เอกสารประกอบการประชุมสัมมนา

เรื่อง

ความก้าวหน้าในการศึกษาด้านโบราณคดีและเมืองโบราณในวัฒนธรรมทวารวดี

วันที่ 24-25 กรกฎาคม 2546

โรงแรมสองพันบุรี

จังหวัดสุพรรณบุรี

การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสมัยโฮโลซีนตอนปลายในประเทศไทย
(Late Holocene sea-level changes in Thailand)

โดย

มนตรี ชูวงษ์

วิโรจน์ ดาวฤกษ์

ปัญญา จารุศิริ

ฐิติมา เจริญฐิติรัตน์

รัฐกร สองเมือง

ภาควิชาธรณีวิทยา

คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสมัยโฮโลซีนตอนปลายในประเทศไทย

(Late Holocene sea-level changes in Thailand)

มนตรี ชูวงษ์
วิโรจน์ ดาวฤกษ์
ปัญญา จารุศิริ
ฐิติมา เจริญฐิติรัตน์
รัฐกร สองเมือง

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในอดีตของประเทศไทยได้มีการศึกษากันอย่างจริงจังในช่วง 20 ปีที่ผ่านมาซึ่งบทสรุปส่วนใหญ่จะเน้นถึงการหาคำตอบที่ว่า ในพื้นที่ลุ่มต่ำของประเทศโดยเฉพาะที่ราบลุ่มภาคกลางได้มีการรุกเข้ามาของน้ำทะเลหรือไม่ อย่างไร ซึ่งผลการศึกษาในอดีตได้มีข้อสรุปไปในทำนองเดียวกันว่า น้ำทะเลได้ท่วมขึ้นมาในพื้นที่ลุ่มต่ำของประเทศโดยเฉพาะที่ราบลุ่มภาคกลางโดยระดับน้ำทะเลได้ขึ้นสูงสุด (highstand) จากระดับปัจจุบัน ประมาณช่วงอายุตอนกลางสมัยโฮโลซีน (mid-Holocene) ซึ่งระดับความสูงยังไม่เป็นที่ชัดเจนนัก แต่โดยเฉลี่ยพบว่าอยู่ที่ความสูงประมาณ 3.5-4 เมตร หากเปรียบเทียบความสูงดังกล่าวกับความสูงของพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางจะพบว่าแนวชายฝั่งทะเลโบราณในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางน่าจะเข้าไปถึงบริเวณจังหวัดอ่างทองที่มีความสูงของพื้นที่อยู่ในระดับดังกล่าว อย่างไรก็ตาม การลากขอบเขตแนวชายฝั่งทะเลโบราณในอดีตได้ใช้วิธีการและอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่แตกต่างกัน ซึ่งแต่ละวิธีและข้อมูลจะทำให้ได้แนวชายฝั่งโบราณที่ค่อนข้างจะแตกต่างกันอย่างชัดเจน

ในบทความนี้ผู้เขียนได้ตั้งวัตถุประสงค์ไว้เพื่อให้ผู้อ่านได้ทราบประวัติการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในประเทศไทยโดยเฉพาะข้อมูลทางธรณีวิทยา เพื่อให้ผู้อ่านทราบถึงกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลธรณีวิทยาอย่างเป็นระบบโดยเฉพาะอะไรที่ใช้เป็นหลักฐานที่แสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล อธิบายลักษณะทางตะกอนวิทยาของการสะสมตัวในบริเวณที่เคยมีน้ำทะเลท่วมขึ้นมา พร้อมกับนำเสนอแนวคิดใหม่ของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในพื้นที่ราบภาคกลาง และท้ายสุดจะได้วิเคราะห์และเสนอแนวทางกำหนดแนวชายฝั่งทะเลไทยในสมัยโฮโลซีนว่าน่าจะอยู่ที่ตำแหน่งใดและมีรูปแบบอย่างไร ซึ่งในบทความนี้ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าน่าจะช่วยให้ผู้อ่านได้รับข้อมูลทางธรณีวิทยาเพิ่มเติมซึ่งอาจจะประยุกต์ไปตอบคำถามหรืออธิบายเหตุการณ์อื่นๆ เช่น เหตุการณ์ต่างๆ ในทางโบราณคดี ในช่วงสมัยโฮโลซีนตอนปลายได้

1. บทนำ

พื้นที่ชายฝั่งทะเลของประเทศไทยจัดได้ว่าเป็นพื้นที่เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศโดยแนวชายฝั่งปัจจุบันก็มีการเปลี่ยนแปลงในเชิงธรณีวิทยาหรือมีการเคลื่อนไหวในทางกายภาพอยู่ตลอดเวลา ทั้งการสะสมตัว (deposition) การกัดเซาะชายฝั่ง (coastal erosion) โดยการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพนี้ได้เกิดขึ้นมาตั้งแต่อดีตกาลแล้ว จากการศึกษาและงานวิจัยเก่าๆ ที่ผ่านมาพบว่าแนวชายฝั่งทะเลปัจจุบันในพื้นที่ชายฝั่งของประเทศเกือบทั้งหมดเคยเป็นทะเลมาก่อน ซึ่งจากบทสรุปของงานวิจัยเก่าๆ ได้ชี้ให้เห็นว่า แนวชายฝั่งทะเลไทยในสมัยโฮโลซีนตอนกลางถึงตอนปลาย (middle to late Holocene) ได้เคยอยู่ในพื้นที่ที่เป็นแผ่นดินโดยมีการท่วมขึ้นไปของระดับน้ำทะเลที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลทั่วโลก (eustatic sea-level changes) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนับได้ว่าเป็นบทสรุปที่ได้จากศึกษาและการเทียบสัมพันธ์จากทั่วโลก และในประเทศไทยข้อสรุปดังกล่าวก็ได้ถูกนำมาอธิบายการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในสมัยโฮโลซีนเช่นกัน (เช่น Sinsakul และคณะ ปี ค.ศ. 1985; Chonglakmani และคณะ ปี ค.ศ. 1983 เป็นต้น) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในพื้นที่ลุ่มต่ำของประเทศไทยยังเป็นที่สนใจของนักวิจัยทางธรณีวิทยาทั้งในประเทศและต่างประเทศเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

2. ประวัติการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในประเทศไทย

ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลของประเทศไทยกันอย่างแพร่หลาย นักวิจัยจากหลากหลายสำนักได้พยายามใช้วิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลพื้นฐานทางธรณีวิทยารวมถึงการแปลผลของข้อมูลที่อาจจะแตกต่างกันในเชิงวิชาการ ตัวอย่างเช่น การนำเอาซากบรรพชีวิน หรือซากฟอสซิลเข้ามาอธิบายสภาวะแวดล้อมของการสะสมตัวของสิ่งมีชีวิตในขณะที่ยังมีชีวิตอยู่ รวมถึงการศึกษาชนิดและการประยุกต์เอาวิธีการกำหนดอายุโดยวิธีคาร์บอน 14 เข้ามาช่วยในการหาอายุวัตถุหรือซากบรรพชีวิน เช่น ซากหอยนางรมจากบริเวณวัดเจดีย์หอย จังหวัดปทุมธานี พบว่า เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีชีวิตอยู่ในพื้นที่ที่มีน้ำทะเล หรือน้ำกร่อยมาก่อนในประมาณอายุ 5,000 กว่าปีมาแล้ว (Chonglakmani และคณะ ปี ค.ศ. 1983) เป็นต้น นักวิจัยทางธรณีวิทยาหลายๆ กลุ่มได้ใช้ข้อมูลตะกอนวิทยา เรณูวิทยา (เช่น Nutalaya และ Rau ปี ค.ศ. 1981; Somboon และ Thiramongkol ปี ค.ศ. 1990) มาช่วยในการลากแนวชายฝั่งทะเลโบราณ แต่มีอยู่บทความเดียวที่ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลโทรสัมผัส คือ การแปลผลรูปถ่ายทางอากาศเข้ามาช่วยลากแนวชายฝั่งทะเล (Supajanya ปี ค.ศ. 1981 และ 1983) ในบทสรุปของงานวิจัยเก่าไม่เฉพาะในประเทศไทยแต่รวมไปถึงคณะผู้วิจัยจากประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคใกล้เคียงพบว่ามีบทสรุปไปในทำนองเดียว

กันคือมีการท่วมขึ้นมาของระดับน้ำทะเลในพื้นที่ชายฝั่งทะเลในทุกประเทศ แต่ระดับของการท่วมขึ้นมาและช่วงเวลาที่ระดับน้ำทะเลได้ขึ้นสูงสุดนั้นยังมีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1. เปรียบเทียบบทสรุปของนักวิจัยถึงช่วงเวลาที่น้ำทะเลได้ท่วมขึ้นมาสูงสุดในพื้นที่ประเทศไทยและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

