คู่มือผู้เล่าเรื่องธรณี

อุทยานแห่งชาติ-ไม้กลายเป็นหิน

จังหวัดตาก

คู่มือผู้เล่าเรื่องธรณี
อุทยานแห่งชาติ-ไม้กลายเป็นหิน จังหวัดตาก

อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี	นายสมหมาย เตชวาล
รองอธิบดีกรมทรัพยากรธรณี	นายนิวัติ มณีขัติย์
รองอธิบดีกรมทรัพยากรธรณี	นายมนตรี เหลืองอิงคะสุต
ผู้อำนวยการกองธรณีวิทยา	นายสุรชัย ศิริพงษ์เสถียร
ผู้อำนวยการกองคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์	นายนิมิตร ศรคลัง
ผู้อำนวยการสำนักงานทรัพยากรธรณีเขต 1	นายสุธี จงอัจฉริยกุล
เขียนเรื่อง	นายประชา คุตติกุล
สนับสนุนข้อมูล	นายเด่นโชค มั่นใจ
	นายปรีชา สายทอง

พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 3,000 เล่ม เดือน สิงหาคม 2560
พิมพ์ครั้งที่ 2 จำนวน 1,500 เล่ม เดือน กันยายน 2562
จัดพิมพ์โดย กองคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์ กรมทรัพยากรธรณี
75/10 ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400
โทรศัพท์ 0 2621 9847 โทรสาร 0 2621 9841

ข้อมูลทางบรรณานุกรม
กรมทรัพยากรธรณี, 2562,
คู่มือผู้เล่าเรื่องธรณี อุทยานแห่งชาติ-ไม้กลายเป็นหิน; 38 หน้า
1.ธรณีวิทยา 2.ไม้กลายเป็นหิน 3.แอ่งบ้านตาก

พิมพ์ที่ ทูทวินพริ้นติ้ง
10/122 หมู่ที่ 8 ต.สำโรงเหนือ อ.เมืองสมุทรปราการ จ.สมุทรปราการ 10270
โทรศัพท์ 0 2185 9953 และ 09 6996 5447
E-mail: 2twin.printing@gmail.com

CC BY NC ND

ไม้กลายเป็นหินในอุทยานแห่งชาติ

ทุกองค์กรภายใต้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตระหนักดีถึงภารกิจด้านการศึกษา สำรวจ อนุรักษ์ และเผยแพร่องค์ความรู้ด้านทรัพยากรธรรมชาติสู่สังคม เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องทั้งด้านการเกิด การพัฒนา การอนุรักษ์ และการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติทุกประเภทอย่างชาญฉลาด และกลมกลืนกับวิถีชีวิตของคนไทย

ด้วยเหตุนี้กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช และกรมทรัพยากรธรณีจึงได้ร่วมมือกันจัดการพัฒนาอุทยานแห่งชาติไม้กลายเป็นหิน จังหวัดตาก โดยได้รับการสนับสนุนจากกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬาเพื่อให้เป็นแหล่งอนุรักษ์ และท่องเที่ยวสำหรับทุกคน ที่สำคัญคือเพื่อส่งเสริมการศึกษาหาความรู้ด้านป่าไม้ และธรณีวิทยาจากแหล่งธรรมชาติ โดยการจัดเตรียมสถานที่ อาคารแสดง สิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ รวมถึงข้อมูลทุกด้านเกี่ยวกับไม้กลายเป็นหินเพื่อบริการผู้มาเยี่ยมชม รวมทั้งมียุวมัคคุเทศก์นำชม และคอยให้ข้อมูลเพิ่มเติมทุกวัน

“คู่มือผู้เล่าเรื่องธรณี อุทยานแห่งชาติ-ไม้กลายเป็นหิน จังหวัดตาก” จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักในการให้ความรู้ด้านวิชาการเบื้องต้นแก่ผู้ที่จะศึกษาเพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่ต่อไปให้กับนักท่องเที่ยว และเป็นการเริ่มต้นให้กับผู้อ่านที่สนใจได้ศึกษาหาความรู้ในระดับที่ลึกลงไปอีก ทั้งในสาขาสิ่งแวดล้อม วนศาสตร์ และธรณีวิทยา

กรมทรัพยากรธรณีหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือเล่มนี้จะเป็นสื่อที่เริ่มต้นจุดประกายให้ผู้อ่านได้เห็นความสำคัญของธรรมชาติในแขนงต่าง ๆ และได้มีโอกาสร่วมกันอนุรักษ์ และเผยแพร่สิ่งพิเศษที่ธรรมชาติได้เพียรรังสรรค์ผ่านธรณีกาลที่นานแสนนานมาเพื่อมนุษยชาติทั้งมวล

(นายสมหมาย เตชวาล)
อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี

สารบัญ

อุทยานแห่งชาติ-ไม้กลายเป็นหิน จังหวัดตาก *1*

ไม้กลายเป็นหินที่ยิ่งใหญ่ที่สุด

ต้น(ไม้)กำเนิดไม้กลายเป็นหิน *8*

รู้จักต้นไม้กลายเป็นท่อนซุงก่อน.......

ไม้กลายเป็นหิน คืออะไร? *14*

เป็นไปได้อย่างไร......

ต้นไม้ฝังดิน-อิ่มน้ำ แล้วกลายเป็นหิน !!

การศึกษาไม้กลายเป็นหินในอุทยานฯ *22*

เรียนรู้จากต้นไม้ แล้วนำไปใช้กับหิน

การขึ้นทะเบียนแหล่งซากดึกดำบรรพ์ *26*

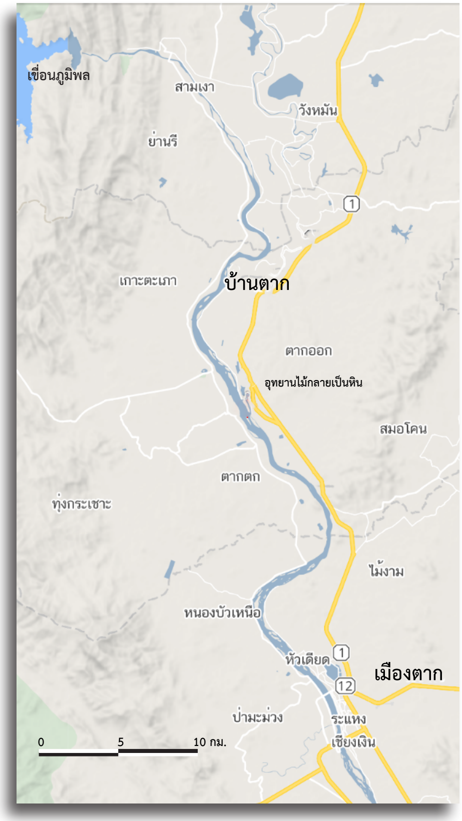
ได้รับความคุ้มครอง....โดยกฎหมายไทย

เมื่อ(รู้จัก)ไม้กลายเป็นหิน *34*

รู้จักไม้กลายเป็นหินแล้ว รู้สึกอย่างไร?

อุทยานแห่งชาติ-ไม้กลายเป็นหิน จังหวัดตาก

อุทยานแห่งชาติ-ไม้กลายเป็นหิน จังหวัดตาก ตั้งอยู่ในตำบลตากออก อำเภอบ้านตาก ซึ่งอยู่ประมาณกึ่งกลางระหว่างเขื่อนภูมิพล และตัวจังหวัดตาก คลุมพื้นที่ประมาณ 14,510 ไร่ ตั้งอยู่ห่างประมาณ 2.5 กิโลเมตรจากปากทางเข้าบริเวณฝั่งตะวันออกของถนนพหลโยธิน ใกล้กับหลักกิโลเมตรที่ 443 ตรงข้ามกับโรงพยาบาลบ้านตาก



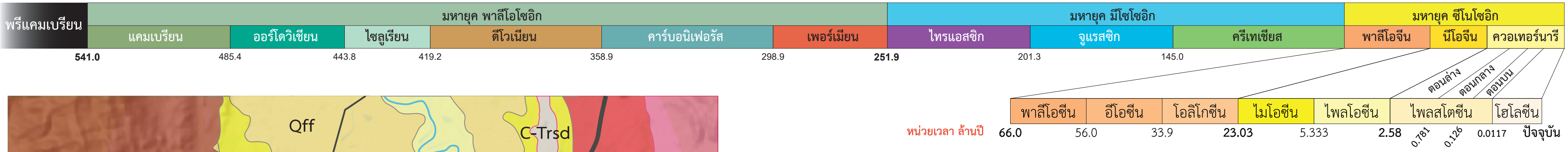
พื้นที่โดยรอบอุทยานฯ เป็นป่าเต็งรังโปร่ง พื้นดินเป็นชั้นกรวดทรายที่พบท่อนไม้ขนาดใหญ่ฝังอยู่โดยโผล่บางส่วน ซึ่งเมื่อตรวจดูเบื้องต้นในปี พ.ศ. 2546 พบว่ามีลักษณะแข็งเป็นหิน

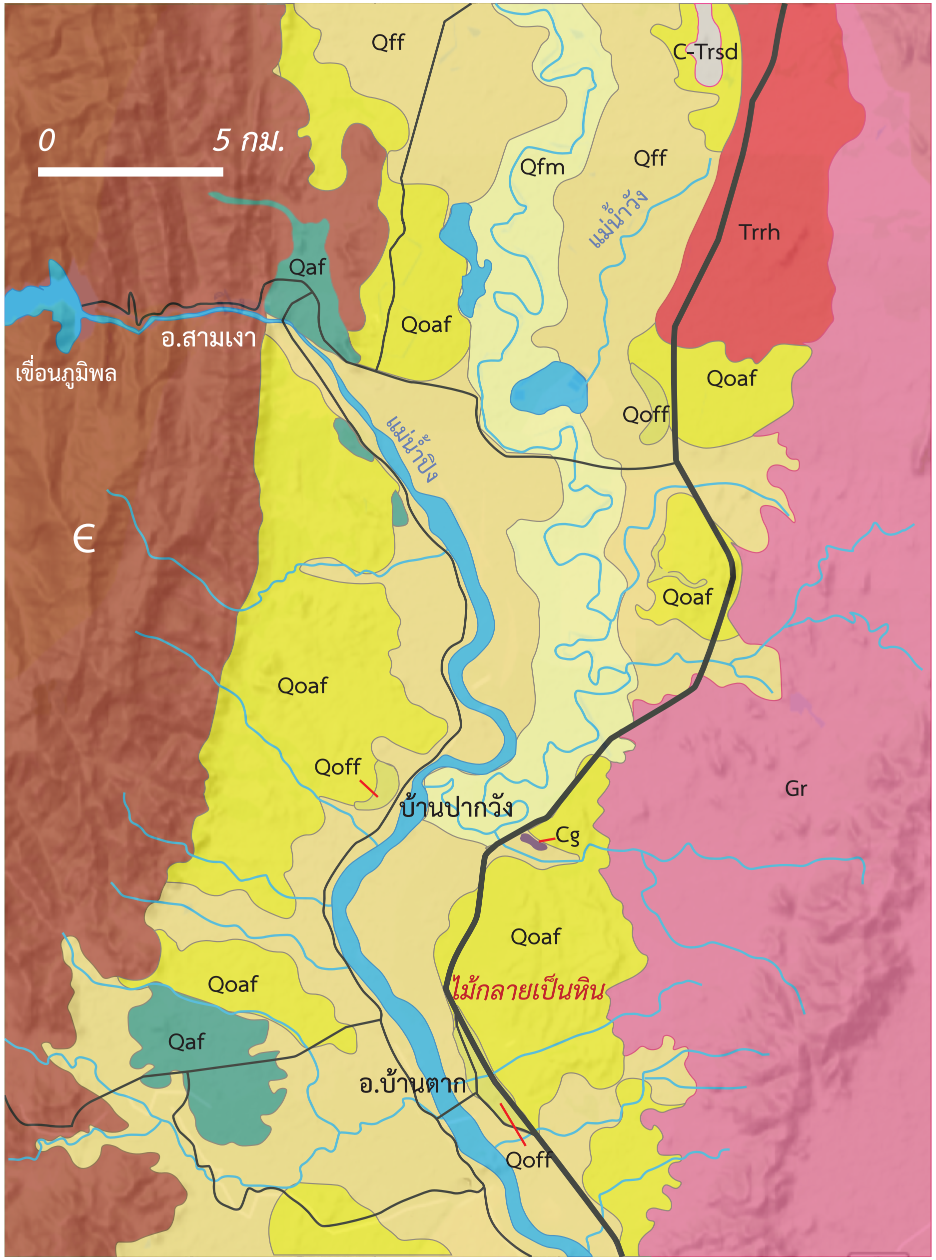
กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้ทำการขุดค้นตรวจสอบพบว่าท่อนไม้ที่ฝังอยู่คือไม้กลายเป็นหิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.8 เมตร ยาวประมาณ 72 เมตร จึงได้จัดตั้งให้พื้นที่แห่งนี้เป็น "**วนอุทยานไม้กลายเป็นหิน**"

การสำรวจพื้นที่ได้ดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 ทำให้พบไม้กลายเป็นหินหลายสิบท่อน และจากการขุดค้นรวม 7 หลุม พบไม้กลายเป็นหินขนาดใหญ่จำนวน 8 ท่อน วนอุทยานแห่งนี้จึงถูกพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยว และเรียนรู้ทางธรรมชาติของจังหวัดตาก โดยได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งในจังหวัด และจากส่วนกลาง ในการศึกษาวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง เพื่อเผยแพร่สู่ประชาชนอย่างกว้างขวาง ผ่านสื่อประเภทต่าง ๆ และที่สำคัญคือผ่านทางยุวมัคคุเทศก์ประจำอุทยานฯ แห่งนี้

ในปี พ.ศ. 2556 ด้วยความโดดเด่นเป็นพิเศษ และมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว วนอุทยานไม้กลายเป็นหินแห่งนี้จึงถูกเตรียมการยกฐานะขึ้นเป็น "**อุทยานแห่งชาติไม้กลายเป็นหิน จังหวัดตาก**" ร่วมกับวนอุทยานน้ำตกห้วยแม่ไข และวนอุทยานน้ำตกแก่งห้วยตาก

ต่อมาภายหลังกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้มีประกาศให้เปลี่ยนชื่อเป็น "**อุทยานแห่งชาติดอยสอยมาลัย**" (เตรียมการ) เมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม 2561





แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณแหล่งไม้กลายเป็นหินจังหวัดตาก (ดัดแปลงจาก เด่นโชค มั่นใจ, 2559)

แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณแอ่งบ้านตาก ซึ่งเป็นที่ตั้งของอุทยานแห่งชาติ-ไม้กลายเป็นหิน จังหวัดตาก แสดงการวางตัวของหินชนิดต่าง ๆ ในแนวเหนือ-ใต้ รวมถึงตะกอนประเภทต่าง ๆ ที่สะสมตัวทั้งสองฝั่งแม่น้ำปิง และแม่น้ำวัง โดยมีชื่อเรียก ลักษณะทางกายภาพ เรียงลำดับจากอ่อนไปแก่ตามสัญลักษณ์ที่ปรากฏในแผนที่ธรณีวิทยา (ส่วนของตะกอนมีรายละเอียดในหน้าถัดไป)

