

# The Physics of Tsunamis

The mechanisms of tsunami generation and propagation

<http://www.geophys.washington.edu/tsunami/general/physics/physics.html>

## กลไกการเกิดขึ้นและการขยายตัวของคลื่นยักษ์สึนามิ

แปลเป็นภาษาไทย โดย ถวิดา มิตรพันธุ์  
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ  
โดยได้รับอนุญาตจากเจ้าของต้นฉบับภาษาอังกฤษ

### คลื่นสึนามิ (Tsunami) คืออะไร

คลื่นยักษ์ หรือในชื่อที่ทุกคนรู้จักดี "คลื่นสึนามิ" คือ ขบวนของคลื่น (wave train) หรือระลอกคลื่น ซึ่งเกิดจากการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงในน้ำที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำในแนวตั้ง แผ่นดินไหว แผ่นดินถล่ม การระเบิดของภูเขาไฟ รวมทั้งผลจากชั้นส่วนของจักรวาล เช่น สะเก็ด หรืออุกกาบาต ก็สามารถก่อให้เกิดคลื่นสึนามิได้เช่นกัน โดยอาณาภาพของคลื่นสึนามิที่ซัดเข้าหาฝั่งมีความรุนแรงในระดับที่สามารถทำลายบริเวณพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลราบคาบได้ นอกจากนี้ยังสามารถทำลายทรัพย์สิน บ้านเรือน สิ่งปลูกสร้างที่อยู่ติดพื้นดิน รวมทั้งสามารถคร่าชีวิตของผู้คนที่อาศัยอยู่บริเวณริมชายฝั่งทะเลได้

### สึนามิ แปลว่าอะไร

สึนามิ เป็นคำในภาษาญี่ปุ่น แปลว่า คลื่นท่าเรือ เขียนด้วยอักษร 2 ตัวตามภาพ อักษรตัวบน คือ "สี" ที่แปลว่าท่าเรือ/ฝั่งทะเล และ อักษรตัวล่าง "นามิ" แปลว่า คลื่น

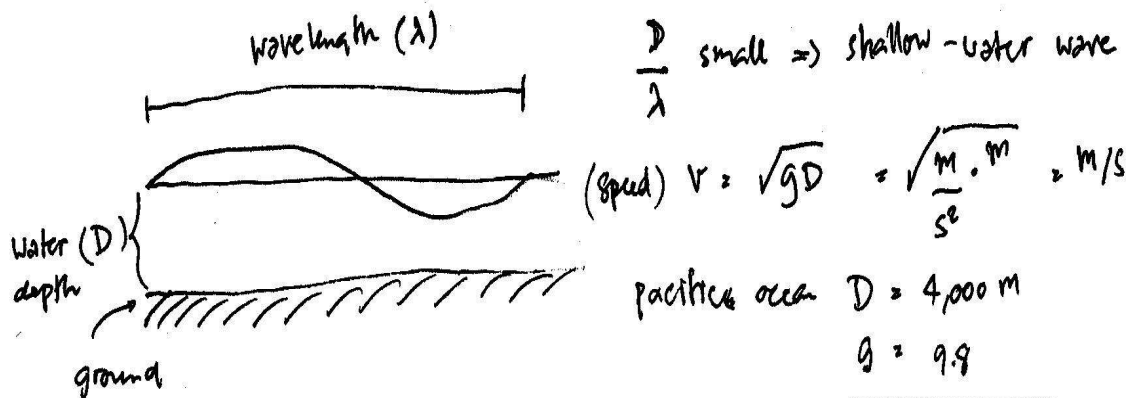


ในอดีต คลื่นสึนามิ จะหมายถึง คลื่นที่เกิดจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลง (tidal wave) สำหรับประชาชนทั่วไป แต่สำหรับนักวิทยาศาสตร์/นักวิชาการ จะเรียกว่า คลื่นทะเลที่เกิดจากแผ่นดินไหว (seismic sea waves) อย่างไรก็ตาม คำว่า "tidal wave" หรือคำว่า "seismic sea wave" อาจจะเป็นคำเรียกที่ไม่เหมาะสมนัก แม้ว่าผลกระทบของคลื่นสึนามิ ที่เกิดขึ้นบริเวณแนวชายฝั่งทะเลจะขึ้นอยู่กับระดับน้ำขึ้นและน้ำลงในช่วงเวลาที่เกิดคลื่นสึนามิ แต่ว่าการเกิดคลื่นสึนามิ ไม่ได้เกี่ยวข้องกับน้ำขึ้นน้ำลง (tides) เนื่องจากการเกิดน้ำขึ้นน้ำลงนั้นเกิดจากอิทธิพลจากดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ สำหรับคำว่า "seismic sea wave" ก็เช่นกัน อาจจะเป็นคำเรียกที่ไม่ถูกต้องนัก เนื่องจากคำว่า "Seismic" หมายถึง กลไกที่เกี่ยวข้องกับการเกิดแผ่นดินไหว หรือการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก ซึ่งคลื่นสึนามิ นั้นอาจจะเกิดขึ้นได้จากปรากฏการณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเกิดแผ่นดินไหวได้เช่นกัน อาทิ แผ่นดินถล่ม และการพุ่งเข้าชนของอุกกาบาต