คณะผู้วิจัย	ช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล (Years in BP)	
	เวลาที่น้ำทะเลขึ้นสูงสุด	เวลาที่น้ำทะเลเริ่มลดระดับมาถึงปัจจุบัน
ประเทศไทย		
Chonglakmani และคณะ (ปี 1983)	5,500 ± 50	**
Thiramongkol (ปี 1983)	6,000	3,670 ± 125 to 2,250 ± 110
Sinsakul และคณะ (ปี1985) and Sinsakul (ปี 1992)	6,000 และ 4,500	6,000 to 4,700 และ 4,500 to 1,500
Somboon และ Thiramongkol (ปี 1992)	7,300 ถึง 6,500	6,500 ถึงปัจจุบัน
เอเชียตะวันออกเฉียงใต้		
Hesp และคณะ (ปี 1998) (สิงคโปร์)	7,000 ถึง 6,500	6,500 ถึงปัจจุบัน
Tjia (ปี 1986) (มาเลเซีย)	7,000 ถึง 6,000	6,000 ถึงปัจจุบัน
Hoang Ngoc Ky (ปี 1988) (เวียตนาม)	5,500 ถึง 3,500	3,500 ถึง 3,000
Le Van Cu และคณะ (ปี 1988) (เวียตนาม)	5,000 ถึง 4,500	4,500 ถึง 2,300

หมายเหตุ

**ในรายงานไม่ได้กล่าวถึง

จากตารางจะเห็นว่ามีความแตกต่างเกิดขึ้นอย่างชัดเจนถึงเรื่องช่วงเวลาที่น้ำทะเลได้เคยท่วมขึ้นสูงสุดในแต่ละพื้นที่ซึ่งบทสรุปที่แตกต่างกันนี้เองได้มีนักวิจัยเคยอธิบายว่า น่าจะเกิดจากสาเหตุและปัจจัยทางกายภาพในระดับท้องถิ่นหรือในแต่ละพื้นที่ (isostatic sea-level changes) ซึ่งหมายความว่า แต่ละพื้นที่จะมีสภาพธรณีวิทยาทางกายภาพแตกต่างกันออกไป เช่น อาจเกิดมีการเคลื่อนตัวของพื้นที่อันเนื่องจากรอยเลื่อนสมัยใหม่ (Thiramongkol ปี ค.ศ. 1986) หรือมีการปรับ

ระดับของพื้นที่ให้ต่ำลงอันเนื่องมาจากน้ำหนักที่กดทับของตะกอน เป็นต้น (Choowong ปี ค.ศ. 2002b)

3. หลักฐานการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในอดีต

การสำรวจเพื่อค้นหาหลักฐานทางธรณีวิทยากายภาพและหลักฐานทางชีววิทยาที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในอดีตจัดได้ว่าเป็นหัวใจของการศึกษาธรณีสัณฐานวิทยาชายฝั่งโดยเฉพาะการนำเอาหลักฐานเหล่านั้นมาอธิบายวิวัฒนาการการเกิดธรณีสัณฐานชายฝั่งที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในอดีต

หลักฐานที่แสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลไม่เฉพาะในประเทศไทยแต่ได้จากการศึกษาวิจัยทั่วโลก สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ (1) หลักฐานทางธรณีวิทยาและธรณีสัณฐาน (2) หลักฐานทางชีววิทยาและบรรพชีวินวิทยา และ (3) หลักฐานทางโบราณคดี ซึ่งหลักฐานใน 2 กลุ่มแรกได้มีการศึกษากันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยแต่หลักฐานในกลุ่มสุดท้ายคือโบราณคดี ยังไม่มีผู้กล่าวถึงอย่างแพร่หลายนักในปัจจุบัน หลักฐานที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในแต่ละกลุ่มเฉพาะที่พบในประเทศไทย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) หลักฐานทางธรณีวิทยาและธรณีสัณฐาน

สภาพธรณีวิทยาในแต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างกันอยู่แล้ว เช่น ชนิดหินโผล่ (outcrop) ชนิดหินรองรับตะกอน (rock basement) เป็นต้น ซึ่งความแตกต่างของหินบริเวณชายฝั่งทะเลจะเป็นตัวการสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดความแตกต่างในเรื่องแหล่งที่มาของตะกอน รวมถึงอัตราการพังทลายจากกระบวนการทางกายภาพต่างๆ เช่น การกัดเซาะโดยน้ำทะเล คลื่น หรือพายุ เป็นต้น ลักษณะความแตกต่างของหินในบริเวณชายฝั่งนี้เองที่อาจจะทำให้เกิดลักษณะทางกายภาพที่แสดงให้เห็นถึงการกัดเซาะจากตัวการทางกายภาพดังกล่าว เช่น รอยเว้าในหิน (sea notch) ลานหินราบ (platform) เกาะหินโด่ง (sea stack) ซุ้มหินโค้งชายฝั่ง (sea arch) เป็นต้น นอกจากนี้หลักฐานทางธรณีสัณฐานที่จะเป็นตัวช่วยบอกการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล ได้แก่ แนวสันดอนทรายเก่า (old sand barrier) แนวสันทราย (beach ridges) แนวสันทรายเก่า (relict strandlines) ที่ลุ่มราบน้ำขึ้นถึงเก่า (former tidal flat) เป็นต้น

(2) หลักฐานทางชีววิทยาและบรรพชีวินวิทยา

ซากของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่ตายทับถมตัวอยู่ในชั้นตะกอนชายฝั่งที่พบในลักษณะการตายในตำแหน่งเดียวกับขณะที่มีชีวิตอยู่นับว่าเป็นหลักฐานทางชีววิทยาที่สำคัญที่จะสามารถบ่งบอกสภาวะแวดล้อมขณะที่มีการสะสมตัวของตะกอนหรือขณะที่สิ่งมีชีวิตนั้นๆ ดำรงชีวิตอยู่ได้ ซากของสิ่งมีชีวิตที่พบในประเทศไทย ได้แก่ ซากไม้ป่าชายเลน ซากละอองเรณู ซากหอย เพรียง ปู เป็นต้น ซากสิ่งมีชีวิตเหล่านี้เมื่อนำไปหาอายุจะสามารถบอกถึงระยะเวลาที่สิ่งมีชีวิตต่างๆ อาศัยอยู่ได้ อย่างไรก็ตาม การที่จะบอกถึงระดับน้ำทะเลท่วมขึ้นมานั้นจะต้องคำนึงด้วยว่า ซากสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่นำมากำหนดอายุสะสมตัวอยู่ในระดับความลึกเท่าไร ซึ่งตรงจุดนี้เอง หลายๆ งานวิจัยไม่ได้คำนึงถึงจึงทำให้เกิดความผิดพลาดในเรื่องของการลากขอบเขตแนวชายฝั่งทะเลโบราณได้

(3) หลักฐานทางโบราณคดี

การขุดค้นพบซากเรือ สมอเรือและเสากระโดงเรือ ตลอดจนเครื่องใช้ต่างๆ ในชุมชนโบราณหลายๆ แห่งได้ถูกนำมาอธิบายการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในอดีตเช่นกัน เช่น จากการศึกษาแนวชายฝั่งทะเลโบราณจากรูปถ่ายทางอากาศในพื้นที่ที่ราบภาคกลาง พบว่า ตำแหน่งที่ตั้งเมืองโบราณประมาณ 20 เมือง พบในระดับความสูง 3.5-4 เมตร เป็นเมืองในสมัยทวารวดี (Supajanya ปี ค.ศ. 1981) การเทียบเคียงทางโบราณคดีจัดได้ว่าเป็นการได้มาซึ่งอายุสัมพันธ์ (relative age) ซึ่งจะแตกต่างจากอายุสัมบูรณ์ (absolute age) ที่ได้จากกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแม้กระทั่งในทางธรณีวิทยาเองการเทียบเคียงก็เป็นสิ่งสำคัญและอาจจะทำให้ได้มาซึ่งอายุโดยประมาณในกรณีที่ไม่สามารถหาวัตถุอื่นๆ มาหาอายุทางวิทยาศาสตร์ได้

