

서안경계류 발생역학을 이해하기 위한 실험 장치 및 방법 개발⁺

장승환^{1*} 신정선¹ 문병권²

¹전북대학교 과학교육학부, 융합과학연구소(cats1149@naver.com)

²전북대학교 과학교육학부, 첨단과학연수센터

요약

Stommel(1948)은 서안경계류의 원인이 베타효과(β -effect)라 일컫는 코리올리 파라미터(f)의 위도 변화 때문인 것을 밝혔다. 서안경계류는 고등학교나 대학 교양에서 중요하게 다뤄지고 있다. 학생들은 보통 이론 수업만으로 서안경계류의 발생 과정, 이에 관련된 코리올리 힘, 베타효과 등을 이해해야 한다. 때문에 서안경계류와 관련된 실험이 있다면 이를 이해하는 데 큰 도움이 될 것이다.

또한 연구에서 검토한 6종의 고등학교 지구과학 2 교과서는 서안경계류를 본문과 더불어 삽화로 설명하고 있다. 그러나 이 중 3종의 교과서 삽화에서는 서안경계류의 발생 원인을 코리올리 힘만으로 지적하고 있다. 따라서 일부 학생은 서안경계류의 원인을 코리올리 힘으로 오해 할 수 있다. 위와 같은 이유로 우리는 서안경계류가 코리올리 힘의 작용과 베타효과에 의해 나타나는 것을 쉽게 확인 할 수 있는 실험 장치와 다양한 실험 방법을 개발하였다.

개발한 실험 장치는 직육면체의 수조와 회전 속도를 조절할 수 있는 테이블로 구성된다. (Fig. 1) 이와 같은 회전수조는 대기과 해양의 움직임을 실험실에서 모사하기 위해 자주 사용되었다(Beardsely 1969, 소선섭 등 1995; 1997). 우리의 수조는 경사진 바닥과 평평한 바닥으로 두 종류를 제작하였다. 바닥이 경사진 수조는 베타효과를 구현하기 위한 것이다. 반시계 방향으로 회전하는 테이블은 중위도 어떤 위도에 접하는 가상의 평면이 지구 자전에 의해 회전하는 것을 나타낸다. 그리고 수조 상부에는 회전원판을 물에 접하여 시계방향으로 회전시킨다. 회전원판은 북반구 중위도 해양에 작용하는 바람 응력을 나타낸다.

우리는 테이블의 회전유무와 바닥의 경사유무에 따라 4개 실험을 수행하였다(Table. 1). 각 실험에서 물을 채운 수조를 원판에 올려놓고, 회전원판을 작동시킨 후 20분 동안 그대로 두어 수조안의 미세규모의 운동을 최소화 시킨 후 잉크를 떨어뜨리고 관찰하였다.

그 결과 실험 SB_f1은 베타효과와 코리올리 힘이 존재하여 서쪽 경계에서 좁고 빠른 흐름을 만들고 수조의 중간 부근에서 경계를 벗어나 동쪽으로 향하고 있다. 이 모습은 실제 해양의 서안경계류의 분리 현상과 비슷하다. FB_f1은 코리올리 힘만 존재하여 서쪽 경계에서 좁고 빠른 순환과 경계를 벗어나 동쪽으로 분리되는 흐름이 나타나지 않으며 전반적으로 크게 회전하는 모습을 보인다. SB_f0은 바람의 응력만 존재하는 경우로 잉크가 확산하는 모습을 보이며 나선팔의 모양으로 회전하면서 넓게 퍼져나간다. FB_f0의 모양도 이와 비슷하게 나타난다.

실험 SB_f1과 FB_f1을 비교하여 서안경계류는 코리올리 힘의 위도변화 효과인 베타효과가 있을 때 발생한다는 것을 알 수 있다(Fig. 2). 이 결과는 “단순히 코리올리 효과에 의해 서안경계류가 발생한다”는 생각을 바꾸게 할 것이다. 덧붙여 서안경계류 분리와 수조 바닥의 경사의 관계를 살펴보기 위한 실험을 실시하였다. 경사가 더 급하면 ($\alpha=20^\circ$) 서쪽 경계를 벗어나는 지점이 좀 더 북쪽에 나타났다. 현재 서안경계류는 개발한 실험 장치와 방법을 학교 현장에 적용하여 그 교육적 활용 가치를 평가하는 연구를 진행하고 있다.

