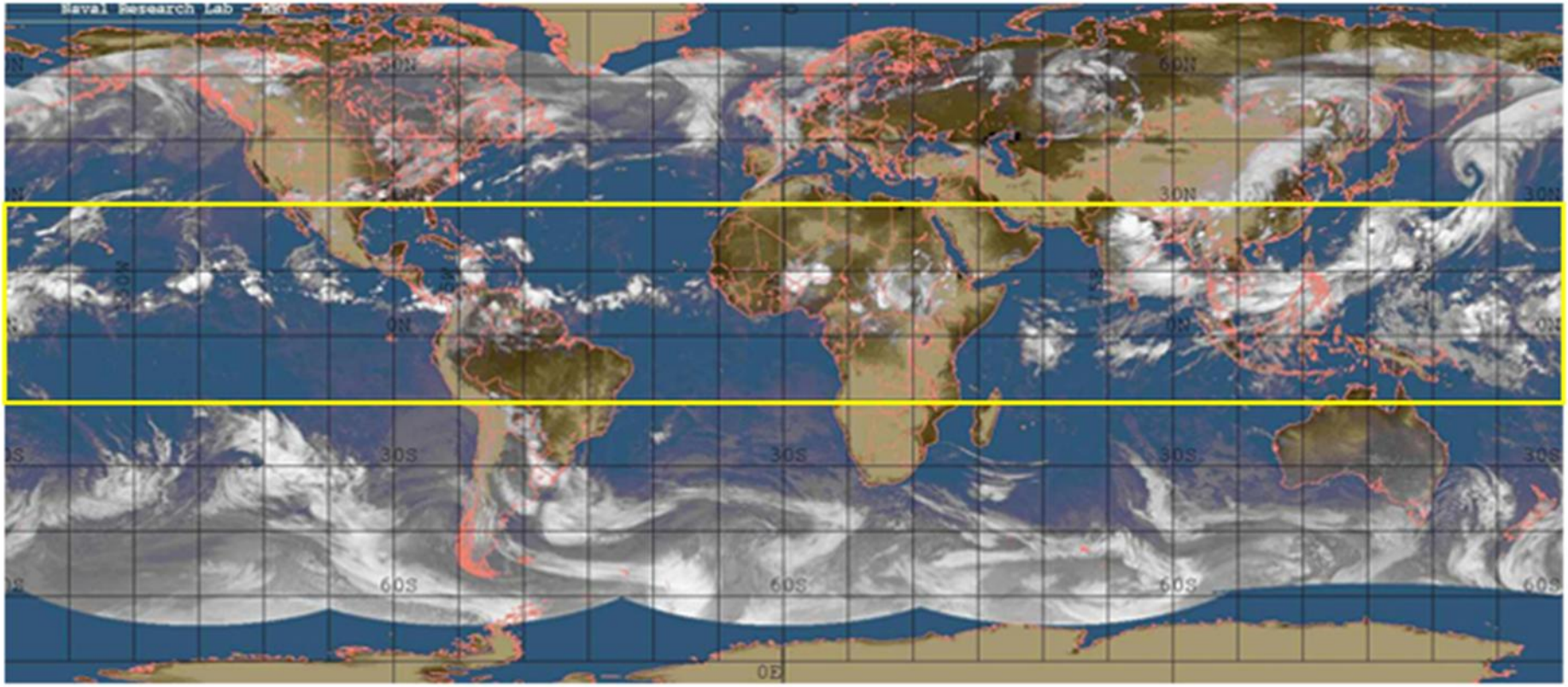
Tropical Meteorology

Multi-satellite IR 1200 UTC 18 Aug 2001



US Navy / NRL / NOAA / MTSAT / © EUMETSAT 2001

Tropical Meteorology

- ลักษณะอากาศที่เกิดขึ้นระหว่างละติจูด 30 องศาเหนือ ถึง 30 องศาใต้(เขตร้อน)
- ประกอบไปด้วย
  - **พายุฝนฟ้าคะนอง**
  - **ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า**
  - **มรสุม**
  - **คลื่นกระแสลมตะวันออก**
  - **คลื่นกระแสลมตะวันตก**
  - **พายุหมุนเขตร้อน**
  - เอล นีโญ่ ลา นีญ่า
- Equatorial Rossby waves, Madden-Julian Oscillation events,easterly jets, snow and ice, and much, much more

พายุฝนฟ้าคะนอง

- **ขั้นก่อตัว (Cumulus stage)**

เมื่อกลุ่มอากาศร้อนลอยตัวขึ้นสู่บรรยากาศ พร้อมกับการมีแรงมากระทำหรือผลักดันให้มวลอากาศยกตัวขึ้นไปสู่ความสูงระดับหนึ่ง โดยมวลอากาศจะเย็นลงเมื่อลอยสูงขึ้นและควบแน่นเป็นละอองน้ำเล็ก ๆ เป็นการก่อตัวของเมฆคิวมูลัส ในขณะที่ความร้อนแฝงจากการกลั่นตัว ของไอน้ำจะช่วยให้อัตราการลอยตัว ของกระแสอากาศภายในก้อนเมฆเร็วมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้ขนาดของเมฆคิวมูลัสมีขนาดใหญ่ขึ้น และยอดเมฆสูงเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จนเคลื่อนที่ขึ้นถึงระดับบนสุดแล้ว (จุดอิ่มตัว) จนพัฒนามาเป็นเมฆคิวมูโลนิมบัส เราเรียกกระแสอากาศที่ไหลขึ้นว่า "อัพดราฟต์" (Updraft)

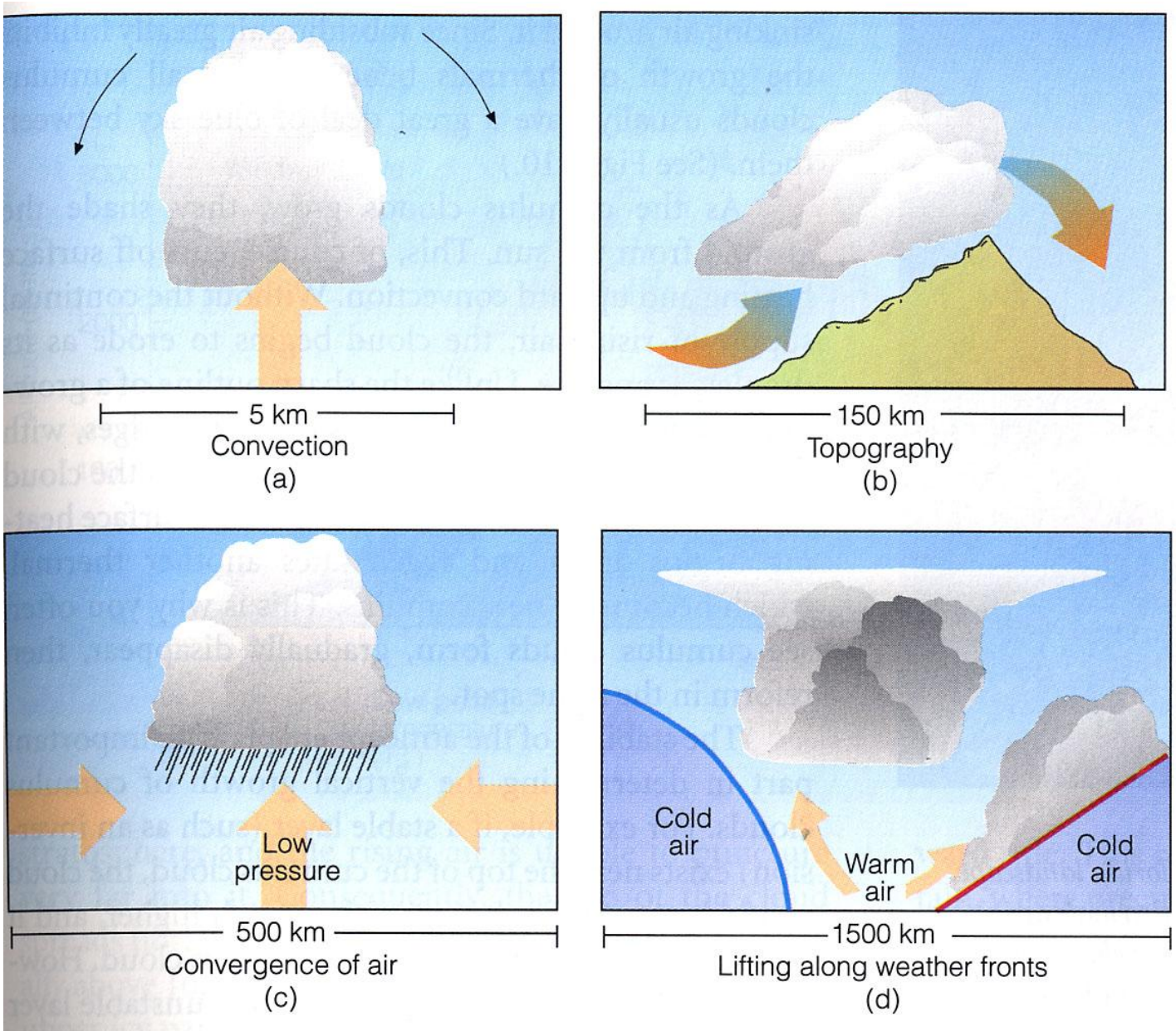
- **ขั้นเจริญเต็มที่ (Mature stage)**

เป็นช่วงที่กระแสอากาศมีทั้งไหลขึ้นและไหลลง ปริมาณความร้อนแฝงที่เกิดขึ้นจากการควบแน่นลดน้อยลง ซึ่งมีสาเหตุมาจากการที่หยาดน้ำฟ้าที่ตกลงมามีอุณหภูมิต่ำ ช่วยทำให้อุณหภูมิของกลุ่มอากาศเย็นกว่าอากาศแวดล้อม ดังนั้นอัตราการเคลื่อนที่ลงของกระแสอากาศจะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ กระแสอากาศที่เคลื่อนที่ลงมาซึ่งเรียกว่า "ดาวน์ดราฟต์" (Downdraft) จะแผ่ขยายตัวออกด้านข้าง ก่อให้เกิดลมกระโชกรุนแรง อุณหภูมิจะลดลงและความกดอากาศจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แผ่ออกไปไกลถึง 60 กิโลเมตรได้ โดยเฉพาะส่วนที่อยู่ด้านหน้าของทิศทางการเคลื่อนที่ของพายุ นอกจากนั้นกระแสอากาศเคลื่อนที่ขึ้นและลงจะก่อให้เกิดลมเฉือน (Wind shear) ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อเครื่องบินที่กำลังจะขึ้นและร่อนลงสนามบินเป็นอย่างยิ่ง

- **ขั้นสลายตัว**

เป็นระยะที่พายุฝนฟ้าคะนองมีกระแสอากาศเคลื่อนที่ลงเพียงอย่างเดียว หยาดน้ำฟ้าตกลงมาอย่างรวดเร็วและหมดไป พร้อม ๆ กับกระแสอากาศที่ไหลลงก็จะเบาบางลง

การยกตัวของอากาศแนวดิ่ง



พายุฝนฟ้าคะนอง

ระยะเริ่มต้น

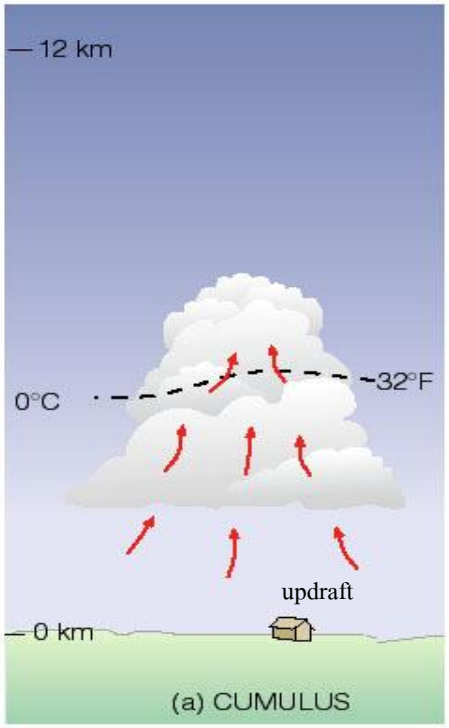
Growth stage

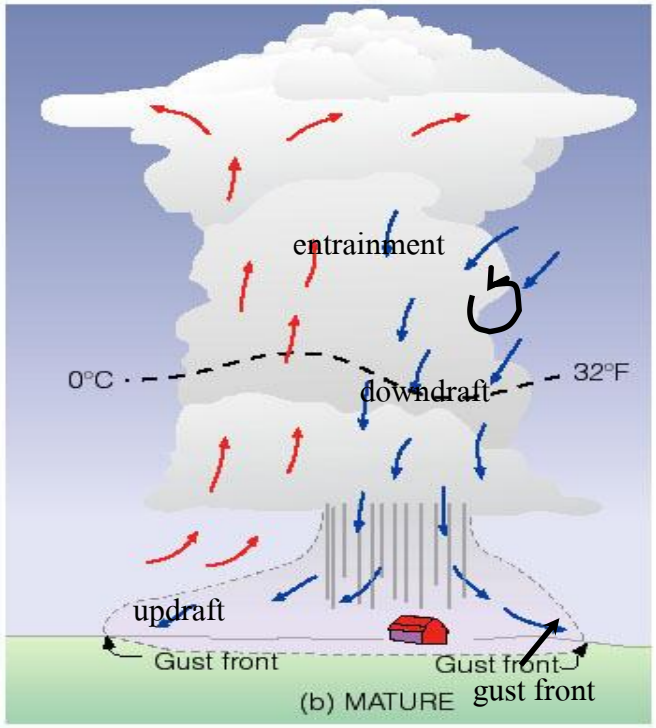
ระยะโตเต็มที่

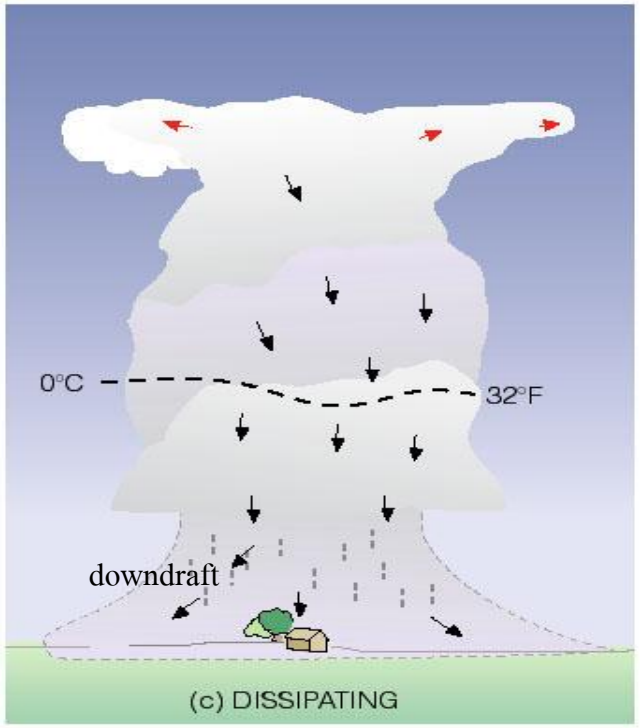
Mature stage

ระยะสลายตัว

Dissipation stage







© 2005 Thomson - Brooks/Cole

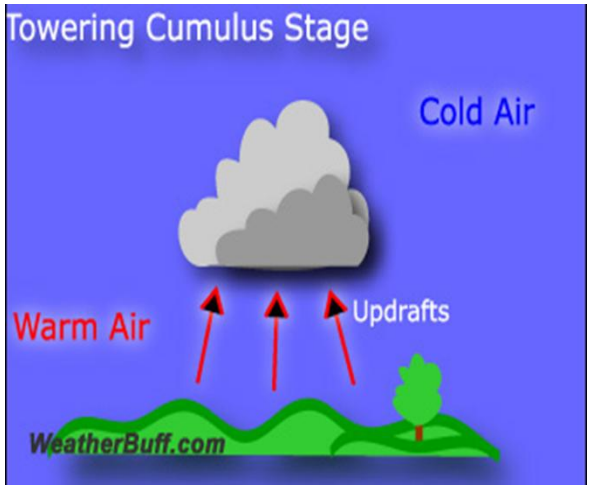
ชนิดของพายุฟ้าคะนอง

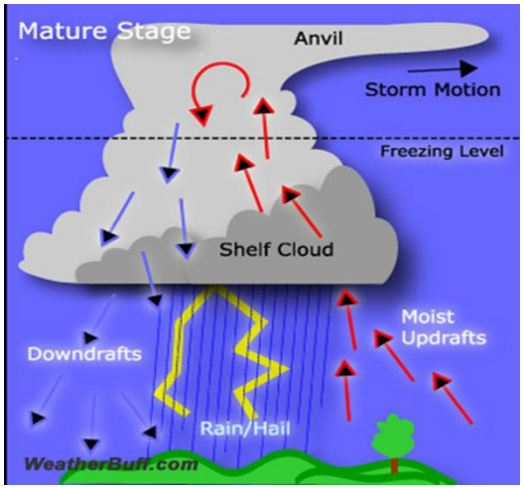
- **Single-cell or air-mass storm**
  - 20-30 นาที มี downbursts, hail(ลูกเห็บ), บางครั้งทำให้มีฝนตกหนักได้ หรืออาจเกิดพายุทอร์นาโดขนาดเล็กที่มีกำลังอ่อนได้
- **Multicell cluster storm**
  - ประกอบด้วยหลายๆ cell โดยในแต่ละ cell จะมีสถานะหรือช่วงเวลาที่แตกต่างกัน
  - Multicell storms สามารถทำให้เกิด ลูกเห็บขนาดกลาง, น้ำท่วมฉับพลัน น้ำป่าไหลหลาก และ เกิดพายุทอร์นาโด ขนาดเล็กที่มีกำลังอ่อนได้
- **Multicell Line (squall line) Storms** –
  - เป็นแนวของพายุฝนฟ้าคะนองที่ต่อเนื่องกัน (ส่วนมากเป็นแนวตั้ง) มีกระแสลมแรงด้านหน้าของแนว จึงเรียกว่า squall lines สามารถทำให้เกิดลูกเห็บขนาดเล็กถึงขนาดกลาง อาจทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลัน น้ำป่าไหลหลาก และ พายุทอร์นาโด ขนาดเล็กที่มีกำลังอ่อนได้ในบางครั้ง
- **Supercells**
  - พายุฟ้าคะนองขนาดใหญ่ มีการหมุนวนของ updraft ส่วน downbursts จะมีกำลังแรงมาก ทำให้เกิดลูกเห็บขนาดใหญ่ น้ำท่วมฉับพลัน น้ำป่าไหลหลาก และ เกิดพายุทอร์นาโด ขนาดเล็กที่มีกำลังอ่อนจนถึงพายุทอร์นาโดขนาดใหญ่ได้

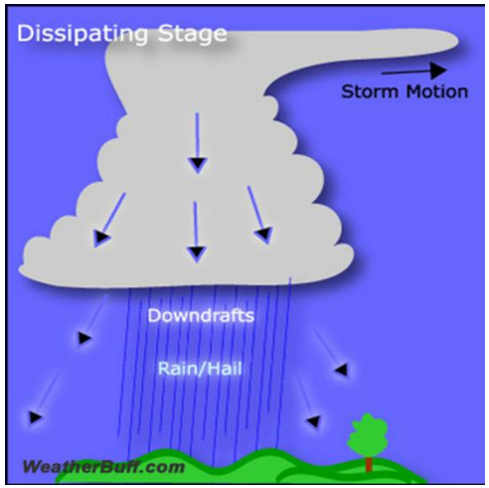
1. พายุฝนฟ้าคะนองชนิดก้อนเดี่ยวๆ (Single-cell)

มักมีกำลังอ่อน ช่วงเวลาที่เกิด น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

- มีกลไกการเกิดและสลายตัวด้วยตัวเอง
- เกิดขึ้นได้ตลอดทั้งปี และมักเกิดในช่วงฤดูร้อน
- มักเกิดลักษณะอากาศที่รุนแรง แต่ก็สามารถเกิดลมแรงจัด ลูกเห็บตก และเกิดฟ้าแลบ ฟ้าร้อง และ ฟ้าผ่าได้







ตัวอย่างของพายุฝนฟ้าคะนองแบบเดี่ยว (single-cell)

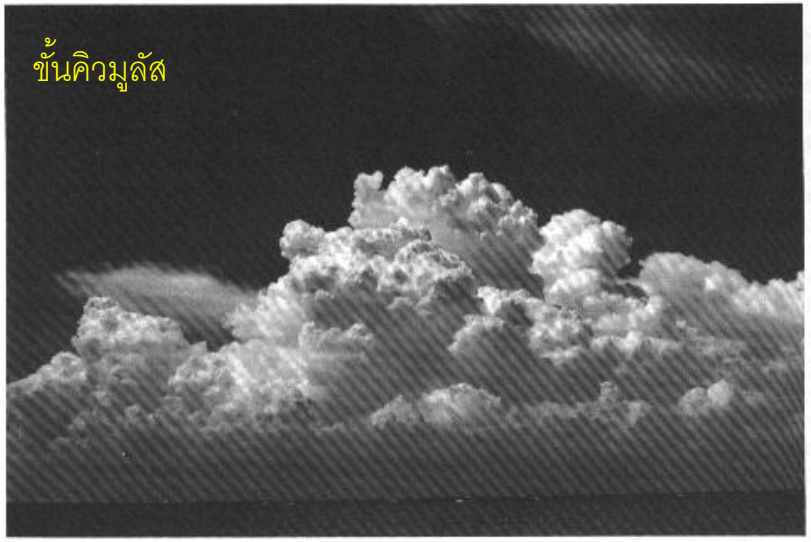


Figure 3.16 Photographs of the (a) towering cumulus, (b), (c) mature, and (d) dissipating stages of a thunderstorm. (a)–(c) were taken August 28, 1971, off the southeast coast of Florida, looking westward; (d) was taken August 28, 1973, near Naples, Florida, looking westward over the Gulf of Mexico (photographs copyright Howard B. Bluestein).

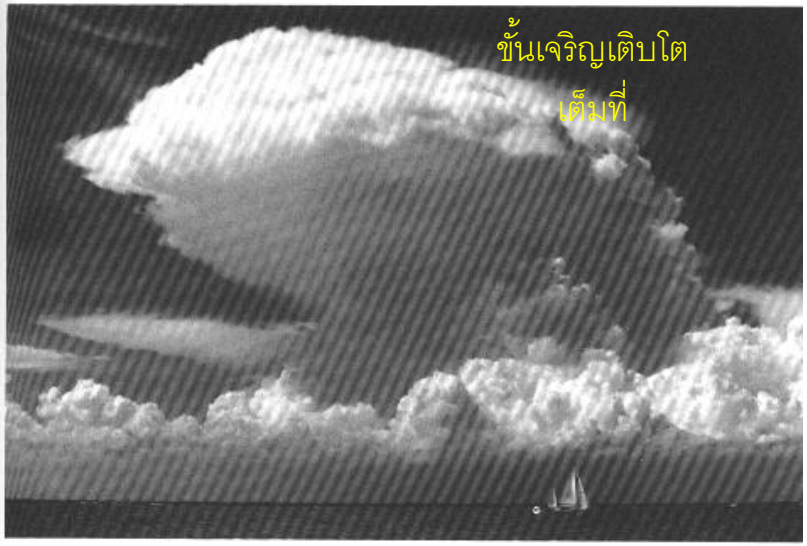
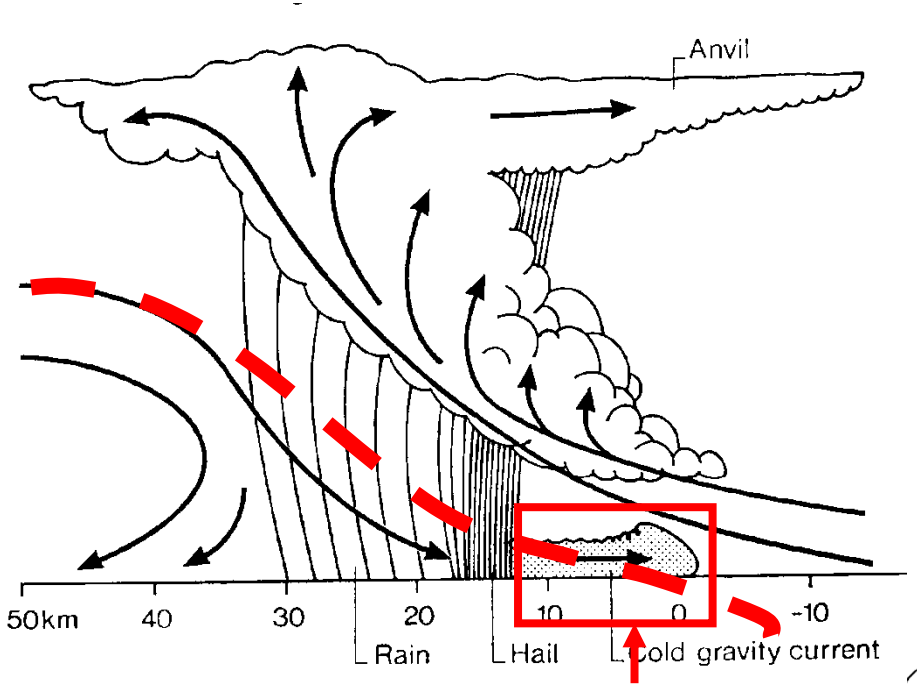
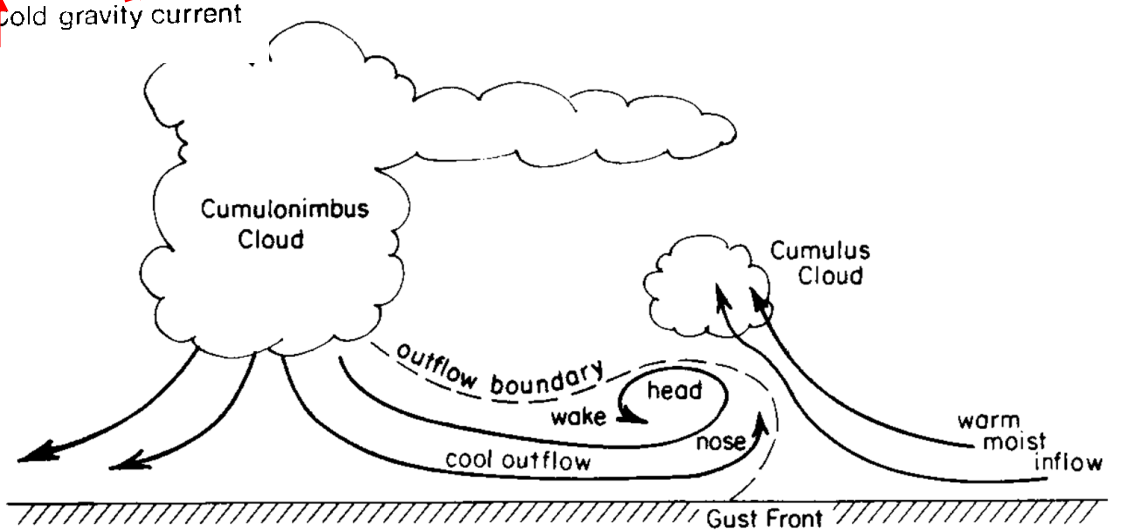


Figure 3.16 (*cont.*)

แผนผังโมเดลของเมฆฝนฟ้าคะนอง
และความหนาแน่นของกระแสลมไหลออก



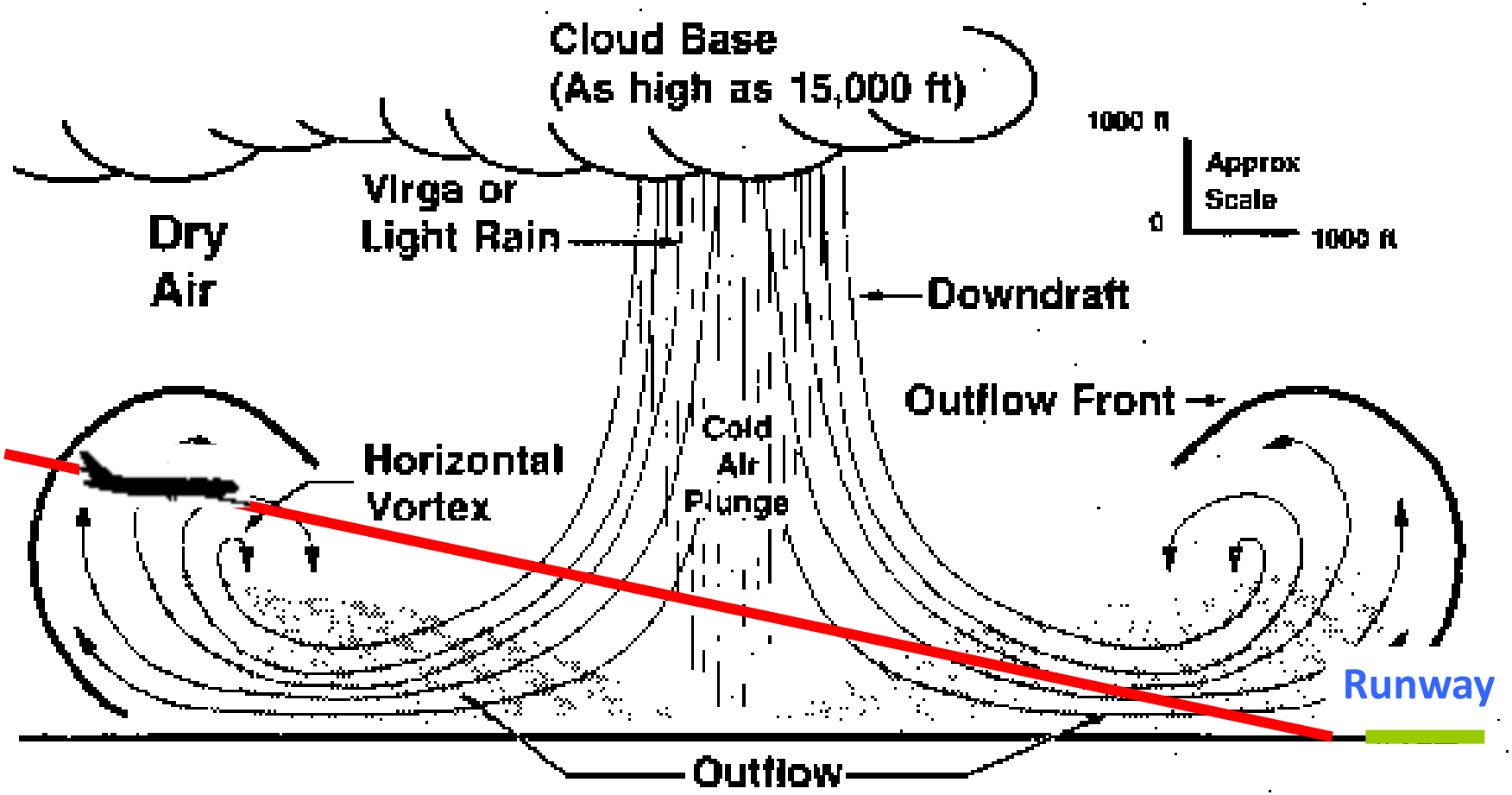
(Simpson 1997)



Downburst Classification

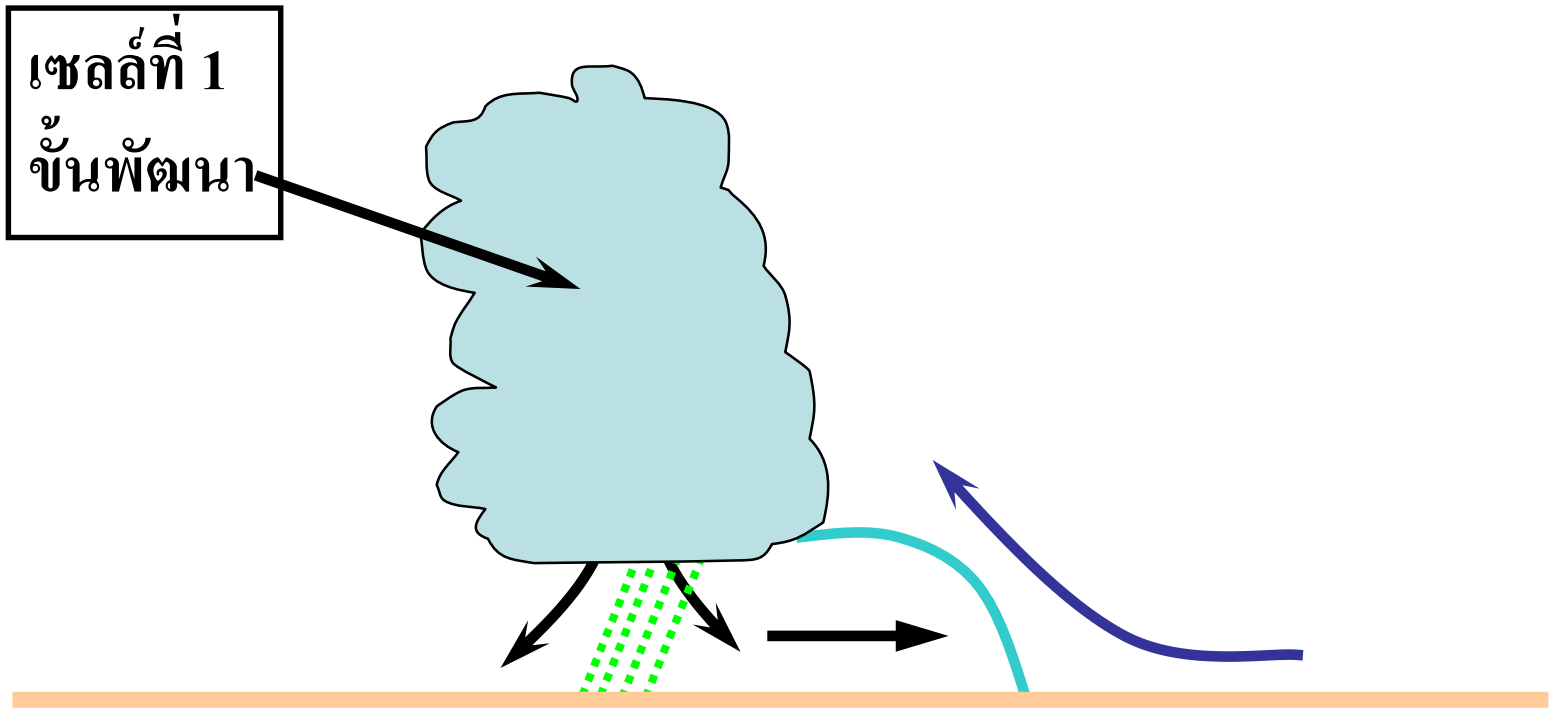
- **Downbursts-** บริเวณด้านใต้ของพายุฝนฟ้าคะนองที่มีกระแสลมพัดลงมาอย่างรวดเร็ว
- ซึ่งประกอบด้วย **Microburst** และ **Macroburst**
- **Dr. Fujita**
  - **macro bursts (greater than 2.5 miles in diameter)**
  - **and micro bursts (less than 2.5 miles in diameter).**
- **macro burst** คือบริเวณที่มีกระแสลมที่พัดออกมาจากกลุ่มของพายุฝนฟ้าคะนอง หรือ **Multi cell**
- ส่วน **microburst** คือบริเวณที่มีกระแสลมที่พัดออกมาจากพายุฝนฟ้าคะนองเดี่ยว หรือ **Single Cell**
- อาจกล่าวได้ว่า **microburst** เป็นส่วนหนึ่งของ **macroburst.**

Microburst


Cloud Base
(As high as 15,000 ft)
1000 ft
Approx
Scale
0
1000 ft
Virga or
Light Rain
Dry
Air
Downdraft
Outflow Front
Horizontal
Vortex
Cold
Air
Plunge
Runway
Outflow

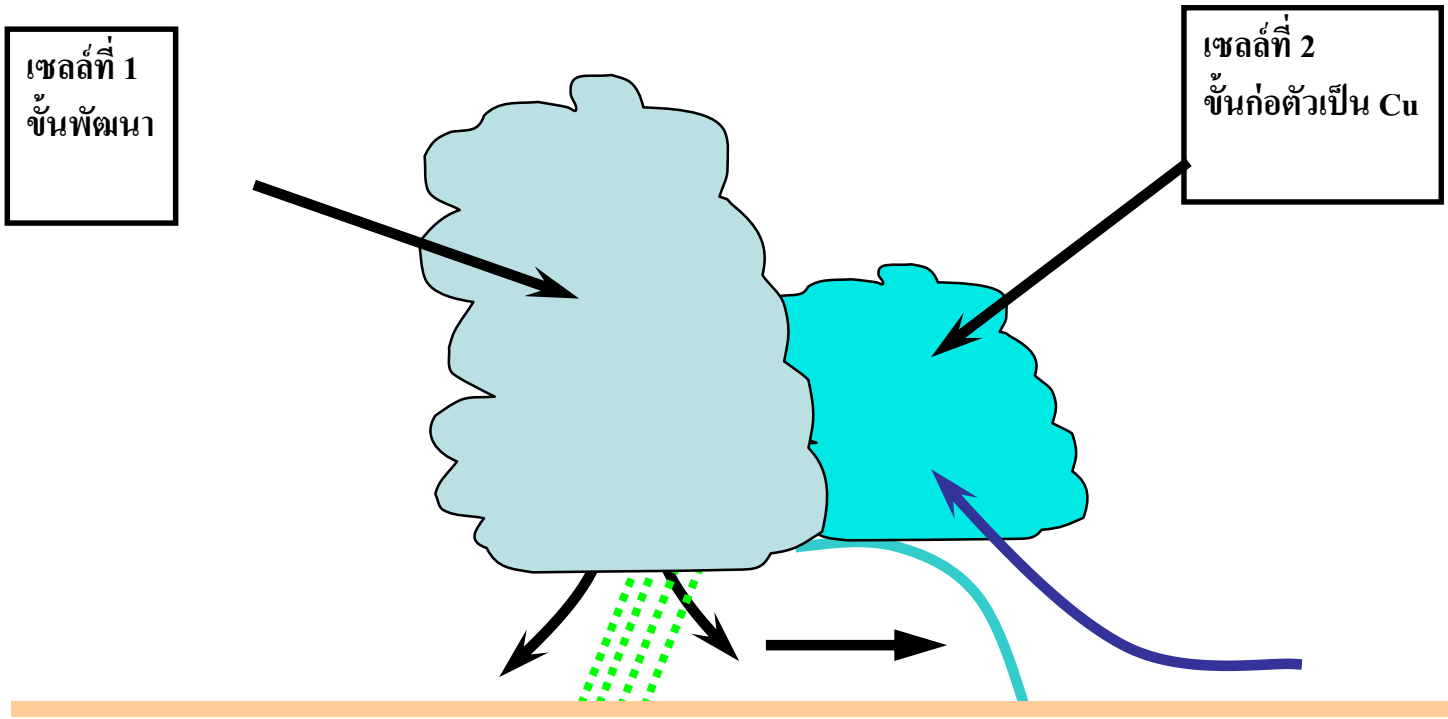
Multicellular Thunderstorms

- เป็นพายุฝนฟ้าคะนองหลายลูกและมีวงชีวิตที่ยาวนาน
- เกิดจากพายุฝนฟ้าคะนองหลายเซลล์ เซลล์แต่ละเซลล์จะผ่านขั้นตอนการพัฒนาของพายุแต่จะอยู่รวมกลุ่มกัน
- ภายในเมฆแบบ multicell storms ชั้นของกระแสอากาศไหลออกมักเป็นตัวเหนี่ยวนำให้มีการพาความร้อนเกิดขึ้นใหม่อยู่เสมอ



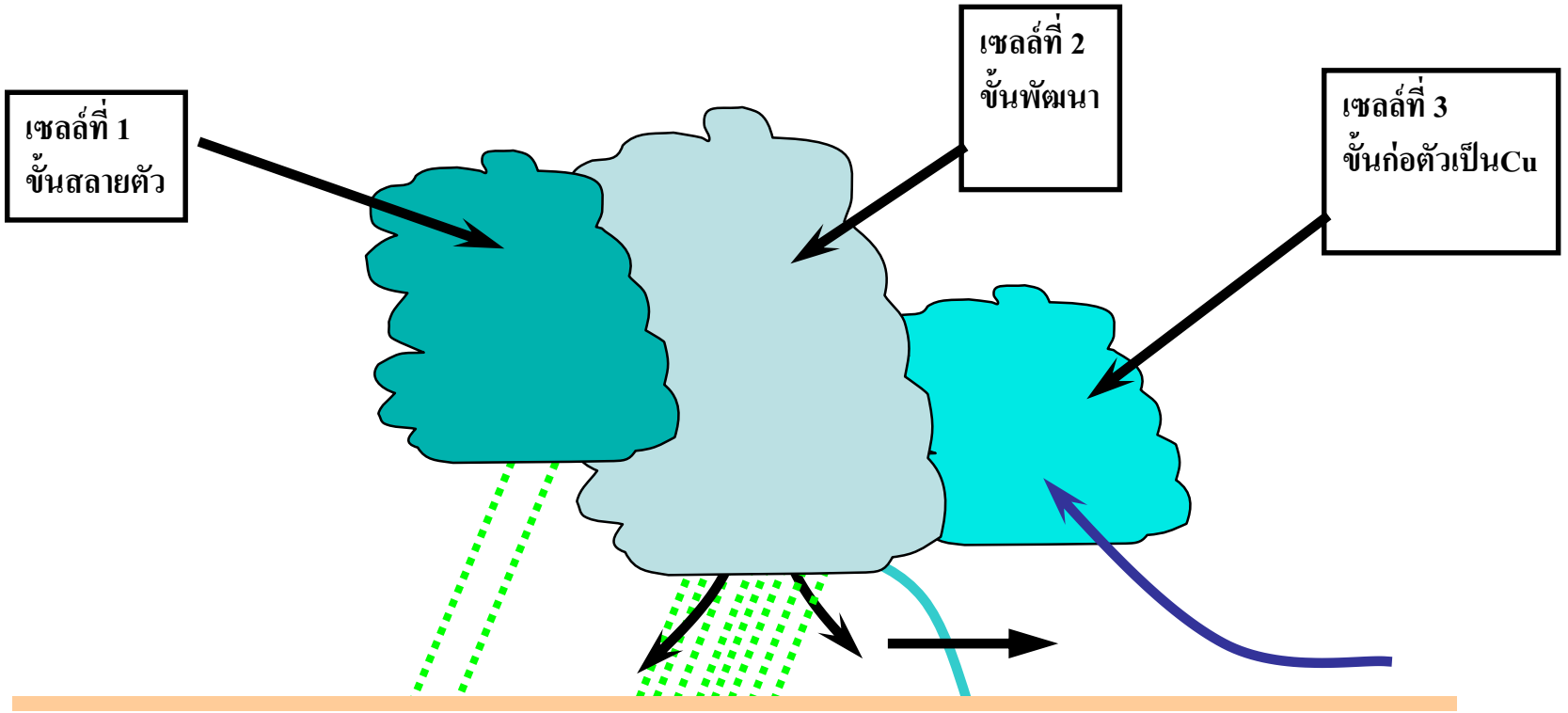
Multicellular Thunderstorms

จนถึงขั้นการก่อตัวเป็นเมฆก่อตัวแนวตั้ง (Cumulus-Cu)



