ความคลาดเคลื่อนของแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไป (GEBCO1 และ ETOPO1) ในบริเวณอ่าวไทยตอนบน
Discrepancy of the general bathymetry (GEBCO1 and ETOPO1) in the Upper Gulf of Thailand

เผชิญโชค จินตเศรณี* และอนุกูล บูรณประทีปรัตน์
ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
Pachoenchoke Jintasaeranee* and Anukul Buranaprathepprat
Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของความลึกบริเวณอ่าวไทยตอนบนระหว่าง ข้อมูลพื้นมหาสมุทรทั่วไปและข้อมูลการหยั่งความลึกน้ำ ข้อมูลพื้นมหาสมุทรทั่วไปประกอบด้วย GEBCO 1 arc-minute (GEBCO1) และ ETOPO 1 arc-minute (ETOPO1) ความละเอียดประมาณ 1.85 กิโลเมตร ข้อมูลการหยั่งน้ำประกอบด้วยแผนที่เดินเรือของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ จำนวนทั้งสิ้น 17 ระวาง การวิเคราะห์ชุดข้อมูลทั้งหมดเป็นการเปรียบเทียบความลึกเชิงพื้นที่ระหว่างแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไปทั้งสองกับแผนที่เดินเรือ ข้อมูลประมาณร้อยละ 35 ของพื้นที่ (GEBCO1 34.50%, ETOPO1 34.84%) บริเวณชายฝั่งทางด้านทิศเหนือและทางด้านทิศตะวันตกของอ่าว มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 5% ของความลึก ประมาณร้อยละ 45 (GEBCO1 44.92%, ETOPO1 45.31%) บริเวณตอนกลางและด้านทิศใต้ของอ่าว มีความคลาดเคลื่อนประมาณ 5-20 เมตร พื้นที่เกือบทั้งหมดบริเวณด้านทิศตะวันออกของอ่าว มีความคลาดเคลื่อนมากกว่า 20 เมตร การตรวจสอบแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์ข้อมูลแผนที่พื้นทะเลทั่วไปบริเวณชายฝั่ง

คำสำคัญ : แผนที่พื้นมหาสมุทร, อ่าวไทยตอนบน, GEBCO1, ETOPO1

Abstract

This research is an investigating on the accuracy of the bathymetry in the Upper Gulf of Thailand between the general bathymetric data and the ship-line sounding data. The general bathymetric data include the GEBCO 1 arc-minute (GEBCO1) and the ETOPO 1 arc-minute (ETOPO1) with approximated grid resolution 1.85 km. The sounding data comprise seventeen navigational charts of Hydrographic Department, the Royal Thai Navy. The analyses of those data are the spatial comparison of their depths between both general bathymetry and the navigational charts. The data of approximately 35% of the area (GEBCO1 34.50%, ETOPO1 34.84%) which is the coastal area in the northern- and the western part of the Gulf has an error less than 5% of water depth. Of about 45% (GEBCO1 44.92%, ETOPO1 45.31%) which is the area in the central- and the southern part of the Gulf has error 5-20 m. Most of the area in the eastern part of the Gulf has error over 20 m. The testing illustrated clearly the limitation in utilization of the general bathymetric data in the coastal zone.

Keyword : bathymetry, the Upper Gulf of Thailand , GEBCO1, ETOPO1

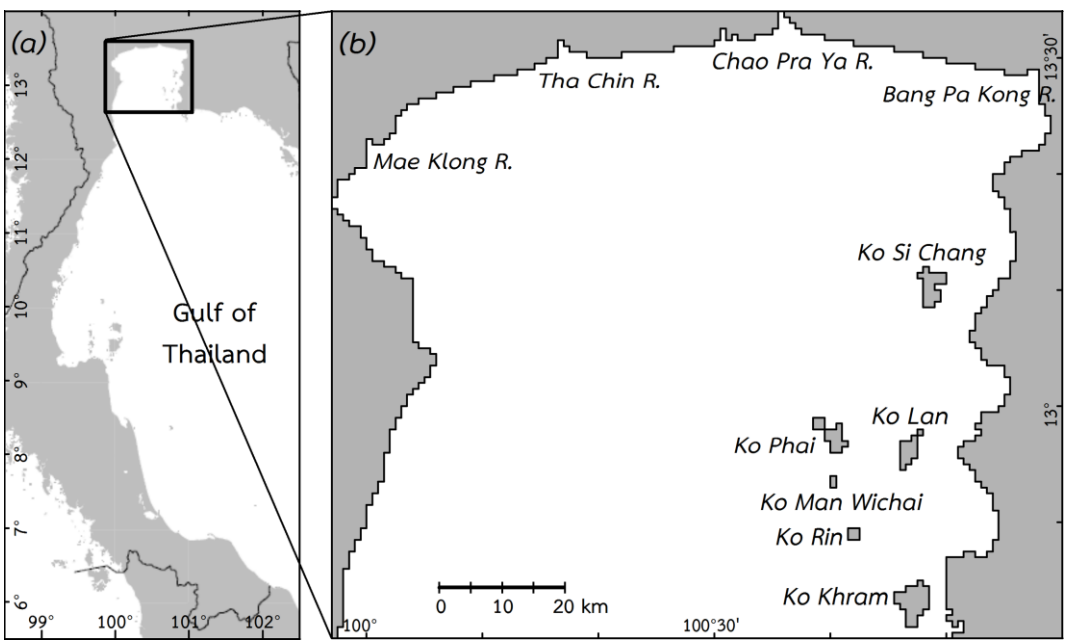
***Corresponding author.** E-mail: pachoenc@buu.ac.th

บทนำ

ข้อมูลความลึกแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไป (general bathymetric data) แสดงให้เห็นลักษณะพื้นทะเลบริเวณด้านทิศตะวันตกของอ่าวไทยตอนบนค่อนข้างราบเรียบ ในขณะที่พื้นทะเลทางด้านทิศตะวันออกของอ่าวกลับมีลักษณะขรุขระ เป็นแอ่งและร่องน้ำ ข้อมูลความลึกที่ลักษณะเฉพาะของพื้นทะเลเช่นนี้มีความสำคัญต่อการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการไหลเวียนของมวลน้ำ การทำนายการกระจายและการผสมผสานของมลสารในอ่าวไทยตอนบน แม้ว่าความลึกจากแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไปนั้นจะเป็นข้อมูลนำเข้าชุดหนึ่งจากหลายชุดข้อมูลซึ่งถูกใช้ในการคำนวณในแบบจำลองก็ตาม แต่ก็เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากความน่าเชื่อถือของข้อมูลความลึกที่นำเข้านี้ส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของผลการทำนายตามแบบจำลอง (อนุกูล บูรณประทีปรัตน์, 2551; อนุกูล บูรณประทีปรัตน์ และคณะ, 2552) ซึ่งยังไม่เคยมีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลความลึกจากแผนที่พื้นทะเลทั่วไปบริเวณอ่าวไทยตอนบนมาก่อน

