

9장: 파랑



해파의 분류:

- 기파력 (disturbing force): 교란시키는 힘 or 파랑을 일으키는 에너지
- 복원력 (restoring force): 파랑이 형성 된 후 변위된 해면을 다시 정수면으로 원위치 시키려는 힘
- 파장 (wave length): 잇달은 두 개의 마루 (또는 파곡) 사이의 수평거리

➔ 이 세가지에 의해 분류

표 9.1 **주요 해파의 파장 및 기파력**

파의 종류	대표적 파장	기파력
풍파	60~150m	해상 바람
세이쉬	바다 크기에 따라 다양, 대체로 매우 길다	대기압 변화, 폭풍, 쓰나미
지진해파(쓰나미)	200km 내외	해저화산, 단층, 사태
조석	지구둘레의 반	인력, 지구자전

해파의 에너지 분포

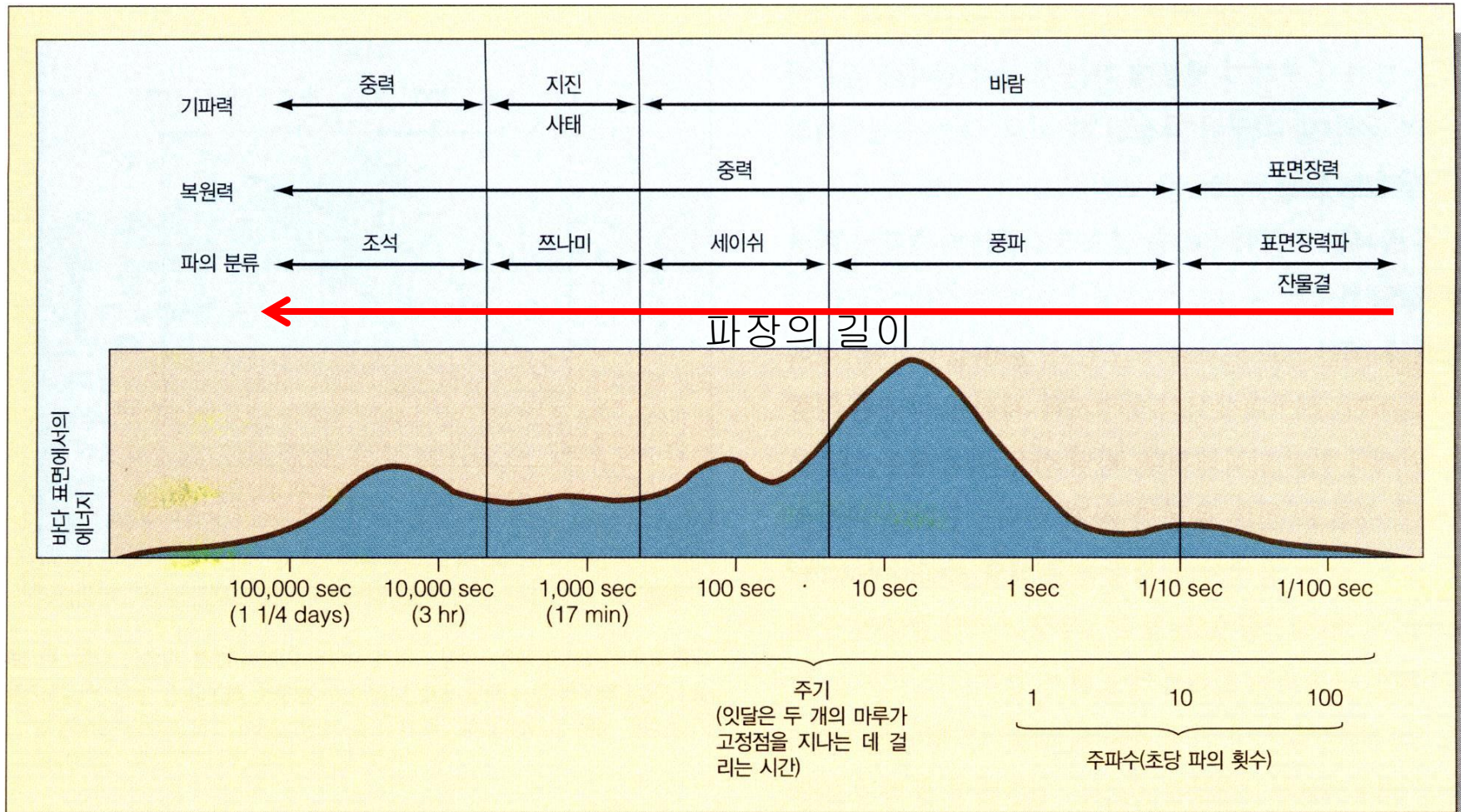
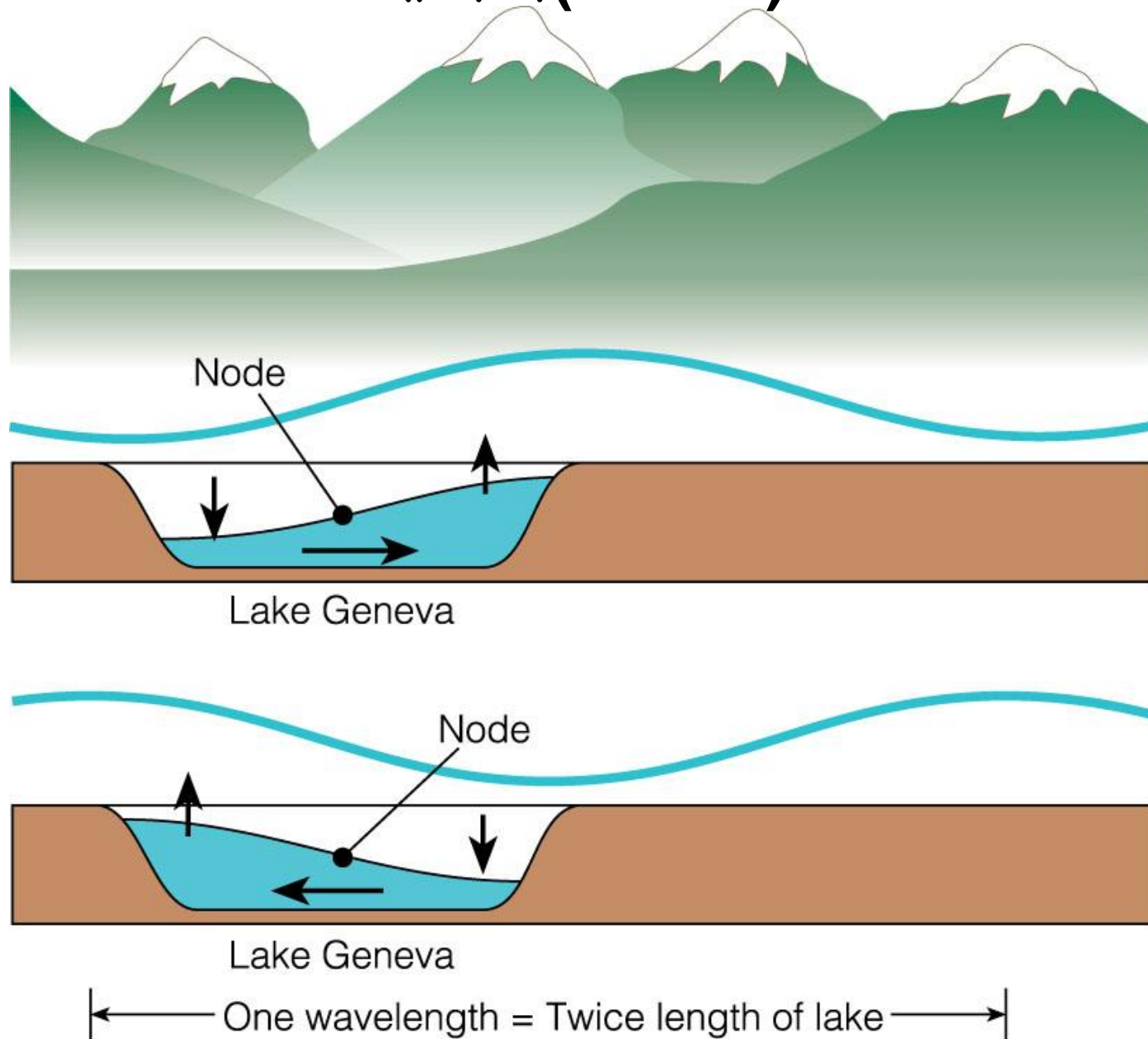


