

กระแสน้ำในมหาสมุทร

(Ocean Currents)

กระแสน้ำ คือ การเคลื่อนไหวของน้ำที่เกิดการหมุนเวียน (Circulation) และทำให้น้ำเคลื่อนที่ ไปได้ระยะทางไกล เช่น ข้ามมหาสมุทร หรือเคลื่อนที่จากเขตร้อนเข้าไปเขตขั้วโลก

1. สาเหตุที่ทำให้เกิดกระแสน้ำ

1.1 พื้นน้ำได้รับความร้อนไม่เท่ากัน

น้ำที่ได้รับความร้อนมากในเขตร้อนและเขตใกล้เส้นศูนย์สูตร จะขยายตัวและไหลไปทางขั้วโลก ส่วนน้ำที่เย็นและมีน้ำหนักมากจากขั้วโลกจะไหลหรือจมลงระดับลึก และเคลื่อนที่มาจากเขตขั้วโลก และเขตร้อนเป็นการหมุนเวียนคงที่

1.2 ลมประจำปีและลมประจำฤดูที่พัดผ่านผิวน้ำ

มีผลต่อทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำ กระแสน้ำจะไหลด้วยความเร็วประมาณ 2% ของความเร็วของลม ทิศทางของกระแสน้ำยังเป็นผลจากการหมุนรอบตัวเองของโลก (Coriolis force) “วัตถุหรือของเหลวใดที่เคลื่อนที่ในแนวอน ในซีกโลกเหนือจะหันเหไปทางขวาของทางเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น ในซีกโลกใต้จะหันเหไปทางซ้ายของทางเคลื่อนที่ของทางวัตถุนั้น” การหันเหจะไม่มีในเขตเส้นศูนย์สูตร แต่จะเพิ่มมากขึ้นทางขั้วโลก ทำให้กระแสน้ำไหลเวียนไปทางขวาตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ และไหลเวียนไปทางซ้ายหรือทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้

1.3 ลักษณะชายฝั่งทะเลรูปร่างของทวีปและที่ตั้งปิดกั้นแอ่งมหาสมุทร

ทำให้กระแสน้ำหันเหไป เช่น ส่วนที่ยื่นออกมาของทวีปอเมริกาใต้จะแบ่งกระแสน้ำศูนย์สูตรให้ไหลไปทางเหนือและทางใต้

1.4 ความแน่นของน้ำ

เกิดจากความเย็นหรือความเค็ม ทำให้เกิดกระแสน้ำในแนวตั้ง หรือเกิดการถ่ายเทของน้ำที่มีความเค็มต่างกัน

น้ำที่มีความแน่นและมีน้ำหนักมากจะไหลไปหาน้ำที่มีน้ำหนักน้อยกว่าในระดับล่าง ส่วนน้ำที่มีความแน่นน้อยและน้ำหนักน้อยจะไหลไปหาน้ำที่มีความแน่นและน้ำหนักมากกว่าทางเบื้องบน

2. ชนิดของกระแสน้ำ

2.1 กระแสน้ำอุ่น (Warm currents) คือกระแสน้ำที่มาจากเขตละติจูดต่ำ และมีทิศทางการเคลื่อนไปทางขั้วโลก และมักจะอุ่นหรือมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำที่อยู่โดยรอบ จึงเรียกว่ากระแสน้ำอุ่น

2.2 กระแสน้ำเย็น (Cool currents) คือกระแสน้ำที่ไหลมาจากเขตละติจูดสูง เข้ามายังเขตอบอุ่น และเขตร้อน จึงเย็นหรือมีอุณหภูมิต่ำกว่าน้ำที่อยู่โดยรอบ เรียกว่า กระแสน้ำเย็น

2.3 ดริฟท์ (Drift) คือ กระแสน้ำบนผิวน้ำที่เคลื่อนที่อย่างช้าๆ ความเร็วเฉลี่ย $2\frac{1}{4}$ ไมล์ต่อชั่วโมง มีผลต่อน้ำไม่ลึกนัก

2.4 เคอเรนท์ (Current) หรือสตรีม (Stream) คือกระแสน้ำที่มีความเร็วสูงขึ้น หรือเป็นกระแสน้ำที่ไหลผ่านพื้นน้ำแคบ เช่นกระแสน้ำฟลอริดา (Florida current) ไหลจากอ่าวเม็กซิโกผ่านช่องแคบระหว่างมลรัฐฟลอริดาและคิวบา

2.5 กระแสน้ำประจำปี คือ กระแสน้ำที่มีทิศทางคงที่ตลอดเวลา และไหลไปเพราะลมประจำปี

2.6 กระแสน้ำประจำฤดู คือ กระแสน้ำที่ไหลไปเพราะลมประจำฤดู จึงมีทิศทางเปลี่ยนไปตามลมประจำฤดู

