

ระลอกอากาศเย็นในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทยและความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงรายปีและภายในฤดูกาล



นายวรุฒม์ เจนจิรวัดนา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

NORTHEAST MONSOON COLD SURGE IN THAILAND AND ITS RELATIONSHIP WITH
INTERANNUAL AND INTRASEASONAL VARIABILITY

Mr. Warut Jenjirawattana



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Marine Science

Department of Marine Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ระลอกอากาศเย็นในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทยและความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงรายปี
และภายในฤดูกาล

โดย

นายวรุฒม์ เจนจิรวัดนา

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์ทางทะเล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เจริญ นิติตรรมยง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ ไชยศิริ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.อัศมน ลิ้มสกุล)

วรุฒม์ เจนจิรวัดนา : ระลอกอากาศเย็นในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทยและความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงรายปีและภายในฤดูกาล. (NORTHEAST MONSOON COLD SURGE IN THAILAND AND ITS RELATIONSHIP WITH INTERANNUAL AND INTRASEASONAL VARIABILITY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์, 103 หน้า.

ทำการวิเคราะห์สถิติของระลอกอากาศหนาว (cold surge) ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทยและความเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ ENSO (El Niño-Southern Oscillation) ซึ่งผันแปรรายปีและปรากฏการณ์ MJO (Madden-Julian Oscillation) ซึ่งผันแปรภายในฤดูกาล โดยใช้ข้อมูล NCEP/NCAR Reanalysis ปี ค.ศ.1980–2011 พบว่า cold surge และ strong cold surge มีความถี่ในการเกิดเฉลี่ยประมาณ 13 และ 2 ครั้งต่อปีตามลำดับ ความถี่รายเดือนของ cold surge เกิดมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน และมีนาคม ส่วน strong cold surge เกิดมากที่สุดในเดือนมกราคม ซึ่งสัมพันธ์กับความแรงของ Siberian high อายุของ cold surge และ strong cold surge พบตั้งแต่ 1-50 วัน โดยพบที่อายุ 4 และ 5 วันมากที่สุดตามลำดับ อายุเฉลี่ยของ cold surge และ strong cold surge อยู่ที่ประมาณ 8 และ 17 วัน มีค่าความกดอากาศสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียที่ 1045.1 และ 1055.9 hPa ตามลำดับ โดยค่าความกดอากาศสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียของ cold surge และ strong cold surge ในแต่ละช่วงอายุ ไม่สัมพันธ์กับอายุของ cold surge และ strong cold surge จากการศึกษาทิศทางของ cold surge และ strong cold surge พบว่ามีทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย 56% ไปทางตะวันออกที่จีนและญี่ปุ่น 16% และไม่มีผลต่อสองบริเวณดังกล่าว 25% เมื่อพิจารณาพัฒนาการของ cold surge อายุ 4 วันและ strong cold surge อายุ 5 พบว่ามีความแตกต่างของทิศทางการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับการวางตัวของ trough axis ที่ 500 hPa หากวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ (ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้) จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ลงมาทางใต้ (ตะวันออก) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของ cold surge และ strong cold surge รายปีกับดัชนี ONI ซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้ปรากฏการณ์ ENSO พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของ cold surge ทั้งหมดตามการเคลื่อนที่กับดัชนี ONI พบว่าในปี La Niña (El Niño) จะพบความถี่รายปีและรายเดือนของ cold surge ที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อภาคอีสานของประเทศไทย (ไปทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน กับไม่มีผลต่อสองบริเวณ) ากส่วนความสัมพันธ์ระหว่างความถี่รายเดือนของ strong cold surge กับ ENSO จะพบ strong cold surge ในปี La Niña และในกลางฤดูมากที่สุด ซึ่งสัมพันธ์กับความแรงของ Siberian high รายเดือนซึ่งแรงมากที่สุดในปี La Niña และในช่วงกลางฤดูเช่นกัน เมื่อพิจารณาพัฒนาการของ cold surge อายุ 4 วันในปี El Niño, La Niña และ ปกติ พบว่า ในปี La Niña ความกดอากาศบริเวณทะเลจีนใต้จะมีค่าต่ำกว่าปกติ สอดคล้องกับอุณหภูมิพื้นผิวน้ำทะเลที่สูงขึ้นบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความกดอากาศบริเวณละติจูดกลางกับเขตร้อนมีค่ามากขึ้น ตลอดจนตำแหน่ง trough axis อยู่ลึกกว่า ส่งผลให้ความเร็วลมฝ่ายเหนือเพิ่มสูงขึ้นและอุณหภูมิที่ผิวพื้นลดต่ำลง ทำให้ cold surge แผ่ลงไปได้มากกว่าในปี El Niño ค่าความกดอากาศสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียของ cold surge และ strong cold surge ที่อายุ 4-5 วันที่แบ่งตามการเคลื่อนที่และที่ถูกแบ่งตามเหตุการณ์ ENSO นั้นไม่ได้ขึ้นกับปัจจัยจากเหตุการณ์ ENSO อย่างเดียว ยังมีปัจจัยจากปรากฏการณ์ที่เขตนาวด้วย เช่น ปรากฏการณ์ Blocking ที่ Atlantic หรือ North Atlantic/Arctic Oscillation(NAO/AO) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของ cold surge กับปรากฏการณ์ MJO พบว่า cold surge อายุ 1-9 วันซึ่งพบได้มากและที่อายุ 4 วันที่ลงมาทางใต้ซึ่งพบได้มากที่สุด พบอยู่ในช่วง weak MJO มากที่สุด รองลงมาคือ MJO phase 2,3 และ MJO phase 4,5 ตามลำดับ เพราะบริเวณเมฆฝนของ MJO phase 2,3 และ MJO phase 4,5 ที่อยู่บริเวณ Maritime continent จะทำให้เกิดความกดอากาศต่ำกว่าปกติที่เขตร้อน ทำให้เกิดความแตกต่างของความกดอากาศของบริเวณเขตนาวและเขตร้อนได้มากขึ้น จึงทำให้เกิดมวลอากาศเย็นเคลื่อนที่ลงมาทางใต้และเกิด cold surge ที่ประเทศไทยในรูปของฝนที่ภาคใต้ของประเทศไทยและตอนกลางของประเทศไทยตามลำดับ

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2556

5372438823 : MAJOR MARINE SCIENCE

KEYWORDS: COLD SURGE / EL NIÑO-SOUTHERN OSCILLATION (ENSO) / THE MADDEN-JULIAN
OSCILLATION (MJO) / SIBERIAN HIGH

WARUT JENJIRAWATTANA: NORTHEAST MONSOON COLD SURGE IN THAILAND AND ITS
RELATIONSHIP WITH INTERANNUAL AND INTRASEASONAL VARIABILITY. ADVISOR: PATTAMA
SINGHRUCK, Ph.D., 103 pp.

This study analyzed northeast monsoon cold surge statistics in Thailand. It also investigated the relationships between cold surges and interannual variability (i.e. ENSO-El Nino Southern Oscillation) and intraseasonal variability (i.e. MJO-Madden-Julian Oscillation). Using NCEP/NCAR Reanalysis data from 1980-2011, it was found that on average the frequencies of cold surges and strong cold surges were 13 and 2 per season (October-April) respectively. Frequencies of monthly cold surge were highest in November and March. Frequency of monthly strong cold surge which was high in January was related with Monthly Siberian high. The ages of cold surge and strong cold surge were between 1-50 days. There were highest frequency in 4 days and 5 days respectively. Their average age was 8 and 17 days. Their highest average Siberian high at their average age was 1045.1 and 1055.9 hPa respectively. The highest average Siberian high at each age of them weren't related with each age of them. Study of cold surge propagation showed that 56% were southward moving cold surge which affected Thailand, 16 % were eastward moving affected China and Japan and 25% affected neither region. Evolution of 4-day cold surge and 5-day strong cold surge which were the most frequent showed different direction of propagation depending on the orientation of 500-hPa trough axis. North-south (northeast-southwest) orientation of the trough axis coincided with southward (eastward) moving cold surges. There was no relationship between their yearly frequencies and ENSO's ONI (Ocean Nino Index). However, in La Niña (El Niño) years, yearly and monthly frequencies of southward (eastward and no effect) cold surge are highest. Monthly frequencies of strong cold surge were high in La Niña years which was in association with monthly Siberian high which was highest in La Niña years. The evolution of 4 and 5 days cold surges showed that during La Niña years mean sea level pressure over the South China Sea was lower than normal in association with increased sea surface temperature in northwestern Pacific. The resulted stronger pressure gradient together with further southward position of the trough axis enhanced the northerly wind speed and expanded wind anomaly further to the south compared with during El Niño year. Highest average Siberian high in 4 and 5 days cold surges weren't relate to ENSO event. Other high latitude climate phenomena such as Atlantic Blocking or North Atlantic/Arctic Oscillation(NAO/AO) may affect them. Investigation of relationship between cold surges and the MJO showed that most cold surges occurred during weak MJO and to a lesser extent in phase 2, 3 and phase 4, 5. This was because during MJO phase 2, 3 and MJO phase 4, 5, convection and associated low pressure anomalies were over the Maritime continent. This possibly caused horizontal pressure gradient between high and low latitudes which then promoted southward cold surges which gave rise to raining events in southern Thailand and Central Vietnam respectively.

Department: Marine Science

Student's Signature

Field of Study: Marine Science

Advisor's Signature

Academic Year: 2013

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณ อาจารย์ ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือเกี่ยวกับการเขียนโครงร่าง, วิธีวิจัยและการดำเนินงานวิจัย, และการช่วยเหลือในการส่งบทความวิจัยไปในรายงานประชุมวิชาการฉบับสมบูรณ์

ขอบคุณ อาจารย์ บุศราศิริ ธนะ อาจารย์สาขาวิชาโลกศาสตร์ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการเขียนโครงร่าง, วิธีวิจัยและการดำเนินงานวิจัย และให้ความรู้เกี่ยวกับอุตุนิยมวิทยาซึ่งเป็นประโยชน์แก่การวิจัย

ขอบคุณองค์กร National Centers for Environmental Prediction (NCEP) ,the National Center for Atmospheric Research (NCAR) และ The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ที่บริการข้อมูลและความรู้ทางสมุทรศาสตร์และอุตุนิยมวิทยา เพื่อประโยชน์แก่การทำวิจัย

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้แก่ อาจารย์เจริญ นิตติธรรมยง อาจารย์ปราโมทย์ ไชยสุภกร และ ดร.อัศมน ลิ้มสกุล จากศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ได้กรุณาวิพากษ์วิจารณ์ และเสนอแนะแนวทางแก้ไขวิทยานิพนธ์ จนเสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายขอขอบคุณอาจารย์,เพื่อนนิสิตนักศึกษาในภาควิชา และครอบครัวที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำวิจัยเสมอมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญรูป.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ต
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร.....	2
2.1 มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....	2
2.1.1 นิยามของ cold surge.....	3
2.1.2 ความผันแปรในเชิงเวลาของ Cold surge และ Siberian high.....	8
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวนของระลอกอากาศเย็นในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....	9
2.2.1 ปรากฏการณ์ที่ผันแปรรายปี : ปรากฏการณ์เอนโซ (ENSO, El Niño-Southern Oscillation).....	9
2.2.2 ปรากฏการณ์ที่ผันแปรภายในฤดูกาล: ปรากฏการณ์ MJO(Madden-Julian Oscillation).....	12
2.2.3 อิทธิพลร่วมของปรากฏการณ์ ENSO และปรากฏการณ์ MJO.....	16
2.2.4 อิทธิพลจากปรากฏการณ์ในเขตหนาว (high latitude) ต่อ cold surge.....	17
บทที่ 3 วิธีการศึกษา.....	20
3.1 ชุดข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	20
3.2 พื้นที่ศึกษา.....	23
3.3 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล.....	24
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปราย.....	29
4.1 สถิติของ cold surge และ strong cold surge ในรอบ 30 ปี.....	29
4.1.1 ผลการศึกษา.....	29
4.1.2 อภิปรายผลการศึกษา.....	35
4.2 พัฒนาการของ cold surge และ strong cold surge.....	38

4.2.1 ผลการศึกษา.....	38
4.2.2 อภิปรายผลการศึกษา.....	42
4.3 ความเชื่อมโยงของ cold surge กับปรากฏการณ์ที่แปรผันรายปี	43
4.3.1 ผลการศึกษา.....	43
4.3.2 อภิปรายผลการศึกษา.....	60
4.4 พัฒนาการของ cold surge และ strong cold surge ในปี El Niño, La Niña และปีปกติ. 65	
4.4.1 ผลการศึกษา.....	65
4.4.2 อภิปรายผลการศึกษา.....	76
4.5 ความเชื่อมโยงของ cold surge และ strong cold surge กับปรากฏการณ์ที่แปรผันภายใน ฤดูกาล	81
4.5.1 ผลการศึกษา.....	81
4.5.2 อภิปรายผลการศึกษา.....	83
4.6 พัฒนาการของ cold surge และ strong cold surge ในช่วงปรากฏการณ์ MJO	86
4.6.1 ผลการศึกษา.....	86
4.6.2 อภิปรายผลการศึกษา.....	92
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	95
รายการอ้างอิง	100
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	103

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง (หน่วย hPa, เส้นเท่า) ที่ทวีปเอเชีย และความเร็วลมที่ระดับ 10 เมตร (หน่วย m/s, ลูกศร) ในช่วงฤดูหนาว (เดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์) ปี ค.ศ.1979/80 – 1994/95 ที่มา: (Zhang et al., 1997)..... 2

รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์แบบ lag (lag-correlation) ของอุณหภูมิที่ผิวพื้นในบริเวณที่ (3) กับ ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล อุณหภูมิที่ผิวพื้น และลมในแนวเหนือใต้ ที่ระดับ 10 m ตั้งแต่กลางเดือนพฤศจิกายน – กลางเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 1979/80 – 1994/95 ที่มา: (Zhang et al., 1997)..... 4

รูปที่ 2.3 ค่า geopotential height เชิงพื้นที่เฉลี่ยในเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 1957-2001 บริเวณที่มีค่าดังกล่าวต่ำเรียกว่า trough บริเวณที่มีค่าดังกล่าวสูงเรียกว่า ridge และเรียกแนวที่เป็นลิ้มของ trough ที่ลงมาที่เขตร้อนเรียกว่า trough axis ที่มา: (Wang, Chen, Zhou, & Huang, 2009)..... 5

รูปที่ 2.4 ค่าองค์ประกอบหลัก (principle component: PC) ที่ 2 ของ 500-hPa geopotential height แสดงค่าดัชนี TAI รายปี ปี ค.ศ.1960-2000 ที่มา: (Wang et al., 2009)..... 5

รูปที่ 2.5 (a) ปี ค.ศ.1962 trough axis เป็นแนวตรง cold surge ก็จะไปทางใต้ มีค่า TAI รายปี เป็นบวก (b) ปี ค.ศ.2000 trough axis จะเอียงมากในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ cold surge ก็จะไปทางตะวันออกมีค่า TAI รายปีเป็นลบ ที่มา: (Wang et al., 2009) 6

รูปที่ 2.6 ค่าอุณหภูมิที่ระดับ 850 hPa ที่ต่างจากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิตะดับดังกล่าวในรอบ 45 ปี (เดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ ค.ศ.1957-2001) (850 hPa air temperature anomaly) ที่ละติจูด 0-90°N ลองจิจูด 60°E -120°W ในกรณีที่เป็น strong East Asian Winter Monsoon เมื่อมีค่า TAI เป็นบวก (รูปซ้าย)และลบ (รูปขวา) ที่มา: (Wang et al., 2009) 7

รูปที่ 2.7 ค่าองค์ประกอบหลัก (principle component : PC) ที่ 1 ของ geopotential height ที่ระดับ 500 hPa รายปี ปี ค.ศ.1960-2000 ซึ่งแสดงค่าความแรงของ East Asian winter Monsoon ที่มา: (Wang et al., 2009)..... 7

รูปที่ 2.8 ค่าเชิงพื้นที่ของค่าองค์ประกอบหลัก (Empirical Orthogonal Function: EOF) ที่ 1 ของ geopotential height ที่ระดับ 500 hPa รายปี ปี ค.ศ.1960-2000 ซึ่งแสดงค่าความแรงของ East Asian Winter Monsoon เหนือญี่ปุ่น ถ้ามีค่าเชิงพื้นที่เป็นบวกมากสัมพันธ์กับค่า PC1 (รูปที่ 2.7) ความแรงของ East Asian Winter Monsoon เหนือญี่ปุ่นก็จะมาก ที่มา: (Wang et al., 2009)	8
รูปที่ 2.9 (ซ้าย) จำนวนครั้งที่เกิด cold surge (ขวา) จำนวนวันที่ความกดอากาศของ Siberian high มากกว่า 1050 hPa ในเดือน ตุลาคม-มีนาคม ปี ค.ศ. 1979/80 – 1994/95 ที่มา: (Zhang et al., 1997).....	9
รูปที่ 2.10 Walker Circulation (ซ้าย) ภาวะปกติ (กลาง) El Niño (ขวา) La Niña ที่มา: (McPhaden, 2004).....	10
รูปที่ 2.11 (ซ้าย) ค่าดัชนี SOI รายปี (เฉลี่ยในเดือนพฤศจิกายน-มีนาคม) ปี ค.ศ. 1979-1995 (กลาง) ความถี่ของ cold surge โดยใช้จำนวนวันที่ความเร็วของลมฝ่ายเหนือสูงสุดมากกว่า 7 m/s ที่ทะเลจีนใต้ (10-20 °N ,110-120 °E) (ขวา) ความถี่ของ cold surge โดยใช้จำนวนเหตุการณ์ที่ความกดอากาศที่ไซบีเรียมากกว่า 1035 และ 1040 hPa ที่มา: (Zhang et al., 1997).....	11
รูปที่ 2.12 ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ที่ต่างจากค่าเฉลี่ยในระยะยาว (meridional wind anomaly, m/s) และอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่ต่างจากค่าเฉลี่ยในระยะยาว (SST anomaly, °C) ในทะเลจีนใต้ (5°S-25°N, 100°-130°E) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1979-1995 ที่มา: (Zhang et al., 1997).....	11
รูปที่ 2.13 อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยในเดือนตุลาคม – มีนาคมปี ค.ศ. 2000-2008 ที่ทะเลจีนใต้ (°C, แรเงา) และ wind stress (N/m ² , เส้น contour หรือ เส้นเท่า) ที่มา: (Varikoden et al., 2010)	12
รูปที่ 2.14 MJO phase 1-4 ในเดือนธันวาคม – กุมภาพันธ์ปี ค.ศ. 1980 -2001 สีคือค่า Outgoing Longwave Radiation anomaly (W/m ²) ลูกศรคือทิศทางและความเร็วลมที่ระดับ 850 hPa (m/s) ที่มา: (Chang et al., 2005).....	13

- รูปที่ 2.15 แผนที่ composite ของ MJO phase1-8 ในเดือน ธันวาคม ถึง เดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 1979-2001 โดยดูจากค่า wind anomaly และ OLR anomaly บริเวณแรกคือ ค่า OLR anomaly น้อยกว่า -7.5 , -15 , -22.5 , และ -30 W/m² บริเวณลายพาดคือ ค่า OLR anomaly มากกว่า 7.5 , 15 , 22.5 W/m² ตามลำดับ
ที่มา: (Wheeler & Hendon, 2004)..... 15
- รูปที่ 2.16 ปริมาณฝนต่อวัน (mm/d) ในกรณี (a) cold surge ประกอบกับลมเหนือ (b) cold surge อย่างเดียว (c) cold surge ประกอบกับลมใต้ (d) มีลมใต้อย่างเดียว (e) ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนต่อวันในช่วงตุลาคม-พฤศจิกายนของปี ค.ศ.1979-2002 (f) สถานีอุตุนิยมวิทยาที่ใช้เทียบปริมาณฝนในรูป (a)-(e) ที่มา: (Yokoi & Matsumoto, 2008)... 16
- รูปที่ 2.17 ค่าความเร็วลมที่ต่างจากค่าเฉลี่ยในระยะยาว (wind anomaly) ที่ระดับ 925 hPa
ที่มา: (Yokoi & Matsumoto, 2008)..... 16
- รูปที่ 2.18 สาเหตุการเกิด extreme cold event ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ.2008 คือการเกิด convection เนื่องจาก wet phase ของ MJO ร่วมกับ Walker Circulation จาก La Niña ที่เคลื่อนที่มาทางตะวันตก ที่มา: (Hong & Li, 2009)..... 17
- รูปที่ 2.19 (a) ค่า geopotential height และทิศทางลมที่ 500 hPa ที่ ละติจูด 80°N-20°S ลองจิจูด 120°W-120°W (b) ค่าต่างจากค่าเฉลี่ย (anomaly) ของ 2 ตัวแปรดังกล่าวในรอบ 30 ปี (ค.ศ. 1971-2000) ในวันที่ 16 กุมภาพันธ์ ถึง 17 มีนาคม ค.ศ. 2005 (เส้นประคือ ค่า anomaly ที่เป็นลบ และ เส้นทึบคือ ค่า anomaly ที่เป็นบวก) (c) ค่าเฉลี่ย 30 ปี (ค.ศ. 1971-2000) ของ 2 ตัวแปรดังกล่าว วันที่ 16 กุมภาพันธ์ ถึง 17 มีนาคม สีคือขนาดความเร็วของลมในแนวราบ (u หน่วย m/s) ซึ่งแสดงถึง jet stream ในแต่ละบริเวณ ที่มา: (Lu & Chang, 2009) 18
- รูปที่ 2.20 พัฒนาการของ ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างค่า Siberian High ที่บริเวณ WSP West Siberian Plain (ละติจูด 50°-60°N ลองจิจูด 75°-95°E) กับ ค่า geopotential height ที่ 500 hPa ในแต่ละบริเวณ (ละติจูด 80°N-20°S ลองจิจูด 120°W-120°W) ตั้งแต่ 10 วันก่อนที่จะเกิด strong cold surge (-10 lag) จนถึงวันก่อนที่จะเกิด strong cold surge (-1 lag) ในช่วง 16 กุมภาพันธ์-17 มีนาคม ค.ศ. 1961-2005 เส้นสีทึบคือ ความสัมพันธ์ไปในทางบวก (Positive Correlation) และ เส้นประคือ ความสัมพันธ์ไปในทางลบ (Negative Correlation) สีแรเงาคือความสัมพันธ์ในระดับความเชื่อมั่น 95% ที่มา: (Lu & Chang, 2009)..... 19

รูปที่ 3.1 พื้นที่ที่ใช้ในการคำนวณดัชนีอุณหภูมิผิวน้ำทะเล Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4, Niño 4
ที่มา: (McPhaden, 2004)..... 21

รูปที่ 3.2 Phase space ของดัชนี realtime multivariable MJO (RMM) index..... 23

รูปที่ 3.3 พื้นที่ที่ใช้ศึกษา (กรอบสีดำ)..... 24

รูปที่ 3.4 แสดงบริเวณที่ใช้กำหนดการเริ่มต้นของ cold surge, strong cold surge และ แบ่งตาม
ทิศทางการเคลื่อนที่..... 25

รูปที่ 3.5 พื้นที่แสดงการสิ้นสุด cold surge และ strong cold surge โดยใช้อุณหภูมิผิวพื้นบริเวณ
ประเทศจีน (25°-50° N, 102.5°-117.5°E) 26

รูปที่ 4.1 จำนวน cold surge และ strong cold surge ทั้งหมดรายปี และ cold surge ที่แบ่งตาม
ทิศทางการเคลื่อนที่ทั้งหมดรายปี (ครั้ง) ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ
(ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ.1980/81-2010/11..... 29

รูปที่ 4.2 การแจกแจงความถี่รายเดือนของ cold surge และ strong cold surge ในรอบ 30 ปี
(ค.ศ. 1980/81-2010/11) 30

รูปที่ 4.3 การแจกแจงความถี่รายเดือนของ cold surge และ strong cold surge แต่ละประเภทที่
แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ ในรอบ 30 ปี (ค.ศ.1980/81-2010/11) 31

รูปที่ 4.4 การแจกแจงความถี่รายเดือนของจำนวนวันที่ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง
บริเวณไซบีเรีย (Siberia) ที่มีค่ามากกว่า 1050 hPa ในรอบ 30 ปี
(ค.ศ.1980/81-2010/11)..... 31

รูปที่ 4.5 ความถี่ของเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge อายุ 1-50 วัน ในรอบ 30 ปี
(ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11) 32

รูปที่ 4.6 ความถี่ของเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge ในแต่ละประเภทที่แบ่งตาม
ทิศทางการเคลื่อนที่ อายุ 4-5 วันในรอบ 30 ปี (ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11)..... 33

รูปที่ 4.7 ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า
ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ย ของเหตุการณ์ cold surge และ
strong cold surge อายุ 1-50 วัน ในรอบ 30 ปี (ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11)..... 33

- รูปที่ 4.8 ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ย และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ
ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยของเหตุการณ์ cold surge และ
strong cold surge แต่ละประเภทที่แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ อายุ 4-5 วัน ในรอบ
30 ปี (ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11)..... 34
- รูปที่ 4.9 แผนที่แบบ composite ของ cold surge ที่มีอายุ 4 วัน ในเหตุการณ์ที่ไปทางใต้
(คอแลมันซ์ซ้าย), ตะวันออก (คอแลมันซ์ขวา) CI คือ ระยะห่างของเส้นเท่า (contour interval) ค่าความกด
อากาศมีค่าตั้งแต่ 1010 – 1040 hPa เส้นหนาสุดคือ 1030-1040 hPa เส้นปานกลางคือ
1020 hPa และเส้นบางสุดคือ 1010 และ 1012 hPa ช่วงระยะห่างของ contour คือ 10
hPa อุณหภูมิอากาศที่ผิวมีค่าตั้งแต่ -21 ถึง 28 °C เส้นหนาสุดคือ -21 ถึง -7 °C เส้นปาน
กลางคือ 7 ถึง 14 °C และเส้นบางสุดคือ 21 ถึง 28 °C ช่วงระยะห่างของ contour คือ 7
°C ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ที่ผิวมีค่าตั้งแต่ -9 ถึง 9m/s เส้นหนาสุดคือ -9 ถึง -7 m/s
เส้นปานกลางคือ -5 ถึง -1 m/s และเส้นบางสุดคือ 1 ถึง 9 m/s ช่วงระยะห่างของ
contour คือ 2 m/s ค่า geopotential height 500 hPa มีค่าตั้งแต่ 4900 – 5900 m
เส้นหนาสุดคือ 4900-5220 m เส้นปานกลางคือ 5260-5440 m และเส้นบางสุดคือ 5580
และ 5900 m ช่วงระยะห่างของ contour คือ 40 m แกนสีแดงในแถว (e) คือ trough
axis.....40
- รูปที่ 4.10 แผนที่แบบ composite ของ strong cold surge ที่มีอายุ 5 วัน ในเหตุการณ์ที่ไปทางใต้
(คอแลมันซ์ซ้าย), ตะวันออก(คอแลมันซ์ขวา) CI คือ ระยะห่างของเส้นเท่า (contour interval)
ค่าความกดอากาศมีค่าตั้งแต่ 970 – 1060 hPa เส้นหนาสุดคือ 1030-1060 hPa เส้นปาน
กลางคือ 1020 hPa และเส้นบางสุดคือ 970-1010 และ 1012 hPa ช่วงระยะห่างของ
contour คือ 10 hPa อุณหภูมิอากาศที่ผิวมีค่าตั้งแต่ -40 ถึง 28 °C เส้นหนาสุดคือ -40
ถึง -7 °C เส้นปานกลางคือ 7 ถึง 14 °C และเส้นบางสุดคือ 21 ถึง 28 °C ช่วงระยะห่าง
ของ contour คือ 7 °C ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ที่ผิวมีค่าตั้งแต่ -14 ถึง 14 m/s เส้น
หนาสุดคือ -14 ถึง -8 m/s เส้นปานกลางคือ -6 ถึง -2 m/s และเส้นบางสุดคือ 2 ถึง 14
m/s ช่วงระยะห่างของ contour คือ 2 m/s ค่า geopotential height 500 hPa มีค่า
ตั้งแต่ 4940 – 5890 m เส้นหนาสุดคือ 4940-5220 m เส้นปานกลางคือ 5260-5540
m และเส้นบางสุดคือ 5580 - 5890 m ช่วงระยะห่างของ contour คือ 40 m แกนสีแดง
ในแถว (e) คือ trough axis.....42

รูปที่ 4.11 ดัชนี ONI เฉลี่ยรายเดือนในปี El Niño, La Niña และปี Normal ปี ค.ศ.1980/81 – 2010/11	44
รูปที่ 4.12 ดัชนี ONI, Niño3.4 และ SOI รายปี ค.ศ. 1980/81-2010/11.....	45
รูปที่ 4.13 จำนวน cold surge และ strong cold surge ทั้งหมดรายปี (ครั้ง) เปรียบเทียบกับ ค่า ดัชนี ONI (Oceanic Niño Index) ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11	47
รูปที่ 4.14 จำนวน cold surge และ strong cold surge ที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) รายปี (ครั้ง) เปรียบเทียบกับ ค่าดัชนี ONI (Oceanic Niño Index) ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ(ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11.....	49
รูปที่ 4.15 จำนวน cold surge และ strong cold surge ที่ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือและมีผลต่อประเทศจีน (eastward) รายปี (ครั้ง) เปรียบเทียบกับ ค่าดัชนี ONI (Oceanic Niño Index) ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ(ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11.....	49
รูปที่ 4.16 จำนวน cold surge และ strong cold surge ที่มีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสอง ดังกล่าว (others) รายปี (ครั้ง) เปรียบเทียบกับ ค่าดัชนี ONI (Oceanic Niño Index) ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ.1980/81-2010/11.....	50
รูปที่ 4.17 จำนวน cold surge และ strong cold surge ทั้งหมดรายเดือน (ครั้ง) ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11	51
รูปที่ 4.18 การแจกแจงความถี่รายเดือนของจำนวนวันที่ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณไซบีเรีย (Siberia) ที่มีค่ามากกว่า 1050 hPa ในรอบ 30 ปี ค.ศ. 1980/81- 2010/11 ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ	Error! Bookmark not defined.
รูปที่ 4.19 จำนวน cold surge และ strong cold surge ที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) รายเดือน (ครั้ง) ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ ในช่วงมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือ (ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11.....	53
รูปที่ 4.20 จำนวน cold surge และ strong cold surge ที่ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือและมีผลต่อประเทศจีน (eastward) รายเดือน (ครั้ง) ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ ในช่วงมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือ (ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11.....	54

รูปที่ 4.21 จำนวน cold surge และ strong cold surge ที่มีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสอง
ดังกล่าว (others) รายเดือน (ครั้ง) ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ ในช่วงมรสุม
ตะวันออกเฉียงเหนือ (ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11..... 54

รูปที่ 4.22 ความถี่ของเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge อายุ 4-5 วัน ในรอบ 30 ปี
(ค.ศ 1980/81-2010/11) ในปี El Niño , La Niña และ ปีปกติ..... 55

รูปที่ 4.23 ความถี่ของเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge ในแต่ละประเภทที่แบ่งตาม
ทิศทางการเคลื่อนที่ อายุ 4-5 วัน ในรอบ 30 ปี (ค.ศ 1980/81-2010/11) ในปี El Niño,
La Niña และ ปีปกติ..... 56

รูปที่ 4.24 ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ย (หน่วย hPa) และ ค่าเบี่ยงเบน
มาตรฐาน ของค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยของเหตุการณ์ cold
surge และ strong cold surge อายุ 4-5 วัน ในรอบ 30 ปี (ค.ศ. 1980/81-2010/11)
ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ.....57

รูปที่ 4.25 ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ย (หน่วย hPa) และ ค่าเบี่ยงเบน
มาตรฐานของค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยของเหตุการณ์ cold
surge และ strong cold surge ในแต่ละประเภทที่แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่อายุ 4-5
วัน ในรอบ 30 ปี (ค.ศ. 1980/81-2010/11) ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ..... 59

รูปที่ 4.26 แผนที่แบบ composite ของ cold surge ที่มีอายุ 4 วัน ในปี El Niño (คอลัมน์ซ้าย) ,ปี
La Niña (คอลัมน์กลาง) และ ปีปกติ (Normal) (คอลัมน์ขวา) เส้นทึบ (เส้นประ) แสดงค่า
anomaly เป็นบวก (ลบ) CI คือ ระยะห่างของเส้นเท่า (contour interval)
แกนสีแดงในแถว (e) คือ trough axis 66

รูปที่ 4.27 แผนที่แบบ composite ของ cold surge ที่มีอายุ 4 วัน ที่ลงทางใต้ (southward)
และมีผลต่อประเทศไทยในปี El Niño (คอลัมน์ซ้าย) ,ปี La Niña (คอลัมน์กลาง) และ ปี
ปกติ (Normal) (คอลัมน์ขวา) เส้นทึบ (เส้นประ) แสดงค่า anomaly เป็นบวก (ลบ) CI คือ
ระยะห่างของเส้นเท่า (contour interval) แกนสีแดงในแถว (e) คือ trough axis..... 68

รูปที่ 4.28 แผนที่แบบ composite ของ cold surge ที่มีอายุ 4 วัน ที่ไปทางตะวันออก (eastward)
และมีผลต่อประเทศจีนในปี El Niño (คอลัมน์ซ้าย) ,ปี La Niña (คอลัมน์กลาง) และ ปี
ปกติ (Normal) (คอลัมน์ขวา) เส้นทึบ (เส้นประ) แสดงค่า anomaly เป็นบวก (ลบ) CI คือ
ระยะห่างระหว่างเส้นเท่า (contour interval) แกนสีแดงในแถว (e) คือ trough axis... 70

- รูปที่ 4.29 แผนที่แบบ composite ของ cold surge ที่มีอายุ 4 วัน ที่มีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่ บริเวณทั้งสองดังกล่าว (others) ในปี El Niño (คอลลัมน์ซ้าย) ,ปี La Niña (คอลลัมน์กลาง) และ ปกติ (Normal) (คอลลัมน์ขวา) เส้นทึบ (เส้นประ) แสดงค่า anomaly เป็นบวก (ลบ) CI คือ ระยะห่างระหว่างเส้นเท่า (contour interval)..... 72
- รูปที่ 4.30 แผนที่แบบ composite ของ strong cold surge ที่มีอายุ 5 วัน ในปี La Niña (คอลลัมน์ซ้าย) และ ปกติ (Normal) (คอลลัมน์ขวา) เส้นทึบ (เส้นประ) แสดงค่า anomaly เป็นบวก (ลบ) CI คือ ระยะห่างระหว่างเส้นเท่า (contour interval) แกนสีแดงในแถว (e) คือ trough axis 74
- รูปที่ 4.31 แผนที่แบบ composite ของ strong cold surge ที่มีอายุ 5 วัน ในปี La Niña ที่ลงมาทางใต้ (คอลลัมน์ซ้าย) , ปกติ (Normal) ที่ลงมาทางใต้ (คอลลัมน์กลาง) ,และปี La Niña ที่ไปทางตะวันออก (คอลลัมน์ขวา) เส้นทึบ (เส้นประ) แสดงค่า anomaly เป็นบวก (ลบ) CI คือ ระยะห่างระหว่างเส้นเท่า (contour interval) แกนสีแดงในแถว (e) คือ trough axis 75
- รูปที่ 4.32 แผนที่ composite ของค่าความผิดปกติจากปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล (sea surface temperature anomaly) ที่มหาสมุทรแปซิฟิกในปี El Niño (คอลลัมน์ซ้าย) และปี La Niña (คอลลัมน์ขวา) เส้นเท่าสีเข้ม (อ่อน) แสดงค่า anomaly เป็นบวก (ลบ)..... 76
- รูปที่ 4.33 แผนที่ composite ของ cold surge อายุ 4 วัน ที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้ ในวันแรกและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ ในช่วง MJO phase 2 และ 3 เส้นเท่าแสดงบริเวณที่มีเมฆฝน ลูกศร แสดงความเร็วและทิศทางลม ระยะห่างระหว่าง contour ของ OLR anomaly คือ 10 w/m^2 โดยค่า OLR anomaly เป็นลบอย่างเดียว..... 86
- รูปที่ 4.34 แผนที่ composite ของ cold surge อายุ 4 วัน ที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้ ในวันแรกและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ ในช่วง MJO phase 4 และ 5 เส้นเท่าแสดงบริเวณที่มีเมฆฝน ลูกศร แสดงความเร็วและทิศทางลม ระยะห่างระหว่าง contour ของ OLR anomaly คือ 10 w/m^2 โดยค่า OLR anomaly เป็นลบอย่างเดียว..... 87
- รูปที่ 4.35 แผนที่ composite ของ cold surge อายุ 4 วัน ที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้ ในวันแรกและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ ในช่วง MJO phase 6 และ 7 เส้นเท่าแสดงบริเวณที่มีเมฆฝน ลูกศรแสดงความเร็วและทิศทางลม ระยะห่างระหว่าง contour ของ OLR anomaly คือ 10 w/m^2 โดยค่า OLR anomaly เป็นลบอย่างเดียว 88

- รูปที่ 4.36 แผนที่ composite ของ cold surge อายุ 4 วันที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้ ในวันแรกและวัน
สิ้นสุดเหตุการณ์ ในช่วง MJO phase 8 และ 1 เส้นเท่าแสดงบริเวณที่มีเมฆฝน ลูกศรแสดง
ความเร็วและทิศทางลม ระยะห่างระหว่าง contour ของ OLR anomaly คือ 10 w/m^2
โดยค่า OLR anomaly เป็นลบอย่างเดียว 90
- รูปที่ 4.37 แผนที่ composite ของ strong cold surge อายุ 5 วันที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้ ในวันแรก
และวันสิ้นสุดเหตุการณ์ ในช่วง MJO phase 8 และ 1 เส้นเท่าแสดงบริเวณที่มีเมฆฝน
ลูกศรแสดงความเร็วและทิศทางลม ระยะห่างระหว่าง contour ของ OLR anomaly
คือ 10 w/m^2 โดยค่า OLR anomaly เป็นลบอย่างเดียว..... 91

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สถิติ จำนวน cold surge ในแต่ละ phase ของ MJO ในเดือนธันวาคม –กุมภาพันธ์ปี ค.ศ. 1980-2001 ที่มา: (Chang et al., 2005).....	14
ตารางที่ 3.1 ดัชนี ONI (Oceanic Niño Index) ที่มา: ("Historical El Niño/ La Nina episodes (1950-present)," 2014).....	21
ตารางที่ 4.1 ปี El Niño, La Niña, Normal โดยใช้เงื่อนไขของดัชนี ONI รายเดือน.....	43
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลรวมและเปอร์เซ็นต์ ผลรวมของ cold surge และ strong cold surge อายุ 1-9 วันรวมกันในแต่ละ phase ของ MJO.....	81
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงจำนวนและ เปอร์เซ็นต์ ของ cold surge อายุ 4 วันและ strong cold surge อายุ 5 วันในแต่ละ phase ของ MJO.....	82
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงจำนวนและเปอร์เซ็นต์ cold surge อายุ 4 วันในแต่ละประเภทในแต่ละ phase ของ MJO.....	82
ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงจำนวนและเปอร์เซ็นต์ของ strong cold surge อายุ 5 วันในแต่ละประเภท ในแต่ละ phase ของ MJO	83

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมทั้งประเทศไทยตั้งอยู่ในซีกโลกเหนือและอยู่ในเขตร้อนของโลก ได้รับอิทธิพลจากระบบลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน และระบบลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวนของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เช่น ปรากฏการณ์ที่ผันแปรรายปี (interannual variability) ได้แก่ ปรากฏการณ์เอนโซ (ENSO, El-Nino Southern Oscillation) และปรากฏการณ์อินเดีย-โอเชียเนียไดโพล (Indian ocean dipole) หรือปรากฏการณ์ที่ผันแปรภายในฤดูกาล (intraseasonal variability) ได้แก่ ปรากฏการณ์ MJO (Madden-Julian Oscillation) ได้มีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย ในทางตรงข้ามยังไม่มีการศึกษาเรื่องความผันแปรของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีปรากฏการณ์ระยะสั้นที่สำคัญคือระลอกอากาศเย็น (cold surge) ซึ่งมีลักษณะเด่นคือ บริเวณความกดอากาศสูงในประเทศจีนและเขตไซบีเรียที่เรียกว่า Siberian high มีกำลังแรงขึ้น ทำให้อุณหภูมิอากาศลดต่ำลงอย่างรวดเร็วที่ประเทศจีนและประเทศไทย และลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือที่มีกำลังแรงขึ้น อีกทั้งยังไม่มีการศึกษาในระดับความรุนแรง ความถี่ ความนานของเหตุการณ์ และพัฒนาการของ cold surge ในประเทศไทยอย่างชัดเจน ตลอดจนความเชื่อมโยงระหว่าง cold surge กับปรากฏการณ์ ENSO และ MJO ซึ่งเป็นความแปรปรวนที่สำคัญในรอบระหว่างปี และภายในฤดูกาลตามลำดับนั้น ยังไม่มีความชัดเจน ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการศึกษาครั้งนี้เพื่ออธิบายรูปแบบและพัฒนาการของ cold surge ในประเทศไทย ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับสภาวะอากาศเย็นในตอนบนและตอนกลางของประเทศ และการเกิดฝนตกหนักในภาคใต้ของประเทศไทยในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือได้ดียิ่งขึ้น

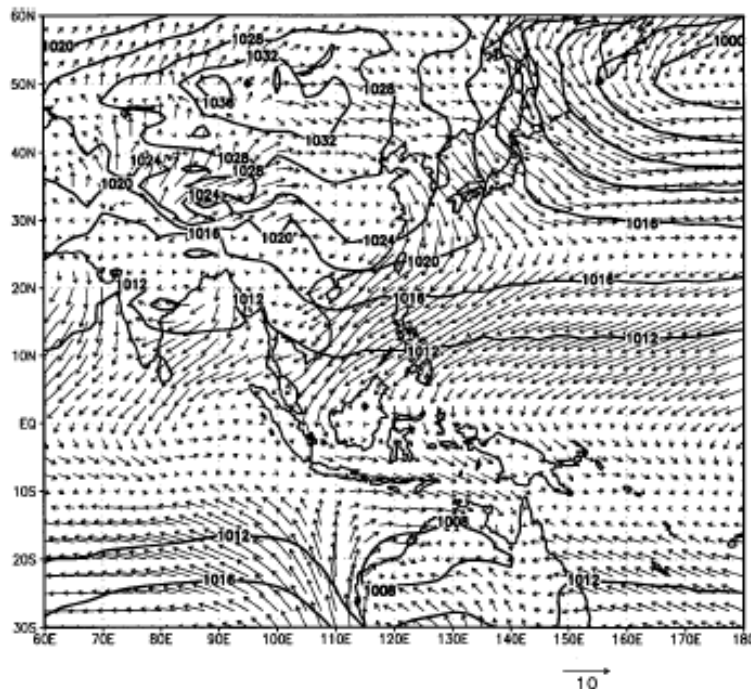
วัตถุประสงค์

1. เพื่อระบุลักษณะความแปรปรวนของระลอกอากาศเย็นในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ
2. เพื่อหาความเชื่อมโยงระหว่างความแปรปรวนของระลอกอากาศเย็นกับปรากฏการณ์ที่ผันแปรรายปี
3. เพื่อหาความเชื่อมโยงระหว่างความแปรปรวนของระลอกอากาศเย็นกับปรากฏการณ์ที่ผันแปรภายในฤดูกาล

บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร

2.1 มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast monsoon) เกิดจากการที่ซีกโลกเหนือซึ่งส่วนใหญ่เป็นทวีปหันออกจากดวงอาทิตย์ และซีกโลกใต้ซึ่งส่วนใหญ่เป็นทะเลหันเข้าหาดวงอาทิตย์ ทำให้ซีกโลกเหนือได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์น้อยกว่าซีกโลกใต้ เกิดความแตกต่างของความร้อนระหว่างแผ่นดินกับทะเล คือเกิดความร้อนที่ทะเลในเขตร้อนและซีกโลกใต้ และความเย็นบนแผ่นดินในซีกโลกเหนือ ทำให้เกิดมวลอากาศเย็นขนาดใหญ่ในซีกโลกเหนือ เรียกว่า Siberian high ที่ไซบีเรีย ซึ่งมีศูนย์กลางอยู่ที่ความกดอากาศที่ 1036 hPa (Zhang, Sperber, & Boyle, 1997) และเกิดหย่อมความกดอากาศต่ำที่ทะเลในซีกโลกใต้ ดังนั้นอากาศร้อนที่เขตร้อนและซีกโลกใต้จึงยกตัวขึ้น และมวลอากาศเย็นจากซีกโลกเหนือจะเข้ามาแทนที่ในเขตร้อน เกิดเป็นลมตะวันออกเฉียงเหนือที่เข้ามาสู่ประเทศไทย (รูปที่ 2.1) ซึ่งมวลอากาศเย็นดังกล่าวจะเข้ามาเป็นระลอกๆ เรียกว่าระลอกอากาศเย็น หรือ cold surge



รูปที่ 2.1 ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง (หน่วย hPa, เส้นเท่า) ที่ทวีปเอเชีย และความเร็วลมที่ระดับ 10 เมตร (หน่วย m/s, ลูกศร) ในช่วงฤดูหนาว (เดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์) ปี ค.ศ. 1979/80 – 1994/95 ที่มา: (Zhang et al., 1997)

2.1.1 นิยามของ cold surge

(Zhang et al., 1997) ได้กำหนดการเริ่มต้นและการสิ้นสุดของ cold surge โดยติดตามความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอุตุนิยมในพื้นที่ 3 บริเวณ ได้แก่ บริเวณตอนใต้ของไซบีเรีย (ละติจูด 47.5° - 52.5° N ลองจิจูด 100° - 105° E) (1) บริเวณตอนกลางของประเทศจีน (ละติจูด 35° - 40° N ลองจิจูด 110° - 115° E) (2) และบริเวณตอนใต้ของประเทศจีน (ละติจูด 22.5° - 27.5° N ลองจิจูด 112.5° - 117.5° N) (3) ตัวแปรอุตุนิยมวิทยาที่ใช้คือ

ก.) ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง (mean sea level pressure) มากกว่า 1035 hPa ในบริเวณที่ (1) ถือเป็นจุดเริ่มต้น และสิ้นสุดเมื่อ Siberian high มีความกดอากาศลดลงน้อยกว่า 1025 hPa ใน 1 วัน

ข.) อุณหภูมิที่ผิวพื้น (ระดับ 2 m จากระดับน้ำทะเล) ลดลงมากกว่า 9° C หรือ 6° C ในบริเวณที่ (2) และ (3) ตามลำดับ ภายใน 1-2 วัน ถือเป็นจุดเริ่มต้น และสิ้นสุดเมื่ออุณหภูมิที่ผิวพื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 50% ของพื้นที่ตะวันออกของจีน (ละติจูด 25° - 50° N ลองจิจูด 102.5° - 117.5° E)

นอกจากนี้ (Zhang et al., 1997) ได้ทำ lag correlation ของตัวแปร 3 ตัว คือ ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล อุณหภูมิที่ผิวพื้น (ความสูง 2 m จากระดับน้ำทะเล) ที่ตอนใต้ของจีน และลมที่ความสูง 10 m ในแนวเหนือใต้ เพื่อติดตามพัฒนาการของ cold surge ในช่วง 4 วันก่อนและหลังการเกิด cold surge ที่ตอนใต้ของจีน (รูปที่ 2.2) พบว่าการเกิด cold surge ในตอนใต้ของประเทศจีนเกิดจากลมเหนือซึ่งจะลงไปทางใต้มากกว่าตัวแปรอื่น ดังนั้นในเขตร้อนจะใช้ลมในแนวเหนือใต้ที่ทะเลจีนใต้ (ละติจูด 10° - 20° N ลองจิจูด 110° - 120° E) เช่นที่เกาะไหหลำ ในการกำหนด cold surge ในเขตร้อนและทะเลจีนใต้ โดยความเร็วลมในแนวเหนือใต้มากที่สุดในแต่ละวันจะต้องมากกว่า 7 m/s

สำหรับการเกิด cold surge ในประเทศไทย (Wongsaming & Exell, 2011) ได้กำหนดตัวแปรที่ทำให้เกิด cold surge ในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา ดังนี้

ก.) เส้นความกดอากาศเท่าที่ 1020 hPa เข้าใกล้ประเทศไทย

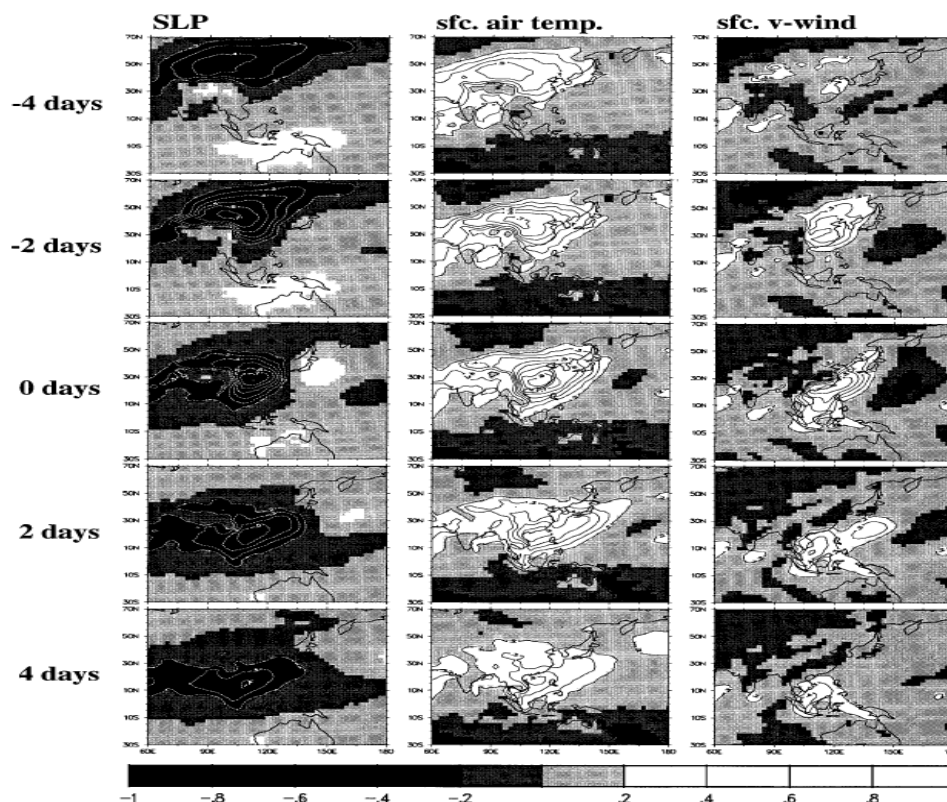
ข.) มีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่สถานีอุดรธานี ภายใน 24 ชั่วโมงดังนี้คือ