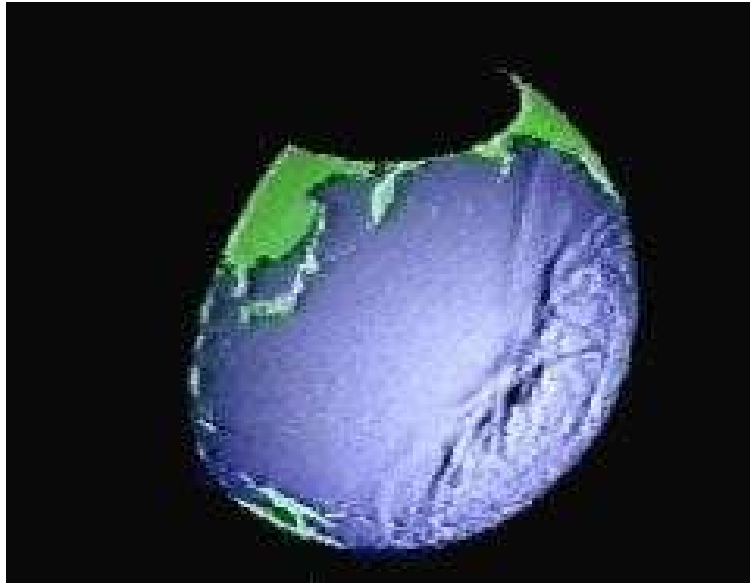
## คลื่นสึนามิ แตกต่างอย่างไรกับคลื่นทะเลอื่นๆ

คลื่นสึนามิ ไม่เหมือนกับคลื่นทะเลที่เกิดจากกระแสลม ที่สังเกตเห็นได้ตามทะเลสาบ หรือ บริเวณชายหาดต่างๆ ทั้งนี้เนื่องจากคลื่นสึนามิ เป็นคลื่นประเภทในบริเวณน้ำตื้น (shallow-water wave) ที่มีช่วงระยะเวลาห่างระหว่างคลื่นที่ละลูก และความยาวของคลื่น (wave length) ที่ยาว ยกตัวอย่างเช่น กระแสลมพายุในมหาสมุทรอาจจะทำให้คลื่นเกิดการม้วนตัวอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอพัดเข้าสู่บริเวณชายฝั่ง โดยอาจจะมีช่วงระยะเวลาห่างระหว่างคลื่นแต่ละลูกประมาณ 10 วินาที และมีความยาวของคลื่นประมาณ 150 เมตร แต่สำหรับคลื่นสึนามิ นั้น อาจจะมี ความยาวของคลื่นมากกว่า 100 กิโลเมตรและอาจจะมีช่วงระยะเวลาห่างที่เกิดขึ้นระหว่างคลื่นแต่ละลูกประมาณ 1 ชั่วโมง

การคำนวณหรือการจำแนกประเภทของคลื่นว่าเป็น คลื่นในบริเวณน้ำตื้นนั้นจะคำนวณจาก ความลึกของน้ำและความยาวของคลื่น โดยจะต้องมีอัตราส่วนระหว่างความลึกของน้ำทะเล และความยาวของคลื่นจะต้องมีสัดส่วนที่น้อย คลื่นในบริเวณน้ำตื้น จะเคลื่อนตัวในอัตราความเร็วเท่ากับ square root ของอัตราการเร่งของแรงโน้มถ่วง (โดยมีค่าอัตราเร่งคงที่เป็น 9.8 เมตร/วินาที<sup>2</sup>) และความลึกของน้ำ ดังตัวอย่างเช่น ในมหาสมุทรแปซิฟิก ซึ่งมีระดับความลึกของน้ำทะเลประมาณ 4000 เมตร คลื่นสึนามิจะเดินทางด้วยอัตราความเร็วประมาณ 200 เมตรต่อวินาที หรือประมาณ 700 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และเนื่องจากอัตราส่วนที่คลื่นสูญเสียพลังงาน ความแรงนั้นจะมีอัตราผกผันกับความยาวของคลื่น ดังนั้นหากคลื่นสึนามิมีความยาวของคลื่นที่ยาวมาก จะทำให้อัตราการสูญเสียหรือการอ่อนกำลังของคลื่นค่อนข้างน้อย ดังนั้นคลื่นสึนามิ ไม่เพียงแค่อพยพตัวในอัตราความเร็วที่สูงเท่านั้น แต่ยังสามารถเดินทางได้ไกลหลายไมล์ทะเล โดยสูญเสียกำลังน้อยอีกด้วย




รูปอธิบาย การคำนวณ



**ภาพแอนิเมชันการขยายตัวของคลื่นสึนามิที่เกิดขึ้นในประเทศชิลี เมื่อปี ค.ศ. 1960**

<http://www.geophys.washington.edu/tsunami/movies/globe.mov>

 ภาพแอนิเมชัน(Animation) นี้ [2.3MB] จัดทำขึ้นโดยศาสตราจารย์ โนบุ ชูโตะ จาก the Disaster Control Research Center, มหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น แสดงให้เห็นถึงการขยายตัวของคลื่นสึนามิที่เกิดขึ้นในประเทศชิลี เมื่อปี ค.ศ. 1960 ซึ่งคลื่นสึนามิมีการขยายตัว และเดินทางมากกว่า 17,000 กิโลเมตรจากจุดเริ่มต้นของการเกิดคลื่นสึนามิ ในบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศชิลี มาถึงประเทศญี่ปุ่น ผลกระทบจากการเข้าถล่มคลื่นสึนามิในประเทศญี่ปุ่นในครั้งนี้ก่อให้เกิดการสูญเสียชีวิตประชากรญี่ปุ่นประมาณ 200 คน