3. ลักษณะการไหลหมุนเวียนของกระแสน้ำ

3.1 ที่ละติจูดประมาณ 10-20 องศาเหนือ และ 5-15 องศาใต้ มีกระแสน้ำศูนย์สูตรไหลจากทิศตะวันออกไปทางตะวันตกตามทิศทางของลมสินค้า และหันเหไปตามการหมุนรอบตัวเองของโลก กระแสน้ำศูนย์สูตรอาจกว้างถึง 1,000 ไมล์

3.2 ที่ละติจูด 35-45 องศาเหนือ และ 35-70 องศาใต้ มีกระแสน้ำไหลจากทิศตะวันตกมาทางทิศตะวันออก เรียกว่า กระแสน้ำลมประจำตะวันตก (West wind drift)

3.3 ระหว่างกระแสน้ำศูนย์สูตรเหนือและศูนย์สูตรใต้ มีกระแสน้ำไหลจากตะวันตกมาตะวันออก เรียกว่า กระแสน้ำศูนย์สูตรรอกกลับ (Equatorial counter current) จะไหลอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรในเขตลมสงบที่ต่อลัดร้อมเพื่อรักษาระดับของน้ำ

3.4 ทวีปที่ตั้งกันแอ่งมหาสมุทร ทำให้กระแสน้ำจากเขตร้อนไหลไปทางขั้วโลก และกระแสน้ำจากขั้วโลกหรือจากเขตอบอุ่นไหลเข้าไปในเขตร้อน ทำให้เกิดกระแสน้ำไหลเป็นวงจรตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ และทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้

4. กระแสน้ำในมหาสมุทรต่างๆ

4.1 มหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ กระแสน้ำศูนย์สูตรเหนือ (North Equatorial Current) ไหลจากตะวันออกไปทางตะวันตกขนานกับเส้นศูนย์สูตร, กระแสน้ำอุ่นกูโรซิโว, กระแสน้ำลมตะวันตก, กระแสน้ำอุ่นอลาสกา และกระแสน้ำเย็นแคลิฟอร์เนีย

4.2 มหาสมุทรอาร์กติก กระแสน้ำเย็นแบร์ริง, กระแสน้ำเย็นคัมชัตก้า และกระแสน้ำเย็นโอยาชิโว

4.3 มหาสมุทรแปซิฟิกใต้ กระแสน้ำศูนย์สูตรใต้ (South Equatorial Current) ไหลจากตะวันออกไปทางตะวันตกขนานกับเส้นศูนย์สูตร กระแสน้ำอุ่นออสเตรเลียตะวันออก, กระแสน้ำเย็นฮัมโบลต์ และกระแสน้ำเย็นเปรู

4.4 ระหว่างกระแสน้ำศูนย์สูตรเหนือและกระแสน้ำอุ่นศูนย์สูตรใต้ มีกระแสน้ำอุ่นศูนย์สูตรวกกลับ ไหลจากตะวันตกมาทางตะวันออกบริเวณเส้นศูนย์สูตร

4.5 กระแสน้ำในมหาสมุทรแอตแลนติก

1) มหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ มีกระแสน้ำศูนย์สูตรเหนือ (North Equatorial Current) กระแสน้ำอุ่นคาริบเบียน, กระแสน้ำอุ่นแอนติลลิส, กระแสน้ำอุ่นกัลฟ์สตรีม, กระแสน้ำอุ่นแอตแลนติกเหนือ, กระแสน้ำอุ่นนอร์เวย์, กระแสน้ำเย็นคานารี, กระแสน้ำเย็นกรีนแลนด์ตะวันออก และกระแสน้ำเย็นลาบราดอร์

2) มหาสมุทรแอตแลนติกใต้ กระแสน้ำศูนย์สูตรใต้ไหลจากตะวันออกไปทางตะวันตก กระแสน้ำอุ่นบราซิล, กระแสน้ำลมตะวันตก, กระแสน้ำเย็นเบนโกลา และกระแสน้ำเย็นฟอล์คแลนด์

บริเวณเส้นศูนย์สูตรมีกระแสน้ำศูนย์สูตรวกกลับไหลจากตะวันตกมาทางตะวันออก เข้าไปในอ่าวกินี เรียกว่า กระแสน้ำอุ่นกินี

4.6 กระแสน้ำในมหาสมุทรอินเดีย

มหาสมุทรอินเดียตอนใต้ เป็นกระแสน้ำประจำปี มีกระแสน้ำศูนย์สูตรใต้ไหลจากตะวันออกไปทางตะวันตก กระแสน้ำอุ่นโมแซมบิก, กระแสน้ำอุ่นมาดากัสการ์ เมื่อเข้าไปในเขตลมตะวันตกเรียกว่า กระแสน้ำเย็นลมตะวันตก

