2013년도 한국해양과학기술협의회 공동학술대회
2013년 5월 23일(목) ~ 25일(토), 제주국제컨벤션센터(ICC)

INHA UNIVERSITY
Coastal Ocean Engineering Laboratory

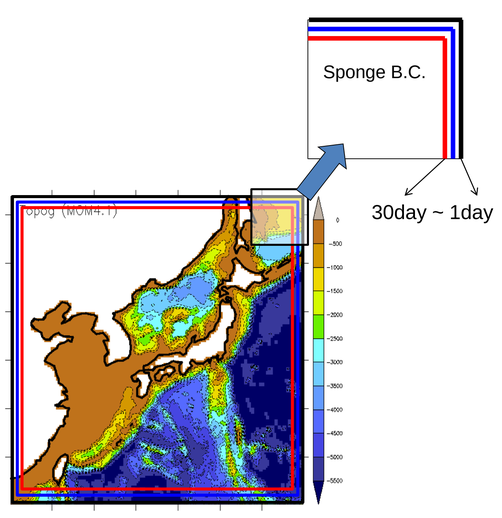
Steric 효과를 직접 고려하는 MOM4 모형을 이용한 지구온난화에 의한 북서태평양 지역의 해수면 상승과 주요 해류 수송량 변화 예측

임채욱[1], 김동훈[2], 우승범[1]
인하대학교 해양과학과[1], 연세대학교 대기학과[2]

연구목적 및 방법

- 지구온난화로 인한 우리나라 주변의 상세 해왕 변화를 알기 위함
- 해수면 변화를 정확히 모의 하기 위하여 **Non-Boussinesq** 체계를 사용하는 **GFDL**의 **MOM4**를 이용하여 연구 진행
- 지역적으로 상세한 예측 결과를 얻기 위한 지역 모형화

모형의 구성



- 연구지역
  115°E~115°E, 20°N~52°N
  우리나라를 포함하는 북서태평양
- 해상도
  수평격자 0.2°, 수직격자 34개 층
- 경계장
  측면 : T,S(sponge boundary 1~30일)
  해수면 : Wind stress, SST,SSS
  (damping time 1일)
- 초기장
  IPCC 에서 제공하는 1991년~2000년의 DATA를 이용하여 100년 동안 안정화 하여 생성
- 개발된 모형을 **ReMOM**이라 명명
- 모의과정
  ReMOM을 이용 100년간 예측 모의. CM2.1, Hadcm3, MIROC3.2H의 결과를 경계치로 하여 모의

Non-Boussinesq Ocean Climate Model (Steric)

In ocean climate modelling, it has been traditional to exploit the large degree to which the ocean fluid is incompressible, in which case the volume of fluid parcels is taken as constant. These fluids are said to satisfy Boussinesq kinematics.

Boussinesq 가정 : **평균 밀도에 비하여 그 변화는 아주 미비하다고 가정**

$$\rho(x,y,z,t) = \rho_0 + \rho(x,y,z,t), \quad \rho_0 \rangle\rangle \rho(x,y,z,t)$$

=> **압력경도** : $\frac{1}{\rho}\nabla p \approx \frac{1}{\rho_0}\nabla p$

=> **연속방정식** : $\frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{dt} + \nabla\cdot\mathbf{u} = 0 \;\rightarrow\; \nabla\cdot\mathbf{u} = 0$