จากภาพแอนิเมชันดังกล่าว ยังสามารถสังเกตเห็นได้ว่า ปลายของคลื่นสึนามิมีการหักเหหรือเปลี่ยนเส้นทางได้ในขณะที่เดินทาง (เรียกว่า Refraction) การหักเหของของคลื่นเกิดจากกลคลื่นมีอัตราความเร็วที่แปรผกผันกับความลึกของทะเล

หมายเหตุ: มาตราส่วนในแนวตั้งที่ได้ขยายเกินจริงในภาพแอนิเมชันนี้ คลื่นสึนามิมีความสูงเพียงแค่ 1 เมตรในบริเวณมหาสมุทร

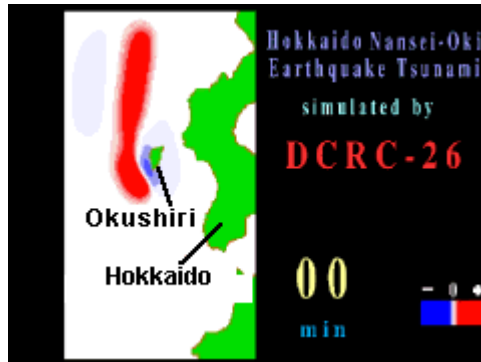
## แผ่นดินไหวก่อให้เกิดคลื่นสึนามิได้อย่างไร

คลื่นสึนามิ อาจเกิดขึ้นได้จากการที่พื้นทะเลมีการเปลี่ยนรูปหรือมีการขยับ ทำให้น้ำใต้ทะเลในปริมาณมากมีการเคลื่อนตัวในแนวตั้ง สำหรับการเกิดแผ่นดินไหว คือการเคลื่อนตัวหรือการเปลี่ยนรูปของแผ่นดินและพื้นโลก เช่นกันการเกิดแผ่นดินไหวใต้ทะเล พื้นผิวโลกใต้ทะเลมีการเคลื่อนที่ หรือการขยับ ดังนั้นจึงทำให้น้ำทะเลในบริเวณพื้นที่ที่มีการเคลื่อนตัวเปลี่ยนที่จากจุดดุลยภาพ (equilibrium) เมื่อน้ำในปริมาณมากมีการเคลื่อนตัวอย่างรวดเร็วเพื่อให้กลับไปสู่บริเวณจุดดุลยภาพ จึงเกิดคลื่นขึ้นภายใต้อิทธิพลของแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อพื้นทะเลบริเวณกว้างมีการเคลื่อนตัว เช่นการยกกระด้างขึ้นหรือยุบตัวลง จึงสามารถก่อให้เกิดคลื่นสึนามิได้

การเคลื่อนตัวในแนวตั้งของเปลือกโลกสามารถเกิดขึ้นได้บริเวณปลายพื้นผิวของโลกซึ่งเรียกว่า รอยเลื่อนของเปลือกโลก (Faults) ดังตัวอย่างเช่น บริเวณปลายมหาสมุทรแปซิฟิกพื้นผิวโลกใต้มหาสมุทรเคลื่อนที่ไปได้พื้นผิวแผ่นดิน โดยกระบวนการที่ทางธรณีวิทยาเรียกว่า Subduction และแผ่นดินไหวซึ่งเกิดจากกระบวนการ subduction นั้นสามารถทำให้เกิดคลื่นสึนามิได้



**รูปภาพ Simulation [2MB]** ของคลื่นสึนามิที่เกิดจากการเกิดแผ่นดินไหว ณ เมืองฮอกไกโด ประเทศญี่ปุ่น เมื่อปี ค.ศ. 1993 นี้จัดทำขึ้นโดย ทาเคยุกิ ทากาฮาชิ จาก the Disaster Control Research Center, มหาวิทยาลัยโตโฮกุ ประเทศญี่ปุ่น นี้ แสดงให้เห็นลักษณะน้ำบนพื้นผิวเหนือบริเวณจุดเริ่มต้นของคลื่นสึนามิและการขยายตัวของคลื่นสึนามิจากบริเวณจุดเริ่มต้น



รูปภาพ ของคลื่นสึนามิที่เกิดจากแผ่นดินไหว ณ เมืองฮอกไกโด ประเทศญี่ปุ่น เมื่อปี ค.ศ. 1993

