

และรูปที่ 7-9 โดยมีรายละเอียดที่แสดงได้แก่ สถานีที่บันทึกคลื่นความสั่นสะเทือน ชนิดของเครื่องมือ ระยะทางระหว่างสถานีถึงตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหว จำนวนนับดิจิทัลของความสูงคลื่นที่สูงที่สุดในแกนตั้ง แกนเหนือใต้ แกนตะวันออกและตะวันตก รวมถึงรายละเอียดของเหตุการณ์ เช่น สามารถรู้สึได้ที่จังหวัดใด

EARTHQUAKE GROUND MOTION Period Selection

Between
Date *

Minimum
18/9/2007

Maximum
18/9/2008

☒ Waveform
 ☒ Picture

DATE: 2007-09-18
LAT: 20.088

OT: 09:01:50.0
LONG: 93.899

LOCATION: Myanmar
MAG: 5.0 ML, 5.1 Mb, 4.6 Ms, 0.0 Mw, 0.0 Mwp

Station	Type of Instrument	Distance from Epicenter (km)	Digital Count			Peak ground acceleration (gal)			Remark	WAVE	PIC
			Z	N-Z	E-W	Z	N-Z	E-W			
CMMT	TSA-100	562	15	22	19	0.0070118	0.0102839	0.0088816		Phase 1	

DATE: 2007-09-20
LAT: -4.010

OT: 08:31:53.0
LONG: 101.326

LOCATION: Southern Sumatera, Indonesia
MAG: 0.0 ML, 5.1 Mb, 6.2 Ms, 0.0 Mw, 6.8 Mwp

Station	Type of Instrument	Distance from Epicenter (km)	Digital Count			Peak ground acceleration (gal)			Remark	WAVE	PIC
			Z	N-Z	E-W	Z	N-Z	E-W			
CMMT	TSA-100	2551	18	15	22	0.0084141	0.0070118	0.0102839	Felt at Bangkok	Phase 1	
FBKT	TSA-100	2288	18	22	17	0.0084141	0.0102839	0.0079487		Phase 1	
SKLT	TSA-100	1246	105	87	102	0.0490824	0.0406682	0.0476800		Phase 1	
SRDT	TSA-100	2081	43	42	53	0.0201004	0.0196329	0.0247749		Phase 1	
SURT	TSA-100	1469	78	52	94	0.0364612	0.0243075	0.0439404		Phase 1	
TRTT	TSA-100	1329	96	76	114	0.0448753	0.0355263	0.0532894		Phase 1	

DATE: 2007-10-16
LAT: 20.821

OT: 06:46:57.0
LONG: 100.758

LOCATION: Laos
MAG: 4.2 ML, 4.6 Mb, 0.0 Ms, 0.0 Mw, 0.0 Mwp

Station	Type of Instrument	Distance from Epicenter (km)	Digital Count	Peak ground acceleration (gal)	Remark	WAVE	PIC

รูปที่ 7-8 ผลการวิเคราะห์ อัตราเร่งของพื้นดินที่เลือก ตามช่วงเวลาที่เลือก

Station	Type of Instrument	Distance from Epicenter (km)	Digital Count			Peak ground acceleration (gal)			Remark	WAVE	PIC
			Z	N-Z	E-W	Z	N-Z	E-W			
CMMT	TSA-100	8	358	352	289	0.1673475	0.1645427	0.1257443			

DATE: 2008-01-13
LAT: 19.498

Station	Type of Instrument	Distance from Epicenter (km)	Digital Count	Peak ground acceleration (gal)	Remark	WAVE	PIC
CMMT	TSA-100						
PBKT	TSA-100						

DATE: 2008-02-02
LAT: 22.287

Station	Type of Instrument	Distance from Epicenter (km)	Digital Count	Peak ground acceleration (gal)	Remark	WAVE	PIC
CMAI	PA-23						
CMMT	TSA-100						

DATE: 2008-03-11
LAT: 19.471

Station	Type of Instrument	Distance from Epicenter (km)	Digital Count	Peak ground acceleration (gal)	Remark	WAVE	PIC
CMMT	TSA-100	78	407 387 260	0.1902525 0.1809035 0.1215373		Phase 1	

DATE: 2008-03-13
LAT: 19.575

OT: 12:22:43
LONG: 99.848

LOCATION: Myanmar
MAG: 4.7 ML, 4.3 Mb, 3.7 Ms, 0.0 Mw, 0.0 Mwp

Station	Type of Instrument	Distance from Epicenter (km)	Digital Count	Peak ground acceleration (gal)	Remark	WAVE	PIC
CMMT	TSA-100	129	52 49 33	0.0243075 0.0229051 0.0154258		Phase 1	

27% of 200802021544.suds from www.seismology....



200802021544.suds from www.seismology.tmd.go.th

Estimated time left: 7 sec (655KB of 2.47MB copied)

Download to: C:\Documents and Se...\200802021544.suds

Transfer rate: 268KB/Sec

☐ Close this dialog box when download completes

Open Open Folder Cancel

รูปที่ 7-9 คำนวณโพลครูปภาพคลื่นอัตราเร่งของพื้นดินในช่วงเวลาที่ต้องการ

บทที่ 8

การวิเคราะห์ขนาดแผ่นดินไหวชนิดต่างๆ

8.1 เกณฑ์มาตรฐานของขนาดแผ่นดินไหว เพื่อการเตือนภัยสึนามิ

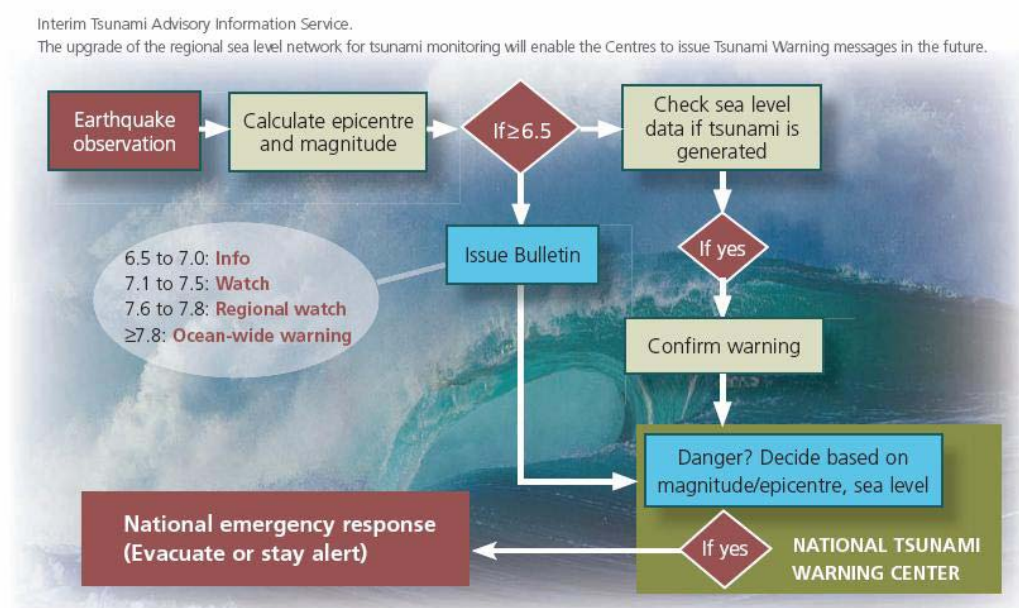
โดยทั่วไปแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นในทะเลหรือมหาสมุทร มิได้ทำให้เกิดคลื่นสึนามิ ทุกครั้ง สาเหตุการเกิดสึนามิ เกิดจากลักษณะเฉพาะของการเคลื่อนตัวของพื้นเปลือกโลกใต้ทะเล ซึ่งทำให้เกิดการแทนที่น้ำหรือมีการรบกวนจนทำให้เกิดคลื่นปรากฏบนผิวน้ำทะเล เช่น การเคลื่อนตัวแบบผกผัน การเคลื่อนตัวแบบ Thurst เป็นลักษณะที่แผ่นเปลือกโลกมีการเคลื่อนตัวแบบเกยกันด้วยมุมต่ำๆ หรือการเกิดแผ่นดินถล่มใต้น้ำ เป็นต้น อย่างไรก็ตามแผ่นดินไหวใหญ่ใต้พื้นมหาสมุทรยังถือเป็นสาเหตุหลักส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดเหตุการณ์สึนามิในโลกนี้ ในการเตือนภัยสึนามิ มีหลายองค์ประกอบที่ทำงานร่วมกันอย่างเหมาะสมเพื่อให้การเตือนภัยสึนามิมีความสมบูรณ์ เช่น การทำงานของระบบตรวจแผ่นดินไหวอัตโนมัติ ระบบการสื่อสารข้อมูลแบบเวลาจริง การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ ซึ่งทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ในการเฝ้าระวังแผ่นดินไหวและสึนามิ ระบบตรวจการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทั้งที่อยู่ในทะเลลึกด้วยการตรวจแบบทุ่นลอย หรือการตรวจระดับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลตามชายฝั่ง หลังการเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ในทะเล ระบบการแจ้งเตือนผ่านสื่อมวลชน หรือส่งคำเตือนไปยังพื้นที่เสี่ยงภัยหรือพื้นที่ซึ่งได้รับผลกระทบโดยตรง เช่น ผ่าน สถานีวิทยุ สถานีโทรทัศน์ ผ่านข้อความสั้น ผ่านหอเตือนภัยที่ติดตั้งตามชายหาด เป็นต้น

ปัจจุบัน กระบวนการแจ้งเตือนภัยสึนามิ ในย่านมหาสมุทรต่างๆ มีมาตรฐานการปฏิบัติการเป็นขั้นตอนที่ชัดเจน ยกตัวอย่างเช่น มาตรฐานการปฏิบัติงานเมื่อเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ในทะเล ซึ่งในหลายองค์กร เตือนสึนามิใช้งานอยู่ โดยนำเกณฑ์ขนาดแผ่นดินไหวมาพิจารณาในการจำแนกสึนามิที่เป็นอันตรายและอาจส่งผลกระทบได้ทั้งบริเวณใกล้แหล่งกำเนิดหรือบริเวณที่อยู่ห่างไกลออกไปซึ่งสึนามิอาจสามารถเดินทางข้ามมหาสมุทรได้ เช่น กรณีแผ่นดินไหวบริเวณชายฝั่งประเทศชิลี เมื่อปี ค.ศ. 1960 คลื่นสึนามิสามารถเดินทางข้ามมหาสมุทรแปซิฟิกหรือเมื่อ 26 ธันวาคม ค.ศ. 2004 คลื่นสึนามิสามารถเดินทางข้ามมหาสมุทรอินเดียไปถึงชายฝั่งของทวีปแอฟริกาตะวันออกได้แสดงดังรูปที่ 8-1

ระดับขนาดแผ่นดินไหว ระหว่าง 6.5 - 7.0 การประกาศเป็นลักษณะข้อมูล ข่าวสารเพื่อทราบ
ระดับขนาดแผ่นดินไหวระหว่าง 7.1-7.5 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องออกคำเตือนและประชาชนใน
ท้องถิ่นเฝ้าระวังและติดตามข่าวสาร

ระดับขนาดแผ่นดินไหวระหว่าง 7.6-7.8 หน่วยงานระดับภูมิภาค และประชาชนในภูมิภาค
เฝ้าระวัง และติดตามข่าวสาร จากทางราชการอย่างใกล้ชิด

ระดับขนาดแผ่นดินไหวมากกว่า 7.8 การเตือนภัยเกิดสึนามิข้ามมหาสมุทร หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ออกประกาศ คำเตือน โดยพิจารณาความจำเป็นในการตัดสินใจประกาศการอพยพของประชาชนในพื้นที่เสี่ยง ติดตามข้อมูลการเกิดสึนามิจากการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล และวิเคราะห์ล่วงหน้าถึงเวลาที่คลื่นสึนามิเดินทางถึงพื้นที่เสี่ยง รวมถึงวิเคราะห์ตำแหน่งพื้นที่น้ำท่วมเพื่อช่วยตัดสินใจว่าควรอพยพของประชาชนในบริเวณใด



รูปที่ 8-1 ลำดับขั้นตอนในการเตือนภัยสึนามิซึ่งใช้ขนาดแผ่นดินไหวจำแนกการปฏิบัติงาน

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในลำดับต้นได้แก่ หน่วยงานที่มีระบบการตรวจแผ่นดินไหวอัตโนมัติสำหรับในประเทศไทยได้แก่ ส่วนเฝ้าระวังและติดตามแผ่นดินไหวและสึนามิ สำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา ปัจจุบันทำการตรวจวัดแผ่นดินไหวจากสถานีตรวจแผ่นดินไหวภายในประเทศ จำนวน 40 สถานีและมากกว่า 60 สถานีจากสถานีตรวจแผ่นดินไหวต่างประเทศ โดยมีศักยภาพสูง มีมาตรฐานและการวิเคราะห์รวดเร็วใกล้เคียงเวลาจริง ภายในระยะเวลา 7-15 นาที สามารถแจ้งข่าวไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและสื่อมวลชน กรณีเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ในทะเลอันดามัน

8.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของขนาด Mb Ms เปรียบเทียบกับ Mw

เนื่องจากการเตือนภัยสึนามิจำเป็นต้องการความรวดเร็วมากเพื่อให้ประชาชนในพื้นที่เสี่ยงได้มีเวลามากที่สุดเพื่อใช้ในการอพยพหนีจากการได้รับแจ้งข่าวสารเตือนภัย ปัจจุบันแม้ว่าการวิเคราะห์กำหนดตำแหน่งของแผ่นดินไหวมีความรวดเร็วมาก รวมถึงการหาขนาดแผ่นดินไหวก็มี

ความเร็วเพิ่มขึ้น แต่ก็เกิดปัญหาคือ ขนาดที่คำนวณได้รวดเร็วสำหรับสถานีตรวจแผ่นดินไหวซึ่งอยู่ไม่ห่างจากศูนย์กลางแผ่นดินไหว ไม่สะท้อนถึงพลังงานที่แท้จริง เช่น M_L M_b ส่วนขนาดแผ่นดินไหวผิวพื้น M_s ต้องใช้ระยะเวลานานขึ้น เนื่องจากคำนวณจากคลื่นผิวพื้นที่มีคาบยาวประมาณ 18-22 วินาที ซึ่งวัดได้จากสถานีตรวจแผ่นดินไหวแบบ Broadband ซึ่งอยู่ห่างไกลออกไป เช่นเดียวกับการคำนวณขนาด M_w ยังมีการคำนวณความล่าช้ามากขึ้น ผลจากความล่าช้าในการคำนวณขนาดแผ่นดินไหวใหญ่เพื่อการเตือนภัยสึนามิ ทำให้นักวิทยาศาสตร์พัฒนาการประมาณค่าขนาดแผ่นดินไหวเพื่อการเตือนภัยสึนามิเป็นการเฉพาะขึ้นใหม่โดยใช้คลื่น P (P เป็นคลื่นตามยาวมีความเร็วในการเดินทางมากที่สุด) โดยเรียกขนาดนี้ว่า M_{wp} เพื่อขยายค่าของขนาดให้ใกล้เคียงกับค่า M_w ซึ่งถือว่าปัจจุบันเป็นค่าที่สอดคล้องกับค่าพลังงานที่แท้จริงของแผ่นดินไหวมากที่สุด นอกจากนั้นหากเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่มาก ขนาดแผ่นดินไหว ทั้งแบบ M_b , M_L , M_s , M_{wp} ที่คำนวณได้มีค่าขีดจำกัดสำหรับแผ่นดินไหวจริงขนาด 6, 6.5, 8, 8.5 ตามลำดับซึ่งหมายความว่าหากเกิดแผ่นดินไหวขนาดเกินค่าขีดจำกัด การคำนวณขนาดแต่ละชนิดจะมีค่าต่ำกว่าค่าที่แท้จริง นับเป็นอันตรายทางเทคนิคในเรื่องการเตือนภัยสึนามิ เมื่อใช้เกณฑ์ของขนาดแผ่นดินไหวจำแนกภัยสึนามิ ดังนั้นในการเตือนภัยสึนามิองค์ประกอบที่สำคัญในการปฏิบัติงานตรวจเฝ้าระวังแผ่นดินไหวใหญ่ คือ ความรวดเร็วและการประมาณค่าใกล้เคียงความเป็นจริง

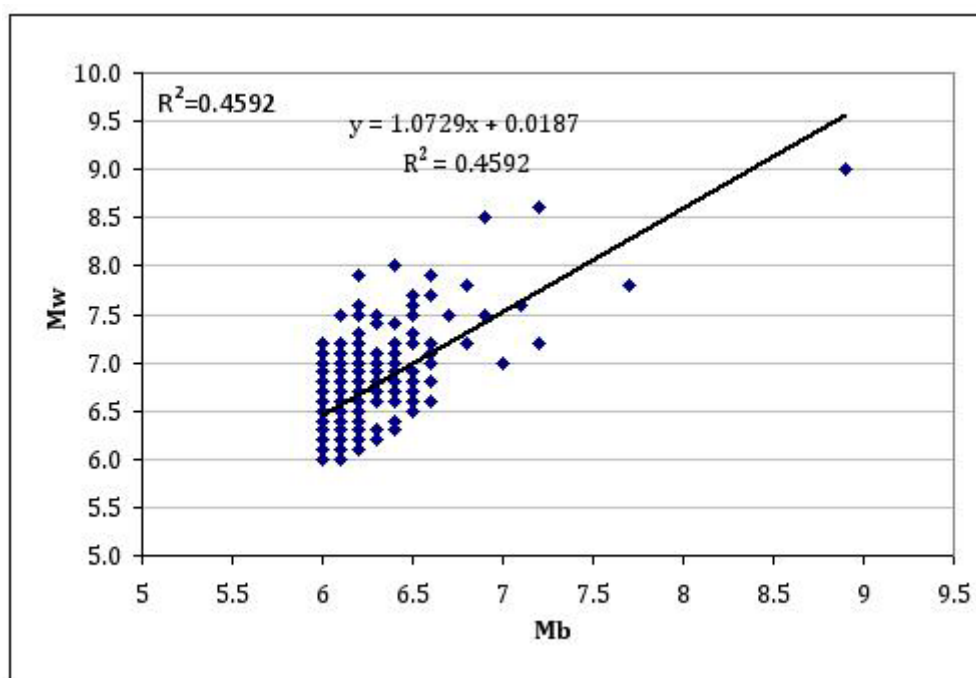
สำหรับประเทศไทย ภัยสึนามิทางฝั่งด้านตะวันตก เกิดจากแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน มหาสมุทรอินเดีย ซึ่งเป็นสึนามิในลักษณะข้ามสมุทร(เกณฑ์ขนาดแผ่นดินไหว M_w มีค่ามากกว่า 7.8) คลื่นสึนามิจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวใหญ่ต้องใช้ระยะเวลาในการเดินทางมายังประเทศไทยมากกว่า 1.5 -2.5 ชั่วโมงหรือมากกว่า ดังนั้นขั้นตอนมาตรฐานเริ่มต้นจาก การเฝ้าระวังแผ่นดินไหวและตรวจวิเคราะห์ ให้ได้ตำแหน่งและขนาดอย่างรวดเร็ว ปัจจุบันหากเกิดแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน เกาะสุมาตรา หมู่เกาะอันดามันหรือ บริเวณนิโคบาร์ ผลการวิเคราะห์ประมาณ 7-15 นาที ขึ้นกับระยะทางของศูนย์กลางแผ่นดินไหว อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ของขนาดยังคง เป็น M_L M_b หรือการประมาณค่า M_{wp} ซึ่งมีข้อจำกัดสูงสุดของขนาด ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการหาขนาดแบบใหม่ให้รวดเร็วขึ้นโดยยังมีค่าใกล้เคียงกับค่า M_w ที่ต้องการ

8.2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

จากการตรวจสอบข้อมูลของเหตุการณ์แผ่นดินไหวระหว่างปี 2519- มิถุนายน 2553 ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวซึ่งมีขนาด M_b มากกว่า 6 ในบริเวณละติจูด ที่ 5 องศาใต้ – 30 องศาเหนือและลองจิจูดที่ 90 -130 องศาตะวันออก

8.2.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ Mb กับ Mw และ Ms กับ Mw

เมื่อเปรียบเทียบขนาดแบบ Mb และ Ms กับขนาดของ Mw พบว่าขนาด Mb ไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กับขนาดของ Mw โดยมีค่า R^2 ต่ำกว่า 50% ส่วนความสัมพันธ์กับ Ms และ Mw มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดที่ค่า R^2 มากกว่า 80% แสดงความสัมพันธ์ของ Mb Ms กับ Mw ดังสมการในรูปที่ 8-2 และ 8-3



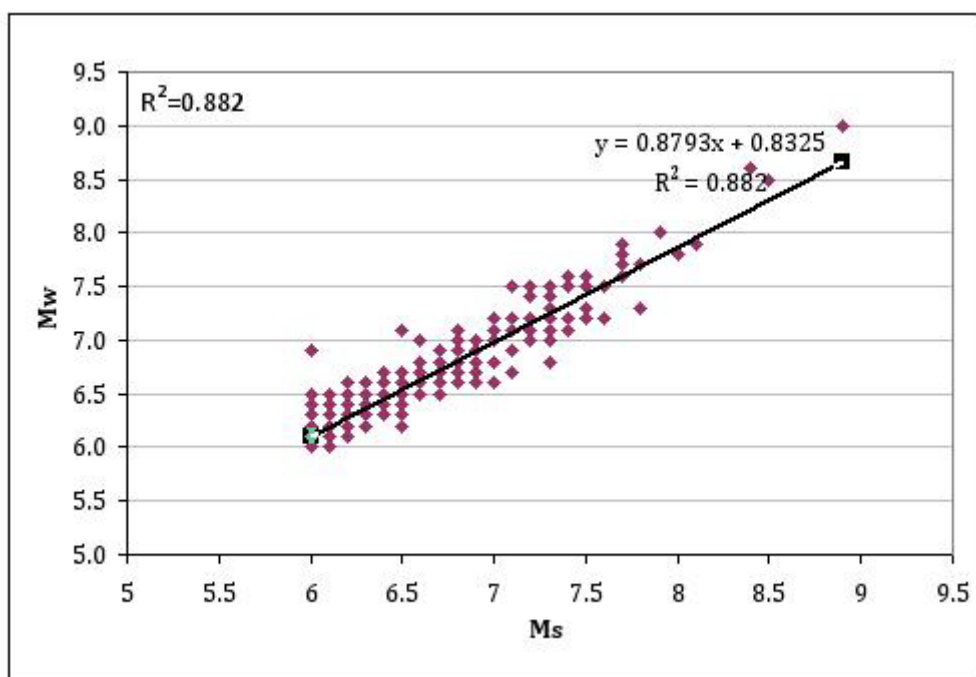
รูปที่ 8-2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาด Mb และ Mw

สมการความสัมพันธ์ของ Mb และ Mw ซึ่งผลความสัมพันธ์ระหว่างกันน้อย

$$Mw = 1.0729 Mb + 0.0187$$

สมการความสัมพันธ์ของ Ms และ Mw ซึ่งผลความสัมพันธ์ระหว่างกันดี

$$Mw = 0.8793 Ms + 0.8325$$



รูปที่ 8-3 ความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาด Ms และ Mw

สำหรับการตรวจสอบข้อมูลแผ่นดินไหวของขนาด Mw ในช่วงปี ค.ศ. 2006-2008 ของระบบตรวจแผ่นดินไหวอัตโนมัติประเทศไทยซึ่งเป็นปีที่เริ่มติดตั้งระบบและปีสิ้นสุดการวิจัย ไม่ปรากฏผลการคำนวณเป็น Mw ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด Mw มากกว่า 7.8 ริกเตอร์จึงไม่สามารถหาความสัมพันธ์ ระหว่าง Mw กับ Ms ได้ อย่างไรก็ตาม กรมอุตุนิยมวิทยายังคงใช้ผลการคำนวณอัตโนมัติของค่า Mw ร่วมในการพิจารณาภัยระบบตรวจแผ่นดินไหวที่เป็นเครือข่ายการออกประกาศแจ้งเตือน หรือเตือนภัยสำหรับแผ่นดินไหวใหญ่ในทะเล

8.3 การพัฒนาสมการคำนวณขนาดแผ่นดินไหวใหญ่เพื่อใช้เตือนภัยสึนามิในประเทศไทย

ต่อมาได้มีการพัฒนาการคำนวณขนาดแผ่นดินไหวให้รวดเร็วขึ้นโดย Tatsuhiko Hara (2007) คำนวณค่าขนาดจาก ความสูงของคลื่น P เนื่องจากเป็นคลื่นแผ่นดินไหวคลื่นแรกที่เดินทางมาถึงสถานี โดยขนาดนี้มีค่าแปรตามค่า ความสูงของคลื่น P แปรตามระยะทาง และช่วงเวลาการสั่นสะเทือนที่ลดลงมา 25% ของค่าสูงสุด ดังสมการด้านล่างนี้

$$M = 0.79 \log A + 0.83 \log D + 0.69 \log T + 6.47$$

A = Maximum Displacement (m) of ground motion at high frequency 2-4 Hz

D= ระยะทางจากตำแหน่งแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจวัดหน่วยเป็นกิโลเมตร

T=ช่วงเวลานับตั้งแต่เวลาคลื่น P มาถึงสถานีจนถึงเวลาคลื่นลดความสูงเหลือประมาณ 25% ของคลื่นสูงสุด หน่วยเป็นวินาที

8.3.1 ข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์

เพื่อให้ระบบตรวจแผ่นดินไหวอัตโนมัติของกรมอุตุนิยมวิทยาสามารถคำนวณหาขนาดแผ่นดินไหวใหญ่ในทะเลจากคลื่น P นอกจาก ขนาด M_{wp} ผู้วิจัยได้เลือกเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่โดยทำการวิเคราะห์จากผลการตรวจแผ่นดินไหวแบบดิจิทัล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 – มิถุนายน 2553 พิจารณาวิเคราะห์เฉพาะขนาด M_w ตั้งแต่ 7.8 ขึ้นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่คาดว่าจะทำให้เกิดสึนามิแบบข้ามมหาสมุทรและอาจส่งผลกระทบต่อประเทศไทย ขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

1. รวบรวมคลื่นแผ่นดินไหวและเลือกช่วงเหตุการณ์ของคลื่นความสั่นสะเทือน คลื่น P ในรูปแบบดิจิทัลจากสถานีตรวจแผ่นดินไหวอัตโนมัติทุกแห่ง ที่สามารถทำการตรวจความสั่นสะเทือน ณ เวลา สำหรับเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีขนาดตั้งแต่ 7.8 ริกเตอร์ พบว่ามี 4 เหตุการณ์แสดงดังตารางต่อไปนี้

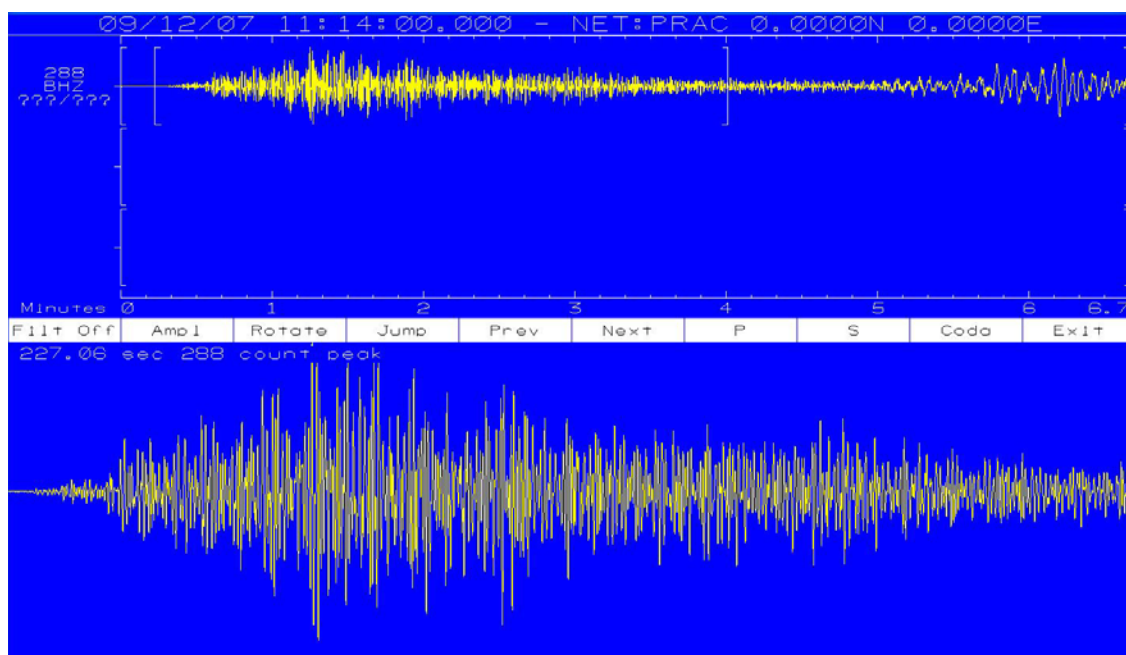
ปี เดือน วัน ชั่วโมง นาที (UTC)	ขนาดแผ่นดินไหว (M_w)	จำนวนสถานีดิจิทัลที่ตรวจวัด
200412260058	9.1	1
200503281609	8.6	3
200709121110	8.5	10
201004062215	7.8	14