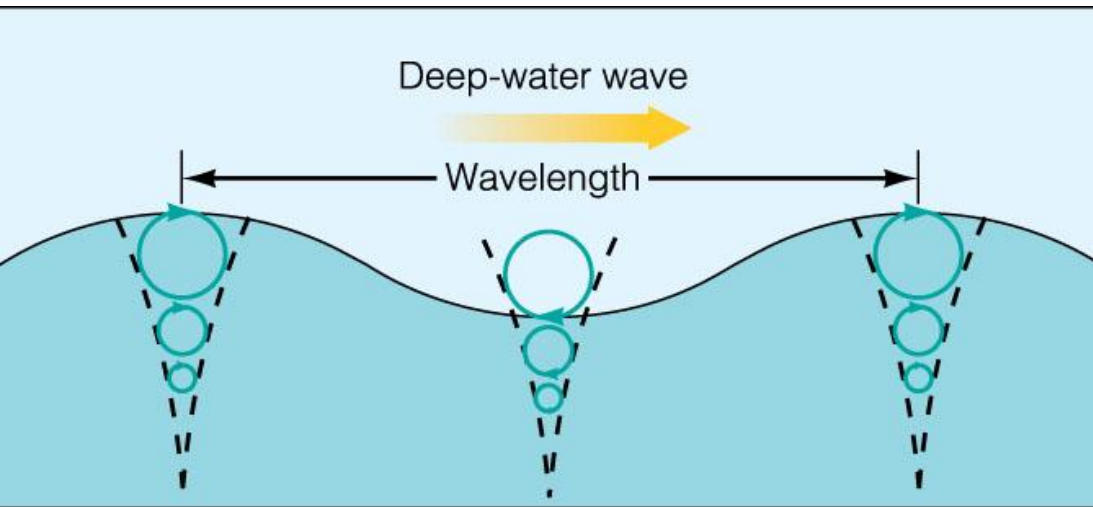
그림 9.4 주기 별로 본 해파의 에너지 분포. 대부분의 에너지는 풍파 범위에 집중되어 있다. 바다에서 그리 자주 발생하는 것은 아니지만 쓰나미는 아주 짧은 시간 동안에 많은 에너지를 집중적으로 전파시킬 수 있다.

*세이쉬 (**seiche**): 호수나 저수지, 항구 또는 수로 등 완전히 또는 부분적으로 밀폐된 물의 표면이 먼거리에서 발생한 큰 규모의 지진이나 또는 강풍에 의하여 긴 주기를 갖고 진동하는 현상

세이쉬(seiche)

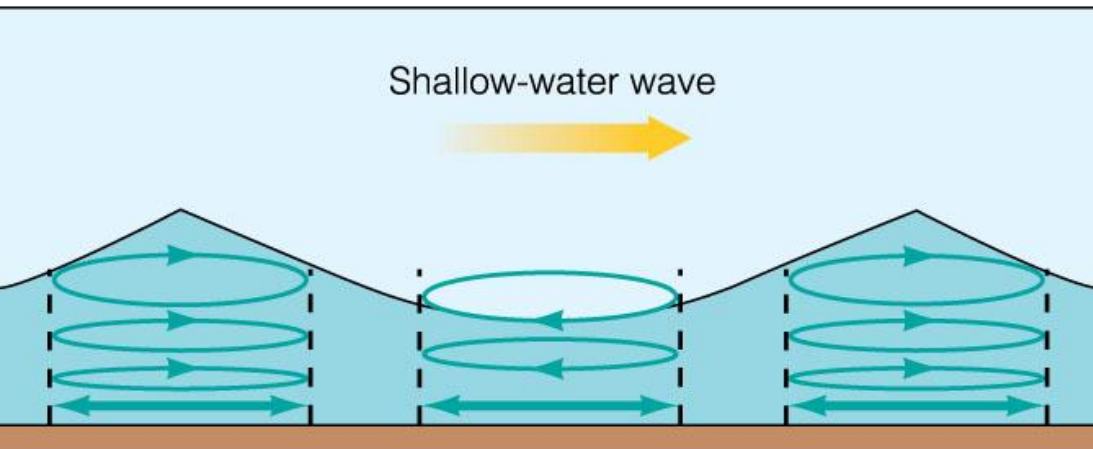


해파의 분류: 심해파 vs 천해파



심해파: 파장의 반 이상
되는 수심에서의 파

a $\text{Depth} \geq \frac{1}{2} \text{ wavelength}$



천해파: 수심이 파장의 $1/20$
보다 얇은 곳에서의 파랑

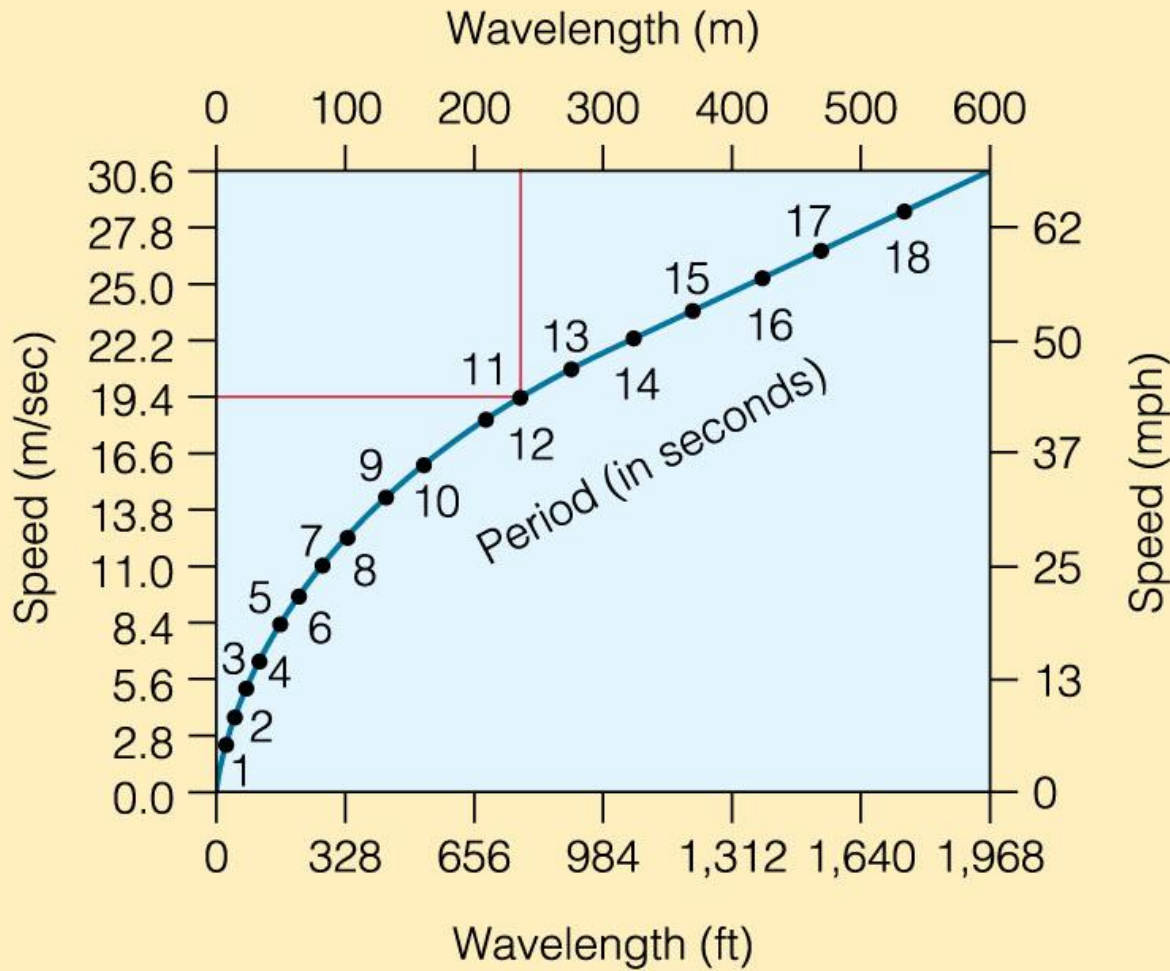
b $\text{Depth} \leq \frac{1}{20} \text{ wavelength}$

Fig 9-4, p.163

표 9.1 주요 해파의 파장 및 기파력

파의 종류	대표적 파장	심해파 or 천해파
풍파	60~150m	심해파
세이쉬	바다 크기에 따라 다양, 대체로 매우 길다	천해파
지진해파(쓰나미)	200km 내외	천해파
조석	지구둘레의 반	천해파

심해파의 속도



$$S \text{ (m/sec)} = L/T$$

or

$$S = 1.56 (T)$$

L: 파장

T: 주기

➔ 파장이 길수록
파속은 빨라짐!!