อ่าวไทยตอนบน (ภาพที่ 1) ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 10,150 ตารางกิโลเมตร มีลักษณะเป็นอ่าวถูกกึ่งปิดล้อมด้วยพื้นที่จังหวัดชายฝั่งทะเล ได้แก่ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ ธนบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี (ราชกิจจานุเบกษา, 2502) ของเสียที่เกิดจากกิจกรรมในชุมชน การดำเนินงานในภาคอุตสาหกรรม และเกษตรกรรม บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง มักถูกปล่อยลงสู่อ่าวไทยตอนบนโดยตรง ผ่านทางแม่น้ำสายหลักทั้ง 4 สาย ได้แก่ แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำบางปะกง ทำให้บริเวณนี้มีการสะสมสารอาหารและสารมลพิษเพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำทะเลเสื่อมโทรมตามมา และมีแนวโน้มจะก่อให้เกิดปัญหารุนแรงมากขึ้นตามลำดับ (กรมควบคุมมลพิษ, 2544, 2550, 2551, 2552) โดยเฉพาะปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีซึ่งอาจพบในอ่าวไทยตอนบนได้ตลอดทั้งปี (ปรีชา พาชื่นใจ, 2544; รวมทรัพย์ ชำนาญธนา, 2547, 2549) นอกจากนี้การรั่วไหลของคราบน้ำมันเนื่องจากการขนส่งสินค้าทางเรือก็เป็นอีกกิจกรรมหนึ่งซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาสภาพแวดล้อมได้เช่นกัน ด้วยเหตุนี้การศึกษาการกระจายของมลสาร การผสมผสาน และการไหลเวียนของมวลน้ำในบริเวณดังกล่าวจึงมีความสำคัญมากขึ้นตามลำดับ

เมื่อไม่นานมานี้มีการเผยแพร่ข้อมูลแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไปความละเอียดสูง (1 ไมล์ทะเล หรือประมาณ 1.853 กิโลเมตร) ได้แก่ the General Bathymetric Chart of the Oceans 1 arc-minute (GEBCO1) เผยแพร่โดย the General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO) และ the Global relief model of Earth's surface 1 arc-minute (ETOPO1) เผยแพร่โดย the National Geophysical Data Center (NGDC) อีกทั้งอนุญาตให้นำข้อมูลดังกล่าวมาใช้เพื่อการศึกษาได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย อย่างไรก็ตาม ยังไม่เคยมีการนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้า



ภาพที่ 1 (a) อ่าวไทยและอ่าวไทยตอนบน (b) ภาพขยายพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน

ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์บริเวณอ่าวไทยตอนบน อีกทั้งยังไม่เคยมีการรายงานความคลาดเคลื่อนของข้อมูลชุดดังกล่าวมาก่อน แม้ว่าความคลาดเคลื่อนนี้เป็นข้อจำกัดของการใช้ข้อมูลความลึกแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไปในบริเวณชายฝั่งก็ตาม (Sandwell *et al*., 2006) ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของข้อมูลความลึกของแผนที่ทั้งสองชุดดังกล่าวกับข้อมูลที่ได้จากการวัดในภาคสนามก่อนนำมาใช้ประโยชน์

งานวิจัยนี้ มีจุดประสงค์เพื่อให้ทราบความคลาดเคลื่อนของข้อมูลความลึกของแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไป ขนาด 1 ไมล์ทะเล ชนิด GEBCO1 และ ETOPO1 นอกจากนี้ยังเป็นการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของข้อมูลความลึกแผนที่พื้นมหาสมุทรทั้งสองชุดบริเวณอ่าวไทยตอนบนเป็นครั้งแรก โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลความลึกจากการหยั่งน้ำแผนที่เดินเรือที่เผยแพร่โดยกองสร้างแผนที่ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (The Royal Thai Navy; RTN)

วิธีการวิจัย

แผนที่ GEBCO1 (IOC, IHO and BODC, 2003) ที่นำมาใช้นี้มีความละเอียด 1 ไมล์ทะเล หรือประมาณ 1.853 กิโลเมตร ข้อมูลความลึกในแผนที่ได้จากการตรวจวัดความผิดปกติของแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity anomaly) ด้วยดาวเทียมวัดความสูง (satellite altimetry) เทียบกับจีออยด์ (geoid) ที่พื้นผิวโลก ข้อมูลที่ได้มีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน และปรับเทียบความลึกมหาสมุทรกับระดับน้ำทะเลปานกลาง (Smith & Sandwell, 2004) ก่อนนำมาสร้างแบบจำลองแสดงลักษณะพื้นมหาสมุทรทั่วไป (Sandwell, 1991) ส่วนแผนที่ ETOPO1 (Amante & Eakins, 2009) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีความละเอียด 1 ไมล์ทะเล เช่นเดียวกัน ข้อมูลความลึกในแผนที่นี้พัฒนาจากแผนที่ชนิด ETOPO2v2 ความละเอียด 2 ไมล์ทะเล มีจุดประสงค์เพื่อสนับสนุนแบบจำลองการทำนายคลื่นสึนามิและแบบจำลองการไหลเวียนของมวลน้ำในมหาสมุทร ข้อมูลความลึกในแผนที่เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลางเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีการปรับแก้ข้อมูล โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพื้นท้องทะเล (bathymetry) โดยใช้คลื่นเสียงสะท้อน (echo-sounding) ที่ได้รับจากหลายหน่วยงาน เช่น the Japan Oceanographic Data Center (JODC), the National Geophysical Data Center (NGDC), the Caspian Environment Programme (CEP), และ the Mediterranean Science Commission (CIESM) เป็นต้น โครงสร้างของแผนที่ทั้งสองชนิดเป็นแบบเมอเคเตอร์ (Mercator projection) ใช้ระบบพิกัด World Geodetic System 1984 (WGS84) เช่นเดียวกัน

แผนที่ RTN บริเวณอ่าวไทยตอนบนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 17 ระวาง มาตราส่วนระหว่าง 1:60,00 และ 1:240,000 (ตารางที่ 1 และภาพที่ 2) ข้อมูลความลึกได้จากการหยั่งความลึกน้ำโดยกรมอุทกศาสตร์ ราชนาวีไทย ระหว่าง พ.ศ. 2478 และ พ.ศ. 2536 โดยเรือสำรวจอเมริกัน U.S.S. Maury ระหว่าง พ.ศ. 2503 และ พ.ศ. 2504 และโดยกองสำรวจร่องน้ำการท่าเรือแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2522 แผนที่แสดงข้อมูลการหยั่งน้ำเป็นเมตรเทียบจากระดับทะเลปานกลาง โครงสร้างแผนที่เป็นแบบเมอเคเตอร์ ใช้ระบบพิกัดอินเดียนดาตั้ม 2518 (Indian Datum 1975)

การแปลงพื้นหลักฐานระหว่างระบบพิกัดแบบ WGS84 และ Indian Datum 1975 โดยกองยีออเดซี่และยีออฟิสิกส์ กรมแผนที่ทหาร แสดงให้เห็นความแตกต่างในทางราบระหว่างพิกัดทั้งสองระบบ มีค่ามากที่สุดประมาณ 838 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่น้อยกว่าขนาดกริดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ (ประมาณ 1.853 กิโลเมตร) ดังนั้นแม้แผนที่ทั้งสองจะถูกสร้างขึ้นจากระบบพิกัดต่างกัน แต่สามารถเปรียบเทียบข้อมูลของกริดที่ตรงกันระหว่างแผนที่ทั้งหมดได้