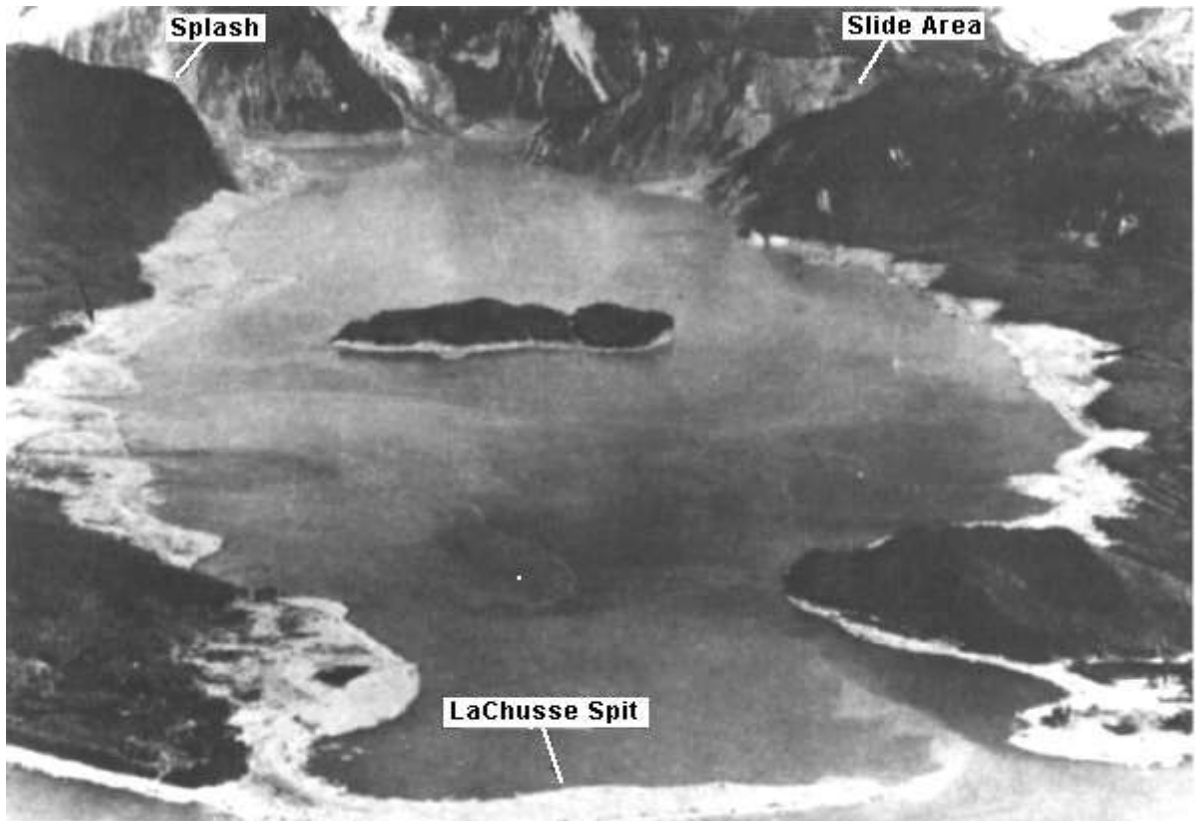
บริเวณพื้นที่สีฟ้าหมายถึงพื้นผิวน้ำที่ต่ำกว่าระดับน้ำมาตรฐาน และบริเวณสีแดงนั้นหมายถึงพื้นน้ำที่มีการยกขึ้น พื้นผิวน้ำเบื้องต้นที่แสดงให้เห็นในภาพนี้ แสดงให้เห็นบริเวณที่กว้างและยาวของพื้นที่ทะเลที่มีการยกตัวขึ้นบริเวณทางตะวันตกของเกาะโอคุชิริ (ที่อยู่ทางซ้ายของภาพ) ซึ่งมีบริเวณที่น้อยกว่าบริเวณที่มีการยุบตัวบริเวณทางตะวันออกเฉียงใต้ของเกาะโอคุชิริ

## แผ่นดินถล่ม การระเบิดของภูเขาไฟ และการพุ่งเข้าชนของอุกกาบาต ก่อให้เกิดคลื่นสึนามิได้อย่างไร

ดังที่กล่าวไปในส่วนที่แล้ว ว่า การเคลื่อนที่ของน้ำในปริมาณมากจากจุดดลยภาพ อาจจะทำให้เกิดคลื่นสึนามิได้นั้น สำหรับในกรณีคลื่นสึนามิที่เกิดจากแผ่นดินไหว การเคลื่อนตัวของพื้นทะเลก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของน้ำทะเลบริเวณนั้น

แต่สำหรับกรณีของการเกิดแผ่นดินถล่มใต้น้ำ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่อาจจะเกิดต่อเนื่องจากการเกิดแผ่นดินไหวอย่างรุนแรง หรือการถล่มของภูเขาไฟที่มีการปะทุขึ้นซึ่งส่งผลให้น้ำทะเลเคลื่อนที่ในแนวตั้ง และทำให้ตะกอนหรือกรวดหินใต้น้ำมีการเคลื่อนที่และกระจายทั่วบริเวณพื้นทะเลทำให้เกิดคลื่นสึนามิได้ และการระเบิดของภูเขาไฟใต้น้ำสามารถก่อให้เกิดแรงกระตุ้นซึ่งสามารถทำให้น้ำทะเลเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ส่งผลให้เกิดคลื่นสึนามิเช่นกัน

ในทางกลับกัน แผ่นดินถล่มเหนือน้ำ (Super marine landslide) หรือการพุ่งเข้าชนของอุกกาบาตสามารถส่งผลกระทบให้เกิดการเคลื่อนที่ของทะเลจากด้านบน ดังนั้นเมื่อแรงผลักดัน (Momentum) จากการร่วงหล่นของเศษซากดินหรือชิ้นส่วนอื่นๆ (Debris) จะถูกเปลี่ยนไปในน้ำทะเลบริเวณที่ Debris ได้ร่วงหล่น ก็อาจจะส่งผลให้เกิดคลื่นสึนามิได้ อย่างไรก็ตามคลื่นสึนามิที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเช่นนี้อาจจะมีการอ่อนกำลังหรือสลายกำลังอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงอาจจะส่งผลกระทบหรือสร้างความเสียหายให้เกิดขึ้นบริเวณชายฝั่งทะเลได้ไม่มากนัก



รูปของอ่าวลิธัวนา (Lituna) มลรัฐอลาสกา หลังจากการเกิดคลื่นสึนามิที่เกิดจากแผ่นดินถล่ม เมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม ค.ศ. 1958 (<http://www.geophys.washington.edu/tsunami/general/physics/images/lituya.jpg>)

