

Equation of Motion (운동 방정식)

Newton의 제2법칙

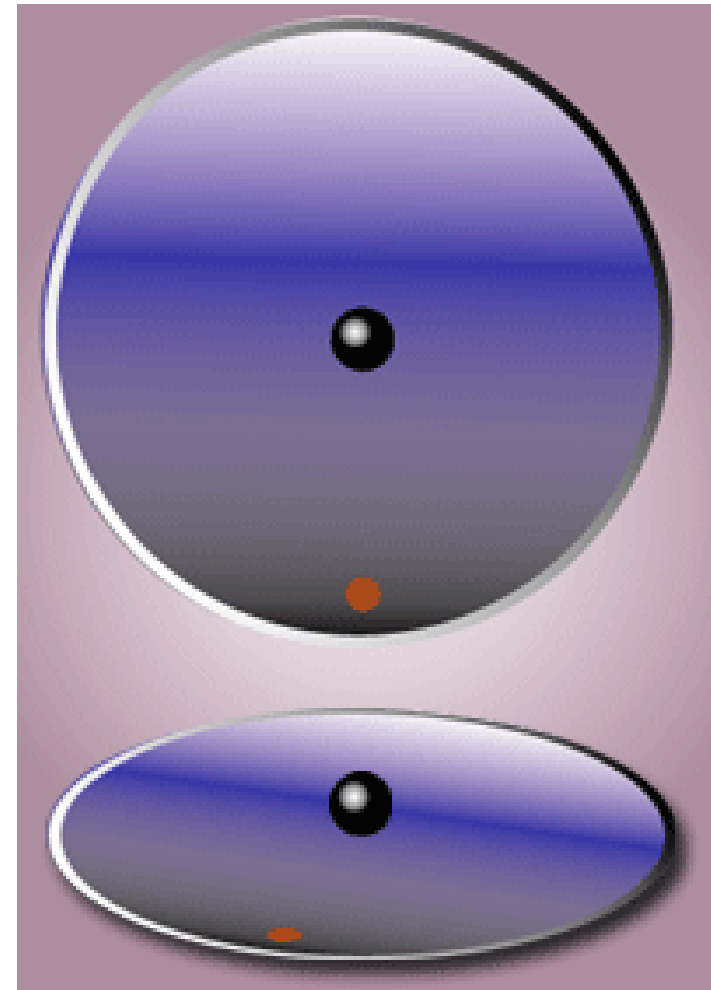
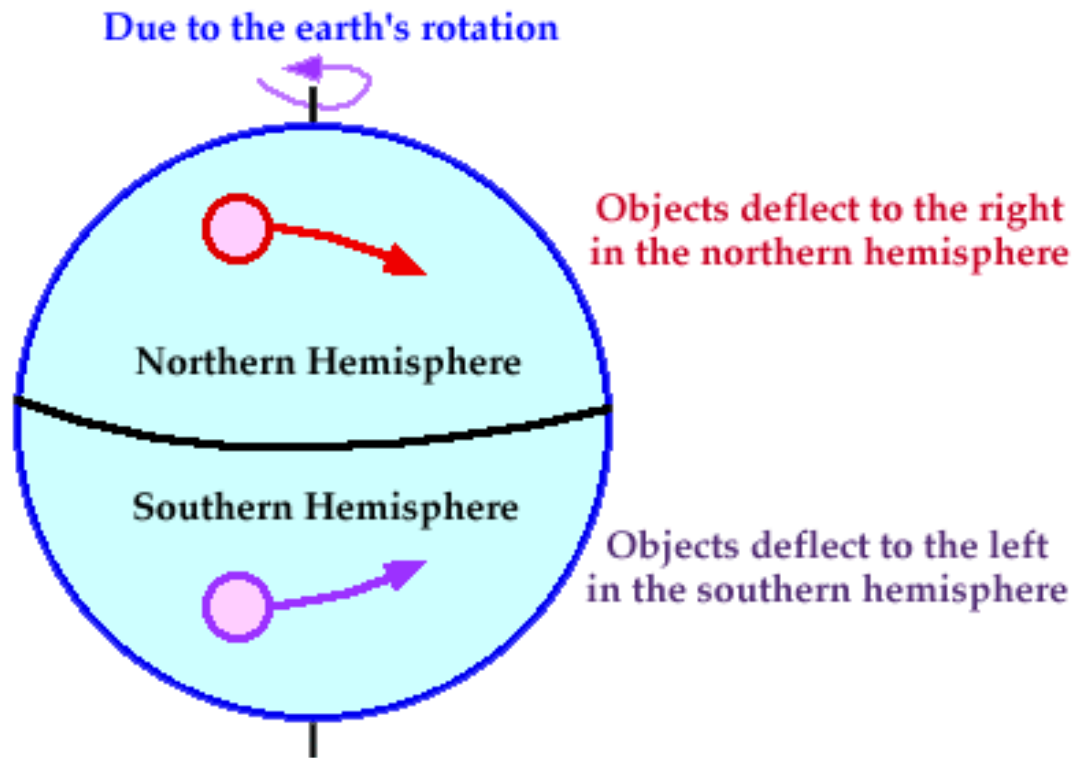
$$F = m a$$