- อุณหภูมิลดลงอย่างน้อย 1.6° C สำหรับ cold surge และ 3.0° C สำหรับ strong surge
- อุณหภูมิจุดน้ำค้างลดลงอย่างน้อย 2.1° C สำหรับ cold surge และ 4.1° C สำหรับ strong surge

strong surge

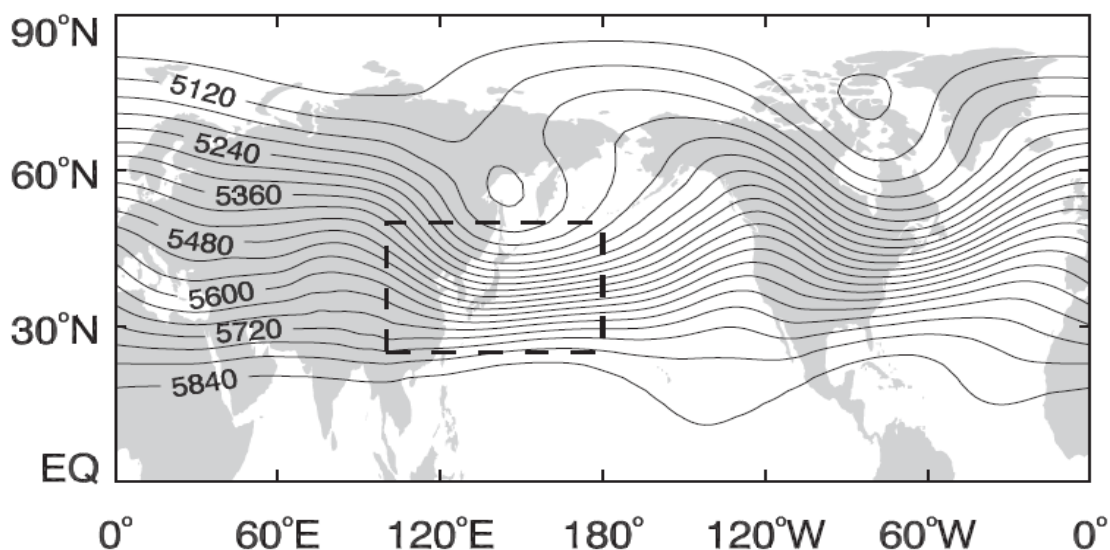
- ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง เพิ่มขึ้นอย่างน้อย 1.8 hPa สำหรับ cold surge และ 4.8 hPa สำหรับ strong surge

- ลมที่ระดับ 850 hPa เพิ่มขึ้นอย่างน้อย 2.6 m/s สำหรับ cold surge และ 2.8 m/s สำหรับ strong surge



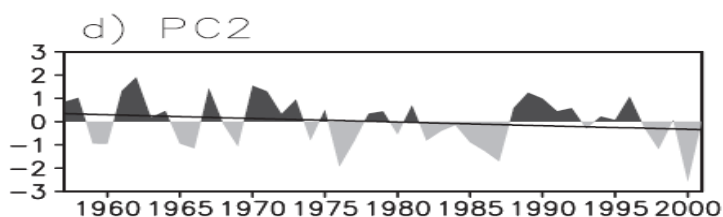
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์แบบ lag (lag-correlation) ของอุณหภูมิที่ผิวพื้นในบริเวณที่ (3) กับ ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล อุณหภูมิที่ผิวพื้น และลมในแนวเหนือใต้ ที่ระดับ 10 m ตั้งแต่กลางเดือน พฤศจิกายน - กลางเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 1979/80 - 1994/95 ที่มา: (Zhang et al., 1997)

แต่ในบางครั้ง cold surge ไม่มีการเคลื่อนที่ลงมาทางใต้และมีผลกระทบต่อประเทศไทย (southward) เหมือนในรูปที่ 2.2 อย่างเดียวเสมอไป โดยในบางครั้งอาจเคลื่อนที่ไปทางตะวันออก และมีผลกับประเทศจีนและญี่ปุ่นด้วย (eastward) โดยตัวแปรที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของ cold surge นอกเหนือจากความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล อุณหภูมิที่ผิวพื้น และลมในแนวเหนือใต้ ยังมีค่าตัวแปรของบรรยากาศในระดับบนที่ 500 hPa คือค่า geopotential height ที่ระดับ 500 hPa ซึ่งแสดงความสูงของชั้นบรรยากาศที่ระดับ 500 hPa ว่าตรงไหนมีความสูงน้อยก็จะเรียกว่า trough ตรงไหนมีความสูงกว่าบริเวณอื่นๆเรียกว่า ridge โดยบริเวณที่มีความสูงน้อยเป็นเหมือนร่องเขาจะมีแกนที่เรียกว่า trough axis ซึ่งบริเวณที่เป็น trough และ trough axis จะพบในบริเวณเขตร้อน และซีกโลก ส่วน ridge จะพบในบริเวณเขตร้อน ดังรูปที่ 2.3

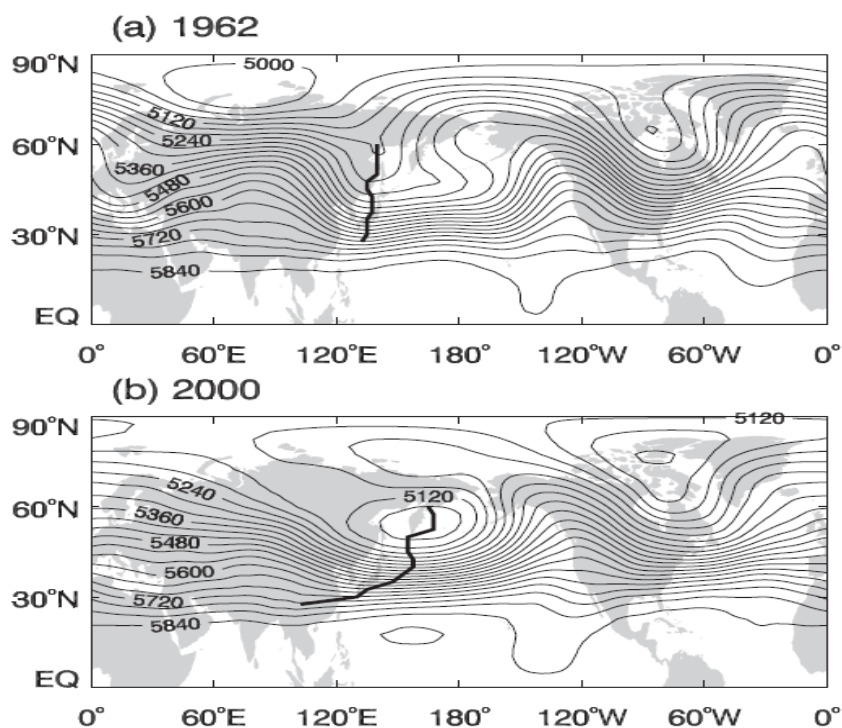


รูปที่ 2.3 ค่า geopotential height เชิงพื้นที่เฉลี่ยในเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 1957-2001 บริเวณที่มีค่าดังกล่าวต่ำเรียกว่า trough บริเวณที่มีค่าดังกล่าวสูงเรียกว่า ridge และเรียกแนวที่เป็นลิมของ trough ที่ลงมาที่เขตร้อนเรียกว่า trough axis ที่มา: (Wang, Chen, Zhou, & Huang, 2009)

(Wang et al., 2009) พบว่าการเอียงและการเคลื่อนตัวของ trough axis ที่ระดับ 500 hPaเหนือประเทศญี่ปุ่นมีผลต่อทิศทางของ cold surge ถ้า trough axis ไม่เอียงหรือเป็นแนวตรง cold surge จะมีทิศทางลงมาทางใต้ แต่ถ้า trough axis เอียงมากในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast)-ตะวันตกเฉียงใต้ (Southwest) cold surge จะมีทิศทางไปทางตะวันออกไปที่ตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก (North Pacific) นอกจากนี้ (Wang et al., 2009) พบว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือของแต่ละปี trough axis มีการเอียงมากหรือน้อยต่างกันไปตามค่าดัชนี TAI (trough axis index) รายปี ถ้าปีไหนมีค่า TAI มากเป็นบวก trough axis จะไม่เอียงหรือเป็นแนวตรง เช่นปี ค.ศ. 1962 แต่ถ้าเป็นลบ trough axis จะเอียงมากในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เช่นปี ค.ศ. 2000 ดังรูปที่ 2.4 และ 2.5

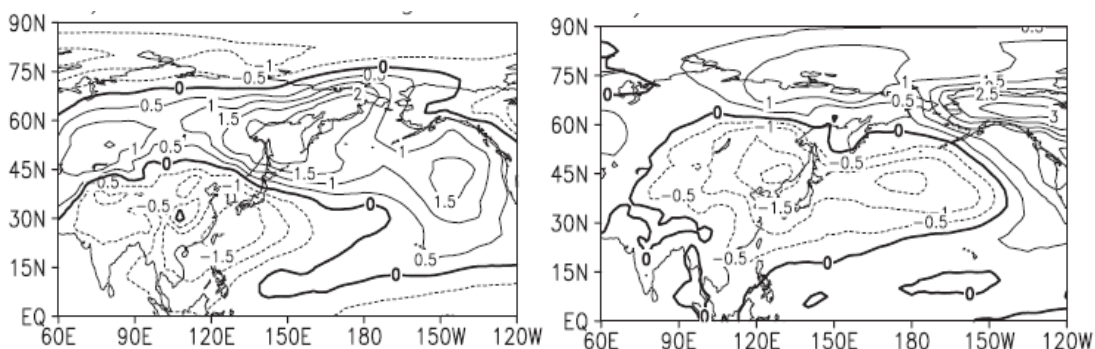


รูปที่ 2.4 ค่าองค์ประกอบหลัก (principle component: PC) ที่ 2 ของ 500-hPa geopotential height แสดงค่าดัชนี TAI รายปี ปี ค.ศ.1960-2000 ที่มา: (Wang et al., 2009)



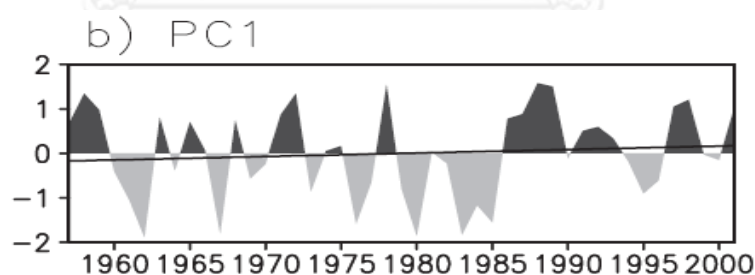
รูปที่ 2.5 (a) ปี ค.ศ.1962 trough axis เป็นแนวตรง cold surge ก็จะไปทางใต้ มีค่า TAI รายปี เป็นบวก (b) ปี ค.ศ.2000 trough axis จะเอียงมากในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ cold surge ก็จะไปทางตะวันออกเฉียงใต้ TAI รายปีเป็นลบ ที่มา: (Wang et al., 2009)

จากการเอียงของ trough axis ที่แตกต่างกันทำให้เกิดผลกระทบต่อค่าอุณหภูมิที่ระดับ 850 hPa ที่ต่างจากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิระดับดังกล่าวในรอบ 45 ปี (เดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ ค.ศ. 1957-2001) ที่ละติจูด 0-90°N ลองจิจูด 60°E -120°W โดยพบว่า ถ้าเป็น strong East Asian Winter Monsoon เมื่อมีค่า TAI เป็นบวก (strong East Asian Winter Monsoon มีทิศลงใต้) จะทำให้ค่าอุณหภูมิที่ระดับ 850 hPa ที่ภาคอีสานของประเทศไทยลดลงมากกว่ากรณีค่า TAI เป็นลบ ในทางตรงข้ามถ้าเป็น strong East Asian Winter Monsoon เมื่อมีค่า TAI เป็นลบ จะทำให้ค่าอุณหภูมิที่ระดับ 850 hPa ลดลงที่เกาหลี ญี่ปุ่น และตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิกมากกว่ากรณีค่า TAI เป็นบวก (Wang et al., 2009) ดังรูปที่ 2.6

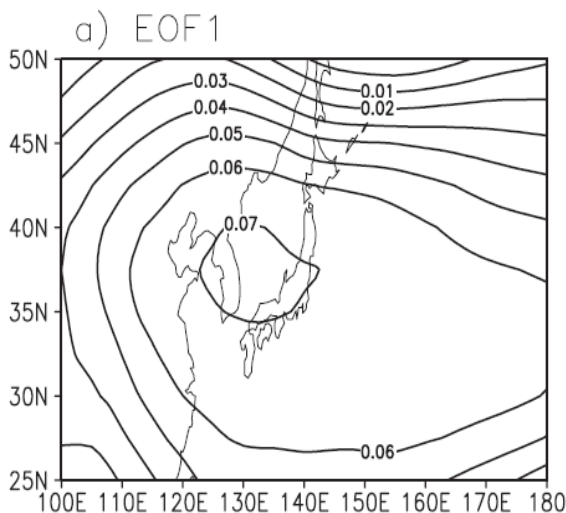


รูปที่ 2.6 ค่าอุณหภูมิที่ระดับ 850 hPa ที่ต่างจากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิระดับดังกล่าวในรอบ 45 ปี (เดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ ค.ศ.1957-2001) (850 hPa air temperature anomaly) ที่ละติจูด 0-90°N ลองจิจูด 60°E -120°W ในกรณีที่เป็น strong East Asian Winter Monsoon เมื่อมีค่า TAI เป็นบวก (รูปซ้าย)และลบ (รูปขวา) ที่มา: (Wang et al., 2009)

นอกจากนี้ค่า geopotential height ที่ระดับ 500 hPa ยังสามารถบอกความแรงของ East Asian Winter Monsoon โดย (Wang et al., 2009) พบว่าค่าองค์ประกอบหลัก (principle component: PC) ที่ 1 ของ geopotential height ที่ระดับ 500 hPa รายปี ปี ค.ศ.1960-2000 บ่งบอกถึงค่าความแรงของ East Asian Winter Monsoon ถ้าปีไหนมีค่าเป็นบวก trough จะมีความลึกมากที่ญี่ปุ่น บ่งบอกว่ามีมวลอากาศเย็น ซึ่งขยายตัวได้น้อยมาก ที่บริเวณดังกล่าว หมายความว่า East Asian Winter Monsoon จะมีความแรงมาก ดังรูปที่ 2.7 และ รูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 ค่าองค์ประกอบหลัก (principle component : PC) ที่ 1 ของ geopotential height ที่ระดับ 500 hPa รายปี ปี ค.ศ.1960-2000 ซึ่งแสดงค่าความแรงของ East Asian winter Monsoon ที่มา: (Wang et al., 2009)

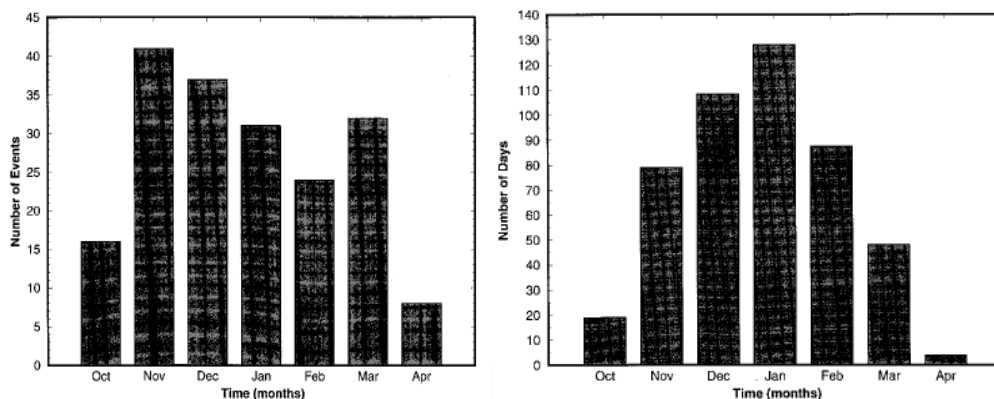


รูปที่ 2.8 ค่าเชิงพื้นที่ของค่าองค์ประกอบหลัก (Empirical Orthogonal Function: EOF) ที่ 1 ของ geopotential height ที่ระดับ 500 hPa รายปี ปี ค.ศ. 1960-2000 ซึ่งแสดงค่าความแรงของ East Asian Winter Monsoon เหนือญี่ปุ่น ถ้ามีค่าเชิงพื้นที่ที่เป็นบวกมากสัมพันธ์กับค่า PC1 (รูปที่ 2.7) ความแรงของ East Asian Winter Monsoon เหนือญี่ปุ่นก็จะมาก ที่มา: (Wang et al., 2009)

2.1.2 ความผันแปรในเชิงเวลาของ Cold surge และ Siberian high

(Zhang et al., 1997) ได้สำรวจจำนวนครั้งของ cold surge ระหว่างปี ค.ศ. 1979-1995 พบว่ามี cold surge เฉลี่ย 13 ครั้งต่อปี และมี strong surge 2 ครั้งต่อปี ซึ่งจะเกิดเมื่อที่ตอนใต้ของประเทศจีนมีอุณหภูมิลดลง 10°C และลมเหนือมากกว่า 4 m/s cold surge แต่ละครั้งจะมีอายุ 5-14 วัน แต่อายุเฉลี่ยประมาณ 7 วัน มีความกดอากาศ 1053 hPa และ strong surge จะมีอายุเฉลี่ย ประมาณ 9 วัน มีความกดอากาศ 1060 hPa ส่วน (Chang, Wang, & Hendon, 2006) พบว่า อายุของ cold surge คือ ประมาณ 8 วัน โดยมีความกดอากาศ 1040 hPa

นอกจากนี้ (Zhang et al., 1997) ได้ศึกษาจำนวนครั้งของ cold surge และ จำนวนวันที่ Siberian high มีความกดอากาศมากกว่า 1050 hPa ในรูปที่ 2.9 พบว่า cold surge เกิดบ่อยครั้งในเดือนพฤศจิกายนและมกราคม ขณะที่ Siberian high จะมีกำลังแรงในเดือนธันวาคมและมกราคม ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน cold surge กับ ความแรงของ Siberian high ขัดแย้งกัน ดังนั้น การที่ Siberian high แรงอาจไม่มีความสัมพันธ์กับความถี่ของ cold surge



รูปที่ 2.9 (ซ้าย) จำนวนครั้งที่เกิด cold surge (ขวา) จำนวนวันที่ความกดอากาศของ Siberian high มากกว่า 1050 hPa ในเดือน ตุลาคม-มีนาคม ปี ค.ศ. 1979/80 – 1994/95 ที่มา: (Zhang et al., 1997)

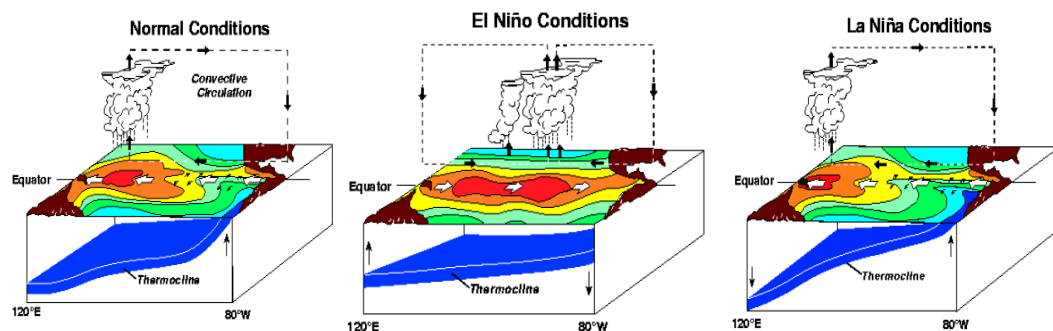
ขณะที่ความผันแปรรายเดือนของ strong surge พบว่ามีจำนวน strong surge ทั้งหมด 26 ครั้งตั้งแต่ปี ค.ศ. 1979 -1995 เกิดในเดือนธันวาคม มกราคม กุมภาพันธ์ รวม 20 ครั้ง เกิดในเดือนพฤศจิกายน 5 ครั้งและมีนาคม 1 ครั้ง แต่ไม่เกิดในเดือนตุลาคมและเมษายน (Zhang et al., 1997) ดังนั้น Siberian high มีความแรงที่มาก ทำให้ความแตกต่างของความกดอากาศที่ไซบีเรียและเขตร้อนในแนวเหนือ-ใต้ มีมาก ทำให้เกิดมวลอากาศเย็นในช่วงกลางฤดูหนาวและเข้ามาในเขตร้อนได้ ความแรงของ Siberian high จึงมีผลต่อ strong surge ในเขตร้อน

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวนของระลอกอากาศเย็นในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

2.2.1 ปรากฏการณ์ที่ผันแปรรายปี : ปรากฏการณ์เอนโซ (ENSO, El Niño-Southern Oscillation)

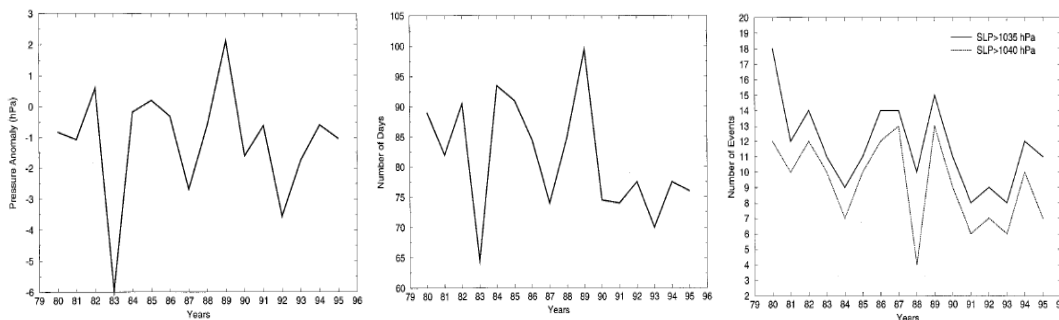
ปรากฏการณ์เอนโซ (ENSO, El Niño-Southern Oscillation) เกิดจากความผิดปกติของความเร็วของลมสินค้าซึ่งเป็นลมที่พัดจากตะวันออกไปตะวันตกบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรของมหาสมุทรแปซิฟิก ในภาวะปกติลมสินค้าจะพัดมวลน้ำร้อนที่เส้นศูนย์สูตร ให้ไปอยู่ฝั่งตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิก ทำให้ฝั่งตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอากาศร้อน เกิดการยกตัวของเมฆฝนและลมที่ระดับบนจะกลายเป็นลมตะวันตกและจมตัวที่ฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิก เกิดเป็นวงจรของลมในแนวตะวันออก-ตะวันตก เรียกว่า Walker Circulation ถ้าปีใดมีความเร็วของลมสินค้าที่อ่อนกว่าปกติ มวลน้ำร้อนที่เส้นศูนย์สูตรจะค่อนไปทางด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิก และไม่เกิดปรากฏการณ์น้ำผุด (upwelling) ที่ฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิก ทำให้ฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอากาศอุ่นขึ้นกว่าปกติ ประกอบกับมีความกดอากาศต่ำ และฝั่งตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอากาศแห้งแล้ง ประกอบกับมีความกดอากาศสูงเรียกว่า El Niño ถ้าปีใดมีความเร็วของลมสินค้าที่แรงกว่าปกติ มวลน้ำร้อนที่เส้นศูนย์สูตรจะเคลื่อนไปทางตะวันตกของแปซิฟิกมากกว่าปกติ และเกิดปรากฏการณ์น้ำผุดที่ฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิก จนมีน้ำ

เย็นจากน้ำลึกขึ้นมาที่บริเวณตอนกลางและตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกมาก ทำให้ฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอากาศแห้งแล้งกว่าปกติ ประกอบกับมีความกดอากาศสูง และฝั่งตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอากาศชุ่มชื้น ฝนตกหนักมาก ประกอบกับมีความกดอากาศต่ำ เรียกว่า La Niña (McPhaden, 2004) ดังรูปที่ 2.10



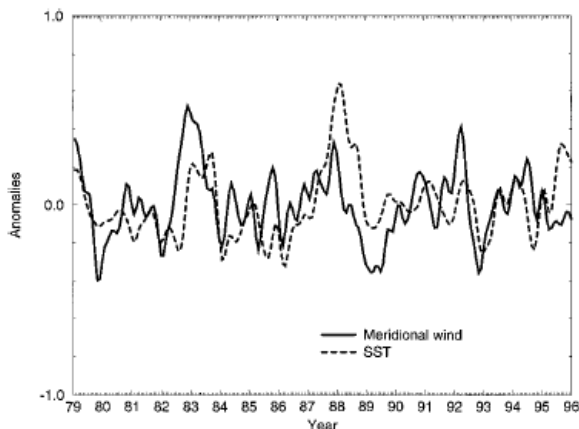
รูปที่ 2.10 Walker Circulation (ซ้าย) ภาวะปกติ (กลาง) El Niño (ขวา) La Niña ที่มา: (McPhaden, 2004)

(Zhang et al., 1997) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า SOI (Southern Oscillation Index) ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างของความกดอากาศที่บริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกฝั่งตะวันออก (เกาะ Tahiti) กับมหาสมุทรแปซิฟิกฝั่งตะวันตก (เมือง Darwin) ระหว่างปี ค.ศ. 1979-1995 กับความถี่ของ cold surge ในทะเลจีนใต้ โดยใช้ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ และจำนวนวันที่เกิด cold surge โดยใช้ความกดอากาศที่ผิวพื้นที่ 1035 และ 1040 hPa พบว่าค่า SOI สัมพันธ์กับลมในแนวเหนือใต้ที่ทะเลจีนใต้ด้วย สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.32 คือ ถ้าปีใดมีค่า SOI เป็นบวก (La Niña) ปีนั้นจะเกิด cold surge บ่อยครั้ง ขณะที่ค่า SOI เป็นลบ (El Niño) จะเกิด cold surge ไม่บ่อย แต่จะล่าช้า (lag) ประมาณ 1-1.5 ปี หรือ ผลกระทบจะเกิดในปีหรือฤดูถัดไป (รูปที่ 2.11) นอกจากนี้ค่า SOI ยังสัมพันธ์กับจำนวนวันที่ความกดอากาศของ Siberian high มากกว่า 1050 hPa ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.62 คือปีใดมีค่า SOI เป็นบวก จำนวนวันที่มีความกดอากาศมากกว่า 1050 hPa ของปีนั้นจะมีมากขึ้น และเป็นไปทางตรงข้ามเมื่อค่า SOI เป็นลบ



รูปที่ 2.11 (ซ้าย) ค่าดัชนี SOI รายปี (เฉลี่ยในเดือนพฤศจิกายน-มีนาคม) ปี ค.ศ. 1979-1995 (กลาง) ความถี่ของ cold surge โดยใช้จำนวนวันที่ความเร็วของลมฝ่ายเหนือสูงสุดมากกว่า 7 m/s ที่ทะเลจีนใต้ (10-20°N, 110-120°E) (ขวา) ความถี่ของ cold surge โดยใช้จำนวนเหตุการณ์ที่ความกดอากาศที่ไซบีเรียมากกว่า 1035 และ 1040 hPa ที่มา: (Zhang et al., 1997)

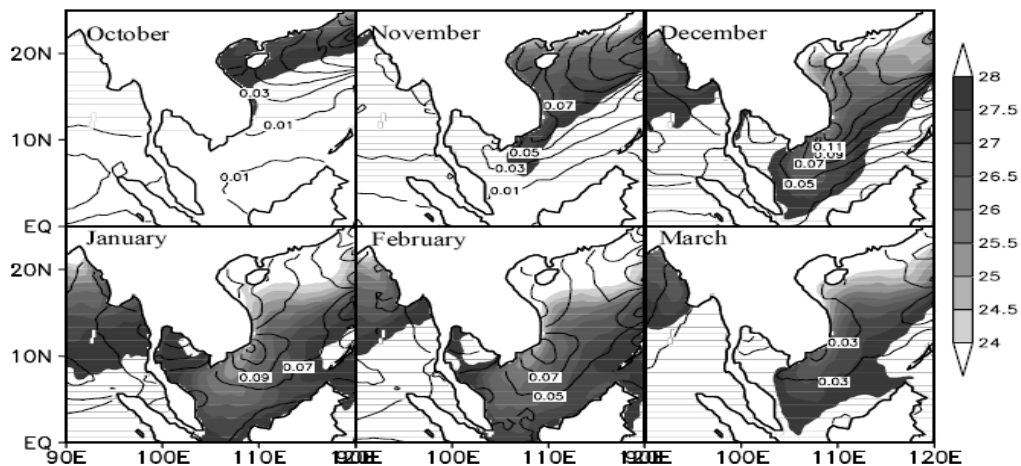
นอกจากนี้ Zhang et al. (1997) ยังพบว่า ค่าความเร็วลมในแนวเหนือใต้ที่ต่างจากค่าเฉลี่ยในระยะยาว (meridional wind anomaly) ที่บ่งบอกถึงความแรงของ cold surge มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่ต่างจากค่าเฉลี่ยในระยะยาว (SST anomaly) ที่ทะเลจีนใต้ โดยมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.43 คือ ถ้าเกิดลมฝ่ายเหนือ อุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่ทะเลจีนใต้จะลดลงด้วย และเกิดลักษณะตรงข้ามถ้าเกิดลมฝ่ายใต้ แต่จะล่าช้า 1-5 เดือน ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ที่ต่างจากค่าเฉลี่ยในระยะยาว (meridional wind anomaly, m/s) และอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่ต่างจากค่าเฉลี่ยในระยะยาว (SST anomaly, °C) ในทะเลจีนใต้ (5°S-25°N, 100°-130°E) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1979-1995 ที่มา: (Zhang et al., 1997)

(Varikoden, Samah, & Babu, 2010) พบว่าบริเวณที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลต่ำในทะเลจีนใต้ ซึ่งเรียกว่า cold tongue จะเคลื่อนที่ลงใต้ ติดต่อกันตั้งแต่เดือน ตุลาคม-มีนาคมและทำให้เกิดลมตะวันออกเฉียงเหนือและฝนตกที่เกาะบอร์เนียวและเกาะสุมาตรา โดย cold tongue สามารถบ่งบอกพัฒนาการของ cold surge ได้ คือในช่วงเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์จะเป็นช่วงที่

อุณหภูมิน้ำทะเลที่ 24°C หรือ ต่ำกว่าสามารถลงมาทางใต้ที่ทะเลจีนใต้ได้มากที่สุด ซึ่งสัมพันธ์กับลมที่มาจากทิศเหนือและมวลอากาศเย็นเนื่องจากปรากฏการณ์ cold surge ซึ่งจะลงมาทางใต้ได้มากที่สุดในเดือนดังกล่าวเช่นกัน ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยในเดือนตุลาคม – มีนาคมปี ค.ศ. 2000-2008 ที่ทะเลจีนใต้ ($^{\circ}\text{C}$, แรเงา) และ wind stress (N/m^2 , เส้น contour หรือ เส้นเท่า) ที่มา: (Varikoden et al., 2010)

2.2.2 ปรากฏการณ์ที่ผันแปรภายในฤดูกลาง: ปรากฏการณ์ MJO(Madden-Julian Oscillation)

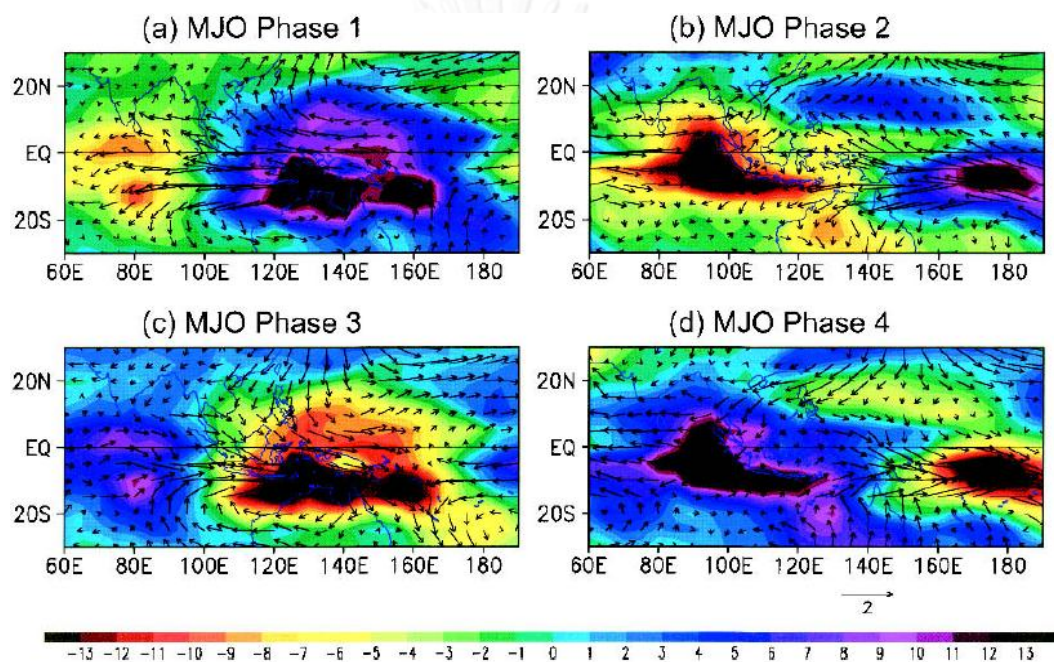
MJO (Madden-Julian Oscillation) เป็นปรากฏการณ์ที่แปรผันภายในฤดูกลางในรอบ 30-90 วันในเขตร้อน ประกอบด้วยการไหลเวียนของลมในระดับ 850 hPa และที่ระดับ 200 hPa และการก่อตัวของเมฆ (convection) เรียกว่า active phase (wet phase) และบริเวณที่ไม่มีการก่อตัวของเมฆเรียกว่า inactive phase (dry phase) มักเกิดขึ้นที่ฝั่งตะวันตกของมหาสมุทรอินเดีย จนถึงฝั่งตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกในเขตร้อน (Madden & Julian, 1972) ซึ่ง (Chang, Harr, & Chen, 2005) ได้แบ่งพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ออกเป็น phase 1-4 (รูปที่ 2.14) ดังนี้

MJO phase 1 บริเวณที่มีการก่อตัวของเมฆอยู่ที่มหาสมุทรอินเดีย และบริเวณที่ไม่มีการก่อตัวจะอยู่ที่หมู่เกาะอินโดนีเซีย (maritime continent) และตอนเหนือของออสเตรเลีย ลมตะวันออกและลมใต้ปกคลุมเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในระหว่างเดือนธันวาคม – กุมภาพันธ์ปี ค.ศ. 1980-2001 มีจำนวน 148 ครั้ง

MJO phase 2 บริเวณที่มีการก่อตัวของเมฆเคลื่อนตัวไปทางตะวันออกไปอยู่ที่ตะวันตกของหมู่เกาะอินโดนีเซีย บริเวณที่ไม่มีการก่อตัวจะอยู่ที่ตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิก ลมตะวันตกและลมตะวันตกเฉียงใต้ปกคลุมเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีจำนวน 163 ครั้ง

MJO phase 3 บริเวณที่มีการก่อตัวของเมฆเคลื่อนตัวไปทางตะวันออกไปอยู่ที่หมู่เกาะอินโดนีเซีย บริเวณที่ไม่มีการก่อตัวเริ่มปรากฏที่มหาสมุทรอินเดีย ลมเหนือและลมตะวันตกปกคลุมเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีจำนวน 157 ครั้ง

MJO phase 4 บริเวณที่มีการก่อตัวของเมฆเคลื่อนตัวไปทางตะวันออกไปอยู่ที่ตอนกลางของมหาสมุทรแปซิฟิกที่เส้นแบ่งวัน (ละติจูด 180°) บริเวณที่ไม่มีการก่อตัวของเมฆเคลื่อนไปทางตะวันออกไปอยู่ที่หมู่เกาะอินโดนีเซีย ลมตะวันออกเฉียงเหนือและลมตะวันตกปกคลุมเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีจำนวน 124 ครั้ง



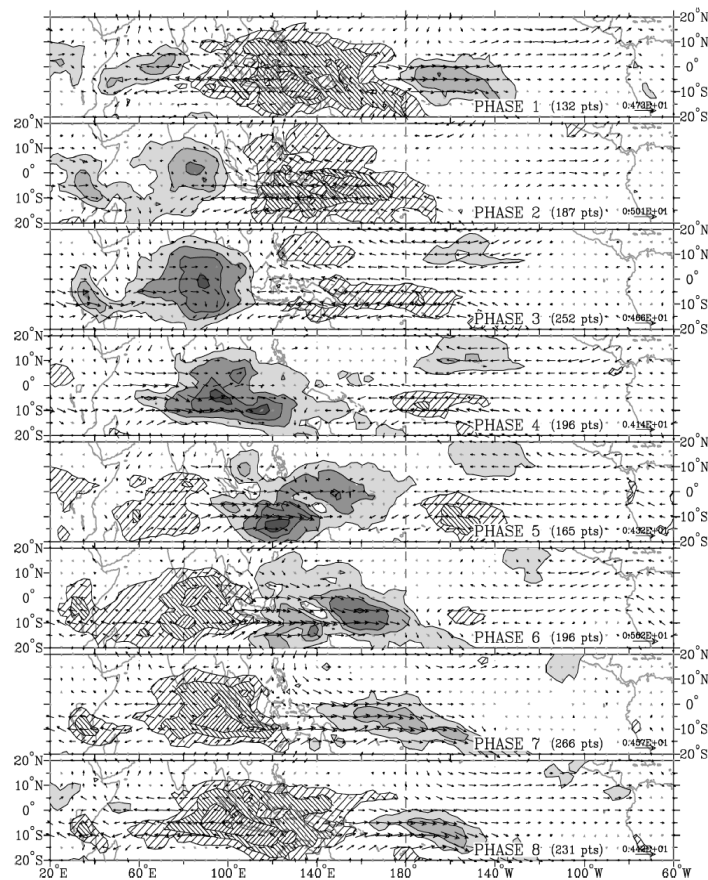
รูปที่ 2.14 MJO phase 1-4 ในเดือนธันวาคม - กุมภาพันธ์ ค.ศ. 1980 -2001 สีคือค่า Outgoing Longwave Radiation anomaly (W/m^2) ลูกศรคือทิศทางและความเร็วลมที่ระดับ 850 hPa (m/s) ที่มา: (Chang et al., 2005)

และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง phase ของ MJO กับความถี่ของการเกิด cold surge พบว่า cold surge จะเกิดมากที่สุดในช่วง weak MJO และเกิดในช่วง phase 3, 4 มากกว่า 1, 2 ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สถิติ จำนวน cold surge ในแต่ละ phase ของ MJO ในเดือนธันวาคม –กุมภาพันธ์ปี ค.ศ. 1980-2001 ที่มา: (Chang et al., 2005)

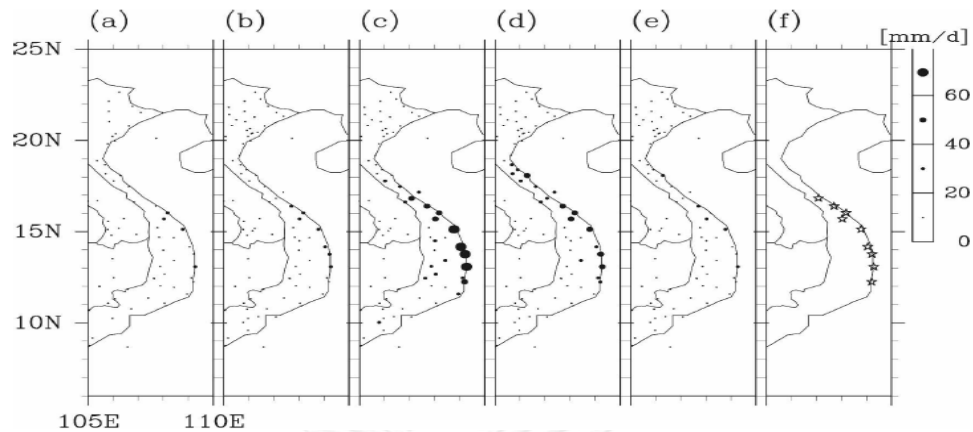
The number of surge cases with respect to the MJO and the phase of the MJO				
	Weak MJO days	MJO days	MJO phase 1-2	MJO phase 3-4
No.of no-surge days	845	670	381	289
No.of surge days	242	138	56	82
% of surge days	29%	21%	15%	28%

ในขณะที่ (Wheeler & Hendon, 2004) ได้แบ่งพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ออกเป็น phase1-8 โดยใช้ค่า wind anomaly และ OLR anomaly ในเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 1979-2001 เพื่อหาค่าดัชนี RMM1 และ RMM2 ซึ่งเป็นดัชนีบ่งบอกปรากฏการณ์ MJO ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในบทที่ 3 ซึ่งค่า OLR (outgoing longwave radiation) มีหน่วยเป็น w/m^2 บ่งบอกถึงการแผ่รังสีคลื่นยาว (infrared) ที่แผ่ออกมาจากผิวโลก ถ้ามีค่า OLR น้อยแสดงว่า รังสีคลื่นยาวที่แผ่มาจากผิวโลกที่วัดได้จะมีค่าน้อย อันเนื่องมาจากถูกกลุ่มเมฆฝนบดบัง ซึ่งกลุ่มเมฆฝนซึ่งอยู่ที่อากาศระดับบนจะมีอุณหภูมิที่ผิวน้อยกว่าที่ผิวโลกทำให้วัดค่ารังสีดังกล่าวได้น้อย แต่ถ้ามีค่า OLR มาก รังสีคลื่นยาวที่แผ่มาจากผิวโลกที่วัดได้จะมีค่ามาก อันเนื่องมาจากไม่มีกลุ่มเมฆฝนบดบังและอุณหภูมิที่ผิวมีค่ามากกว่าอากาศระดับบน จึงวัดค่า OLR ได้มาก จากการศึกษาพบว่าบริเวณกลุ่มเมฆฝนหรือ บริเวณที่มีค่า OLR anomaly ติดลบ จะเคลื่อนที่ไปทางตะวันออก จากตะวันตกของมหาสมุทรอินเดีย ไปที่ตอนกลางของมหาสมุทรแปซิฟิกหรือที่เส้นแบ่งวัน (ลองจิจูด $180^\circ W$) ดังรูปที่ 2.15

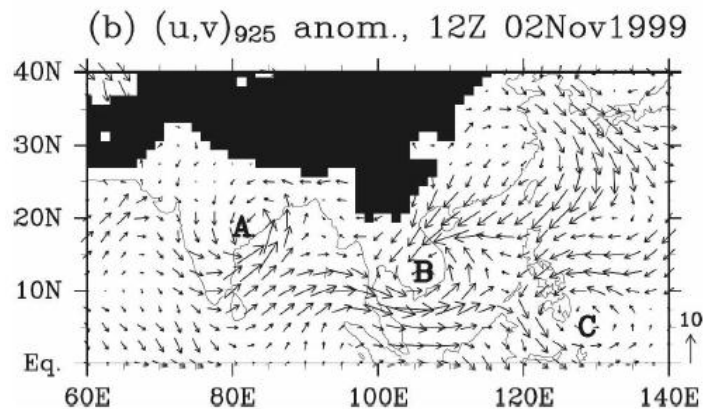


รูปที่ 2.15 แผนที่ composite ของ MJO phase 1-8 ในเดือน ธันวาคม ถึง เดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 1979-2001 โดยดูจากค่า wind anomaly และ OLR anomaly บริเวณแรกคือ ค่า OLR anomaly น้อยกว่า -7.5 , -15 , -22.5 , และ -30 W/m^2 บริเวณลาดคือ ค่า OLR anomaly มากกว่า 7.5 , 15 , 22.5 W/m^2 ตามลำดับ ที่มา: (Wheeler & Hendon, 2004)

(Yokoi & Matsumoto, 2008) ได้ศึกษาอิทธิพลของ MJO ต่อ cold surge ทำให้เกิดพายุดีเปรสชันและการเกิดฝนตกหนักรุนแรงในตอนกลางของประเทศเวียดนาม ในวันที่ 2-3 พฤศจิกายน ค.ศ.1999 พบว่าเกิดจาก cold surge ประกอบกับลมใต้ มากกว่า cold surge ที่มีลมเหนือ หรือ cold surge อย่างเดียว (รูปที่ 2.16) โดยที่ลมใต้ เกิดจากพายุดีเปรสชัน ตรงจุด B ซึ่งกำเนิดมาจากพายุดีเปรสชันตรงจุด C ในขณะเดียวกันตรงจุด B ก็เคลื่อนที่ไปตะวันตกไปที่จุด A ด้วย ดังรูปที่ 2.17 พายุดีเปรสชัน 3 ลูกนี้จะเคลื่อนที่ไปยังตะวันตกเสมอ จึงทำให้ตอนกลางของประเทศเวียดนามประสบกับลมใต้และ cold surge เป็นระลอก แสดงถึงคลื่น Rossby wave นอกเขต tropic (off-equatorial rossby wave) ซึ่งสัมพันธ์กับการไหลเวียนของลมและค่า OLR ในบริเวณ active phase ในระดับ large-scale ของปรากฏการณ์ MJO



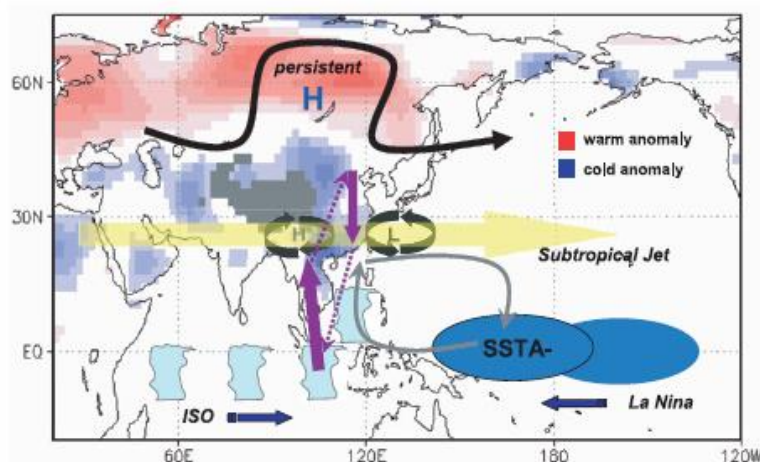
รูปที่ 2.16 ปริมาณฝนต่อวัน (mm/d) ในกรณี (a) cold surge ประกอบกับลมเหนือ (b) cold surge อย่างเดียว (c) cold surge ประกอบกับลมใต้ (d) มีลมใต้อย่างเดียว (e) ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนต่อวันในช่วงตุลาคม-พฤศจิกายนของปี ค.ศ.1979-2002 (f) สถานีอุตุนิยมวิทยาที่ใช้เทียบปริมาณฝนในรูป (a)-(e) ที่มา: (Yokoi & Matsumoto, 2008)



รูปที่ 2.17 ค่าความเร็วลมที่ต่างจากค่าเฉลี่ยในระยะยาว (wind anomaly) ที่ระดับ 925 hPa ที่มา: (Yokoi & Matsumoto, 2008)

2.2.3 อิทธิพลร่วมของปรากฏการณ์ ENSO และปรากฏการณ์ MJO

(Hong & Li, 2009) ได้ทำการศึกษาเหตุการณ์ที่ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ประสบกับภาวะ cold surge และอากาศหนาวเป็นระยะเวลา นานมากกว่าปกติเป็นเดือน ในเดือนกุมภาพันธ์ ค.ศ. 2008 พบว่าเกิดจาก active phase ของ MJO ผ่าน Maritime continent ในช่วงเดียวกับการเกิด La Niña ทำให้การเกิด convection ในเขตร้อนและซีกโลกใต้มีมากขึ้น ทำให้ดึงมวลอากาศเย็นเข้ามาแทนที่ได้เร็วขึ้น เพราะ Walker Circulation ของ La Niña กับ active phase ของ MJO ดังรูปที่ 2.18