4. ชนิดของชายฝั่งและชั้นการสะสมตัวของตะกอนชายฝั่งในประเทศไทย

หากตั้งคำถามว่า ทำไมไม่ค่อยพบการสะสมตัวของตะกอนทรายหรือแนวสันทรายในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางหากกล่าวว่าพื้นที่ดังกล่าวเคยเป็นแนวชายฝั่งทะเลมาก่อน ทำไมชายฝั่งทะเลไทยมีความแตกต่างในเรื่องชนิดของตะกอนที่สะสมตัวชายฝั่ง คำตอบที่ดีที่สุดของคำถามข้างต้น คือต้องเริ่มการทำความเข้าใจโดยการจำแนกชนิดชายฝั่งทะเลออกมาก่อน ในประเทศไทยได้เคยมีผู้จำแนกชายฝั่งทะเลไว้ตามชนิดของลักษณะปรากฏของตะกอน (lithofacies) และชนิดของธรณีสัณฐาน (landforms) โดยการกำหนดชนิดชายฝั่งจะเรียกชื่อตามชนิดของตัวการหรือปัจจัยทางสมุทรศาสตร์ (oceanographic factors) เป็น 2 ประเภท คือ (1) ชายฝั่งที่ได้รับอิทธิพลจากคลื่นลมทะเล (wave-dominated coast) ได้แก่ ชายฝั่งที่พบการสะสมตัวของตะกอนขนาดทรายหยาบ เช่น แนวสันดอน

ทราย แนวสันทราย ซึ่งในประเทศไทยพบบริเวณภาคใต้และทางด้านตะวันตกของอ่าวไทย และ (2) ชายฝั่งที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลง (tide-dominated coast) ได้แก่ ชายฝั่งที่พบการสะสมตัวของตะกอนขนาดเล็กละเอียด พวกดินโคลน ในประเทศไทยพบบริเวณภาคตะวันออก เช่น จังหวัดจันทบุรี ตราด และบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาหรือที่ราบลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง (Choowong ปี ค.ศ. 2002a) อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าในพื้นที่ราบลุ่มเจ้าพระยาตอนบนพบเป็นลักษณะของการสะสมตัวอันเนื่องมาจากการทำงานของทางน้ำผสมกับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ฉะนั้น อาจจะกล่าวได้ว่า ที่ราบลุ่มเจ้าพระยาตอนบนเคยเป็นชายฝั่งที่ได้รับอิทธิพลจากทางน้ำและน้ำขึ้นน้ำลง (tide- and fluvial-dominated coast) จะเห็นว่าการจำแนกชนิดของชายฝั่งจะมีความสัมพันธ์กับชนิดของตะกอนที่สะสมตัวในบริเวณนั้นๆ ด้วย นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ อีก เช่น ความลาดชันของพื้นผิวที่รองรับตะกอน (substrate gradient) ซึ่งความลาดชันของพื้นผิวรองรับตะกอนนี้จะเป็นตัวช่วยลดความแรงของกระแสคลื่นลมทะเล หากเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย เช่น ที่ราบภาคกลาง จะไม่ค่อยพบการสะสมตัวของตะกอนขนาดทรายหรือแนวสันทราย หรืออาจจะพบได้ในลักษณะที่เป็นชั้นตะกอนบางแผ่ (tess) กระจัดกระจายในบางพื้นที่ปะปนอยู่กับชั้นตะกอนน้ำกร่อยที่เป็นดินเหนียว หรือดินโคลนสีดำ จะเห็นว่าอิทธิพลของปัจจัยทางสมุทรศาสตร์ เช่น ระดับน้ำขึ้นน้ำลง ทิศทางกระแสคลื่น ในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน เกิดจากการหมุนเวียนของกระแสน้ำกระแสคลื่นในทิศทางปกติและตรงกันข้ามสลับกัน (normal and reverse circulation) (Choowong ปี ค.ศ. 2002a) ที่เกิดขึ้นในทะเลในแต่ละช่วงเวลา การเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสน้ำและกระแสคลื่นอย่างฉับพลันจะสามารถทำให้ความสามารถที่น้ำทะเลจะพัดพาตะกอนมาสะสมตัวในบริเวณชายฝั่งได้ในปริมาณที่แตกต่างกันด้วย

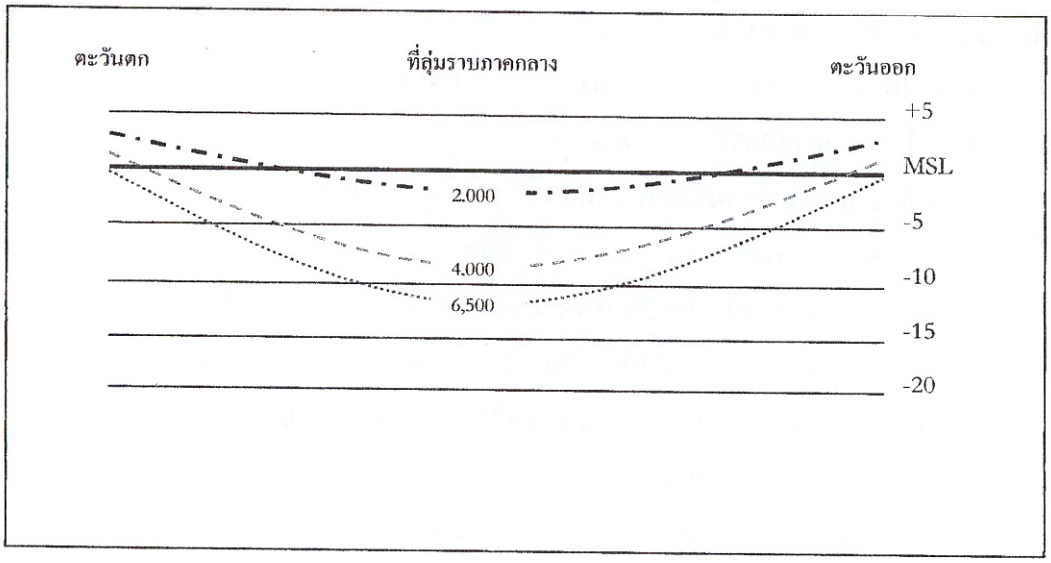
5. แนวคิดใหม่ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในที่ราบภาคกลาง

เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางว่า ชั้นตะกอนดินเหนียวกรุงเทพ (Bangkok clay) ครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างตลอดที่ราบลุ่มภาคกลางของประเทศไทย ซึ่งชั้นตะกอนดังกล่าวนี้ มีคุณสมบัติทางเคมีเป็นตะกอนน้ำกร่อย กล่าวคือ เกิดจากการสะสมตัวในบริเวณที่เป็นทะเลมาก่อน และมีความหนามากในบริเวณที่ใกล้ชายฝั่งทะเลปัจจุบันและความหนาลดลงไปสิ้นสุดในแผ่นดิน บางนักวิจัยกล่าวว่าไปสิ้นสุดบริเวณจังหวัดอ่างทองหรือบางครั้งพบขึ้นไปถึงจังหวัดสิงห์บุรี นอกจากนี้ชั้นตะกอนที่รองรับตะกอนดินเหนียวกรุงเทพจะเป็นชั้นตะกอนดินเหนียวแข็งมากปะปนกับทรายสีเหลืองเทา (Bangkok stiff clay) ซึ่งจากลักษณะทางกายภาพพบว่า เป็นชั้นตะกอนที่เกิดจากการพัดพาอันเนื่องมาจากการทำงานของแม่น้ำ จากการหาอายุชั้นตะกอนดังกล่าวได้อายุประมาณ 40,000-50,000 ปี (Nutalaya และ Rau ปี ค.ศ. 1981) ซึ่งเทียบได้กับตอนปลายสมัยไพลสโตซีน (late Pleistocene) อย่างไรก็ตามได้เคยมีการศึกษาชั้นตะกอนดินเหนียวกรุงเทพกันอย่างแพร่หลายรวมถึง