มหาสมุทรอินเดียตอนเหนือ เป็นแห่งเดียวที่มีกระแสน้ำประจำฤดู เพราะไหลไปตามลมประจำฤดู คือ ลมมรสุม กระแสน้ำนี้จะไหลเป็นวงจรอาจเลยลงไปทางใต้ถึงละติจูด 5-10 องศาใต้

ในฤดูร้อนเกิดกระแสน้ำไหลจากตะวันออกเฉียงเหนือของแอฟริกา ผ่านคาบสมุทรอาหรับ คาบสมุทรเดคคาน ตะวันตกของคาบสมุทรอินโดจีน และข้ามไปทางทวีปแอฟริกา แล้ววนกลับมาใหม่ ไหลเป็นวงจรตามเข็มนาฬิกาตลอดระยะเวลาที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดอยู่ เรียกว่า กระแสน้ำลมมรสุมฤดูร้อน หรือ กระแสน้ำลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

ในฤดูหนาวเกิดกระแสน้ำไหลจากคาบสมุทรอินโดจีนไปทางคาบสมุทรเดคคาน คาบสมุทรอาหรับ ตะวันออกเฉียงเหนือของแอฟริกา และข้ามมาทางคาบสมุทรอินโดจีน ไหลเป็นวงจรทวนเข็มนาฬิกาตลอดระยะเวลาที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดอยู่ เรียกกระแสน้ำนี้ว่า กระแสน้ำมรสุมฤดูหนาว หรือ กระแสน้ำมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

5. ผลของกระแสน้ำ

5.1 ผลต่ออุณหภูมิของน้ำทะเล

การแลกเปลี่ยนน้ำระหว่างเขตหนาวและเขตร้อน โดยกระแสน้ำอุ่นจากเขตศูนย์สูตร จะไหลไปทางขั้วโลก ซึ่งนำน้ำอุ่นจำนวนมากเข้าไปในเขตหนาว กระแสน้ำจากขั้วโลกจะนำน้ำเย็นจำนวนมากไปทางเส้นศูนย์สูตร ทำให้หิ้งน้ำแข็ง (Ice cap) ไม่สามารถขยายเข้ามาในเขตอบอุ่น และช่วยทำให้น้ำทะเลแถบศูนย์สูตรไม่ร้อนจนเกินไปจนเป็นอันตรายต่อสิ่งที่มีชีวิต

5.2 ผลต่อภูมิอากาศ

อากาศจะมีอุณหภูมิตามที่อยู่ใกล้ ดังนั้น กระแสน้ำเย็นจะทำให้ฝั่งที่อยู่ใกล้เย็นลง และกระแสน้ำอุ่นจะทำให้ฝั่งร้อนขึ้น แต่ผลของกระแสน้ำที่มีต่ออุณหภูมิของอากาศน้อยกว่าผลที่เกิดจากลม

กระแสน้ำมีผลต่อความชื้น ลมที่พัดผ่านจากกระแสน้ำอุ่นมาสู่ทวีป จะทำให้ความชื้นสูงขึ้น และเกิดฝนตกบนทวีปโดยเฉพาะลมที่พัดผ่านกระแสน้ำเย็นขึ้นไปบนทวีปที่อุ่นจะทำให้อากาศแห้ง ดังนั้น ในเขตอากาศร้อนที่มีกระแสน้ำเย็นไหลผ่าน อากาศจึงแห้งแล้ง เช่นกระแสน้ำเย็นแคลิฟอร์เนียไหลผ่านเขตแห้งแล้งของสหรัฐอเมริกาและเม็กซิโก

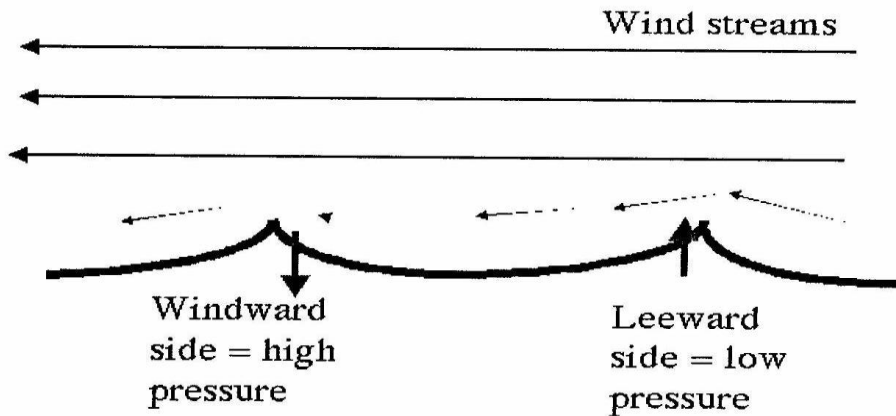
เมื่อกระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็นไหลมาพบกันจะทำให้เกิดหมอก เช่นนอกฝั่งเกาะนิวฟาวแลนด์จะมีหมอกลงมาก

