

ร่องมรสุมหรือแนวสอบของลมในเขตร้อน

(Intertropical Convergence Zone : ITCZ)

กล่าวนำ

ผู้ซึ่งอยู่ในเขตร้อนมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาลักษณะอากาศในเขตร้อน เพื่อให้สามารถเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ ตามธรรมชาติได้ หลักเบื้องต้นของปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นนั้น พอจะอนุมานได้ว่าทั้งในเขตร้อนและเขตละติจูดกลางนั้นส่วนใหญ่มีหลักคล้ายกัน เช่นการเกิดหมอก ฝน หรือพายุฝน พายุคะนอง ฯลฯ แต่ยังมีสิ่งที่แตกต่างกันออกไปอยู่อีกมาก ร่องมรสุมเป็นปรากฏการณ์อย่างหนึ่งในเขตร้อนที่แสดงให้เห็นได้ในแผนที่อากาศผิวพื้น ซึ่งจะมีการเคลื่อนขึ้นลงตามฤดูกาล และขึ้นอยู่กับความรุนแรงของ ตัวแปรอื่นที่เกิดขึ้นในเขตละติจูดกลาง ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนตัวขึ้นลงของร่องมรสุมด้วย

1. ความหมายของร่องมรสุม

ร่องมรสุมเกิดจากการพัดสอบเข้าหากันของลมตามแนวละติจูดในเขตร้อน ระหว่างลมค้าตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast Trade Wind) จากซีกโลกเหนือ และลมค้าตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast Trade Wind) จากซีกโลกใต้ การพัดสอบของลมค้านี้จะปรากฏเป็นแนวชัดเจนบริเวณเส้นศูนย์สูตร จะเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ตามฤดูกาลหรือตามการเคลื่อนที่ของโลกซึ่งเอียงทำมุมกับดวงอาทิตย์ (Declination) เมื่อเคลื่อนตัวออกห่างจากเส้นศูนย์สูตรไปยังละติจูดสูงขึ้นไป แรงคอริโอลิสจะทำให้ทิศทางของลมเปลี่ยนไป เช่น เมื่อเคลื่อนตัวขึ้นไปทางซีกโลกเหนือ จะทำให้ทิศทางของลมเหนือแนวร่องพัดเฉไปกลายเป็นลมฝ่ายตะวันออกเฉียง ส่วนใต้แนวร่องซึ่งเป็นลมจากซีกโลกใต้พัดตามขึ้นไป จะพัดเฉไปทางตะวันออกเฉียงกลายเป็นลมฝ่ายตะวันตก (Equatorial Westerlies) หรือบางครั้งก็มีการพัดวนของลมแบบไซโคลนิก (Cyclonic Circulation) ตามแนวแกนของร่องมรสุม ร่องมรสุมนี้จะเกิดเป็นแนวขนาดใหญ่ (Grand Scale) คาดไปรอบโลก มีความกว้างประมาณ 6-8 องศาละติจูด ปรากฏให้เห็นได้ชัดเจนในบริเวณเหนือมหาสมุทร ส่วนบนพื้นทวีปจะไม่ชัดเจนนัก (Less Defined) เป็นบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ ซึ่งบางครั้งเรียกว่าร่องความกดอากาศต่ำ (Low Pressure Trough) มีอุณหภูมิสูงและความชื้นมาก

2. สภาพอากาศบริเวณร่องมรสุม

ปริมาณความร้อนที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์บริเวณเส้นศูนย์สูตรนั้น จะเป็นผลทำให้อากาศในบริเวณเส้นศูนย์สูตรเบาแล้วลอยตัวสูงขึ้น ทำให้เกิดเป็นร่องความกดอากาศต่ำ (Trough) และบริเวณความกดอากาศต่ำซึ่งอยู่ระหว่างบริเวณความกดอากาศสูงจากซีกโลกทั้งสอง เขตนี้เป็นเขตที่มีความร้อนสูงและมีความชื้นมาก ทำให้เกิดลมพัดจากบริเวณความกดอากาศสูงทั้งสองเข้าสู่บริเวณความกดอากาศต่ำ ลมนี้จะพัดมาปะทะกันเกิดเป็นแนวของร่องมรสุมหรือแนวปะทะ แนวนี้มีความกว้างเปลี่ยนแปลงไปตามความแรงของลมทั้งสองด้านของแนว ถ้าลมทั้งสองด้านมีกำลังแรงขึ้นพร้อมๆ กัน ก็จะบีบให้แนวนั้นแคบจะมีความรุนแรงในการปะทะกันของลมทำให้เกิดเมฆและฝนได้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีกระแสลมพัดวนแบบไซโคลนิกจะทำให้มีฝนตกหนักได้ ถ้าลมทั้งสองด้านของแนวนั้นมีกำลังอ่อนลงด้วยกัน การปะทะกัน ของลมก็จะไม่รุนแรง แนวปะทะนี้ก็จะมีความกว้างสภาพอากาศก็จะไม่รุนแรง

จากการศึกษาเกี่ยวกับร่องมรสุมบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ของ Harris (1970), Lim et.al. (1982) และบริเวณอื่นๆ ของ Sadler (1964) พบว่า โครงสร้างของร่องมรสุมที่เกิดขึ้นเหนือมหาสมุทร บริเวณใต้ร่องมรสุมในระบบของลมฝ่ายตะวันตก (Converging Westerlies) จะมีเมฆเป็นชั้นๆ (Layer Clouds), ฝนตกเป็นบริเวณ

กว้าง (Widespread Rain), ลมพัดตัดกันในทางตั้งรุนแรง (Strong Tropospheric Vertical Shear) และมีการไม่ทรงตัวของอากาศเพียงเล็กน้อย (Weak Convective Instability) ตามบริเวณแกนของร่องมรสุมจำนวนเมฆลดลง และความกดอากาศที่ผิวพื้นลดลงจนถึงต่ำที่สุด การไม่ทรงตัวของอากาศจะรุนแรงกว่าทางตอนใต้ของร่อง ส่วนตอนเหนือของร่องมรสุมในระบบของลมฝ่ายตะวันออก (Converging Easterlies) จำนวนเมฆจะเพิ่มขึ้นจากบริเวณแกนของร่อง แต่ก็ยังน้อยกว่าทางตอนใต้ของร่อง การไม่ทรงตัวของอากาศจะรุนแรงกว่าทางตอนใต้ของร่อง เกิดเมฆก้อน (Cumuliform Type) รวมอยู่ด้วย สำหรับบนพื้นทวีป โครงสร้างของร่องมรสุมจะขึ้นอยู่กับอิทธิพลของพื้นที่ (Orographic) และความแปรปรวนในรอบวัน (Diurnal Variation) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

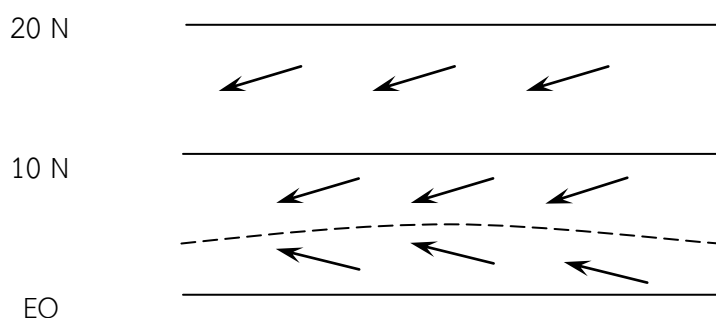
3. การเคลื่อนที่ของร่องมรสุม

ร่องมรสุมจะมีการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงตามแนวละติจูด โดยจะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลหรือตามการเคลื่อนที่ของแกนโลกซึ่งเอียงทำมุมกับดวงอาทิตย์ แต่จะช้ากว่าประมาณ 1-2 เดือน และจะเคลื่อนขึ้นไปทางซีกโลกเหนือมากกว่าที่จะลงไปทางซีกโลกใต้ ทั้งนี้เพราะทางซีกโลกเหนือมีพื้นทวีปมากกว่าซึ่งเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อน (Heat Low) ตำแหน่งที่ไกลที่สุดของการเคลื่อนที่ ขึ้น-ลงจะอยู่ในเดือน ม.ค. และเดือน ก.ค. โดยในเดือน ม.ค. ซีกโลกเหนือเป็นฤดูหนาว (Winter Monsoon) ร่องมรสุมจะไปพาดอยู่ที่ตอนเหนือของออสเตรเลียและแอฟริกาใต้ หรือประมาณละติจูด 10 องศาใต้ จากนั้นจะเคลื่อนตัวขึ้นไปทางเหนือเรื่อยๆ ผ่านเส้นศูนย์สูตรขึ้นไปทางซีกโลกเหนือในฤดูร้อน (Summer Monsoon) ไปพาดอยู่ในแนวสูงสุดบริเวณตอนใต้ของสาธารณรัฐประชาชนจีนและแอฟริกาเหนือ หรือประมาณละติจูด 25 องศาเหนือ ในเดือน ก.ค.