Fig 9-6, p.164

천해파의 속도

$$S \text{ (m/sec)} = \sqrt{gd} = 3.1\sqrt{d}$$

g: 중력가속도 (평균 9.8 m/sec²)

d: 수심 (m)

심해파 (풍파) vs 천해파(지진해파)

풍파

주기 : 약 20초

파장 : 약 600m (극단적인 경우)

파속 : 112km/hr (극단적인 경우)

지진해파

주기 : 약 20분

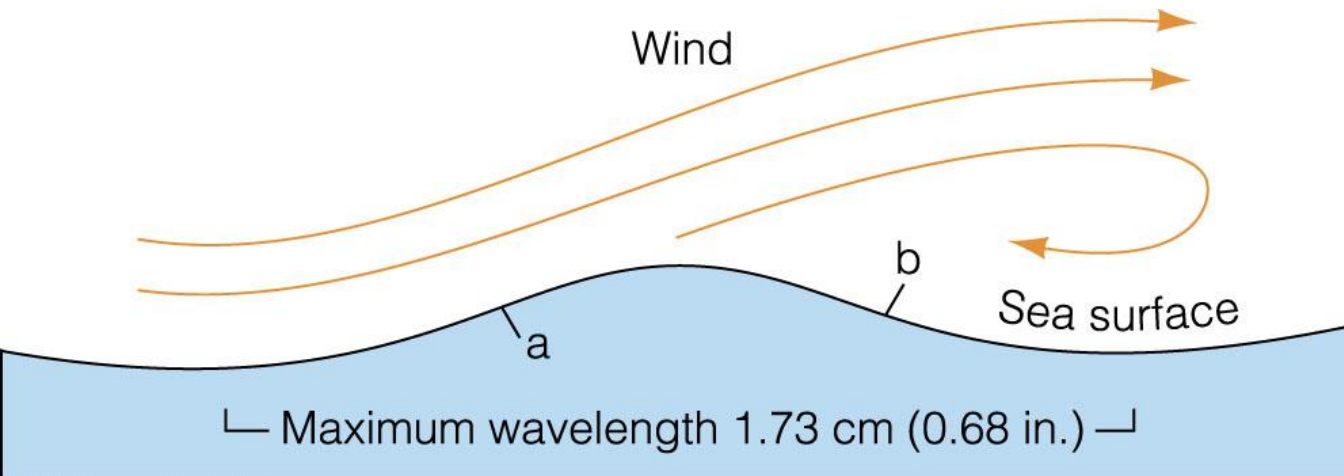
파장 : 200km (전형적인 경우)

파속 : 760km/hr ($d=4600\text{m}$ 태평양의 경우)

➔ 파장이 길수록 파속 (전달 속도)이 빨라짐!!

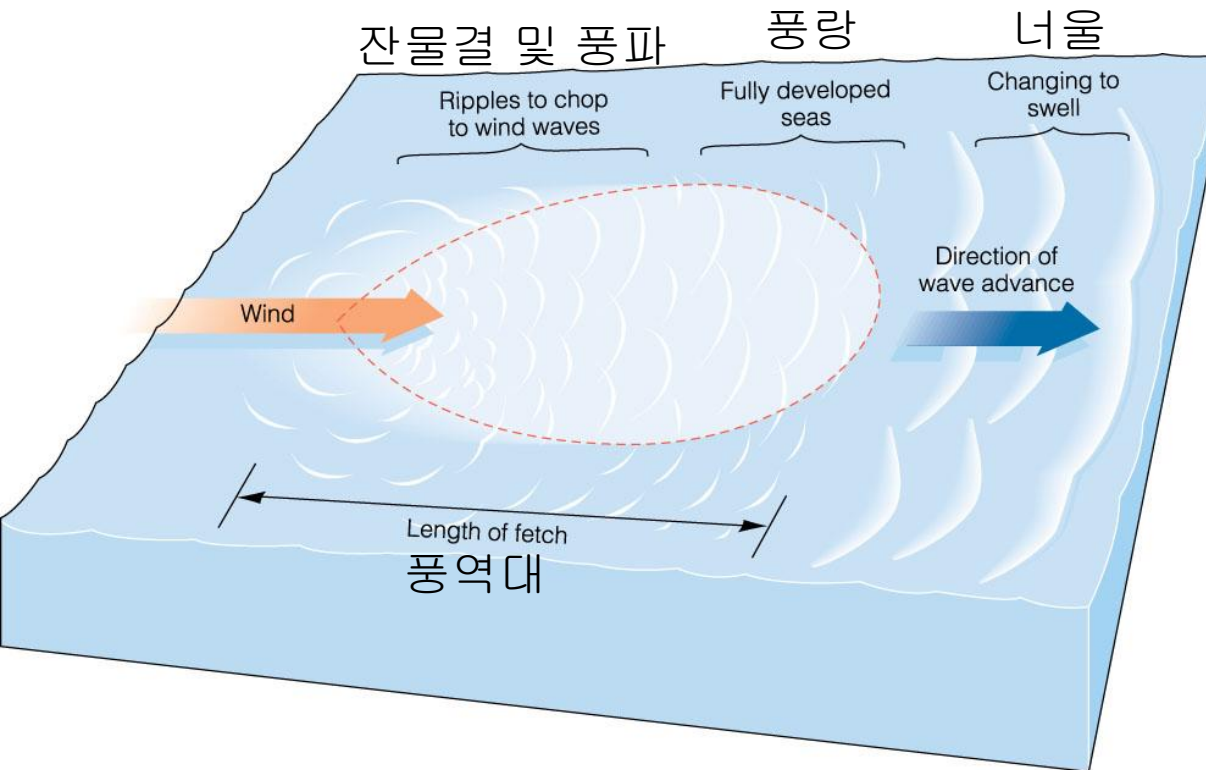
풍파(Wind Wave):

- 바람 에너지가 바다에 전달되어 생긴 중력파의 하나
- 작은 표면장력파에서부터 생성
- 표면장력파가 자라 파장이 1.73cm가 되면 복원력에서 중력의 비중이 표면장력을 능가하게 되어 풍파로 변환



© 2004 Thomson - Brooks/Cole

풍파(Wind Wave)의 형성:



