

다중 위성자료를 활용한 남극순환류 주변해역의 여름철 식물플랑크톤 생물량 변동성 연구



고은희¹, 박지수², 김현철²
 1 과학기술연합대학원대학교
 2 극지연구소

1. Abstract

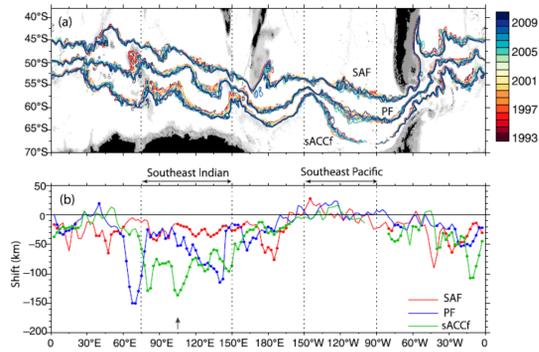
남극순환류 (Antarctic Circumpolar Current, ACC)는 남극대륙을 시계방향으로 흐르는 지구상에서 가장 거대한 해류로서 남반구의 강한 편서풍의 영향으로 형성된다. 지리적으로 남극순환류는 대서양, 태평양, 인도양과 모두 접해 있어 남극과 각 대양간의 열과 해수 교환이 일어나는 통로로 작용한다. 따라서 남극순환류의 위치 및 수송량 변동은 주변해역의 해양생태계 또는 기후변화에 영향을 크게 미칠 것이다. 최근 수십 년간 남반구 위도 30° - 60° 사이 편서풍의 강화, 편서풍 중심축의 남하, 인도양 아열대 환류의 확장은 남극순환류 위치 변동에 영향을 미치고 있다고 보고되고 있다(Kim and Orsi, 2014). 이에 따라, 남극순환류 주변해역에서 하위영양준위인 식물플랑크톤 생물량 변동이 발생 가능하며, 본 연구는 이에 초점을 맞추었다. 클로로필 농도는 10 -12월에 대서양 남극순환류 주변해역에서 증가하는 경향을 나타냈으며 반대로 인도양 남극순환류 주변해역에서 클로로필 농도는 감소하는 경향을 보였다. 또한, 같은 시기 표층수온은 점진적으로 두 해역에서 증가하는 경향을 나타냈으며 클로로필 농도와 표층수온의 상관관계는 대서양 남극순환류 주변해역에서 양의 상관관계를 보였고 인도양 남극순환류 주변해역에서 음의 상관관계를 나타냈다. 이는 표층수온이 두 해역 식물플랑크톤 생물량 분포에 서로 다른 영향을 주고 있음을 알 수 있었다. 남극순환류 주변해역의 겨울철 혼합층 깊이는 대서양 남극순환류 주변해역에서 깊어지고 인도양 남극순환류 주변해역에서 점진적으로 낮아지는 장기 경향을 보였다. 겨울철 혼합층 깊이는 식물플랑크톤 성장에 필요한 영양염을 표층 및 유광층 내로 공급하는 물리적 요인으로서 겨울철 혼합층 깊이의 변화는 남극해 봄과 여름철 클로로필 농도에 영향을 줄 수 있다. 본 연구에서는 물리적 요인의 장기 시·공간 분석을 실시하여 남극순환류 주변해역의 물리적 특성 변화가 식물플랑크톤 생물량 변동에 어떤 영향을 미치는지 파악하고자 한다.