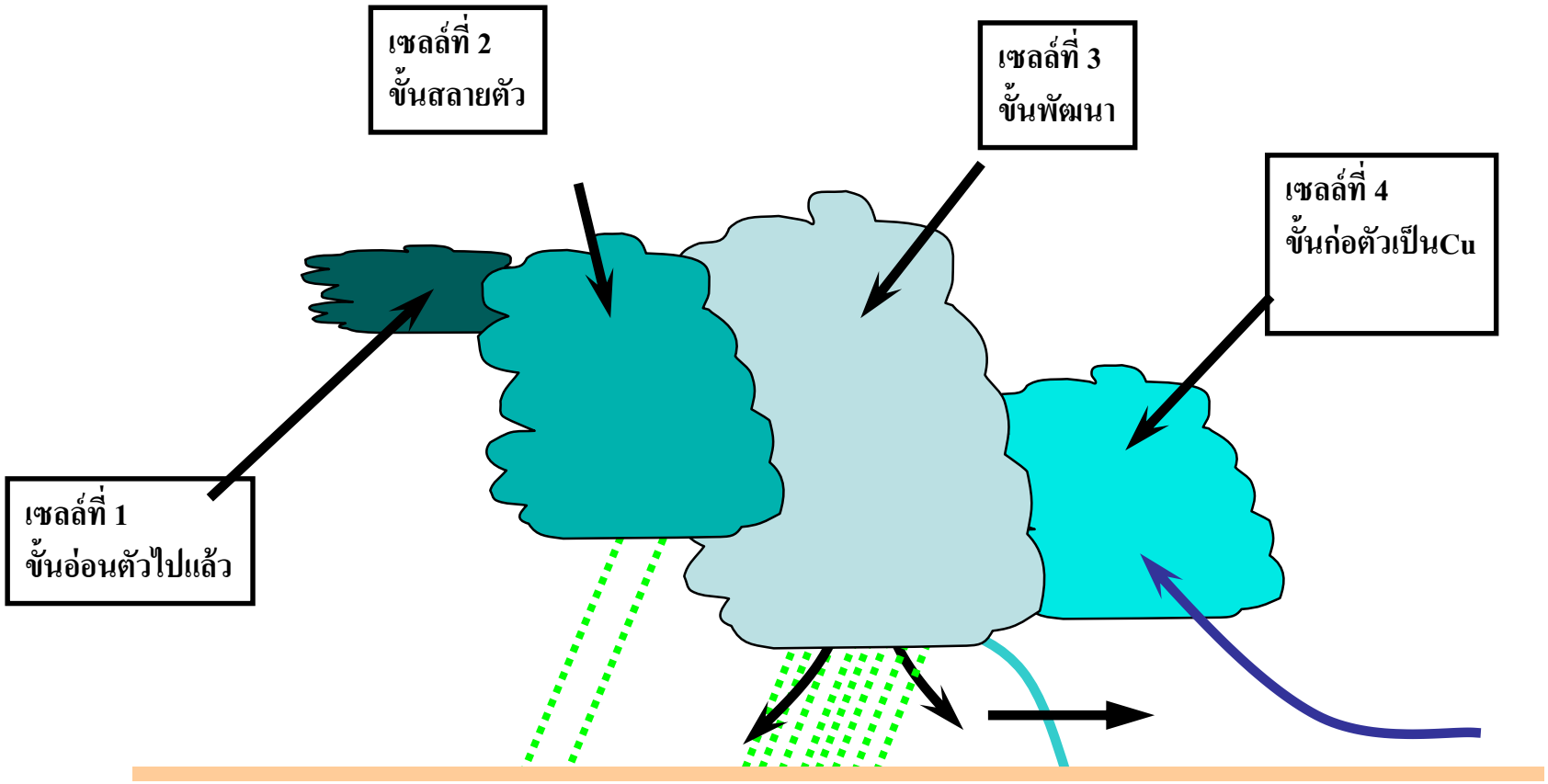
Multicellular Thunderstorms

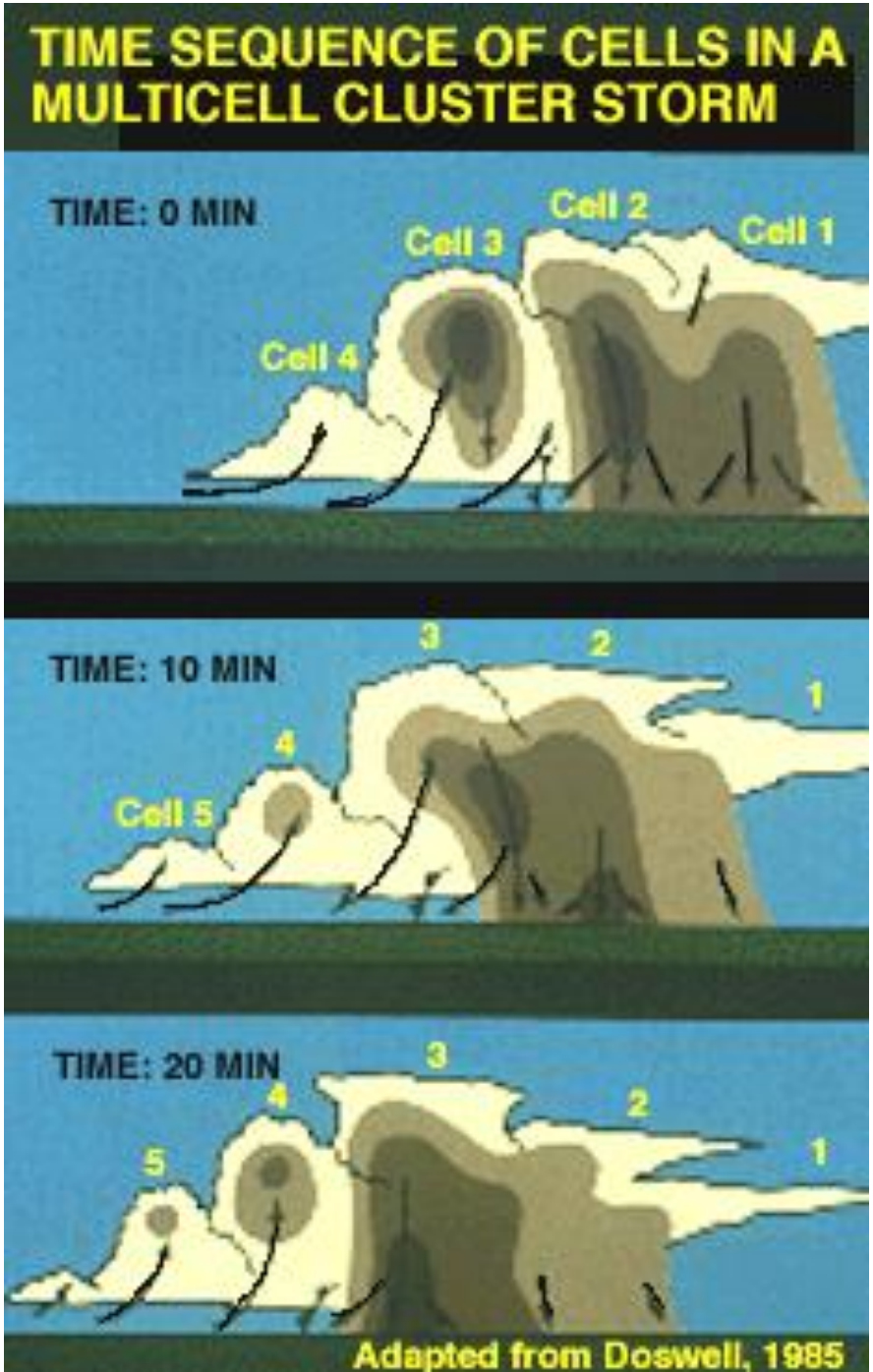
หลังจาก 20 นาที หรือเมฆเซลล์ที่ 2 เด่นขึ้น เซลล์ที่ 1 จะเริ่มสลายตัว จากนั้นจะเกิดเซลล์ที่ 3 ก่อตัวขึ้นมาใหม่



Multicellular Thunderstorms

หลังจากอีก 20 นาทีถัดมา หรือเมฆเซลล์ที่ 3 เด่นขึ้น กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องยาวนานจนถึงระดับที่เหมาะสมแล้วจะมีการพาความร้อนเกิดขึ้นมาใหม่อีก

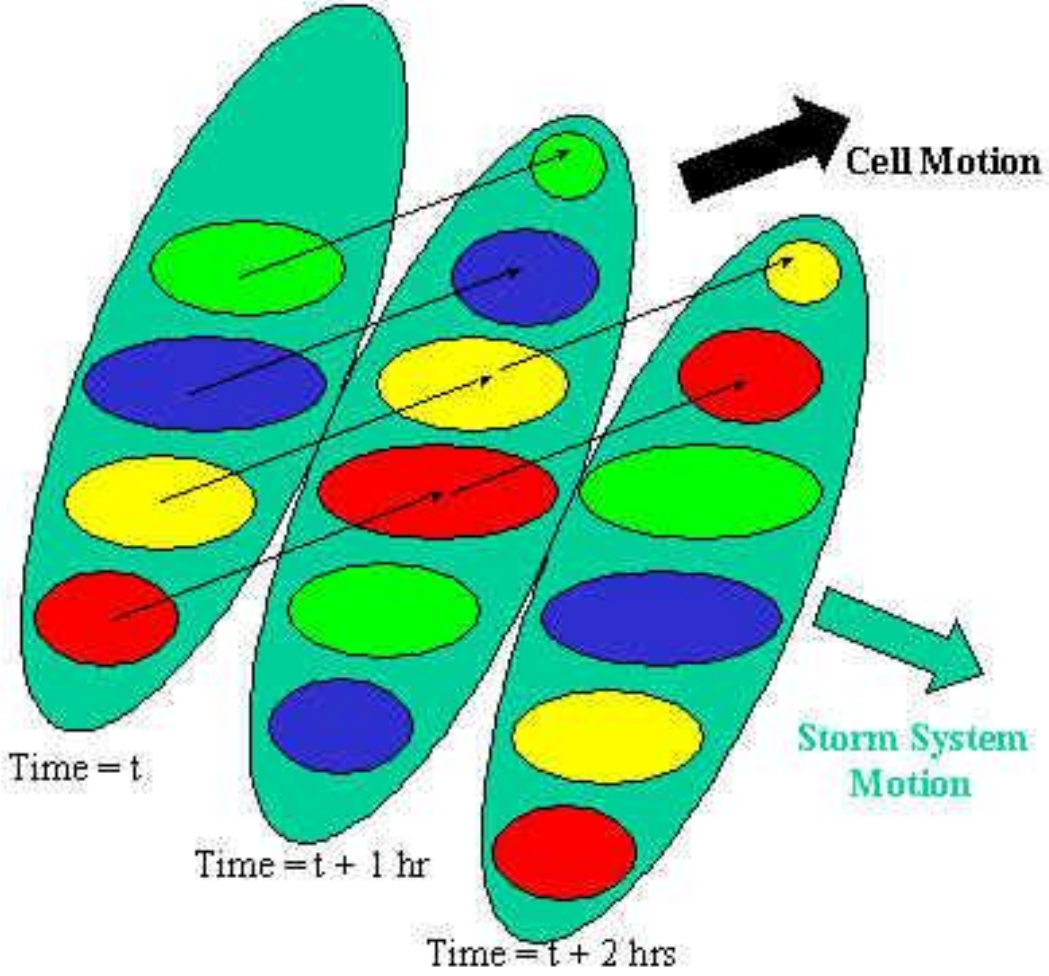




วงชีวิตของ multicell storm

ขณะที่เซลล์ที่ 1 เริ่มสลายตัว
เซลล์ที่ 2 ก็อยู่ในขั้นพัฒนาและเห็นเด่นชัด
ต่อมาเมื่อเซลล์ที่ 2 จะอ่อนลงเมื่อเกิดหยาดน้ำฟ้าตกหนักลงมาประมาณ 10 นาที
หลังจากนั้นเซลล์ที่ 3 จะรุนแรงขึ้นและเกิดขึ้นเป็นวัฏจักรใหม่อีก

เซลล์และการเคลื่อนที่ของระบบพายุฯ



- Cells inside a storm (system) do not necessarily move at the same speed and/or direction as the overall storm system
- The storm system can move as a result of the successive growth and decay of cells
- It can also move because the cell motion
- Environmental winds can have significant influence on the cell and/or storm movement, but the storms do not necessarily follow the wind.

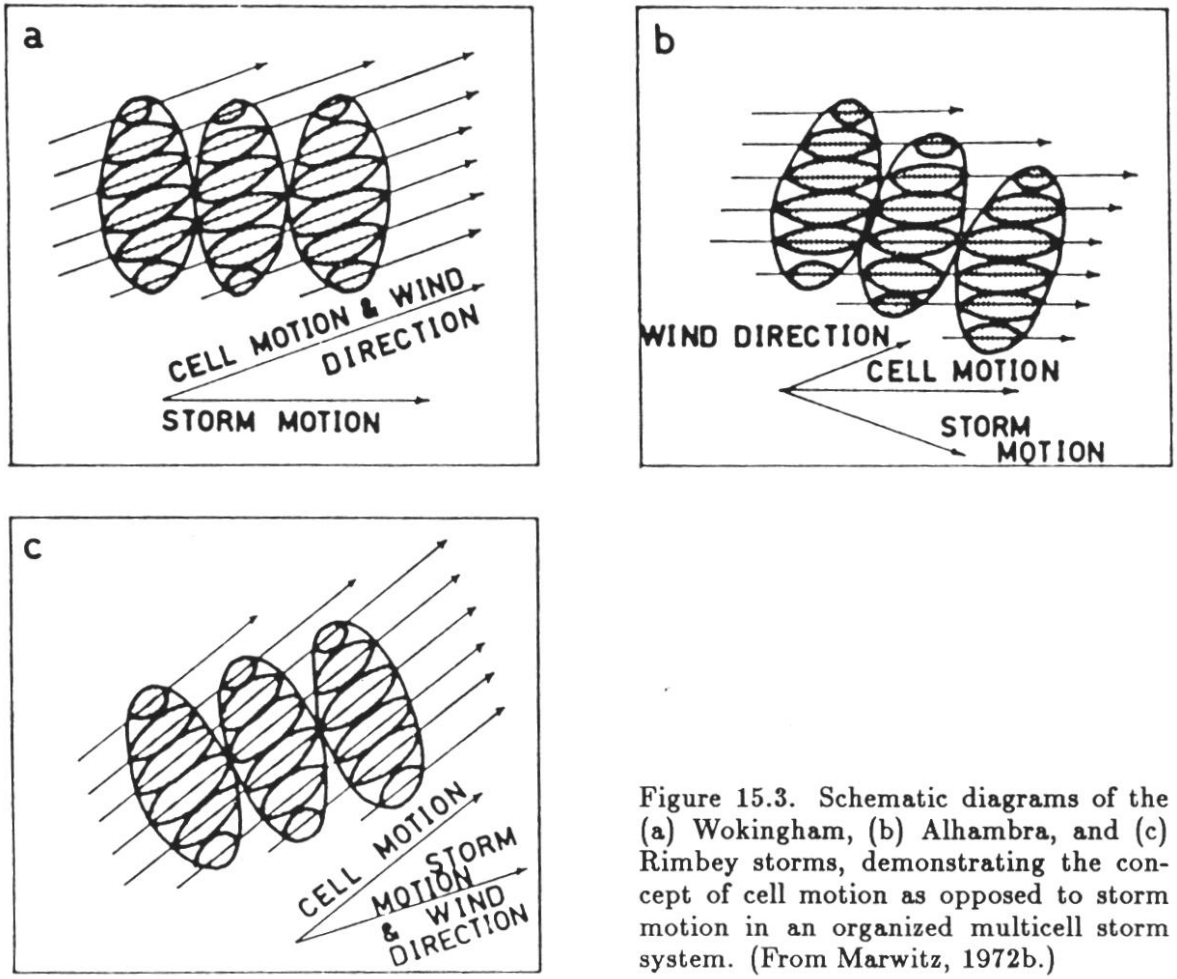
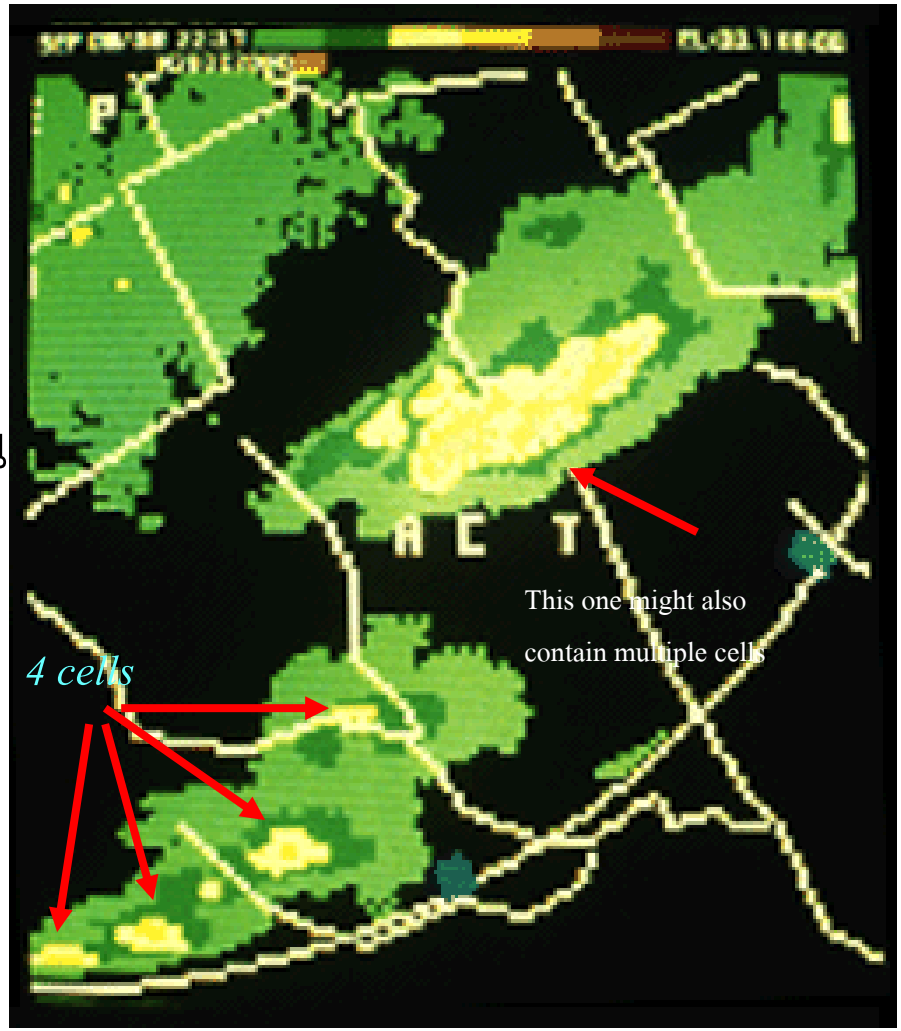


Figure 15.3. Schematic diagrams of the (a) Wokingham, (b) Alhambra, and (c) Rimbey storms, demonstrating the concept of cell motion as opposed to storm motion in an organized multicell storm system. (From Marwitz, 1972b.)

Multicell Storm จากเรดาร์ตรวจอากาศ

- เรดาร์มักจะสะท้อนกลุ่มเมฆ multicell โดยตามธรรมชาติจะมีการสะท้อนที่ศูนย์กลางและเป็นแกนสีค่อนข้างเหลือง3เฉดสีที่ต่ำกว่าดังภาพ
- บางครั้ง พายุฯมักจะไม่ปรากฏเห็นเซลล์จากการสแกนเรดาร์ในระดับต่ำ แต่สามารถเห็นได้ชัดเจนเมื่อได้สแกนในแต่ละระดับความสูง



Multicell Storms (Squall Line)

แบบเป็นแถบแนวยาว

- ประกอบด้วยแนวของพายุฯที่ก่อตัวขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีการพัฒนาตัวดีซึ่งจะเกิดลมกระโชกแรงนำมาตามขอบด้านหน้าของพายุฯ แนวนี้ก็คือ squall lines
- สามารถทำให้เกิดลูกเห็บขนาดเล็กถึงปานกลาง บางครั้งเกิดน้ำท่วมฉับพลัน และพายุทอร์นาโด ขนาดอ่อน

รูปแบบ Multicellular Thunderstorms

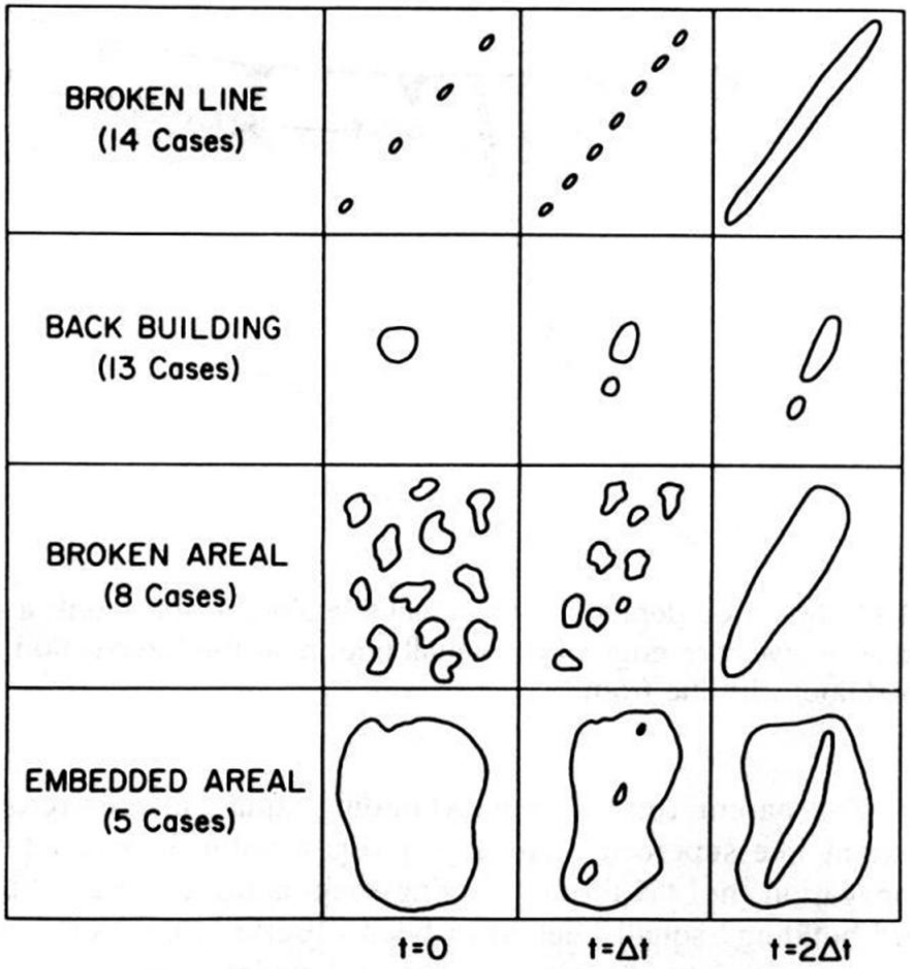
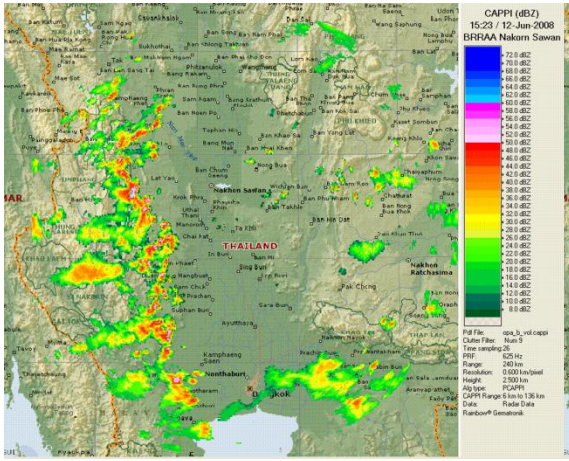
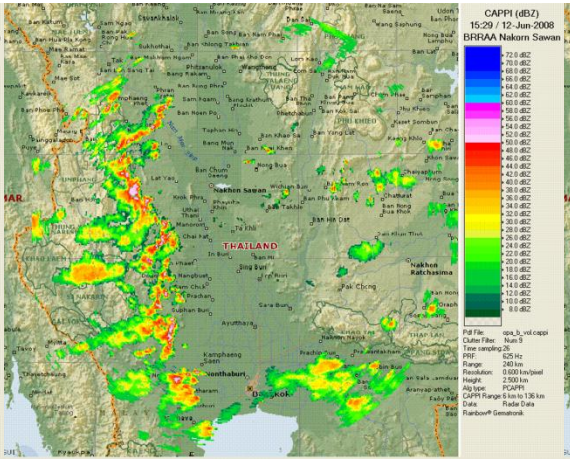
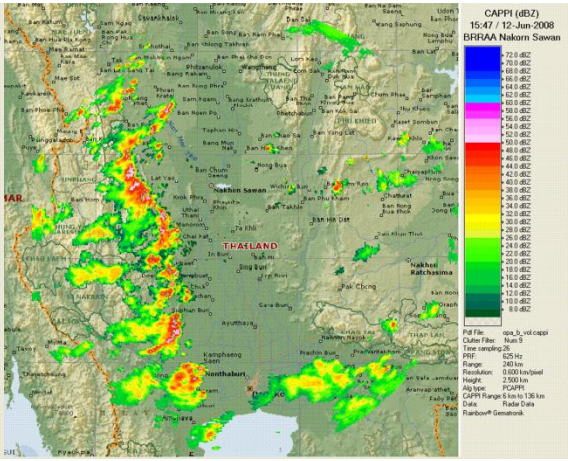


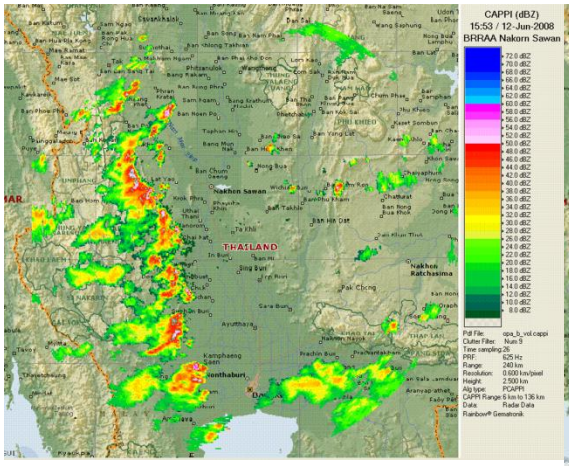
Figure 3.72 Idealized depiction of squall-line formation in the Southern Plains of the United States during the spring (from Bluestein and Jain, 1985). (Courtesy of the American Meteorological Society)

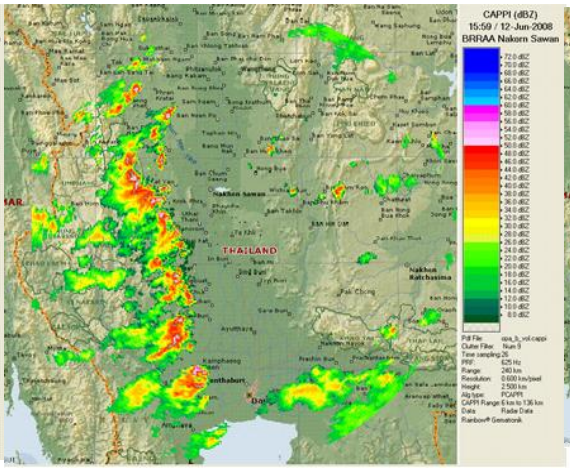
เรดาร์ตรวจอากาศตาคลี นครสวรรค์ (ฝนหลวง)

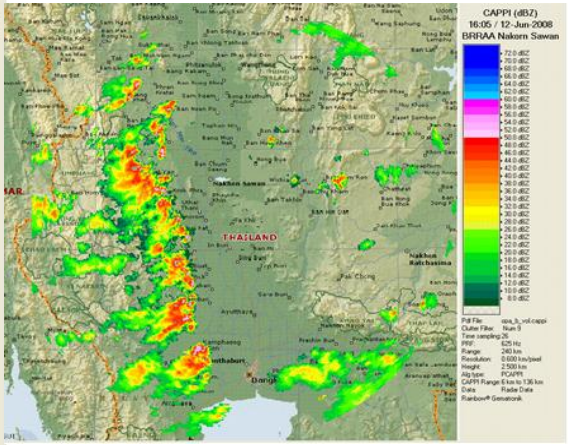








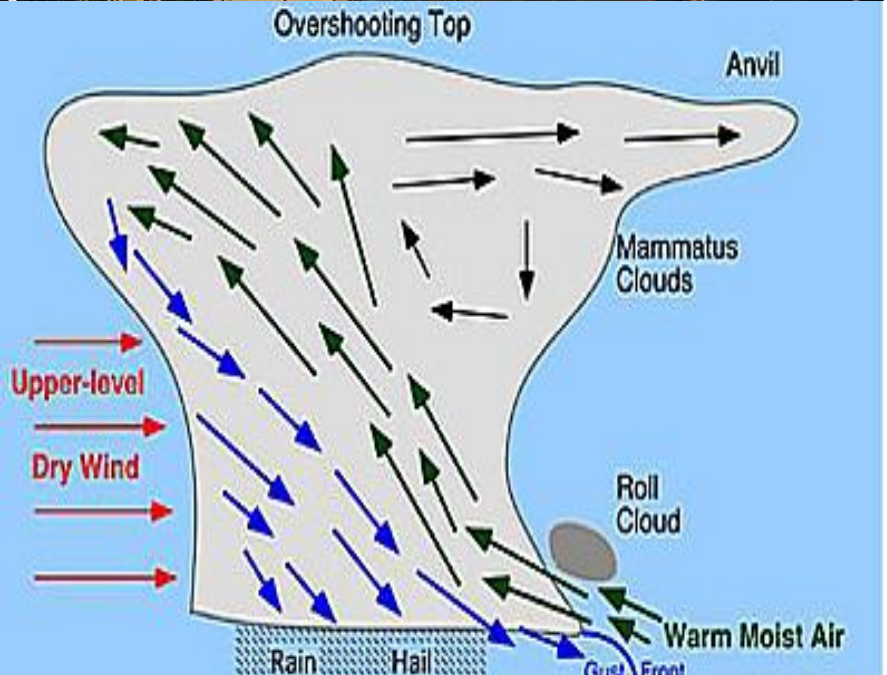




Supercell Thunderstorms

- พายุที่มีขนาดใหญ่มาก โดยมีตัวการหลัก คือ กระแสอากาศไหลขึ้น
- มีโครงสร้างทางฟิสิกส์กึ่งแน่นอน
  - มีกระแสอากาศไหลขึ้น-ลง อย่างต่อเนื่อง
- มีกระแสอากาศไหลขึ้นหมุนวน --- Mesocyclone
- มีวงชีวิตอยู่หลายชั่วโมง
- มีศักยภาพในการทำลายสูงมากที่สุด
- มีลักษณะที่รุนแรงและอันตรายผสมกัน
  - ลมแรง
  - ลูกเห็บขนาดใหญ่ที่สามารถทำลายความเสียหายได้
  - มีฟ้าแลบเกิดขึ้นถี่
  - มีพายุทอร์นาโดขนาดใหญ่และมีวงชีวิตที่ยาวนาน

overshooting top
anvil
supercell
mammatus clouds
virga
(rain that doesn't hit the ground)
rain
wall cloud
tornado
hail
skydiary.com

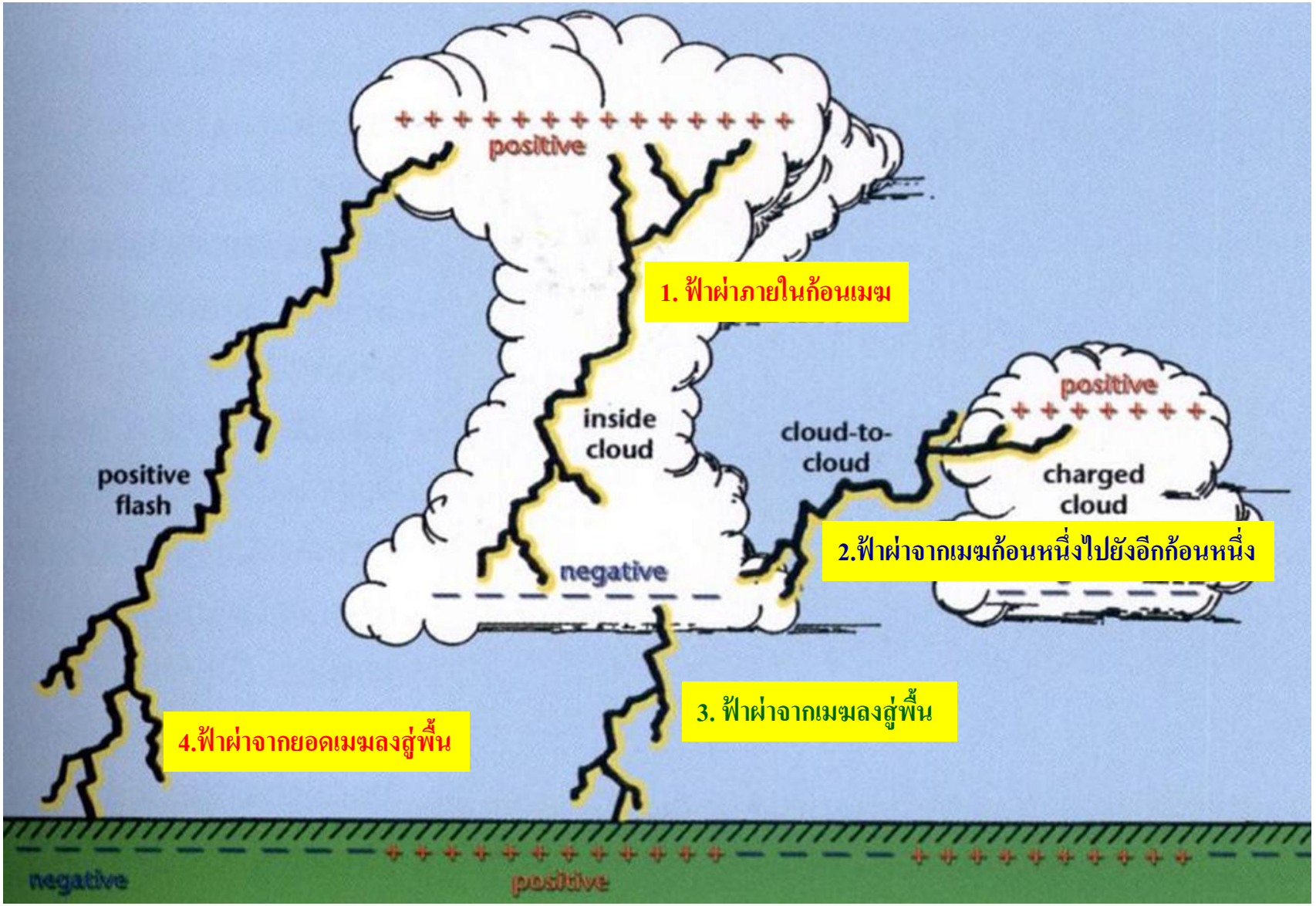

Overshooting Top
Anvil
Mammatus Clouds
Upper-level
Dry Wind
Roll Cloud
Warm Moist Air
Rain
Hail

“ฟ้าผ่า” มีอย่างน้อย 4 แบบหลัก ได้แก่

1. **ฟ้าผ่าภายในก้อนเมฆ** ฟ้าผ่าแบบนี้เกิดมากที่สุด และทำให้เมฆเปล่งแสงกระพริบที่คนไทยเราเรียกว่า “ฟ้าแลบ” นั่นเอง
2. **ฟ้าผ่าจากเมฆก้อนหนึ่งไปยังอีกก้อนหนึ่ง**
3. **ฟ้าผ่าจากเมฆลงสู่พื้น** เป็นการปลดปล่อยประจุออกจากก้อนเมฆจึงเรียกว่า ฟ้าผ่าแบบลบ (Negative Lightning) ซึ่งเป็นฟ้าผ่าที่อันตรายต่อคน สัตว์ และสิ่งต่างๆ ที่อยู่บนพื้น โดยจะผ่าลงบริเวณ “ใต้เงา” ของเมฆฝนฟ้าคะนองเป็นหลัก
4. **ฟ้าผ่าจากยอดเมฆลงสู่พื้น** เป็นการปลดปล่อยประจุบวกจากก้อนเมฆจึงเรียกว่าฟ้าผ่าแบบบวก (Positive Loghtning) สามารถผ่าได้ไกลจากก้อนเมฆได้ถึง 30 กิโลเมตร นั่นคือ แม้ท้องฟ้าเหนือศีรษะของเราจะดูปลอดโปร่ง แต่เราอาจจะถูกฟ้าผ่า (แบบบวก) ได้หากมีเมฆฝนฟ้าคะนองอยู่ห่างไกลออกไปในระยะ 30 กิโลเมตร อันเป็นที่มาของคำว่า “ฟ้าผ่ากลางวันแสกๆ” ซึ่งเป็นฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นโดยเราไม่ได้คาดคิดนั่นเอง

ที่มาข้อมูล: สภาวิศวกร

“ฟ้าผ่า”


positive
1. ฟ้าผ่าภายในก้อนเมฆ
inside cloud
positive flash
cloud-to-cloud
positive
charged cloud
2.ฟ้าผ่าจากเมฆก้อนหนึ่งไปยังอีกก้อนหนึ่ง
negative
3. ฟ้าผ่าจากเมฆลงสู่พื้น
4.ฟ้าผ่าจากยอดเมฆลงสู่พื้น
negative
positive

Speed of Lightning

How Far Away is Lightning?

Velocity = Speed-of-sound

Hear “later”

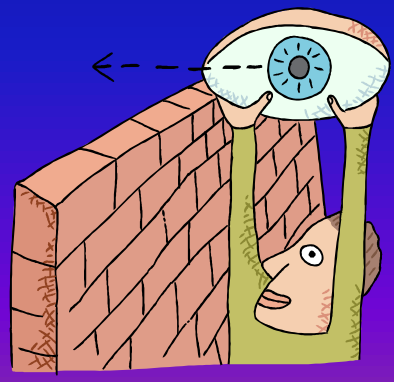
See “immediately”

Velocity = Speed-of-light

Speed-of-sound: 1100 ft/sec (330 m/sec)

=> one mile in 5 seconds!!

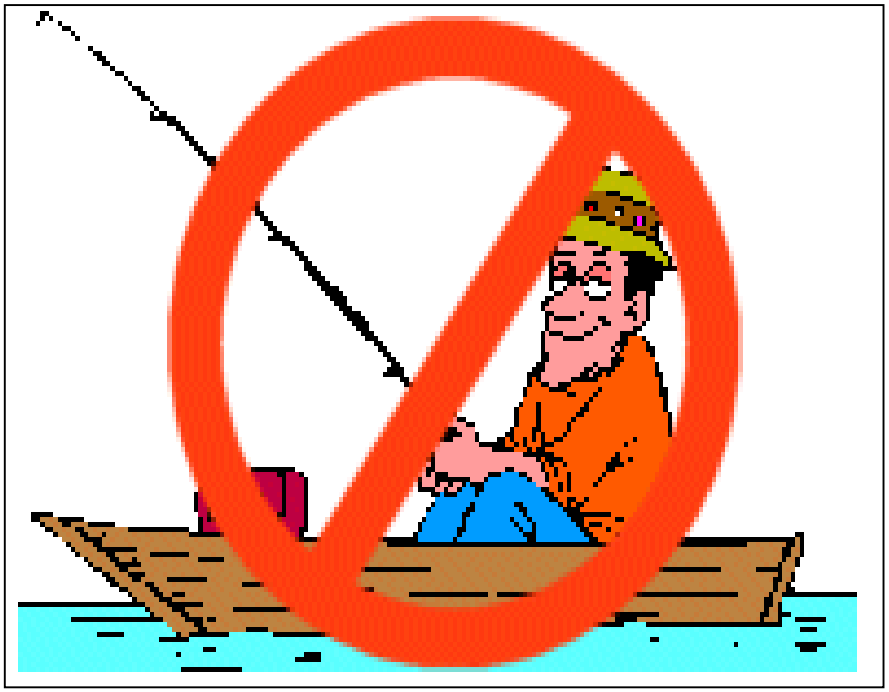
(1 km in 3 seconds)!!



กรณีที่อยู่นอกบ้าน

- รีบหาอาคารหรือที่กำบังเข้าไปหลบ หรือเข้าไปอยู่ในรถที่มีหลังคาแข็งแรง

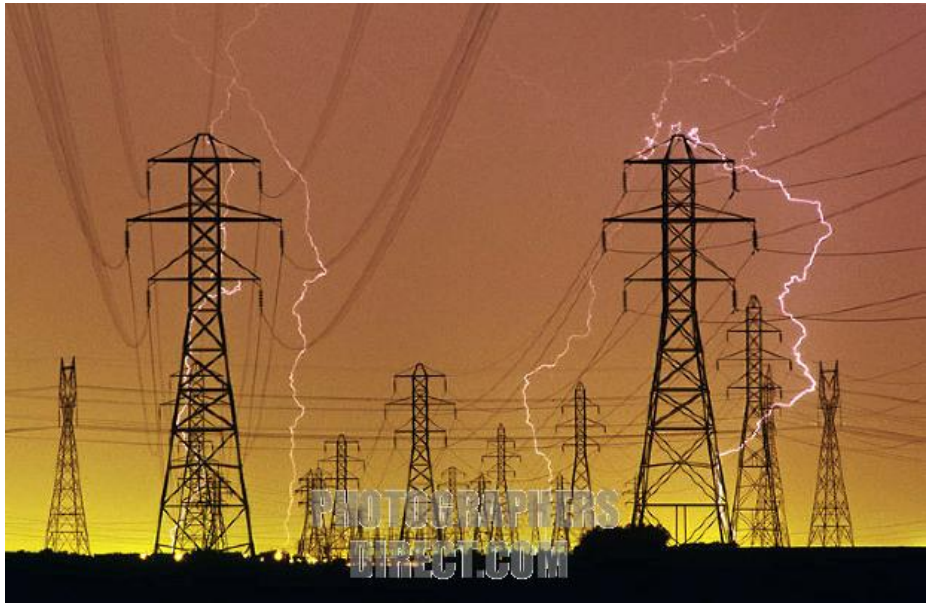
- กรณีที่เล่นน้ำต้องรีบขึ้นจากน้ำและไปให้พ้นชายหาด



- ถ้าอยู่ในที่โล่ง เช่น ทุ่งนา ควรนั่งยองๆ ปลายเท้าชิดกัน และเขย่งปลายเท้าให้เท้าสัมผัสพื้นดินน้อยที่สุดและโน้มตัวไปข้างหน้า ไม่ควรนอนราบกับพื้น

- จงอยู่ให้ไกลจากโลหะที่เป็นสื่อไฟฟ้าทุกชนิด เช่น อุปกรณ์ทำสวน รถจักรยาน รถจักรยานยนต์ รางรถไฟ และ **ปิดโทรศัพท์มือถือ**

- ห้ามอยู่ใต้ต้นไม้ที่โดดเดี่ยวโล่งแจ้ง หรืออยู่ใกล้เสาไฟฟ้า



กรณีที่อยู่ในบ้าน

อยู่ให้ไกลจากอุปกรณ์ไฟฟ้า และโลหะที่เป็นสื่อนำไฟฟ้าทุกชนิด

การหมุนเวียนเกี่ยวกับปริมาณความร้อน (Thermal Circulation)

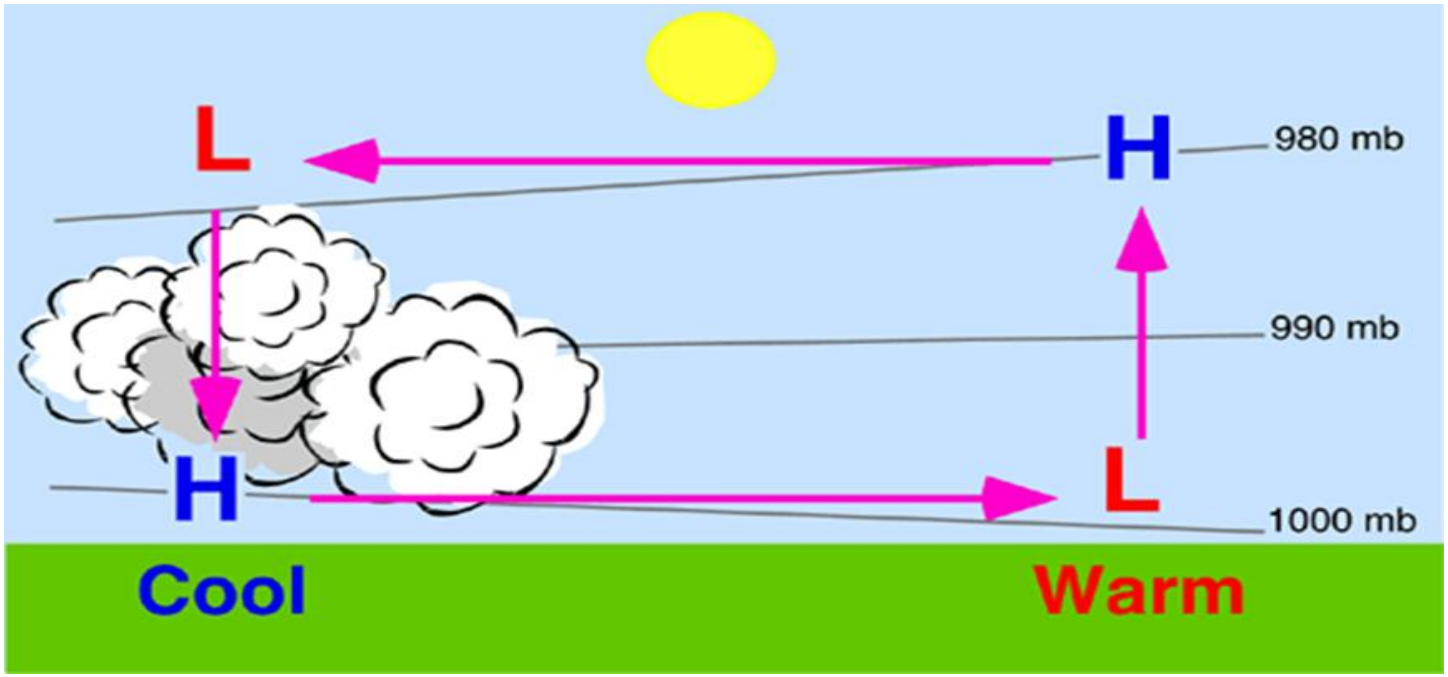
ความร้อนเป็นสาเหตุที่ทำให้คอลัมน์ของอากาศขยายตัวในแนวตั้ง

•ความกดอากาศสูงจะอยู่ในคอลัมน์อากาศระดับบน

•อากาศในระดับบนมีการเคลื่อนที่จากบริเวณที่ร้อนมากกว่าไปยังที่เย็นกว่า

•ลักษณะของความกดอากาศใกล้ผิวพื้นจะเป็นบริเวณที่ร้อนมาก

•ในบริเวณที่ร้อน อากาศจะยกตัวขึ้น ส่วนบริเวณที่เย็นอากาศจะจมตัวลง



ลมทะเล (Sea breeze)

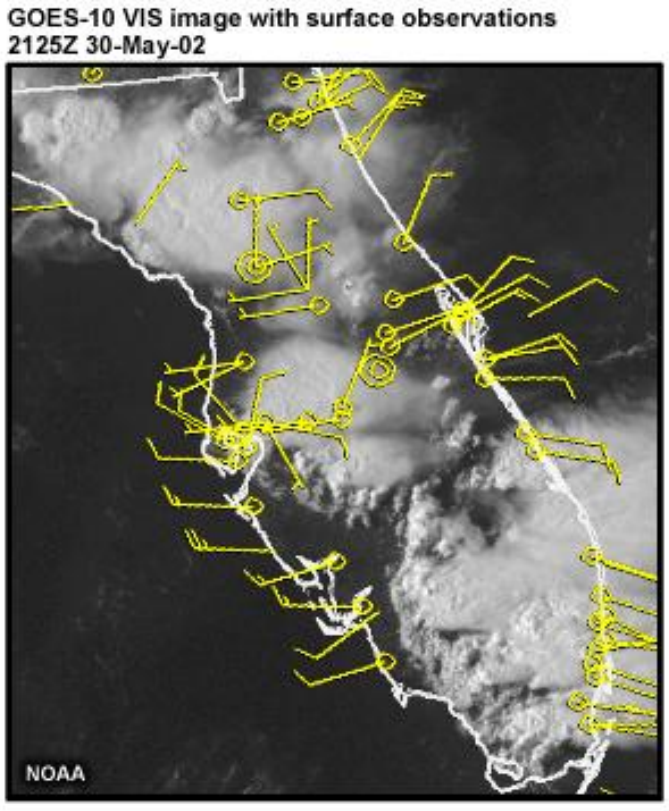
- **ลมทะเล** เกิดจากความร้อนซึ่งแตกต่างกันระหว่างบริเวณทะเลและพื้นดินตามชายฝั่งในตอนเช้าและตอนบ่าย เวลากลางวันผืนแผ่นดินตามชายฝั่งได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ ทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณทะเล ดังนั้นอากาศในบริเวณแผ่นดินจึงมีความแน่นน้อยกว่า และความกดก็ลดลงด้วยจึงลอยตัวขึ้น ดังนั้นอากาศเย็นตามบริเวณทะเลจะพัดเข้ามาแทนที่ ลมซึ่งพัดจากทะเลนี้เรียกว่า "ลมทะเล" (sea breeze) ซึ่งเกิดขึ้นในตอนบ่ายและเย็น นอกจากตามชายฝั่งทะเลแล้ว ลักษณะคล้ายลมทะเลนี้อาจจะเกิดขึ้นตามทะเลสาบใหญ่ ๆ ก็ได้

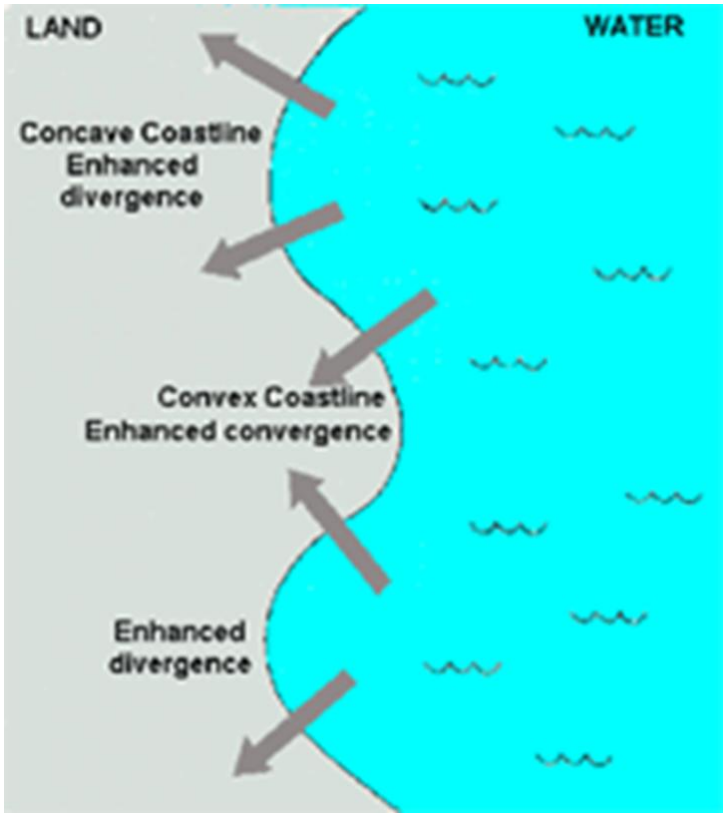
ลมทะเล (Sea breeze)

- มีความเร็วลม ระหว่าง 10 ถึง 20 knots.
- The vertical depth ประมาณ 500 ft (~150 m)
- การหมุนเวียนของลมเหนือพื้นดิน ประมาณ 1,500 ถึง 3,000 ft (460-915 m)
- เริ่มพัดตอนเช้าตั้งแต่เวลา 10.00 น.และมีกำลังแรงสุดในตอนบ่าย จะสิ้นสุดลงเมื่อดวง อาทิตย์ตกประมาณเวลา 21.00 น.
- ผลกระทบ ระยะห่างจากฝั่งประมาณ 25 ไมล์ (40 กม.)
- แต่กรณีของ sea breeze fronts ผลกระทบ ระยะห่างจากฝั่งประมาณ 100-200 ไมล์ (160-320 กม.)
- สามารถเกิดได้บริเวณใกล้ทะเลทราบ หรือ แม่น้ำได้ แต่ความรุนแรงจะไม่มาก

ลมทะเลจะแรง มาจากสาเหตุ?