여기서 F 는 힘이고, m 은 질량 그리고 a 는 가속도이다.

유체에 작용하는 힘 (바닷물을 움직이게 하는 힘)

= 수압경도력 + 전향력 + 중력 + 마찰력 (바람, 바닥마찰)

Coriolis Effect (지구 자전 효과)



This is a file from the [Wikimedia Commons](https://commons.wikimedia.org/).



A missile is launched from the north pole. As it heads south, the earth turns to the east, causing the missile to appear to deflect to the west as viewed by an earthbound observer.

전향력의 크기 = $f v$

전향력의 방향 = 오른쪽 (북반구)

전향력의 크기 = $f V$

전향력의 방향 = 오른쪽 (북반구)



A missile that is launched from Vancouver on a northeasterly trajectory that would take it to London on a stationary earth is deflected by Coriolis forces.

Inertial Motion (관성운동)

넓은 바다에 바람이 잠시 (5시간정도) 불고나서 멈추면 물입자들이 관성운동을 하기시작한다. 이 때 입자의 가속도가 전향력과 균형이 이루면서 물입자가 원운동하는 것이다. 즉, 수압경도력 (pressure gradient) = 바람마찰력 (wind stress) = 바닥 마찰력 (friction) = 0 이면, 해류 입자에 코리올리의 힘 (Coriolis Force)만 작용한다.