วิธีการวิจัยทำโดยการตัดข้อมูลแผนที่ GEBCO1 บริเวณอ่าวไทยตอนบน ระหว่างลองจิจูด 99°57′ ถึง 101°00′ ตะวันออก และละติจูด 12°39′ ถึง 13°33′ เหนือ โดยกำหนดให้ข้อมูลในกริดที่อยู่เหนือผิวหน้าน้ำมีค่าความลึกเป็น 0 เมตร ส่วนความลึกที่อ่านได้จากข้อมูลมีค่าลบ นำข้อมูลที่ตัดแล้วมาสร้างแผนที่แสดงความลึก โดยพื้นที่เหนือผิวหน้าน้ำแสดงด้วยสีขาว ส่วนความลึกบริเวณพื้นมหาสมุทรแสดงด้วยแผนที่สีผสม (color-code map) (ภาพที่ 3a) และกำหนดแนวชายฝั่งของอ่าวไทยตอนบน ตัดข้อมูลแผนที่ ETOPO1 บริเวณอ่าวไทยตอนบน และนำข้อมูลมาสร้างแผนที่แสดงความลึกแบบแผนที่สีผสม (ภาพที่ 3b) เช่นเดียวกับแผนที่ GEBCO1 การตัดข้อมูลและการแสดงแผนที่ทำโดยใช้ชุดคำสั่งที่เขียนในโปรแกรม Generic mapping tools; GMT (Wessel & Smith, 1998) ส่วนแผนที่ RTN ถูกกำหนดแนวชายฝั่งของอ่าวไทยตอนบน กำหนดขนาดกริด (grid cell size) กำหนดให้กริดที่อยู่เหนือผิวหน้าน้ำมีค่าความลึกเป็น 0 เมตร และอ่านความลึกเป็นค่าลบเช่นเดียวกับแผนที่ GEBCO1 ทุกประการ อ่านข้อมูลความลึก (digitize) ณ จุดกึ่งกลางของแต่ละกริด แปลงข้อมูลแต่ละจุดที่อ่านได้ (point) ให้เป็นข้อมูลประจำแต่ละกริด (grid) นำข้อมูลที่ได้มาสร้างแผนที่ความลึก (ภาพที่ 4) เช่นเดียวกับแผนที่ GEBCO1 และ ETOPO1

ตารางที่ 1 หมายเลขระวาง พื้นที่ และมาตราส่วนของแผนที่เดินเรือกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ระวาง	พื้นที่	มาตราส่วน	สำรวจโดย
001	ประจวบคีรีขันธ์ถึงเกาะจวง	1:240,000	กรมอุทกศาสตร์ ราชนาวีไทย พ.ศ. 2478-2536 และเรือสำรวจอเมริกัน U.S.S. MAURY พ.ศ. 2503-2504
112	ทางเข้าแม่น้ำเจ้าพระยา	1:30,000	กรมอุทกศาสตร์ ราชนาวีไทย พ.ศ. 2485 และกองการสำรวจร่องน้ำ การท่าเรือแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2522
113	ทางเข้าแม่น้ำบางปะกง	1:25,000	กรมอุทกศาสตร์ ราชนาวีไทย พ.ศ. 2534
114	เกาะสีชัง	-	-
115	อ่าวสัตหีบและบริเวณใกล้เคียง	1:40,000	กรมอุทกศาสตร์ ราชนาวีไทย พ.ศ. 2461, 2526 และเรือสำรวจอเมริกัน พ.ศ. 2503-2504
137	บางพระถึงอ่าวอุดม	1:20,000	กรมอุทกศาสตร์ ราชนาวีไทย พ.ศ. 2534
137a	อ่าวอุดม	1:6,000	กรมอุทกศาสตร์ ราชนาวีไทย พ.ศ. 2534
141	แหลมทรพิมถึงเกาะคราม	1:120,000	กรมอุทกศาสตร์ ราชนาวีไทย พ.ศ. 2512, 2526, 2527, 2536 และเรือสำรวจอเมริกัน U.S.S. MAURY พ.ศ. 2503-2504
142	ปากน้ำเจ้าพระยาถึงเกาะแรด	1:120,000	กรมอุทกศาสตร์ ราชนาวีไทย พ.ศ. 2512, 2526, 2527, 2534, 2536 และเรือสำรวจอเมริกัน U.S.S. MAURY พ.ศ. 2503-2504
147	เกาะล้านถึงแหลมพัทยา	1:25,000	กรมอุทกศาสตร์ ราชนาวีไทย พ.ศ. 2536
147a	อ่าวพัทยา	1:10,000	กรมอุทกศาสตร์ ราชนาวีไทย พ.ศ. 2536
156	ท่าเรือพาณิชย์แหลมฉบัง	1:10,000	กรมอุทกศาสตร์ ราชนาวีไทย พ.ศ. 2534
159	บางพระถึงบางทราย	1:25,000	กรมอุทกศาสตร์ ราชนาวีไทย พ.ศ. 2534
222	ทางเข้าแม่น้ำท่าจีน	1:25,000	กรมอุทกศาสตร์ ราชนาวีไทย พ.ศ. 2511
223	ทางเข้าแม่น้ำแม่กลอง	1:25,000	กรมอุทกศาสตร์ ราชนาวีไทย พ.ศ. 2511
246	หัวหิน	1:40,000	กรมอุทกศาสตร์ ราชนาวีไทย พ.ศ. 2507
248	หาดเจ้าสำราญถึงสมุทรสาคร	1:80,000	กรมอุทกศาสตร์ ราชนาวีไทย พ.ศ. 2507-2511 และเรือสำรวจอเมริกัน U.S.S. MAURY พ.ศ. 2503-2504