- ลมประจำถิ่น
- ภูเขาใกล้ทะเล
- ลักษณะและปริมาณพืชชายทะเล





ทิศทางของลมทะเล

ลมบก (Land breeze)

- **ลมบก** (land breeze) นั้น เกิดขึ้นในทิศตรงกันข้ามกับทะเล และมีกำลังแรงน้อยกว่า กล่าวคือในตอนกลางคืนพื้นน้ำมีอุณหภูมิสูงกว่าผืนแผ่นดิน ดังนั้นอากาศในบริเวณทะเลซึ่งมีความแน่นน้อยกว่าจะลอยตัวขึ้น อากาศเย็นในบริเวณแผ่นดินจะพัดออกไปแทนที่ จากความรู้เรื่องลมบกลมทะเลนี้ ชาวประมงได้อาศัยกำลังของลมดังกล่าวเป็นเครื่องช่วยในการแล่นเรือเข้าหรือออกจากฝั่งได้ดีในการดำเนินอาชีพหาปลาของเขา

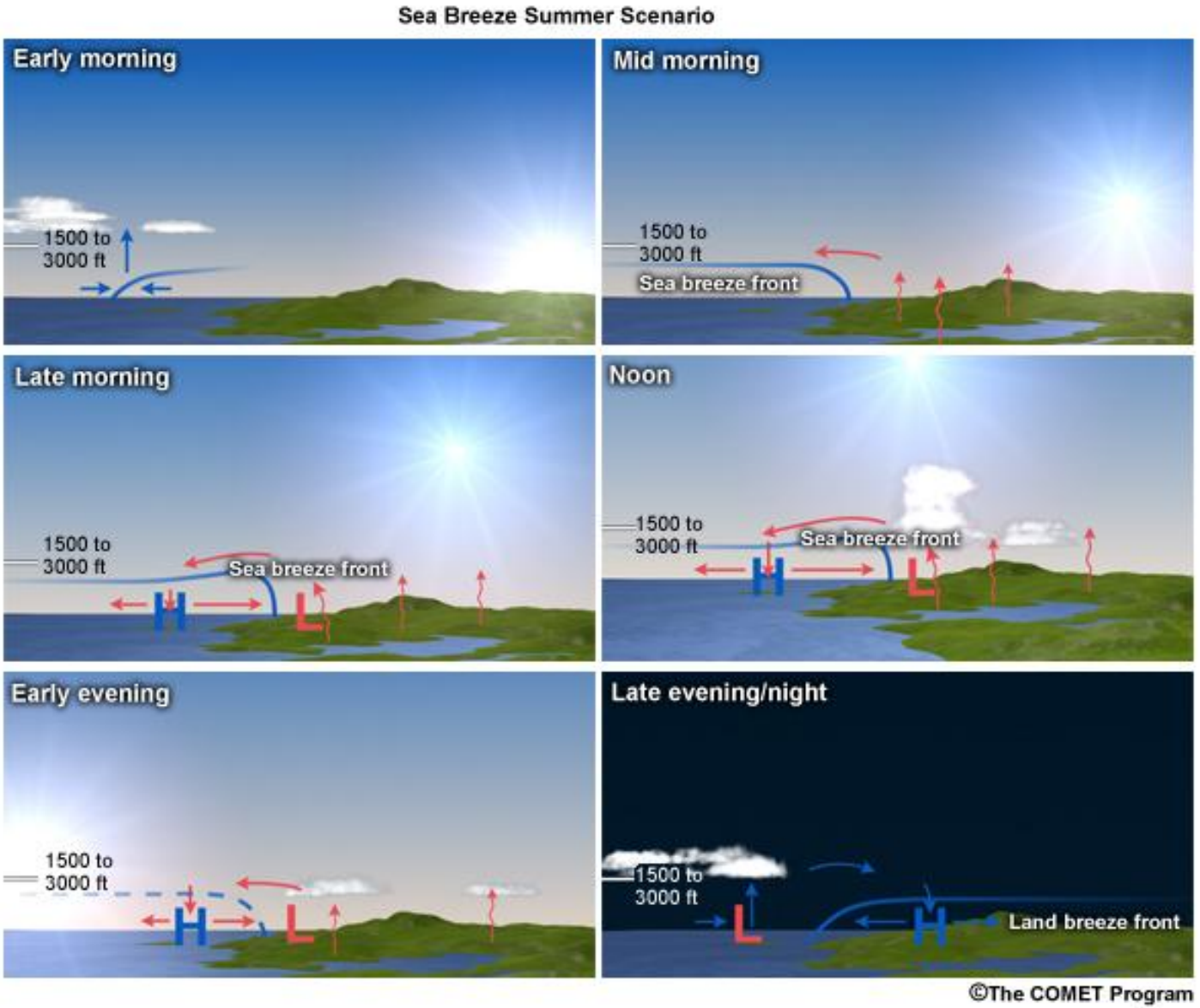
ลมบก

- **ลมบก** เป็นลมเฉื่อยที่พัดอย่างเด่นชัดตามบริเวณชายฝั่งทะเลในตอนกลางคืนและพัดจาก ชายฝั่งลงสู่ทะเล เนื่องจากในช่วงตอนกลางคืนพื้นดินจะคลายความร้อนได้เร็วกว่าพื้นน้ำ จึงทำให้ อากาศเหนือพื้นน้ำที่ยังอุ่นและลอยตัวสูงขึ้นสู่เบื้องบน อันเป็นเหตุทำให้กระแสอากาศจากภาคพื้นดิน เคลื่อนลงไปแทนที่ ทำให้เกิดลมบก (Land Breeze) ขึ้นมา ลมชนิดนี้จะพัดตั้งแต่เวลา 22.00 น. จนกระทั่งถึงเวลา 10.00 น.ของวันรุ่งขึ้น

ลมบกจะแรง มาจากสาเหตุ?

- บริเวณชายฝั่งทะเลมีภูเขา ลมภูเขาจะช่วยให้ลมบกแรงขึ้น
- เวลากลางคืนลมพัดกลับทิศกับกลางวัน เช่นที่ อ.คลองใหญ่ จ.ตราด ในระหว่างเดือน มี.ค.และเม.ย. กลางวันเป็นลมใต้ กลางคืนเป็นลมเหนืออ่อนๆ

ลมบกและลมทะเล (Land breeze and Sea breeze)



“มรสุม” หรือ monsoon

- เป็นการหมุนเวียนส่วนหนึ่งของลมที่พัดตามฤดูกาล คือลมประจำฤดู เป็นลมแน่ทิศและสม่ำเสมอ คำว่า “มรสุม” หรือ monsoon มาจากคำว่า mausim ในภาษาอาหรับแปลว่า ฤดูกาล (season)
- สาเหตุใหญ่ๆ เกิดจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของพื้นดิน และพื้นน้ำในฤดูหนาวอุณหภูมิของพื้นดินเย็นกว่า อุณหภูมิของน้ำในมหาสมุทร อากาศเหนือพื้นน้ำจึงมีอุณหภูมิสูงกว่า และลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน อากาศเหนือทวีปซึ่งเย็นกว่าไหลไปแทนที่ ทำให้เกิดเป็นลมพัดออกจากทวีป พอถึงฤดูร้อนอุณหภูมิของดินภาคพื้นทวีปร้อนกว่าน้ำในมหาสมุทร เป็นเหตุให้เกิดลมพัดในทิศทางตรงข้าม ลมมรสุมที่มีกำลังแรงจัดที่สุดได้แก่ ลมมรสุมที่เกิดในบริเวณภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย

“มรสุม” หรือ monsoon

- **มรสุม** (Monsoon circulation) หรือลมพัดประจำฤดู

  - ความแตกต่างของภูมิภาค

  -ความแตกต่างของความกดอากาศระหว่างเหนือพื้นดินกับพื้นน้ำ

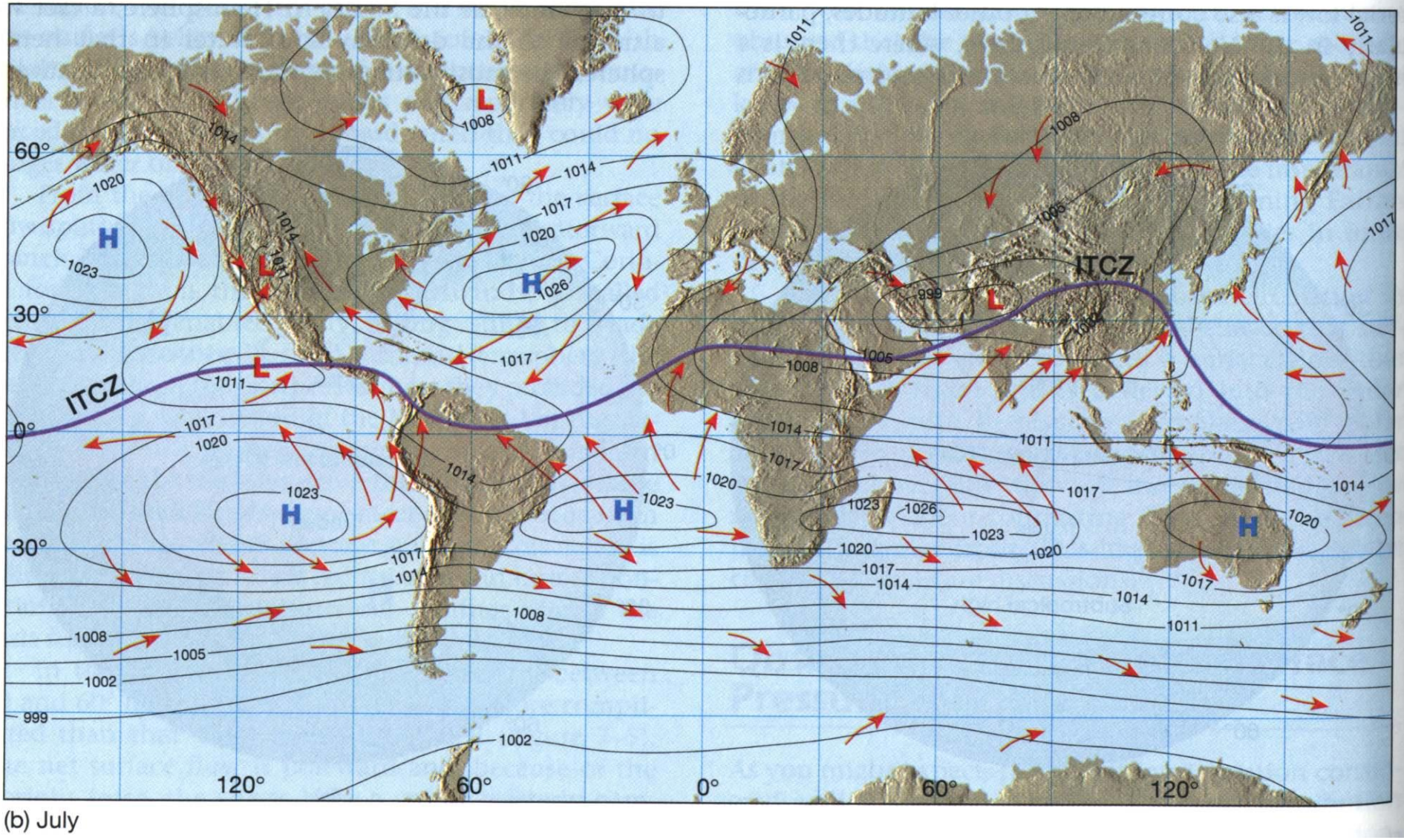
  -คล้ายลมบกลมทะเล แต่เป็นบริเวณกว้างกว่า

  -ระยะเวลานานกว่าประมาณครึ่งปีหรือ 6 เดือน

- **มรสุมฤดูร้อน**
- **มรสุมฤดูหนาว**

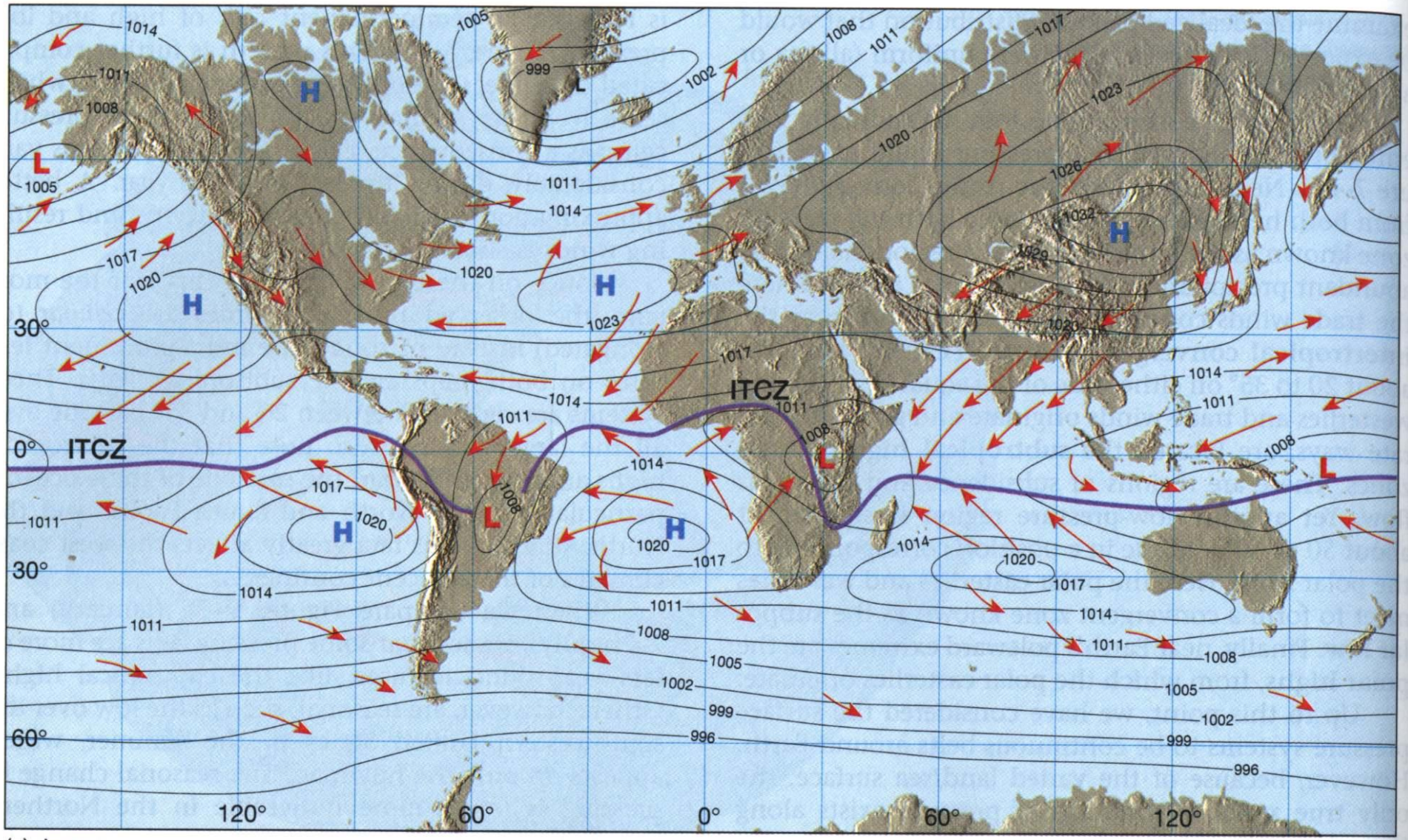
Global General Circulation in summer

(ฤดูร้อน)



(b) July

Global General Circulation in winter (ฤดูหนาว)

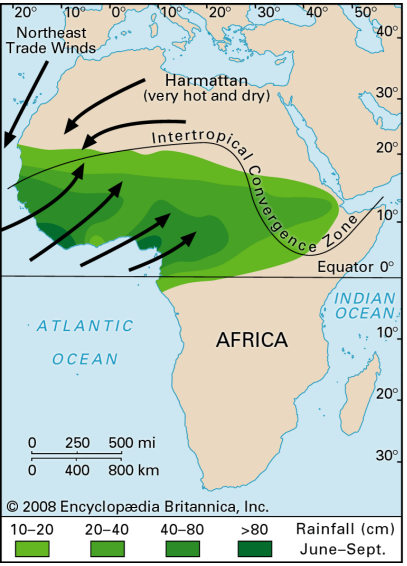


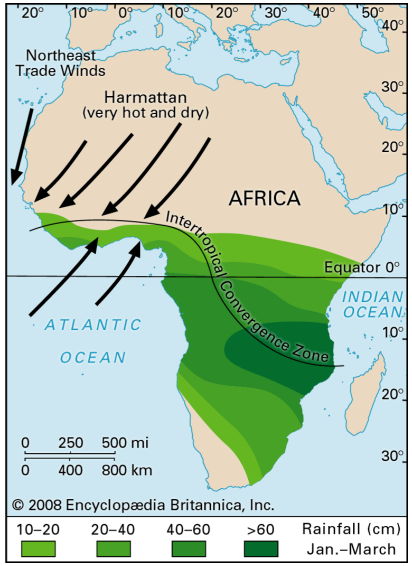
(a) January

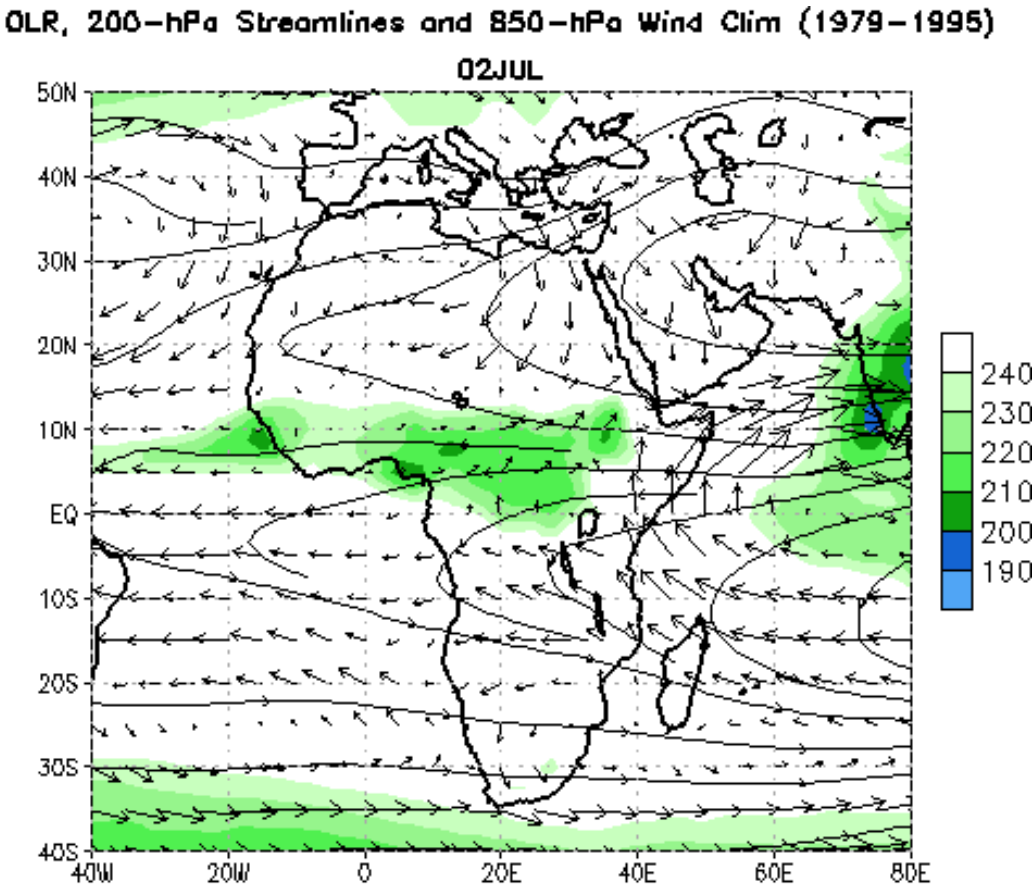
Global monsoons

- Africa
- North America
- Asia
  - South Asian Monsoon
  - East Asian Monsoon
- Australia
- Europe

Africa Monsoon

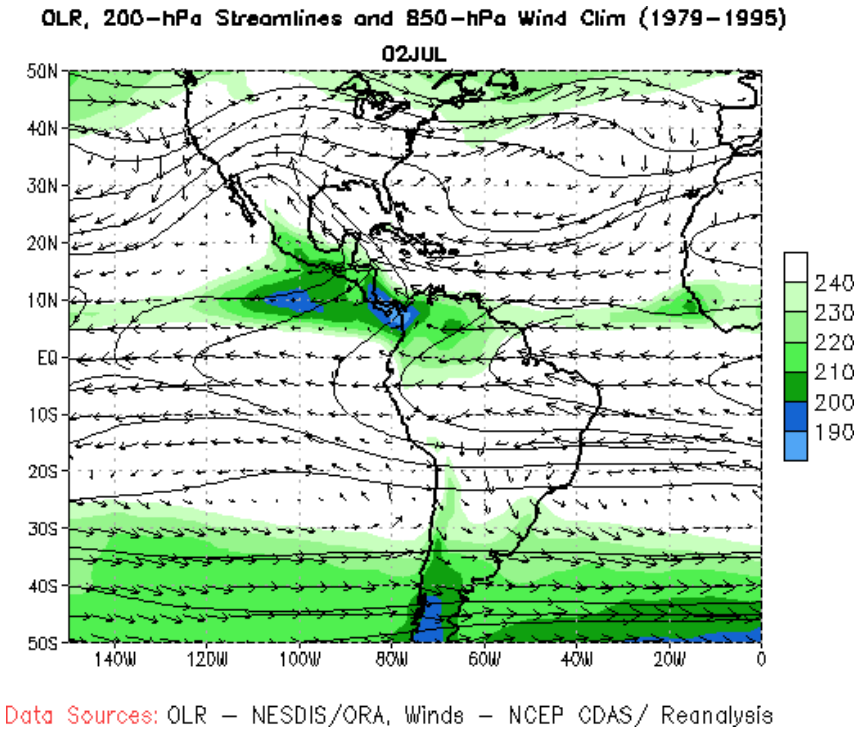


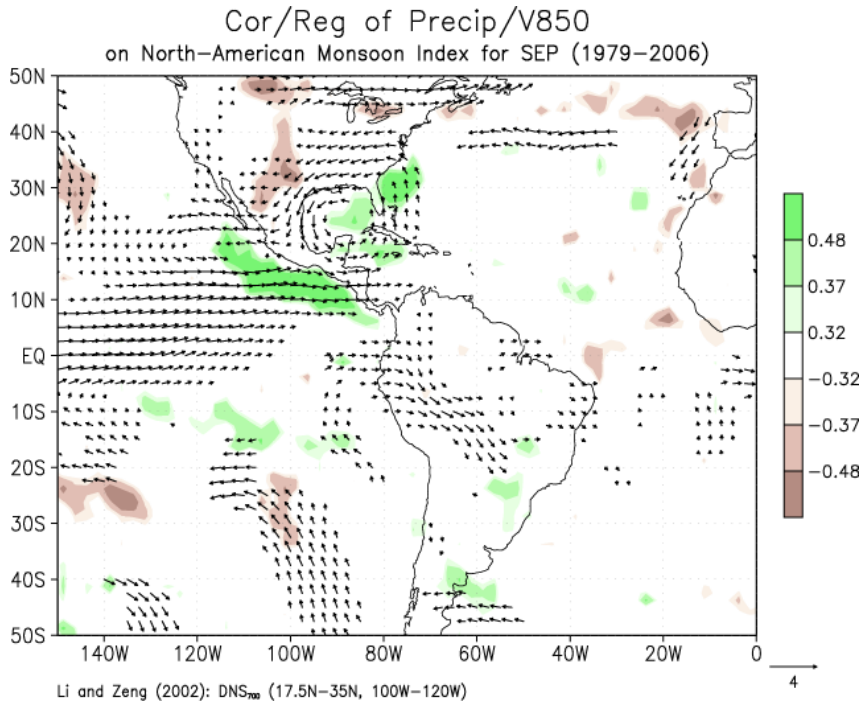




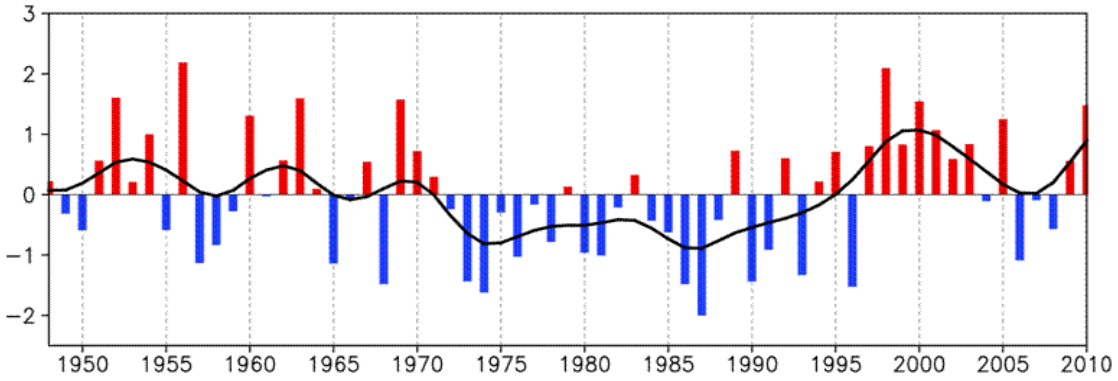
Data Sources: OLR – NESDIS/ORA, Winds – NCEP CDAS/ Reanalysis

The North American Monsoon



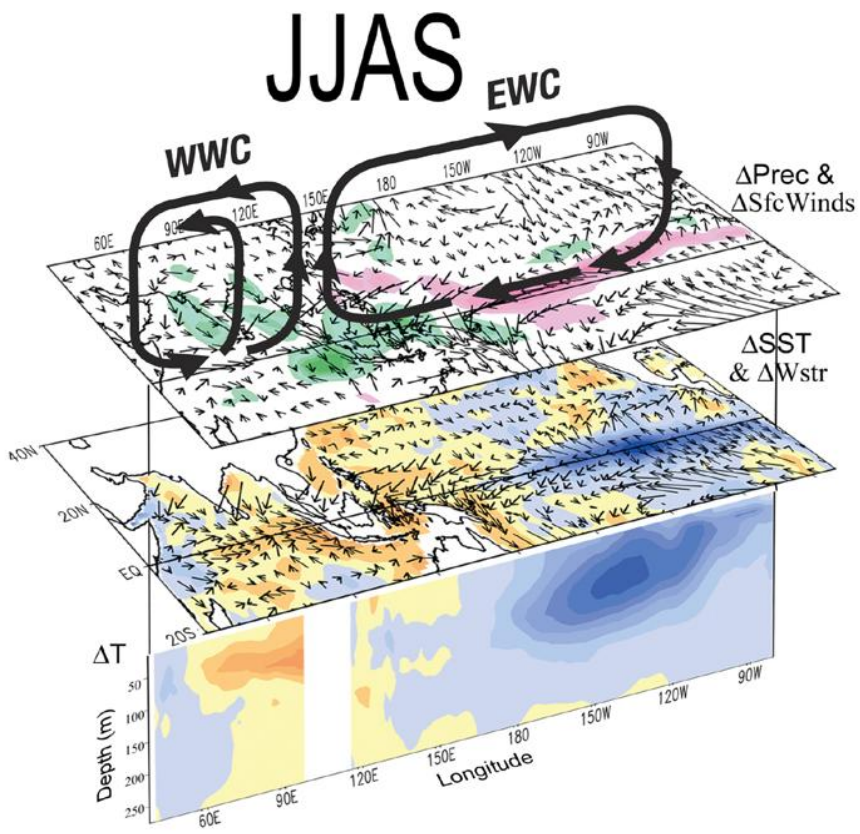


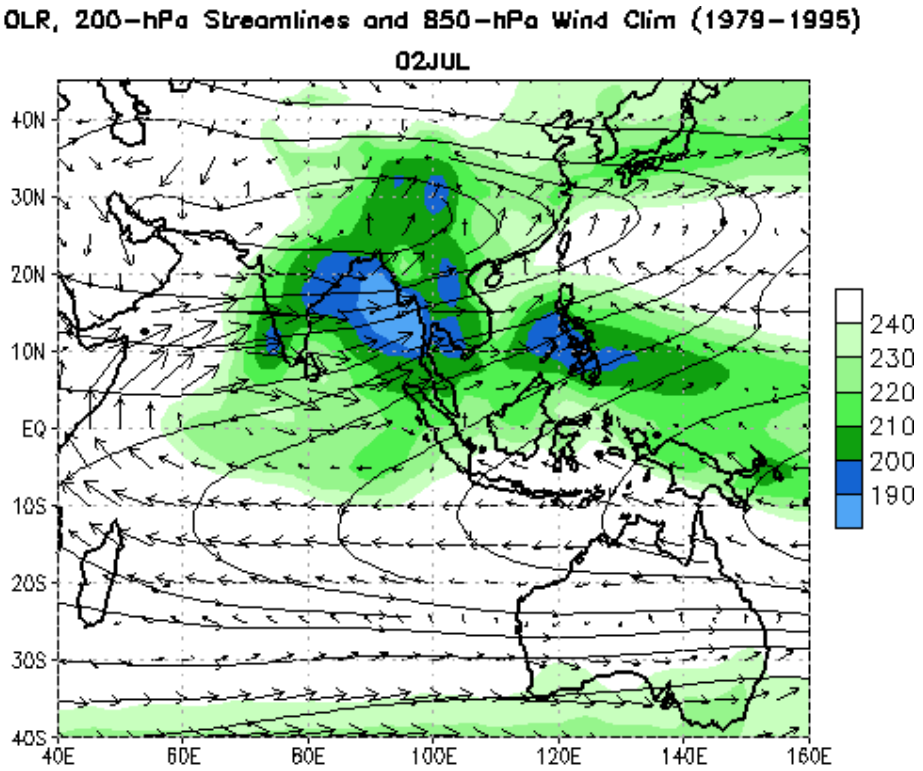
The North American Summer Monsoon Index (NASMI)



Tropospheric Biennial Oscillation (TBO)

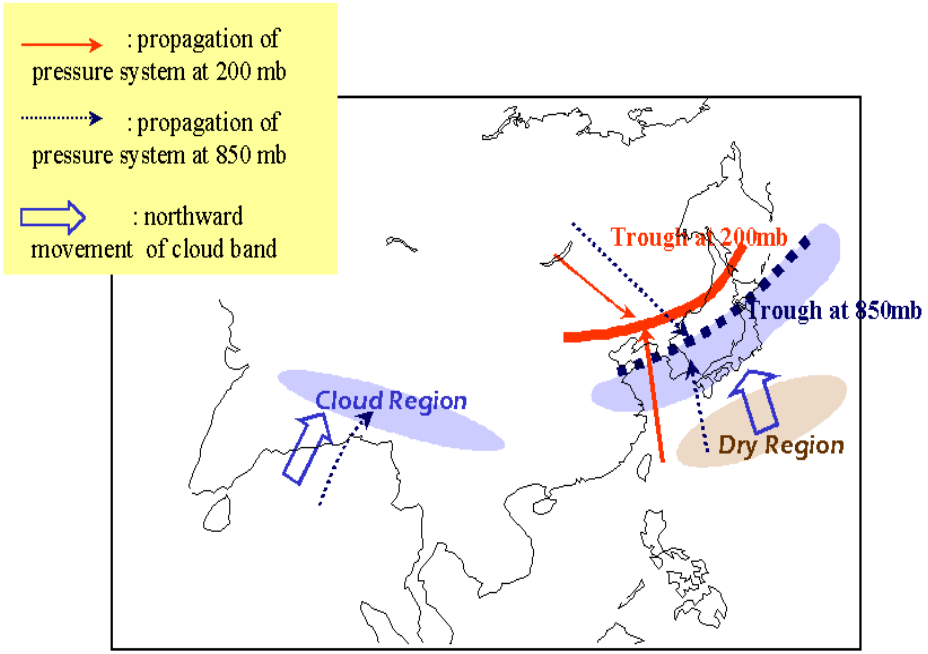
and Asian-Australian Monsoon

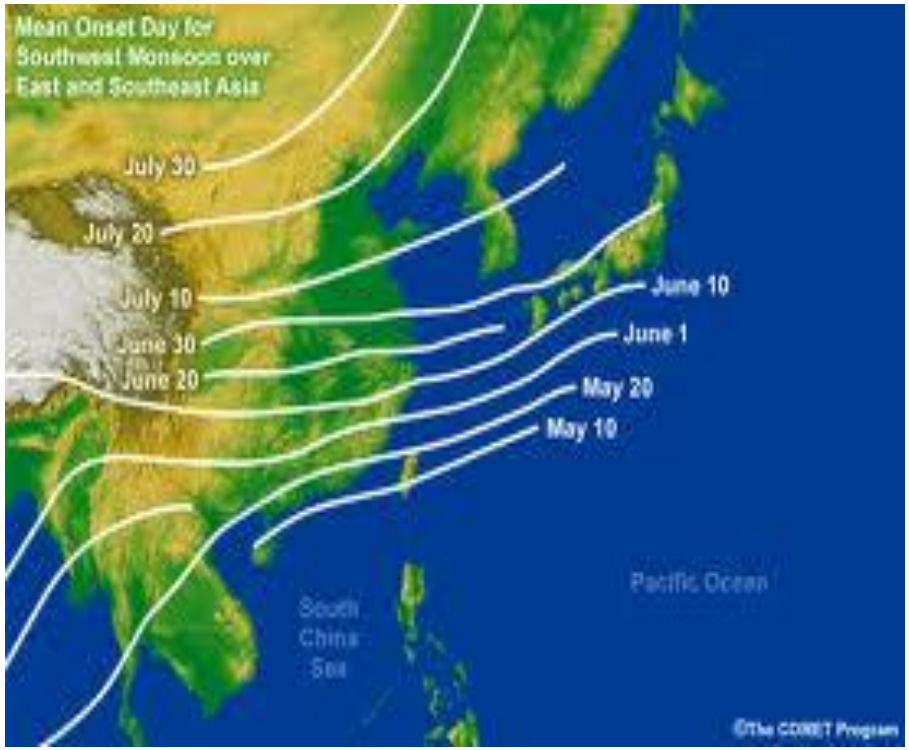


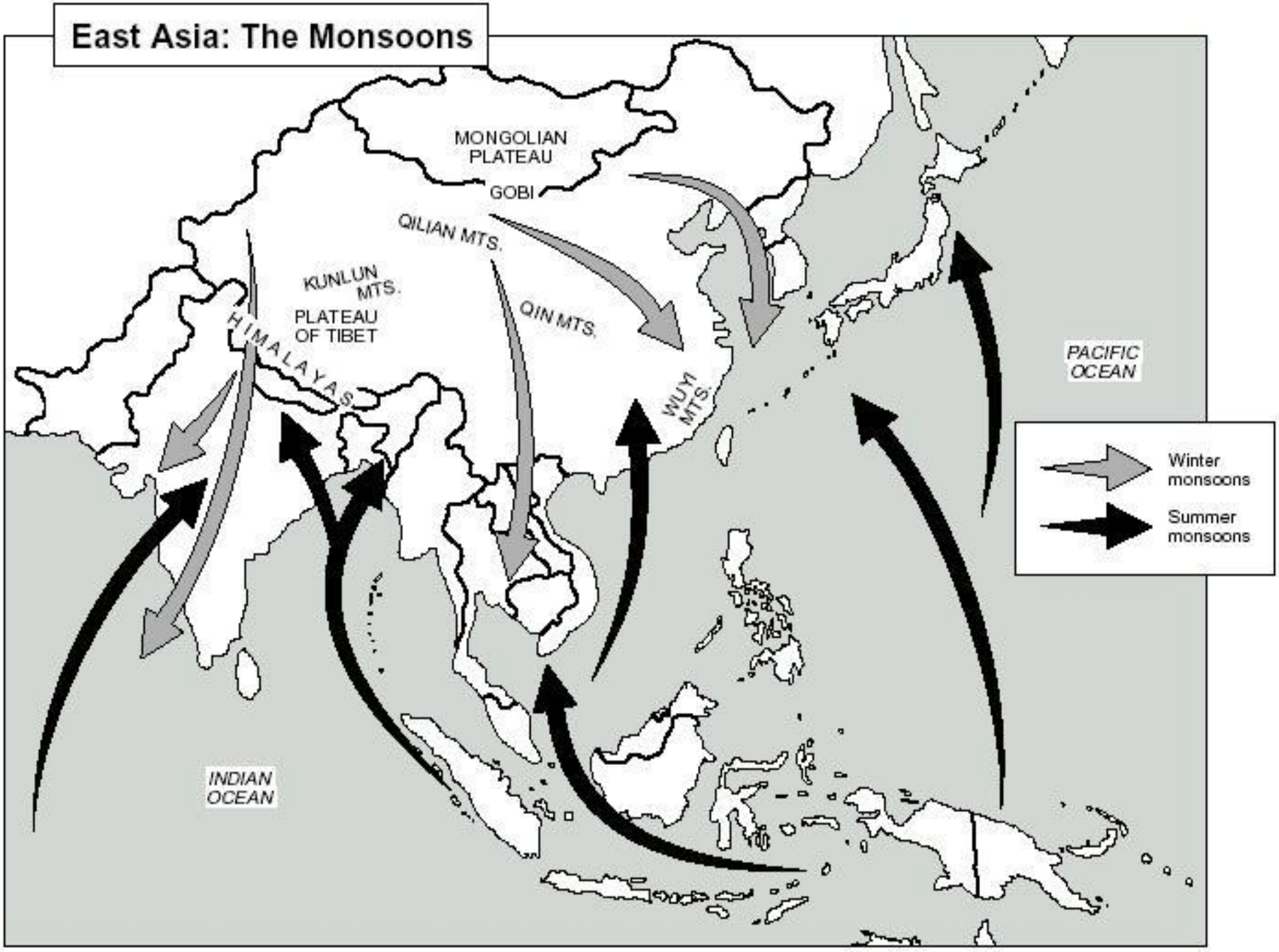


Data Sources: OLR – NESDIS/ORA, Winds – NCEP CDAS/ Reanalysis

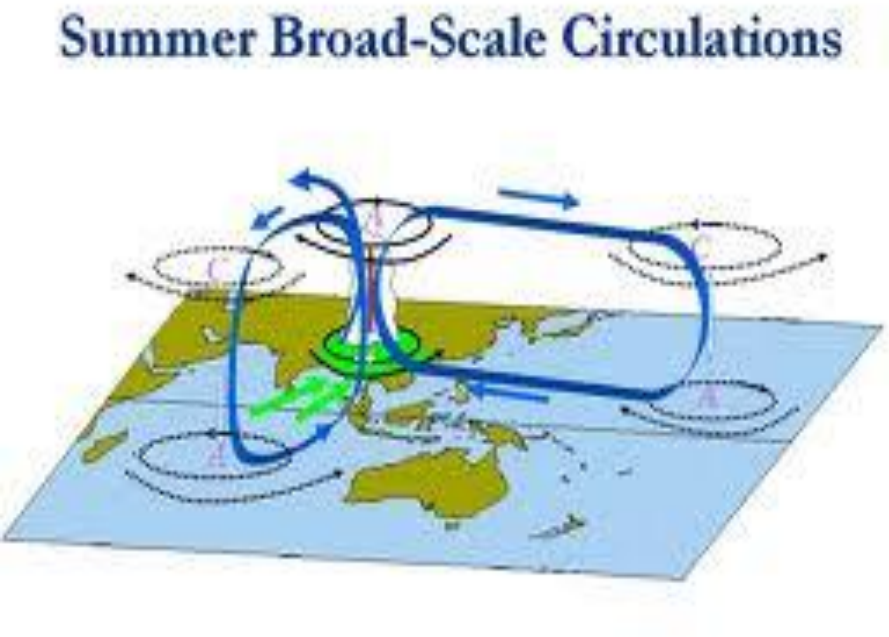
East Asian monsoon

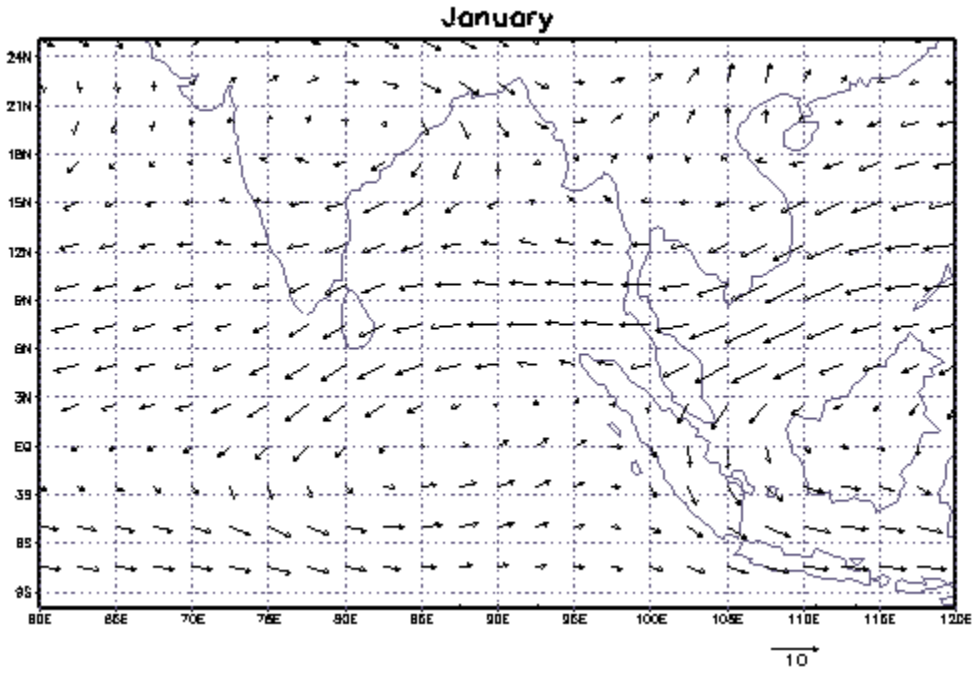





East Asia: The Monsoons
MONGOLIAN PLATEAU
GOBI
QILIAN MTS.
KUNLUN MTS.
PLATEAU OF TIBET
HIMALAYAS
QIN MTS.
WUYI MTS.
PACIFIC OCEAN
INDIAN OCEAN
Winter monsoons
Summer monsoons