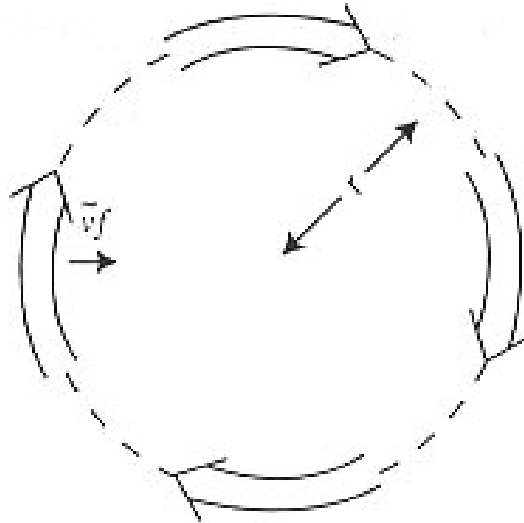
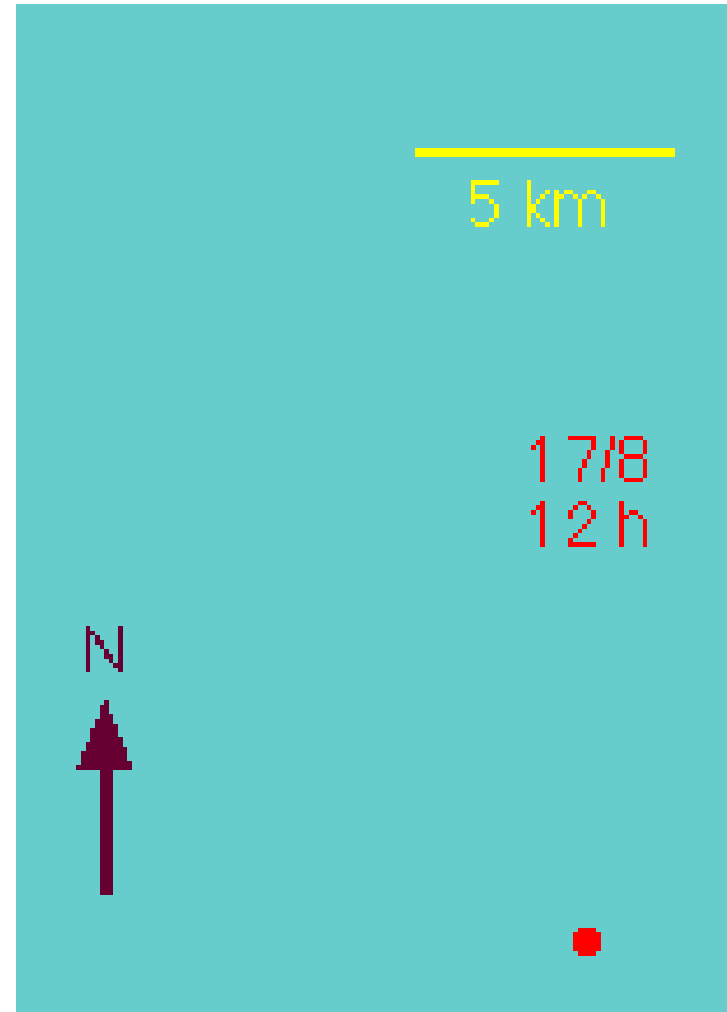
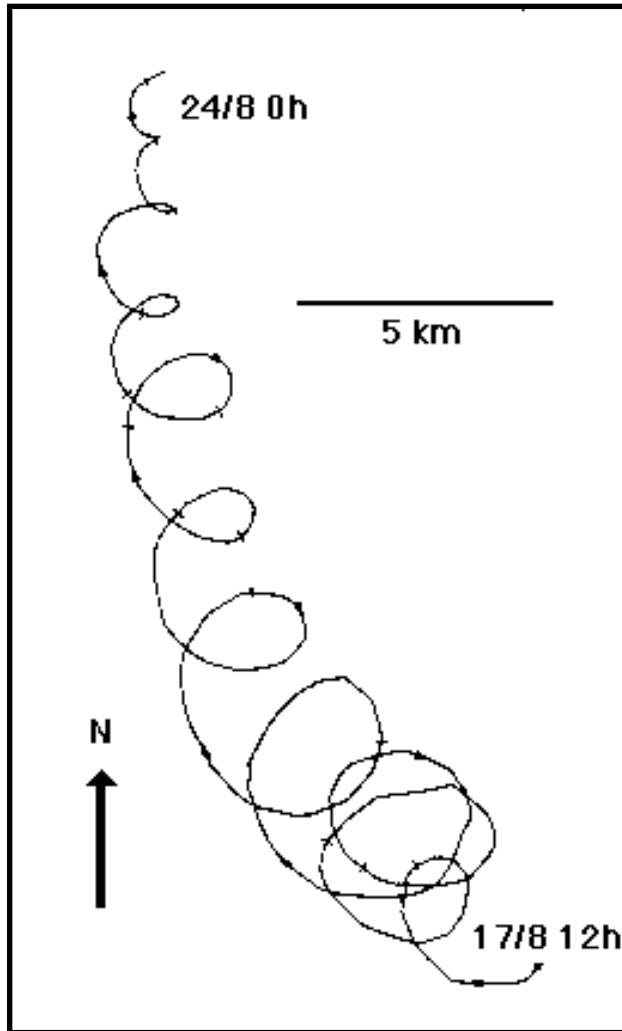


그림 6.1 회전하는 지구에서 운동하는 입자는 다른 수평 성분의 힘들이 무시될 경우 원형 경로를 따른다. 그리고 전향력은 흐름의 방향에 오른쪽으로 작용한다.