ภาพบริเวณมุมขวามือ แสดงให้เห็นถึงแผ่นดินไหวซึ่งส่งผลให้เกิดหินถล่ม ทำให้เกิดกระเด็นของน้ำภายในบริเวณ 525 เมตรทั่วบริเวณอ่าว และทำลายต้นไม้บริเวณอ่าวและทั่วบริเวณ LaChusse Spit จนราบคาบก่อนที่จะสลายกำลังลงในบริเวณอ่าวอลาสกา (ที่มา: [Lander, and P. Lockridge](#))

## เมื่อคลื่นสึนามิเคลื่อนตัวเข้าสู่แผ่นดิน

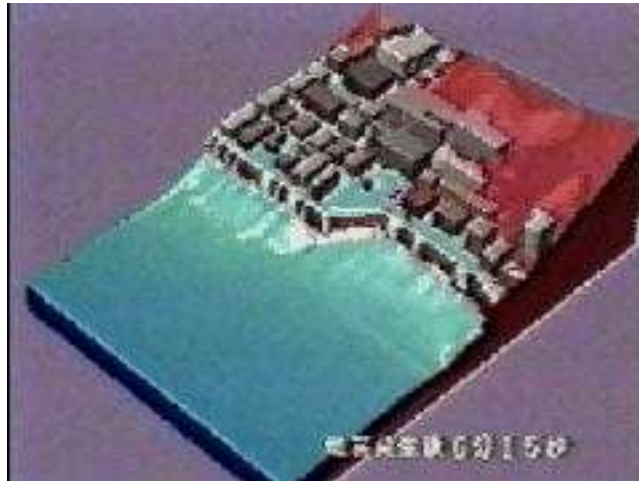
เมื่อคลื่นสึนามิเคลื่อนตัวออกจากช่วงน้ำลึกในมหาสมุทรเปิดเข้าสู่ช่วงน้ำตื้นใกล้ชายฝั่ง ลักษณะของคลื่นจะเปลี่ยนไป ถ้าท่านอ่าน "คลื่นสึนามิแตกต่างจากคลื่นน้ำอื่นๆ อย่างไร" ข้างบนนี้แล้ว ท่านจะค้นพบว่า คลื่นสึนามิเดินทางด้วยความเร็วที่สัมพันธ์กับความลึกของน้ำ กล่าวคือ เมื่อความลึกของน้ำลดลง คลื่นสึนามิจะเคลื่อนตัวช้าลง ในขณะที่การแกว่งของแรงคลื่น ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วและความสูงของตัวคลื่นนั้น จะยังคงอยู่ในระดับเกือบคงที่ ด้วยเหตุดังกล่าว เมื่อความเร็วของคลื่นสึนามิลดลงเพราะเคลื่อนตัวเข้าสู่ช่วงน้ำตื้น ความสูงของคลื่นสึนามิก็เพิ่มขึ้น และเพราะผลกระทบอันเกิดจากการเคลื่อนตัวเข้าสู่ช่วงน้ำตื้นในลักษณะนี้เอง คลื่นสึนามิซึ่งสังเกตเห็นได้ยากในท้องทะเล จึงอาจมีความสูงเพิ่มขึ้นหลายเมตรเมื่อเคลื่อนเข้าใกล้ชายฝั่ง และในท้ายที่สุดเมื่อมันกระทบชายฝั่ง คลื่นสึนามิจึงดูราวกับเป็นกระแสน้ำที่สูงขึ้นหรือลดลงอย่างรวดเร็ว ระลอกคลื่นที่รุนแรง หรืออาจเป็นไปได้ถึงกระแสน้ำท่วมรุนแรงแบบเฉียบพลัน




## เมื่อคลื่นสึนามิกระทบแผ่นดิน

เราได้เรียนรู้จากเรื่อง “เมื่อคลื่นสึนามิเคลื่อนตัวเข้าสู่แผ่นดิน” แล้วว่า เมื่อคลื่นสึนามิเคลื่อนตัวเข้าสู่ชายฝั่ง มันจะเริ่มชะลอความเร็วลงและมีขนาดความสูงเพิ่มขึ้น และในลักษณะเดียวกับคลื่นน้ำอื่นๆ ทั่วไป พลังแรงของคลื่นสึนามิจะลดลงเมื่อเคลื่อนเข้าสู่ชายฝั่ง ทั้งนี้เนื่องจากแรงเสียดทานของคลื่นส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับออกไปนอกชายฝั่ง ในขณะที่พลังงานของคลื่นที่เพิ่มมากขึ้นอันเกิดจากการมุ่งหน้าสู่ชายฝั่งนั้นจะกระจายหายไปตามแรงเสียดทานและความเชียวกรากที่เกิดข้างใต้ แต่ถึงแม้ว่าแรงคลื่นจะลดลงด้วยเหตุดังกล่าว คลื่นสึนามิก็ยังคงเคลื่อนกระทบชายฝั่งด้วยพลังอันมหาศาล

คลื่นสึนามินั้นมีอำนาจในการกัดเซาะสูง โดยสามารถกัดเซาะหาดทรายที่ใช้เวลาก่อตัวมานานนับหลายปี และชะล้างดินของต้นไม้หรือพืชพันธุ์ตามชายฝั่งชนิดอื่นๆ ไปจนหมดสิ้นได้นอกจากนี้ คลื่นสึนามิยังสามารถทำให้เกิดน้ำท่วมในอาณาบริเวณครอบคลุมหลายร้อยเมตรได้มากกว่าน้ำท่วมปกติ ดังนั้น กระแสน้ำที่ไหลอย่างรวดเร็วผสมผสานกับน้ำท่วมในลักษณะดังกล่าวจึงสามารถทำลายบ้านเรือนและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ตามชายฝั่งได้ คลื่นสึนามิขณะเคลื่อนตัวเข้าสู่ชายฝั่งอาจมีความสูงในระดับสูงสุดเมื่อวัดตามแนวตั้งเหนือระดับน้ำทะเลถึง 10, 20, และ 30 เมตรไล่เรียงกัน