มรสุมฤดูร้อนในทวีปเอเชีย





ลมมรสุมกับภูมิอากาศของประเทศไทย

ประเทศไทยอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุม (monsoon) สองชนิด คือ

- 1. มรสุมตะวันตกเฉียงใต้
- 2. มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

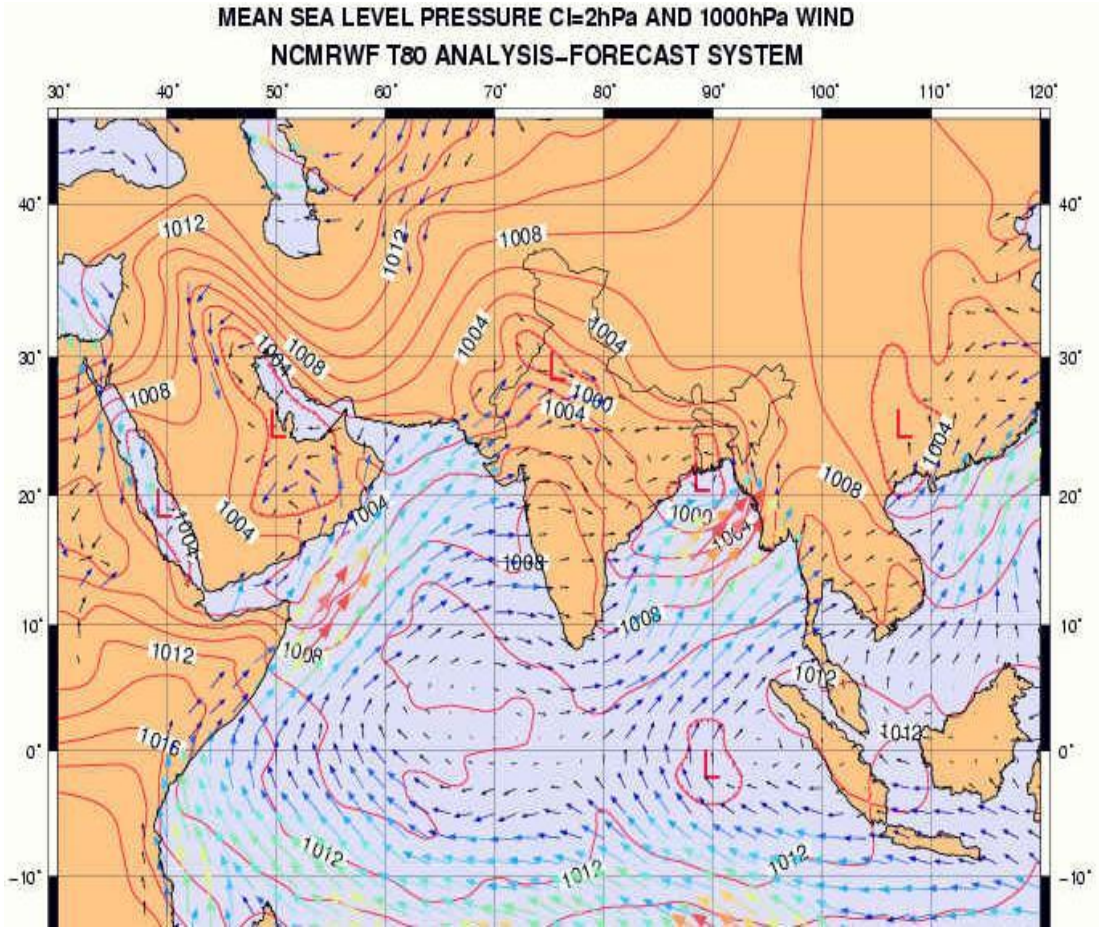
การเริ่มต้นและสิ้นสุดฤดูมรสุมทั้งสองชนิดอาจผันแปรไปจากปกติได้ในแต่ละปี

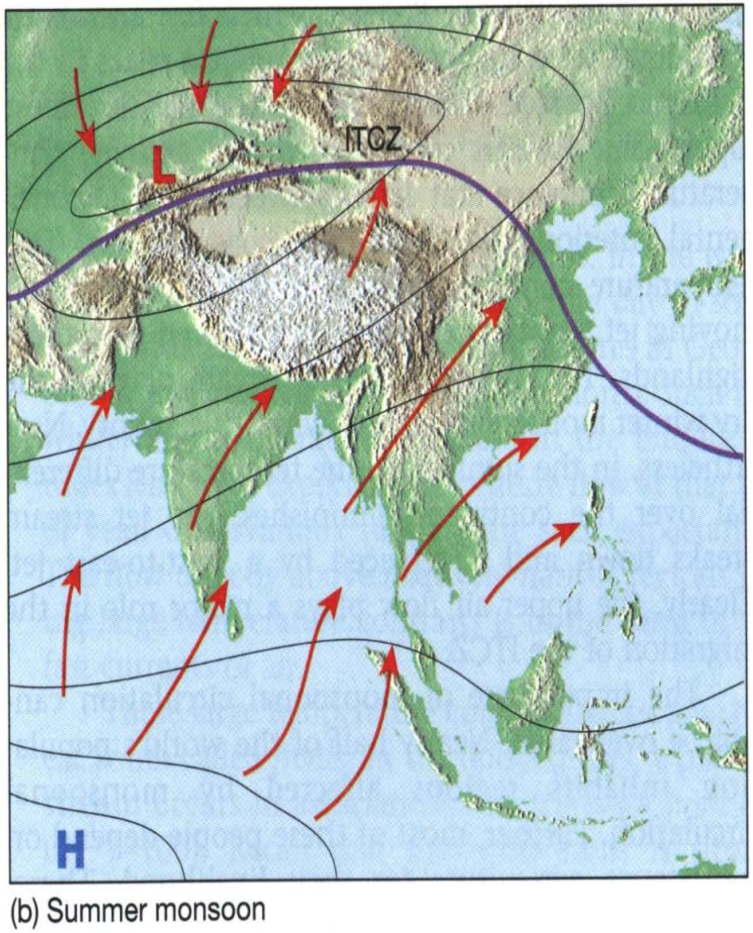
มรสุมตะวันตกเฉียงใต้

จะเป็นกระแสลมที่พัดพาความชื้นจากมหาสมุทรอินเดียเข้ามาปกคลุม มรสุมนี้ทำให้เกิดฝนใน 3 แบบ

1. การพาความร้อน ฝนจะตกในตอนบ่ายและค่ำ
2. ฝนลาดเขา ฝนจะตกด้านหน้าเขาที่เป็นด้านรับลม ตกได้หลายเวลา
3. ฝนจากการพัดสอบเข้าหากันของลม ฝนจะตกได้หลายเวลา

มรสุมตะวันตกเฉียงใต้





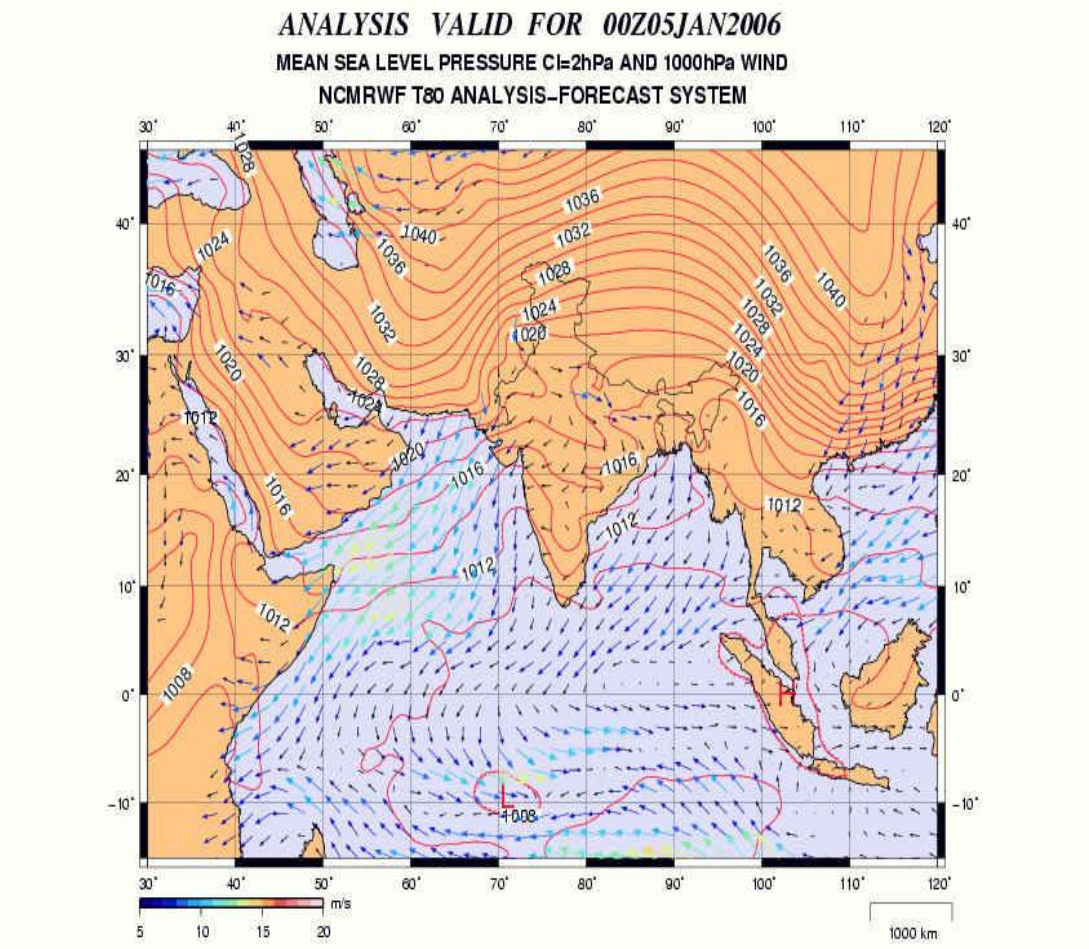
(b) Summer monsoon

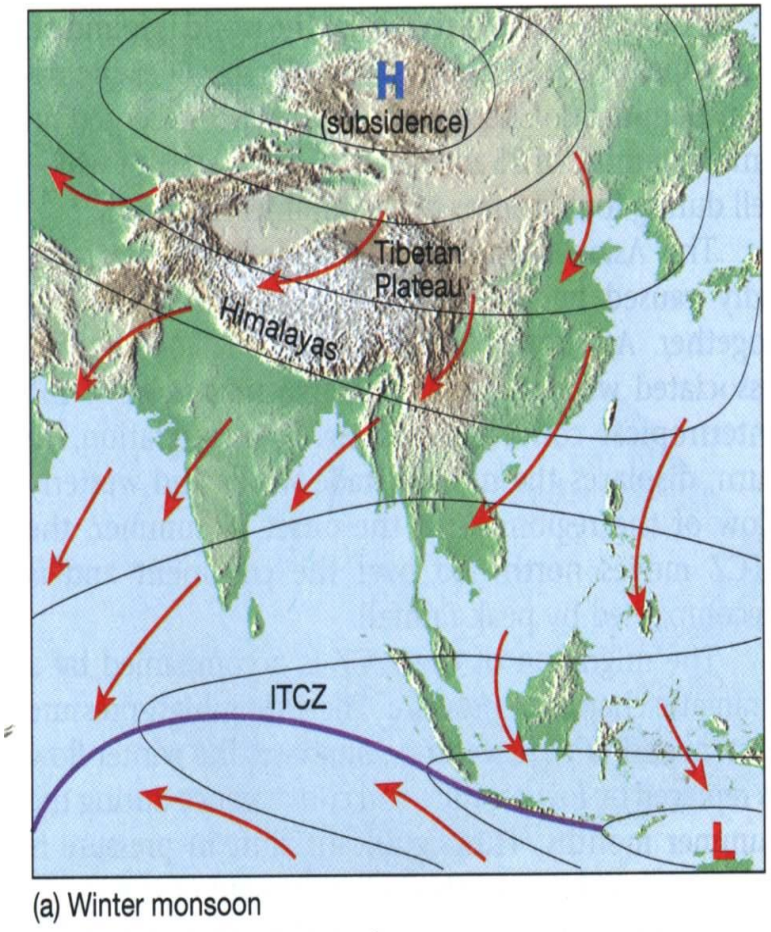
มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

จะเป็นกระแสลมเย็นและแห้งจากจีนพัดปกคลุมประเทศไทยตอนบน ส่วนภาคใต้ ลมนี้จะพัดพาความชื้นจากอ่าวไทยเข้ามาปกคลุม มรสุมนี้ทำให้เกิดฝนใน 2 แบบ

1. ฝนลาดเขา ฝนจะตกด้านหน้าเขาที่เป็นด้านรับลม ตกได้หลายเวลา
2. ฝนจากการพัดสอบเข้าหากันของลม ฝนจะตกได้หลายเวลา

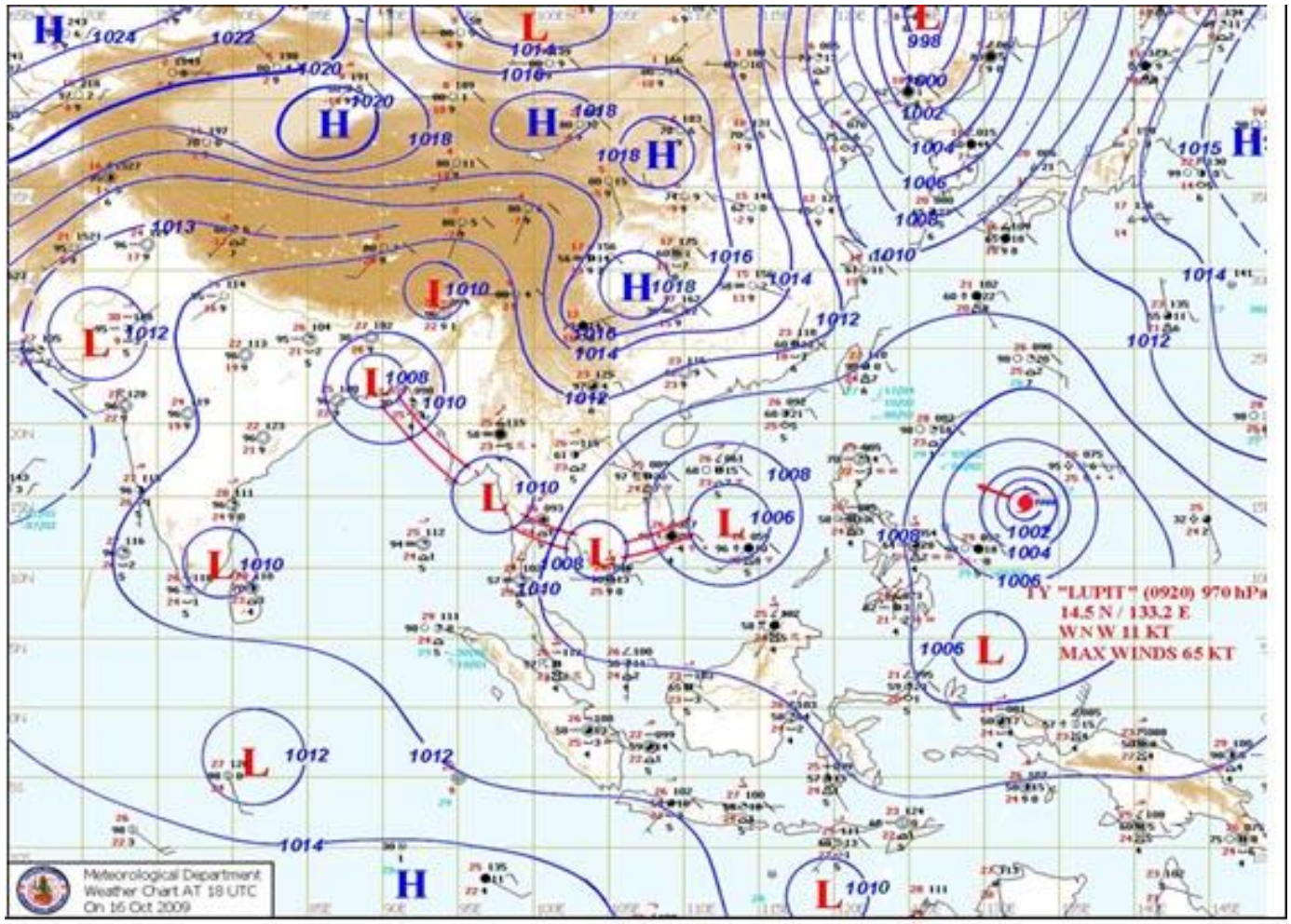
มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ





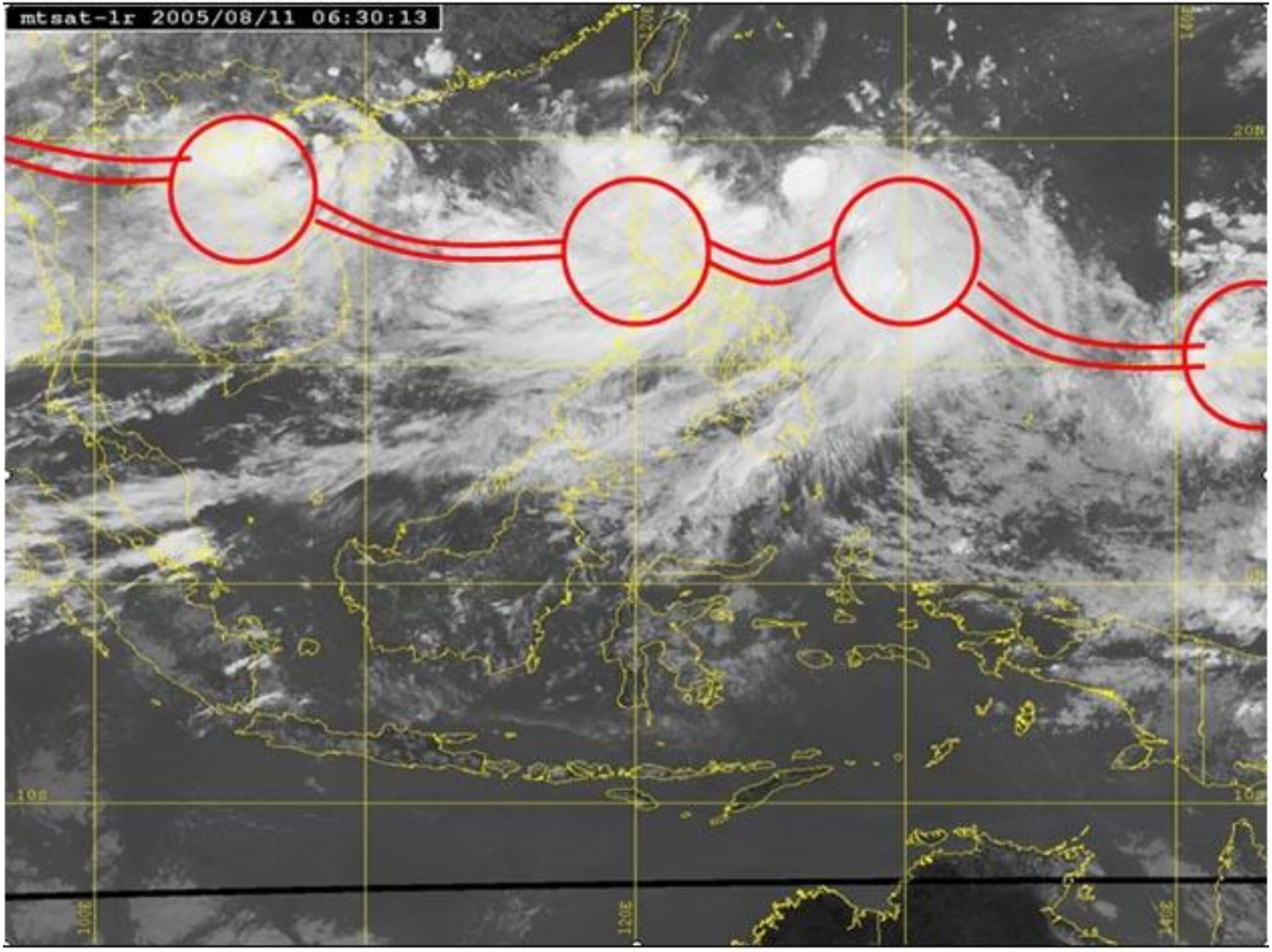
(a) Winter monsoon

ร่องมรสุม

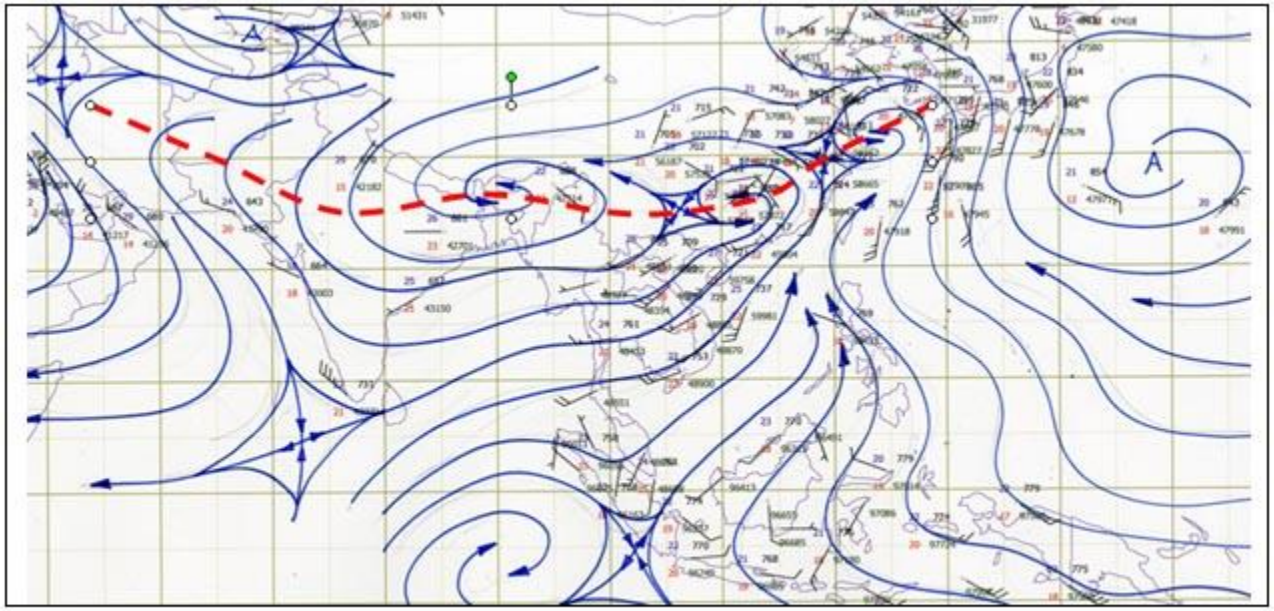


รูปที่ 2. แสดงตัวแปรต่าง ๆ หย่อมความกดอากาศต่ำ (**L**) ความกดอากาศสูง **(H)**

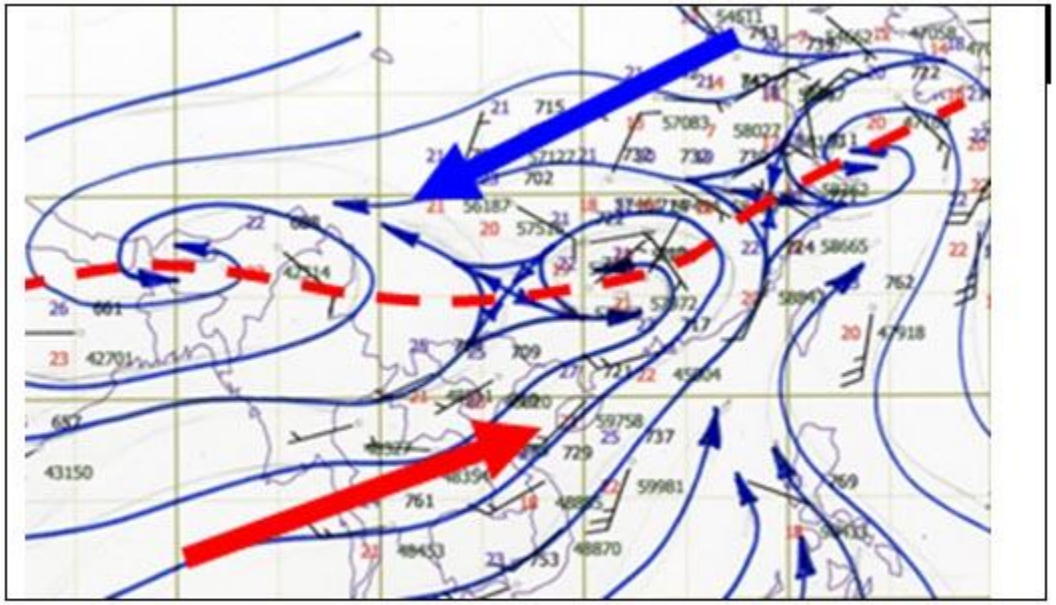
พายุหมุนเขตร้อน ( ) และร่องความกดอากาศต่ำ (=) ในแผนที่ผิวพื้น



รูปที่ 3. แสดงการวางตัวของเมฆ (สีขาว) ตามแนวร่องความกดอากาศต่ำ (เส้นสีแดง)

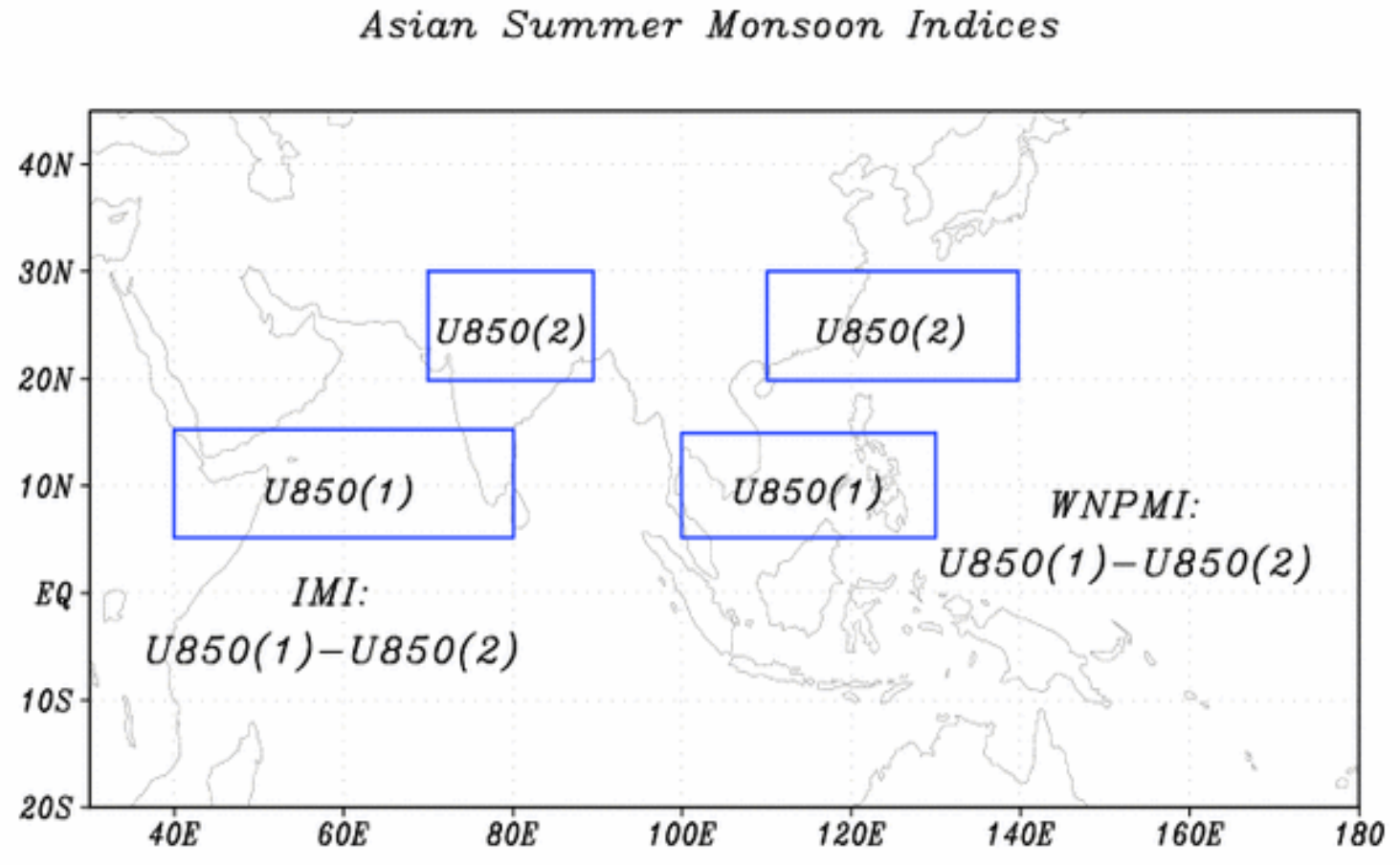


รูปที่ 6. แสดงลักษณะการวางตัวของร่องมรสุม (เส้นประสีแดง) ในแผนที่ลมชั้นบน



รูปที่ 7. แสดงลักษณะการพัดเวียนของลมในร่องมรสุม

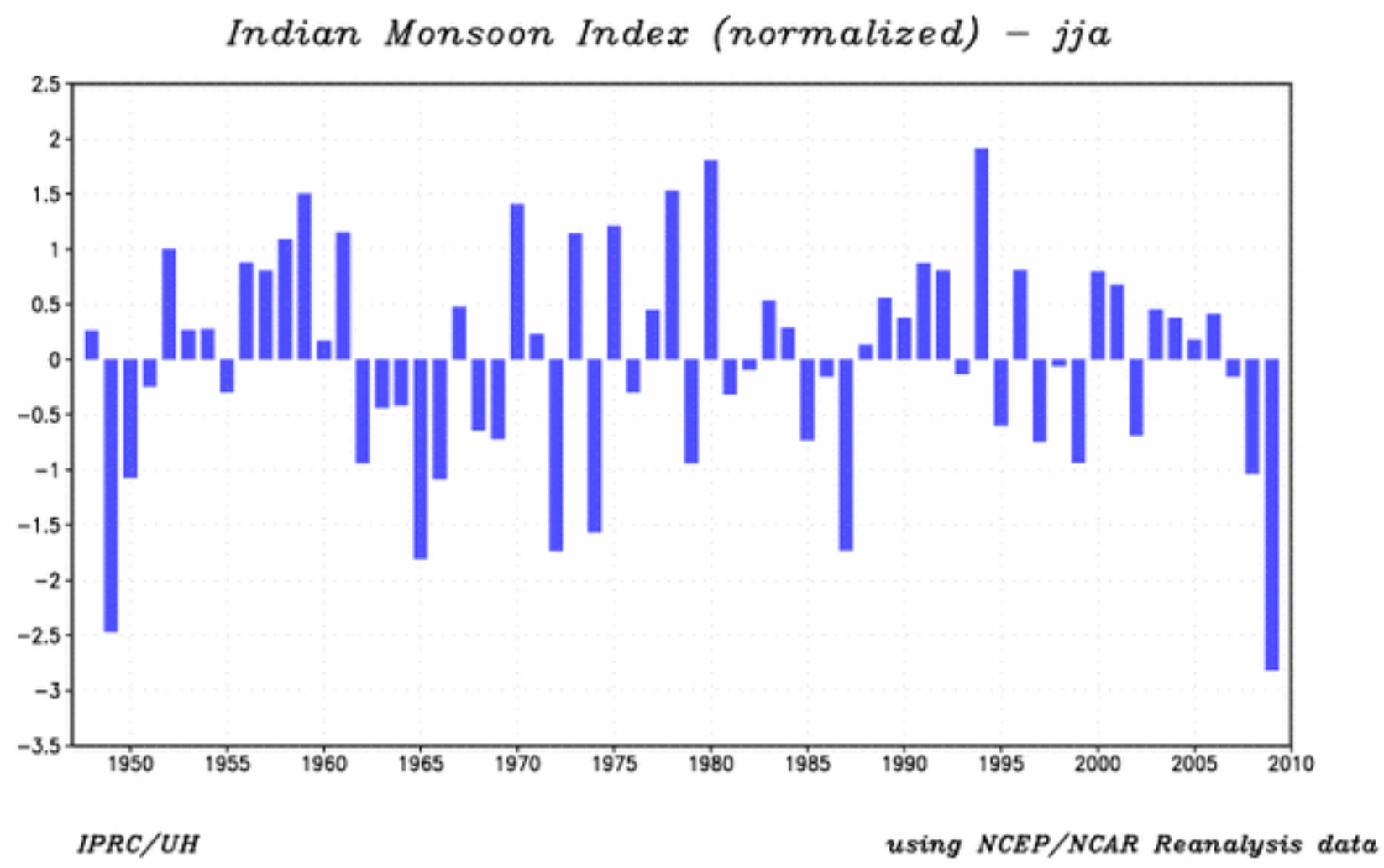
Indian Monsoon (IM) and Western North Pacific Monsoon (WNPM)



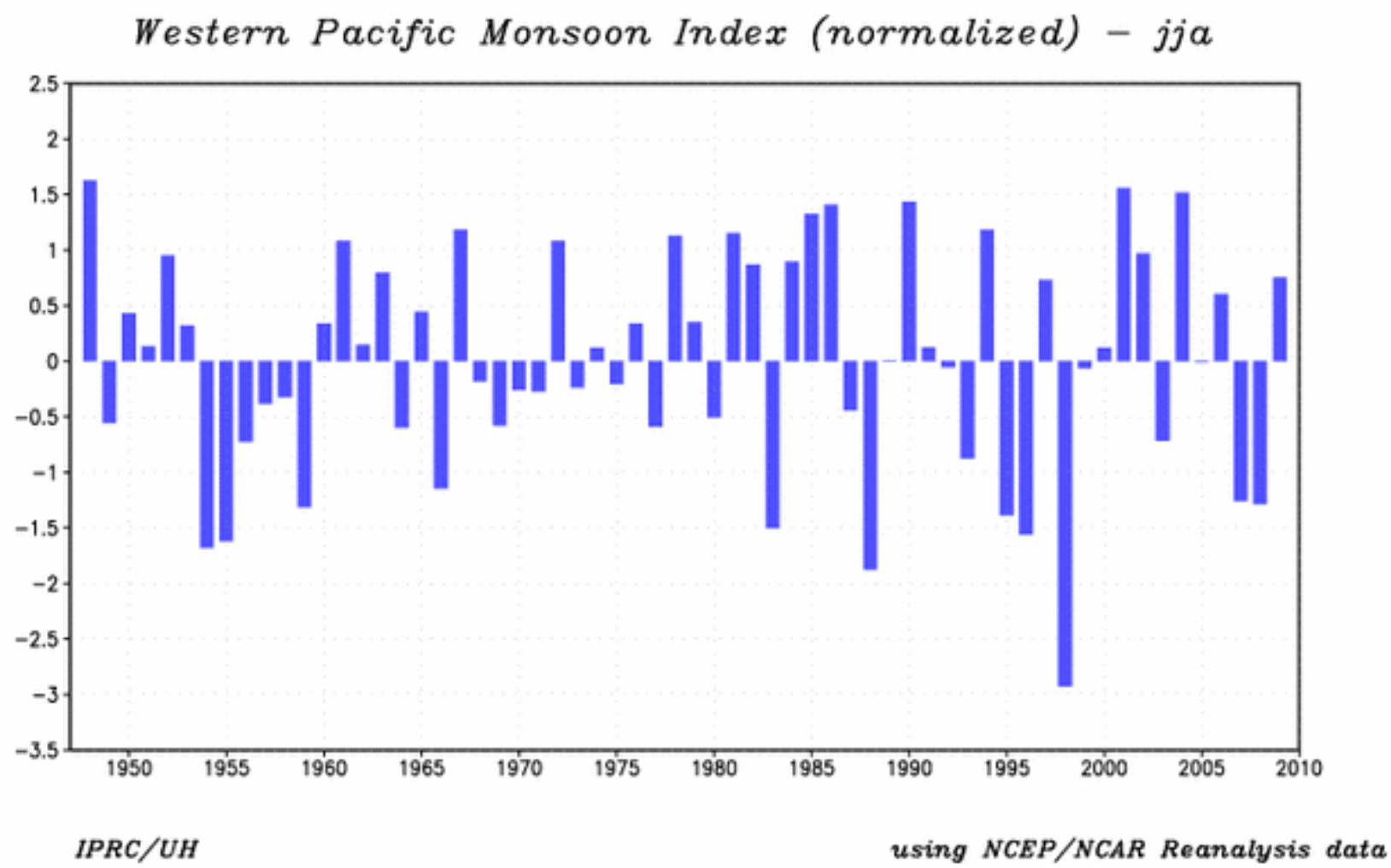
IM Index = U850(40E-80E,5N-15N)-U850(70E-90E,20N-30N)

WNPM Index = U850(100E-130E,5N-15N)-U850(110E-140E,20N-30N)

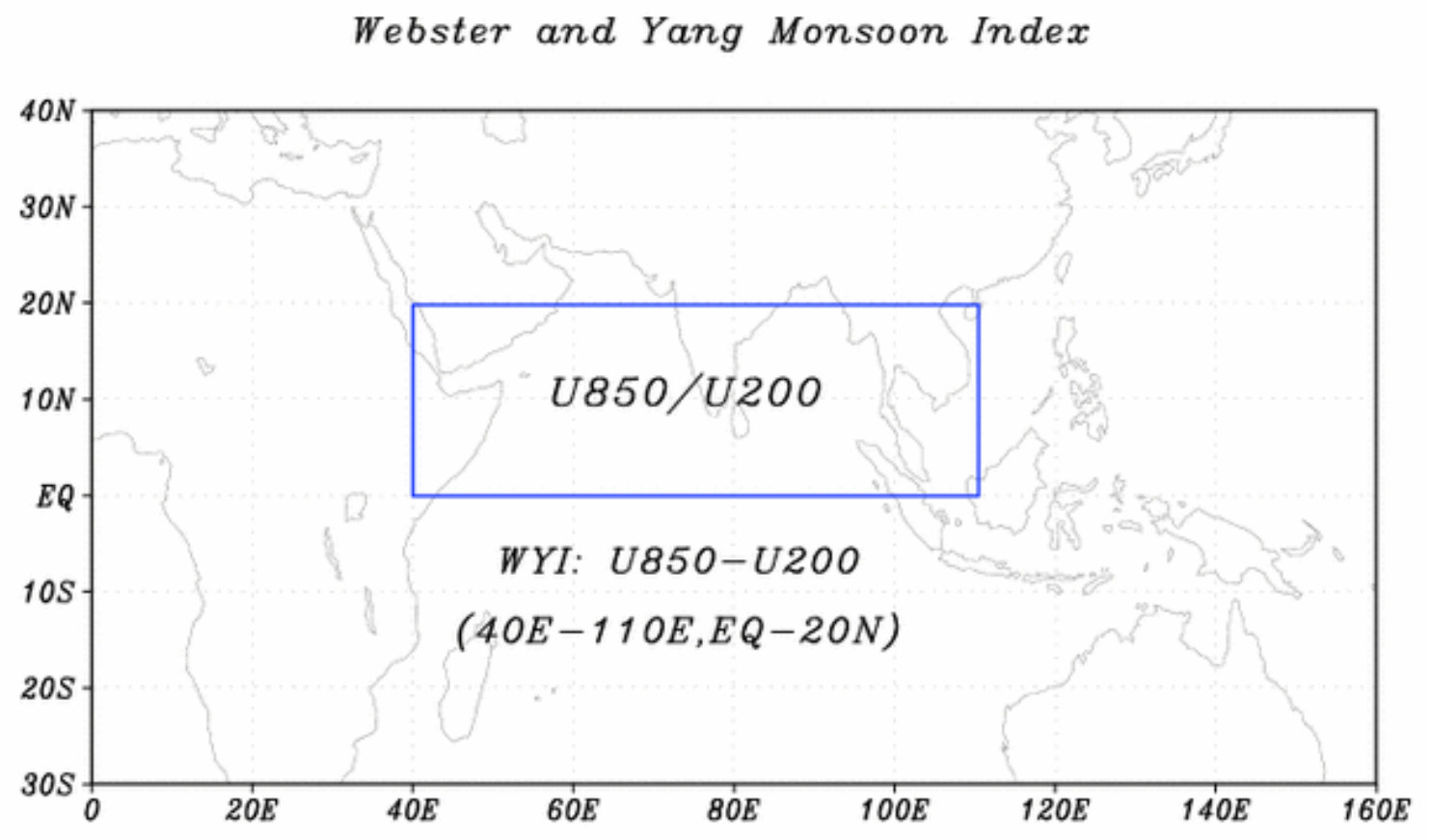
Indian Summer Monsoon Index



Western North Pacific Monsoon Index

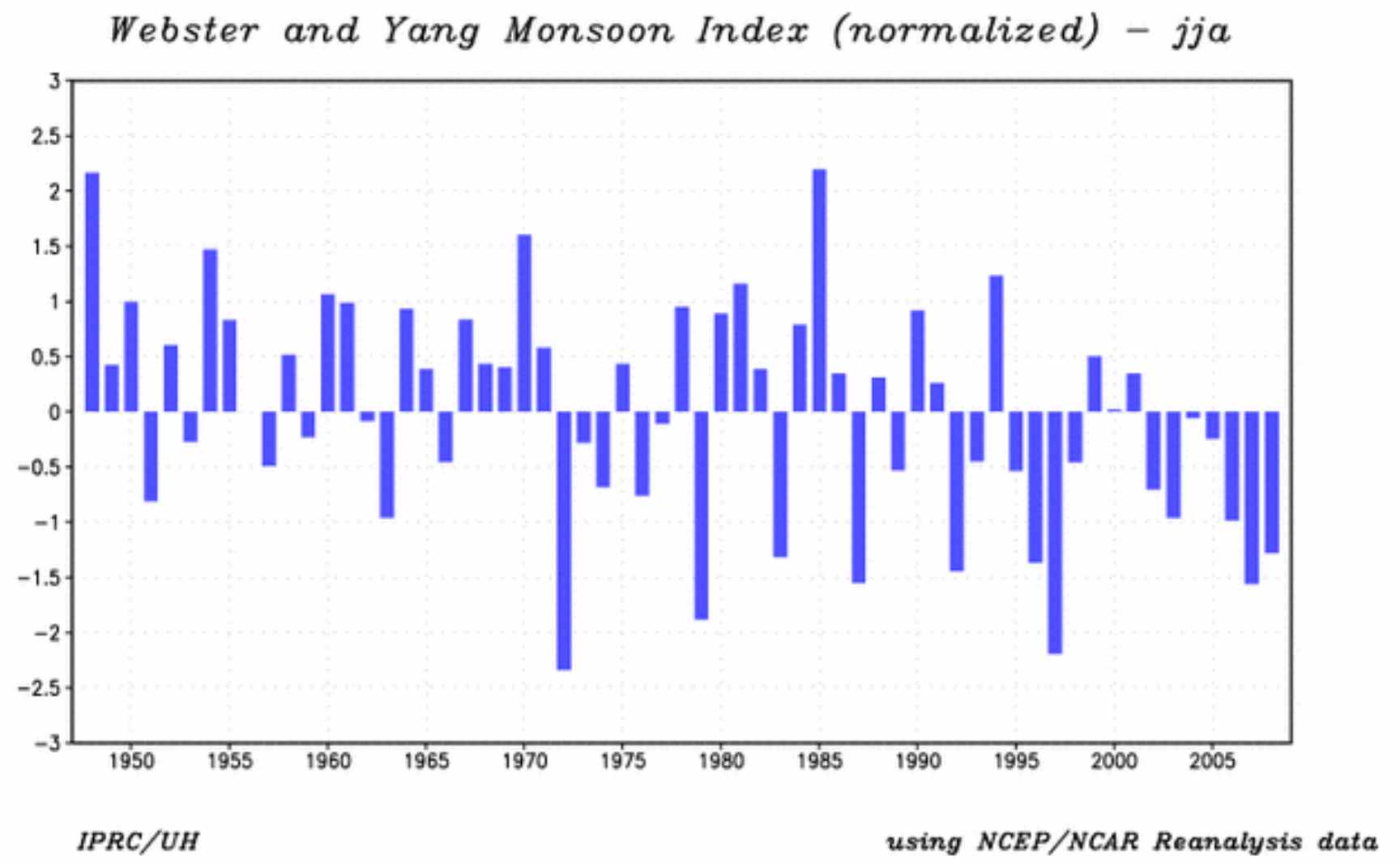


Webster and Yang Monsoon Index (WYM)