ตารางที่ 8-1 เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์

2. คำนวณหาการเคลื่อนตัวของพื้นดินก่อน เครื่องมือตรวจความสั่นสะเทือน (Seismometer) ทำการตรวจความสั่นสะเทือน โดยการทำให้ deconvolution คลื่นความสั่นสะเทือนด้วยโปรแกรม Seisplus
3. ทำการกรองสัญญาณความสั่นสะเทือน คลื่น P เฉพาะช่วง ความถี่ 2-4 Hz
4. อินทิเกรต (integrate) สัญญาณความเร็วของพื้นดิน (คลื่น P) เพื่อให้คำนวณการขจัด (Displacement)
5. วัดค่าความสูงของการขจัดในหน่วยของเมตร
6. วัดช่วงเวลาตั้งแต่สถานีตรวจวัดคลื่น P จนถึงช่วงเวลาที่คลื่นสูงสุดลดขนาดลงเหลือประมาณ 25%

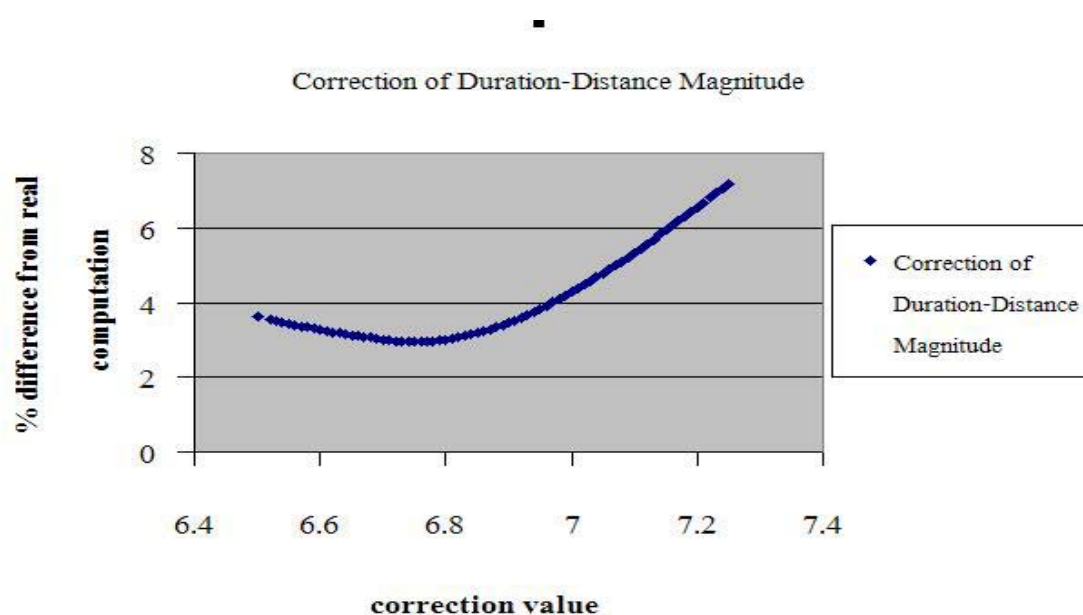
7. คำนวณระยะทางระหว่างตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวจนถึงสถานีที่ทำการตรวจวัด
8. แทนค่า ความสูงของการจัด(เมตร) ระยะทาง(กิโลเมตร) ช่วงเวลาการสั่นสะเทือน

ตัวอย่างการจัดของคลื่น P สำหรับเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่พิจารณาและเวลาการสั่นสะเทือนลดลง 25 % ณ สถานีตรวจแผ่นดินไหวที่บันทึกความสั่นสะเทือนได้ แสดงดังรูปที่ 8-4



รูปที่ 8-4 การหาค่าการจัดของเหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณตะวันตกของเกาะสุมาตรา เมื่อวันที่ 12 เดือนกันยายน 2550 ขนาด 8.5 Mw บันทึกความสั่นสะเทือน ณ สถานีตรวจแผ่นดินไหวประจำบริษัทรันซ์ โดยผ่านการ deconvolution การกรองที่ 2-4 Hz และการอินทรีเกต

หลังจากวิเคราะห์ด้วยสมการของ Hara พบว่า ความผิดพลาดระหว่างขนาดที่คำนวณด้วยวิธีนี้ยังมีค่าความผิดพลาดพอสมควร จึงได้ทดลองทำการปรับค่า correction factor ดังแสดงในรูปที่ 8-5



รูปที่ 8-5 ความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดกับค่า correction factor

8.3.2 สรุปผลการวิเคราะห์สมการขนาดเพื่อการเตือนภัยในประเทศไทย

พบว่าค่าเหมาะสมของ Correction Factor มีค่าเท่ากับ 6.76 ซึ่งทำให้ค่าผลการคำนวณผิดพลาดจากค่า M_w ประมาณ 3.4 % ดังนั้นสมการที่เหมาะสมในการประมาณค่าขนาดแผ่นดินไหวใหญ่ในทะเลโดยใช้ตัวแปรค่าความสูงของการขจัด ค่าระยะทางและความยาวของการสั่นสะเทือน สำหรับประเทศไทยได้แก่

$$M = 0.79 \log A + 0.83 \log D + 0.69 \log T + 6.47 \quad (\text{สมการเดิม})$$

$$M = 0.79 \log A + 0.83 \log D + 0.69 \log T + 6.76 \quad (\text{สมการปรับปรุงใหม่})$$

A = Maximum Displacement (m) of ground motion at high frequency 2-4 Hz

D= ระยะทางจากตำแหน่งแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจวัดหน่วยเป็นกิโลเมตร

T=ช่วงเวลานับตั้งแต่เวลาคลื่น P มาถึงสถานีจนถึงเวลาคลื่นลดความสูงเหลือประมาณ 25% ของคลื่นสูงสุด หน่วยเป็นวินาที

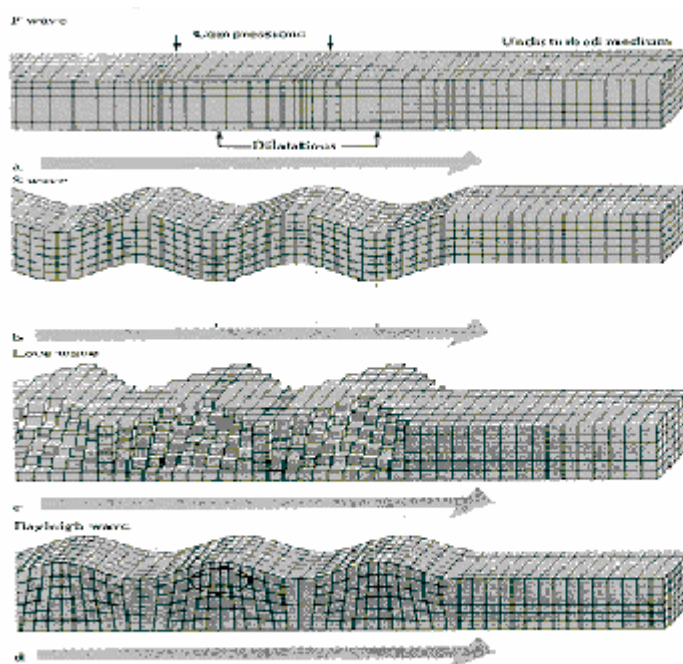
เนื่องจากการเกิดแผ่นดินไหวใหญ่โดยธรรมชาติคาบการเกิดซ้ำหลายสิบปี จนถึงหลายพันปี ดังนั้นข้อมูลที่มาทำการวิเคราะห์จึงมีจำนวนไม่มากนัก ยังคงจำเป็นต้องการข้อมูลจำนวนมากเพื่อการคำนวณเชิงสถิติมีความแม่นยำมากขึ้น

บทที่ 9

กลไกการเกิดแผ่นดินไหวในบริเวณพื้นที่ศึกษา

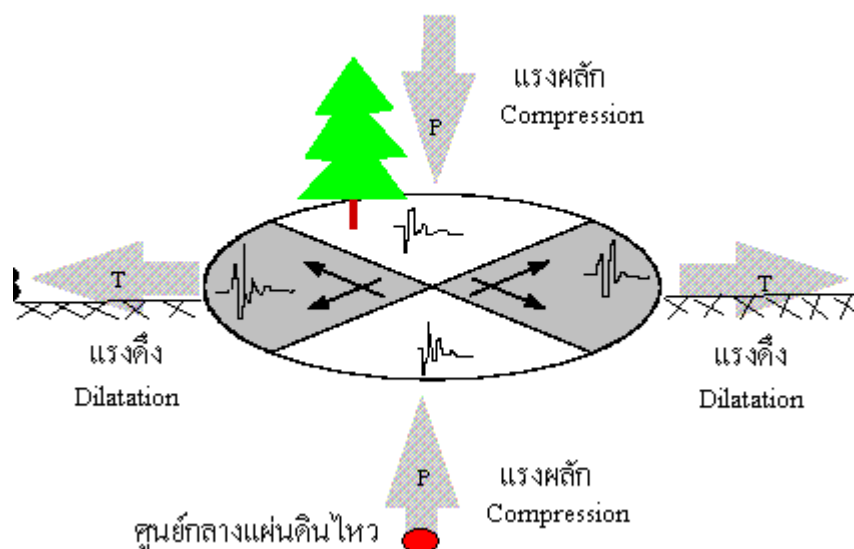
9.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกลไกแผ่นดินไหว

เป็นที่ทราบกันแล้วว่าผลการเคลื่อนที่ของรอยเลื่อนโดยฉับพลันทำให้เกิดแผ่นดินไหว โดยมีลักษณะความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเป็น 3 มิติ ซึ่งมีทิศทางของแรง และการจัดของความสั่นสะเทือนแตกต่างกัน ทำให้คลื่นแผ่นดินไหวจำแนกออกหลายชนิดตามลักษณะของการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่อยู่ภายใน การแผ่กระจายของคลื่นแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ดังรูปที่ 9-1 แสดงรูปแบบของคลื่นตามยาว (คลื่น P) คลื่นตามขวาง (คลื่น S) คลื่นผิวพื้น เคลื่อนที่ตามแนวราบ (Love Wave) และคลื่นผิวพื้นเคลื่อนที่ตามแนวตั้ง (Rayleigh Wave)

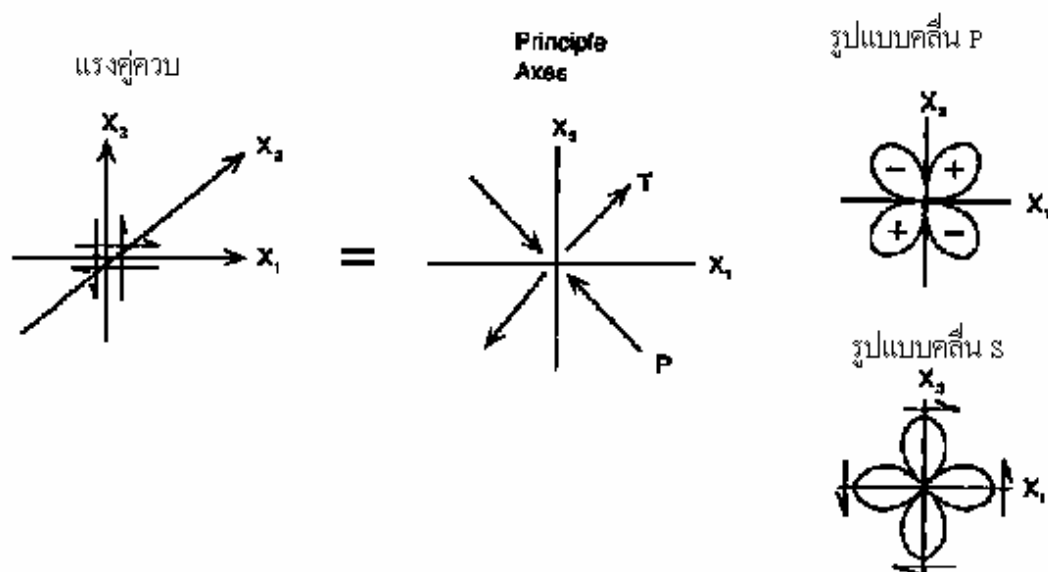


รูปที่ 9-1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคหินในเปลือกโลกของคลื่นแผ่นดินไหวชนิดต่าง ๆ

ในการศึกษาการเคลื่อนที่ของรอยเลื่อนและลักษณะของรอยเลื่อน ให้สมมติรูปทรงกลมอยู่รอบจุดกำเนิดแผ่นดินไหว ดังนั้นจึงสามารถทำการวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ ได้จากการตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว ณ สถานีตรวจแผ่นดินไหวซึ่งมีตำแหน่งไกลจากรอยเลื่อน คุณสมบัติของคลื่นความสั่นสะเทือน เช่น ทิศทางของแรงที่ปรากฏในคลื่นแผ่นดินไหว (Polarity) แสดงถึงผลของแรงซึ่งทำให้พื้นที่ ณ สถานีตรวจแผ่นดินไหวมีลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหาศูนย์กลางแผ่นดินไหว (Compression) หรือเคลื่อนที่ออกจากศูนย์กลางแผ่นดินไหว (Dilatation หรือ Tension) แสดงดังรูปที่ 9-2 นอกจากนั้นมีการสร้างทฤษฎีเกี่ยวกับแรงคู่ควบ(Double couple Force) ดังรูปที่ 9-3 เพื่ออธิบายลักษณะ Compression และ Tension ที่เกิดขึ้นได้ในทางคณิตศาสตร์ เมื่อเกิดแผ่นดินไหวแรงแต่ละคู่แสดงด้วยลูกศรคนละทิศทางแสดงถึงการเคลื่อนที่ของรอยเลื่อน ซึ่งทำให้เกิดแรงในแนวตั้งฉากซึ่งกันและกัน

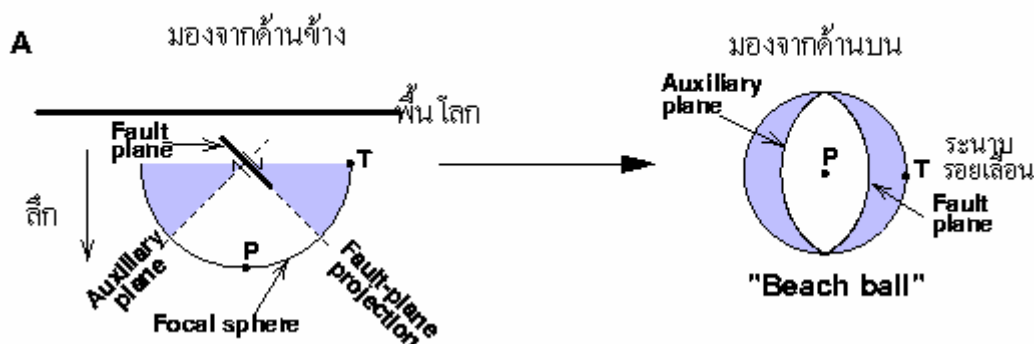


รูปที่ 9-2 ลักษณะของแรงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่างๆ เมื่อเกิดแผ่นดินไหว



รูปที่ 9-3 ลักษณะแรงคู่ควบ และรูปแบบของคลื่น P และ S

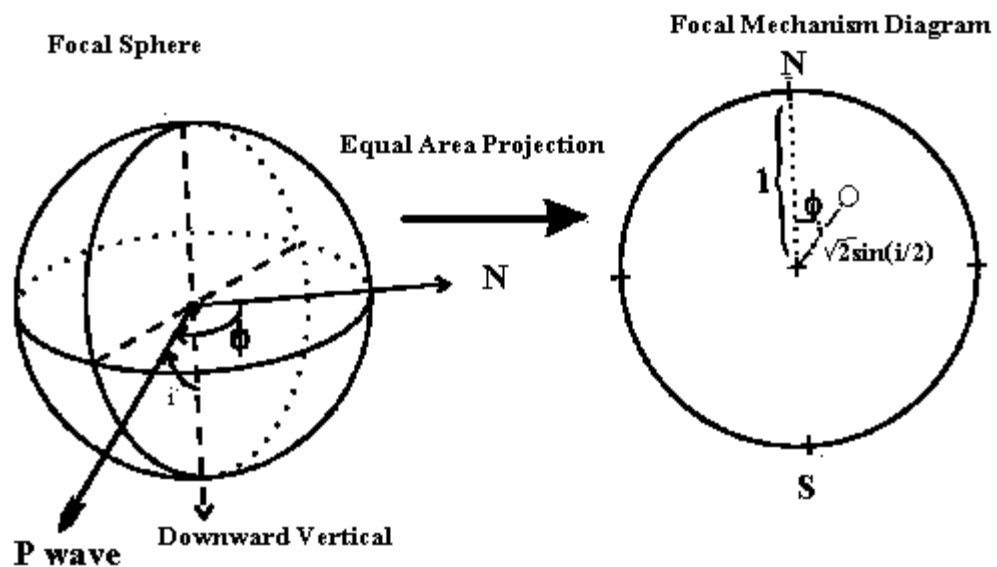
รูปแบบที่สามารถอธิบายลักษณะรอยเลื่อน ชนิดการเคลื่อนตัว ทิศทางการเคลื่อนที่ ความลาดชันของระนาบรอยเลื่อนส่วนที่เป็น Foot Wall และ Hanging Wall แสดงได้โดยรูปวงกลมระนาบ มีลักษณะคล้ายลูกบอลที่เล่นตามชายหาด (Beach Ball) แบ่งวงกลมออกเป็นสี่ส่วน มีจุดศูนย์กลางแสดงถึงตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหว พื้นที่ส่วนที่ทึบแสดงถึงพื้นที่ซึ่งถูกบีบเข้าหาตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหว (Compression) ส่วนพื้นที่ว่างแสดงถึงพื้นที่ซึ่งถูกดึงให้ห่างจากตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหว (Tension) เส้นโค้งที่อยู่ภายในแสดงถึงระนาบและทิศทางของรอยเลื่อนซึ่งมีด้วยกัน 2 เส้น เส้นหนึ่งจะเป็นระนาบรอยเลื่อนที่แท้จริง อีกเส้นหนึ่งเป็นรอยเลื่อนซึ่งแสดงแรงคู่ควบอีกคู่หนึ่ง แสดงดังรูปที่ 9-4 ทั้งนี้ในทางทฤษฎีไม่สามารถบอกได้ว่าเส้นใดคือรอยเลื่อนหากไม่มีข้อมูลอื่นประกอบการพิจารณา เช่นแผนที่ทางธรณีวิทยา ตำแหน่งการเกิดแผ่นดินไหว และแนวของแผ่นดินไหวตามมา (Aftershock) เป็นต้น วงกลมนี้ถูกเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า วงกลมกลไกแผ่นดินไหว (Focal Mechanism)



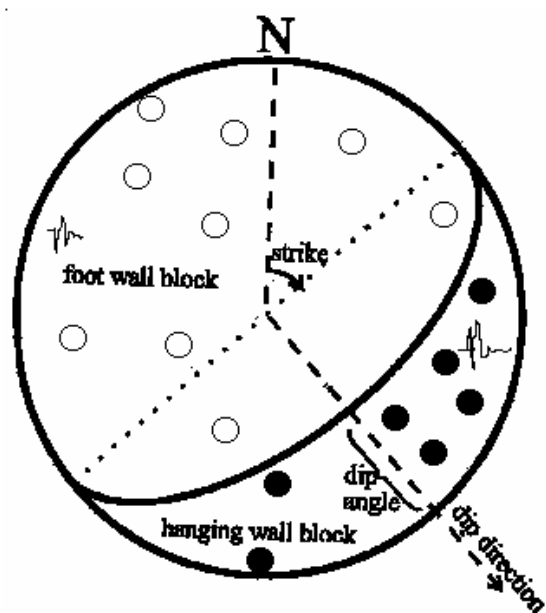
รูปที่ 9-4 วงกลมกลไกแผ่นดินไหวที่แสดงถึงระนาบรอยเลื่อน

9.2 วิธีการวิเคราะห์หลักไคแผ่นดินไหว

- 1) รวบรวมข้อมูล Polarity ของคลื่นแผ่นดินไหวจากสถานีตรวจแผ่นดินไหวหลายๆ แห่งในเหตุการณ์แผ่นดินไหวหนึ่งที่ต้องการวิเคราะห์หาลักษณะของรอยเลื่อน
- 2) กำหนดตำแหน่งสถานีตรวจแผ่นดินไหว ด้วยวงกลมเล็ก บนวงกลมซึ่งเป็นตารางพื้นที่เท่า (Equal Area Projection) โดยมีพิกัดของระยะทาง (คำนวณจากค่า Take Off Angle ของคลื่น) กับค่า Azimuth ระหว่างตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวกับสถานี หน่วยเป็นองศา แสดงดังรูปที่ 9-5
- 3) วงกลมเล็กที่แสดงถึงสถานีที่ตรวจวัดคลื่นมี Polarity เป็นบวก ได้แก่คลื่น P มีลักษณะกระตุกขึ้น (UP) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่ามีแรงออกจากตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหว ผลักดัน (Compression) กับพื้นที่บริเวณสถานี ส่วนวงกลมเล็กว่างแสดงถึงสถานีที่ตรวจวัดคลื่นมี Polarity เป็นลบ ได้แก่คลื่น P มีลักษณะกระตุกลง (Down) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่ามีแรงดึง (Dilatation) กับพื้นที่บริเวณสถานีเข้าหาศูนย์กลางแผ่นดินไหว แสดงดังรูปที่ 9-6



รูปที่ 9-5 การกำหนดตำแหน่งสถานีซึ่งบันทึกลักษณะ Polarity บนวงกลมกลไกแผ่นดินไหว



รูปที่ 9-6 ลักษณะการกำหนดค่าพารามิเตอร์ และการแบ่งพื้นที่ด้วยลักษณะคลื่นที่ตรวจวัด

- 4) แบ่งพื้นที่ของส่วนที่เป็นแรงผลัก (Compression) และแรงดึง (Dilatation) เท่า ๆ กัน ผลที่ได้วงกลมจะถูกแบ่งเป็นสี่ส่วนซึ่งมีส่วนเล็กที่อยู่ตรงข้ามกันแสดงลักษณะของแรงในพื้นที่เหมือนกัน

9.3 การแปลความหมายของกลไกแผ่นดินไหว

พารามิเตอร์ที่สำคัญในการพิจารณากลไกแผ่นดินไหวประกอบด้วย ค่าทิศทางของแนวรอยเลื่อน (Strike Direction) มุมของการเลื่อนตัว (Slip or Rake) และมุมเทของระนาบรอยเลื่อน (Dip angle)

ลักษณะของพื้นที่ซึ่งถูกแบ่งออกเป็นสี่ส่วน กับตำแหน่งศูนย์กลางของวงกลมกลไกแผ่นดินไหว สามารถบ่งชี้ได้ว่าเป็นรอยเลื่อนแบบใด ดังรูปที่ 9-7 และตามรูปแบบดังนี้

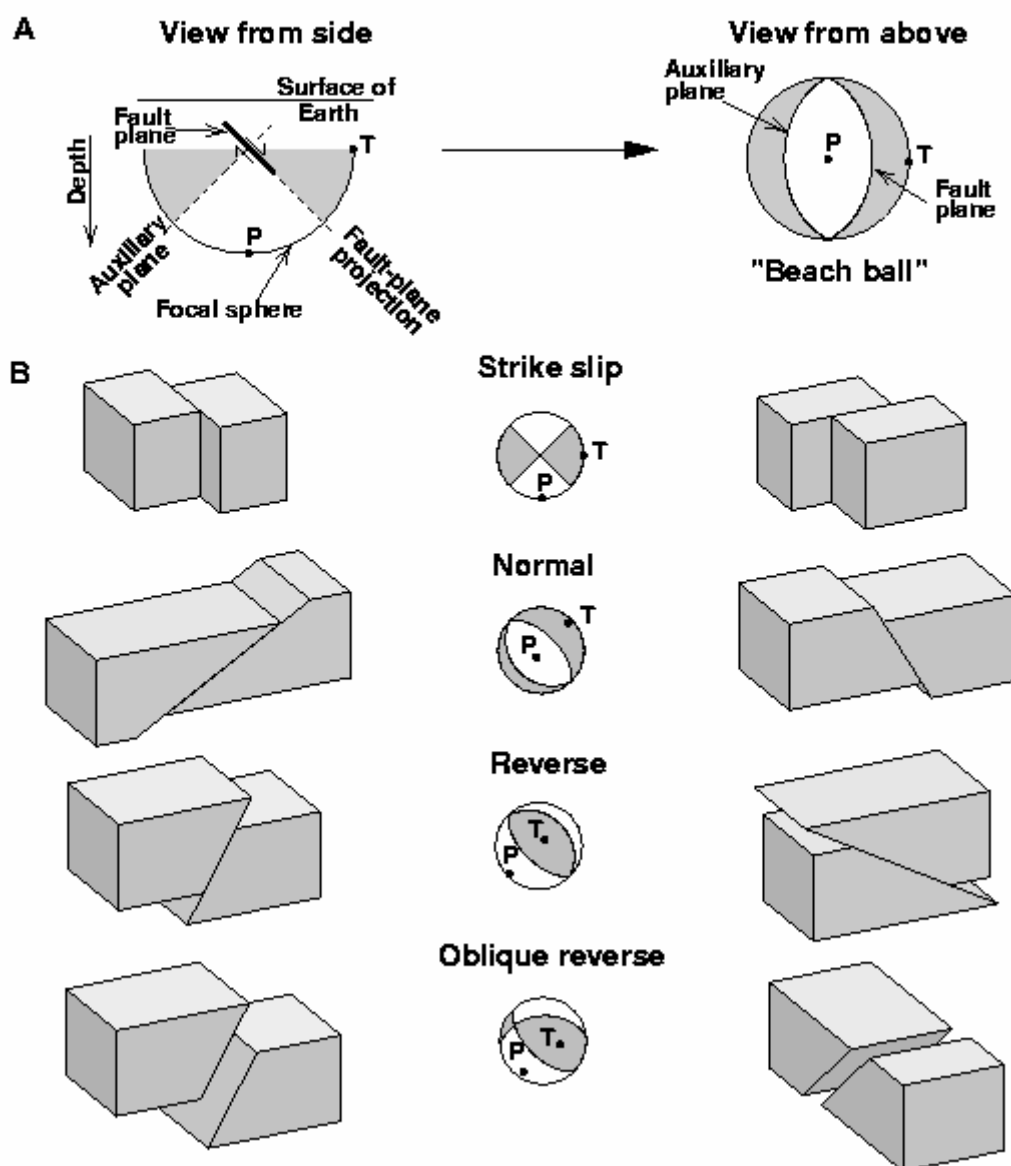
- 1.) ในกรณีที่ศูนย์กลางของวงกลมอยู่ในพื้นที่สีทึบซึ่งเป็นพื้นที่ที่ถูกผลักออกจากศูนย์กลางแผ่นดินไหว (พื้นที่วงกลมเล็กทึบซึ่งแสดงคลื่นแบบกระดูกขึ้น) อธิบายได้ว่าลักษณะของรอยเลื่อนเป็นแบบผกผัน (Reverse Fault)
- 2.) ในกรณีที่ศูนย์กลางของวงกลมอยู่ในพื้นที่ว่าง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ถูกดึงเข้าหาศูนย์กลางแผ่นดินไหว (พื้นที่วงกลมเล็กว่างซึ่งแสดงคลื่นแบบกระดูกลง) อธิบายได้ว่าลักษณะรอยเลื่อนเป็นแบบปกติ (Normal Fault)
- 3.) ในกรณีที่เส้นโค้งแทนรอยเลื่อนมีลักษณะเป็นเส้นตรงและแบ่งพื้นที่ออกเป็นสองส่วนเท่ากัน อธิบายได้ว่าเป็นรอยเลื่อนแบบเฉือน (Shear Fault) และมีค่ามุมเทเกือบอยู่ในแนวตั้ง