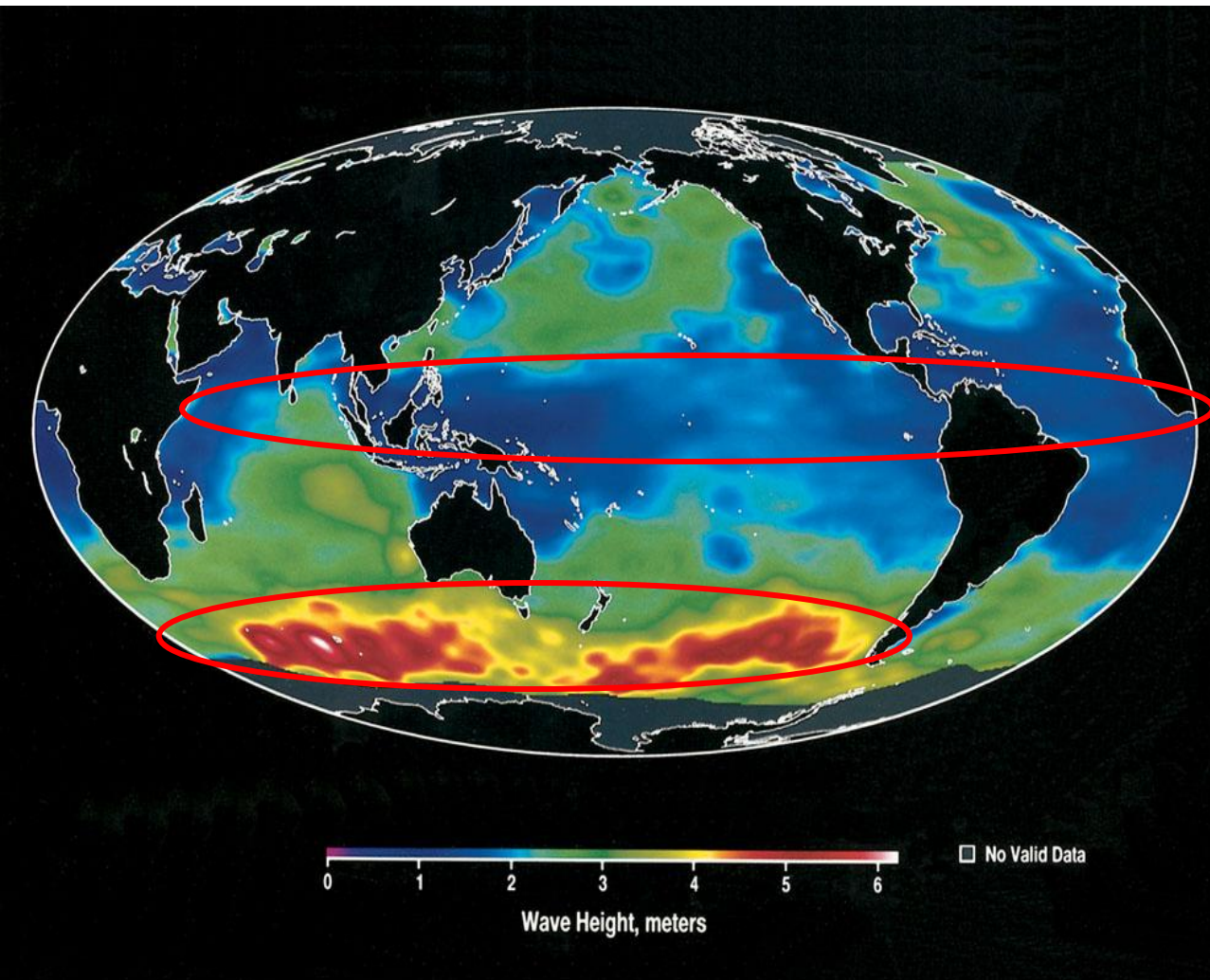
풍랑 (sea) : 바람이 불고 있는 해역에서는 갓가지의 파장, 파고, 주기의 파들이 동시에 존재하여 파봉이 불규칙한 파도를 형성하며 파는 계속 자라게 되는데 이 상태를 풍랑이라 함

너울 (swell) : 해파중에서 해면이 비교적 완만한 파동

*풍파의 발달 요소:

- 풍속, 즉 바람의 세기
- 지속시간
- 풍역대

풍파(Wind Wave)의 형성:



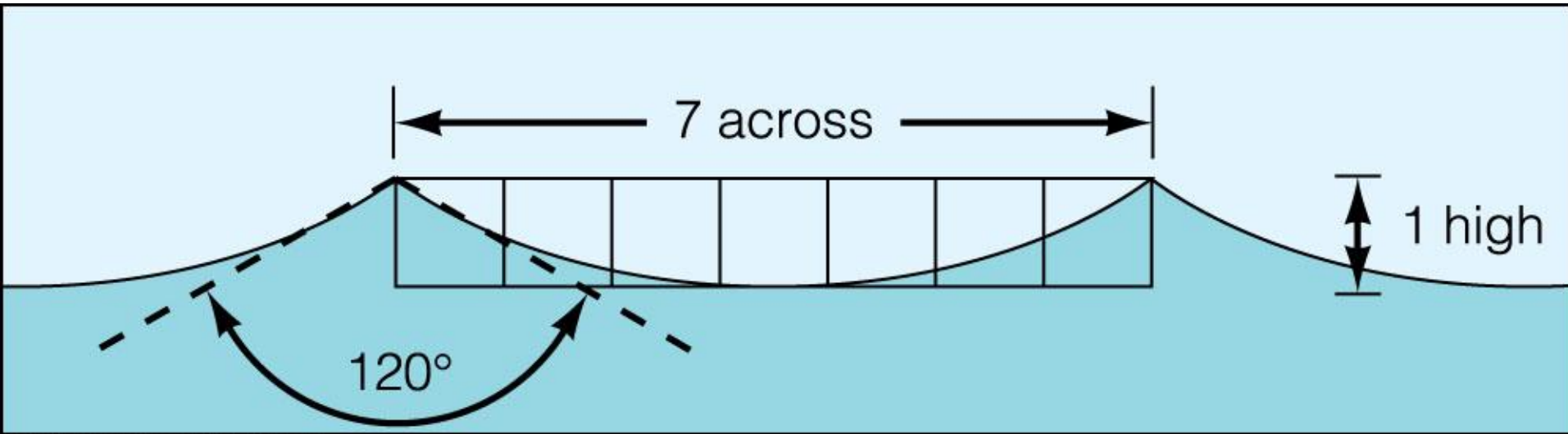
→ 낮은 파고: 바람이 약한 열대 및 아열대

→ 남극해: 6m 이상의 큰 파도; 바람이 끊임없이 불어 남극 환류를 일으키는 남극해역

© 2004 Thomson - Brooks/Cole

그림 9.10. 1992년 10월 TOPEX/포세이돈 위성이 촬영한 파고의 분포

풍파의 파고와 파장:



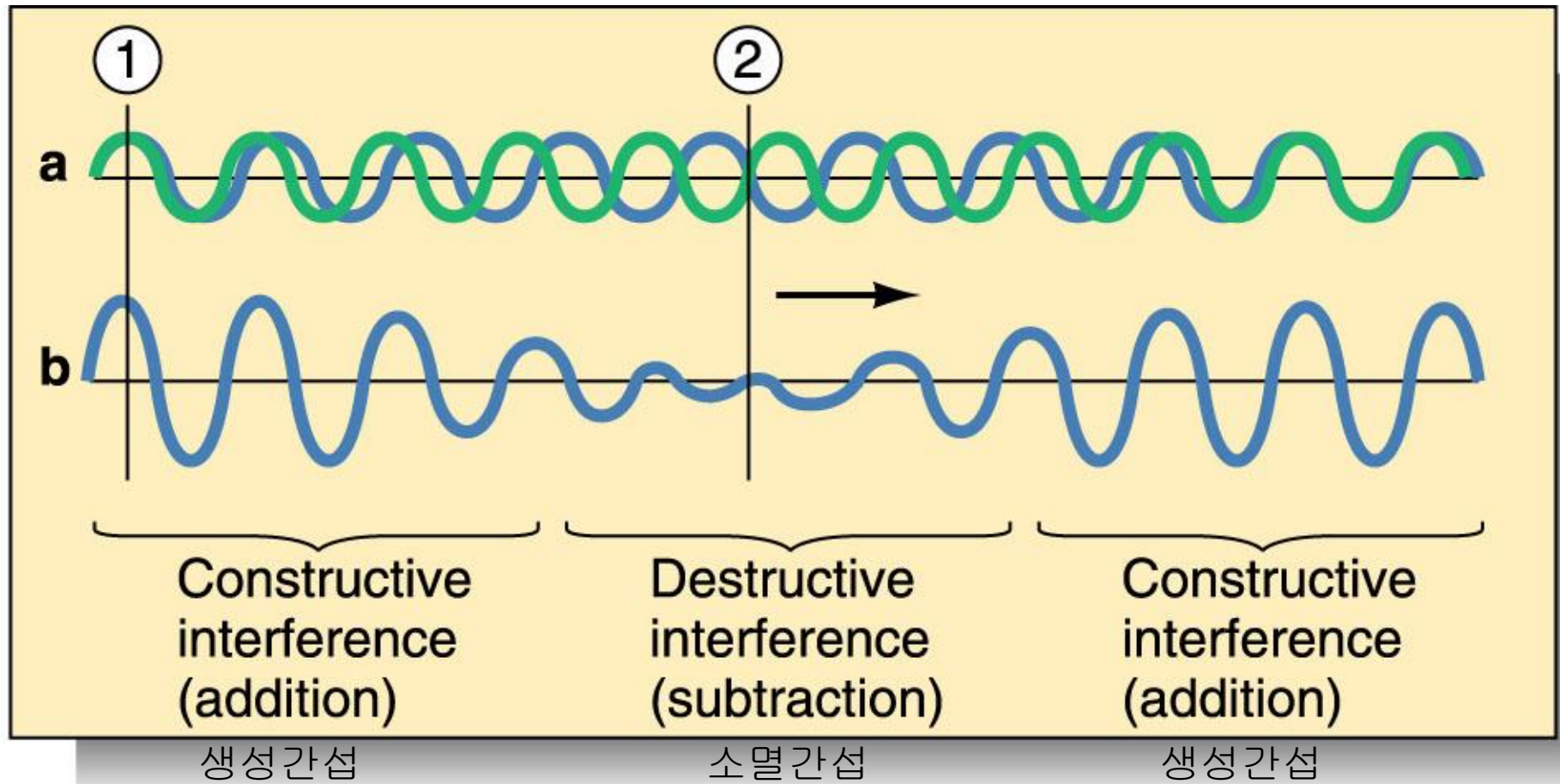
© 2004 Thomson - Brooks/Cole

➔ 파형경사: 파고 대 파장의 비 $< 1/7$

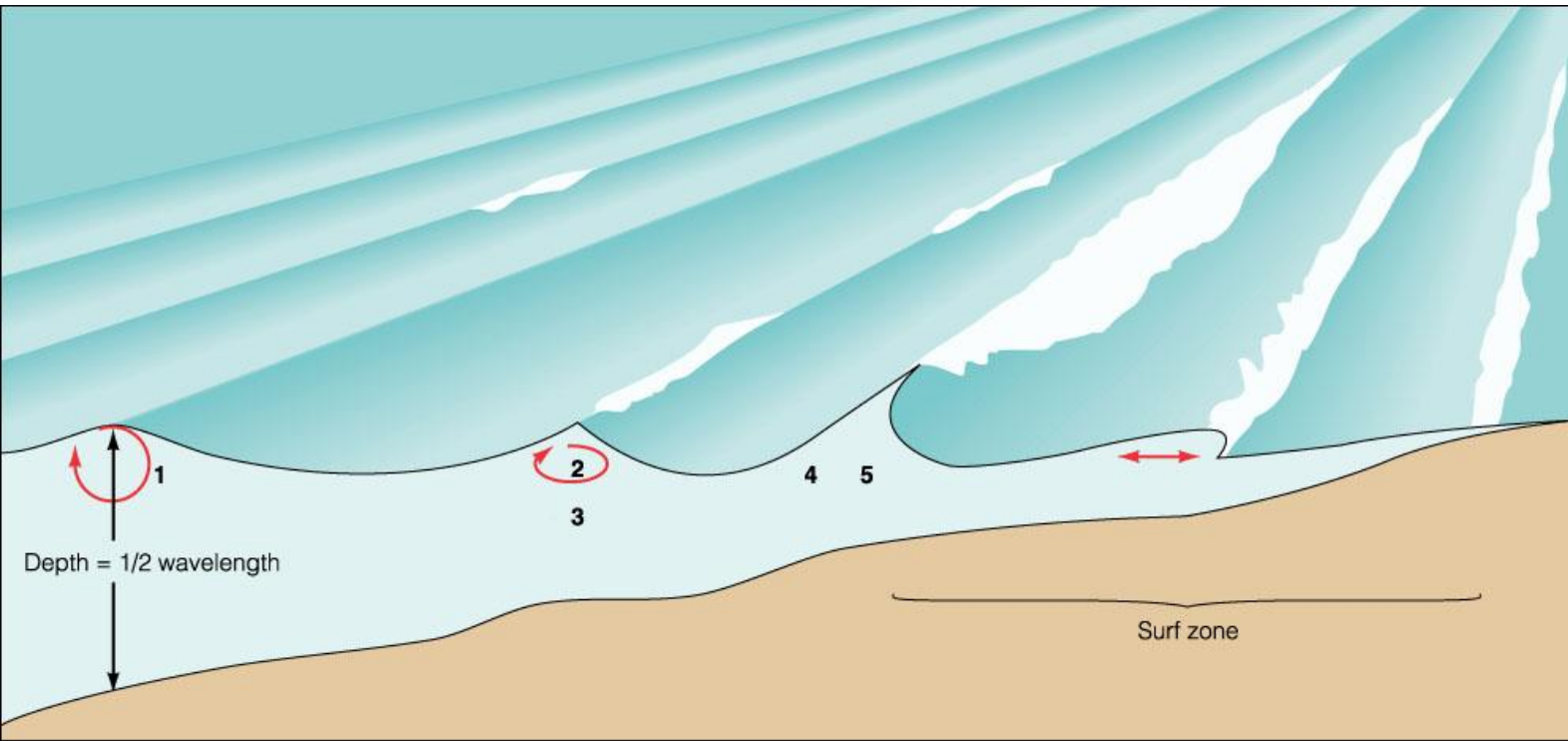
➔ 파봉에서의 각도 120° 를 넘을 수 없음

간섭:

➔ 하나의 파가 다른 파를 만나 서로 겹쳐지거나 또는 상쇄되기도 하는 상호작용



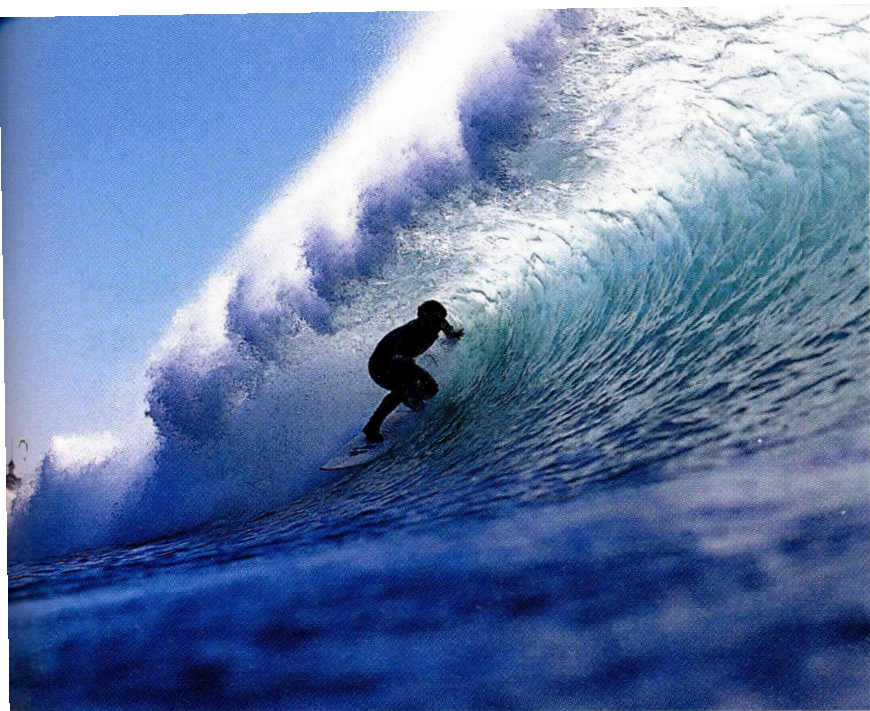
해안으로 접근하는 풍랑:



© 2004 Thomson - Brooks/Cole

- 1) 파열이 수심이 파장의 반 이하인 해역에 들어서면 파랑은 바닥을 느끼기 시작
- 2) 파랑 속 물 입자의 원운동은 바닥과의 마찰때문에 물 입자 운동 궤적은 타원형태가 되고 파봉은 둥근 형태에서 뾰족한 형태로 변함
- 3) 앞서가는 파의 속도는 늦어지는 반면 뒤의 파는 원래 속도로 진행하게 되며, 결과적으로 주기는 그대로이나 파장이 짧아 짐 (파고가 증가)
- 4) 파고가 점점 높아져 파형경사가 임계점인 $1/7$ 에 가까워져 감
- 5) 수심이 더욱 얕아지면 바닥의 저항으로 파의 속도는 더욱 늦어지고 파고 : 수심비가 3:4가 되면 파는 깨어짐