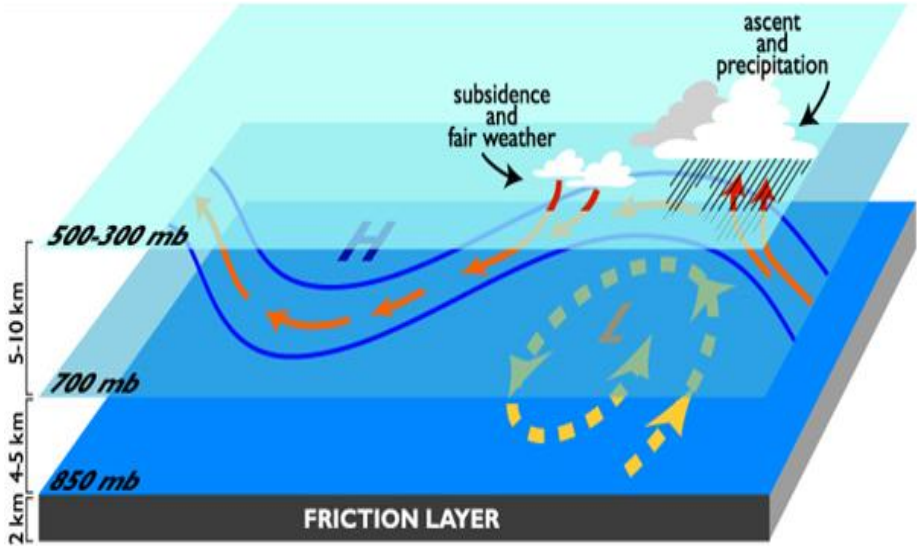
WYM Index = U850(40-110E,EQ-20N)-U200(40-110E,EQ-20N)

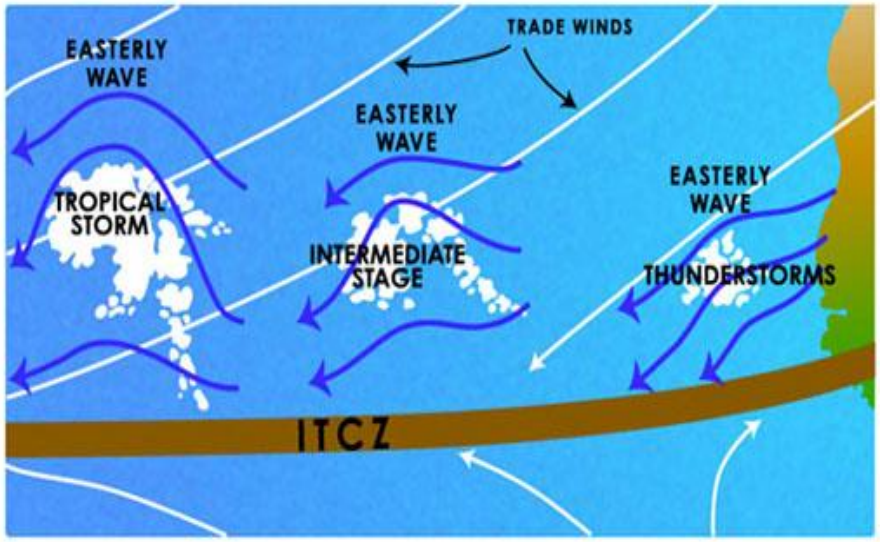
Webster and Yang Monsoon Index



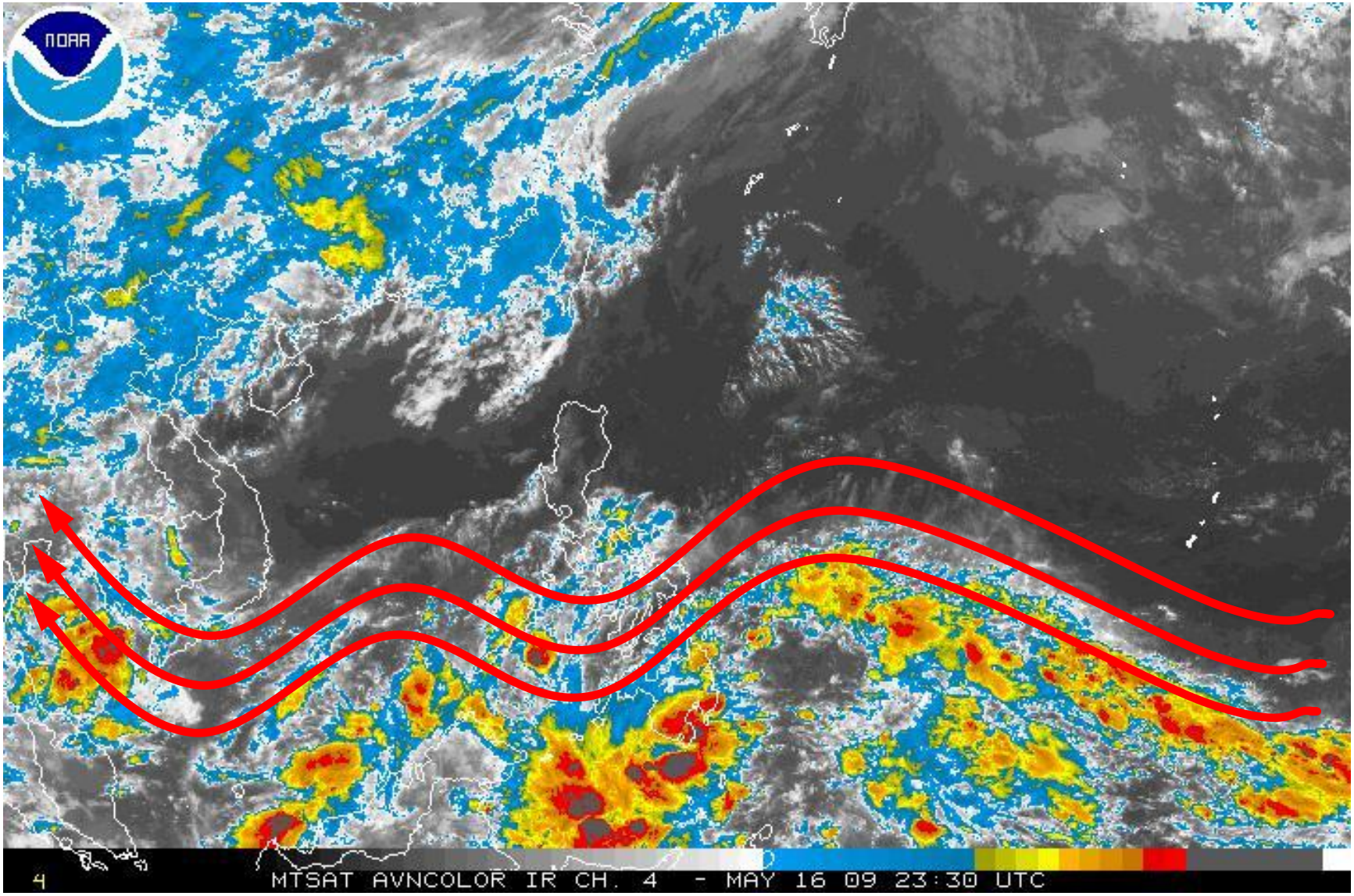
คลื่นกระแสลมตะวันออก

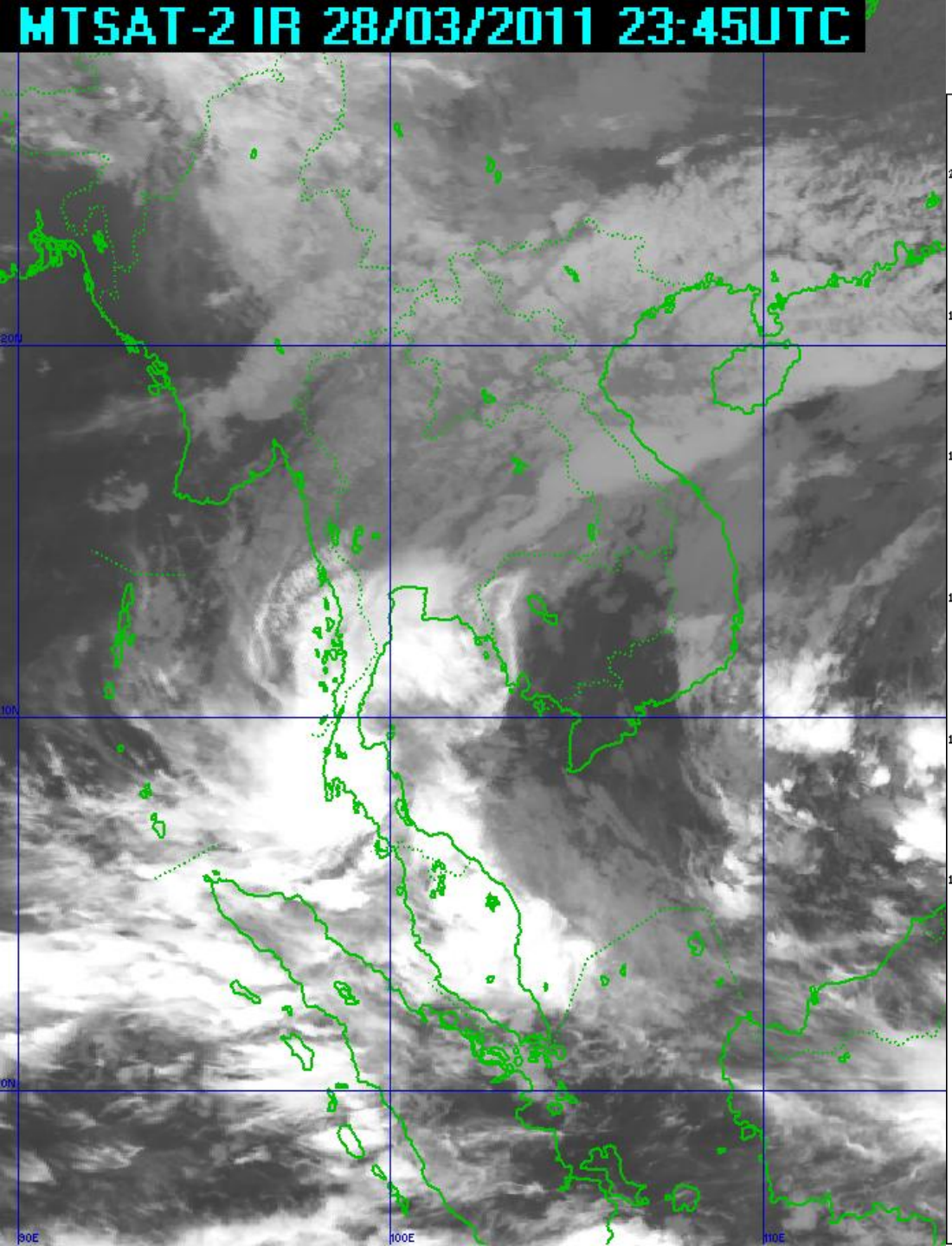
- คลื่นกระแสลมตะวันออก เป็น คลื่นยาวที่เกิดขึ้นภายในลมค้า(Trade Wind)
- เกิดขึ้นระหว่างละติจูด 5-15 องศาเหนือ
- มีความยาวคลื่นประมาณ 2000 ถึง 2500 กม
- ระยะเวลา 3-4 วัน และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วประมาณ 18 - 36 กม. / ชม.

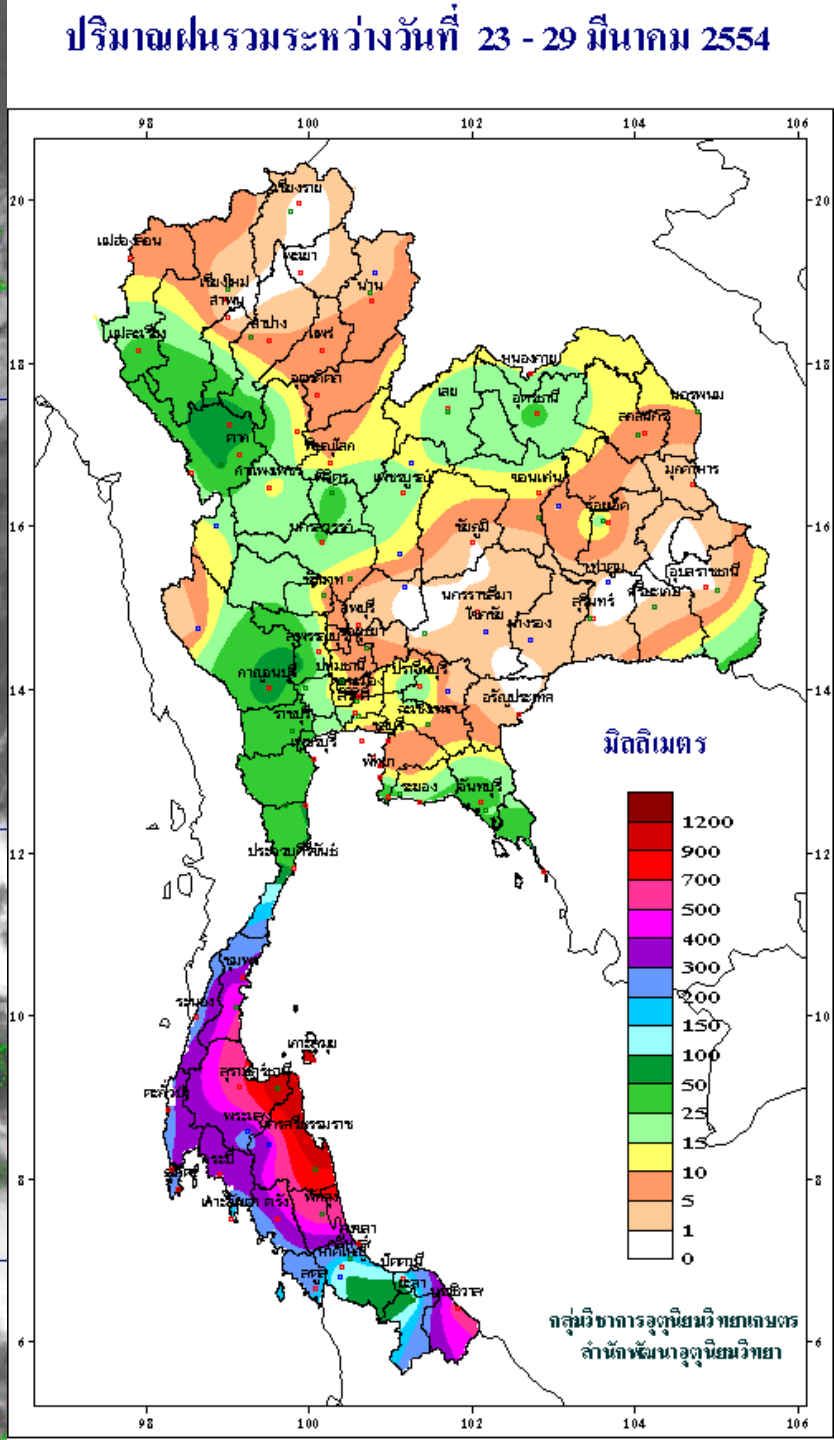




คลื่นกระแสลมตะวันออก

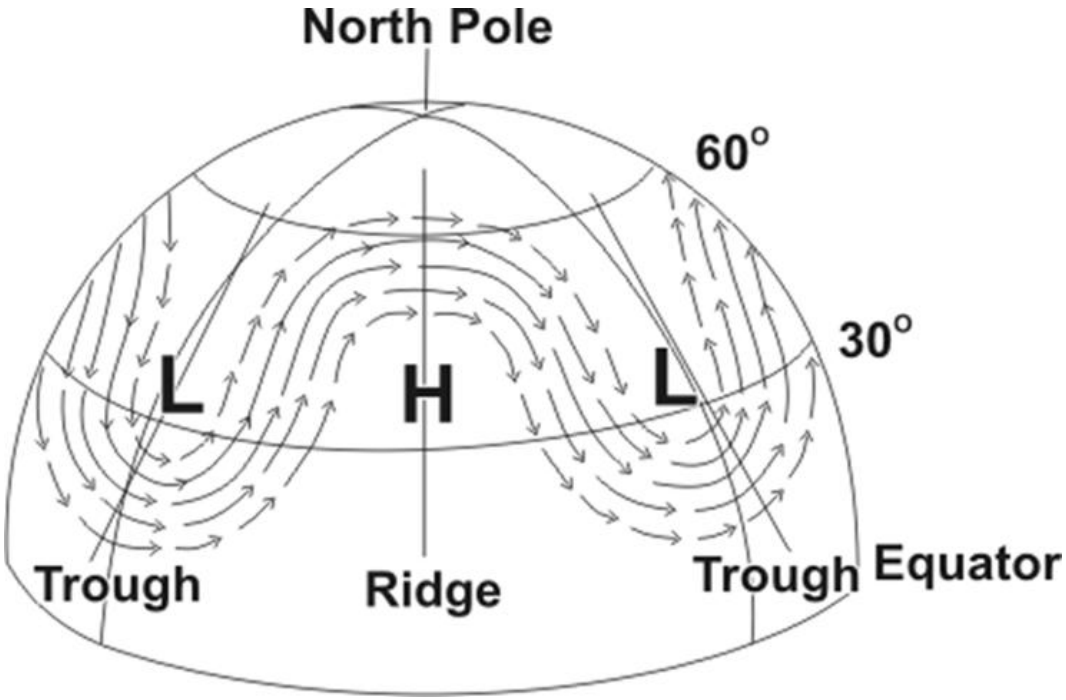



MTSAT-2 IR 28/03/2011 23:45UTC

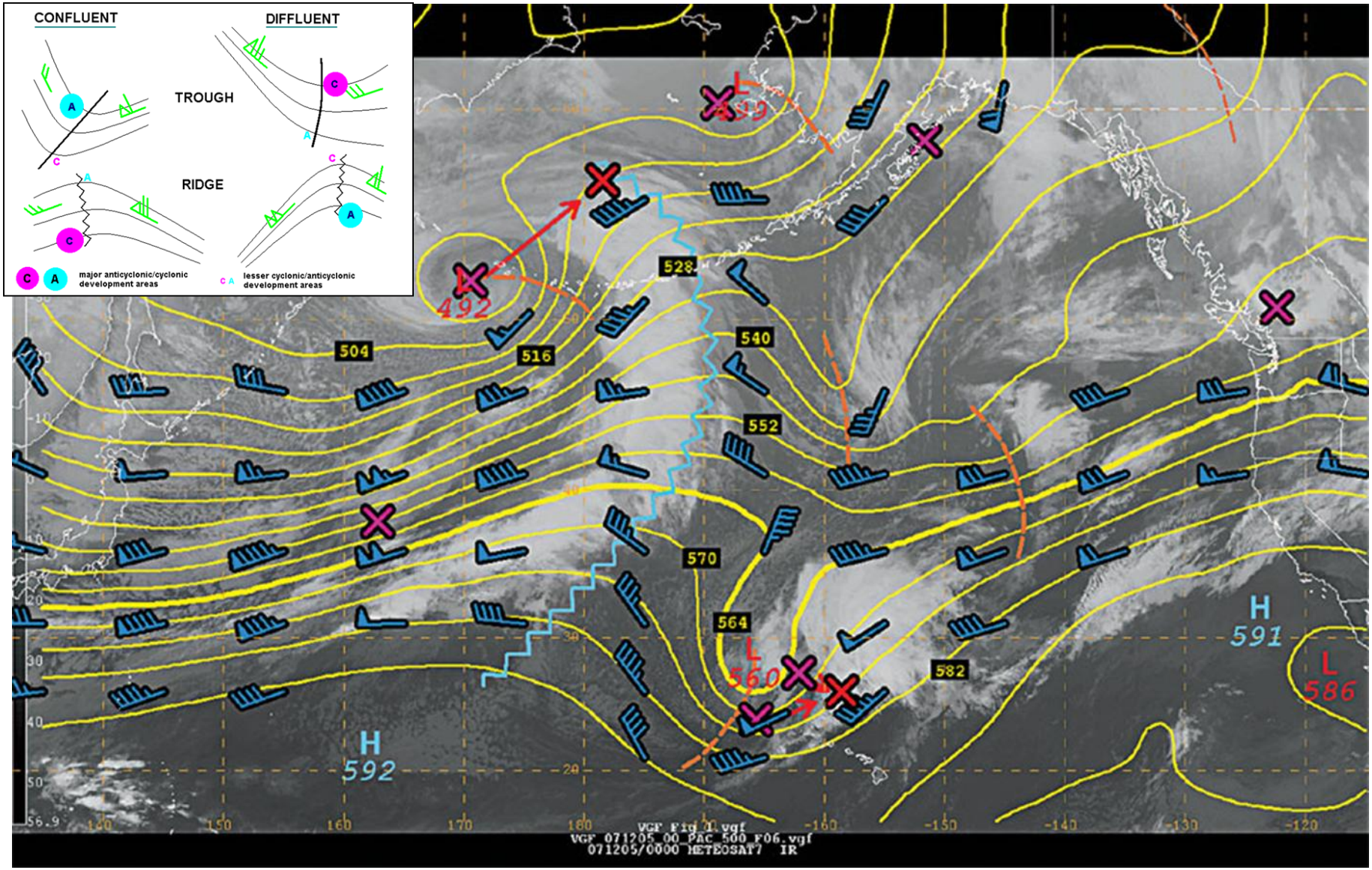

ปริมาณฝนรวมระหว่างวันที่ 23 - 29 มีนาคม 2554
มิลลิเมตร
1200
900
700
500
400
300
200
150
100
50
25
15
10
5
1
0
กลุ่มวิชาการอุตุนิยมวิทยาเกษตร
สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา

คลื่นกระแสลมตะวันตก

- คลื่นยาว(Long wave)
  - ลมชั้นบนตั้งแต่ 500 hPa ขึ้นไป
  - แผนที่ความสูงเท่า(Isoheight) 500 hPa
- คลื่นสั้น (Short wave)
  - Trough
  - Ridge

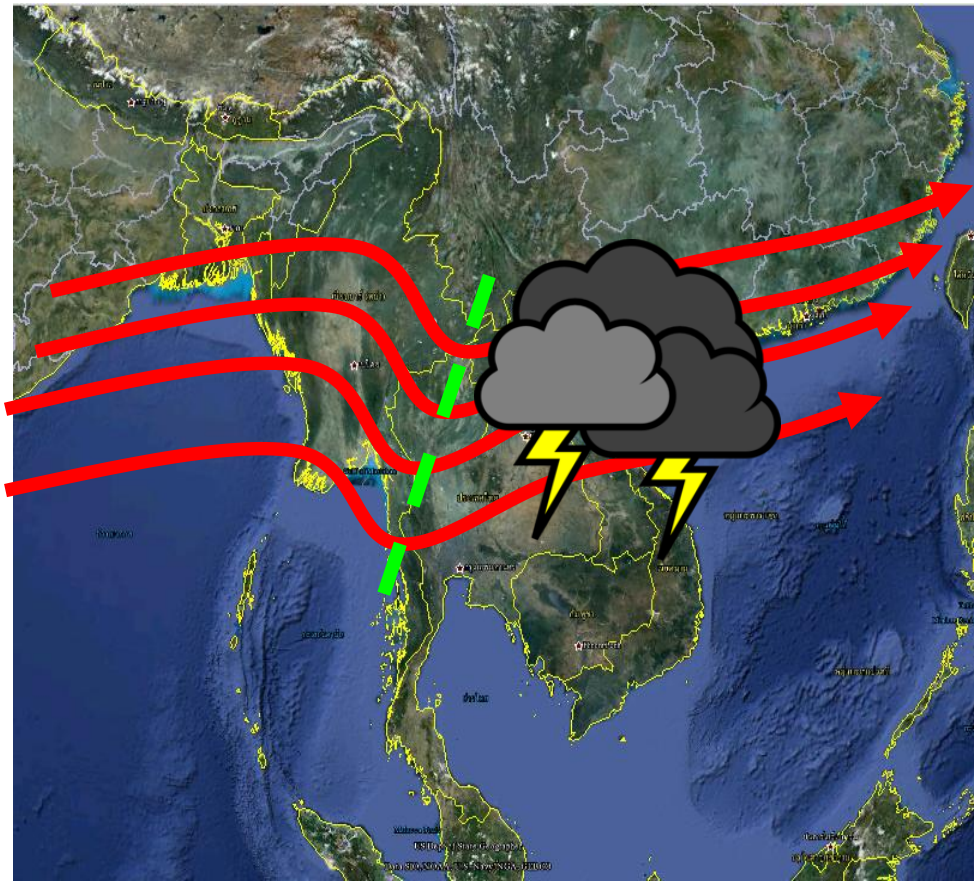


Wind และ Height ที่ 500 hPa

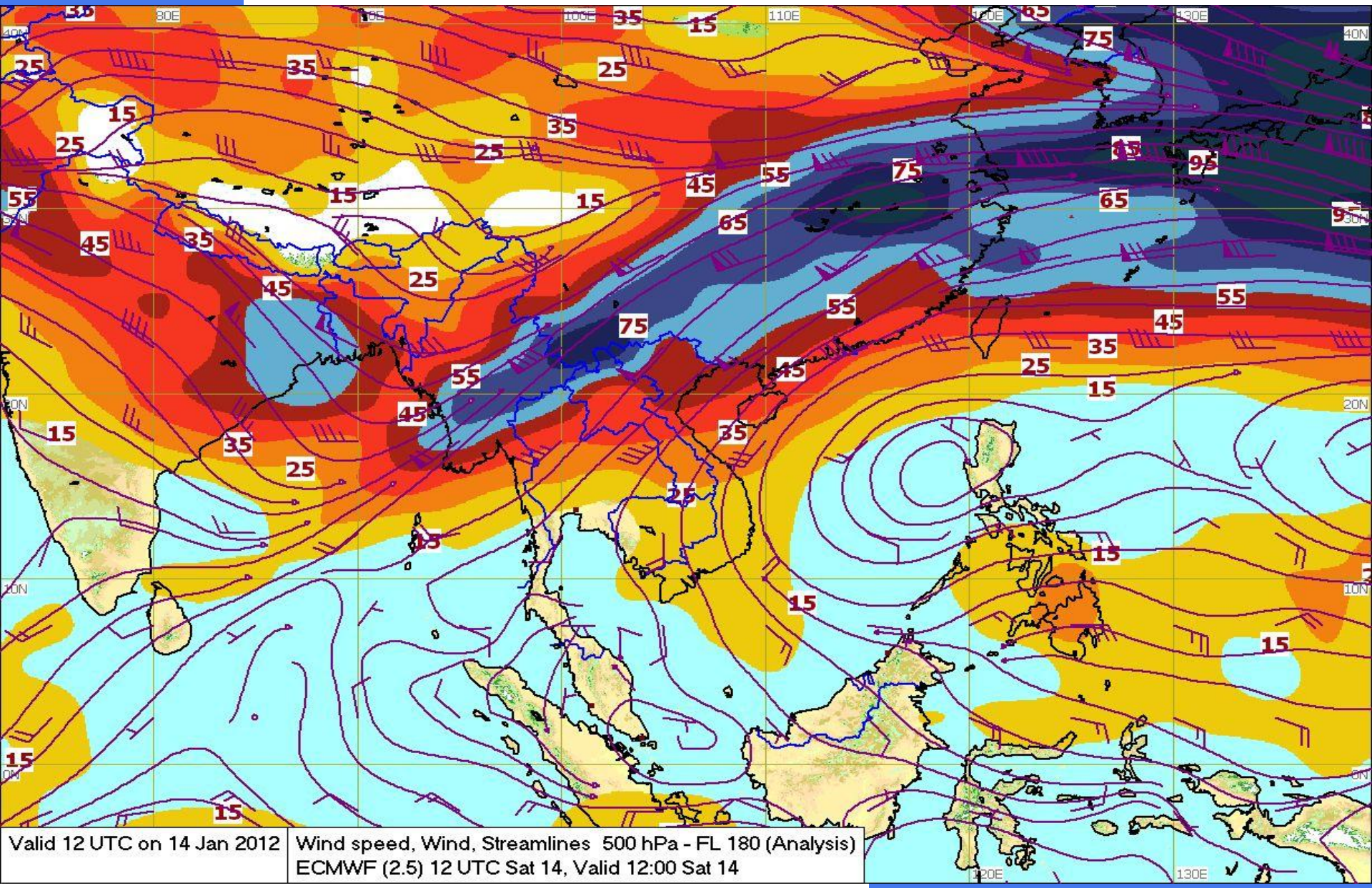


คลื่นกระแสลมตะวันตก *(WESTERLY TROUGH)*

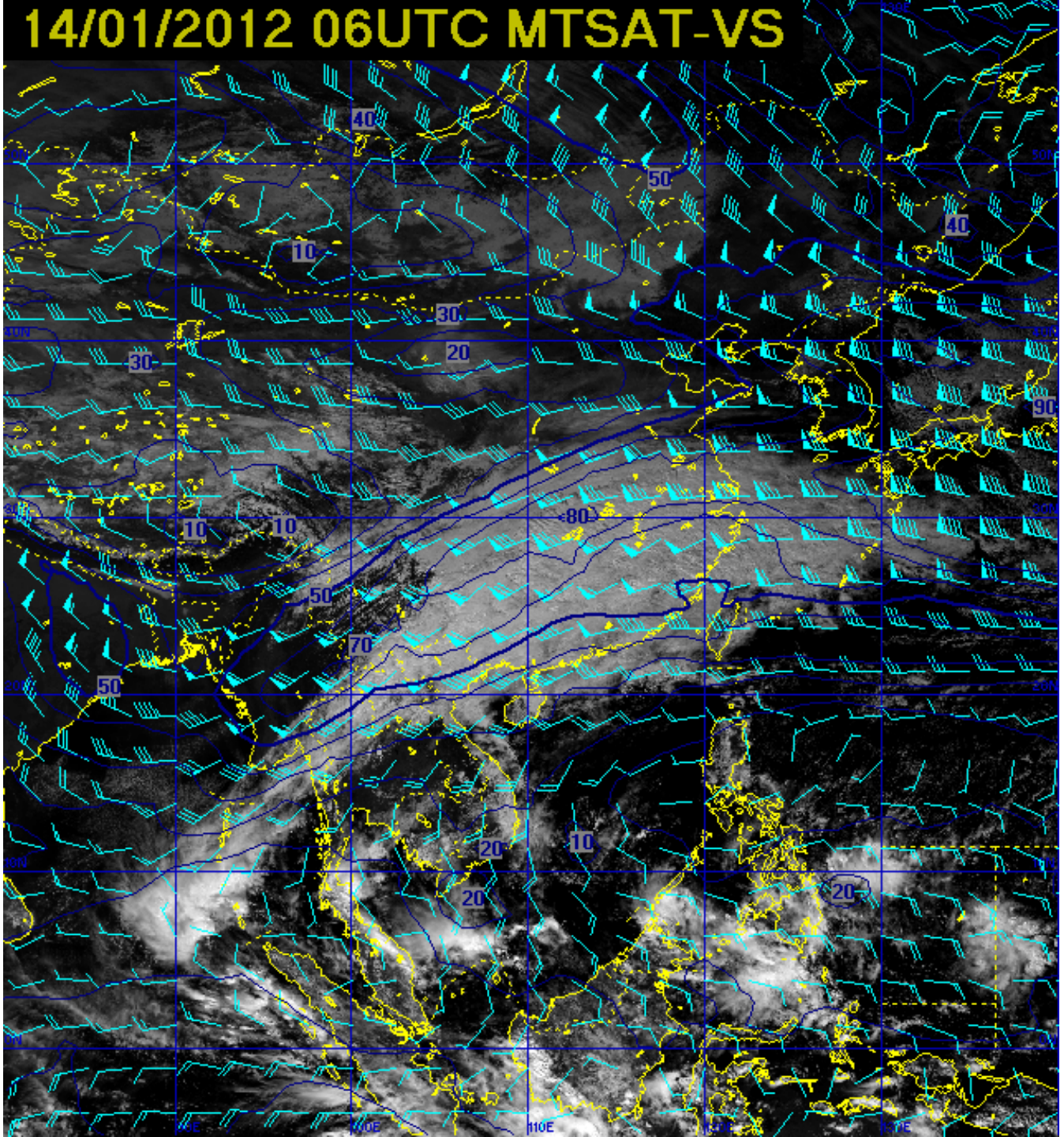
- คลื่นกระแสลมตะวันตก คือ ลักษณะของลม ชั้นบนที่มีรูปร่างคล้ายคลื่น ด้านหน้าของคลื่นนี้มีการยกตัวของอากาศ ทำให้มีลักษณะอากาศร้าย ฝนฟ้าคะนอง ลมกระโชกแรง ลูกเห็บตก ส่วนด้านหลังของคลื่นมีอากาศจมตัวทำให้มีลักษณะอากาศดี ท้องฟ้าโปร่ง อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว



500 hPa



14 JAN 2012 12Z


14/01/2012 06UTC MTSAT-VS
40
50
10
30
20
40
30
90
10
10
80
50
70
50
20
10
20
20

พายุหมุนเขตร้อน

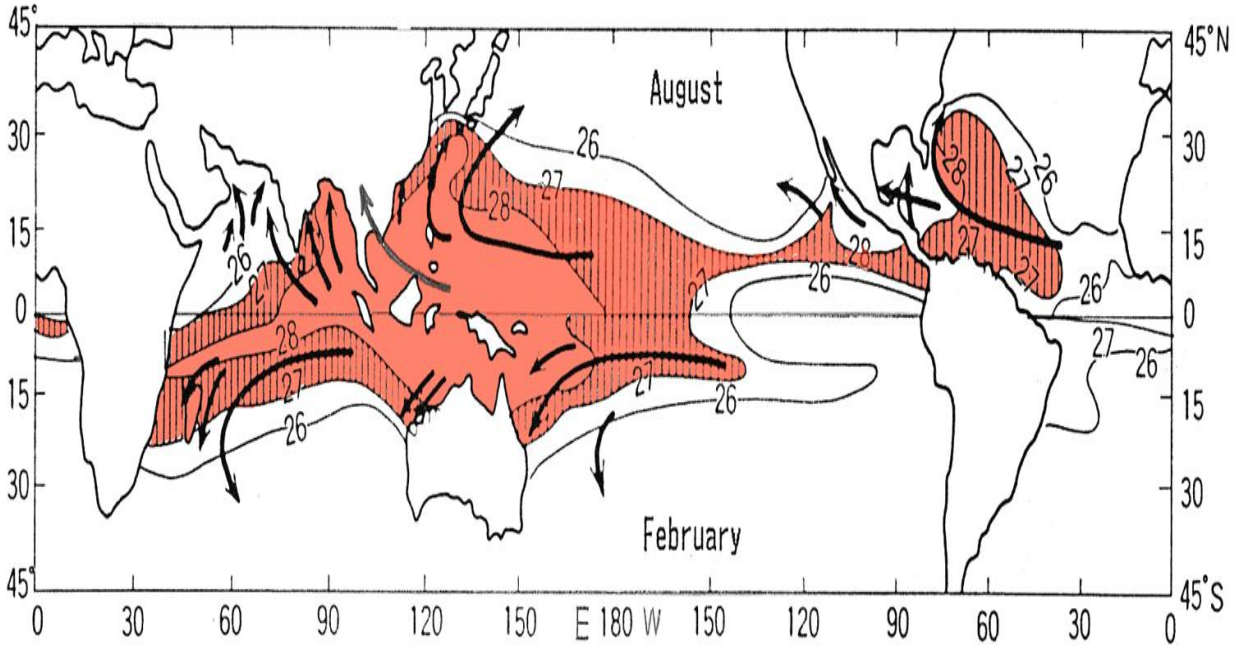
- **พายุหมุนเขตร้อน** เริ่มต้นการก่อตัวจากหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรงซึ่งอยู่เหนือผิวน้ำทะเล ในบริเวณเขตร้อนและเป็นบริเวณที่กลุ่มเมฆจำนวนมากรวมตัวกันอยู่โดยไม่ปรากฏการหมุนเวียนของลม **หย่อมความกดอากาศต่ำ**กำลังแรงนี้ เมื่ออยู่ในสภาวะที่เอื้ออำนวยก็จะพัฒนาตัวเองต่อไป จนปรากฏระบบหมุนเวียนของลมอย่างชัดเจน ลมพัดเวียนเป็นวนทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ พายุหมุนในแต่ละช่วงของความรุนแรงจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัวและเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะแวดล้อม ความเร็วลมในระบบหมุนเวียนทวีกำลังแรงขึ้นเป็นลำดับ

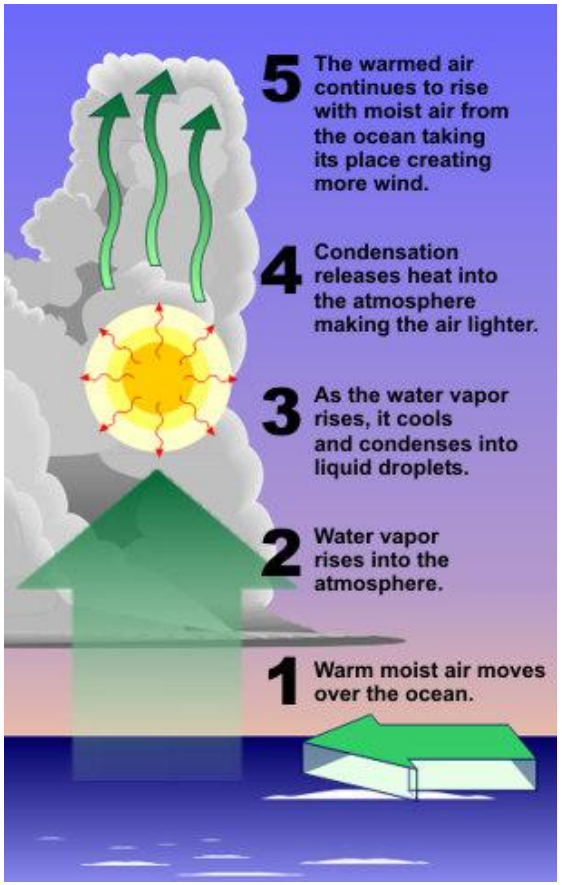
ปัจจัยที่ทำให้เกิดพายุหมุนเขตร้อน

- อุณหภูมิน้ำทะเล (SST) อย่างน้อย 26 - 27 องศาเซลเซียส
- และมีความลึกอย่างน้อย 50 เมตร
- cooling with height (Heat condensation)
- Low value of vertical wind shear (less than 10 m/s)
- ห่างมากกว่า 200 – 300 กิโลเมตร จากเส้นศูนย์สูตร (Coriolis effect)
- Low cell, Disturbance, TUTTs

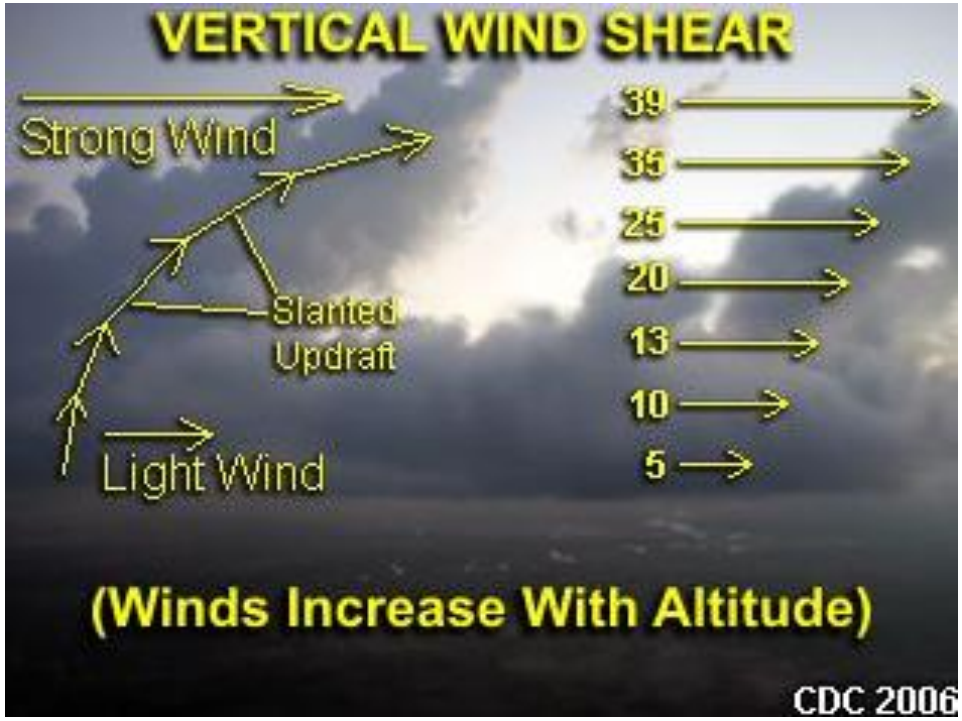
Heat condensation

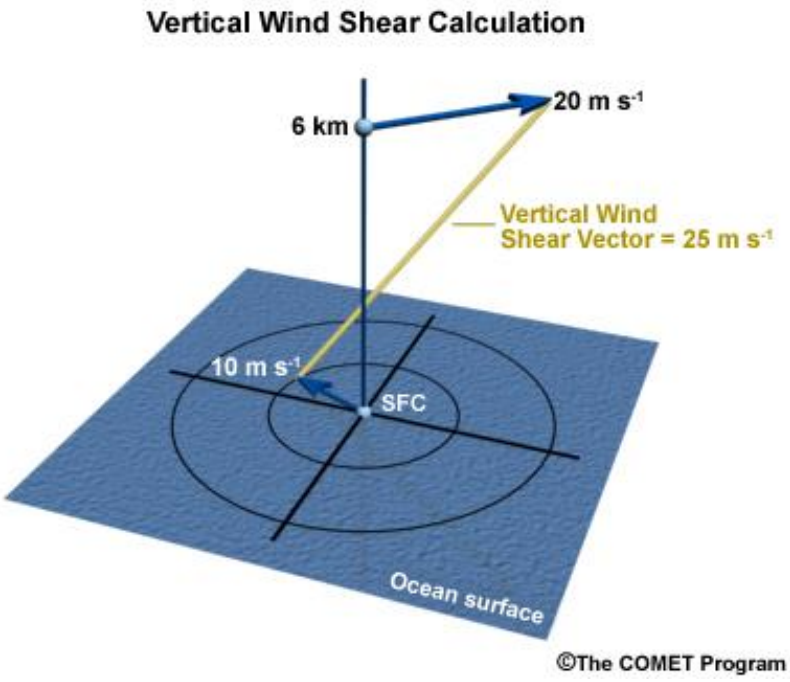
Sea Surface Temperature and Ocean Current