T แสดงถึงจุดตำแหน่ง Tension Axis มองจากด้านบน

P แสดงถึงจุดตำแหน่ง Compression Axis มองจากด้านบน

B แสดงถึงจุดตำแหน่ง Null Axis จุดตัดระหว่างระนาบรอยเลื่อนทั้งสอง (Fault Plane และ Auxillary Fault Plane)

Schematic diagram of a focal mechanism



รูปที่ 9-7 เปรียบเทียบ วงกลมกลไกแผ่นดินไหวและชนิดรอยเลื่อน

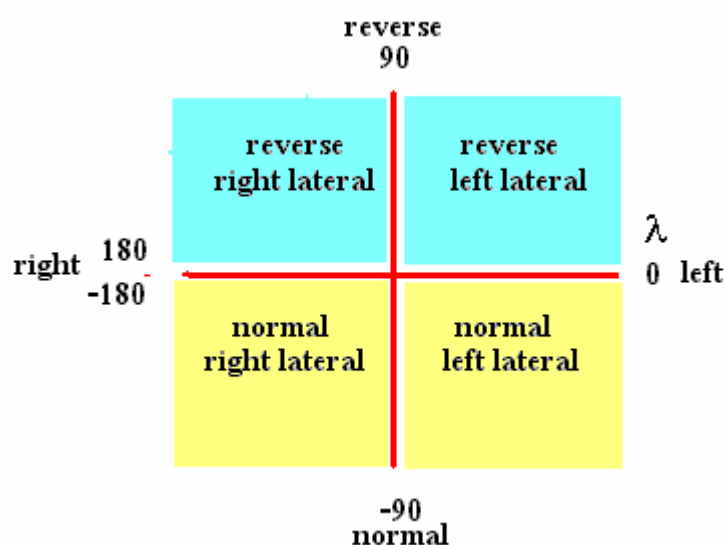
ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของรอยเลื่อน กำหนดให้มีค่าต่าง ๆ ดังนี้

ค่า Strike Direction ϕ มีค่าระหว่าง 0 ถึง 360 องศา

ค่า Dip ของรอยเลื่อน δ มีค่าระหว่าง 0 ถึง 90 องศา

ค่า Slip หรือ Rake λ มีค่าระหว่าง -180 ถึง 180 องศา

ค่าของ λ แสดงถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของ Hanging Wall ของรอยเลื่อน ที่เคลื่อนที่ ขึ้น-ลง-ซ้าย-ขวา แสดงดังรูปที่ 9-8



รูปที่ 9-8 ค่าของ มุม Slip หรือ Rake บ่งชี้ลักษณะการเคลื่อนที่ของรอยเลื่อน

ค่า $\lambda = 90$ องศา เป็น Pure Reverse Fault และ $0 < \lambda < 180$ องศาแสดงว่ามีการเคลื่อนที่ขึ้น เป็นลักษณะของ Reverse Fault

ค่า $\lambda = -90$ องศา เป็น Pure Normal Fault และ $0 > \lambda > -180$ องศาแสดงว่ามีการเคลื่อนที่ลง เป็นลักษณะของ Normal Fault

ค่า $90 < \lambda < 180$ องศา หรือ เป็น การเคลื่อนที่ทางขวา(Right Lateral)

ค่า $-90 > \lambda > 0$ องศา หรือ เป็น การเคลื่อนที่ทางซ้าย(Left Lateral)

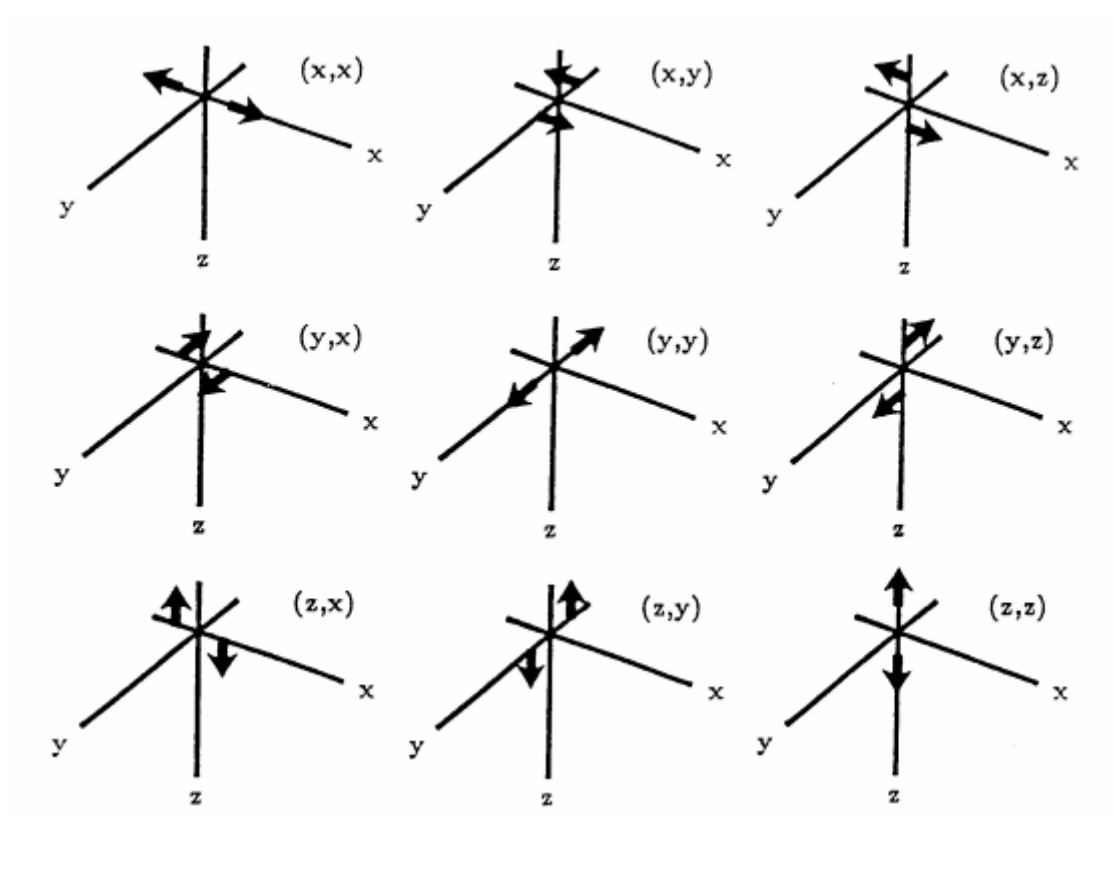
9.4 การวิเคราะห์กลไกแผ่นดินไหวด้วยโปรแกรม

เนื่องจากการวิเคราะห์กลไกแผ่นดินไหวเป็นเรื่องที่ค่อนข้างซับซ้อนทางคณิตศาสตร์ เกี่ยวข้องกับข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวจากสถานีต่าง ๆ มากมาย ดังนั้นการวิเคราะห์ด้วยมือจึงมีความ ล่าช้ามาก ปัจจุบันมีหลายของค์กรด้านแผ่นดินไหว ที่ทำการคำนวณวิเคราะห์หากลไกแผ่นดินไหวโดย ใช้หลักการของ Moment Tensor ซึ่งสามารถอธิบายลักษณะของแรงคู่ควบ อันเกิดจากแหล่งกำเนิด แผ่นดินไหว แบบจุด (กรณีแผ่นดินไหวที่มีศูนย์กลางห่างไกลจากสถานีตรวจวัดมาก ๆ) และนำมา สังเคราะห์คลื่นแผ่นดินไหวขึ้นใหม่ทางในทฤษฎี จากค่าของพารามิเตอร์ของรอยเลื่อนสมมติ $(\lambda, \varphi, \delta)$ และรูปแบบคลื่นชนิดต่าง ๆ ซึ่งแปรตามระยะทางและตำแหน่งศูนย์กลาง โดยเปรียบเทียบ ให้ได้รูปร่างของคลื่นจากการคำนวณใกล้เคียงที่สุดกับคลื่นแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้จริงที่สถานี ค่า คำตอบ (Solution) ที่ดีที่สุดจะเป็นค่าพารามิเตอร์ของรอยเลื่อนที่ต้องการทราบ

รูปที่ 9-9 แสดงถึงแรงคู่ควบที่เป็นโมเมนต์ในระนาบ 3 มิติ 9 ลักษณะ สามารถเขียนเป็น สมการที่เกี่ยวข้องกับค่าของมุมทิศทางการเคลื่อนที่ของรอยเลื่อน (Slip Angle หรือ Rake Angle λ) แนวการเคลื่อนที่ของรอยเลื่อน (Azimuth φ) มุมเทของระนาบรอยเลื่อน (Dip Angle δ) ดังสมการ ต่อไปนี้

$$\begin{aligned} M_{xx} &= -M_0(\sin \delta \cos \lambda \sin 2\varphi + \sin 2\delta \sin \lambda \sin^2 \varphi) \\ M_{xy} &= M_0(\sin \delta \cos \lambda \cos 2\varphi + 0.5 \sin 2\delta \sin \lambda \sin 2\varphi) \\ M_{xz} &= -M_0(\cos \delta \cos \lambda \cos \varphi + \cos 2\delta \sin \lambda \sin \varphi) \\ M_{yy} &= M_0(\sin \delta \cos \lambda \sin 2\varphi - \cos 2\delta \sin \lambda \cos^2 \varphi) \\ M_{yz} &= -M_0(\cos \delta \cos \lambda \sin \varphi - \cos 2\delta \sin \lambda \cos \varphi) \\ M_{zz} &= M_0(\sin 2\delta \sin \lambda) \end{aligned}$$

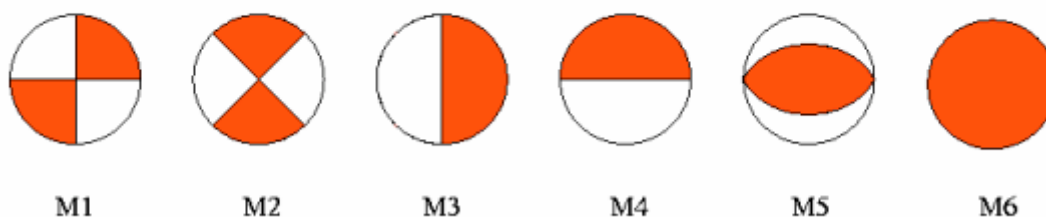
ส่วน โมเมนต์เชิงมุมของแรงที่เท่ากัน ได้แก่ M_{yx} M_{zx} และ M_{zy} มีเงื่อนไขเป็นศูนย์



รูปที่ 9-9 โมเมนต์ที่แสดงถึงแรงคู่ควบในระนาบต่าง ๆ

ในทางคณิตศาสตร์ค่า Moment Tensor ซึ่งแสดงเป็นเมทริกซ์สามารถแตกย่อยเป็นแรงคู่ควบพื้นฐานต่าง ๆ และสามารถแปลความหมายในรูปแบบของลักษณะรอยเลื่อนได้อย่างง่ายๆ แสดงดังรูปที่ 9-10 ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการคำนวณสังเคราะห์คลื่นแผ่นดินไหวชนิด P, SV และ SH ในทางทฤษฎี

Elementary Moment Tensors



รูปที่ 9-10 รูปวงกลมกลไกแผ่นดินไหวสัมพันธ์กับโมเมนต์ย่อยต่าง ๆ

- M1 M2 แสดงการเลื่อนตัวแบบเนียนลื่น(Pure Strike Slip) ซึ่งค่ามุมเทเป็น 90 องศา
- M3 M4 แสดงการเลื่อนตัวตามแนวตั้งของรอยเลื่อนที่มีมุมเท โดยมีระนาบของการเลื่อนทิศเหนือ-ใต้และตะวันออก-ตะวันตก ตามลำดับ
- M5 แสดงการเลื่อนตัวในแนวตั้งของรอยเลื่อนผกผัน(Reverse หรือ Thrust) ที่มีมุมเทของรอยเลื่อน 45 องศา
- M6 แสดงรูปแบบแหล่งกำเนิดที่มีการกระจายพลังงานออกทุกทิศทาง เช่น การระเบิด เป็นต้น

9.5 รูปแบบเค็ตตาล็อกกลไกแผ่นดินไหว

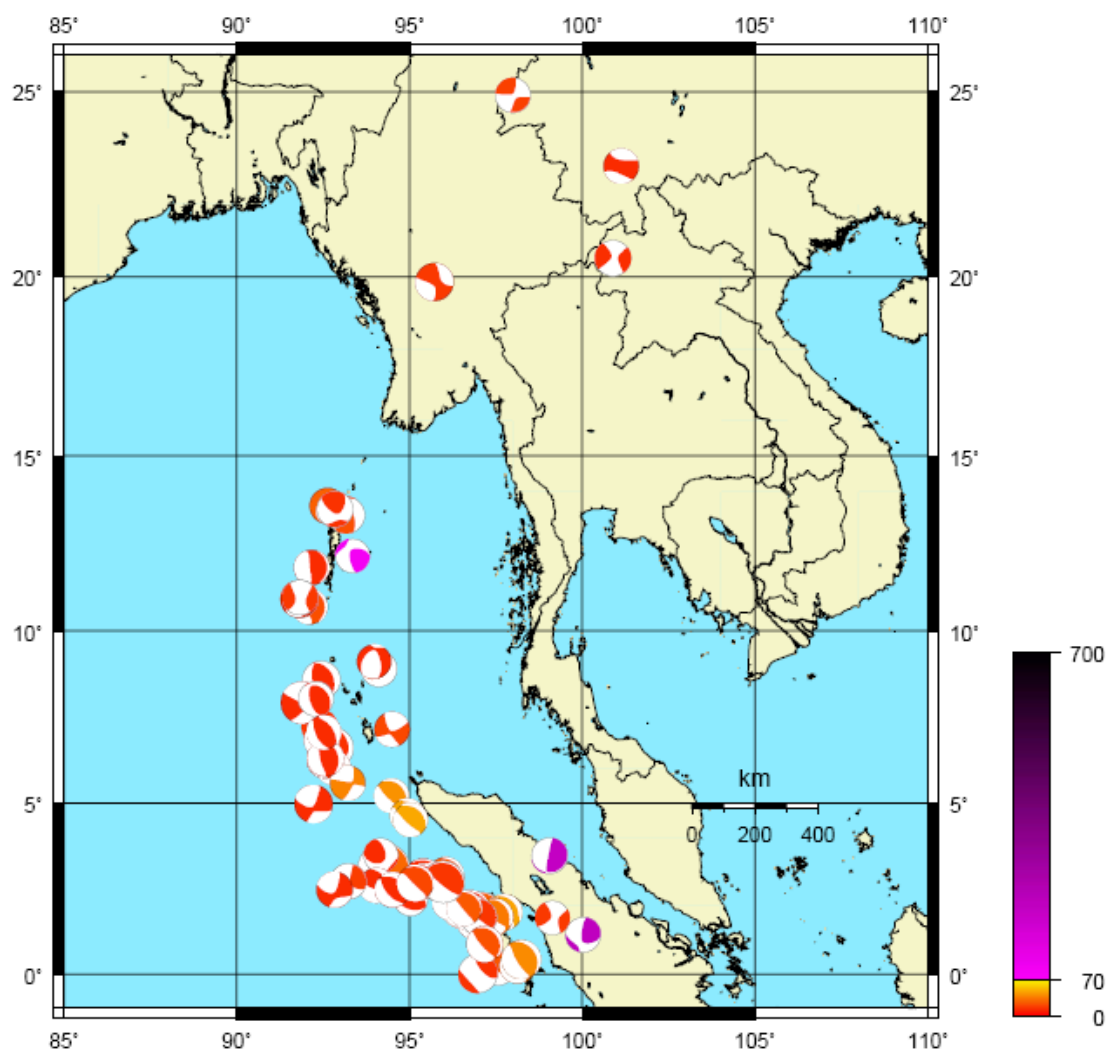
ส่วนใหญ่ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบ Centroid Moment Tensor ที่รวบรวมในงานวิจัยครั้งนี้ได้จากผลงานของกลุ่มวิจัยมหาวิทยาลัย Harvard ซึ่งวิเคราะห์จากคลื่นแผ่นดินไหวชนิด Body wave ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดมากกว่า 6 ริกเตอร์ พื้นที่ในการรวบรวมข้อมูลกลไกแผ่นดินไหว อยู่ระหว่าง ละติจูดที่ 0 ถึง 25 องศาเหนือ ลองจิจูดที่ 90 ถึง 110 องศาตะวันออก โดยรวบรวมข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 - 2551 ไว้ในเค็ตตาล็อก เป็นรูปเล่ม และมีตัวอย่างแสดง ดังตารางที่ 9-11 ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

- 1) Source แหล่งที่มาของข้อมูลกลไกแผ่นดินไหวและข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหว
- 2) วันเดือนปี ที่เกิดแผ่นดินไหว(YYYY-MM-DD)
- 3) เวลาเกิดแผ่นดินไหวในระบบ UTC
- 4) ตำแหน่งละติจูด ลองจิจูด ของจุดที่เกิดแผ่นดินไหว ในลักษณะของ Centroid Moment Tensor :CMT
- 5) ความลึก (Depth)
- 6) ขนาดแผ่นดินไหว (Magnitude ML,Mb,Ms,Mw)
- 7) ย่านที่เกิดแผ่นดินไหว(Region)
- 8) พารามิเตอร์ แนวรอยเลื่อน(Strike:φ) ,มุมเทของรอยเลื่อน (Dip: δ) และทิศทางของการเคลื่อนที่(Rake:λ) ของระนาบรอยเลื่อนทั้งสองแนว (Fault Plane 1 และ 2)
- 9) ภาพวงกลมกลไกแผ่นดินไหว

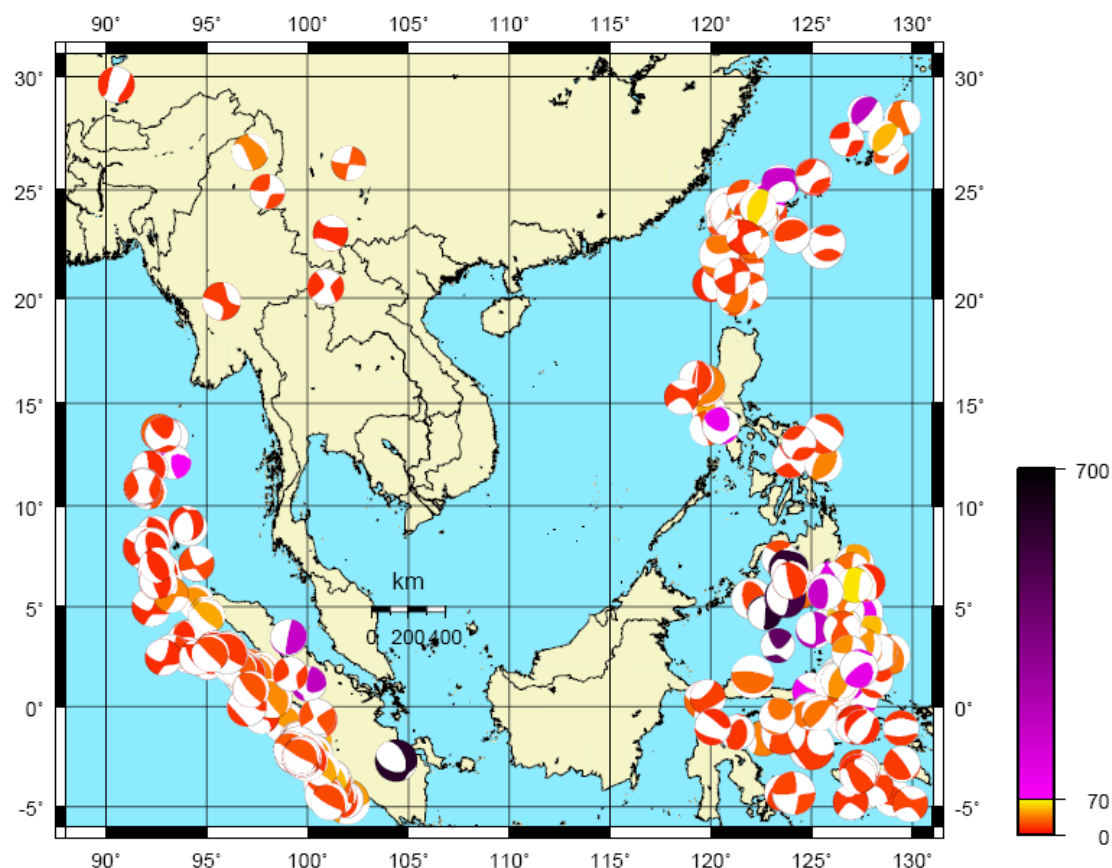
SOURCE	DATE	TIME	ORDINATE		DEPT	NDF	NST	MAGNITUDE					REGION	Fault plane 1			Fault plane 2			pic
	YY/MM/DD	HH:MM:SS.S	LAT	LONG	km.			ML	Mb	Ms	Mw	Mwp		strike	dip	slip	strike	dip	slip	
NEIC	1998-08-10	09:52:14.9	7.324	94.305	35	-	-	-	-	-	6	-	NICOBAR ISLANDS REGION	237	84	0	147	90	174	
BKK	1999-02-04	19:27:58.0	3.81	95.05	33	-	-	9	6	-	-	-	NORTHERN SUMATERA							
NEIC	1999-02-04	19:28:02.7	3.96	95.16	47					5.8	5.4	5.8	NORTHERN SUMATERA	93	43	-152	341	71	-51	
BKK	1999-07-21	13:46:30.0	4.545	97.292	33	-	-	6	6.3	-	-	-	NORTHERN SUMATERA							
NEIC	1999-07-21	13:46:31.4	4.56	97.26	166	-				5.9	-	5.6	NORTHERN SUMATERA	275	13	98	87	77	88	
NEIC	1999-11-11	18:05:43.5	1.276	100.322	211	-	-	507	-	6	-	6.1	NORTHERN SUMATERA	92	44	168	190	82	46	
BKK	2001-03-15	01:22:42.0	8.651	93.755	33	-	-	7	6	-	-	-	NICOBAR ISLANDS REGION							
NEIC	2001-03-15	01:22:43.4	8.656	94.013	33	324	-	-	-	5.6	5.9	6	NICOBAR ISLANDS REGION	348	81	-178	258	88	-9	
BKK	2001-05-18	02:05:34.0	0.513	96.354	33	-	-	6	6	-	-	-	NORTHERN SUMATERA							
NEIC	2001-05-18	02:05:36.3	0.06	97.52	22					5.4	5.8	5.8	NORTHERN SUMATERA	307	19	87	130	71	91	
BKK	2001-08-05	05:16:16.7	12.39	93.105	33	-	-	8	6	-	-	-	ANDAMAN ISLANDS REGION							
NEIC	2001-08-05	05:16:19.1	12.51	93.19	101					5.4	5.2	5.9	ANDAMAN ISLANDS REGION	274	57	22	172	72	145	
NEIC	2002-09-13	22:28:29.5	13.036	93.068	21	646	-	-	-	6.2	6.7	6.5	ANDAMAN ISLANDS REGION	212	42	137	337	83	57	
BKK	2002-09-13	22:28:30.9	12.757	93.321	33	-	-	-	-	6.6	-	-	ANDAMAN ISLANDS REGION							
NEIC	2002-10-24	21:53:43.2	6.03	94.419	65	601	-	-	-	6.2	-	5.7	NICOBAR ISLANDS REGION	197	43	18	94	78	132	
NEIC	2002-11-02	01:26:10.7	2.824	96.085	30	418	-	-	-	6.2	7.6	7.4	NORTHERN SUMATERA	297	16	73	135	75	95	
BKK	2002-11-02	01:26:11.0	2.827	96.331	33	-	-	3	6.2	-	-	-	NORTHERN SUMATERA							
NEIC	2002-11-02	09:46:46.7	2.954	96.394	27	439	-	-	-	5.9	6.4	6.3	NORTHERN SUMATERA	303	13	56	158	79	98	
BKK	2002-11-02	09:46:47.0	2.419	96.787	33	-	-	6	6.5	-	-	-	NORTHERN SUMATERA							

รูปที่ 9-11 ตัวอย่างแคตตาล็อกกลไกแผ่นดินไหว

แผนที่แสดงตำแหน่งแผ่นดินไหวด้วยภาพวงกลมกลไกแผ่นดินไหว ขนาดตั้งแต่ 6 ริกเตอร์ ในบริเวณระหว่าง ละติจูดที่ 0 ถึง 25 องศาเหนือ ลองจิจูดที่ 90 ถึง 110 องศาตะวันออก และระหว่าง ละติจูดที่ -5 ถึง 30 องศาเหนือ ลองจิจูดที่ 90 ถึง 130 องศาตะวันออก แสดงในรูปที่ 9-12 และ รูปที่ 9-13

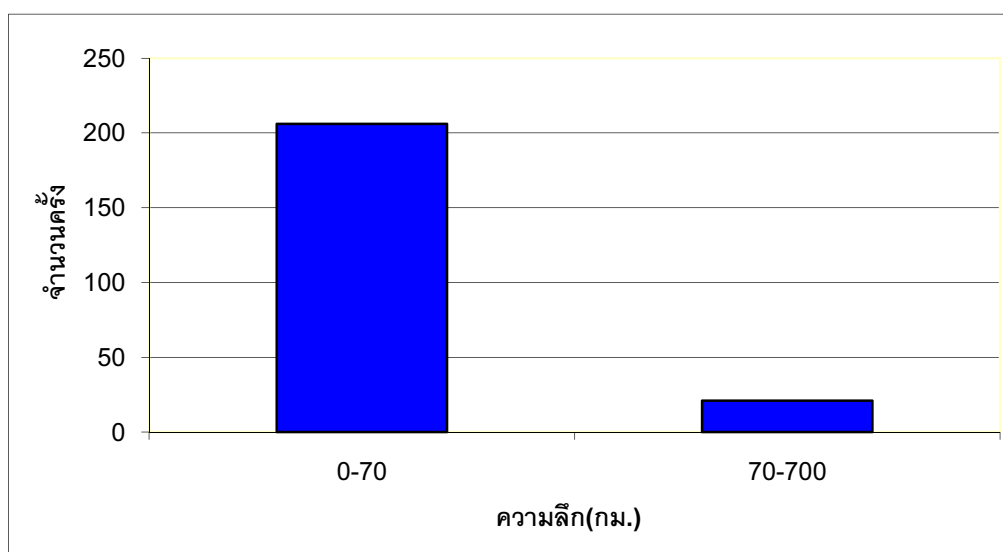


รูปที่ 9-12 แผนที่แสดงตำแหน่งแผ่นดินไหวด้วยภาพวงกลมกลไกแผ่นดินไหว (ละติจูดที่ 0 ถึง 25 องศาเหนือ ลองจิจูดที่ 90 ถึง 110 องศาตะวันออก)



รูปที่ 9-13 แผนที่แสดงตำแหน่งแผ่นดินไหวด้วยภาพวงกลมกลไกแผ่นดินไหว
(ละติจูดที่ -5 ถึง 30 องศาเหนือ ลองจิจูดที่ 90 ถึง 130 องศาตะวันออก)

จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดตั้งแต่ 6 ริกเตอร์ ระหว่าง ละติจูดที่ -5 ถึง 30 องศาเหนือ
ลองจิจูดที่ 90 ถึง 130 องศาตะวันออก (ปี พ.ศ. 2541 - 2551) จำนวน 227 เหตุการณ์ พบว่าเป็น
แผ่นดินไหวระดับตื้น (0-70 กม.) ถึง 90%



รูปที่ 9-14 จำนวนครั้งที่เกิดแผ่นดินไหวกับความลึก

สรุปผลการวิเคราะห์หลักไถแผ่นดินไหว

- 1) บริเวณพรมแดน ประเทศอินเดียและบังคลาเทศ ส่วนใหญ่กลไกแผ่นดินไหวของรอยเลื่อนเป็นชนิดรอยเลื่อนผกผัน (Reverse Fault)
- 2) บริเวณพรมแดน ประเทศพม่า – อินเดีย ส่วนใหญ่รอยเลื่อนมีการเลื่อนตัวแบบแนวราบมีองค์ประกอบการเลื่อนตัวขึ้น (Strike Reverse) และการเลื่อนตัวขึ้น (Reverse)
- 3) บริเวณในประเทศพม่า ส่วนใหญ่รอยเลื่อนมีการเลื่อนตัวแบบแนวราบมีองค์ประกอบทั้งเลื่อนขึ้น และเลื่อนลง (Strike Normal and Strike Reverse slip)
- 4) บริเวณหมู่เกาะอันดามัน ส่วนใหญ่มีการเลื่อนตัวลง (Normal Slip) โดยเฉพาะแบบ Pure normal มีมากกว่าแหล่งกำเนิดอื่นๆ
- 5) บริเวณหมู่เกาะนิโคบาร์ ส่วนใหญ่มีการเลื่อนตัวในแนวราบซึ่งมีทั้งแบบ Pure Strike, Strike Reverse และ Strike Normal
- 6) บริเวณเหนือหมู่เกาะสุมาตรา ส่วนใหญ่มีการเลื่อนตัวขึ้น (Reverse Slip)
- 7) บริเวณตะวันตกของหมู่เกาะสุมาตรา ส่วนใหญ่มีการเลื่อนตัวขึ้น (Reverse Slip)
- 8) ด้านตะวันตกของประเทศไทยมีเพียง 2 เหตุการณ์ มีการเลื่อนตัวแบบขึ้น (Reverse Slip)
- 9) การเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนแบบ Normal Slip มีมากในบริเวณ หมู่เกาะอันดามันเหนือหมู่เกาะสุมาตรา และประเทศพม่า