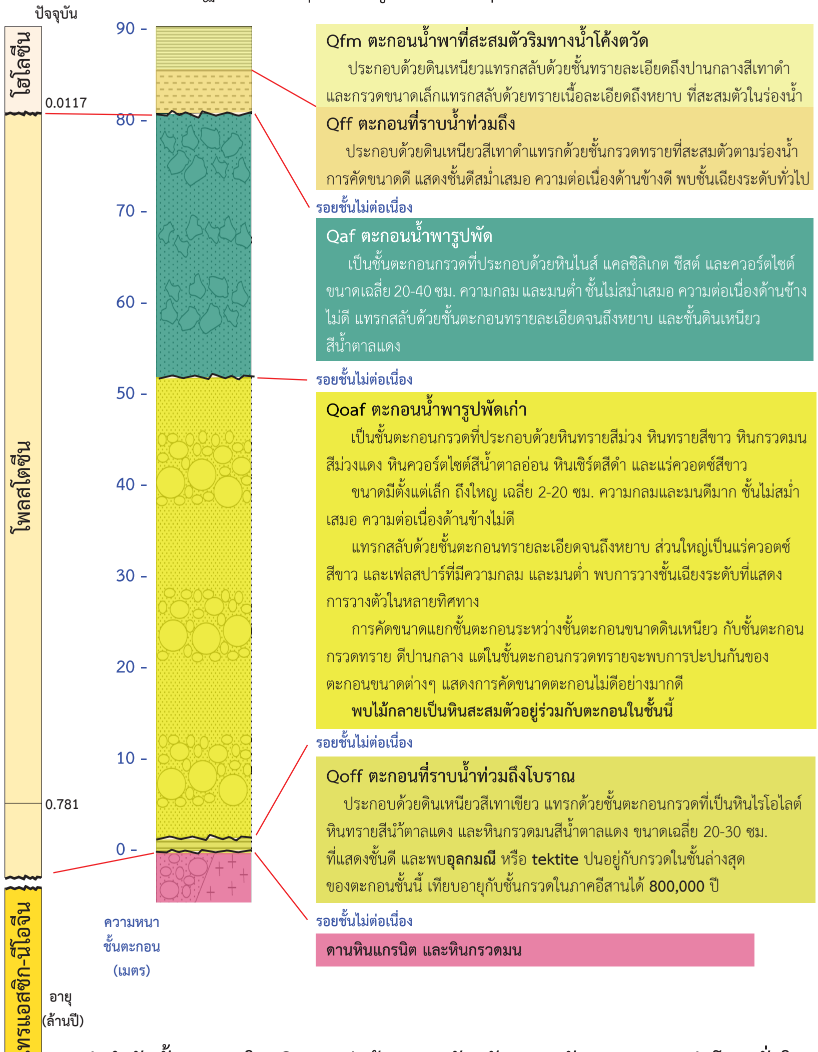
ด้านตะวันตกเป็นแนวเขาหินแปรอายุมากที่สุดในประเทศไทย ส่วนด้านตะวันออกมีแนวเขาหินแกรนิตขวางอยู่ ทำให้พื้นที่มีลักษณะเป็นหุบเขา มีแม่น้ำปิงไหลมาจากเขื่อนภูมิพลที่อยู่ทางตอนเหนือเป็นแม่น้ำสายหลักของพื้นที่ โดยมีแม่น้ำวังไหลลงมาจากทางด้านเหนือสุดของลุ่มน้ำนี้มาสมทบที่บ้านปากวัง บริเวณประมาณ 5 กิโลเมตร ทางเหนือของอุทยานฯ

อุทยานแห่งชาติ-ไม้กลายเป็นหิน ตั้งอยู่บนชั้นตะกอนน้ำพารูปพัดโบราณ (Qoaf) ซึ่งปรากฏให้เห็นตามแนวเชิงเขาตลอดลุ่มน้ำตอนล่าง

สัญลักษณ์	หน่วยตะกอน/หน่วยหิน	ลักษณะตะกอน/ลักษณะหิน	อายุทางธรณีกาล
Qfm	ตะกอนน้ำพาที่สะสมตัวริมทางน้ำโค้งตวัด	ประกอบด้วยดินเหนียว ทรายแป้ง ทราย และกรวด สะสมตัวในที่ราบ และในทะเลสาบรูปแอก	ควอเทอร์นารี (ปัจจุบัน)
Qff	ตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึง	ประกอบด้วยดินเหนียว ทรายแป้ง ทราย และกรวด	ควอเทอร์นารีตอนบน (โฮโลซีน)
Qaf	ตะกอนน้ำพารูปพัด	ประกอบด้วยดินเหนียว ทรายแป้ง ทราย และกรวดหินไนส์ กรวดหินชีสต์ เป็นตะกอนเหลี่ยม พบขนานไปกับเชิงเขา	ควอเทอร์นารีตอนล่าง (ไพลสโตซีน)
Qoaf	ตะกอนน้ำพารูปพัดเก่า	ประกอบด้วยดินเหนียว ทรายแป้ง ทราย และกรวดหินทรายสีน้ำตาลแดง หินกรวดมนสีน้ำตาลแดง หินควอร์ตไซต์สีน้ำตาล ตะกอนกลมมน	ควอเทอร์นารีตอนล่าง (ไพลสโตซีน)
Qoff	ตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึงเก่า	ประกอบด้วยดินเหนียวสีเทาเขียว ทรายแป้ง ทราย และกรวด	ควอเทอร์นารีตอนล่าง (ไพลสโตซีน)
Cg	หินกรวดมนแม่บอน	ประกอบด้วยหินแกรนิต ไรโอไลต์ และหินทรายสีน้ำตาลแดง	ไทรแอสซิก-นีโอจีน
Gr	หินอัคนีมวลไพศาล	ประกอบด้วยหินแกรนิต หินควอตซ์ไดโอไรต์ หินแกรโนไดออไรต์	ไทรแอสซิก
Trrh	หินภูเขาไฟ	ประกอบด้วยหินไรโอไลต์ และหินไรโอลิติกทัฟฟ์ สีม่วงแดง	ไทรแอสซิก
C-Trsd	หินตะกอน	ประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง หินกรวดมน และหินปูน	คาร์บอนิเฟอรัส-ไทรแอสซิก
Є	หินแปร	ประกอบด้วยหินไนส์ หินชีสต์ และหินแคลซิลิเกต	มหายุคพรีแคมเบรียนและมหายุคพาลีโอโซอิกตอนล่าง

จากการลำดับตะกอนในบริเวณแอ่งบ้านตากโดยเด่นโชค มั่นใจ 2559 แสดงการหยุดชะงักของการสะสมตะกอน หรืออาจเกิดการกัดเซาะตะกอนที่เคยสะสมมาก่อน รวม 4 ครั้งบริเวณรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง ตลอดสมัยไพลสโตซีน ซึ่งกินเวลากว่า 2.5 ล้านปี เหลือหลักฐานชั้นตะกอนรวม 3 ชั้นที่บางส่วนถูกปิดทับด้วยตะกอนสมัย โฮโลซีน ซึ่งทั้งหมดเกิดจากแม่น้ำปิง และแม่น้ำวังที่เป็นตัวนำตะกอนเข้าสู่แอ่งบ้านตาก

สำหรับชั้นตะกอนที่น่าสนใจที่สุดคือ ชั้นตะกอนน้ำพารูปพัดเก่า ซึ่งได้โอบอุ้มไม้กลายเป็นหินหลายสิบท่อน (เท่าที่มีหลักฐานในปัจจุบัน) อยู่ในบริเวณอุทยานแห่งชาติ-ไม้กลายเป็นหิน



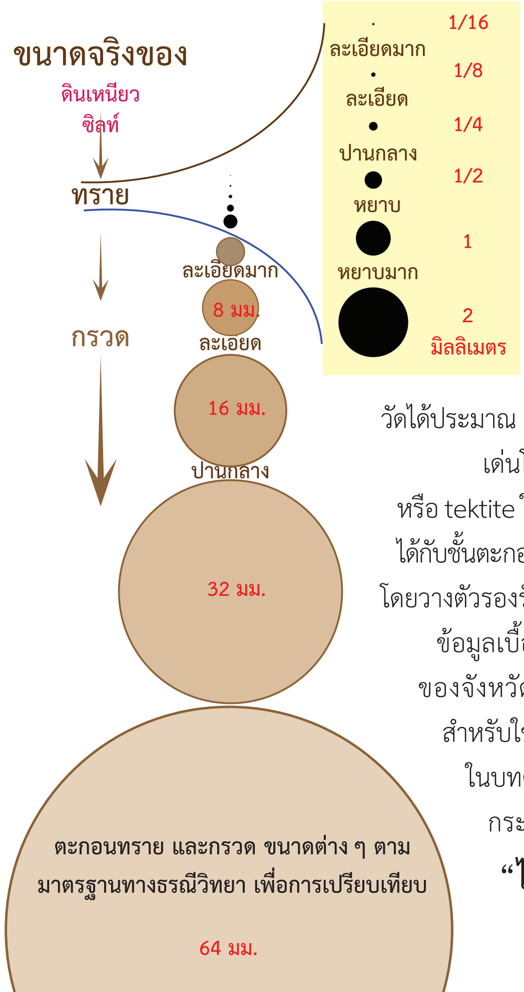
แท่งลำดับชั้นตะกอนในบริเวณแอ่งบ้านตาก จังหวัดตาก (ดัดแปลงจาก เด่นโชค มั่นใจ, 2559)

ชนิดของกรวดที่พบมากที่สุดในชั้นตะกอนน้ำพารูปพัดเก่า ได้แก่ หินทรายสีขาว หินทรายสีน้ำตาลแดง หินกรวดมนสีน้ำตาลแดง และหินภูเขาไฟชนิดไรโอไลต์สีม่วงแดง บ่งชี้ว่าเป็นก้อนกรวดที่ถูกพัดพามาจากเทือกเขาด้านทิศเหนือของแอ่งที่มีแม่น้ำวังไหลผ่าน

ส่วนตะกอนกรวดที่พัดพามาโดยแม่น้ำปิง จะเป็นกรวดที่ผุพังมาจากหินแปรหลายชนิด ได้แก่ หินไนส์ หินชีสต์ และหินควอร์ตไซต์ ที่พบบริเวณเทือกเขาด้านตะวันตกของแอ่ง ซึ่งจะพบน้อยมากในชั้นตะกอนน้ำพารูปพัดเก่า

จากการศึกษาอายุของชั้นตะกอน และอายุของไม้กลายเป็นหิน ซึ่งจนถึงปัจจุบันยังไม่ได้ข้อยุติ เนื่องจากเดิมเคยใช้ข้อมูลของการปิดทับของตะกอนชุดนี้ด้วยหินบะซอลต์ที่จังหวัดลำปาง ซึ่งทราบว่า มีอายุประมาณ 0.6±0.2 ถึง 0.8±0.2 ล้านปี ด้วยการวัดการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี K/Ar จึงอนุมานให้อายุของไม้กลายเป็นหินอยู่ในช่วงไพลสโตซีนตอนล่าง (ประมาณ แปดแสนปี)

ในปี พ.ศ. 2558 กรมทรัพยากรธรณีได้ให้ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์หาอายุชั้นตะกอน และไม้กลายเป็นหินด้วยวิธีการเรืองแสงความร้อน (Thermoluminescence, TL) บริเวณวนอุทยานไม้กลายเป็นหิน ในบ่อขุดดินเก่าข้างอ่างเก็บน้ำซับไม้แดง อำเภอบ้านตาก และบริเวณวัดป่าพระสามเงา อำเภอสามเงา พบว่า มีอายุ 22,000 - 54,000 ปี และ 20,000 - 22,000 ปี ตามลำดับ ส่วนอายุของไม้กลายเป็นหิน จากบริเวณหลุมขุดค้นที่ 7 วัดได้ประมาณ 120,000 - 129,000 ปี



เด่นโชค มั่นใจ, 2559 ได้รายงานการพบอุลกมณี หรือ tektite ในชั้นตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึงโบราณ ซึ่งเทียบได้กับชั้นตะกอนในภาคอีสานที่ให้อายุไว้ประมาณ 800,000 ปี โดยวางตัวรองรับชั้นตะกอนที่อุ้มไม้กลายเป็นหินอยู่

ข้อมูลเบื้องต้นด้านธรณีวิทยาสำหรับไม้กลายเป็นหินของจังหวัดตากในบทนี้เป็นส่วนสำคัญที่สุดส่วนหนึ่ง สำหรับใช้เป็นพื้นฐานในการพิจารณาข้อมูลที่จะได้พบในบทต่อไป ซึ่งเกี่ยวข้องกับธรรมชาติของต้นไม้ และกระบวนการที่ทำให้เกิดสิ่งมหัศจรรย์ธรรมชาติ

"ไม้กลายเป็นหิน"

⇧ **หลุมที่ 5** พบไม้ *ไม้มะค่าโมง* กลายเป็นหิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.2 เมตร ยาว 22.2 เมตร สภาพค่อนข้างแตกหัก และคดโค้งไปมา

⇦ **หลุมที่ 7** พบท่อนซุง *ไม้ทองบึ้ง* กลายเป็นหิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.5 เมตร ยาว 38.7 เมตร มีสภาพลำต้นค่อนข้างสมบูรณ์

⇨

ที่ทำการ อุทยานแห่งชาติไม้กลายเป็นหิน จ.ตาก รายล้อมด้วยหลุมขุดค้นรวม 5 หลุม ส่วนอีก 2 หลุม อยู่ใกล้ปากทางเข้าจากถนนพหลโยธิน ซึ่งอยู่ตรงข้าม รพ.บ้านตาก หลุมขุดค้นทุกหลุมเปิดให้นักท่องเที่ยวเข้าชมศึกษา หาความรู้ได้

⇦ **หลุมที่ 6** พบท่อนซุง *ไม้ทองบึ้ง* กลายเป็นหินเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.5 เมตร ยาว 33.6 เมตร สภาพลำต้นส่วนใหญ่ค่อนข้างสมบูรณ์ ส่วนที่เหลือแตกหัก วางตัวบนตะกอนทรายสีแดงอมส้ม

หลุมที่ 1 พบท่อนซุง*ไม้ทองบึ้ง* กลายเป็นหินเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.8 เมตร ยาว 72.2 เมตร มีสภาพลำต้นค่อนข้างสมบูรณ์ ⇨

⇦

หลุมที่ 2 พบ *ไม้มะค่าโมง* กลายเป็นหิน เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.5 เมตร ยาว 31.1 เมตร สภาพค่อนข้างแตกหัก และคดโค้งไปมา

หลุมที่ 3 พบ *ไม้ทองบึ้ง* กลายเป็นหิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2.1 เมตร ยาว 33.5 เมตร มีสภาพลำต้นบางส่วนภายนอกแตกผุพัง ⇨

⇦ **หลุมที่ 4** พบท่อนซุง *ไม้ทองบึ้ง* เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.4 เมตร ยาว 42.4 เมตร สภาพค่อนข้างแตกหัก และคดโค้งไปมา

ต้น (ไม้) กำเนิดไม้กลายเป็นหิน

ไม้กลายเป็นหินคืออะไร?...น่าจะหาคำตอบได้ง่ายขึ้น หากเราเข้าใจต้นกำเนิดของ**ต้นไม้** ที่โดยทั่วไปประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ **พุ่มใบ ลำต้น และราก** ซึ่งมีหน้าที่ประสานเชื่อมโยงกันในการสร้างต้นไม้ และป่าไม้ จากอะตอมของธาตุต่าง ๆ ได้อย่างน่าอัศจรรย์

อะตอม → โมเลกุล → เซลล์พืช → เนื้อเยื่อ → กิ่งก้าน-ราก-ใบ-ลำต้น → ต้นไม้

พุ่มใบ ทำหน้าที่ดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศ เพื่อปรุงอาหารโดยอาศัยพลังงานจากแสงอาทิตย์ สำหรับการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อทุกส่วน