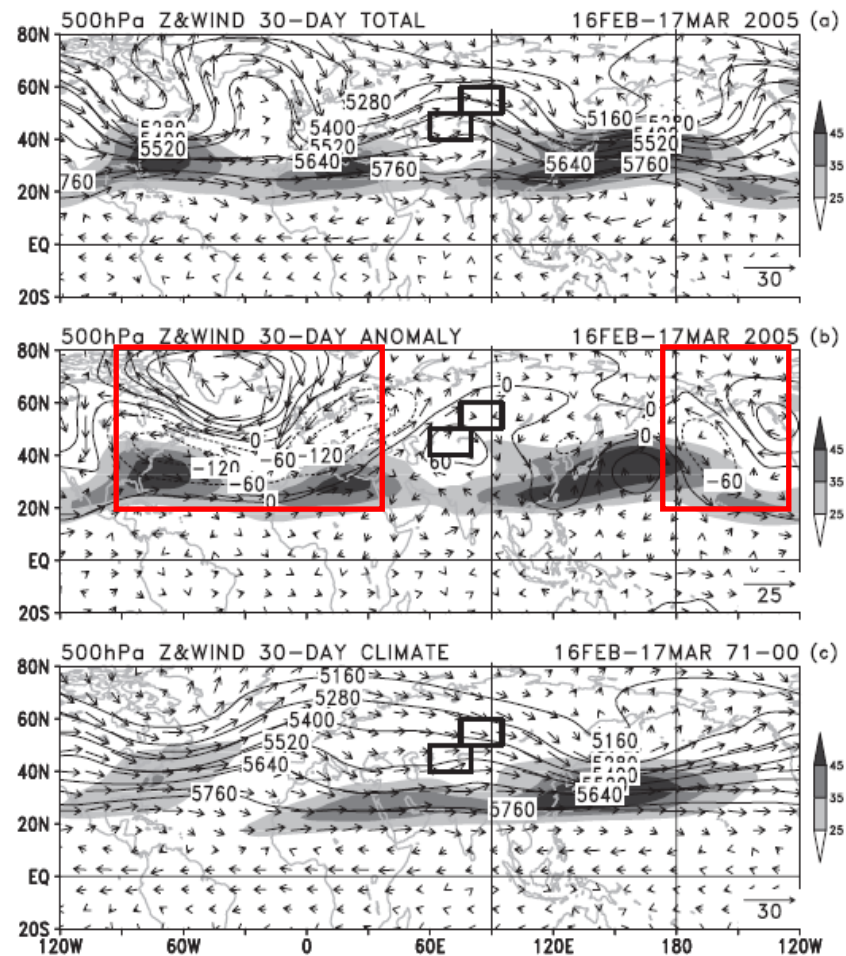


รูปที่ 2.18 สาเหตุการเกิด extreme cold event ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ.2008 คือการเกิด convection เนื่องจาก wet phase ของ MJO ร่วมกับ Walker Circulation จาก La Niña ที่เคลื่อนที่มาทางตะวันตก ที่มา: (Hong & Li, 2009)

จากการทบทวนเอกสารพบว่ายังมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง cold surge กับปรากฏการณ์ ENSO และปรากฏการณ์ MJO ในประเทศไทยค่อนข้างน้อย จึงเป็นประเด็นที่ควรศึกษาต่อไป

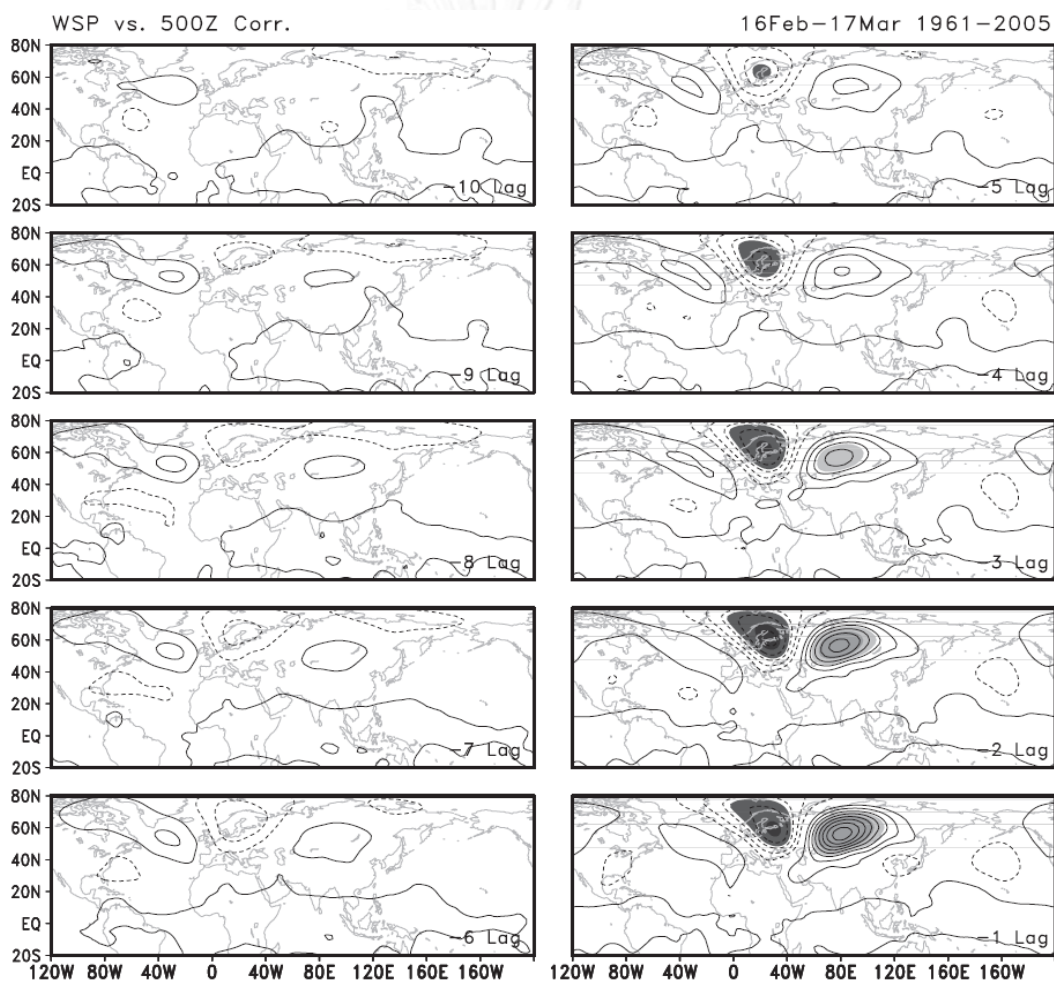
2.2.4 อิทธิพลจากปรากฏการณ์ในเขตหนาว (high latitude) ต่อ cold surge

(Lu & Chang, 2009) พบเหตุการณ์ strong cold surge ในช่วงปลายฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือโดยพบเหตุการณ์ดังกล่าวถึง 3 ครั้งในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์-กลางเดือนมีนาคม ค.ศ. 2005 สาเหตุของเหตุการณ์ดังกล่าวนี้เกิดจากปรากฏการณ์ Atlantic Blocking ที่ตอนเหนือของมหาสมุทรแอตแลนติก และ Pacific Blocking ที่ Alaska ซึ่ง ปรากฏการณ์ Atlantic Blocking คือการที่มี High Pressure anomaly และค่า Geopotential height anomaly ที่ 500 hPa มีค่าสูงและเป็นบวก ที่บริเวณตอนเหนือของมหาสมุทรแอตแลนติก (กรอบสีแดงซ้ายรูป 2.19 (b)) ซึ่งถูกคั่นด้วย Low Pressure anomaly และค่า Geopotential height anomaly ที่ 500 hPa ที่มีค่าต่ำและเป็นลบซึ่งอยู่ทางใต้ ขณะที่ Pacific Blocking เกิดเหมือนกับ Atlantic Blocking แต่ครอบคลุมที่ Alaska (กรอบสีแดงขวารูป 2.19 (b))



รูปที่ 2.19 (a) ค่า geopotential height และทิศทางลมที่ 500 hPa ที่ ละติจูด 80°N - 20°S ลองจิจูด 120°W - 120°W (b) ค่าต่างจากค่าเฉลี่ย (anomaly) ของ 2 ตัวแปรดังกล่าวในรอบ 30 ปี (ค.ศ. 1971-2000) ในวันที่ 16 กุมภาพันธ์ ถึง 17 มีนาคม ค.ศ. 2005 (เส้นประคือ ค่า anomaly ที่เป็นลบ และ เส้นทึบคือ ค่า anomaly ที่เป็นบวก) (c) ค่าเฉลี่ย 30 ปี (ค.ศ. 1971-2000) ของ 2 ตัวแปรดังกล่าว วันที่ 16 กุมภาพันธ์ ถึง 17 มีนาคม สีคือขนาดความเร็วของลมในแนวราบ (u หน่วย m/s) ซึ่งแสดงถึง jet stream ในแต่ละบริเวณ ที่มา: (Lu & Chang, 2009)

โดยเหตุการณ์ strong cold surge เกิดเนื่องจาก Siberian High ที่สูงขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกของ Atlantic Blocking ทำให้เกิด trough ที่บริเวณทวีปยุโรปมากขึ้น ขณะเดียวกัน มีการเคลื่อนที่ไปทางตะวันตกของ Pacific Blocking ทำให้เกิด trough ที่บริเวณญี่ปุ่นมากขึ้นเช่นกัน การเพิ่มขึ้นของ trough ที่ 2 บริเวณทำให้เกิด ridge ที่บริเวณตะวันออกกลางซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของ Siberian High ทำให้เกิดการพัฒนารของ Siberian High ที่มากขึ้นที่ตะวันออกกลาง ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 พัฒนาการของ ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างค่า Siberian High ที่บริเวณ WSP West Siberian Plain (ละติจูด 50° - 60° N ลองจิจูด 75° - 95° E) กับ ค่า geopotential height ที่ 500 hPa ในแต่ละบริเวณ (ละติจูด 80° N- 20° S ลองจิจูด 120° W- 120° W) ตั้งแต่ 10 วันก่อนที่จะเกิด strong cold surge (-10 lag) จนถึงวันก่อนที่จะเกิด strong cold surge (-1 lag) ในช่วง 16 กุมภาพันธ์-17 มีนาคม ค.ศ. 1961-2005 เส้นสีทึบคือ ความสัมพันธ์ไปในทางบวก (Positive Correlation) และ เส้นประคือ ความสัมพันธ์ไปในทางลบ (Negative Correlation) สีแรเงาคือ ความสัมพันธ์ในระดับความเชื่อมั่น 95% ที่มา: (Lu & Chang, 2009)

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

3.1. ชุดข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 ชุดข้อมูลตัวแปรอุตุนิยมวิทยา NCEP/NCAR reanalysis (Kalnay et al., 1996)

เป็นข้อมูลแบบกริด (grid) ขนาด $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ รายวัน ในเดือนตุลาคมถึงเมษายนปี ค.ศ.1980/81-2010/11 ที่เวลา 0 UTC ประกอบด้วย

- ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง (mean sea level pressure: ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง) (hPa)
- อุณหภูมิอากาศที่ระดับใกล้ผิวพื้น (surface temperature: T) ($^{\circ}\text{C}$) ที่ระดับใกล้ผิว (near surface) หรือ sigma level ที่ระดับ 0.995 เทียบเท่าระดับความสูง 42 เมตร
- ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ (meridional wind: V) (m/s) ที่ระดับใกล้ผิวพื้น (near surface) หรือ sigma level ที่ระดับ 0.995 เทียบเท่าระดับความสูง 42 เมตร
- ความเร็วของลมในแนวเหนือใต้ (meridional wind: V) (m/s) ที่ sigma level ที่ระดับ 0.995 เทียบเท่าระดับความสูง 42 เมตร และระดับ 850 hPa
- ความเร็วของลมในแนวตะวันออกตะวันตก (zonal wind: U) (m/s) ที่ sigma level ที่ระดับ 0.995 เทียบเท่าระดับความสูง 42 เมตร และระดับ 850 hPa
- ค่า geopotential height (หน่วยเป็น geopotential metres: gpm) ที่ระดับ 500 hPa

3.1.2 ชุดข้อมูล Outgoing Longwave Radiation (OLR) จากการตรวจวัดด้วยดาวเทียม NOAA (Liebmann & Smith, 1996)

เป็นข้อมูลแบบกริด (grid) ขนาด $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ รายเดือน ในเดือนตุลาคมถึงเมษายนปี ค.ศ. 1980/81-2010/11 ซึ่งค่า outgoing longwave radiation (OLR) (w/m^2) บอกลถึงการแผ่คลื่นยาว infrared จากผิวโลก ถ้ามีค่าสูง แสดงว่าคลื่นยาว infrared มีที่มาจากผิวโลก ถ้ามีค่าต่ำแสดงว่าคลื่นยาว Infrared แผ่มาจากยอดเมฆแสดงว่าเกิดการกักตัวของเมฆ

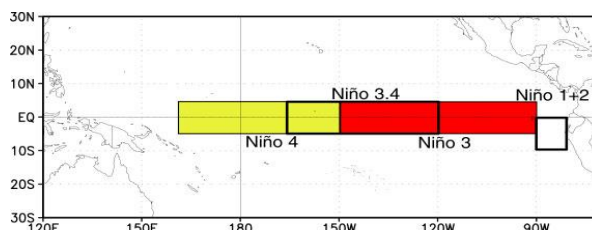
3.1.3 ชุดข้อมูล NOAA Optimum Interpolation Sea Surface Temperature version 2 (Reynolds, Rayner, Smith, Stokes, & Wang, 2002)

เป็นข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ($^{\circ}\text{C}$) แบบกริด (grid) ขนาด $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ รายเดือน ในเดือนตุลาคมถึงเมษายนปี ค.ศ. 1980/81-2010/11

3.1.4 ดัชนีบ่งบอกปรากฏการณ์ ENSO

เป็นดัชนีรายเดือนในเดือนตุลาคมถึงเมษายนปี ค.ศ.1980/81-2010/11 ได้มาจาก Climate Prediction Center

- **ดัชนี Niño 3.4 SST** ครอบคลุมพื้นที่ลองจิจูด 120°W-170°W ละติจูด 5°S- 5°N หรือ บริเวณ Niño 3.4 ดังรูปที่ 3.1 ("Niño 3.4 SST indices (1982-present)," 2014)



รูปที่ 3.1 พื้นที่ที่ใช้ในการคำนวณดัชนีอุณหภูมิผิวน้ำทะเล Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4, Niño 4 ที่มา: (McPhaden, 2004)

- **ดัชนี SOI (Southern Oscillation Index)** คือค่าความแตกต่างของความกดอากาศที่ Tahiti และ Darwin (hPa) ถ้าเป็นบวกแสดงว่าปีนั้นเป็น ปี La Niña ถ้าเป็นลบแสดงว่าปีนั้นเป็นปี El Niño ("SOI indices (1951-present)," 2014)

- **ดัชนี ONI (Oceanic Niño Index)** เกิดจากการนำค่า Niño 3.4 SST รายเดือน มาลบกับค่าเฉลี่ยของ Niño 3.4 SST ในรอบ 30 ปี (ปี ค.ศ. 1976-2005 และ ปี ค.ศ. 1980-2010) จะกลายเป็นค่า Niño 3.4 SST anomaly รายเดือน ตั้งแต่เดือน ตุลาคม-เมษายน ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11 จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้มาเฉลี่ยทุกๆ 3 เดือน ตั้งแต่เดือนกันยายน-พฤศจิกายน (September–November: SON) ปี ค.ศ.1980 ไปเรื่อยๆ จนถึงเดือนมีนาคม-พฤษภาคม (March–May: MAM) ก็จะได้ค่าดัชนี ONI (ตารางที่ 3.1)

- ถ้าค่าดังกล่าวมีค่ามากกว่า +0.5 นานอย่างน้อย 5 เดือนก็จะเป็น Warm Episode หรือเป็นเหตุการณ์ El Niño

- ถ้าค่าดังกล่าวมีค่าต่ำกว่า -0.5 นานอย่างน้อย 5 เดือนก็จะเป็น Cold Episode หรือเป็นเหตุการณ์ La Niña

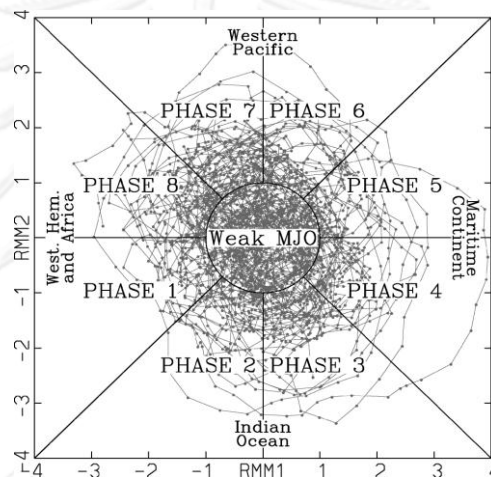
- ถ้าค่าดังกล่าวมีค่าอยู่ระหว่าง -0.5 และ +0.5 หรือมากกว่า +0.5 ,ต่ำกว่า -0.5 ไม่นาน 5 เดือน ก็จะเป็นเหตุการณ์ Normal หรือปีปกติ

ตารางที่ 3.1 ดัชนี ONI (Oceanic Niño Index) ที่มา:

("Historical El Niño/ La Niña episodes (1950-present)," 2014)

3.1.5 ดัชนีบ่งชี้พัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO

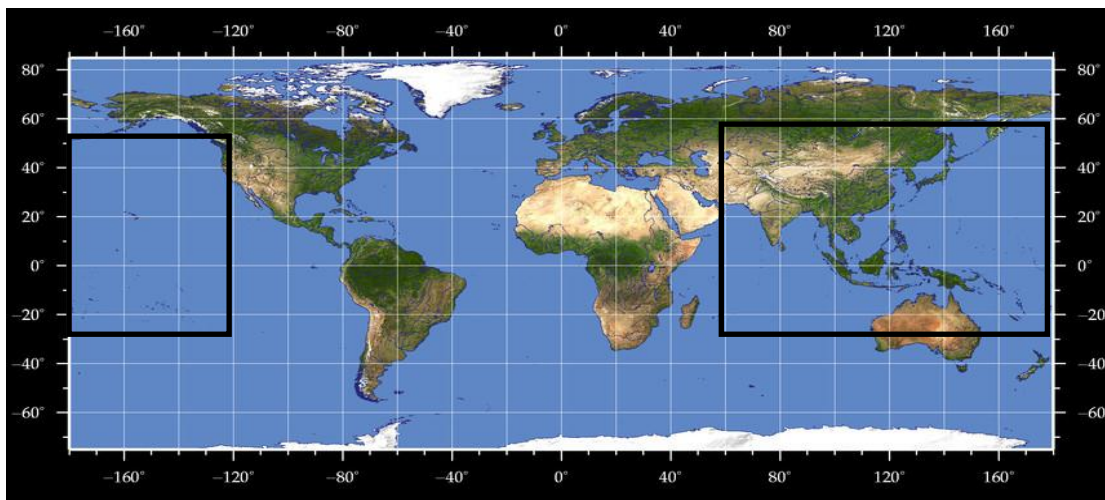
ได้แก่ realtime multivariate MJO (RMM) index เกิดจากการทำสถิติด้วยวิธี Empirical Orthogonal Function (EOF) ทำให้เกิดดัชนีที่เป็นองค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 (RMM1, RMM2) ของค่า OLR, ลมที่ 850 และ 200 hPa (Wheeler and Hendon, 2004) เมื่อนำ $RMM1^2 + RMM2^2$ แล้วถอดรากที่สอง มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าเป็น MJO กำลังแรง ค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าเป็น MJO กำลังอ่อน (weak MJO) ทำให้เกิดแผนผังค่ารากที่สองของ $RMM1^2 + RMM2^2$ ของ MJO phase 1-8 และ weak MJO ตามนิยามของ (Wheeler & Hendon, 2004) ซึ่ง MJO แต่ละ phase ผ่านบริเวณเขตร้อนของโลก ดังรูปที่ 3.2 จาก Australian Bureau of meteorology ("realtime multivariable MJO (RMM) index (1974-present)," 2014)



รูปที่ 3.2 Phase space ของดัชนี realtime multivariable MJO (RMM) index
ที่มา: (Wheeler & Hendon, 2004)

3.2 พื้นที่ศึกษา

ทวีปเอเชียครอบคลุมทะเลจีนใต้และประเทศไทย มหาสมุทรอินเดีย และมหาสมุทรแปซิฟิก (ละติจูด $30^{\circ}\text{S} - 60^{\circ}\text{N}$ ลองจิจูด $60^{\circ}\text{E} - 120^{\circ}\text{W}$) แสดงดังรูป 3.3



รูปที่ 3.3 พื้นที่ที่ใช้ศึกษา (กรอบสีดำ)

3.3 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนเมษายนของทุกปี (ค.ศ.1980/81 - 2010/11) ซึ่งเป็นช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม

3.3.1 หลักเกณฑ์ในการกำหนดการเริ่มต้นและการสิ้นสุดของ cold surge และ strong cold surge

การศึกษานี้อ้างอิงหลักเกณฑ์การกำหนดการเริ่มต้นและการสิ้นสุดของ cold surge ของ (Zhang et al., 1997) ซึ่งบ่งชี้ได้จากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา 3 ตัวแปร ได้แก่ ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม ดังนี้

การเริ่มต้นของ cold surge

1) ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ที่บริเวณแหล่งกำเนิดของความกดอากาศสูงหรือศูนย์กลางของ anticyclone ในไซบีเรีย ($47.5^{\circ} - 52.5^{\circ} \text{N}$, $100^{\circ} - 105^{\circ} \text{E}$) หรือบริเวณที่ 1 ในรูปที่ 3.4 มากกว่า 1035 hPa จัดเป็น cold surge ถ้ามากกว่า 1053 hPa จัดเป็น strong cold surge

2) อุณหภูมิอากาศที่ระดับผิวพื้น บริเวณตอนกลางของประเทศจีน ($35^{\circ} - 40^{\circ} \text{N}$, $110^{\circ} - 115^{\circ} \text{E}$) และตอนใต้ของประเทศจีน ($22.5^{\circ} - 27.5^{\circ} \text{N}$, $112.5^{\circ} - 117.5^{\circ} \text{E}$) หรือบริเวณที่ 2 และ 3 ในรูปที่ 3.4 ลดลงมากกว่า 9°C และ 6°C ภายใน 1-2 วัน ตามลำดับ จัดเป็น cold surge ถ้าอุณหภูมิทางตอนใต้ของประเทศจีนลดลงมากกว่า 10°C จัดเป็น strong surge

3) ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ (V-component Wind) ที่ทะเลจีนใต้ ($10^{\circ} - 20^{\circ} \text{N}$, $110^{\circ} - 115^{\circ} \text{E}$) หรือบริเวณที่ 4 ในรูปที่ 3.4 มากกว่า 7 m s^{-1}

โดยการแบ่ง cold surge และ strong cold surge จะใช้ข้อ 1) เป็นหลัก

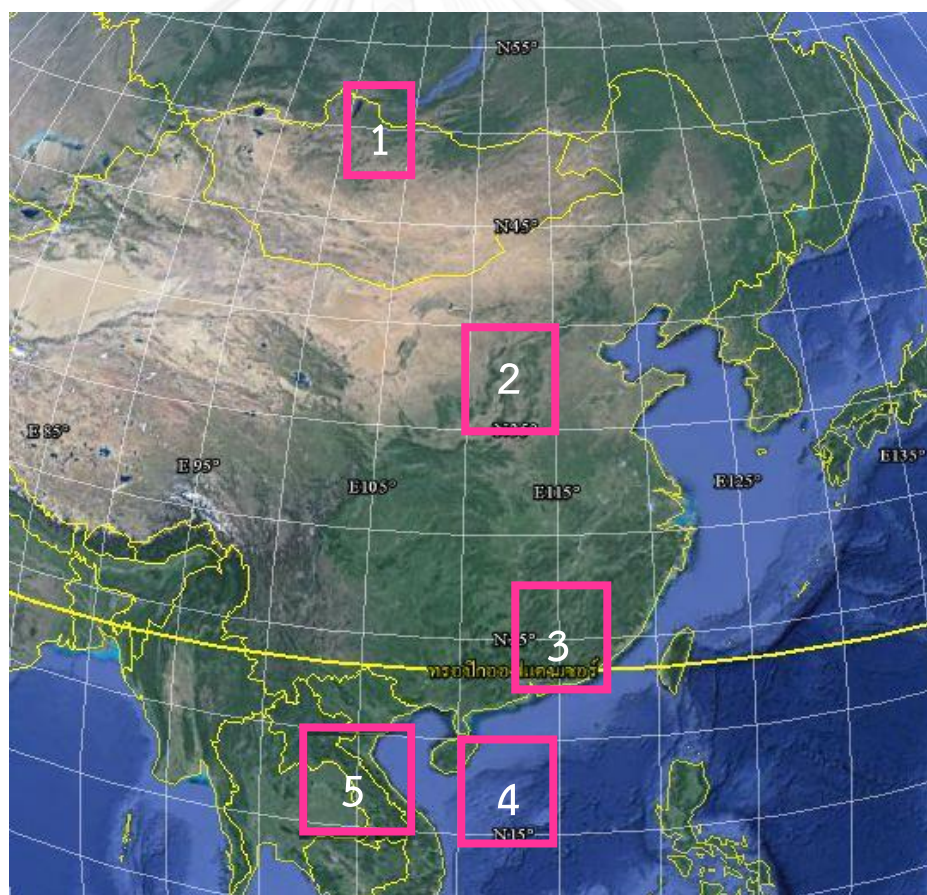
สำหรับการศึกษารั้งนี้ ได้จำแนกลักษณะของ cold surge และ strong cold surge เพิ่มเติมตามรูปแบบการเคลื่อนที่ เป็น

1) eastward cold surge และ strong cold surge คือ cold surge และ strong cold surge ที่เคลื่อนไปทางตะวันออก เกิดจากการเพิ่มขึ้นของความกดอากาศบริเวณไซบีเรีย แล้วส่งผลต่อการลดลงของอุณหภูมิบริเวณตอนกลางของจีน และ/หรือทางตอนใต้ของจีน

2) southward cold surge และ strong cold surge คือ cold surge และ strong cold surge ที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้ เกิดจากการเพิ่มขึ้นของความกดอากาศบริเวณไซบีเรีย แล้วส่งผลต่อประเทศไทย (จ.อุตรธานีหรือบริเวณที่ 5 รูปที่ 3.4) โดยทำให้ความกดอากาศเพิ่มขึ้นมากกว่า 1.8 hPa และอุณหภูมิลดลงมากกว่า 1.6 °C ภายใน 1 วัน (Wongsaming & Exell, 2011)

3) cold surge และ strong cold surge ที่ไม่เข้ากับข้อ 1) และข้อ 2) ข้างต้น ก็จัดเป็น cold surge และ strong cold surge และ strong cold surge ที่ส่งผลต่อบริเวณอื่นๆที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสอง (others scold surge)

รูปแสดงบริเวณที่ใช้กำหนดการเริ่มต้นของ cold surge, strong cold surge และ แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่แสดงดังรูปที่ 3.4



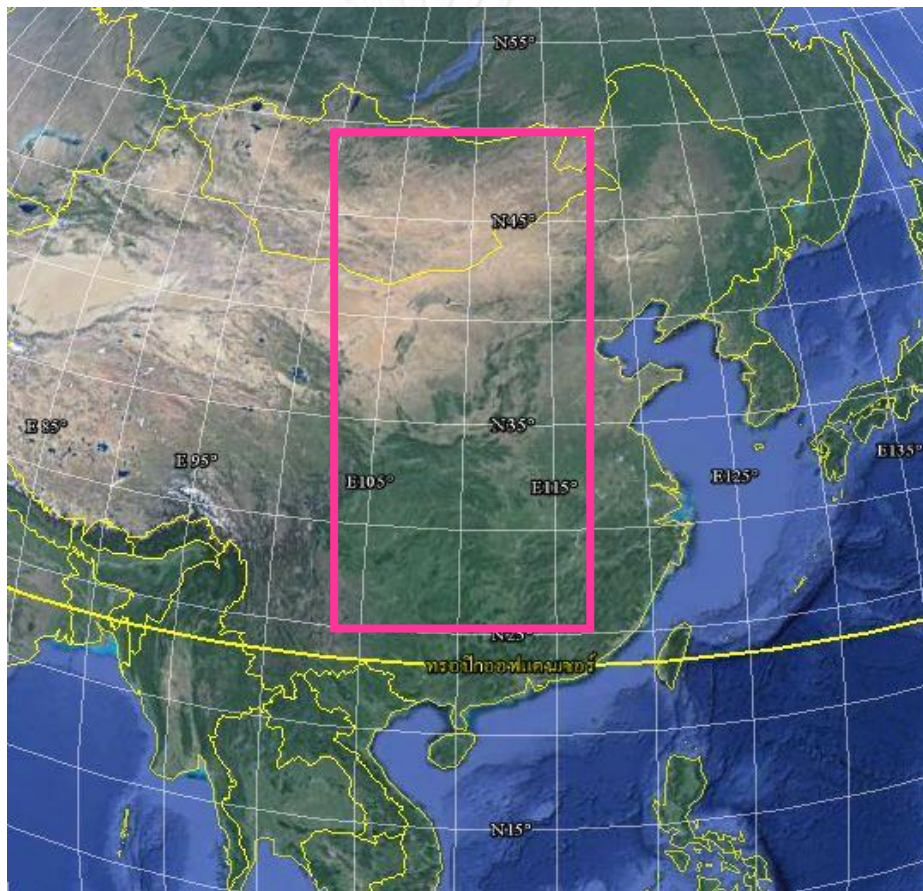
รูปที่ 3.4 แสดงบริเวณที่ใช้กำหนดการเริ่มต้นของ cold surge, strong cold surge และ แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่

การสิ้นสุด cold surge และ strong cold surge

1) ความกดอากาศ บริเวณศูนย์กลางของ anticyclone ในไซบีเรีย (47.5° – 52.5° N, 100° – 105° E) น้อยกว่า 1025 hPa (บริเวณที่ 1 ของรูป 3.4)

2) อุณหภูมิที่ผิวพื้นบริเวณประเทศจีน (25° – 50° N, 102.5° – 117.5° E) ในรูปที่ 3.5 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ร้อยละ 50 ของพื้นที่

3) มีการลดลงของอุณหภูมิบริเวณตอนใต้ของจีน (27.5° – 22.5° N, 112.5° – 117.5° E) ภายใน 1 วัน (บริเวณที่ 3 ของรูป 3.4)



รูปที่ 3.5 พื้นที่แสดงการสิ้นสุด cold surge และ strong cold surge โดยใช้อุณหภูมิที่ผิวพื้น บริเวณประเทศจีน (25° – 50° N, 102.5° – 117.5° E)

จากการนิยามการเกิดและการสิ้นสุดของ cold surge และ strong cold surge ทำให้เราสามารถกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของ cold surge และ strong cold surge ซึ่งเพิ่มเติมจากของ (Zhang et al., 1997) ที่ใช้นิยามที่ประเทศจีนอย่างเดียว และ เพิ่มนิยามที่เกิดในประเทศไทยของ (Wongsaming & Exell, 2011) เพื่อให้ใช้ได้กับที่ประเทศไทย และ ใช้นิยามการเกิดและการสิ้นสุดของ cold surge และ strong cold surge ที่ใหม่มากขึ้นและผสมผสานระหว่างนิยามเก่าและนิยามใหม่

3.3.2 การวิเคราะห์สถิติของการเกิด cold surge ในรอบ 30 ปี

3.3.2.1. วิเคราะห์ความถี่ของเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge รายปี และความถี่ของเหตุการณ์ cold surge ตามรูปแบบการเคลื่อนที่ รายปี (ระหว่างเดือนตุลาคม-เมษายน ปี ค.ศ.1980/81-2010/11)

3.3.2.2. วิเคราะห์ความถี่ของเหตุการณ์ที่ศูนย์กลางความกดอากาศของ Siberian high มีค่ามากกว่า 1050 hPa

3.3.2.3 วิเคราะห์อายุของเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge และทำการแจกแจงความถี่ จากนั้นทำการจำแนกเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge ตามรูปแบบการเคลื่อนที่ ทำอายุและทำการแจกแจงความถี่

3.3.2.4. วิเคราะห์ค่าความกดอากาศสูงสุดบริเวณไซบีเรียของ cold surge และ strong cold surge ในแต่ละอายุ และหาความสัมพันธ์ระหว่างอายุและความแรงของ cold surge และ strong cold surge จากนั้นทำการจำแนกเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge ตามรูปแบบการเคลื่อนที่และทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกัน

3.3.2.5 วิเคราะห์ composite analysis ของ cold surge และ strong cold surge จำแนกตามอายุ และรูปแบบการเคลื่อนที่ โดยศึกษาค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง อุณหภูมิที่ระดับผิวพื้น ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ และค่า geopotential height ที่ระดับ 500 hPa และนำเสนอบนแผนที่แบบ Lambert Conformal Projection ระหว่างละติจูด 0-60°N ลองจิจูด 0-144°E เพื่อติดตามพัฒนาการของ cold surge สำหรับในการศึกษาครั้งนี้จะให้ความสนใจไปยัง cold surge ในกลุ่มอายุที่มีความถี่ของการเกิดมากที่สุด

3.3.3 การวิเคราะห์อิทธิพลของปรากฏการณ์ ENSO ต่อ cold surge

3.3.3.1 กำหนดปี ENSO-warm episode (El Niño), ENSO-cold episode (La Niña) และ ENSO-normal ด้วยดัชนี ONI (Ocean Niño Index)

3.3.3.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของเหตุการณ์ cold surge, strong cold surge และ cold surge, strong cold surge จำแนกตามรูปแบบการเคลื่อนที่ กับดัชนี ONI

3.3.3.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของเหตุการณ์ cold surge, strong cold surge และ cold surge, strong cold surge จำแนกตามรูปแบบการเคลื่อนที่ กับดัชนี ONI

3.3.3.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงของ Siberian high (ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางของ Siberian high มีค่ามากกว่า 1050 hPa) กับดัชนี ONI

3.3.3.5 วิเคราะห์ composite analysis ของ cold surge และ strong cold surge จำแนกตามอายุ และรูปแบบการเคลื่อนที่ โดยศึกษาค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง อุณหภูมิที่ระดับผิวพื้น ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ และค่า geopotential height ที่ระดับ 500 hPa เช่นเดียวกับข้อ 3.3.2.5 โดยจำแนกตาม ENSO-warm episode (El Niño), ENSO-cold episode (La Niña) และ ENSO-normal ด้วยดัชนี ONI (Ocean Niño Index)

3.3.3.6 ทำแผนที่แบบ composite ของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล (SST) ที่ทะเลจีนใต้และมหาสมุทรแปซิฟิก เพื่อติดตามพัฒนาการของตัวแปร SST ระหว่างการเกิดปรากฏการณ์ El Niño, La Niña

3.3.3.7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง composite map ของ SST ที่ทะเลจีนใต้และมหาสมุทรแปซิฟิกในปี El Niño, La Niña และ composite map ของ cold surge และ strong cold surge ในปี El Niño, La Niña

3.3.4 การวิเคราะห์อิทธิพลของปรากฏการณ์ MJO ต่อการเกิด cold surge

ใช้การแบ่งเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge ออกเป็นช่วง MJO phase 1-8 ตามวิธีของ Wheeler and Hendon (2004)

3.3.4.1 แบ่งเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge ออกเป็นช่วง MJO phase ต่างๆ โดยพิจารณาจาก ค่ารากที่สองของค่า $RMM1^2 + RMM2^2$ ในแต่ละวันในช่วงเดือนตุลาคม – เมษายน ค.ศ. 1980/81-2010/11 ซึ่งเป็นตัวบอกว่าในแต่ละวันในช่วงดังกล่าวอยู่ใน MJO phase ใด โดยใช้หลักว่า

- ถ้าจำนวนวันที่อยู่ในเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge อยู่ใน MJO phase ใดเป็นส่วนใหญ่ ก็ให้ cold surge และ strong cold surge อยู่ในช่วง MJO phase นั้นๆไปเลย

- ถ้าจำนวนวันที่อยู่ในเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge อยู่ใน MJO phase ใด phase หนึ่งอย่างละเท่าๆกัน ก็ให้เทียบจำนวนวันในช่วง cold surge และ strong cold surge กับความยาวของกราฟค่ารากที่สองของค่า $RMM1^2 + RMM2^2$ ในช่วงเดียวกับที่เกิด cold surge และ strong cold surge นั้น ถ้าความยาวของกราฟค่ารากที่สองดังกล่าวส่วนใหญ่ตกไปอยู่ MJO phase ใด ก็ให้ cold surge และ strong cold surge ไปอยู่ใน MJO phase นั้นๆ

3.3.4.2 วิเคราะห์ความถี่ของเหตุการณ์ที่เกิด cold surge และ strong cold surge ในแต่ละ phase ของ MJO

3.3.4.3 ทำแผนที่แบบ composite ของค่า anomaly (ค่าต่างจากค่าเฉลี่ยในรอบ 30 ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11) ของ vector ลมที่ 850 hPa และค่า OLR ในบริเวณละติจูด $30^{\circ}\text{S} - 40^{\circ}\text{N}$ ลองจิจูด $60^{\circ}\text{E} - 170^{\circ}\text{W}$ ในช่วงเหตุการณ์ที่เกิด cold surge และ strong cold surge ในช่วง MJO แต่ละ phase เพื่อศึกษาพัฒนาการของ cold surge ในช่วงของ MJO แต่ละ phase

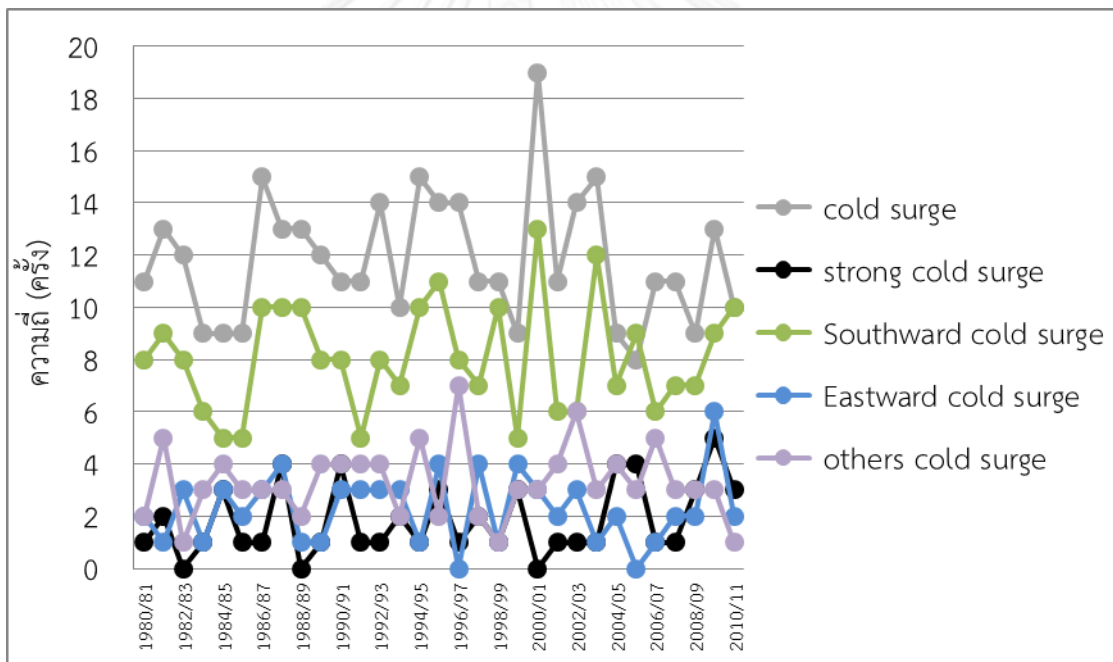
บทที่ 4

ผลการศึกษาและอภิปราย

4.1 สถิติของ cold surge และ strong cold surge ในรอบ 30 ปี

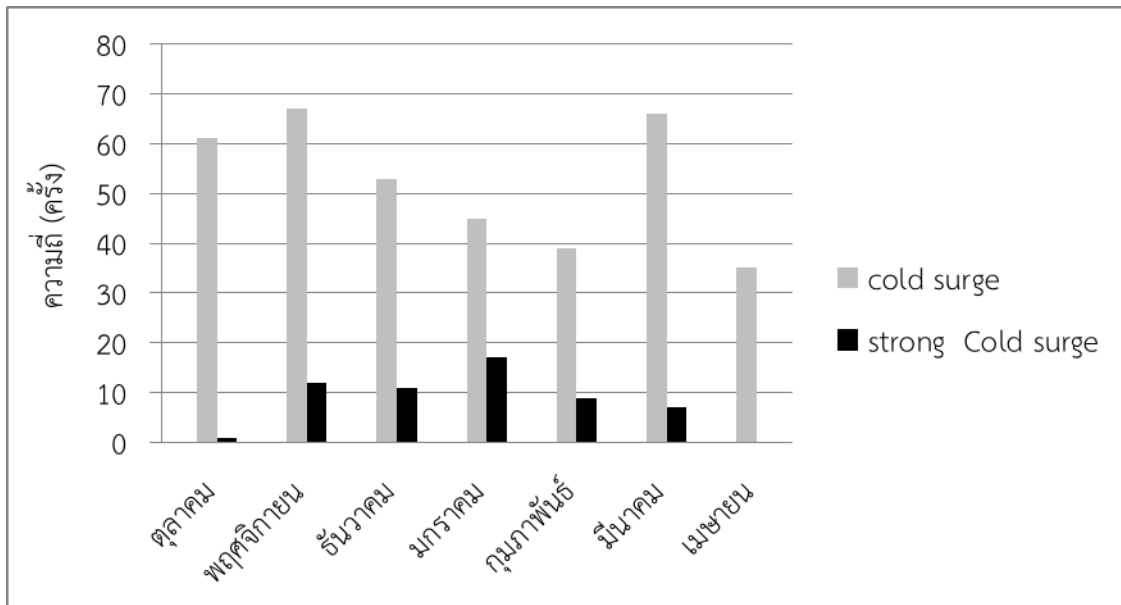
4.1.1 ผลการศึกษา

ความถี่ของการเกิด cold surge ในหนึ่งฤดูกาลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.81 ± 2.46 ครั้งต่อปี และ strong cold surge ในหนึ่งฤดูกาลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.84 ± 1.37 ครั้งต่อปี ในจำนวนนี้มี cold surge ที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้และส่งผลกระทบต่อภาคอีสานของประเทศไทย เฉลี่ย 8.06 ± 2.11 ครั้งต่อปี คิดเป็นร้อยละ 59.10 ของจำนวน cold surge ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 จำนวน cold surge และ strong cold surge ทั้งหมดรายปี และ cold surge ที่แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ทั้งหมดรายปี (ครั้ง) ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11

การแจกแจงความถี่รายเดือนของการเกิด cold surge และ strong cold surge ในรูปที่ 4.2 พบว่าในเดือนพฤศจิกายนและเดือนมีนาคม มีความถี่ของ cold surge มากที่สุด ส่วน strong cold surge นั้นมีมากที่สุดในเดือนมกราคม พฤศจิกายน และธันวาคม ตามลำดับ



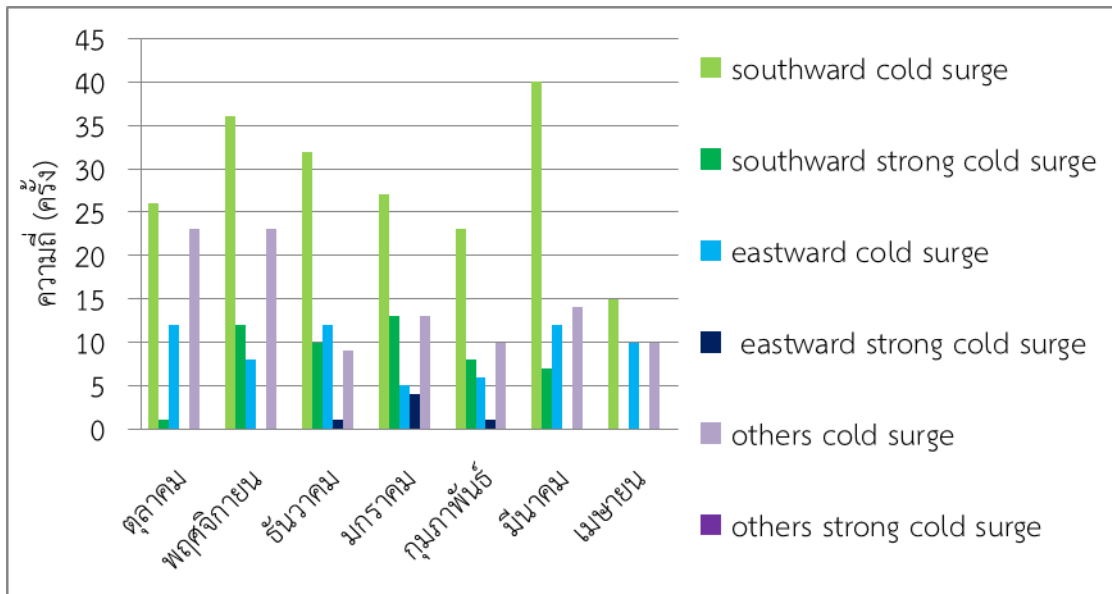
รูปที่ 4.2 การแจกแจงความถี่รายเดือนของ cold surge และ strong cold surge ในรอบ 30 ปี (ค.ศ. 1980/81-2010/11)

หากแยกพิจารณาการแจกแจงความถี่รายเดือนของ cold surge และ strong cold surge ทั้งหมด ออกเป็นอย่างละ 3 ประเภท ได้แก่ southward, eastward และ others ในรูปที่ 4.3 พบว่า ความถี่ของ cold surge ประเภท southward มีความถี่มากสุดในเดือนมีนาคมและพฤศจิกายน ตามลำดับ ส่วนความถี่ของ strong cold surge ประเภท southward มีความถี่มากที่สุดในเดือน มกราคม พฤศจิกายน และธันวาคม ตามลำดับ

ความถี่ของ cold surge ประเภท eastward พบว่ามีความถี่มากในเดือนตุลาคม, ธันวาคม และเดือนมีนาคม ส่วนความถี่ของ strong cold surge ประเภท eastward มีความถี่มากที่สุดในเดือนมกราคม พฤศจิกายน และธันวาคม ตามลำดับ

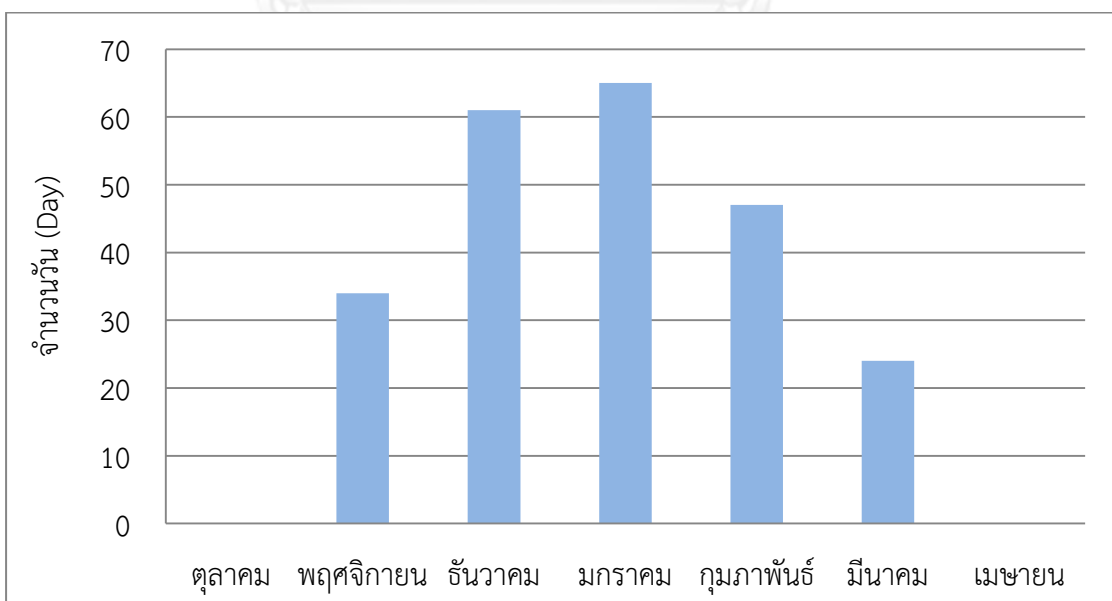
ความถี่ของ cold surge ประเภท others มีมากสุดในเดือนตุลาคม พฤศจิกายน และไม่มี ความถี่ของ strong cold surge ประเภท others ในทุกเดือน

นอกจากนี้ความถี่ของ cold surge และ strong cold surge ประเภท southward นั้นมี ความถี่ มากกว่า cold surge และ strong cold surge ประเภท eastward และ others ในทุก เดือน



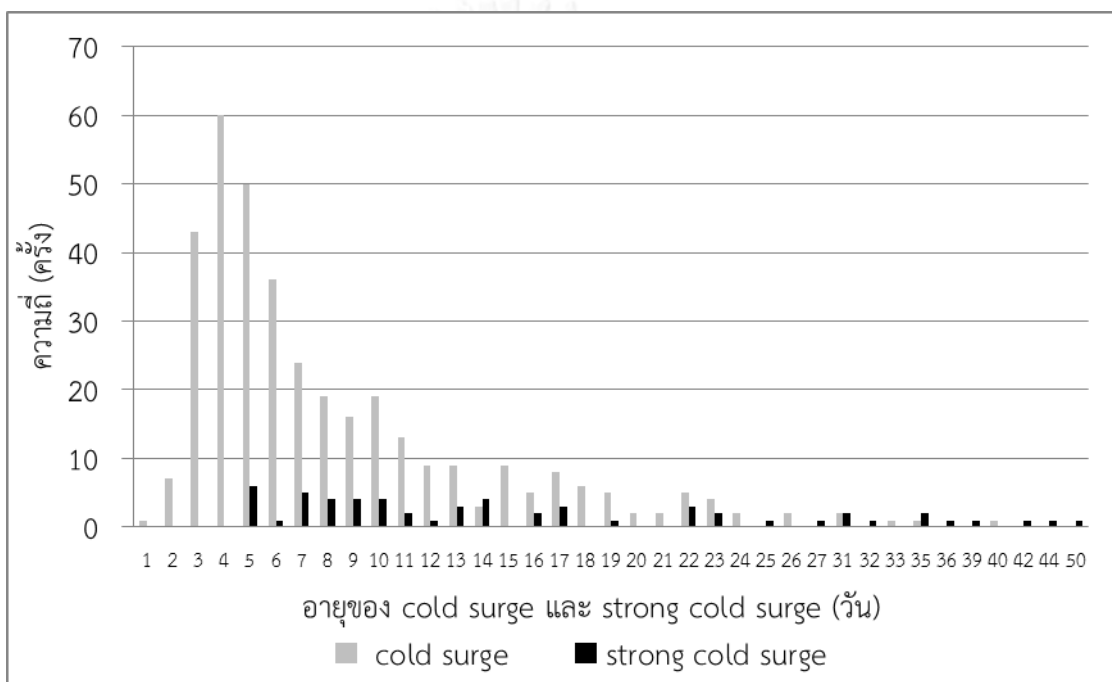
รูปที่ 4.3 การแจกแจงความถี่รายเดือนของ cold surge และ strong cold surge แต่ละประเภทที่แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ ในรอบ 30 ปี (ค.ศ.1980/81-2010/11)