9.1 กลไกการเกิดแผ่นดินไหวกับการเกิดสึนามิ

จากเหตุการณ์การเกิดสึนามิ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521-2551 ระหว่างละติจูดที่ 5 องศาใต้ ถึง 30 องศาเหนือ ลองจิจูดที่ 90 ถึง 130 องศาตะวันออก เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์กับกลไกการเกิดแผ่นดินไหว พบว่ามีเหตุการณ์เกิดขึ้นจำนวน 36 ครั้ง โดยลักษณะการเกิดแผ่นดินไหวเป็นแบบ Reverse 27 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 75.00 ของเหตุการณ์การเกิดสึนามิ

No	Date						Earthquake				Tsunami Source Location					Tsunami Parameters		Tsunami Effects	Focal Mechanism					Type
	Year	Mo	Dy	Hr	Mm	Sec	Mag	Country	Name	Latitude	Longitude	Water Height	Runups	Deaths	Strike	dip	clip	strike	dip	clip	Fault plane2			Beach ball
1	1978	8	14	12	32	33.9	6.9	PHILIPPINES	MINDANAO ISLAND, PHILIPPINES	8.249	122.403	0.03	1		268	22	174	359	88	88	88			R
2	1978	7	23	14	42	38.9	7.4	TAIWAN	TAIWAN	22.282	121.512	0.05	1		224	38	123	5	81	88	88			R
3	1982	1	11	6	10	6.4	7.1	PHILIPPINES	PHILIPPINES	13.762	124.358	0.1	1		132	13	51	351	80	88	88			R
4	1982	2	24	4	22	40.3	5.4	INDONESIA	JAVA TRENCH, INDONESIA	4.374	87.755	0.1	0		300	49	51	171	54	128	128			R
5	1983	3	12	1	36	35.3	6.9	INDONESIA	BANDA SEA	-4.058	127.824	3	1		329	32	150	88	75	62	62			R

No	Date						Earthquake	Tsunami Source Location					Tsunami Parameters		Tsunami Effects	Focal Mechanism								Type
													Year	Mo										
6	1883	8	17	12	17	58	6.8	PHILIPPINES	LUZON ISLAND	18.231	120.88	0.1	2		148	35	-148		30	71	-80		N	
7	1884	1	8	16	24	13.5	6.8	INDONESIA	SULAWESI	-2.823	118.808	0.1	1		13	18	89		184	74	90		R	
8	1888	11	14	21	20	10.5	7.8	TAIWAN	TAIWAN	23.801	121.674	0.3	3		210	33	87		33	67	82		R	
9	1888	8	24	2	8	28.3	6.4	PHILIPPINES	NORTH OF LUZON ISLAND	18.808	121.013	1.03	2		18	31	85		202	59	83		R	
10	1888	8	8	0	38	24.8	7.2	BANGLADESH	JAMUNA RIVER, ARICHA, BANGLADESH	25.148	86.127		0	3	284	45	55		148	64	120		R	
11	1890	12	13	18	50	17.8	6.3	TAIWAN	TAIWAN	23.722	121.827	0.04	2		212	23	104		17	88	84		R	
12	1892	6	17	10	15	31.3	7.3	PHILIPPINES	PHILIPPINES	7.181	123.782	0.1	0		178	26	87		20	87	100		R	

No	Date					Earth quake	Tsunami Source Location				Tsunami Parameters		Tsunami Effects		Fault Mechanism						Type
	Year	Mo	Dy	Hr	Mm	Sec	Country	Name	Latitude	Longitude	Max Water Height	Runups	Deaths	Num	Fault plane1			Fault plane2			Beach ball
															strike	dip	clip	strike	dip	clip	
13	1994	1	21	2	24	29.8	INDONESIA	HALMAHERA	1.015	127.793	2	3			83	68	174	361	84	-24	
14	1994	2	15	17	7	43.8	INDONESIA	SOUTHERN SUMATRA	-4.987	104.302		0			315	71	178	48	88	19	
15	1994	10	8	21	44	7.2	INDONESIA	HALMAHERA	-1.268	127.88	3	1	1		90	72	-2	180	88	182	
16	1994	11	14	19	15	30.8	PHILIPPINES	PHILIPPINE ISLANDS	13.635	121.057	7.3	21	78		339	70	178	249	88	-20	
17	1995	4	21	0	34	48	PHILIPPINES	SAMAR, PHILIPPINES	12.069	125.68	0.2	1			163	22	81	3	71	101	
18	1995	4	21	6	17	1.3	PHILIPPINES	SAMAR, PHILIPPINES	12.047	125.92	0.2	0			167	17	76	362	74	84	
19	1998	1	1	8	6	10.8	INDONESIA	SULAWESI	0.728	118.831	3.43	16	9		38	8	64	262	86	84	

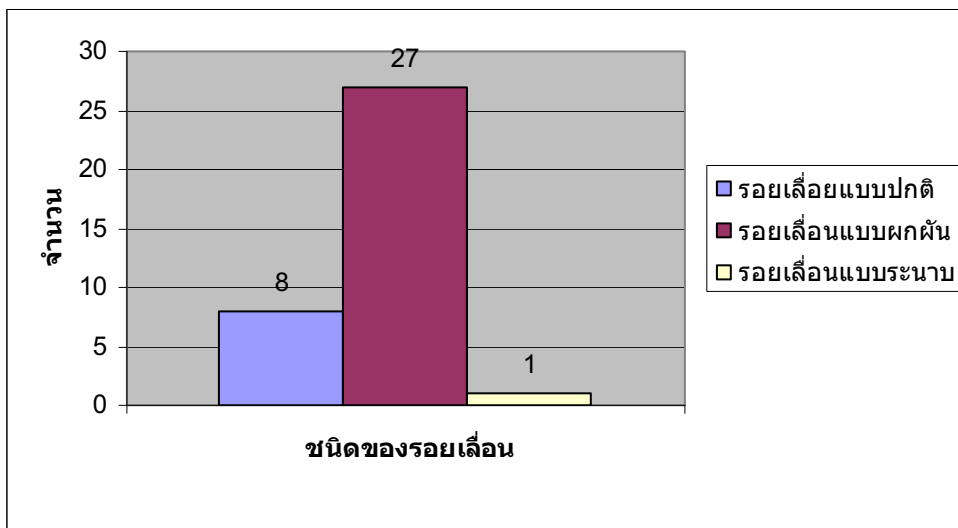
No	Date						Earthquake	Tsunami Source Location						Tsunami Parameters		Tsunami Effects	Focal Mechanism						Type
														Max	Num. of								
	Water	Runups	Deaths	Fault plane1			Fault plane2			Beach ball													
				Strike	dip	clip	Strike	dip	clip														
20	1998	6	3	23	30	21.9	7.6	TAIWAN	TAIWAN: SOUTHEAST OF		22.308	125.308	0.13	14		139	82	1	49	89	172		S
21	1998	11	29	14	10	31.9	7.7	INDONESIA	TALJABU ISLAND, INDONESIA	-2.071	124.881	2.75	1		92	83	-28	189	85	160		N	
22	2000	6	4	4	21	18.2	7.8	INDONESIA	SULAWESI	-1.105	123.673	6	2		226	84	172	319	83	28		R	
23	2001	12	18	4	2	58.2	6.8	TAIWAN	TAIWAN	23.854	122.734	0.12	4		329	47	135	204	69	-63		N	
24	2002	3	5	21	18	8.1	7.5	PHILIPPINES	MINDANAO ISLAND, PHILIPPINES	8.033	124.249	3	3		314	25	70	168	87	99		R	
25	2002	3	28	3	45	48.7	6.4	JAPAN	JAPAN	23.348	124.09	0.05	3		268	18	84	72	71	89		R	
26	2002	3	31	8	52	50.4	7.1	TAIWAN	TAIWAN	24.278	122.179	0.2	11		282	32	121	77	83	72		R	

No	Date						Earth quake	Tsunami Source Location						Tsunami Parameters		Tsunami Effects	Fault Mechanism						Type
														Max	Num. of Runups								
	Water Height	Deaths	Strike	dip	clip	Strike	dip	clip															
									Num														
27	2002	8	13	22	28	28.4	8.5	INDIA	ANDAMAN ISLANDS, INDIA	13.038	83.088		3		212	42	137	337	83	57		R	
28	2004	1	28	22	15	30.7	8.7	INDONESIA	SERAM ISLAND	-3.12	127.4		1		88	48	-8	184	84	138		N	
29	2004	12	28	0	58	53.4	9	INDONESIA	OFF W. COAST OF SUMATRA	3.285	85.882	60.9	887	227888	329	8	110	128	83	87		R	
30	2005	3	28	18	9	38.6	8.7	INDONESIA	INDONESIA	2.085	87.108	3	18	10	333	8	118	125	83	88		R	
31	2005	4	10	10	28	11.2	8.7	INDONESIA	KEPULAUAN MENTAWAI	-1.844	88.607	0.4	1		142	34	89	323	68	91		R	
32	2008	3	14	8	57	33.8	8.7	INDONESIA	SERAM ISLAND	-3.685	127.214	3.5	1	4	284	89	11	181	80	159		R	
33	2008	12	28	12	28	21.4	7	CHINA	TAIWAN	21.788	120.647	0.07	4		186	30	-78	328	81	-88		N	

No	Date						Earth quake	Tsunami Source Location				Tsunami Parameters		Tsunami Effects	Focal Mechanism								Type
	Year	Mo	Dy	Hr	Min	Sec	Mag	Country	Name	Latitude	Longitude	Max Water	Runups	Deaths Num	Fault plane1			Fault plane2			Beach ball		
															Strike	dip	clip	Strike	dip	clip	Strike	dip	
34	2007	8	12	11	10	28.8	8.4	INDONESIA	SUMATRA	-4.438	101.387	0.88	20		328	8	114	123	82	88			R
35	2008	2	25	8	38	33	8.5	INDONESIA	SUMATRA	-2.488	98.872	0.12	1		317	8	102	124	84	88			R
36	2008	11	16	17	2	32.7	7.3	INDONESIA	SULAWESI	1.271	122.081	0.13	3		82	20	84	278	70	82			R

รูปที่ 9-15 ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดสึนามิกับการเกิดแผ่นดินไหว ระหว่างปี พ.ศ.2521 - 2551
ที่มา : National Geophysical Data Center

จากตารางความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดสึนามิกับกลไกการเกิดแผ่นดินไหวข้างต้น สามารถแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังนี้



รูปที่ 9-16 จำนวนรอยเลื่อนที่ทำให้เกิดสึนามิ

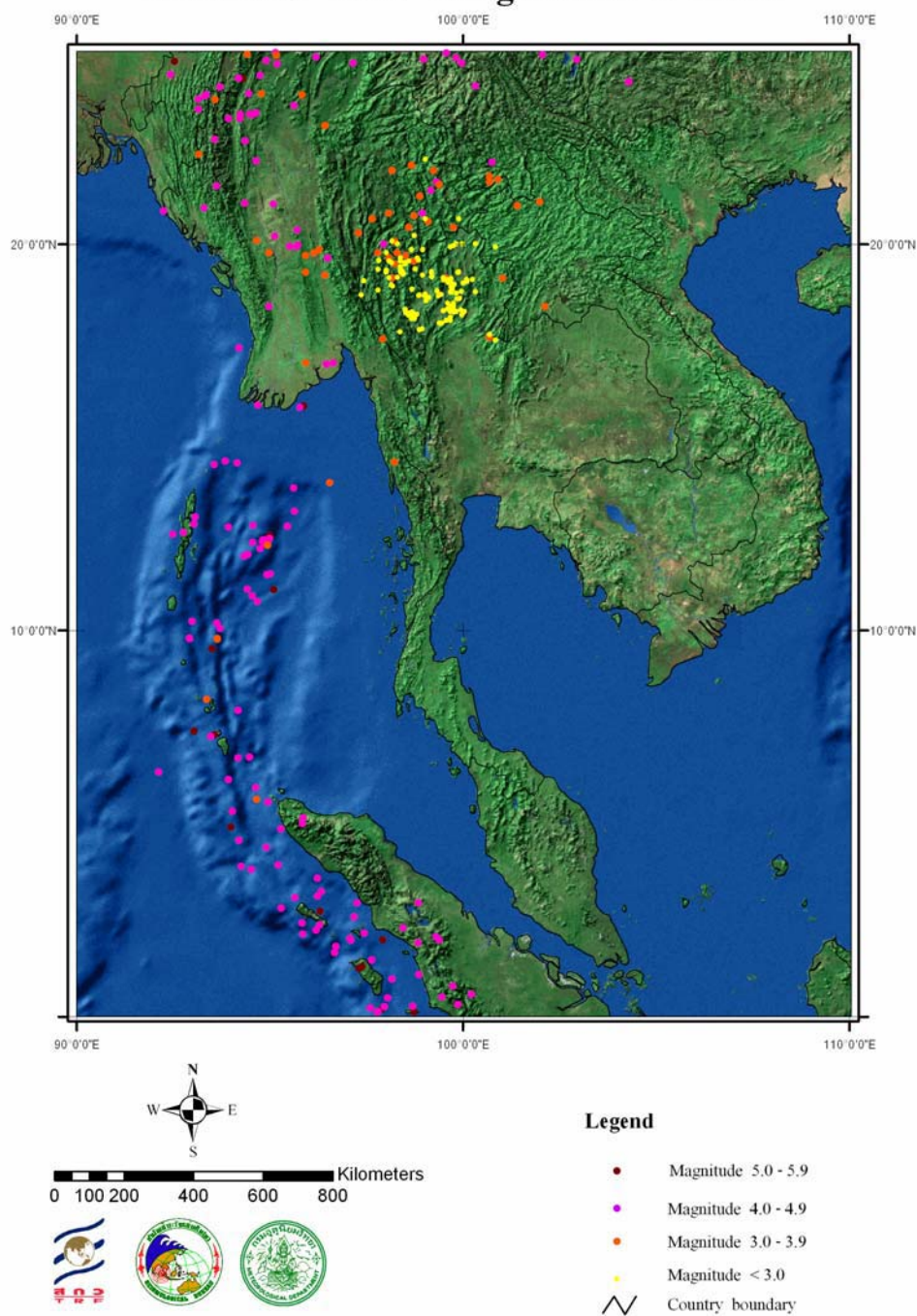
จากเหตุการณ์สึนามิเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 (รูปที่ 19-5) มี Tsunami Run up จำนวน 997 แห่ง โดยมีรายละเอียดดังตัวอย่างตารางในรูปที่ 9-17

Tsunami Runups							
Tsunami Runup Location		Latitude	Longitude	Distance from Source	Travel Time		Tsunami Runup
Country	Name				Hrs	Min	Max Water Height
ANTARCTICA	ROTHERA STATION (UK)	-67.569	-68.12	12769	23	16	0.02
AUSTRALIA	COCOS ISLAND (KEELING)	-12.117	96.883	1717	2	18	0.21
BERMUDA	BERMUDA	32.367	-64.7	15561	28	6	0.12
CANADA	HALIFAX, NOVA SCOTIA	44.667	-63.583	14312	31	31	0.22
CHILE	ARICA	-18.467	-70.333	17770	27	3	0.36
ECUADOR	BALTRA ISLAND, GALAPAGOS ISLANDS	-0.433	-90.283	19255	29	27	0.18
FRANCE	CONCARNEAU	47.868	-3.913	10473	32	21	0.5
INDIA	CHENNAI (MADRAS), TAMIL NADU	13.083	80.3	2039	2	36	1.9
INDIA	PARADIP, ORISSA	20.27	86.673	2141	2	31	2.15
INDONESIA	(ENTIRE COUNTRY)						50.9
INDONESIA	ACEH, SUMATRA	5.429	95.234	251			50.6
INDONESIA	BANDA ACEH WEST COAST, SUMATRA	5.458	95.582	245			34.9
INDONESIA	BELAWAN, SUMATRA	3.791	98.71	308	0	41	0.51

Tsunami Runups							
Tsunami Runup Location		Latitude	Longitude	Distance from	Travel Time		Tsunami Runup
Country	Name			Source	Hrs	Min	Max Water Height
INDONESIA	LEPUNG, ACEH, SUMATRA	5.395	95.256	247			21.39
INDONESIA	LHOONG, NW. COAST OF SUMATRA	5.354	95.243	243			29.6
INDONESIA	PRIGI, S. JAVA	-8.283	111.717	2169	2	21	0.15
KENYA	LAMU	-2.282	40.909	6154	8	57	0.54
MALAYSIA	GURNEY DRIVE, PENANG IS.	5.439	100.308	536			2.5
MALDIVES	FANADHOO, LAAMU	1.835	73.505	2503			4.43
MALDIVES	HANIMAADHOO, HAA DHAALU	6.767	73.167	2557	3	33	1.71
MEXICO	CABO SAN LUCAS	22.883	-109.9	15975	29	27	0.12
MYANMAR	SANN LAN VILLAGE	13.94	98.076	1206			2.9
NEW ZEALAND	TIMARU	-44.392	171.254	9108	18	6	1.05
OMAN	SALALAH	16.941	54.008	4826	7	13	1.65
PERU	CALLAO	-12.05	-77.15	18788	28	50	0.34
RUSSIA	SEVERO, KURILSKIYE	50.667	156.167	7670	36	31	0.15
SEYCHELLES	POINTE LA RUE, MAHE ISLAND	-4.683	55.517	4583	7	17	1.39
SOUTH AFRICA	PORT ELIZABETH	-33.958	25.64	8423	12	13	2.73
SRI LANKA	COLOMBO	6.933	79.85	1832	2	53	2.17
SRI LANKA	PATANANGALA BEACH, YALA	6.344	81.497	1641			11.3
TANZANIA	ZANZIBAR	-6.15	39.183	6395	9	45	0.35
THAILAND	BAN THUNG DAP	9.028	98.257	685			19.57
THAILAND	KRABRI	9.225	98.377	711	2	51	1.2
THAILAND	KHAO LAK	8.683	98.244	649			10.62
THAILAND	PHI PHI DON (NORTH COAST)	7.739	98.777	583			5.84
THAILAND	RANONG	9.952	98.595	795	3	1	0.66
THAILAND	TUMMARANG	6.496	100.083	577	4	21	0.49
UK TERRITORY	SIGNY, SOUTH ORKNEY ISLANDS	-60.717	-45.6	12862	17	39	0.26
USA	PORT SAN LUIS, CA	35.168	-120.753	14280	35	18	0.27
USATERRITORY	VIRGIN ISLANDS: CHARLOTTE AMALIE	18.333	-64.917	16832	28	42	0.09

ตารางที่ 9-1 แสดงคลื่นสึนามิกระทบฝั่งจากเหตุการณ์สึนามิวันที่ 26 ธันวาคม 2547

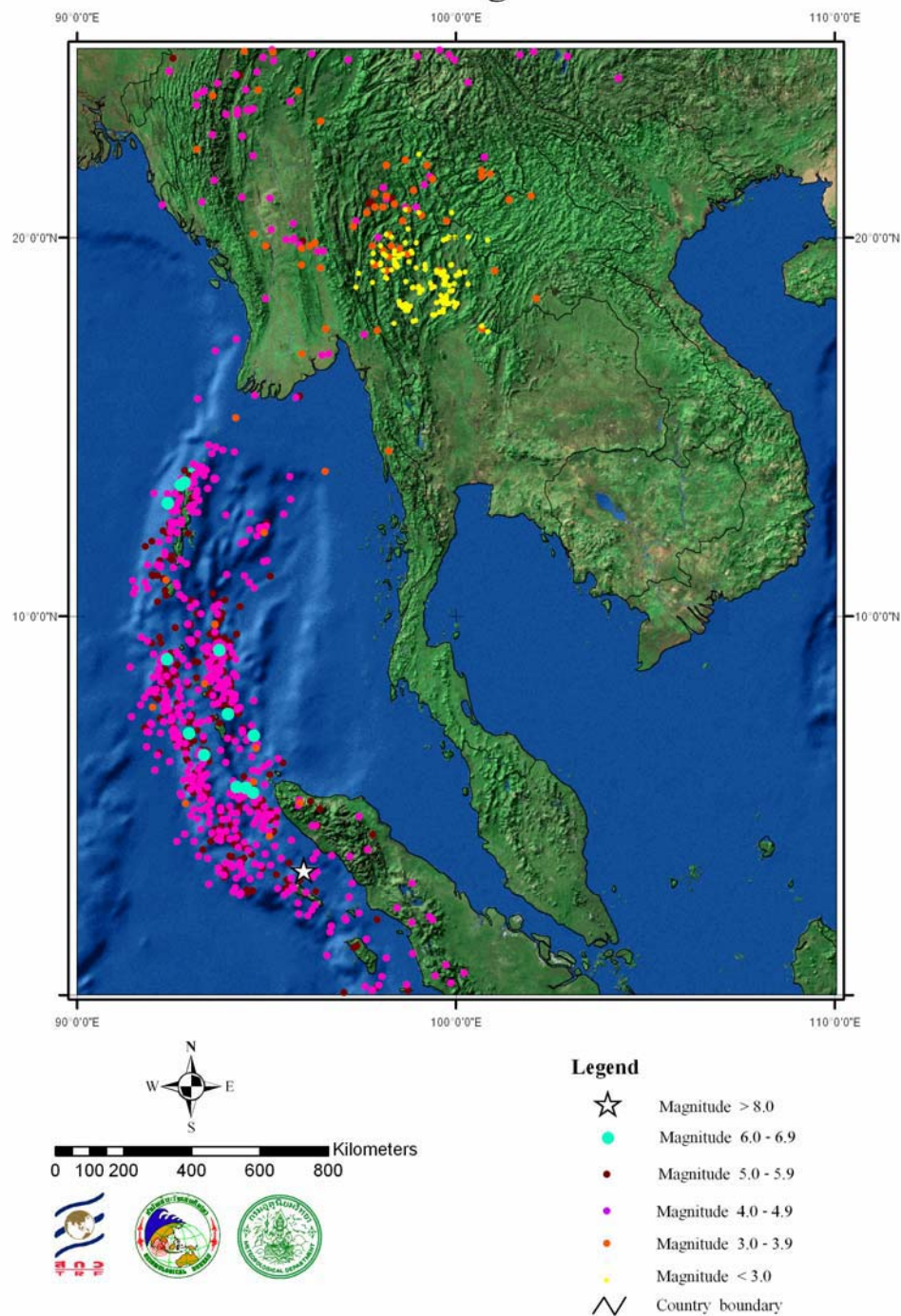
Local Earthquake Epicenter (1 January - 25 December B.C. 2547)
Latitude 0° - 25° N Longitude 90° E - 110° E



รูปที่ 9-17 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 1 (0° - 30° เหนือ, 90° - 110° ตะวันออก)
เหตุการณ์แผ่นดินไหวในช่วงวันที่ 1 มกราคม - 25 ธันวาคม พ.ศ. 2547

Local Earthquake Epicenter (26 - 31 December B.C. 2547)

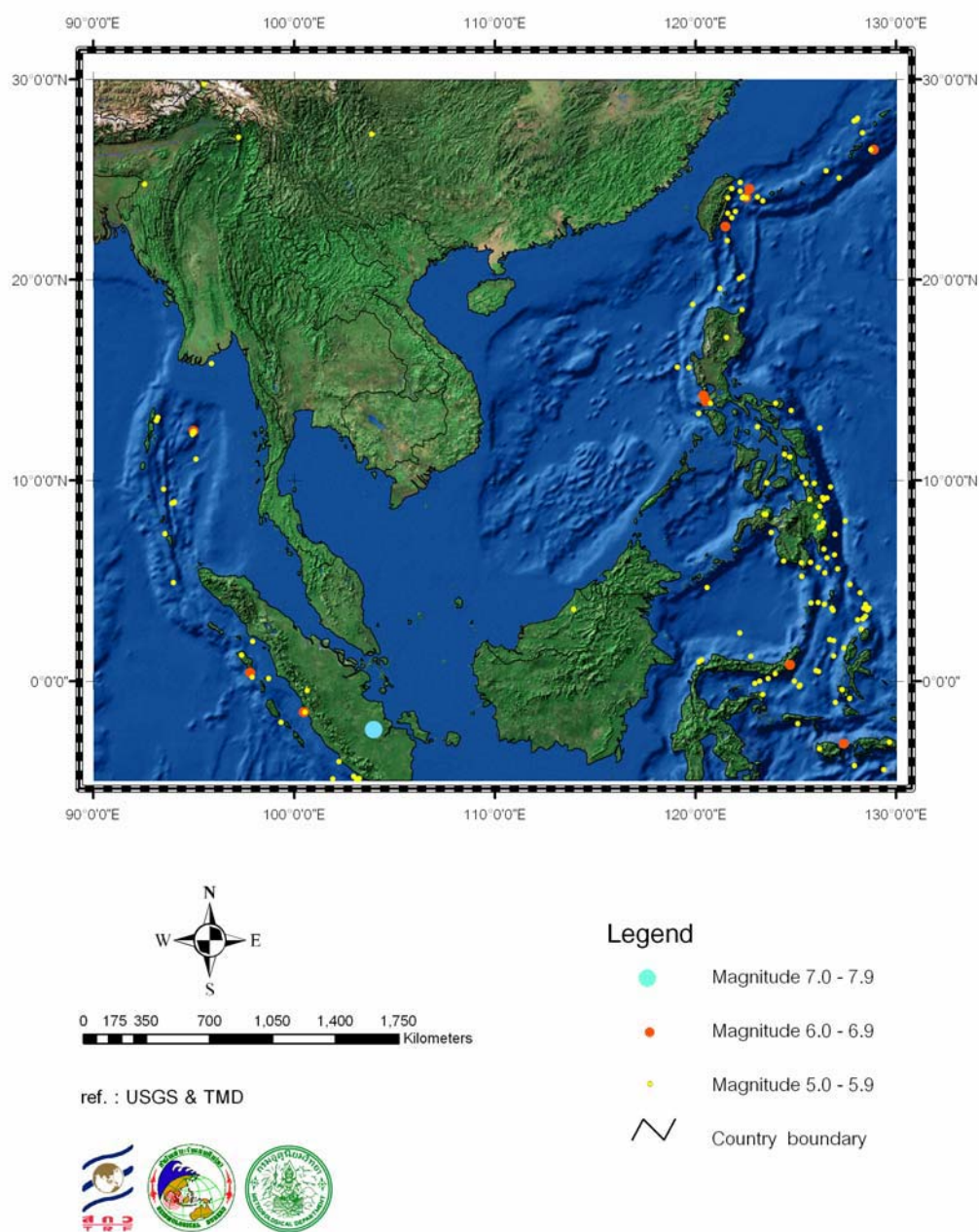
Latitude 0° - 25° N Longitude 90° E - 110° E



รูปที่ 9-18 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 1 (0° - 30° เหนือ, 90° - 110° ตะวันออก)
เหตุการณ์แผ่นดินไหวในช่วงวันที่ 26-31 ธันวาคม พ.ศ. 2547

Earthquake Epicenter ($M \geq 5$, 1 January - 25 December B.C. 2547)