Inertial Motion (관성운동)

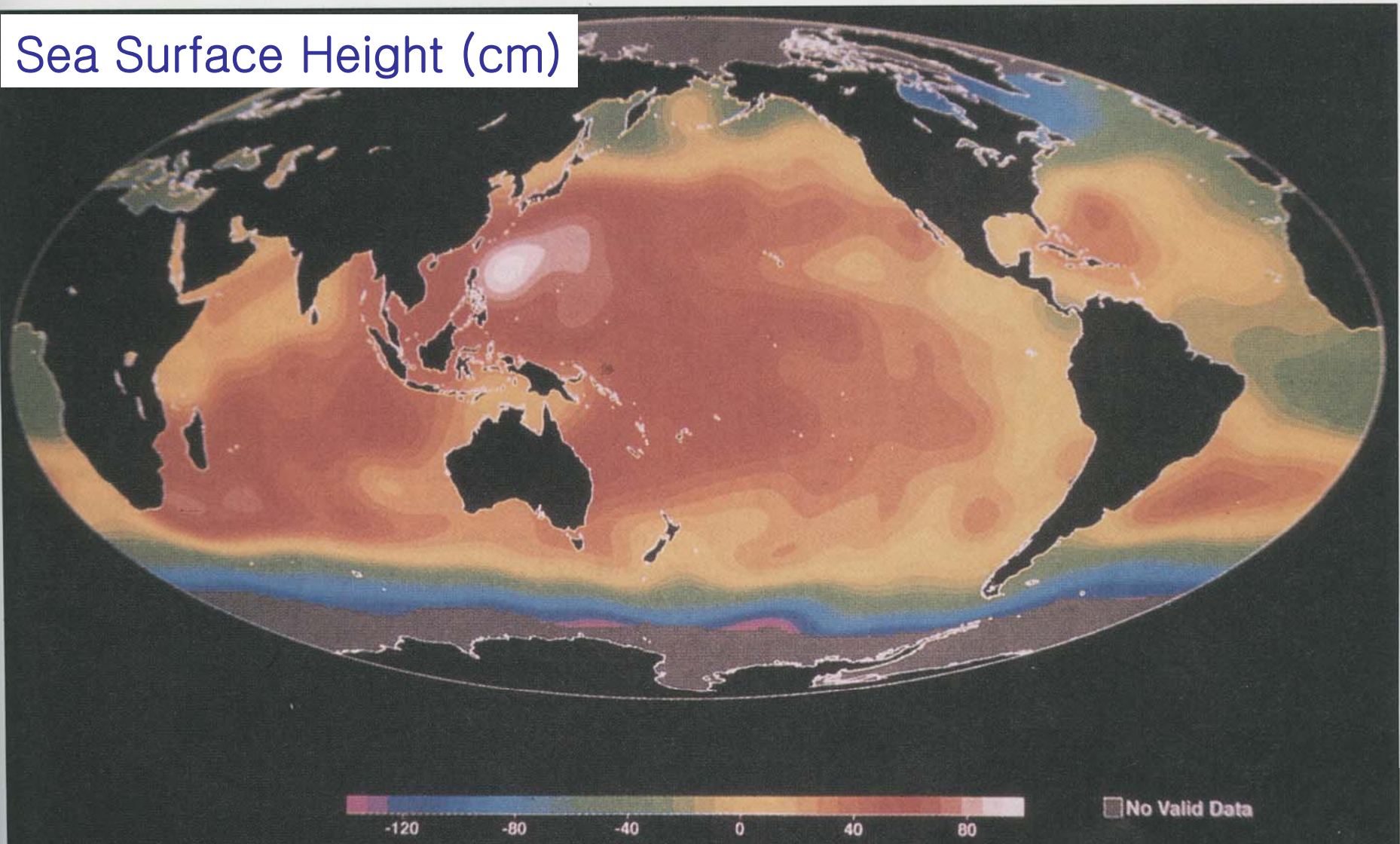
발틱 해 (Baltic Sea)에 8월 17일에 바람이 불고나서 물 덩어리가 원운동을 하기시작합니다. 북서쪽으로 향류가 존재합니다. 마찰 때문에 점점 원의 크기가 줄어듭니다.



after T. Gustafson and B. Kullenberg: "Untersuchungen von Trägheitsströmungen in der Ostsee." Svens. Hydrogr. Biol. Skr. Ny. Ser. Hydrogr. 13 (1936), 1 - 28. (<http://www.es.flinders.edu.au/~mattom/IntroOc/lecture06.html>)