ความแรงของ Siberian High ที่มีค่ามากกว่า 1050 hPa ในแต่ละเดือนในรูปที่ 4.4 พบว่า Siberian High มีความแรงมากที่สุดในเดือนมกราคม และ ธันวาคม ตามลำดับ หรือความแรงของ cold surge และ strong cold surge จะมีมากในเดือนดังกล่าว



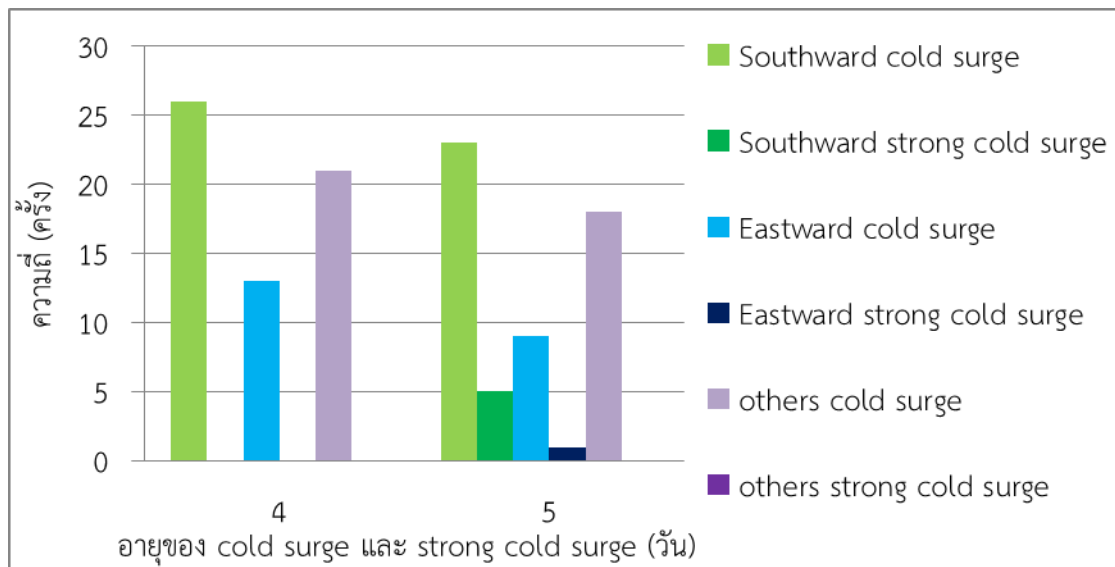
รูปที่ 4.4 การแจกแจงความถี่รายเดือนของจำนวนวันที่ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางบริเวณไซบีเรีย (Siberia) ที่มีค่ามากกว่า 1050 hPa ในรอบ 30 ปี (ค.ศ.1980/81-2010/11)

อายุของ cold surge และ strong cold surge ในรูปที่ 4.5 พบว่ามีอายุตั้งแต่ 1-50 วัน อายุของ cold surge มีอายุตั้งแต่ 1-24, 26, 31, 33, 35, 40 วัน ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 3-11 วัน โดย cold surge อายุ 4 วันมีความถี่สูงสุด ในขณะที่ strong cold surge มีอายุตั้งแต่ 5-14, 16-17, 19, 22-23, 25, 27, 31-32, 35, 36, 39, 42, 44, 50 ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 5, 7-10 และ 14 วัน โดย strong cold surge อายุ 5 วันมีความถี่สูงสุด โดยที่จำนวน strong cold surge ในแต่ละอายุนั้นน้อยกว่าจำนวน cold surge มากเมื่อเทียบในอายุเดียวกัน



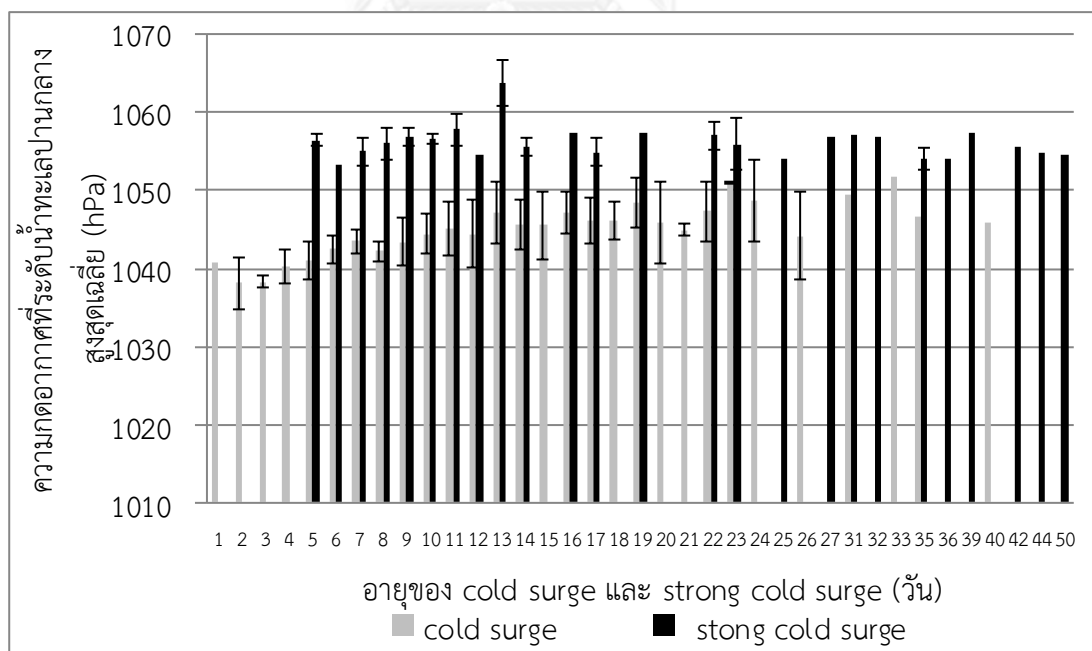
รูปที่ 4.5 ความถี่ของเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge อายุ 1-50 วัน ในรอบ 30 ปี (ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11)

เมื่อนำ เหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วัน และ strong cold surge อายุ 5 วันซึ่งพบได้มากที่สุดมาแบ่งออกตามทิศทางของการเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 4.6 พบประเภท southward มากที่สุด รองลงมาคือ others และ eastward ตามลำดับ



รูปที่ 4.6 ความถี่ของเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge ในแต่ละประเภทที่แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ อายุ 4-5 วันในรอบ 30 ปี (ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11)

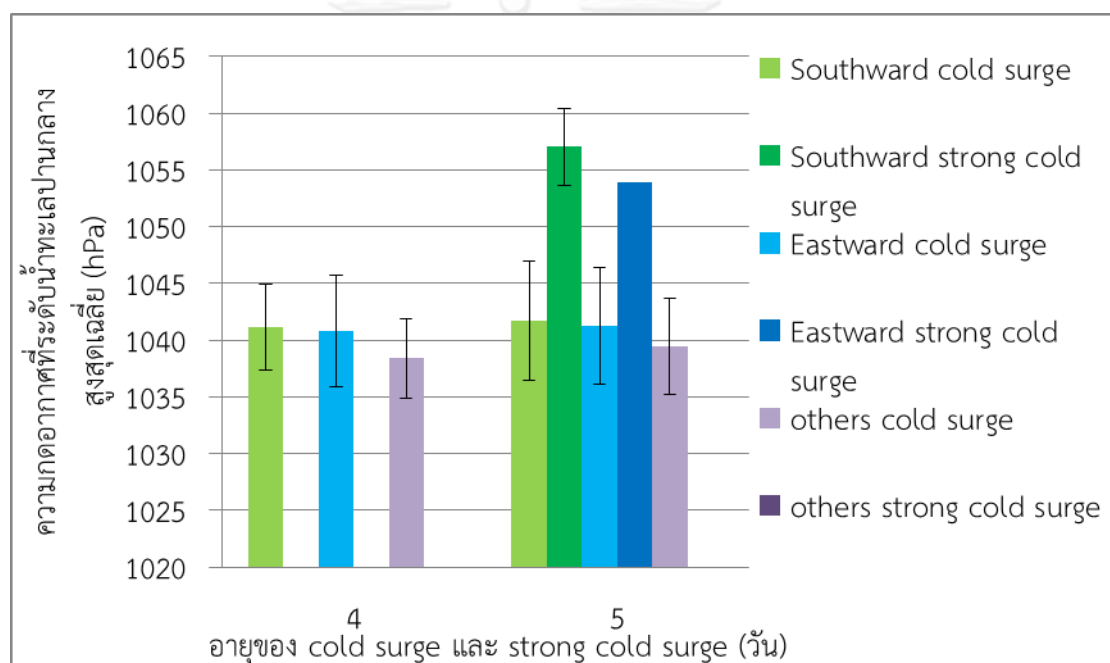
จากรูปที่ 4.7 พบว่า cold surge มีค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยสูงสุด 1051.7 hPa ที่อายุ 33 วัน ต่ำสุด 1038.5 hPa ที่อายุ 3 วัน และ strong cold surge มีค่าดังกล่าวเฉลี่ยสูงสุด 1063.1 hPa ที่อายุ 13 วัน ต่ำสุด 1052.0 hPa ที่อายุ 6 วัน



รูปที่ 4.7 ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ย ของเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge อายุ 1-50 วัน ในรอบ 30 ปี (ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11)

จากรูปที่ 4.5 และ 4.7 พบว่าอายุเฉลี่ยของ cold surge คือ ประมาณ 8 วัน มีค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ย 1045.1 hPa ในขณะที่อายุของ strong cold surge คือ ประมาณ 16 วัน มีค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ย 1055.9 hPa

เมื่อนำเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 และ 5 วันและ strong cold surge อายุ 5 วันซึ่งพบได้มากที่สุดมาแบ่งออกตามทิศทางการเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 4.8 พบว่า cold surge ทั้ง อายุ 4 และ 5 วันทุกประเภทมีค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกัน และ strong cold surge อายุ 5 วัน ประเภท southward จะมีค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยมากกว่า ประเภท eastward



รูปที่ 4.8 ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ย และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยของเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge แต่ละประเภทที่แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ อายุ 4-5 วัน ในรอบ 30 ปี (ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11)

4.1.2 อภิปรายผลการศึกษา

cold surge และ strong cold surge มีความถี่ต่อปีประมาณ 12 และ 2 ครั้งต่อปี (รูปที่ 4.1) ตามลำดับ โดย cold surge และ strong cold surge ทั้งหมดในแต่ละปีพบประเภทที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อภาคอีสานของประเทศไทยประมาณร้อยละ 60% ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ (Zhang et al., 1997) ที่พบว่าระหว่างปี ค.ศ. 1979-1995 มีจำนวน cold surge และ strong cold surge เกิดขึ้น 13 และ 2 ครั้งต่อปีตามลำดับ และใกล้เคียงกับการศึกษาของ (Wongsaming & Exell, 2011) ที่พบว่า จำนวน cold surge ประมาณ 2 ใน 3 (66 %) เป็น cold surge ประเภทที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทยมากกว่าประเภทที่ไปทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน สาเหตุที่ cold surge และ strong cold surge ส่วนใหญ่ลงมาทิศทางดังกล่าว เป็นเพราะว่า ในช่วงฤดูหนาวมีความแตกต่างของความกดอากาศที่เขตหนาวและเขตร้อนมากโดยเกิดความกดอากาศสูงที่ไซบีเรียซึ่งเป็นเขตหนาว และความกดอากาศต่ำที่ประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียงซึ่งเป็นเขตร้อน ทำให้เกิดทิศทางลมพัดจากไซบีเรียลงมาที่ประเทศไทย เป็นลักษณะของลมฝ่ายเหนือที่นำมวลอากาศเย็นซึ่งมีความกดอากาศสูงลงมาที่ประเทศไทย ประกอบกับที่เขตร้อนของมหาสมุทรแปซิฟิกมีลมที่พัดจากตะวันออกของแปซิฟิกไปสู่ตะวันตกของแปซิฟิกในรูปแบบของลมตะวันออก ด้วยกระบวนการ Walker Circulation ซึ่งเกิดขึ้นโดยปกติที่มหาสมุทรแปซิฟิก ลมตะวันออกที่แปซิฟิกจึงมาบรรจบกับลมฝ่ายเหนือที่ประเทศไทยซึ่งเกิดจาก cold surge และเป็นปัจจัยเสริมให้เกิดความกดอากาศต่ำที่ประเทศไทยและบริเวณข้างเคียงมากขึ้น ทำให้อากาศเย็นซึ่งมีความกดอากาศสูงมีโอกาสลงมาที่ประเทศไทยได้มากขึ้น

ความถี่รายเดือนของ cold surge โดยรวมทั้งหมด มีความถี่มากที่สุดในเดือนพฤศจิกายนและเดือนมีนาคมซึ่งตรงกันข้ามกับความแรงของ Siberian high รายเดือน (รูปที่ 4.2) ซึ่งแรงในเดือนธันวาคมและมกราคม เพราะในเดือนธันวาคมและมกราคม เป็นช่วงที่ jet stream นั้นเคลื่อนที่ลงมาทางใต้ (Zhang et al., 1997) ทำให้พาบริเวณที่เป็น anticyclone ซึ่งปั่นบริเวณที่มีการเคลื่อนที่แบบตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือหรือความกดอากาศสูงจากไซบีเรีย ลงมาทางใต้มากกว่าเดือนพฤศจิกายนและมีนาคม และ อุณหภูมิในช่วงเดือนธันวาคมและมกราคม เป็นช่วงที่อุณหภูมิต่ำลงมากกว่าช่วงเดือนพฤศจิกายนและมีนาคมอยู่แล้ว ทำให้การลดอุณหภูมิอย่างฉับพลันในช่วงเดือนดังกล่าวมีน้อย เมื่อเทียบกับเดือนเดือนพฤศจิกายนและมีนาคม จึงทำให้เหตุการณ์ cold surge ในเดือนดังกล่าวมีน้อยเมื่อเทียบกับ เดือนพฤศจิกายนและมีนาคม ในขณะที่เดือนพฤศจิกายนและมีนาคม เป็นช่วงที่อุณหภูมิที่ผิวสูงขึ้น ทำให้ความกดอากาศสูงจากไซบีเรียสามารถทำให้เกิดการลดลงของอุณหภูมิที่ผิวได้อย่างรวดเร็วมากกว่าเดือนธันวาคมและมกราคม ทำให้เกิด cold surge ที่ถี่มากขึ้นกว่าเดิม (Zhang et al., 1997)

ความถี่รายเดือนของ strong cold surge โดยรวมทั้งหมด มีความถี่มากที่สุดในเดือนมกราคม (รูปที่ 4.2) ซึ่งสัมพันธ์กับความแรงของ Siberian High ซึ่งมีความแรงมากที่สุดในเดือนมกราคมเช่นกัน (รูปที่ 4.4) เพราะในช่วงเดือนมกราคมซึ่งเป็นช่วงกลางฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นช่วงที่ความแรงของความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลบริเวณ Siberian High นั้นสูงเกินกว่า 1050 hPa มากที่สุด ทำให้ความแตกต่างระหว่างความกดอากาศ (Pressure gradient) ที่ระดับน้ำทะเลในเขตร้อนที่ประเทศไทยกับเขตกึ่งกลางที่ไซบีเรียนั้นมีมาก ทำให้เกิดมวลอากาศเย็นจากไซบีเรียลงมาที่เขตร้อนอย่างรวดเร็ว จึงทำให้เกิด strong cold surge ในเดือนมกราคมมากที่สุด ดังนั้นความถี่ของ strong cold surge จึงสัมพันธ์กับความแรงของ Siberian High ที่บริเวณไซบีเรีย (Zhang et al., 1997)

ถ้าพิจารณาความถี่ของ cold surge และ strong cold surge ออกเป็นประเภทที่แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่คือไปทางใต้และมีผลกระทบต่อภาคอีสานต่อประเทศไทย (southward) ประเภทที่เคลื่อนที่ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือและมีผลต่อประเทศจีน (eastward) และไม่มีผลต่อทั้ง 2 บริเวณที่เหลือ (others) พบว่าทั้ง cold surge ประเภท southward, eastward และ others มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความถี่รายเดือน คล้ายกับกรณีของความถี่ของ cold surge ทั้งหมดรายเดือน (รูปที่ 4.2) คือมีความถี่ที่มากที่สุดในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม (รูปที่ 4.3) โดยมีเหตุผลเดียวกันกับเหตุผลที่อธิบายไปแล้วในกรณีของความถี่ของ cold surge รายเดือน (Zhang et al., 1997) นอกจากนี้ cold surge ประเภท others มีความถี่ที่มากในเดือนตุลาคมและพฤศจิกายนเพราะเป็นช่วงต้นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งอิทธิพลของ cold surge อาจยังลงมาไม่ถึงที่ประเทศไทยและประเทศจีน ในแต่ละเดือนความถี่ cold surge ประเภท southward นั้นจะมีมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ (Wongsaming & Exell, 2011)

ส่วนความถี่ของ strong cold surge ที่แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ คือไปทางใต้และมีผลกระทบต่อภาคอีสานต่อประเทศไทย (southward) เคลื่อนที่ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือและมีผลต่อประเทศจีน (eastward) พบว่าทั้ง strong cold surge ทั้ง 2 ประเภทนั้นมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความถี่รายเดือน คล้ายกับกรณีของความถี่ของ strong cold surge ทั้งหมดรายเดือน คือมีความถี่ที่มากที่สุดในเดือนมกราคม

อายุของ cold surge และ strong cold surge นั้นมีความถี่สูงที่สุดที่อายุ 4 และ 5 วัน ตามลำดับ (รูปที่ 4.5) ซึ่งตรงกับการศึกษาของ (Mailler & Lott, 2010) ที่ศึกษาอายุของ cold surge โดยการวิเคราะห์สเปกตรัมของการเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศบริเวณที่ราบสูงทิเบต พบว่าอายุของ cold surge พบในช่วงอายุสั้นๆมากที่สุด ขณะที่อายุเฉลี่ยของ cold surge และ strong cold surge นั้นอยู่ที่ 8 และ 17 วัน ซึ่งอายุเฉลี่ยของ cold surge นั้นใกล้เคียงกับการศึกษาของ (Zhang et al., 1997) และ (Chang et al., 2006) ที่พบว่า อายุของ cold surge คือ ประมาณ

8 วันหรือ 1 สัปดาห์ และในบรรดา cold surge, strong cold surge ที่อายุ 4 และ 5 วันซึ่งพบได้มากที่สุดพบ cold surge, strong cold surge ที่มีทิศทางไปทางใต้มากที่สุด (รูปที่ 4.6) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ (Wongsaming & Exell, 2011)

ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรีย ของ cold surge และ strong cold surge พบว่าค่าดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ cold surge มีอายุเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 1-13 วัน แต่มีแนวโน้มไม่ชัดเจนเมื่อ cold surge มีอายุเพิ่มขึ้น ขณะที่ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรีย ของ strong cold surge ไม่มีความสัมพันธ์กับอายุของ strong cold surge เช่นกัน (รูปที่ 4.7) ดังนั้นไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ย กับอายุของ cold surge และ strong cold surge นอกจากนี้พบว่า อายุเฉลี่ยของ cold surge ที่อายุ 8 วัน มีค่าความกดอากาศสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียที่ 1045.1 hPa ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ (Chang et al., 2006) ที่พบว่าค่า ความกดอากาศสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียของ cold surge แต่ละครั้งมักเข้าใกล้ค่าสูงสุดที่ 1040 hPa ที่อายุเฉลี่ย 7 วันแต่ไม่ตรงกับการศึกษาของ (Zhang et al., 1997) ที่พบว่าค่าดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 1053 hPa ที่อายุ 7 วันในปี ค.ศ.1979/80–1994/95 และยังพบอีกว่าอายุเฉลี่ยและค่าความกดอากาศสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียของ strong cold surge ที่ได้จากการศึกษาในปี ค.ศ.1980/81–2010/11 เท่ากับ อายุ 17 วัน และ 1055.9 hPa ตามลำดับ ซึ่งค่าอายุและความกดอากาศดังกล่าวมีค่าสูงกว่าและต่ำกว่า การศึกษาของ (Zhang et al., 1997) ที่พบว่า strong cold surge ที่อายุเฉลี่ย 9 วัน และพบค่าความกดอากาศสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรีย 1060 hPa ซึ่งจะพบว่าความกดอากาศสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียของ cold surge และ strong cold surge ที่ช่วงอายุเฉลี่ย 8 และ 17 วัน มีค่าต่ำกว่าในปี ค.ศ. 1979/80–1994/95 อาจจะเป็นเพราะว่าการผันแปรของภูมิอากาศในระหว่างทศวรรษ

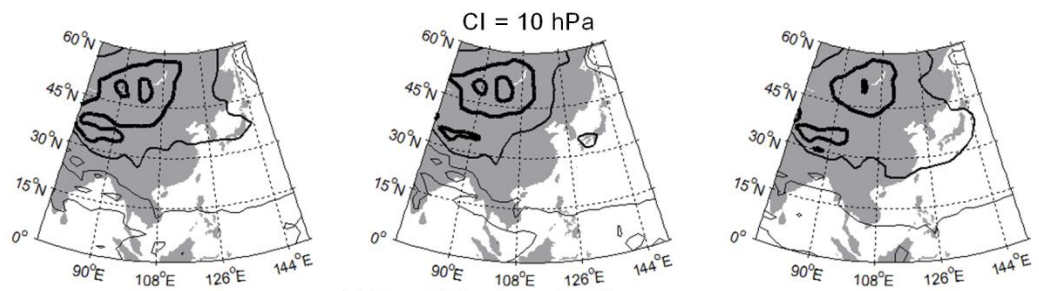
ความกดอากาศสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียของ cold surge และ strong cold surge อายุ 4-5 วันซึ่งพบได้มากที่สุด พบว่าประเภทที่ลงมาจากใต้ (southward) มีค่ามากกว่าประเภทที่ไปทางตะวันออก (eastward) และ มีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว (others) (รูปที่ 4.8) อาจจะเป็นเพราะว่าการที่ cold surge หรือ strong cold surge จะลงไปที่ทางใต้ได้นั้น ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางที่บริเวณศูนย์กลางไซบีเรีย ต้องมีความแรงมากพอจนเกิดความแตกต่างของความกดอากาศในแนวราบ (pressure gradient) ระหว่างบริเวณไซบีเรียและเขตร้อนกับประเทศไทย ดังนั้น ถ้ามีความแรงมาก cold surge หรือ strong cold surge ก็จะเคลื่อนที่ได้ไกล แต่อย่างไรก็ตามการที่ cold surge และ strong cold surge จะเคลื่อนที่ไปทางใดทางหนึ่งได้นั้น ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆเช่น การเอียงของ trough axis ที่ระดับ 500 hPa ที่มีผลต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของ cold surge (Wang et al., 2009) ซึ่งจะอธิบายซึ่งจะอธิบายต่อไปในส่วนของพัฒนาการของ cold surge และ strong cold surge

4.2 พัฒนาการของ cold surge และ strong cold surge

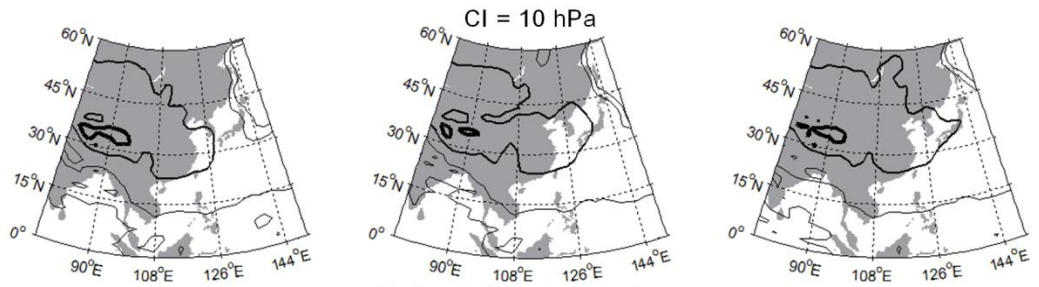
4.2.1 ผลการศึกษา

พัฒนาการของ cold surge อายุ 4 วันที่ไปทางใต้ ตะวันออก และ ไม่มีผลต่อบริเวณใด แสดงโดยแผนที่แบบ composite ของค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง อุณหภูมิอากาศ ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ และค่า 500-hPa geopotential height ในวันที่เริ่มต้นและวันสิ้นสุด เหตุการณ์ โดยจำนวนเหตุการณ์ที่มีทิศทาง ไปทางใต้ ตะวันออก และ ไม่มีผลต่อบริเวณใด คือ 26, 13, 21 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.9 สรุปได้ดังนี้คือ ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางใน เหตุการณ์ทั้ง 3 กรณี ในวันที่เริ่มต้นของ cold surge มีศูนย์กลางของมวลอากาศเย็นอยู่ที่ไซบีเรีย เหมือนกัน โดยศูนย์กลางดังกล่าวมีค่าตั้งแต่ 1000-1047 hPa ในวันที่ 3 เหตุการณ์พบว่า ค่าความ กดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในกรณีที่ไปทางใต้ จะลงไปทางใต้มากกว่ากรณีไปทาง ตะวันออก และ ไม่มีผลต่อบริเวณใด โดยพบเส้นค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางที่ 1020 hPa อยู่ที่ ตอนใต้ของประเทศจีนและใกล้ประเทศไทยมากกว่า 2 กรณีดังกล่าว จึงส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิ อากาศ ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ ในวันสุดท้ายของเหตุการณ์คือ เส้นอุณหภูมิอากาศเท่าที่ 7 ถึง 14°C เส้นความเร็วลมในแนวเหนือใต้เท่าที่ -9 ถึง -7m/s จะลงไปทางใต้ที่ทะเลจีนใต้มากกว่ากรณี ไปทาง ตะวันออก และ ไม่มีผลต่อบริเวณใด เช่นกัน

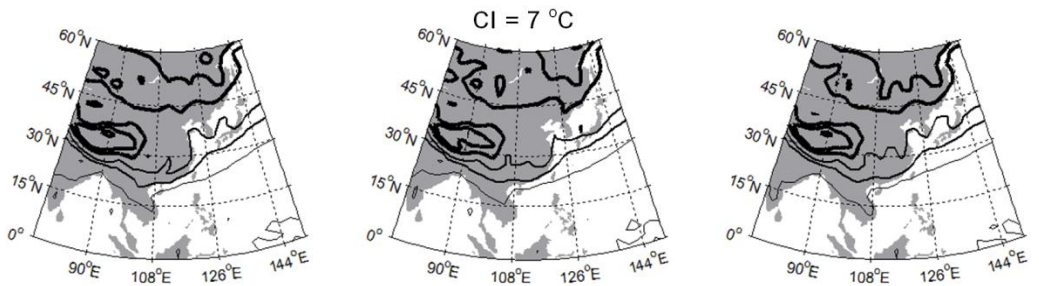
(a) Day 1 Mean sea level pressure



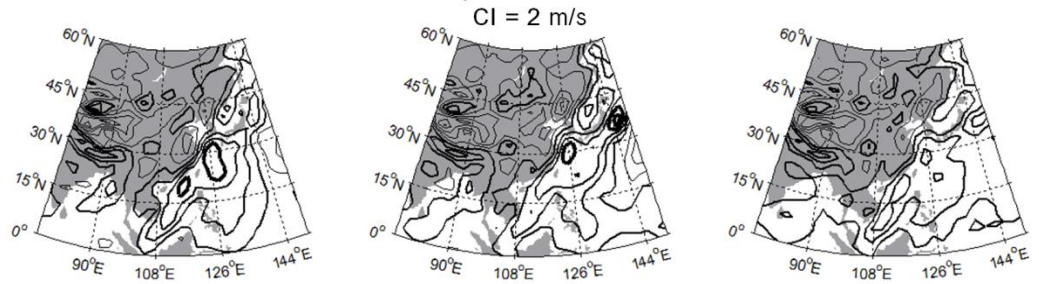
(b) Day 4 Mean sea level pressure



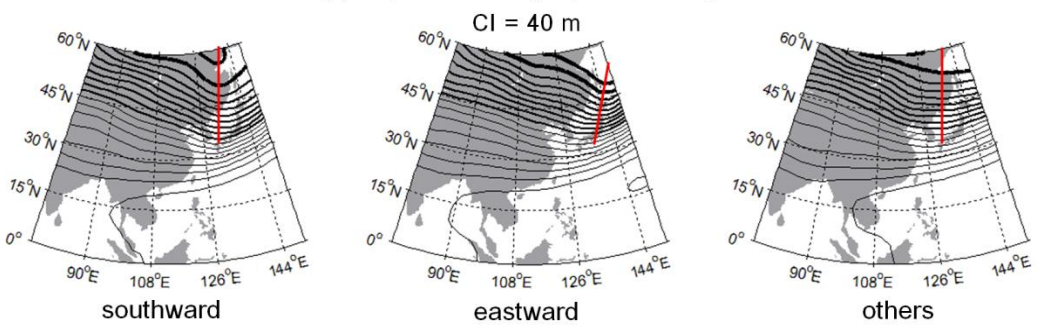
(c) Day 4 42-m temperature



(d) Day 4 42-m V-wind



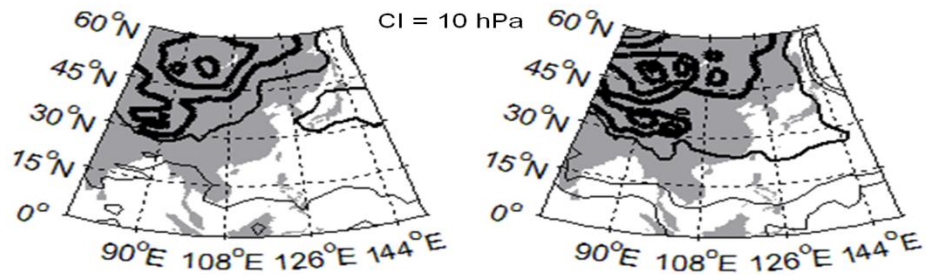
(e) Day 4 500-hPa geopotential height



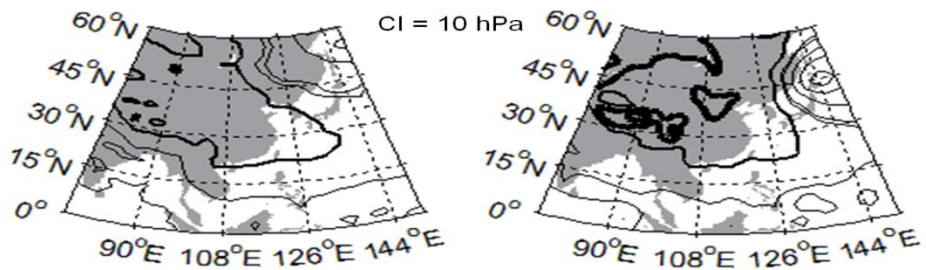
รูปที่ 4.9 แผนที่แบบ composite ของ cold surge ที่มีอายุ 4 วัน ในเหตุการณ์ที่ไปทางใต้ (คอสมันซ้าย), ตะวันออก (คอสมันกลาง) และมีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว (คอสมันขวา) CI คือ ระยะห่างของเส้นเท่า (contour interval) ค่าความกดอากาศมีค่าตั้งแต่ 1010 – 1040 hPa เส้นหนาสุดคือ 1030-1040 hPa เส้นปานกลางคือ 1020 hPa และเส้นบางสุดคือ 1010 และ 1012 hPa ช่วงระยะห่างของ contour คือ 10 hPa อุณหภูมิอากาศที่ผิวมีค่าตั้งแต่ -21 ถึง 28 °C เส้นหนาสุดคือ -21 ถึง -7 °C เส้นปานกลางคือ 7 ถึง 14 °C และเส้นบางสุดคือ 21 ถึง 28 °C ช่วงระยะห่างของ contour คือ 7 °C ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ที่ผิวมีค่าตั้งแต่ -9 ถึง 9 m/s เส้นหนาสุดคือ -9 ถึง -7 m/s เส้นปานกลางคือ -5 ถึง -1 m/s และเส้นบางสุดคือ 1 ถึง 9 m/s ช่วงระยะห่างของ contour คือ 2 m/s ค่า geopotential height 500 hPa มีค่าตั้งแต่ 4900 – 5900 m เส้นหนาสุดคือ 4900-5220 m เส้นปานกลางคือ 5260-5440 m และเส้นบางสุดคือ 5580 และ 5900 m ช่วงระยะห่างของ contour คือ 40 m แกนสีแดงในแนว (e) คือ trough axis

ส่วนพัฒนาการของ strong cold surge อายุ 5 วัน ที่ไปทางใต้ ตะวันออก โดยไม่มีเหตุการณ์ที่ไม่มีผลต่อบริเวณใด แสดงโดยแผนที่แบบ composite ของ 4 ตัวแปรในวันเริ่มต้นและสิ้นสุดเหตุการณ์ เหมือนกับกรณี cold surge อายุ 4 วัน โดยจำนวนเหตุการณ์ที่มีทิศทาง ไปทางใต้ ตะวันออก คือ 5, 1 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.10 พบว่า ในวันเริ่มต้นและสิ้นสุดของเหตุการณ์ strong cold surge ทั้ง 2 กรณี มีลักษณะการเคลื่อนที่ของมวลอากาศเย็น, ทิศทางและสาเหตุของทิศทางการเคลื่อนที่ ซึ่งดูได้จาก 4 ตัวแปรดังกล่าวคล้ายกับ 2 กรณีแรกของวันเริ่มต้นและสิ้นสุดของเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วัน แต่ที่แตกต่างคือ ในวันเริ่มต้น ทั้ง 2 กรณีของ strong cold surge มีค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางที่ศูนย์กลางของมวลอากาศเย็นที่ไซบีเรียมากกว่า ในวันสิ้นสุดมีค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางที่ 1020 hPa อุณหภูมิอากาศ ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ ลงมาทางใต้ที่ภาคอีสานของประเทศไทยมากกว่า 2 กรณีแรกของวันสิ้นสุดของเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วัน (รูปที่ 4.9) นอกจากนี้ ในวันสิ้นสุดทั้ง 2 กรณีของเหตุการณ์มีค่า 500-hPa geopotential height ที่ประเทศญี่ปุ่นต่ำกว่าหรือมี trough ที่ประเทศญี่ปุ่นต่ำกว่า 2 กรณีแรกของวันสิ้นสุดของเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วัน (รูปที่ 4.9)

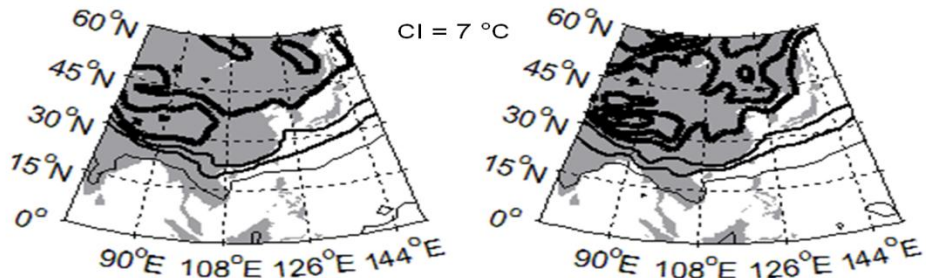
(a) Day 1 Mean sea level pressure anomaly



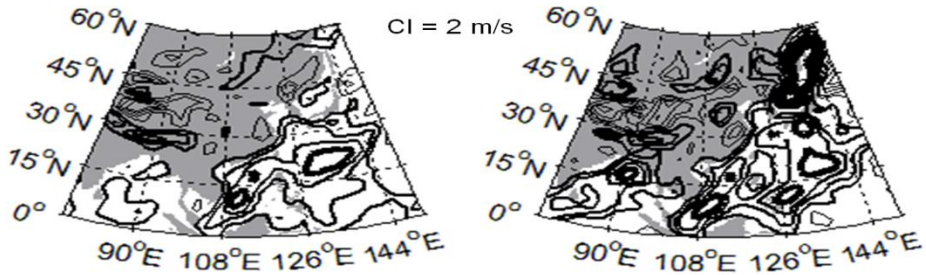
(b) Day 5 Mean sea level pressure anomaly



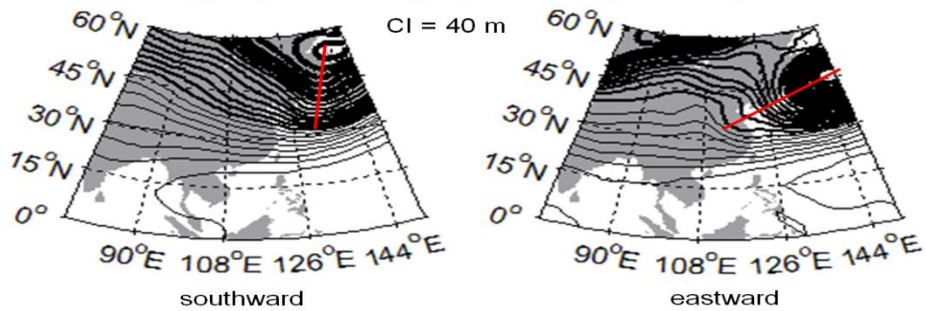
(c) Day 5 42-m temperature anomaly



(d) Day 5 42-m V-wind anomaly



(e) Day 5 500-hPa geopotential height anomaly



รูปที่ 4.10 แผนที่แบบ composite ของ strong cold surge ที่มีอายุ 5 วัน ในเหตุการณ์ที่ไปทางใต้ (คอลัมน์ซ้าย), ตะวันออก (คอลัมน์ขวา) CI คือ ระยะห่างของเส้นเท่า (contour interval) ค่าความกดอากาศมีค่าตั้งแต่ 970 – 1060 hPa เส้นหนาสุดคือ 1030-1060 hPa เส้นปานกลางคือ 1020 hPa และเส้นบางสุดคือ 970-1010 และ 1012 hPa ช่วงระยะห่างของ contour คือ 10 hPa อุณหภูมิอากาศที่ผิวมีค่าตั้งแต่ -40 ถึง 28 °C เส้นหนาสุดคือ -40 ถึง -7 °C เส้นปานกลางคือ 7 ถึง 14 °C และเส้นบางสุดคือ 21 ถึง 28 °C ช่วงระยะห่างของ contour คือ 7 °C ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ที่ผิวมีค่าตั้งแต่ -14 ถึง 14 m/s เส้นหนาสุดคือ -14 ถึง -8 m/s เส้นปานกลางคือ -6 ถึง -2 m/s และเส้นบางสุดคือ 2 ถึง 14 m/s ช่วงระยะห่างของ contour คือ 2 m/s ค่า geopotential height 500 hPa มีค่าตั้งแต่ 4940 – 5890 m เส้นหนาสุดคือ 4940-5220 m เส้นปานกลางคือ 5260-5540 m และเส้นบางสุดคือ 5580 - 5890 m ช่วงระยะห่างของ contour คือ 40 m แกนสีแดงในแถว (e) คือ trough axis

4.2.2 อภิปรายผลการศึกษา

สาเหตุที่เหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วันที่มีความถี่มากที่สุดมีทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางใต้ ตะวันออก และ ไม่มีผลต่อบริเวณใด เกิดจากลักษณะตัวแปรของบรรยากาศในระดับบนที่ 500 hPa คือค่า geopotential height ที่ระดับ 500 hPa ซึ่งแสดงความสูงของชั้นบรรยากาศที่ระดับ 500 hPa ว่าตรงไหนมีความสูงน้อยก็จะเรียกว่า trough ตรงไหนมีความสูงกว่าบริเวณอื่นๆเรียกว่า ridge โดยบริเวณที่มีความสูงน้อยเป็นเหมือนร่องเขาจะมีแกนที่เรียกว่า trough axis (Wang et al., 2009) พบว่าการเอียงและการเคลื่อนตัวของ trough axis ที่ระดับ 500 hPa เหนือประเทศญี่ปุ่นมีผลต่อทิศทางการของ cold surge ถ้า trough axis ไม่เอียงหรือเป็นแนวตรง cold surge จะมีทิศทางลงมาทางใต้ แต่ถ้า trough axis เอียงมากในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ(Northeast)-ตะวันตกเฉียงใต้ (Southwest) cold surge จะมีทิศทางไปทางตะวันออกไปที่ตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก(North Pacific) ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2

ขณะที่สาเหตุที่เหตุการณ์ strong cold surge อายุ 5 วันที่มีความถี่มากที่สุดมีทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางใต้และตะวันออก เกิดจากสาเหตุที่เหมือนกันกับ เหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วัน แต่ที่แตกต่างคือ ทั้ง 2 กรณีของเหตุการณ์มีค่า 500-hPa geopotential height ที่ประเทศญี่ปุ่นต่ำกว่าหรือมี trough ที่ประเทศญี่ปุ่นต่ำกว่า 2 กรณีแรกของวันสิ้นสุดของเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วัน (รูปที่ 4.9) เป็นเพราะว่า strong cold surge นั้นจะมีอากาศเย็นลงมาจากใต้มากกว่ากรณี cold surge เนื่องจากอากาศเย็นจะมีการขยายตัวได้น้อยกว่าอากาศร้อนดังนั้นความกดอากาศที่ระดับ 500 hPa จึงอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับอากาศร้อน เพราะฉะนั้นความลึกของ trough

ยิ่งลึกมาก ความแรงของ cold surge จะมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Wang et al., 2009) ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2

4.3 ความเชื่อมโยงของ cold surge กับปรากฏการณ์ที่แปรผันรายปี

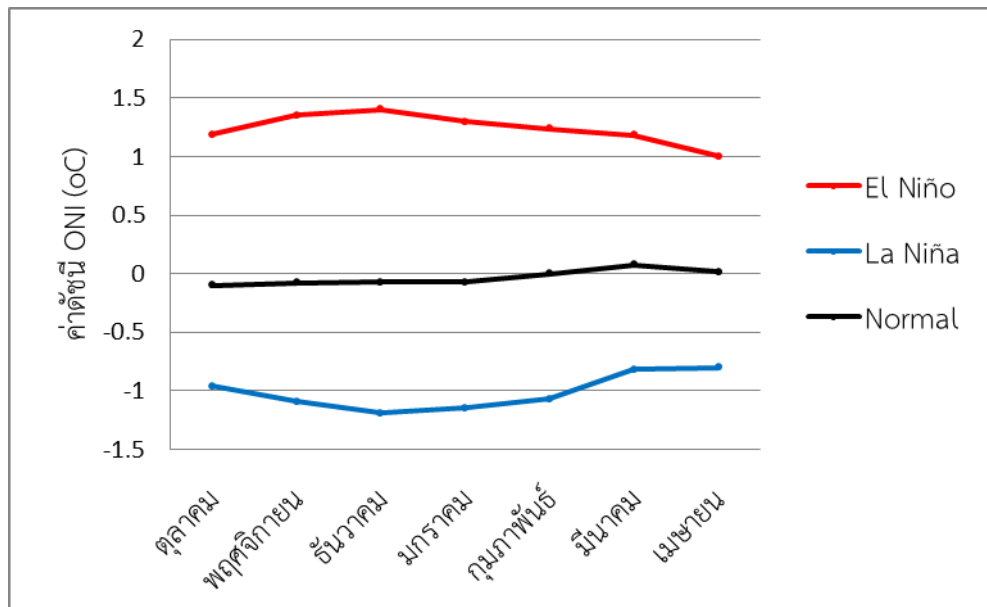
4.3.1 ผลการศึกษา

ในการหาความเชื่อมโยง ของ cold surge และ strong surge กับ ปรากฏการณ์ที่แปรผันรายปี (interannual variability) คือ ENSO (El Niño Southern Oscillation) ต้องกำหนดว่าตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980/81 – 2010/11 นั้นปีไหนเป็นปี El Niño, La Niña และปี Normal โดยใช้เงื่อนไขของดัชนี ONI รายเดือนทำให้กำหนดปี El Niño, La Niña และปี Normal ได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปี El Niño, La Niña, Normal โดยใช้เงื่อนไขของดัชนี ONI รายเดือน

El Niño	La Niña	Normal
1982/83	1984/85	1980/81
1986/87	1988/89	1981/82
1987/88	1995/96	1983/84
1991/92	1998/99	1985/86
1994/95	1999/00	1989/90
1997/98	2000/01	1990/91
2002/03	2005/06	1992/93
2009/10	2007/08	1993/94
	2008/09	1996/97
	2010/11	2001/02
		2003/04
		2004/05
		2006/07

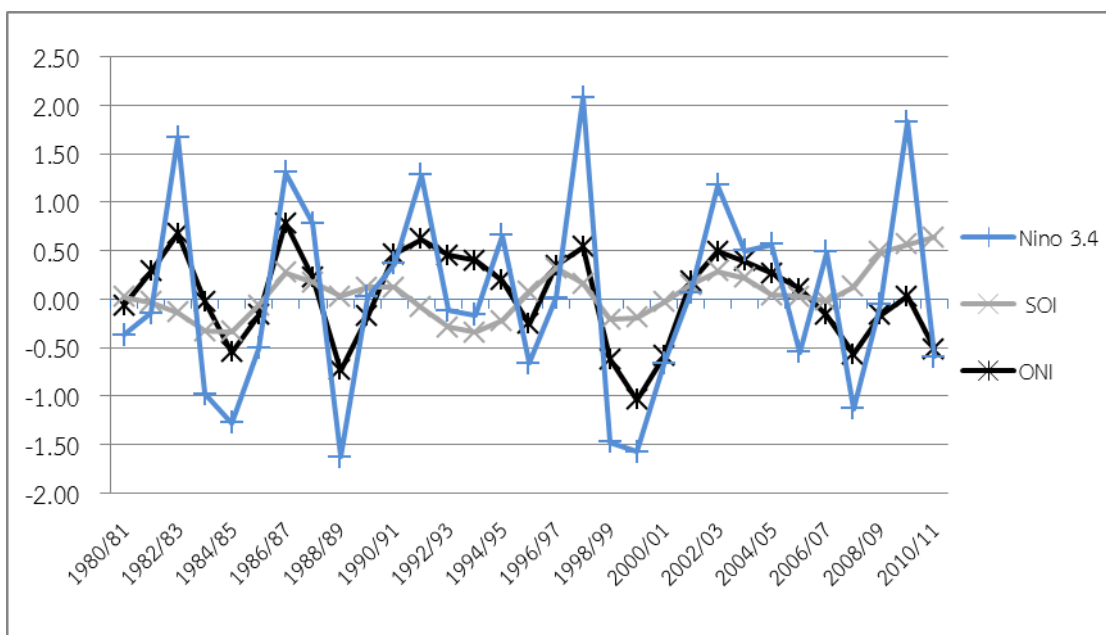
เมื่อนำค่าดัชนี ONI ในแต่ละเดือนมาหาค่าเฉลี่ยรายเดือนในปี El Niño, La Niña และปี Normal ทำให้ได้ค่า ดัชนี ONI เฉลี่ยรายเดือนในปี El Niño, La Niña และปี Normal ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ดัชนี ONI เฉลี่ยรายเดือนในปี El Niño, La Niña และปี Normal ปี ค.ศ.1980/81 – 2010/11

ดัชนี ONI เฉลี่ยรายเดือนในปี El Niño พบว่ามีค่าเป็นบวกมากในช่วงกลางฤดูมรสุม ดัชนี ONI เฉลี่ยรายเดือนในปี La Niña พบว่ามีค่าเป็นลบมากในช่วงกลางฤดูมรสุม ดัชนี ONI เฉลี่ยรายเดือนในปีปกติ พบว่ามีค่าเป็นลบเล็กน้อยในช่วงกลางฤดูมรสุม (รูปที่ 4.11)

นอกจากนี้เมื่อนำดัชนี ONI, Niño3.4 และ SOI รายเดือน มาเฉลี่ยเป็นค่าดัชนีรายปีพบว่า ดัชนี ONI และ Niño3.4 รายปีมีค่าความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน แต่มีลักษณะตรงกันข้ามกับค่าดัชนี SOI รายปีดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ดัชนี ONI, Niño3.4 และ SOI รายปี ค.ศ. 1980/81-2010/11

เมื่อนำค่าดัชนี ONI เฉลี่ยรายเดือน มาเฉลี่ยเป็นรายปี ตั้งแต่ปี 1980/81-2010/11 มาหาความสัมพันธ์กับจำนวน cold surge และ strong cold surge ทั้งหมดรายปีพบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ 0.19 และ 0.01 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.13 และเมื่อนำค่าดัชนี ONI ที่ล่วงหน้าไป 1 ปี (lead 1 ปี) มาหาความสัมพันธ์กับจำนวน cold surge ทั้งหมดรายปี พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ -0.0961 เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มาทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติด้วยค่า P-value ของค่าสถิติ t ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.607 และ 0.307 ตามลำดับ