 ภาพเคลื่อนไหวแสดงเหตุการณ์จำลองทางตัวเลข ซึ่งสร้างขึ้นโดยศาสตราจารย์โนบุโอะ ชูโต (Nobuo Shuto) จากศูนย์วิจัยเพื่อการควบคุมภัยพิบัติ (Disaster Control Research Center) แห่งมหาวิทยาลัยโตโฮกุของประเทศญี่ปุ่น

ภาพนี้ แสดงให้เห็นถึงคลื่นสึนามิคันโต (Kanto) ที่เกิดขึ้นในปีค.ศ. 1923 และถล่มหมู่บ้านแห่งหนึ่งของญี่ปุ่น ทั้งนี้ โดยมีภาพเคลื่อนไหวแสดงเหตุการณ์จำลองฉบับเต็ม (ไฟล์ขนาด 6.2 MB) แสดงให้ดูด้วย แต่โปรดสังเกตว่า สิ่งปลูกสร้างต่างๆ ในภาพนี้ไม่มีการเคลื่อนไหว ซึ่งหากเป็นคลื่นสึนามิที่เกิดขึ้นจริงนั้นจะทำลายสิ่งปลูกสร้างตามชายฝั่งลงได้

# การบรรเทาภัยอันตรายจากคลื่นสึนามิ

ข้อมูลเกี่ยวกับสึนามิที่อาจช่วยชีวิตคุณ  
จาก Tsunami! The Great Waves

ถ้าคุณคิดว่าคลื่นสึนามิอาจจะกำลังมา แผ่นดินสั่นสะเทือนหรือได้ยินเสียงเตือนภัย ควรแจ้งญาติและเพื่อนของคุณทราบรวมทั้งควรอพยพไปยังที่สูงด้วยความรวดเร็ว

ข้อมูลต่อไปนี้จะช่วยให้คุณเรียนรู้มากยิ่งขึ้นเกี่ยวกับวิธีที่จะสามารถป้องกันตนเองจากคลื่นสึนามิ

- **ข้อเท็จจริงสำคัญเกี่ยวกับคลื่นสึนามิที่ควรทราบ**
- **สิ่งที่ควรปฏิบัติเมื่อเกิดคลื่นสึนามิ**
- ในกรณีที่อยู่บนฝั่ง
- ในกรณีที่อยู่บนเรือ

## ข้อเท็จจริงสำคัญเกี่ยวกับคลื่นสึนามิที่ควรทราบ

- คลื่นสึนามิที่ซัดเข้าชายฝั่งทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิกมักเกิดจากแผ่นดินไหวเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งแผ่นดินไหวนี้อาจจะเกิดในบริเวณใกล้หรือไกลจากบริเวณที่คุณอยู่
- คลื่นสึนามิบางลูกมีขนาดใหญ่มาก ในบริเวณชายฝั่งอาจมีความสูงถึง 30 ฟุตหรือมากกว่า (100 ฟุตในครั้งที่ร้ายแรงที่สุด) นอกจากนี้ คลื่นสึนามิยังสามารถเคลื่อนตัวเข้าฝั่งด้วยความสูงหลายร้อยฟุต
- คลื่นสึนามิสามารถซัดถล่มบริเวณชายฝั่งทะเลที่อยู่ในระดับต่ำได้ทั้งหมด
- คลื่นสึนามิหนึ่งลูกประกอบด้วยคลื่นจำนวนหลายระลอก บ่อยครั้งที่คลื่นลูกแรกอาจจะไม่ใช่คลื่นที่มีขนาดใหญ่ที่สุด และหลังจากที่เกิดคลื่นลูกแรก อันตรายที่เกิดจากคลื่นสึนามิอีกหนึ่งลูกอาจกินเวลาต่อมาหลายชั่วโมง
- คลื่นสึนามิสามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็วกว่าที่คุณจะสามารถวิ่งได้
- บางครั้งคลื่นสึนามิทำให้น้ำบริเวณชายฝั่งลดลงและเผยให้เห็นพื้นมหาสมุทรได้
- คลื่นสึนามิบางลูกมีพลังความรุนแรงมหาศาล คลื่นของมันสามารถพัดพาก้อนหินขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักหลายตันพร้อมทั้งเรือและซากปรักหักพังอื่น ๆ ขึ้นมาบนฝั่งในระยะหลายร้อยฟุต น้ำทะเลสามารถเคลื่อนที่ด้วยกำลังมหาศาลและสามารถทำลายอาคารบ้านเรือน ที่อยู่อาศัย และทำให้ผู้คนบาดเจ็บหรือเสียชีวิตได้
- คลื่นสึนามิสามารถเกิดขึ้นเมื่อใดก็ได้ ไม่ว่าจะ เป็นในตอนกลางวันหรือกลางคืน
- คลื่นสึนามิสามารถไปตามแม่น้ำหรือลำธารที่ไหลลงมหาสมุทรได้