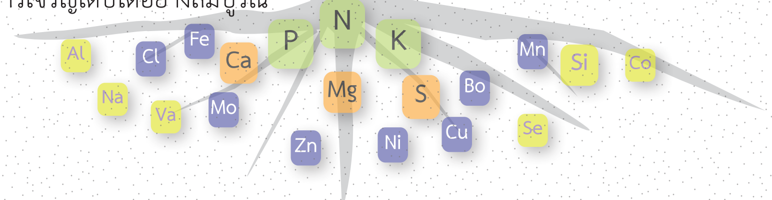
ลำต้น ทำหน้าที่ลำเลียงธาตุอาหารที่รากดูดจากดิน เพื่อส่งไปยังใบ และช่วยชูเรือนยอดเพื่อส่งพุ่มใบให้ได้รับแสงอาทิตย์

ราก ที่ฝังลึกลงไปในดิน มีหน้าที่ยึดพื้นดินเพื่อให้ลำต้นทรงตัวอยู่ได้ และดูดสารละลายธาตุอาหารทั้งสามกลุ่มจากดิน ประกอบด้วย

ธาตุอาหารหลัก N, P และ K

ธาตุอาหารรอง Ca, Mg และ S

ธาตุอาหารเสริม 8 ชนิด คือ Fe, Cl, Mo, Zn, Ni, Cu, Bo, และ Mn นอกจากนี้ยังมี*กลุ่มธาตุอาหารที่จำเป็น* อีกหนึ่งกลุ่มที่ประกอบด้วย Al, Na, Va, Se, Co, และ Si ซึ่งเป็นส่วนเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์



โครงสร้างส่วนที่ใหญ่ที่สุดของต้นไม้ ที่มักเหลือรอดจากการผุพังทำลายด้วยปัจจัยทางธรรมชาติก็คือ **ลำต้น** เรามาทำความรู้จักโครงสร้างของลำต้น และรายละเอียดเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของต้นไม้เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทำความเข้าใจวิธีการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบหาต้นกำเนิดของชนิดไม้ที่กลายเป็นหิน โดยเริ่มจากด้านนอกเข้าไป ดังนี้

เปลือกไม้ (Bark) ทำหน้าที่ป้องกันเนื้อไม้จากการถูกรบกวนของสิ่งแวดล้อมภายนอก

เปลือกใน (หรือชั้นท่ออาหาร Phloem) ประกอบด้วยท่อลำเลียงอาหารที่ผลิตได้จากใบเพื่อส่งไปสู่ส่วนที่กำลังเจริญเติบโตทั่วลำต้น

เนื้อเยื่อแคมเบียม (Cambium) เป็นเนื้อเยื่อบางมาก ๆ ไม่สามารถมองเห็นได้ในภาพ อยู่ระหว่างเปลือกในกับกระพี้ เนื้อเยื่อด้านนอกทำหน้าที่ผลิตท่อลำเลียงอาหาร (Phloem) ส่วนเนื้อเยื่อด้านในทำหน้าที่ผลิตท่อลำเลียงน้ำ (Xylem) ซึ่งจะพัฒนาต่อไปเป็นเนื้อไม้ส่วนที่เป็นกระพี้

วงปี (Annual ring) คือวงของเนื้อไม้ซึ่งเป็นท่อลำเลียงน้ำที่เนื้อเยื่อแคมเบียมสร้างขึ้นในระยะเวลา 1 ปี ประกอบด้วยชั้นของเนื้อไม้ต้นฤดู (Early wood) ที่เจริญเติบโตได้เร็วกว่าจึงหนากว่าอยู่ด้านใน และเนื้อไม้ปลายฤดู (Late wood) ที่เติบโตได้ช้ากว่า และบางกว่าอยู่ด้านนอก

เนื้อไม้ (Xylem) ประกอบด้วยชั้นของท่อน้ำที่สร้างจากเนื้อเยื่อแคมเบียมด้านในโดยทั่วไปเกิดขึ้นปีละ 1 วง เรียงซ้อนกันเป็นชั้น ๆ รวมกันเป็น**กระพี้ (Sapwood)** และพัฒนาต่อไปเป็น**แก่น (Heartwood)** ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อท่อลำเลียงน้ำที่หยุดส่งน้ำ และหยุดการพัฒนาแล้ว แต่ทำหน้าที่เสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างหลักของต้นไม้

ใจ (Pith) เป็นไส้กลางของต้นไม้ ส่วนใหญ่เป็นเนื้อเยื่อสะสมอาหารที่เรียกว่า พาเรงคิมา (Parenchyma) ซึ่งอาจสลายตัวไปกลายเป็นช่องกลวงกลางลำต้น เรียกว่า pith cavity

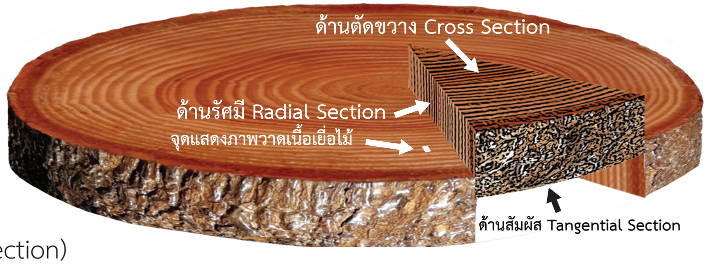
ต้นไม้ เนื้อเยื่อ และเซลล์ต่าง ๆ

ไม้ยืนต้นโดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ *ไม้เนื้ออ่อน* กับ *ไม้เนื้อแข็ง*

ไม้เนื้ออ่อน มักจะมีเมล็ดอยู่นอกรังไข่ จึงเรียกว่า gymno-sperm (เปลือย-เมล็ด) ส่วนใหญ่ลำเลียงน้ำ และอาหารโดยอาศัย เทรคีด (Tracheid) ซึ่งเป็นเซลล์ยาว หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม

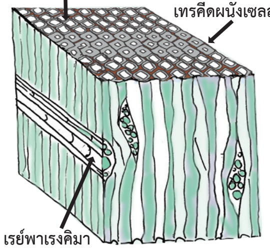
ไม้เนื้อแข็ง มีเมล็ดอยู่ในรังไข่ จึงเรียกว่า angio-sperm (ห่อหุ้ม-เมล็ด) ซึ่งนอกจากจะลำเลียงน้ำ และอาหารโดยอาศัยเทรคีดแล้ว ยังวิวัฒนาการสร้างท่อลำเลียง (Vessel) ขึ้นมาด้วย

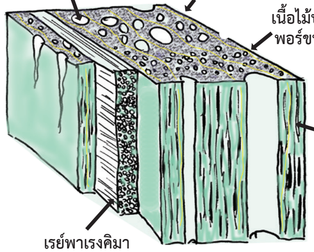
เนื้อเยื่อพืช มีหลายชนิด ประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะแตกต่างกัน เนื้อเยื่อประเภทต่าง ๆ ของไม้ยืนต้นมีลักษณะเป็น "สามมิติ" ซึ่งหากมองในมุมต่างกันจะเห็นรายละเอียดโครงสร้างที่ไม่เหมือนกัน



ดังนั้นในการศึกษาไม้ยืนต้นจึงมักมองใน 3 ด้านคือ ด้านตัดขวาง (Cross section) ด้านรัศมี (Radial section) และด้านสัมผัส (Tangential section)

ภาพด้านล่างแสดงองค์ประกอบของเนื้อเยื่อพืชในไม้เนื้ออ่อนกับไม้เนื้อแข็ง ที่มีการพัฒนาวงปีเหมือนกัน แต่แสดงลักษณะโครงสร้างที่ต่างกันอย่างชัดเจนน





เนื้อเยื่อพืชที่ยังมีการแบ่งตัวเจริญเติบโตเรียกว่า*เนื้อเยื่อเจริญ* ในเนื้อไม้ส่วนใหญ่เป็นเนื้อเยื่อที่หยุดการเจริญเติบโตแล้ว เรียกว่า **เนื้อเยื่อถาวร** ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อเจริญและจะไม่มีการแบ่งเซลล์อีกต่อไป แต่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และขนาด เพื่อไปทำหน้าที่เฉพาะ แบ่งได้ 2 ประเภท คือ *เนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยว และ เนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อน*

เนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยว เป็นเนื้อเยื่อที่กลุ่มเซลล์ชนิดเดียวกันทำหน้าที่อย่างเดียวกัน เช่น

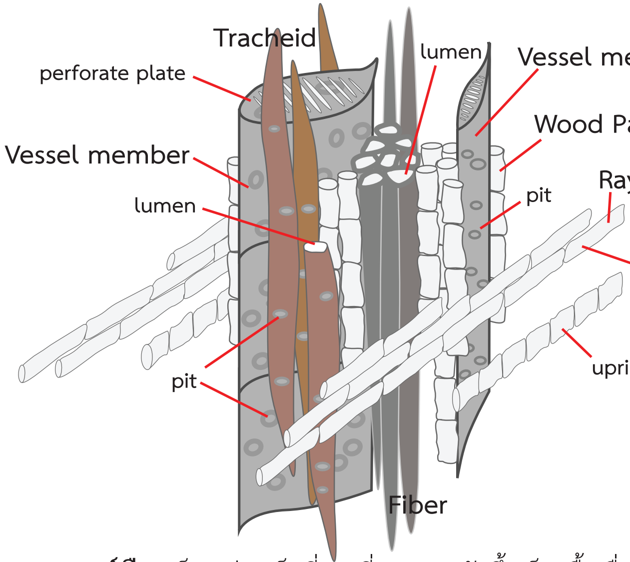
ไฟเบอร์ (Fiber) ซึ่งเป็นเซลล์ที่พัฒนามาจากพาเรงคิมา มีผนังหนาที่ประกอบด้วยลิกนิน (Lignin) ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อนอินทรีย์ขนาดใหญ่ ตรงกลางเซลล์มีรู เรียกว่าลูเมน (Lumen)

พาเรงคิมา (Parenchyma) เป็นหมู่เซลล์ที่ทำหน้าที่สะสมอาหาร มีผนังเซลล์บาง แบ่งออกเป็น Wood Parenchyma ซึ่งเป็นพาเรงคิมาที่อยู่ในแนวยืนหรือแนวตั้ง ขนานกับเสี้ยนไม้ พบอยู่ทั่วไปปะปนกับไฟเบอร์ และ Ray Parenchyma ซึ่งอยู่เป็นแถบตามแนวขวางกับเสี้ยนไม้ พบอยู่ตามแนวรัศมีจากใจกลางของไม้หรือไส้ไม้ (Pith) ออกสู่ด้านนอก

เนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อน เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์หลายชนิดมาอยู่ร่วมกันเพื่อทำหน้าที่อย่างเดียวกัน เช่น

เทรคีด (Tracheid) เป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์บางประกอบด้วยลิกนิน มีลักษณะผอมยาว ปลายแหลมและไม่มีรู แต่จะมีรูสำหรับการแพร่สารละลายผ่านด้านข้างของเซลล์ช่วงที่บาง เรียกว่า พิท (Pit) เมื่อเซลล์ตายลงจะเกิดช่องว่างตรงกลางเรียกว่า ลูเมน เหมือนช่องว่างกลางเซลล์ไฟเบอร์

เวสเซลเมมเบอร์ (Vessel member) เป็นเซลล์ที่มีลักษณะเป็นท่อสั้น ๆ และจะกลวงเมื่อเซลล์ตายลง (เรียกหน้าตัดขวางท่อนี้ว่า "พอร์ Pore") ปลายเซลล์มักเฉียง และมีรูพรุนมากมาย ทำให้ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุผ่านได้สะดวก ผนังเซลล์มักมีลิกนินมาสะสม มีบริเวณที่บางเรียกว่า พิท เป็นช่องทางแพร่สารละลายสู่เซลล์ด้านข้าง เวสเซลมีขนาดใหญ่ แต่สั้นกว่าเทรคีด กลุ่มเวสเซลเมมเบอร์จะรวมกันเป็นเนื้อเยื่อทำหน้าที่ลำเลียงน้ำ และลำเลียงอาหาร



"เซลล์พืช" เป็นหน่วยเล็กที่สุด ที่ประกอบกันขึ้นเป็นเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ โดยมีลักษณะที่สำคัญคือมีผนังเซลล์ปฐมภูมิที่ล้อมอยู่รอบนอกเป็น***เซลล์ลูโลส*** ซึ่งเป็นโมเลกุลสายยาวของกลูโคลส และ ***เฮมิเซลลูโลส*** ซึ่งเป็นโมเลกุลสายยาวของน้ำตาลชนิดอื่น ๆ ที่ล้วนเชื่อมต่อกันด้วย*พันธะไฮโดรเจน*

เซลล์บางชนิดสร้างผนังเซลล์ทุติยภูมิเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้โครงสร้างเซลล์ โดยการสะสมลิกนิน ซ้อนทับกันเป็นชั้น ๆ ระหว่างผนังเซลล์ปฐมภูมิกับเยื่อหุ้มเซลล์

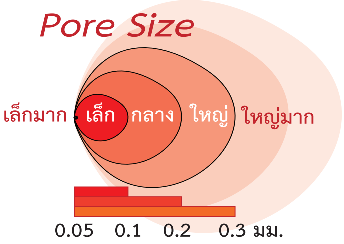
การตรวจพิสูจน์เนื้อไม้ *Wood Identification*

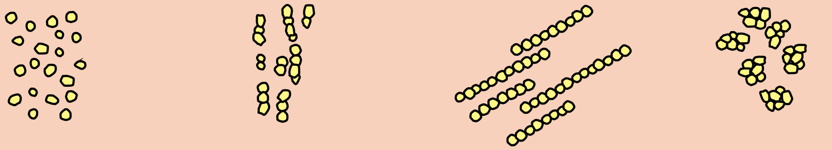
การตรวจเพื่อระบุชนิดของไม้ในทางวิชาการจะอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ ของไม้ที่มีอยู่ประกอบกัน เช่น รูปทรงพุ่ม ใบ ลำต้น เปลือก รวมถึงกลิ่น และสภาพพื้นที่ที่ไม้นั้นขึ้นอยู่

สำหรับชื่อไม้ ใช้เป็นชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific name) โดยใช้ภาษาลาตินซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงแล้ว ด้วยระบบ Binomial nomenclature ซึ่งประกอบด้วยคำ 2 คำ คำแรกเป็นชื่อสกุล (Generic name) คำที่สองเป็นคำระบุชนิด (Specific epithet) ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนในการเรียกชื่อตามภาษาท้องถิ่น

แต่หากมีเพียงไม้ที่แปรรูปแล้ว จำเป็นต้องอาศัย "**การตรวจพิสูจน์เนื้อไม้**" โดยการเฉือนด้านตัดขวางเนื้อไม้ แล้วใช้เลนส์ส่องพระส่องดู ขนาด การเรียงตัว และการกระจายของ **พอร์** ซึ่งเป็นหน้าตัดของเวสเซล และการเรียงตัวของ Wood parenchyma ทั้งแบบที่เกี่ยวข้อง และไม่เกี่ยวข้องกับพอร์ รวมถึงองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น การปรากฏของ Ray parenchyma และสารที่พบในพอร์ จะทำให้ระบุชนิดของไม้ได้เป็นอย่างดี