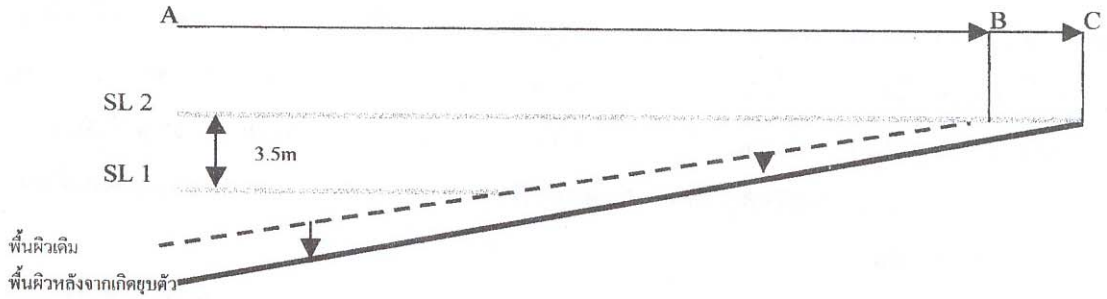
การนำเอาซากบรรพชีวินในชั้นตะกอนดังกล่าวไม่ว่าจะเป็นเศษถ่านไม้ หรือเศษเปลือกหอย ซากปู หรือไดอะตอม ไปศึกษาทางด้านสภาวะแวดล้อมของการสะสมตัวและกำหนดอายุวัตถุดังกล่าว พบว่า เป็นการสะสมตัวของตะกอนทะเลในช่วงสมัยโฮโลซีนในระดับความลึกที่แตกต่างกัน จะเห็นว่าหากนำข้อมูลอายุซากบรรพชีวินและระดับของการสะสมตัวที่พบซากบรรพชีวินเหล่านี้ทั้งจากบริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันตก ด้านตะวันออก และที่ราบลุ่มภาคกลางของอ่าวไทยมาหาความสัมพันธ์ดังแสดงในกราฟ (รูปที่ 1) จะพบว่า เส้นที่แสดงอายุเดียวกันของการสะสมตัว (time-line) ไม่ได้เป็นเส้นตรงแต่มีการยุบตัวลงไปเสมือนแอ่งสะสมตัว ซึ่งลักษณะเส้นอายุดังกล่าวไม่ค่อยเป็นไปตามธรรมชาติของการสะสมตัวของตะกอนเท่าใดนัก การยุบตัวของเส้นแสดงอายุเดียวกันเกิดขึ้นอย่างมากในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลาง ถามว่าอะไรเป็นสาเหตุของปรากฏการณ์ดังกล่าว ผู้เขียนได้ทำการการวิเคราะห์ข้อมูลและพยายามที่จะหาคำตอบก็พบว่ามีความเป็นไปได้ในสองแนวทาง แนวทางแรกคือ อาจจะเกิดจากการยุบตัวของตะกอนในพื้นที่ดังกล่าว (Isostatic subsidence) บริเวณที่ราบภาคกลางอันเนื่องมาจากสภาพพื้นที่ที่เป็นแอ่งตะกอนขนาดใหญ่ และอันเนื่องมาจากน้ำหนักของน้ำ (hydro-isostatic subsidence) และน้ำหนักตะกอน (sedimento-isostatic subsidence) ที่สะสมตัวกันและกดทับชั้นตะกอนด้านล่างตลอดเวลาหลังจากเกิดการอัดตัว (compaction) การยุบตัวนี้น่าจะเกิดขึ้นขณะที่มีการสะสมตัวของตะกอนน้ำกร่อยอย่างต่อเนื่อง (progradation)ในขณะที่ระดับน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างต่อเนื่อง (regressive sea-level changes) ซึ่งการยุบตัวนี้เองอาจจะทำให้การรุกของน้ำทะเลเข้าไปได้ไกลกว่าแนวชายฝั่งที่ที่ควรจะเป็นตามปกติ (รูปที่ 2) แนวทางที่สองคือ เกิดจากการยกตัวของแผ่นดินอันเนื่องมาจากการแปรสัณฐานสมัยใหม่ (neo-tectonism) ซึ่งจากงานวิจัยเก่าที่ผ่านมาพบว่ามีผู้รายงานว่ามีการเลื่อนตัวของแผ่นดินสมัยใหม่ (neo-fault) เกิดขึ้นทางด้านตะวันออกของพื้นที่ราบลุ่มภาคกลาง (Thiramongkol ปี ค.ศ. 1986) อย่างไรก็ตามทั้งสองแนวคิดนี้เป็นสมมติฐานใหม่และต้องรอการพิสูจน์ทางธรณีวิทยาชายฝั่งต่อไป

6. บทวิเคราะห์แนวชายฝั่งทะเลไทยสมัยโฮโลซีน

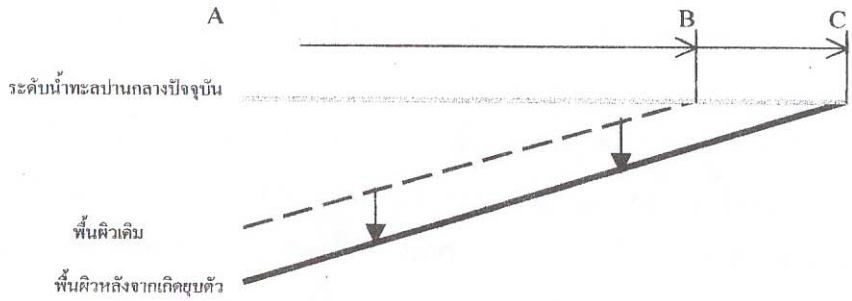
หลายท่านคงสงสัยว่าแนวชายฝั่งทะเลไทยสมัยโฮโลซีนอยู่ที่ใดกันแน่ และชายฝั่งทะเลในสมัยนั้นน่าจะเป็นรูปแบบใด ในอดีตที่ผ่านมานักธรณีวิทยาหลายท่านได้พยายามลากขอบเขตของแนวชายฝั่งทะเลสมัยโฮโลซีน เช่น Nutalaya และ Rau (ปี ค.ศ. 1981) Supajanya (ปี ค.ศ. 1981 และ 1983) Somboon (ปี ค.ศ. 1990) เป็นต้น ซึ่งการลากขอบเขตดังกล่าวอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ในบทความนี้ผู้เขียนขอแสดงความคิดเห็นและแนวทางการศึกษาชายฝั่งทะเลโบราณสมัยโฮโลซีน โดยจะขอเริ่มจากการวิเคราะห์แนวชายฝั่งทะเลที่เคยมีผู้ศึกษามาแล้วดังกล่าวข้างต้น



รูปที่ 1. แผนภาพตัดขวางตั้งแต่ด้านตะวันตกผ่านที่ราบลุ่มภาคกลางถึงทางด้านตะวันออกแสดงเส้นแสดงอายุเดียวกัน (time-lines) ของการสะสมตัวของตะกอนในช่วงอายุ 2,000 ปี 4,000 ปี และ 6,500 ปี ที่ได้จากผลการหาอายุโดยวิธีคาร์บอน 14 จากลักษณะเส้น time-lines พบว่ามีการยุบตัวของชั้นตะกอนต่ำกว่าระดับปกติในบริเวณที่ราบภาคกลางเมื่อเปรียบเทียบกับด้านตะวันตกและด้านตะวันออก ซึ่งการยุบตัวอาจจะเกิดจากน้ำหนักของน้ำทะเลและตะกอนที่กดทับอยู่ด้านบนพื้นทะเลขณะที่มีการท่วมขึ้นและลดระดับลงของน้ำทะเล หรือ อาจจะเกิดจากแปรสัณฐานสมัยใหม่ (neo-tectonism) (ดัดแปลงจาก Choowong, ปี ค.ศ. 2002b)



(a)



(b)