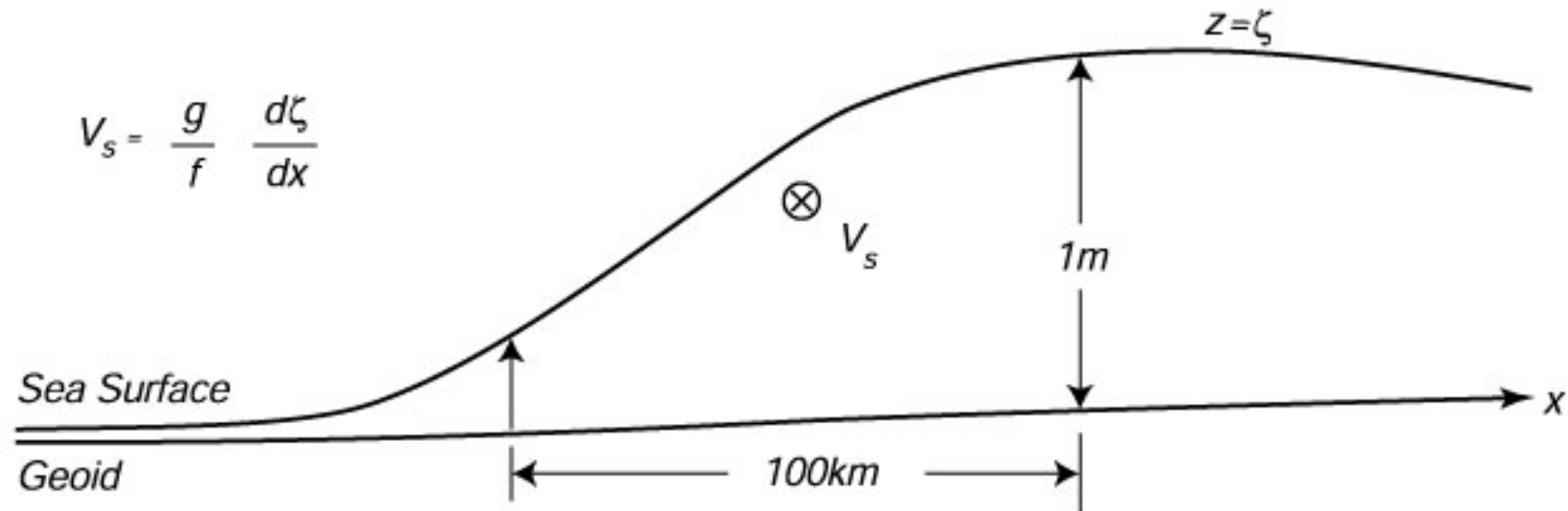
Geostrophic Flow (지형류) : 속도가 일정 하고 (가속도=0) 마찰력이 없는 상황에서 압력 경도력과 전향력의 균형으로 만들어진다..

Sea Surface Height (cm)



Geostrophic Flow (지형류)