## ในกรณีที่อยู่บนฝั่ง

- ควรตระหนักถึงข้อเท็จจริงเกี่ยวกับคลื่นสึนามิ ข้อมูลนี้สามารถช่วยชีวิตคุณได้และควรแจ้งข้อมูลนี้แก่ญาติและเพื่อนของคุณ เนื่องจากข้อมูลนี้จะสามารถช่วยชีวิตของพวกเขาได้เช่นกัน
- ในกรณีที่คุณอยู่ในโรงเรียนและได้ยินเสียงเตือนภัยเกี่ยวกับคลื่นสึนามิ คุณควรปฏิบัติตามคำแนะนำของอาจารย์หรือบุคคลากรท่านอื่น ในโรงเรียน
- ในกรณีที่คุณอยู่ในบ้านและได้ยินเสียงเตือนภัยเกี่ยวกับคลื่นสึนามิ คุณควรแน่ใจว่าครอบครัวของคุณทั้งหมดได้ยินเสียงเตือนภัยนั้น ถ้าคุณอยู่ในบริเวณที่จะได้รับอันตรายจากคลื่นสึนามิ ควรอพยพครอบครัวด้วยความรีบร้อน สงบและปลอดภัยไปยังสถานที่อพยพหรือสถานที่ที่ปลอดภัยนอกเขตอันตราย นอกจากนั้น ควรปฏิบัติตามคำแนะนำของประกาศภาวะฉุกเฉินในท้องถิ่นหรือกฎหมายที่ประกาศบังคับใช้
- ในกรณีที่คุณอยู่ที่ชายหาดหรือใกล้มหาสมุทรและรู้สึกว่าแผ่นดินสั่นสะเทือน ควรไปยังพื้นที่ที่สูงกว่าโดยทันที โดยไม่ต้องรอเสียงประกาศเตือนภัย เนื่องจากคลื่นสึนามิที่เกิดจากแผ่นดินไหวในท้องถิ่นสามารถโจมตีในบางบริเวณก่อนที่จะมีการประกาศเตือน นอกจากนี้ ควรอยู่ห่างจากแม่น้ำหรือลำธารที่ไหลลงมหาสมุทร และเมื่อคลื่นสึนามิเกิดขึ้น ควรอยู่ห่างจากชายหาดและมหาสมุทร
- คลื่นสึนามิที่เกิดในสถานที่ที่ห่างไกลออกไป จะทำให้ผู้คนมีเวลาพอที่จะอพยพไปอยู่บนที่สูง แต่สำหรับคลื่นสึนามิที่เกิดภายในเมืองริมชายฝั่งทะเล ซึ่งคุณอาจรู้สึกได้ว่าแผ่นดินสั่นสะเทือน คุณอาจมีเวลาเพียงไม่กี่นาทีที่จะไปอยู่บนที่สูง
- มีโรงแรมคอนกรีตที่สูงหลายชั้นตั้งอยู่บนบริเวณชายฝั่งในระดับต่ำหลายแห่ง ในกรณีที่มีเสียงเตือนภัยและคุณไม่สามารถหนีเข้าฝั่งไปยังพื้นที่สูงด้วยความรวดเร็วได้ ชั้นบนของโรงแรมเหล่านี้เป็นสถานที่ปลอดภัยที่สามารถใช้หลบภัยได้ อย่างไรก็ตาม บ้านและอาคารขนาดย่อมที่ตั้งอยู่ในบริเวณชายฝั่งระดับต่ำไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อต้านทานแรงกระแทกของคลื่นสึนามิ ดังนั้น จึงไม่ควรอยู่ในสถานที่เหล่านี้ เมื่อมีการเตือนภัย
- หินโสโครกนอกชายฝั่งและพื้นที่ดินเลนอาจช่วยลดภัยกำลังของคลื่นสึนามิได้ แต่คลื่นที่มีขนาดใหญ่และอันตรายก็ยังคงเป็นสิ่งที่คุกคามผู้อยู่อาศัยริมฝั่งในบริเวณเหล่านั้น ดังนั้น คำแนะนำที่ปลอดภัยที่สุดเมื่อมีการเตือนภัยเกี่ยวกับคลื่นสึนามิ คือ ควรอยู่ห่างจากบริเวณที่ต่ำ

## ในกรณีที่อยู่บนเรือ

เนื่องจากเราไม่สามารถรับรู้เกี่ยวกับคลื่นสึนามิในมหาสมุทรเปิดได้ นอกจากนี้ คลื่นสึนามิสามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอย่างรวดเร็วและก่อให้เกิดกระแสน้ำที่อันตรายซึ่งไม่สามารถคาดการณ์ได้ที่ท่าเรือ ดังนั้น จึงไม่ควรกลับเข้าท่าเรือ หากอยู่ในทะเลและมีประกาศเตือนภัยในบริเวณที่คุณอยู่

หลังประกาศเตือนภัย หากมีเวลาที่จะเคลื่อนย้ายเรือของคุณไปสู่ท่าเรือ ควรพิจารณาสิ่งต่อไปนี้

- ท่าเรือขนาดใหญ่ส่วนใหญ่อยู่ภายใต้การควบคุมของเจ้าหน้าที่ประจำท่าเรือและ/หรือระบบเส้นทางเดินเรือ หากมีการคาดการณ์ว่าคลื่นสึนามิจะเกิดขึ้น เจ้าหน้าที่เหล่านี้ควรกำกับการดำเนินการในช่วงที่มี






ความพร้อม และกำกับการเดินเรือหากเห็นสมควร ในกรณีที่การเดินเรืออยู่ในความควบคุมดูแล ควรรักษาการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ท่าเรือ

