiterite deposits of Haad Som Pan, Ranong Province, Thailand, Rept. Invest. Mineral Resources, Bangkok, Thailand, No. 4, 182 p.

Cornish Geology Website, 2017, Geology of Cornwall [Online]: Available from: http://myweb.tiscali.co.uk/geologyofcornwall/porthmeor.htm [2017, February 17]

Hosking, K.F.G., 1969, Aspects of the Geology of the Tin field of Southeast Asia, A second technical Conference on Tin, London, 1969, International Tin Council (ITC), London, pp. 39-79.

Ishihara, S., 1977, The magnetite-series and ilmenite-series granite rocks, Mining Geol., No. 27, pp. 293-305.

Sainbury, C.L., Mulligan, R.R. and Smith, W.C., 1969, The Circum-Pacific “Tin Belt” in North America in A Second Technical Conference on Tin: Edited by W.Fox, Published by International Tin Council and the Department of Mineral Resources, Thailand, V.1, pp. 125-147

Schuiling, R.D., 1967, Tin Belts on the Continents Around the Atlantic Ocean: Eco. Geol., V.62, pp. 540-550.

Turneaure, F.S., 1971, The Bolivian Tin-Silver Province: Eco. Geol., V.66, pp. 215-225.