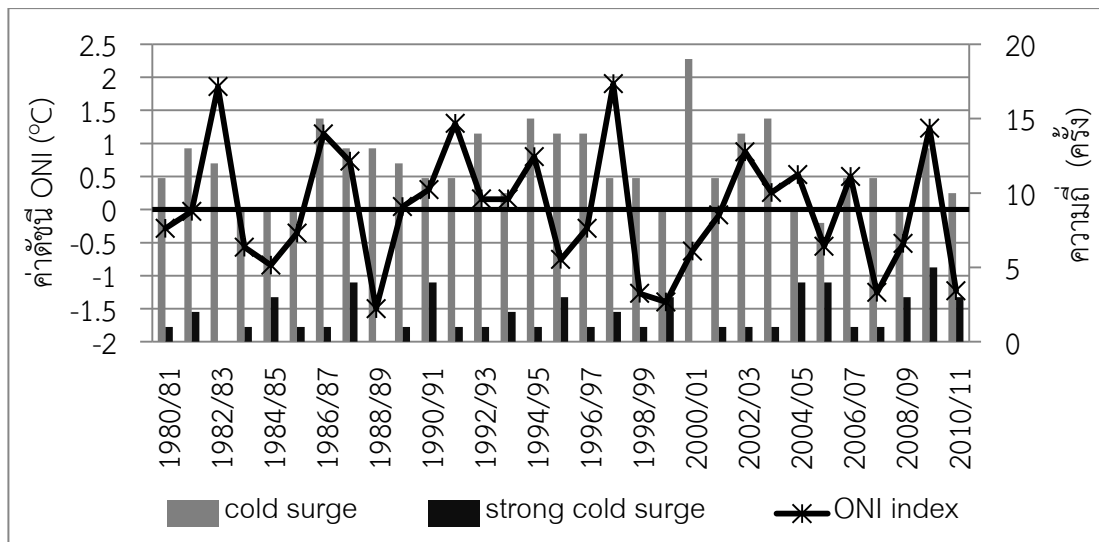
เมื่อนำค่าดัชนี Niño3.4 ที่ล่วงหน้าไป 1 ปี (lead 1 ปี) ไปจนถึงไม่มีการทำดัชนี Niño3.4 รายปีที่ล่วงหน้า (ไม่มี lead รายปี) มาหาความสัมพันธ์กับจำนวน cold surge ทั้งหมดรายปี พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ -0.0627 และ 0.227 ตามลำดับ เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มาทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติด้วยค่า P-value ของค่าสถิติ t ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.737 และ 0.220 ตามลำดับ

เมื่อนำค่าดัชนี SOI ที่ล่วงหน้าไป 1 ปี (lead 1 ปี) ไปจนถึงไม่มีการทำดัชนี SOI รายปีที่ล่วงหน้า (ไม่มี lead รายปี) มาหาความสัมพันธ์กับจำนวน cold surge ทั้งหมดรายปี พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ 0.0836 และ -0.104 ตามลำดับ เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มาทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติด้วยค่า P-value ของค่าสถิติ t ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.655 และ 0.580 ตามลำดับ

เมื่อนำค่าดัชนี ONI รายเดือน ที่ล่วงหน้าไปตั้งแต่ 6 เดือน (lead 6 เดือน) ไปจนถึงไม่มีการทำดัชนี ONI รายเดือนที่ล่วงหน้า (ไม่มี lead รายเดือน) มาหาความสัมพันธ์กับจำนวน cold surge ทั้งหมดรายปี พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ 0.019, 0.057, 0.082, 0.092, 0.0851, 0.08 และ 0.091 ตามลำดับ เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มาทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติด้วยค่า P-value ของค่าสถิติ t ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.7799, 0.4033, 0.2268 0.1775, 0.2116, 0.2406 และ 0.1812 ตามลำดับ

เมื่อนำค่าดัชนี Niño3.4 รายเดือน ที่ล่วงหน้าไปตั้งแต่ 6 เดือน (lead 6 เดือน) ไปจนถึงไม่มีการทำดัชนี Niño3.4 รายเดือนที่ล่วงหน้า (ไม่มี lead รายเดือน) มาหาความสัมพันธ์กับจำนวน cold surge ทั้งหมดรายปี พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ 0.0104, 0.0477, 0.0998 , 0.0997 ,0.069 ,0.081 และ 0.093 ตามลำดับ เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มาทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติด้วยค่า P-value ของค่าสถิติ t ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.8787, 0.4858, 0.1429, 0.1434, 0.3117, 0.234 และ 0.1725 ตามลำดับ

เมื่อนำค่าดัชนี SOI รายเดือน ที่ล่วงหน้าไปตั้งแต่ 6 เดือน (lead 6 เดือน) ไปจนถึงไม่มีการทำดัชนี SOI รายเดือนที่ล่วงหน้า (ไม่มี lead รายเดือน) มาหาความสัมพันธ์กับจำนวน cold surge ทั้งหมดรายปี พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ -0.0425, -0.0379, -0.0301, 0.0035, -0.0123, -0.1074, 0.0012 ตามลำดับ เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มาทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติด้วยค่า P-value ของค่าสถิติ t ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.5334, 0.5787, 0.6596, 0.9593, 0.8572, 0.1147 และ 0.986 ตามลำดับ



รูปที่ 4.13 จำนวน cold surge และ strong cold surge ทั้งหมดรายปี (ครั้ง) เปรียบเทียบกับ ค่าดัชนี ONI (Oceanic Niño Index) ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11

เมื่อนำค่าดัชนี ONI เฉลี่ยรายเดือน มาเฉลี่ยเป็นรายปี ตั้งแต่ปี 1980/81-2010/11 มาหาความสัมพันธ์กับ จำนวน cold surge ทั้งหมดรายปีที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward), ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือและมีผลต่อประเทศจีน (eastward) และมีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว (others) นั้นมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ -0.0377, 0.36 และ 0.18 ตามลำดับ (รูปที่ 4.14, 4.15, 4.16)

เมื่อนำค่าดัชนี ONI ที่ล่วงหน้าไป 1 ปี (lead 1 ปี) มาหาความสัมพันธ์กับจำนวน cold surge ทั้งหมดที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) รายปี พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ 0.065 เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มาทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติด้วยค่า P-value ของค่าสถิติ t ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.728 และ 0.841ตามลำดับ

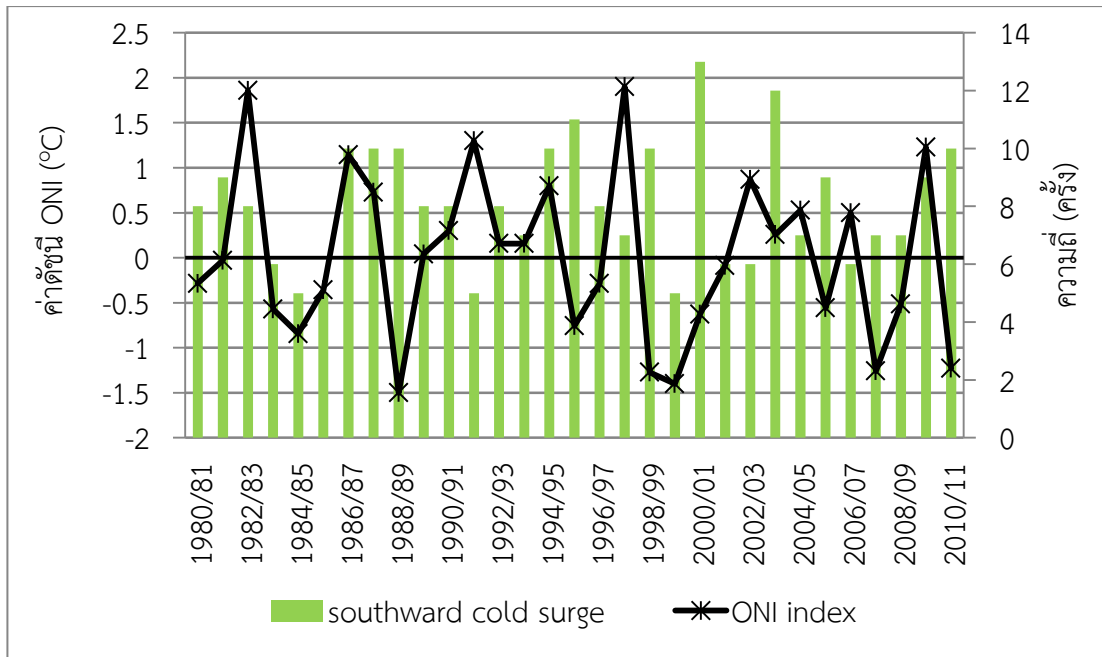
เมื่อนำค่าดัชนี Niño3.4 ที่ล่วงหน้าไป 1 ปี (lead 1 ปี) ไปจนถึงไม่มีการทำดัชนี Niño3.4 รายปีที่ล่วงหน้า (ไม่มี lead รายปี) มาหาความสัมพันธ์กับจำนวน cold surge ทั้งหมดที่ลงมาทางใต้ และมีผลต่อประเทศไทย (southward) รายปี พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ 0.2636 และ -0.0808 ตามลำดับ เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของมาทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติด้วยค่า P-value ของค่าสถิติ t ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.152 และ 0.666ตามลำดับ

เมื่อนำค่าดัชนี SOI ที่ล่วงหน้าไป 1 ปี (lead 1 ปี) ไปจนถึงไม่มีการทำดัชนี SOI รายปีที่ล่วงหน้า (ไม่มี lead รายปี) มาหาความสัมพันธ์กับจำนวน cold surge ทั้งหมดที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) รายปี พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ 0.0521 และ 0.1622 ตามลำดับ เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มาทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติด้วยค่า P-value ของค่าสถิติ t ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.781 และ 0.383 ตามลำดับ

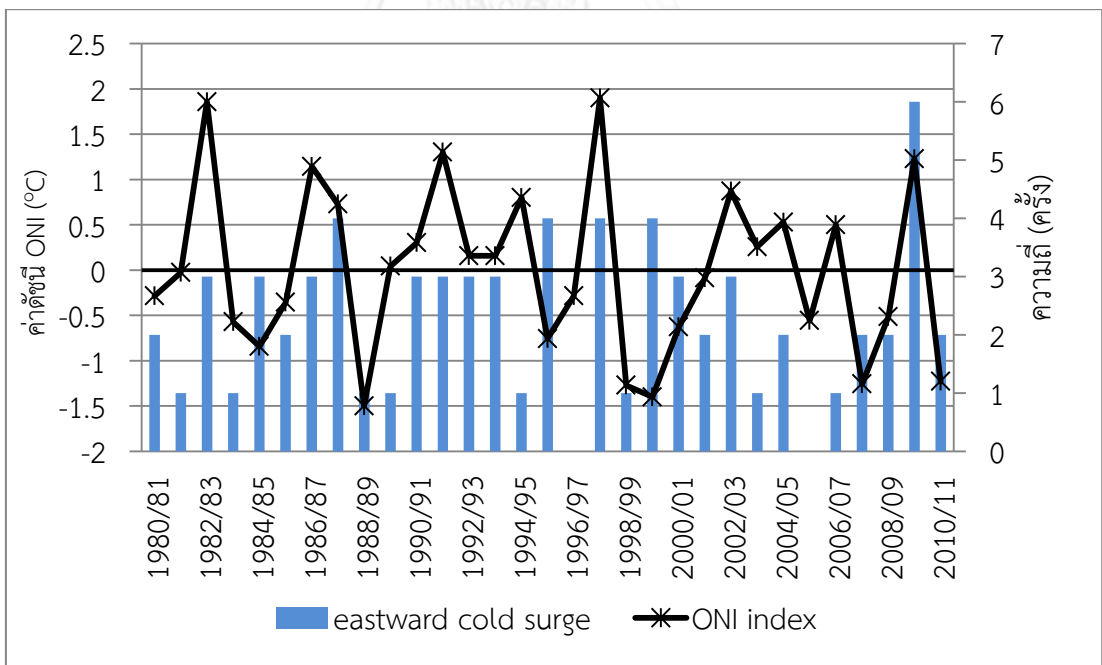
เมื่อนำค่าดัชนี ONI รายเดือน ที่ล่วงหน้าไปตั้งแต่ 6 เดือน (lead 6 เดือน) ไปจนถึงไม่มีการทำดัชนี ONI รายเดือนที่ล่วงหน้า (ไม่มี lead รายเดือน) มาหาความสัมพันธ์กับจำนวน cold surge ทั้งหมดที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) รายปี พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ -0.0261, -0.0145, -0.0098, -0.0118, -0.0285 -0.0493 และ -0.0494 ตามลำดับ เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มาทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติด้วยค่า P-value ของค่าสถิติ t ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.7025, 0.8321, 0.886, 0.8632, 0.6761, 0.4697 และ 0.4693 ตามลำดับ

เมื่อนำค่าดัชนี Niño3.4 รายเดือน ที่ล่วงหน้าไปตั้งแต่ 6 เดือน (lead 6 เดือน) ไปจนถึงไม่มีการทำดัชนี Niño3.4 รายเดือนที่ล่วงหน้า (ไม่มี lead รายเดือน) มาหาความสัมพันธ์กับจำนวน cold surge ทั้งหมดที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) รายปี พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ -0.0302, -0.0256, 0.0067, -0.0067, -0.044 -0.0411 และ -0.0513 ตามลำดับ เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มาทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติด้วยค่า P-value ของค่าสถิติ t ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.6582 0.7078 0.9216 0.9213 0.5187 0.5473 และ 0.4519 ตามลำดับ

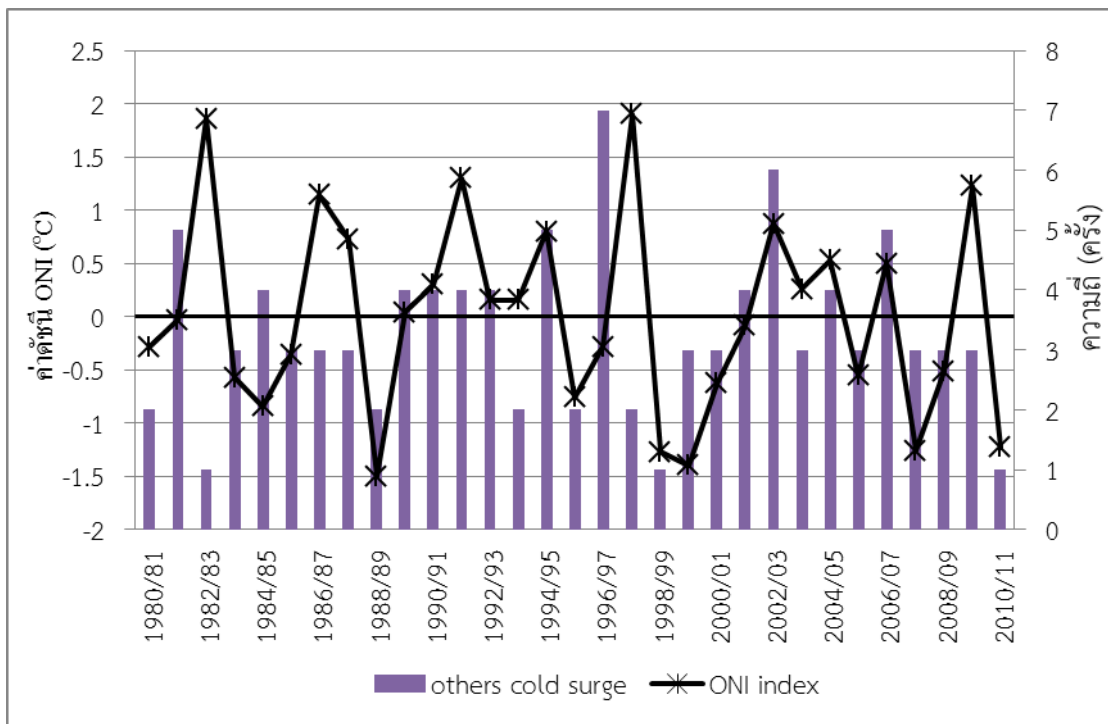
เมื่อนำค่าดัชนี SOI รายเดือน ที่ล่วงหน้าไปตั้งแต่ 6 เดือน (lead 6 เดือน) ไปจนถึงไม่มีการทำดัชนี SOI รายเดือนที่ล่วงหน้า (ไม่มี lead รายเดือน) มาหาความสัมพันธ์กับจำนวน cold surge ทั้งหมดที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) รายปี พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ 0.0455, 0.0664, 0.1009, 0.0832, 0.075, 0.0527 และ 0.1236 ตามลำดับ เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มาทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติด้วยค่า P-value ของค่าสถิติ t ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.505, 0.33, 0.1386, 0.2225, 0.2669, 0.4397, 0.0692 ตามลำดับ



รูปที่ 4.14 จำนวน cold surge และ strong cold surge ที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) รายปี (ครั้ง) เปรียบเทียบกับ ค่าดัชนี ONI (Oceanic Niño Index) ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11



รูปที่ 4.15 จำนวน cold surge และ strong cold surge ที่ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือและมีผลต่อประเทศจีน (eastward) รายปี (ครั้ง) เปรียบเทียบกับ ค่าดัชนี ONI (Oceanic Niño Index) ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11

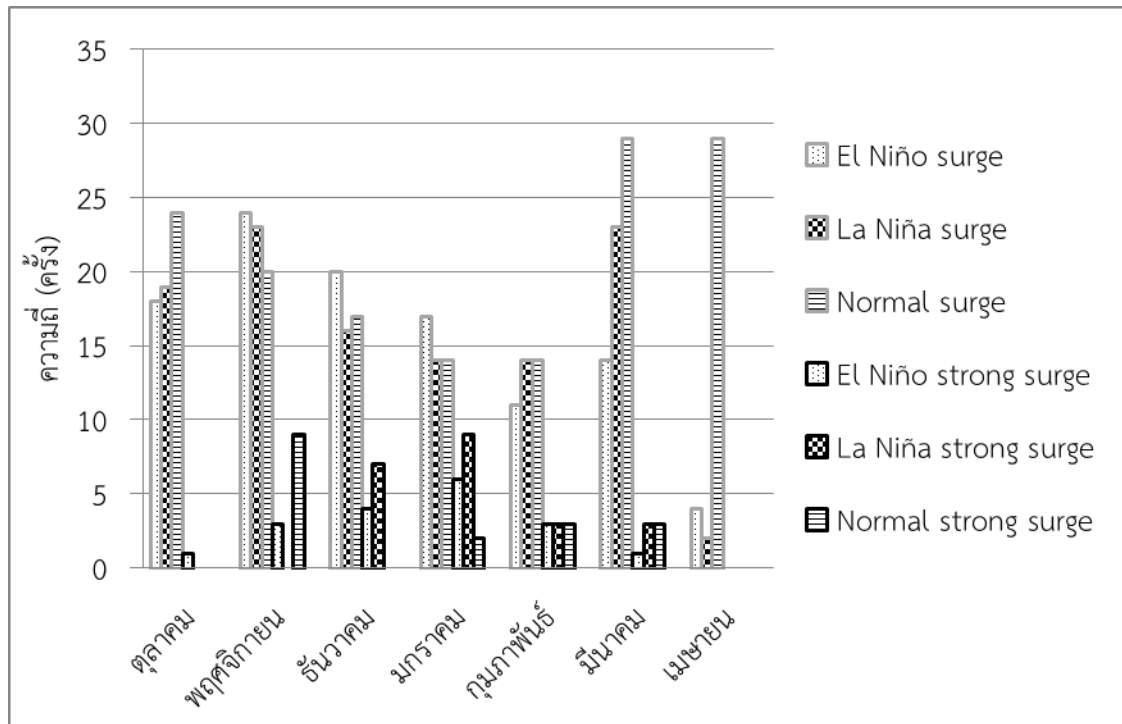


รูปที่ 4.16 จำนวน cold surge และ strong cold surge ที่มีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว (others) รายปี (ครั้ง) เปรียบเทียบกับ ค่าดัชนี ONI (Oceanic Niño Index) ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ.1980/81-2010/11

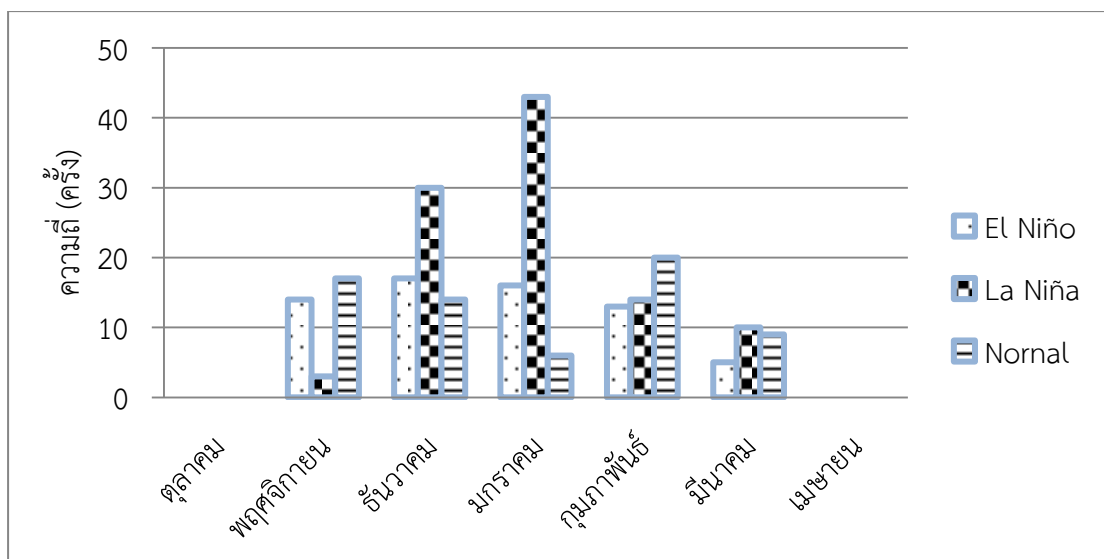
พิจารณาความถี่ cold surge รายเดือน (รูปที่ 4.17) พบว่า ในเดือนพฤศจิกายน-มกราคม ความถี่ cold surge เกิดในเหตุการณ์ El Niño มากกว่า La Niña และ ปีปกติ ในเดือนตุลาคม และ มีนาคม ความถี่ cold surge เกิดในเหตุการณ์ La Niña มากกว่า El Niño แต่น้อยกว่าปีปกติ ช่วงต้นและปลายฤดูมรสุมเช่นเดือนตุลาคม ,มีนาคม และเมษายนเหตุการณ์ El Niño , La Niña จะอ่อนกำลังลง ดังรูปที่ 4.17

พิจารณาความถี่ strong cold surge รายเดือน (รูปที่ 4.17) พบว่า เดือนมกราคมเป็นช่วงที่มีความถี่ของ strong cold surge ในปี La Niña มากที่สุด ส่วนในเดือนที่เป็นต้นฤดูและปลายฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ strong cold surge ในปี El-Niño และ ปี La-Niña จะค่อยๆน้อยลงไปเรื่อยๆ ตามความแรงของ Siberian height รายเดือน (รูปที่ 4.4)

การแจกแจงความถี่รายเดือนของจำนวนวันที่ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางบริเวณไซบีเรียที่มีค่ามากกว่า 1050 hPa ในรอบ 30 ปี (ค.ศ.1980/81-2010/11) ออกเป็นปีเหตุการณ์ El Niño , La Niña และปีปกติ ที่พบว่า ความแรงของ cold surge ในช่วงกลางฤดูจะมากที่สุดและส่วนใหญ่จะเกิดในช่วงที่เป็นปรากฏการณ์ La Niña (รูปที่ 4.18)



รูปที่ 4.17 จำนวน cold surge และ strong cold surge ทั้งหมดรายเดือน (ครั้ง) ในปี El Niño, La Niña และ ปกติในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11

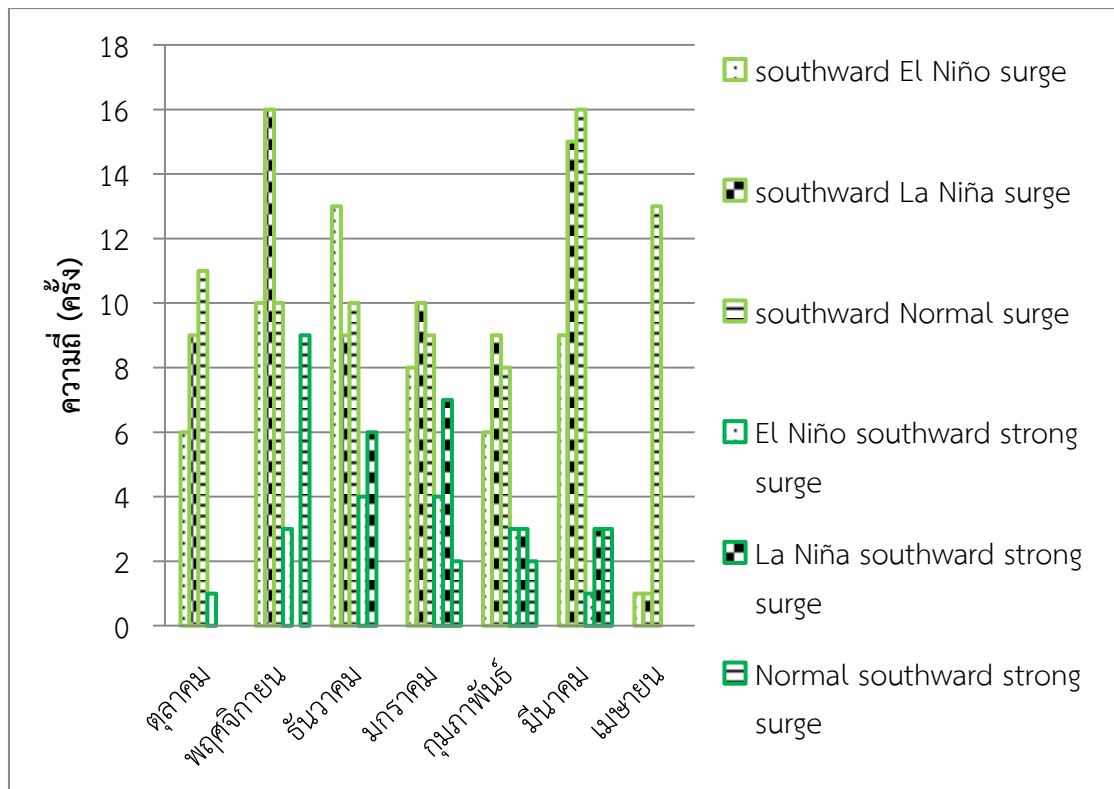


รูปที่ 4.18 การแจกแจงความถี่รายเดือนของจำนวนวันที่ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณไซบีเรีย (Siberia) ที่มีค่ามากกว่า 1050 hPa ในรอบ 30 ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11 ในปี El Niño, La Niña และ ปกติ

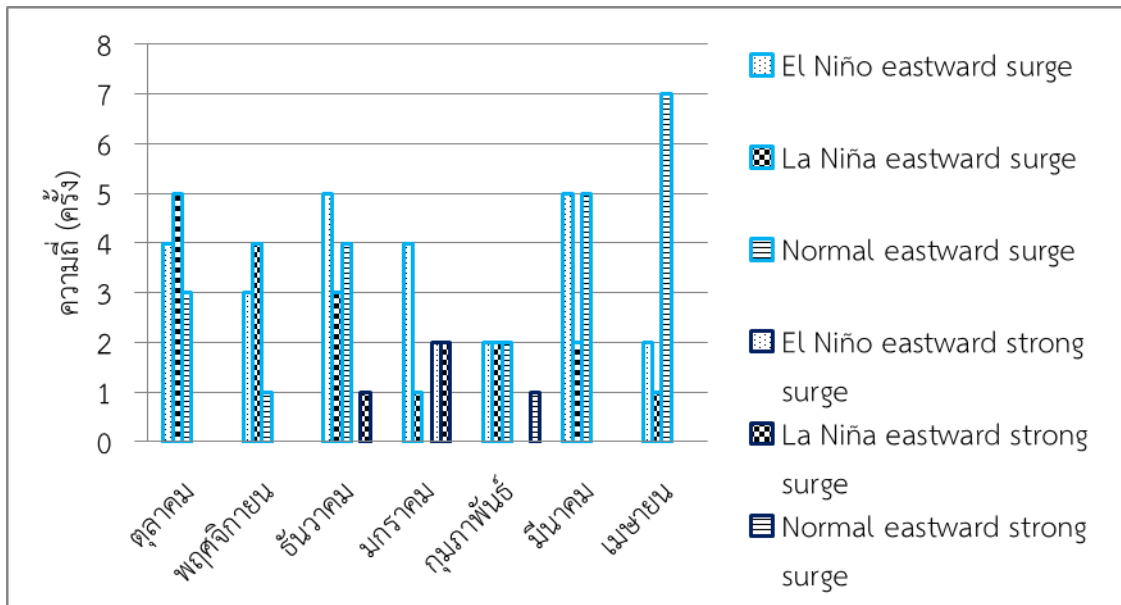
พิจารณาความถี่ cold surge ที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) รายเดือน พบว่าในเกือบทุกฤดู ความถี่ cold surge ประเภทดังกล่าวจะเกิดในปี La Niña มากกว่าปีปกติ และ El Niño ตามลำดับ ยกเว้นช่วงต้นและปลายฤดูในเดือนตุลาคม, มีนาคมและเมษายน ที่ความถี่ในปีปกติ จะมากกว่า ในปี La Niña และ El Niño ตามลำดับ (รูปที่ 4.19)

พิจารณาความถี่ cold surge ที่ไปทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน (eastward) รายเดือน พบว่า ส่วนใหญ่ความถี่ cold surge ประเภทดังกล่าวจะเกิดในปี El Niño มากกว่าปีปกติและ La Niña ตามลำดับ ยกเว้นช่วงปลายฤดูในเดือนมีนาคมและเมษายน ที่ความถี่ในปีปกติ จะมากกว่า ในปี El Niño และ La Niña ตามลำดับ (รูปที่ 4.20)

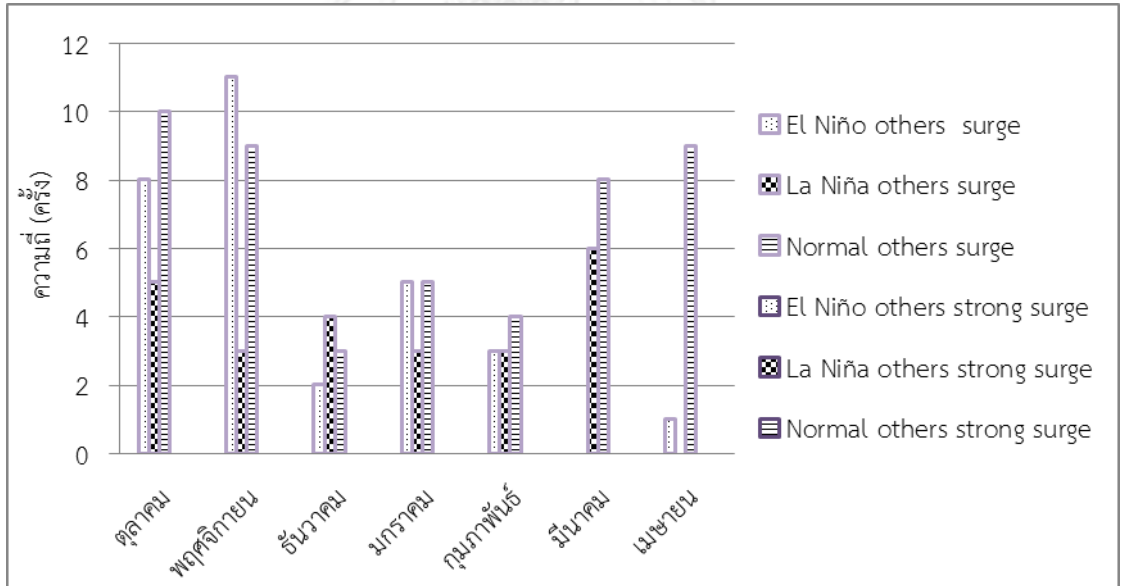
และเมื่อพิจารณาความถี่ cold surge ที่มีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว (others) รายเดือน พบว่า ส่วนใหญ่ความถี่ cold surge ประเภทดังกล่าวจะเกิดในปี El Niño มากกว่าปีปกติและ La Niña ตามลำดับ ยกเว้นช่วงต้นและปลายฤดูในเดือนมีนาคมและเมษายน ที่ความถี่ในปีปกติ จะมากกว่า ในปี El Niño และ La Niña ตามลำดับ (รูปที่ 4.21)



รูปที่ 4.19 จำนวน cold surge และ strong cold surge ที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) รายเดือน (ครั้ง) ในปี El Niño, La Niña และ ปกติ ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11

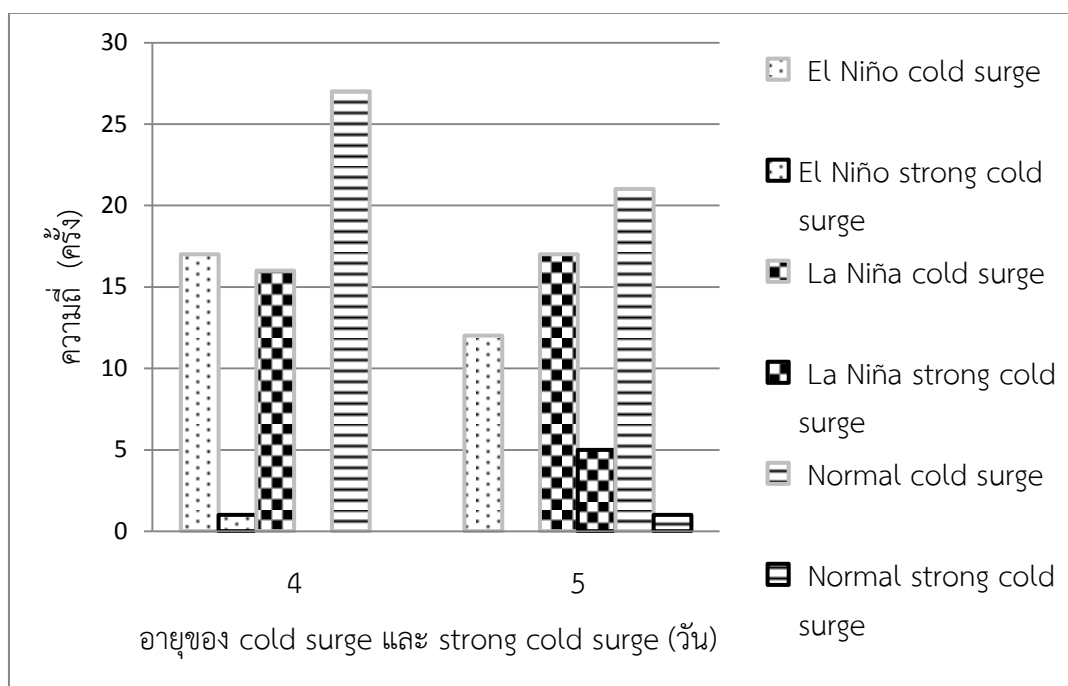


รูปที่ 4.20 จำนวน cold surge และ strong cold surge ที่ไปทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน (eastward) รายเดือน (ครั้ง) ในปี El Niño, La Niña และ ปกติ ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11



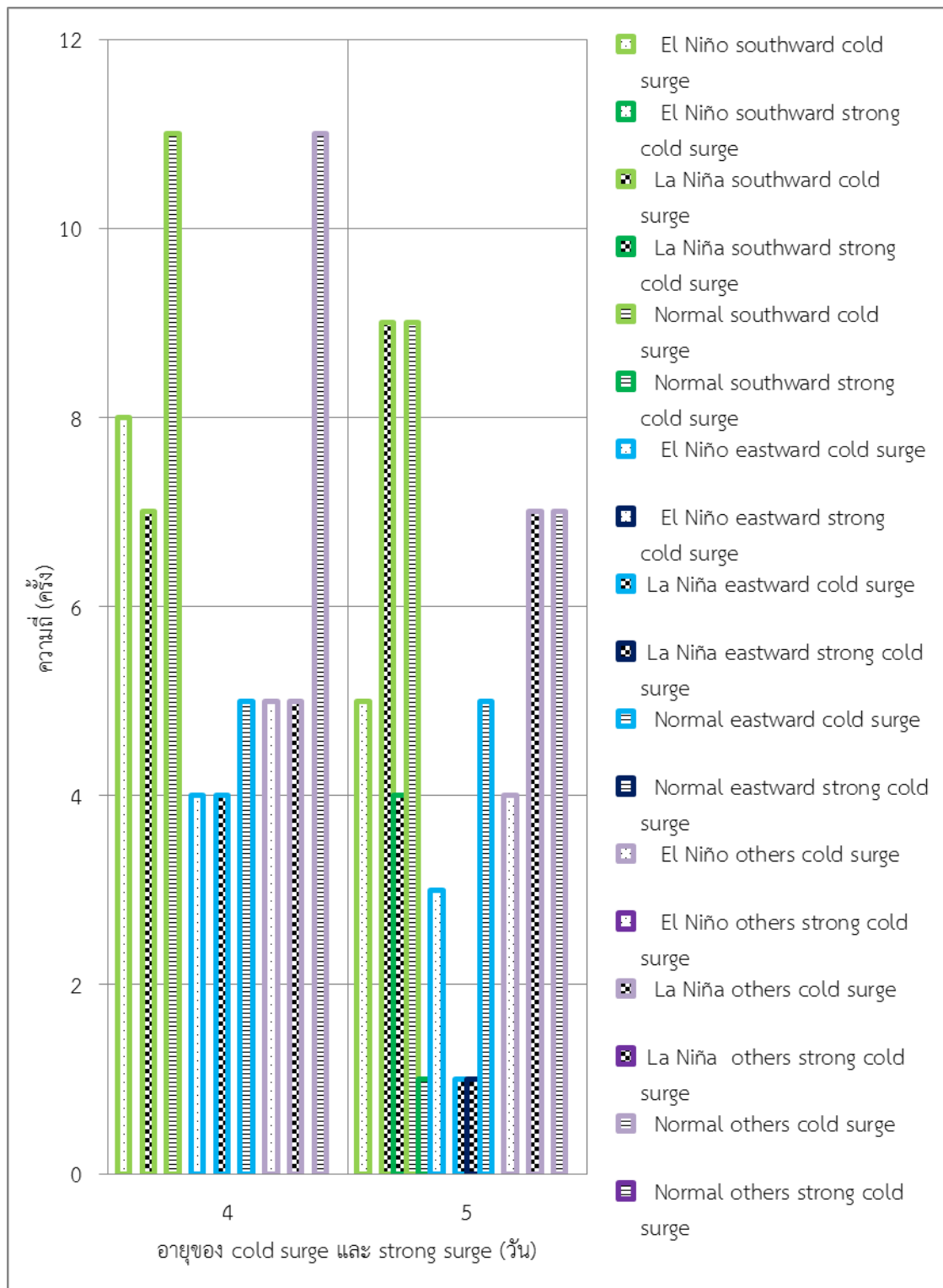
รูปที่ 4.21 จำนวน cold surge และ strong cold surge ที่มีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว (others) รายเดือน (ครั้ง) ในปี El Niño, La Niña และ ปกติ ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ตุลาคม-เมษายน) ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11

ความถี่ของเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วัน ซึ่งพบได้มากที่สุดที่มีความถี่ในปีปกติมากที่สุด รองลงมาคือ ในปี El Niño และ La Niña ตามลำดับ ขณะที่ cold surge อายุ 5 วันซึ่งพบได้รองลงมา มีความถี่ในปีปกติมากที่สุด รองลงมาคือ ในปี La Niña และ El Niño ตามลำดับ (รูปที่ 4.22) ความถี่ของเหตุการณ์ strong cold surge อายุ 5 วัน ซึ่งพบได้มากที่สุดที่มีความถี่ในปี La Niña มากกว่าปี Normal (รูปที่ 4.22)



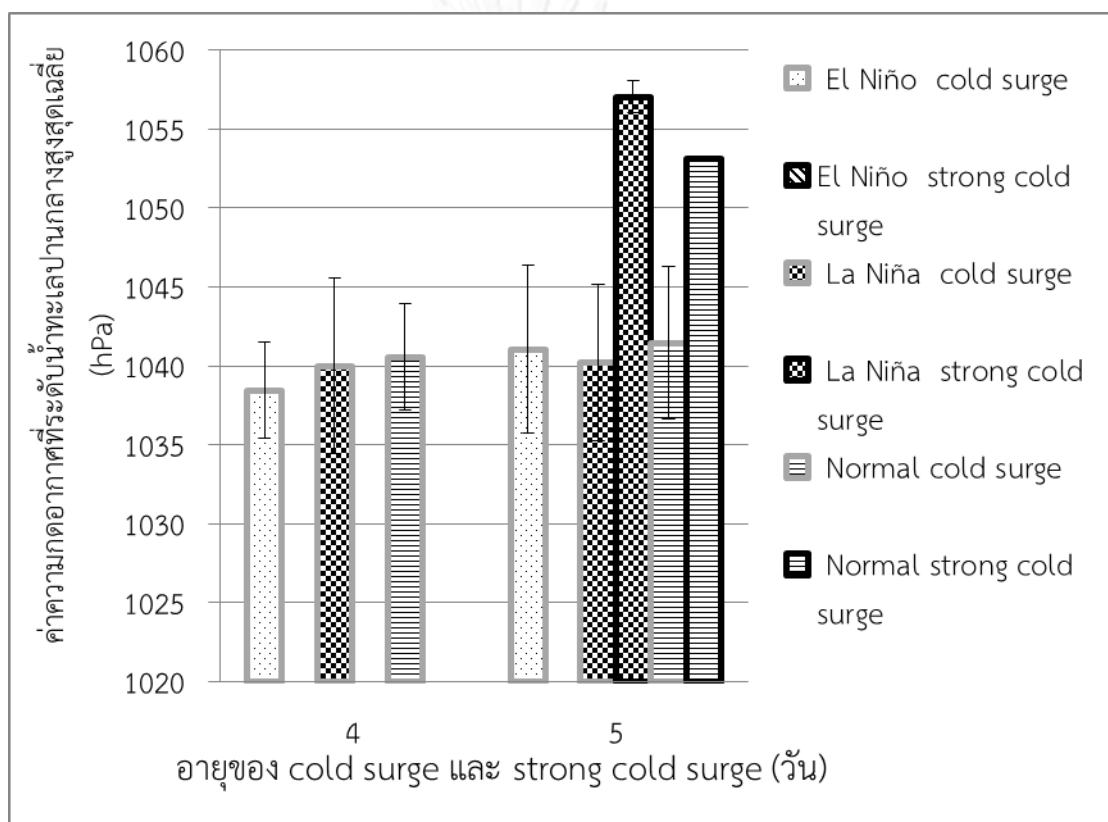
รูปที่ 4.22 ความถี่ของเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge อายุ 4-5 วัน ในรอบ 30 ปี (ค.ศ 1980/81-2010/11) ในปี El Niño , La Niña และ ปีปกติ

ความถี่ของเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วัน ซึ่งพบได้มากที่สุดทั้งที่ไปทางใต้ ตะวันออก และไม่มีผลต่อบริเวณใด มีความถี่ในปีปกติมากที่สุด รองลงมาคือ ในปี El Niño และ La Niña ตามลำดับ ขณะที่ cold surge อายุ 5 วันซึ่งพบได้รองลงมา ทั้งที่ไปทางใต้ ตะวันออกและมีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว มีความถี่ในปีปกติมากที่สุด รองลงมาคือ ในปี El Niño และ La Niña ตามลำดับเช่นกัน (รูปที่ 4.23) ความถี่ของเหตุการณ์ strong cold surge อายุ 5 วัน ซึ่งพบได้มากที่สุดที่ลงมาทางใต้มีความถี่ในปี La Niña มากกว่าปี Normal (รูปที่ 4.23) ความถี่ของเหตุการณ์ strong cold surge อายุ 5 วัน ที่ไปทางตะวันออก มีแค่เหตุการณ์เดียวคือในปี La Niña



รูปที่ 4.23 ความถี่ของเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge ในแต่ละประเภทที่แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ อายุ 4-5 วัน ในรอบ 30 ปี (ค.ศ 1980/81-2010/11) ในปี El Niño, La Niña และ ปกติ

ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียหรือแหล่งกำเนิดของเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วัน ซึ่งพบได้มากที่สุด มีค่าดังกล่าวในปีปกติมากที่สุด รองลงมาคือ ในปี La Niña และ El Niño ตามลำดับ ขณะที่ cold surge อายุ 5 วันซึ่งพบได้รองลงมา มีค่าดังกล่าวในปีปกติมากที่สุด รองลงมาคือ ในปี El Niño และ La Niña ตามลำดับ (รูปที่ 4.24) ขณะที่ ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียหรือแหล่งกำเนิดเหตุการณ์ strong cold surge อายุ 5 วัน ซึ่งพบได้มากที่สุด มีค่าในปี La Niña มากกว่าปี Normal (รูปที่ 4.24)

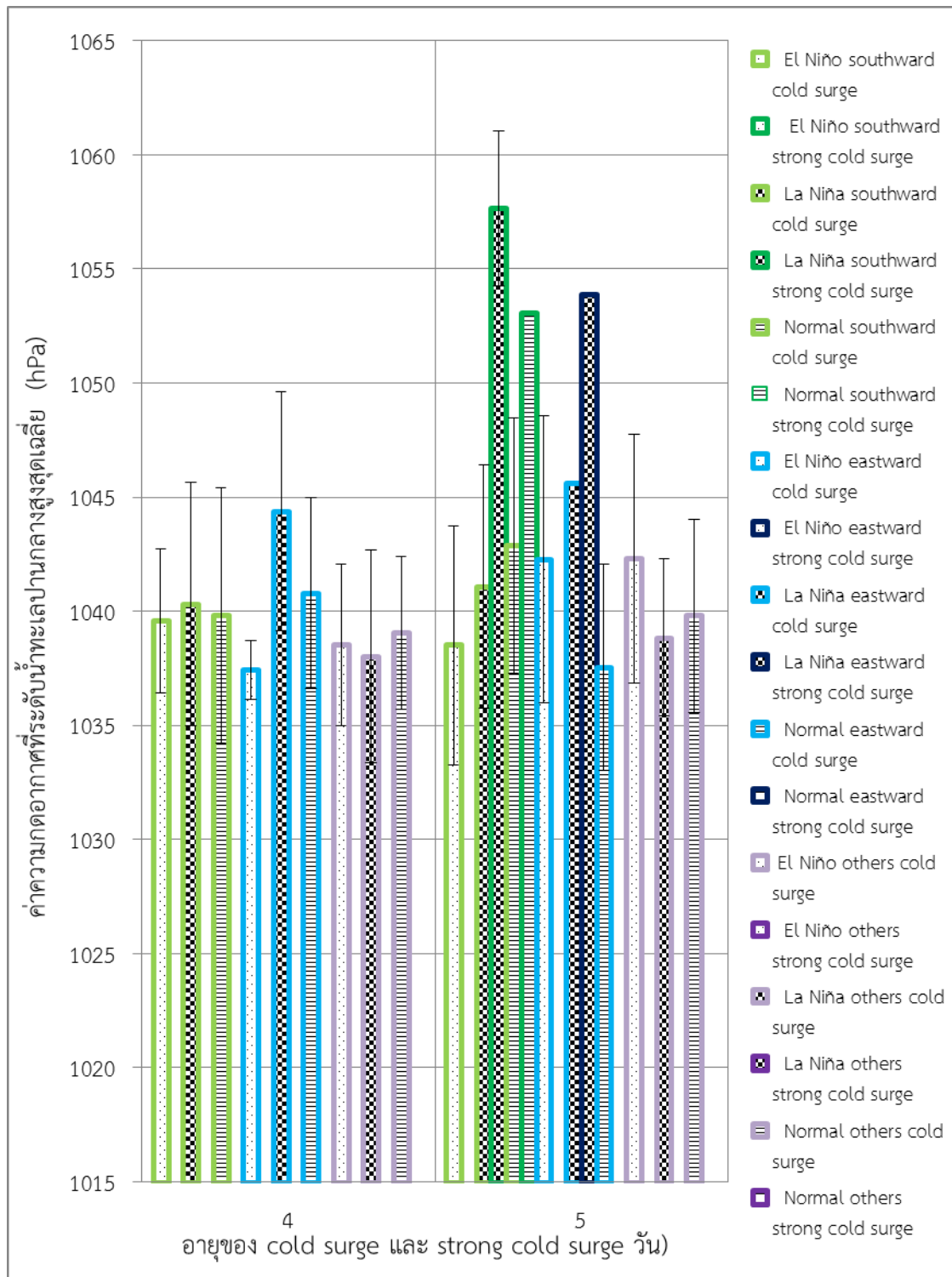


รูปที่ 4.24 ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ย (หน่วย hPa) และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยของเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge อายุ 4-5 วัน ในรอบ 30 ปี (ค.ศ. 1980/81-2010/11) ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ

ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียหรือแหล่งกำเนิดของเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วัน ซึ่งพบได้มากที่สุด ที่ไปทางใต้และตะวันออก มีค่าดังกล่าวในปี La Niña มากที่สุด รองลงมาคือ ในปี Normal และ El Niño ตามลำดับ (รูปที่ 4.25) ขณะที่ประเภทมีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว มีค่าดังกล่าวในปีปกติมากที่สุด รองลงมาคือ ในปี El Niño

และ La Niña ตามลำดับ (รูปที่ 4.25) ขณะที่ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียหรือแหล่งกำเนิดของเหตุการณ์ cold surge อายุ 5 วัน ซึ่งพบได้รองลงมา ที่ไปทางใต้มีค่าดังกล่าวในปีปกติ มากที่สุด รองลงมาคือ ในปี La Niña และ El Niño ตามลำดับ ขณะที่ประเภทไปทางตะวันออก มีค่าดังกล่าวในปี La Niña มากที่สุด รองลงมาคือ ในปี El Niño และปีปกติตามลำดับ และประเภทมีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าวมีค่าดังกล่าวในปี La Niña มากที่สุด รองลงมาคือ ในปี El Niño และปีปกติตามลำดับ (รูปที่ 4.25)

ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียหรือแหล่งกำเนิดของเหตุการณ์ strong cold surge อายุ 5 วัน ซึ่งพบได้มากที่สุดที่ลงมาทางใต้มีค่าดังกล่าวในปี La Niña มากกว่าปี Normal (รูปที่ 4.25) ขณะที่ ค่าดังกล่าวของเหตุการณ์ strong cold surge อายุ 5 วัน ที่ไปทางตะวันออก มีแค่เหตุการณ์เดียวคือในปี La Niña