พอร์ ของไม้เนื้อแข็งในเมืองไทย มีมาตรฐานขนาด และรูปแบบการจัดเรียงตัวดังนี้





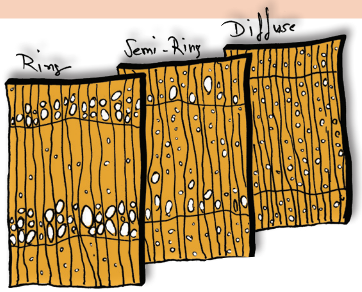
Solitary pores
พอร์เดี่ยว

Radial multiples
พอร์คู่ หรือมากกว่า 2 เรียงตัวตามแนวรัศมี

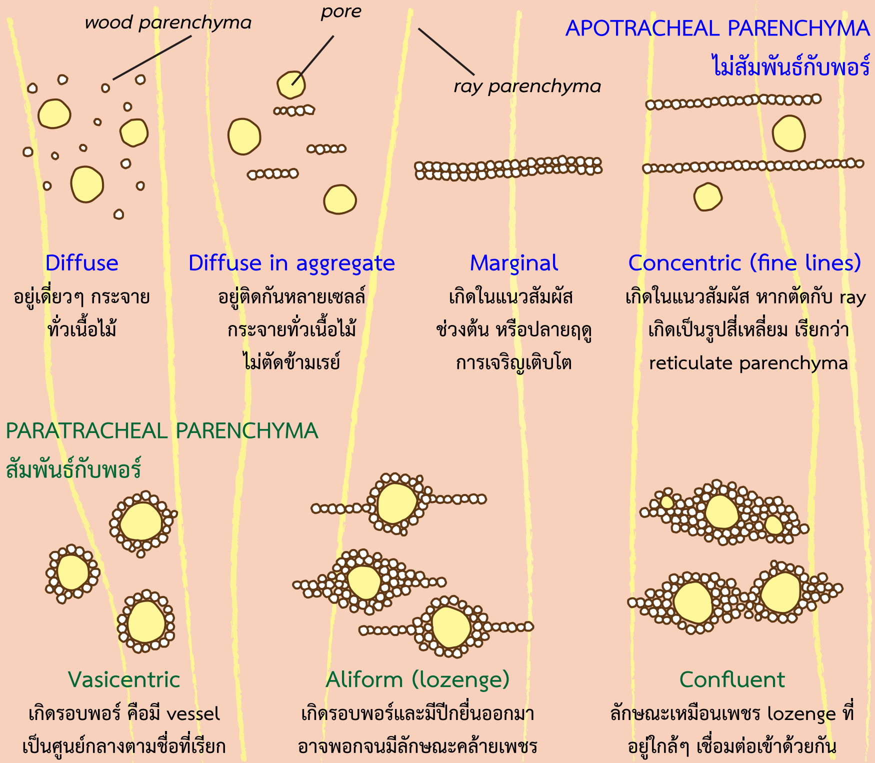
Oblique bands
พอร์เรียงเป็นแนว ทำมุมเฉียงกับเรย์

Pores clusters
พอร์กลุ่ม

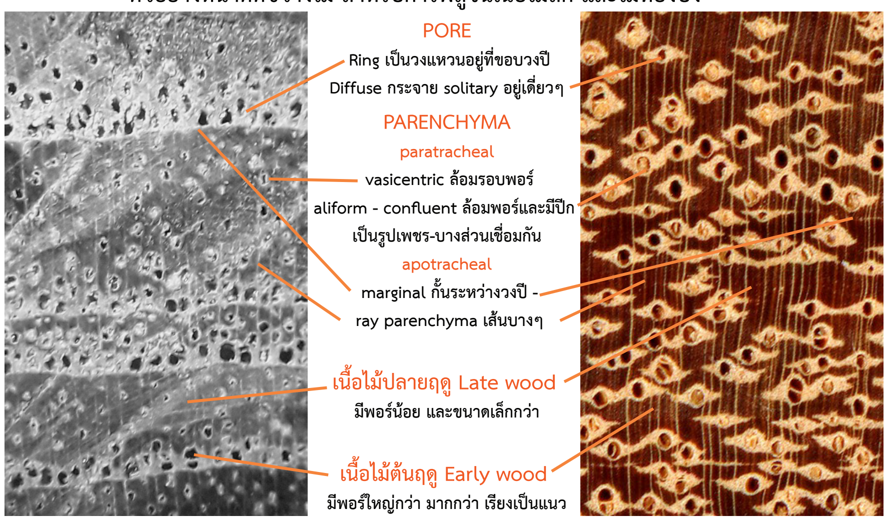
นอกจากนี้ยังมีการอาศัยลักษณะการกระจายตัวของพอร์ ซึ่งสามารถจัดจำแนกออกได้เป็น 3 แบบคือ Ring, Diffuse และที่ก้ำกึ่งระหว่างทั้งสองแบบ คือ Semi-ring



ส่วนพาเรงคิมานั้นมีการจัดแบ่งกลุ่มตามความสัมพันธ์กับพอร์ คือกลุ่ม Apotrecheal parenchyma มีตำแหน่งที่ไม่สัมพันธ์กับพอร์ ส่วนกลุ่ม Paratrecheal parenchyma จะพบอยู่โดยรอบพอร์ ในลักษณะเป็น วงแหวนล้อม หรือพัฒนาจนเป็นแบบมีปีกยื่นออกสองข้าง หรือพอกพูนจนมีหน้าตัดเหมือนเพชร และที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นคือกลุ่มของพาเรงคิมารอบพอร์ที่อยู่ใกล้เคียงกัน ขยายกลุ่มจนเชื่อมต่อกันตามชื่อ confluent



ตัวอย่างหน้าตัดขวางไม้ สำหรับการพิสูจน์เนื้อไม้สัก และไม้ทองบึ้ง

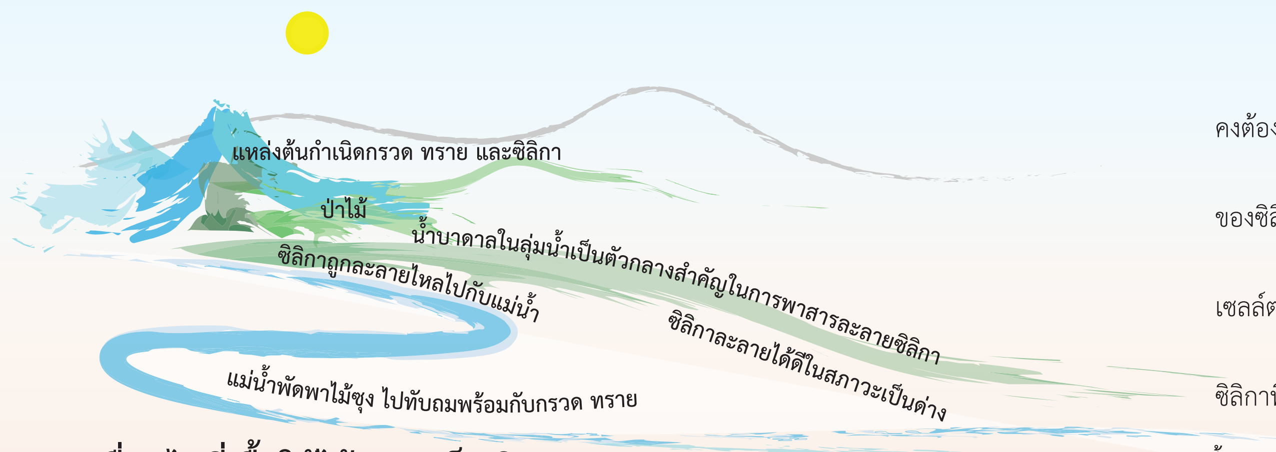


ไม้กลายเป็นหิน คืออะไร?

ไม้กลายเป็นหิน (Petrified wood) มีความหมายตามพจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2544 ว่า “เนื้อไม้ที่กลายสภาพเป็นหิน เนื่องจากสารละลายซิลิกาเข้าไปแทนที่เนื้อไม้อย่างช้า ๆ คือแทนที่โมเลกุลต่อโมเลกุล จนกระทั่งแทนที่ทั้งหมดโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและโครงสร้าง ปรกติซิลิกาในเนื้อไม้นี้อยู่ในรูปของโอพอลหรือคาลซิโดนี”

หากแปลตามคำนิยามข้างต้น แสดงว่าต้องมี **“ไม้”** เป็นวัตถุตั้งต้น ภายหลังจึงมีสารเคมีชนิดหนึ่งเรียกว่า **“ซิลิกา”** เข้ามาทำปฏิกิริยากับเนื้อไม้ โดยที่ไม้ยังคงรูปลักษณ์เดิมอยู่ และสารเคมีนั้นเข้าไปอยู่ในเนื้อไม้ในรูปของแร่ **“โอพอล หรือ คาลซิโอนี”**

ไม้กลายเป็นหินเป็นซากดึกดำบรรพ์ชนิดหนึ่งที่สร้างความอัศจรรย์ใจให้กับผู้คนทั่วโลก และนำไปสู่การศึกษามากมาย เพื่อไขปริศนาเกี่ยวกับที่มาของมัน



เงื่อนไขที่เอื้อให้ไม้กลายเป็นหิน

จากนิยามข้างต้น และผลการศึกษาวิจัยมากมาย สามารถสรุปสมมุติฐานเงื่อนไขการกำเนิดของไม้กลายเป็นหินในเบื้องต้นได้ดังต่อไปนี้

1. ไม้ต้นกำเนิด ต้องไม่ผุพัง หรือถูกย่อยสลายด้วยเชื้อเห็ด รา หรือแบคทีเรียก่อนถูกแทนที่ด้วยซิลิกา
2. ต้องมีแหล่งต้นกำเนินสารซิลิกาจากหินภูเขาไฟ หินแกรนิต หรือหินอื่น ๆ ที่มีซิลิกา
3. ต้องมีน้ำเป็นตัวปิดกั้นออกซิเจนไม่ให้ไม้ผุสลาย ทำหน้าที่ละลายซิลิกา และพาซิลิกาเข้าไปในเนื้อไม้
4. น้ำต้องมีสภาพเป็นด่างเพื่อให้ซิลิกาละลาย และเป็นกรดอ่อนเพื่อให้ซิลิกาตกผลึก
5. ต้องอาศัยกาลเวลาที่ยาวนาน

ไม้กลายไปเป็นหินได้อย่างไร?...หรือหินเข้าไปแทนที่ในเนื้อไม้ได้อย่างไร?

ซากดึกดำบรรพ์เกิดจากการซึมผ่านของสารละลายแร่เข้าไปในช่องว่างของเนื้อเยื่อของกระดูก หรือไม้ จากนั้นแร่จึงตกผลึกแยกออกจากสารละลายและเติมเต็มช่องว่าง ในกรณีของไม้เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ที่อยู่ในผนังเซลล์เนื้อเยื่อไม้จะทำหน้าที่เป็นแบบพิมพ์ในการรักษาโครงสร้างของไม้เอาไว้ แม้ว่าจะมีแร่หลายชนิดที่สามารถแทนที่ได้ในเนื้อไม้ แต่ซิลิกาเป็นแร่ที่พบมากที่สุดและสามารถรักษาสภาพโครงสร้างของเซลล์ได้ดีที่สุด (Mike Viney)

จากข้อความดังกล่าว และเงื่อนไขที่เอื้อให้ไม้กลายเป็นหิน จะเห็นได้ว่าการเกิดซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหิน ต้องเริ่มจากการมีไม้ที่ยังไม่ถูกทำลาย อาจเกิดอยู่กับที่ในแหล่งหรือถูกพัดพามาทับถมพร้อมกับกรวด ทรายก็ได้ และขั้นตอนต่อไป คือ

1. มีการซึมของน้ำบาดาลที่มีสารละลายซิลิกา เข้าไปในเนื้อไม้ผ่านรอยแตก
2. มีการลอกแบบพิมพ์เซลล์เนื้อไม้ โดยสารละลายเริ่มเกาะผนังเซลล์

นี่เป็นเพียงการเริ่มกระบวนการ แต่การ “กลายเป็นหิน” ที่สมบูรณ์ยังคงต้องอาศัยชุดของกระบวนการต่อไป ดังนี้

3. มีการ *แทนที่ (Replacement)* โครงสร้างเนื้อไม้ เมื่ออัตราการตกผลึกของซิลิกาเร็วกว่าอัตราการสลายตัวของไม้เนื่องจากแบคทีเรีย และสารเคมี
4. มีการตกผลึกของซิลิกาแบบ*เติมในช่องว่าง (Filling)* ใน ลูเมนของเซลล์ต่าง ๆ เช่นไฟเบอร์ และเทรคีดในภายหลัง
5. การกลายเป็นหินเกิดร่วมกับการสูญเสียน้ำจาก โอพอล ซึ่งเป็นซิลิกาที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ และอาจมีการเปลี่ยนสภาพของแร่ซิลิกาชนิดหนึ่งไปเป็นแร่ซิลิกาอีกชนิดหนึ่งที่มีความเสถียรมากขึ้น

ทำไมถึงต้องเป็นซิลิกา

ในน้ำบาดาลมีสารประกอบต่าง ๆ ละลายอยู่มากมายทั้ง เหล็กออกไซด์ โลหะซัลไฟด์ คาร์บอเนต ฯลฯ แต่ไม้กลายเป็นหินส่วนใหญ่ที่พบทั่วโลกเกิดจากซิลิกา

สมมุติฐานที่เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางของ Leo and Barghoorn (1976) กล่าวว่า การแทนที่ของซิลิกาเกิดขึ้นได้เพราะว่า “วัสดุอินทรีย์เริ่มต้นมีความสอดคล้อง (affinity) กับโมเลกุลของกรดซิลิซิก (H_4SiO_4)” พร้อมทั้งได้ทำการทดลองสร้างไม้กลายเป็นหินในห้องทดลอง และพบว่า เมื่อสารละลายซิลิกาซึมเข้าไปในไม้แล้ว *พันธะไฮโดรเจน* จะยึดกรดซิลิซิกเข้ากับไฮดรอกซิลกรุ๊ป (-OH) ที่อยู่ในเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสซึ่งประกอบกันเป็นผนังด้านในของเซลล์

เมื่อสูญเสียน้ำไปกรดซิลิซิกโมเลกุลเดี่ยวจะรวมตัวกันเป็น พอลิเมอร์ (Polymer) ที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้นเป็น โอพอล (Opal) เกิดเป็นฟิล์มบาง ๆ เคลือบอยู่บนแม่แบบทำให้ได้รูปลักษณะของเซลล์อย่างละเอียด ในขณะที่สารอินทรีย์สลายตัวอย่างช้า ๆ จะทำให้เกิดช่องว่างเพิ่มขึ้นสำหรับการแทนที่ของสารละลายซิลิกา โดยมี *ลิกนิน* ซึ่งสลายตัวได้ยากที่สุดเป็นแม่แบบโครงสร้างต่อไป และเป็นสารอินทรีย์ตัวสุดท้ายที่จะถูกแทนที่