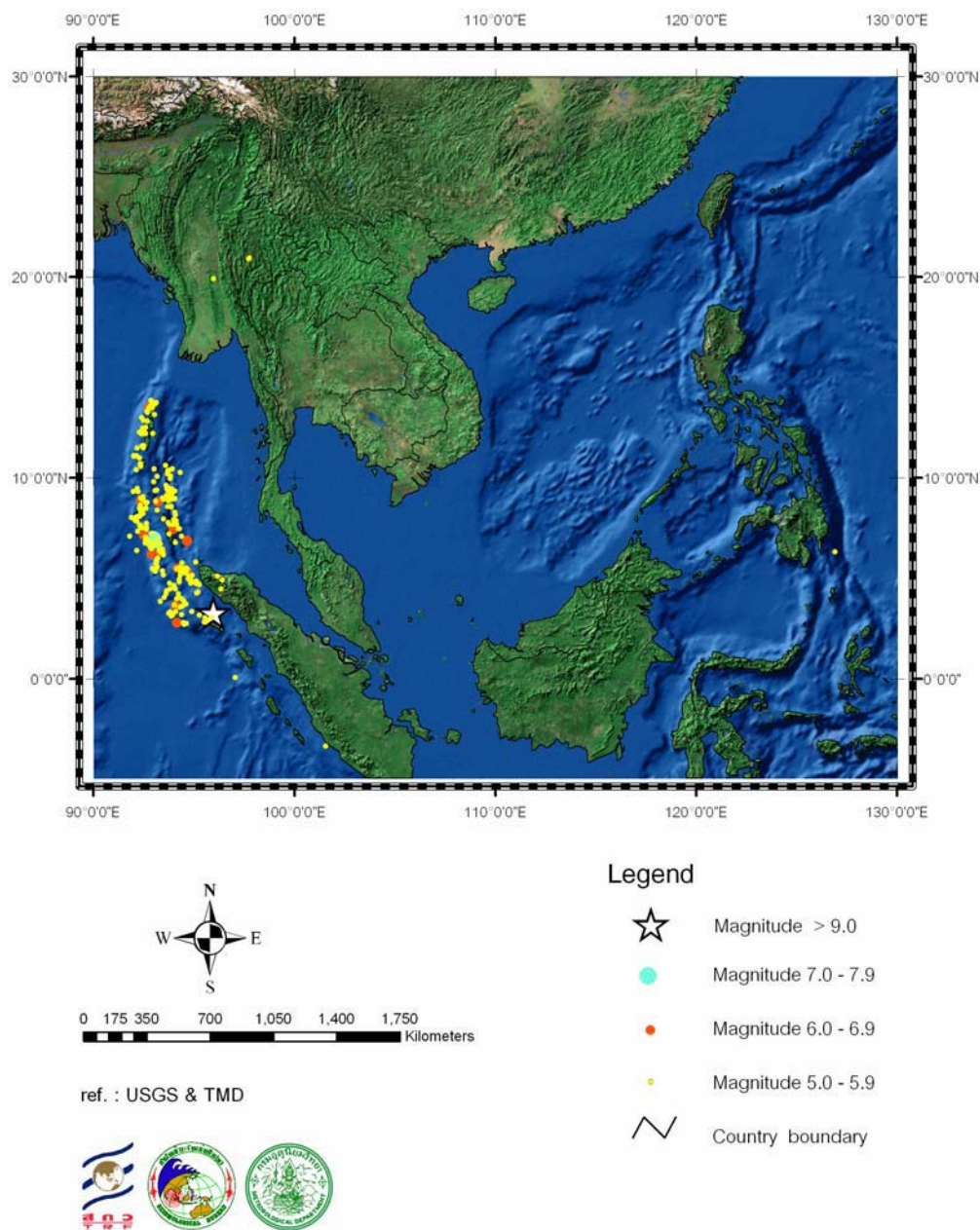
Latitude $5^{\circ}\text{S} - 30^{\circ}\text{N}$ Longitude $90^{\circ}\text{E} - 130^{\circ}\text{E}$



รูปที่ 9-19 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 2 (5° ใต้ – 30° เหนือ, $90^{\circ} - 130^{\circ}$ ตะวันออก)
เหตุการณ์แผ่นดินไหวในช่วงวันที่ 1 มกราคม – 25 ธันวาคม พ.ศ. 2547

Earthquake Epicenter ($M \geq 5$, 26 - 31 December B.C. 2547)

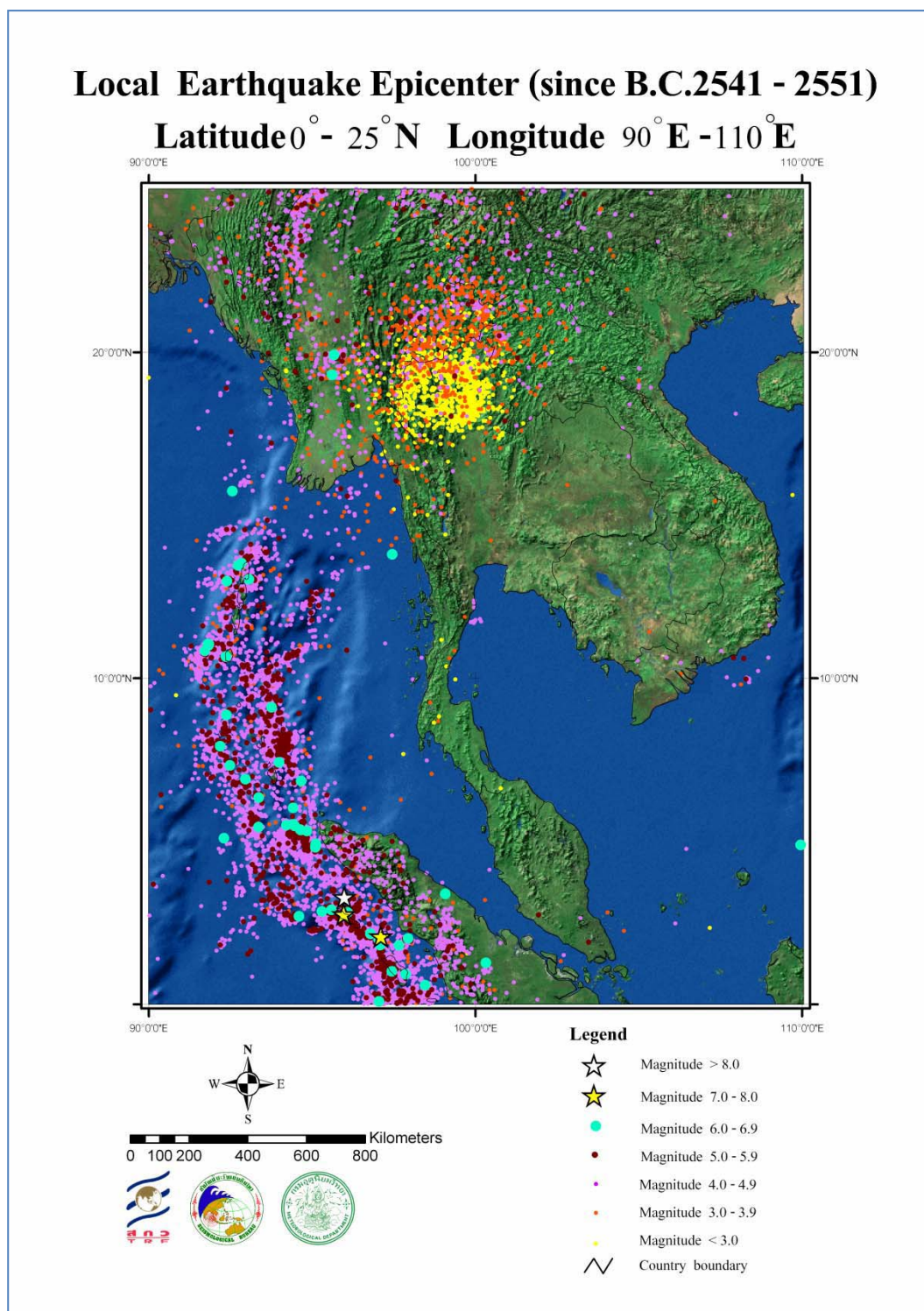
Latitude 5°S - 30°N Longitude 90°E - 130°E



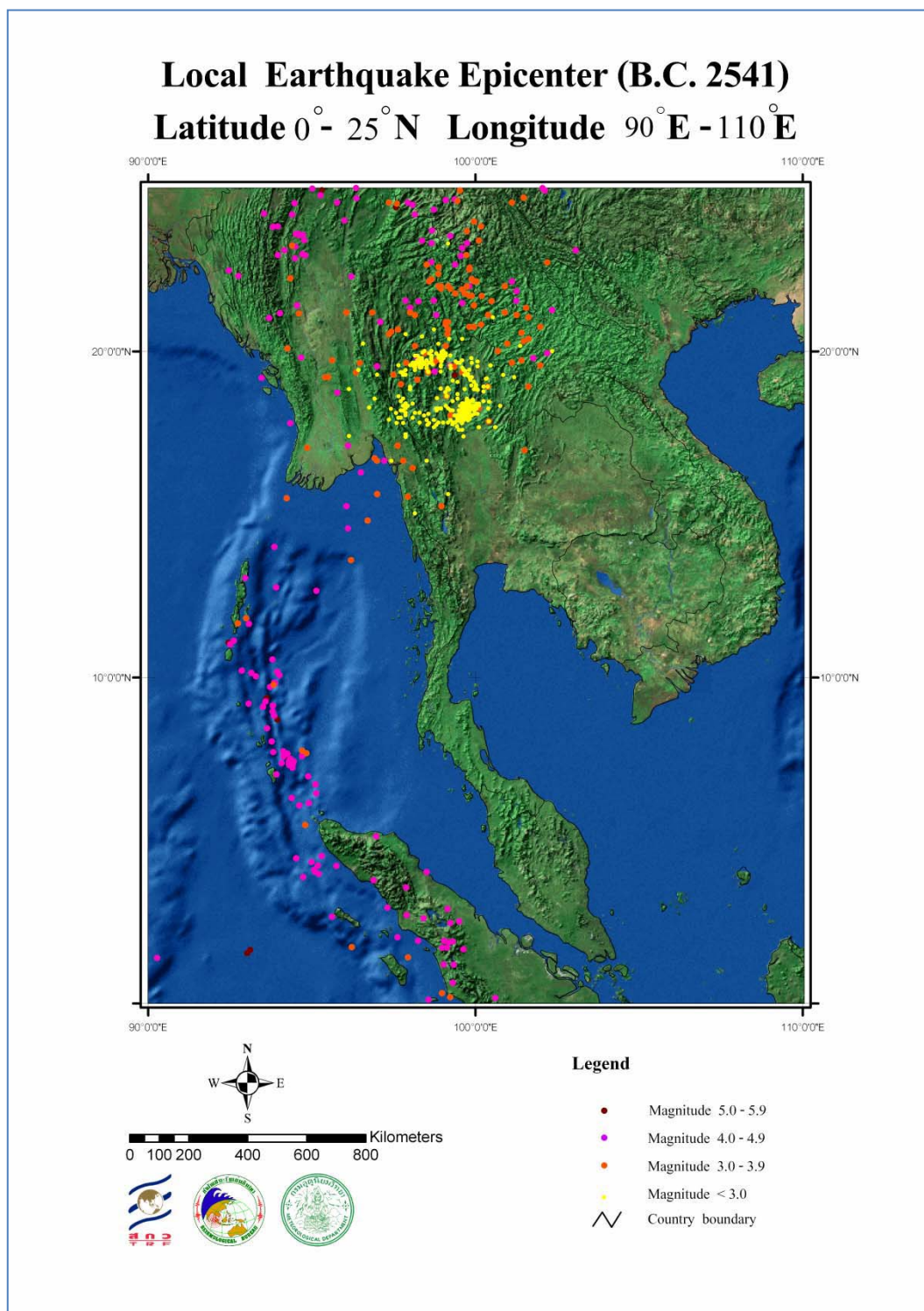
รูปที่ 9-20 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 2 (5° ใต้ – 30° เหนือ, 90° – 130° ตะวันออก)
เหตุการณ์แผ่นดินไหวในช่วงวันที่ 26 - 31 ธันวาคม พ.ศ. 2547

บทที่ 10

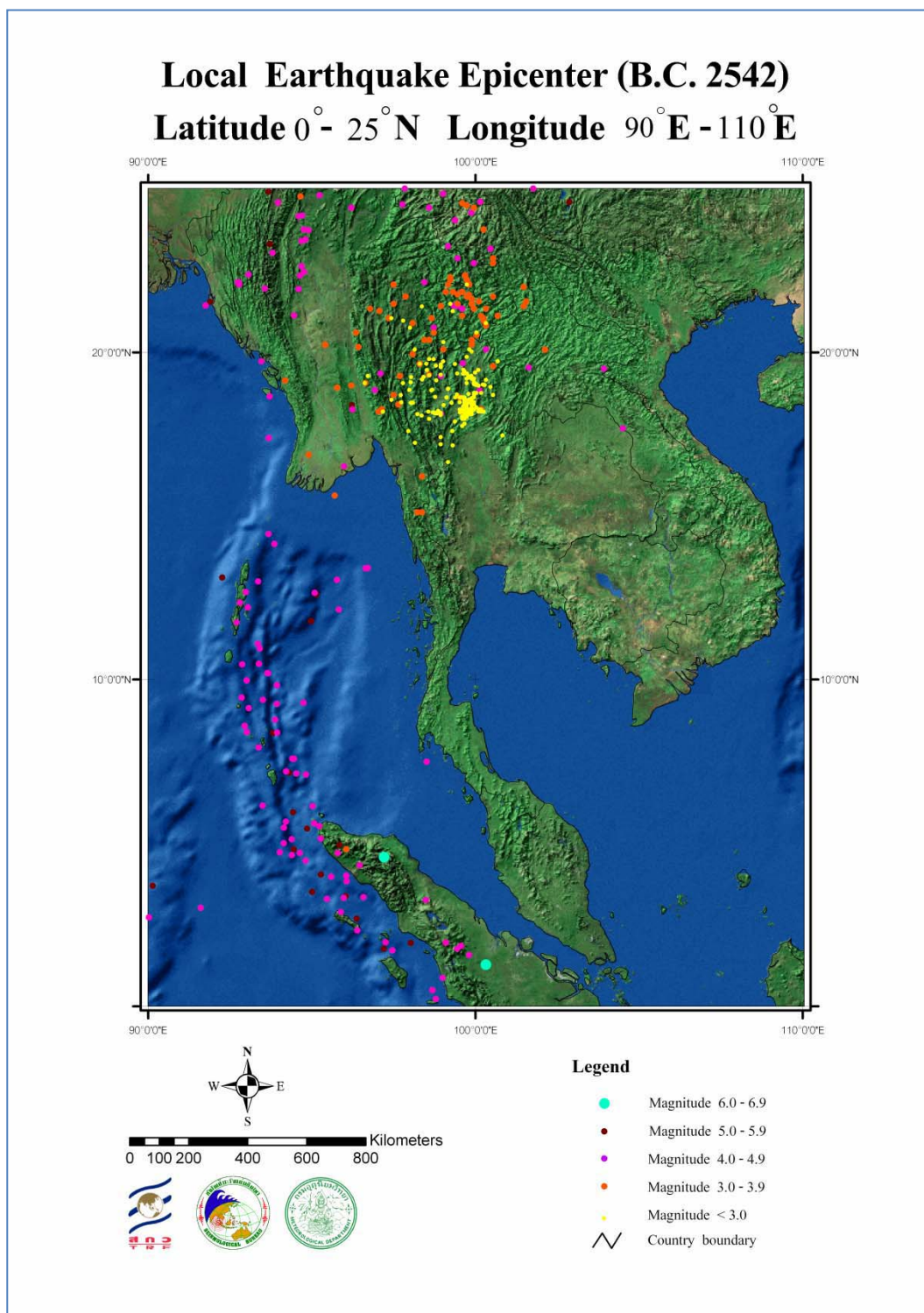
แผนที่แสดง Seismicity ในพื้นที่วิจัย



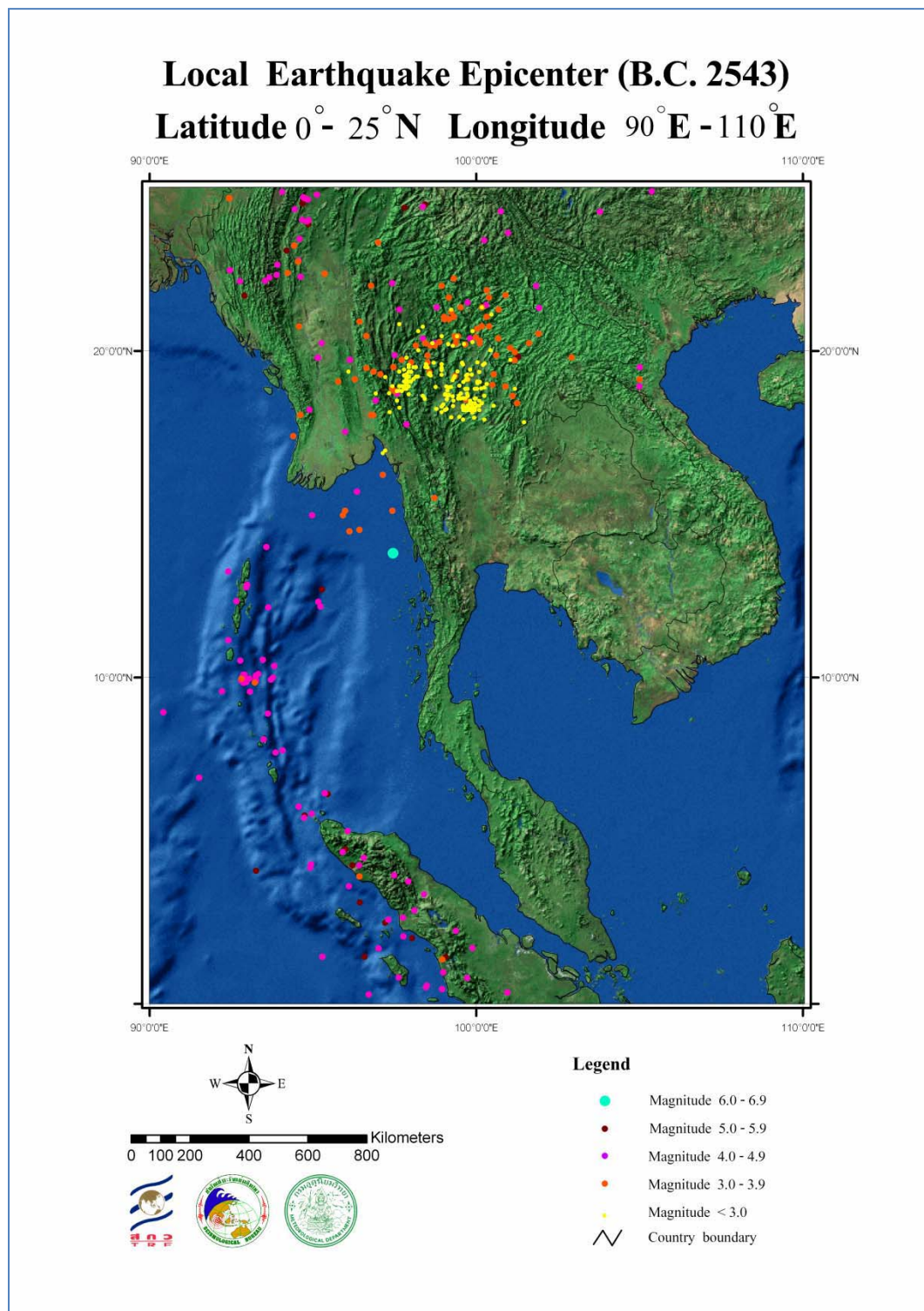
รูปที่ 10-1 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 1 (0° - 25° เหนือ, 90° - 110° ตะวันออก)
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 - 2551



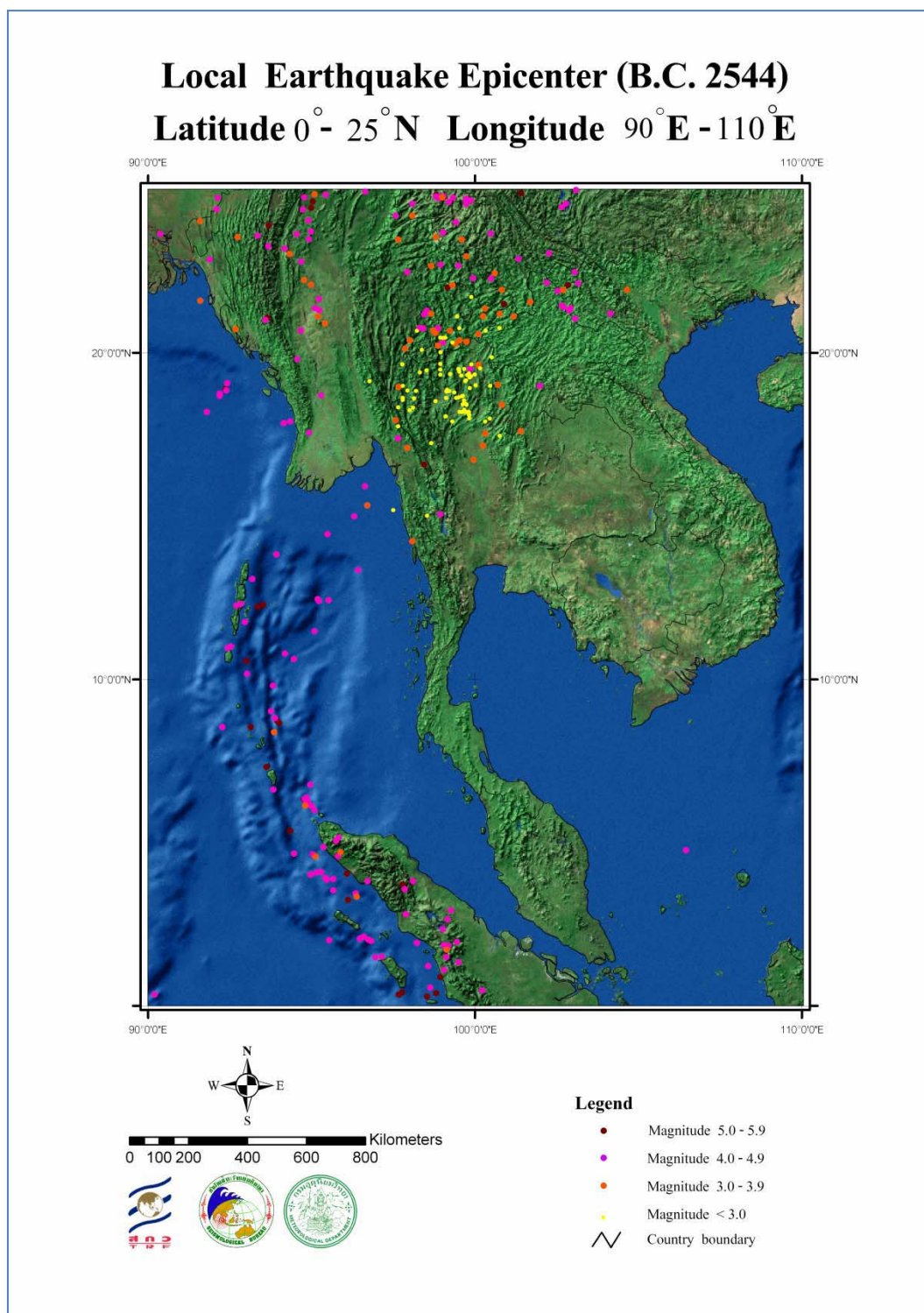
รูปที่ 10-2 แผนที่แสดง Seismicity ของแคว้นตาลีกัน 1 (0° - 25° เหนือ, 90° - 110° ตะวันออก)
 ปี พ.ศ. 2541



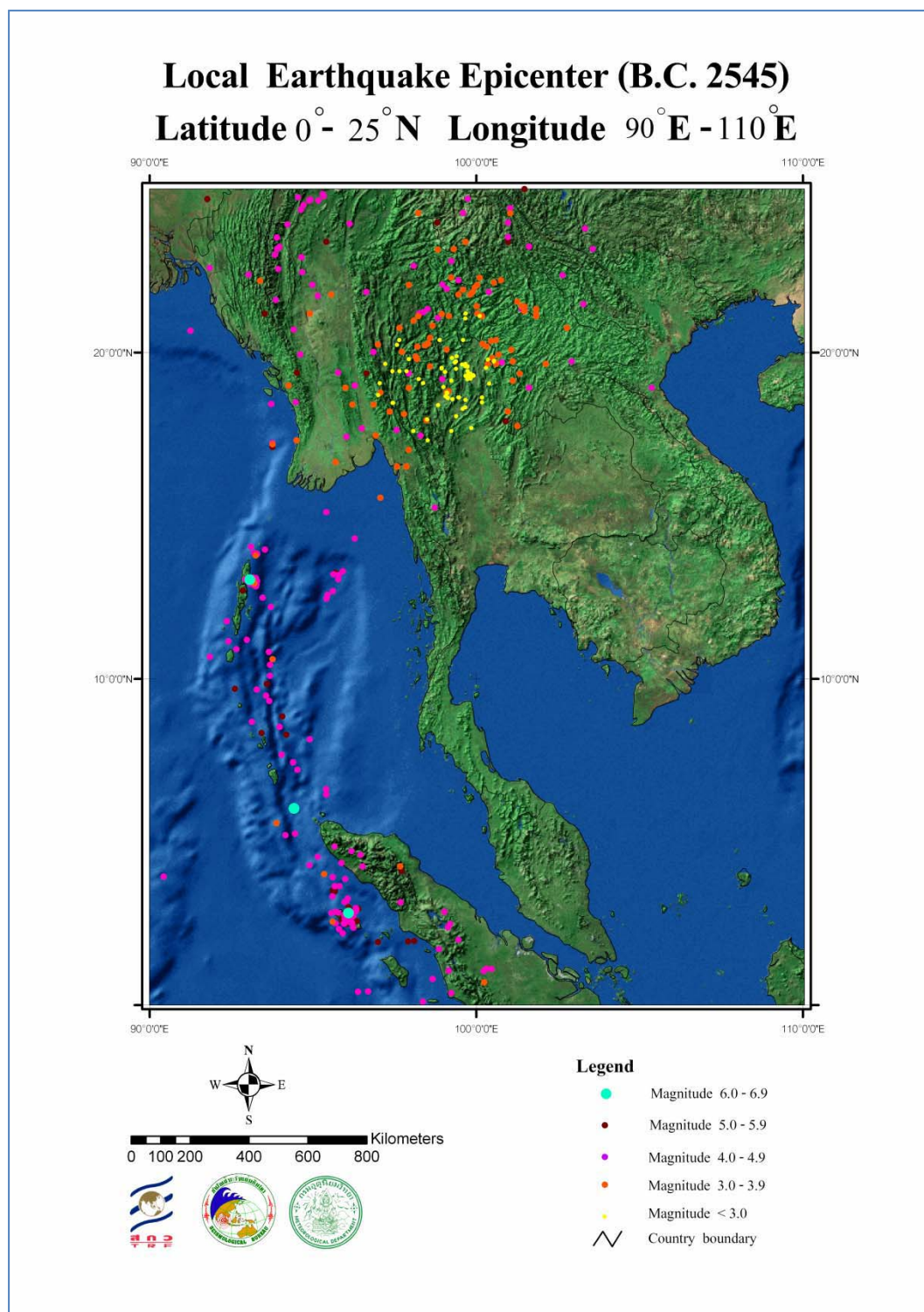
รูปที่ 10-3 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 1 (0° - 25° เหนือ, 90° - 110° ตะวันออก)
 ปี พ.ศ. 2542