รูปที่ 4.25 ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ย (หน่วย hPa) และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยของเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge ในแต่ละประเภทที่แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่อายุ 4-5 วัน ในรอบ 30 ปี (ค.ศ. 1980/81-2010/11) ในปี El Niño, La Niña และ ปกติ

4.3.2 อภิปรายผลการศึกษา

สาเหตุที่ดัชนี ONI และ Niño3.4 รายปีมีค่าความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน แต่ตรงกันข้ามกันกับค่าดัชนี SOI ในรูปที่ 4.12 เพราะว่า เมื่อเกิด El Niño (La Niña) อุณหภูมิบริเวณกลางแปซิฟิกจะสูง (ต่ำ) ค่าดัชนี ONI และ Niño3.4 เป็นบวก (ลบ) ทำให้ความกดอากาศบริเวณ Tahiti ต่ำลง (สูงขึ้น) และ Darwin สูงขึ้น (ต่ำลง) ดังนั้นค่า SOI จะเป็นลบ (บวก) ทำให้เกิดลมจากทิศตะวันตก (ออก) ที่กลางแปซิฟิก เนื่องจากกระบวนการ walker circulation

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี ONI เฉลี่ยรายปี กับจำนวน cold surge และ strong cold surge ทั้งหมดรายปี ตั้งแต่ปี 1980/81-2010/11 พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เป็นบวกคือเท่ากับ 0.19 และ 0.01 ตามลำดับ (รูปที่ 4.13) ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ (Zhang et al., 1997) ที่กล่าวไว้ว่า ถ้าปีใดมีค่า SOI สูง (La Niña) ปีนั้นจะเกิด cold surge บ่อยและถ้าค่า SOI ต่ำ (El Niño) จะเกิด cold surge ไม่บ่อย แต่ค่อนข้างสอดคล้องกับการศึกษาของ (Chen, Huang, & Yoon, 2004) ที่พบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน cold surge รายปีในปี 1979/80-1999/00 กับค่า Niño3.4 SST ที่พบว่ามีค่าดังกล่าวเท่ากับ 0.86 ซึ่งตรงข้ามกับการศึกษาของ (Zhang et al., 1997) และเมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี ONI เฉลี่ยรายปีแบบล่วงหน้า 1 ปี (lead 1 ปี) กับจำนวน cold surge ทั้งหมดรายปีมีค่าเท่ากับ -0.0961 ซึ่งตรงกับการศึกษาของ (Zhang et al., 1997) แต่ถ้าพิจารณาแบบไม่มีล่วงหน้า จะพบว่ามีค่าเท่ากับ 0.19 ซึ่งค่อนข้างสอดคล้องกับการศึกษาของ (Chen et al., 2004) ผลที่ได้คล้ายกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี Niño3.4 เฉลี่ยรายปีแบบล่วงหน้า 1 ปี (lead 1 ปี) และแบบไม่มีลหน้ารายปีกับจำนวน cold surge ทั้งหมดรายปี แต่ตรงกันข้ามกับค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี SOI เฉลี่ยรายปีแบบล่วงหน้า 1 ปี (lead 1 ปี) และแบบไม่มีลหน้ารายปีกับจำนวน cold surge ทั้งหมดรายปี เพราะฉะนั้นนิยาม cold surge ของ (Zhang et al., 1997) ใช้เงื่อนไขตัวแปรที่ทวีปเอเชียตะวันออกและตัวแปรลมเหนือที่ตอนเหนือของทะเลจีนใต้เท่านั้น แต่ของ (Chen et al., 2004) ใช้เงื่อนไขของ cold surge short wave trains พิจารณาเพิ่มเติม และการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี ONI, Niño3.4, SOI รายเดือนแบบล่วงหน้า 6 เดือน (lead 6 เดือน) ไปจนถึงแบบไม่มีลหน้ารายเดือน กับจำนวน cold surge ทั้งหมดรายเดือนให้ผลคล้ายกับ กรณีความสัมพันธ์แบบรายปีของ ONI, Niño3.4, SOI กับจำนวน cold surge ทั้งหมดรายปี แต่อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์แบบรายปีและรายเดือนของ ONI, Niño3.4, SOI กับจำนวน cold surge ทั้งหมดรายปีและรายเดือนยังไม่มีนัยสำคัญเพราะค่า P-value ของค่าความสัมพันธ์แล้วมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้น จำนวน cold surge รายปีกับรายเดือน และ strong cold surge รายปีที่ได้จากการศึกษาข้างไม่ได้จำแนกตามทิศทางการเคลื่อนที่ ซึ่งปรากฏการณ์ ENSO อาจมีอิทธิพลต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของ cold surge ดังนั้นจึงต้องหา

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี ONI เฉลี่ยรายปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11 กับ จำนวน cold surge ตามทิศทางการเคลื่อนที่รายปีเพิ่มเติมด้วย

การที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างค่าดัชนี ONI เฉลี่ยรายปี กับความถี่ของ cold surge ทั้งหมดรายปีที่ได้และมียผลต่อประเทศไทย (southward) เป็นลบเท่ากับ -0.037 เพราะว่าเมื่อค่าดัชนี ONI มีค่าติดลบหรือเกิดปรากฏการณ์ La Niña แล้ว อุณหภูมิ น้ำทะเลที่แปซิฟิกตะวันตกจะสูงขึ้น เกิดการยกตัวของมวลอากาศ (convection) ที่บริเวณดังกล่าวมากขึ้น ทำให้อากาศเย็นไหลเข้ามาแทนที่ที่เขตร้อนและลมเหนือที่ทะเลจีนใต้แรงขึ้น (Ling, Xiefei, & Hao, 2011; Zhang et al., 1997) ทำให้โอกาสเกิด cold surge ที่จะลงมาที่ประเทศไทยมีมากขึ้น (รูปที่ 4.14) แต่ถ้าพิจารณาให้ค่าดัชนี ONI ร่วงหน้า 1 ปี (lead 1 ปี) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.065 ผลที่ได้คล้ายกับความสัมพันธ์กับค่าดัชนี Niño3.4 รายปีแต่ตรงกันข้ามกับค่าความสัมพันธ์กับค่าดัชนี SOI รายปี เมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี ONI, Niño3.4, SOI เฉลี่ยรายเดือนแบบร่วงหน้า 6 เดือน (lead 6 เดือน) ไปจนถึงแบบไม่มีร่วงหน้ารายเดือน กับจำนวน cold surge ทั้งหมดประเภทที่ไปทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) รายเดือนให้ผลคล้ายกับ กรณีสัมพันธ์แบบรายปีของ ONI, SOI, Niño3.4 กับจำนวน cold surge ทั้งหมดประเภทดังกล่าว รายปี แต่อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์แบบรายปีและรายเดือนของ ONI, SOI, Niño3.4 กับจำนวน cold surge ไม่มีนัยสำคัญเพราะค่า P-value ของค่าความสัมพันธ์มีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นต้องพิจารณาจากแผนที่พัฒนาการของ cold surge ที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) ในเหตุการณ์ ENSO เพิ่มเติม

การที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างค่าดัชนี ONI เฉลี่ยรายปี กับความถี่ของ cold surge ทั้งหมดที่ไปทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน (eastward) เป็นบวกคือ 0.36 เพราะว่าเมื่อค่าดัชนี ONI มีค่าเป็นบวกหรือเกิดปรากฏการณ์ El Niño แล้ว อุณหภูมิ น้ำทะเลที่แปซิฟิกตะวันตกจะต่ำลง ไม่เกิดการยกตัวของมวลอากาศที่บริเวณดังกล่าวขึ้น หรือความกดอากาศที่แปซิฟิกตะวันตกเขตร้อนสูงขึ้นมากกว่าบริเวณประเทศจีน จึงทำให้เกิดลมฝ่ายใต้แทนลมฝ่ายเหนือที่ทะเลจีนใต้ พัดจากทะเลจีนใต้ขึ้นสู่ตะวันออกของประเทศจีน (Zhou & Wu, 2010) ประกอบกับ El Niño ทำให้ Walker Circulation อ่อนลงหรือเกิดลมตะวันตกที่กลางแปซิฟิกเขตร้อน (Li, PEI, & PU, 2005; McPhaden, 2004) ทำให้ cold surge มีการเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกแทนที่จะลงไปทางใต้ (รูปที่ 4.15)

การที่ค่าดัชนี ONI รายปีมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) กับจำนวน cold surge ทั้งหมดรายปีที่มีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว (others) เท่ากับ 0.18 เพราะสาเหตุเดียวกันกับที่ค่าดัชนี ONI ความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับ จำนวน cold surge

ทั้งหมดรายปีที่ไปทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน (eastward) เพียงแต่ความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันในระดับที่น้อยกว่า (รูปที่ 4.16)

แต่อย่างไรก็ตามจะพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี ONI เฉลี่ยรายปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11 กับ จำนวน cold surge และ strong cold surge ทั้งหมดรายปี จำนวน cold surge ทั้งหมดรายปีที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) ไปทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน (eastward) และมีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว (others) อย่างเดียวไม่ได้ ต้องพิจารณาจากแผนที่ composite ของ cold surge และ strong cold surge แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ เพิ่มเติมด้วย

การแจกแจงความถี่รายเดือนของจำนวน cold surge ทั้งหมดกับการแจกแจงความถี่รายเดือนของจำนวน cold surge แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980/81-2010/11 (รูปที่ 4.17, 4.19 – 4.21) มีรูปแบบการแจกแจงคล้ายกับกรณีที่ยังไม่ได้ถูกแจกแจงออกเป็นปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ (รูปที่ 4.2 และ 4.3) แต่สิ่งที่แตกต่างคือมีรูปแบบของ ความถี่ของจำนวน cold surge ทั้งหมดรายเดือนในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ ที่ไม่แน่นอน คือในบางเดือนเช่น พฤศจิกายน – ธันวาคม นั้นความถี่ของ cold surge ในปี El Niño จะมากกว่า La Niña และ ปีปกติ ในขณะที่เดือนตุลาคม มีนาคมและ เมษายน ความถี่ของ cold surge ในปีปกติ จะมากกว่า La Niña และ El Niño ตามลำดับ (รูปที่ 4.17) เพราะช่วงต้นและปลายฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เหตุการณ์ El Niño, La Niña จะอ่อนกำลังลง ดังรูปที่ 4.11

การแจกแจงความถี่ของจำนวน strong cold surge รายเดือนตั้งแต่ปี ค.ศ.1980/81-2010/11 ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ พบว่า มีรูปแบบของ ความถี่ของจำนวน strong cold surge รายเดือนในปี La Niña จะมีมากกว่า ในปี El Niño และ ปีปกติ ในเกือบทุกเดือน โดยเฉพาะในช่วงกลางฤดูคือเดือนมกราคม (รูปที่ 4.17) ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.18 ที่แสดงการแจกแจงความถี่รายเดือนของจำนวนวันที่ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณไซบีเรียที่มีค่ามากกว่า 1050 hPa ในรอบ 30 ปี ออกเป็นปี El Niño, La Niña และปีปกติ ที่พบว่า ความแรงของ cold surge ในช่วงกลางฤดูจะมากที่สุดและส่วนใหญ่จะเกิดในช่วงที่เป็นปรากฏการณ์ La-Niña ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Zhang et al., 1997) ที่พบว่าค่าดัชนี SOI สัมพันธ์กับจำนวนวันที่ความกดอากาศของ Siberian high มากกว่า 1050 hPa ในปี ค.ศ. 1997-1995 ดังนั้นความแรงของ cold surge ในช่วงกลางฤดูจะมากที่สุดและส่วนใหญ่จะเกิดในช่วงที่เป็นปรากฏการณ์ La Niña

การแจกแจงความถี่ของจำนวน cold surge รายเดือนที่ลงมาทางใต้และมีผลกระทบต่อประเทศไทย (southward) ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ พบว่า ในเกือบทุกๆเดือน ความถี่ cold surge ประเภทดังกล่าวจะเกิดในปี La Niña มากกว่าปีปกติและ El Niño ตามลำดับ ยกเว้นช่วงต้นและปลายฤดูในเดือนตุลาคม, มีนาคมและเมษายน ที่ความถี่ในปีปกติ จะมากกว่า ในปี

La Niña และ El Niño ตามลำดับ (รูปที่ 4.19) ซึ่งมีรูปแบบคล้ายคลึงกับกรณีความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี ONI และการแจกแจงความถี่ของ cold surge ที่ลงมาทางใต้รายปี

การแจกแจงความถี่ของจำนวน cold surge รายเดือนที่ไปทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน (eastward) ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ พบว่า ส่วนใหญ่ความถี่ cold surge ประเภทดังกล่าวจะเกิดในปี El Niño มากกว่าปีปกติและ La Niña ตามลำดับ ยกเว้นช่วงปลายฤดูในเดือนมีนาคมและเมษายน ที่ความถี่ในปีปกติ จะมากกว่า ในปี El Niño และ La Niña ตามลำดับ (รูปที่ 4.20) ซึ่งมีรูปแบบคล้ายคลึงกับกรณีความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี ONI และการแจกแจงความถี่ของ cold surge ที่ไปทางตะวันออกรายปี

และเมื่อพิจารณาความถี่รายเดือนของจำนวน cold surge ที่มีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว (others) ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ พบว่า ส่วนใหญ่ความถี่ cold surge ประเภทดังกล่าวจะเกิดในปี El Niño มากกว่าปีปกติและ La Niña ตามลำดับ ยกเว้นช่วงต้นและปลายฤดูในเดือนมีนาคมและเมษายน ที่ความถี่ในปีปกติ จะมากกว่า ในปี El Niño และ La Niña ตามลำดับ (รูปที่ 4.21) ซึ่งมีรูปแบบคล้ายคลึงกับกรณีความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี ONI และการแจกแจงความถี่ของ cold surge ที่ไม่มีผลต่อบริเวณใดรายปี

แต่อย่างไรก็ตามจะต้องพิจารณาแผนที่ composite ของ cold surge และ strong cold surge 3 ประเภทดังกล่าวในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ เพิ่มเติมด้วย

ความถี่ของเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 และ 5 วัน ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ (รูปที่ 4.22) พบว่ามีความถี่ของจำนวนเหตุการณ์ในปีปกติ มากกว่าปี El Niño และ La Niña อาจเป็นเพราะว่าแบ่ง cold surge ออกเป็น ช่วงอายุต่างๆ ต้องพิจารณาด้วยว่า cold surge แต่ละอายุอยู่ในปีใด ปีนั้นเป็นปี El Niño และ La Niña หรือ ปีปกติ ซึ่งจากตารางที่ 4.1 ค้นพบในปีปกติมากที่สุด รองลงมาคือ La Niña และ El Niño ตามลำดับ จึงทำให้ความถี่ของเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 และ 5 วันพบในปีปกติมากที่สุด รองลงมาคือ La Niña และ El Niño ตามลำดับไปด้วย

ขณะที่ความถี่ของเหตุการณ์ strong cold surge 5 วันซึ่งพบได้มากที่สุด ในปี La Niña และ ปีปกติ โดยพบเหตุการณ์ดังกล่าวในปี La Niña มากกว่าปีปกติ (รูปที่ 4.22) เป็นไปตามการศึกษาของ (Zhang et al., 1997) ที่พบว่าค่าดัชนี SOI รายปี มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับ จำนวน cold surge รายปี แต่อย่างไรก็ตาม ต้องพิจารณาด้วยว่า strong cold surge แต่ละอายุอยู่ในปีใด ปีนั้นเป็นปี El Niño หรือ La Niña หรือ ปีปกติ ซึ่งดูได้จากตารางที่ 4.1

ความถี่ของเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 และ 5 วัน ที่แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ (รูปที่ 4.23) ไม่เป็นไปตามการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี ONI รายปี กับ ความถี่ของ cold surge ที่แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่รายปี (รูปที่ 4.14-4.16) และไม่เป็นไปตามการศึกษา ความถี่รายเดือนของ cold surge และ strong cold surge ที่แบ่งตามทิศ

ทางการเคลื่อนที่รายปี (รูปที่ 4.19-4.21) อาจเป็นเพราะว่าการแบ่ง cold surge ออกเป็น ช่วงอายุต่างๆ และแบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ ต้องพิจารณาด้วยว่า cold surge แต่ละอายุแต่ละประเภท อยู่ในปีใด ปีนั้นเป็นปี El Niño และ La Niña หรือ ปีปกติ ซึ่งจากตารางที่ 4.1 ค้นพบในปีปกติมากที่สุด รองลงมาคือ La Niña และ El Niño ตามลำดับ จึงทำให้ความถี่ของเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 และ 5 วันในแต่ละประเภทตามทิศทางการเคลื่อนที่พบในปีปกติมากที่สุด รองลงมาคือ La Niña และ El Niño ตามลำดับไปด้วย

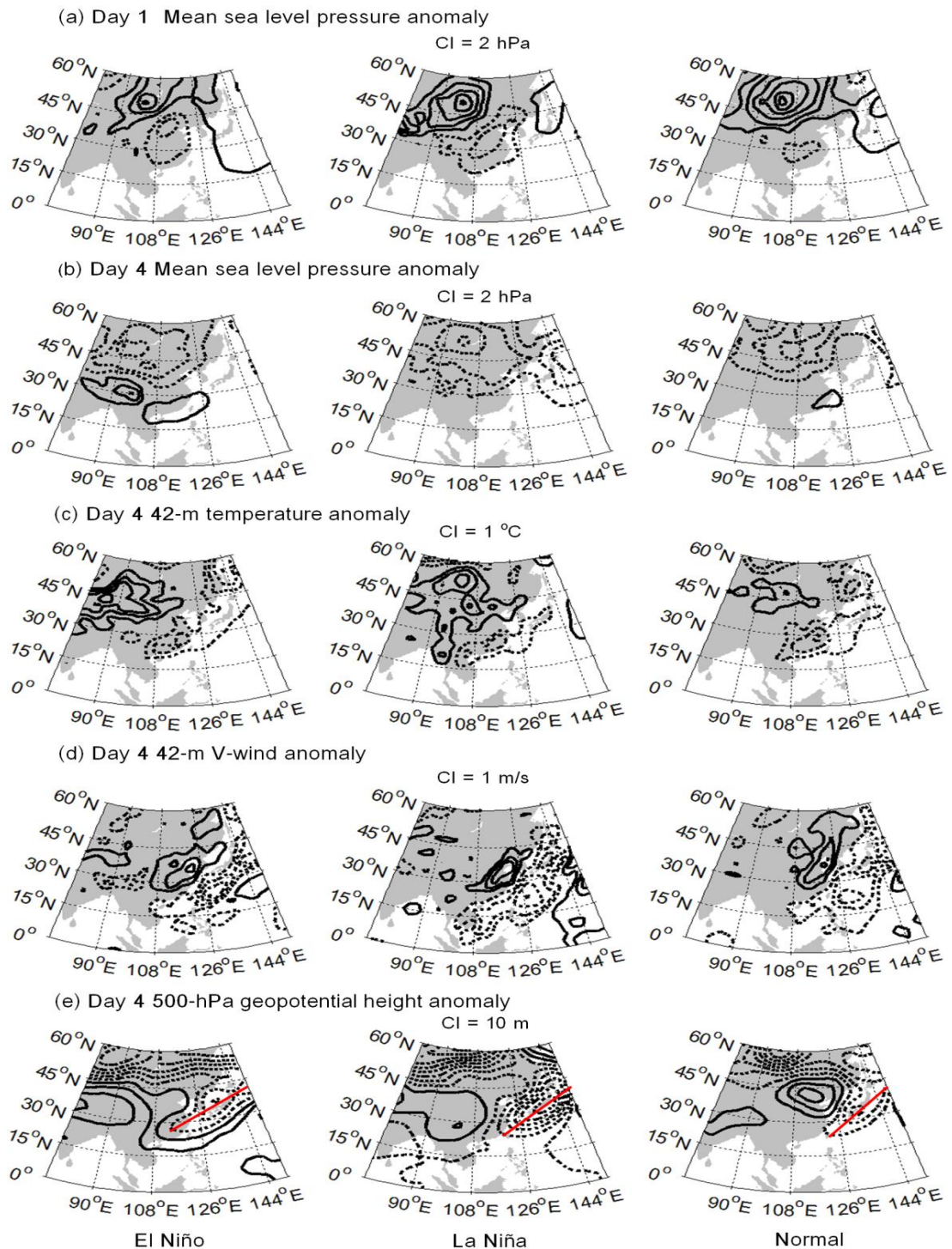
ความถี่ของเหตุการณ์ strong cold surge อายุ 5 วัน ประเภท southward ในปี La Niña และปีปกติ (รูปที่ 4.23) เป็นไปตามการศึกษาของ (Zhang et al., 1997) ที่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี SOI รายปีกับ จำนวน cold surge รายปีเป็นไปในทางเดียวกัน และเป็นไปตามการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี ONI รายปี กับความถี่ของ cold surge ประเภท southward รายปี (รูปที่ 4.14) และ ไปตามการศึกษา ความถี่รายเดือนของ strong cold surge ประเภท southward รายปี (รูปที่ 4.19) ขณะที่ ความถี่ของเหตุการณ์ strong cold surge อายุ 5 วันซึ่งพบได้มากที่สุด ประเภท eastward พบในปี La Niña แต่เหตุการณ์เดียวจึงไม่สามารถเปรียบเทียบกับ strong cold surge อายุ 5 วัน ประเภท eastward ในปี El Niño และ ปีปกติ แต่อย่างไรก็ตาม ต้องพิจารณาด้วยว่า strong cold surge แต่ละอายุแต่ละประเภทอยู่ในปีใด ปีนั้นเป็นปี El Niño และ La Niña หรือ ปีปกติ

ส่วนค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยที่บริเวณไซบีเรียของ cold surge อายุ 4-5 วัน และ strong cold surge อายุ 5 วันซึ่งพบได้มากที่สุด ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ (รูปที่ 4.24) และ ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยที่บริเวณไซบีเรียของ cold surge อายุ 4-5 วัน และ strong cold surge อายุ 5 วัน ที่แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ (รูปที่ 4.25) ไม่เป็นไปตามการศึกษาของ (Zhang et al., 1997) ที่พบความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันระหว่างค่าดัชนี SOI รายปีกับจำนวนวันที่ความกดอากาศของ Siberian high มากกว่า 1050 hPa รายปีในปี ค.ศ. 1979-1995 อาจเป็นเพราะ ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยที่บริเวณไซบีเรียของ cold surge, strong cold surge ในช่วงอายุดังกล่าวและแต่ละประเภทตามทิศทางการเคลื่อนที่อาจไม่สัมพันธ์โดยตรงกับเหตุการณ์ El Niño, La Niña ที่มหาสมุทรแปซิฟิก ต้องพิจารณาจากความผันแปรของภูมิอากาศในเขตหนาว (high ละติจูด) เพิ่มเติมด้วย เช่น ปรากฏการณ์ Atlantic และ Pacific Blocking (Lu & Chang, 2009)

4.4 พัฒนาการของ cold surge และ strong cold surge ในปี El Niño, La Niña และปีปกติ

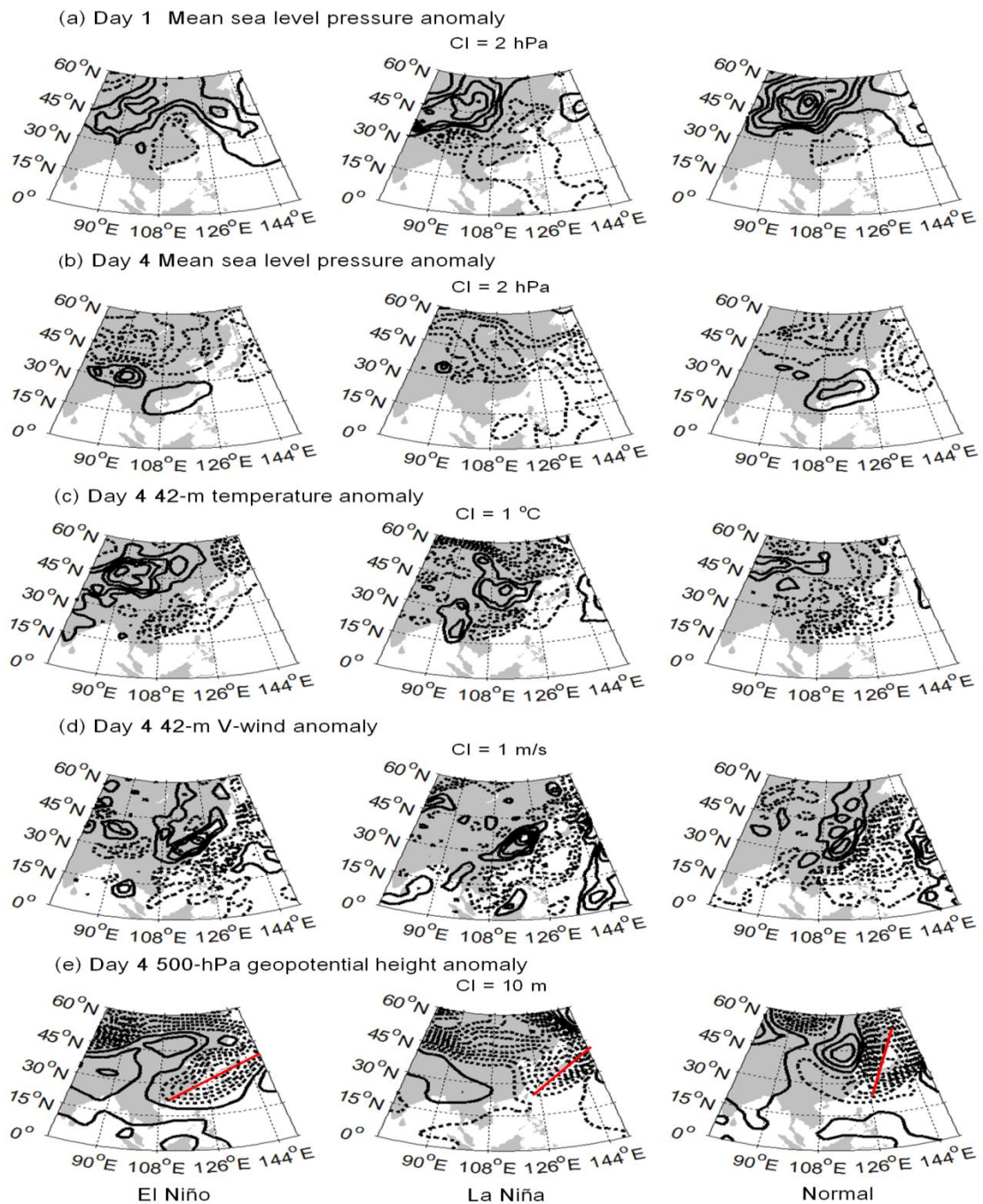
4.4.1 ผลการศึกษา

พัฒนาการของ cold surge อายุ 4 วันในช่วงปี El Niño , La Niña และปีปกติ (Normal) แสดงโดยแผนที่แบบ composite ของค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง, อุณหภูมิอากาศ, ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ และค่า 500-hPa geopotential height ในวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ (รูปที่ 4.26) โดยจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดในปี El Niño, La Niña และปีปกติ เท่ากับ 17, 16 และ 27 ตามลำดับ (รูปที่ 4.22) สรุปได้ดังนี้คือ ในปี La Niña ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางในวันเริ่มต้นของ cold surge มีค่าต่ำกว่าปกติ โดยเฉพาะบริเวณแปซิฟิกตะวันตกรวมทั้งตะวันออกของประเทศไทย ทะเลจีนใต้และประเทศไทย ขณะที่ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางบริเวณแหล่งกำเนิดแถบไซบีเรียมีค่าสูงกว่าปกติ โดยสูงกว่าปี El Niño แต่กลับต่ำกว่าปีปกติ (รูปที่ 4.26(a)) ในวันสิ้นสุดเหตุการณ์พบว่าค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณแปซิฟิกตะวันตกและทะเลจีนใต้มีค่าต่ำกว่าปกติ โดยต่ำกว่า ปีปกติ (Normal) และ El Niño ตามลำดับ(รูปที่ 4.26(a)) ส่วนในปี El Niño ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางในวันสิ้นสุดเหตุการณ์มีค่าสูงกว่าปกติ โดยสูงกว่าปีปกติและปี La Niña ตามลำดับ (รูปที่ 4.26(b)) สำหรับอุณหภูมิอากาศในวันสิ้นสุดเหตุการณ์ cold surge พบว่าในปี La Niña มีอุณหภูมิอากาศที่ต่ำกว่าปกติลงมาถึงประเทศไทยมากกว่าปีปกติและ El Niño ตามลำดับ (รูปที่ 4.26(c)) ในขณะที่ ลมฝ่ายเหนือที่มากกว่าปกติในวันสิ้นสุดเหตุการณ์ cold surge ในปี La Niña ลงมาถึงประเทศไทยและทะเลจีนใต้มากกว่าปีปกติและ El Niño ตามลำดับ (รูปที่ 4.26 (d)) สำหรับตัวแปรตัวสุดท้ายคือ รูปแบบของค่า geopotential height ที่ระดับ 500 hPa (รูปที่ 4.26(e)) ในบริเวณแปซิฟิกตะวันตกและทะเลจีนใต้ในปี La Niña อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าปกติ โดยต่ำกว่าปีปกติและ El Niño ตามลำดับ (รูปที่ 4.26(e))



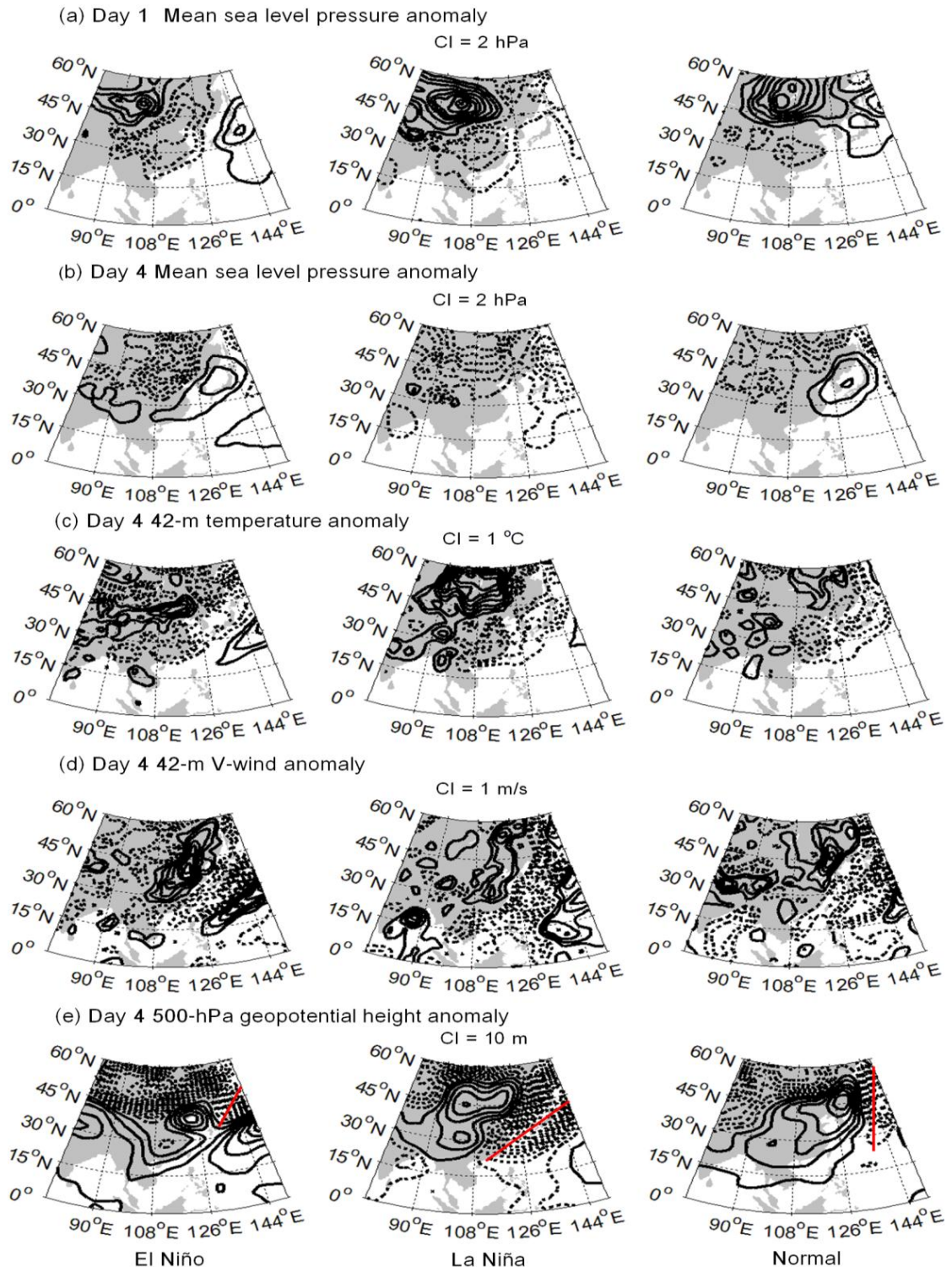
รูปที่ 4.26 แผนที่แบบ composite ของ cold surge ที่มีอายุ 4 วัน ในปี El Niño (คอลัมน์ซ้าย), ปี La Niña (คอลัมน์กลาง) และ ปกติ (Normal) (คอลัมน์ขวา) เส้นทึบ (เส้นประ) แสดงค่า anomaly เป็นบวก (ลบ) CI คือ ระยะห่างของเส้นเท่า (contour interval) แกนสีแดงในแถว (e) คือ trough axis

พัฒนาการของ cold surge อายุ 4 วันที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) ในช่วงปี El Niño , La Niña และปีปกติ (Normal) แสดงโดยแผนที่แบบ composite ของค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง, อุณหภูมิอากาศ, ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ และค่า 500-hPa geopotential height ในวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ (รูปที่ 4.27) โดยจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในปี El Niño, La Niña และปีปกติ เท่ากับ 8, 7 และ 11 ตามลำดับ (รูปที่ 4.23) สรุปได้ดังนี้คือในปี La Niña ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางในวันเริ่มต้นของ cold surge มีค่าต่ำกว่าปกติ โดยเฉพาะบริเวณแปซิฟิกตะวันตกรวมทั้งตะวันออกของประเทศจีน, ทะเลจีนใต้และประเทศไทย ขณะที่ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางบริเวณแหล่งกำเนิดแถบไซบีเรียมีค่าสูงกว่าปกติ โดยสูงกว่าปี El Niño แต่กลับต่ำกว่าปีปกติเหมือนกับรูปที่ 4.26 (a) (รูปที่ 4.27(a)) ในวันสิ้นสุดเหตุการณ์พบว่าค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณแปซิฟิกตะวันตกและทะเลจีนใต้มีค่าต่ำกว่าปกติ โดยต่ำกว่าปี El Niño และปีปกติ (Normal) ตามลำดับ (รูปที่ 4.27(b)) ส่วนกรณีที่ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณแปซิฟิกตะวันตกและทะเลจีนใต้ ในปี El Niño กลับมีค่าน้อยกว่าปีปกติ (Normal) ในวันสิ้นสุดเหตุการณ์ (รูปที่ 4.27(b)) สำหรับอุณหภูมิอากาศในวันสิ้นสุดเหตุการณ์ cold surge ประเภทดังกล่าวพบว่าทั้งในปี La Niña ,ปี El Niño และปีปกติ(Normal) อุณหภูมิอากาศจะมีค่าต่ำกว่าปกติที่ประเทศไทยทั้งสามกรณี (รูปที่ 4.27(c)) สำหรับความเร็วลมในแนวเหนือ-ใต้ในวันสิ้นสุดเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วัน พบว่าในปี La Niña ลมฝ่ายเหนือมีค่ามากกว่าปกติประมาณ $1-2 \text{ m s}^{-1}$ และแผ่ลงไปทางใต้และมีผลต่อประเทศไทยมากกว่าปีปกติ และปี El Niño (รูปที่ 4.27(d)) ขณะที่รูปแบบของค่า geopotential height ที่ระดับ 500 hPa (รูปที่ 4.27(e)) ซึ่งโดยปกติแล้วตำแหน่ง trough axis หรือ แนวแกนที่ลากผ่านกึ่งกลางของลิมที่เคลื่อนลงมาทางใต้ของแนวเส้นเท่าของ geopotential height ที่ระดับ 500 hPa แสดงถึงการเคลื่อนที่ของมวลอากาศเย็นที่ระดับผิวพื้นจากทางเหนือลงมาทางใต้ ซึ่งอธิบายไปแล้วในบทที่ 2 แสดงให้เห็นว่าในปี La Niña เส้นเท่าของ geopotential height อยู่ใกล้กันมากกว่า นอกจากนี้ตำแหน่งการวางตัวของ trough axis ทั้งในปี El Niño , La Niña และปีปกติในรูปที่ 4.27 (e) มีวางตัวในแนวเฉียงไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้น้อยกว่า trough axis ในปี El Niño , La Niña และปีปกติในรูปที่ 4.26 (e)



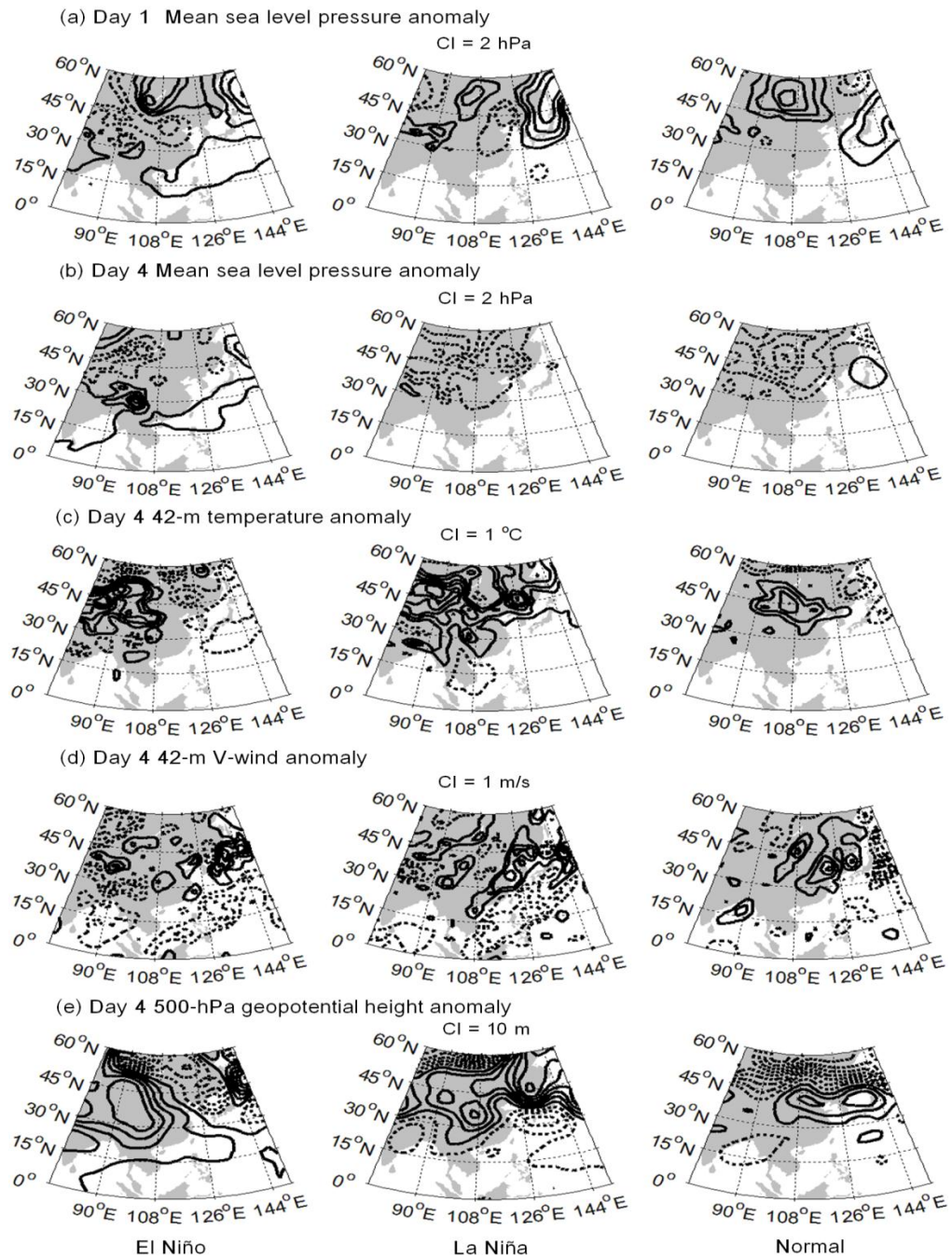
รูปที่ 4.27 แผนที่แบบ composite ของ cold surge ที่มีอายุ 4 วัน ที่ลงทางทางใต้ (southward) และมีผลกระทบต่อประเทศไทยในปี El Niño (คอลลัมน์ซ้าย), ปี La Niña (คอลลัมน์กลาง) และ ปีปกติ (Normal) (คอลลัมน์ขวา) เส้นทึบ (เส้นประ) แสดงค่า anomaly เป็นบวก (ลบ) CI คือ ระยะห่างของเส้นเท่า (contour interval) แถบสีแดงในแถว (e) คือ trough axis

พัฒนาการของ cold surge อายุ 4 วันที่เคลื่อนที่ไปทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน (eastward) ในช่วงปี El Niño, La Niña และ ปกติ (Normal) แสดงโดยแผนที่แบบ composite ของค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง, อุณหภูมิอากาศ, ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ และค่า 500-hPa geopotential height ในวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ (รูปที่ 4.28) โดยจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดในปี El Niño, La Niña และปกติ เท่ากับ 4, 4 และ 5 ตามลำดับ (รูปที่ 4.23) สรุปได้ดังนี้คือในปี La Niña ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางในวันเริ่มต้นของ cold surge มีค่าต่ำกว่าปกติ โดยเฉพาะบริเวณแปซิฟิกตะวันตกรวมทั้งตะวันออกของประเทศจีน, ทะเลจีนใต้และประเทศไทย ขณะที่ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางบริเวณแหล่งกำเนิดแถบไซบีเรียมีค่าสูงกว่าปกติ โดยสูงกว่าปกติและปี El Niño ตามลำดับ (รูปที่ 4.28(a)) ในวันสิ้นสุดเหตุการณ์พบว่าค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณแปซิฟิกตะวันตกและทะเลจีนใต้มีค่าต่ำกว่าปกติ โดยต่ำกว่าปี El Niño และปกติ (Normal) ตามลำดับ (รูปที่ 4.28(b)) ส่วนค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณแปซิฟิกตะวันตกและทะเลจีนใต้ ในปี El Niño มีค่าน้อยกว่าปกติ (Normal) ในวันสิ้นสุดเหตุการณ์ (รูปที่ 4.28(b)) เหมือนกับ รูปที่ 4.27(b) และจากรูปที่ 4.28(b) ทั้งในปี El Niño, La Niña และปกติ จะเห็นได้ว่า มวลอากาศเย็นซึ่งดูได้จาก ค่า anomaly ของค่าความกดอากาศที่เป็นบวกหรือเส้นที่บั้นเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกมากกว่าใน รูปที่ 4.27(b) สำหรับอุณหภูมิอากาศในวันสิ้นสุดเหตุการณ์ cold surge ประเภทดังกล่าวพบว่าในปี La Niña มีอุณหภูมิอากาศจะมีค่าต่ำกว่าปกติลงมาที่ประเทศไทยมากกว่าปกติและมี El Niño ตามลำดับ (รูปที่ 4.28(c)) ส่งผลให้ลมฝ่ายเหนือแผ่ลงไปทางใต้และมีผลต่อประเทศไทยมากกว่าปกติ และปี El Niño (รูปที่ 4.28(d)) จากรูปที่ 4.28(c) และ 4.28(d) รูปแบบของอุณหภูมิอากาศที่ต่ำและลมฝ่ายเหนือทั้งใน El Niño, La Niña และปกติมีแนวโน้มเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกมากกว่า รูปที่ 4.27(c) และ 4.27(d) ซึ่งเหมือนกับรูปที่ 4.28(b) ส่วนเส้นเท่าของ geopotential height ที่ระดับ 500 hPa พบว่าในปี La Niña เส้นเท่าของ geopotential height ที่มีค่าต่ำขยายลงไปทางใต้มากกว่าปกติและปี El Niño เช่นเดียวกับรูปที่ 4.26(e) นอกจากนี้ตำแหน่งการวางตัวของ trough axis ทั้งในปี El Niño, La Niña และปกติในรูปที่ 4.28(e) มีแนวโน้มวางตัวในแนวเฉียงไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้มากกว่า trough axis ในปี El Niño, La Niña และปกติในรูปที่ 4.27(e)



รูปที่ 4.28 แผนที่แบบ composite ของ cold surge ที่มีอายุ 4 วัน ที่ไปทางตะวันออก (eastward) และมีผลต่อประเทศจีนในปี El Niño (คอลลัมน์ซ้าย), ปี La Niña (คอลลัมน์กลาง) และ ปีปกติ (Normal) (คอลลัมน์ขวา) เส้นทึบ (เส้นประ) แสดงค่า anomaly เป็นบวก (ลบ) CI คือ ระยะห่างระหว่างเส้นเท่า (contour interval) แกนสีแดงในแถว (e) คือ trough axis

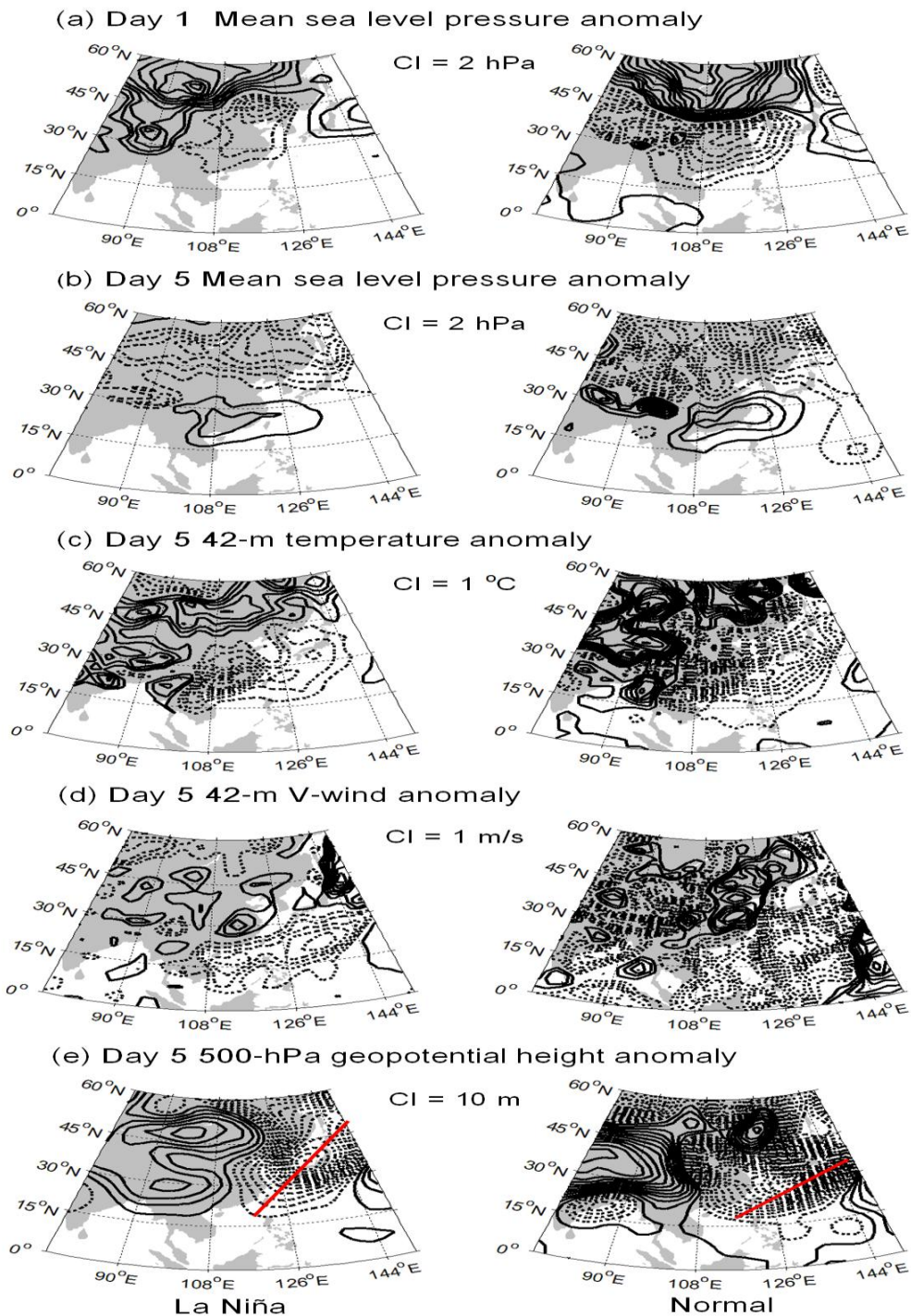
พัฒนาการของ cold surge อายุ 4 วันที่มีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว (others) ในช่วงปี El Niño, La Niña และ ปกติ (Normal) แสดงโดยแผนที่แบบ composite ของ ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง, อุณหภูมิอากาศ, ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ และค่า 500-hPa geopotential height ในวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ (รูปที่ 4.29) โดยจำนวน เหตุการณ์ที่เกิดในปี El Niño, La Niña และปกติ เท่ากับ 5, 5 และ 11 ตามลำดับ (รูปที่ 4.23) สรุปลักษณะนี้คือในปี La Niña ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางในวันเริ่มต้นของ cold surge มีค่าต่ำกว่าปกติ โดยต่ำกว่าปีปกติ และ ปี El Niño โดยเฉพาะบริเวณแปซิฟิกตะวันตกรวมทั้ง ตะวันออกของประเทศไทย, ทะเลจีนใต้และประเทศไทย ขณะที่ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปาน กลางบริเวณแหล่งกำเนิดแถบไซบีเรียกลับมีค่าต่ำกว่าปกติ โดยต่ำกว่าปี El Niño และปกติ (รูปที่ 4.29(a)) ในวันสิ้นสุดเหตุการณ์พบว่าค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณแปซิฟิก ตะวันตกและทะเลจีนใต้มีค่าต่ำกว่าปกติ โดยต่ำกว่าปีปกติ (Normal) และ El Niño ตามลำดับ (รูป ที่ 4.29(b)) จากรูปที่ 4.29(b) ทั้งในปี El Niño, La Niña และปกติ จะเห็นได้ว่า มวลอากาศเย็นซึ่ง ดูได้จาก ค่า anomaly ของค่าความกดอากาศที่เป็นบวกหรือเส้นที่บนนั้นเคลื่อนที่ไปทางตะวันออก มากกว่าใน รูปที่ 4.27(b) และ 4.28(b) โดยเคลื่อนไปทางตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก และไม่ลง มาที่ตะวันออกของประเทศไทยหรือประเทศไทยเลย จากการที่มวลอากาศเย็นเคลื่อนที่ไปทางตอน เหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก และไม่ลงมาที่ตะวันออกของประเทศไทยหรือประเทศไทยเลย ทำให้ไม่ สามารถสรุปเกี่ยวกับรูปแบบอุณหภูมิและลมฝ่ายเหนือ ในปี El Niño, La Niña และปกติ (Normal) ในรูป 4.29(c) และ 4.29(d) ได้ แต่เนื่องจาก ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณ แปซิฟิกตะวันตกและทะเลจีนใต้ในปี La Niña มีค่าต่ำกว่าปกติ โดยต่ำกว่าปีปกติ (Normal) และ El Niño ตามลำดับ (รูปที่ 4.29(b)) ทำให้ trough ในปี La Niña มีกำลังแรงกว่าในปีปกติและปี El Niño (รูปที่ 4.29(e)) แต่ไม่สามารถหาตำแหน่งการวางตัวของ trough axis ได้เนื่องจากมวลอากาศ เย็นเคลื่อนที่ไปทางตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก และไม่ลงมาที่ตะวันออกของประเทศไทยหรือ ประเทศไทย