쇄파의 형태: 해안의 바닥경사에 따라



a

a & b : Dennis Junior, Creation Captured

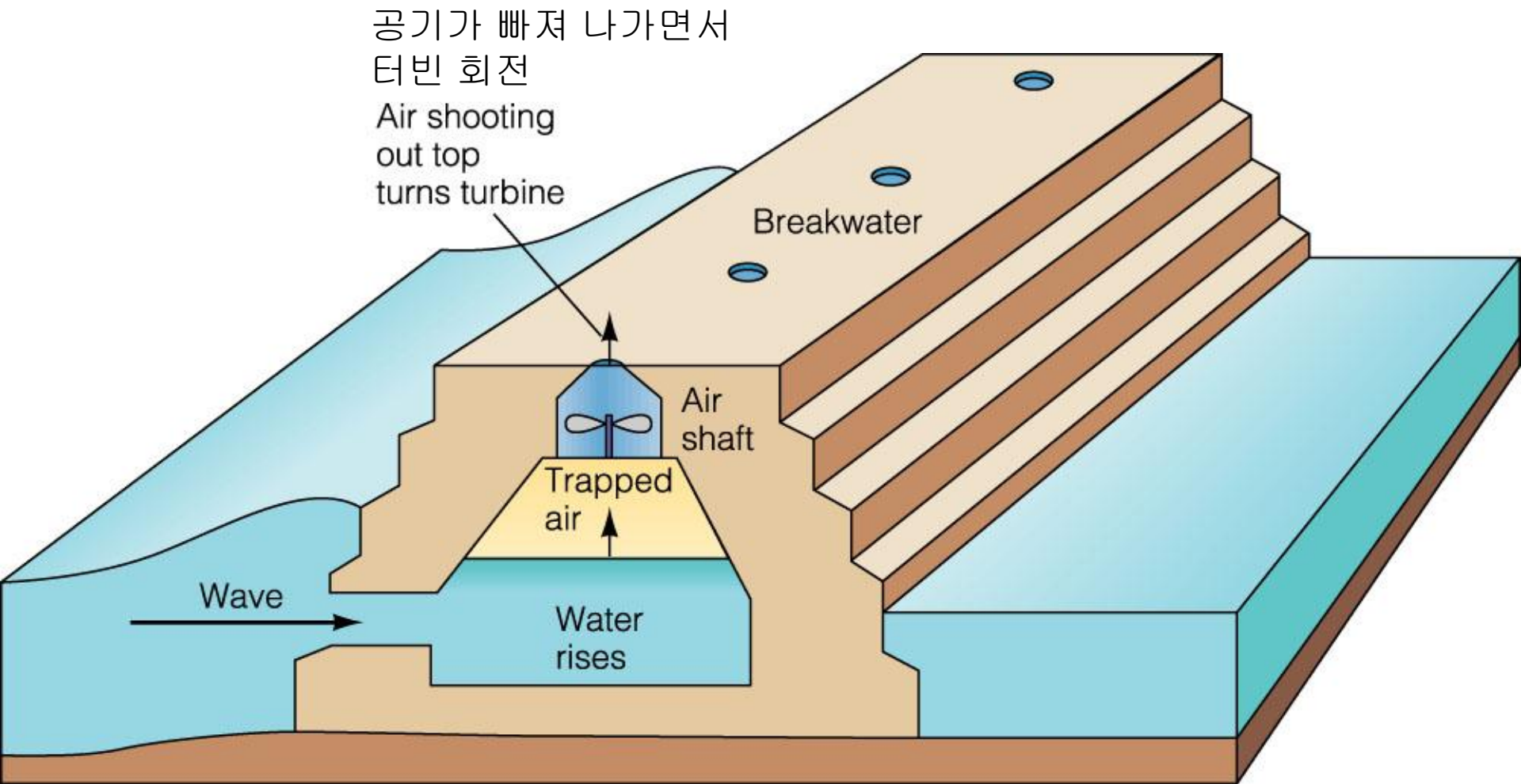


b

그림 9.16 쇄파의 형태. (a) 해안으로의 바닥 경사가 급할 때 휘말림 파가 형성된다. (b) 바닥 경사가 완만할 때는 미끄럼 파가 형성된다.

휘말림 파 (plunging waves): 가장 급격한 형태의 쇄파, 해저 경사가 급한 해안에 파랑이 진입할 때 발생, 파봉이 말려 물의 동굴을 이루며 바닥에까지 연결되는 형태