คลื่นและลม

การเกิดคลื่นและการพัฒนาตัวของคลื่น

เมื่อมีลมพัดผ่านผิวน้ำทะเลจะทำให้ผิวน้ำทะเลเกิดเป็นระลอกคลื่นเล็กน้อย ซึ่งจะมีค่าความสูงของคลื่นเพิ่มขึ้นและมีความถี่คลื่นลดลงเป็นไปตามสภาพของลมที่พัดผ่าน และคลื่นขนาดเล็กนี้จะเกิดขึ้นตลอดช่วงระยะทางที่มีลมพัด จนกระทั่งมีการถ่ายเทพลังงานสูงสุดให้กับน้ำที่ความเร็วลมค่าหนึ่ง โดยคลื่นที่เกิดขึ้นบริเวณใกล้กับขอบของทิศที่ลมพัดเข้ามา นั่นคือ ที่บริเวณขอบของลมที่พัดเข้ามาจะมีสเปกตรัม คลื่นที่มีค่าต่ำ แต่ที่ขอบอีกด้านหนึ่งจะมีค่าสูง คลื่นที่เกิดขึ้นและมีการพัฒนาจะเนื่องมาจากการถ่ายเทพลังงานของลมให้กับคลื่น เมื่อคลื่นเคลื่อนที่将有ความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วใกล้กับความเร็วลม ทำให้การถ่ายเทพลังงานจากลมให้กับคลื่นสิ้นสุดลง และเมื่อคลื่นมีความเร็วในการเคลื่อนที่สูงกว่าลมก็จะเกิดความต้านทาน และมีการสูญเสียพลังงานของคลื่นเกิดขึ้น หลังจากนั้นผิวน้ำทะเลจะไม่สามารถรับพลังงานได้อีก ซึ่งจะถือว่า ณ จุดน้ำทะเลจะมีการพัฒนาตัวที่สมบูรณ์ (รูปที่ 1)

Wind Wave Generation



รูปที่ 1 การเกิดคลื่น

ปัจจัยที่ทำให้เกิดคลื่น

บริเวณผิวน้ำทะเลจะได้รับพลังงานจากลม ซึ่งจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดคลื่น โดยที่ปริมาณของพลังงานที่ให้กับน้ำทะเลแล้วทำให้เกิดคลื่นจะขึ้นอย่างกับปัจจัยที่สำคัญ 3 ประการคือ

1. ช่วงเวลาที่ลมพัดผ่าน (duration) ถ้ามวลที่พัดผ่านผิวน้ำทะเลมีระยะเวลานานไม่เพียงพอจะทำให้มีการถ่ายเทพลังงานสูงสุดให้กับคลื่นไม่เพียงพอ ซึ่งจะเป็นผลให้การพัฒนาตัวของความถี่ และความสูงของคลื่นสั้นสุดลง ดังนั้นในทุกค่าของความเร็วลมที่พัดผ่านจะต้องมีช่วงเวลาที่ต่ำสุดที่เพียงพอต่อการพัฒนาตัวของคลื่น

2. ความเร็วลมที่พัดผ่าน (wind speed)

3. ระยะทางที่ลมพัดแน่ทิศ (fetch) เมื่อมีระยะที่ลมพัดแน่ทิศไม่มากพอที่จะทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานสูงสุดให้กับคลื่น จะทำให้ความสูงและความถี่ของคลื่นถูกจำกัด ซึ่งความสูงของคลื่นที่เกิดขึ้น จะมีค่าต่ำกว่าความสูงคลื่นที่จะพัฒนาตัวในทะเลได้อย่างสมบูรณ์ ขบวนการในการเกิดคลื่นจึงสั้นสุดลงก่อนที่จะมีการถ่ายเทพลังงานสูงสุดให้กับคลื่นได้

ความหมายของคำที่เกี่ยวข้องกับคลื่น

คลื่นผิวน้ำ (SURFACE WAVES IN WATER)

คลื่นหนึ่งๆ ประกอบไปด้วย ความยาวคลื่น (L) คือระยะทางในแนวนอนจากสันคลื่นหนึ่งไปอีกสันคลื่นหนึ่ง หรือท้องคลื่นหนึ่งไปอีกท้องคลื่นหนึ่งที่อยุ่ติดกัน และความสูง (H) คือ ระยะทางในแนวตั้งจากท้องคลื่นถึงสันคลื่น และอีกคุณสมบัติหนึ่งเรียกว่าคาบ (T) คือ เวลาเป็นวินาที ระหว่างปรากฏตัวของ 2 สันคลื่นที่ติดกัน ณ ตำแหน่งใดๆ หรือเวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ 1 ช่วงคลื่นหรือความยาวคลื่น โดยที่คลื่น