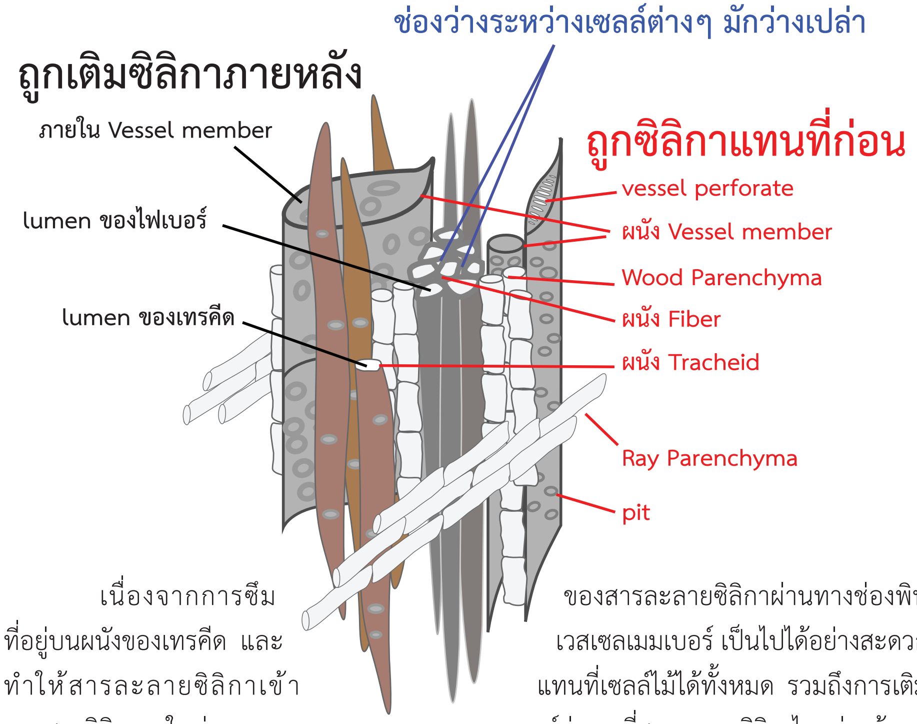
กระบวนการเกิดไม้กลายเป็นหินไม่ได้สิ้นสุดที่แร่โอพอลซึ่งมีสภาพ *อสัณฐาน* คือไม่มีรูปผลึก แต่มีการพัฒนาต่อไปในระดับโมเลกุลที่จะเปลี่ยนโอพอลไปเป็นแร่ที่มีลักษณะเป็นผลึกแข็งต่อไป

ในธรรมชาตินอกจากสารประกอบพวก ซิลิกา และแคลเซียม ฯลฯ แล้วยังมีธาตุอื่น ๆ ปะปนอยู่ในน้ำบาดาลด้วย จึงเป็นสาเหตุทำให้ ไม้กลายเป็นหินมีสีต่างๆ

ซิลิกาเข้าแทนที่ก่อน แล้วจึงค่อยเติมช่องว่าง

ไม้กลายไปเป็นหินด้วยกระบวนการที่มีขั้นตอนซับซ้อน หลักฐานการเกิดแร่ในระยะแรก ๆ มักไม่ค่อยเหลือปรากฏให้เห็น โดยทั่วไปการเกิดเป็นหินของไม้มักเป็นไปได้หลายแนวทาง แม้แต่ที่แหล่งเดียวกัน การกลายเป็นหินก็อาจไม่ได้เป็นเหมือนกันหมด แต่ก็พอจะสรุปกระบวนการกลายเป็นหินได้คร่าว ๆ ดังนี้

- การกลายเป็นหินมักเริ่มเกิดจากการจับตัวของซิลิกาบริเวณผนังเซลล์ โดยช่องต่าง ๆ ยังคงว่างเปล่า
- ช่องว่างระหว่างเซลล์โดยทั่วไปมักจะว่างเปล่า
- บริเวณที่เป็นถ่านมักไม่กลายเป็นหิน เพราะไม่มีพันธไฮโดรเจนแล้ว
- อาจพบแร่ซิลิกาหลายแบบอยู่ร่วมกัน เนื่องจากการกระบวนการกลายเป็นหินเกิดขึ้นเป็นลำดับไล่เลียงต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ

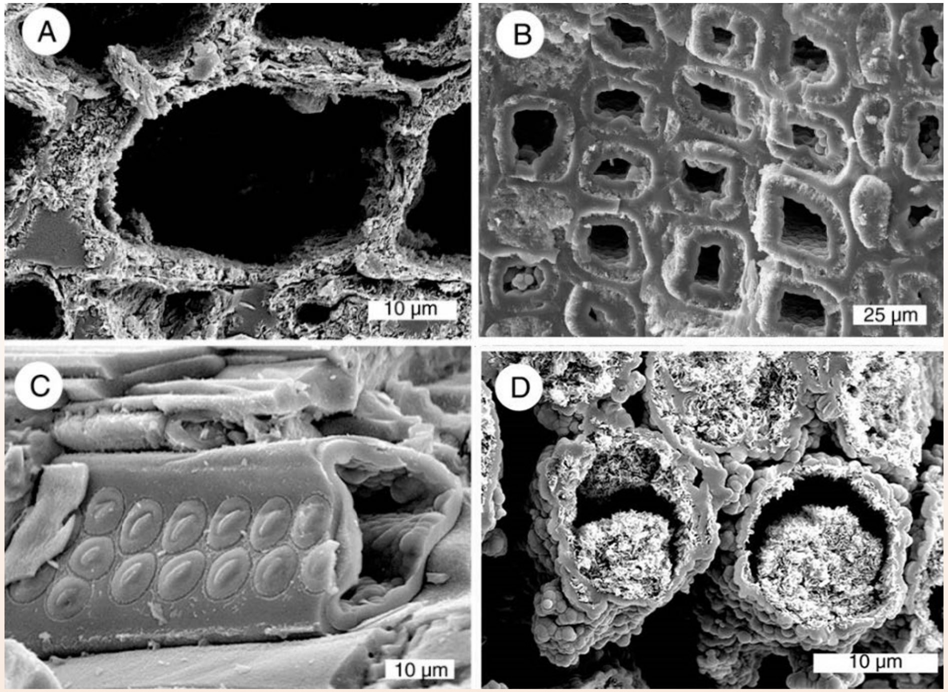


เนื่องจากการซึมของสารละลายซิลิกาผ่านทางช่องพิทที่อยู่บนผนังของเทรคีด และเวสเซลเมมเบอร์ เป็นไปได้อย่างสะดวก ทำให้สารละลายซิลิกาเข้าแทนที่เซลล์ไม้ได้ทั้งหมด รวมถึงการเติมของสารซิลิกาลงในช่องลูเมนของเซลล์ต่าง ๆ ที่สารละลายซิลิกาไหลผ่านด้วย ในขณะที่สารละลายไม่สามารถเข้าถึงช่องว่างระหว่างเซลล์ได้ จึงไม่เกิดการแทนที่และไม่มีการเติมซิลิกาเข้าไป แต่จะถูกทิ้งเป็นช่องว่างระหว่างเซลล์ในไม้กลายเป็นหินด้วย

การเปลี่ยนแปลงระดับโมเลกุล

กลุ่มแร่ซิลิกามีภาวะ *พหุสัณฐาน (Polymorphism)* คือมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) เหมือนกัน แต่ตกผลึกเป็นแร่ได้หลายชนิด เช่น โอพอล คริสโตแบไลต์ ทริดิไมต์ คาลซิโดนี และควอตซ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและแรงกดดันของสภาพแวดล้อม

โอพอล (Opal) เป็นแร่ตระกูลควอตซ์ที่มีเนื้อ*อสัณฐาน (Amorphous)* คือไม่มีรูปผลึก เกิดจากสารละลายซิลิกาที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ มีสูตรเคมี $SiO_2 \cdot H_2O$ คือในเนื้อแร่ยังคงมีน้ำปนอยู่ประมาณร้อยละ 3-10 โดยน้ำหนัก (เรียกว่า Opal-A) อยู่ในสภาวะที่ไม่เสถียรเมื่อมีแรงดันกดทับจะทำให้สูญเสียน้ำได้ง่าย และเปลี่ยนสภาพเป็น Opal-CT ซึ่งประกอบด้วยผลึกของแร่คริสโตแบไลต์และทริดิไมต์ (Cristobalite and tridymite) ที่มีขนาดละเอียดมาก (https://en.wikipedia.org/wiki/Opal) จากนั้นจะเปลี่ยนสภาพต่อไปเป็นแร่คาลซิโดนี (Chalcedony) ซึ่งเป็นแร่ควอตซ์ผลึกละเอียด และสุดท้ายกลายสภาพเป็นแร่ควอตซ์



(ตัวอย่างภาพถ่ายจาก George E. M., 2015, http://www.mdpi.com/2076-3263/5/4/286/htm)

A. ช่องลูเมนของเทรคีดที่ยังว่างเปล่าในช่วงแรก ๆ ของการแทนที่ด้วยซิลิกา Opal-C

B. ช่องลูเมนกลางเทรคีดที่ถูกเคลือบด้วย Opal-A เห็นผิวที่ไม่เรียบมีลักษณะคล้ายรูปพวงองุ่น

C. เทรคีดถูกแทนที่ด้วย Opal-A โดยรักษาลักษณะของช่องเปิดพิทไว้ได้อย่างสมบูรณ์

D. Opal ถูกเติมลงในช่องว่างลูเมนในช่วงหลัง โดยที่ช่องว่างระหว่างเซลล์ด้านนอกยังคงว่างเปล่า

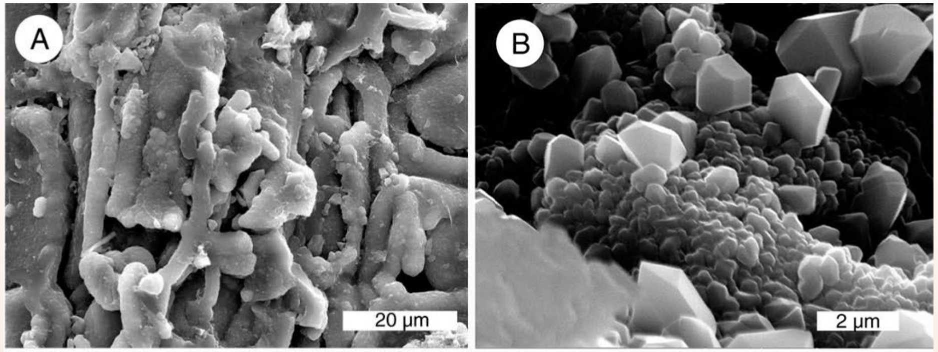
ความซับซ้อนของการกลายเป็นหิน

อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาอย่างละเอียดของ George E.M., 2015 โดยใช้ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินจาก 21 แหล่งในรัฐเนวาดา สหรัฐอเมริกา ซึ่งมีตั้งแต่แบบที่กำลังเริ่มเกิดจนถึงแบบที่กลายเป็นหินอย่างสมบูรณ์แล้ว สรุปได้ว่า

การกลายเป็นหินเป็นได้หลายแนวทาง ไม้กลายเป็นหินต้นเดียวกัน หรือแม้กระทั่งในตัวอย่างชิ้นเดียวกันอาจมีแร่ซิลิกาต่างชนิดกัน ซึ่งอาจเกิดร่วมกันตั้งแต่แรก หรืออาจเกิดจากการเปลี่ยนสภาพในสภาวะของแข็งจากสารตั้งต้นเดียวกันก็ได้

มีการพบหลักฐานที่หลงเหลืออยู่ของโอพอลบนแร่คาลซิโดนีซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนสภาพจาก โอพอลไปเป็นคาลซิโดนี นอกจากนี้ยังพบหลักฐานการเกิดผลึกแร่ควอตซ์โดยตรงในช่องว่างโดยไม่ได้เปลี่ยนมาจากแร่คาลซิโดนี

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าตามธรรมชาติของสภาวะแวดล้อมใต้ผิวโลกระดับตื้นที่มีอุณหภูมิไม่สูง โอพอลจะแยกตัวออกจากสารละลายซิลิกาที่มีความเข้มข้นค่อนข้างสูง คาลซิโดนีจะตกผลึกโดยตรงจากสารละลายซิลิกาที่มีความเข้มข้นที่ต่ำกว่า สำหรับแร่ควอตซ์จะตกผลึกจากสารละลายซิลิกาที่เจือจางมาก ๆ เท่านั้น (Iler, 1979; Fournier, 1985 อ้างถึงใน George E.M., 2008)



(ตัวอย่างภาพถ่ายจาก George E. M., 2015, http://www.mdpi.com/2076-3263/5/4/286/htm)

A. เทรคีดถูกแทนที่ด้วยแร่คาลซิโดนี ที่แสดงลักษณะภายนอกของแร่โอพอลซึ่งเป็นแร่เดิม

B. ผลึกแร่ควอตซ์ที่สมบูรณ์เกิดอยู่บนเนื้อไม้กลายเป็นหินที่เป็น Opal-CT

การกลายเป็นหินเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน แต่ก็สามารถศึกษาทำความเข้าใจได้จากงานวิจัยที่ดำเนินการทั่วโลกด้วยเทคโนโลยีระดับต่าง ๆ กันตามฐานะและพัฒนาการของชาติ

สำหรับประเทศไทยที่พบไม้กลายเป็นหินอยู่แทบทุกภาค ก็มีการศึกษาวิจัย และมีรายงานให้ติดตามค้นคว้าได้ทั้งของมหาวิทยาลัยที่มีการสอนด้านธรณีวิทยา และของกรมทรัพยากรธรณีซึ่งได้ดำเนินการเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ทันสมัย สำหรับเผยแพร่สู่สังคม

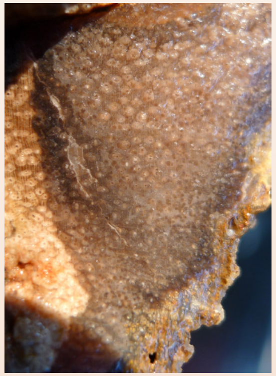
ตัวอย่างไม้กลายเป็นหิน

โดยส่วนใหญ่แล้วไม้กลายเป็นหินจะเก็บรักษาลักษณะโครงสร้างเนื้อเยื่อไม้ไว้ได้อย่างดี บางตัวอย่างสามารถมองเห็นเนื้อเยื่อได้ในลักษณะ 3 มิติ เพียงมองผ่านแว่นขยายสำหรับส่องพระ

เศษตัวอย่างเล็กเพียงปลายนิ้วก็สามารถให้ข้อมูลมากมายกับเราได้ **สองตัวอย่างแรก** เป็นเศษไม้กลายเป็นหินที่หลุดออกจากแหล่งสะสมตัว ทำให้ผุกร่อนตามแนวเนื้อเยื่อ **ตัวอย่างซ้าย** ถ่ายจากแนวตัดขวาง ที่แสดงเส้นเรย์พาเรงคิมาเล็ก ๆ ชัดเจน พร้อมกับพอร์ที่กระจายอย่างสม่ำเสมอ ส่วน **ตัวอย่างขวา** เห็นเสี้ยนไม้หรือท่อลำเลียงน้ำในแนวตั้งชัดเจน และเนื่องจากภาพนี้ถ่ายในแนวรัศมีทำให้เห็นเส้นเรย์พาเรงคิมาในแนวนอน เรียงซ้อนกันเป็นระเบียบได้อย่างชัดเจน

สองภาพล่าง ถ่ายจากตัวอย่างไม้กลายเป็นหินที่แตกหักเนื่องจากการ กระทบกันจากการถูกพัดพาจากแหล่งสะสมตัว

ภาพซ้ายถ่ายในแนวรัศมีเห็นท่อลำเลียงน้ำในแนวตั้งชัดเจน โดยเห็นเป็น 3 มิติ หนึ่งท่อ (จากกลางภาพถึงขอบล่าง) และเห็นเรย์พาเรงคิมาปิดทับบาง ๆ เป็นแถบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าต่อกันเป็นแนวยาวตามรัศมี