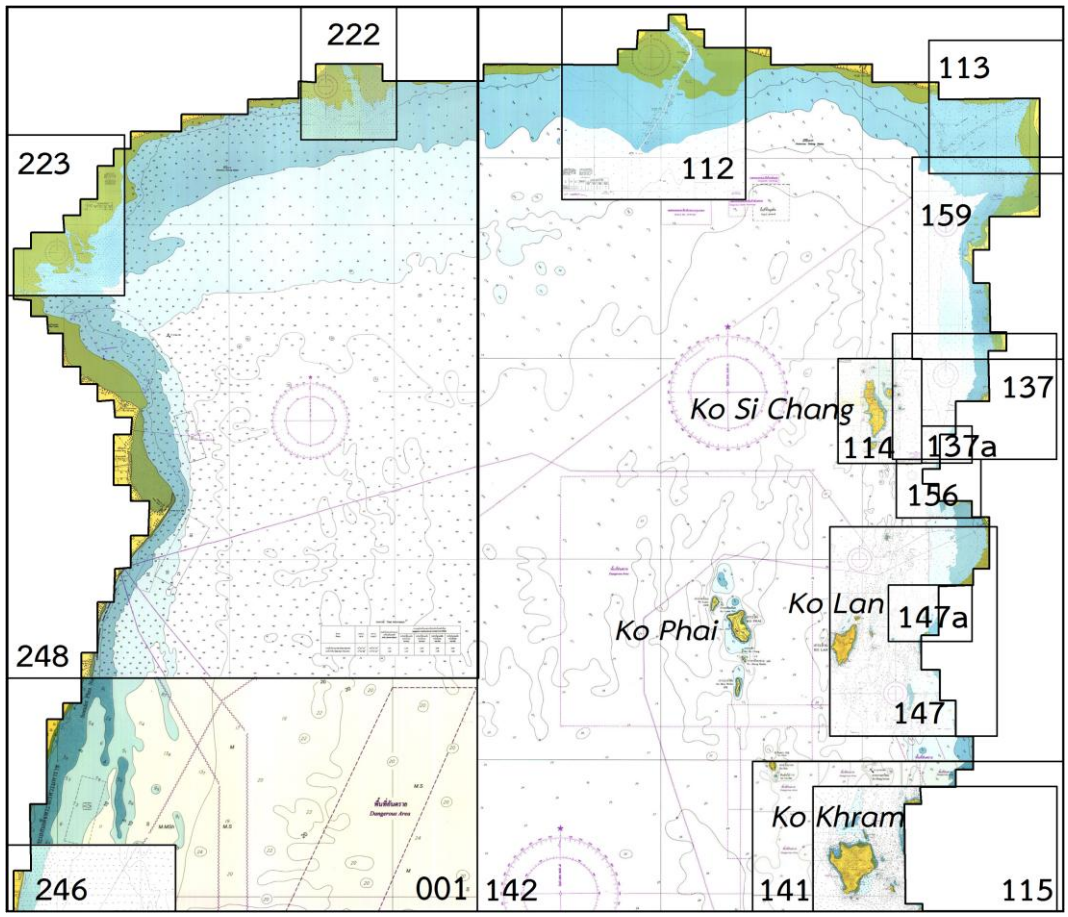
การเปรียบเทียบข้อมูลความลึกแต่ละกริดที่อ่านได้จากแผนที่ RTN $(xyz_j)_{RTN}$ และจากแผนที่ GEBCO1 $(xyz_j)_{GEBCO1}$ คำนวณตามสมการที่ 1 ส่วนการเปรียบเทียบข้อมูลความลึกแต่ละกริดที่อ่านได้จาก แผนที่ RTN $(xyz_j)_{RTN}$ และจากแผนที่ ETOPO1 $(xyz_j)_{ETOPO1}$ คำนวณตามสมการที่ 2 ด้วยชุดคำสั่งที่เขียนในโปรแกรม GMT ผลที่ได้แสดงให้เห็นความคลาดเคลื่อนของความลึกแต่ละกริดในแผนที่ GEBCO1 และ ETOPO1 มีค่าลึกกว่า (ค่า +) หรือมีค่าตื้นกว่า (ค่า -) เมื่อเทียบกับข้อมูลความลึกในแผนที่ RTN ซึ่งมีขนาดกริดเท่ากัน แสดงผลการเปรียบเทียบเป็นร้อยละของกริดทั้งหมดด้วยแผนภูมิความถี่สะสม (histograms plot) ตามวิธีของ Marks & Smith (2005) และ Beyer *et al*. (2005) และแสดงความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ด้วยแผนที่สีผสม

$$RTN - GEBCO1 = (xyz_j)_{RTN} - xyz_j)_{GEBCO1} \quad \text{สมการที่ 1}$$

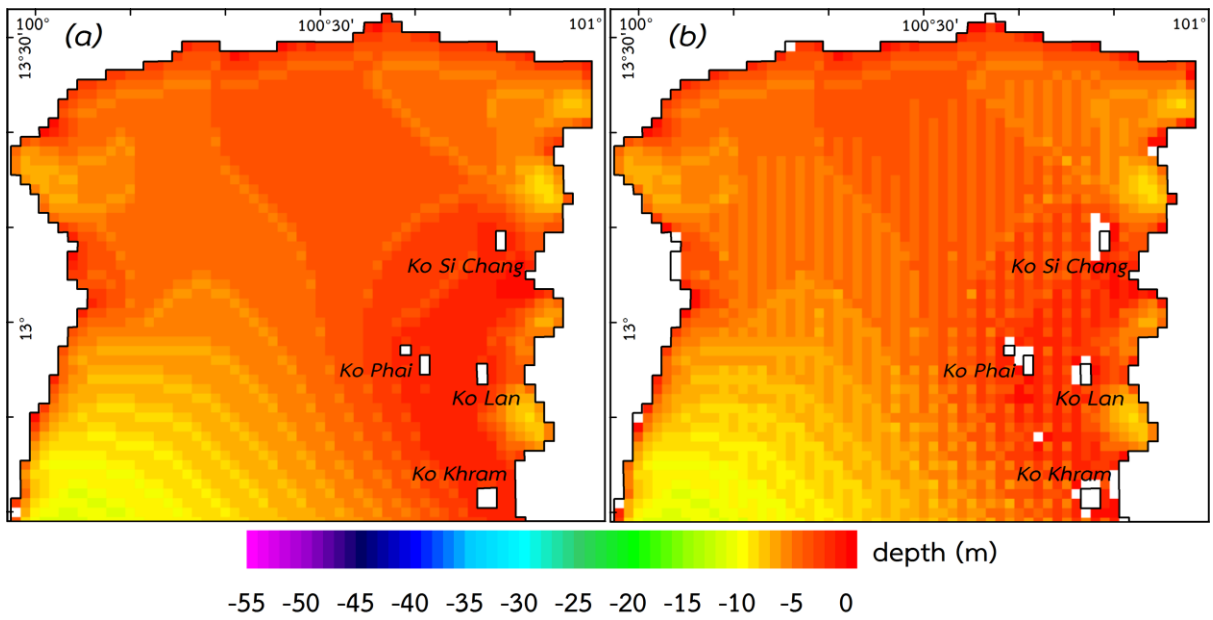
$$RTN - ETOPO1 = (xyz_j)_{RTN} - xyz_j)_{ETOPO1} \quad \text{สมการที่ 2}$$