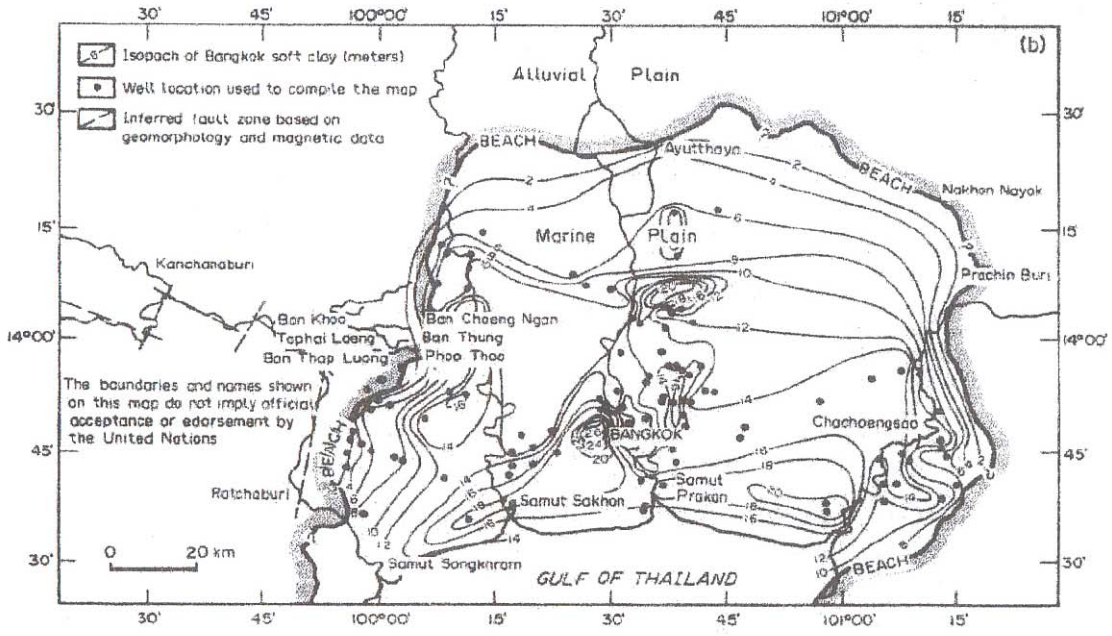
รูปที่ 2. แบบจำลองแสดงการปรับระดับพื้นผิวที่รองรับตะกอนในพื้นที่ลุ่มต่ำชายฝั่งทะเลไทยโดยเฉพาะที่ราบลุ่มต่ำภาคกลาง (รูปบน a) แสดงการท่วมขึ้นมาของน้ำทะเลจากระดับ SL1 ถึง SL2 โดยมีระดับการท่วมขึ้นมาประมาณ 3.5 เมตร น้ำหนังของน้ำทะเล (hydro-isostatic subsidence) และน้ำหนักของตะกอนที่ปิดทับอยู่ด้านบนพื้นทะเล (sedimento-isostatic subsidence) อาจจะทำให้เกิดการกดทับและยุบตัวได้ ซึ่งการยุบตัวนี้อาจจะทำให้ระดับน้ำทะเลรุกเข้าไปในแผ่นดินจาก A ไป C แทนที่จะเป็นจาก A ไป B (รูปล่าง b) แสดงผลการยุบตัวในปัจจุบันที่เกิดจากการสูบน้ำใต้ดินไปใช้โดยเฉพาะในเขตที่ราบภาคกลางตอนล่าง ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการรุกเข้ามาของน้ำทะเลคล้ายกับกรณีรูปบนได้

(ดัดแปลงจาก Choowong ปี ค.ศ. 2002b)

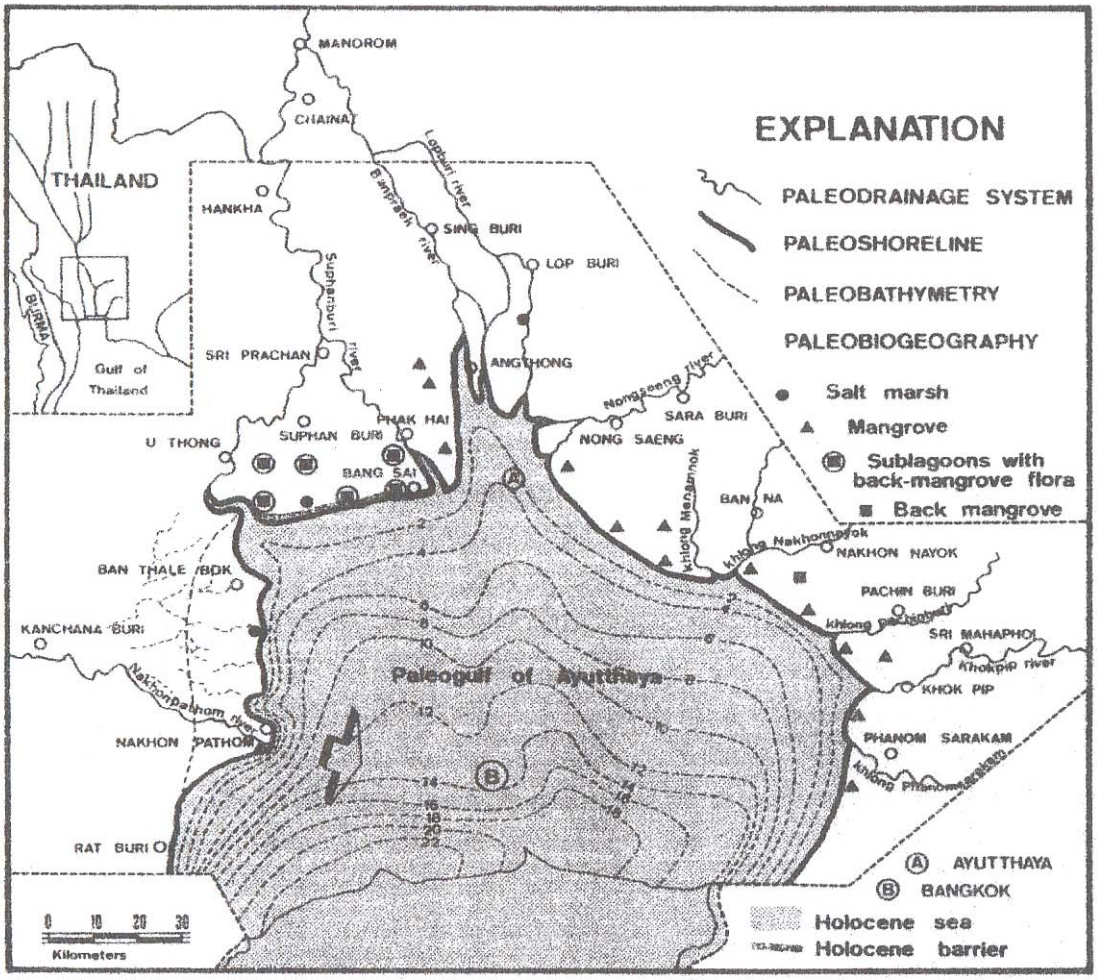
Nutalaya และ Rau (ปี ค.ศ. 1981) และ Somboon (ปี ค.ศ. 1990) ได้ใช้การเจาะสำรวจชั้นตะกอนและลักษณะตะกอนที่พบเป็นตัวบ่งชี้แนวชายฝั่งทะเลเก่าในช่วงอายุต่างๆ กัน และได้ลากแนวชายฝั่งทะเล ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4 ในขณะที่ Supajanya (ปี ค.ศ. 1981 และ 1983) ได้ลากแนวชายฝั่งทะเลสมัยตอนปลายโฮโลซีนจากรูปถ่ายทางอากาศโดยสัมพันธ์กับการตั้งถิ่นฐานชุมชนโบราณสมัยทวารวดี (รูปที่ 5) โดยสรุปไว้ว่า แนวชายฝั่งทะเลดังกล่าวอยู่ที่ระดับความสูง 3.5-4 เมตร จากระดับน้ำทะเลปัจจุบัน นอกจากนี้กลุ่มนักวิจัยล่าสุดที่ได้นำเสนอวิวัฒนาการของธรณีสัณฐานที่เกี่ยวข้องกับแนวชายฝั่งทะเลโบราณของที่ราบภาคกลาง คือ Umitsu และคณะ (ปี ค.ศ. 2002) (รูปที่ 6) และ Saito และคณะ (ปี ค.ศ. 2002) (รูปที่ 7) ซึ่งการลากขอบเขตแนวชายฝั่งทั้งหมดมีเหตุผลและอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่แตกต่างกันทำให้การตีความหมายของแต่ละคณะวิจัยได้ผลสรุปที่แตกต่างกันไปด้วย

อย่างไรก็ตามในบทความนี้ ผู้เขียนขอนำเสนอแนวทางในการลากขอบเขตแนวชายฝั่งทะเลโบราณโดยเฉพาะชายฝั่งทะเลในสมัยโฮโลซีนตอนปลาย โดยน่าจะเริ่มจากการวิเคราะห์ข้อมูลโทรสัมผัส เช่น การแปลข้อมูลจากรูปถ่ายทางอากาศ รูปถ่ายจากดาวเทียม ก่อนที่จะมีการสำรวจหาหลักฐานทางกายภาพทางธรณีวิทยาและธรณีสัณฐานวิทยา หลักฐานทางชีววิทยาและบรรพชีวินในภาคสนาม (ดังแสดงในหัวข้อที่ 3) ที่แสดงถึงระดับที่น้ำทะเลขึ้นสูงสุดในสมัยโฮโลซีน (Holocene highstand) เมื่อทราบระดับที่แสดงถึงการท่วมขึ้นมาสูงสุดของน้ำทะเลที่แน่นอนแล้วอาจจะสามารถกำหนดแนวชายฝั่งอย่างคร่าวๆ จากการกลับไปตรวจสอบผลการแปลข้อมูลโทรสัมผัสในขณะที่น้ำทะเลท่วมขึ้นมาสูงสุดได้โดยเฉพาะที่ราบภาคกลางซึ่งเป็นบริเวณที่ค่อนข้างจะกำหนดขอบเขตความสูงของพื้นที่ในอดีตได้ค่อนข้างยากซึ่งทำได้โดยการกำหนดขอบเขตตามระดับความสูงของพื้นที่หรือสภาพภูมิประเทศในปัจจุบัน ซึ่งแนวชายฝั่งที่ได้จะเป็นแนวชายฝั่งโดยประมาณ เพราะเราไม่สามารถทราบถึงลักษณะภูมิประเทศในอดีตได้อย่างชัดเจนโดยเฉพาะเมื่อประมาณตอนกลางสมัยโฮโลซีน หลังจากทราบความสูงที่น้ำทะเลท่วมขึ้นสูงสุดแล้ว สิ่งต่อมาที่ควรจะทำคือ ต้องสร้างกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของระดับน้ำทะเลสัมพันธ์กับช่วงเวลาต่างๆ (sea-level curve) เพื่อให้เห็นวิวัฒนาการการขึ้นลงของระดับน้ำทะเลโดยภาพรวมตั้งแต่ตอนต้นสมัยโฮโลซีนมาจนถึงปัจจุบัน การสร้าง sea-level curve สามารถทำได้จากการนำผลวิเคราะห์อายุของซากชีวิตที่ได้ในระดับความลึกต่างๆ ซึ่งขั้นตอนการเก็บตัวอย่างและการหาอายุจำเป็นต้องมีความระมัดระวังเป็นอย่างมากในเรื่องของค่าความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในทุกขั้นตอน