⁺이 초록의 내용은 장승환 등(2010)으로 출판되었음.

주요어

서안경계류, 회전수조, 코리올리 힘, 베타효과

참고문헌

소선섭, 이규현, 윤성석, 김명환, 손정호, 전창근, and 진수광, 1995, 회전 원통수조 실험의 파동유형 분석, 한국기상학회지, 31, 159-168.
 소선섭, 신흥렬, 김명환, 윤성석, 손정호, 윤진석, 진수광, and 전창근, 1997, 회전수조에서 나타나는 경압불안정파의 내부구조, 한국기상학회지, 33, 753-764.
 장승환, 신정선, 문병권, 2010, 한국지구과학회지, 31, 88-94.
 Beardsley, R.C., 1969, A laboratory model of the wind-driven ocean circulation, J. Fluid Mech, 38, 255-271.

Table 1 . Experiment summary

Name	Bottom type of tank	Turn table rotation ($\Omega=5\text{rpm}$, count-clockwise)	Notes
SB_f1	sloping	Yes	β -effect(also Coriolis force) works
SB_f0	sloping	No	-
FB_f1	flat	Yes	Constant Coriolis force only works
FB_f0	flat	No	-

For all experiments, the water in tanks is forced by the anti-cyclonic(clockwise) rotating disk with the same angular velocity of $\omega=4\text{rpm}$.

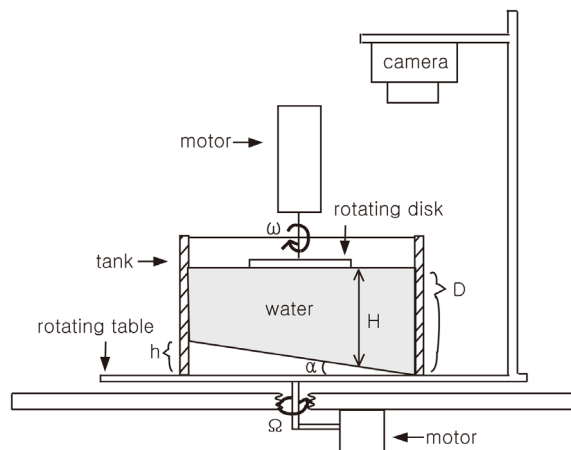


Fig. 1. Diagram of the experimental apparatus illustrating the section of a rectangular tank with a sloping bottom. Note that some experiments were also carried out with a flat-bottomed tank. The maximum depth of water, maximum height of bottom, and angle of slope are $D=17\text{ cm}$, $h=11.5\text{ cm}$, and $\alpha=15^\circ$, respectively. The depth of water (H) varies as seen. For Ω and ω , see Table 1.

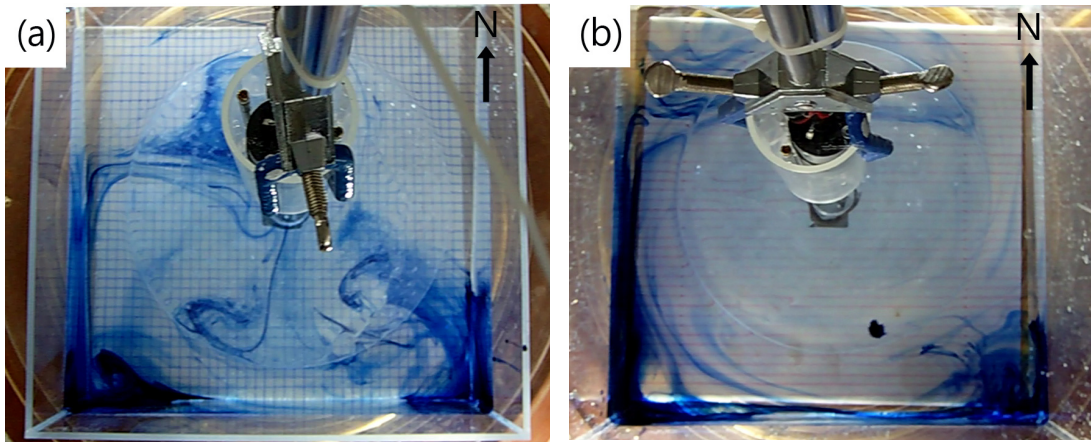


Fig. 2. Photographs of the circulations of the (a) SB_f1, and (b) FB_f1 at 1 min later.