4. แบบของร่องมรสุม

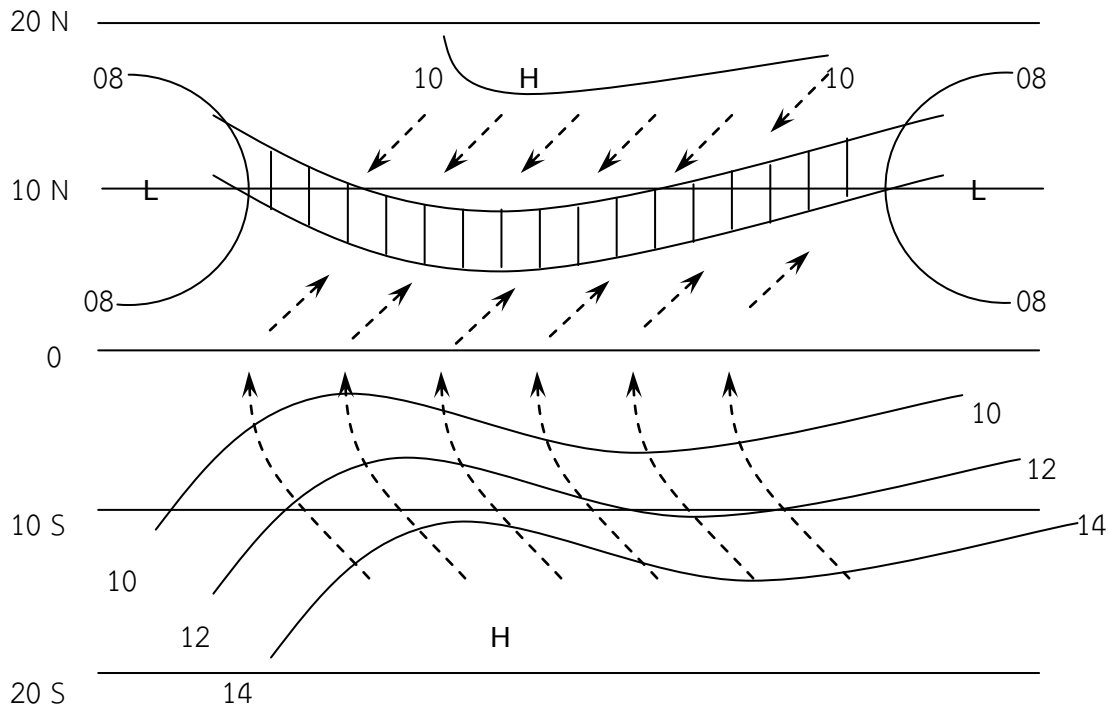
ร่องมรสุมมีอีกหลายชื่อในภาษาอังกฤษ โดยเรียกชื่อตามลักษณะการเกิดหรือตามบริเวณที่พาดผ่าน เช่น แนวปะทะแห่งเขตร้อน (Intertropical Front : ITF) หรือร่องความกดอากาศต่ำแห่งศูนย์สูตร (Equatorial Trough) หรือแนวลมพัดตัดกันแห่งศูนย์สูตร (Equatorial Shear Line) หรือแนวลมสอบแห่งศูนย์สูตร (Equatorial Convergence Zone) หรือ Heat Trough ฯลฯ อย่างไรก็ตามชื่อที่ใช้เรียกแตกต่างกันนี้ มักเรียกรวมๆ กันว่าร่องมรสุมหรือแนวสอบของลมในเขตร้อน (Intertropical Convergence Zone : ITCZ) แบ่งออกได้ดังนี้

4.1 Trade Wind Trough : TWT หรือ Near-Equatorial Trade Wind Convergence : NETWC เกิดจากการพัดสอบของลมค้าตะวันออกเฉียงเหนือจากซีกโลกเหนือ และลมค้าตะวันออกเฉียงใต้จากซีกโลกใต้มาพบกันบริเวณเส้นศูนย์สูตรในระดับผิวพื้นหรือใกล้ผิวพื้น มักเกิดบริเวณเหนือพื้นมหาสมุทรโดยเฉพาะบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตอนกลาง, ด้านตะวันออกของมหาสมุทรแอตแลนติก เนื่องจากบริเวณดังกล่าวไม่มีสิ่งกีดขวางทิศทางของลมค้าในระดับต่ำ รูปที่ 1



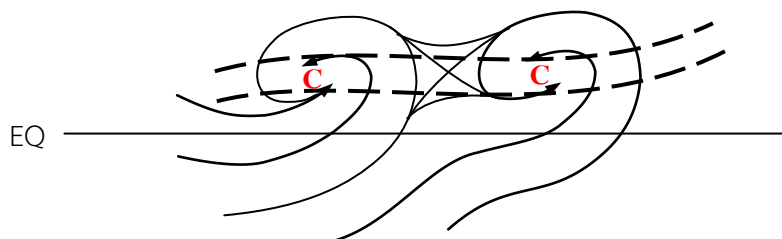
รูปที่ 1 Trade Wind Trough

4.2 Equatorial Trough : ET คือแนวระหว่างความกดอากาศสูงกึ่งเขตร้อน (Subtropical High Pressure Belt) จากซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ เป็นบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำที่สุด ซึ่งเป็นแนวพาดอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร และเป็นเขตลมสงบ (Doldrums or Belts of Calms) ในบางบริเวณแนวนี้อาจเคลื่อนขึ้น-ลง ได้ตามฤดูกาลหรือตามการเคลื่อนที่ของโลกที่เอียงทำมุมกับดวงอาทิตย์ แต่ในบางบริเวณเกือบจะคงที่ตลอดทั้งปี ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างละติจูด 5 องศาใต้ ถึง 25 องศาเหนือ และค่าเฉลี่ยทั้งปีของ Equatorial Trough มีได้อยู่ที่เส้นศูนย์สูตรตามหลักภูมิศาสตร์ แต่จะอยู่ที่ประมาณละติจูด 5 องศาเหนือ จึงเรียกบริเวณเส้นละติจูดนี้ว่า เส้นศูนย์สูตรทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Equator) รูปที่ 2



รูปที่ 2 Equatorial Trough

ในระบบลมชั้นบนแสดงให้เห็นในรูปของ Cyclonic Circulation โดยเปลี่ยนจาก Trade Wind Trough เนื่องจากค่าของ Coriolis Force เพิ่มขึ้น จึงเปลี่ยนจาก Convergence เป็น Cyclonic Circulation มีคุณสมบัติเป็น Cold Core Low ความรุนแรงเพิ่มขึ้นตามความสูง รูปที่ 3



รูปที่ 3 Equatorial Trough

4.3 Near - Equatorial Trough : NET คือร่องความกดอากาศต่ำที่อยู่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร เป็นร่องความกดอากาศต่ำในบรรยากาศระดับต่ำในแนวตะวันออก-ตะวันตก ซึ่งพาดอยู่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรแถบเอเชียและแอฟริกา โดยจะปรากฏเป็นแนวพัดสอบของลมอยู่สองแนวคือ ทางตอนเหนือของร่องจะมีแนวพัดสอบของลมฝ่ายตะวันออก ส่วนทางตอนใต้ของร่องจะมีแนวพัดสอบของลมฝ่ายตะวันตก ความรุนแรงของลมที่พัดสอบเข้าหากันนี้ทางตอนเหนือจะแรงกว่าทางตอนใต้ และมีการจมตัวของกระแสอากาศใกล้แกนกลางของร่อง (Predominance of subsidence near it's axis) ปกติ NET จะมีสองแนว (Double NET) ทั้งในซีกโลกเหนือและในซีกโลกใต้โดยไม่เคลื่อนตัวข้ามเส้นศูนย์สูตร นั่นคือเมื่อซีกโลกเหนือเป็นฤดูร้อน NET ของซีกโลกใต้จะหายไปหรืออ่อนกำลังลงมาก และเมื่อซีกโลกเหนือเป็นฤดูหนาว (หรือเป็นฤดูร้อนของซีกโลกใต้) NET ในซีกโลกเหนือจะหายไปหรืออ่อนลงมากเช่นเดียวกัน

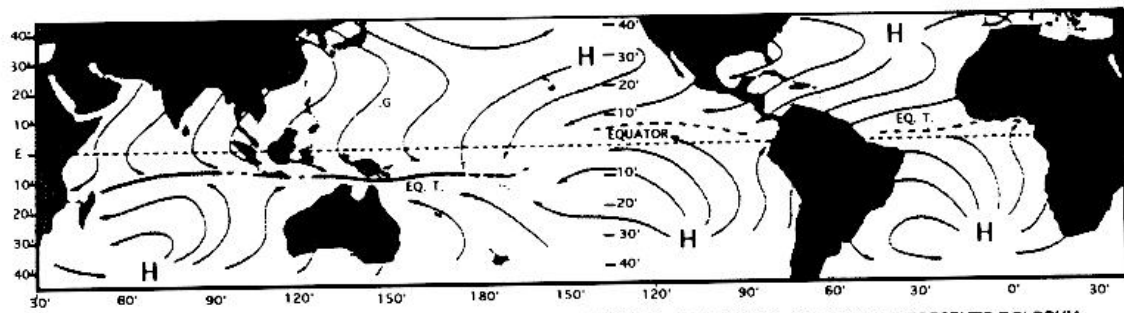


FIGURE 3.12A-IDEALIZED MONTHLY MEAN FLOW CONDITIONS FOR JANUARY. THE HEAVY SOLID LINE REPRESENTS DOLDRUM EQUATORIAL TROUGH; THE HEAVY DASHED LINE REPRESENTS TRADE WIND EQUATORIAL TROUGH.

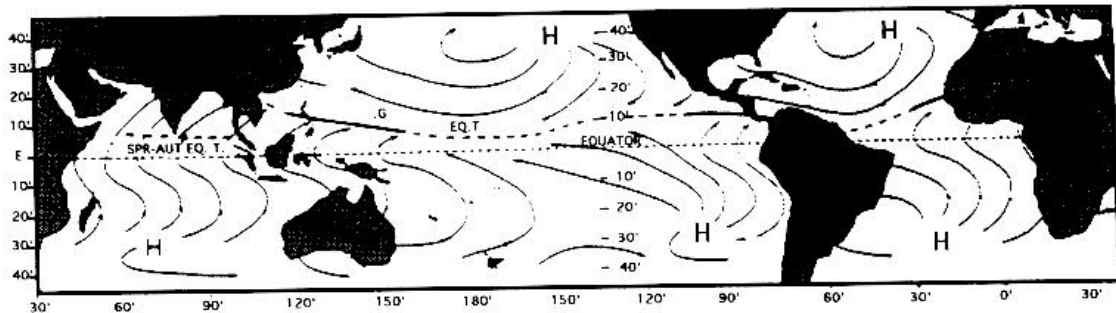
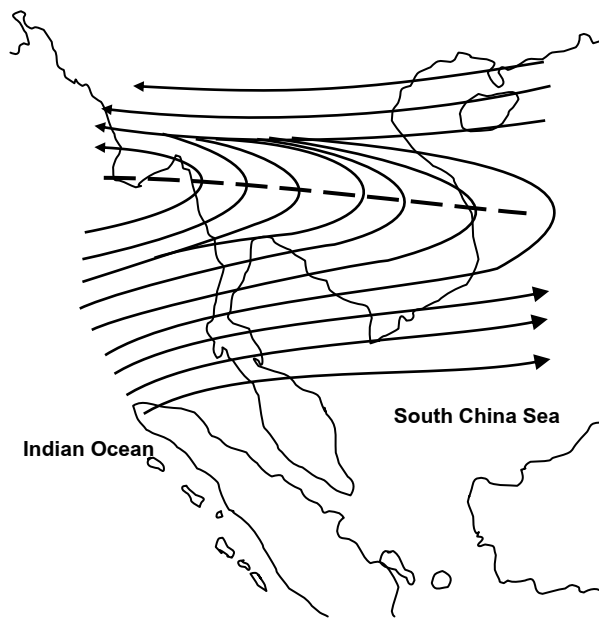


Figure 3.12(a). Idealized monthly mean flow conditions for January. The heavy solid line represents doldrum equatorial trough; the heavy dashed line represents trade wind equatorial trough. (b) Idealized surface mean flow conditions for August. The heavy solid lines represent doldrum equatorial trough; the heavy dashed line represents trade wind equatorial troughs. The very heavy dashed line over the North Indian Ocean represents the average position of the equatorial trough in spring and autumn (Gray, 1968).

4.4 Monsoon Trough : MT หรือ Heat Trough จะเกิดขึ้นเมื่อ Equatorial Trough เคลื่อนตัวออกห่างจากเส้นศูนย์สูตรซึ่งแรงคอริโอลิสจะมีความมากขึ้นจึงทำให้ทิศทางของลมเปลี่ยนไป ในซีกโลกเหนือ ทิศทางของลมที่พัดเหนือแนวร่องจะเฉไปทางทิศตะวันตกกลายเป็นลมฝ่ายตะวันออก (Easterlies on the Poleward Side) ส่วนใต้แนวร่องซึ่งเป็นลมจากซีกโลกใต้พัดตามขึ้นไป จะพัดเฉไปทางทิศตะวันออกกลายเป็นลมฝ่ายตะวันตก (Westerlies on the Equatorward Side) โดยทั่วไปจะปรากฏบริเวณเหนือพื้นทวีป หรือบริเวณใกล้พื้นทวีป อาจปกคลุมตลอดทั้งปีเหนืออเมริกาใต้และแอฟริกาใต้ ส่วนบริเวณเอเชีย จะปรากฏชัดเจนในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ รูปที่ 4



รูปที่ 4 Monsoon Trough

4.5 Monsoon Cyclone : MC คือหย่อมความกดอากาศต่ำที่เกิดอยู่ใน Monsoon Trough แล้วพัฒนาขึ้นจนเกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดการหมุนวนของลมแบบไซโคลนิก (Cyclonic Circulation) ซึ่งจะก่อตัวและพัฒนาได้ดีตั้งแต่ระดับผิวพื้นขึ้นไปถึงระดับ 700 hPa (10,000 ฟุต) โดยมีแกนเอียงเข้าไปหาเส้นศูนย์สูตรตามระยะสูง เป็นตัวการหนึ่งที่ทำให้ร่องมรสุมมีกำลังแรง

สรุปร่องมรสุม

1. ร่องมรสุม เป็นร่องความกดอากาศต่ำที่คาดอยู่รอบโลกอันเกิดจากการ Convergence ระหว่าง ลมค้า (Trade) ทั้งสอง หรือระหว่าง Subtropical Highs จากสองซีกโลก
2. ร่องมรสุมเป็นแนวของ Convergence แคบๆ และบางครั้งไม่จำเป็นจะต้องเป็นแนวที่มีความกดอากาศต่ำที่สุด
3. โดยธรรมชาติแนวของร่องมรสุมจะไม่ปรากฏว่ามีความแตกต่างของมวลอากาศ (Density Differences) เมื่อเปรียบเทียบกับแนวปะทะอากาศ
4. สภาพอากาศที่เกิดขึ้นตามแนวของร่องมรสุม ไม่จำเป็นจะต้องมีความรุนแรงเหมือนกันตลอด ทั้งแนว
5. แนวร่องมรสุมที่รุนแรงจะมีสภาพอากาศเลวมากที่สุด สังเกตได้จากการ Converge ในทางระดับอย่างแรงระหว่าง Westery Component ของซีกโลกหนึ่ง พบกับ Eastery Component ของอีกซีกโลกหนึ่ง ปรากฏว่า

ก. ระบบของเมฆมักเกิดขึ้น ณ บริเวณซึ่งมีอากาศ Convection และเป็นพวกเมฆ CB ก่อตัวขึ้น บางครั้งมียอดสูงถึงระดับ Tropopause ในกรณีที่ร่องมรสุมมีกำลังแรงมาก พายุฟ้าคะนองเกิดขึ้น มีความกว้างตามแนวเมฆ CB ประมาณ 50-200 ไมล์ และปรากฏมีเมฆ AS ในระดับสูงประมาณ 8,000-12,000 ฟุต ในทั้งสองด้านของแนวร่องมรสุม และมีฝนตกจากเมฆชั้นนี้ด้วย

ข. ตามปกติแล้วมักปรากฏเป็นแนวของเมฆอันเกิดจากการ Convection ขึ้นสองหรือสามแนว แยกจากกันโดยมีบริเวณ Subsidence คั่น แต่จะมีฝนธรรมดาตกต่อเนื่องกัน อันเกิดจากเมฆ AS

6. ถ้า Pressure Gradient ที่มีกำลังแรงปรากฏผ่านข้ามแนว Equator ไป แสดงว่าจะเกิดภาวะ Unstable ขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกระแสลมมีอัตราเร่ง (Acceleration) ในลักษณะเช่นนี้สามารถจะทำให้เกิดการก่อตัวของพายุหมุนเขตร้อนขึ้นได้ในแนวร่องมรสุม

7. ในกรณีแนวร่องมรสุมที่มีกำลังอ่อนนั้นจะปรากฏว่าลมทั้งสองด้านของแนว พัดเกือบขนานกัน ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ปรากฏ

ก. มีเมฆ CU ก่อตัวขึ้นซ้ำๆ มียอดสูงประมาณ 8,000 ฟุต หรือสูงกว่าเล็กน้อย ย่านที่เกิดฝนกว้างประมาณ 15 ไมล์

ข. อุปสรรคในการบินเกือบไม่มี ทั้งนี้เพราะยอดของเมฆกระจายและเห็นได้ง่าย โดยเฉพาะในตอนกลางวัน

8. สภาพอากาศในบริเวณแนวร่องมรสุมนั้น เปลี่ยนแปลงได้มากโดยเฉพาะบนพื้นดิน ฉะนั้นการตรวจอากาศโดยเครื่องบินจึงมีความจำเป็นมาก เพื่อนำมาพิจารณาประกอบกับรายงานต่างๆ ที่ได้รับทางภาคพื้นดิน

คลื่นอากาศในเขตร้อน (Tropical Wave)

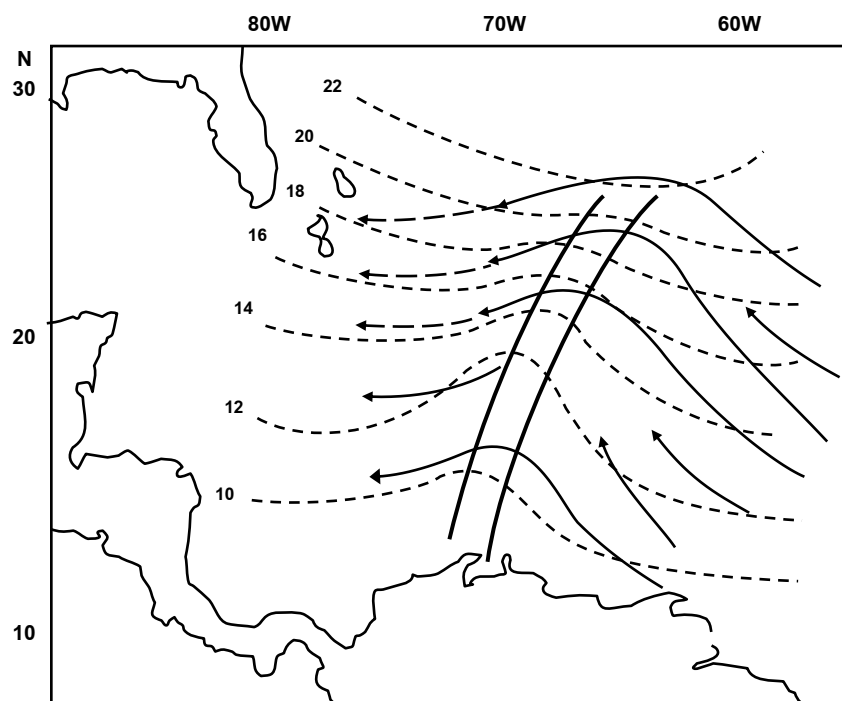
กล่าวนำ

เขตร้อนเป็นบริเวณที่มีรูปแบบของสภาพอากาศต่างไปจากที่อื่น ทำให้เป็นที่สนใจของ นักอุตุนิยมวิทยา เป็นพิเศษ ปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในเขตร้อนที่เห็นได้ในแผนที่อากาศ จะได้รับอิทธิพลโดยตรงจากฮาดลีย์เซลล์ (Hadley cell) อาจกล่าวได้ว่ามี 2 ประเภท คือประเภทแรก ปรากฏการณ์นั้นเกิดขึ้นในเขตร้อนเอง แล้วเคลื่อนที่ไปตามกระแสลมฝ่ายตะวันออก (Easterly) อีกประเภทหนึ่ง เกิดในละติจูดสูงขึ้นไปแล้วมีความรุนแรงแผ่ลงมาถึงเขตร้อน ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. คลื่นตะวันออก (Easterly Wave) หรือ คลื่นในกระแสลมฝ่ายตะวันออก

เป็นปรากฏการณ์ปั่นป่วนของกระแสอากาศในเขตร้อน ที่มีกระแสลมฝ่ายตะวันออกหรือลมค้าพัดปกคลุมอยู่ อากาศเป็นของไหลชนิดหนึ่งจึงมักเคลื่อนตัวในลักษณะการไหลขึ้นๆ ลงๆ เป็นลูกคลื่นเสมอ และหากมีการปั่นป่วนของอากาศรวมอยู่ด้วยในคลื่นนั้น ก็จะมีผลกระทบต่อสภาพอากาศมากยิ่งขึ้นไปด้วย

แม้ว่าโดยทั่วไปแล้วในลมค้าจะเป็นลมธรรมดาๆ ที่มีความคงตัวดี (Steady) ซึ่งทำให้สภาพอากาศเหนือบริเวณที่ลมค้าพัดปกคลุมพลอยมีอากาศดีไปด้วยก็ตาม แต่ในบางพื้นที่ของเขตร้อนก็อาจเกิดการปั่นป่วนของอากาศได้ ในบางครั้งมีการปั่นป่วนของอากาศในรูปคลื่น (Wave Disturbance) หลายแบบปรากฏบนแผนที่อากาศซึ่งมีขนาดและความรุนแรงแตกต่างกันออกไป มีลักษณะหนึ่งที่เหมือนกันคือ ศูนย์กลาง (Main Center) ของความกดอากาศต่ำจะไม่เป็นวงปิด แต่เป็นเพียงรูปคลื่นบนเส้นความกดอากาศเท่า โดยมีแนวร่องความกดอากาศต่ำ (Trough Line) ทำมุมตั้งฉากกับเส้นความกดอากาศเท่า และเอียงทำมุมไปทางขวากับแนวลมค้า ตามรูปที่ 5 เนื่องจากคลื่นเหล่านี้เคลื่อนตัวไปกับกระแสลมฝ่ายตะวันออก จึงเรียกว่า คลื่นตะวันออก (Easterly Wave)



รูปที่ 5

1.1 แหล่งที่เกิดคลื่นตะวันออก

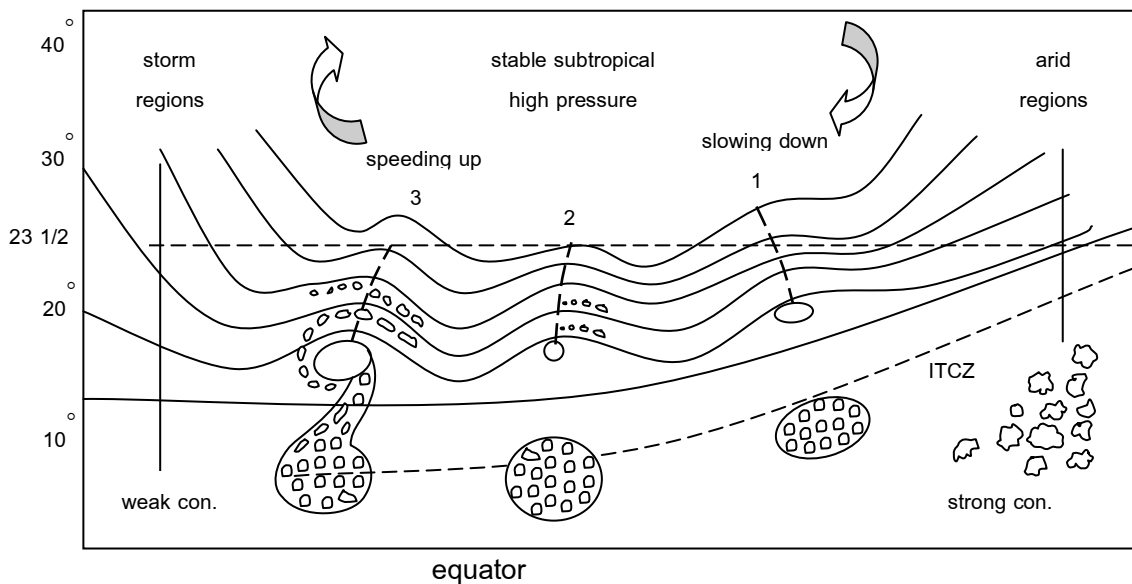
ส่วนใหญ่มักเกิดขึ้นบริเวณด้านตะวันตกของพื้นมหาสมุทรที่กว้างใหญ่ ในระหว่างละติจูด 5-20 องศา รู้จักกันดีในแถบทะเลแคริบเบียน และที่มีลักษณะคล้ายกับคลื่นตะวันออกก็พบในแปซิฟิกตอนเหนือเส้น ศูนย์สูตร แต่ในซีกโลกใต้ไม่ค่อยปรากฏ

คลื่นตะวันออกเกิดขึ้นได้มากในช่วงปลายฤดูร้อน ซึ่งเป็นช่วงที่ชั้นอุณหภูมิกลับในลมค้า (Trade Wind Inversion) มีความรุนแรงลดลงเนื่องจากอุณหภูมิผิวน้ำทะเลลึกจะขึ้นสูงสุดในรอบปี ถ้าเป็นแถบแคริบเบียนอาจเกิดขึ้นได้บ่อยๆ ทุก 3-5 วัน และบริเวณเกาะกวมอาจเกิดขึ้นได้ทุกๆ 2-3 วัน

1.2 การก่อตัวของคลื่นตะวันออก

โดยทั่วไปการสังเกตหาร่องรอยตำแหน่งเริ่มแรกของการเกิดคลื่นในบรรยากาศนั้นเป็นเรื่องยาก โดยเฉพาะในเขตร้อน ทั้งนี้เพราะสถานีตรวจอากาศในเขตร้อนมีน้อยจึงทำให้ขาดข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์

ในลมค้าหรือกระแสลมฝ่ายตะวันออกที่อยู่ในละติจูดสูงขึ้นไป จะมีบางบริเวณที่มีแหล่งกระแสอากาศขึ้นอยู่ข้างใต้อากาศแห้ง โดยมีชั้นอุณหภูมิกลับ (Inversion) กั้นกลาง บริเวณนี้จะเกิด Wind Shear และ Curvature ที่พื้นผิวนั้น ความไม่ราบเรียบจะเริ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนกลายเป็นคลื่นไปในที่สุด กระแสอากาศจะเคลื่อนตัวขึ้นและลงอย่างรวดเร็ว เร็วกว่าตัวคลื่นเองที่ค่อย ๆ ขยับที่ละน้อยคล้ายกับลูกคลื่นที่เคลื่อนตัวช้าๆ ในกระแสน้ำ ดังรูปที่ 6 การเคลื่อนตัวในร่องคลื่นแบบนี้จะก่อให้เกิด



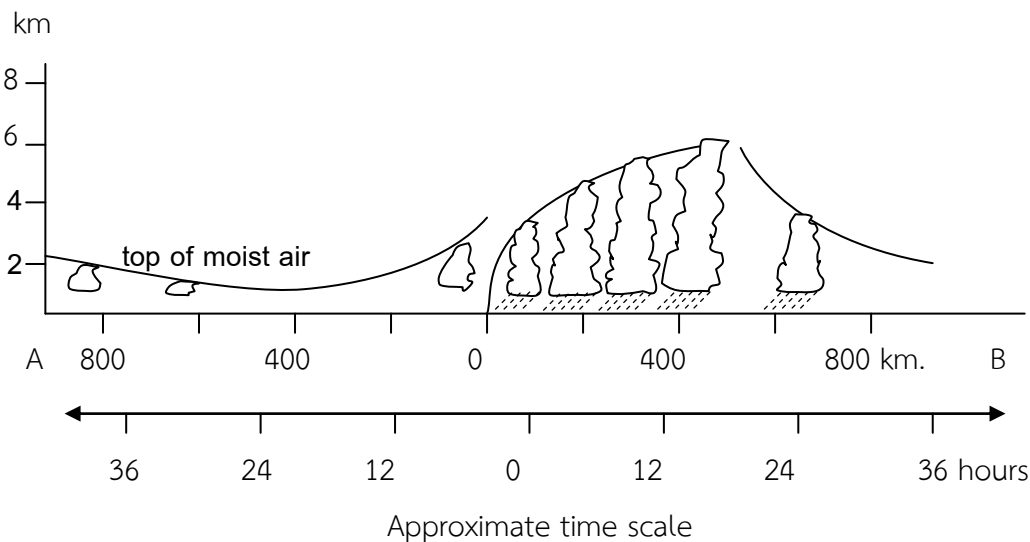
รูปที่ 6

บริเวณ Divergence และ Convergence ควบคู่กันไป และเมื่อลูกคลื่นใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ขณะเคลื่อนที่ไปทางตะวันตก ก็จะมี ความขึ้นจากมหาสมุทรเข้าไปสะสมมากขึ้นเรื่อยๆ ยิ่งกว่านั้นยังมีความไม่ทรงตัวมากอีกด้วย จากการเคลื่อนตัวผ่านน้ำทะเลอุ่นมาเป็นระยะทางไกล ดังนั้นเมื่อถึงเวลาและบริเวณที่ชั้นอุณหภูมิกลับในลมค้าอ่อนลงไปเรื่อยๆ ตามระยะทาง อากาศอุ่นก็จะทะลักออกขึ้นข้างบนเป็นสาเหตุให้เกิดเป็นฝนและพายุฝนฟ้าคะนอง และอาจเป็นต้นเหตุของการเกิดพายุหมุนในเขตร้อนได้ ซึ่งมีผลให้ผู้สนใจศึกษาคลื่นตะวันออกมากยิ่งขึ้น

1.3 ลักษณะของคลื่นตะวันออก

คลื่นตะวันออกเป็นการปั่นป่วนของอากาศในรูปคลื่น (Wave Disturbance) ที่ปรากฏอยู่บนแผนที่อากาศ ในลักษณะของร่องความกดอากาศต่ำ (Trough of Low Pressure) โดยแนวแกนของคลื่นได้แผ่ออกจากบริเวณความกดอากาศต่ำแถบศูนย์สูตร (Equatorial Low Pressure Zone) ไปทางขั้วโลกและวางอยู่ในแนวทิศใต้เฉียงตะวันตกเฉียงใต้ และทิศเหนือเฉียงตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้แล้วยังลาดเอียงตามความสูงอีกด้วย กล่าวคือจะเอียงไปทางทิศตะวันออกเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปแล้วคลื่นชนิดนี้มีกำลังไม่แรงนักในระดับล่างๆ แต่จะแรงขึ้นและปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจนในระดับกลางของบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ และในระดับนี้เองจะเห็นเป็นการหมุนเวียนแบบไซโคลนิก (Cyclonic Circulation)

คลื่นตะวันออกครอบคลุมพื้นที่กว้าง รูปที่ 7 มีความรุนแรงน้อยกว่าที่ระดับใกล้ผิวพื้น เมื่อเทียบกับที่ระดับ 4,000 เมตร (13,000 ฟุต) ซึ่งรุนแรงที่สุด โดยทั่วไปคลื่นตะวันออกเคลื่อนตัวด้วยความเร็วประมาณ 15-20 กม./ชม. (10-15 นอต) หากลมค้าที่ระดับล่างมีความรุนแรง คลื่นตะวันออกก็จะเคลื่อนตัวช้ากว่าลมค้าเสมอ แต่ที่ระดับสูงขึ้นไปประมาณ 2,000 เมตร (6,500 ฟุต) ซึ่งลมค้าอ่อน คลื่นตะวันออกจะเคลื่อนตัวเร็วกว่าลมค้า ทำให้คาดได้ว่ามี Divergence ที่ระดับล่างถูก Convergence ทับซ้อนอยู่ระดับบน ขณะที่ด้านตะวันตกของแนวคลื่นกลับมีลักษณะตรงข้ามคือมี Convergence อยู่ระดับล่าง Divergence ระดับบน สภาพอากาศเลวจึงเกิดด้านตะวันออกของคลื่น ในกรณีที่ลมค้าระดับล่างอ่อน คลื่นตะวันออกจะเคลื่อนตัวเร็วกว่าลมค้า แต่ที่ระดับสูงขึ้นไปลมค้ามีกำลังแรง คลื่นตะวันออกจึงเคลื่อนตัวช้ากว่า สภาพอากาศเลวจะปรากฏที่ด้านตะวันตกของคลื่น โดยทั่วไปจะพบในกรณีแรกมากกว่า



รูปที่ 7

1.4 สภาพอากาศที่เกิดกับคลื่นตะวันออก

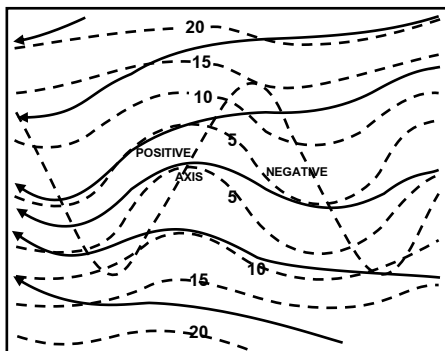
ด้านตะวันตกของคลื่นตะวันออกมักมีสภาพอากาศดี เนื่องจากมีชั้นอุณหภูมิกลับในลมค้าขวางอากาศไม่ให้ยกตัวและทอดตัวลาดลงต่ำไปทางตะวันออก ทำให้บริเวณด้านตะวันตกของคลื่นตะวันออกมีความชื้นน้อยเป็นชั้นหนาเพียงประมาณ 5,000 ฟุต แต่ด้านตะวันออกของแนวคลื่นมีแนวพายุฟ้าคะนอง (Squall Line) เกิดขึ้นเด่นชัด เพราะไม่มีชั้นอุณหภูมิกลับในลมค้าขวาง และเป็นบริเวณที่เกิด Convergence ได้สูงสุด จึงมีความชื้นมากมีชั้นหนาประมาณ 20,000 ฟุต และชั้นความชื้นนี้จะเริ่มลดลงจากบริเวณแนวคลื่นออกไปทางตะวันออก และยิ่งไกลออกไปก็จะอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมค้า สภาพอากาศก็กลับสู่ปกติ

คลื่นตะวันออกเป็นข้อสังเกตสำคัญในเชิงภูมิอากาศ เนื่องจากทำให้เกิดฝนตกมากในบริเวณที่ควรจะแห้ง จึงนับว่าเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้มีปริมาณฝนสูงสุดในช่วงฤดูร้อน ซึ่งมักปรากฏในหลายๆ แห่งของคาริบเบียน และแปซิฟิกตะวันออก ที่ซึ่งมีฝนตกหนักจริงๆ เพียง 2-3 วันเท่านั้นในรอบปี เช่นที่เกาะกวมในฮาวาย ช่วง 10 ปี 2 ใน 3 ของฝนรวมมาจากผลรวม 10 วันเท่านั้น ซึ่งก็เป็นช่วงที่มี Easterly Wave เคลื่อนตัวผ่าน

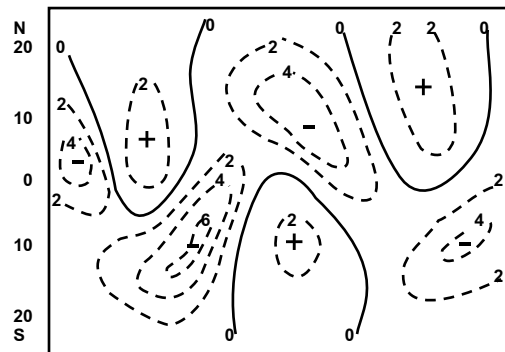
2. คลื่นแถบศูนย์สูตร (Equatorial wave)

จากการสังเกตของ Palmer พื้นที่บริเวณเกาะมาแชล ในแปซิฟิกตอนกลางช่วงปลายทศวรรษ 1940 พบว่าคลื่นนี้เป็นการปั่นป่วนของกระแสอากาศในเขตร้อนอีกแบบหนึ่ง อยู่ภายใต้อิทธิพลของกระแสลมฝ่ายตะวันออก (Easterly) ที่เกิดจากการสอบกกันของกระแสลมฝ่ายตะวันออก (The Convergent Easterly Current) ใกล้เคียง แถบศูนย์สูตร มีความยาวคลื่นประมาณ 15 องศาลองจิจูด เคลื่อนตัว (Propagation) ไปทางทิศตะวันตก ด้วยความเร็วประมาณ 10-15 นอต และเห็นได้ชัดเจนที่สุดใกล้กับเส้นศูนย์สูตร แกว่งตัวในแนวเหนือ-ใต้ ระหว่างซีกโลกทั้งสอง ตามรูปที่ 8a แม้ว่า Palmer จะไม่ได้กล่าวถึงรูปแบบสภาพอากาศที่เกิดขึ้น แต่ก็สามารถวิเคราะห์ได้จากบริเวณที่เป็นคอนเวอร์เจนซ์ (บริเวณเครื่องหมายลบ (-) ในรูปที่ 8b) Palmer เชื่อว่าเป็นลักษณะเฉพาะของแปซิฟิกตอนกลางระหว่างลองจิจูด 160 องศาตะวันออก ถึง 150 องศาตะวันตก ยิ่งกว่านั้นบริเวณที่มีคลื่นแถบศูนย์สูตรปรากฏ มักจะเป็นต้นเหตุของการไหลวนแบบไซโคลนิก (Cyclonic Vortices) อาจมีโอกาสดูความรุนแรงขึ้นเป็นพายุหมุนเขตร้อนได้ Palmer ยังชี้ให้เห็นว่าในความเป็นจริงแล้วพายุหมุนเขตร้อนล้วนเกิดจากคลื่นที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของกระแสลมฝ่ายตะวันออกทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นคลื่นแถบศูนย์สูตรหรือคลื่นตะวันออกก็ตาม

จากการศึกษาในช่วงเวลาต่อมา เมื่อนำภาพถ่ายเมฆจากดาวเทียมมาประกอบกับตัวแบบของ Palmer แล้ว พบว่าสภาพอากาศที่เกิดขึ้น สอดคล้องกับสมมติฐานของ Palmer ได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 8a



รูปที่ 8b

3. คลื่นเหนี่ยวนำ (Induced wave)

เป็นการปั่นป่วนของอากาศในรูปคลื่น (Wave Disturbance) อีกแบบหนึ่ง ซึ่งเกิดจากบรรยากาศ ในระดับต่ำที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมฝ่ายตะวันออกถูกรบกวนโดยการเหนี่ยวนำจากการปั่นป่วนในบรรยากาศระดับบน เช่น ไซโคลนในระดับสูงไม่สามารถแผ่ขยายลึกลงมาลงสู่ระดับต่ำได้ แต่เราทราบว่ามีไซโคลนในระดับสูงได้ โดยการสังเกตคลื่นไซโคลนิก (Cyclonic Wave) ที่เกิดในระดับต่ำ รูปแบบนี้มักเกิดในช่วงฤดูร้อน แต่ในฤดูหนาวก็สามารถเกิดได้ภายใต้ร่องความกดอากาศต่ำในกระแสลมฝ่ายตะวันตกระดับบน ที่พัดปกคลุมเหนือกระแสลมฝ่ายตะวันออกชั้นล่าง ซึ่งเรียกว่า Polar Trough

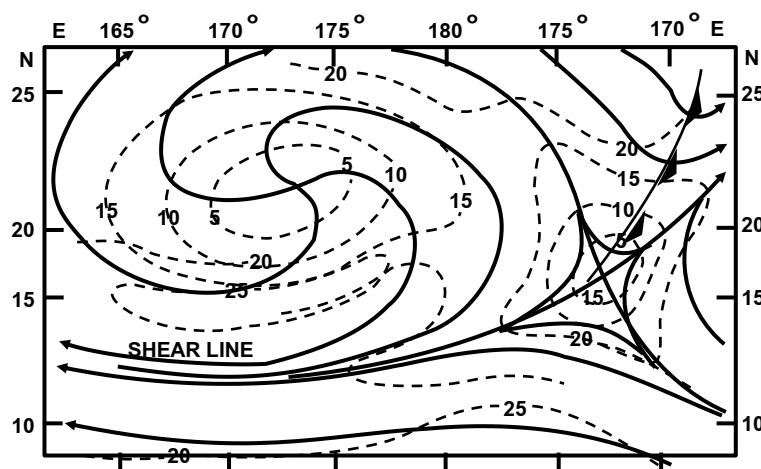
คลื่นเหนียวน้ำนี้มีลักษณะคล้ายคลื่นตะวันออกทั้งรูปแบบและสภาพอากาศที่เกิดขึ้น แต่ส่วนที่ต่างกันคือการเคลื่อนที่ ซึ่งโดยทั่วไปคลื่นตะวันออกเคลื่อนไปทางตะวันตก แต่คลื่นเหนียวน้ำเคลื่อนไปตามการเคลื่อนที่ของไซโคลนในระดับสูง ซึ่งอาจเคลื่อนไปทางตะวันตกอย่างช้าๆ หรือเกือบหยุดนิ่ง หรือไปทางตะวันออกอย่างช้าๆ ก็ได้ และอาจเคลื่อนไปตาม Westerly Trough ก็ได้

Shear Line

Shear line คือ แนวการยกตัวของกระแสอากาศ (Line of Active Convection) มีความเกี่ยวข้องและการเคลื่อนตัวสัมพันธ์กับแนวปะทะอากาศเย็น เกิดขึ้นเนื่องจากการพัดสอบเข้าหากันของลมตลอดแนวนี้นสามารถวิเคราะห์หาได้จาก Cyclonic Shear ใน Upper Tropospheric Trough และมีลักษณะการเกิดคล้ายกับ Near Equatorial Trade Wind Convergence ในระดับต่ำ

ระหว่างฤดูหนาวแนวปะทะอากาศเย็นมักจะเคลื่อนตัวลงมาในละติจูดต่ำๆ ปกคลุมพื้นที่ในเขตร้อนขณะที่เคลื่อนตัวลงมาถึงบริเวณกึ่งเขตร้อน (Subtropic) ชั้นความหนาของกระแสอากาศเย็นจากขั้วโลก (Current of Polar Air) จะมีขนาดลดลง แนวของ Shear line พิจารณาได้จากบริเวณที่อุณหภูมิและอุณหภูมิจุดน้ำค้างที่ระดับผิวพื้นเริ่มที่จะไม่ต่อเนื่องกัน (discontinuity) ซึ่งสาเหตุนี้เกิดจากการเย็นลงของผิวพื้นในเวลากลางคืนที่เกิดขึ้นบริเวณที่อากาศแจ่มใสซึ่งมีคุณสมบัติเย็นและแห้งหลังแนวปะทะอากาศเย็น

สภาพอากาศที่เกิดในบริเวณ Shear line มักจะมีพายุเมฆต่ำ หรืออาจมีฝนตกได้หากมีลักษณะภูมิประเทศที่เอื้ออำนวย เช่นแนวเทือกเขา เป็นต้น เฉลี่ยความสูงของยอดเมฆที่ก่อตัวในทางตั้ง ประมาณ 10,000-15,000 ฟุต (3-4.5 กิโลเมตร) ส่วนการติดตามตำแหน่งของ Shear Line ที่เคลื่อนตัวผ่านน้ำ พิจารณาได้จากแนวปะทะอากาศเย็น โดยใช้ภาพถ่ายเมฆจากดาวเทียมเป็นเครื่องมือช่วย ซึ่งในแนวปะทะอากาศเย็นมักจะพบแนวการยกตัวของกระแสอากาศในทางตั้งปรากฏอยู่บริเวณขอบด้านหน้าของแนวปะทะ แต่บางครั้งอาจจะวางตัวขนานและอยู่ด้านหลังของแนวปะทะก็ได้



รูปที่ 9 แสดงรูปแบบความสัมพันธ์ของแนวปะทะอากาศเย็นกับแนว Shear Line

ในรูปแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของ Shear line กับแนวปะทะอากาศเย็นที่เคลื่อนตัวลงมาในละติจูดต่ำๆ Shear line มักจะเกิดขึ้นตรงบริเวณแกนของแนวลมพัดสอบเข้าหากัน (Asymptote of Convergence) ของลมค้าหลังจากที่แนวปะทะอากาศเย็นนั้นเริ่มเคลื่อนที่ช้าลง กระบวนการต่างๆ ที่ก่อให้เกิดเมฆหรือฝนจะมีลักษณะเช่นเดียวกับ Near Equatorial Trade Wind Convergence เมฆแผ่นที่เกิดในแนว Shear line มีความสูงตั้งแต่

8,000-12,000 ฟุต มักจะแผ่ปิดบังเมฆก้อนที่แผ่ตัวอยู่ภายใน เมื่อแนว Shear line เคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่เป็นภูเขา อาจจะก่อให้เกิดฝนตกในบริเวณด้านรับลมได้

ตัวอย่างเช่น วันที่ 31 ธ.ค.2530 และวันที่ 1 ม.ค.2531 แนว Shear line เกิดขึ้นพัดผ่านเกาะโออาฮู (Oahu) ในหมู่เกาะฮาวาย ซึ่งมีแนวเทือกเขา กูลาอู (Koolau) เป็นตัวทำให้เกิดแรงยก ประกอบกับแนว Shear line ที่เกิดขึ้นอยู่บริเวณด้านตะวันตกของ ร่องความกดอากาศต่ำในกระแสลมฝ่ายตะวันตกที่ระดับบน (Upper Westerlies Trough) สภาพอากาศที่เกิดขึ้นพบว่ามีฝนตกต่อเนื่องโดยเฉพาะทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของเกาะ Oahu ซึ่งเป็นด้านรับลม แต่ไม่มีลักษณะของฟ้าคะนองเกิดร่วมด้วย ยอดเมฆสูงประมาณ 19,000 ฟุต (5.8 กม.) ปริมาณน้ำฝนภายใน 24 ชั่วโมงวัดได้ถึง 25 นิ้ว (635 มม.)

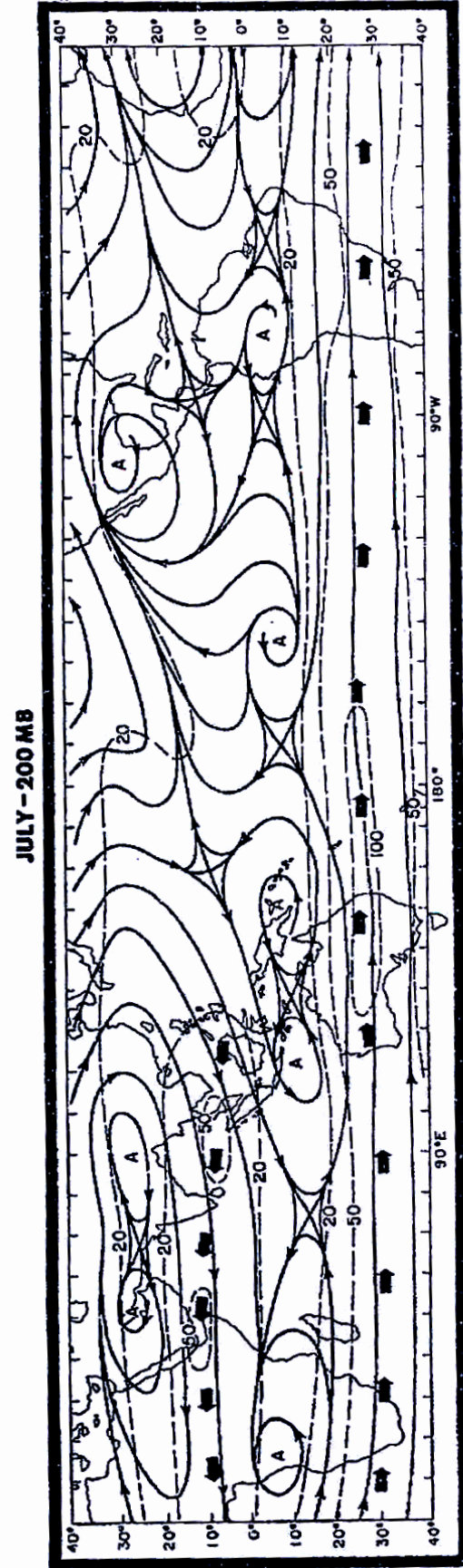
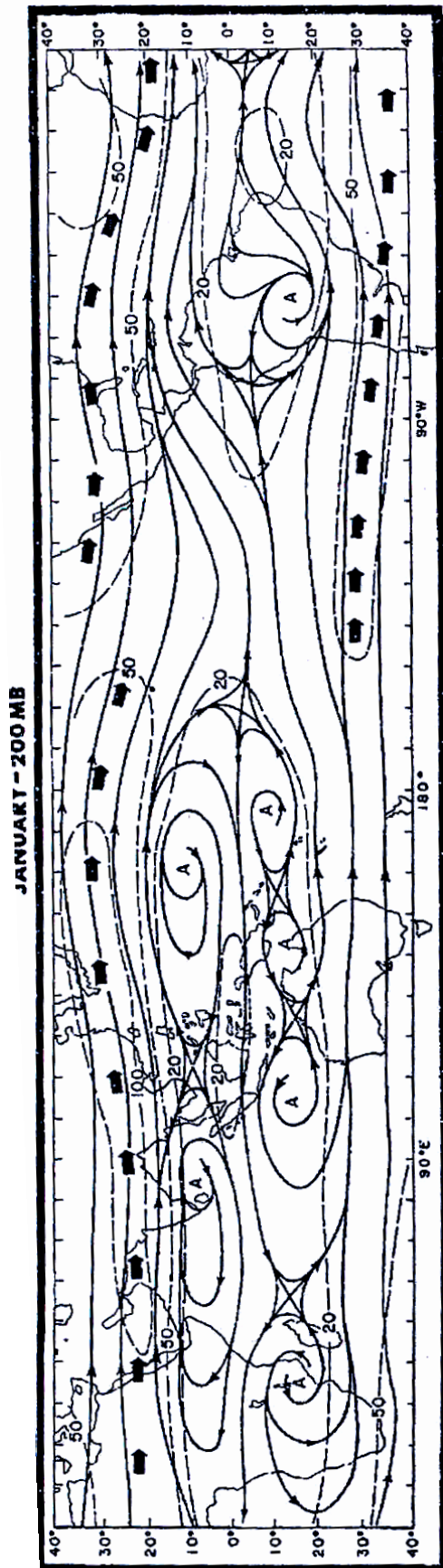
บางครั้ง Shear line ก็ยากต่อการตรวจพบ ถึงแม้ว่าจะใช้ภาพถ่ายเมฆจากดาวเทียมเป็นเครื่องมือช่วยก็ตาม ทั้งนี้เพราะ Shear line อาจจะสลายตัวลงอย่างรวดเร็วตามแนวปะทะอากาศเย็นที่เคลื่อนตัวลงมาบริเวณศูนย์สูตรอย่างรวดเร็ว (Strong Equatorward Surge)

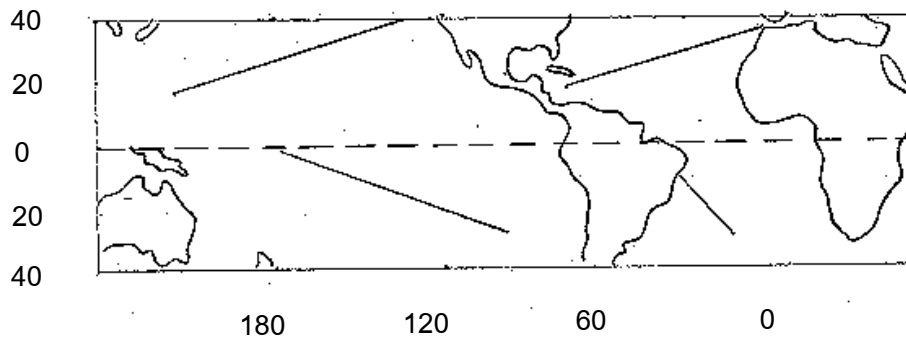
สำหรับประเทศไทยมักได้รับผลกระทบจากแนว Shear Line นี้ โดยเฉพาะในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงเปลี่ยนฤดู คือเดือน ก.พ. - มี.ค. และ ต.ค.

ร่องความกดอากาศต่ำระดับสูงในเขตร้อน (Tropical Upper Tropospheric Trough : TUTT)

TUTT ได้แก่ Trough ที่เกิดในชั้นบรรยากาศระดับบนบริเวณแอตแลนติกตอนเหนือ และแปซิฟิกตอนเหนือและใต้ ซึ่งมีลักษณะการไหลเวียนของอากาศที่มีรูปแบบเฉพาะ โดยเกิดในช่วงฤดูร้อนของแต่ละซีกโลก มีการเรียงตัวตามแนว NE-SW ในซีกโลกเหนือ และจาก NW-SE ในซีกโลกใต้ TUTT จะปรากฏให้เห็นเด่นชัดบนแผนที่ลมชั้นบนที่วิเคราะห์ได้ในเดือนกรกฎาคม ตามรูปที่ 10 ในแอตแลนติกตอนเหนือ TUTT จะมีบริเวณครอบคลุมตลอดความกว้างของมหาสมุทรทั้งหมด ขณะที่ในแปซิฟิกตอนเหนือ TUTT จะมีผลกระทบเฉพาะบริเวณด้านตะวันออกและตอนกลางของมหาสมุทรเท่านั้น สำหรับในแอตแลนติกตอนใต้ TUTT จะมีความรุนแรงน้อยมาก จนแทบจะสังเกตไม่พบเมื่อวิเคราะห์จากแผนที่ลมชั้นบนเฉลี่ยในช่วงเดือนมกราคมตามรูปที่ 10 อย่างไรก็ตามในช่วงฤดูร้อนของซีกโลกใต้ TUTT มักปรากฏให้เห็นเด่นชัดและสังเกตได้ง่ายในการวิเคราะห์ Stream Line ในแต่ละวันที่ระดับ 200 hPa ซึ่งตำแหน่งโดยเฉลี่ย ดูได้จากในรูปที่ 11

โดยทั่วไป TUTT จะมีความรุนแรงและสามารถสังเกตเห็นได้เด่นชัดกว่าที่แสดงในรูป (ซึ่งเป็นเพียงผลของการวิเคราะห์โดยเฉลี่ย) จากการศึกษาภาพถ่ายเมฆจากดาวเทียมลักษณะการเกิดของ TUTT ในแอตแลนติกตอนเหนือ และในแปซิฟิกด้านตะวันตก พบว่าห่อความกดอากาศต่ำระดับบน (Upper Level Lows) หลังจากมีการก่อตัวแล้วมักจะเคลื่อนที่ไปทางตะวันตก ตามแนวของ Trough นี้ ซึ่งจะไปกระตุ้นการเกิดคลื่น (Wave Perturbations) และนำไปสู่กระบวนการพาความร้อน (Convective Activity) ในบรรยากาศระดับล่าง (Low Level Flow) โดยบางครั้งการไหลเวียนลักษณะนี้ในชั้นบรรยากาศระดับบนอาจมีอิทธิพล ลงมาถึงการไหลเวียนในระดับล่าง ส่งผลต่อการเกิดสภาพอากาศและอาจเป็นปัจจัยเสริมในการเกิดพายุหมุนเขตร้อนได้

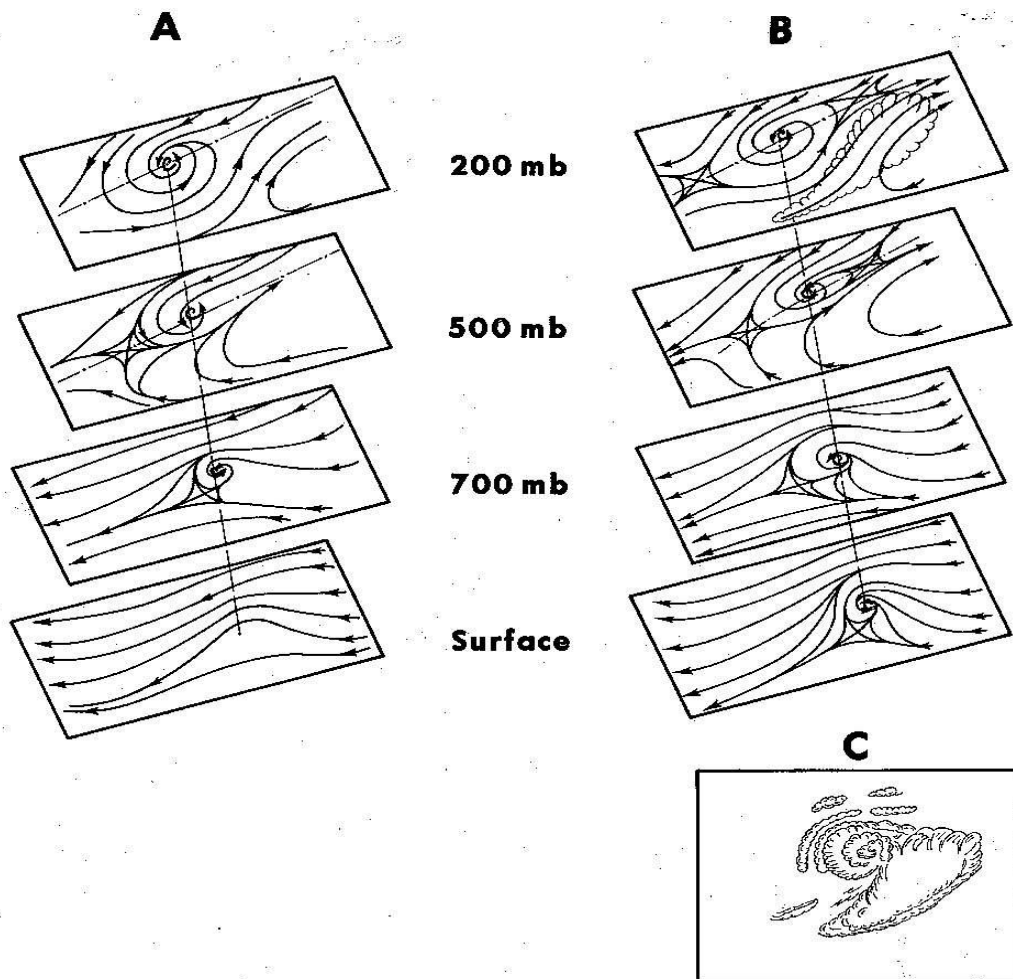




รูปที่ 11

การเกิดสภาพอากาศที่เป็นผลมาจาก TUTT

แม้ว่าโดยปกติแล้ว TUTT จะมีลักษณะการเกิดเป็นแนวของ Cyclonic Shear ณ บริเวณรอยต่อระหว่าง Ridge ที่ระดับ 200 hPa มักมีลักษณะของการไหลวนเป็นวงปิด (Vortices) เกิดขึ้นได้ตามแนวของ TUTT และอาจส่งผลกระทบต่อรูปแบบของการไหลของอากาศลงมาในระดับล่างจนถึงผิวพื้นได้ โดยทั่วไปการไหลวนดังกล่าวจะมีความรุนแรงลดลงตามความสูง จนไม่ปรากฏเป็นวงปิด (Closed Circulations) ในชั้นบรรยากาศระดับต่ำ แต่ถึงอย่างไรก็มีโอกาสเหนี่ยวนำให้เกิดคลื่น (Waves) ในระดับต่ำได้ตามรูปที่ 12a และในบางครั้งส่งผลให้เกิดการไหลวน (Vortex) ได้ถึงผิวพื้นตามรูปที่ 12b อันนำไปสู่สถานะที่เหมาะสมสำหรับการก่อตัวของพายุหมุนเขตร้อน



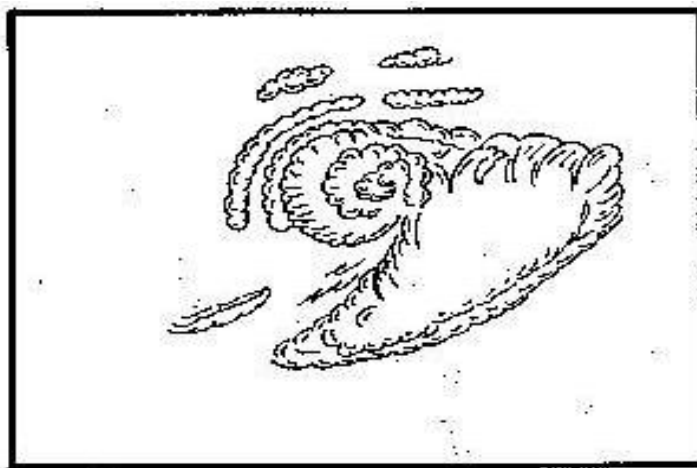
คุณสมบัติหลักที่สำคัญ พอจะสรุปได้ดังนี้

1. โดยทั่วไป แกนของการไหลวน (Vortex) จะเอียงในแนวตะวันออกเฉียงใต้ ตามความสูงที่ลดลง ในขณะที่ตำแหน่งในระดับบนมีทิศทางอยู่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือของตำแหน่งที่ผิวพื้น ซึ่งระยะระหว่างตำแหน่งทั้งสองอาจมีค่ามากถึง 300 NM

2. ชั้นบรรยากาศที่ผิวพื้นจะได้รับผลกระทบมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะความรุนแรง และชั้นความหนาของ Vortex ในระดับบน ในบางครั้งอาจจะไม่ส่งผลกระทบอะไรเลยที่ผิวพื้นก็เป็นได้ ซึ่งโดยทั่วไป Trade Wind Inversion จะขัดขวางการแผ่ขยายของระบบลงมายังระดับล่าง ซึ่งหมายความว่า การที่ระดับผิวพื้นได้รับผลกระทบจากระบบในระดับบนนั้น ด้านตะวันตกของมหาสมุทรจะเกิดขึ้นได้ดีกว่าด้านตะวันออก การเกิดและสิ้นสุดของคลื่นอากาศที่ผิวพื้นอาจเป็นไปตามจังหวะการแผ่ขยายลงมาของระบบในระดับบนโดยสามารถสังเกตได้จากการก่อตัวและรูปแบบการเกิดของเมฆที่ปรากฏให้เห็นจากภาพถ่ายเมฆจากดาวเทียม

3. Disturbance ที่ผิวพื้นจะมีการเคลื่อนตัวตามการเคลื่อนที่ของระบบที่เป็นตัวการ ซึ่งโดยทั่วไปมักไม่แน่นอนหรือมีความแปรปรวนสูง โดยทั่วไประบบที่เกิดในแอตแลนติกตอนเหนือจนถึงด้านตะวันตกของเส้นลองจิจูดที่ 50 องศาตะวันตก จะเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันตก ส่วนระบบที่อยู่ด้านตะวันออกของเส้นดังกล่าวจะเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันออก และสำหรับระบบที่เกิดบริเวณตอนกลาง มีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ในทิศทางวนไปวนมาและมีค่าของความเร็วในการเคลื่อนที่แปรปรวนได้มาก คือตั้งแต่ประมาณ 12 นอต จนกระทั่งเกือบไม่เคลื่อนที่เลย ดังนั้นจึงยากที่จะพยากรณ์การเคลื่อนที่ของระบบ ปกติจะใช้คุณสมบัติความต่อเนื่อง (Persistence) มาใช้ในการพยากรณ์ส่วนบริเวณตอนเหนือของแปซิฟิกด้านตะวันตก การพยากรณ์จะค่อนข้างง่ายกว่าเนื่องจากระบบมักจะเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันตกด้วยความเร็วประมาณ 10-15 นอต

4. เมฆจะก่อตัวด้านทิศใต้ของ Trough ที่ระดับ 200 hPa และรูปแบบการเกิดจะขึ้นอยู่กับชั้นความหนา ความรุนแรง และความชันของ Trough ดังตัวอย่างในรูปที่ 12c ตำแหน่งของระบบที่ระดับ 700 hPa อาจสังเกตได้จากบริเวณศูนย์กลางของเมฆ ที่มีรูปแบบการก่อตัววนเป็นวง (Cloud Vortex) แต่ส่วนใหญ่ที่พบมักมีความรุนแรงน้อยกว่าที่แสดงในรูป และบางครั้งถูกบดบังโดยกลุ่มเมฆขนาดใหญ่ที่อยู่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ของตำแหน่งศูนย์กลางนี้ ซึ่งเมฆดังกล่าวมักเกิดบริเวณใต้ชั้นของ Divergent ที่ระดับ 200 hPa



รูปที่ 12-C

ข้อเปรียบเทียบคุณสมบัติที่เหมือนและแตกต่างระหว่าง TUTT กับ Easterly Wave

1. บริเวณที่เมฆปกคลุมมากที่สุดและมีสภาพอากาศเกิดร่วมด้วย จะอยู่บริเวณด้านตะวันออกของระบบทั้งสอง
2. Easterly Wave ที่มีรูปแบบการเกิดชัดเจน (True Easterly Waves) จะมีการเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกอย่างต่อเนื่อง ด้วยความเร็วคงที่ แต่ Wave ที่เกิดจาก TUTT จะมีทิศทางการเคลื่อนที่ไม่แน่นอน
3. Easterly Wave ส่วนใหญ่จะเริ่มพัฒนาตัวในชั้นบรรยากาศระดับกลาง (Middle Troposphere) และความรุนแรงจะลดลงตามความสูง ขณะที่ระบบของ TUTT จะมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นจากระดับล่างไปจนถึงที่ระดับ 200 hPa
4. รูปแบบการไหลวนของ Easterly Wave มีแนวแกนเอียงไปทางด้านตะวันออก ในขณะที่ระบบของ TUTT เอียงไปด้านตะวันตกตามความสูง