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

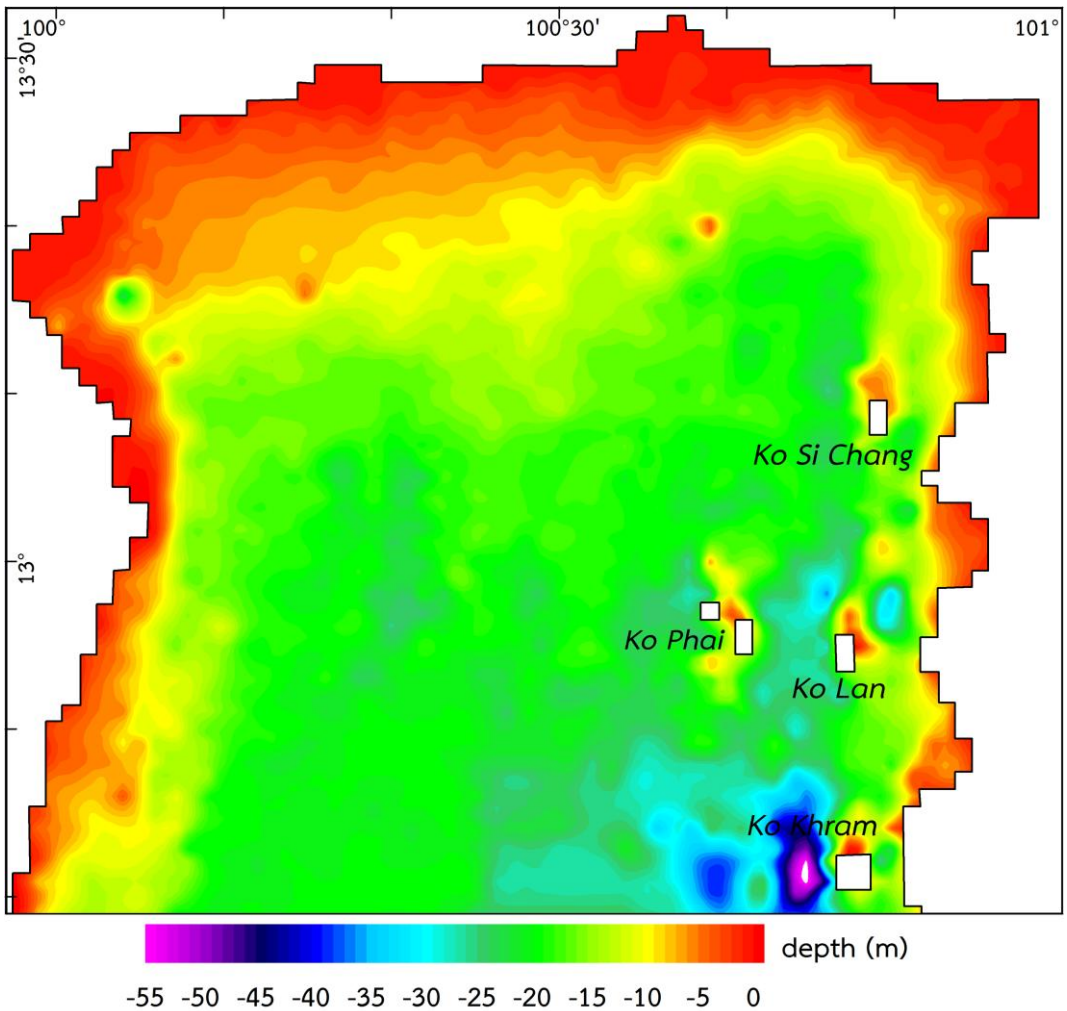
โดยทั่วไปความลึกแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไป ทั้ง GEBCO1 และ ETOPO1 (ภาพที่ 3) มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง ประมาณ -15 เมตร เช่นเดียวกัน และข้อมูลแสดงให้เห็นว่าลักษณะพื้นทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนค่อนข้างราบเรียบ ซึ่งแตกต่างจากความลึกในแผนที่ RTN (ภาพที่ 4) ที่พบว่าเปลี่ยนแปลงในช่วง 0 ถึง ประมาณ -55 เมตร และลักษณะพื้นทะเลที่ค่อนข้างราบเรียบบริเวณชายฝั่งด้านทิศเหนือและด้านทิศตะวันตกของอ่าว ยกเว้นบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง และบริเวณชายฝั่งด้านทิศตะวันตกเท่านั้น ในขณะที่พื้นที่ส่วนใหญ่บริเวณตอนกลางของอ่าวมีลักษณะเป็นแอ่งขนาดเล็ก ที่ความลึกน้ำประมาณ 20 เมตร และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง บริเวณด้านทิศตะวันตกของอ่าวมีลักษณะพื้นทะเลที่ไม่ราบเรียบ และเป็นแอ่งขนาดเล็กจำนวนมาก ที่ความลึกของน้ำมากกว่า 30 เมตร การเปรียบเทียบแผนที่ด้วยสายตาเช่นนี้แสดงให้เห็นความแตกต่างในภาพรวม ระหว่างแผนที่พื้นมหาสมุทร



ภาพที่ 2 พื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน แสดงหมายเลขระวางของแผนที่เดินเรือกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ จำนวนทั้งสิ้น 17 ระวาง ที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้



ภาพที่ 3 แบบจำลองพื้นมหาสมุทรทั่วไปบริเวณอ่าวไทยตอนบน สร้างจากข้อมูลความลึก (a) แผนที่ GEBCO1 (IOC, IHO and BODC, 2003) และ (b) แผนที่ ETOPO1 (Amante & Eakins, 2009) ความลึก (m) ในแผนที่แสดงด้วยมาตราส่วนสีผสม (color scale)