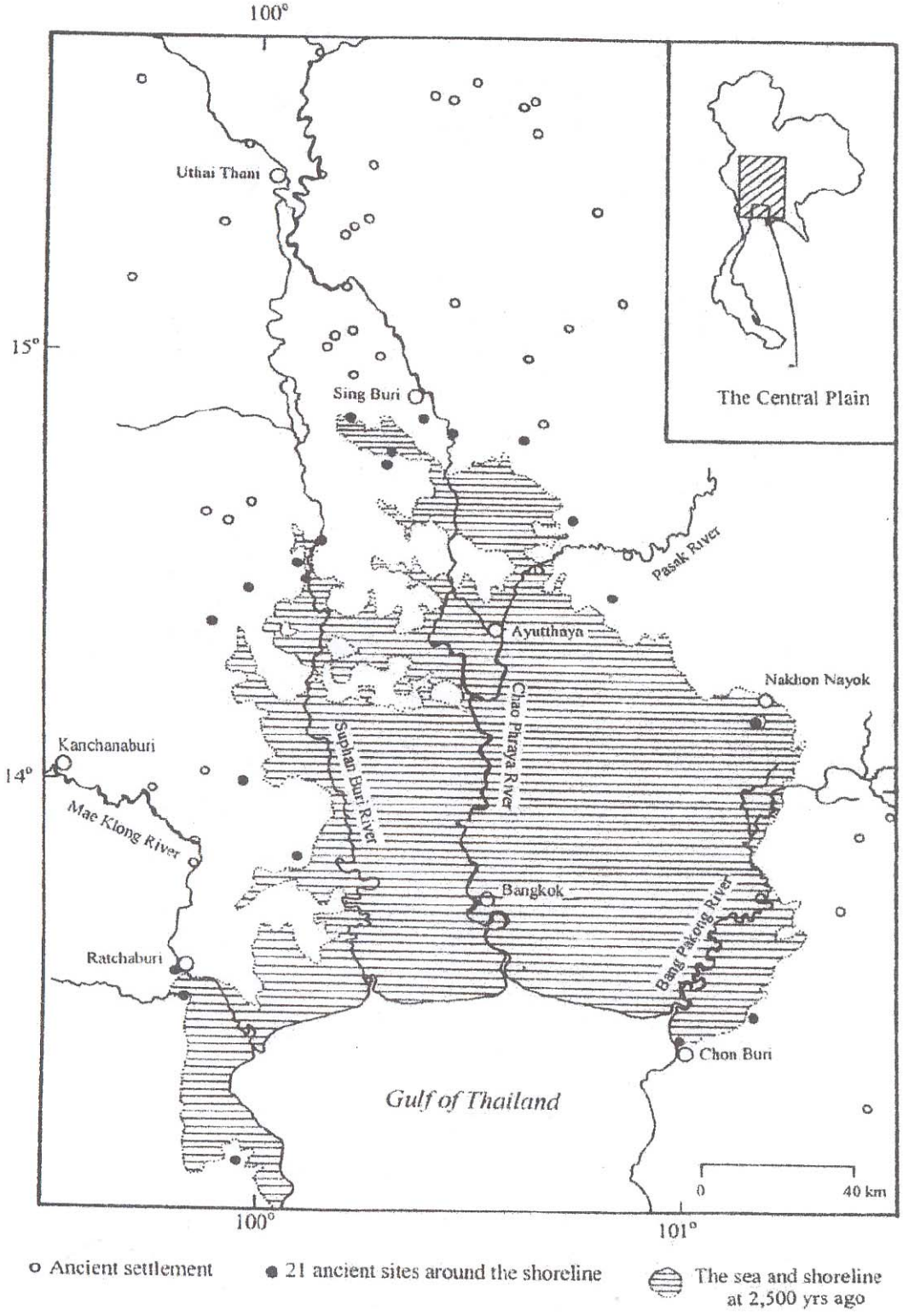
ในประเทศไทยกราฟแรกที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในสมัยโฮโลซีนสร้างขึ้นโดย Sinsakul และคณะ (ปี ค.ศ. 1985) (รูปที่ 8) และล่าสุด Choowong (ปี ค.ศ. 2002a) ได้สร้างกรอบของกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล (รูปที่ 9) จากกราฟของ Sinsakul และคณะ (ปี ค.ศ. 1985) จะเห็นว่าที่ระดับความสูงประมาณ 4-5 เมตรจากระดับน้ำทะเลปัจจุบันเป็นระดับที่น้ำทะเลเคยท่วมขึ้นสูงสุดในประเทศไทย ซึ่งเป็นระดับที่แตกต่างจากกราฟที่เสนอโดย Choowong (ปี



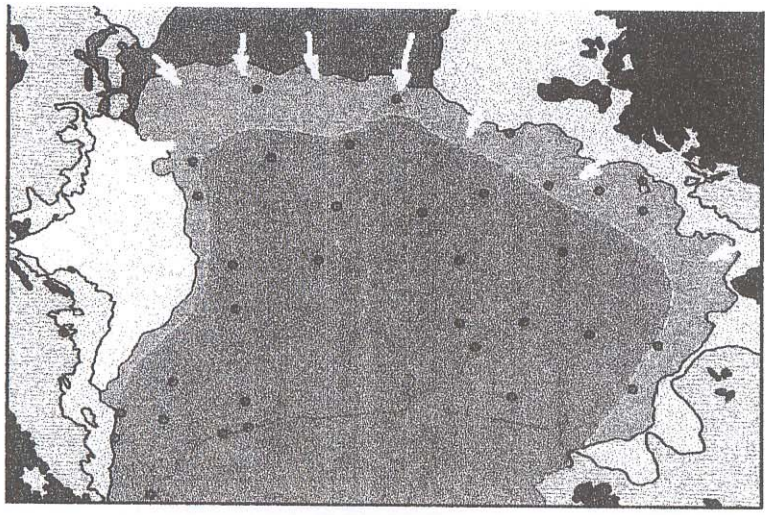
รูปที่ 3 แสดงแนวชายฝั่งทะเลโบราณ (palaeo-shoreline) โดย Nutalaya และ Rau (ปี ค.ศ. 1981)



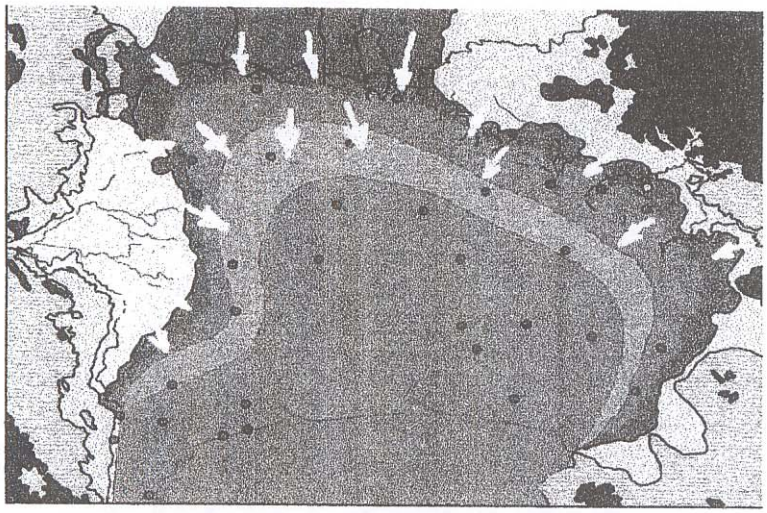
รูปที่ 4 แผนที่แสดงแนวชายฝั่งทะเลโบราณ (palaeo-shoreline) ซึ่งเป็นแนวชายฝั่งในขณะที่น้ำทะเลท่วมขึ้นสูงสุด (highstand) (ดัดแปลงจาก Somboon ปี ค.ศ. 1990)