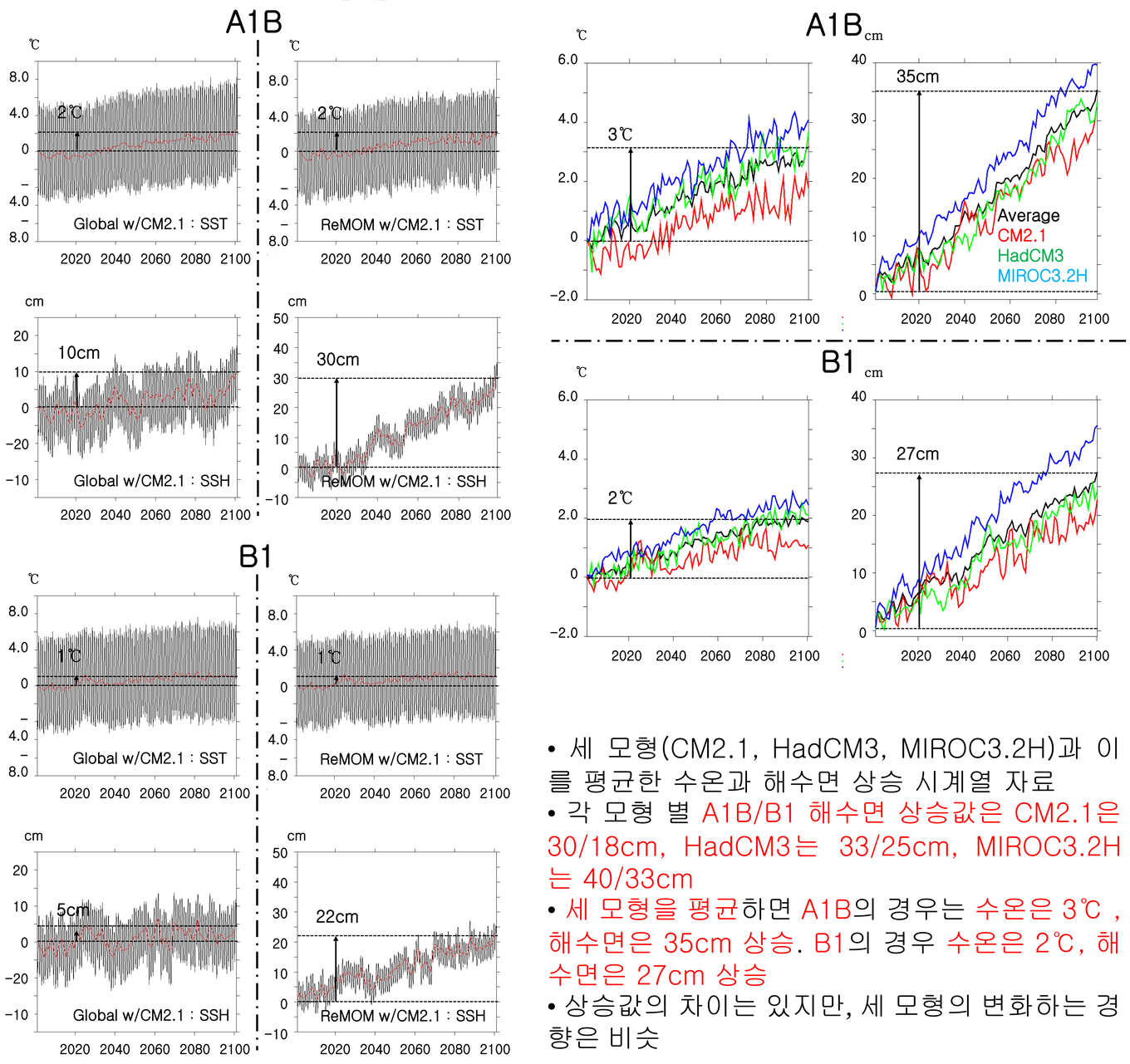
원시방정식 : **질량보존식**(M) → **체적보존식**(V)

Boussinesq **유체**

$$\eta_{,t}^{nonBouss} = \underbrace{-\left(\frac{1}{\overline{\rho}^{z}}\right)\nabla\cdot\mathbf{U}^{\rho}}_{dynamics} + \underbrace{\left(\frac{\rho_w}{\overline{\rho}^{z}}\right)q_w}_{water\ forcing} + \underbrace{\frac{1}{\overline{\rho}^{z}}\int_{-H}^{\eta} dz\,\rho S^{(M)}}_{source} \underbrace{- D\partial_t \ln\overline{\rho}^{z}}_{steric}$$

$$\eta_{,t}^{Bouss} = \underbrace{-\nabla\cdot\mathbf{U}}_{dynamics} \underbrace{+\left(\frac{\rho_w}{\rho_0}\right)q_w}_{water\ forcing} + \underbrace{\int_{-H}^{\eta} dz\,\rho S^{(V)}}_{source}$$

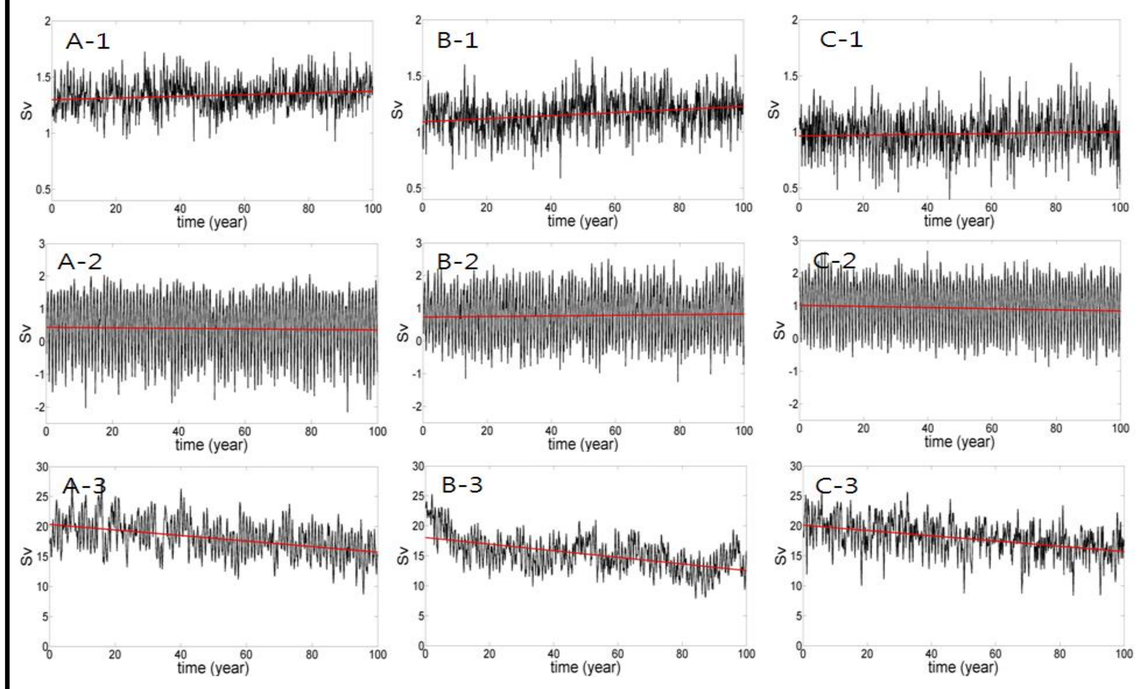
Results 1 (해수면 상승)



- 세 모형(CM2.1, HadCM3, MIROC3.2H)과 이를 평균한 수온과 해수면 상승 시계열 자료
- 각 모형 별 A1B/B1 해수면 상승값은 CM2.1은 30/18cm, HadCM3는 33/25cm, MIROC3.2H는 40/33cm
- 세 모형을 평균하면 A1B의 경우는 수온은 3℃ , 해수면은 35cm 상승. B1의 경우 수온은 2℃, 해수면은 27cm 상승
- 상승값의 차이는 있지만, 세 모형의 변화하는 경향은 비슷

- 경계치로 사용한 CM2.1 모형의 결과와 ReMOM의 결과 비교
- A1B의 경우 수온은 약 2℃ 상승으로 두 결과가 같았지만, 해수면은 각 10cm/30cm 로 약 3배의 차이를 보임
- B1의 경우도 수온은 약 1℃ 상승으로 같지만, 해수면은 각 5cm/22cm의 상승

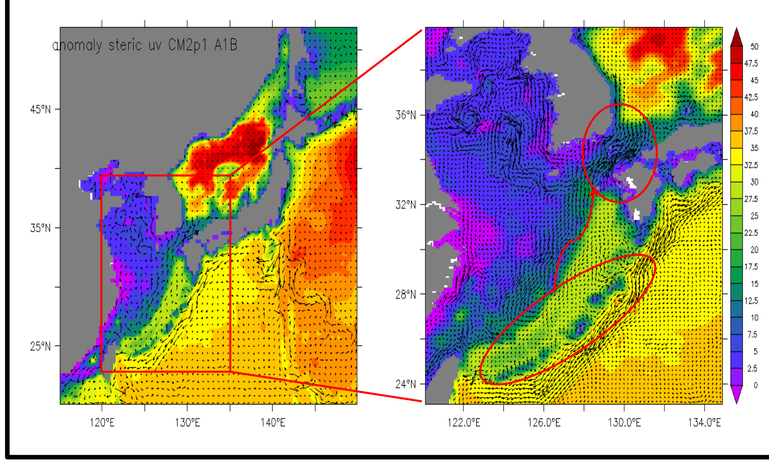
Results 2 (수송량 변화)



- A는 CM2.1, B는 HadCM3, C는 MIROC3.2 모형을 나타내고, 1은 대한해협을 통과하는 대마난류, 2는 대만난류, 3은 쿠로시오 해류의 수송량을 나타냄
- 쿠로시오 해류 수송량의 경우 3모형 모두 4~5Sv 감소
- 대마난류의 경우 3모형 모두 0.1~0.4Sv 정도의 수송량이 증가
- 대만난류의 경우 정확한 경향을 보이지 않음

CM2.1	CM2.1	HadCM3	MIROC3.2
대마난류	증가	증가	증가
쿠로시오해류	감소	감소	감소
대만난류	증가	증가	감소

- 대마난류와 대만난류의 수송량 변화는 쿠로시오 해류의 수송량의 변화에 비해 상당히 작은 값. 변화가 미비함



- 쿠로시오 해류의 수송량이 줄어드는데 반해 대마난류 수송량의 변화가 미비하게 나마 증가하는 이유는 쿠로시오 해류로 기원하는 대륙붕 통과 수송량이 늘어나기 때문인 것으로 분석됨

Conclusion

- Boussinesq 근사를 사용하지 않는 모형을 이용하여 북서태평양을 연구지역으로 하는 ReMOM 모형을 개발
- Steric 효과를 간접적으로 고려하는 모형 (CM2.1) 결과값보다 ReMOM의 결과가 더 큰 해수면 상승값을 보임
  A1B의 경우 10cm/30cm, B1은 5cm/22cm의 해수면 상승
- 세 모형의 결과값을 평균하면 A1B의 경우 수온 3℃, 해수면 35cm. B1의 경우 수온 2℃, 해수면 27cm 상승. 세 모형의 변화하는 경향은 비슷.
- 쿠로시오 해류의 수송량은 4~5Sv 감소, 대마난류의 수송량은 0.1~0.4Sv 증가