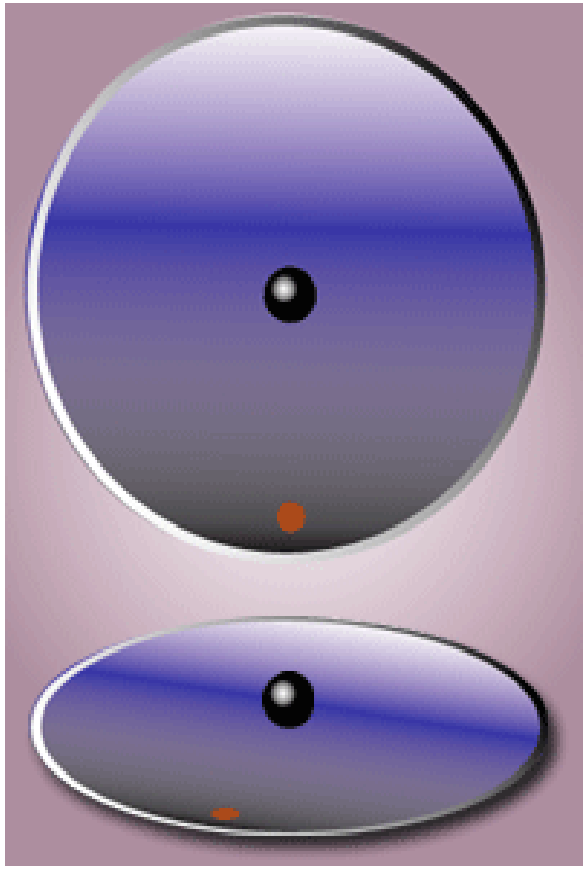


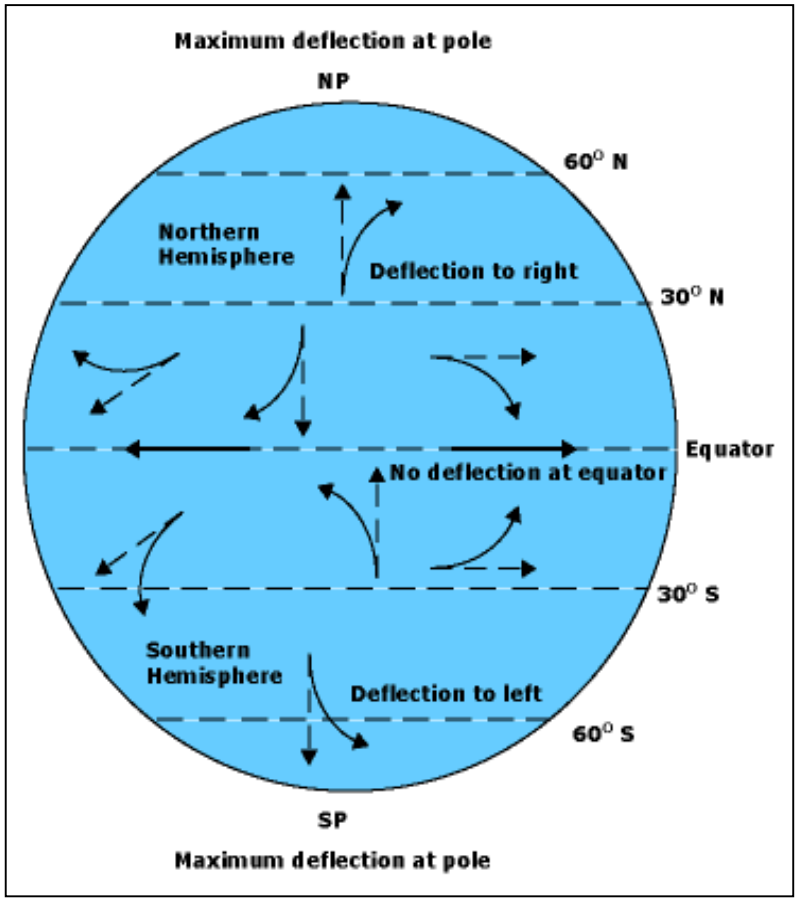
Low value of vertical wind shear (less than 10 m/s)



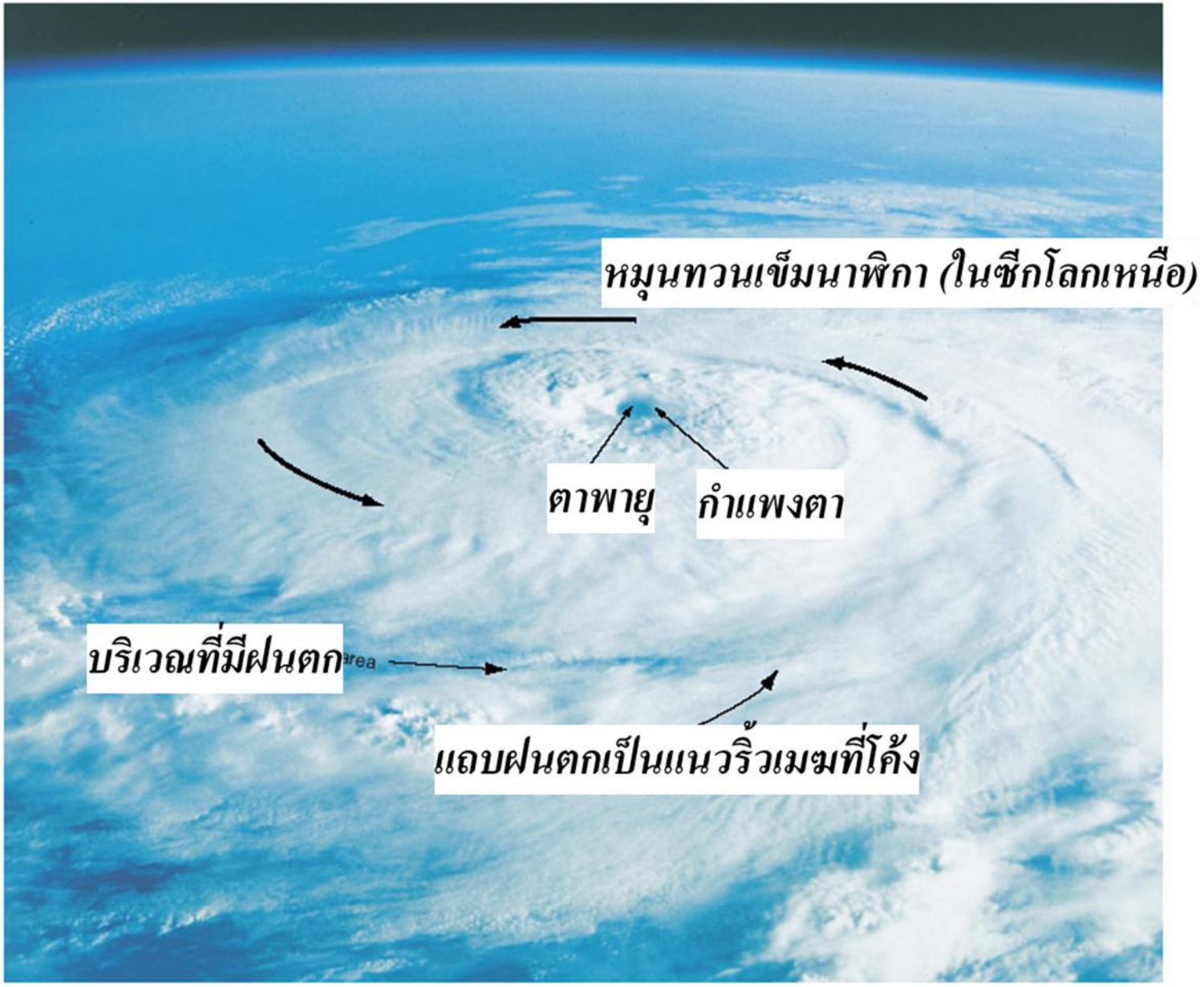


Coriolis effect

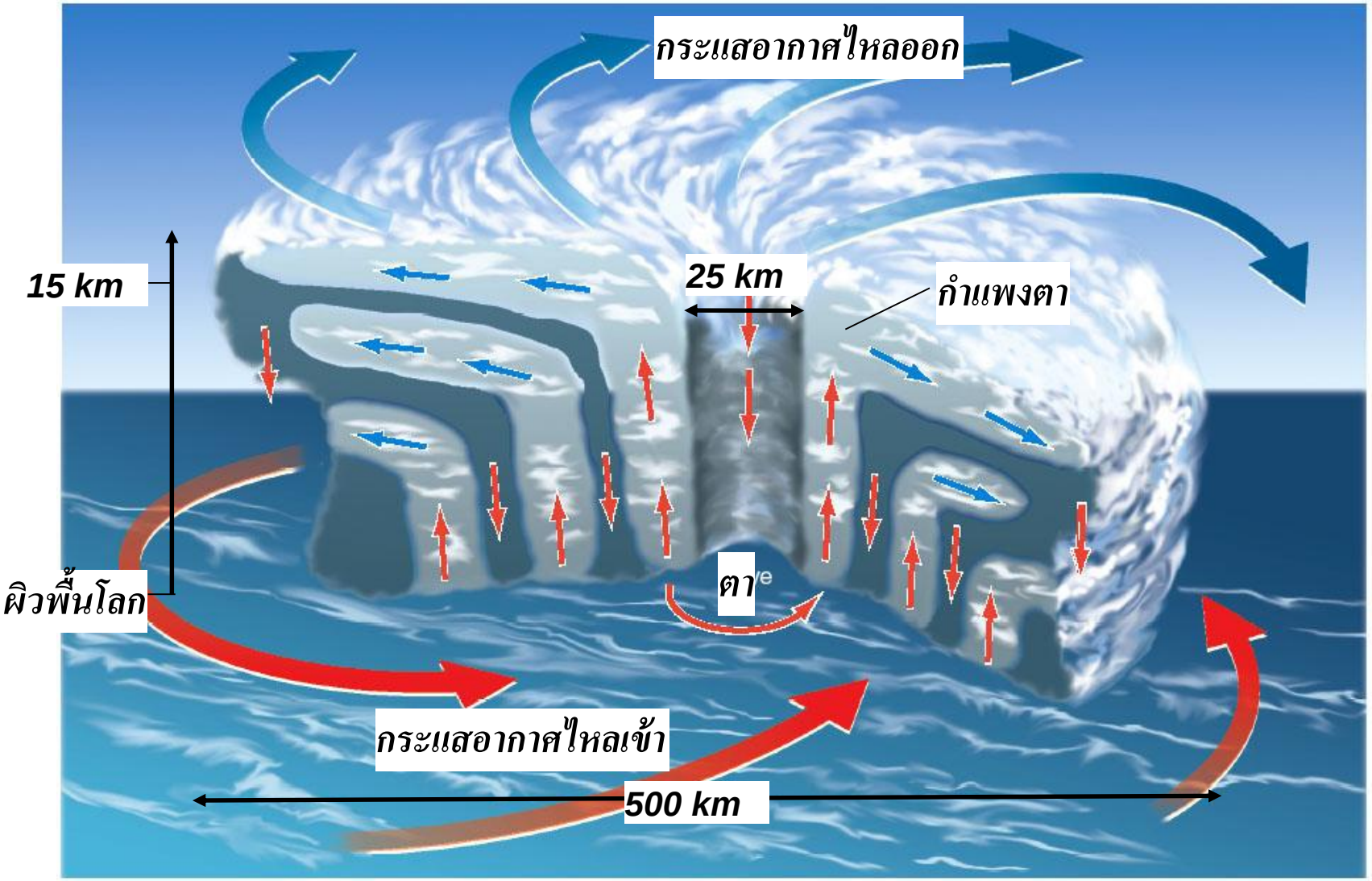




พายุหมุนเขตร้อน

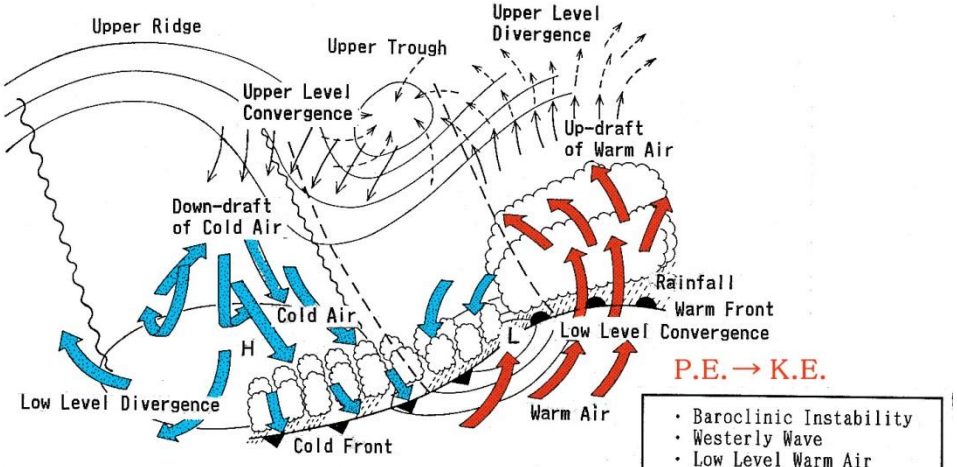


ลักษณะโครงสร้างภายใน



© 2005 Thomson - Brooks/Cole

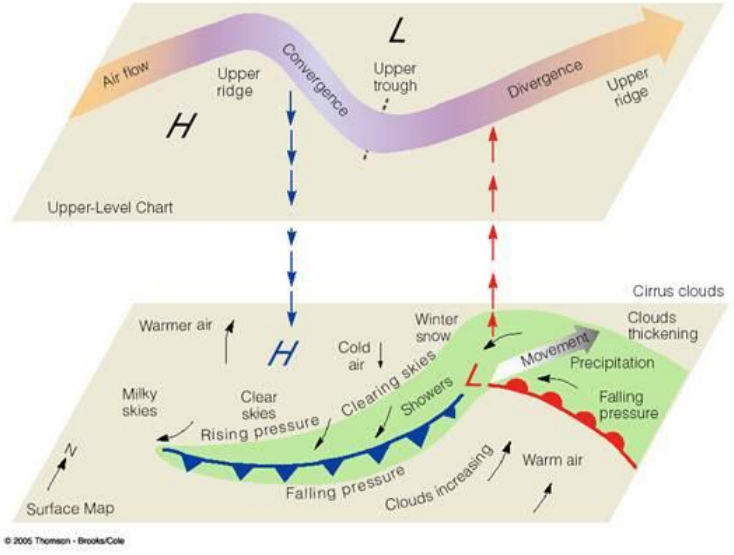
Extra-Tropical Cyclone

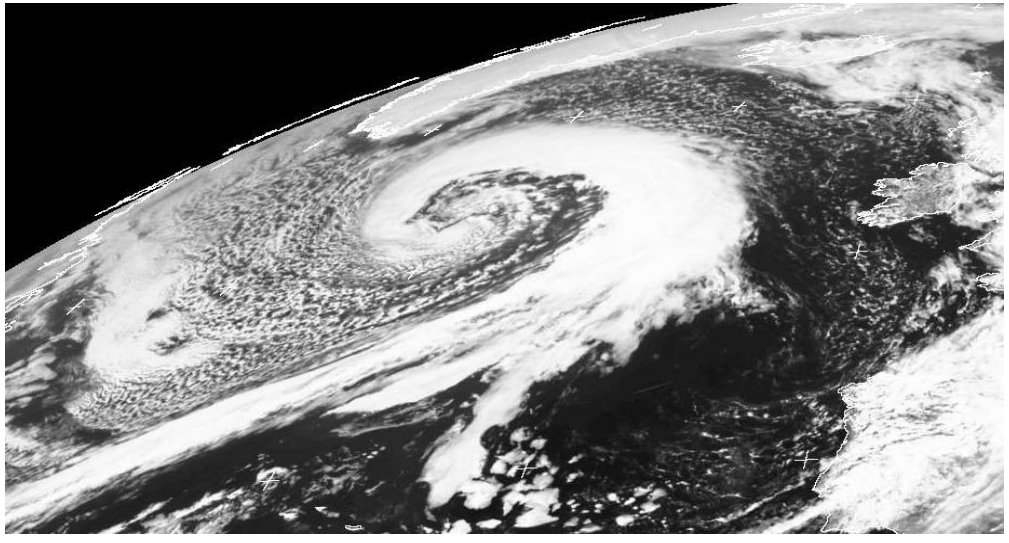


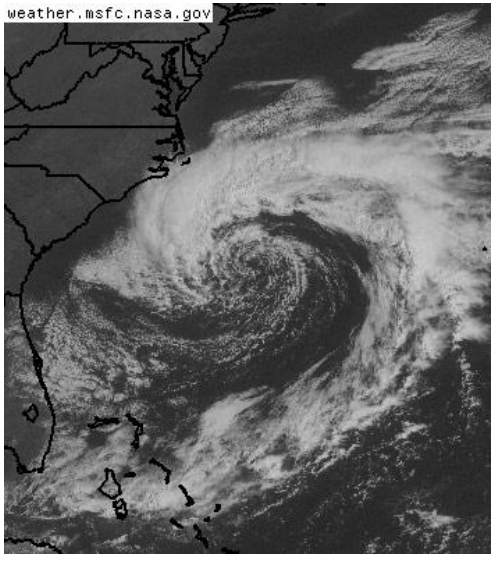
Structure of a Extratropical Cyclone

P.E. → K.E.

- Baroclinic Instability
- Westerly Wave
- Low Level Warm Air Convergence at Forward
- Low Level Cold Air Divergence at Backward
- Warm Front, Cold Front

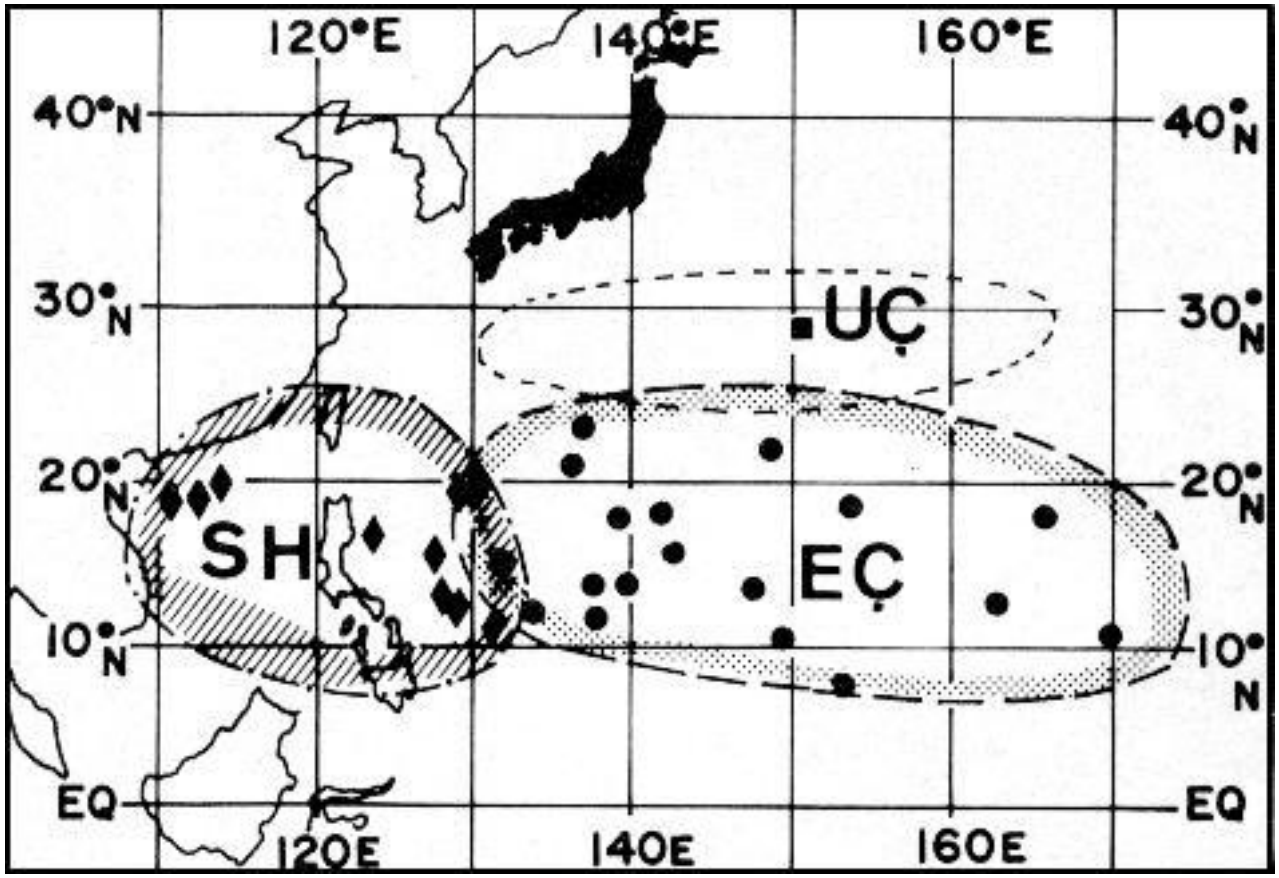




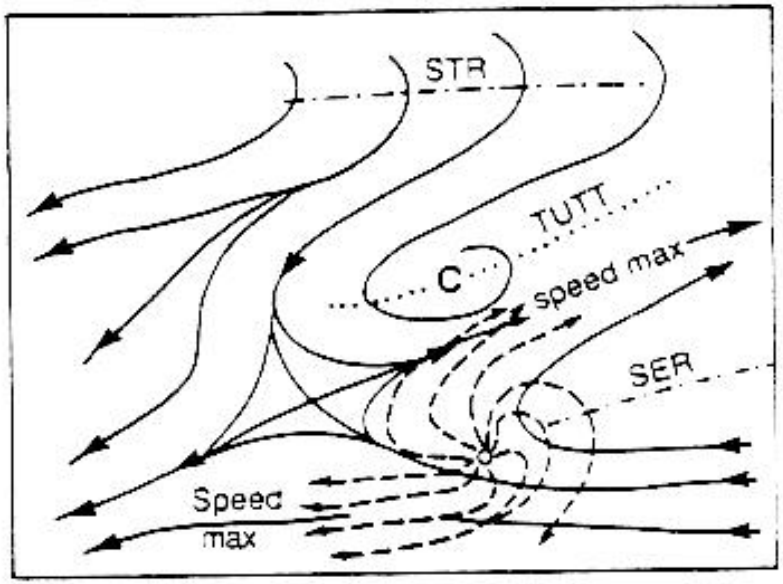


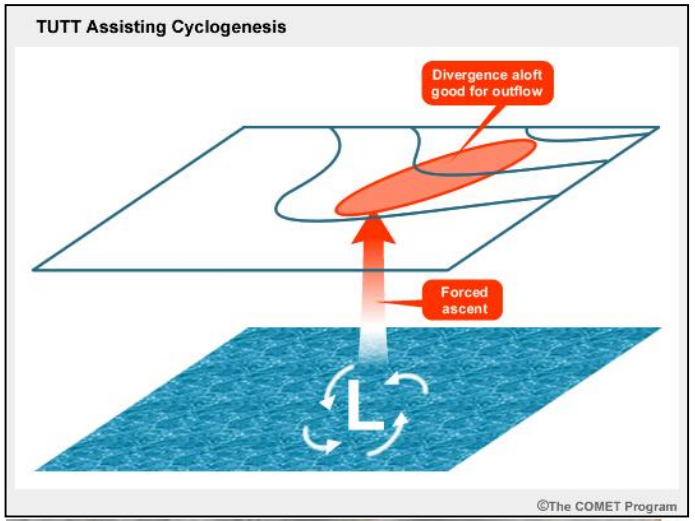
Three classes according to the genesis form and location

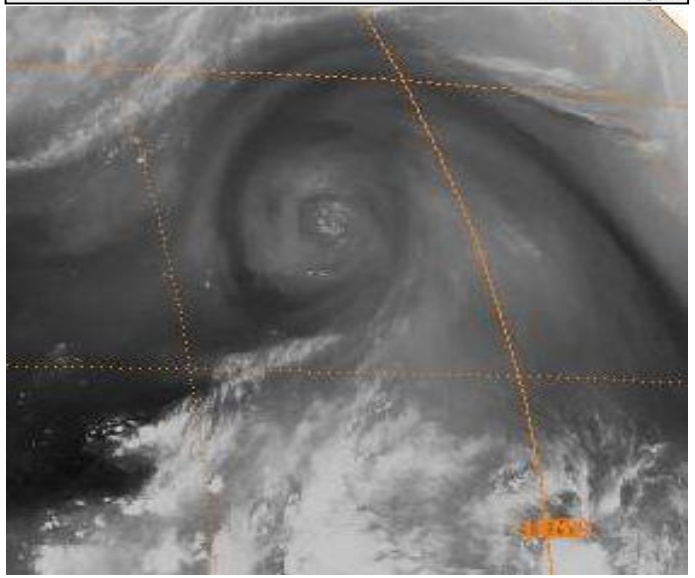
- **SH type : lower layer shear type**
- **EC type : upper easterly waves and cloud clusters**
- **UC type : upper cold vortex proximity type**



UC (upper cold vortex proximity)

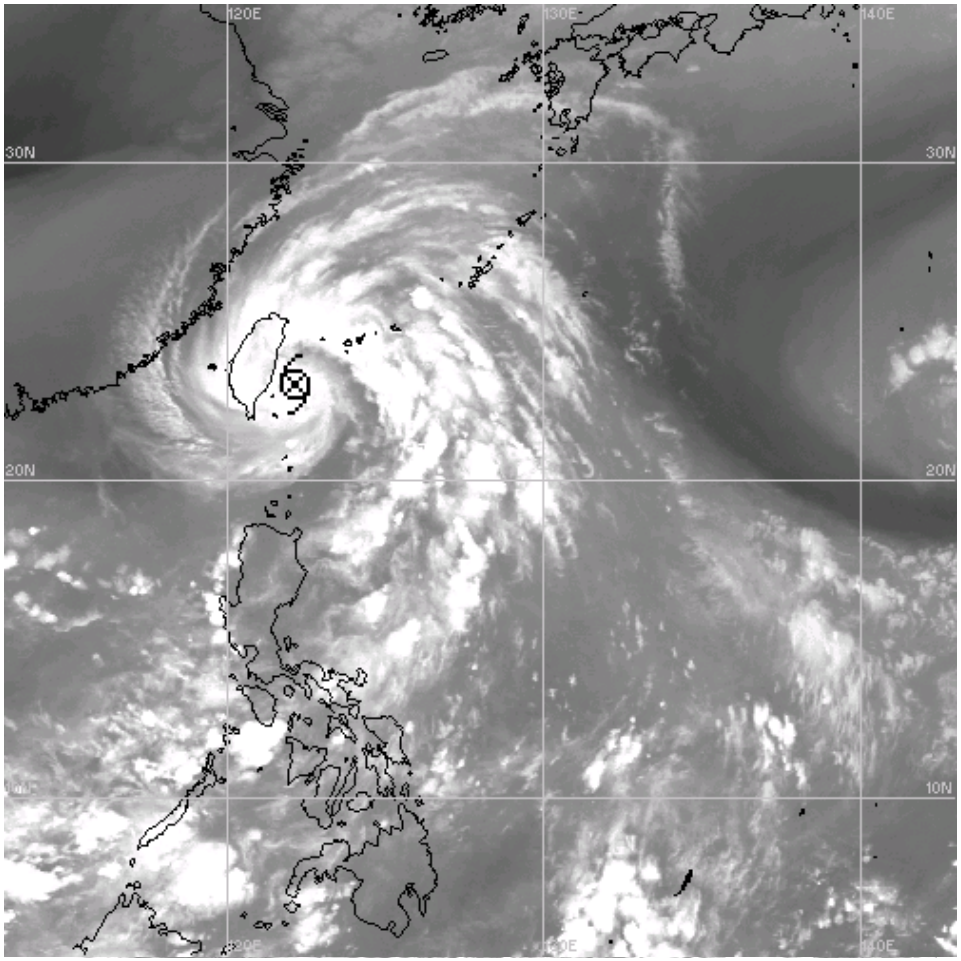






- **Upper cold Low**
- **Cyclonic ระดับสูง 400 hPa ขึ้นไป**
- **ใช้ภาพดาวเทียม WV (IR3)**

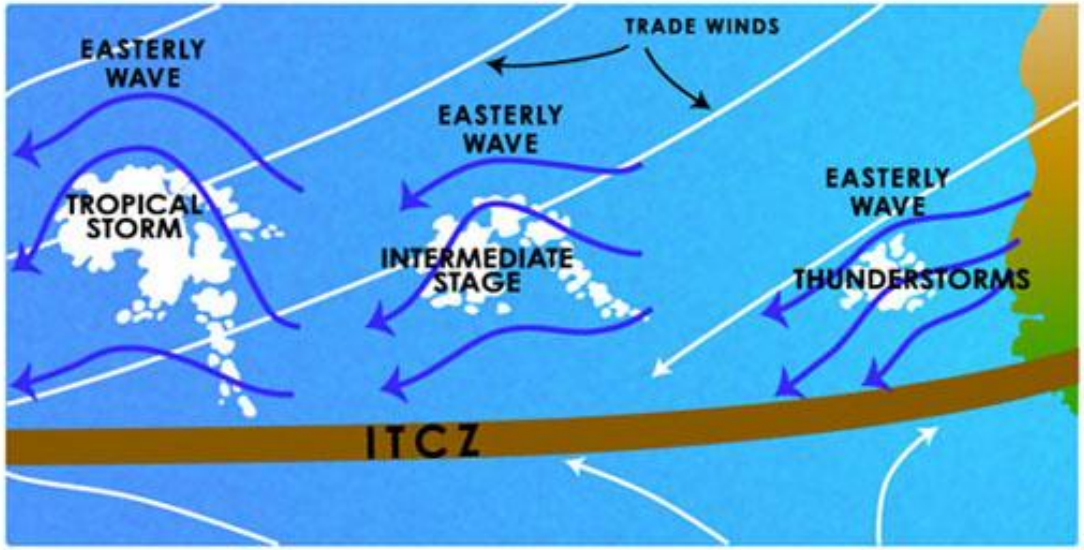
UC (upper cold vortex proximity)

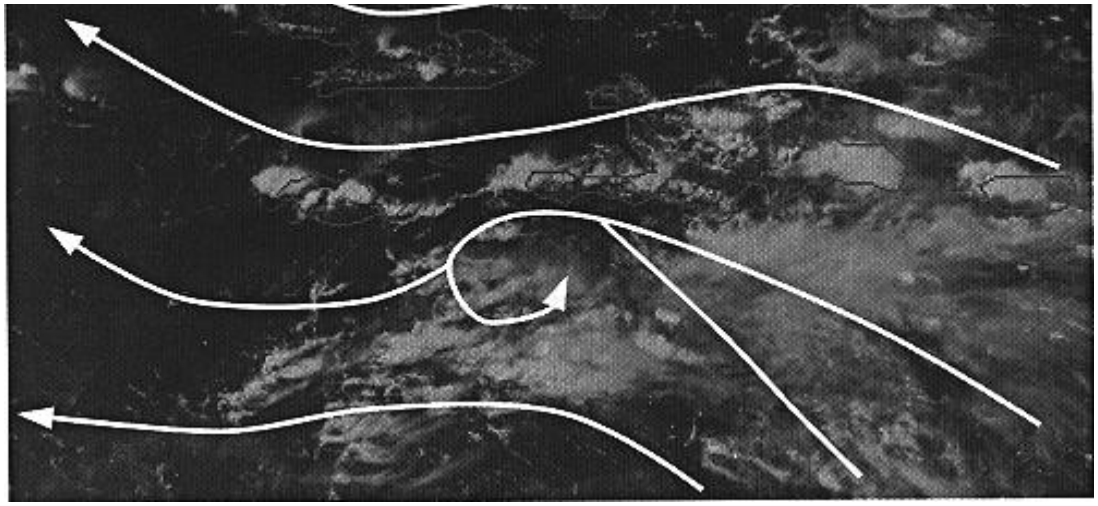


Case in which a Cb near a UCL developed into a typhoon
(water vapor image from 00UTC on Sep. 25 to 00UTC on Sep. 28, 1998)

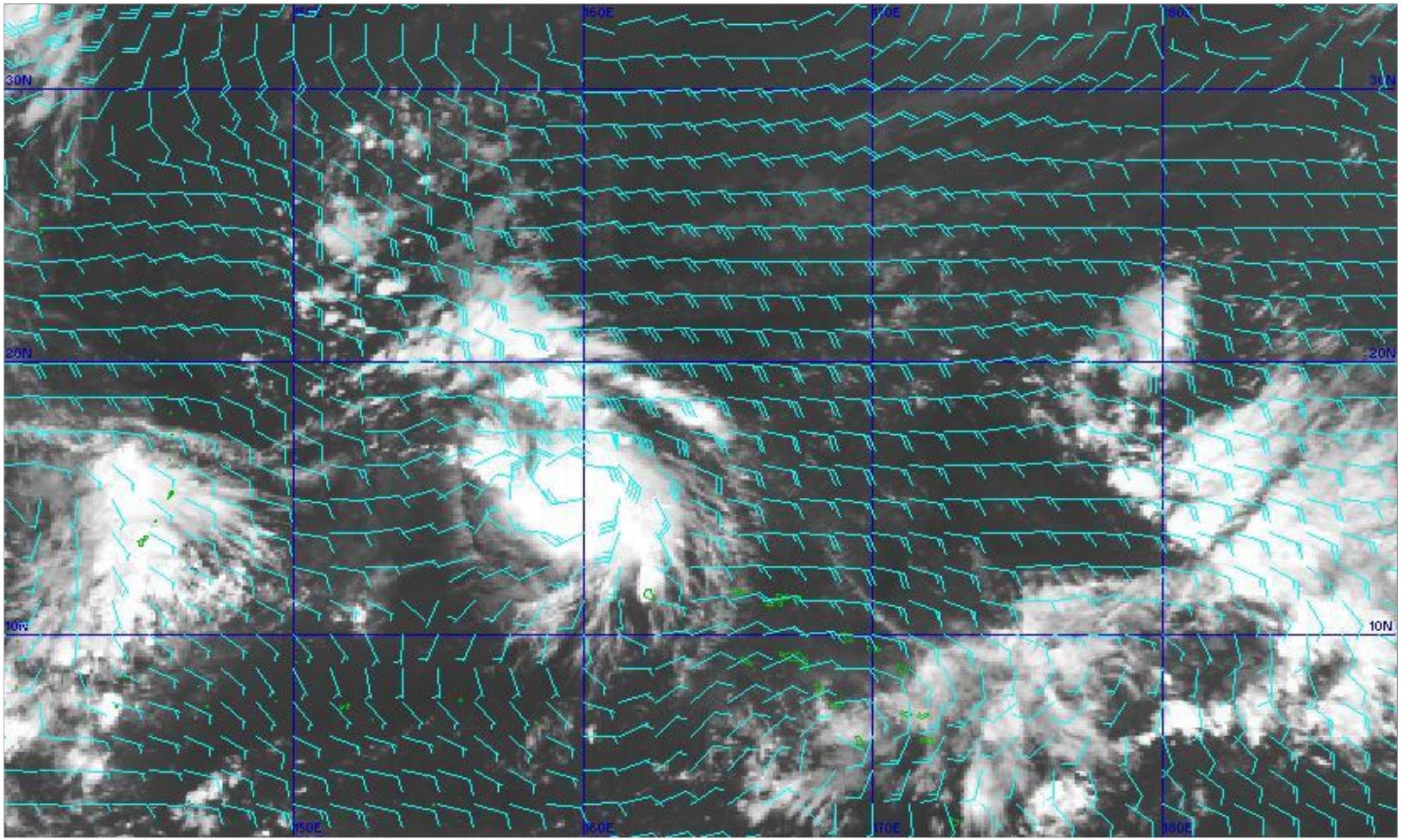
The mark represents UCL centers and the mark represents the center of a typhoon

Case of development of the easterly wave pattern



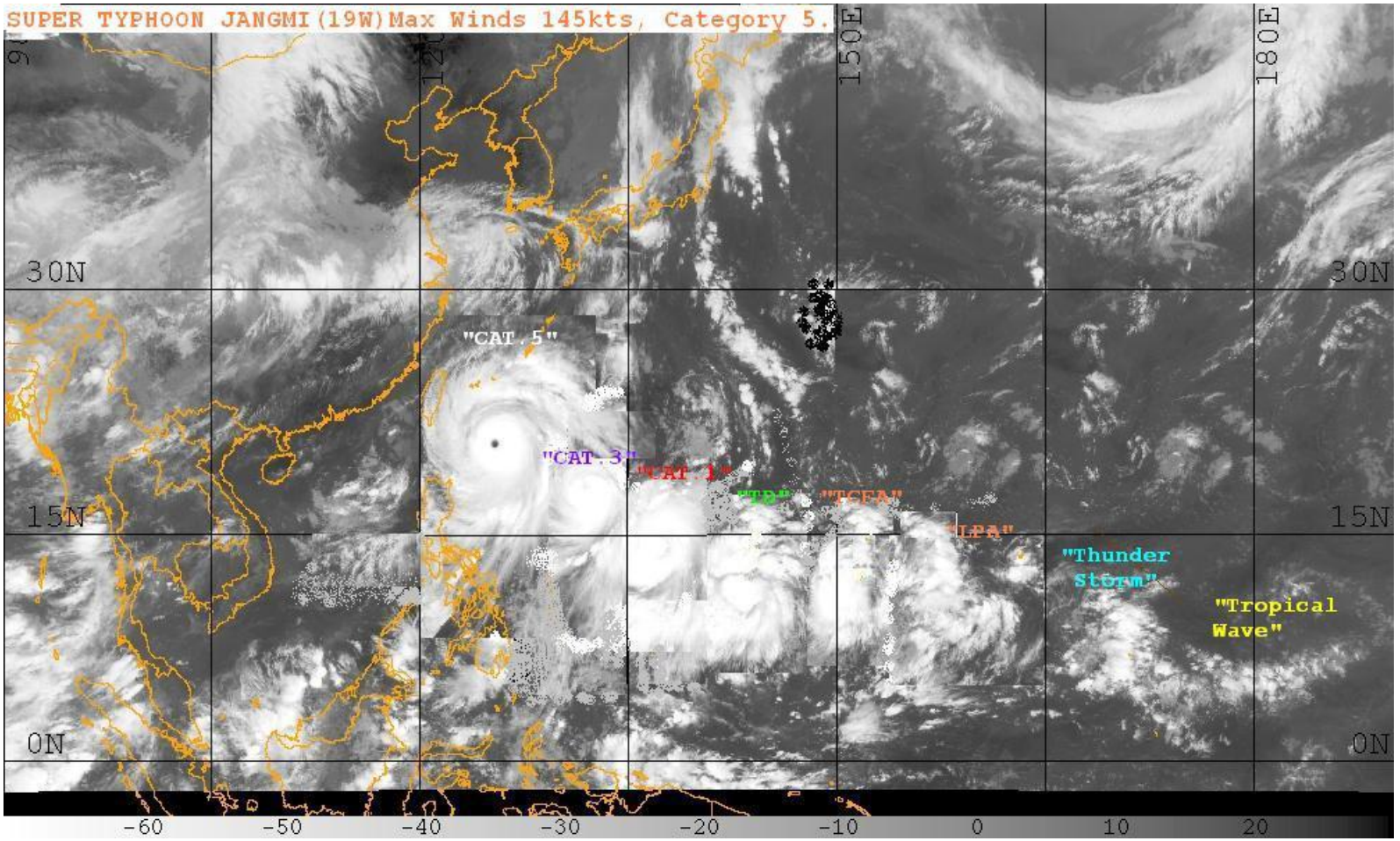


Case of development of the easterly wave pattern

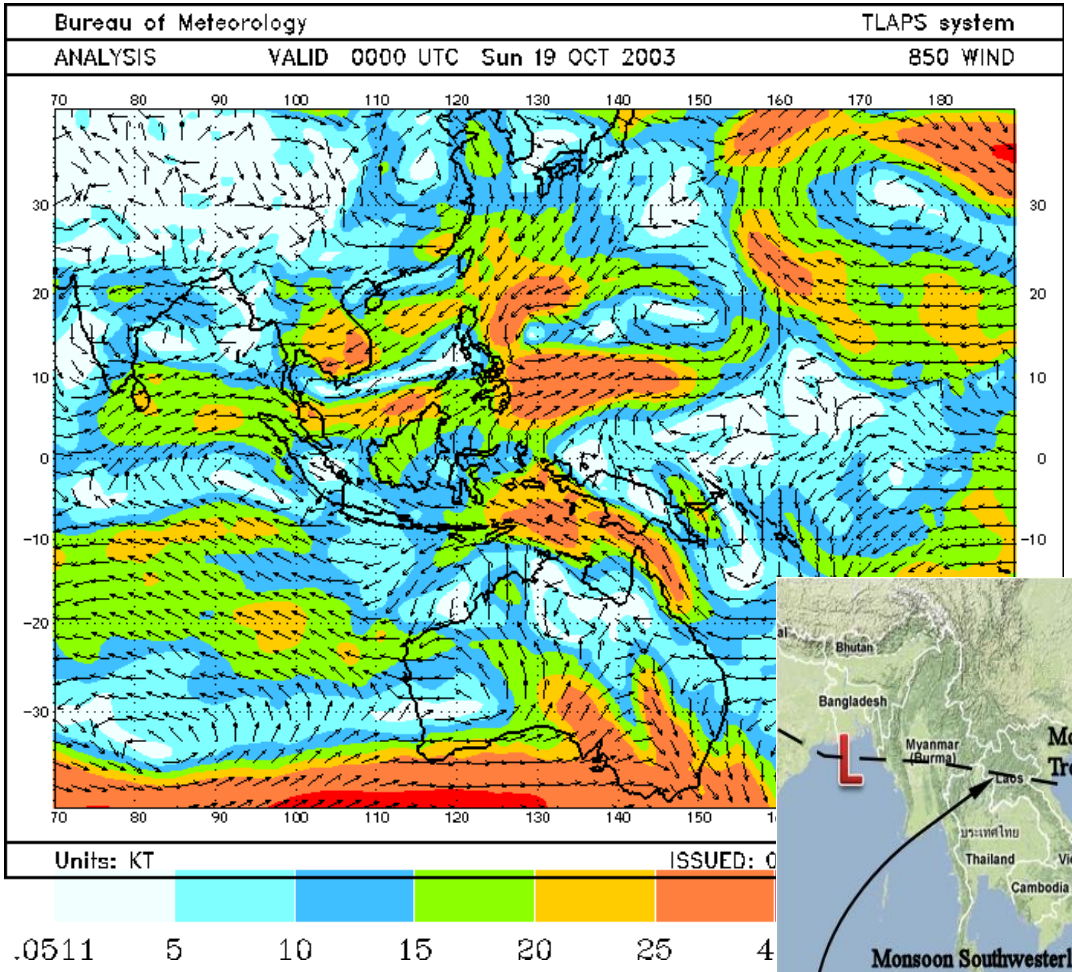


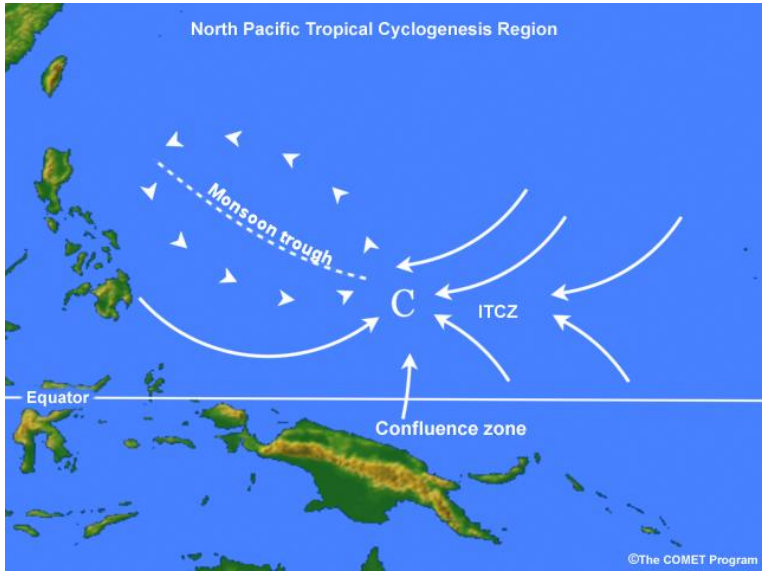
A case of organizing a cloud system developing into Typhoon 0118 in 2001 (infrared image)
Each image is overlaid with an 850 hPa wind from GSM GPV data (initial values at 00 and 12UTC for each day)
(long arrows represent 10 kt, short arrows represent 5 kt, and dotted lines represent easterly wave trough axes)

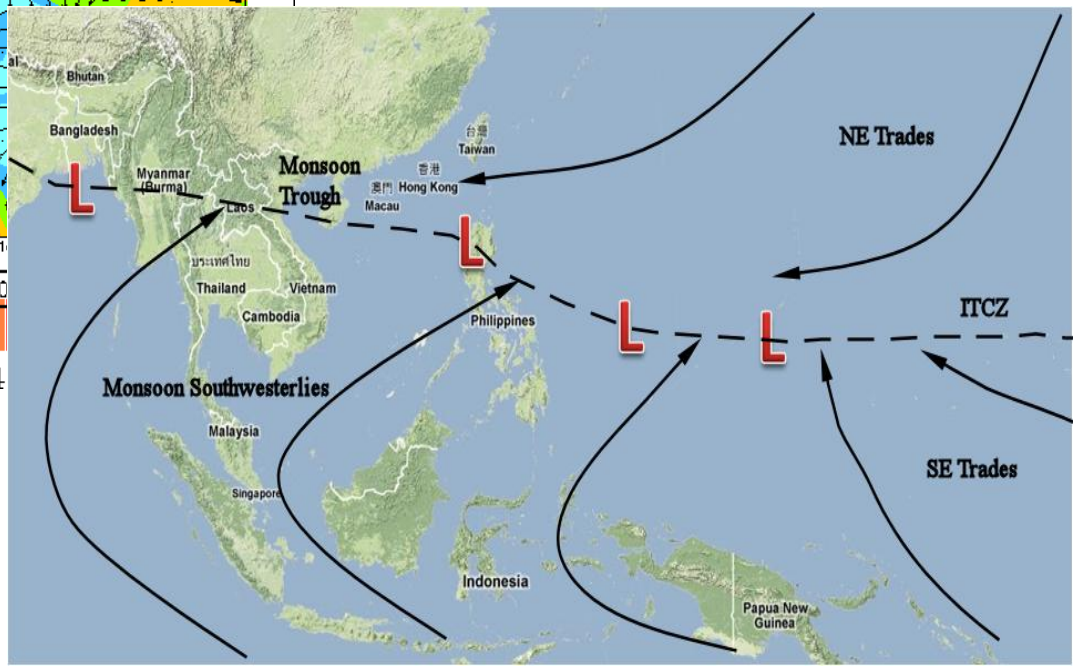
Case of development of the easterly wave pattern



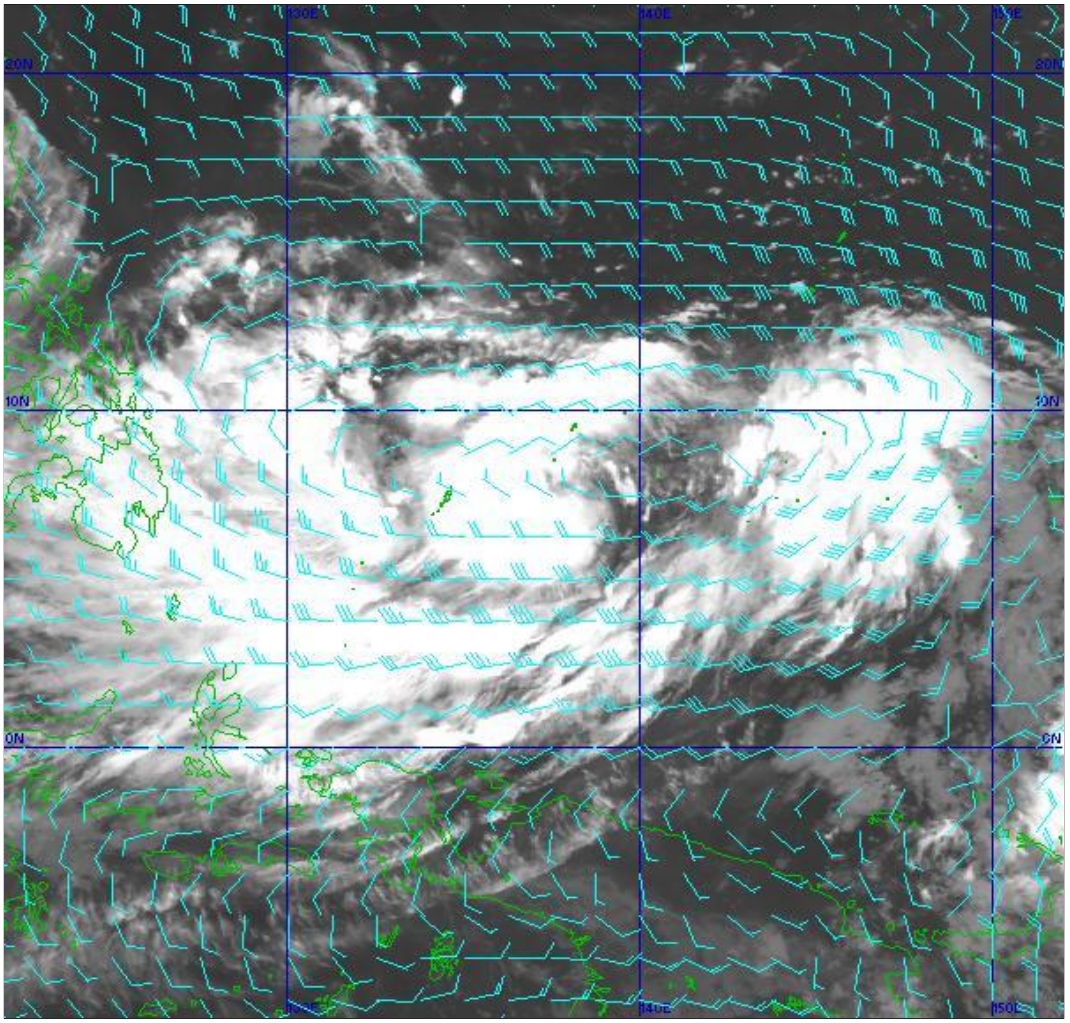
Case of development of a monsoon trough pattern (SH Type)







Case of development of a monsoon trough pattern (SH Type)

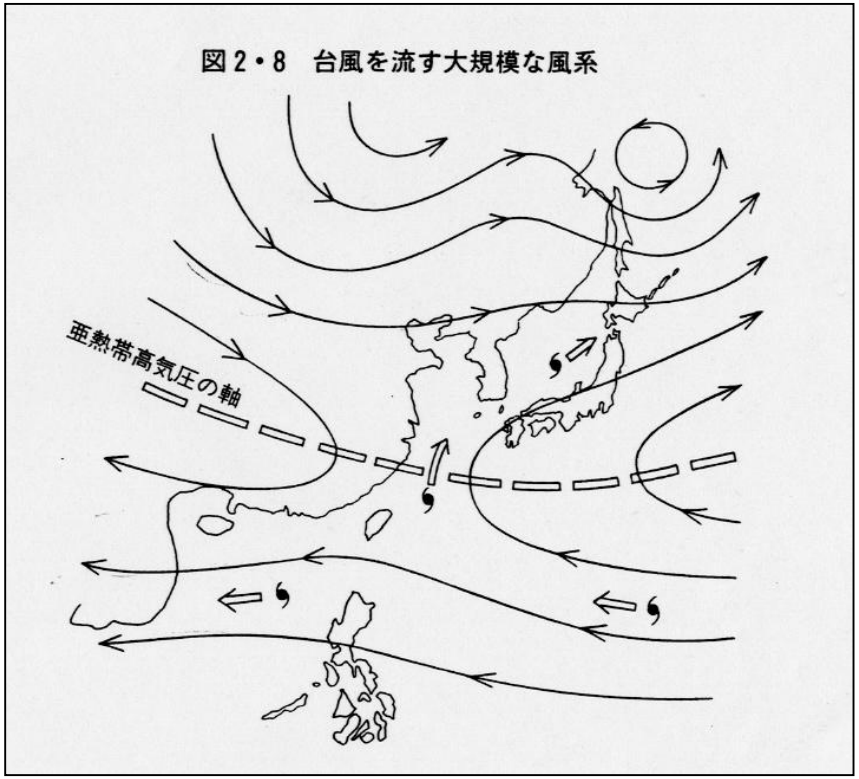


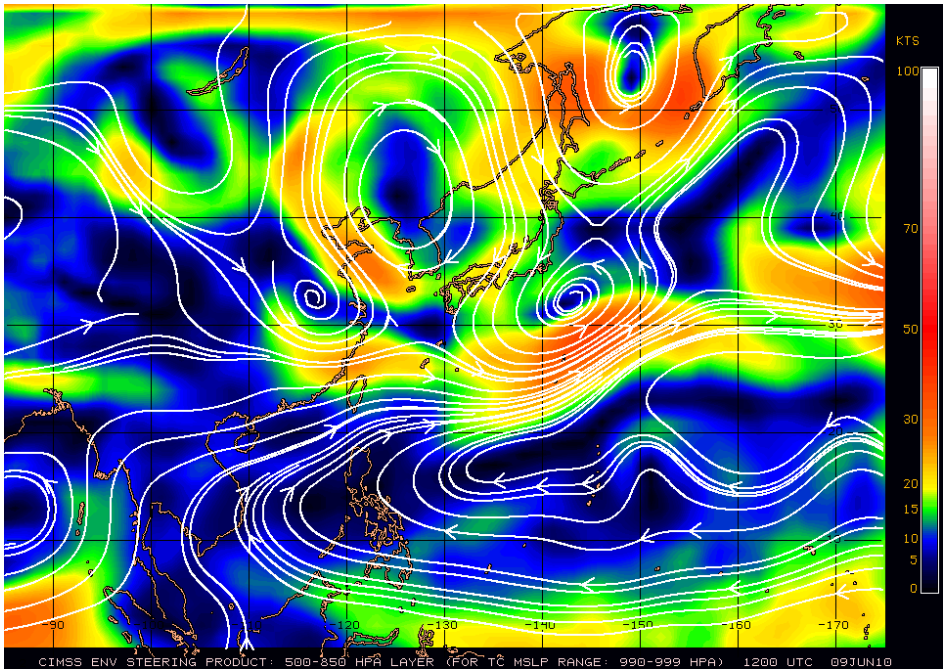
Case of organizing a cloud system developing into Typhoon 0104 in 2001 (infrared image)
Each image is overlaid with an 850 hPa wind from GSM GPV data (initial and predicted values at 00 and 12UTC for each day) (long arrows represent 10 kt, short arrows represent 5 kt, and dotted lines represent Monsoon trough axes).

การเคลื่อนตัวของพายุหมุนเขตร้อน

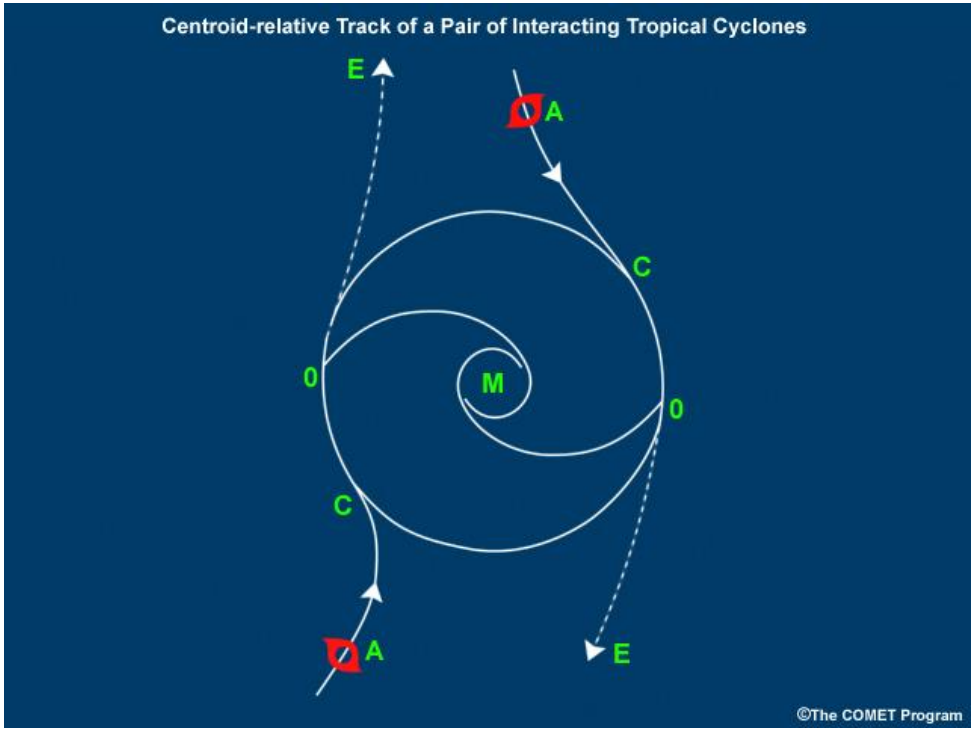
- **Coriolis effect, βdrift**
- **Steering winds หรือ เคลื่อนตัวตามแนวของ subtropical ridge**
- **เคลื่อนตัวตามแนวของ ITCZ, Monsoon Trough, Tropical Wave**
- **Interaction with the mid-latitude westerlies**
- **Interaction with Fronts**
- **Multiple storm interaction or Fujiwhara effect**
  (อยู่ใกล้กันประมาณ 1,450 km หรือ 900 miles)
- **Topography (on Land)**

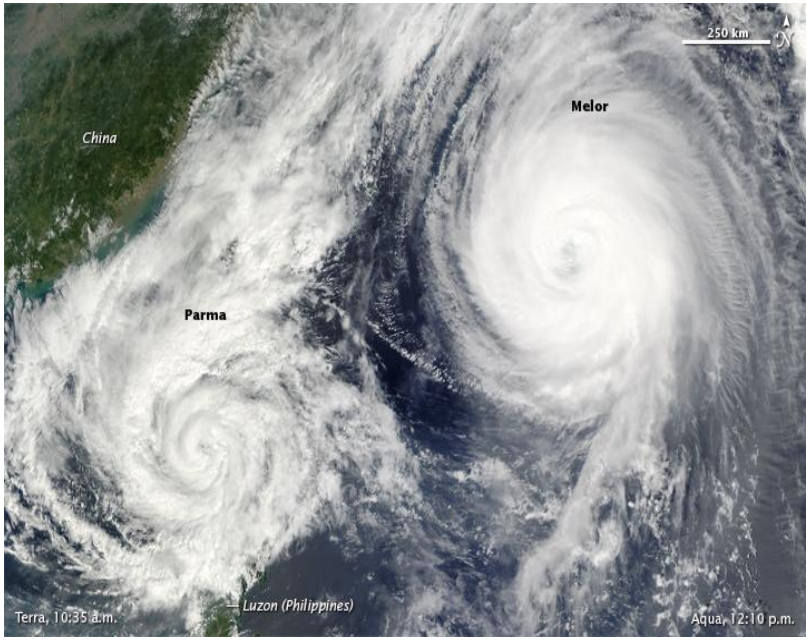
Large scale wind system to let Tropical Cyclone flow

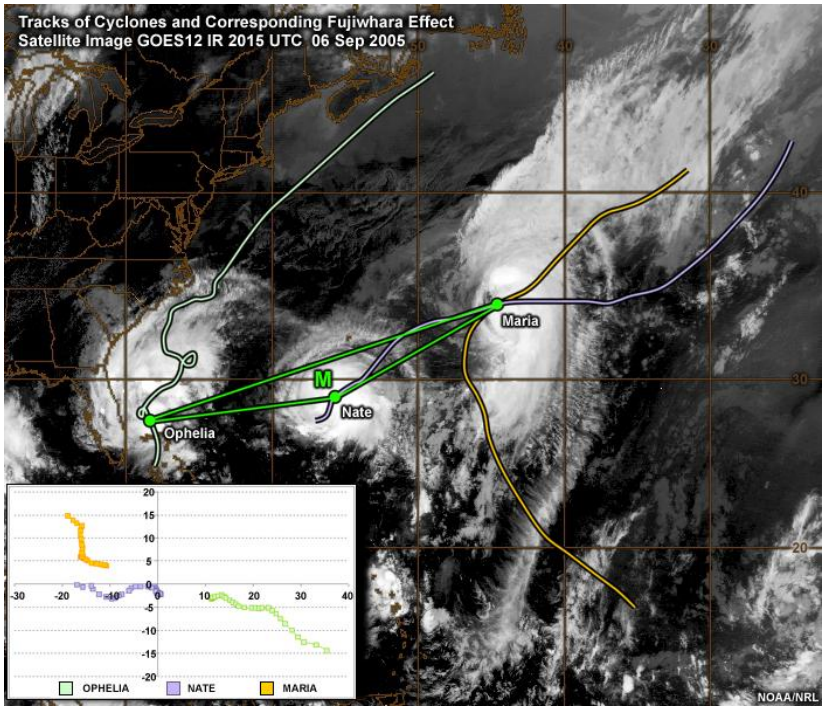




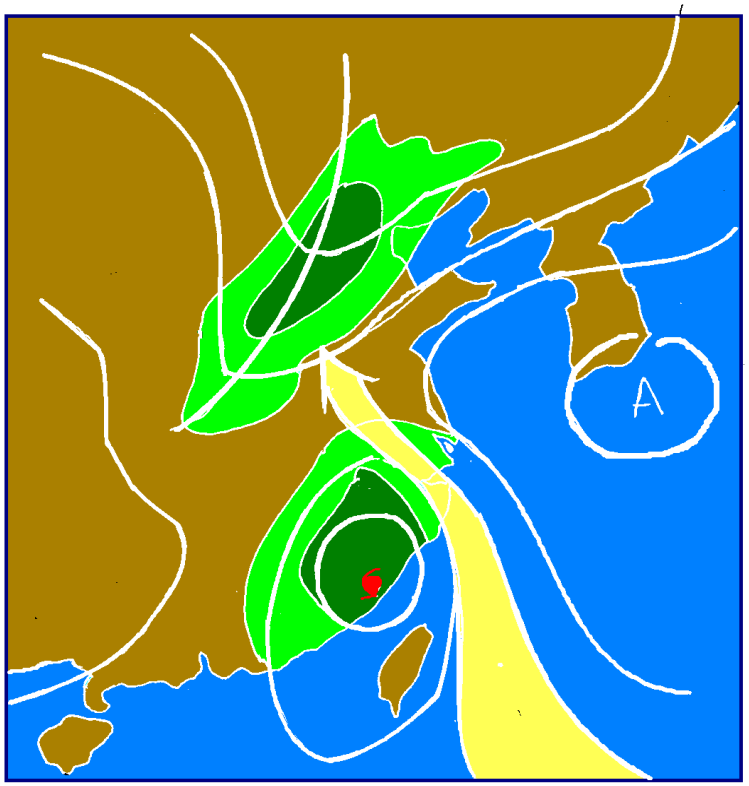
Fujiwhara effect

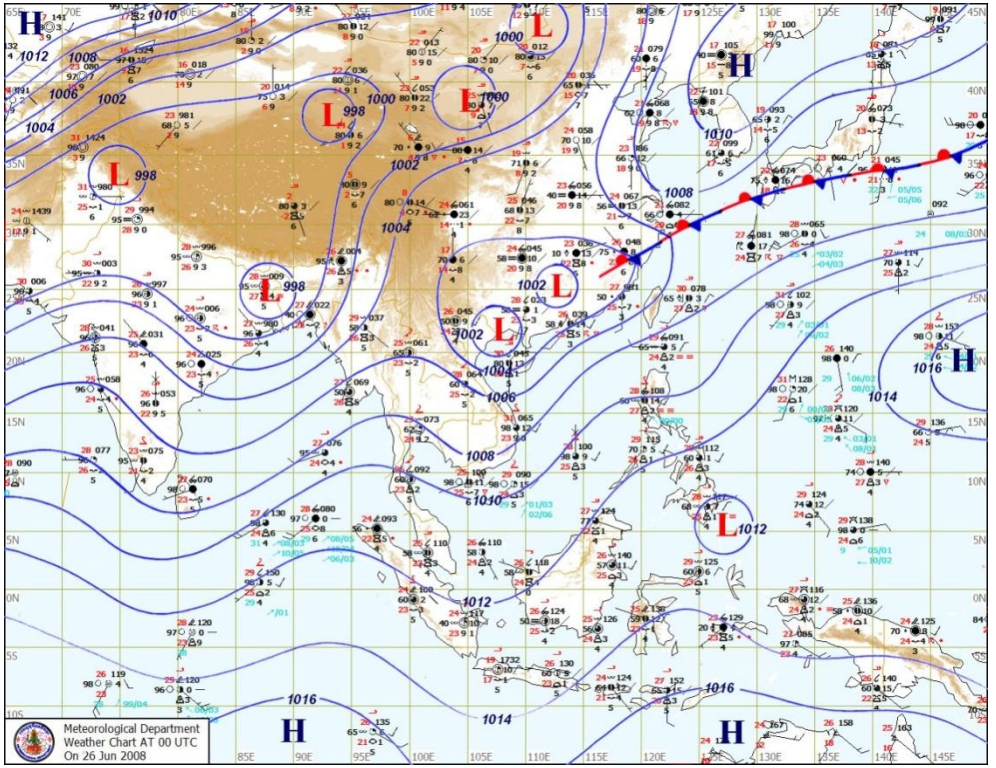






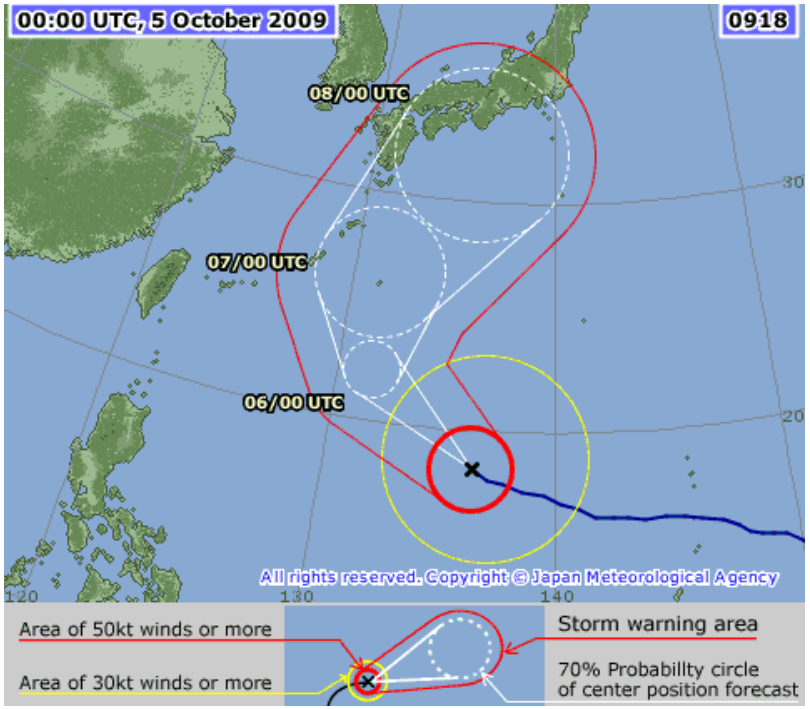
Interaction with the mid-latitude westerlies

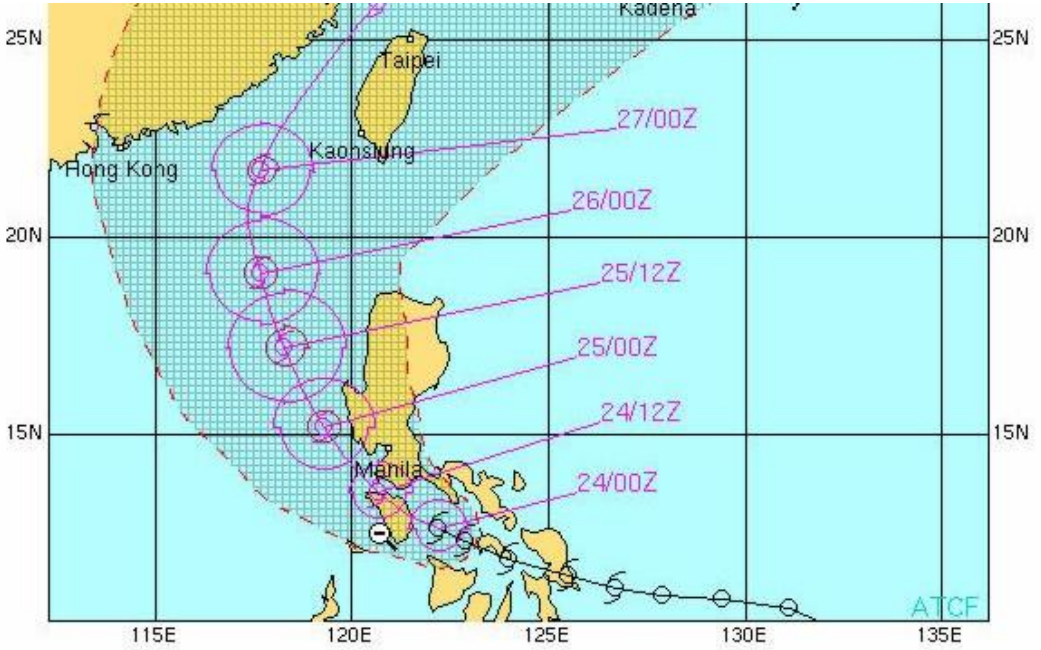




Lianshou Chen
Chinese Academy of Meteorological Sciences

Forecast Track, JMA and JTWC





เกณฑ์ในการพิจารณาความรุนแรงของหมุนเขตร้อน

- ความเร็วลมสูงสุดที่บริเวณใกล้ศูนย์กลาง

(Maximum Sustained Wind speed, MSW)

- มหาสมุทรแปซิฟิกด้านตะวันตกเฉียงเหนือ(ญี่ปุ่น) : เฉลี่ย 10 นาที
- มหาสมุทรแปซิฟิกด้านตะวันตกเฉียงเหนือ(จีน) : เฉลี่ย 2 นาที
- มหาสมุทรแอตแลนติก และอ่าวเม็กซิโก (สหรัฐอเมริกา) : เฉลี่ย 1 นาที

MSW(kt)	CATEGORY
34> MSW	TD (Tropical Depression)
34<=MSW<48	TS (Tropical Storm)

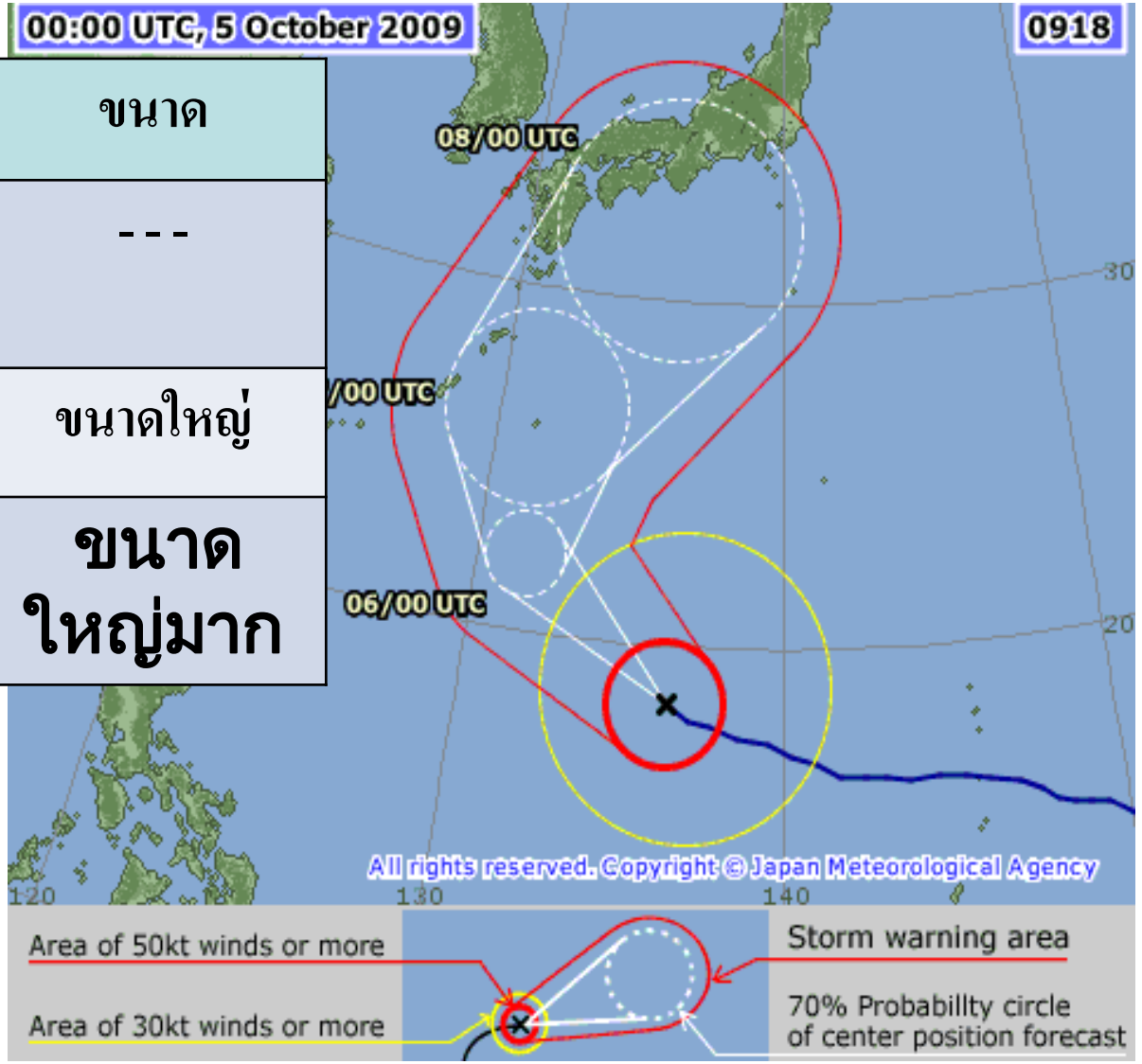
พายุหมุนเขตร้อน

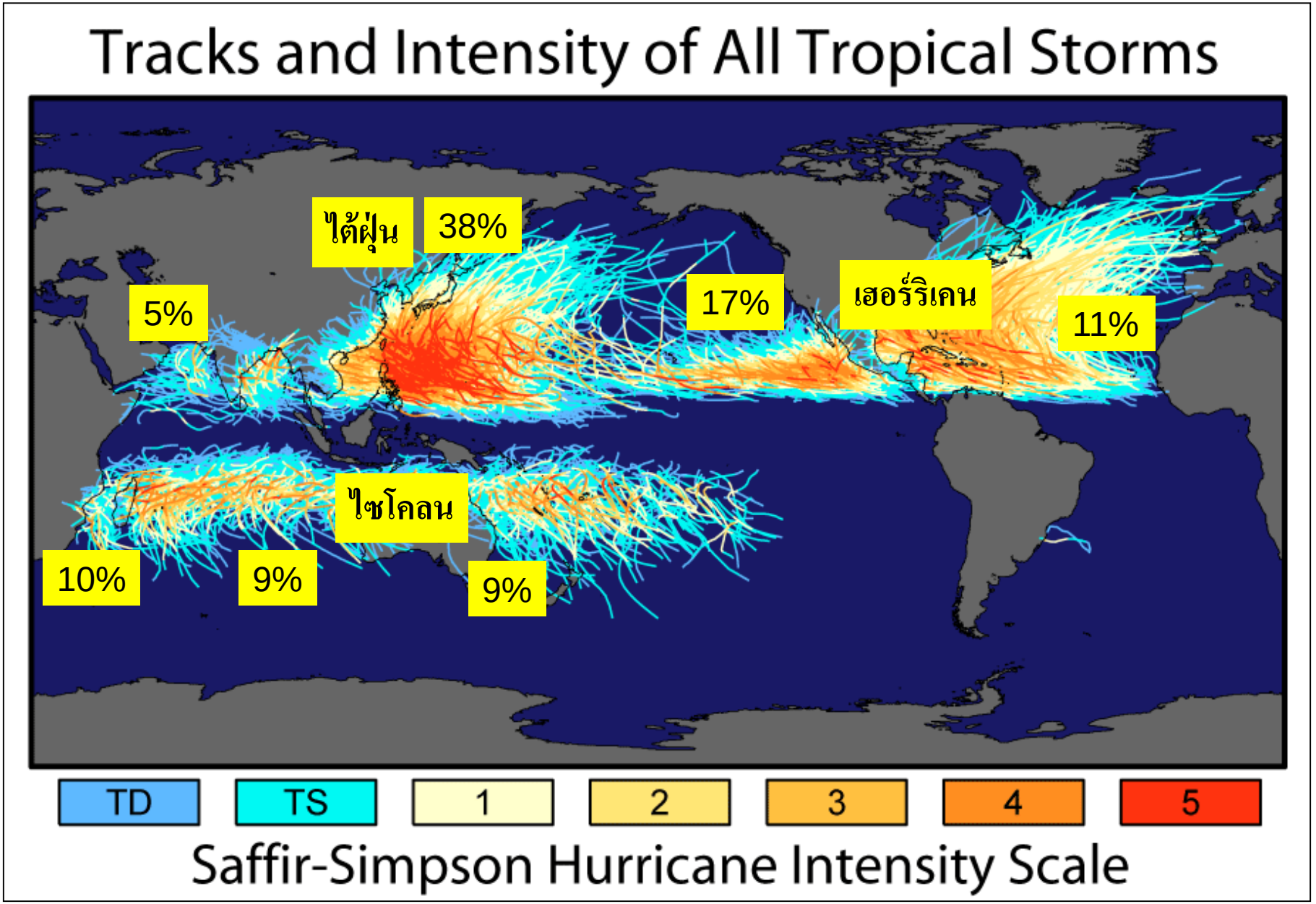
ชนิดพายุ ความเร็วลมใกล้ศูนย์กลาง	มาตรา โบฟอร์ด	ลักษณะอากาศที่เกิด
<u>พายุดีเปรสชัน</u> ความเร็วลมใกล้ศูนย์กลาง น้อยกว่า 63 กม./ชม.	<=7	• ต้นไม้โยก เดินต้านลมไม่สะดวก • ความสูงคลื่นประมาณ 4.0 - 6.0 เมตร
<u>พายุโซนร้อน</u> ความเร็วลมใกล้ศูนย์กลาง ตั้งแต่ 63 กม./ชม. แต่น้อยกว่า 118 กม./ชม.	8	• กิ่งไม้หัก เดินไปข้างหน้าไม่สะดวก • ความสูงคลื่นประมาณ 6.0 - 9.0 เมตร
	9	• สิ่งก่อสร้างเสียหายเล็กน้อย • ความสูงคลื่นประมาณ 6.0 - 9.0 เมตร
	10	• ต้นไม้ถอนราก สิ่งก่อสร้างเสียหายมาก • ความสูงคลื่นประมาณ 9.0 - 14 เมตร
	11	• สิ่งก่อสร้างเสียหายเป็นบริเวณกว้าง • ความสูงคลื่นมากกว่า 14 เมตร
<u>พายุไต้ฝุ่น</u> ความเร็วลมใกล้ศูนย์กลาง ตั้งแต่ 118 กม./ชม. ขึ้นไป	12-17	• สิ่งก่อสร้างเสียหายหนัก • ความสูงคลื่นมากกว่า 14 เมตร

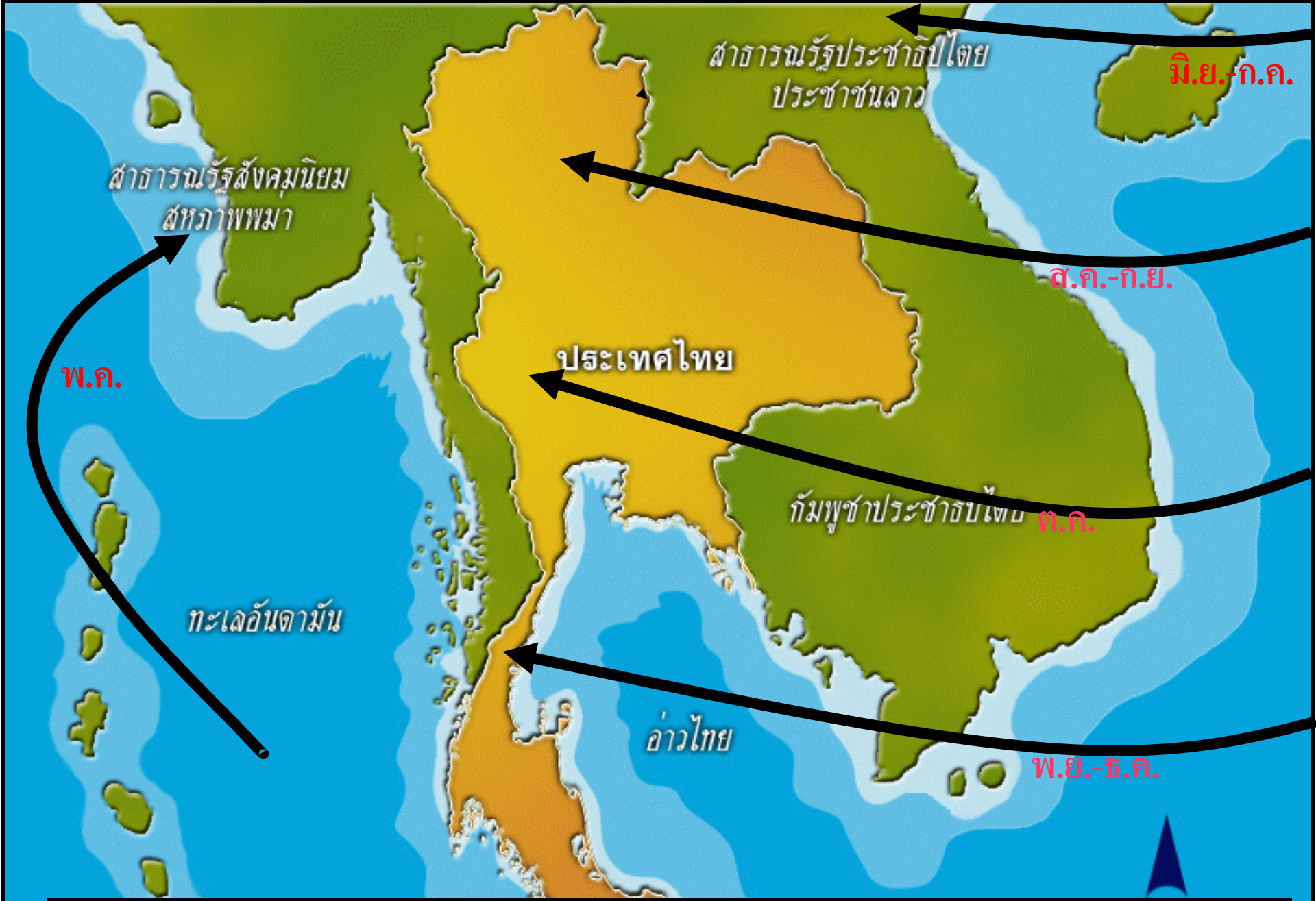
พิจารณาตามขนาดของหมุนเขตร้อน

แบ่งตามรัศมีของลมแรง (Radius of Gale Wind Area, 28-55 knot, Beaufort scale 7-10)

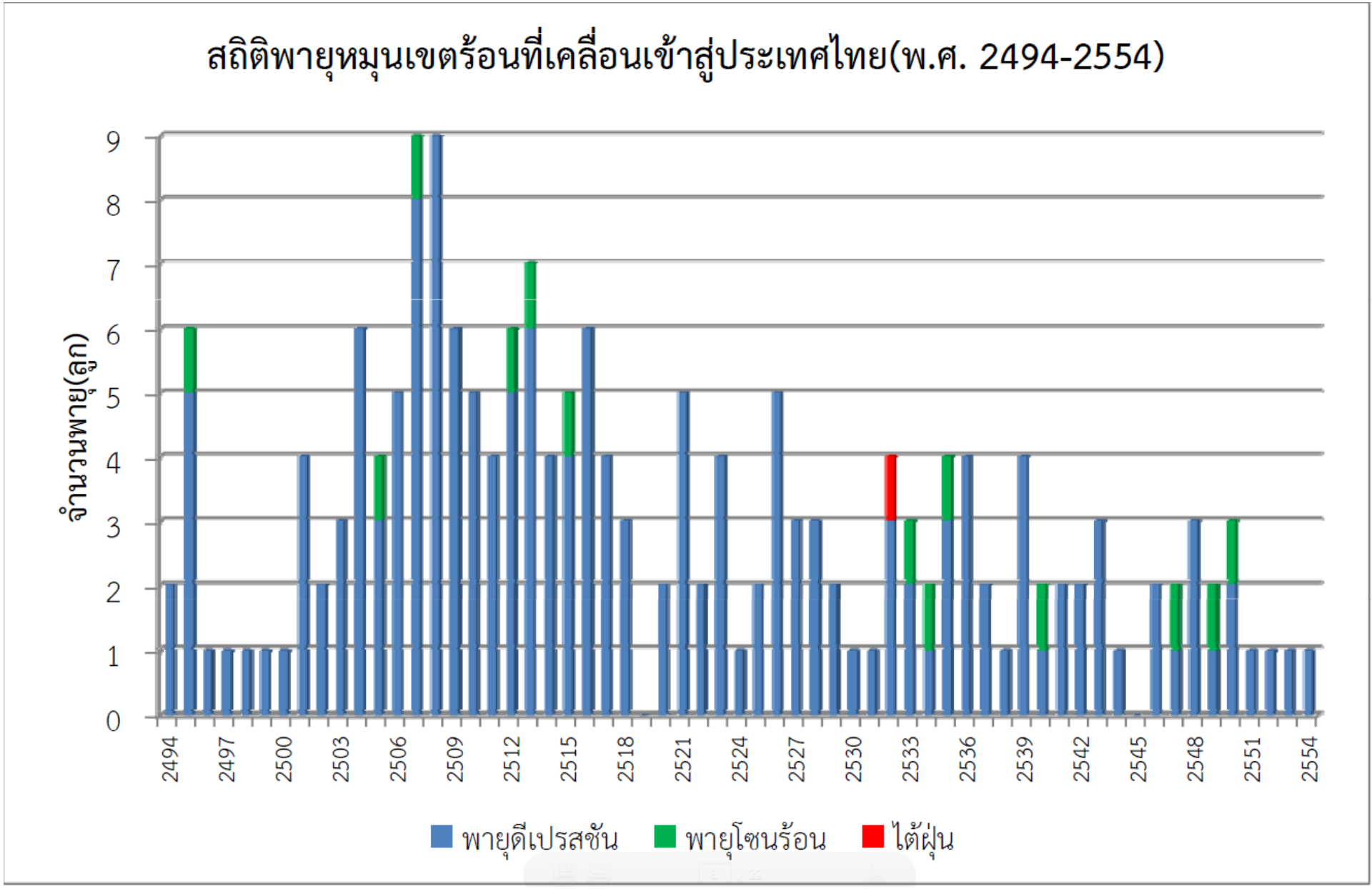
รัศมี	ขนาด
น้อยกว่า 500 กิโลเมตร	---
500 – 800 กิโลเมตร	ขนาดใหญ่
มากกว่า 800 กิโลเมตร	ขนาดใหญ่มาก

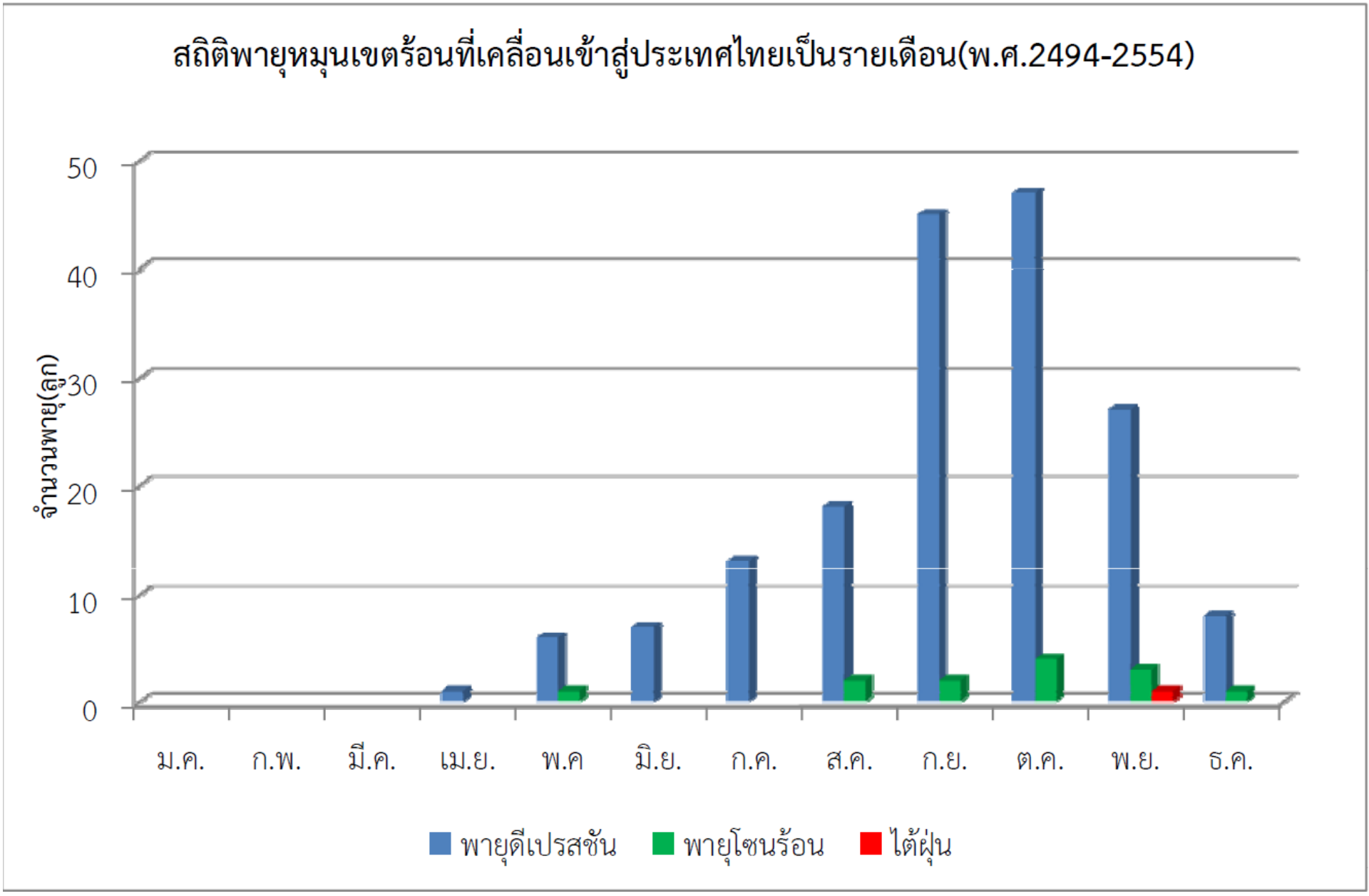


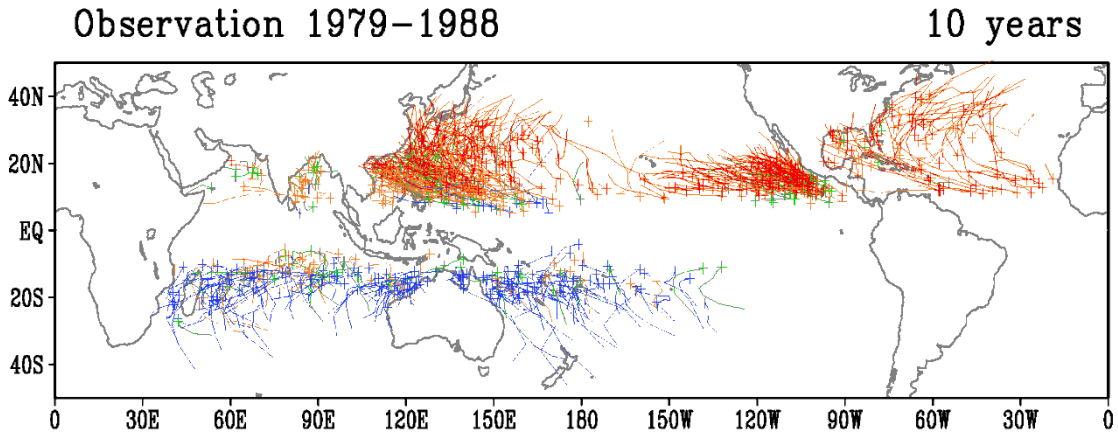

Tracks and Intensity of All Tropical Storms
ไต้ฝุ่น
38%
5%
17%
เฮอร์ริเคน
11%
ไซโคลน
10%
9%
9%
TD
TS
1
2
3
4
5
Saffir-Simpson Hurricane Intensity Scale



เส้นทางการเคลื่อนตัวของพายุหมุนเขตร้อนบริเวณทะเลจีนใต้และประเทศไทย


สถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย(พ.ศ. 2494-2554)
จำนวนพายุ(ลูก)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
2494
2497
2500
2503
2506
2509
2512
2515
2518
2521
2524
2527
2530
2533
2536
2539
2542
2545
2548
2551
2554
พายุดีเปรสชัน
พายุโซนร้อน
ไต้ฝุ่น

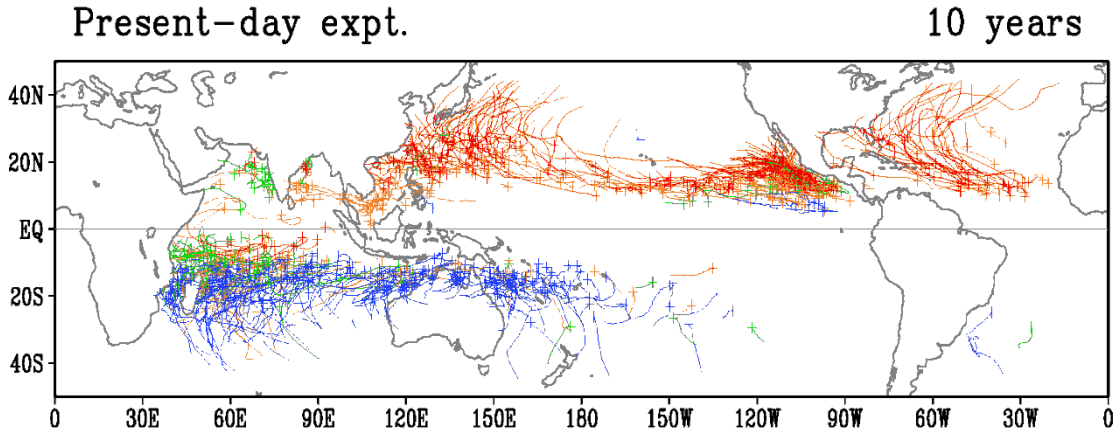

สถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยเป็นรายเดือน(พ.ศ.2494-2554)
จำนวนพายุ(ลูก)
50
40
30
20
10
0
ม.ค.
ก.พ.
มี.ค.
เม.ย.
พ.ค
มิ.ย.
ก.ค.
ส.ค.
ก.ย.
ต.ค.
พ.ย.
ธ.ค.
พายุดีเปรสชัน
พายุโซนร้อน
ไต้ฝุ่น



Annual mean frequency

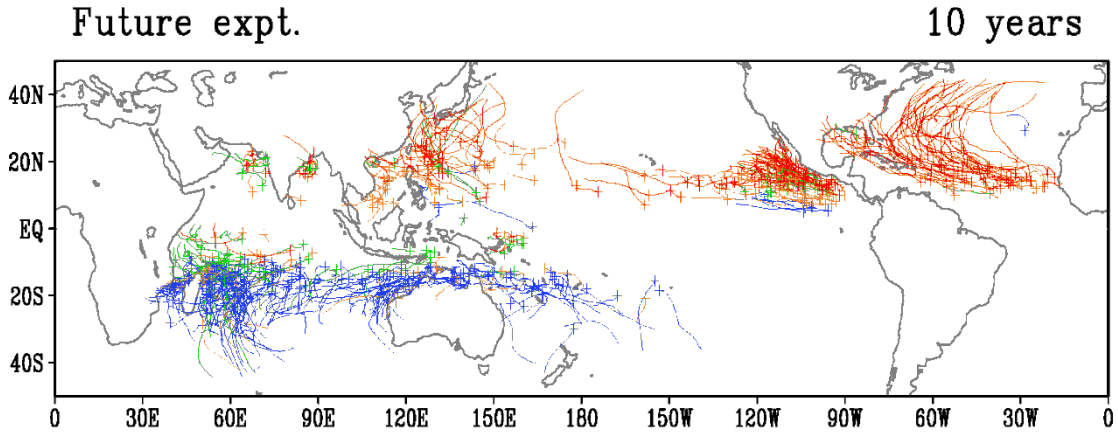
Observations

83.7



Present Climate

78.3

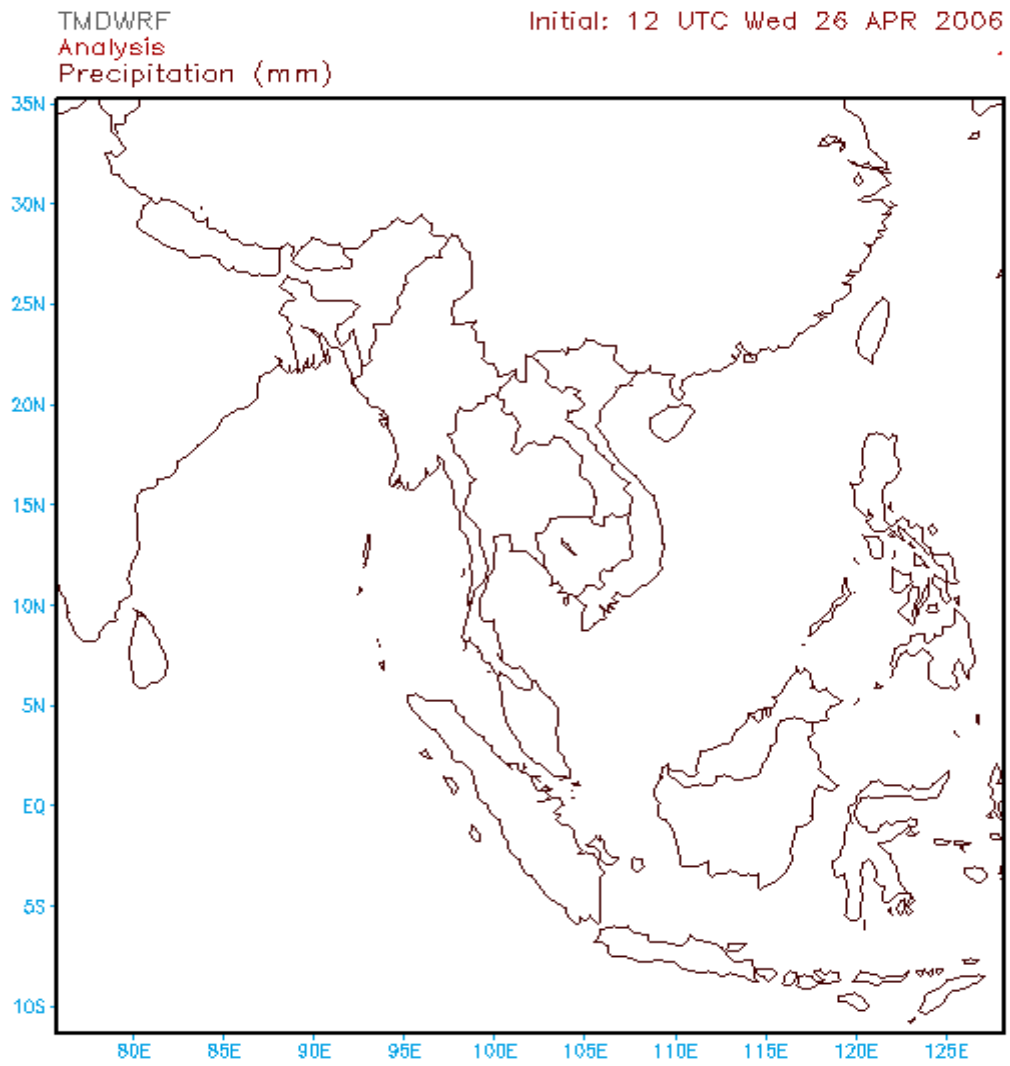


Future Climate

54.8

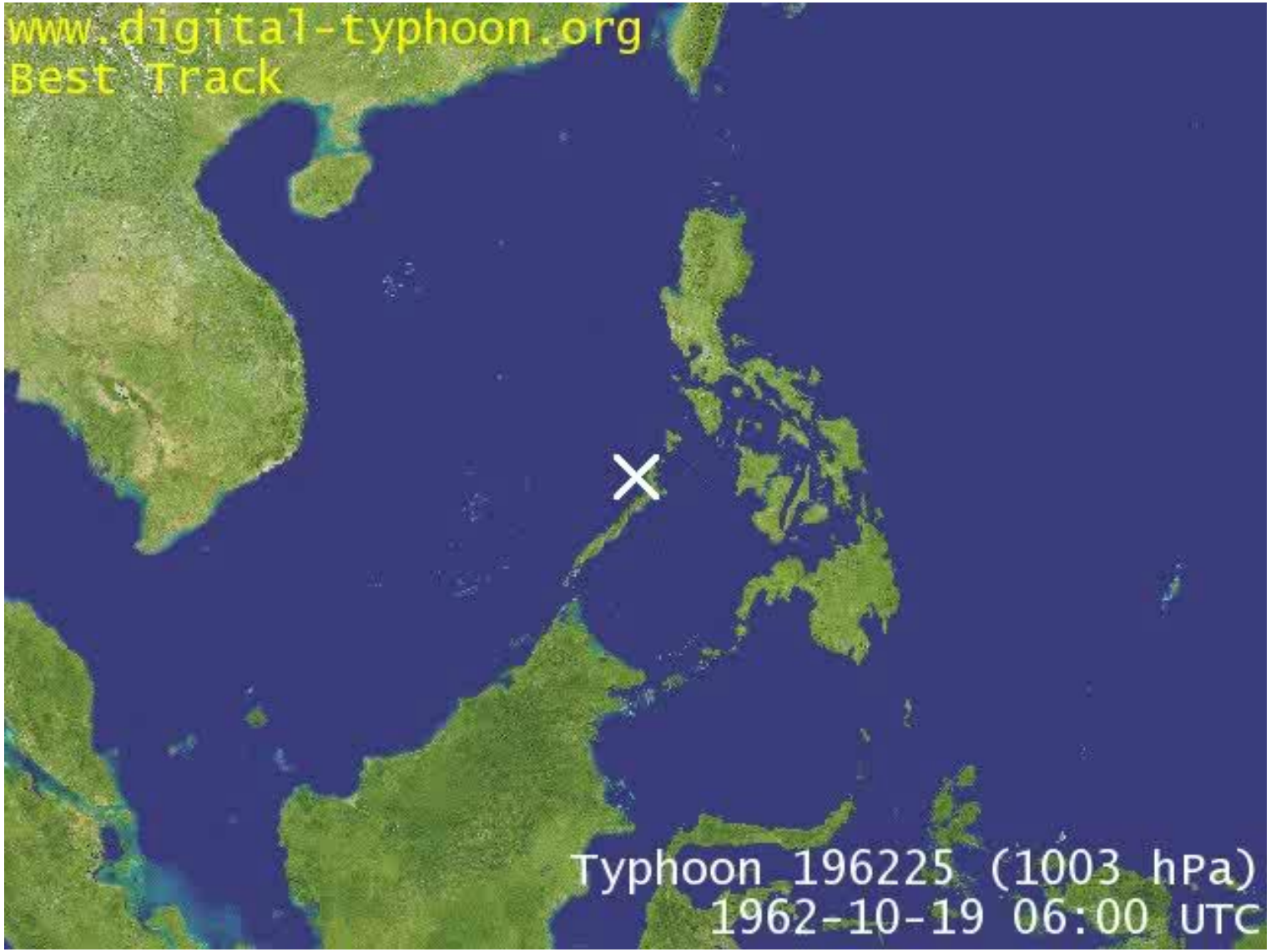
（30% decrease）

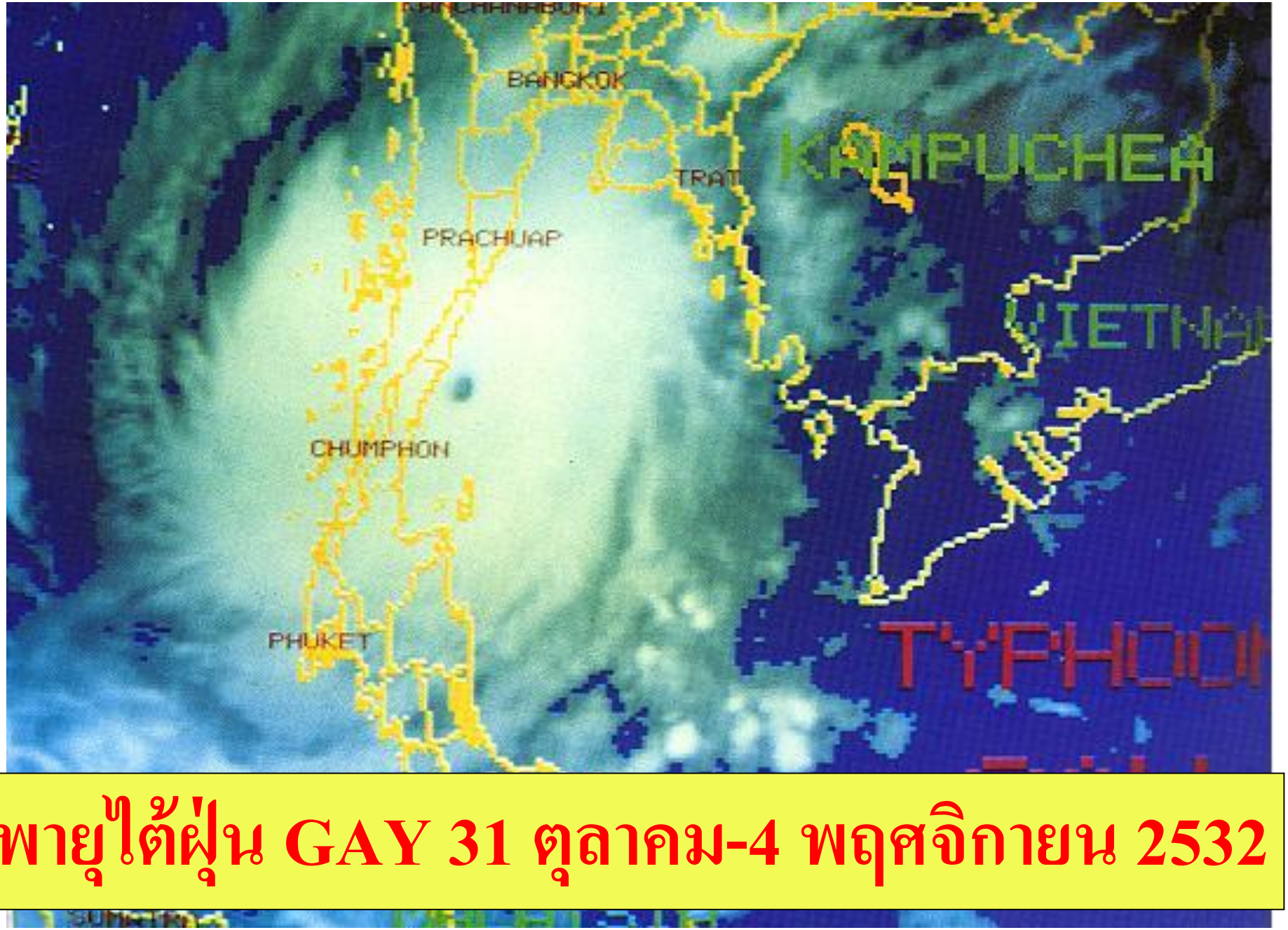
Blue
for Jan-Feb-Mar,
green
for Apr-May-Jun,
red
for Jul-Aug-Sep,
orange
for Oct-Nov-Dec.



พายุไซโคลน “มาลา” วันที่ 26-29 เมษายน 2549

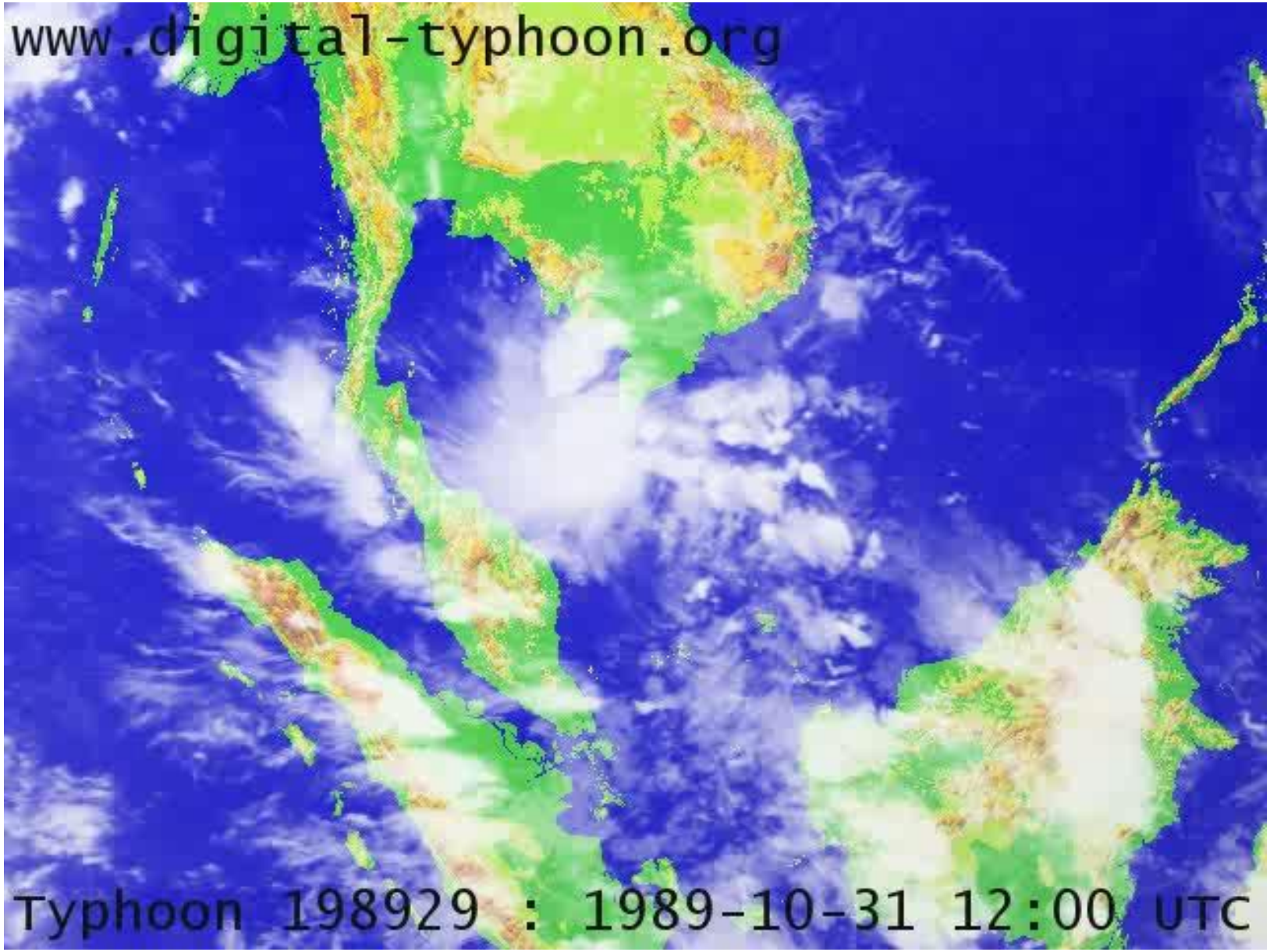
พายุโซนร้อน HARRIET (25 ตุลาคม 2505)



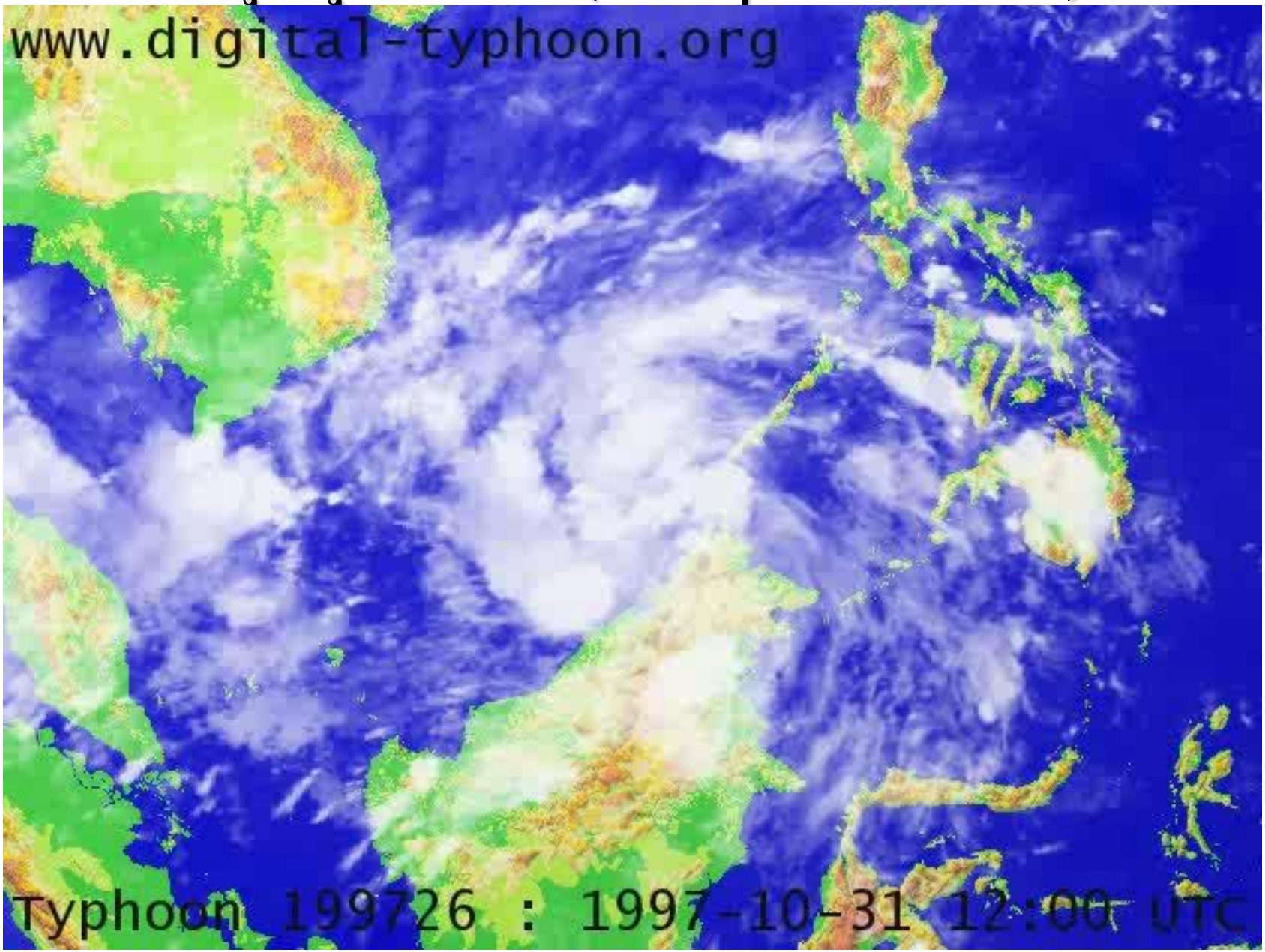


พายุไต้ฝุ่น GAY 31 ตุลาคม-4 พฤศจิกายน 2532

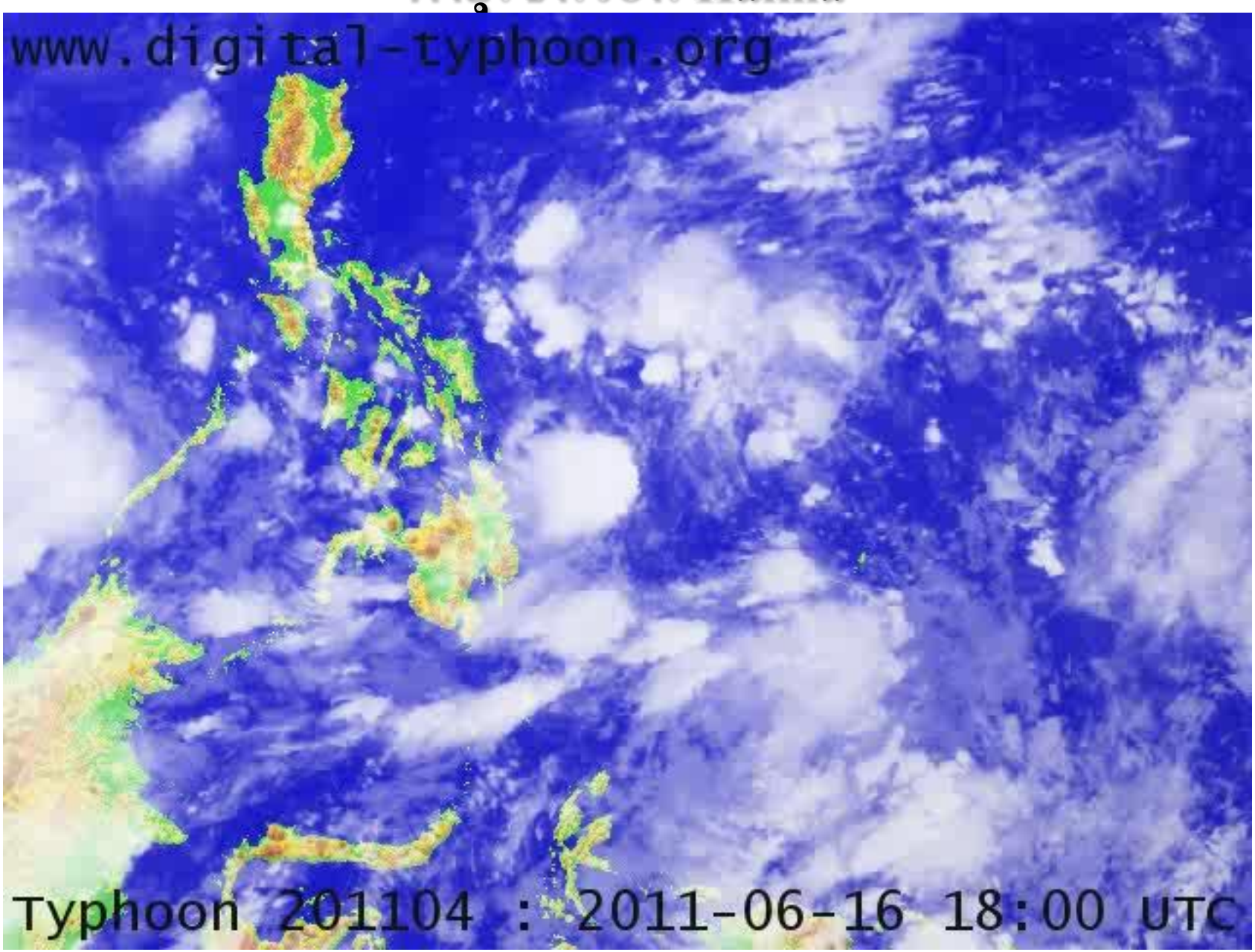
พายุใต้ฝุ่น GAY (4 พฤศจิกายน 2532)



พายุใต้ฝุ่น LINDA (2-4 พฤศจิกายน 2540)



พายุโซนร้อน Haima



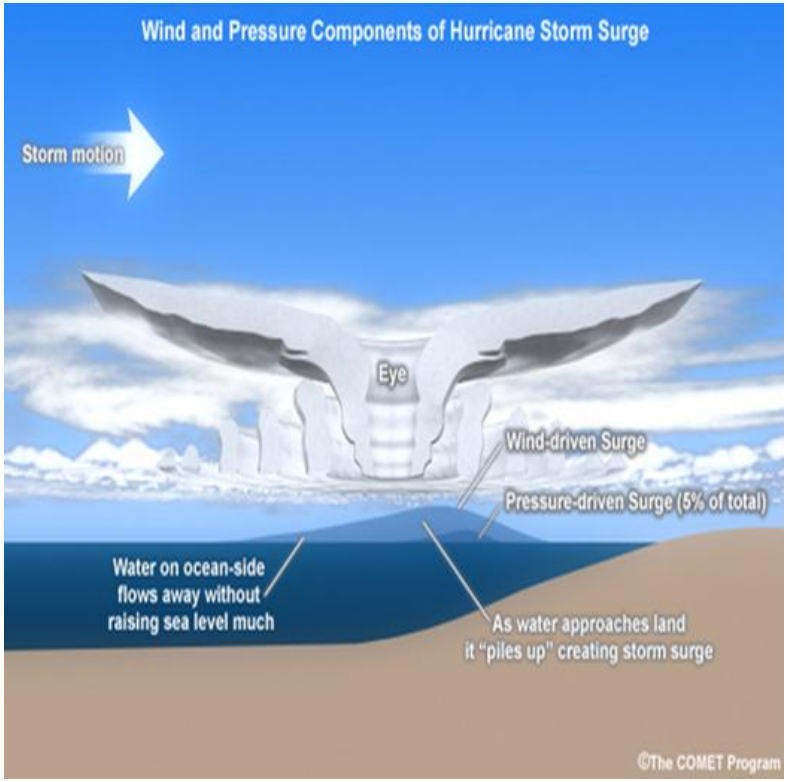
คลื่นพายุซัดฝั่ง

- คือ คลื่นซัดชายฝั่งขนาดใหญ่อันเนื่องมาจากความแรงของลมที่เกิดขึ้นจากพายุหมุนเขตร้อนที่มีความแรงในระดับพายุโซนร้อนขึ้นไป เคลื่อนตัวเข้าหาฝั่ง
- โดยปกติมีความรุนแรงมากในรัศมีประมาณ 100 กิโลเมตร แต่บางครั้งอาจเกิดได้เมื่อศูนย์กลางพายุอยู่ห่างมากกว่า 100 กิโลเมตร ได้ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของพายุ และสภาพภูมิศาสตร์ของพื้นที่ชายฝั่งทะเล ตลอดจนบางครั้งยังได้รับอิทธิพล เสริมความรุนแรงจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้เกิดอันตรายมากขึ้น

คลื่นพายุซัดฝั่ง

- ขั้นตอนแรกเกิด จากลมความเร็วสูงที่พัดผลักดันผิวมหาสมุทร ลมจะทำให้น้ำยกตัวสูงขึ้นจากระดับน้ำทะเลปกติ
- ขั้นตอนที่สอง คือความกดอากาศต่ำที่ศูนย์กลางพายุ(ตาพายุ) มีผลเพิ่มยกระดับน้ำขึ้นอีกเล็กน้อย และอีกสาเหตุคือ *ชั้นความลึก* (bathymetry) ของน้ำทะเล

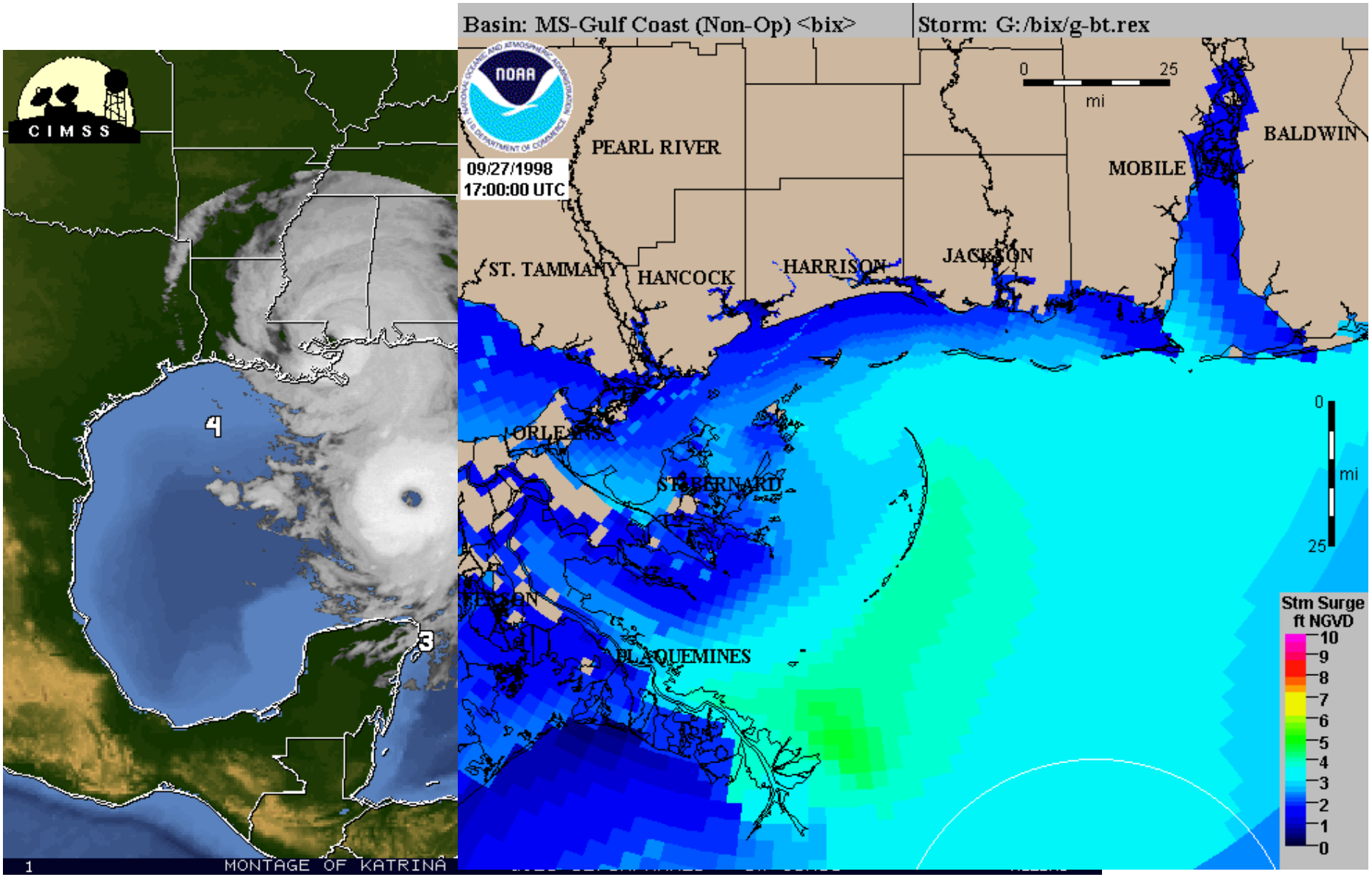
คลื่นพายุซัดฝั่ง


Wind and Pressure Components of Hurricane Storm Surge
Storm motion
Eye
Wind-driven Surge
Pressure-driven Surge (5% of total)
Water on ocean-side flows away without raising sea level much
As water approaches land it "piles up" creating storm surge
©The COMET Program

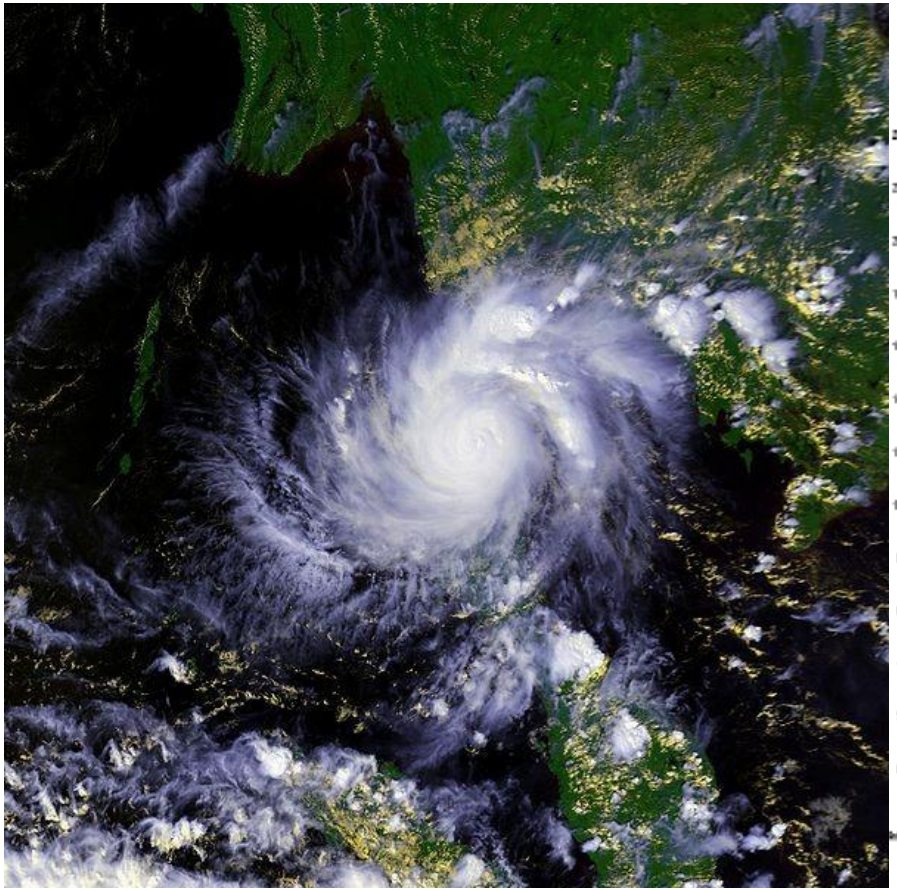
The COMET Program

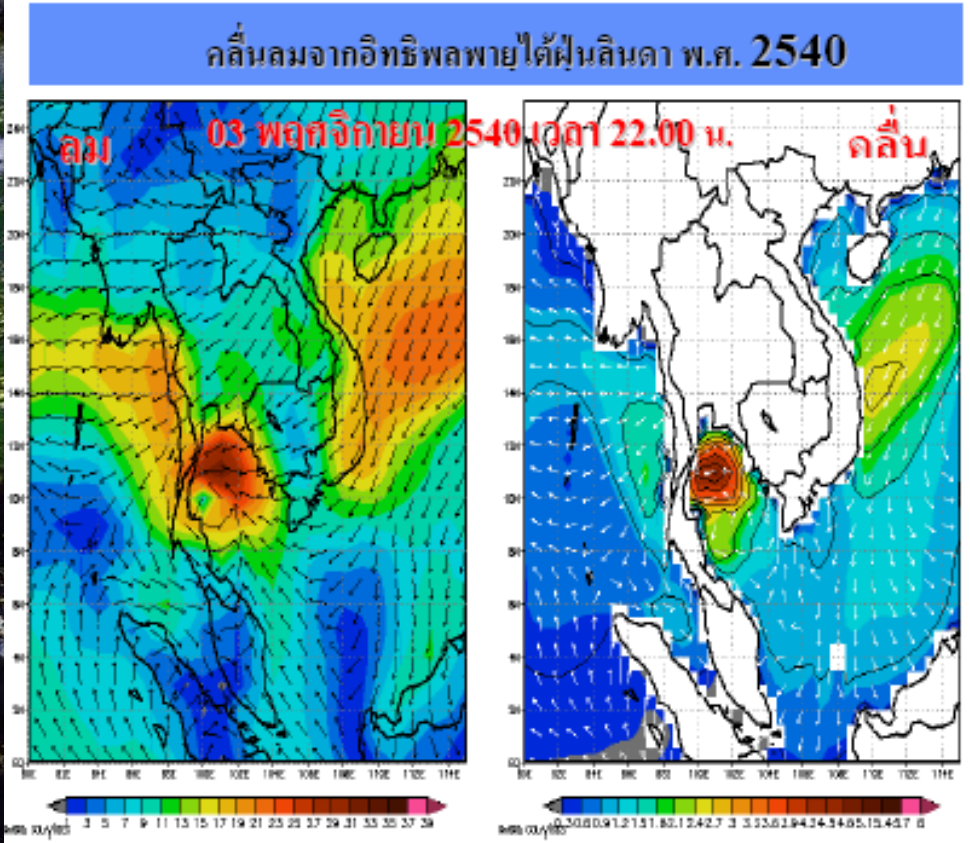
The COMET Program

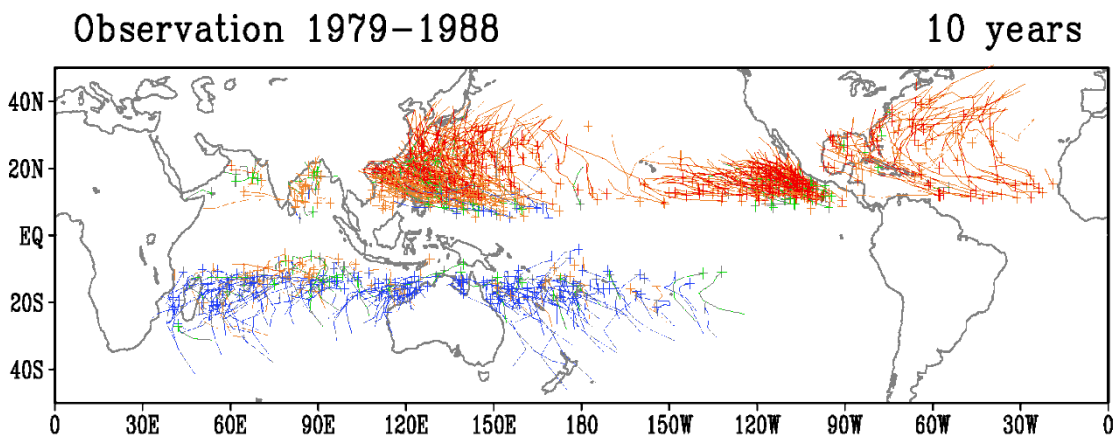
คลื่นซัดฝั่ง จากพายุ Katrina



คลื่นซัดฝั่งจากอิทธิพลของพายุลินดา



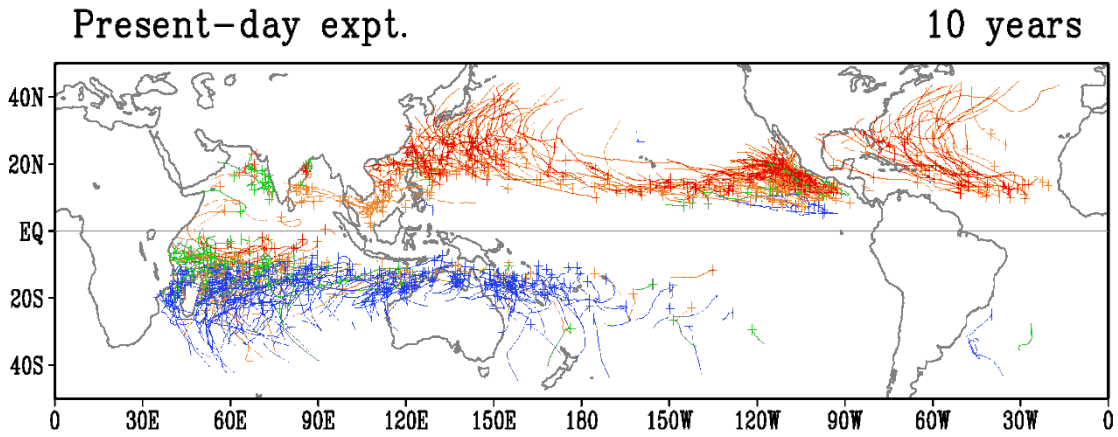




Annual mean frequency

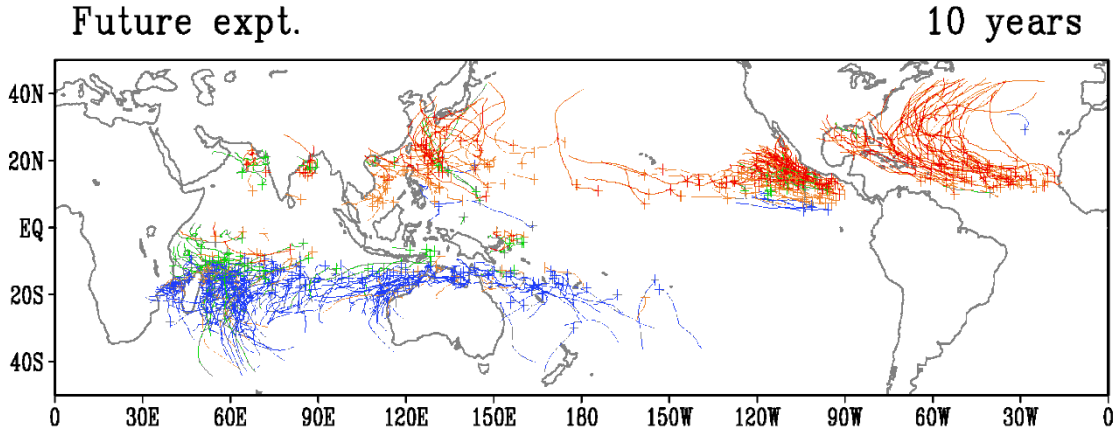
Observations

83.7



Present Climate

78.3



Future Climate

54.8

（30% decrease）

Blue
for Jan-Feb-Mar,
green
for Apr-May-Jun,
red
for Jul-Aug-Sep,
orange
for Oct-Nov-Dec.

ขอบคุณครับ

ขอขอบคุณทุกท่าน!