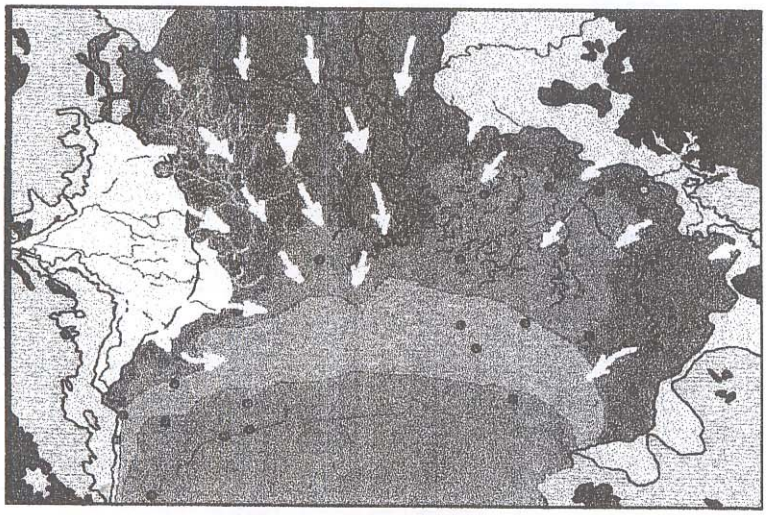
รูปที่ 5 แสดงชายฝั่งทะเลโบราณ (palaeo-shoreline) ประมาณสมัยทวารวดีอยู่ที่ระดับความสูงภูมิประเทศประมาณ 2-3.5 เมตร ที่สัมพันธ์กับการตั้งถิ่นฐานชุมชนโบราณ (ดัดแปลงจาก Supajanya ปี ค.ศ. 1981)