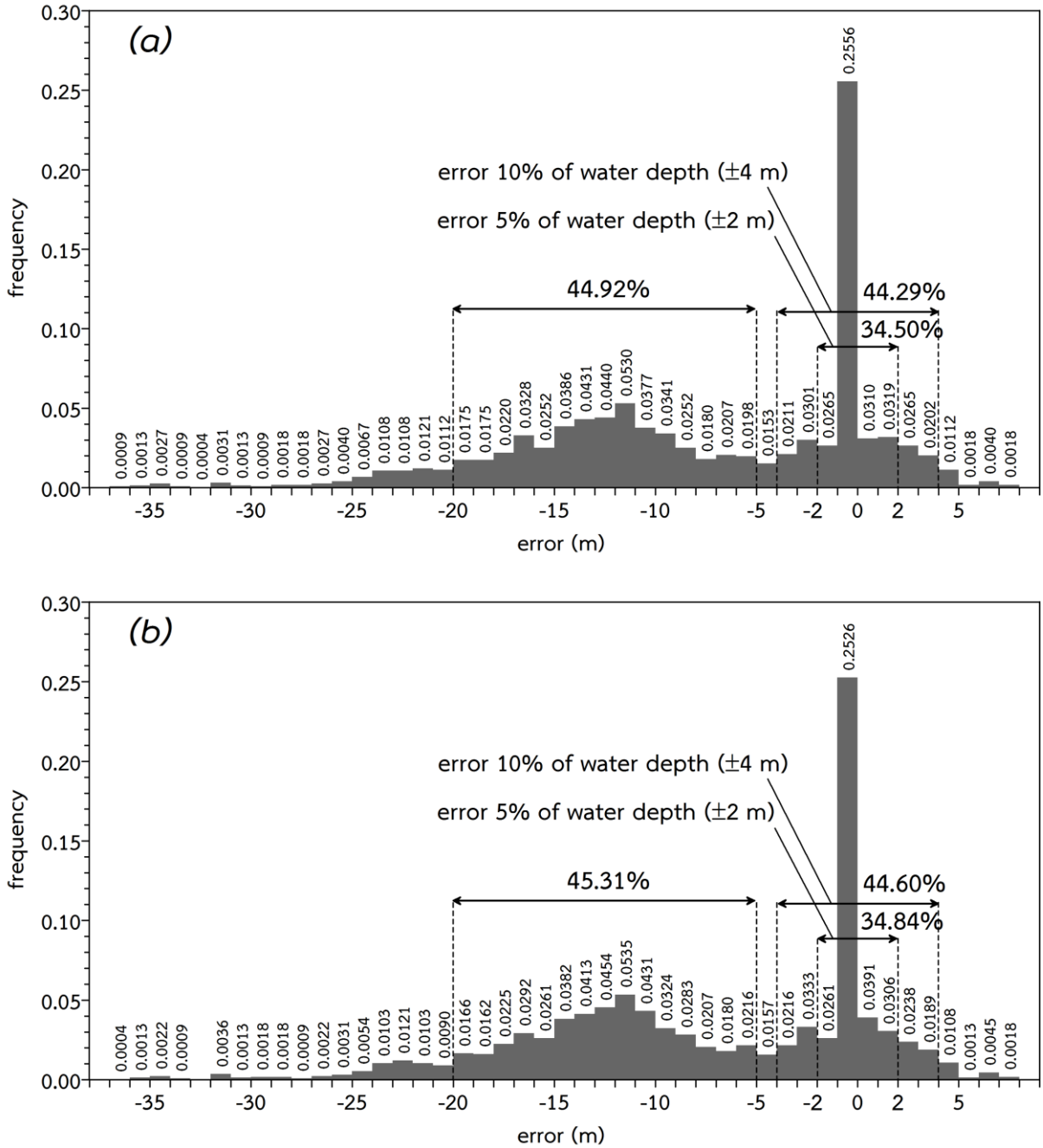


ภาพที่ 4 แบบจำลองพื้นมหาสมุทรบริเวณอ่าวไทยตอนบน สร้างจากข้อมูลความลึกที่อ่านจากแผนที่เดินเรือทั้งสิ้น 17 ระวาง ความลึก (m) ในแผนที่แสดงด้วย color scale

ทั่วไปทั้งสองบริเวณอ่าวไทยตอนบน ที่มีการสำรวจโดยใช้ดาวเทียมและใช้คลื่นเสียงสะท้อนกับแผนที่เดินเรือซึ่งสำรวจโดยการหยั่งน้ำ

แผนภูมิความถี่สะสมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อน (error) ของข้อมูลความลึกของกริดทั้งหมดในหน่วยเมตร และความถี่สะสม (frequency) คำนวณตามสมการที่ 1 และ 2 พบว่า แผนที่ GEBCO1 (ภาพที่ 5a) คลาดเคลื่อนจากแผนที่ RTN เป็น 2 ช่วง ช่วงแรกระหว่าง -5 ถึง 5 เมตร และช่วงที่สองประมาณ -25 ถึง -5 เมตร และเมื่อพิจารณารายละเอียดในแต่ละช่วง พบว่าในช่วงแรก มีความคลาดเคลื่อนระหว่าง -1 ถึง 0 เมตร สูงสุดคิดเป็นร้อยละ 25.56 ของกริดทั้งหมด และมีความคลาดเคลื่อนระหว่าง 4 ถึง 5 เมตร ต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 1.12 ของกริดทั้งหมด ช่วงที่สองมีความคลาดเคลื่อนระหว่าง -11 ถึง -12 เมตร สูงสุดคิดเป็นร้อยละ 5.30 ของกริดทั้งหมด และมีความคลาดเคลื่อนระหว่าง -24 ถึง -25 เมตร ต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 0.67 ของกริดทั้งหมด ส่วนแผนที่ ETOPO1 (ภาพที่ 5b) คลาดเคลื่อนจากแผนที่ RTN เป็น 2 ช่วงเช่นเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนกับแผนที่ GEBCO1 ในช่วงเดียวกัน พบว่าแผนที่ ETOPO1 มีความคลาดเคลื่อนระหว่าง -1 ถึง 0 เมตร สูงสุดคิดเป็นร้อยละ 25.26 ของกริดทั้งหมด และคลาดเคลื่อนระหว่าง 4 ถึง 5 เมตร ต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 1.08 ของกริดทั้งหมด ช่วงที่สองมีความคลาดเคลื่อนระหว่าง -11 ถึง -12 เมตร สูงสุดคิดเป็นร้อยละ 5.35 ของกริดทั้งหมด และคลาดเคลื่อนระหว่าง -24 ถึง -25 เมตร ต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 0.54 ของกริดทั้งหมด การที่ความลึกของแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไปทั้งสองชนิดนี้ คลาดเคลื่อนจากความลึกของแผนที่ RTN เป็น 2 ช่วงที่เหมือนกันเช่นนี้ (ช่วงแรกระหว่างประมาณ -5 ถึง 5 เมตร และช่วงที่สองระหว่างประมาณ -25 ถึง -5 เมตร)

ประกอบกับค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสูงสุดในแต่ละช่วงใกล้เคียงกันมากอีกด้วย (GEBCO1 และ ETOPO1 มีความคลาดเคลื่อนระหว่าง -1 ถึง 0 เมตร สูงสุดคิดเป็นร้อยละ 25.56 และ 25.26 ของกริดทั้งหมด และมีความคลาดเคลื่อนระหว่าง -11 ถึง -12 เมตร สูงสุดคิดเป็นร้อยละ 5.30 และ 5.35 ของกริดทั้งหมด ตามลำดับ) แสดงว่าข้อมูลความลึกแผนที่ทั้งสองชนิดแทบจะไม่แตกต่างกันเลย แม้จะใช้การรวบรวมข้อมูลและกระบวนการปรับแก้ข้อมูลที่ต่างกันก็ตาม นอกจากนี้แผนภูมิยังแสดงว่าข้อมูลความลึกแผนที่ทั้งสองมากกว่าร้อยละ 85 ของกริดทั้งหมด (GEBCO1 ร้อยละ 87.16 ของกริดทั้งหมด, ETOPO1 ร้อยละ 86.93 ของกริดทั้งหมด) มีค่าตื้นกว่า (ค่า -) ข้อมูลความลึกจากแผนที่ RTN และข้อมูลน้อยกว่าร้อยละ 15 ของกริดทั้งหมด (GEBCO1 ร้อยละ



ภาพที่ 5 แผนภูมิแท่งความถี่สะสมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อน (m) ข้อมูลความลึก และความถี่สะสม (a) แผนที่ GEBCO1 และ (b) แผนที่ ETOPO1

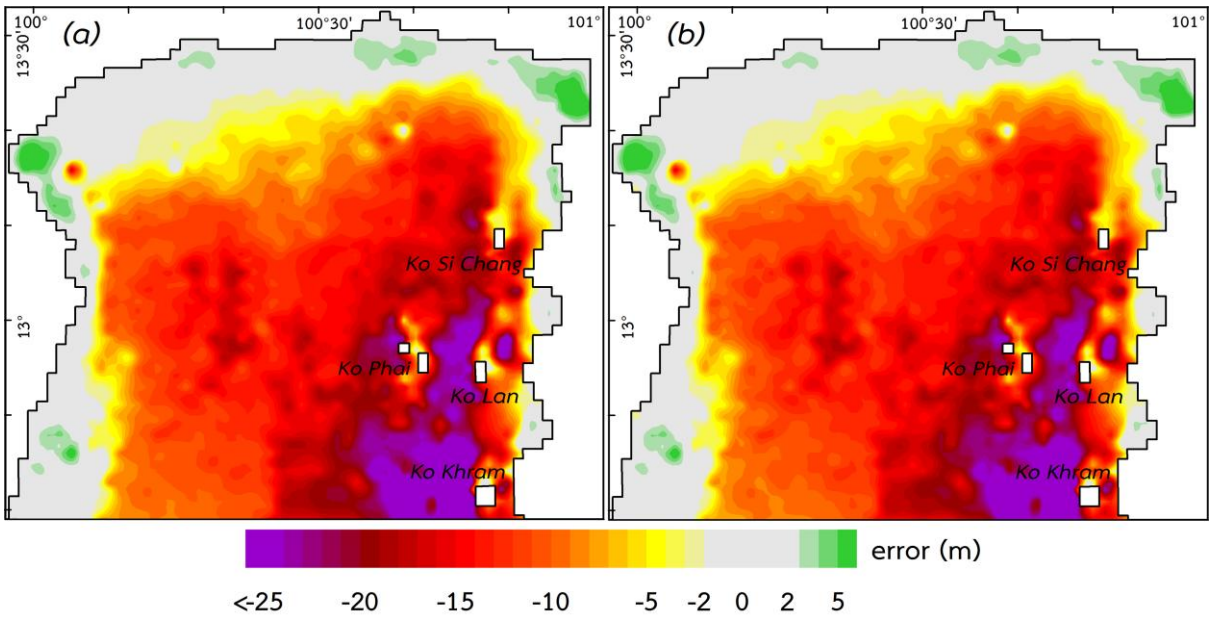
12.84 ของกริดทั้งหมด, ETOPO1 ร้อยละ 13.07 ของกริดทั้งหมด) มีค่าลึกกว่า (ค่า +) ข้อมูลความลึกจากแผนที่ RTN