2. Background



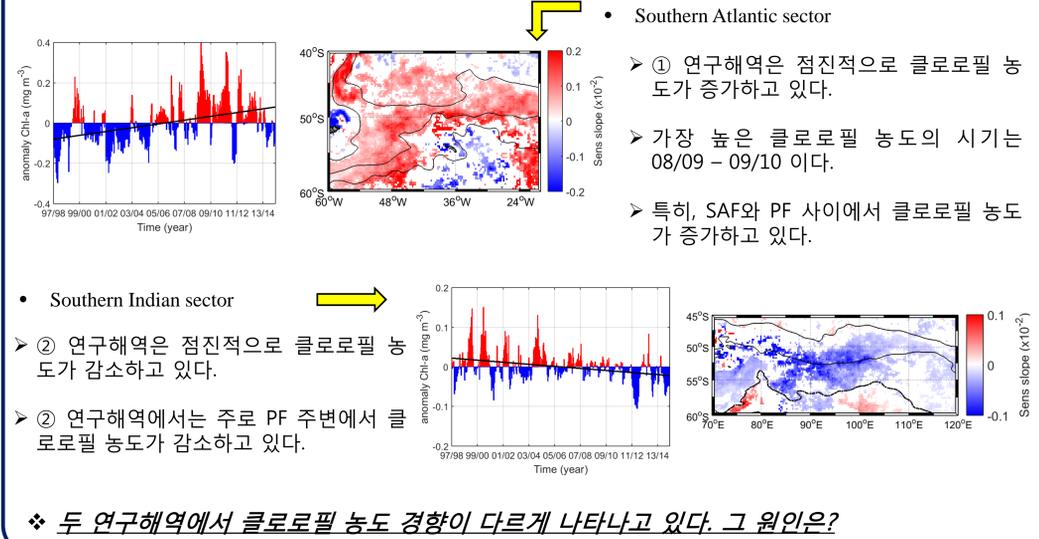
- SSH (sea surface height)는 남극순환류의 전선역을 구분하고 그 변동성을 관측하는데 사용된다.
- 다음 그림은 위도별 평균 SSH에 대한 시계열 자료이다.
- ST Grille (2014)는 남극순환류가 어느 특정 지역이 아니라 전체적으로 남극방향으로 이동한다고 보고하였다.

- SSH 자료를 활용하여 지난 20년간 남극순환류 변동성을 연구하였다.
- Kim and Orsi (2014)에서는 남극순환류의 변동성이 Southern Indian 해역에서 가장 크게 나타난다고 하였다.



Kim and Orsi, 2014

5. Variability of chlorophyll-a in the study regions



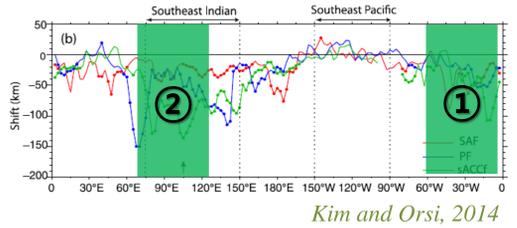
3. Data and Methods

- Satellite observed chlorophyll-a concentration & Photosynthetically available radiation (PAR)**
 - Sensor: SeaWiFS, MODIS, MERIS, VIIRS >> GlobColour (GSM)
 - Period & Resolution: austral summer, Oct. - Mar., 1997-2014 (17 years), 5 days mean, 1/4 degree
 - Source: GlobColour (<http://hermes.acri.fr/index.php>)
- Optimum interpolation sea surface temperature (OISST v2)**
 - Input data: ships, bouys, AVHRR, AMSRE
 - Period & Resolution: austral summer, Oct. - Mar., 1997-2014 (17 years), 5 days mean, 1/4 degree
 - Source: ClimateDataGuide (<http://climatedataguide.ucar.edu>)

- Mixed layer depth**
 - Model: NCEP Global Ocean Data Assimilation System (GODAS)
 - Period & Resolution: 1997 - 2014 (17 years), monthly, 1 degree
 - Source: Climate Prediction Center (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/GODAS>)

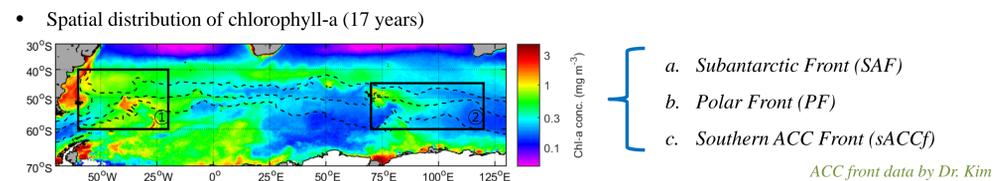
- 연구해역 설정**
 - Kim and Orsi (2014)를 참고하여 남극순환류 변동(poleward)이 큰 해역으로 설정하였다.

- Southern Atlantic sector [40° - 60°S / 60° - 20°W]
- Southern Indian sector [45° - 60°S / 70° - 120°W]



Kim and Orsi, 2014

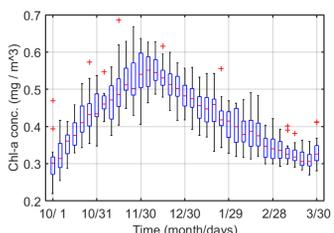
4. Study area and surface chlorophyll-a



- ① 연구해역은 ② 연구해역과는 달리 상대적으로 복잡한 전선역을 가지며 세 가지 주요 전선 사이의 간격 또한 좁게 형성되어 있다. 이러한 전선역은 지형적 특성을 반영하기에 ① 연구해역이 상대적으로 복잡한 지형임을 간접적으로 알 수 있다.
- 17년 평균 클로로필 농도는 ① 연구해역이 ② 연구해역 보다 상대적으로 높다.

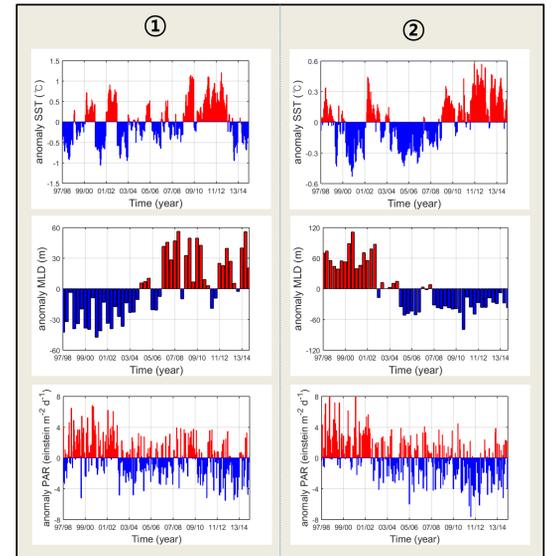
- 남극순환류 주변해역의 월별 클로로필 분포를 보면 식물플랑크톤 생물량 최대 번성시기는 한 번 관측된다.
- 번성시기는 Boxplot 그림에서 볼 수 있듯이 11월 - 12월 이다.

Seasonal variation of chlorophyll-a



6. Variability of physical factors

- Variation of SST** ▶ What effects?
 - 두 연구해역에서 표층수온 이상치의 경년변동이 다른 분포를 보인다.
 - ① 연구해역에서는 08/09 - 11/12에 높은 표층수온을 보이고 ② 연구해역에서는 최근 5-6년 사이에 표층수온이 증가하고 있다.
- Wintertime MLD** ▶ entrainment of nutrients
 - 겨울철 혼합층 깊이의 경향성은 두 해역에서 반대이다.
 - ① 연구해역에서는 겨울철 혼합층 깊이가 증가하는 경향, ② 연구해역에서는 감소하는 경향을 뚜렷이 보인다. 따라서 ① 연구해역에서 봄·여름철 혼합층 깊이가 얕아지며 표층에 공급되는 미소영양염이 증가할 것으로 생각된다.
- PAR** ▶ light source for photosynthesis
 - 광조건은 두 연구해역 모두 감소하고 있다.



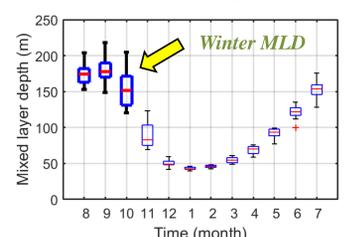
7. Conclusion and Further study

- What factor influence phytoplankton biomass?**
 - 두 해역에서 표층수온과 클로로필 농도가 서로 다른 상관관계를 갖는다. 그러나 수온의 변화가 식물플랑크톤 분포에 어떤 영향을 주는지 추후 연구가 필요하다.
 - 복사에너지는 식물플랑크톤 성장에 필수요소이다. 그러나 연구해역에서 클로로필 농도와 통계적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았다.
 - 겨울철 혼합층은 영양염을 표층으로 공급하는 중요한 물리적 요인으로 작용한다. 결론적으로 겨울철 혼합층 깊이의 변화가 식물플랑크톤 생물량 변화에 큰 영향을 준 것으로 판단된다.

Yearly correlation (17 years)

	① CHL	② CHL
SST	0.47 (p=0.058)	-0.52 (p<0.05)
Winter MLD	0.55 (p<0.05)	0.46 (p=0.06)
PAR	--	0.42 (p<0.1)

Monthly mixed layer depth (17 years)



- 남극순환류 주변해역의 월별 혼합층 깊이 분포이다. 최대 혼합층 깊이는 8 - 10월이며, 겨울철 혼합층 깊이의 변동성이 큰 것을 알 수 있다.
- 남극해에서 겨울철 혼합층 깊이는 봄·여름철 표층에 미소영양염 공급과 깊은 관련이 있기에 어떤 요인이 겨울철 혼합층 깊이 변동에 영향을 주는지 추가적인 연구가 필요하다.
- 또한, 혼합층 깊이 변동에 영향을 주는 요인과 남극순환류 위치 변동의 관계를 살펴보고자 한다.