7,000 cal. yr BP

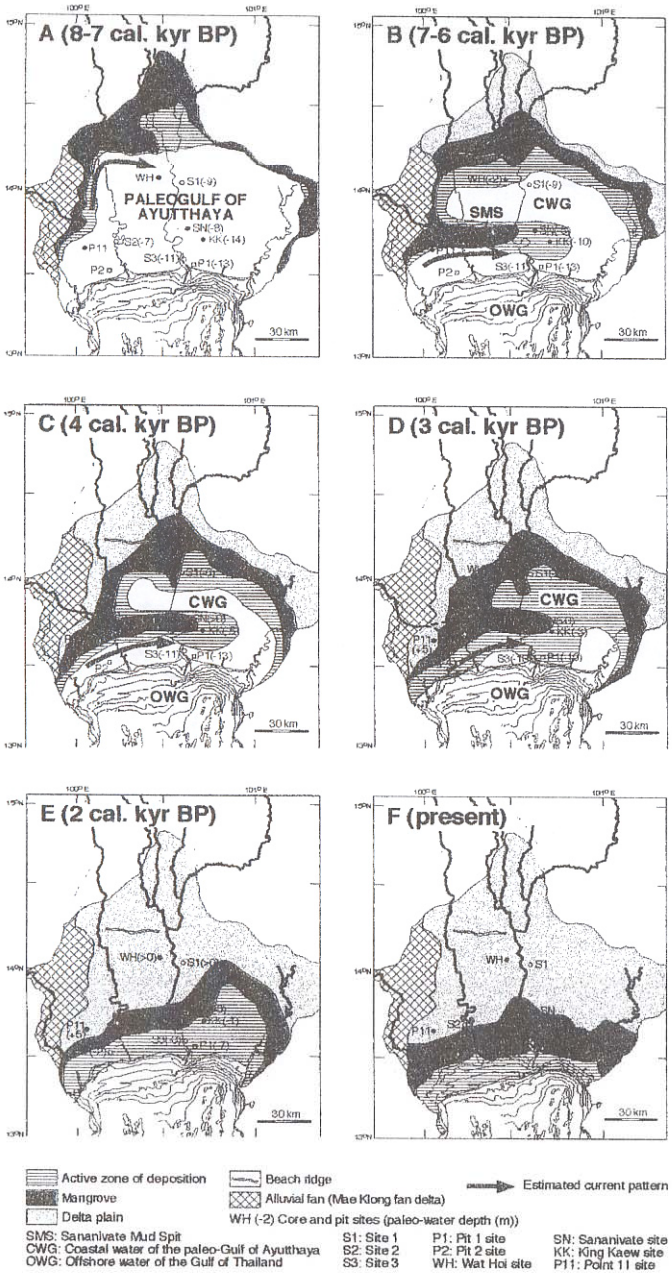


4,000 cal. yr BP

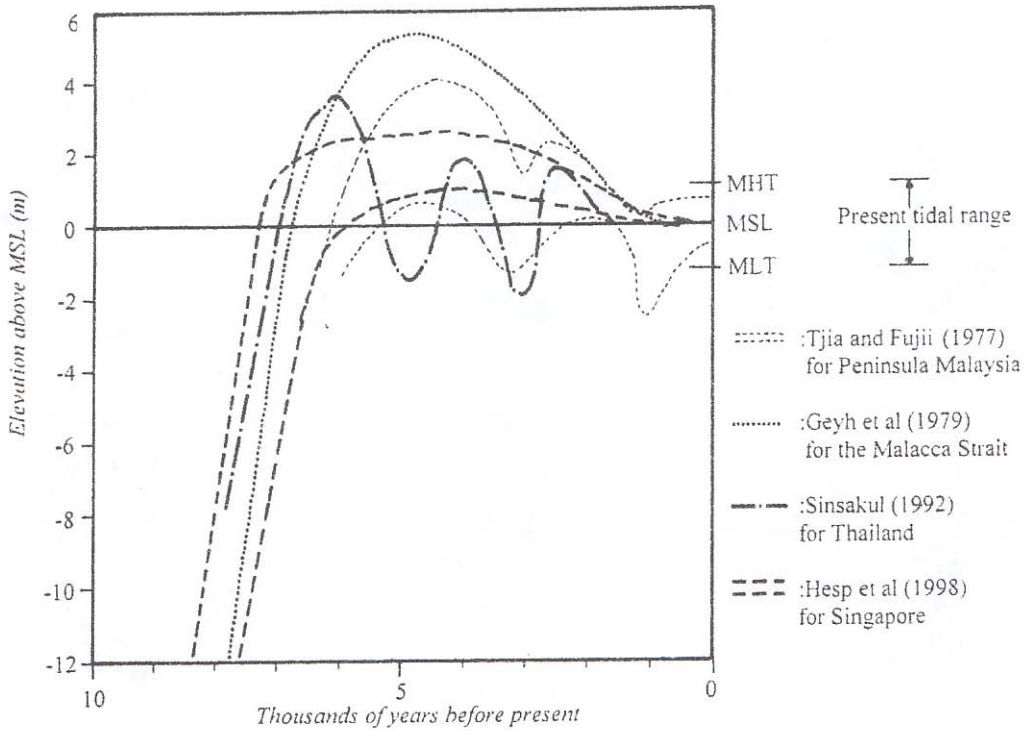


2,000 cal. yr BP

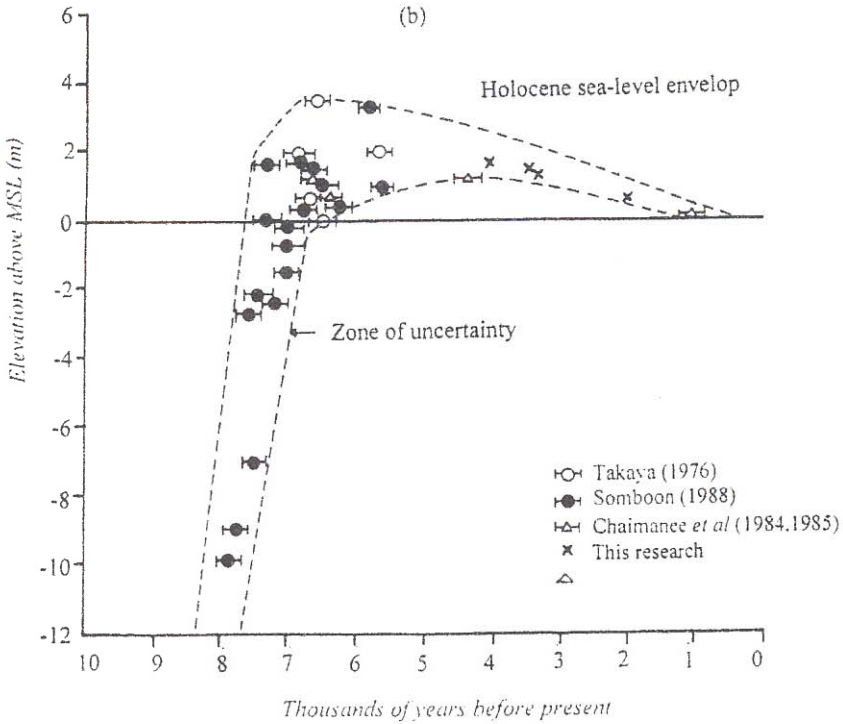
รูปที่ 6 แสดงแนวชายฝั่งทะเลโบราณและวิวัฒนาการธรณีสัณฐานบริเวณที่ราบภาคกลาง (ดัดแปลงจาก Umitsu และคณะ ปี ค.ศ. 2002)



รูปที่ 7 แสดงวิวัฒนาการธรณีสัณฐานในสมัยโฮโลซีนบริเวณที่ราบภาคกลาง (ดัดแปลงจาก Saito และคณะ ปี ค.ศ. 2002)



รูปที่ 8 แสดงเส้นกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล (sea-level curve) ของประเทศไทยโดย Sinsakul และคณะ (ปี ค.ศ. 1985) เปรียบเทียบกับกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในประเทศแภบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ดัดแปลงจาก Choowong ปี ค.ศ. 2002a)



รูปที่ 9 แสดงกรอบเส้นกราฟของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล (sea-level curve envelop) ในประเทศไทย ซึ่งได้จากการนำค่าอายุที่ได้จากวิธีคาร์บอน 14 จากกราฟจะเห็นว่าน้ำทะเลได้เคยท่วมขึ้นมาสูงสุดที่ระดับความสูงประมาณ 3.5-4 เมตร ในช่วงเวลาประมาณ 6,500 ปีที่ผ่านมา (ดัดแปลงจาก Choowong ปี ค.ศ. 2002)

ค.ศ. 2002a) เล็กน้อย อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟที่ได้จากประเทศในแถบภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้พบว่า มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันและระดับที่น้ำทะเลท่วมขึ้นสูงสุดก็ไม่แตกต่างกันมากนัก

และจากแนวคิดใหม่เรื่องการยุบตัวของตะกอนโดย Choowong (ปี ค.ศ. 2002b) ที่ได้นำเสนอไปแล้วข้างต้นนั้นจะพบว่า การลากขอบเขตแนวชายฝั่งทะเลโบราณในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางอาจจะทำได้ไม่ง่ายนักและควรคำนึงถึงอัตราการยุบตัวของชั้นตะกอนที่อาจจะมีผลสืบเนื่องไปถึงการเปลี่ยนระดับของสภาพภูมิประเทศตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันได้ ซึ่งอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า รูปแบบและขอบเขตของแนวชายฝั่งทะเลโบราณในสมัยโฮโลซีนตอนกลางถึงตอนปลายอาจจะไม่เป็นไปตามที่นักวิจัยเก่าๆ ได้นำเสนอมาก็เป็นได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานศิลปากรที่ 2 จังหวัดสุพรรณบุรี ที่ได้เชิญผู้เขียนเป็นวิทยากรในการประชุมสัมมนา เรื่อง ความก้าวหน้าในการศึกษาด้านโบราณคดีและเมืองโบราณในวัฒนธรรมทวารวดี ข้อมูลที่นำมาเผยแพร่ในบทความนี้ส่วนหนึ่งได้มาจากโครงการวิจัยวิวัฒนาการชายฝั่งทะเลไทย สนับสนุนโดยกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ได้รับความช่วยเหลือจากโครงการวิจัยแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย และภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

Chonglakmani, C., Ingavat, R., Piccoli, G., and Robba, E. 1983. The last marine submersion of the Bangkok area in Thailand. *Memorie Di Scienze Geologiche*. Padova Vol. XXXVI, 35-352.

Choowong, M., 2002a. The geomorphology and assessment of indicators of sea-level changes to study coastal evolution from the Gulf of Thailand. The International Symposium on Geology of Thailand, 26-31 August 2002, Bangkok, Thailand., pp207-220

Choowong, M., 2002b. Isostatic models and Holocene relative changes in sea level from the coastal lowland area in the Gulf of Thailand. *Journal of Scientific Research, Chulalongkorn University*, Vol. 27, No. 1, pp. 83-92.

Hesp. A.P., Hung, C.C., Hilton, M., Ming, C.L., Turner, M.I. 1998. A first tentative Holocene Sea level curve for Singapore. Journal of Coastal Research. 14(1), Royal Palm Beach, Florida., 308-314.

Hoang Ngoc Ky. 1989. The Quaternary Geology of the Mekong Lower Plain and Islands in Southern Vietnam. *Proceedings of the Workshop on Correlation of Quaternary Successions in South, East and Southeast Asia*. November 21-24, 1988. Bangkok, Thailand., 215-242.

Le Van Cu, Nguyen Dich Dy and Dao Thi Mien. 1989. Stratigraphy of the Pliocene-Quaternary Deposits on the Southeastern Vietnam Continental Shelf and the Mekong Delta. *Proceedings of the Workshop on Correlation of Quaternary Successions in South, East and Southeast Asia*. November 21-24, 1988. Bangkok, Thailand., 243-250.

Nutalaya, P., and Rau, J.J. 1981. Bangkok: The Sinking Metropolis. *Episodes*. Vol. 1981. No.4., 3-8.

Saito, Y., Tanabe, S, Sato, Y., Suzuki, Y., 2002. Holocene evolution of the Lower Central Plain of Thailand. The Symposium on Geology of Thailand, 26-31 August, 2002, Bangkok, Thailand, pp. 201-206.

Sinsakul, S., Sonsuk, M., and Hasting, P.J. 1985. Holocene sea levels in Thailand: evidence and basis for interpretation. *Geol. Soc. Thailand*, 8, 1-12.

Sinsakul, S. 1992. Review Paper: Evidence of Quaternary sea level changes in the coastal areas of Thailand: a review. *Jour. of SE Asian Earth Sciences*. Vol.7, No. 1, 23-37.

Somboon, J.R.P., 1990. Geomorphology of the Chao Phraya Delta, Thailand. Unpublished Ph.D Dissertation, Kyoto University, Japan, 86.

Somboon, J.R.P. and Thiramonkol, N. 1992. Holocene highstand shoreline of the Chao Phraya Delta, Thailand. *Jour. of SE Asian Earth Sciences*. Vol.7, No.1., 53-60.

Supajanya, T., 1981. Delineation of the regression shorelines in the lower Chao Phraya Plain. Proceedings of the Seventeenth Session, Committee for Coordination of Joint Prospecting for Mineral Resources, pp. 232-237.

Supajanya, T., 1983. Tentative correlation of old shorelines around the Gulf of Thailand. First Symposium on Geomorphology and Quaternary Geology of Thailand, Bangkok, Thailand, October 1983, pp. 96-105.

Thiramongkol, N. 1983. Geomorphology of the lower Central Plain, Thailand. Third Meeting of the Working Group on Geomorphology and Quaternary Geology of Thailand, Bangkok, Thailand. October 1983, 13-25.

Thiramongkol, N. 1986. Neotectonism and rate of uplift in the eastern margin of the lower Central Plain of Thailand. *Proceedings of the Workshop on Economic Geology, Tectonics, Sedimentary Processes and Environment of Southeast Asia*, Haad Yai, Thailand, 3-7 February 1986, 3-22.

Tjia, H.D. 1986. Tectonics, volcanism and sea level changes during the Quaternary in Southeast Asia. In Thiramongkol, N. (ed.), *Proceedings of Workshop on Economic Geology, Tectonics, Sedimentary Processes and Environment of Southeast Asia*, Haad Yai, Thailand, 3-7 February 1986, 3-22.

Umitsu, M., Tiyapairach, S., Chaimanee, N., Kawase, K., 2002. Late Holocene sea-level change and evolution of the Central Plain, Thailand. The Symposium on Geology of Thailand, 26-31 August, 2002, Bangkok, Thailand, pp. 196-200.