หนึ่งๆ อาจอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ไป แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงกรณีเคลื่อนที่เท่านั้น ถ้าคลื่นมีความยาว และพลังงานคงที่แล้ว ความสูงคลื่นจะเท่ากันทุกๆ ที่ และสันคลื่นจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ระหว่าง 1 คาบคลื่น T สันคลื่นเคลื่อนที่ได้ระยะ L ดังนั้น ความเร็วคลื่น C และจะได้ $C = L/T$ การเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นและความลึกของน้ำ โดยทั่วไปเราจะเห็นว่ารูปแบบการเคลื่อนที่ของคลื่นสัมพันธ์กับการลู่เข้าและลู่ออกของการเคลื่อนที่ในแนวนอน เมื่อคลื่นเคลื่อนที่บริเวณหน้าคลื่นจนถึงสันคลื่นเป็นลักษณะลู่เข้า ผิวน้ำจะสูงขึ้น แต่บริเวณหลังสันคลื่นจะเป็นลักษณะลู่ออก ผิวน้ำจะจมลง

โดยทั่วไปคลื่นจะมีลักษณะเป็นคลื่นน้ำลึก (ความลึกของทะเลมากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น ($d > L/2$) อย่างไรก็ตามสำหรับคลื่นน้ำตื้นนั้น ต้องมีความลึกน้อยกว่า $1/25$ ของความยาวคลื่น ($d < L/25$) เมื่อ d เป็นความลึก

ในคลื่นน้ำตื้น ที่มีความสูงน้อยๆ การเคลื่อนที่ของอนุภาคในแนวตั้งจะน้อยมากและส่วนใหญ่จะเคลื่อนตัวในแนวนอนจะไม่ขึ้นกับความลึก อนุภาคจะเคลื่อนที่ไปและกลับเป็นเส้นตรง

ในคลื่นน้ำลึก พลังงานเพียงครึ่งหนึ่งของความเร็วคลื่น จะไม่เหมือนคลื่นน้ำตื้นซึ่งพลังงานทั้งหมดจะเคลื่อนที่ไปกับคลื่น เหตุที่ต่างกันเพราะว่าคลื่นน้ำลึกมีเพียงพลังงานศักย์เท่านั้นที่แปรตามคาบคลื่น แต่ที่คลื่นน้ำตื้นจะมีพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ ที่แปรตามคาบคลื่น อาจกล่าวได้ว่าพลังงานในการเคลื่อนที่ของคลื่นน้ำลึกเท่ากับครึ่งหนึ่งของความเร็วคลื่น ในขณะที่คลื่นน้ำตื้นมีพลังงานเท่ากับความเร็วคลื่น

คลื่นน้ำลึก ที่ความสูงปานกลางและสูงจัด คลื่นที่สูงปานกลางหรือสูงจัด คืออัตราความสูงต่อความยาว (H/L) มีค่าจาก $1/100$ ถึง $1/25$ และจาก $1/25$ ถึง $1/7$ ตามลำดับ รูปแบบคลื่นเหล่านี้ไม่สามารถเขียนแทนกันได้ด้วยกราฟรูปไซน์ เพราะคลื่นปานกลางจะมีรูปแบบคล้าย trochoid คือ เส้นโค้งจะอธิบายได้ด้วยจุดบนจานกลิ้งบนพื้นราบ ส่วนคลื่นที่สูงจัด จะแตกต่างจากรูป trochoid (คือท้องคลื่นจะกว้างและราบส่วนสันคลื่นจะแคบและชันกว่า) โดยทฤษฎีรูปแบบคลื่นจะไม่คงที่ คืออัตราส่วน H/L จะมากกว่า $1/7$ ซึ่งจากการตรวจพบว่ามีคลื่นไม่คงที่ที่เกิดขึ้น คือ อาจจะน้อยลง $1/10$ ความเร็วคลื่นจะเพิ่มขึ้นถ้าความชัน (H/L) เพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มความเร็วมักจะไม่เกิน 12%

การแทรกคลื่น คลื่นสันเตี้ย และคลื่นหัวแตก (Interference of Waves, Short Crested Waves, White Caps)

เมื่อคลื่นมีความสูงและคาบต่างกัน เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน การปรากฏตัวของผิวน้ำจึงซับซ้อนขึ้น บางจุดเคลื่อนที่เฟสตรงข้ามกัน ดังนั้นจึงเกิดการหักล้างกัน ในทางตรงข้ามบางจุดมีเฟสตรงกัน ก็จะมีการเสริมกัน

พิจารณากรณีง่ายๆ มีคลื่น 2 ขบวนที่มีความสูงเท่ากัน และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วใกล้เคียงกัน เคลื่อนที่ไปด้วยกันเกิดการแทรกสอด ให้รวมตัวกันเป็นกลุ่มคลื่นโดยมีความสูงมากขึ้น ประมาณ 2 เท่า