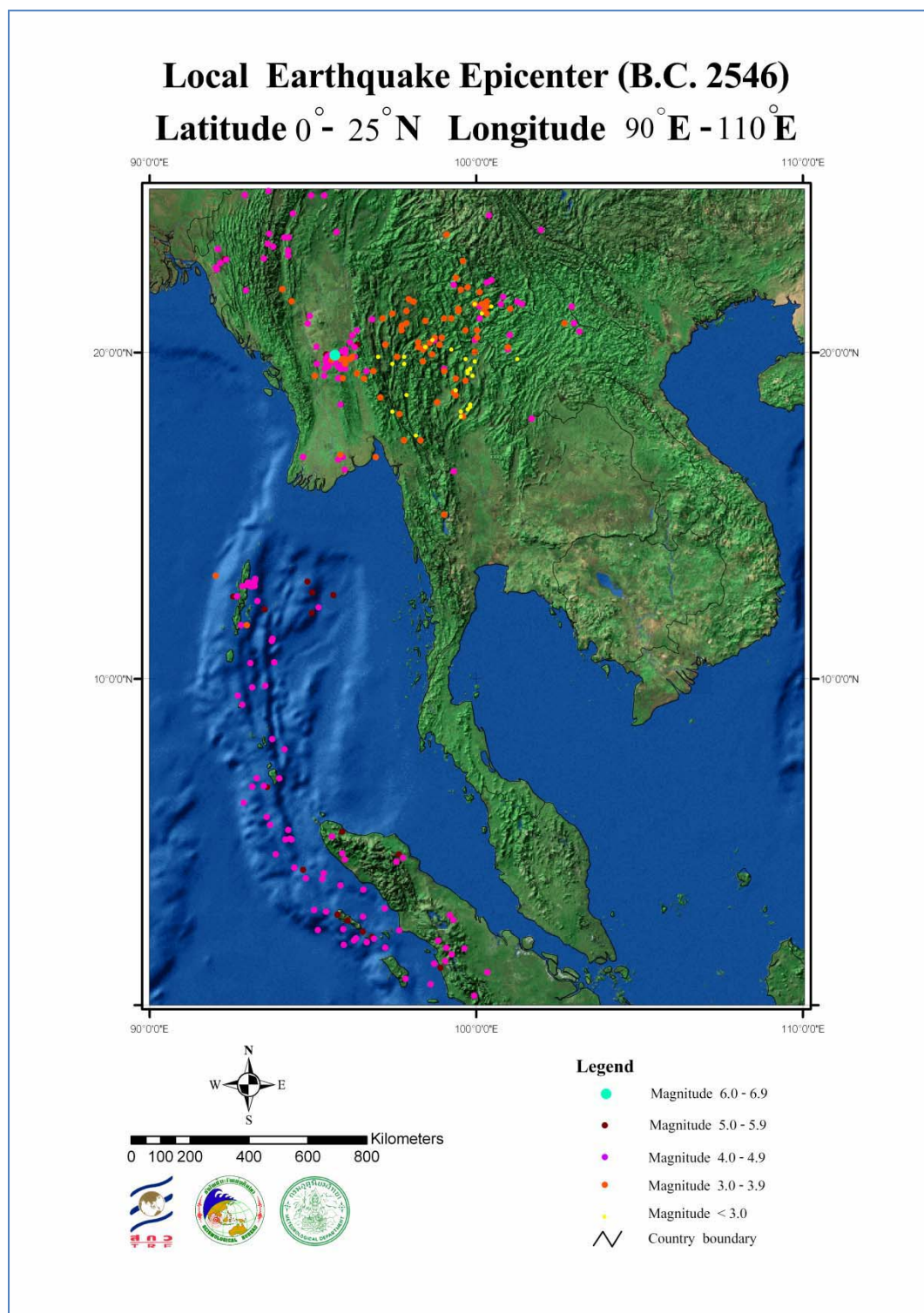
รูปที่ 10-4 แผนที่แสดง Seismicity ของแ่งีตตาลีอ็อก 1 (0° - 25° เหนือ, 90° - 110° ตะวันออก)
 ปี พ.ศ. 2543



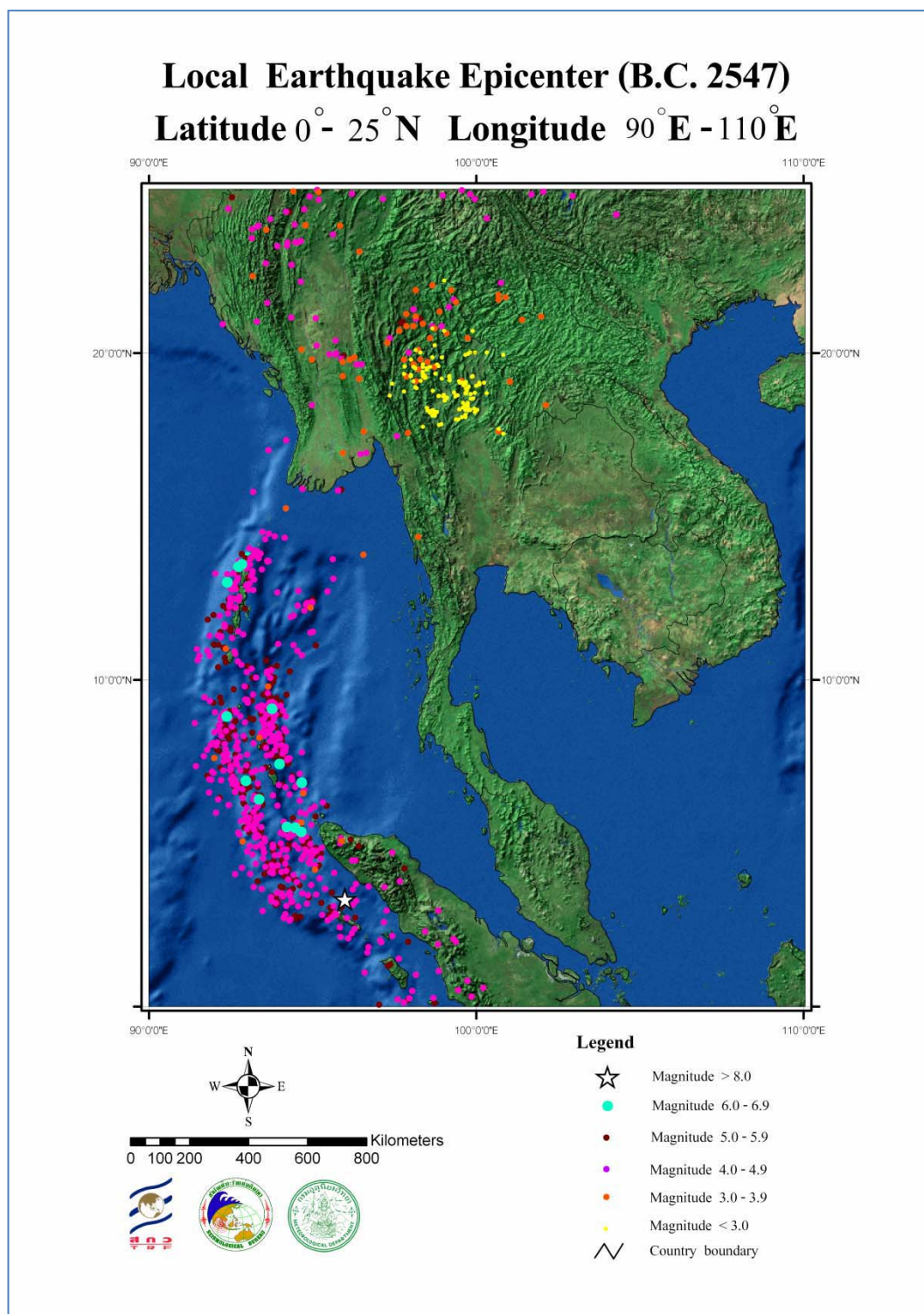
รูปที่ 10-5 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 1 (0° - 25° เหนือ, 90° - 110° ตะวันออก)
ปี พ.ศ. 2544



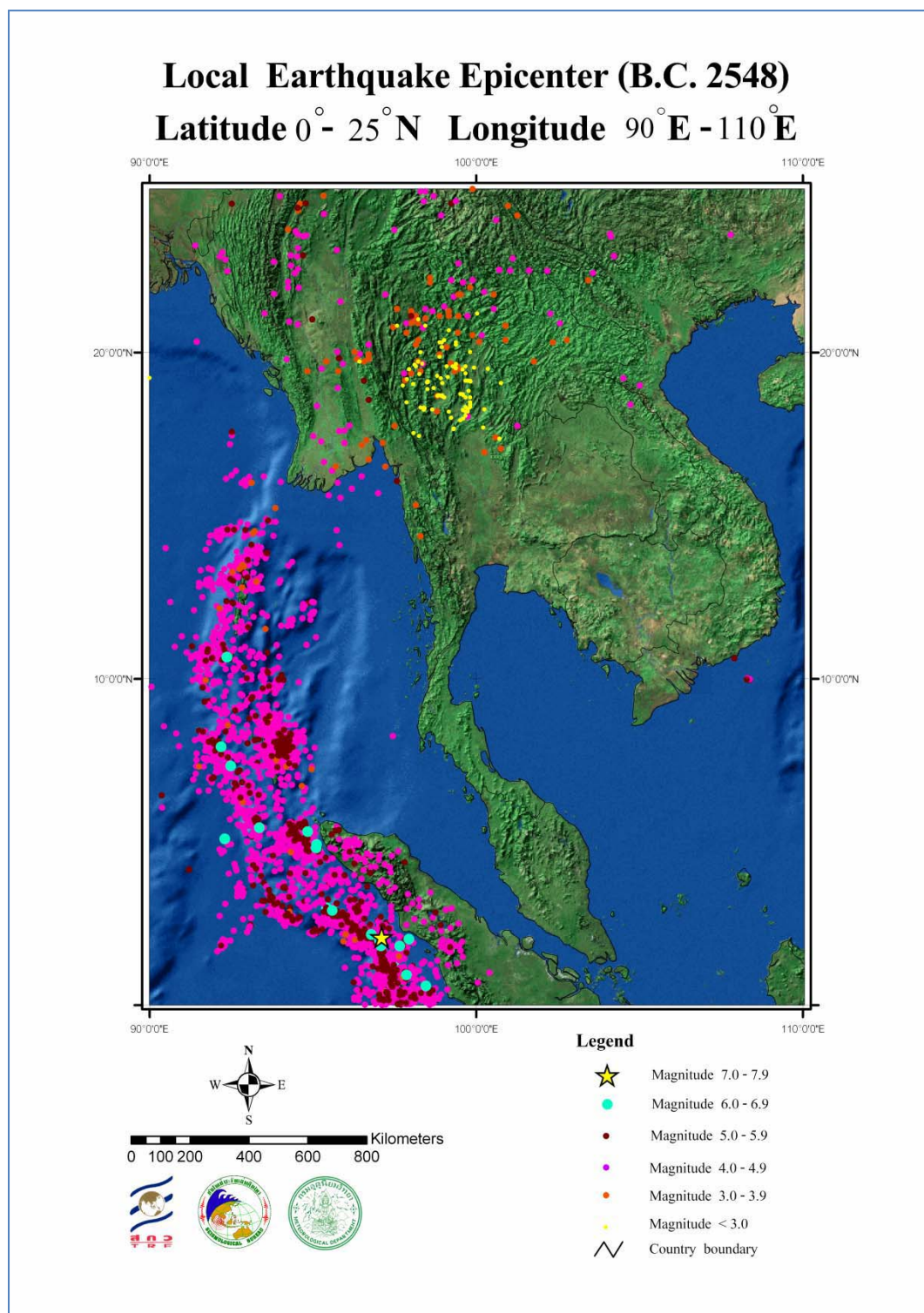
รูปที่ 10-6 แผนที่แสดง Seismicity ของแคว้นตาลีค 1 (0° - 25° เหนือ, 90° - 110° ตะวันออก)
ปี พ.ศ. 2545



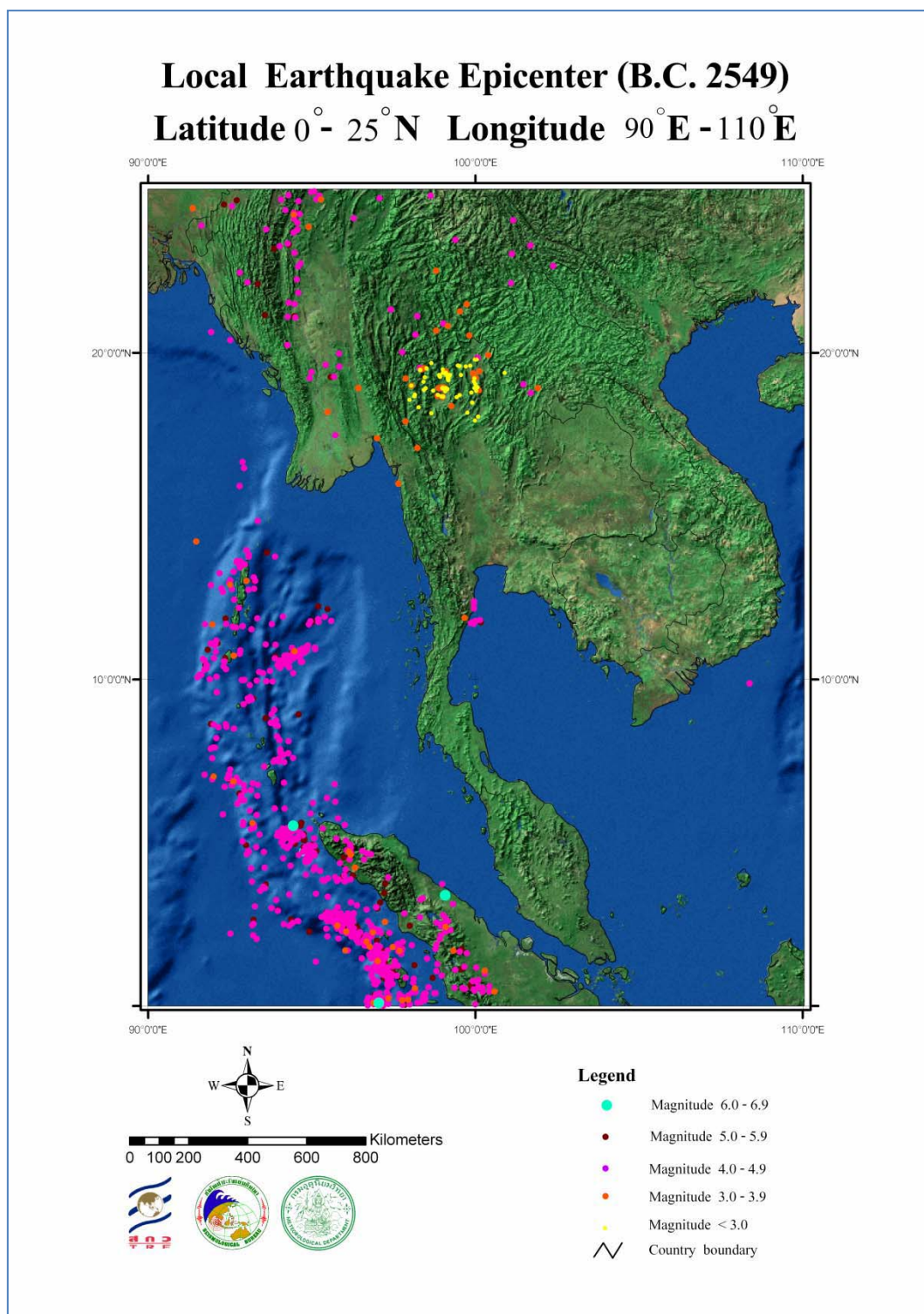
รูปที่ 10-7 แผนที่แสดง Seismicity ของแคว้นตาลีกัน (0° - 25° เหนือ, 90° - 110° ตะวันออก)
 ปี พ.ศ. 2546



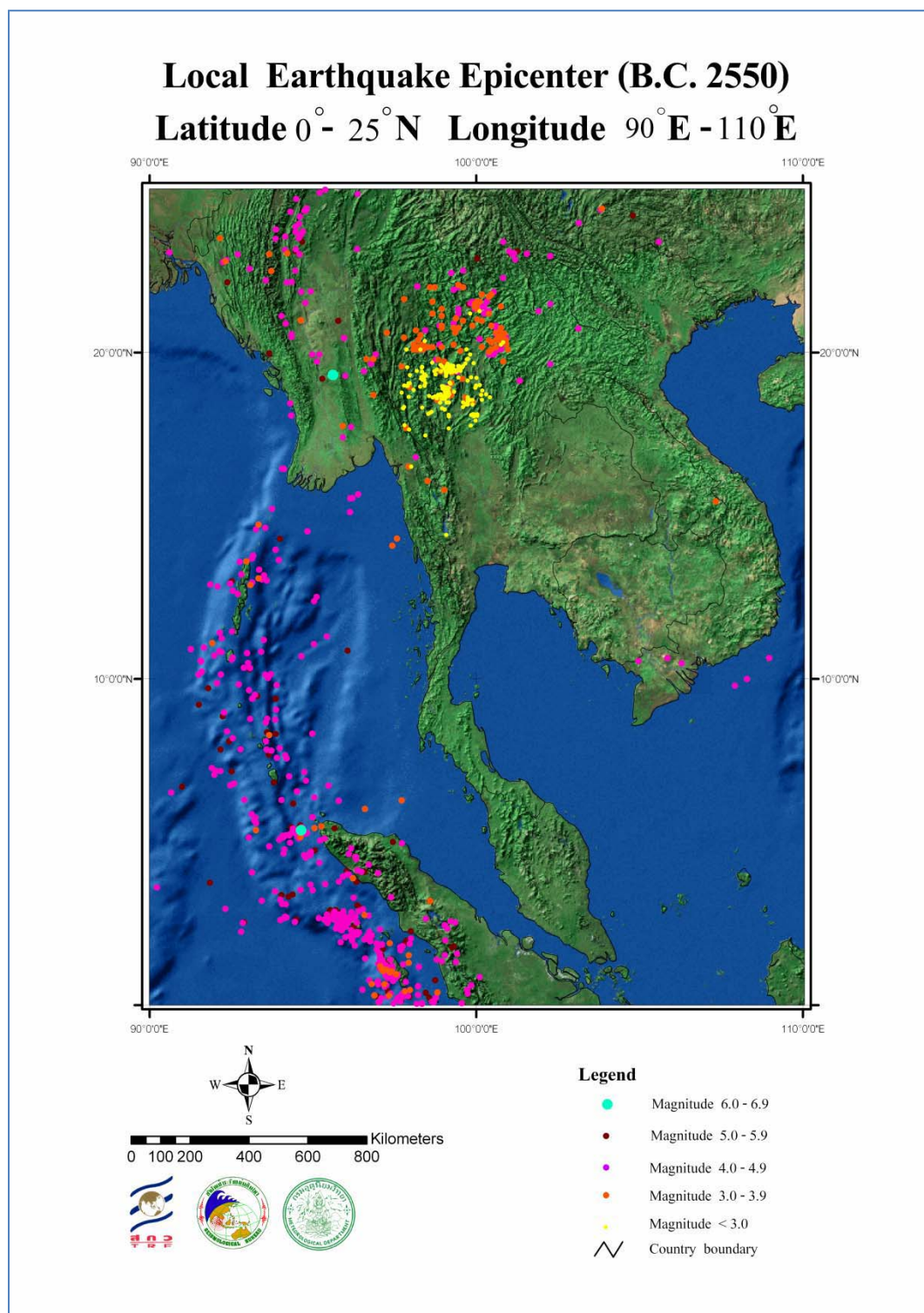
รูปที่ 10-8 แผนที่แสดง Seismicity ของแคว้นตาลีคอก 1 (0° - 25° เหนือ, 90° - 110° ตะวันออก)
 ปี พ.ศ. 2547



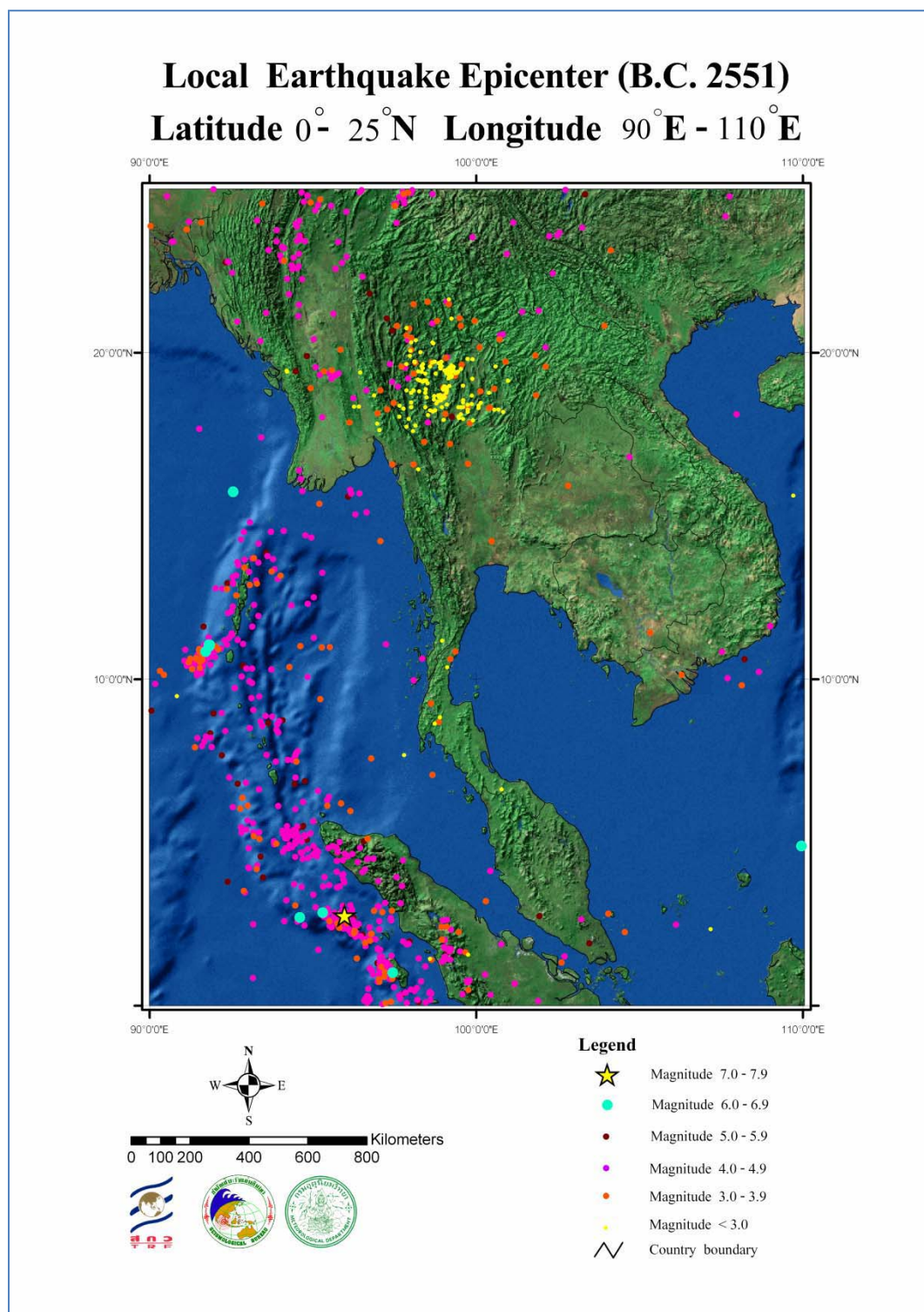
รูปที่ 10-9 แผนที่แสดง Seismicity ของแ่งตาลีอ็อก 1 (0° - 25° เหนือ, 90° - 110° ตะวันออก)
 ปี พ.ศ. 2548



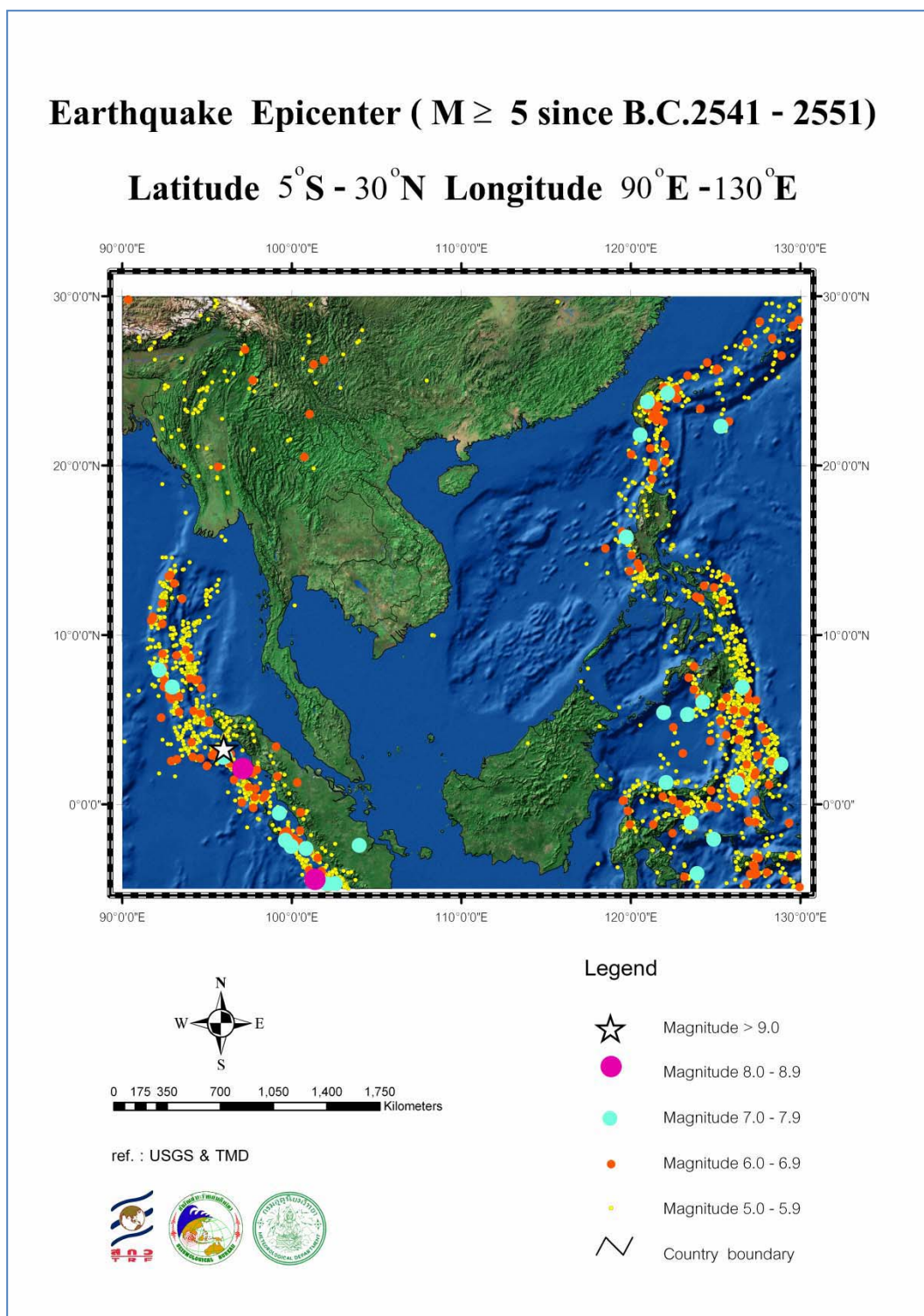
รูปที่ 10-10 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 1 (0° - 25° เหนือ, 90° - 110° ตะวันออก)
 ปี พ.ศ. 2549



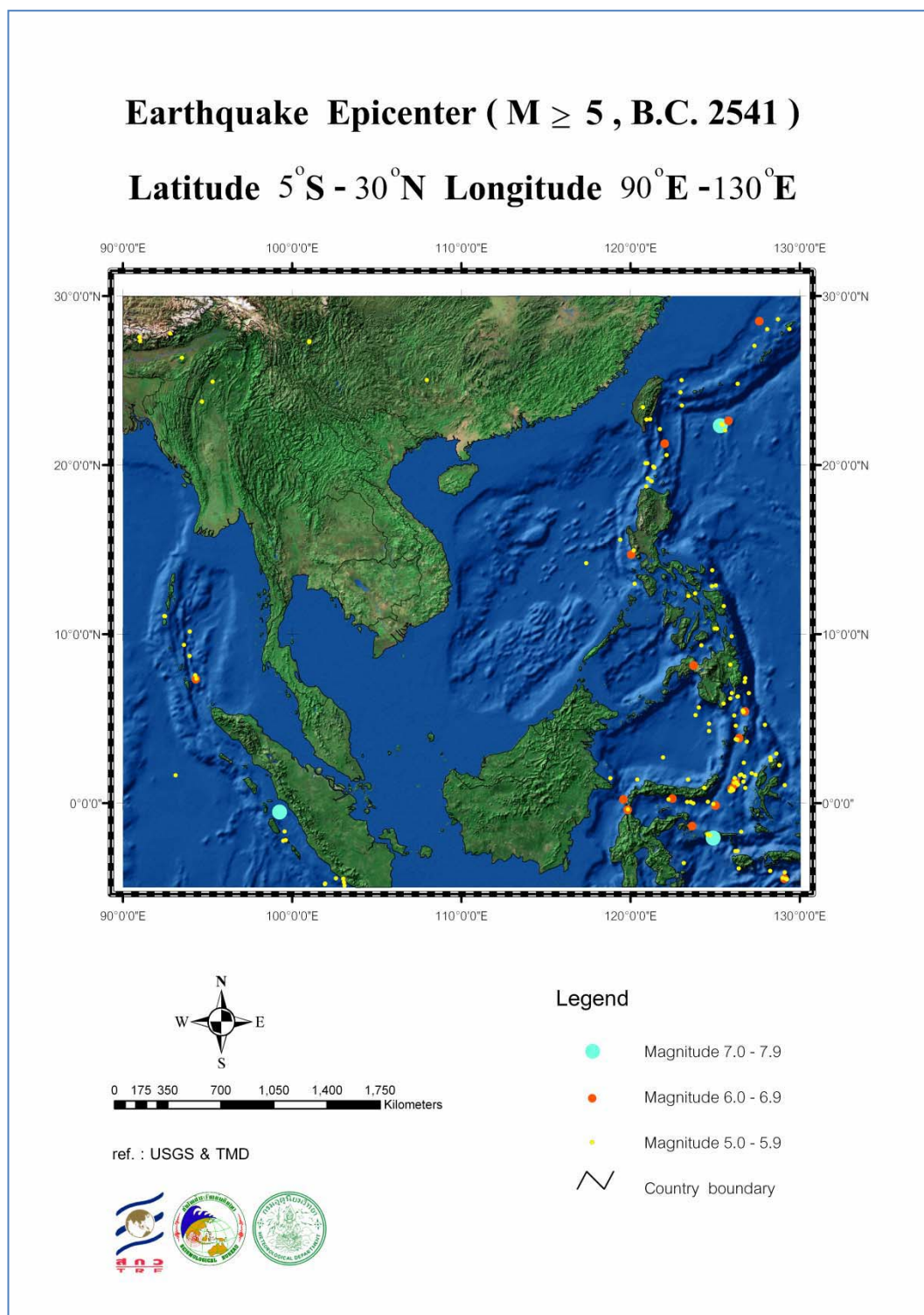
รูปที่ 10-11 แผนที่แสดง Seismicity ของแฉีกตาลีอก 1 (0° - 25° เหนือ, 90° - 110° ตะวันออก)
ปี พ.ศ. 2550