ภาพขวาเป็นเศษตัวอย่างที่หักในแนวขวาง เห็นพอร์แบบเดี่ยว ที่กระจายอย่างสม่ำเสมอชัดเจน และพอร์ทุกตัวถูกล้อมรอบด้วยกลุ่มของวู๊ดพาเรงคิมาเป็นรูปเพชร เห็นเส้นเรย์พาเรงคิมาเล็ก ๆ ทั่วหน้าตัด

ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินจาก อุทยานแห่งชาติ-ไม้กลายเป็นหิน จ.ตาก

ตัวอย่างไม้ซุงกลายเป็นหินทั้งต้นที่มองเห็นได้ชัดเจน อาจทำให้เราไม่ทันสังเกตโครงสร้างเนื้อเยื่อของไม้ที่สามารถมองเห็นได้ทั้งด้วยตาเปล่า และมองผ่านแว่นขยายสำหรับโครงสร้างเล็ก ๆ

สิ่งที่สังเกตเห็นได้ง่ายบนหน้าตัดไม้ซุงทั่ว ๆ ไป คือ “วงปี” ในไม้กลายเป็นหินก็เป็นเช่นเดียวกัน ตัวอย่างแรกแสดง วงปี ชัดเจน เหมือนตอไม้ผุทั่วไป ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ตอไม้ผุจนได้สภาพนี้ก่อนถูกทับถมและกลายสภาพเป็นหินในเวลาต่อมา หรืออาจเป็นเพราะ การแทนที่ด้วยซิลิกาตามแนวโครงสร้างเนื้อไม้ ทำให้เกิดรอยที่ไม่สมบูรณ์ตามแนว วงปี ทำให้ผุพังง่ายกว่าโครงสร้างหลักก็เป็นได้

ตัวอย่างต่อมาเป็นเนื้อไม้กลายเป็นหินที่แตกออกจากซุงแต่ยังไม่หลุดจากตำแหน่งเดิม เนื่องจากหินแข็งกว่าไม้มาก แต่ไม่เหนียวเท่าไม้ ดังนั้นไม้กลายเป็นหินจึงแตกหักง่ายกว่าไม้ซุงมาก

จากลักษณะภายนอกพอจะกล่าวได้ว่า หน้าที่เห็นอยู่ในแนวหน้าสัมผัส แนวเส้นตรงส่วนใหญ่ที่ขนานกัน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อไม้หรือท่อลำเลียงน้ำที่ถูกล้อมรอบด้วยเทรคีด พาเรงคิมา และไฟเบอร์เป็นหลัก ส่วนที่แตกหักเป็นแนวหน้าตัดขวาง และขอบด้านข้างเป็นแนวหน้ารัศมี

ดังนั้นอาศัยความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไม้ยืนต้นในบทก่อนหน้าเราสามารถดำดิ่งเข้าสู่โลกบรรพชีวินได้ไม่ยาก และถ้ามีแว่นขยายเราก็จะได้พบกับสิ่งมหัศจรรย์ที่ธรรมชาติได้ซ่อนไว้ให้เราค้นหา ได้อย่างไม่สิ้นสุด

ที่เห็นเป็นเสี้ยนไม้ รอบ ๆ ต้นซุงกลายเป็นหินทั้งหมดนี้คือ ท่อลำเลียงน้ำ (Xylem) หรือเนื้อไม้ ส่วนท่อลำเลียงอาหารที่อยู่ติดกับเปลือกไม้ถูกย่อยสลายไปก่อนที่จะเริ่มกระบวนการกลายเป็นหินแล้ว

การศึกษาไม้กลายเป็นหินในอุทยานฯ

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชได้ทำการสำรวจพบไม้กลายเป็นหินหลายสิบท่อน และได้ทำการขุดค้น ศึกษาทั่วพื้นที่วนอุทยาน รวม 7 หลุม พบไม้กลายเป็นหินขนาดใหญ่ จำนวน 8 ท่อน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546-2548 แล้วจึงได้พัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยว และเรียนรู้ทางธรรมชาติของจังหวัดตาก โดยได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งในจังหวัด และจากส่วนกลาง ในการศึกษาวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง สำหรับการเผยแพร่สู่สาธารณชน

ในปีงบประมาณ 2553 กรมทรัพยากรธรณี โดยสำนักคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์ในเวลานั้น ได้จัดทำโครงการวิจัยไม้กลายเป็นหิน โดยมอบหมายให้ ดร.วิฆเนศ ทรงธรรม เป็นผู้ทำการสำรวจศึกษาวิจัย ทั้งในภาคสนาม และในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องสำหรับการใช้อ้างอิงและเผยแพร่

ในภาคสนามได้ดำเนินการสำรวจธรณีวิทยาครอบคลุมพื้นที่ อำเภอสามเงา และบ้านตาก สำรวจรายละเอียดสภาพพื้นที่ และธรณีวิทยาบริเวณวนอุทยานไม้กลายเป็นหิน (ชื่อในเวลานั้น) ทำให้ทราบเบาะแสว่าน่าจะยังมีไม้กลายเป็นหินฝังอยู่อีกหลายสิบต้น พร้อมศึกษาสภาพการสะสมตัวของตะกอนภายในหลุมขุดค้นทั้ง 7 หลุม

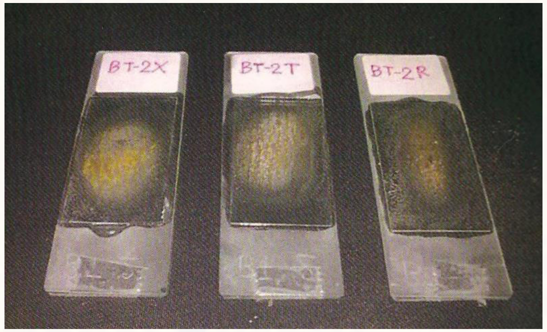
วิธีการศึกษาวิจัย

เนื่องจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับสภาพแวดล้อมโบราณในพื้นที่สำรวจ โดยเฉพาะด้านพฤกษศาสตร์ จึงได้ทำการเก็บตัวอย่างไม้กลายเป็นหินทั้ง 8 ต้น จากหลุมขุดค้นทั้งหมด 7 หลุม เพื่อทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการเปรียบเทียบกับตัวอย่างไม้ท้องถิ่น เพื่อหาความสัมพันธ์ทางพฤกษศาสตร์ (Botanical affinities)

การศึกษาไม้กลายเป็นหินมีข้อจำกัดด้านกายภาพหลายข้อ เนื่องจากไม้ผ่านกระบวนการแทนที่ด้วยสารซิลิกา และถูกกดทับเป็นเวลานาน ทำให้โครงสร้างบางส่วนบิดเบี้ยวหรือถูกทำลายไป แต่ก็มีส่วนที่ยังคงสภาพให้ศึกษาได้ เพียงแต่ไม่มีกลิ่น และไม่มีสีเดิมเหลืออยู่

การศึกษากายวิภาคศาสตร์เปรียบเทียบตัวอย่างเนื้อไม้กลายเป็นหิน กับเนื้อไม้ปัจจุบัน ทำโดยการศึกษาด้านกายภาพด้วยตาเปล่า พร้อมทั้งเตรียมตัวอย่างไม้กลายเป็นหินเพื่อศึกษารายละเอียดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ทั้งในด้านตัดขวาง ด้านรัศมี ด้านแนวสัมผัส

เนื่องจากไม้กลายเป็นหินถูกจัดเป็น วัตถุทางธรณีวิทยา (Geological material) ถึงแม้ว่าครั้งหนึ่งในอดีตมันเคยเป็น วัตถุทางชีววิทยา (Biological material) ก็ตาม ดังนั้นการเรียกชื่อทางวิทยาศาสตร์ จึงต้องเรียกตามหลักวิชา *บรรพชีวินวิทยา* แต่เนื่องจากโครงสร้างเนื้อไม้กลายเป็นหินยังแสดงลักษณะที่เทียบเคียงได้กับพืชในปัจจุบัน ดังนั้นนักบรรพชีวินวิทยาจึงนิยมตั้งชื่อตามแบบ Artificial nomenclature โดยที่ไม้กลายเป็นหินเกิดจากการแปรสภาพจากอวัยวะส่วนของเนื้อไม้ (Xylem) การตั้งชื่อจึงใช้ชื่ออวัยวะที่ศึกษามาต่อท้าย (Organ taxoz) เช่นไม้กลายเป็นหินที่มีลักษณะใกล้เคียงกับไม้กระบาก (สกุล *Anisoptara*) ก็จะตั้งชื่อสกุลว่า *Anisoptaroxylon* เป็นต้น



ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินที่ตัด และขัดเป็นแผ่นหินบาง ทั้งสามด้าน คือ ด้านตัดขวาง ด้านรัศมี และด้านสัมผัส เพื่อนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ซึ่งจะสามารถเห็นถึงรายละเอียดการแทนที่ของสารซิลิเกตในเนื้อเยื่อไม้อย่างชัดเจน รวมถึงร่องรอยบิดเบี้ยวที่เกิดจากการถูกกดทับด้วย

ผลการศึกษาเปรียบเทียบตัวอย่างไม้กลายเป็นหิน

สำหรับการศึกษารายละเอียดด้วยกล้องจุลทรรศน์เป็นการศึกษาที่เปรียบเทียบได้กับการตรวจพิสูจน์เนื้อไม้ เพียงแต่มีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่ซับซ้อน และต้องอาศัยเครื่องมือที่ใช้เทคโนโลยีสูงขึ้น ทั้งนี้เพื่อจะได้ตรวจสอบโครงสร้างเนื้อไม้กลายเป็นหินที่ไม่สมบูรณ์เท่าเนื้อไม้จริง

ผลการศึกษาตัวอย่างไม้กลายเป็นหินทั้ง 8 ต้น พบว่าแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม โดยส่วนใหญ่สามารถสังเกตเห็นเสี้ยนไม้ได้อย่างชัดเจน ทั้งในด้านตัดขวาง ด้านรัศมี และด้านสัมผัส ส่วนตัวอย่างจากหลุมที่ 2 และ 5 มีพื้นผิววัตถุเนียนเรียบ สังเกตเสี้ยนไม้ด้วยตาเปล่าได้ไม่ชัดเจน เมื่อตัดและทำแผ่นหินขัดเรียบแล้ว เนื้อวัตถุตัวอย่างจะเรียบเนียนไม่เป็นเสี้ยน และเมื่อศึกษาผ่านกล้องจุลทรรศน์แล้วปรากฏผลสอดคล้องกับการสังเกตด้วยตาเปล่า ดังนี้ (ตัวอย่างผลการศึกษาอยู่ในหน้าถัดไป)

ตัวอย่างกลุ่มที่ 1 จากหลุมที่ 1 3 4 6 และ 7

ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์เนื้อไม้กลายเป็นหินที่เทียบเคียงได้กับ

: ไม้กลายเป็นหินชนิด *Koompassioxylon elegans*

ลักษณะกายวิภาคศาสตร์เนื้อไม้ที่ใกล้ชิดกับ

: เนื้อไม้ปัจจุบันของ**ต้นทองบึ้ง** *(Koompassia malaccensis)*

ตัวอย่างกลุ่มที่ 2 จากหลุมที่ 2 และ 5

ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์เนื้อไม้กลายเป็นหินที่เทียบเคียงได้กับ

: ไม้กลายเป็นหินชนิด *Pahudioxylon* sp.

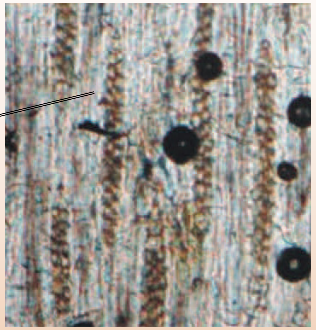
ลักษณะกายวิภาคศาสตร์เนื้อไม้ที่ใกล้ชิดกับ

: เนื้อไม้ปัจจุบันของ**ต้นมะค่าโมง** *(Afzelia xylocarpa)*

ตัวอย่างไม้กลายเป็นหิน หลุมที่ 7 ไม้กลายเป็นหินชนิด *Koompassioxylon elegans*

ทำการศึกษาตัวอย่างไม้กลายเป็นหินผ่านกล้องจุลทรรศน์เทียบเคียงกับเนื้อไม้ทองบึ้ง โดยเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเวสเซลเมมเบอร์ ความยาวเวสเซลย่อย ขนาดและการเรียงตัวของพิท และเปรียบเทียบรูปแบบการวางตัวของเนื่อเยื่อต่าง ๆ ดังนี้

ภาพด้านสัมผัส



Ray parenchyma

เรียงตัวกันเป็นแบบ 1-3 แถว

ภาพด้านตัดขวาง

Pore พอร์เป็นแบบ

พอร์แฝด (Radial multiple pores)

พอร์เดี่ยว (Solitary pores)

การกระจายตัวของพอร์

เป็นแบบกระจาย (Difuse porous)

Ray parenchyma เส้นเรย์ เห็นได้ชัดเจน

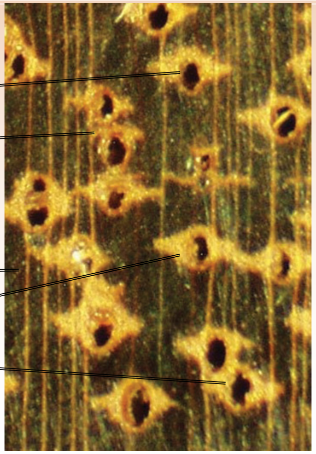
Wood parenchyma

แบบปีก (Aliform) และจับกลุ่มจนเป็นรูปเพชร (Lozenge)

พาเรงคิมาแบบปีกต่อเชื่อมถึงกัน (Confluent) ชัดเจน มากมาย

พาเรงคิมาปลายฤดู (Marginal parenchyma) ไม่ชัดเจน

ภาพด้านตัดขวาง ตัวอย่างเนื้อไม้ทองบึ้ง *(Koompassia malaccensis)*



Pore พอร์เป็นแบบ

พอร์เดี่ยว (Solitary pores)

พอร์แฝด (Radial multiple pores)

การกระจายตัวของพอร์ เป็นแบบกระจาย (Difuse porous)

Ray parenchyma

เส้นเรย์ เห็นได้ชัดเจน

Wood parenchyma

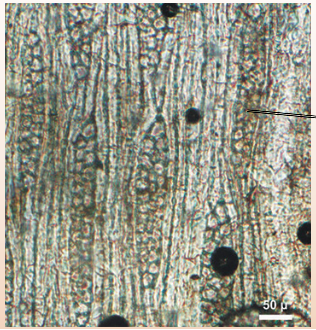
แบบปีก (Aliform) และจับกลุ่มจนเป็นรูปเพชร (Lozenge)

พาเรงคิมาแบบปีกต่อเชื่อมถึงกัน (Confluent) ชัดเจน มากมาย

พาเรงคิมาปลายฤดู (Marginal parenchyma) ไม่ปรากฏ

ตัวอย่างไม้กลายเป็นหิน หลุมที่ 5 ไม้กลายเป็นหินชนิด *Pahudioxylon sp.*

ทำการศึกษาตัวอย่างไม้กลายเป็นหินผ่านกล้องจุลทรรศน์เทียบเคียงกับเนื้อไม้มะค่าโมง โดยวัดเปรียบเทียบขนาด และสังเกตรูปแบบการวางตัวของเนื้อเยื่อต่าง ๆ ดังนี้



ภาพด้านสัมผัส

Ray parenchyma

เรียงตัวกันเป็นแบบ 1-3 แถว

ภาพด้านตัดขวาง

Pore พอร์เป็นแบบ

พอร์เดี่ยว (Solitary pores)

พอร์แฝด (Radial multiple pores)

การกระจายตัวของพอร์

เป็นแบบกระจาย (Difuse porous)

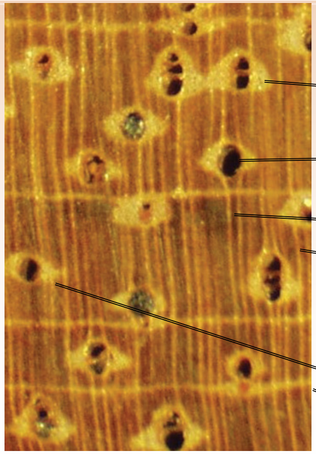
Ray parenchyma

เส้นเรย์เห็นชัด

Wood parenchyma

แบบปีก (Aliform) และจับกลุ่มจนเป็นรูปเพชร (Lozenge)

พาเรงคิมาปลายฤดูชัดเจน (Marginal parenchyma)



ภาพด้านตัดขวาง ตัวอย่างเนื้อไม้มะค่าโมง *(Afzelia xylocarpa)*

Pore พอร์เป็นแบบ

พอร์แฝด (Radial multiple pores)

พอร์เดี่ยว (Solitary pores)

การกระจายตัวของพอร์

เป็นแบบกระจาย (Difuse porous)

Ray parenchyma

เส้นเรย์ เห็นได้ชัดเจน

Wood parenchyma

แบบปีก (Aliform) และจับกลุ่มจนเป็นรูปเพชร (Lozenge)

พาเรงคิมาปลายฤดูชัดเจน (Marginal parenchyma)

พระราชบัญญัติ

คุ้มครองซากดึกดำบรรพ์

พ.ศ. ๒๕๕๑

พระราชบัญญัติ คุ้มครองซากดึกดำบรรพ์ พ.ศ. 2551 ถูกตราขึ้นเนื่องจากมีการค้นพบซากดึกดำบรรพ์ที่สำคัญในประเทศไทยเพิ่มมากขึ้น สมควรอนุรักษ์ไว้ เพื่อการศึกษาวิจัยในการสืบค้นความเป็นมาของประวัติของโลก อีกทั้งยังเป็นมรดกทางธรรมชาติของแผ่นดิน และมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้ และเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สร้างรายได้ให้กับประเทศ

และเนื่องจากก่อนหน้านั้นยังไม่มีกฎหมายเพื่อคุ้มครอง อนุรักษ์ และการบริหารจัดการซากดึกดำบรรพ์ไว้เป็นการเฉพาะ เป็นเหตุให้มีการลักลอบขุดค้นซากดึกดำบรรพ์ หรือขุดค้นโดยไม่ถูกหลักวิชาการ ทำให้ซากดึกดำบรรพ์เหล่านั้นถูกทำลาย หรือนำไปเพื่อประโยชน์ทางการค้า ทำให้สูญเสียมรดกของแผ่นดินที่มีคุณค่ายิ่งเป็นจำนวนมาก สมควรกำหนดให้มีกฎหมายเพื่อให้การคุ้มครอง อนุรักษ์ และบริหารจัดการซากดึกดำบรรพ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

อาศัยอำนาจตาม มาตรา 26 แห่งพระราชบัญญัติฉบับนี้ อธิบดีกรมทรัพยากรธรณีมีอำนาจในการประกาศขึ้นทะเบียนซากดึกดำบรรพ์ที่สำคัญ และมีคุณค่า ตามหลักเกณฑ์ที่คณะกรรมการคุ้มครองซากดดึกดำบรรพ์กำหนด

มาตรา ๒๖ เมื่ออธิบดีเห็นว่าซากดึกดำบรรพ์ใดที่พบในราชอาณาจักรมีความสำคัญหรือมีคุณค่าในการศึกษาประวัติของโลก บรรพชีวินวิทยา บรรพชีววิทยา หรือการลำดับชั้นหินตามหลักเกณฑ์ที่คณะกรรมการกำหนด ให้อธิบดีประกาศในราชกิจจานุเบกษาให้ซากดึกดำบรรพ์นั้นเป็นซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียน และเสนอให้คณะกรรมการพิจารณา

เมื่อคณะกรรมการเห็นว่าซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียนตามวรรคหนึ่งเป็นสิ่งที่หายากและมีคุณค่าเป็นพิเศษ สมควรเก็บรักษาไว้เป็นสมบัติของชาติ ให้อธิบดีประกาศรายละเอียดของซากดึกดำบรรพ์ดังกล่าวในราชกิจจานุเบกษา

การขึ้นทะเบียน แหล่งซากดึกดำบรรพ์

นอกจากซากดึกดำบรรพ์แล้ว แหล่งที่พบ หรือแหล่งที่มีซากดึกดำบรรพ์อยู่ก็ได้รับการอนุรักษ์โดย พระราชบัญญัติฉบับนี้เช่นกัน

หนึ่งในวิธีการอนุรักษ์ แหล่งซากดึกดำบรรพ์ คือ การประกาศให้แหล่งที่มีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์ที่คณะกรรมการคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์กำหนด เป็น “แหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียน” ตามมาตรา 14 ซึ่งมีมาตรการทางกฎหมายให้ความคุ้มครองอย่างเข้มงวด

มาตรา ๑๔ เมื่อปรากฏว่าพื้นที่บริเวณใดเป็นแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่มีความสำคัญต่อการศึกษาประวัติของโลก บรรพชีวินวิทยา บรรพชีววิทยา หรือการลำดับชั้นหิน ตามหลักเกณฑ์ ที่คณะกรรมการกำหนด ไม่ว่าจะได้มีการประกาศเป็นเขตสำรวจและศึกษาวิจัยตามมาตรา ๑๒ หรือไม่ก็ตาม ให้อธิบดีโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการมีอำนาจประกาศในราชกิจจานุเบกษาให้พื้นที่บริเวณนั้นเป็นแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียน พร้อมด้วยแผนที่แสดงเขตแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียนนั้นแนบท้ายประกาศด้วย

ปัจจุบันแหล่งซากไม้กลายเป็นหินจังหวัดตากทั้ง 7 หลุม ได้รับการพิสูจน์จากอธิบดีกรมทรัพยากรธรณี และคณะกรรมการคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์แล้วว่ามีความสำคัญต่อการศึกษาประวัติของโลก บรรพชีวินวิทยา บรรพชีววิทยา และการลำดับชั้นหิน จึงได้รับการประกาศให้เป็นแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียน ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 133 ตอนพิเศษ 113 ง เมื่อวันที่ 16 พฤษภาคม 2559

ประกาศกรมทรัพยากรธรณี

เรื่อง ให้แหล่งซากดึกดำบรรพ์เป็นแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๔ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์ พ.ศ. ๒๕๕๑ และข้อ ๒ (๓) แห่งประกาศคณะกรรมการคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์ เรื่อง หลักเกณฑ์การประกาศเป็นแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียนและเป็นซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียน พ.ศ. ๒๕๕๒ อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์ กำหนดให้แหล่งซากดึกดำบรรพ์

รหัสประจำแหล่งซากดึกดำบรรพ์ THS ๒ ๕ ๕ ๙ ๓ ๐ ๐ ๐ ๐ ๑

ชื่อแหล่งซากดึกดำบรรพ์ แหล่งซากไม้กลายเป็นหินจังหวัดตาก (บริเวณหลุมขุดค้นที่ ๑ หลุมขุดค้นที่ ๒ หลุมขุดค้นที่ ๓ และ หลุมขุดค้นที่ ๔)

สถานที่ตั้ง ด้านทิศตะวันตกของเขาพระบาท หมู่ที่ ๗ ตำบล ตากออก

อำเภอ บ้านตาก จังหวัด ตาก จำนวนพื้นที่ ๑๐๐,๐๔๐ ตารางเมตร

กว้าง	๒๒๔.๘๘๔	เมตร	(DMR๐๐๓-DMR๐๐๔)
	๒๐๖.๗๖๑	เมตร	(DMR๐๐๖-DMR๐๐๕)
ยาว	๖๙๙.๑๒๐	เมตร	(DMR๐๐๓-DMR๐๐๒-DMR๐๐๑-DMR๐๑๑-DMR๐๑๐ DMR๐๐๙-DMR๐๐๘-DMR๐๐๗-DMR๐๐๖)
	๔๖๖.๑๐๐	เมตร	(DMR๐๐๔- DMR๐๐๕)

ลักษณะของซากดึกดำบรรพ์ที่ปรากฏ ซากไม้กลายเป็นหิน

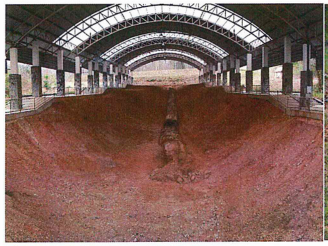
สภาพทางภูมิศาสตร์ของแหล่งซากดึกดำบรรพ์ ปรากฏอยู่ในชั้นกรวดตะพักลำน้ำ

ชื่อผู้ค้นพบ วชิระ ม่วงแก้ว และคณะ วันเดือนปีที่พบ พ.ศ. ๒๕๔๖ - ๒๕๔๘

ชื่อเจ้าของ/ผู้ครอบครอง/ผู้มีสิทธิในที่ดินโดยชอบด้วยกฎหมาย กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ตามรูปถ่ายและแผนที่แนบท้ายประกาศนี้ เป็นแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียน

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๓๑ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๙
ทศพร นุชอนงค์
อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี



รูปถ่ายแสดงแหล่งซากไม้กลายเป็นหินจังหวัดตาก บริเวณหลุมขุดค้นที่ ๑ (มองไปทางทิศใต้)

รูปถ่ายแสดงแหล่งซากไม้กลายเป็นหินจังหวัดตาก บริเวณหลุมขุดค้นที่ ๒ (มองไปทางทิศเหนือ)

รูปถ่ายแสดงแหล่งซากไม้กลายเป็นหินจังหวัดตาก บริเวณหลุมขุดค้นที่ ๓ (มองไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ)

รูปถ่ายแสดงแหล่งซากไม้กลายเป็นหินจังหวัดตาก บริเวณหลุมขุดค้นที่ ๔ (มองไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ)

แผนที่ท้ายประกาศกรมทรัพยากรธรณี

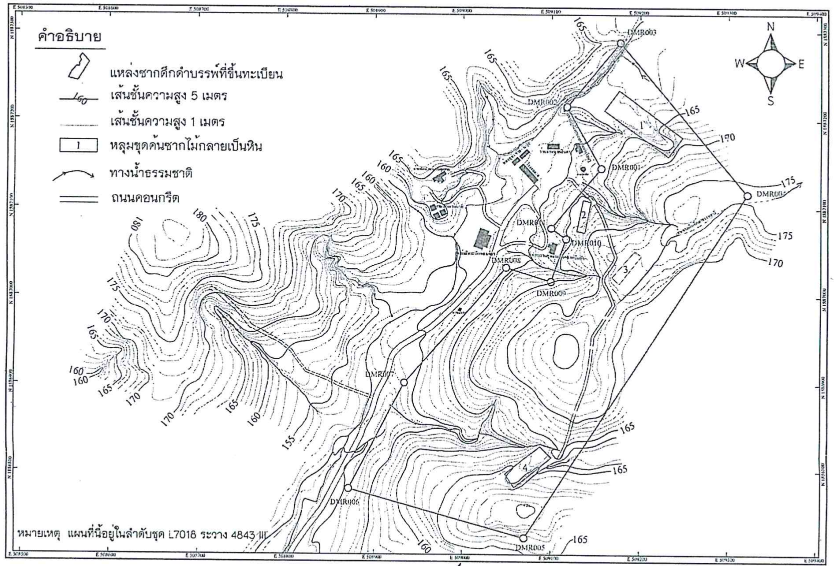
เรื่อง ให้แหล่งซากดึกดำบรรพ์เป็นแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียน

ชื่อแหล่งซากดึกดำบรรพ์ แหล่งซากไม้กลายเป็นหิน (บริเวณหลุมขุดค้นที่ 1 หลุมขุดค้นที่ 2 หลุมขุดค้นที่ 3 และหลุมขุดค้นที่ 4) จังหวัดตาก

จำนวนเนื้อที่ 100,040 ตารางเมตร หรือ 62 ไร่ 2 งาน 10 ตารางวา

มาตราส่วน 1:4,000

40 20 0 40 80 120 เมตร



ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ
(นายนราเมศวร์ ธีระรังสิกุล) ผู้อำนวยการกองคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์	(นายทศพร นุชอนงค์) อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี
ผู้สำรวจและเขียนแผนที่	
(นายสันติ ศรีฉ่ำ) นายช่างสำรวจชำนาญงาน	(นายปริญญา โพธิ์แก้ว) นายช่างสำรวจ

ค่าพิกัดหลักเขตที่ดิน

หมายเลข	N	E
DMR-001	1887145.82	509155.96
DMR-002	1887215.47	509116.95
DMR-003	1887288.45	509177.03
DMR-004	1887116.47	509321.93
DMR-005	1886724.25	509070.11
DMR-006	1886779.69	508870.92
DMR-007	1886901.64	508934.39
DMR-008	1887032.75	509048.95
DMR-009	1887017.16	509099.50
DMR-010	1887065.57	509116.57
DMR-011	1887077.66	509099.83

ประกาศกรมทรัพยากรธรณี
เรื่อง ให้แหล่งซากดึกดำบรรพ์เป็นแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๔ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์ พ.ศ. ๒๕๕๑ และข้อ ๒ (๓) แห่งประกาศคณะกรรมการคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์ เรื่อง หลักเกณฑ์การประกาศเป็นแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียนและเป็นซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียน พ.ศ. ๒๕๕๒ อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์ กำหนดให้แหล่งซากดึกดำบรรพ์

รหัสประจำแหล่งซากดึกดำบรรพ์ THS ๒ ๕ ๕ ๙ ๓ ๐ ๐ ๐ ๐ ๒

ชื่อแหล่งซากดึกดำบรรพ์ แหล่งซากไม้กลายเป็นหินจังหวัดตาก (บริเวณหลุมขุดค้นที่ ๕)

สถานที่ตั้ง ด้านทิศตะวันตกของเขาพระบาท หมู่ที่ ๗ ตำบล ตากออก

อำเภอ บ้านตาก จังหวัด ตาก จำนวนพื้นที่ ๑๕,๒๖๐ ตารางเมตร

กว้าง	๑๓๓.๕๔๓ เมตร	(DMR๐๑๒-DMR๐๑๕)
	๑๑๔.๕๖๒ เมตร	(DMR๐๑๓-DMR๐๑๔)
ยาว	๑๒๖.๘๖๑ เมตร	(DMR๐๑๒-DMR๐๑๓)
	๑๒๔.๐๒๖ เมตร	(DMR๐๑๕-DMR๐๑๔)

ลักษณะของซากดึกดำบรรพ์ที่ปรากฏ ซากไม้กลายเป็นหิน

สภาพทางภูมิศาสตร์ของแหล่งซากดึกดำบรรพ์ ปรากฏอยู่ในชั้นกรวดตะพักลำน้ำ

ชื่อผู้ค้นพบ วชิระ ม่วงแก้ว และคณะ วันเดือนปีที่พบ พ.ศ. ๒๕๔๘

ชื่อเจ้าของ/ผู้ครอบครอง/ผู้มีสิทธิในที่ดินโดยชอบด้วยกฎหมาย กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ตามรูปถ่ายและแผนที่แนบท้ายประกาศนี้ เป็นแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียน

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๓๑ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๙
ทศพร นุชอนงค์
อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี

รูปถ่ายแสดงแหล่งซากไม้กลายเป็นหินจังหวัดตาก บริเวณหลุมขุดค้นที่ ๕ (มองไปทางทิศใต้)

รูปถ่ายแสดงแหล่งซากไม้กลายเป็นหินจังหวัดตาก บริเวณหลุมขุดค้นที่ ๕ (มองไปทางทิศเหนือ)

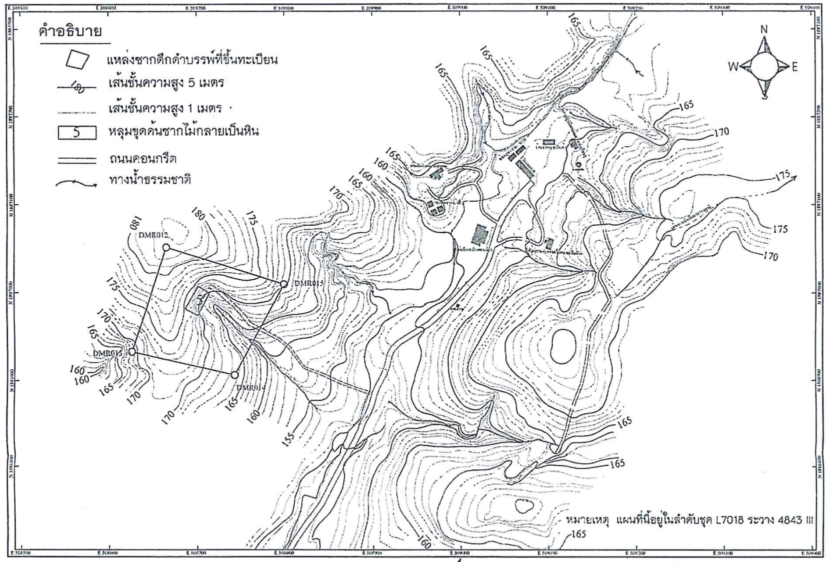
แผนที่ท้ายประกาศกรมทรัพยากรธรณี

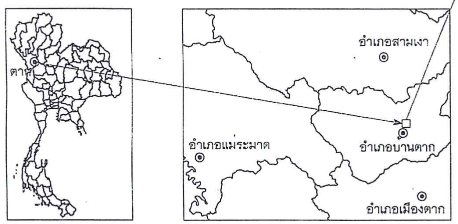
เรื่อง ให้แหล่งซากดึกดำบรรพ์เป็นแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียน

ชื่อแหล่งซากดึกดำบรรพ์ แหล่งไม้กลายเป็นหิน (บริเวณหลุมขุดค้นที่ 5) จังหวัดตาก

จำนวนเนื้อที่ 15,260 ตารางเมตร หรือ 9 ไร่ 2 งาน 15 ตารางวา

มาตราส่วน 1:4,000





ค่าพิกัดหลักเขตที่ดิน		
หมายเลข	N	E
DMR-012	1887048.17	508669.49
DMR-013	1886928.88	508626.32
DMR-014	1886904.19	508738.19
DMR-015	1887012.71	508798.24

ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ
(นายนราเมศวร์ ธีระรังสิกุล) ผู้อำนวยการกองคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์	(นายทศพร นุชอนงค์) อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี
ผู้สำรวจและเขียนแผนที่	
(นายสันติ ศรีฉ่ำ) นายช่างสำรวจชำนาญงาน	(นายปริญญา โพธิ์แก้ว) นายช่างสำรวจ

ประกาศกรมทรัพยากรธรณี

เรื่อง ให้แหล่งซากดึกดำบรรพ์เป็นแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๔ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์ พ.ศ. ๒๕๕๑ และข้อ ๒ (๓) แห่งประกาศคณะกรรมการคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์ เรื่อง หลักเกณฑ์การประกาศเป็นแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียนและเป็นซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียน พ.ศ. ๒๕๕๒ อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์ กำหนดให้แหล่งซากดึกดำบรรพ์

รหัสประจำแหล่งซากดึกดำบรรพ์ THS ๒ ๕ ๕ ๙ ๓ ๐ ๐ ๐ ๐ ๓

ชื่อแหล่งซากดึกดำบรรพ์ แหล่งซากไม้กลายเป็นหินจังหวัดตาก (บริเวณหลุมขุดค้นที่ ๖ และหลุมขุดค้นที่ ๗)

สถานที่ตั้ง ด้านทิศตะวันตกของเขาพระบาท หมู่ที่ ๗ ตำบล ตากออก

อำเภอ บ้านตาก จังหวัด ตาก จำนวนพื้นที่ ๓๒,๔๒๔ ตารางเมตร

กว้าง	๑๖๕.๒๓๑	เมตร	(DMR๐๑๗-DMR๐๑๖-DMR๐๒๔)
	๒๓๕.๙๒๑	เมตร	(DMR๐๑๙-DMR๐๒๐-DMR๐๒๑)
ยาว	๓๔๙.๗๘๘	เมตร	(DMR๐๑๗-DMR๐๑๘-DMR๐๑๙-DMR๐๒๐)
	๓๘๓.๗๖๗	เมตร	(DMR๐๑๖-DMR๐๒๔-DMR๐๒๓-DMR๐๒๑-DMR๐๒๐)

ลักษณะของซากดึกดำบรรพ์ที่ปรากฏ ซากไม้กลายเป็นหิน

สภาพทางภูมิศาสตร์ของแหล่งซากดึกดำบรรพ์ ปรากฏอยู่ในชั้นกรวดตะพักลำน้ำ

ชื่อผู้ค้นพบ วชิระ ม่วงแก้ว และคณะ วันเดือนปีที่พบ พ.ศ. ๒๕๔๘

ชื่อเจ้าของ/ผู้ครอบครอง/ผู้มีสิทธิในที่ดินโดยชอบด้วยกฎหมาย กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ตามรูปถ่ายและแผนที่แนบท้ายประกาศนี้ เป็นแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียน

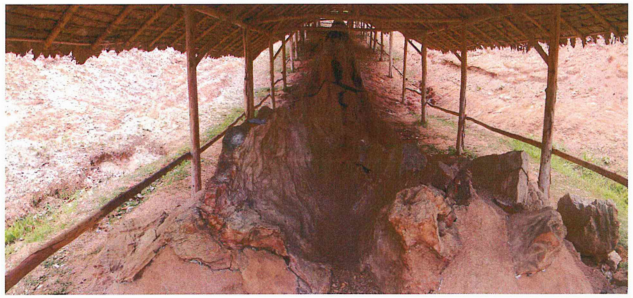
ทั้งนี้ ตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๓๑ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๙

ทศพร นุชอนงค์

อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี

รูปถ่ายแสดงแหล่งซากไม้กลายเป็นหินจังหวัดตาก บริเวณหลุมขุดค้นที่ ๖ (มองไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้)



รูปถ่ายแสดงแหล่งซากไม้กลายเป็นหินจังหวัดตาก บริเวณหลุมขุดค้นที่ ๗ (มองไปทางทิศตะวันออก)

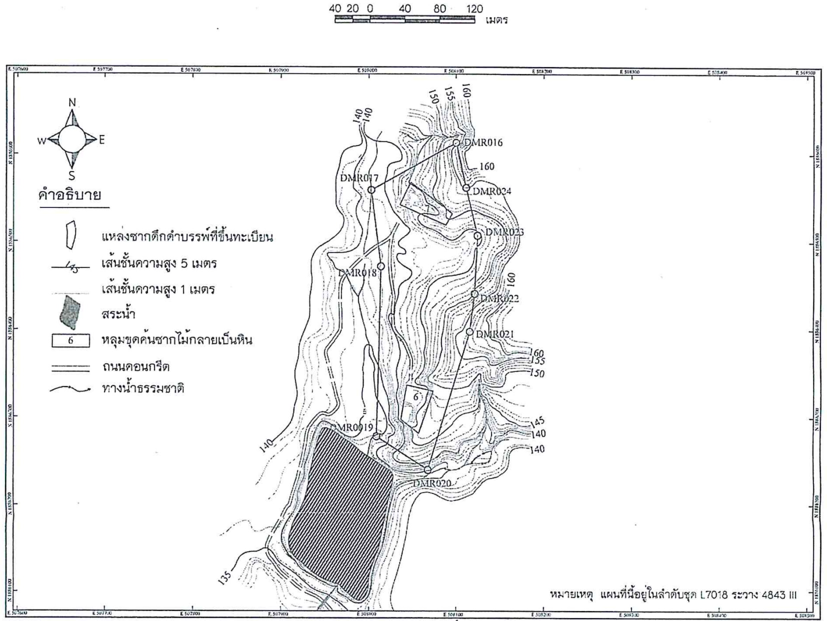
แผนที่ท้ายประกาศกรมทรัพยากรธรณี

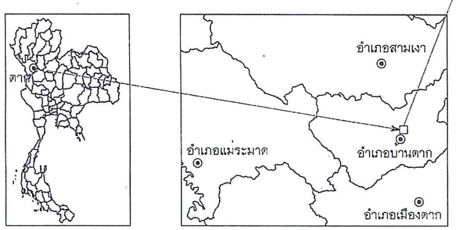
เรื่อง ให้แหล่งซากดึกดำบรรพ์เป็นแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียน

ชื่อแหล่งซากดึกดำบรรพ์ แหล่งซากไม้กลายเป็นหิน (บริเวณหลุมขุดค้นที่ 6 และหลุมขุดค้นที่ 7) จังหวัดตาก

จำนวนเนื้อที่ 32,424 ตารางเมตร หรือ 20 ไร่ 1 งาน 06 ตารางวา

มาตราส่วน 1:4,000





คาพิกัดหลักเขตที่ดิน		
หมายเลข	N	E
DMR-016	1886613.67	508100.38
DMR-017	1886559.05	508002.59
DMR-018	1886469.78	508013.72
DMR-019	1886279.35	508010.75
DMR-020	1886240.36	508068.13
DMR-021	1886399.75	508116.43
DMR-022	1886444.05	508122.94
DMR-023	1886507.18	508124.93
DMR-024	1886561.81	508112.34

ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ
(นายนราเมศวร์ ธีระรังสิกุล) ผู้อำนวยการกองคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์	(นายทศพร นุชอนงค์) อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี
ผู้สำรวจและเขียนแผนที่	
(นายสันติ ศรีฉ่ำ) นายช่างสำรวจชำนาญงาน	(นายปริญญา โพธิ์แก้ว) นายช่างสำรวจ

เมื่อ (รู้จัก) ไม้กลายเป็นหิน

เมื่อมาถึงหน้านี้ คำว่า “ไม้กลายเป็นหิน” คงไม่ใช่สิ่งแปลกประหลาดสำหรับเราอีกต่อไป แต่ว่ามันจะยังคงเป็น สิ่งมหัศจรรย์ อย่างมิอาจเปลี่ยนแปลงได้ และอาจจะมหัศจรรย์ยิ่งขึ้นกว่าก่อนหน้าที่เราจะได้ทำความรู้จัก และเข้าใจไม้กลายเป็นหินเสียอีก

“เมื่อรู้จัก แล้วมักเสียดาย” เสียดายที่รู้ช้าไปหน่อย เสียดายที่ไม่ได้ดูแลรักษาตั้งแต่ต้น เสียดายที่คนอื่น ๆ ยังไม่รู้จัก “ไม้กลายเป็นหิน” อย่างที่เรารู้

“เมื่อรู้จัก แล้วรู้รักษ์” คงจะช่วยลดความเสียดายลงไปได้บ้าง แล้วเราจะรู้รักษ์ได้อย่างไร การรักษาสิ่งที่ควรอนุรักษ์ไม่ใช่สิ่งที่ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าหากเรามีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับสิ่งที่ควรอนุรักษ์ จะไม่มีคำว่า “รู้เท่าไม่ถึงการณ์” ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่นำความเสียหายไปสู่สิ่งที่ควรรักษ์

การเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับสิ่งมหัศจรรย์ที่ต้องอนุรักษ์เป็นวิธีการที่ทำได้เมื่อเรามีความรู้ และความเข้าใจแล้ว คงน่าภูมิใจไม่น้อยหากเราได้ทำให้คนไทยได้รู้อย่างที่เราได้มีโอกาสรู้ และได้รักษ์อย่างที่เรามีโอกาสได้รักษ์

ไม้กลายเป็นหินจะได้ไม่กลายเป็นสินค้าราคาถูก ไม่สมคุณค่าที่ธรรมชาติได้เพียรสร้าง และทะนุถนอม ผ่านธรณีกาลที่นานแสนนานเพื่อมนุษย์ทุกคน

กรมทรัพยากรธรณี

เอกสารอ้างอิง

เด่นโชค มั่นใจ, 2559, รายงานธรณีวิทยาควอเทอร์นารี แอ่งบ้านตาก อำเภอบ้านตาก จังหวัดตาก, สำนักงานทรัพยากรธรณีเขต 1 ลำปาง, กรมทรัพยากรธรณี, 64 หน้า

ราชบัณฑิตยสถาน, 2544, พจนานุกรม ศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน, 384 หน้า ,กรุงเทพฯ

วิฆเนศ ทรงธรรม, 2553, ธรณีวิทยาและบรรพชีวินวิทยาแหล่งไม้กลายเป็นหิน อำเภอบ้านตาก จังหวัดตาก, รายงานวิชาการ ที่ สคบ.ว. 2/2553, กรมทรัพยากรธรณี.

วิโรจน์ ชาญเชิงพานิช, 2555, การตรวจพิสูจน์ไม้ในคดีกฎหมายว่าด้วยการป่าไม้, จากอินเทอร์เน็ต <http://forprod.forest.go.th/forprod/Picnews_1/NEW.html> ค้นวันที่ 30 มีนาคม 2560

George, E. M. 2008. Mineralogy and geochemistry of late Eocene silicified wood from Florissant Fossil Beds National Monument, The Geological Society of America Special Paper 435, 127-140.

George, E. M. 2015. Late Tertiary Petrified Wood from Nevada, USA: Evidence of Multiple Silicification Pathways, Geosciences 5, no. 4: 286-309. Available from: <http://www.mdpi.com/2076-3263/5/4/286/htm> accessed 30 April 2017

Leo, R.F. & Barghoorn, E.S. 1976. Silicification of Wood. Botanical Museum Leaflets, Harvard University, vol. 25, no 1. Available from: <https://archive.org/details/mobot31753003541064> accessed 29 May 2017

Mike, V., Petrified Wood: The Silicification of Wood by Permineralization, Available from: <http://petrifiedwoodmuseum.org/pdf/permineralization.pdf> accessed 31 March 2017

Sasada, M., Ratanasthien, B., Soponpongpipat, R. 1987. New K/Ar ages from the Lampang basalt, northern Thailand. Geological Survey of Japan Bulletin, 38(1), 13-20.

The University of Tennessee Agricultural Extension Service, PB1692-1.5M-2/02 E12-4915-00-010-002, PB1692. Wood Identification for Hardwood and Softwood Species Native to Tennessee, Available from: <http://trace.tennessee.edu/utk_agexfores/10> accessed 31 March 2017

Wickanet, S., Dallas, C. M., Benjavun, R. 2011. Petrified Tree Trunks from a Gravel Deposit, Ban Tak Petrified Forest Park, Ban Tak–Sam Ngao Basin, Tak Province, Northern Thailand.

https://en.wikipedia.org/wiki/Opal accessed, 31 March 2017

http://www.wood-database.com/, accessed 31 March 2017