ของขบวนการคลื่นและระหว่างกลุ่มคลื่น 2 กลุ่ม และมีบริเวณตรงกลางระหว่างกลุ่มคลื่นแทบจะไม่มีคลื่นเหลือเลย

วิเคราะห์ได้ว่า กลุ่มคลื่นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วประมาณครึ่งหนึ่งของความเร็วเฉลี่ยของคลื่นทั้งสองขบวน

คลื่นใต้น้ำต่ำและมีลักษณะคลื่นสั้น แต่คลื่นลมมีความสูงเกิดขึ้นพร้อมกัน ซึ่งเห็นได้ชัดว่าคลื่นสั้นและคลื่นยาวมีการรวมกัน เมื่อเฟสเป็นบวกและหักล้างกันเมื่อเฟสต่างกัน

คลื่นที่มีความยาวระหว่างสั้นคลื่นมาก นั่นคือคลื่นที่ยาวมากๆ สันละตัวคลื่นเกือบจะเป็นเส้นตรง อย่างไรก็ตาม ก็อาจมีขนาดที่ผิดไปจากนี้ได้ ในกรณีมีคลื่นสั้นเตี้ยเหนือผิวคลื่นจะเห็นสูงและต่ำสลับกัน ซึ่งแสดงผิวหน้าทะเล

การเกิดฟองขาว (White Caps) เกิดจากการที่คลื่นสั้นมีการแตกตัวแล้วไปอยู่บนคลื่นที่ยาวกว่า ที่ความเร็วลมประมาณ 4 force Beaufort scale จะเกิดคลื่นสั้นอย่างรวดเร็วที่ความชันเข้าใกล้จุดวิกฤติแล้วแตกตัว ถ้าเกิดการแทรกสอดขึ้นคลื่นยาวก็อาจมีความชันนี้แล้วก็แตกตัว

คลื่นใต้น้ำ (Swell) ประกอบด้วยคลื่นที่เกิดจากลมซึ่งเคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณที่มีลมอ่อนกว่าหรือลมสงบแล้วจะมีความสูงลดลง ซึ่งปรากฏให้เห็นเป็นจังหวะและพื้นผิวมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอยู่เสมอเนื่องจากการแทรกสอด การฟอร์มตัวของคลื่นสั้นเตี้ยและแตกตัว คลื่นมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งเกิดอยู่ตลอดเวลาบริเวณผิวน้ำทะเล โดยเฉพาะเมื่อมีลมแรงพัดผ่าน แม้มีคลื่นลักษณะเฉพาะต่างๆ หลายรูปแบบที่เป็นที่รู้จักและมีการตรวจวัดความสูง คาบ ความยาว และอัตราเร็วคลื่นได้ แต่การวัดก็ยากและมีค่าผิดพลาดอยู่มากทีเดียว ความยาวของคลื่นส่วนใหญ่และความสูงคลื่นเตี้ยก็สามารถประมาณได้ ขณะที่ความสูงคลื่นขนาดใหญ่มักประมาณไม่ได้ ความสูงคลื่นที่มากกว่า 55 ฟุต มักจะหาได้ยาก และยังไม่มีการวัดในประวัติศาสตร์ที่บันทึกไว้เกิน 80 ฟุต

ค่าผิดพลาด (Errors) มักเกิดจากความซับซ้อนของผิวน้ำทะเลและการเคลื่อนที่ของเรือที่ใช้ตรวจวัดความสูงคลื่นที่เชื่อถือได้ ทำให้ยากและโดยทั่วไปค่าที่รายงานมักเป็นค่าประมาณอย่างหยาบ

ความสูงของคลื่นขนาดใหญ่ ที่ประมาณได้ด้วยสายตาของผู้สังเกตที่อยู่เหนือระดับน้ำขณะที่เรืออยู่ส่วนที่เป็นท้องคลื่นนั้นจะเห็นสั้นคลื่นและความสูงคลื่นเล็กประมาณได้โดยตรงโดยใช้การเปรียบเทียบกับขนาดของเรือ บนเรือเล็กความสูงคลื่นที่มากกว่า 2 เท่าของเรือเคยบันทึกไว้โดย ไมโครบาโรกราฟ

คาบคลื่น (T) วัดได้โดยการบันทึกเวลาระหว่างการปรากฏตัวเต็มที่ของสันคลื่นซึ่งใช้แผ่นโฟม (ทุ่นลอย) ทำเครื่องหมายไว้ที่ระยะที่ทราบ (ห่างจากเรือ) และเพื่อให้ได้ค่าที่น่าเชื่อถือควรวัดหลายๆ ค่า แล้วหาค่าเฉลี่ย