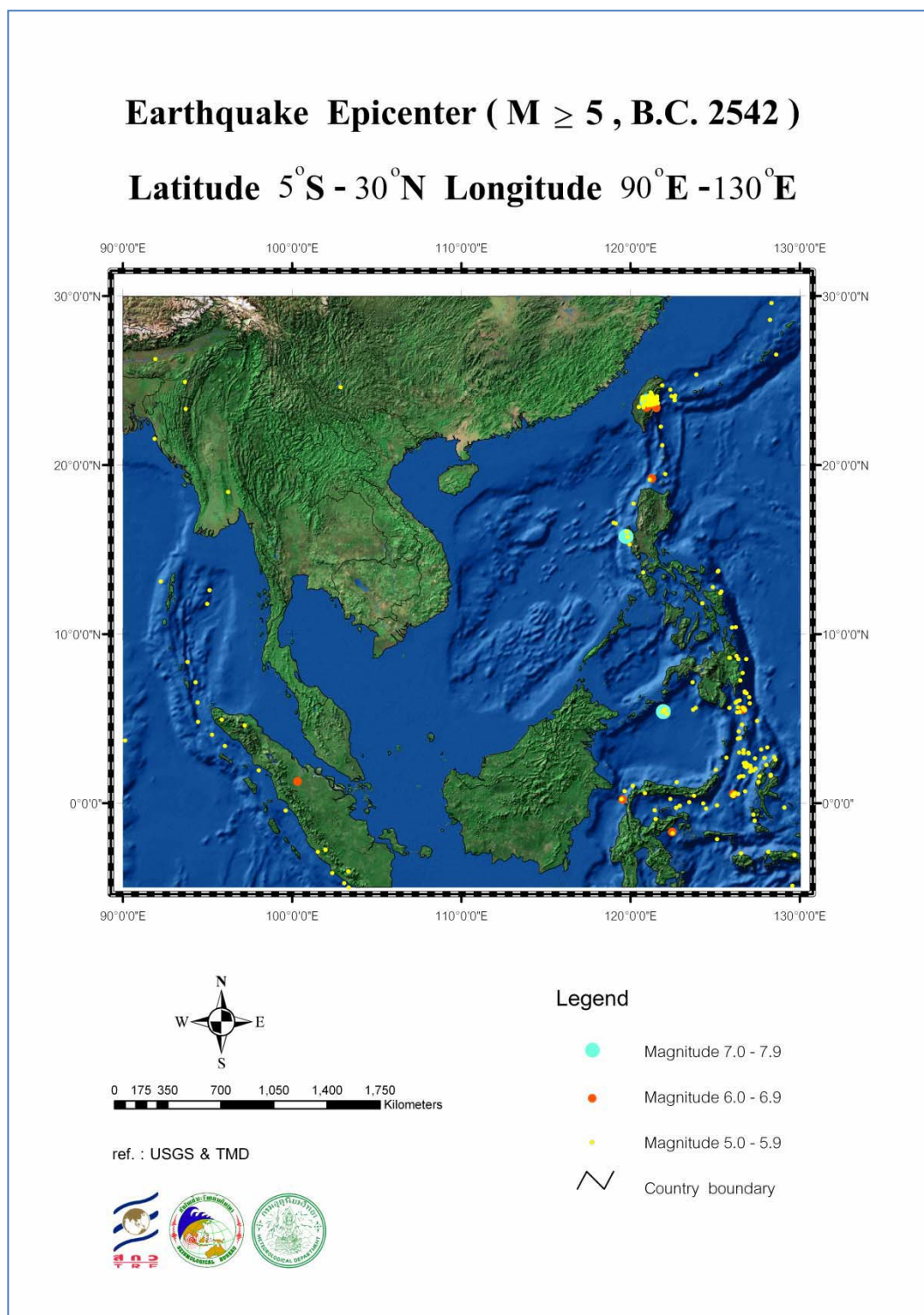
รูปที่ 10-12 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 1 (0° - 25° เหนือ, 90° - 110° ตะวันออก)
ปี พ.ศ. 2551



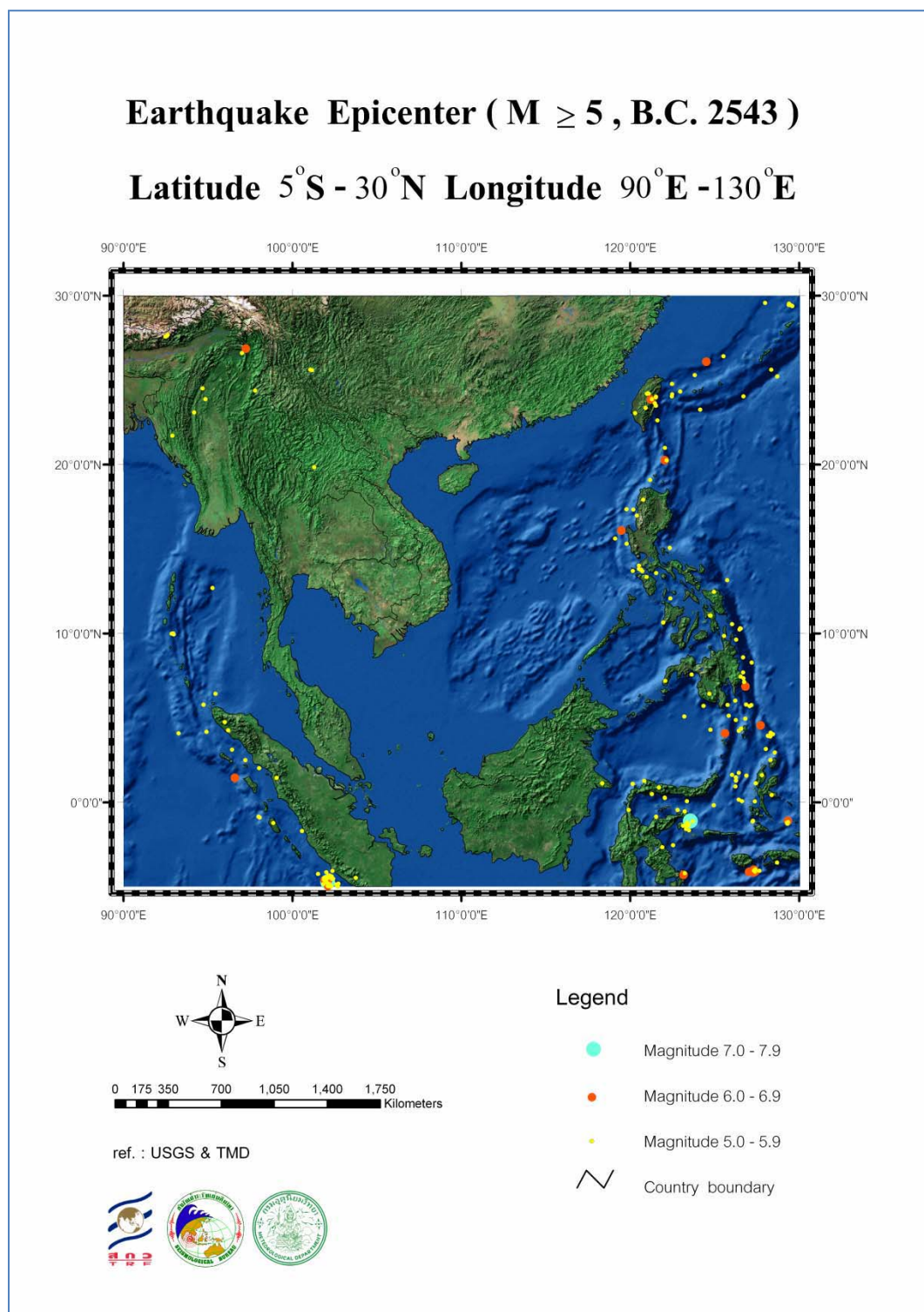
รูปที่ 10-13 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 2 (5° ใต้ – 30° เหนือ, $90^{\circ} - 130^{\circ}$ ตะวันออก)
ปี พ.ศ. 2541 - 2551



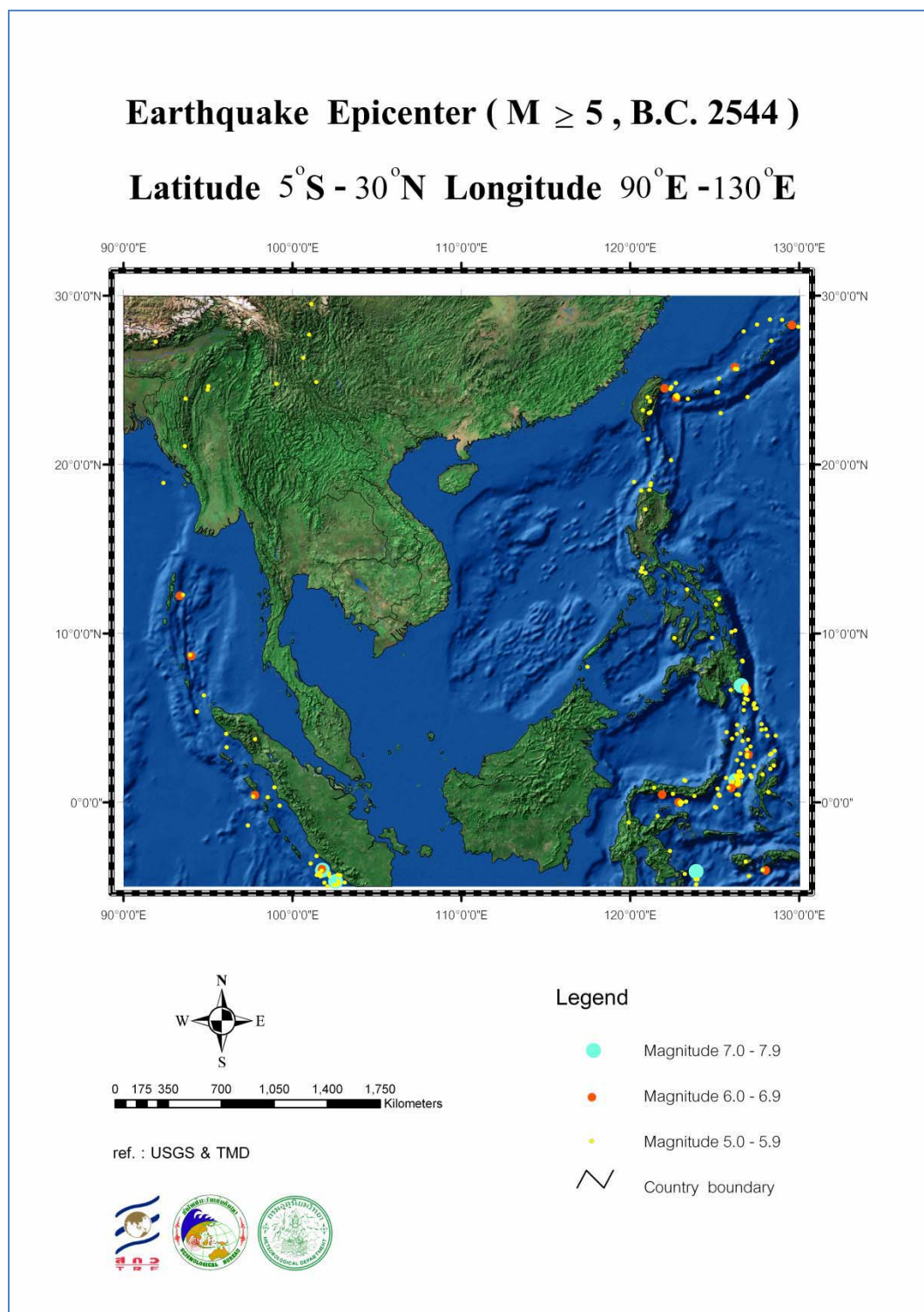
รูปที่ 10-14 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 2 (5° ใต้ – 30° เหนือ, 90° – 130° ตะวันออก)
ปี พ.ศ. 2541



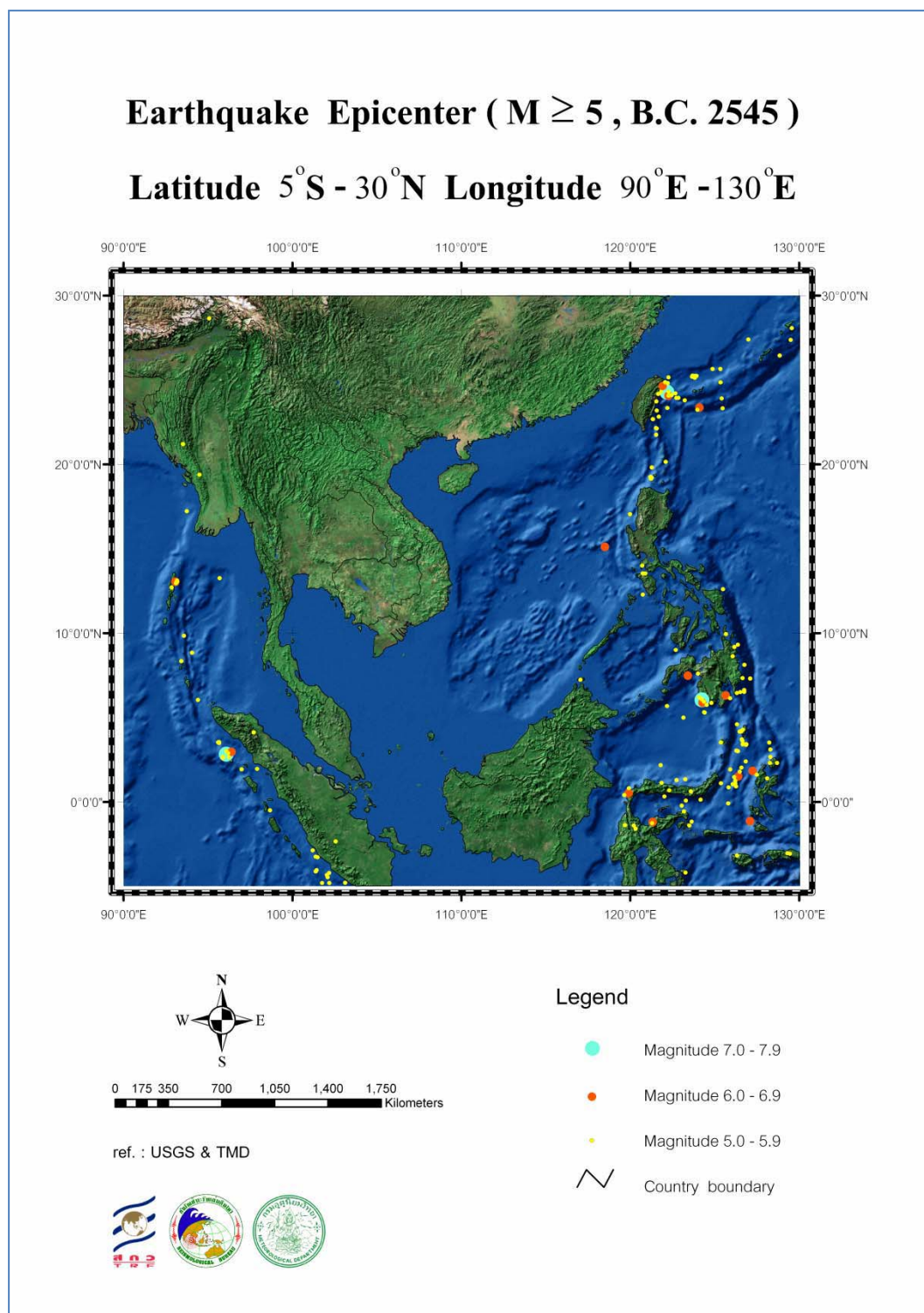
รูปที่ 10-15 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 2 (5° ใต้ – 30° เหนือ, $90^{\circ} - 130^{\circ}$ ตะวันออก)
ปี พ.ศ. 2542



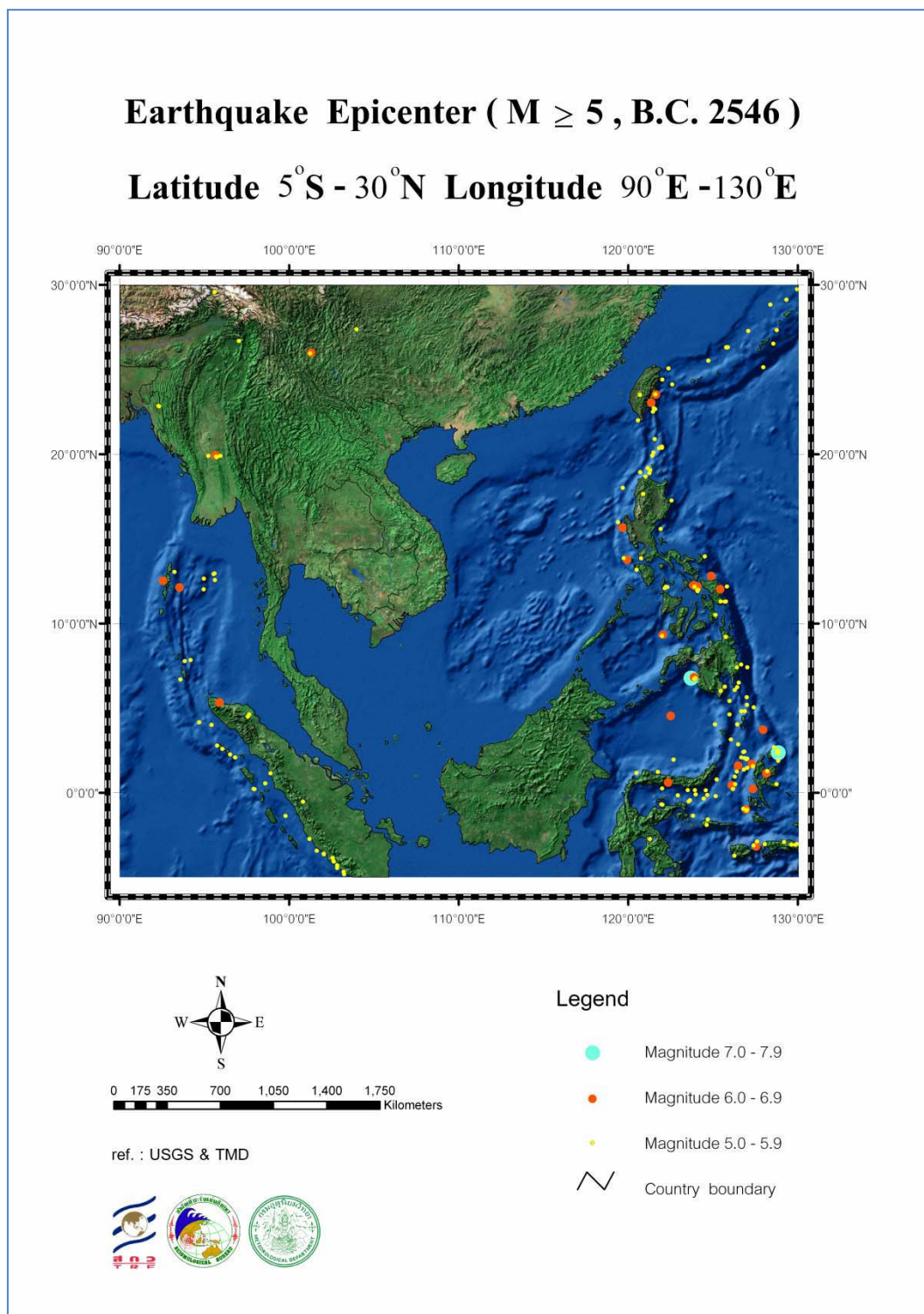
รูปที่ 10-16 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 2 (5° ใต้ – 30° เหนือ, $90^{\circ} - 130^{\circ}$ ตะวันออก)
ปี พ.ศ. 2543



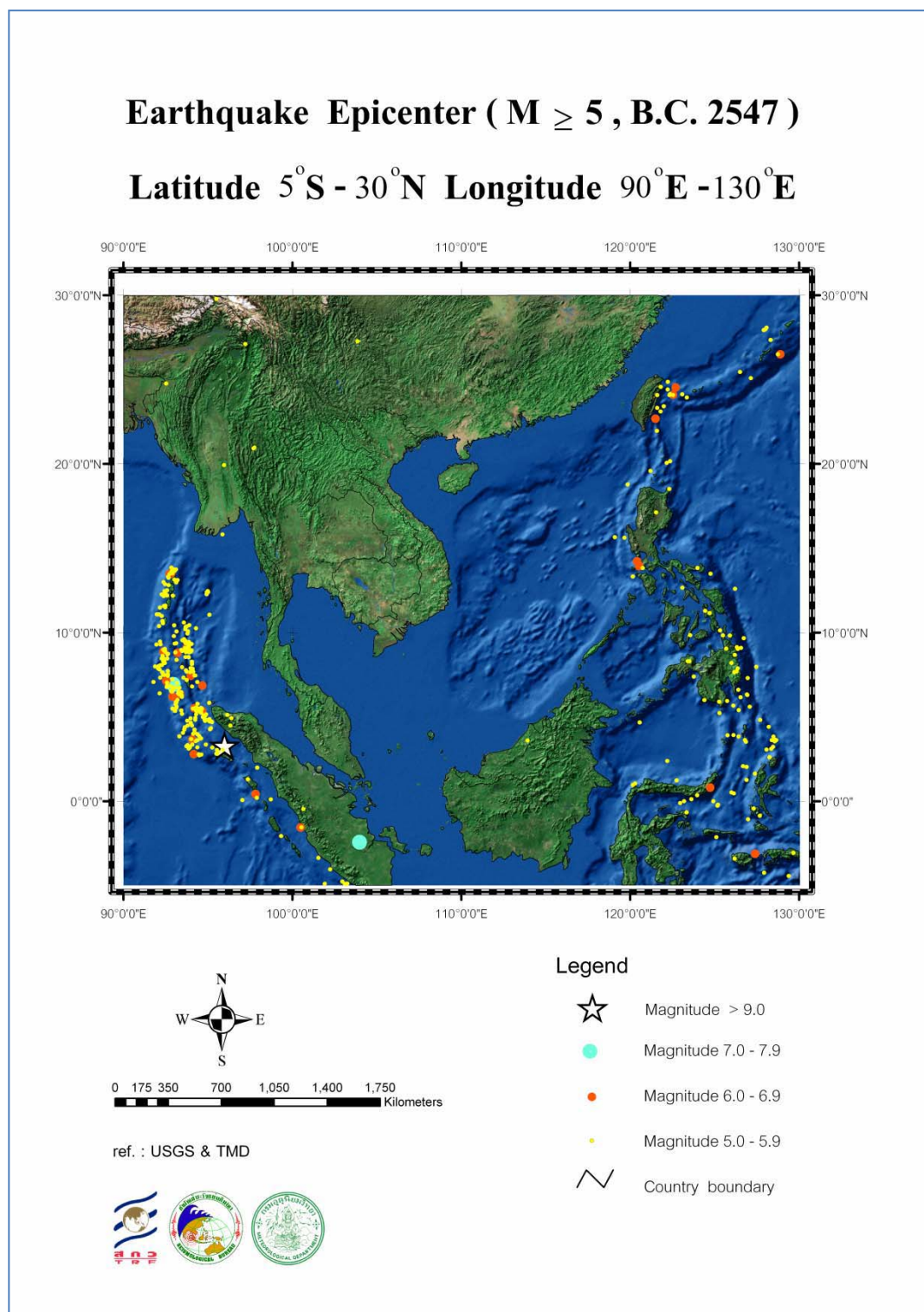
รูปที่ 10-17 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 2 (5° ใต้ – 30° เหนือ, $90^{\circ} - 130^{\circ}$ ตะวันออก)
ปี พ.ศ. 2544



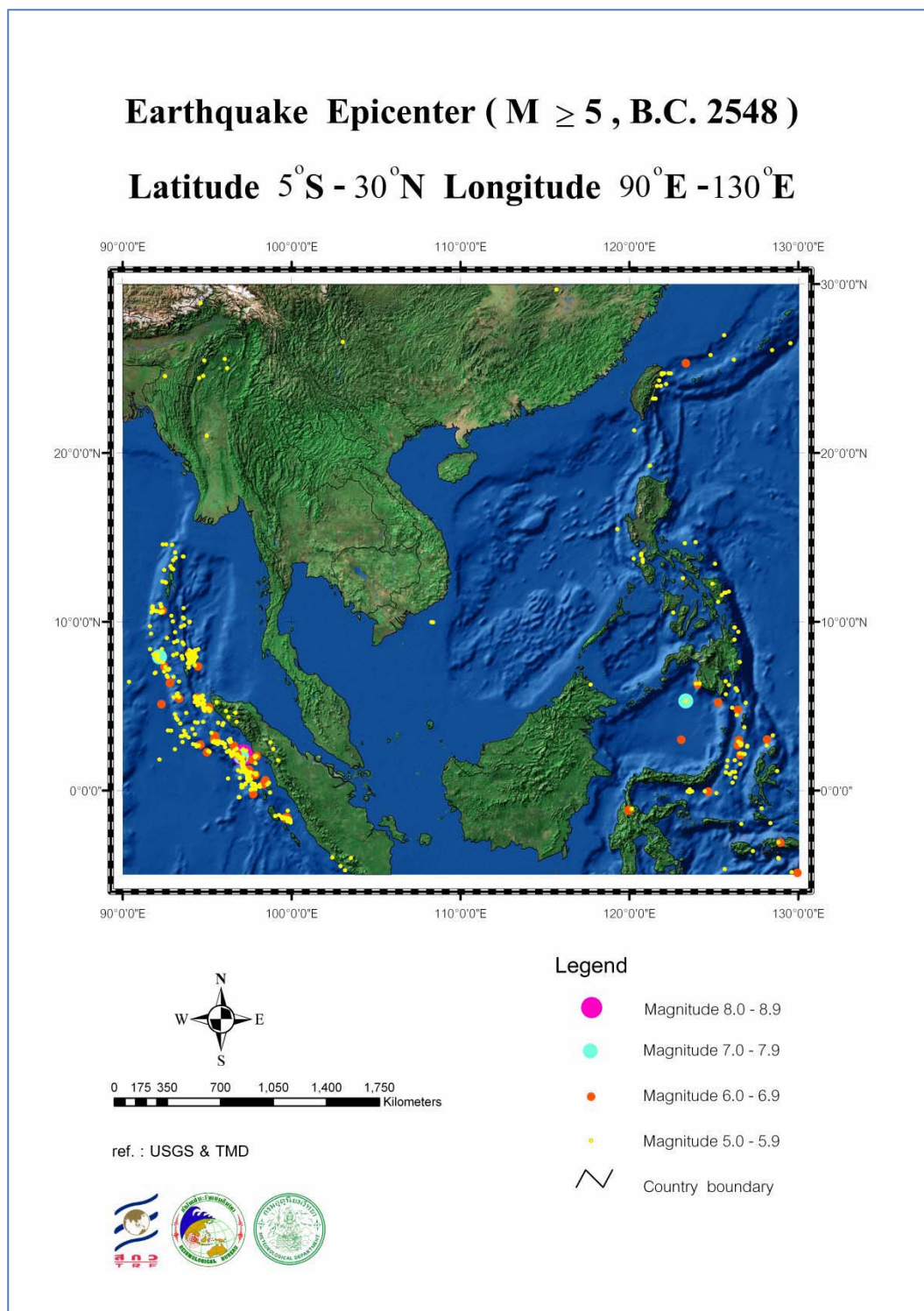
รูปที่ 10-18 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 2 (5° ใต้ – 30° เหนือ, $90^{\circ} - 130^{\circ}$ ตะวันออก)
ปี พ.ศ. 2545



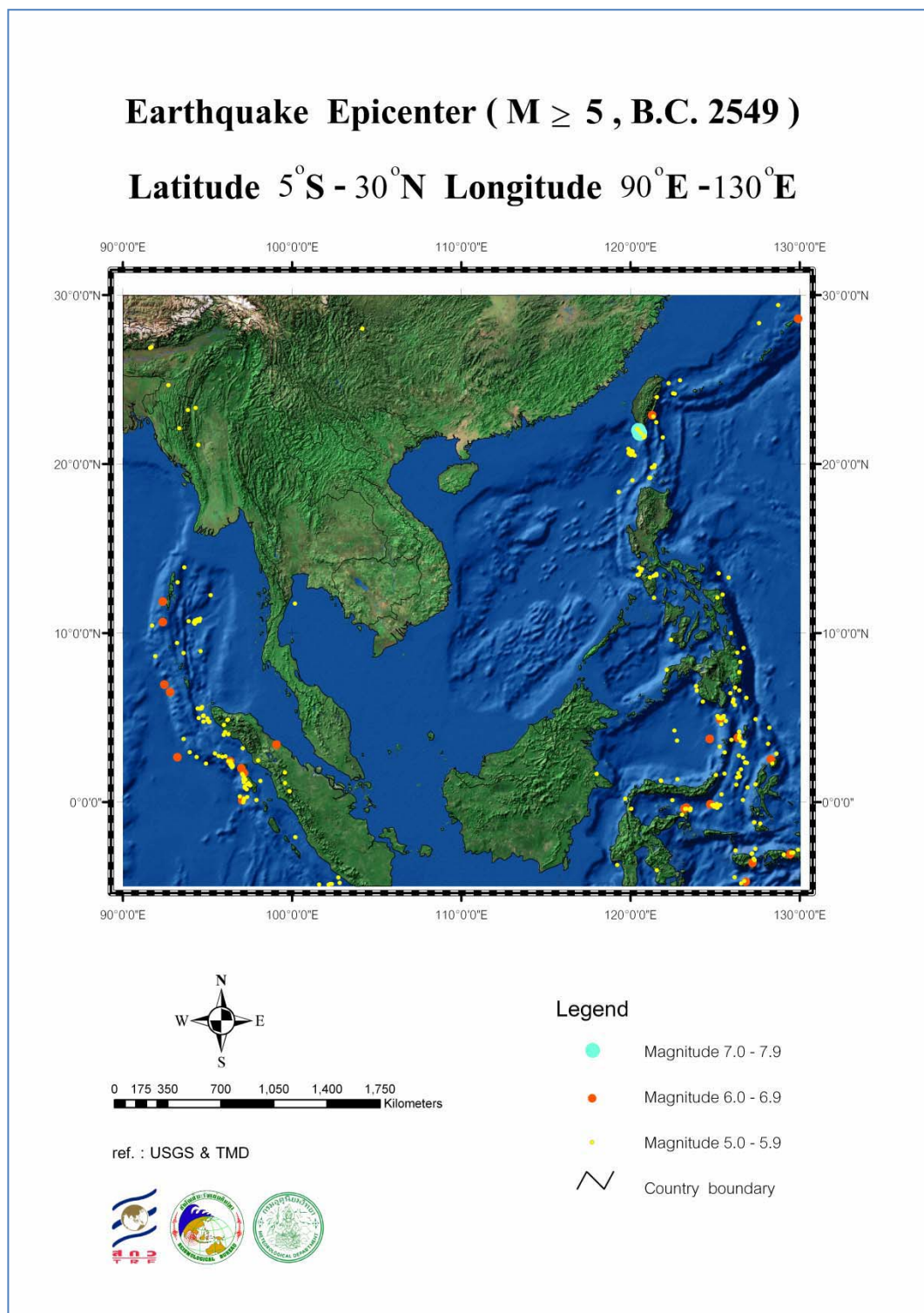
รูปที่ 10-19 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 2 (5° ใต้ – 30° เหนือ, $90^{\circ} - 130^{\circ}$ ตะวันออก)
ปี พ.ศ. 2546



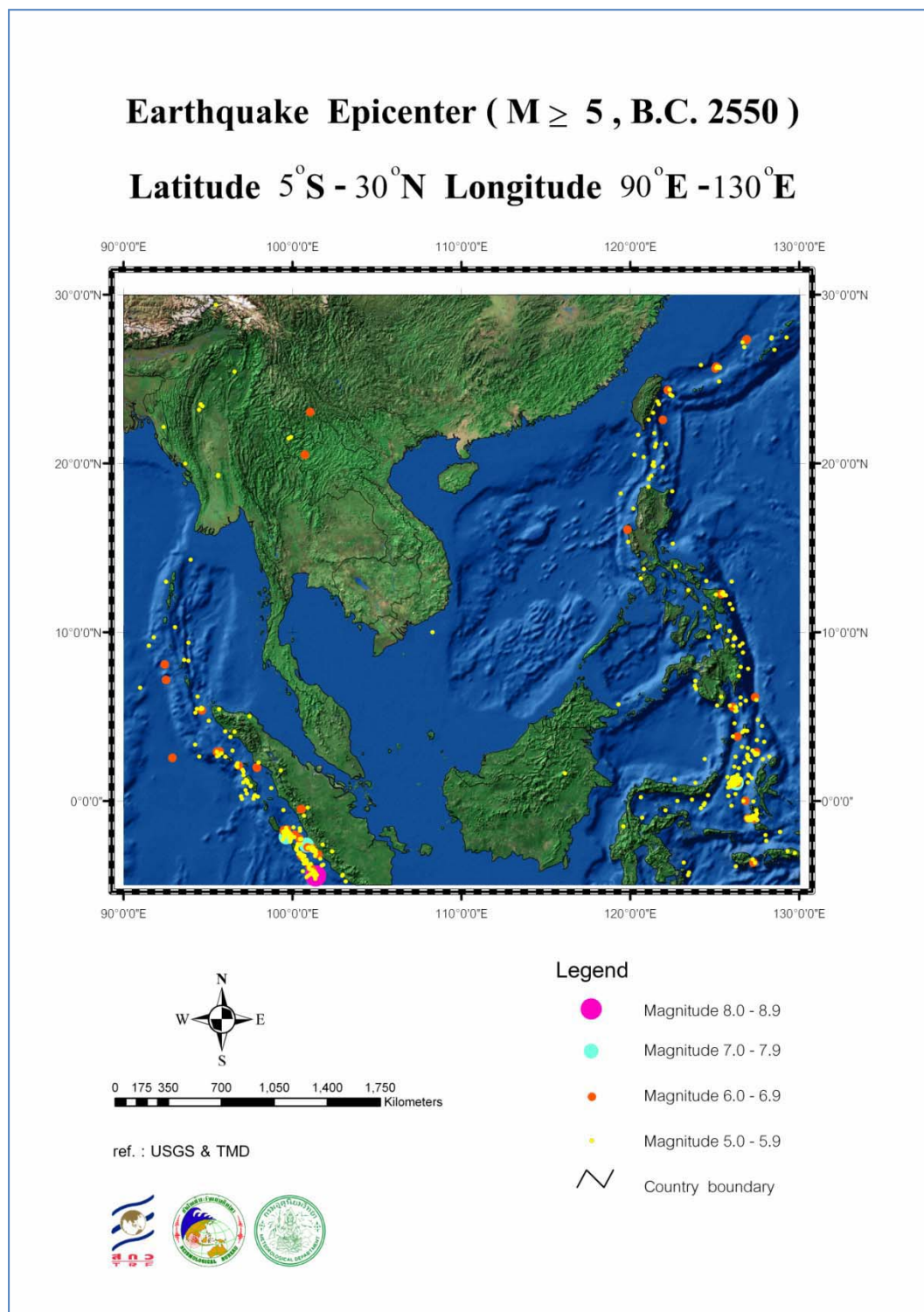
รูปที่ 10-20 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 2 (5° ใต้ – 30° เหนือ, $90^{\circ} - 130^{\circ}$ ตะวันออก)
ปี พ.ศ. 2547



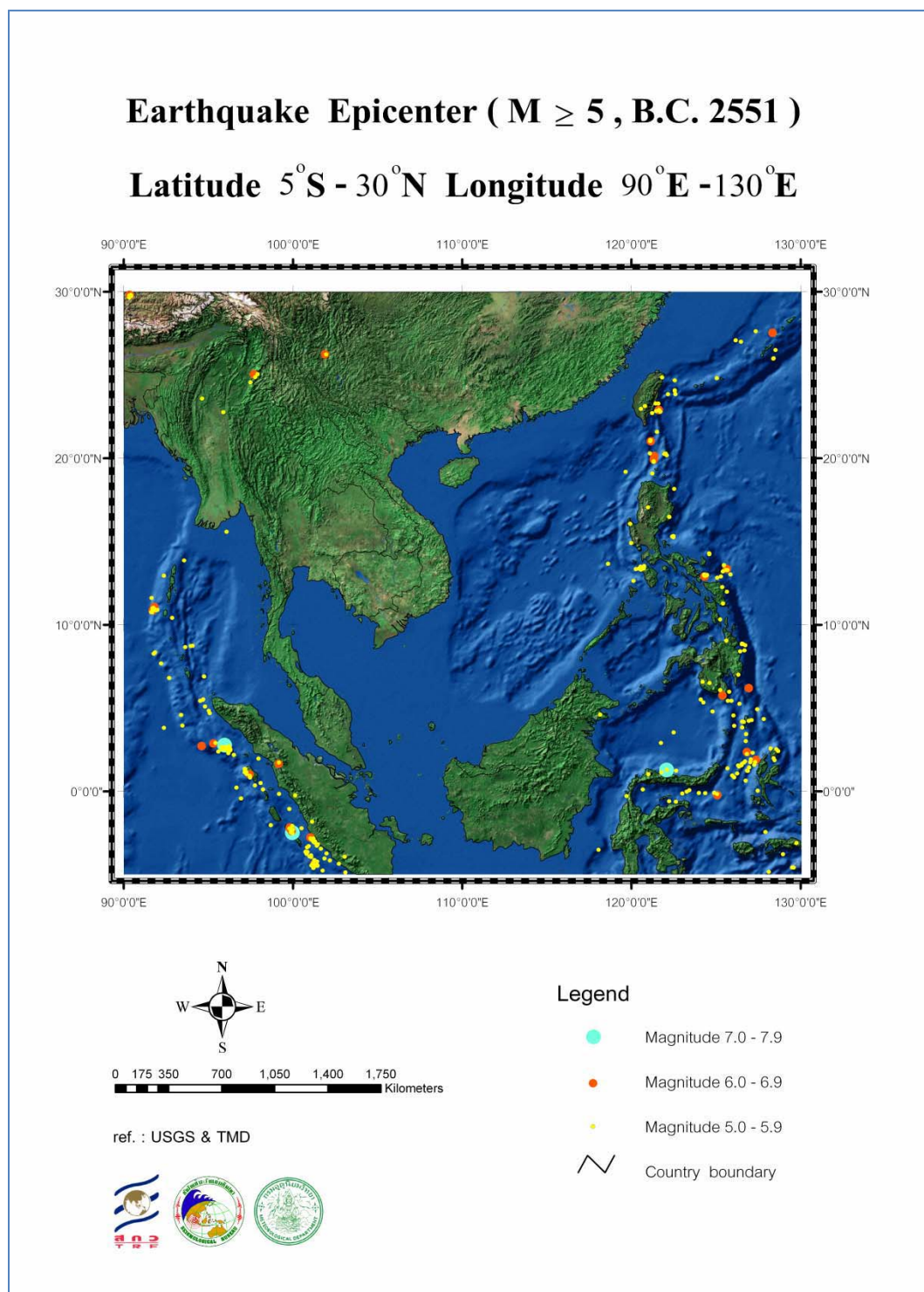
รูปที่ 10-21 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 2 (5° ใต้ – 30° เหนือ, $90^{\circ} - 130^{\circ}$ ตะวันออก)
 ปี พ.ศ. 2548



รูปที่ 10-22 แผนที่แสดง Seismicity ของแคว้นดัลลิก 2 (5° ใต้ – 30° เหนือ, $90^{\circ} - 130^{\circ}$ ตะวันออก)
ปี พ.ศ. 2549



รูปที่ 10-23 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 2 (5° ใต้ – 30° เหนือ, $90^{\circ} - 130^{\circ}$ ตะวันออก)
ปี พ.ศ. 2550



รูปที่ 10-24 แผนที่แสดง Seismicity ของแก็ตตาล็อก 2 (5° ใต้ – 30° เหนือ, 90° – 130° ตะวันออก)
ปี พ.ศ. 2551

บรรณานุกรม

1. Bruce A.Bolt, 1993 “Earthquakes” P 110-112
2. Geoscience Interactive Database of Cornell University, Department of Earth Planetary Sciences, Harvard University
3. Prinya Nutalaya, Sopit Sodsri and E.P. Arnold, Southeast Asia Association of Seismology and Earthquake Engineering, 1985 series of Seismology Volume II THAILAND
4. Setsumi Miyamura, 1978 International Institute of Seismology and earthquake Engineering “Magnitude of Earthquakes(I)”
5. Thorne Lay, Terry C. Wallace, 1995 “Modern Global Seismology” P6, 313-356
6. Peter Bormann, 2002 “New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)”
7. Web site of Harvard Seismology Centroid-Moment Tensor Project
“<http://www.seismology.harvard.edu/project/CMT/>”
8. Web site International Seismological Centre “ <http://www.isc.ac.uk/bulletin/rectang.html>”
9. Web site The Global Centroid-Moment-Tensor “ <http://www.globalcmt.org/>”
10. Web site NOAA-National Oceanic and Atmospheric Administration “ <http://www.noaa.gov/>”
11. Web site Intergovernmental Oceanographic Commission “ <http://ioc-unesco.org/>”
12. World Data Center for Solid Earth Geophysics “Manual of Seismological Observatory Practice” 1979 and “New Manual of Seismological Observatory Practice 2003”
13. สำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลแผ่นดินไหว ระหว่างปี ค.ศ. 1998-2008
14. Frank Scherbaum, 1996 “Of Poles and Zeros Fundamental of Digital Seismology” 256 p
15. Jens Havskov, 2002 “Instrumentation in Earthquake Seismology”
16. Tatsuhiko Hara, 2007 “Measurement of duration of high-frequency energy radiation and its application to determination of magnitudes of large shallow earthquakes, Earth Planets Space, p59, 227-231”

ภาคผนวก ก

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผน กิจกรรมที่ดำเนินการและผลที่ได้รับตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
1. จัดทำฐานข้อมูลคลื่นความถี่สั้นสะท้อนแบบดิจิทัลของแต่ละเหตุการณ์แผ่นดินไหวพร้อมเผยแพร่ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต	1. วิเคราะห์คลื่นแผ่นดินไหวจากสถานีอัตโนมัติและสถานีอัตโนมัติทั่วประเทศ	1. วิเคราะห์คลื่นแผ่นดินไหวจากสถานีอัตโนมัติ และสถานีอัตโนมัติทั่วประเทศ	1. เกิดताल็อกข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวจากสถานีอัตโนมัติตั้งแต่ พ.ศ. 2541 – 2551
2. จัดทำฐานข้อมูลแก็ตตาล็อกพารามิเตอร์แผ่นดินไหว เช่น ตำแหน่งศูนย์กลาง เวลาเกิดและขนาดแผ่นดินไหวในประเทศ	2. วิเคราะห์ศูนย์กลาง ขนาด ความลึก เวลาเกิดแผ่นดินไหวของประเทศ ตรวจสอบแผ่นดินไหวในประเทศ	2. วิเคราะห์ศูนย์กลาง ขนาด ความลึก เวลาเกิดแผ่นดินไหวของสถานีตรวจสอบแผ่นดินไหวในประเทศ	2. เกิดताल็อกศูนย์กลางแผ่นดินไหวในประเทศไทย และบริเวณใกล้เคียง (0° – 25° เหนือ, 90° – 110° ตะวันออก) ตั้งแต่ พ.ศ. 2541 – 2551
3. วิทยานิพนธ์ นักแผ่นดินไหว นักวิจัย นิสิต นักศึกษา และประชาชน ได้เข้าถึงข้อมูลและนำไปใช้ประโยชน์ได้ตามต้องการโดยตรง	3. รวบรวมและวิเคราะห์อัตราแรงของพื้นดินจากเครือข่ายสถานีตรวจสอบแผ่นดินไหวระบบดิจิทัล	3. รวบรวมและวิเคราะห์อัตราแรงของพื้นดินจากเครือข่ายสถานีตรวจสอบแผ่นดินไหวระบบดิจิทัล	3. เกิดताल็อกศูนย์กลางแผ่นดินไหวในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (5°N – 30° เหนือ, 90° – 130° ตะวันออก) ตั้งแต่ พ.ศ. 2541 – 2551
3. วิเคราะห์รวบรวมสรุปความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแผ่นดินไหวใหญ่ในทะเลกับขนาดต่างๆ ที่วิเคราะห์ได้ (ML, Mb, Ms, Mwp และ Mw) เพื่อประโยชน์ในการแจ้งข่าวและเตือนภัยสึนามิ	4. วิเคราะห์ขนาดแผ่นดินไหวใหญ่ในทะเลสัมพันธ์กับกลไกแผ่นดินไหว	4. วิเคราะห์ขนาดแผ่นดินไหวใหญ่ในทะเลสัมพันธ์กับกลไกแผ่นดินไหว	4. เกิดताल็อกอัตราแรงของพื้นดินจากระบบตรวจสอบแผ่นดินไหวอัตโนมัติ ตั้งแต่ พ.ศ. 2541 – 2551
			5. กลไกแผ่นดินไหวของแก็ตตาล็อก1 และแก็ตตาล็อก2 ตั้งแต่ พ.ศ. 2541 – 2551
			6. แผนที่เกิดกลไกแผ่นดินไหว (Focal Mechanism) แก็ตตาล็อก1 และแก็ตตาล็อก2

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
	5. วิเคราะห์ขนาดแผ่นดินไหวชนิดต่าง ๆ (ML, Mb, Ms, Mw, Mwp) สัมพันธ์กับสัมพัทธ์กับการเกิดสึนามิ	5. วิเคราะห์ขนาดแผ่นดินไหวชนิดต่าง ๆ (ML, Mb, Ms, Mw, Mwp) สัมพันธ์กับการเกิดสึนามิ	7. แผนที่ Seismicity ของแผ่นดินไหวรายปีและภาพรวมของแก็ดตาสีก 1 และแก็ดตาสีก 2
	6. พัฒนาเว็บไซต์และนำเข้าข้อมูลทั้งหมดเข้าสู่ฐานข้อมูลเพื่อการเผยแพร่ผ่านอินเทอร์เน็ต (www.seismology.tmd.go.th)	6. พัฒนาเว็บไซต์และนำเข้าข้อมูลทั้งหมดเข้าสู่ฐานข้อมูลเพื่อการเผยแพร่ผ่านอินเทอร์เน็ต (www.seismology.tmd.go.th)	8. เว็บไซต์เพื่อค้นหาและดาวน์โหลดข้อมูลแผ่นดินไหว ข้อมูลอัตราเร่งของพื้นดินเพื่อการศึกษาระดับวิจัย
			9. ความสัมพันธ์ระหว่างกลไกแผ่นดินไหวกับการเกิดสึนามิ
			10. ความสัมพันธ์ระหว่างกลไกแผ่นดินไหวกับการเกิดสึนามิ
			ลงนาม (หัวหน้าโครงการผู้รับทุน) วันที่

ภาคผนวก ข

สัญญาเลขที่ RDG 5130020

โครงการ “การจัดการฐานข้อมูลรูปคลื่นแผ่นดินไหวของเครือข่ายสถานีวัดอัตโนมัติในประเทศไทย”
(Seismic Waveform Database Management of Digital Network in Thailand)

สรุปรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 4

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2552 ถึงวันที่ 30 เมษายน 2553

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน : นางสาวลี ประจวบ

หน่วยงาน : กรมอุตุนิยมวิทยา

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. จัดทำฐานข้อมูลคลื่นความสั่นสะเทือนแบบดิจิทัล ของแต่ละเหตุการณ์แผ่นดินไหว พร้อมเผยแพร่ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
2. จัดทำฐานข้อมูลแค็ตตาล็อก พารามิเตอร์แผ่นดินไหว เช่น ตำแหน่งศูนย์กลาง เวลาเกิด และขนาดแผ่นดินไหว เพื่อให้วิศวกร นักธรณีวิทยา นักแผ่นดินไหว นักวิจัย นิสิต นักศึกษา และประชาชนได้เข้าถึงข้อมูลและนำไปใช้ประโยชน์ได้ตามต้องการโดยตรง
3. วิเคราะห์ รวบรวม สรุปความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแผ่นดินไหวใหญ่ในทะเลกับขนาดต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ได้ (MI, Mb, Ms, Mwp และ Mw) เพื่อประโยชน์ในการแจ้งข่าวและเตือนภัยสึนามิ

รายละเอียดผลการดำเนินงานของโครงการตามแผนงานโดยสรุป (ครั้งที่ 4)

กิจกรรม (ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน
1. รวบรวมและวิเคราะห์ขนาดแผ่นดินไหวใหญ่ในทะเลอันดามันที่มีขนาดมากกว่า 6.0 ริกเตอร์ ในรูปแบบขนาดแผ่นดินไหวต่าง ๆ เช่น MI Mb Ms Mwp Mw เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับการเตือนภัยสึนามิ 2. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	1. ตำแหน่งข้อมูลแผ่นดินไหวใหญ่ในทะเลอันดามัน ซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน (Focal Mechanism) ซึ่งอาจก่อให้เกิดสึนามิ 2. แผนที่แสดง Seismicity ในพื้นที่วิจัย 3. รายงานฉบับสมบูรณ์	1. คัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวในทะเลอันดามันที่มีขนาดมากกว่า 6.0 ริกเตอร์ ขึ้นไประหว่างปี 2541 – 2551 ในแค็ตตาล็อก I และพล็อตลงในแผนที่แสดงตำแหน่งข้อมูลแผ่นดินไหว 2. คัดเลือกข้อมูลกลไกแผ่นดินไหว (Focal Mechanism) ของแผ่นดินไหวใหญ่ในทะเลอันดามัน ระหว่างปี 2541 – 2551 จัดทำเป็นแค็ตตาล็อก และพล็อตลงในแผนที่ 3. วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ระหว่างกลไกแผ่นดินไหว และการเกิดสึนามิในทะเลอันดามัน 4. คัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวขนาด 6 ริกเตอร์ ขึ้นไป ซึ่งมีขนาดต่าง ๆ เช่น MI Mb Ms Mw Mwp ระหว่างปี 2541 – 2551 ในพื้นที่ $5^{\circ} - 25^{\circ}$ เหนือ $90^{\circ} - 110^{\circ}$ ตะวันออก 5. วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวชนิดต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการแจ้งเตือนและเตือนภัยสึนามิ 6. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

สัญญาเลขที่ RDG 5130020

โครงการ “การจัดการฐานข้อมูลรูปคลื่นแผ่นดินไหวของเครือข่ายสถานีอัตโนมัติในประเทศไทย”

(Seismic Waveform Database Management of Digital Network in Thailand)

รายงานสรุปการเงินในรอบ 6 เดือน (งวดที่ 5)

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน		นางสุมาลี ประจวบ			
รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่		1 เมษายน 2553	ถึงวันที่	30 กันยายน 2553	
รายจ่าย (งวดที่ 4)					
หมวด (ตามสัญญา)	รายจ่ายสะสม จากรายงาน ครั้งก่อน	ค่าใช้จ่าย งวดปัจจุบัน	รวมรายจ่าย สะสมจนถึง งวดปัจจุบัน	งบประมาณ ทั้งหมดที่ตั้งไว้	คงเหลือ (หรือเกิน)
1. ค่าตอบแทน	420,000.00	60,000.00	480,000.00	480,000.00	-
2. ค่าจ้าง	384,000.00	-	384,000.00	384,000.00	-
3. ค่าใช้สอย	-	-	-	-	-
4. ค่าวัสดุ	58,027.00	-	5,8027.00	60,000.00	1,973.00
5. ค่าครุภัณฑ์	74,268.70	-	74,268.70	75,000.00	731.30
6. อื่น ๆ	-	-	-	92,400.00	92,400.00
รวม	936,795.70	60,000.00	996,295.70	1,091,400.00	95,104.30
จำนวนเงินที่ได้รับและจำนวนเงินคงเหลือ					
จำนวนเงินที่ได้รับ					
งวดที่ 1		231,000.00	บาท	เมื่อ	วันที่ 25 เมษายน 2551
ค่าครุภัณฑ์		74,268.70	บาท	เมื่อ	วันที่ 3 กันยายน 2551
ดอกเบี้ย ครั้งที่ 1		318.67	บาท	เมื่อ	วันที่ 30 มิถุนายน 2551
งวดที่ 2		230,680.33	บาท	เมื่อ	วันที่ 17 ธันวาคม 2551
ดอกเบี้ย ครั้งที่ 2		372.42	บาท	เมื่อ	วันที่ 31 ธันวาคม 2551
งวดที่ 3		115,112.79	บาท	เมื่อ	วันที่ 29 กันยายน 2552
ดอกเบี้ยครั้งที่ 3		202.00	บาท	เมื่อ	วันที่ 30 มิถุนายน 2552
ดอกเบี้ยครั้งที่ 4		30.47	บาท	เมื่อ	วันที่ 31 ธันวาคม 2552
ดอกเบี้ยครั้งที่ 5		2.44	บาท	เมื่อ	วันที่ 30 มิถุนายน 2553
งวดที่ 4		114,570.32	บาท	เมื่อ	วันที่ 21 กรกฎาคม 2553
งวดที่ 4		171,000.00	บาท	เมื่อ	วันที่ 21 กรกฎาคม 2553
	รวม	937,558.14	บาท		
ค่าใช้จ่าย					
งวดที่ 1 เป็นเงิน		305,267.70	บาท		
งวดที่ 2 เป็นเงิน		230,598.00	บาท		
งวดที่ 3 เป็นเงิน		230,690.00	บาท		
งวดที่ 4 เป็นเงิน		169,740.00	บาท		
งวดที่ 5 เป็นเงิน		60,000.00	บาท		
	รวม	996,295.70	บาท		
จำนวนเงินคงเหลือ		58,737.56	บาท		

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

ลงนามเจ้าหน้าที่การเงินโครงการ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

[illegible]

ภาคผนวก ก

ความหมายของขนาดแผ่นดินไหวชนิดต่าง ๆ

ML หรือ local (Richter) Magnitude เป็นขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่นหรือแผ่นดินไหวใกล้(<1000 กม.) คำนวณได้จากความสูงของคลื่นที่สูงที่สุดของคลื่นหลัก (Body wave) ในหน่วยมิลลิเมตร และมีช่วงคลื่นอยู่ระหว่าง 0.1 – 1.0 วินาที

Mb หรือ short-period body-wave magnitude เป็นขนาดแผ่นดินไหวใกล้และไกล(>1000 กม.) คำนวณได้จากความสูงของคลื่นที่สูงที่สุดของคลื่นหลัก ในหน่วยเมตรต่อวินาที และมีช่วงคลื่นอยู่ระหว่าง 1.0 – 5.0 วินาที

Ms หรือ surface-wave magnitude เป็นขนาดแผ่นดินไหวไกลขนาดใหญ่ คำนวณได้จากความสูงของคลื่นที่สูงที่สุดของคลื่นผิวพื้น (Surface wave) ในหน่วยเมตรต่อวินาที และมีช่วงคลื่นอยู่ระหว่าง 18 – 22 วินาที

Mw หรือ moment magnitude เป็นขนาดแผ่นดินไหวที่แสดงถึงปริมาณพลังงานของคลื่นแผ่นดินไหว สามารถวิเคราะห์ได้จาก โมเมนต์แผ่นดินไหว (M_0 : Seismic Moment) โดยที่ M_0 สามารถคำนวณได้จากหลายวิธี เช่น จากการวิเคราะห์คลื่นแผ่นดินไหวซึ่งค่อนข้างซับซ้อนหรือจากการสำรวจทางธรณีวิทยาเพื่อหาผลคูณของการขจัดของรอยเลื่อนเมื่อเกิดแผ่นดินไหว (Fault displacement) และปริมาณพื้นที่ของรอยเลื่อน (Fault surface area)