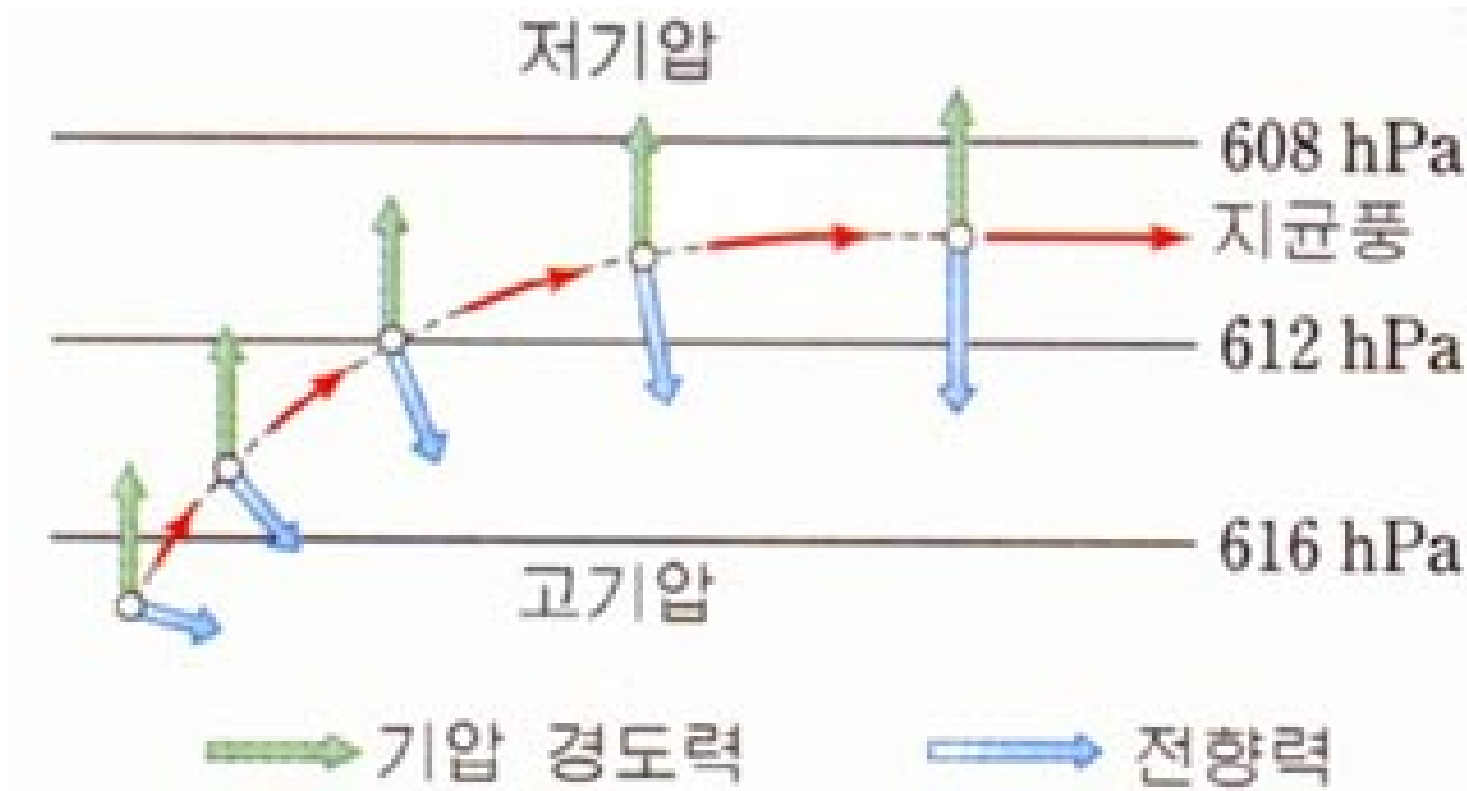
속도가 일정 하고 (가속도=0) 마찰력이 없는 상황에서 압력 경도력과 전향력의 균형으로 만들어진다..



쿠로시오나 멕시코만류의 경우 100 km 의 거리에 해수면이 1 m 변화한다. 위의 그림에서 표층 해류는 페이지의 안쪽으로 흐른다. 유속은 얼마나 될까? 힌트: $g=9.8\text{ m/s}$, $f = 1 \times 10^{-4}\text{ s}^{-1}$ 이다.