ความยาวคลื่น (L) ประมาณได้โดยเปรียบเทียบกับความยาวของเรือในระยะทางระหว่างสันคลื่นที่ชัดเจน 2 สันคลื่น อย่างไรก็ตามก็ยังไม่ได้ผลที่แน่นอนเพราะว่าเป็นการยากที่จะกำหนดสันคลื่นทั้งสองให้สัมพันธ์กับเรือและการถูกรบกวนโดยการเคลื่อนที่ของเรือ

ความเร็วคลื่น (C) หาได้จากการบันทึกเวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ เป็นระยะทางหนึ่งไปตามขอบเรือ และโดยหักแก้ค่ากับความเร็วเรือด้วย

คลื่นที่มีนัยสำคัญ (Significant Waves)

Significant Waves Height คือค่าเฉลี่ยของความสูงคลื่นที่สูงที่สุดเป็น $1/3$ ของคลื่นที่ตรวจวัดได้ทั้งหมด สืบเนื่องจากผิวน้ำทะเลไม่เรียบ จึงจำเป็นต้องอธิบายคลื่นในเทอมของสถิติ ซึ่งเน้นคลื่นที่สูงๆ เพราะมีความสำคัญกว่าคลื่นที่เตี้ยกว่า แม้ว่าจำนวนคลื่นเตี้ยจริงจะมีมากกว่า ด้วยเหตุนี้จึงใช้ค่าเฉลี่ย ซึ่งการวัดและหาค่าเฉลี่ยจะขึ้นอยู่กับขอบเขตของคลื่นเล็กๆ ที่ตรวจได้ และในทางปฏิบัติทุกคลื่นที่น้อยกว่า 1 ฟุต จะไม่นำมาพิจารณา

พลังงานคลื่น (Wave energy)

พลังงานคลื่นจะประกอบไปด้วย พลังงานศักย์ (potential energy) และพลังงานจลน์ (kinetic energy) ซึ่งพลังงานศักย์จะเกิดขึ้นเนื่องจากมวลน้ำ (water mass) ที่อยู่เหนือระดับน้ำทะเลเฉลี่ย ส่วนพลังงานจลน์ของคลื่นจะเกิดจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่อยู่ในน้ำ

การลดลงของพลังงานคลื่น (Wave attenuation)

การสลายตัวของพลังงานคลื่นจะเป็นผลให้คลื่นมีความสูงลดลง ซึ่งจะเกิดจากสาเหตุ 4 ประการด้วยกัน คือ

1. การสลายตัวอันเนื่องมาจากเกิดคลื่นหัวแตก (White-capping) จะทำให้เกิดการถ่ายเทของพลังงานคลื่นให้กับพลังงานจลน์ของน้ำที่กำลังเคลื่อนที่
2. การสลายตัวอันเนื่องมาจากความหนืด (Viscous Attenuation) จะทำให้เกิดการสลายตัวของพลังงานคลื่นไปเป็นความร้อน ที่เกิดจากความเสียดทานระหว่างโมเลกุลของน้ำ
3. การสลายตัวอันเนื่องมาจากความต้านทานของอากาศ (Air resistance) จะเกิดขึ้นกับคลื่นที่มีขนาดใหญ่ที่เคลื่อนที่ออกจากบริเวณที่เกิดการก่อตัวของคลื่น ทำให้มีลมสงบเกิดขึ้นแทนที่
5. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่น - คลื่นแบบไม่เชิงเส้น (Non-linear wave-wave Interaction) ซึ่งค่อนข้างที่จะซับซ้อน เมื่อเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวขึ้น จะทำให้มีการถ่ายเทพลังงานให้กับคลื่นที่มีค่าความถี่สูงและต่ำ ถึงแม้ว่าจะมีการถ่ายเทพลังงานให้กับคลื่น แต่ค่าพลังงานรวมของคลื่นจะลดลง