미끄럼파 (spilling waves): 파봉이 파의 전면을 타고 내리는 형태, 바닥 경사가 완만할 때

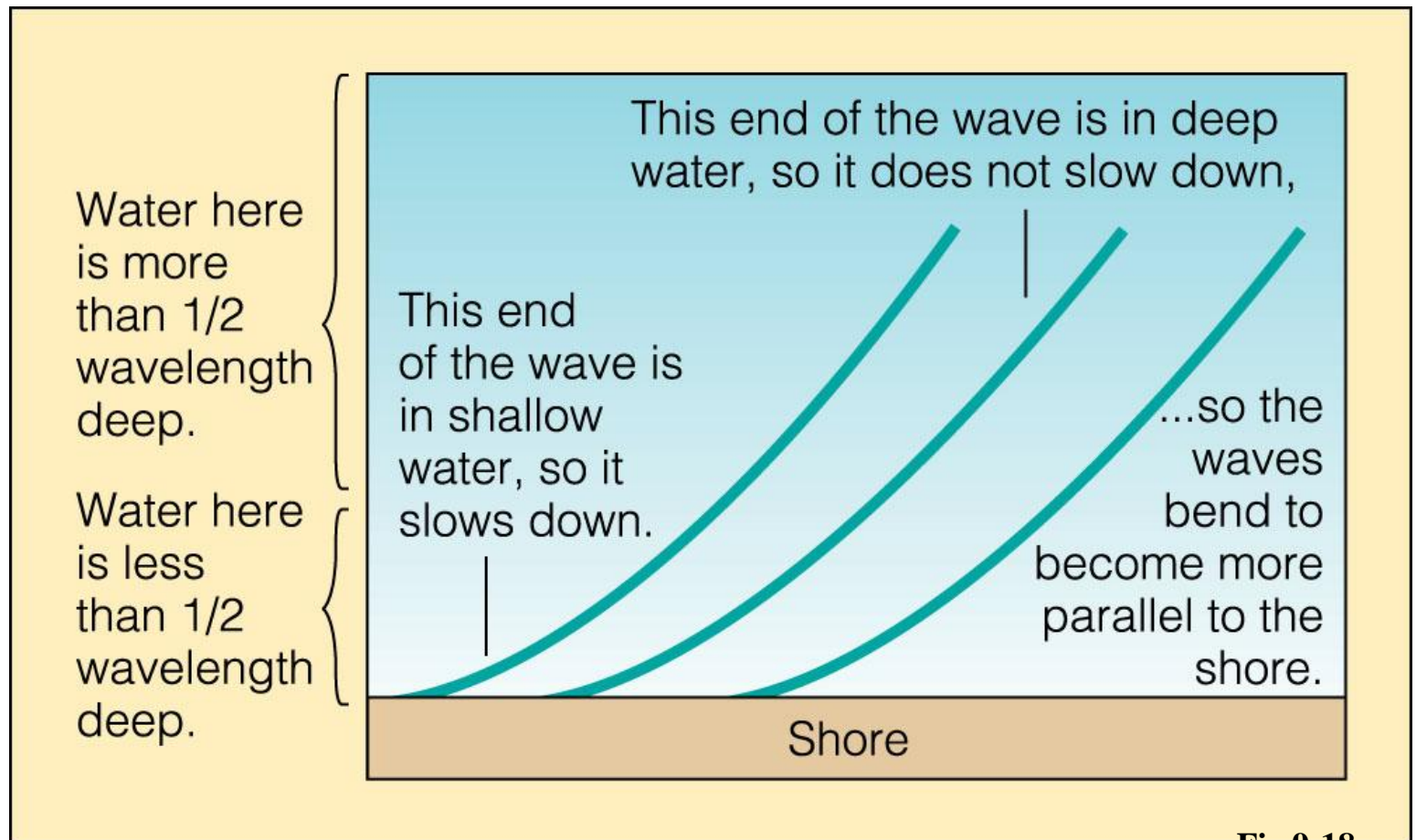


© 2004 Thomson - Brooks/Cole

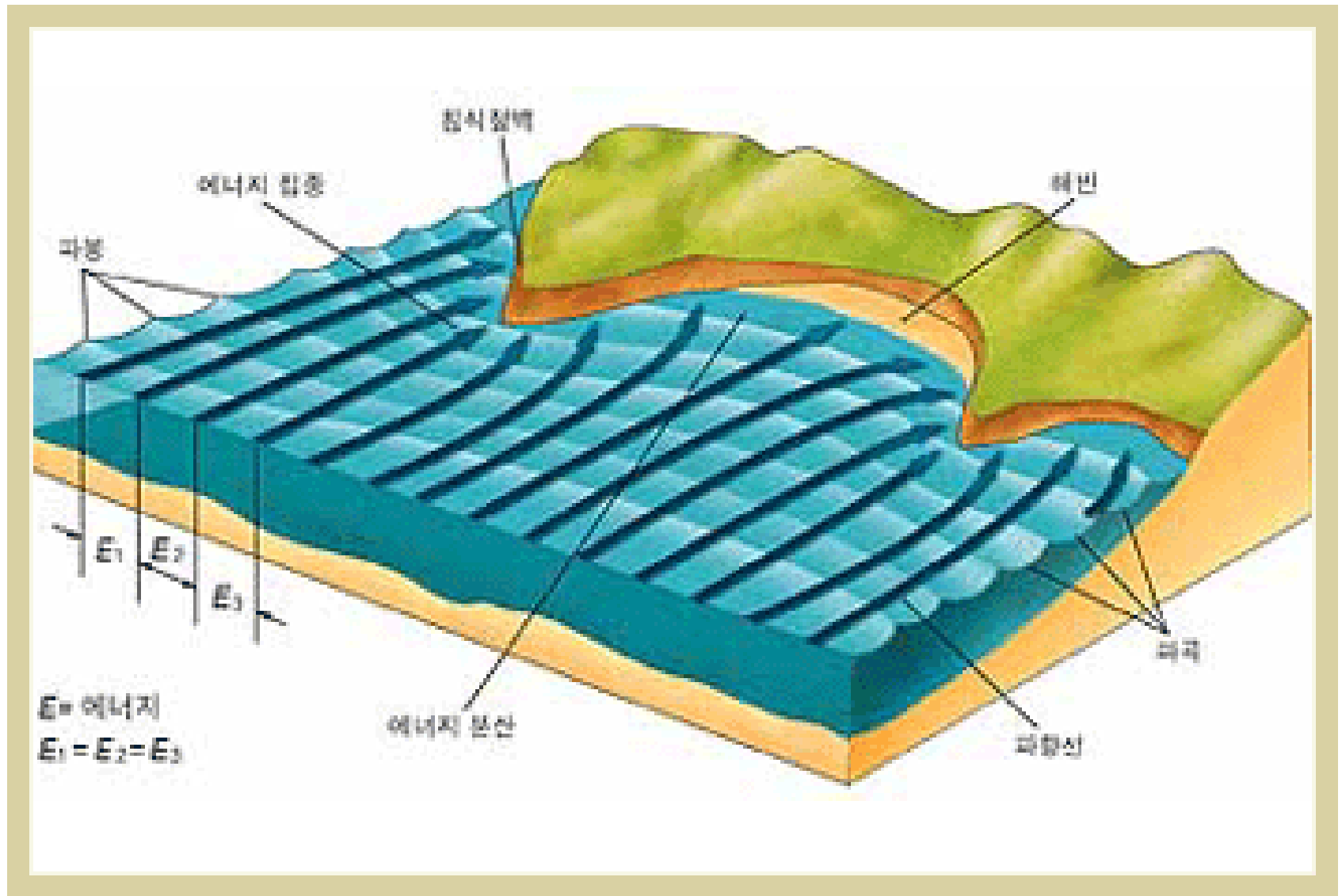
그림 9.27. 파력 발전 장치

파의 굴절:

파봉선 (파의 봉우리를 이은선)이 해안에 비스듬히 접근할때 해안에 먼저 도착한 부분은 얕은 수심으로 속도가 늦어지지만 깊은 쪽은 아직 원래 속도로 유지한 채 계속 해안으로 접근하게 되어 파봉선은 휘어지게 됨. 이 휘어짐은 파열의 원래 접근 각에서 **90도** 까지도 일어남



파의 굴절:



파랑의 굴절

쓰나미:

➔ 해수의 급격한 이동에
의해 형성되는 긴 파장의
천해 진행파를 쓰나미라 함

쓰나미 발생원인:

표 9.1 주요 해파의 파장 및 기파력

파의 종류	대표적 파장	기파력
풍파	60~150m	해상 바람
세이쉬	바다 크기에 따라 다양, 대체로 매우 길다	대기압 변화, 폭풍, 쓰나미
지진해파(쓰나미)	200km 내외	해저화산, 단층, 사태
조석	지구둘레의 반	인력, 지구자전

쓰나미:

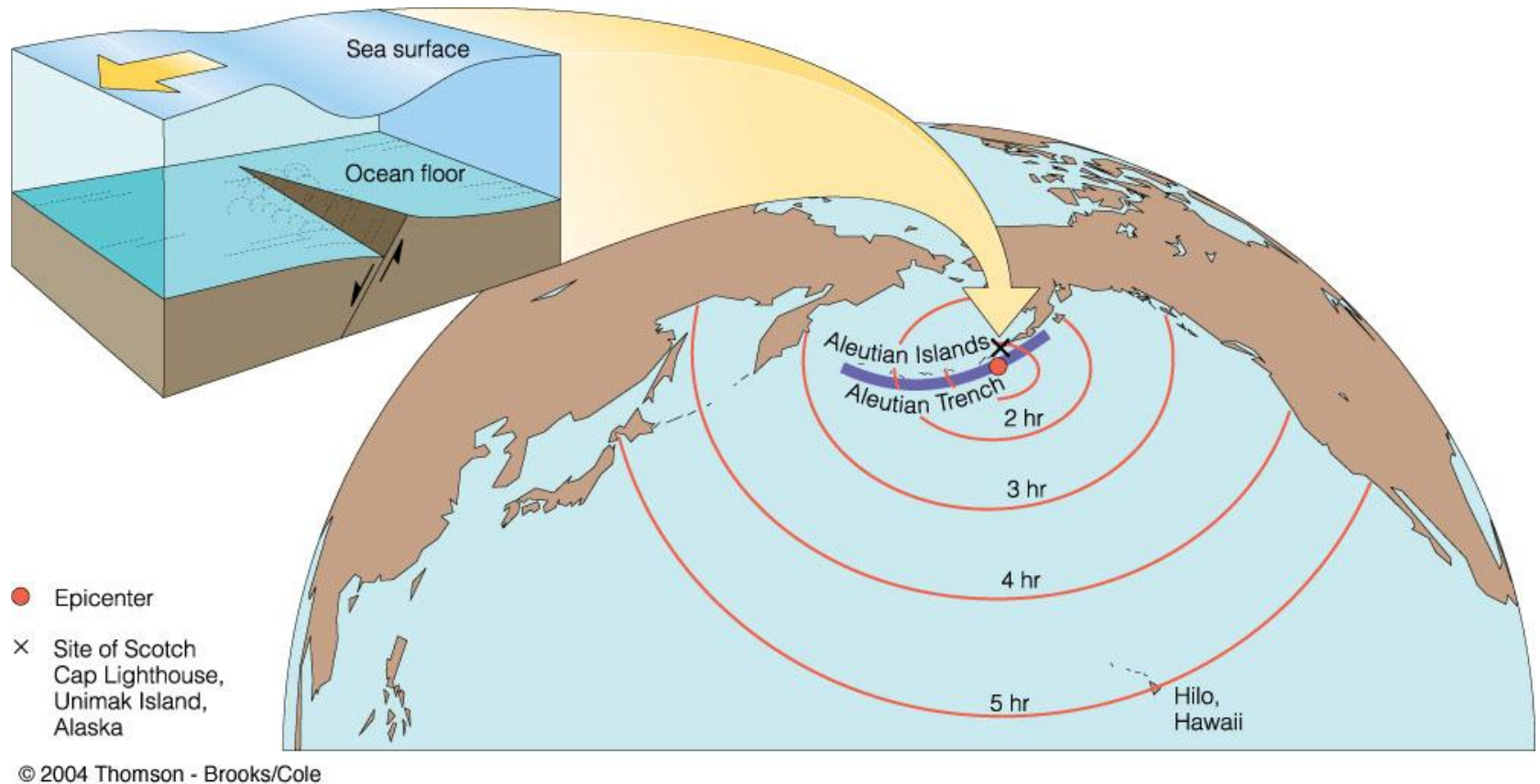


그림 9.21. 1946년 4월 1일 해저 단층으로 해면이 교란되어 쓰나미가 발생. 지진해파는 212m/sec의 속도로 퍼져나갔으며 하와이에 도달하는 데는 겨우 5시간 정도 걸렸다.

쓰나미의 속도 = 천해파와 같음

*쓰나미의 파장은 보통 200 km

천해파: 수심 $\leq 1/20$ 파장 (=10 km),

→ 해양의 수심은 이 보다 얇음

$$S \text{ (m/sec)} = \sqrt{gd} = 3.1\sqrt{d}$$

g: 중력가속도 (평균 9.8 m/sec²)

d: 수심 (m)

쓰나미 피해:

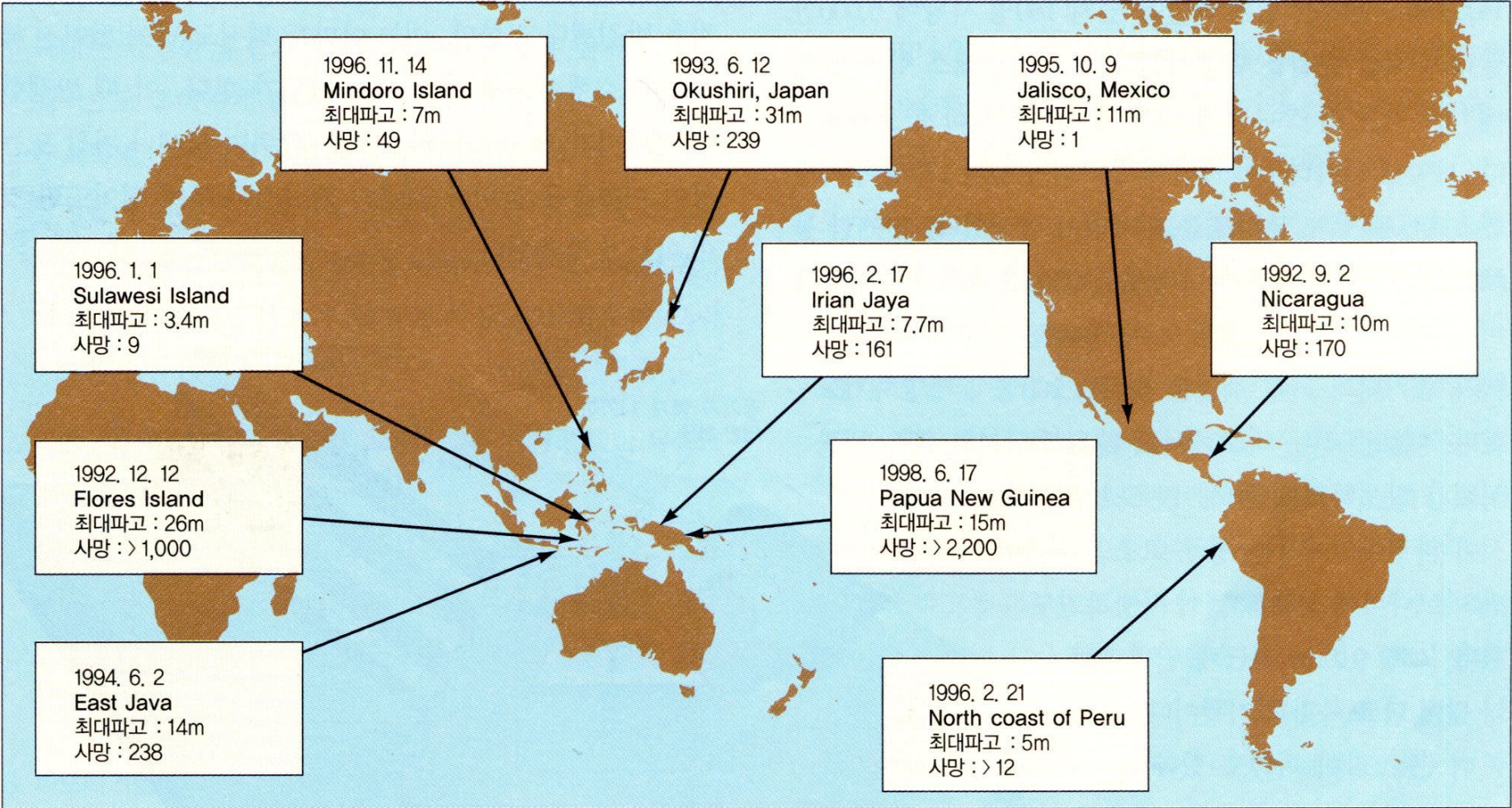
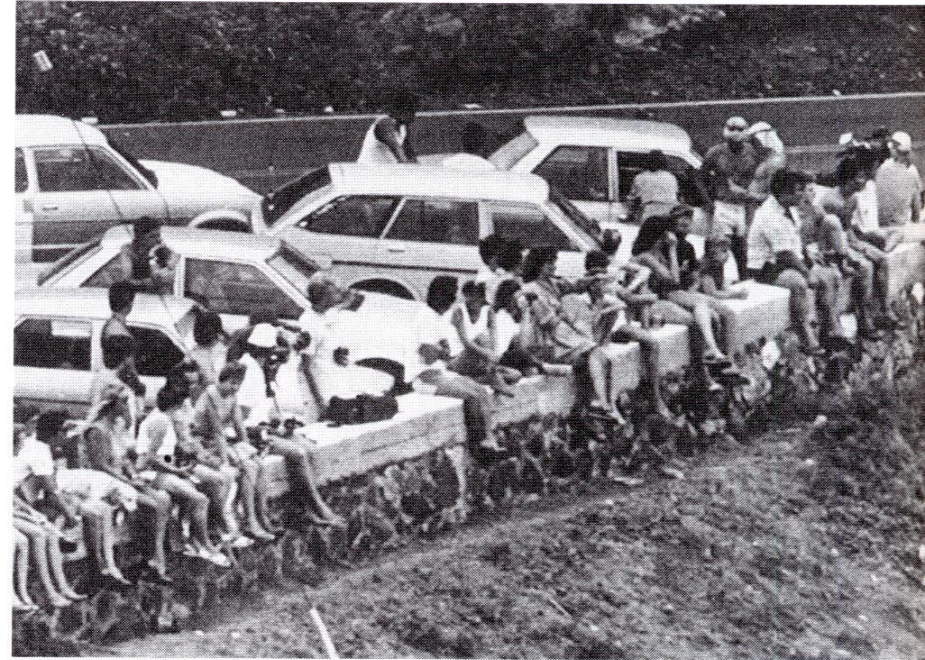


그림 9.25 1990년 이후 피해가 가장 컸었던 10개의 쓰나미 기록. 4,000명 이상이 사망했다(역자주 : 2004. 12. 26. 인도네시아 수마트라 서북부 해역에서 발생한 진도 8.9의 해저지진으로 인한 쓰나미로 최소 140,000명 이상의 사망자가 발생했다).

쓰나미 경보 체계: 지진활동이 활발한 태평양 연안에는 쓰나미 경보체계가 1948년부터 운영



b

그림 9.26 (a) 오리건 중부 해안 마을의 쓰나미 위험을 경고하는 간판. 이 지역은 특이한 해안 형태와 해저경사로 쓰나미의 위험이 크다. (b) **쓰나미 경고 체계의 엉뚱한 효과**. 1986년 5월 7일 알류산 해구 중앙부에서 진도 6.5 규모의 지진이 발생했을 때 하와이 오아후 마카푸 해변에 쓰나미를 불러고 많은 구경꾼들이 몰려들었다.