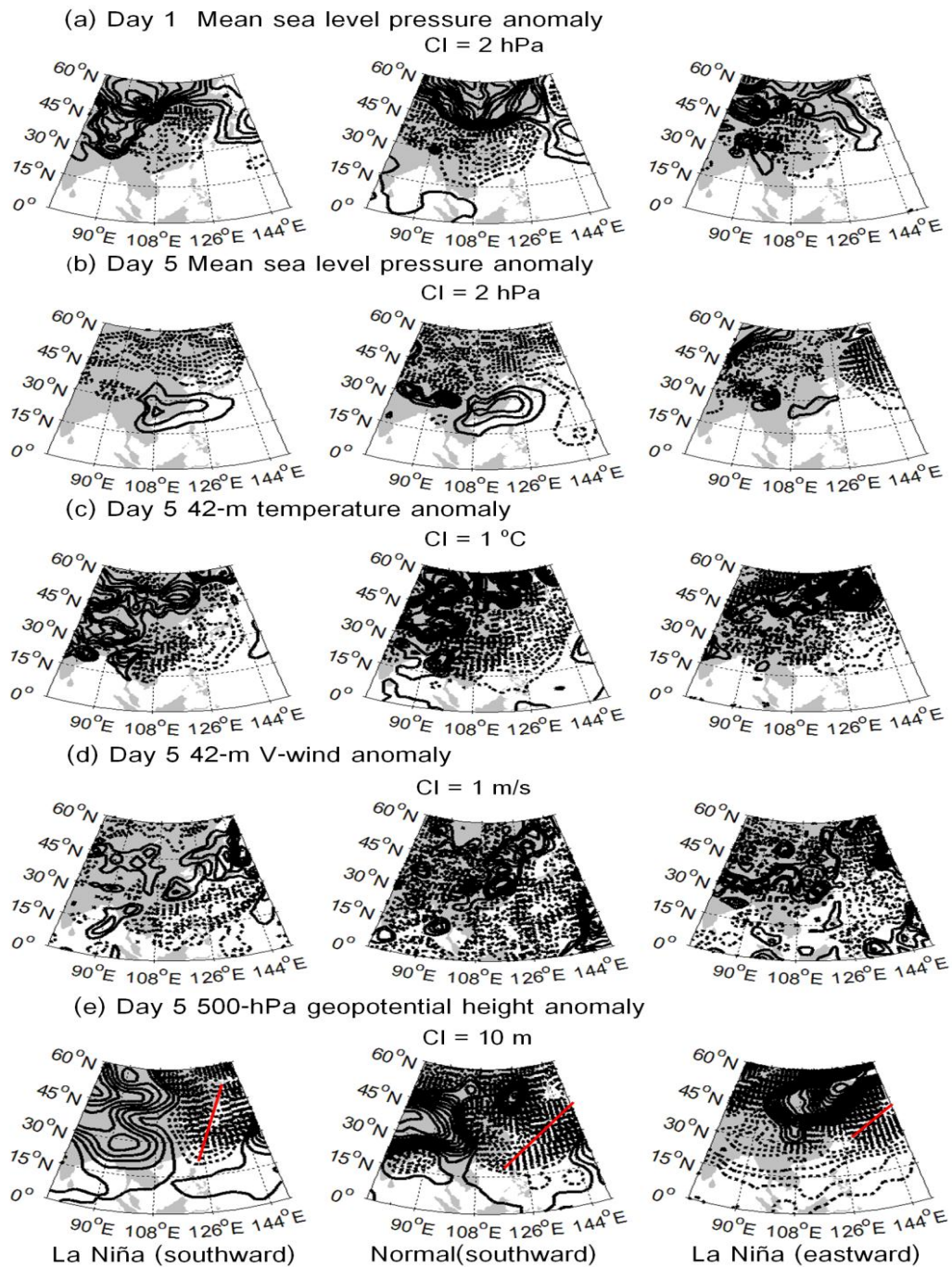
รูปที่ 4.29 แผนที่แบบ composite ของ cold surge ที่มีอายุ 4 วัน ที่มีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่ บริเวณทั้งสองดังกล่าว (others) ในปี El Niño (คอลัมน์ซ้าย), ปี La Niña (คอลัมน์กลาง) และ ปกติ (Normal) (คอลัมน์ขวา) เส้นทึบ (เส้นประ) แสดงค่า anomaly เป็นบวก (ลบ) CI คือ ระยะห่างระหว่างเส้นเท่า (contour interval)

พัฒนาการของ strong cold surge อายุ 5 วันในช่วงปี La Niña และปีปกติ (Normal) ไม่มีเหตุการณ์ดังกล่าวในช่วงปี El Niño แสดงโดยแผนที่แบบ composite ของค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง, อุณหภูมิอากาศ, ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ และค่า 500-hPa geopotential height ในวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ (รูปที่ 4.30) โดยจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดในปี La Niña และปีปกติ เท่ากับ 5 และ 1 ตามลำดับ (รูปที่ 4.23) พบว่า ในปี La Niña ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางในวันเริ่มต้นของ cold surge กลับมีค่าสูงกว่าปีปกติ ที่บริเวณแปซิฟิกตะวันตกรวมทั้งตะวันออกของประเทศจีน, ทะเลจีนใต้และประเทศไทยและความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางที่ ไชปีเรียในปี La Niña กลับมีค่าต่ำกว่าปีปกติ (รูปที่ 4.30(a)) ในวันสิ้นสุดของเหตุการณ์ ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณแปซิฟิกตะวันตกและทะเลจีนใต้ ในปี La Niña มีค่าต่ำกว่าปีปกติ (รูปที่ 4.30(b)) ค่าอุณหภูมิอากาศที่บริเวณแปซิฟิกตะวันตกรวมทั้งตะวันออกของประเทศจีน, ทะเลจีนใต้และประเทศไทย ในปี La Niña สูงกว่าปีปกติ (รูป 4.30(c)) ค่าความเร็วลมฝ่ายเหนือที่บริเวณแปซิฟิกตะวันตกรวมทั้งตะวันออกของประเทศจีน, ทะเลจีนใต้และประเทศไทย ในปี La Niña มีค่าน้อยกว่าปีปกติ (รูป 4.30(d)) และ ค่า geopotential height ที่ 500 hPa ที่บริเวณแปซิฟิกตะวันตกรวมทั้งตะวันออกของประเทศจีน, ทะเลจีนใต้และประเทศไทย ในปี La Niña มีค่าสูงกว่าหรือ trough มีความอ่อนกว่าปีปกติ (รูป 4.30(e)) ตำแหน่งของ trough axis ในปี La Niña วางตัวในแนวเฉียงไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้น้อยกว่าปีปกติ

สำหรับพัฒนาการของ strong cold surge อายุ 5 วันที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย ในช่วงปี La Niña และปีปกติ (Normal) ไม่มีเหตุการณ์ดังกล่าวในช่วงปี El Niño แสดงโดยแผนที่แบบ composite ของค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง, อุณหภูมิอากาศ, ความเร็วลมในแนวเหนือใต้ และค่า 500-hPa geopotential height ในวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ (รูปที่ 4.31 คอลัมน์ที่ 1 และ 2) โดยจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดในปี La Niña และปีปกติ เท่ากับ 4 และ 1 ตามลำดับ (รูปที่ 4.22) พบว่า มีลักษณะพัฒนาการคล้ายกับ ของ strong cold surge อายุ 5 วัน (รูปที่ 4.30(a)-(e)) ส่วน พัฒนาการของ strong cold surge อายุ 5 วันที่ไปทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน มีเหตุการณ์เดียวคือ La Niña (รูปที่ 4.30 คอลัมน์ที่ 3) พบว่ามวลอากาศเย็นมีทิศไปทางตะวันออกมากกว่า strong cold surge อายุ 5 วันที่ลงไปทางใต้ในเหตุการณ์ La Niña (รูปที่ 4.31 คอลัมน์ที่ 1) และมี trough axis เอียงในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้มากกว่า (รูปที่ 4.31 แถว e คอลัมน์ที่ 3) strong cold surge อายุ 5 วันที่ลงไปทางใต้ในเหตุการณ์ La Niña ด้วย (รูปที่ 4.31 แถว e คอลัมน์ที่ 1)



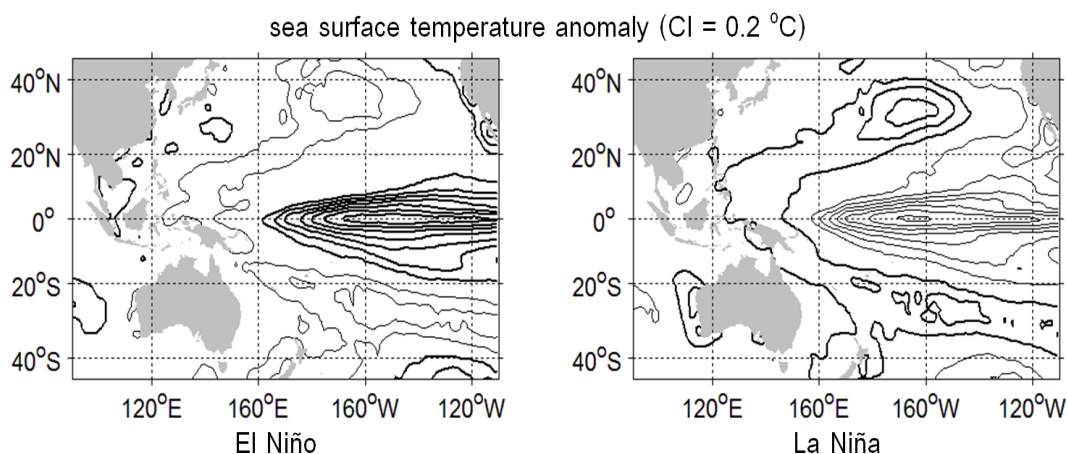
รูปที่ 4.30 แผนที่แบบ composite ของ strong cold surge ที่มีอายุ 5 วัน ในปี La Niña (คอลัมน์ซ้าย) และ ปกติ (Normal) (คอลัมน์ขวา) เส้นทึบ (เส้นประ) แสดงค่า anomaly เป็นบวก (ลบ) CI คือ ระยะห่างระหว่างเส้นเท่า (contour interval) แกนสีแดงในแถว (e) คือ trough axis



รูปที่ 4.31 แผนที่แบบ composite ของ strong cold surge ที่มีอายุ 5 วัน ในปี La Niña ที่ลงมาทางใต้ (คอสมันซ์ชาย) , ปกติ (Normal) ที่ลงมาทางใต้ (คอสมันซ์กลาง) , และปี La Niña ที่ไปทางตะวันออก (คอสมันซ์ขวา) เส้นทึบ (เส้นประ) แสดงค่า anomaly เป็นบวก (ลบ) CI คือ ระยะห่างระหว่างเส้นเท่า (contour interval) แกนสีแดงในแถว (e) คือ trough axis

4.4.2 อภิปรายผลการศึกษา

cold surge อายุ 4 วันในปี El Niño ปี La Niña และปีปกติ มีศูนย์กลางของมวลอากาศเย็นที่ไซบีเรียเหมือนกัน แต่เมื่อศูนย์กลางของมวลอากาศเย็นเคลื่อนที่ลงมาทางใต้ที่บริเวณแปซิฟิกตะวันตก ทะเลจีนใต้ และประเทศไทย ซึ่งเป็นเขตร้อน ศูนย์กลางของมวลอากาศเย็นดังกล่าวเมื่ออยู่ในเขตร้อนทำให้ความกดอากาศของศูนย์กลางของมวลอากาศเย็นที่อยู่ในเขตร้อนในปี La Niña (El Niño) มีค่าต่ำกว่า (สูงกว่า) ปกติโดยต่ำกว่า (สูงกว่า) ปี Normal และ El Niño (La Niña) ตามลำดับ (รูปที่ 4.26(a), 4.26(b)) เพราะอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่สูงกว่า (ต่ำกว่า) ปกติในบริเวณแปซิฟิกตะวันตกในปี La Niña (El Niño) (รูปที่ 4.32)



รูปที่ 4.32 แผนที่ composite ของค่าความผิดปกติจากปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล (sea surface temperature anomaly) ที่มหาสมุทรแปซิฟิกในปี El Niño (คอลัมน์ซ้าย) และปี La Niña (คอลัมน์ขวา) เส้นเท่าสี่เข็ม (อ่อน) แสดงค่า anomaly เป็นบวก (ลบ)

โดยอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่สูงกว่า (ต่ำกว่า) ปกตินี้ ส่งผลให้เกิดการยกตัวในแนวตั้งของมวลอากาศได้มากกว่า (น้อยกว่า) ปกติ จึงส่งผลให้ความกดอากาศมีค่าต่ำกว่า (สูงกว่า) ปกติ (McPhaden, 2004) จากการที่ในปี La Niña (El Niño) มวลอากาศเกิดการยกตัวในแนวตั้งได้มากกว่า (น้อยกว่า) ปกติและมีความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางต่ำกว่า (สูงกว่า) ปกติในบริเวณแปซิฟิกตะวันตกและทะเลจีนใต้ ทำให้ความแตกต่างของความกดอากาศระหว่างสองบริเวณคือแถบไซบีเรียและแปซิฟิกตะวันตกและทะเลจีนใต้ มีค่ามากกว่า (น้อยกว่า) ปกติ ทำให้ในปี La Niña (El Niño) มวลอากาศเย็นที่มีความกดอากาศสูงที่มาจากแถบไซบีเรียสามารถเคลื่อนที่ลงมาทางใต้ได้มากกว่า (น้อยกว่า) ปกติ โดยสังเกตได้จาก อุณหภูมิอากาศที่ต่ำกว่า (สูงกว่า) ปกติและลมฝ่ายเหนือที่มากกว่า (ต่ำกว่า) ปกติ ในวันสิ้นสุดเหตุการณ์ cold surge ในปี La Niña (El Niño) ลง

มาที่ประเทศไทยมากกว่า (น้อยกว่า) ปีปกติและ El Niño (La Niña) ตามลำดับ (รูปที่ 4.26(c), 4.26(d)) ทำให้ส่งผลต่อตัวแปรตัวสุดท้ายคือ รูปแบบของค่า geopotential height ที่ระดับ 500 hPa (รูปที่ 4.26(e)) ในบริเวณแปซิฟิกตะวันตกและทะเลจีนใต้ในปี La Niña (El Niño) อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า (สูงกว่า) ปกติ โดยต่ำกว่า (สูงกว่า) ปีปกติและ El Niño (La Niña) ตามลำดับ (รูปที่ 4.26(e)) หรือบริเวณที่เป็น trough แรงมากกว่า (อ่อนกว่า) ปกติ ในปี La Niña (El Niño) ที่เขตร้อนด้วย ซึ่งช่วยยืนยันการศึกษาของ (Zhang et al., 1997) ที่กล่าวว่า trough จะแรงมากกว่าปกติ ทำให้ในปี La Niña ตำแหน่งการวางตัวของ trough axis มีแนวโน้มวางในแนวเหนือใต้มากกว่าในปี Normal และ El Niño ตามลำดับ (รูปที่ 4.26(e)) เพราะ ในวันสุดท้ายของ cold surge อายุ 4 วัน ในปี La Niña มีแนวโน้มเคลื่อนที่ไปทางใต้มากกว่า ในปี Normal และ El Niño ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wang et al. (2009) ที่ใช้การเอียงตัวของ trough axis เป็นดัชนีบ่งบอกแนวการเคลื่อนที่ของ cold surge แต่อย่างไรก็ตามตำแหน่งการวางตัวของ trough axis ในปี El Niño ปี La Niña และปีปกติ ยังเห็นไม่ชัดเจนเพราะ แผนที่แบบ composite ของ cold surge อายุ 4 วันของ 4 ตัวแปรข้างต้น ยังไม่ได้แบ่งประเภทตามทิศทางการเคลื่อนที่ของ cold surge

cold surge 4 วันประเภทที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) มีลักษณะความแตกต่างของการเคลื่อนที่ของมวลอากาศเย็นในปี El Niño ปี La Niña และปีปกติ (รูปที่ 4.27(a)-(e)) คล้ายกันกับกรณีของ cold surge 4 วัน ในปี El Niño ปี La Niña และปีปกติ (รูปที่ 4.26(a)-(e)) แต่สิ่งที่แตกต่างคือ วันสุดท้ายของ cold surge 4 วันประเภทดังกล่าว ตำแหน่งการวางตัวของ trough axis ทั้งในปี El Niño, La Niña และปีปกติ มีการวางตัวในแนวเหนือใต้มากกว่า (รูปที่ 4.27(e)) กรณีวันสุดท้ายของ cold surge 4 วันในปี El Niño ปี La Niña และปีปกติ (รูปที่ 4.26(e)) ทำให้รูปแบบของอุณหภูมิอากาศที่ต่ำกว่าปกติและลมฝ่ายเหนือที่มากกว่าปกติ ในวันสิ้นสุดเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วันประเภทดังกล่าวในปี El Niño ปี La Niña และปีปกติ (รูปที่ 4.27(c)-(d)) มีรูปแบบคล้ายกับกรณีวันสิ้นสุดเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วันในปี El Niño, La Niña และปีปกติ (รูปที่ 4.26(c)-(d)) แต่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้ที่ทะเลจีนใต้มากกว่า เพราะผลจากรวางตัวของ trough axis ต่อทิศทางของ cold surge ดังนั้นรูปแบบการเคลื่อนที่ของ cold surge อายุ 4 วันประเภทที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) ในปี El Niño ปี La Niña และปีปกติ สอดคล้องกับ รูปที่ 4.14 และ รูปที่ 4.19 ที่พบว่า cold surge ประเภท southward รายปีจะพบได้มากในปี La Niña และ cold surge ประเภท southward ในแต่ละเดือนจะพบ ในปี La Niña มากกว่า ปี El Niño และ ปีปกติ (Ling et al., 2011; McPhaden, 2004; Zhang et al., 1997) สิ่งที่แตกต่างกันประการคือ ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางที่บริเวณแปซิฟิกตะวันตกและทะเลจีนใต้ ในปี El Niño กลับมีค่าน้อยกว่าปีปกติ (Normal) ในวันสิ้นสุดเหตุการณ์ (รูปที่ 4.27(b))

อาจจะเป็นเพราะว่า จำนวนเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วันประเภทดังกล่าวที่นำมาทำ composite ในปี El Niño กับ ปีกติ หรือสาเหตุจากภูมิอากาศในเขต subtropic หรือประเทศจีน cold surge อายุ 4 วันประเภทที่ไปทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน (eastward) มีลักษณะความแตกต่างของการเคลื่อนที่ของมวลอากาศเย็นในปี El Niño ปี La Niña และปีกติ (รูปที่ 4.28(a)-(e)) คล้ายกันกับกรณีของ cold surge อายุ 4 วัน ในปี El Niño ปี La Niña และปีกติ (รูปที่ 4.26(a)-(e)) แต่สิ่งที่แตกต่างคือ วันสุดท้ายของ cold surge 4 วันประเภทดังกล่าว ตำแหน่งการวางตัวของ trough axis ทั้งในปี El Niño, La Niña และปีกติ มีการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้มากกว่า (รูปที่ 4.28(e)) กรณีวันสุดท้ายของ cold surge อายุ 4 วันในปี El Niño, La Niña และปีกติ (รูปที่ 4.26(e)) ทำให้รูปแบบของ อุณหภูมิอากาศที่ต่ำกว่า ปกติและลมฝ่ายเหนือที่มากกว่าปกติ ในวันสิ้นสุดเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วันประเภทดังกล่าว ในปี El Niño, La Niña และปีกติ (รูปที่ 4.28(c)-(d)) มีรูปแบบคล้ายกับกรณีวันสิ้นสุดเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วันในปี El Niño, La Niña และปีกติ (รูปที่ 4.26(c)-(d)) แต่เคลื่อนที่ไปทางตะวันออกของประเทศจีนมากกว่า เพราะผลจากวางตัวของ trough axis ต่อทิศทางของ cold surge ดังที่ได้อธิบายไปในบทที่ 2 แล้ว ดังนั้นรูปแบบการเคลื่อนที่ของ cold surge อายุ 4 วันประเภทที่ไปทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน (eastward) ในปี El Niño ,ปี La Niña และปีกติ สอดคล้องกับ รูปที่ 4.15 และ รูปที่ 4.20 ที่พบว่า cold surge ประเภท eastward รายปีจะพบได้มากในปี El Niño และ cold surge ประเภทดังกล่าว ในแต่ละเดือนจะพบ ในปี El Niño La Niña มากกว่า ปี La Niña และ ปีกติ (Li et al., 2005; McPhaden, 2004; Zhou & Wu, 2010) สิ่งที่แตกต่างกันประการคือ ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางที่บริเวณแปซิฟิกตะวันตกและทะเลจีนใต้ ในปี El Niño กลับมีค่าน้อยกว่าปีกติ (Normal) ในวันสิ้นสุดเหตุการณ์ (รูปที่ 4.28(b)) อาจจะเป็นเพราะว่า จำนวนเหตุการณ์ cold surge อายุ 4 วันประเภทดังกล่าวที่นำมาทำ composite ในปี El Niño กับ ปีกติ หรือสาเหตุจากภูมิอากาศในเขต subtropic หรือประเทศจีน

cold surge อายุ 4 วันประเภทที่มีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว (others) ทั้งในปี El Niño ปี La Niña และปีกติ มีการเคลื่อนที่ไปทางตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก และไม่ลงมาที่ตะวันออกของประเทศจีนหรือประเทศไทยเลย (รูป 4.29(a) และ 4.29(b)) จากการที่มวลอากาศเย็นเคลื่อนที่ไปทางตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก และไม่ลงมาที่ตะวันออกของประเทศจีนหรือประเทศไทยเลย ทำให้ไม่สามารถสรุปเกี่ยวกับรูปแบบอุณหภูมิและลมฝ่ายเหนือ ในปี El Niño , La Niña และปีกติ (Normal) ในรูป 4.29(c) และ 4.29(d) ได้ดังที่อธิบายไปแล้วในผลการศึกษา โดยทั้งในวันเริ่มต้นและสุดท้ายของ cold surge ประเภทดังกล่าว ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณแปซิฟิกตะวันตกและทะเลจีนใต้ในปี La Niña ยังคงมีค่าต่ำกว่าปกติเหมือนเดิม โดยต่ำกว่าปีกติ (Normal) และ El Niño ตามลำดับ (รูปที่ 4.29(b)) ซึ่งสาเหตุจากอุณหภูมิน้ำทะเล

บริเวณตะวันตกของแปซิฟิกในรูปที่ 4.32 ทำให้ trough ในปี La Niña มีกำลังแรงกว่าในปีปกติและปี El Niño (รูปที่ 4.29(e)) แต่ไม่สามารถหาตำแหน่งการวางตัวของ trough axis ได้เนื่องจากมวลอากาศเย็นเคลื่อนที่ไปทางตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก และไม่ลงมาที่ตะวันออกของประเทศจีนหรือประเทศไทย

ในวันเริ่มต้นและสิ้นสุดของพัฒนาการของ strong cold surge อายุ 5 วันในปี La Niña พบว่าค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางในวันเริ่มต้นของ cold surge กลับมีค่าสูงกว่าปีปกติ ที่บริเวณแปซิฟิกตะวันตกรวมทั้งตะวันออกของประเทศจีน, ทะเลจีนใต้และประเทศไทยและความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางที่ไซบีเรียในปี La Niña กลับมีค่าต่ำกว่าปีปกติ (รูปที่ 4.30(a)) ในวันสิ้นสุดของเหตุการณ์ ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณแปซิฟิกตะวันตกและทะเลจีนใต้ในปี La Niña มีค่าต่ำกว่าปีปกติ (รูปที่ 4.30(b)) ซึ่งสาเหตุเกิดจากอุณหภูมิบริเวณแปซิฟิกในรูปที่ 4.32 ส่วนสาเหตุที่ในวันเริ่มต้น ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางในปี La Niña กลับมีค่าสูงกว่าปีปกติ ที่บริเวณแปซิฟิกตะวันตกรวมทั้งตะวันออกของประเทศจีน ทะเลจีนใต้และประเทศไทย (รูปที่ 4.30(a)) เพราะจำนวนเหตุการณ์ของ strong cold surge ที่นำมา composite ในปี La Niña และปีปกติ เท่ากับ 5 และ 1 เหตุการณ์ ซึ่งในปี La Niña มี 5 เหตุการณ์ ทำให้เวลานำมา composite ทำให้ที่บริเวณแปซิฟิกตะวันตกรวมทั้งตะวันออกของประเทศจีน, ทะเลจีนใต้และประเทศไทย มีค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางในปี La Niña สูงกว่าปีปกติ (รูป 4.30(a)) จากการที่นำ composite ทำให้เกิดผลกระทบตามมาก็คือทำให้ ค่าอุณหภูมิอากาศที่บริเวณแปซิฟิกตะวันตกรวมทั้งตะวันออกของประเทศจีน ทะเลจีนใต้ และประเทศไทย ในปี La Niña สูงกว่าปีปกติ (รูป 4.30(c)) ค่าความเร็วลมฝ่ายเหนือที่บริเวณแปซิฟิกตะวันตกรวมทั้งตะวันออกของประเทศจีน ทะเลจีนใต้และประเทศไทย ในปี La Niña มีค่าน้อยกว่าปีปกติ (รูป 4.30(d)) และ ค่า geopotential height ที่ 500 hPa ที่บริเวณแปซิฟิกตะวันตกรวมทั้งตะวันออกของประเทศจีน ทะเลจีนใต้และประเทศไทย ในปี La Niña มีค่าสูงกว่าหรือ trough มีความอ่อนกว่าปีปกติ (รูป 4.30(e)) ตามไปด้วย ส่วนตำแหน่งของ trough axis ในปี La Niña วางตัวในแนวเฉียงไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้น้อยกว่าปีปกติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wang et al. (2009) เพราะในปี La Niña อากาศเย็นสามารถลงมาทางใต้ได้มากกว่าปีปกติอาจทำให้ trough axis ในปี La Niña วางตัวในแนวเฉียงไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้น้อยกว่าปีปกติด้วย (รูป 4.30(e))

สำหรับพัฒนาการของ strong cold surge อายุ 5 วันที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทยในช่วงปี La Niña และปีปกติ (Normal) ไม่มีเหตุการณ์ดังกล่าวในช่วงปี El Niño (รูปที่ 4.31 คอลัมน์ที่ 1-2) มีลักษณะพัฒนาการคล้ายกับ ของ strong cold surge อายุ 5 วัน (รูปที่ 4.30(a)-(e))

เนื่องจากจำนวนเหตุการณ์ที่นำมา composite มีความแตกต่างกันมากระหว่างปี La Niña และปีปกติ เหมือนกับกรณีของ strong cold surge อายุ 5 วัน (รูปที่ 4.30(a)-(e))

ส่วน พัฒนาการของ strong cold surge อายุ 5 วันที่ไปทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน มีเหตุการณ์เดียวคือ La Niña (รูปที่ 4.31 คอลัมน์ที่ 3) พบว่ามวลอากาศเย็นมีทิศไปทางตะวันออกมากกว่า strong cold surge อายุ 5 วันที่ลงไปทางใต้ในเหตุการณ์ La Niña (รูปที่ 4.31 คอลัมน์ที่ 1) และมี trough axis เอียงในแนว ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้มากกว่า (รูปที่ 4.31 แถว e คอลัมน์ที่ 3) strong cold surge อายุ 5 วันที่ลงไปทางใต้ในเหตุการณ์ La Niña ด้วย (รูปที่ 4.31 แถว e คอลัมน์ที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Wang et al., 2009)

ส่วนค่า ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยที่บริเวณไซบีเรียของ cold surge อายุ 4 และ 5 วัน, strong cold surge อายุ 5 วันซึ่งพบได้มากที่สุด ในปี El Niño, La Niña และ ปี ปกติ ในรูปที่ 4.26 แถว(a) กับ รูปที่ 4.30 แถว(a) สอดคล้องกับรูปที่ 4.24 และ ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยที่บริเวณไซบีเรียของ cold surge อายุ 4 และ 5 วัน strong cold surge อายุ 5 วัน ที่แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ ในรูปที่ 4.27-4.29 แถว(a) กับ รูปที่ 4.31 แถว(a) สอดคล้องกับ รูปที่ 4.25 โดย ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง สูงสุดเฉลี่ยที่บริเวณไซบีเรีย ในรูปที่ 4.26-4.31 แถว(a) ไม่เป็นไปตาม การศึกษาของ (Zhang et al., 1997) ที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี SOI กับจำนวนวันที่ ความกดอากาศของ Siberian high มากกว่า 1050 hPa ในปี ค.ศ. 1997-1995 ซึ่งได้อธิบายไปแล้ว อาจเป็นเพราะ ค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยที่บริเวณไซบีเรียของ cold surge และ strong cold surge ในช่วงอายุดังกล่าวและแต่ละประเภทตามทิศทางการเคลื่อนที่อาจ ไม่สัมพันธ์โดยตรงกับเหตุการณ์ El Niño, La Niña ที่มหาสมุทรแปซิฟิก ต้องพิจารณาจากความผันแปรของภูมิอากาศในเขตหนาว (high latitude) เพิ่มเติมด้วย

นอกจากนี้ยังมีเหตุการณ์อื่นๆที่ส่งผลต่อ cold surge ที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย อีก เช่น เหตุการณ์ที่ผันแปรภายในฤดูกลางที่เขตร้อนของหย่อมความกดอากาศต่ำที่เกาะบอร์เนียว หรือเรียกว่า Borneo Vortex ที่ส่งผลต่อ cold surge ที่ลงมาทางใต้ว่า เมื่อ cold surge ลงมาทาง ใต้แล้ว Borneo Vortex จะเป็นตัวเบี่ยงเบนทิศทางของ cold surge ไปที่ภาคใต้ของประเทศไทย หรือเหนือเกาะบอร์เนียว ในรูปแบบของฝนตกหนักที่ภาคใต้ของประเทศไทย หรือเหนือเกาะบอร์เนียว (Chang et al., 2005)

4.5 ความเชื่อมโยงของ cold surge และ strong cold surge กับปรากฏการณ์ที่แปรผันภายในฤดูกาล

4.5.1 ผลการศึกษา

ใน cold surge และ strong cold surge อายุ 1-9 วันซึ่งเป็น cold surge และ strong cold surge ที่พบได้มากที่สุดรูปที่ 4.5 พบว่าอยู่ในช่วง weak MJO มากที่สุดคิดเป็น 42.9 % รองลงมาคือ MJO phase 2,3 , MJO phase 4,5 , MJO phase 8,1 และ MJO phase 6,7 ตามลำดับ คิดเป็น 20% , 13.09% ,12.73% และ 11.27% ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลรวมและเปอร์เซ็นต์ ผลรวมของ cold surge และ strong cold surge อายุ 1-9 วันรวมกันในแต่ละ phase ของ MJO

phase ของ MJO	จำนวน strong cold surge อายุ 1-9 วัน	จำนวน cold surge อายุ 1-9 วัน	ผลรวมและเปอร์เซ็นต์ cold surge และ strong cold surge อายุ 1-9 วัน
phase 8, 1	8 (40%)	27 (10.59%)	35 (12.73%)
phase 2, 3	1 (5%)	54 (21.18%)	55 (20.00%)
phase 4, 5	0 (0%)	36 (14.12%)	36 (13.09%)
phase 6, 7	2 (10%)	29 (11.37%)	31 (11.27%)
weak MJO	9 (45%)	109 (42.74%)	118 (42.91%)
ผลรวมทั้งหมด	20	255	275

เมื่อพิจารณา เปอร์เซ็นต์ ผลรวมของ cold surge อายุ 4 วันและ strong cold surge อายุ 5 วันในแต่ละ phase ของ MJO ซึ่งเป็น cold surge และstrong cold surge ที่พบได้มากที่สุด ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงจำนวนและ เปอร์เซ็นต์ ของ cold surge อายุ 4 วันและ strong cold surge อายุ 5 วันในแต่ละ phase ของ MJO

Phase ของ MJO	จำนวนและเปอร์เซ็นต์ cold surge อายุ 4 วัน	จำนวนและเปอร์เซ็นต์ strong cold surge อายุ 5 วัน
phase 8, 1	4 (6.67%)	4 (66.67%)
phase 2, 3	11 (18.33%)	0 (0.00%)
phase 4, 5	12 (20.00%)	0 (0.00%)
phase 6, 7	6 (10.00%)	0 (0.00%)
weak MJO	27 (45.00%)	2 (33.33%)
ผลรวม	60	6

เมื่อพิจารณาจำนวนและเปอร์เซ็นต์ของ cold surge อายุ 4 วันในแต่ละ phase ของ MJO ซึ่ง cold surge อายุดังกล่าวในแต่ละ phase ของ MJO ถูกแบ่งออกเป็นลงไปทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) ไปทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน (eastward moving) และมีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว (others) ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงจำนวนและเปอร์เซ็นต์ cold surge อายุ 4 วันในแต่ละประเภทในแต่ละ phase ของ MJO

Phase ของ MJO	จำนวนและเปอร์เซ็นต์ cold surge อายุ 4 วัน ที่มีผลต่อประเทศไทย (southward)	จำนวนและเปอร์เซ็นต์ cold surge อายุ 4 วัน ที่มีผลต่อประเทศจีน (eastward)	จำนวนและเปอร์เซ็นต์ cold surge อายุ 4 วัน ที่มีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว (others)
phase 8, 1	3 (12%)	-	1 (5%)
phase 2, 3	5 (19%)	2 (15%)	4 (19%)
phase 4, 5	5 (19%)	4 (31%)	3 (14%)
phase 6, 7	1 (4%)	3 (23%)	2 (10%)
weak MJO	12 (46%)	4 (31%)	11 (52%)

เมื่อพิจารณาจำนวนและเปอร์เซ็นต์ของ strong cold surge อายุ 5 วันในแต่ละ phase ของ MJO ซึ่ง strong cold surge อายุดังกล่าวในแต่ละ phase ของ MJO ถูกแบ่งออกเป็นลงไปทางใต้ และมีผลต่อประเทศไทย (southward), ไปทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน (eastward) ได้ผล ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงจำนวนและเปอร์เซ็นต์ของ strong cold surge อายุ 5 วันในแต่ละประเภท ในแต่ละ phase ของ MJO

phase ของ MJO	จำนวนและ % strong cold surge อายุ 5 วัน ที่มีผลต่อประเทศ ไทย (southward)	phase ของ MJO	จำนวนและ % strong cold surge อายุ 5 วัน ที่มีผลต่อประเทศ จีน (eastward)
phase 8, 1	4 (80%)	phase 8, 1	-
phase 2, 3	-	phase 2, 3	-
phase 4, 5	-	phase 4, 5	-
phase 6, 7	-	phase 6, 7	-
weak MJO	1 (20%)	weak MJO	1 (100%)

4.5.2 อภิปรายผลการศึกษา

จากตารางที่ 4.2 จะพบว่า cold surge และ strong cold surge อายุ 1-9 วันซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่พบได้มากที่สุด จะอยู่ในช่วงของ phase weak MJO มากที่สุดคิดเป็น 49% ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Chang et al., 2005) ที่พบว่า cold surge ในช่วงเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ ปี 1980/81 ถึงช่วงเดือนเดียวกันของปี 2001/02 จำนวนวันที่เกิด cold surge ในช่วงดังกล่าวจะเกิดในช่วง weak MJO มากที่สุดโดยคิดเป็น 29% ของจำนวนวันที่เกิด cold surge ทั้งหมด ดังนั้น cold surge จะเกิดได้น้อยในช่วงที่มีปรากฏการณ์ MJO (Chang et al., 2005) ในขณะที่อันดับรองลงมาคือ cold surge และ strong cold surge อายุ 1-9 วัน ในช่วง MJO phase 2, 3 และ phase 4, 5 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) ซึ่งสาเหตุที่เกิดใน phase 4, 5 มากที่สุด เพราะในช่วง phase 4, 5 (หรือตรงกับ phase 3 ตามนิยามของ (Chang et al., 2005) โดยใช้วิธี SVD ของตัวแปรลมที่ระดับ 850 hPa กับ OLR) เป็นช่วงที่บริเวณที่มีเมฆฝนมาก (บริเวณที่ OLR anomaly มีค่าลบ) อยู่ที่ Maritime continent ความกดอากาศในบริเวณดังกล่าวจึงต่ำกว่าที่ไซบีเรีย อากาศเย็นจึงเคลื่อนเข้ามาแทนที่ Maritime continent ในรูปของลมฝ่ายเหนือ ดังรูปที่ 2.14(c) (Chang et al., 2005)

ส่วนสาเหตุที่เกิดใน phase 2, 3 มากที่สุด (ตารางที่ 4.2) ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ (Chang et al., 2005) ที่พบว่า cold surge ในช่วง MJO phase 2 (ตามนิยามของ(Chang et al., 2005)) นั้นจะพบได้น้อย ดูได้จากบริเวณที่มีเมฆฝนเยอะที่ตะวันออกของมหาสมุทรอินเดียและมีลมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านทะเลจีนใต้แทนที่จะเป็นลมตะวันออกเฉียงเหนือ อาจเป็นเพราะว่า อยู่ในช่วงที่เปลี่ยน phase จาก inactive phase ไปเป็น active phase (ดังรูปที่ 2.14 (a) และ (c)) ของ MJO เลยทำให้ลมที่ 850 hPa ไม่มีความเสถียรในเรื่องของทิศของลมตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ทะเลจีนใต้ ทำให้ cold surge และ strong cold surge ที่กำหนดโดยลมตะวันออกเฉียงเหนือที่ทะเลจีนใต้ที่ระดับล่างเช่น sig.995 หรือที่ระดับ 925 hPa สามารถเข้ามาที่บริเวณ ทะเลจีนใต้และภาคอีสานของประเทศไทยได้ แต่อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาจากแผนที่ composite ของ cold surge ในช่วง MJO phase 2, 3 ที่ได้จากการทดลองเพิ่มเติมด้วย

ในขณะที่สาเหตุที่เกิดใน phase 6, 7 ค่อนข้างน้อย (ตารางที่ 4.2) ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ (Chang et al., 2005) ที่พบว่า cold surge ในช่วง MJO phase 4 (ตามนิยามของ(Chang et al., 2005)) นั้นจะพบได้มาก อาจจะเป็นเพราะว่าถ้าดูจากรูปที่ 2.14(d) บริเวณ Maritime continent และตะวันออกของมหาสมุทรอินเดีย นั้นไม่มีเมฆฝนอยู่เลย (OLR anomaly มีค่าเป็นบวก) แต่กลับมีลมตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่านทะเลจีนใต้เข้าหาบริเวณที่ไม่มีเมฆฝน ที่ Maritime continent ดังนั้นลมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดผ่านทะเลจีนใต้อาจไม่มีความแรงพอที่จะเกิด cold surge ได้ และ cold surge และ strong cold surge เกิดใน phase 8, 1 (หรือตรงกับ phase 1 ตามนิยามของ(Chang et al., 2005)) น้อยที่สุดเพราะว่าจากรูปที่ 2.14 (a) บริเวณ Maritime continent และตะวันตกของแปซิฟิก นั้นไม่มีเมฆฝนอยู่เลย (OLR anomaly เป็นบวก) ความกดอากาศบริเวณดังกล่าวก็สูงกว่าบริเวณตอนกลางของมหาสมุทรอินเดียและคอนไต์ของประเทศจีน ทำให้เกิดลมจากทิศใต้พัดจาก บริเวณ Maritime continent ผ่านบริเวณทะเลจีนใต้เข้าสู่คอนไต์ของประเทศจีน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Chang et al., 2005) ในรูปที่ 2.14 (a)

จากตารางที่ 4.2 พบว่าเปอร์เซ็นต์ของ cold surge อายุ 1-9 วัน อยู่ในช่วง weak MJO มากที่สุดคิดเป็น 42.74 % รองลงมาคือ MJO phase 2, 3 MJO phase 4, 5 MJO phase 8, 1 และ MJO phase 6, 7 ตามลำดับ คิดเป็น 21.18% , 14.12% , 11.37% และ 10.59% ตามลำดับ โดยให้ผลเหมือนกับกรณีคิดเป็นผลรวมของเปอร์เซ็นต์ของ cold surge และ strong cold surge ส่วนเปอร์เซ็นต์ของ strong cold surge อายุ 5-9 วัน อยู่ในช่วง weak MJO มากที่สุดเช่นกันคิดเป็น 45% รองลงมาคือ MJO phase 8, 1 MJO phase 6, 7 และ MJO phase 2, 3 คิดเป็น 40%, 10% และ 5% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) การที่เกิด strong cold surge อายุ 5-9 วัน ใน phase 6, 7 และ phase 2, 3 ได้น้อยนั้นให้ผลเหมือนกับกรณีคิดเป็นผลรวมของเปอร์เซ็นต์ของ cold surge และ strong cold surge ใน phase 6, 7 และ phase 2, 3 ในตารางที่ 4.2 ในส่วนของ strong cold surge อายุ 5-9 วัน อยู่ในช่วง MJO phase 8, 1 เป็นอันดับรองลงมาจาก weak mjo อาจเป็นเพราะว่า MJO phase 8, 1 เมฆฝนนั้นอยู่บริเวณตอนกลางของมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งเกิดคนละที่กับ

strong cold surge ที่ประเทศจีนและทะเลจีนใต้ ดังนั้น cold surge หรือ strong cold surge อาจเกิดไม่พร้อมกันกับปรากฏการณ์ MJO ก็ได้

จากตารางที่ 4.3 พบว่าเปอร์เซ็นต์ของ cold surge อายุ 4 วันในแต่ละ phase ของ MJO นั้นเหมือนกับตารางที่ 4.2 คือ อยู่ในช่วง weak MJO มากที่สุดคิดเป็น 45% รองลงมาคือ MJO phase 4, 5 MJO phase 2, 3 MJO phase 6, 7 และ MJO phase 8, 1 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) คิดเป็น 20% , 18.33% , 10% และ 6.67% ตามลำดับ โดยสาเหตุของการเกิดจำนวน cold surge อายุ 4 วัน ใน MJO แต่ละ phase ให้ผลเหมือนกับ ตารางที่ 4.2 ส่วนเปอร์เซ็นต์ของ strong cold surge อายุ 5 วัน อยู่ในช่วง phase 8, 1 มากที่สุดคิดเป็น 66.67% รองลงมาคือ ช่วง weak MJO คิดเป็น 33.33% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ (Chang et al., 2005) ที่พบว่า cold surge จะเกิดในช่วง weak MJO มากที่สุด ซึ่งให้ผลเหมือนกับกรณี strong cold surge อายุ 5-9 วัน ในช่วง MJO phase 8, 1 ในตารางที่ 4.2

จากตารางที่ 4.4 พบว่าเปอร์เซ็นต์ของ cold surge อายุ 4 วันในทุกประเภทตามทิศทางการเคลื่อนที่ในแต่ละ phase ของ MJO นั้นเหมือนกับตารางที่ 4.2 คือ อยู่ในช่วง weak MJO มากที่สุด รองลงมาคือ MJO phase 4, 5 MJO phase 2, 3 MJO phase 6, 7 และ MJO phase 8, 1 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) โดยสาเหตุของการเกิดจำนวน cold surge อายุ 4 วัน ในแต่ละประเภทตามทิศทางการเคลื่อนที่ ใน MJO แต่ละ phase ให้ผลเหมือนกับตารางที่ 4.2 โดยเราจะพิจารณาแผนที่ composite ของ cold surge อายุ 4 วันประเภทลงไปทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) ในแต่ละ phase ของ MJO เพราะถ้าพิจารณาประเภทไปทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน (eastward moving) และมีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว (others) แล้ว อาจไม่มีความเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ MJO ในเขตร้อน

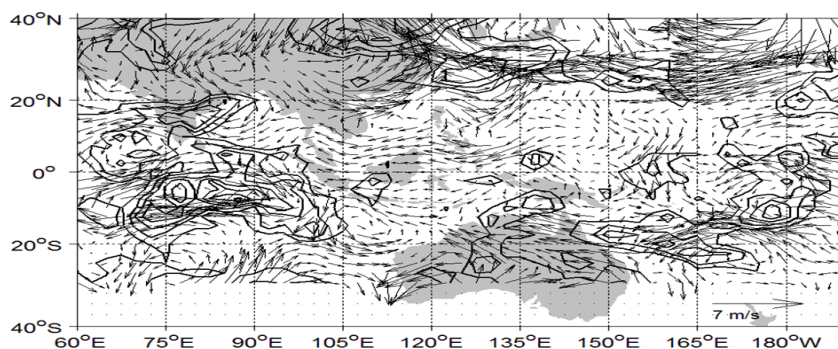
เปอร์เซ็นต์ของ strong cold surge อายุ 5 วัน ที่ลงไปทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) อยู่ในช่วง phase 8, 1 มากที่สุดคิดเป็น 80% รองลงมาคือ ช่วง weak MJO คิดเป็น 20% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ (Chang et al., 2005) ที่พบว่า cold surge จะเกิดในช่วง weak MJO มากที่สุด โดยให้ผลเหมือนกับกรณี strong cold surge อายุ 5-9 วัน ในช่วง MJO phase 8, 1 ในตารางที่ 4.2 ดังนั้นเราจะพิจารณาแผนที่ composite ของ strong cold surge อายุ 5 วันประเภทลงไปทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) ใน phase 8, 1 เพื่อดูสาเหตุของ strong cold surge อายุ 5 วัน ใน phase ดังกล่าว ส่วนของ strong cold surge อายุ 5 วัน ที่มีผลต่อประเทศจีน (eastward) มีแค่เหตุการณ์เดียวคืออยู่ในช่วง weak MJO ซึ่งไม่เชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ MJO (ตารางที่ 4.5)

4.6 พัฒนาการของ cold surge และ strong cold surge ในช่วงปรากฏการณ์ MJO

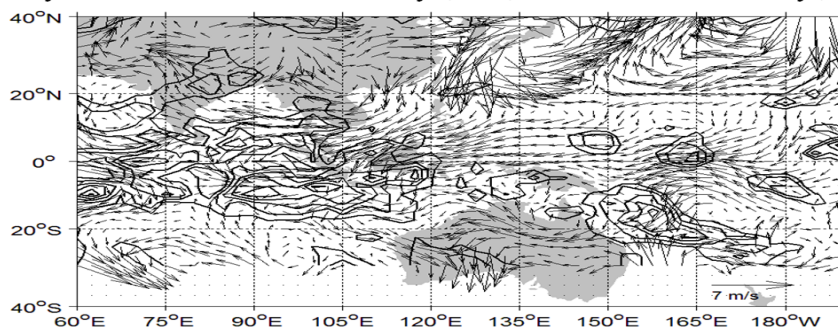
4.6.1 ผลการศึกษา

พัฒนาการของ cold surge อายุ 4 วันประเภทลงใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) ในช่วง MJO phase 2, 3 โดยแสดงแผนที่แบบ composite ของ OLR anomaly และ vector wind anomaly ตั้งแต่วันเริ่มและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ พบว่าวันเริ่มต้นเหตุการณ์ พบบริเวณที่มีเมฆฝนมาก (OLR anomaly เป็นลบ) อยู่ที่บริเวณตะวันออกของมหาสมุทรอินเดีย มีลมตะวันตกอยู่ทางด้านซ้ายและลมตะวันออกอยู่ทางด้านขวาของบริเวณที่มีเมฆฝนมาก โดยลมตะวันตกอยู่ที่กลางมหาสมุทรอินเดีย ลมตะวันออกอยู่บริเวณ Maritime continent (รูปที่ 4.33 (a)) เมื่อมาถึงวันสิ้นสุดเหตุการณ์ ลักษณะโครงสร้างของ MJO phase 2, 3 คล้ายกับวันเริ่มต้นเหตุการณ์ แต่บริเวณที่มีเมฆฝนมากเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกมากขึ้นและครอบคลุมตะวันตกของเกาะสุมาตรา มาเลเซีย ภาคใต้ฝั่งตะวันตก และครอบคลุมประเทศไทย(รูปที่ 4.33(b))