เมื่อพิจารณาความลึกของอ่าวไทยตอนบนจากแผนที่ RTN (ภาพที่ 4) พบว่าครอบคลุมพื้นที่ ส่วนใหญ่ที่มีความลึกประมาณ 15-35 เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ที่ 5% ของความลึก (95% confidence level) ตามมาตรฐานแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไป (IHO, 1998; Marks & Smith, 2005) พบว่าความคลาดเคลื่อนของความลึกที่ยอมรับได้สำหรับแผนที่ GEBCO1 และ ETOPO1 บริเวณอ่าวไทยตอนบนควรมีค่าไม่เกิน ±2 เมตร โดยประมาณ จากการวิเคราะห์พบว่าความลึกของแผนที่ GEBCO1 ประมาณร้อยละ 34.50 ของกริดทั้งหมด (ภาพที่ 5a) มีความคลาดเคลื่อนจากแผนที่ RTN ในช่วง ±2 เมตร โดยที่ความลึกประมาณร้อยละ 28.66 ของกริดทั้งหมดคลาดเคลื่อนในช่วง ±1 เมตร และประมาณร้อยละ 5.84 คลาดเคลื่อนช่วง ±1-2 เมตร ในขณะที่ความลึกของแผนที่ ETOPO1 ประมาณร้อยละ 34.84 ของกริดทั้งหมด (ภาพที่ 5b) มีความคลาดเคลื่อนจากแผนที่ RTN ในช่วงระหว่าง ±2 เมตร โดยที่ความลึกประมาณร้อยละ 29.17 ของกริดทั้งหมด คลาดเคลื่อนในช่วงระหว่าง ±1 เมตร และประมาณร้อยละ 5.67 คลาดเคลื่อนช่วง ±1-2 เมตร แสดงให้เห็นว่าข้อมูลความลึกแผนที่ทั้งสองเพียงประมาณร้อยละ 35 เท่านั้นที่มีความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (ต่ำกว่า 5% ของความลึก) อย่างไรก็ดี เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูล ETOPO2 ความละเอียด 2 ไมล์ทะเล (Ruangrassamee & Saelem, 2009) และ ETOPO5 ความละเอียด 5 ไมล์ทะเล (อนุกูล บูรณประทีปรัตน์, 2551; อนุกูล บูรณประทีปรัตน์ และคณะ, 2552) ที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในปัจจุบันแล้ว ก็อาจจะยอมรับแผนที่ทั้งสองนี้ที่ความคลาดเคลื่อนประมาณ 10% ของความลึกได้ (±4 เมตร โดยประมาณ) จากการวิเคราะห์พบว่าความลึกของแผนที่ GEBCO1 (ภาพที่ 5a) มีความคลาดเคลื่อนจากแผนที่ RTN ระหว่าง ±4 เมตร คิดเป็นร้อยละ 44.29 ของกริดทั้งหมด ในขณะที่แผนที่ ETOPO1 (ภาพที่ 5b) คลาดเคลื่อนประมาณร้อยละ 44.60 ของกริดทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าแม้จะขยายขอบเขตการยอมรับความคลาดเคลื่อนเป็น 10% ของความลึกแล้วก็ตาม แต่ยังมีข้อมูลความลึกของแผนที่ทั้งสองเพียงประมาณร้อยละ 45 เท่านั้นที่มีความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ แสดงให้เห็นว่าข้อมูลความลึกแผนที่ทั้งสองนี้ มีความน่าเชื่อถือแทบจะไม่แตกต่างกันเลย คือเพียงประมาณร้อยละ 35 ของกริดทั้งหมดเท่านั้นที่คลาดเคลื่อนไม่เกิน ±2 เมตร โดยแบ่งเป็นข้อมูล GEBCO1 ร้อยละ 28.21 และข้อมูล ETOPO1 ร้อยละ 27.86 ของกริดทั้งหมดมีค่าตื้นกว่า (ค่า -) ข้อมูลความลึกแผนที่ RTN ส่วนข้อมูล GEBCO1 ร้อยละ 6.29 และข้อมูล ETOPO1 ร้อยละ 6.96 ของกริดทั้งหมดมีค่าลึกกว่า (ค่า +) ข้อมูลความลึกแผนที่ RTN นอกจากนี้ ข้อมูลที่เหลือประมาณร้อยละ 65 ของกริดทั้งหมดที่มีความคลาดเคลื่อนสูงกว่านี้นั้น ความลึกเกือบทั้งหมดในแผนที่ทั้งสองมีค่าตื้นกว่า (ค่า -) ข้อมูลความลึกแผนที่ RTN

ความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกเชิงพื้นที่ (ภาพที่ 6) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ใกล้ฝั่งทั้งบริเวณด้านทิศเหนือ ด้านทิศตะวันออก และด้านทิศตะวันตกของอ่าวไทยตอนบน มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า ±2 เมตร หรือน้อยกว่า 5% ของความลึกซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ หรือคิดเป็นพื้นที่ประมาณร้อยละ 34.50 ของแผนที่ GEBCO1 (ภาพที่ 5a) และประมาณร้อยละ 34.84 ของแผนที่ ETOPO1 (ภาพที่ 5b) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากลักษณะของพื้นมหาสมุทรในบริเวณดังกล่าวค่อนข้างราบเรียบ ทำให้ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดด้วยดาวเทียมและคลื่นเสียงสะท้อนในบริเวณนี้มีค่าใกล้เคียงกับความลึกจริง (Sandwell, 1992; Sandwell *et al*., 2003) ยกในบริเวณปากแม่น้ำซึ่งความลึกเปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงของน้ำขึ้นน้ำลง อาจทำให้ข้อมูลที่ตรวจวัดได้มีความคลาดเคลื่อนมากกว่า 2 เมตร ขึ้นไปถึงประมาณ 5 เมตร ส่วนบริเวณตอนกลางลงมาถึงทางด้านทิศใต้ของอ่าวมีความคลาดเคลื่อนระหว่างประมาณ -5 ถึง -20 เมตร หรือคิดเป็นพื้นที่ประมาณร้อยละ 44.92 ของแผนที่ GEBCO1 (ภาพที่ 5a) และประมาณร้อยละ 45.31 ของแผนที่ ETOPO1 (ภาพที่ 5b) แสดงว่าเป็นบริเวณที่แผนที่ GEBCO1 และ ETOPO1 รายงานข้อมูลว่าบริเวณตอนกลางถึงตอนใต้ของอ่าวที่ตื้นกว่าแผนที่ RTN ความคลาดเคลื่อนเช่นนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงข้อจำกัดของการใช้แผนที่พื้นทะเลทั่วไปในบริเวณเขตน้ำตื้น (Sandwell *et al*., 2006) โดยเฉพาะบริเวณด้านทิศตะวันออกของอ่าว พบความคลาดเคลื่อนมากกว่า -20 เมตร ทั้งนี้เนื่องจากด้านทิศตะวันออกต่อเนื่องไปถึงทิศใต้ของอ่าวไทยตอนบนเป็นบริเวณที่มีเกาะมาก และบางบริเวณเป็นร่องน้ำ ซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูลที่ตรวจวัดได้มากตามไปด้วย