- ท่าเรือขนาดเล็กอาจไม่อยู่ภายใต้การควบคุมของเจ้าหน้าที่ประจำท่าเรือ ถ้าคุณได้ยินเสียงเตือนภัยและมีเวลาที่จะเคลื่อนย้ายเรือไปยังน้ำลึก ควรกระทำด้วยความเป็นระเบียบเรียบร้อยและคำนึงถึงเรือลำอื่น วิธีที่ปลอดภัยที่สุดสำหรับเจ้าของเรือขนาดเล็ก โดยเฉพาะเมื่อคลื่นสึนามิเกิดขึ้นในท้องที่ คือ จอดเรือไว้ที่ท่าแล้วขึ้นฝั่งไปยังพื้นที่สูง สภาพภูมิอากาศที่เลวร้าย (ทะเลที่มีคลื่นจัดนอกท่าเรือ) ทำให้เรือขนาดเล็กอยู่ในอันตรายมากขึ้น ดังนั้น การย้ายไปอยู่บนพื้นที่สูงจึงเป็นหนทางเดียวที่ปลอดภัยที่สุด

คลื่นสึนามิและกระแสน้ำที่ไม่อาจคาดการณ์ได้สามารถส่งผลกระทบต่อท่าเรือในระยะเวลาหนึ่งหลังจากที่มีผลกระทบที่รุนแรงต่อชายฝั่งในระยะแรก ดังนั้น ควรติดต่อกับเจ้าหน้าที่ของท่าเรือก่อนที่จะกลับไปยังท่าเรือ เพื่อตรวจสอบว่าสภาพภูมิอากาศที่ท่าเรือปลอดภัยต่อการเดินเรือและจอดเรือ

| หนังสืออิเล็กทรอนิกส์    |                               |
|--------------------------|-------------------------------|
| ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(   | ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)          |
| ฟิสิกส์ 2                | กลศาสตร์เวกเตอร์              |
| โลหะวิทยาฟิสิกส์         | เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1          |
| ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(       | แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C     |
| ฟิสิกส์พิศวง             | สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเตอร์เน็ต |
| ทดสอบออนไลน์             | วิดีโอการเรียนการสอน          |
| หน้าแรกในอดีต            | แผ่นใสการเรียนการสอน          |
| เอกสารการสอน PDF         | กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์ |
| แบบฝึกหัดออนไลน์         | สุดยอดสิ่งประดิษฐ์            |
| การทดลองเสมือน           |                               |
| บทความพิเศษ              | ตารางธาตุไทย1) 2 (Eng)        |
| พจนานุกรมฟิสิกส์         | ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์        |
| ธรรมชาติมหัศจรรย์        | สูตรพื้นฐานฟิสิกส์            |
| การทดลองมหัศจรรย์        | ดาราศาสตร์ราชมงคล             |
| แบบฝึกหัดกลาง            |                               |
| แบบฝึกหัดโลหะวิทยา       | แบบทดสอบ                      |
| ความรู้รอบตัวทั่วไป      | อะไรเอ่ย ?                    |
| ทดสอบ)เกมเศรษฐี(         | คติปริศนา                     |
| ข้อสอบเอนทรานซ์          | เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์          |
| คำศัพท์ประจำสัปดาห์      |                               |
| ความรู้รอบตัว            |                               |
| การประดิษฐ์ของโลก        | ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์     |
| นักวิทยาศาสตร์เทศ        | นักวิทยาศาสตร์ไทย             |
| ดาราศาสตร์พิศวง          | การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์  |
| การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ |                               |

|  <b>การเรียนการสอนฟิสิกส์ 1</b> <span style="float: right;"></span> ผ่านทางอินเทอร์เน็ต         |   |
|---|---|
| 1. การวัด   | 2. เวกเตอร์                                   |
| 3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ  | 4. การเคลื่อนที่บนระนาบ                       |
| 5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน   | 6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน        |
| 7. งานและพลังงาน  | 8. การดลและโมเมนตัม                           |
| 9. การหมุน  | 10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง                    |
| 11. การเคลื่อนที่แบบคาบ   | 12. ความยืดหยุ่น                              |
| 13. กลศาสตร์ของไหล  | 14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน |
| 15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก  | 16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร               |
| 17. คลื่น   | 18. การสั่น และคลื่นเสียง                     |
|  <b>การเรียนการสอนฟิสิกส์ 2</b> <span style="float: right;"></span> ผ่านทางอินเทอร์เน็ต         |   |
| 1. ไฟฟ้าสถิต  | 2. สนามไฟฟ้า                                  |
| 3. ความกว้างของสายฟ้า   | 4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน            |
| 5. ศักย์ไฟฟ้า   | 6. กระแสไฟฟ้า                                 |
| 7. สนามแม่เหล็ก   | 8. การเหนี่ยวนำ                               |
| 9. ไฟฟ้ากระแสสลับ   | 10. ทรานซิสเตอร์                              |
| 11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ  | 12. แสงและการมองเห็น                          |
| 13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ   | 14. กลศาสตร์ควอนตัม                           |
| 15. โครงสร้างของอะตอม   | 16. นิวเคลียร์                                |
|  <b>การเรียนการสอนฟิสิกส์ทั่วไป</b> <span style="float: right;"></span> ผ่านทางอินเทอร์เน็ต |   |
| 1. จลศาสตร์ (kinematic)   | 2. จลพลศาสตร์ (kinetics)                      |
| 3. งานและโมเมนตัม   | 4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง            |
| 5. ของไหลกับความร้อน  | 6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า                     |
| 7. แม่เหล็กไฟฟ้า  | 8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง                   |
| 9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์  |   |