หลักความสัมพันธ์ระหว่างลมและคลื่น

จากผลการตรวจคลื่นสามารถจัดความสัมพันธ์ได้ดังนี้

1. ความสูงคลื่นสูงสุดกับระยะทางลมพัดแน่ทิศ เมื่อมีอัตราเร็วลมทำให้ความสูงคลื่นมากขึ้นและระยะทางลมพัดแน่ทิศยาวขึ้นในบริเวณที่มีลมพัดผ่าน แต่แม้ว่าจะมีลมแรงมาก ความสูงในระยะทางลมพัดแน่ทิศก็จะไม่มากไปกว่าค่าสูงสุดนี้
2. ความเร็วคลื่นกับระยะทางลมพัดแน่ทิศ เมื่อมีความเร็วลมจะทำให้ความเร็วคลื่นเพิ่มขึ้นตามระยะทางแนวคลื่น
3. ความสูงคลื่นกับความเร็วม ความสูงของคลื่นที่ใหญ่ที่สุดเกิดจากความเร็วมสูงสุดวัดได้ที่ 0.8 นอต ถ้าความเร็วมถูกนำมาคิดจะได้สูตรดังนี้
4. ความเร็วคลื่นกับความเร็วม แม้ว่าอัตราความเร็วคลื่นกับความเร็วมที่ตรวจได้จะแปรจากค่าน้อยกว่า 0.1 – 2.0 ความเร็วคลื่นเฉลี่ยที่ปรากฏจะมากกว่าความเร็วมเพียงเล็กน้อย เมื่อความเร็วมน้อยกว่า 2.5 นอต และจะน้อยกว่าความเร็วมถ้าความเร็วมสูงกว่านั้น
5. ความสูงคลื่นกับช่วงเวลาที่ลมพัด คลื่นใช้ช่วงเวลาจนมีความสูงคลื่นมากที่สุด จะสอดคล้องกับลมที่เพิ่มความเร็วขึ้น ผลการตรวจแสดงให้เห็นว่าบริเวณที่ลมพัดแรงจะเกิดคลื่นสูงๆ ได้ภายใน 12 ชั่วโมง
6. ความเร็วคลื่นกับช่วงเวลาที่ลมพัด แม้ว่าข้อมูลจากการตรวจจะไม่เพียงพอก็ตาม แต่เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า เมื่อมีระยะทางลมพัดแน่ทิศ ประกอบกับมีความเร็วมมากๆ จะทำให้ความเร็วคลื่นมากขึ้นอย่างรวดเร็วตามช่วงเวลาที่ลมพัดนั้น
7. ความชันคลื่น ขึ้นอยู่กับระยะการเกิดของคลื่นหรืออายุคลื่น สามารถอธิบายด้วยอัตราส่วนความเร็วคลื่นกับความเร็วม
8. การลดลงของความสูงลูกคลื่น คลื่นจะลดความสูงเมื่อเคลื่อนที่ไป ประมาณได้ว่าลดลง 1/3 ทุกๆ ระยะทางเป็นไมล์ที่เคลื่อนที่เท่ากับความยาวคลื่นเป็นฟุต
9. การมีคาบเพิ่มขึ้นของลูกคลื่น คาบของลูกคลื่นจะยังไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเคลื่อนที่จากบริเวณที่กำหนดคลื่น คาบจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ดังนั้นคาบของลูกคลื่นจะมากขึ้นเมื่อเคลื่อนที่ไป









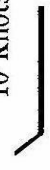




8	34-40	39-46	Fresh gale	Moderately high waves of greater length. Edges of crests break into spindrift. Foam is blown in well-marked streaks along the direction of the wind.	35 Knots 
9	41-47	47-54	Strong gale	High waves. Dense streaks of foam along the direction of the wind. Sea begins to roll. Spray may affect visibility.	45 Knots 
10	48-55	55-63	Whole gale and/or Storm	Very high waves with long overhanging crests. The resulting foam in great patches is blown in dense white streaks along the direction of the wind. On the whole, the surface of the sea takes a white appearance. The rolling of the sea becomes heavy and shocklike. Visibility is affected.	50 Knots 
11	56-63	64-73	Storm and/or Violent Storm	Exceptionally high waves. Small- and medium-sized vessels might for a long time be lost to view behind the waves. The sea is completely covered with long white patches of foam lying along the direction of the wind. Everywhere, the edges of the wave crests are blown into froth. Visibility seriously affected.	60 Knots 
12	64 or higher	74 or higher	Hurricane & Typhoon	The air is filled with foam and spray. Sea is completely white with driving spray. Visibility is very seriously affected.	75 Knots 

Table 11-1. The Beaufort Wind Per Scale, Speed Conversions and Descriptions.

<i>Beaufort Number</i>	<i>Knots</i>	<i>Miles Per Hour</i>	<i>Description</i>	<i>Effect at sea</i>	<i>Wind Symbols on Weather Maps</i>
0	0-0.9	0-0.9	Calm	Sea like a mirror.	 Calm
1	1-3	1-3	Light air	Scale-like ripples form, but without foam crests.	 Almost Calm
2	4-6	4-7	Light breeze	Small wavelets, short but more pronounced. Crests have a glassy appearance and do not break.	 5 Knots
3	7-10	8-12	Gentle breeze	Large wavelets. Crests begin to break. Foam has glassy appearance. Perhaps scattered white horses.	 10 Knots
4	11-16	13-18	Moderate breeze	Small waves, becoming longer. Fairly frequent white horses.	 15 Knots
5	17-21	19-24	Fresh breeze	Moderate waves, taking a more pronounced long form. Many white horses are formed. Chance of some spray.	 20 Knots
6	22-27	25-31	Strong breeze	Large waves begin to form. White foam crests are more extensive everywhere. Some spray.	 25 Knots
7	28-33	32-38	Moderate gale	Sea heaps up and white foam from breaking waves begins to be blown in streaks along the direction of the wind. Spindrift begins.	 30 Knots