สรุปผลการวิจัย

การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของข้อมูลความลึกระหว่างแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไป ชนิด GEBCO 1 arc-minute (GEBCO1) และ ETOPO 1 arc-minute (ETOPO1) ความละเอียดประมาณ 1.85 กิโลเมตร และแผนที่เดินเรือที่เผยแพร่โดยกองสร้างแผนที่ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ จำนวนทั้งสิ้น 17 ระวาง ในบริเวณอ่าวไทยตอนบน พบว่าข้อมูล



ภาพที่ 6 แผนที่แสดงความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกเชิงพื้นที่ (m) ด้วย color scale (a) แผนที่ GEBCO1 และ (b) แผนที่ ETOPO1

ความลึกในบริเวณชายฝั่งมีความคลาดเคลื่อนจากแผนที่เดินเรือน้อยกว่า ±2 เมตร (ไม่เกิน 5% ของความลึก) คิดเป็นร้อยละ 34.50 (GEBCO1) และร้อยละ 34.84 (ETOPO1) ของกริดทั้งหมด โดยเฉพาะทางด้านทิศเหนือและทางด้านทิศตะวันตกซึ่งเป็นพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ ส่วนข้อมูลความลึกของแผนที่ GEBCO1 และ ETOPO1 บริเวณตอนกลางและด้านทิศใต้ของอ่าวไทยตอนบนตื้นกว่าแผนที่เดินเรือประมาณ 5-20 เมตร คิดเป็นร้อยละ 44.92 และร้อยละ 45.31 ของกริดทั้งหมด ตามลำดับ และความลึกของพื้นที่ส่วนใหญ่บริเวณด้านทิศตะวันออกของอ่าวไทยตอนบนตื้นกว่าแผนที่เดินเรือมากกว่า 20 เมตร ข้อมูลแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงข้อจำกัดของการใช้แผนที่พื้นทะเลทั่วไปในบริเวณเขตน้ำตื้น นอกจากนี้ยังย้ำให้เห็นความสำคัญของการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของแผนที่ก่อนจะนำไปใช้ประโยชน์

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2544). *โครงการสำรวจคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งในอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน: รายงานหลัก*. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร. 332 หน้า.

_____ . (2550). *รายงานประจำปีสำนักจัดการคุณภาพน้ำ พ.ศ. 2550*. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร. 144 หน้า.

กรมควบคุมมลพิษ. (2551). *รายงานประจำปีสำนักจัดการคุณภาพน้ำ พ.ศ. 2551*. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร. 152 หน้า.

_____ . (2552). *รายงานประจำปีสำนักจัดการคุณภาพน้ำ พ.ศ. 2552*. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร. 138 หน้า.

ปรีชา พาชื่นใจ. (2544). *นิเวศวิทยาบางประการขณะเกิดการบลูมของ Ceratium spp.* บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทย 2543. เอกสารวิชาการฉบับที่ 23. กองสิ่งแวดล้อมประมง. กรมประมง. 28 หน้า.

รวมทรัพย์ ชำนาญธนา. (2547). *ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีกับคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 5. ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน. กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 32 หน้า.

_____ . (2549). *แพลงก์ตอนพืชที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2549. สถาบันวิจัยและพัฒนาทางทะเล ชายฝั่งทะเลและป่าเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 96 หน้า.

ราชกิจจานุเบกษา. (2502). *พระราชบัญญัติกำหนดเขตจังหวัดในอ่าวไทยตอนใน พ.ศ. 2502*. เล่มที่ 76 ตอนที่ 92 (29 กันยายน พ.ศ. 2502). 430-437.

อนุกูล บูรณประทีปรัตน์. (2551). การไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบน : การทบทวนงานวิจัย. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 13*(1), 75-83.

อนุกูล บูรณประทีปรัตน์, K. Olaf Niemann, Tetsuo Yanagi, Satsuki Matsumura และปราโมทย์ โศจิศุภร. (2552). การไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบนจากการศึกษาโดยใช้แบบจำลองไฮโดรไดนามิค 3 มิติ. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 14*(1), 99-113.

Amante, C. and Eakins, B.W. (2009). ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis (March 2009). *NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24*, 19 pp.

Beyer, A., Rathlau, R., and Schenke, H.W. (2005). Multibeam bathymetry of the Hakon Mosby mud volcano. *Marine Geophysical Researches, 26*, 61-75.

International Hydrographic Organization; *IHO. (1998). IHO Standards for Hydrographic Surveys: Special Publication, 44*, International Hydrographic Bureau. Monaco. 26 pp.

IOC, IHO and BODC. (2003). *Centenary Edition of the GEBCO Digital Atlas, published on CD-ROM on behalf of the Intergovernmental Oceanographic Commission and the International Hydrographic Organization as part of the General Bathymetric Chart of the Oceans*, British Oceanographic Data Centre, Liverpool, U.K.

Marks, K.M., and Smith, W.H.F. (2005). 2500m isobath from satellite bathymetry: Accuracy assessment in light of IHO S-44 standards. *International Hydrographic Review, 6*(2), 1-11.

Ruangrassamee, A., and Saelem, N. (2009). Effect of Tsunamis generated in the Manila Trench on the Gulf of Thailand. *Journal of Asian Earth Sciences, 36*, 56-66.

Sandwell, D.T. (1991). Geophysical applications of satellite altimetry. *Reviews of Geophysics*, 132-137.

Sandwell, D.T. (1992). Ocean bumps and dips. *Natural Science*, 252-255.

Sandwell, D.T., Gille, S., and Orcutt, J. (2003). Bathymetry from space is now possible. *EOS, 84*(5), 37-38.

Sandwell, D.T., Smith, W.H.F., Gille, S., Kappel, E., Jayne, S., Soofi, K., Coakley, B., and Geli, L. (2006). Bathymetry from space : Rationale and requirements for a new, high-resolution altimetric mission. *C.R. Geoscience, 338*, 1049-1062.

Smith, W.H.F., and Sandwell, D.T. (2004). Conventional bathymetry, bathymetry from space, and geodetic altimetry. *Oceanography, 17*(1), 8-23.

Wessel, P. and Smith, W.H.F. (1998). New improved version of generic mapping tools release. *EOS Transactions American Geophysical Union, 79*(47), 579.