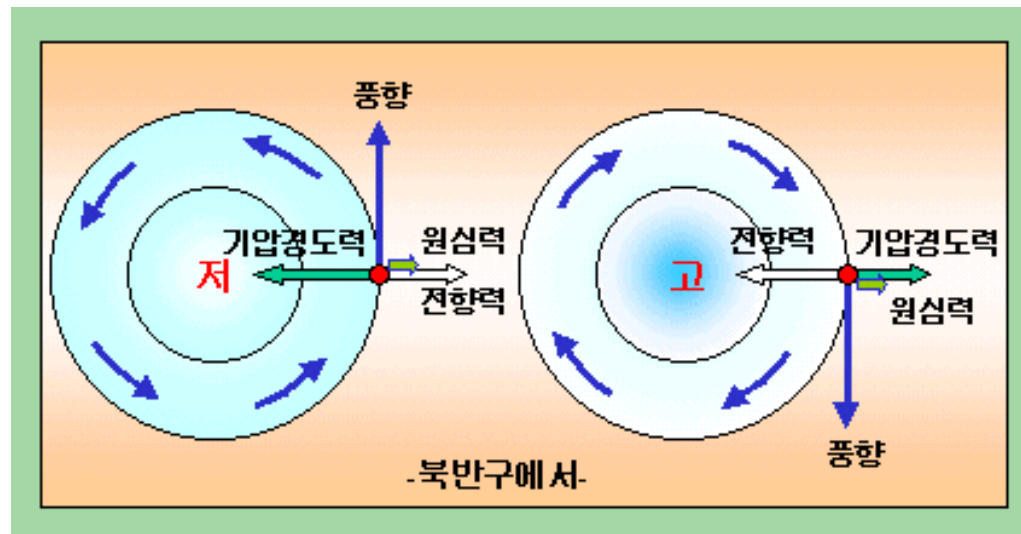
Geostrophic Wind (지균풍)

마찰력의 영향력을 받지 않는 1000m이상의 상공에서 부는 바람
기압 경도력과 전향력이 평형을 이루며 등압선에 나란하게 부는 바람



Gradient wind (경도풍)

대기의 고기압과 저기압 그리고 바다의 에디 (eddy) 주위의 순환을 나타낸다. 수압(기압) 경도력과 전향력, 원심력의 균형으로 만들어진다.



Ekman Layer (에크만층)

바다의 상층 150 미터는 바람의 직접적인 영향을 받는다, 즉 대기로 부터 운동에너지가 직접 바다로 전달되는 층이다.

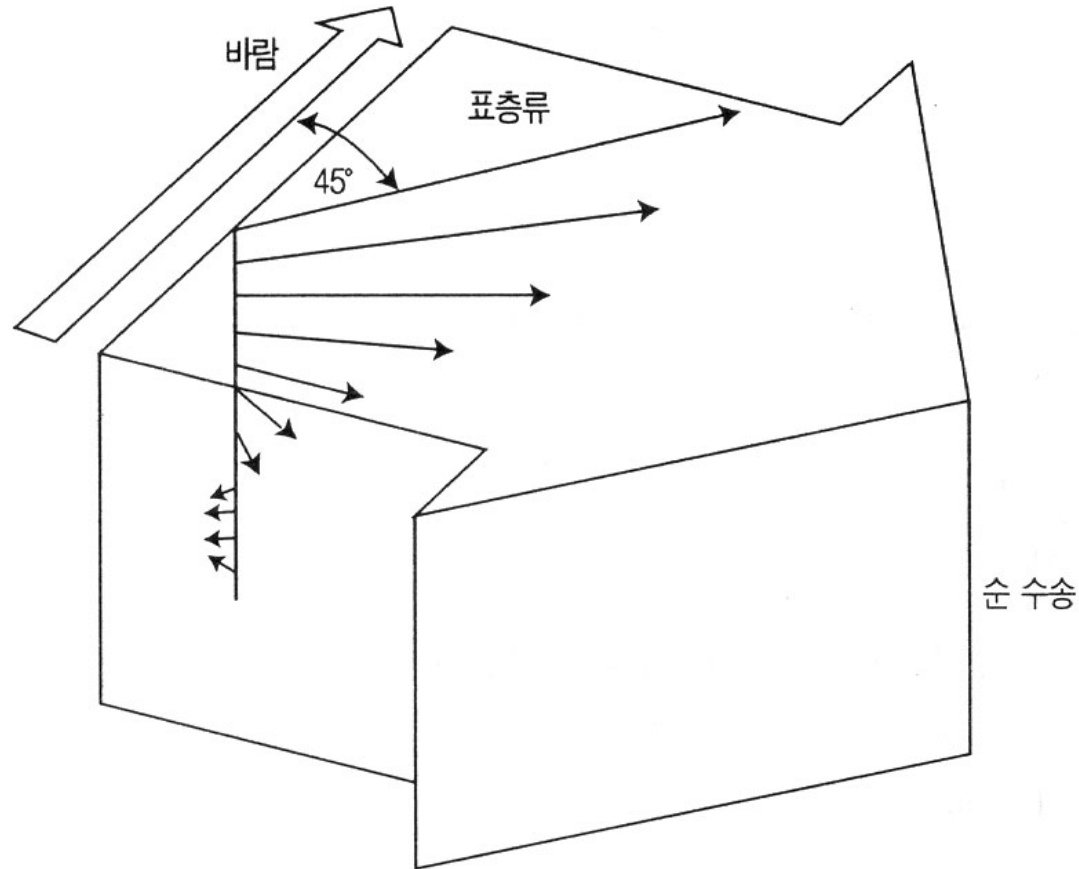
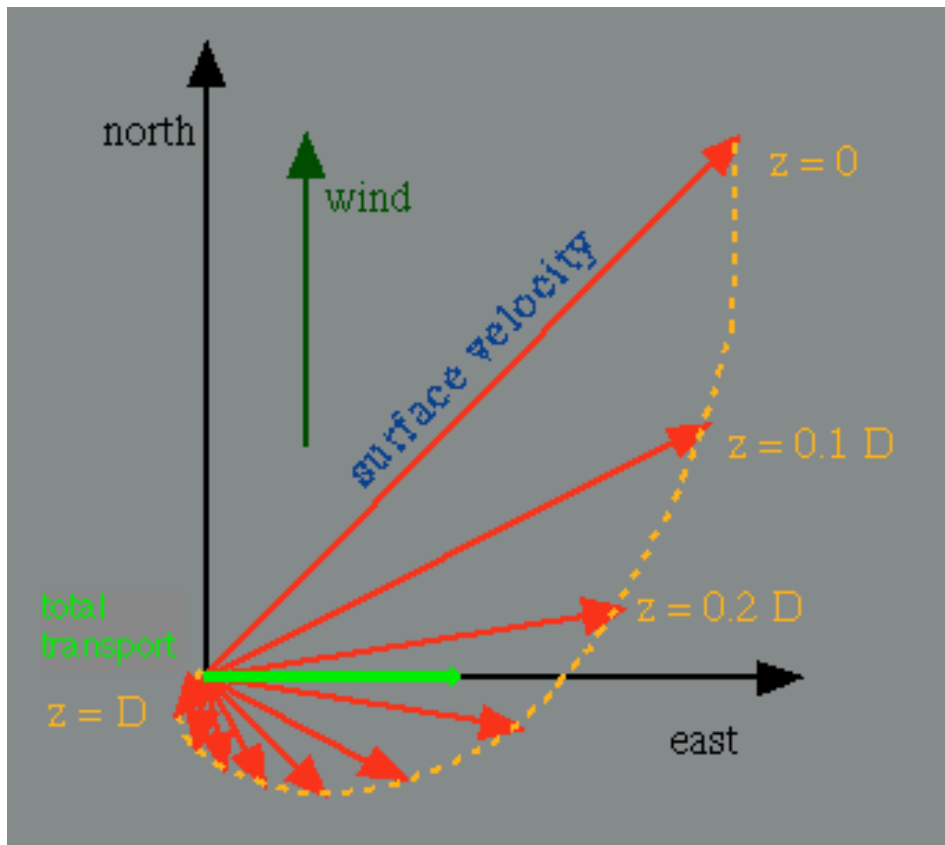


그림 6.9 물은 바람에 의해서 움직이기 시작하면 에크만 관계식에 따라 전향력의 효과는 연속적인 각 층의 물이 바로 위층보다 약간 오른쪽으로 움직이도록 한다. 그 결과는 그림에서와 같이 에크만 나선이 된다. 물의 순수송은 북반구에서 바람의 방향에 대하여 오른쪽으로 90도 방향이다.



Ekman Spiral (에크만 나선)

에크만 층의 깊이가 D 인 경우를 보여줍니다. 표층은 바람방향의 45도 오른쪽으로 흐르고, 아래로 내려가면서 유속이 줄어들고 오른쪽으로 방향이 변합니다. 그림은 매 $1/10 D$ 간격으로 해류 벡터를 나타낸 것입니다.

표층부터 맨 아래까지 유속벡터를 모두 합하면 바람 방향에 대하여 오른쪽으로 90도 (연두색) 방향으로 흐릅니다.