(a) day 1 wind vector anomaly(m/s) and OLR anomaly(w/m^2)



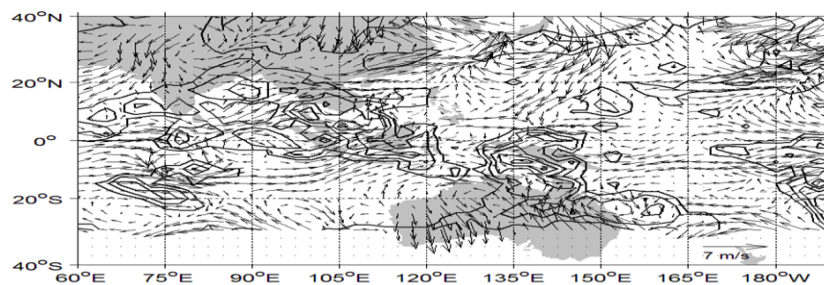
(b) day 4 wind vector anomaly (m/s) and OLR anomaly(w/m^2)



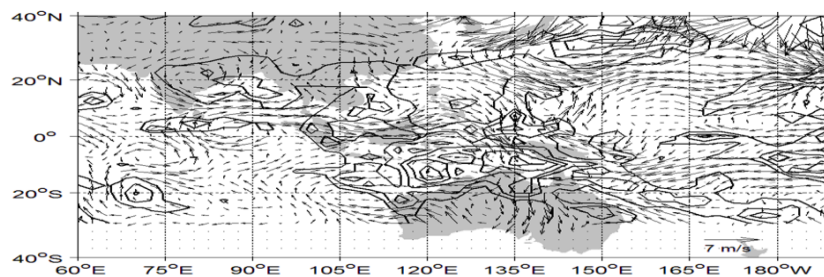
รูปที่ 4.33 แผนที่ composite ของ cold surge อายุ 4 วันทีเคลื่อนที่ลงมาทางใต้ ในวันแรกและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ ในช่วง MJO phase 2 และ 3 เส้นเท่าแสดงบริเวณที่มีเมฆฝน ลูกศรแสดงความเร็วและทิศทางลม ระยะห่างระหว่าง contour ของ OLR anomaly คือ $10 w/m^2$ โดยค่า OLR anomaly เป็นลบอย่างเดียว

พัฒนาการของ cold surge อายุ 4 วันประเภทลงใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) ในช่วง MJO phase 4, 5 โดยแสดงแผนที่แบบ composite ของ OLR anomaly และ vector wind anomaly ตั้งแต่วันเริ่มและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ พบว่าวันเริ่มต้นเหตุการณ์ พบบริเวณที่มีเมฆฝนมาก (OLR anomaly เป็นลบ) อยู่ที่บริเวณ Maritime continent มีลมตะวันตกอยู่ทางด้านซ้ายและลมตะวันออกอยู่ทางด้านขวาของบริเวณที่มีเมฆฝนมาก โดยลมตะวันตกพัดผ่าน Maritime continent และอ่าวไทย ลมตะวันออกอยู่บริเวณตะวันตกของแปซิฟิกที่ละติจูด $0-20^{\circ}\text{S}$ ลองจิจูด $165^{\circ}\text{E}-180^{\circ}\text{W}$ (รูปที่ 4.34(a)) เมื่อมาถึงวันสิ้นสุดเหตุการณ์ ลักษณะโครงสร้างของ MJO phase 4, 5 คล้ายกับวันเริ่มต้นเหตุการณ์แต่บริเวณที่มีเมฆฝนมากเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกมากขึ้นและครอบคลุม ด้านตะวันออกของประเทศไทย, Maritime continent, และตอนเหนือของประเทศออสเตรเลีย (รูปที่ 4.34(b)) โดยวันสิ้นสุดเหตุการณ์ เมื่อลมเหนือจาก cold surge พัดจากตอนใต้ของประเทศจีนลงสู่ทะเลจีนใต้ มาบรรจบกันกับเมฆฝนที่มีลมตะวันตกและลมใต้ที่พัดผ่าน Maritime continent และอ่าวไทย ทำให้เกิดฝนตกมากที่ตอนใต้ของประเทศจีน ตอนกลางและตอนใต้ของเวียดนามและตอนใต้ของทะเลจีนใต้ โดยลมเหนือจาก cold surge ที่พัดจากตอนใต้ของประเทศจีนลงสู่ทะเลจีนใต้ และบรรจบกันกับเมฆฝนที่มีลมตะวันตกและลมใต้ที่พัดผ่าน Maritime continent และอ่าวไทย

(a) day 1 wind vector anomaly(m/s) and OLR anomaly(w/m^2)



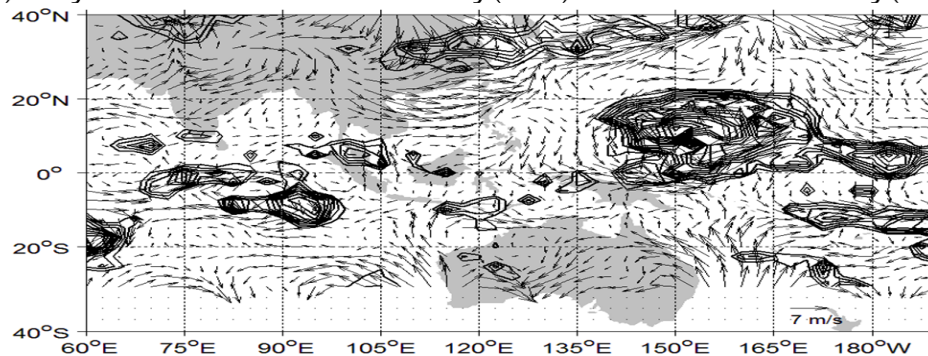
(b) day 4 wind vector anomaly (m/s) and OLR anomaly(w/m^2)



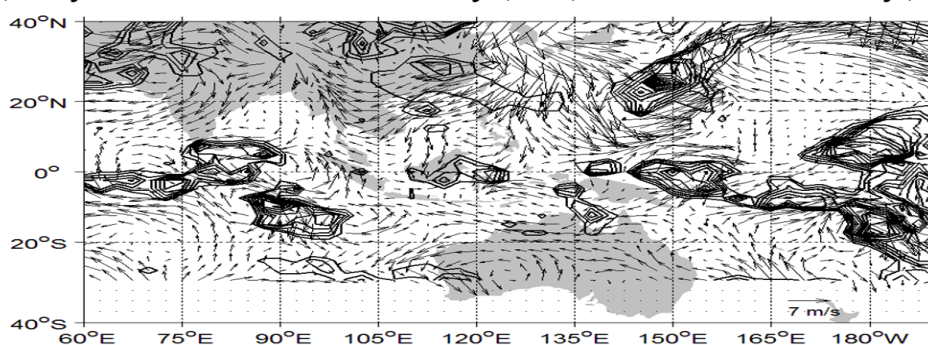
รูปที่ 4.34 แผนที่ composite ของ cold surge อายุ 4 วันที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้ ในวันแรกและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ ในช่วง MJO phase 4 และ 5 เส้นเท่าแสดงบริเวณที่มีเมฆฝน ลูกศรแสดงความเร็วและทิศทางลม ระยะห่างระหว่าง contour ของ OLR anomaly คือ $10 \text{ w}/\text{m}^2$ โดยค่า OLR anomaly เป็นลบอย่างเดียว

พัฒนาการของ cold surge อายุ 4 วันประเภทลงใต้งทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) ในช่วง MJO phase 6, 7 โดยแสดงแผนที่แบบ composite ของ OLR anomaly และ vector wind anomaly ตั้งแต่วันเริ่มและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ พบว่าวันเริ่มต้นเหตุการณ์ พบบริเวณที่มีเมฆฝนมาก (OLR anomaly เป็นลบ) อยู่ที่บริเวณตะวันตกของแปซิฟิก มีลมตะวันตกและลมตะวันออกเฉียงเหนือ อยู่ทางด้านซ้ายของเมฆฝนและลมตะวันออกกลับไปอยู่ที่ตะวันตกของมหาสมุทรอินเดีย โดยลมตะวันตกพัดผ่านบริเวณตะวันออกของ Maritime continent (รูปที่ 4.35(a)) เมื่อมาถึงวันสิ้นสุดเหตุการณ์ ลักษณะโครงสร้างของ MJO phase 6, 7 คล้ายกับวันเริ่มต้นเหตุการณ์แต่บริเวณที่มีเมฆฝนมากเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกมากขึ้นและครอบคลุมตอนกลางของแปซิฟิก (รูปที่ 4.35(b)) ในวันสิ้นสุดเหตุการณ์ ลมเหนือซึ่งเกิดจาก cold surge ได้เคลื่อนที่ลงมาที่ทะเลจีนใต้ ได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ทางคือ ลมเหนืออยู่ในบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปบรรจบกับลมตะวันออกเฉียงเหนือและลมตะวันตกเพื่อเข้าหาบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่าที่บริเวณตะวันตกของแปซิฟิก (รูปที่ 4.35(b)) และไปอีกทางคือ ลมเหนือจาก cold surge เข้าสู่ภาคอีสานโดยปกติ

(a) day 1 wind vector anomaly(m/s) and OLR anomaly(w/m^2)



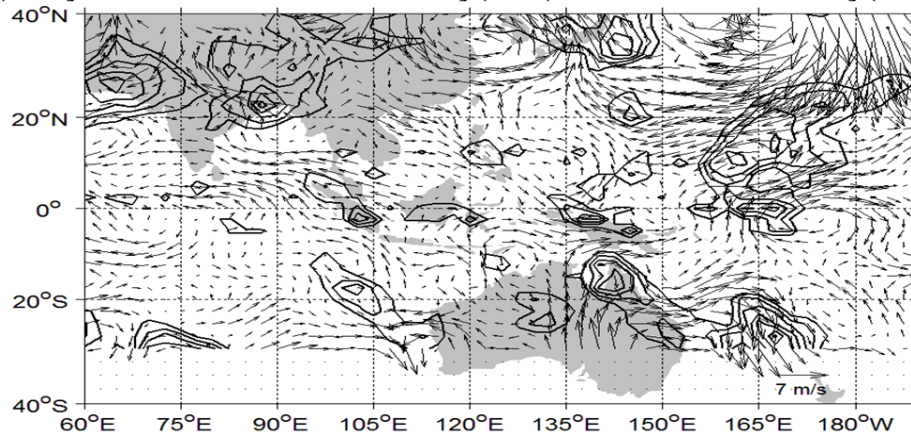
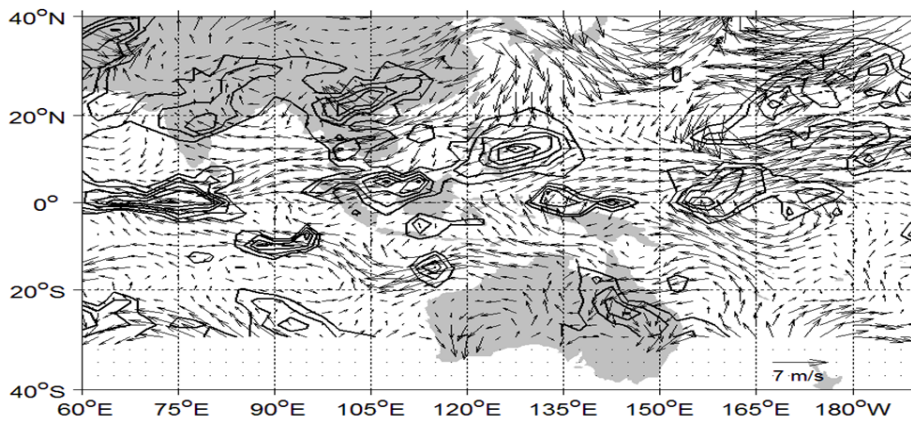
(b) day 4 wind vector anomaly (m/s) and OLR anomaly(w/m^2)



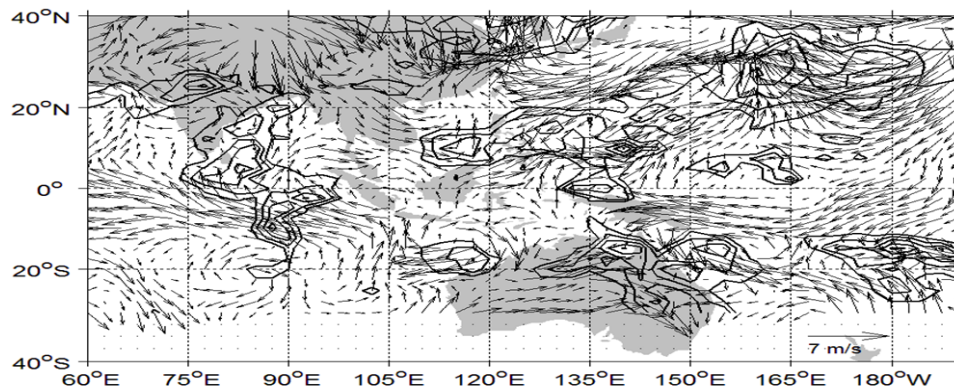
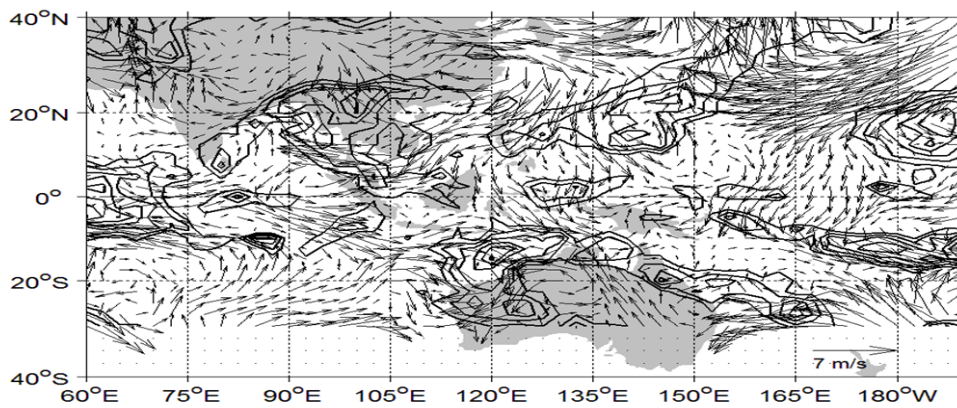
รูปที่ 4.35 แผนที่ composite ของ cold surge อายุ 4 วันที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้ ในวันแรกและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ ในช่วง MJO phase 6 และ 7 เส้นเท่าแสดงบริเวณที่มีเมฆฝน ลูกศรแสดงความเร็วและทิศทางลม ระยะห่างระหว่าง contour ของ OLR anomaly คือ $10 w/m^2$ โดยค่า OLR anomaly เป็นลบอย่างเดียว

พัฒนาการของ cold surge อายุ 4 วันประเภทลงไปทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) ในช่วง MJO phase 8, 1 โดยแสดงแผนที่แบบ composite ของ OLR anomaly และ vector wind anomaly ตั้งแต่วันเริ่มและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ พบว่าวันเริ่มต้นเหตุการณ์ พบบริเวณที่มีเมฆฝนมาก (OLR anomaly เป็นลบ) อยู่ที่บริเวณตะวันตกของมหาสมุทรอินเดีย มีลมตะวันออกอยู่ที่ด้านขวาของเมฆฝนและลมตะวันตกกลับไปอยู่ที่ตอนกลางของมหาสมุทรแปซิฟิก โดยลมตะวันออกพัดผ่านมหาสมุทรอินเดีย (รูปที่ 4.36(a)) เมื่อมาถึงวันสิ้นสุดเหตุการณ์ ลักษณะโครงสร้างของ MJO phase 8, 1 คล้ายกับวันเริ่มต้นเหตุการณ์แต่บริเวณที่มีเมฆฝนมากเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกมากขึ้นและครอบคลุมตอนกลางของมหาสมุทรอินเดีย (รูปที่ 4.36(b)) โดยทั้งวันเริ่มและสิ้นสุดเหตุการณ์ได้เกิด anomaly ของ vector ลมเป็นลมเหนือ ที่บริเวณตะวันตกของประเทศไทยนั้นเป็นส่วนหนึ่งของ cold surge ที่พัดลงสู่ที่เส้นศูนย์สูตร ของมหาสมุทรอินเดียซึ่งเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่า

ในขณะที่พัฒนาการของ strong cold surge อายุ 5 วันประเภทลงไปทางใต้และผลต่อประเทศไทย (southward) ในช่วง MJO phase 8, 1 (รูปที่ 4.37 (a),(b)) นั้นมีลักษณะคล้ายกับกรณีของ cold surge อายุ 4 วันประเภทลงไปทางใต้และผลต่อประเทศไทย (southward) ในช่วง MJO phase 8, 1 (รูปที่ 4.36 (a),(b)) เพียงแต่ลมเหนือที่ทะเลจีนใต้นั้นมีกำลังแรงกว่า และ MJO phase 8, 1

(a) day 1 wind vector anomaly(m/s) and OLR anomaly(w/m^2)(b) day 4 wind vector anomaly (m/s) and OLR anomaly(w/m^2)

รูปที่ 4.36 แผนที่ composite ของ cold surge อายุ 4 วันที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้ ในวันแรกและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ ในช่วง MJO phase 8 และ 1 เส้นเท่าแสดงบริเวณที่มีเมฆฝน ลูกศรแสดงความเร็วและทิศทางลม ระยะห่างระหว่าง contour ของ OLR anomaly คือ $10 w/m^2$ โดยค่า OLR anomaly เป็นลบอย่างเดียว

(a) day 1 wind vector anomaly(m/s) and OLR anomaly(w/m^2)(b) day 5 wind vector anomaly (m/s) and OLR anomaly(w/m^2)

รูปที่ 4.37 แผนที่ composite ของ strong cold surge อายุ 5 วันที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้ ในวันแรก และวันสิ้นสุดเหตุการณ์ ในช่วง MJO phase 8 และ 1 เส้นเท่าแสดงบริเวณที่มีเมฆฝน ลูกศรแสดงความเร็วและทิศทางการม ระยะห่างระหว่าง contour ของ OLR anomaly คือ $10 w/m^2$ โดยค่า OLR anomaly เป็นลบอย่างเดียว

4.6.2 อภิปรายผลการศึกษา

รูปแบบของ composite ของรูปแบบลมและ OLR ในวันแรกของ cold surge ที่ลงมาทางใต้ (southward) ในช่วง MJO phase 2, 3 ในรูปที่ 4.33 (a) สอดคล้องกับ แผนที่ composite ของ MJO phase 2 ตามนิยามของ (Chang et al., 2005) (รูปที่ 2.14 (b)) และสอดคล้องกับ แผนที่ composite ของ MJO phase 2, 3 ตามนิยามของ (Wheeler & Hendon, 2004) ที่แสดงในบทที่ 2 ด้วย (รูปที่ 2.15) วันสิ้นสุดเหตุการณ์ cold surge ในช่วง MJO phase 2, 3 (รูปที่ 4.33 (b)) บริเวณที่มีเมฆฝนมากเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกมากขึ้นและครอบคลุมตะวันตกของเกาะสุมาตรา มาเลเซีย ภาคใต้ฝั่งตะวันตก และครอบคลุมประเทศไทย (รูปที่ 4.33(b)) โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ cold surge ในช่วง MJO phase 2, 3 เนื่องจากบริเวณที่มีฝนตกมากดังกล่าวจัดเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ จึงทำให้เกิดการไหลของอากาศเย็นจากไซบีเรียซึ่งเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศสูงกว่า มาที่มหาสมุทรอินเดียและอินโดนีเซียในรูปแบบของลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่านประเทศไทย ลักษณะดังกล่าวทำให้เกิดฝนตกหนักที่ภาคใต้ของประเทศไทย และตอนใต้ของมาเลเซีย เช่น ตัวอย่างเหตุการณ์ฝนตกหนัก ที่ตอนใต้ของมาเลเซีย ในวันที่ 17 ธันวาคมปี ค.ศ.2006 เวลา 0 utc ซึ่งเกิดจาก ปรากฏการณ์ MJO ที่ศูนย์กลางของการ convection หรือเมฆฝนอยู่ที่มหาสมุทรอินเดีย ที่ทำให้เกิดลมตะวันออกที่แรงที่เกาะ Java จึงเป็นการช่วยทำให้ anomaly ของ vector ลมที่เป็นลมเหนือ(northerly) จาก cold surge ลงมาทางที่ทะเลจีนใต้มากขึ้น และเกิด cold surge ที่เข้ามาทางตะวันออกของมาเลเซียมากขึ้น ทำให้เกิดฝนตกที่ ตอนใต้มาเลเซียมากขึ้น (Tangang et al., 2008)

จากรูปแบบลมตะวันออกเฉียงเหนือที่ทะเลจีนใต้ที่ทำให้เกิด cold surge ในช่วง MJO phase 2, 3 นั้นขัดแย้งกับ แผนที่ composite ของ MJO phase 2 ตามนิยามของ (Chang et al., 2005) (รูปที่ 2.14(b)) และ แผนที่ composite ของ MJO phase 2, 3 ตามนิยามของ (Wheeler & Hendon, 2004) (รูปที่ 2.15) ที่เป็นลมตะวันตกเฉียงใต้ที่ทะเลจีนใต้ อาจเป็นเพราะว่าอยู่ในช่วงที่เปลี่ยน phase จาก inactive phase ไปเป็น active phase (ดังรูปที่ 2.14 (a) และ (c)) ของ MJO เลยทำให้ลมที่ 850 hPa ไม่มีความเสถียรในเรื่องของทิศของลมตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ทะเลจีนใต้ (Chang et al., 2005) ทำให้ cold surge และ strong cold surge ที่กำหนดโดยลมตะวันออกเฉียงเหนือที่ทะเลจีนใต้ที่ระดับล่างเช่น sig.995 หรือที่ระดับ 925 hPa สามารถเข้ามาที่บริเวณ ทะเลจีนใต้และภาคอีสานของประเทศไทยได้

รูปแบบของ composite ของรูปแบบลมและ OLR ในวันแรกของ cold surge ที่ลงมาทางใต้ (southward) ในช่วง MJO phase 4, 5 ในรูปที่ 4.34 (a) สอดคล้องกับ แผนที่ composite ของ MJO phase 3 ตามนิยามของ (Chang et al., 2005) (รูปที่ 2.14 (c)) และสอดคล้องกับ แผนที่ composite ของ MJO phase 4, 5 ตามนิยามของ (Wheeler & Hendon, 2004) ด้วยในบทที่ 2 (รูปที่ 2.15) ส่วนในวันสิ้นสุดเหตุการณ์ ในรูปที่ 4.34 (b) เมื่อลมเหนือจาก cold surge พัดจากตอนใต้ของประเทศจีนลงสู่ทะเลจีนใต้ มาบรรจบกันกับเมฆฝนที่มีลมตะวันตกและลมใต้ที่พัดผ่าน Maritime continent และอ่าวไทย ทำให้เกิดฝนตกมากที่สุดตอนใต้ของประเทศจีน ตอนกลางและตอนใต้ของเวียดนามและตอนใต้ของทะเลจีนใต้ ดังตัวอย่างเหตุการณ์อิทธิพลของ MJO ต่อ cold surge ที่ทำให้เกิดพายุดีเปรสชันต่อการเกิดฝนตกหนักรุนแรงใน ตอนกลางของประเทศเวียดนาม ในวันที่ 2-3 พฤศจิกายน ค.ศ.1999 (Yokoi & Matsumoto, 2008) ดังที่ได้อธิบายไปแล้วในบทที่ 2 ดังนั้น cold surge ที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทยในช่วง MJO phase 2, 3 และ 4, 5 ทำให้เกิดฝนตกที่ภาคใต้ของประเทศไทย และ ตอนกลางของเวียดนามตามลำดับ

รูปแบบของ composite ของรูปแบบลมและ OLR ในวันแรกและวันสุดท้ายของ cold surge ที่ลงมาทางใต้ (southward) ในช่วง MJO phase 6, 7 ในรูปที่ 4.35 (a) และ 4.35 (b) สอดคล้องกับ แผนที่ composite ของ MJO phase 4 ตามนิยามของ (Chang et al., 2005) (รูปที่ 2.14(d)) และสอดคล้องกับ แผนที่ composite ของ MJO phase 6, 7 ตามนิยามของ (Wheeler & Hendon, 2004) (รูปที่ 2.15) จะเห็นได้ว่า cold surge ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย อาจไม่มีความสัมพันธ์กับ MJO phase 6, 7 ดังนั้น MJO phase 6, 7 อาจไม่มีส่วนที่ทำให้เกิด cold surge ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย เพราะ MJO phase 6, 7 หรือบริเวณที่มีเมฆมากนั้นอยู่ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรตะวันตกของแปซิฟิก ซึ่งอยู่คนละที่กับ cold surge ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย

รูปแบบของ composite ของรูปแบบลมและ OLR ในวันแรกและวันสิ้นสุดเหตุการณ์ ของ cold surge ที่ลงมาทางใต้ (southward) ในช่วง MJO phase 8, 1 ในรูปที่ 4.36 (a) และ 4.36 (b) สอดคล้องกับ แผนที่ composite ของ MJO phase 1 ตามนิยามของ (Chang et al., 2005) (รูปที่ 2.14(a)) และสอดคล้องกับ แผนที่ composite ของ MJO phase 8, 1 ตามนิยามของ (Wheeler & Hendon, 2004) (รูปที่ 2.15) เมื่อมาถึงวันสิ้นสุดเหตุการณ์ ลักษณะโครงสร้างของ MJO phase 8, 1 เคลื่อนที่ไปทางตะวันออกมากขึ้นและครอบคลุมตอนกลางของมหาสมุทรอินเดีย (รูปที่ 4.36(b)) โดยทั้งวันเริ่มและสิ้นสุดเหตุการณ์ได้เกิดลมเหนือ ที่บริเวณตะวันตกของประเทศอินเดียซึ่งส่วนหนึ่งของ cold surge ที่พัดลงสู่ที่เส้นศูนย์สูตร ของมหาสมุทรอินเดียซึ่งเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่า ดังนั้น cold surge ที่อยู่บริเวณตะวันตกของประเทศอินเดีย จะทำให้เกิดการพัฒนาของการ convection ที่เส้นศูนย์สูตรตะวันตกของมหาสมุทรอินเดีย โดยดูจากค่า OLR anomaly ที่ติดลบ (contour สีดำ) ที่ เส้นศูนย์สูตรตะวันตกของมหาสมุทรอินเดีย ด้านซ้ายของรูปที่ 4.36 จะกลายเป็น

MJO phase 1 ดังตัวอย่าง ในวันที่ 19-21 มกราคมปี ค.ศ. 2008 ที่ cold surge ที่ทำให้เกิดลมเหนือ (northerly) ที่อยู่บริเวณตะวันตกของประเทศอินเดีย จะทำให้เกิดการพัฒนาของการ convection ที่เส้นศูนย์สูตรตะวันตกของมหาสมุทรอินเดีย และทำให้เกิด MJO phase แรกขึ้นมา (Wang, Kodera, & Chen, 2012) อย่างไรก็ตาม cold surge ที่อยู่บริเวณตะวันตกของประเทศอินเดีย ไม่ได้มีความเกี่ยวข้องกับ cold surge ที่บริเวณตะวันออกของประเทศจีนและมีผลต่อประเทศไทย ในขณะที่ cold surge ที่บริเวณตะวันออกของประเทศจีน สามารถเคลื่อนที่ลงมาที่ประเทศไทยได้ตามปกติ โดยไม่เกี่ยวข้องกับ MJO phase 8, 1 หรือ MJO phase 8, 1 อาจไม่ได้ทำให้เกิด cold surge ที่ประเทศไทย

ในขณะที่ มีพัฒนาการของ strong cold surge อายุ 5 วันประเภกลงไปทางใต้และผลต่อประเทศไทย (southward) ในช่วง MJO phase 8, 1 (รูปที่ 4.37 (a),(b)) นั้นมีลักษณะคล้ายกับกรณีของ cold surge อายุ 4 วันประเภกลงไปทางใต้และผลต่อประเทศไทย (southward) ในช่วง MJO phase 8, 1 (รูปที่ 4.36 (a),(b)) ดังที่ได้จากผลการศึกษา เพียงแต่ลมเหนือที่ทะเลจีนใต้นั้นมีกำลังแรงกว่า และ MJO phase 8, 1 อาจไม่ได้ทำให้เกิด strong cold surge ที่ประเทศไทย ด้วยเช่นกัน

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

cold surge และ strong cold surge มีความถี่ในการเกิดประมาณ 13 ครั้งต่อปีและ 2 ครั้งต่อปีตามลำดับ โดยทั้ง cold surge และ strong cold surge เป็นประเภทที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้และมีผลกระทบต่อภาคอีสานของประเทศไทยมากที่สุดประมาณ 8 ครั้งต่อปี คิดเป็นร้อยละ 59.10 ของจำนวน cold surge และ strong cold surge ทั้งหมด ถ้าคิดเป็นความถี่รายเดือนพบว่า cold surge เกิดมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายนและเดือนมีนาคมตามลำดับ และ strong cold surge เกิดมากที่สุดในเดือนมกราคม ซึ่งสัมพันธ์กับความแรงของ Siberian High รายเดือน ถ้าพิจารณาความถี่ของ cold surge และ strong cold surge รายเดือนตามทิศทางการเคลื่อนที่ พบว่าเป็นประเภทที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้และมีผลกระทบต่อภาคอีสานของประเทศไทยมากที่สุดเช่นกัน อายุของ cold surge และ strong cold surge ทั้งหมดมีอายุตั้งแต่ 1- 50 วัน โดย cold surge และ strong cold surge ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 3-11 วัน โดย cold surge อายุ 4 วัน และ strong cold surge อายุ 5 วัน พบได้มากที่สุด โดยอายุเฉลี่ยของ cold surge คือ ประมาณ 8 วัน มีค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ย 1045.1 hPa ในขณะที่อายุเฉลี่ยของ strong cold surge คือประมาณ 16 วัน มีค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ย 1055.9 hPa โดยถ้าพิจารณาความถี่ cold surge อายุ 4 วัน และ strong cold surge อายุ 5 วัน ตามทิศทางการเคลื่อนที่ พบว่าเป็นประเภทที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้และมีผลกระทบต่อภาคอีสานของประเทศไทยมากที่สุดเช่นกัน ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียของ cold surge และ strong cold surge กับอายุของ cold surge และ strong cold surge แต่เมื่อพิจารณาค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียของ cold surge 4 วัน และ strong cold surge 5 วันซึ่งพบได้มากที่สุด พบว่าค่าความกดอากาศของ cold surge ประเภทที่ลงมาทางใต้และมีผลกระทบต่อภาคอีสานของประเทศไทยมีค่าที่สุด อาจเนื่องจากค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียมีค่ามาก จึงทำให้ cold surge ลงทางใต้ได้มาก อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาปัจจัยจากภูมิอากาศในเขตหนาว (high latitude) เพิ่มเติมด้วย

เมื่อพิจารณาพัฒนาการของ cold surge อายุ 4 วันซึ่งพบได้มากที่สุด พบว่า cold surge ประเภทที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้และมีผลกระทบต่อภาคอีสานของประเทศไทย มีอิทธิพลลงมาทางใต้มากกว่า cold surge ประเภทที่ไปทางตะวันออกและมีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว ไม่ว่าจะพิจารณาจากตัวแปรอุณหภูมิ ความกดอากาศ และทิศทางลม เพราะทิศทางของ trough axis ที่ระดับ 500 hPa มีการวางตัวในแนวเหนือใต้ (North-South) เหนือประเทศญี่ปุ่น ทำให้ cold

surge มีทิศทางลงใต้ และถ้าทิศทางของ trough axis วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (Northeast-Southwest) เหนือประเทศญี่ปุ่น cold surge จะมีทิศทางไปทางตะวันออก ส่วนลักษณะพัฒนาการของ strong cold surge อายุ 5 วันตามทิศทางต่างๆนั้น เหมือนกันกับ cold surge อายุ 4 วัน แต่ที่แตกต่างคือความแรงของความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง สูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียของ strong cold surge อายุ 5 วัน มีมากกว่า

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน cold surge และ strong cold surge ทั้งหมดรายปี กับค่าดัชนี ONI (Oceanic Nino Index) พบว่ามีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน ซึ่งโดยปกติอาจจะมี ความสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้าม โดยอาจมีสาเหตุมาจาก cold surge short wave train ในเขต mid-latitude ดังนั้นต้องพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน cold surge และ strong cold surge แต่ละประเภทตามทิศทางการเคลื่อนที่รายปี กับค่าดัชนี ONI พบว่าประเภทที่ลงมาทางใต้และมีผลต่อประเทศไทยมีความสัมพันธ์ไปในทางลบ ขณะที่ประเภทที่ลงมาทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน กับ ประเภทที่มีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว นั้น มีความสัมพันธ์ไปในทางบวก เพราะเหตุการณ์ El Niño เกิดจากอุณหภูมิของน้ำทะเลที่ต่ำกว่าปกติที่ตะวันตกของแปซิฟิก ทำให้เกิดความกดอากาศสูงที่เขตร้อน ทำให้มวลอากาศเย็นลงมาทางใต้ได้น้อย ขณะที่เหตุการณ์ La Niña เกิดจากอุณหภูมิของน้ำทะเลที่สูงกว่าปกติที่ตะวันตกของแปซิฟิก ทำให้เกิดความกดอากาศต่ำที่เขตร้อน ทำให้มวลอากาศเย็นลงมาทางใต้ได้มากกว่าปกติ

สำหรับความถี่ของ cold surge และ strong cold surge รายเดือนในปี ในปี El Niño, La Niña และ ปกติ พบว่า ไม่มีความชัดเจนในเรื่องความแตกต่างของความถี่ของ cold surge รายเดือน ในปี El Niño, La Niña และ ปกติ ในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนเดือนตุลาคม มีนาคมและเมษายน ความถี่ของ cold surge รายเดือน ในปีปกติจะมากกว่าในปี El Niño, La Niña ส่วนความถี่ของ strong cold surge รายเดือน พบว่ามีความถี่ของ strong cold surge ในช่วงกลางฤดูมากที่สุด และมีมากที่สุด เหตุการณ์ La Niña ในช่วงกลางฤดู ซึ่งสัมพันธ์กับความแรงของ Siberian High รายเดือน ซึ่งพบในช่วงกลางฤดูมากที่สุด และมีมากที่สุด เหตุการณ์ La Niña เช่นกัน

เมื่อพิจารณาความถี่ของ cold surge และ strong cold surge รายเดือนแบ่งตามการเคลื่อนที่ ในปี El Niño, La Niña และ ปกติ พบว่า ความถี่ของ cold surge ประเภทที่ลงมาทางใต้ และไปทางตะวันออกมีมากในปี La Niña และ El Niño ตามลำดับในเกือบทุกเดือน ยกเว้นเดือนตุลาคม มีนาคม และ เมษายน ที่ความถี่ของ cold surge จะมากที่สุดในปีปกติ เพราะช่วงต้นและปลายฤดูมรสุม La Niña และ El Niño จะอ่อนกำลังลง ในขณะที่ strong cold surge ประเภทที่ลงมาทางใต้และไปทางตะวันออก มีมากในช่วงกลางฤดู และมีมากที่สุด เหตุการณ์ La Niña เช่นกัน

เมื่อพิจารณาความถี่ของ cold surge และ strong cold surge ทั้งหมดอายุ 4-5 วันและอายุ 4-5 วันที่แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ซึ่งพบได้มากที่สุดในปี El Niño, La Niña และ ปกติ

พบว่า ความถี่ในปี La Niña กลับไม่ได้พบมากที่สุดในแต่ละอายุและแต่ละประเภทตามการเคลื่อนที่ ความถี่นั้นเป็นไปตามจำนวนปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ ที่คำนวณได้ตามดัชนี ONI

เมื่อพิจารณาค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดบริเวณไซบีเรียของ cold surge และ strong cold surge ทั้งหมดอายุ 4-5 วันและอายุ 4-5 วันที่แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ ซึ่งพบได้มากที่สุดในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ พบว่าค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดบริเวณไซบีเรียในปี La Niña กลับไม่ได้มากที่สุดในแต่ละอายุและแต่ละประเภทตามการเคลื่อนที่ ดังนั้นค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูงสุดบริเวณไซบีเรียของ cold surge และ strong cold surge ใน ปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ อาจไม่ได้ขึ้นกับปรากฏการณ์ ENSO แต่ขึ้นกับ ปรากฏการณ์ในเขตละติจูดสูง เช่น ปรากฏการณ์ Blocking และ AO/NAO (Arctic oscillation และ North Atlantic Oscillation) ดังที่อธิบายไปแล้วในบทที่ 2

เมื่อพิจารณาพัฒนาการของ cold surge อายุ 4 วันที่พบได้มากที่สุด ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ พบว่าในปี La Niña cold surge นั้นจะลงมาทางใต้มากกว่าในปี El Niño เนื่องจากอุณหภูมิที่แปซิฟิกที่ตั้งที่ได้อธิบายไปแล้ว ส่วนพัฒนาการของ cold surge อายุ 4 วันที่ไปทางใต้และตะวันออก ในปี El Niño, La Niña และ ปีปกติ พบว่า cold surge ประเภทที่ไปทางใต้ในปี El Niño, La Niña มีทิศทางของ cold surge ที่ลงไปทางใต้มากกว่า ประเภทที่ไปทางตะวันออก ในปี El Niño, La Niña เพราะนอกจากปัจจัยจากอุณหภูมิน้ำทะเลที่ตะวันตกของแปซิฟิกแล้ว ยังมีปัจจัยของการเอียงของแกน trough axis มาเกี่ยวข้องด้วย ส่วนความแตกต่างของ cold surge ที่ไปทางใต้ในปี El Niño และ La Niña และความแตกต่างของ cold surge ที่ไปทางตะวันออกในปี El Niño และ La Niña มีลักษณะความแตกต่างเช่นเดียวกับ cold surge โดยรวมในปี El Niño และ La Niña ส่วนพัฒนาการของ strong cold surge อายุ 5 วันที่พบได้มากที่สุด ในปี La Niña และ ปีปกติ รวมถึงของ strong cold surge อายุ 5 วันที่ไปทางใต้ ในปี La Niña และ ปีปกติ และที่ไปทางตะวันออกในปี La Niña ไม่สามารถอธิบายพัฒนาการได้เนื่องจากปัจจัยจากจำนวนแผนที่ทำการ composite average

cold surge อายุ 1-9 วัน ซึ่งพบโดยส่วนใหญ่อยู่ในช่วงของ weak MJO มากที่สุด รองลงมาคือ MJO phase 2, 3 และ MJO phase 4, 5 ตามลำดับ ในขณะที่ strong cold surge อายุ 5-9 วัน ซึ่งพบโดยส่วนใหญ่อยู่ในช่วงของ weak MJO มากที่สุด รองลงมาคือ MJO phase 8, 1 ส่วน จำนวนของ cold surge อายุ 4 วันในแต่ละ phase ของ MJO ซึ่ง cold surge อายุดังกล่าว ในแต่ละ phase ของ MJO ถูกแบ่งออกเป็นลงไปทางใต้และมีผลต่อประเทศไทย (southward) ไปทางตะวันออกและมีผลต่อประเทศจีน (eastward moving) และมีผลต่อบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณทั้งสองดังกล่าว (others) พบว่า มีจำนวนเหตุการณ์ในแต่ละประเภทตามทิศทางการเคลื่อนที่ในแต่ละ phase ของ MJO คล้ายกับของ cold surge อายุ 1-9 วันโดยรวม ขณะที่จำนวนของ strong cold surge อายุ 5 วันในแต่ละ phase ของ MJO พบว่ามีจำนวนเหตุการณ์ในแต่ละประเภทตามทิศทางการเคลื่อนที่ในแต่ละ phase ของ MJO คล้ายกับของ strong cold surge อายุ 5-9 วัน ส่วนสาเหตุที่เกิด cold surge ในช่วง MJO phase 2, 3 เพราะ MJO phase 2, 3 บริเวณที่มีฝนตกมาก ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ อยู่ที่ตะวันตกของมหาสมุทรอินเดีย จึงทำให้เกิดการไหลของอากาศเย็นจากไซบีเรียซึ่งเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศสูงกว่า มาที่มหาสมุทรอินเดียและอินโดนีเซีย ในรูปแบบของลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่านประเทศไทย ลักษณะดังกล่าวทำให้เกิดฝนตกหนักที่ภาคใต้ของประเทศไทย และตอนใต้ของมาเลเซีย ส่วนสาเหตุที่เกิด cold surge ในช่วง MJO phase 4, 5 เพราะวาลมเหนือจาก cold surge พัดจากตอนใต้ของประเทศจีนลงสู่ทะเลจีนใต้ มาบรรจบกันกับเมฆฝนของ MJO phase 4, 5 ที่อยู่บริเวณ Maritime continent ที่มีลมตะวันตกและลมใต้ที่พัดผ่าน Maritime continent และอ่าวไทย ทำให้เกิดฝนตกมากที่สุดที่ตอนใต้ของประเทศจีน ตอนกลางและตอนใต้ของเวียดนามและตอนใต้ของทะเลจีนใต้ ส่วนสาเหตุที่ strong cold surge เกิดใน phase 8, 1 นั้นยังไม่แน่ชัด ซึ่งเมฆฝนของ MJO phase 8, 1 อยู่บริเวณซีกโลกตะวันตกและแอฟริกา แต่ strong cold surge เกิดขึ้นที่ประเทศไทย ดังนั้นเหตุการณ์ cold surge และ strong cold surge อาจไม่เกี่ยวข้องกับ MJO phase 8, 1 หรือ MJO phase 6, 7 แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาที่ผ่านมายังไม่มีความแน่ชัดของอายุเฉลี่ยของ cold surge และ strong cold surge ค่าความกดอากาศสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียของ cold surge และ strong cold surge ที่อายุเฉลี่ย และยังไม่มีความแน่ชัดของ จำนวนอายุของ cold surge และ strong cold surge ค่าความกดอากาศสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียของ cold surge และ strong cold surge ในแต่ละอายุ ในปี ในปี El Niño , La Niña และ ปกติ รวมถึง สาเหตุที่ค่าความกดอากาศสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียของ cold surge และ strong cold surge ไม่ขึ้นกับเหตุการณ์ El Niño , La Niña จะต้องศึกษาเพิ่มเติม โดยอาจจะต้องใช้ criteria ที่ใช้ในการกำหนด cold surge และ strong cold surge ตัวใหม่ที่อาจจะดีกว่า criteria ที่ใช้ในการศึกษา รวมถึงต้องศึกษาสาเหตุที่ทำให้ ค่าความกดอากาศสูงสุดเฉลี่ยที่ไซบีเรียของ cold surge และ strong cold surge ไม่ขึ้นกับเหตุการณ์ El Niño , La Niña เพิ่มเติมเช่น ปรัชญาการณ์

Blocking, AO/NAO (Arctic Oscillation/North Atlantic Oscillation) และสาเหตุที่ทำให้เกิด cold surge และ strong cold surge ในช่วงอายุยาว นอกจากนี้ควรนำผลการศึกษาไปเปรียบเทียบกับข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศเพิ่มเติมด้วย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการอ้างอิง

- Chang, C. P., Harr, P. A., & Chen, H. J. (2005). Synoptic Disturbances over the Equatorial South China Sea and Western Maritime Continent during Boreal Winter. *Monthly Weather Review*, 133(3), 489-503. doi: 10.1175/MWR-2868.1
- Chang, C. P., Wang, Z., & Hendon, H. (2006). The Asian winter monsoon *The Asian Monsoon* (pp. 89-127): Springer Berlin Heidelberg.
- Chen, T.-C., Huang, W.-R., & Yoon, J.-h. (2004). Interannual Variation of the East Asian Cold Surge Activity. *Journal of Climate*, 17(2), 401-413. doi: 10.1175/1520-0442(2004)017<0401:IVOTEA>2.0.CO;2
- Historical El Nino/ La Nina episodes (1950-present). (2014). from http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml
- Hong, C.-C., & Li, T. (2009). The Extreme Cold Anomaly over Southeast Asia in February 2008: Roles of ISO and ENSO*. *Journal of Climate*, 22(13), 3786-3801. doi: 10.1175/2009JCLI2864.1
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., . . . Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77(3), 437-471. doi: 10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2
- Li, C., PEI, S., & PU, Y. (2005). Dynamical impact of anomalous East-Asian winter monsoon on zonal wind over the equatorial western Pacific. *Chinese Science Bulletin*, 50(14), 1520. doi: 10.1360/04wd0327
- Liebmann, B., & Smith, C. A. (1996). Description of a Complete (Interpolated) Outgoing Longwave Radiation Dataset. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77, 1275-1277.
- Ling, Z., Xiefei, Z., & Hao, Y. (2011, 26-28 March 2011). *The relationship between the cold surge over the NSCS & the ENSO events*. Paper presented at the 2011 International Conference on Information Science and Technology (ICIST), DOI: 10.1109/ICIST.2011.5765225.
- Lu, M.-M., & Chang, C.-P. (2009). Unusual Late-Season Cold Surges during the 2005 Asian Winter Monsoon: Roles of Atlantic Blocking and the Central Asian Anticyclone. *Journal of Climate*, 22(19), 5205-5217. doi: 10.1175/2009jcli2935.1
- Madden, R. A., & Julian, P. R. (1972). Description of Global-Scale Circulation Cells in the Tropics with a 40–50 Day Period. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 29(6), 1109-1123. doi: 10.1175/1520-0469(1972)029<1109:DOGSCC>2.0.CO;2

- Mailler, S., & Lott, F. (2010). Equatorial Mountain Torques and Cold Surge Preconditioning. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 67(6), 2101-2120. doi: 10.1175/2010jas3382.1
- McPhaden, M. J. (2004). Evolution of the 2002/03 El Niño*. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85(5), 677-695. doi: 10.1175/bams-85-5-677
- Niño 3.4 SST indices (1982-present). (2014). from <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>
- realtime multivariable MJO (RMM) index (1974-present). (2014). from <http://www.bom.gov.au/climate/mjo/graphics/rmm.74toRealtime.txt>
- Reynolds, R. W., Rayner, N. A., Smith, T. M., Stokes, D. C., & Wang, W. (2002). An Improved In Situ and Satellite SST Analysis for Climate. *Journal of Climate*, 15(13), 1609-1625. doi: 10.1175/1520-0442(2002)015<1609:AIISAS>2.0.CO;2
- SOI indices (1951-present). (2014). from <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/soi>
- Tangang, F. T., Juneng, L., Salimun, E., Vinayachandran, P. N., Seng, Y. K., Reason, C. J. C., . . . Yasunari, T. (2008). On the roles of the northeast cold surge, the Borneo vortex, the Madden-Julian Oscillation, and the Indian Ocean Dipole during the extreme 2006/2007 flood in southern Peninsular Malaysia. *Geophysical Research Letters*, 35(14). doi: 10.1029/2008gl033429
- Varikoden, H., Samah, A. A., & Babu, C. A. (2010). The cold tongue in the South China Sea during boreal winter and its interaction with the atmosphere. *Advances in Atmospheric Sciences*, 27(2), 265-273. doi: 10.1007/s00376-009-8141-4
- Wang, L., Chen, W., Zhou, W., & Huang, R. (2009). Interannual Variations of East Asian Trough Axis at 500 hPa and its Association with the East Asian Winter Monsoon Pathway. *Journal of Climate*, 22(3), 600-614. doi: 10.1175/2008jcli2295.1
- Wang, L., Kodera, K., & Chen, W. (2012). Observed triggering of tropical convection by a cold surge: implications for MJO initiation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 138(668), 1740-1750. doi: 10.1002/qj.1905
- Wheeler, M. C., & Hendon, H. H. (2004). An All-Season Real-Time Multivariate MJO Index: Development of an Index for Monitoring and Prediction. *Monthly Weather Review*, 132(8), 1917-1932. doi: 10.1175/1520-0493(2004)132<1917:AARMMI>2.0.CO;2
- Wongsaming, P., & Exell, R. H. B. (2011). Criteria for Forecasting Cold Surges Associated with Strong High Pressure Areas over Thailand during the Winter Monsoon. *Journal of Sustainable Energy & Environment*, 2(4), 145-156.
- Yokoi, S., & Matsumoto, J. (2008). Collaborative Effects of Cold Surge and Tropical Depression-Type Disturbance on Heavy Rainfall in Central Vietnam. *Monthly Weather Review*, 136(9), 3275-3287. doi: 10.1175/2008MWR2456.1

- Zhang, Y., Sperber, K. R., & Boyle, J. S. (1997). Climatology and Interannual Variation of the East Asian Winter Monsoon: Results from the 1979--95 NCEP/NCAR Reanalysis. *Monthly Weather Review*, 125(10), 2605–2619. doi: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493\(1997\)125<2605:CAIVOT>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493(1997)125<2605:CAIVOT>2.0.CO;2)
- Zhou, L.-T., & Wu, R. (2010). Respective impacts of the East Asian winter monsoon and ENSO on winter rainfall in China. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 115(D2), D02107. doi: 10.1029/2009JD012502



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

วรุตม์ เจนจิรวัดนา ปัจจุบัน อายุ 27 ปี ภูมิลำเนาปัจจุบัน อยู่ที่บ้านเลขที่ 203/17 หมู่ 4 ตำบลบ้านสวน อ.เมือง จ.ชลบุรี 20000

ปี 2548 สำเร็จการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนชลกัลยานุกูล อ.เมือง จ.ชลบุรี

ปี 2552 สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาสมุทรศาสตร์ ฟิสิกส์และเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY