

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

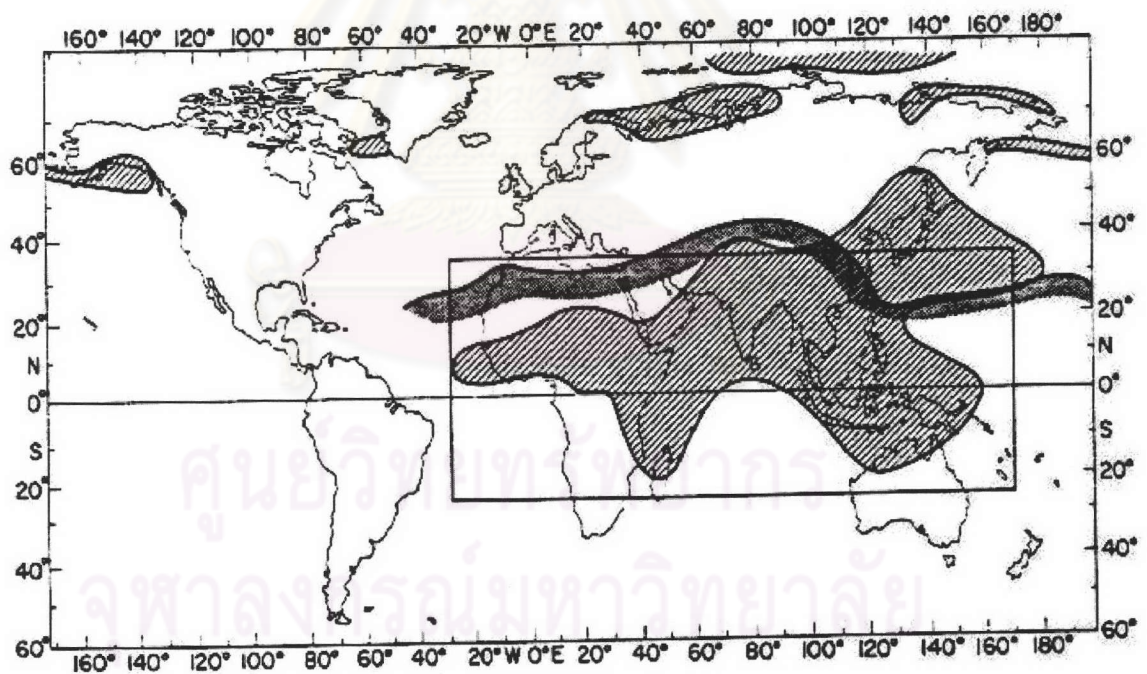
2.1 มรสุม (Monsoon)

มรสุมมาจากคำว่า "Mausim" เป็นภาษาอาหรับ มีความหมายว่าฤดูกาล (Season) เป็นการพลิกกลับของทิศทางลม มีสาเหตุการเกิดมาจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของพื้นดินกับพื้นน้ำ คล้ายกับการเกิดลมบกลมทะเล แต่ต่างกันที่ลมบกลมทะเลเกิดขึ้นที่ชายฝั่งเป็นพื้นที่แคบๆ และเกิดขึ้นในแต่ละวัน ส่วนลมมรสุมนั้นเกิดขึ้นใช้เวลานานเป็นเดือน (Jay S. et al,1986) ในฤดูร้อนอุณหภูมิพื้นดินของพื้นที่ทวีปจะสูงกว่าอุณหภูมิในมหาสมุทรหรือพื้นน้ำ ทำให้มีลมเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่า ลมจึงพัดจากมหาสมุทรหรือพื้นน้ำขึ้นมาสู่บนพื้นทวีป และนำความชื้นจากมหาสมุทรขึ้นมาด้วย ในทางกลับกันในช่วงฤดูหนาวพื้นทวีปจะมีอุณหภูมิต่ำกว่ามหาสมุทร ทำให้ลมเคลื่อนที่จากเหนือพื้นทวีปไปสู่มหาสมุทร มรสุมที่เกิดในโลกมีหลายพื้นที่ แต่พื้นที่ที่มีความรุนแรงที่สุดเป็นบริเวณเอเชียใต้ ได้แก่ ประเทศบังคลาเทศ อินเดีย และปากีสถาน และบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ประเทศเวียดนาม กัมพูชา ลาว มาเลเซีย พม่า และประเทศไทย (จงกลณี,2539) การเปลี่ยนแปลงฤดูกาลมีข้อสังเกตได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูหนาว โดยทั่วไปลมจะเป็นลมทิศตะวันออกเฉียงเหนือในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเป็นลมทิศตะวันออกเฉียงใต้ในฤดูร้อน มรสุมจะเกิดในส่วนอื่นๆของโลกด้วย เช่น ในออสเตรเลียและในตะวันตกเฉียงใต้ของอเมริกา (Ramage,1971)

การเปลี่ยนแปลงฤดูกาลของมรสุมมีลักษณะเฉพาะของกลไกทางฟิสิกส์หลายอย่างซึ่งก่อให้เกิดความรุนแรงของลมในฤดูกาลนั้น ทำให้มีฝนในฤดูร้อนและอากาศแห้งในฤดูหนาว ทุกมรสุมจะมีกลไกทางฟิสิกส์เบื้องต้นอยู่ 3 อย่าง คือ ความแตกต่างของความร้อนระหว่างแผ่นดินกับมหาสมุทร, แรงโคริโอลิส (coriolis forces) เกิดจากการหมุนของโลก และคุณสมบัติของน้ำที่เก็บกักแล้วปลดปล่อยพลังงานออกมา คือเปลี่ยนแปลงจากของเหลวกลายเป็นไอ และเปลี่ยนกลับคืนมา (ความร้อนแฝง) อิทธิพลของกลไกทั้ง 3 ข้อเกิดขึ้นรวมกันทำให้เกิดลักษณะเฉพาะของมรสุมขึ้น คือ มีการพลิกกลับของลมและฝน นักภูมิอากาศวิทยาได้แบ่งลมมรสุมเป็นสองชนิด คือ

2.1.1 **ลมมรสุมฤดูร้อน** เป็นลมที่พัดจากทะเลและมหาสมุทรเข้าสู่ภาคพื้นทวีป โดยที่ในฤดูร้อนนั้นดินแดนบนภาคพื้นทวีปได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มากกว่าภาคพื้นน้ำ ทำให้บริเวณภาคพื้นทวีปมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นน้ำ ก่อให้เกิดลมพัดจากทะเลเข้าสู่แผ่นดิน ซึ่งจะนำความชื้น และไอน้ำ จากพื้นน้ำเข้ามาสู่แผ่นดินทำให้มีฝนตกในบริเวณที่ลมนี้พัดผ่าน ลมมรสุมนี้จะปกคลุมอยู่ในเดือน พฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม

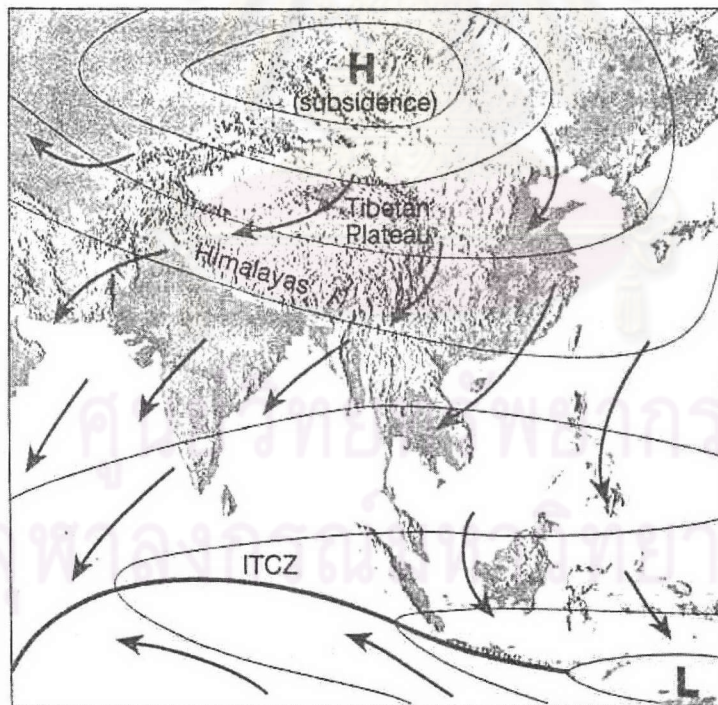
2.1.2 **ลมมรสุมฤดูหนาว** เป็นลมที่เกิดขึ้นเนื่องจากการที่อุณหภูมิของอากาศบนแผ่นดินนั้นต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศที่อยู่เหนือพื้นน้ำทำให้เกิดลมพัดจากภาคพื้นดินไปสู่ทะเลหรือมหาสมุทร โดยที่ลมมรสุมนี้จะนำความเย็นและความแห้งแล้งมาสู่ดินแดนที่ลมมรสุมนี้พัดผ่าน และจะนำฝนไปด้วยถ้าลมนี้พัดผ่านบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำก่อนที่จะเข้าสู่แผ่นดิน โดยที่ลมนี้จะพัดอยู่ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน



รูปที่ 2.1 บริเวณพื้นที่ที่มีการเกิดมรสุม (Ramage, 1971)

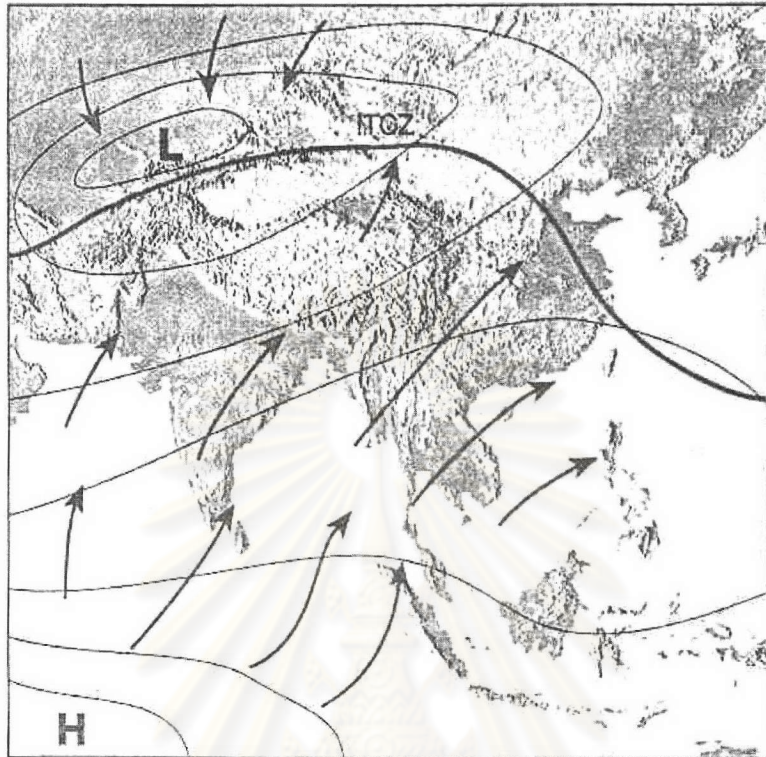
Cheang (1977) ได้กล่าวว่า ลักษณะอากาศที่สำคัญในเขตร้อนที่มีความเกี่ยวข้องกับมรสุม คือ ร่องความกดอากาศต่ำหรือแนวปะทะเขตร้อน (Intertropical Convergence Zone: ITCZ) ซึ่งร่องความกดอากาศต่ำหรือแนวปะทะเขตร้อน เป็นแนวปะทะระหว่างอากาศซีกโลกเหนือ

และซีกโลกใต้ที่คาดไปรอบ ๆ โลกคล้ายกับเส้นศูนย์สูตรของอากาศ เกิดขึ้นเนื่องจากขณะที่บริเวณที่ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่มีอุณหภูมิสูง อากาศจะลอยตัวสูงขึ้น ประกอบกับโลกหมุนจากตะวันตกไปตะวันออก และบริเวณละติจูดต่ำ ๆ ประมาณ 0-30 องศาเหนือ และ ใต้ พื้นโลกจะหมุนเร็วกว่าอากาศที่ห่อหุ้มโลกอยู่บริเวณละติจูดสูงขึ้นไป จึงเกิดลักษณะลมจากฝ่ายตะวันออกขึ้น เรียกว่า ลมสินค้า (Trade Wind) ตั้งแต่เส้นศูนย์สูตรขึ้นไปซีกโลกเหนือ เรียกว่า ลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนในซีกโลกใต้ เรียกว่า ลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ ลมทั้งสองนี้จะพัดสอเข้าหากันเป็นแนวตรงเส้นศูนย์สูตร บริเวณที่ลมพัดสอเข้ากันจะมีเมฆมากและมีฝนตก โดยแนวร่องความกดอากาศต่ำนี้จะเคลื่อนที่ตามแนวการโคจรของดวงอาทิตย์ (declination) ดังนั้น จึงมักเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า แนวสอเข้าหากันเขตร้อน (International Convergence Zone) หรือ ร่องมรสุม (Monsoon Trough) ซึ่งก็คือร่องความกดอากาศต่ำนั่นเอง (ปราณี,2532)



รูปที่ 2.2 การไหลเวียนของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และตำแหน่งของ ITCZ

(Frederick et al,1998)



รูป ที่ 2.3 แสดงถึงการไหลเวียนของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กับตำแหน่งของ ITCZ

(Frederick et al,1998)

แรงเครียดของลม (Wind stress)

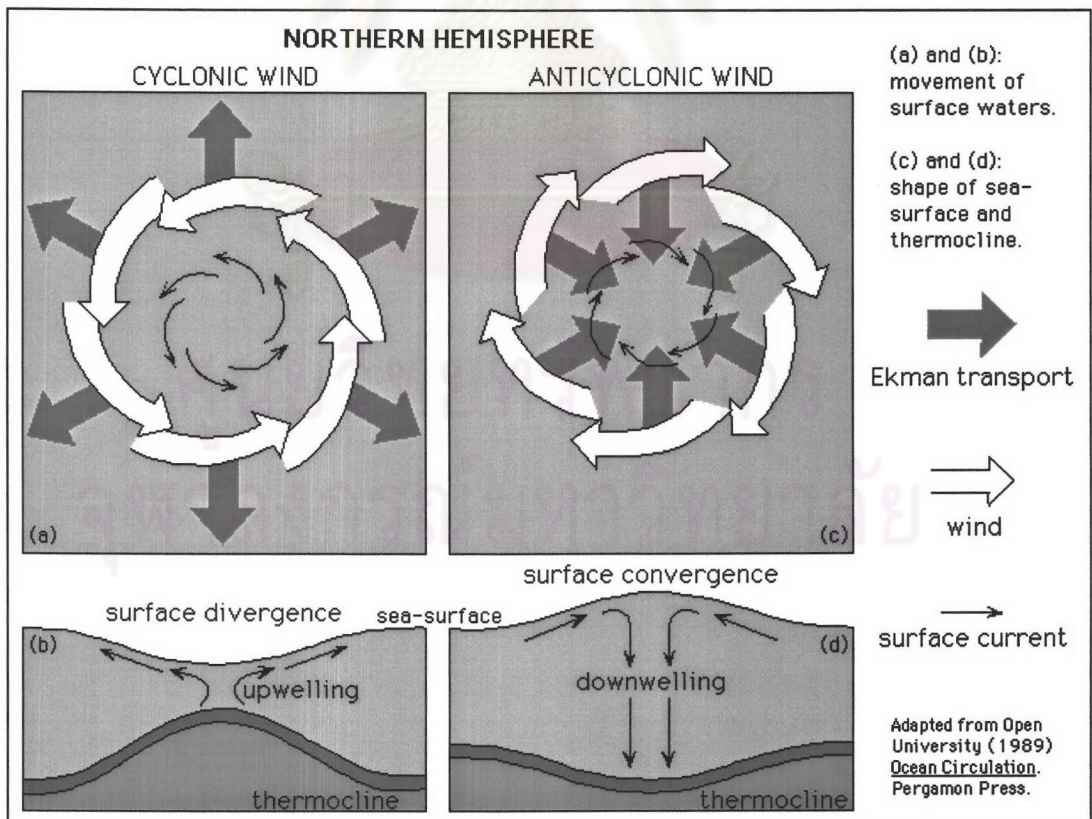
ลมที่พัดผ่านผิวน้ำก่อให้เกิดความเครียดเนื่องจากแรงเสียดทานที่ผิวน้ำในทิศทางที่ลมกำลังพัดไป ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวลน้ำที่ผิวน้ำไปในทิศทางเดียวกับลม แรงเครียดที่กระทำต่อผิวน้ำ มีหน่วยเป็นกรัมต่อเซนติเมตรต่อ(วินาที)² ซึ่งอาจหาได้จากการคำนวณดังนี้

$$\tau = \rho C_D W^2 \quad (1)$$

- เมื่อ τ คือ แรงเครียดของลม มีหน่วยเป็น Dynes/cm² หรือ N/m²
 W คือ ความเร็วของลมที่ผิวน้ำมหาสมุทร มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที
 ρ คือ ความหนาแน่นอากาศที่ผิวพื้น มีหน่วยเป็น kg/m³
 และ C_D คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการเสียดทาน

- เมื่อ ρ_0 คือ ความหนาแน่นของน้ำบริเวณผิวน้ำมหาสมุทร มีหน่วยเป็น kg/m^3
- w คือ ความเร็วของลมที่ผิวน้ำมหาสมุทร มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที
- τ คือ แรงเครียดของลม มีหน่วยเป็น Dynes/cm^2
- f คือ แรงคอริโอลิส มีหน่วยเป็น Kg-m/sec^2
- τ_x คือ แรงเครียดของลมในแนวนอน มีหน่วยเป็น Dynes/cm^2
- τ_y คือ แรงเครียดของลมในแนวตั้ง มีหน่วยเป็น Dynes/cm^2

ส่วนใหญ่การขนส่งของ Ekman ในมหาสมุทรจะเป็นลักษณะเฉพาะ โดยการขนส่งของ Ekman ที่ลู่เข้าหากัน (Ekman transport convergence) หรือน้ำมุดจะบอกได้ด้วยในบริเวณที่ค่า $\text{curl}\left(\frac{\tau}{f}\right)$ เป็นลบ และในบริเวณที่เป็นขนส่งของ Ekman ที่ลู่ออกจากกัน หรือน้ำผุดจะบอกได้ด้วยในบริเวณที่ค่า $\text{curl}\left(\frac{\tau}{f}\right)$ เป็นบวก



รูปที่ 2.5 การขนส่ง Ekman

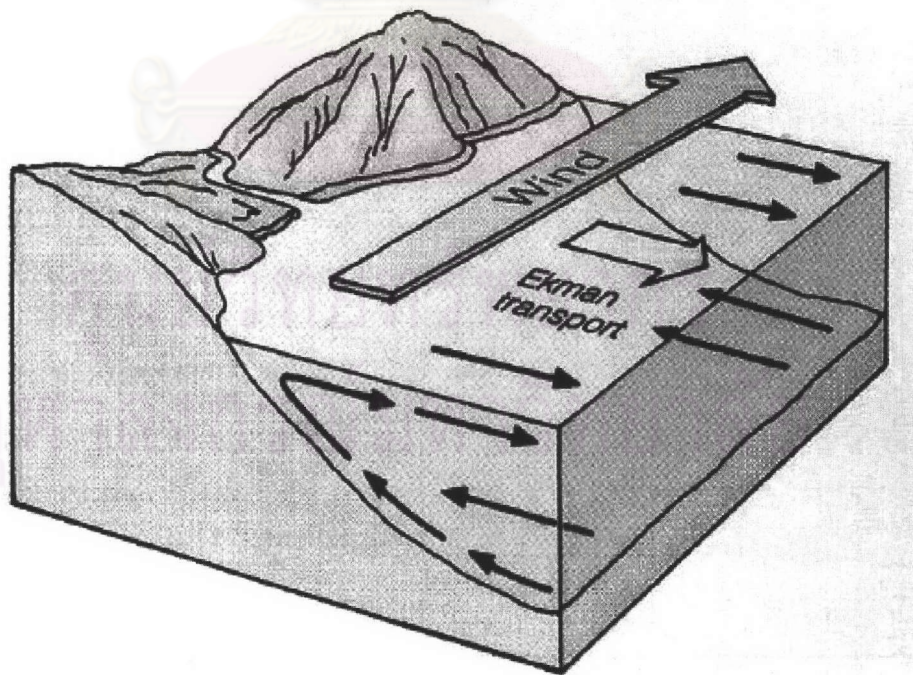
(<http://www.atmo.arizona.edu/students/courselinks/spring03/atmo421/ocean.html>)

ผลของลมพัดตามชายฝั่ง

เมื่อมีลมพัดตามชายฝั่งในบางพื้นที่ ก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำในแนวตั้ง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะของลมที่พัดและชายฝั่ง (พิชาญ, 2527) โดยแบ่งออกได้เป็น

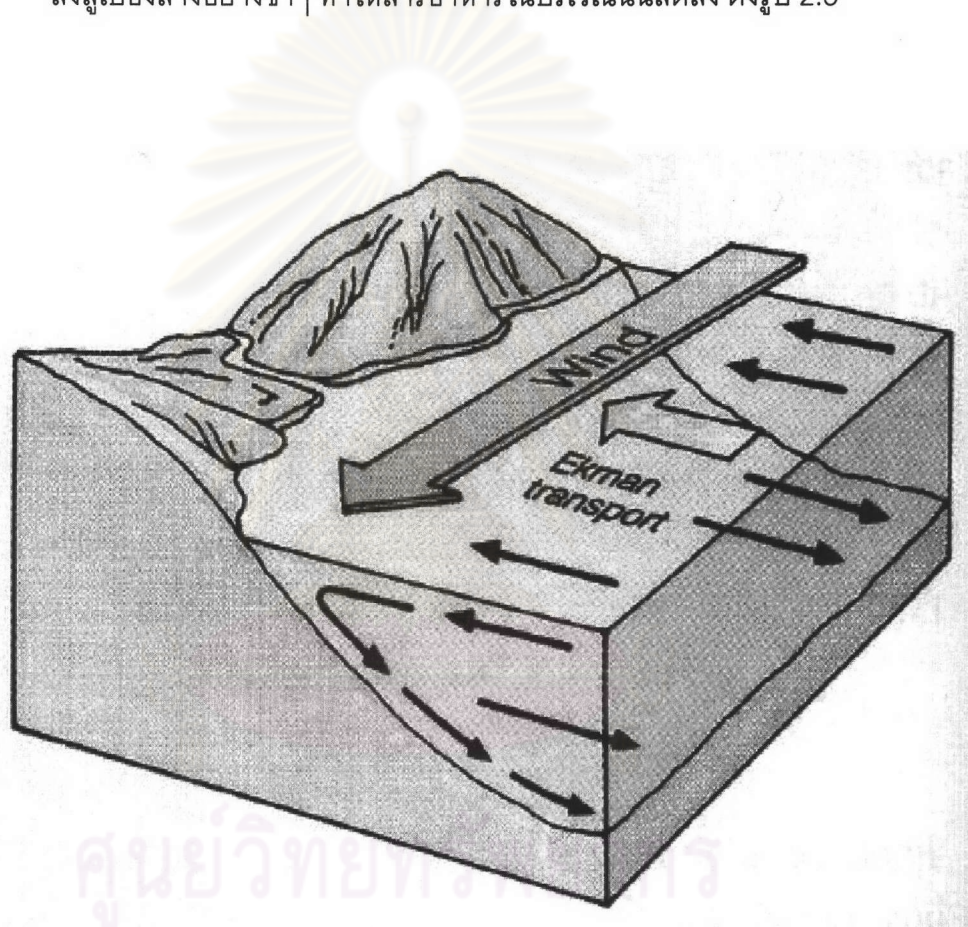
1. การเคลื่อนที่ขึ้นของน้ำหรือน้ำพุต (Upwelling) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อลมพัดขนานกับชายฝั่ง โดยที่ชายฝั่งอยู่ทางด้านซ้ายมือและในขณะที่ลมพัดผ่านจะมีอิทธิพลของแรงโคริโอลิส ทำให้มวลน้ำเคลื่อนตัวออกจากฝั่งในแนวตั้งฉากกับทิศทางลม ทำให้น้ำในที่ลึกกว่าเคลื่อนที่ขึ้นมาแทนที่น้ำที่ถูกพัดพาไป เป็นการเคลื่อนที่ขึ้นอย่างช้าของน้ำที่เย็นกว่าและมีสารอาหารสูง แต่มีออกซิเจนในน้ำต่ำ จากที่ลึก 100-200 เมตร ทำให้บริเวณนั้นเป็นชายฝั่งที่อุดมสมบูรณ์มีผลผลิตสูง ดังรูป 2.4

Error!



รูปที่ 2.6 การเกิดน้ำผุดตามแนวชายฝั่ง (<http://geo.lsa.umich.edu>)

2. การเคลื่อนที่ลงของน้ำหรือน้ำมุด (Downwelling) ปฏิกิริยาการนี้เกิดขึ้นเมื่อลมพัดผ่านผิวน้ำบริเวณชายฝั่ง ซึ่งจะพัดขนานกับชายฝั่งที่อยู่ทางขวามือของทิศทางการเคลื่อนที่ อิทธิพลของแรงโคริโอลิสทำให้มีการพัดพามวลน้ำในแนวตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ ซึ่งจะทำให้น้ำมารวมตัวกันตามบริเวณชายฝั่งมากยิ่งขึ้น และมีการจมตัวลงสู่เบื้องล่างอย่างช้าๆ ทำให้สารอาหารในบริเวณนั้นลดลง ดังรูป 2.5



รูปที่ 2.7 การเกิดน้ำมุดตามแนวชายฝั่ง (<http://geo.lsa.umich.edu>)

หลักการเบื้องต้นของดาวเทียม

1. หลักของการสำรวจจากระยะไกล

การสำรวจระยะไกลเป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแขนงหนึ่งที่ใช้ในการจำแนกหรือวิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุต่างๆโดยปราศจากการสัมผัสโดยตรง

พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกมาจากวัตถุนั้นๆมักเป็นต้นกำเนิดของข้อมูลที่ใช้สำรวจระยะไกล อย่างไรก็ตามก็ตีตัวกลางอื่นๆ เช่นความโน้มถ่วง หรือสนามแม่เหล็ก ก็อาจนำมาใช้ในการสำรวจระยะไกลได้เช่นกัน นั่นคือวัตถุแต่ละชนิดหรือสภาพแวดล้อมเป็นคนละประเภทกัน จะมีลักษณะการสะท้อนแสงหรือการแผ่รังสีเฉพาะตัวและแตกต่างกันไป ดังนั้นการสำรวจจากระยะไกลเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการจำแนกและเข้าใจวัตถุหรือสภาพแวดล้อมต่าง ๆ จากลักษณะเฉพาะตัวในการสะท้อนแสงหรือแผ่รังสี

2. ย่านความยาวคลื่นของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า

ย่านพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการสำรวจจากระยะไกลได้แก่ ช่วงคลื่นเหนือม่วง (Ultraviolet) มีความยาวคลื่น 0.3-0.4 ไมโครเมตร ช่วงคลื่นตามองเห็น (Visiblelight) 0.4-0.7 ไมโครเมตร ช่วงคลื่นรังสีใต้แดง (Infrared ; IR) อินฟราเรดใกล้ อินฟราเรดไกล และอินฟราเรดความร้อน มีความยาวคลื่น 0.7-14 ไมโครเมตร (คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ,2540) ดังตารางที่ 2.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

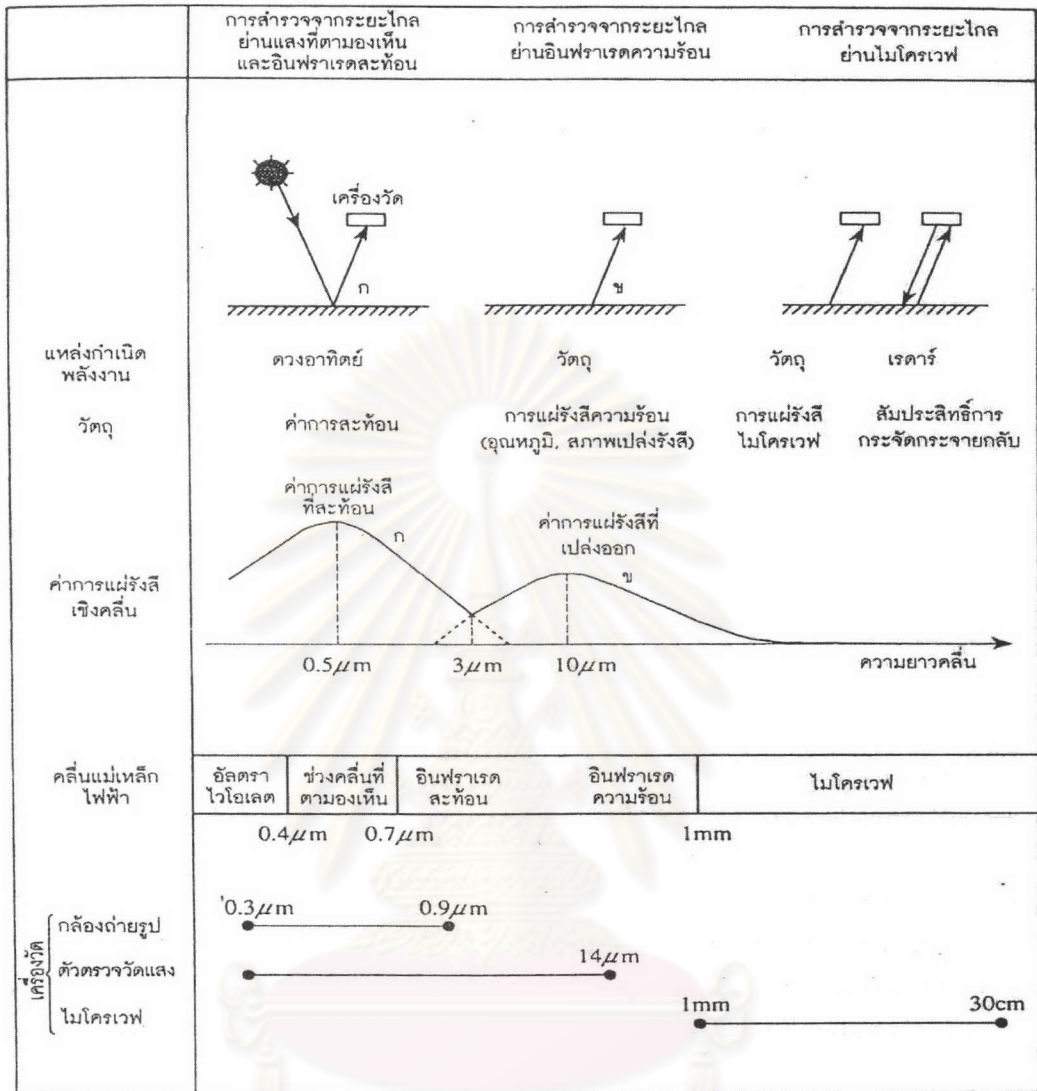
ตารางที่ 2.1 การแบ่งแยกความยาวคลื่นตามพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า
(คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540)

ประเภท		ความยาวคลื่น	ความถี่
อัลตราไวโอเล็ต		100Å – 0.4 μm	750 - 3,000 THz
แสงที่ตามองเห็น		0.4 – 0.7 μm	430 - 750 THz
อินฟราเรด	อินฟราเรดใกล้	0.7 – 1.3 μm	230 - 430 THz
	อินฟราเรดคลื่นสั้น	1.3 – 3 μm	100 - 230 THz
	อินฟราเรดคลื่นกลาง	3 – 8 μm	38 - 100 THz
	อินฟราเรดความร้อน	8 – 14 μm	22 - 38 THz
	อินฟราเรดไกล	14 μm – 1 mm	0.3 - 22 THz
คลื่นวิทยุ	มิลลิเมตรย่อย		0.1 - 1 mm 0.3 - 3 THz
	ไมโครเวฟ	มิลลิเมตร (EHF)	1 - 10 mm 30 - 300 GHz
		เซนติเมตร (SHF)	1 - 10 mm 3 - 30 GHz
		เดซิเมตร (UHF)	0.1 - 1 mm 0.3 - 3 GHz
	คลื่นสั้นมาก (VHF)	1 - 10 m 30 - 300 MHz	
	คลื่นสั้น (HF)	10 - 100 m 3 - 30 MHz	
	คลื่นกลาง (MF)	0.1 - 1 km 0.3 - 3 MHz	
	คลื่นยาว (LF)	1 - 10 km 30 - 300 KHz	
	คลื่นยาวมาก (VLF)	10 - 100 km 3 - 30 KHz	

3. การแยกประเภทของการสำรวจจากระยะไกลตามย่านความยาวคลื่น

สำรวจจากระยะไกลสามารถจำแนกออกตามย่านความยาวคลื่นได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1. การสำรวจระยะไกลย่านแสงที่ตามองเห็นและอินฟราเรดสะท้อน (Visible and reflection infrared remote sensing)
2. การสำรวจระยะไกลย่านอินฟราเรดความร้อน (Thermal infrared)
3. การสำรวจระยะไกลย่านไมโครเวฟ (Microwave remote sensing)



รูปที่ 2.8 ประเภทของการสำรวจจากระยะไกลที่สัมพันธ์กับความยาวคลื่นรวม 3 ประเภท (คณะกรรมาธิการแห่งชาติ, 2540)

การสำรวจระยะไกลย่านไมโครเวฟ (Microwave remote sensing)

ใช้การแผ่รังสีในช่วงคลื่นที่มีความยาวประมาณ 1-10 เซนติเมตร ทำให้สามารถทำการสำรวจได้ในทุกสภาพอากาศโดยปราศจากขีดจำกัดของเมฆและฝน ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบสำหรับช่วงคลื่นที่ตามองเห็น และช่วงคลื่นอินฟราเรดไม่สามารถทำได้ ยิ่งกว่านั้นการสำรวจระยะไกลในช่วงคลื่นไมโครเวฟยังทำให้ข้อมูลพิเศษเฉพาะตัว เป็นต้นว่า ลมทะเลและทิศทางของคลื่น ซึ่งหาได้จากคุณ

สมบัติความถี่ ผลเชิงดอปเปลอร์ การโพลาไรซ์ และการกระเจิงกลับ ฯลฯ (คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ,2540)

เครื่องวัดในย่านไมโครเวฟมี 2 ชนิด คือ

1. **แอกทีฟ (Active)** ตัวเครื่องวัดจะรับคลื่นพลังงานจากการกระเจิงกลับจากวัตถุบนพื้นดิน โดยวัตถุบนพื้นดินจะได้รับคลื่นไมโครเวฟ เช่น ซินทีเนติกอเพอเจอร์เรดาร์ (Synthetic Aperture Radar : SAR) ไมโครเวฟสแคตเทอโรมิเตอร์ (Microwave Scatterometer)
2. **พาสซีฟ (Passive)** ตัวเครื่องวัดจะรับคลื่นไมโครเวฟที่เปล่งออกมาโดยตรงจากวัตถุบนพื้นดิน เช่น เครื่องวัดคลื่นไมโครเวฟ(Microwave) หรือไมโครเวฟเรดิโอ (Microwave Radio)

ตารางที่ 2.2 ความถี่ของเครื่องวัดในย่านไมโครเวฟชนิดแอกทีฟในการตรวจเป้าหมายหลัก
(คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ,2540)

ความถี่(GHz)	เป้าหมายที่เฝ้าตรวจ
ประมาณ 1	คลื่นในมหาสมุทร
ประมาณ 3	ธรณีวิทยา
ประมาณ 5	ปริมาณความชื้นในดิน
ประมาณ 10	ฝนตก
ประมาณ 14	ลม, น้ำแข็ง และจ๊อยด์
ประมาณ 17	พืชพรรณ
ประมาณ 35	หิมะ
ประมาณ 75	เมฆ

ตารางที่ 2.3 เครื่องวัดจากระยะไกลในย่านไมโครเวฟ (คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ,2540)

เครื่องวัด		เป้าหมาย
เครื่องวัดชนิดพาสซีฟ	ไมโครเวฟ เรดิโอมิเตอร์	ลมใกล้ผิวน้ำทะเล อุณหภูมิผิวน้ำทะเล สภาวะของทะเล ความเค็ม, น้ำแข็งทะเล ไอน้ำ ปริมาณน้ำในเมฆ ความเข้มของหยาดน้ำฟ้า อุณหภูมิอากาศ, ลม ไอโซน, ละอองลอย, NO _x ส่วนประกอบของบรรยากาศอื่น ๆ
เครื่องวัดชนิดแอทีฟ	ไมโครเวฟ สแคตเทอโรมิเตอร์	ปริมาณความชื้นในดิน ความขรุขระของพื้นดิน การกระจายตัวของน้ำแข็งในทะเลสาบ การกระจายตัวของน้ำแข็งในทะเล การกระจายตัวของหิมะ มวลชีวภาพ อุณหภูมิผิวน้ำทะเล สภาวะของทะเล ไอน้ำ ความเข้มของหยาดน้ำฟ้า คลื่นในมหาสมุทร ลมใกล้ผิวน้ำทะเล ทิศทางและความเร็วลม
	ไมโครเวฟ อัลติมิเตอร์	ความสูงต่ำของผิวน้ำทะเล, จีอออยด์ ความสูงของคลื่นในมหาสมุทร การเปลี่ยนแปลงของกระแสในมหาสมุทร การไหลวนขนาดปานกลาง, น้ำขึ้น น้ำลง ความเร็วลม
	เรดาร์ถ่ายภาพ	ภาพของผิวน้ำ คลื่นมหาสมุทร ลมใกล้ผิวน้ำทะเล, ลม ภูมิประเทศ และธรณีวิทยา ภูมิประเทศใต้น้ำ การเฝ้าตรวจน้ำแข็งทะเล

หลักการเบื้องต้นของสแคตเทอโรมิเตอร์

สแคตเทอโรมิเตอร์ (Scatterometer) จะส่งสัญญาณไมโครเวฟออกไปยังพื้นผิวโลกและวัดกำลังของการกระเจิงกลับ (Back Scatter) จากพื้นผิวที่ขรุขระ ซึ่งความขรุขระนี้อาจจะอธิบายถึงลักษณะสำคัญของน้ำแข็งที่ขั้วโลกหรือใช้อธิบายเกี่ยวกับพืชพันธุ์ที่อยู่บนพื้นดินได้เช่นกัน สำหรับมหาสมุทรซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 3/4 ของพื้นผิวโลก การกระเจิงกลับมีทั้งขนาดใหญ่ไปจนถึงขนาดเล็กเป็นเซนติเมตร (Robinson L.S., 1985)

ความคิดในการสำรวจระยะไกลของลมผิวพื้นมหาสมุทรเป็นพื้นฐานจากความเชื่อว่าพื้นผิวที่เป็นลอนนับได้ว่าเป็นความสมดุลของแรงเครียดของลม โดยเริ่มต้นมีการวัดจากการทดลองบนเครื่องบิน Jones et al.(1978) ซึ่งยืนยันว่ามุมที่ชัดเจนที่สุดนั้นใหญ่กว่า 20 องศา สัมประสิทธิ์การกระเจิงกลับเพิ่มขึ้นตามความเร็วลม และยังได้อธิบายถึงลักษณะเฉพาะของการกระเจิงกลับไม่เพียงแต่ขนาดของแรงเครียดของลม(Wind stress) จะขึ้นอยู่กับ ทิศทางลมที่สัมพันธ์กับทิศของลำเรดาร์(มุมมองของเรดาร์) รวมทั้งความสามารถของการวัดทั้งกำลังลมและทิศทางลม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของสแคตเทอโรมิเตอร์

การวัดลมทะเล

การวัดลมทะเลไม่สามารถทำได้โดยตรง แต่ทำได้โดยอ้อมด้วยกระบวนการสองอย่างคือการวัดคลื่นไมโครเวฟซึ่งกระเจิงกลับจากผิวทะเล กับความสัมพันธ์ระหว่างลมทะเลกับความสูงของคลื่นทะเล การวัดลมทะเลกระทำได้โดยการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การกระเจิงกลับ σ^0 โดยใช้ไมโครเวฟสแคตเทอโรมิเตอร์ โดยที่เครื่องมือนี้จะส่งคลื่นไมโครเวฟออกไปยังพื้นผิวมหาสมุทรและรับพลังงานในการกระเจิงกลับจากผิวมหาสมุทร การเปลี่ยนแปลงในกำลังลมเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนความขรุขระของพื้นผิวมหาสมุทร ได้มีการดัดแปลงภาคตัดขวางเรดาร์(σ_0)ของมหาสมุทรและขนาดกำลังของการกระเจิงกลับ ซึ่งภาคตัดขวางของการกระเจิงกลับจะแปรผันกับกำลังลมและทิศทางลม เมื่อวัดที่มุมของรังสีหรือแสงที่ตกกระทบกับผิวหน้ามีขนาดปานกลาง การวัดภาคตัดขวางเรดาร์นี้ต้องการทิศทางที่หลากหลายและถูกวางอย่างเหมาะสมเกือบจะเป็นเวลาเดียวกัน เพื่อที่จะแก้ปัญหาทิศทางและกำลังลม (Siripong,2003)

ประวัติการศึกษาสแคตเตอร์โรมิเตอร์

ได้มีการส่งสแคตเตอร์โรมิเตอร์ครั้งแรกไปกับยานอวกาศสกายแลป (Sky lap) ในปี 1973 และ 1974 ซึ่งพบว่าสแคตเตอร์โรมิเตอร์สามารถปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดี ดาวเทียม Seasat_A Scatterometer (SASS) ทำงานจากเดือนมิถุนายนถึงตุลาคมในปี 1978 ซึ่งได้พิสูจน์ความถูกต้องของการวัดลมความเร็วลมจากอวกาศ และการวัดภาคตัดขวางของดาวเทียม SASS มีการใช้ลักษณะสำคัญของแบบจำลองที่ได้จากการทดลองของความสัมพันธ์ของการกระเจิงกลับกับความเร็วลม และข้อมูล SASS มีการนำมาประยุกต์ใช้อย่างมากมายในการศึกษาทางสมุทรศาสตร์และอุตุนิยมวิทยา ต่อมาได้ส่งยานสำรวจ European Space Agency's Earth Remote Sensing (ERS-2) ขึ้นไป เพื่อให้มีการปฏิบัติการที่ต่อเนื่องจากดาวเทียม ERS-1 ในวันที่ 7 กรกฎาคม 1991 โดยเครื่องมือที่ใช้ มีการวัดลมด้วยสแคตเตอร์โรมิเตอร์ที่ช่วงความถี่ ซีแบนด์ (C-band) ต่อมาในปี 1996 เดือน สิงหาคม ได้มีการส่ง NSCAT ขึ้นไปกับยานอวกาศ ADOES-1 (Midori) เป็นการใช้แนวกวีซีคิว มีความละเอียดในการถ่ายภาพ 25 กิโลเมตร โดยใช้คลื่นความถี่ Ku-band และอยู่ได้ประมาณ 10 เดือนเท่านั้น หลังจากนั้นก็สูญเสียดาวเทียมดวงนี้ไปในเดือน มิถุนายน ปี 1997 และได้มีการส่งดาวเทียม QuikSCAT ขึ้นไปในอวกาศเพื่อทำการเก็บข้อมูลลมในมหาสมุทรต่อเนื่องจาก NSCAT ที่สูญหายไป (<http://www.ifremer.fr/cersat/english>)

ดาวเทียม QUIKSCAT

เครื่องมือซีวินด์ (SeaWind) บนดาวเทียม QUIKSCAT เป็นเรดาร์ไมโครเวฟ โดยมีความถี่ 13.4 กิกะเฮิร์ต ใช้วัดทิศลมและกำลังลมที่อยู่ใกล้กับพื้นผิวน้ำทะเล สามารถตรวจได้ทุกสภาพอากาศ ถึงแม้จะมีเมฆปกคลุมบริเวณมหาสมุทรก็ตามดาวเทียม QUIKSCAT ถูกปล่อยขึ้นในอวกาศ เมื่อวันที่ 19 มิถุนายน 1999 ตามแนวโคจรของดวงอาทิตย์ (Sun-synchronous) ที่ระยะความสูง 803 กิโลเมตร จะโคจรข้ามเส้นศูนย์สูตรเมื่อเวลา 6.00 A.M. ± 30 นาที (<http://www.ifremer.fr/cersat/english>)

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องมือซีวินด์ (<http://www.ifremer.fr/cersat/english>)

ความถี่	13.4 กิกะเฮิรต์
ความสูง	803 กิโลเมตร
ความกว้างของแนวถ่าย	1,800 กิโลเมตร
รายละเอียด	25 กิโลเมตร

ทฤษฎีของการวัดสีของน้ำทะเล (Theory of Measurement)

การสำรวจสีของน้ำทะเลจากระยะไกล เป็นหลักการเบื้องต้นของการทำปฏิกริยากับแสงของอนุภาคและสารละลายแขวนลอยที่อยู่ในน้ำ ในมหาสมุทรเปิดโมเลกุลของน้ำจะมีการกระเจิงของแสงคล้ายกับการกระเจิงของแสงในอากาศ ทำให้ผลที่ได้มีลักษณะเป็นสีน้ำเงิน การกระเจิงของแสงโดยอนุภาคและการดูดกลืนแสงโดยสารละลาย จะทำให้มีสีเปลี่ยนแปลงไป คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) คือการสังเคราะห์ด้วยแสงของรงควัตถุ โดยปกติจะพบได้ในแพลงค์ตอนพืช ซึ่งเป็นพืชทะเลที่มีขนาดเล็ก และมีความสำคัญในระดับแรก ๆ ของห่วงโซ่อาหาร โดยคลอโรฟิลล์จะดูดกลืนแสงสีแดงและสีน้ำเงินในแบนด์ช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (Visible light) และสะท้อนออกมาในรูปแสงสีเขียว ถ้าความเข้มข้นของแพลงค์ตอนพืชเพิ่มขึ้น สีของน้ำจะปรากฏสีเขียวเพิ่มมากขึ้น การดูดกลืนแสงโดยคลอโรฟิลล์สามารถบอกจำนวนความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในน้ำได้ ซึ่งจะสามารถใช้เพื่อประมาณความอุดมสมบูรณ์ของแพลงค์ตอนพืชในบริเวณนั้นได้

ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ อาจจะไม่มีความซับซ้อนและยุ่งยากได้เพราะการปรากฏของแสงที่กระเจิงมาจากพวกอนุภาคนิทรียวัตถุในน้ำ ซึ่งความเข้มข้นของอนุภาคโดยทั่วไปจะเพิ่มขึ้นตามบริเวณชายฝั่ง เช่น สีของน้ำที่อยู่ใกล้ชายฝั่งที่มีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์สูง แต่แทนที่จะสะท้อนออกมาในรูปแสงสีเขียวกลับสะท้อนออกมาเป็นสีน้ำตาลหรือน้ำตาลแดง เนื่องจากมีปรากฏการณ์การกระเจิงของแสงจากพวกอนุภาคของอนิทรียวัตถุในน้ำ ซึ่งเป็นการยากที่จะแยกแสงออกจากคลอโรฟิลล์ (Kempner, 2000)

เครื่องมือ ซีวีฟส์ (SeaWiFS)

เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดสีของน้ำทะเลซึ่งจะมีอยู่ 8 ช่องสัญญาณ เป็นเครื่องมือวัดรังสีในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้ (Visible light radiometer) รายละเอียดของเครื่องมือแสดงไว้ในตารางที่ 2.5 โดยที่ศูนย์กลางของความยาวคลื่นทั้ง 8 แบนด์ของซีวีฟส์ จะแบ่งตามการใช้เบื้องต้นของความยาวคลื่น ในแบนด์ที่ 1-6 มีความกว้าง 20 นาโนเมตร และ แบนด์ที่ 7-8 มีความกว้าง 40 นาโนเมตร (ตารางที่ 2.6) (Kempler,2000)

ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียดของเครื่องมือซีวีฟส์ (Kempler,2000)

	Local Area Coverge (LAC)	Global Aerea Coverage (GAC)
ความสูง	705 กิโลเมตร	705 กิโลเมตร
รายละเอียด	1.1 กิโลเมตร	4.5 กิโลเมตร
ความกว้างของแนวถ่ายภาพ	2,801 กิโลเมตร (58.3 องศา)	1,502 กิโลเมตร (45.0 องศา)
เวลาที่โคจรกลับมาที่เดิม	1วัน	
วงโคจร	ตามแนวการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์	
เวลาที่เคลื่อนที่ข้ามเส้นศูนย์สูตร	12.05 PM \pm 15 นาที	

ตารางที่ 2.6 กึ่งกลางของความยาวคลื่นทั้ง 8 แบนด์ของซีวีฟส์ ตามการใช้เบื้องต้นของความยาวคลื่น แบนด์ที่ 1-6 มีความกว้าง 20 นาโนเมตร และ แบนด์ที่ 7-8 มีความกว้าง 40 นาโนเมตร (Kempler,2000)

Band	Center wavelength (nm)	color	Primary use
1	412 (402-422)	Violet	Dissolved organic matter
2	443 (433-453)	Blue	Chlorophyll absorption
3	490 (480-500)	Blue - green	Pigment absorption , Attenuation coefficient
4	510 (500-520)	Blue - green	Chlorophyll absorption
5	555 (545-565)	Green	Pigment , optical properties , sediment
6	670 (660-680)	Red	Atmospheric correction and sediment
7	765 (745-785)	Near IR	Atmospheric correction , aerosol radiance
8	865 (845-885)	Near IR	Atmospheric correction , aerosol radiance

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Edmand Hallery (1686) ได้กล่าวไว้ว่า มรสุมขึ้นอยู่กับความแตกต่างของ ความร้อนระหว่างแผ่นดินกับทะเลและจากการศึกษาต่อมาพบว่ามรสุมเกิดจากพื้นที่บนผิวโลกได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากันทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นทวีปกับพื้นน้ำ จึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น และลมที่พัดปกคลุมบริเวณนั้นๆ และยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับมรสุม นั่นคือสภาพภูมิประเทศ ซึ่งโดยทั่วไปในช่วงฤดูร้อนพื้นทวีปจะมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นน้ำทะเล ทำให้ลมเคลื่อนที่จากทะเลมาสู่มหาสมุทรไปยังพื้นแผ่นดินและในช่วงฤดูหนาวรูปแบบของลมจะตรงกันข้าม คือลมจะเคลื่อนที่จากพื้นแผ่นดินไปสู่มหาสมุทรและบ่อยครั้งในช่วงฤดูร้อนมักจะมีฝนตกหนัก เนื่องจากลักษณะอากาศที่เกี่ยวข้องกับมรสุมนั้นคือร่องความกดอากาศต่ำหรือแนวปะทะเขตร้อน (Intertropical Convergence Zone: ITCZ) ซึ่ง Cheang (1977) ได้กล่าวถึงร่องความกดอากาศต่ำไว้ว่า เป็นลักษณะอากาศที่สำคัญอย่างหนึ่งของมรสุมฤดูร้อนหรือมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ของบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยร่องนี้จะพัดผ่านจากบริเวณ

มหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกผ่านเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อ่าวเบงกอล จนถึงมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งร่องนี้จะมีความชันสูง มีฝนตกหนักและมีพายุฝนฟ้าคะนองเกิดขึ้นบ่อยตามแนวร่องความกดอากาศต่ำ ผลของคอริโอลิส (Coriolis) และความซับซ้อนของสภาพภูมิประเทศมีอิทธิพลต่อการไหลเวียนของมรสุมและการกระจายของน้ำฝน ในช่วงที่มรสุมสงบหรือมีกำลังอ่อน (dormant phase) จะมีลักษณะอากาศแจ่มใสและร้อน การเปลี่ยนแปลงของมรสุมในช่วงที่มีกำลังอ่อนหรือช่วงที่สงบ (dormant phase) มาเป็นช่วงที่มีกำลังแรง (active phase) ทำให้มีฝนตกหนักในแผ่นดิน ความต่อเนื่องกันของช่วงที่มรสุมสงบกับช่วงที่มรสุมมีกำลังแรง จะเกิดขึ้นทุกๆ 15-20 วัน ในช่วงระหว่างเวลาที่เป็นมรสุมฤดูฝน

Hiroshi Murakami (1998) ได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณเส้นศูนย์สูตรในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิก ในช่วงระหว่างเวลาการเปลี่ยนแปลงไปสู่ปรากฏการณ์เอลนีโญ (El-Nino) จากปี 1996 ถึงปี 1997 โดยการเฝ้าติดตามของ ADEOS/OCTS โดยใช้ข้อมูลจาก NASA-Scattrometer (NSCAT) เป็นการเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงของลมและใช้ข้อมูลจาก OCTS วัดระดับความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอ และ อุณหภูมิที่ผิวน้ำทะเล จากการศึกษาพบว่าระดับความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอ นั้นเปลี่ยนแปลงไปในช่วงระหว่างเวลาเริ่มต้นของการเกิดเอลนีโญและระดับความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอ แสดงให้เห็นอยู่ทางทิศตะวันตกของลมที่ผลักดันอยู่ในตอนกลางและทางตะวันออกของเส้นศูนย์สูตรแปซิฟิก ต่อมาในปี ค.ศ.1999 Liu&Xie ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของลมมรสุมของ เอเชียใต้กับการตอบสนองของมหาสมุทรโดยใช้ดาวเทียมได้เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของมรสุม ในทะเลจีนใต้ (South China Sea) และทะเลอาหรับ (Arabian Sea) จากการติดตามของดาวเทียมโดยใช้ Microwave Scatterometer กับ radiometers พบว่าการตอบสนองของมหาสมุทรเนื่องจาก แรงของ wind stress และ Latent heat flux เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของลมมรสุมซึ่งทำให้ อุณหภูมิที่ผิวน้ำและระดับน้ำทะเลเปลี่ยนแปลงไป และต่อมา S.R.Sigoroni et al.(1999) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ ความผันแปรของ ระดับคลอโรฟิลล์ที่ผิวน้ำทะเลในบริเวณเขตร้อนและเขตอบอุ่นของมหาสมุทรแอตแลนติก โดยใช้ภาพของ SeaWiFS เป็นตัวทดสอบ และใช้ข้อมูลของ TOPEX/Poseidon ซึ่งแสดงถึงแรงของลมที่กระทำต่อผิวน้ำทะเล พบว่าบริเวณที่มีคลอโรฟิลล์มากนั้นมีความสัมพันธ์กับกระบวน ทางฟิสิกส์

Siripong (2000) ได้ศึกษาถึงความผันแปรของคลอโรฟิลล์-เอ ในอ่าวไทยโดยใช้ข้อมูล ADEOS/OCTS และยังได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์-เอกับลมมรสุม จากการศึกษพบว่าในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะมี Plankton Bloom เกิดขึ้นมากที่สุด แสดงว่ามีสารอาหารเกิดขึ้นมากในช่วงมรสุมนี้ และต่อมา Siripong et al.(2000) ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของคลอโรฟิลล์-เอ อุณหภูมิ และลมมรสุม ในมหาสมุทรอินเดีย โดยใช้ข้อมูลจาก ADEOS/OCTS และ NSCAT

Kas Yapa (2000) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการผันแปรตามฤดูกาลของ คลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวน้ำทะเลบริเวณโดยรอบศรีลังกา โดยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล การเปลี่ยนสีน้ำทะเลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อมของศรีลังกา ซึ่งสามารถรับข้อมูลได้จาก Coastal Zone Colour Scanner (CZCS) โดยทำการวิเคราะห์จากข้อมูลดิบที่มีความละเอียด 1 กม.และเป็นวันที่ค่อนข้างไม่มีเมฆมาบดบัง ในระหว่างปี 1978-1986 โดยศึกษาคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณละติจูด 4.5-11 องศาเหนือ ลองจิจูด 78-85 องศาตะวันออก โดยได้ภาพของแต่ละวันประมาณ 110 ภาพ และภาพจากการเฉลี่ยแต่ละเดือนรวมทั้งเฉลี่ยแต่ละฤดูกาล ยกเว้นในเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน ไม่ทำการศึกษาเนื่องจากข้อมูลมีไม่เพียงพอ การศึกษาพบว่าความเข้มข้นของ คลอโรฟิลล์-เอ มีสูงบริเวณอ่าว Manner และอ่าว Palk ซึ่งสามารถเห็นได้ตลอดปี อย่างไรก็ตาม ในส่วนที่เห็นเป็นเงา (< 100 m) ค่าที่สูงขึ้นของ คลอโรฟิลล์-เอ อาจเกิดจากอนุภาคแขวนลอยอื่น ๆ หรือสารละลายอินทรีย์วัตถุก็ได้ บริเวณที่มีความเข้มข้นของ คลอโรฟิลล์-เอ สูง (0.5 mg/m^3) ตลอดความยาวของชายฝั่งและบริเวณทะเลด้านตะวันตก ซึ่งสามารถเห็นได้ในเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายนในช่วง ฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

Shen et al. (2001) ได้ใช้ Sea WiFS สังเกตการแพร่กระจายของ คลอโรฟิลล์บริเวณทะเล โดยได้รับข้อมูล Sea WiFS ตั้งแต่เดือนกันยายน 1999 ซึ่งได้รวบรวมข้อมูลบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ไร่มากกว่า 1,200 ข้อมูล และได้มีการพัฒนาโปรแกรมจากโปรแกรม SeaDAS ที่สร้างขึ้นโดย NASA ข้อมูลที่ได้จะประกอบด้วยแผนที่การกระจายของ คลอโรฟิลล์-เอ ในรายละเอียดของภาพประมาณ 1 กม.และเป็นวันที่ไม่ค่อยมีเมฆปกคลุม จากการศึกษพบว่า การเปลี่ยนแปลงของ คลอโรฟิลล์-เอ มีให้เห็นในช่วงเวลาสั้น ๆ เช่นเดียวกันกับปรากฏการณ์ red tide ทำให้เกิดมลภาวะที่มีความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมและมีผลกระทบทางเศรษฐกิจ การเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติของการกระจายของ คลอโรฟิลล์-เอ ที่สังเกตในอ่าว Kimanis และ Sabah จะเหมือนกับ

อ่าว Daya (อยู่ใกล้กับฮ่องกง) และพบว่า บริเวณที่เกิดปรากฏการณ์ red tide การกระจายของ คลอโรฟิลล์-เอ จะเห็นได้ค่อนข้างชัดเจนเมื่อเทียบกับช่วงอื่น ๆ

Sagnik et al. (2003) ได้มีการศึกษาการเปรียบเทียบการแพร่กระจายของ คลอโรฟิลล์ โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม IRS-P4 จากการศึกษาพบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิและความเข้มข้นของเกลือในมวลของน้ำมีผลกระทบต่อ การกระจายความเข้มข้นของ คลอโรฟิลล์ โดยความเข้มข้นของ คลอโรฟิลล์จะมีสูงในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เมื่อเทียบกับช่วงก่อนหรือช่วงเปลี่ยน ฤดูมรสุม และเมื่อได้ทำการเปรียบเทียบการแพร่กระจายของ คลอโรฟิลล์บริเวณตะวันออกเฉียงเหนือของทะเลอาราเบียนและทางตอนใต้ของอ่าวเบงกอล พบว่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ บริเวณอ่าวเบงกอลมีปริมาณต่ำกว่าบริเวณตะวันออกเฉียงเหนือของทะเลอาราเบียน โดยช่วงที่มีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์สูง จะอยู่ในช่วงเดือน พฤศจิกายน ถึงเดือนมกราคม และมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยฤดูกาลมีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ส่วนทะเลอาราเบียนจะมีความเข้มข้นของ คลอโรฟิลล์สูงบริเวณอ่าว Kntch และ อ่าว Cambay บริเวณตอนเหนือของทะเลอาราเบียน โดยความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์จะลดลงในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือน มีนาคม และฤดูกาลมีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ คลอโรฟิลล์ได้อย่างชัดเจน

Vinayachandran et al. (2003) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยา บริเวณทะเลโดยรอบของศรีลังกาในช่วงฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยใช้ SeaWiFS และข้อมูล ภาพที่ถ่ายโดยดาวเทียม IRS-P4 ซึ่งดาวเทียมดวงนี้ถูกส่งขึ้นไปในอวกาศเมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม 1999 ที่ระดับความสูง 720 กม.และจะโคจรรอบละ 2 วัน จากการศึกษาโดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำมหาสมุทร อุณหภูมิผิวน้ำทะเล ลม และความผิดปกติของระดับน้ำทะเล พบว่าความเข้มข้นของ คลอโรฟิลล์-เอ จะมีเพิ่มมากยิ่งขึ้นเมื่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเลเย็น ระดับน้ำทะเลต่ำ และมีความลาดเอียงของเส้นอุณหภูมิต่ำขึ้นจากทะเลเข้าไปสู่ฝั่ง บริเวณชายฝั่งจะมีน้ำผุดที่เกิดขึ้นเนื่องจากลมมรสุม ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าระบบทางกายภาพฟิสิกส์ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของสารที่อุดมสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นในระดับผิวน้ำของมหาสมุทร โดยปกติแล้วลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะพัดเข้าสู่ศรีลังกาทางทิศตะวันออกและจะพัดไปสู่อ่าวเบงกอลต่อไป การเคลื่อนที่ในแนวขนานของลมมรสุมทำผิวน้ำมีการยกตัวสูงขึ้น บริเวณชายฝั่งอินเดียไปจนถึงศรีลังกาเป็นบริเวณที่มี คลอโรฟิลล์-เอ อุดมสมบูรณ์ตลอดทั้งช่วงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ สำหรับด้านตะวันออกของศรีลังกาเป็นมหาสมุทรเปิด ทำให้เกิด Ekman pumping มีการหมุนวนของกระแสน้ำที่เรียกว่า Sri

Lanka Dome บริเวณด้านตะวันออกของศรีลังกา ส่งผลให้มีขบวนการน้ำผุดเกิดขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารอาหารเพิ่มขึ้นในบริเวณดังกล่าว

Vinayachandran and Simi Mathew (2003) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ Phytoplankton bloom บริเวณอ่าวเบงกอลในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากพายุหมุน โดยการใช้ภาพถ่าย คลอโรฟิลล์-เอ ที่ได้รับจากดาวเทียมมาศึกษาเกี่ยวกับ Phytoplankton bloom บริเวณอ่าวเบงกอล ในช่วงระหว่างฤดูลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) และวิธีการนี้ยังสามารถบอกได้ถึงสารอาหารที่เพิ่มขึ้น โดยการสำรวจจากความผิดปกติของระดับน้ำทะเลและลม จากข้อมูลภาพถ่าย คลอโรฟิลล์-เอ จาก OCTS และ SeaWiFS ซึ่งแสดงเกี่ยวกับ Phytoplankton bloom บริเวณตะวันตกเฉียงใต้ของอ่าวเบงกอล ในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม พบว่า ความเข้มข้นของ คลอโรฟิลล์-เอ มีการเปลี่ยนแปลงในทางเพิ่มขึ้น โดยจะสูงขึ้นประมาณ 2 mg/m^3 จากเดิมที่มีค่าใกล้เคียงศูนย์ และ Ekman pumping ทำให้เกิดน้ำผุดบริเวณมหาสมุทรเปิด ซึ่งเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงในทางเพิ่มขึ้นของ คลอโรฟิลล์-เอ และหากเกิดพายุหมุนในช่วงเวลานี้ จะทำให้มีความเข้มข้นของ คลอโรฟิลล์-เอ เพิ่มขึ้นเฉพาะบริเวณด้านตะวันตกของอ่าวเบงกอล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย