시화조력발전소 가동에 따른 조석 변동 범위 및 분조 변화분석



정윤성[1], 임채욱[2],김종욱[2], 서지명[1], 박민우[1],
이경문[1], 우승범[1]*

[1]인하대학교 해양과학과
[2]인하대학교 인공지능 융합연구센터

*sbwoo@inha.ac.kr

2025.05.08

01 연구 배경

Key point: 해수면 상승에 영향을 미치는 지역적 요인에 대한 분석이 필요

인천시의회 "해수면 상승에 섬 침수 심각…대책 서둘러야"

송고 202





대조기 때마다 초긴장… 집 앞까지 들이닥친 '침수 경보' [해수면 상승 위기의 인천 섬·(上)]

입력 2025-05-07 20:13 수정 2025-05-07 20:33 지면

조경욱 기자 구독 가



지난해 8월 21일 연중 해수면이 가장 높아지는 '백중사리 대조기' 때 덕적도 진리항 인근 해안도로와 주택가가 침수됐다. /독자 제공

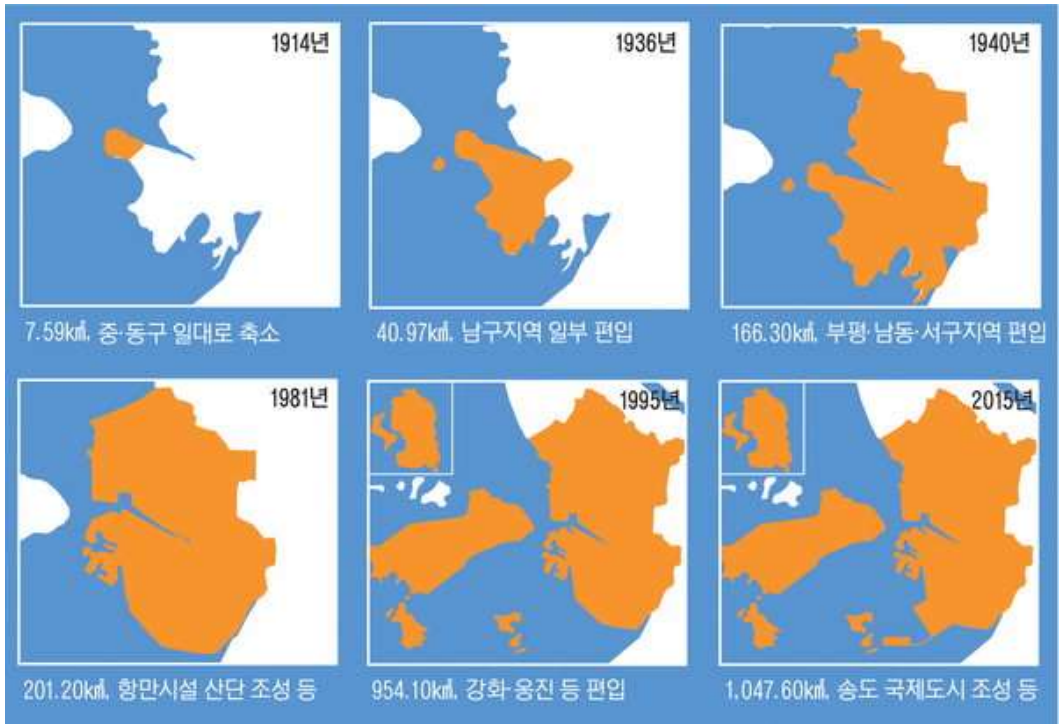
당시에 연중 밀물의 수위가 가장 높아지는 음력 7월15일 전후 '백중사리 대조기'에 태풍 '종다리'까지 겹치면서 조위가 '경계'(953㎝) 단계인 960㎝ 이상 치솟았고, 덕적도 북리와 진리 등 해안도로와 주택가까지 물이 차올랐다.



2024년 8~9월 인천 섬 지역 대조기 해안침수 위치도



Key point: 경기만은 지역적으로 인공적 변화가 매우 심한 지역



(경인일보 2015.05.04)



(세계일보 2019.05.29)

- **인공적인 요인은 해당 지역의 조석 특성을 변화시킬 수 있음**
- **조력발전소(TPP) 가동에 따른 조석의 변화 및 조력발전소 영향범위 분석이 필요**

Key point: 인공적 요인인 조력발전소 가동에 따른 조석 변화 및 영향범위 분석 필요

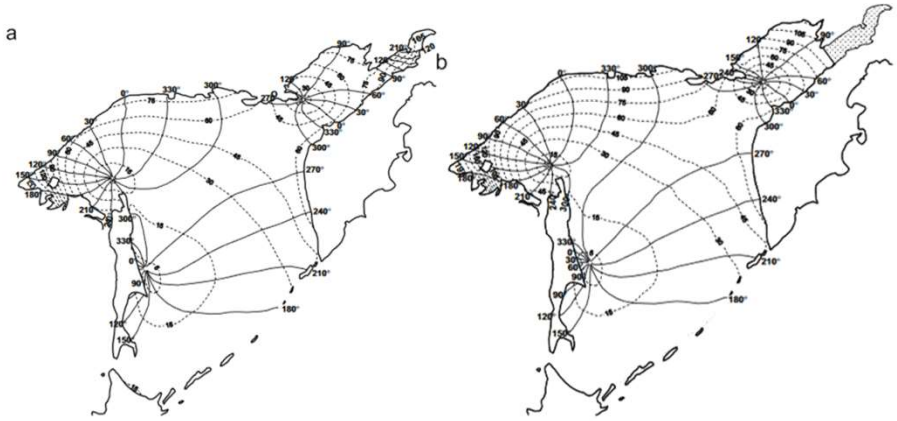


Fig. 2 in Nekarasov et al. (2010)

Nekarasov et al. (2010)	조력발전소 가동이 오호츠크해 분조의 지역별 진폭을 변화시킴
Bae et al. (2010)	시화조력발전소 가동 이전, 모델을 이용하여 조력발전소 가동에 따른 **조위의 변화 예측**
Kim et al. (2015)	시화호 호측은 조력발전소 가동 후 최고 -1.0~최대 -4.5 m 범위의 규칙적인 조석이 유지
Kim et al. (2014)	서해안에서의 간척 사업 및 방조제의 건설은 서해 **조석 비대칭성을 증가시킴**
Rtimi et al. (2020)	조력발전소 가동이 **호측 조위의 변동을 감쇄시킴**

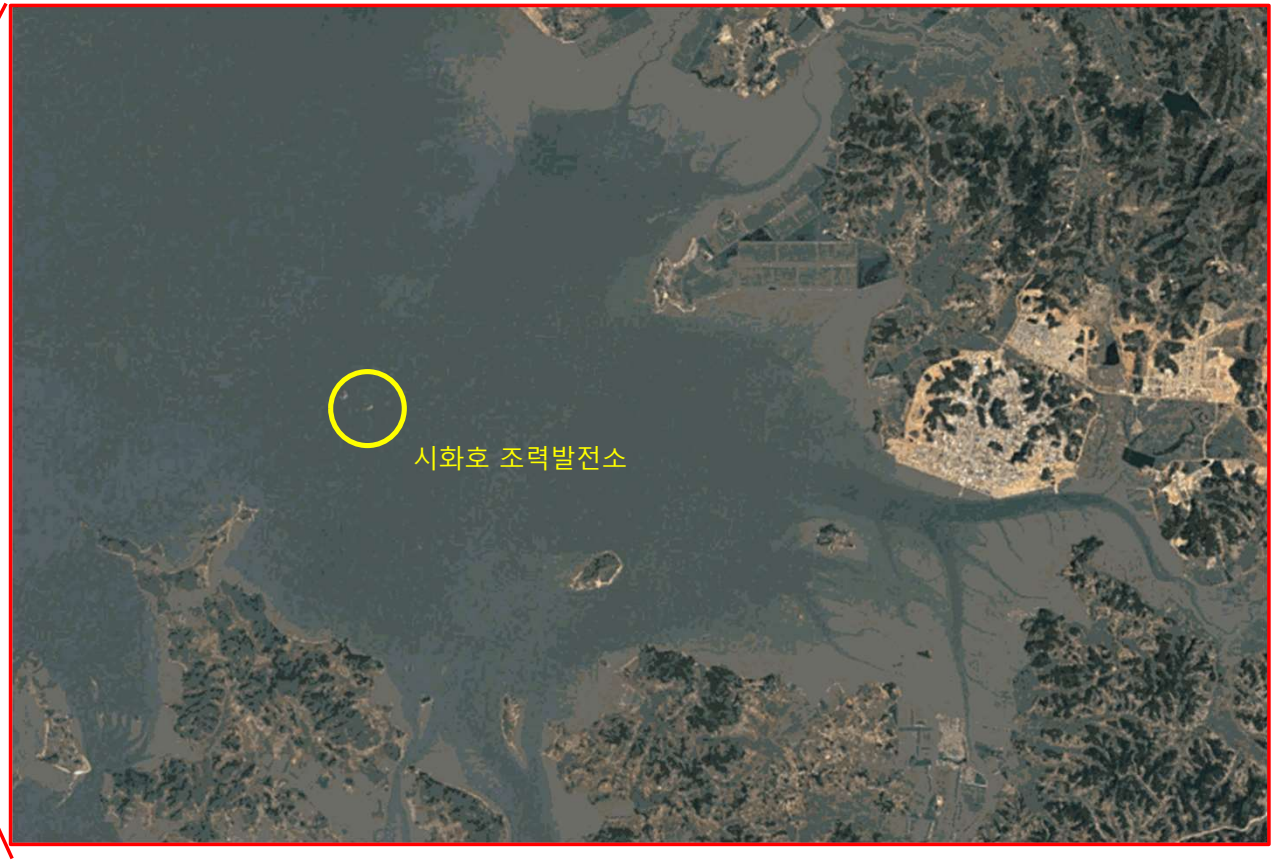
→ 조력발전소 가동에 의한 **해측 조석의 분조별 변화와 관련된 국내 연구 결과는 부족**

→ 조력발전소 가동에 따른 **조석의 변화 및 조력발전소 영향범위 분석 필요**

01 연구 지역



(Google earth)

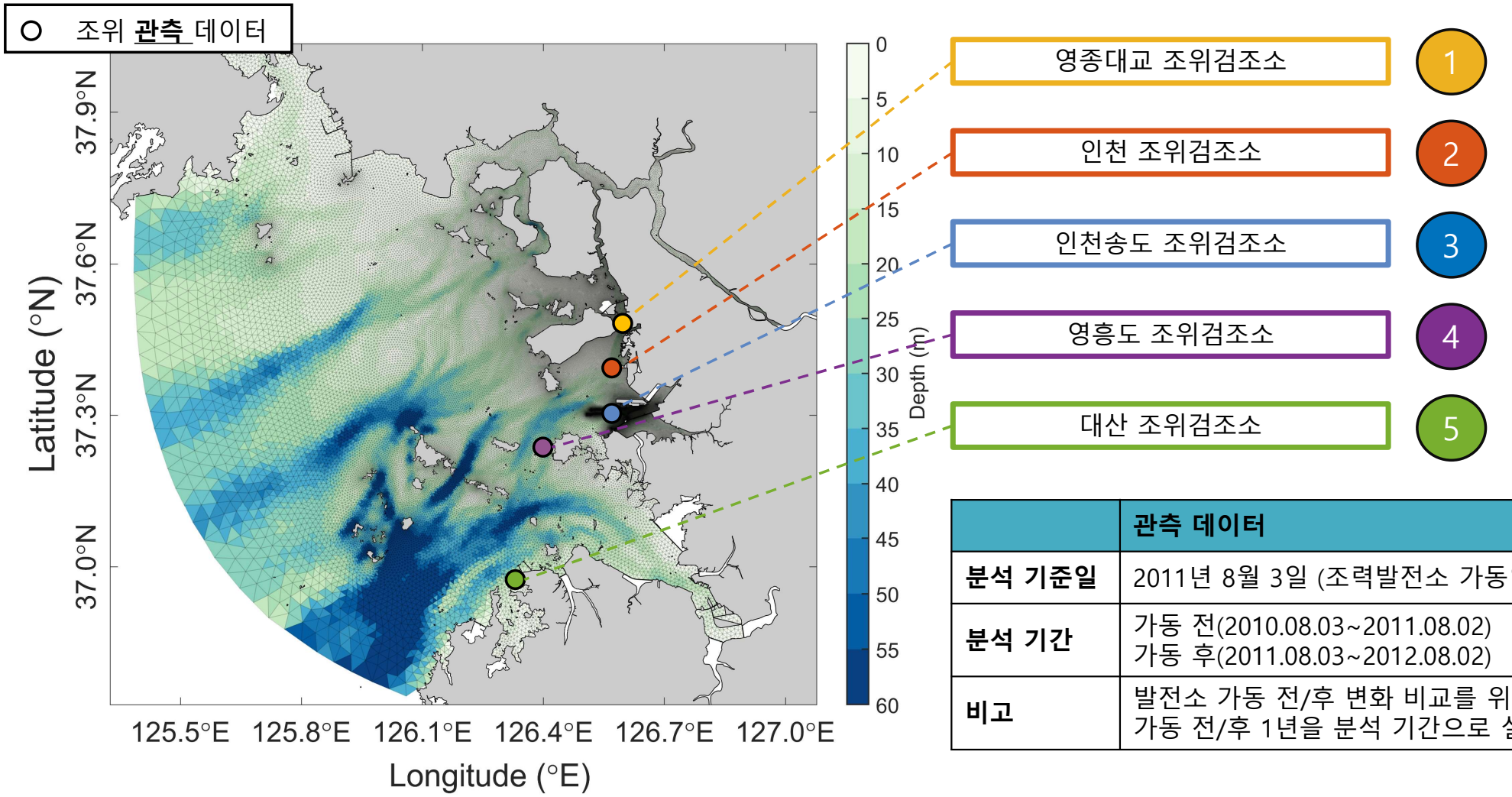


(Google earth)

- 한반도 서해 중부에 위치
- 조석에 의한 흐름 패턴(동북–남서)
- 2011년 8월 3일 가동 시작

02 관측 데이터

Key point: 5개 조위검조소 조력발전소 가동 전/후 1년 조위데이터 분석



	관측 데이터
분석 기준일	2011년 8월 3일 (조력발전소 가동일)
분석 기간	가동 전(2010.08.03~2011.08.02) 가동 후(2011.08.03~2012.08.02)
비고	발전소 가동 전/후 변화 비교를 위하여 가동 전/후 1년을 분석 기간으로 설정

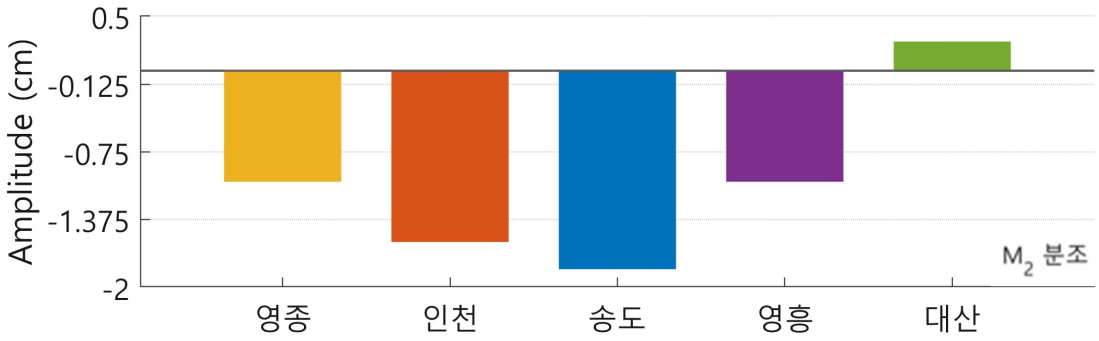
02 관측자료 분석 결과 – 관측 시계열

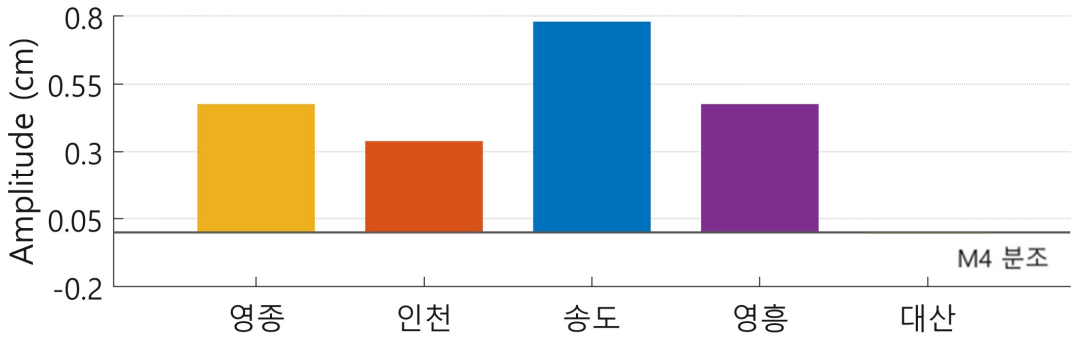
Key point: 조력발전소 가동 후 진폭이 소폭 증가하는 경향성



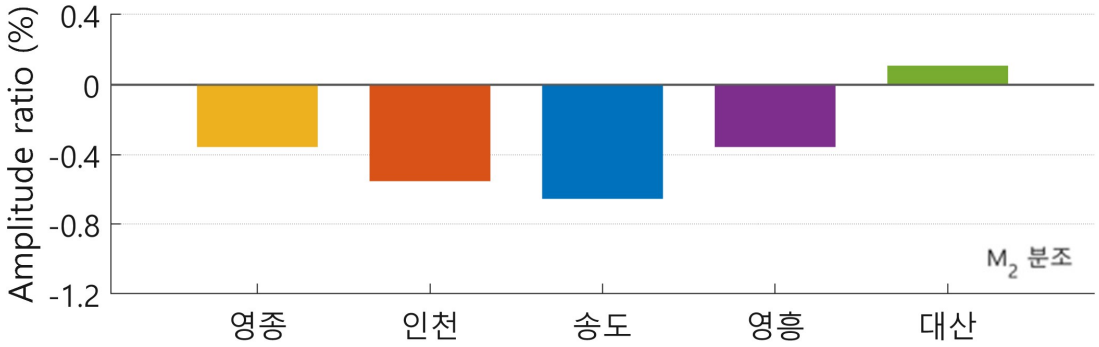
02 관측자료 분석 결과 – M_2, M_4 분조

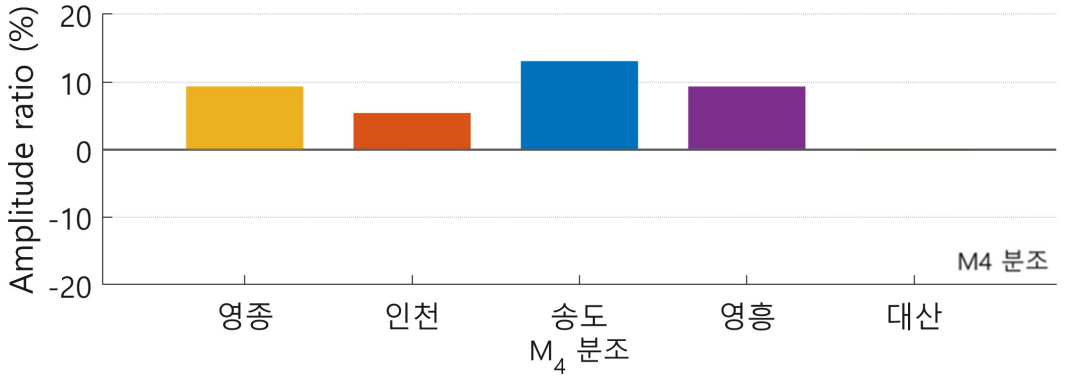
Key point: 각 분조에서 송도를 중심으로 분조값이 변화하는 패턴이 보임





차잇값 (cm) = **가동후** - **가동전**

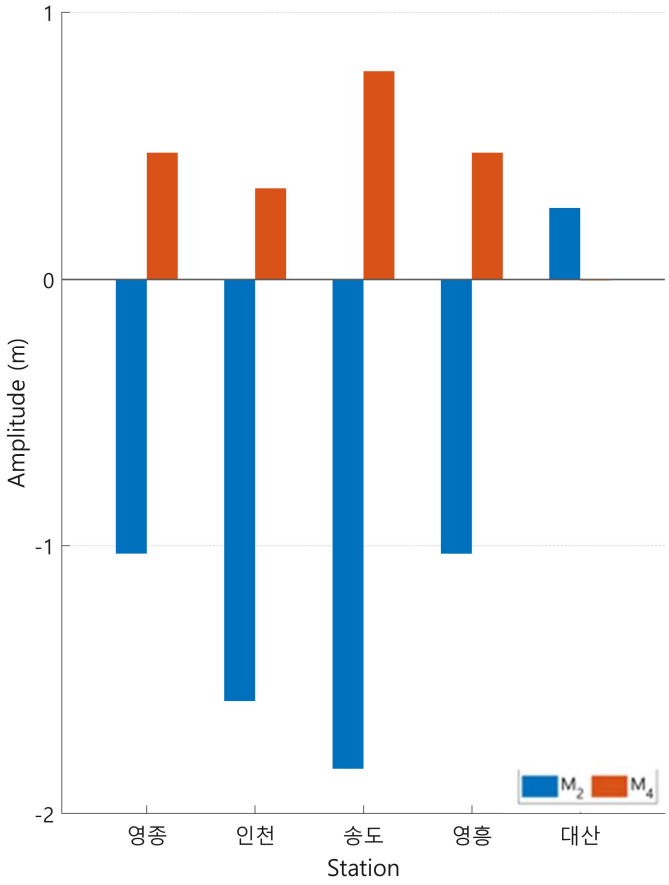


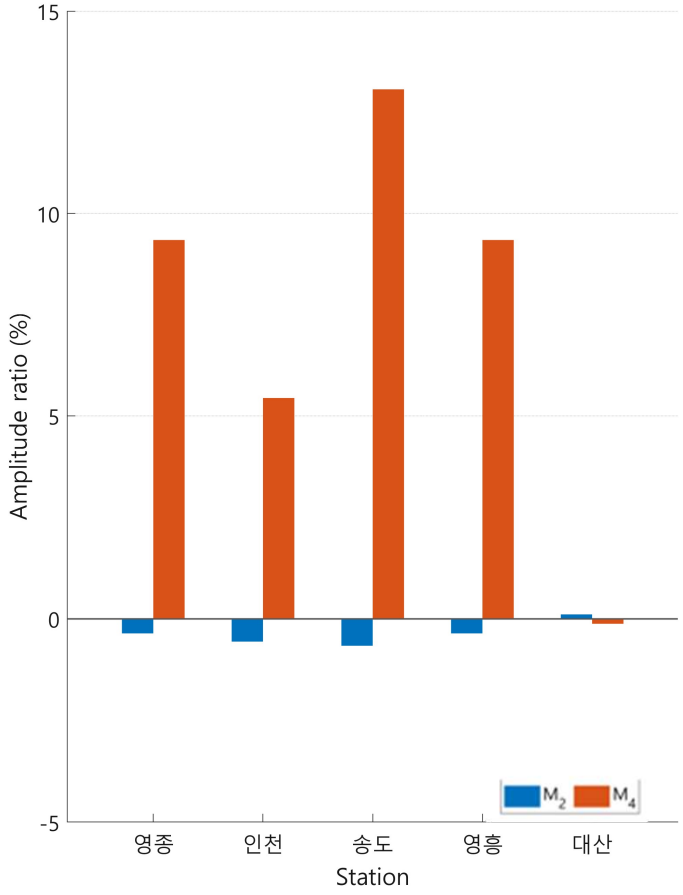


변화율 (%) = (**가동 후** - **가동 전**) ÷ **가동 전** × 100

03 관측자료 분석 결과 – M_2 M_4 분조 비교

Key point: 비선형분조가 상대적으로 조력발전소 가동에 의한 영향을 더 크게 받음

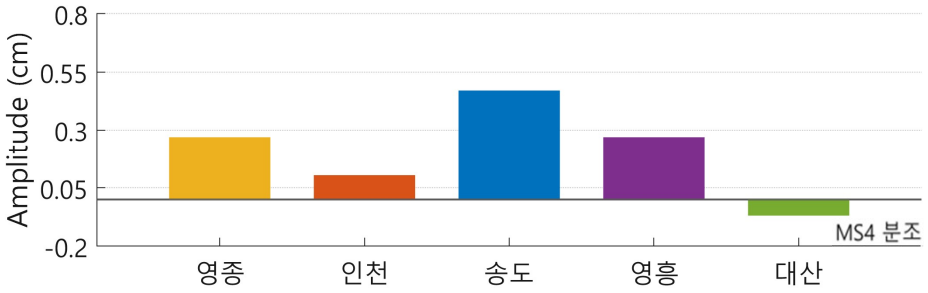


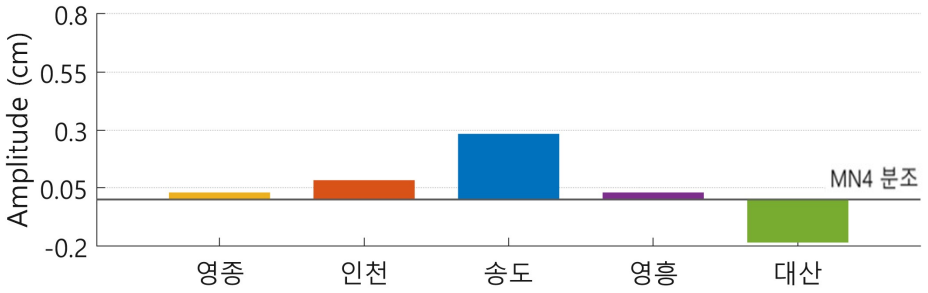


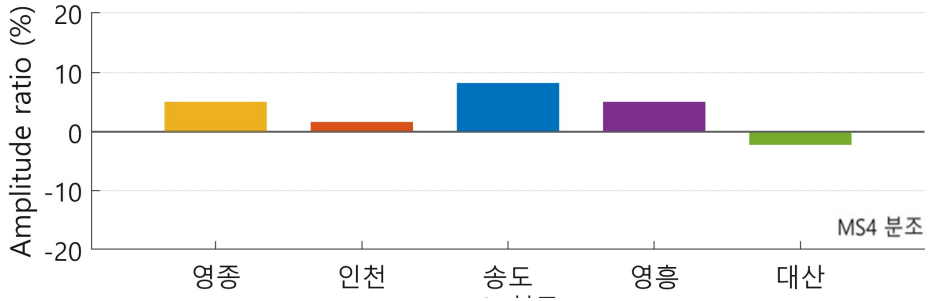
- 차잇값의 정량적 비교 시, M_4 분조에 비해 M_2 분조가 더 크게 나타남
- 변화율 비교 시 M_4 분조가 10배 이상의 더 큰 변화율을 가짐

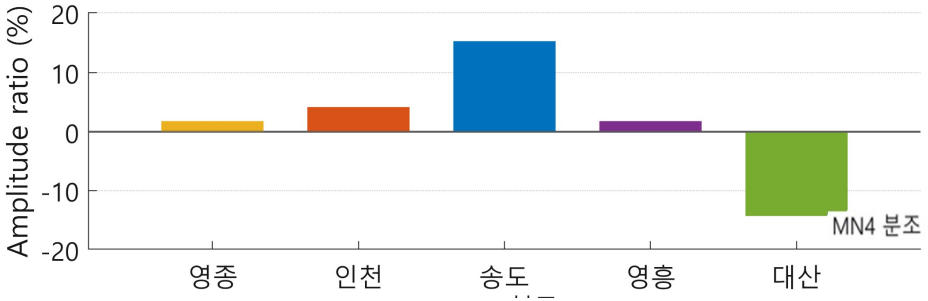
03 관측자료 분석 결과 - 비선형 분조

Key point: M_4 분조와 유사한 패턴이지만 상대적으로 작음



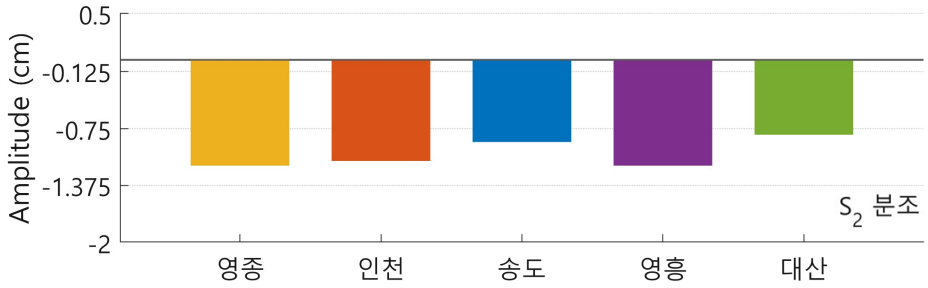


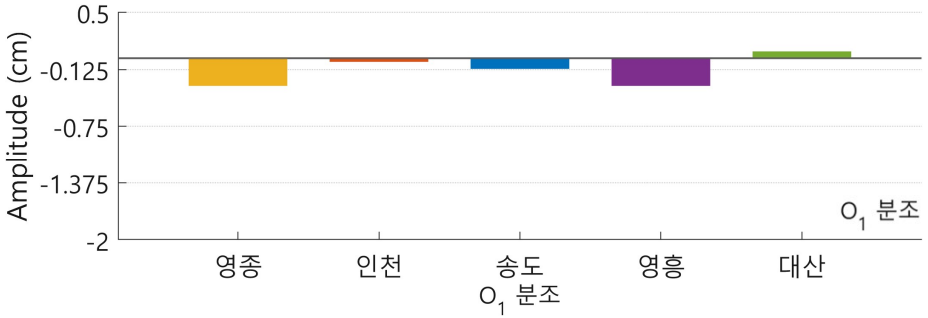


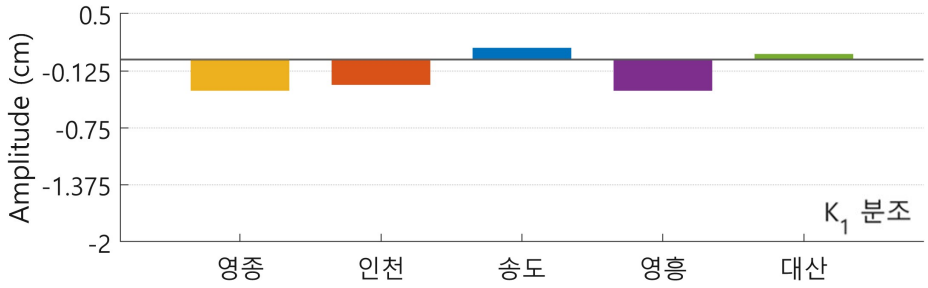


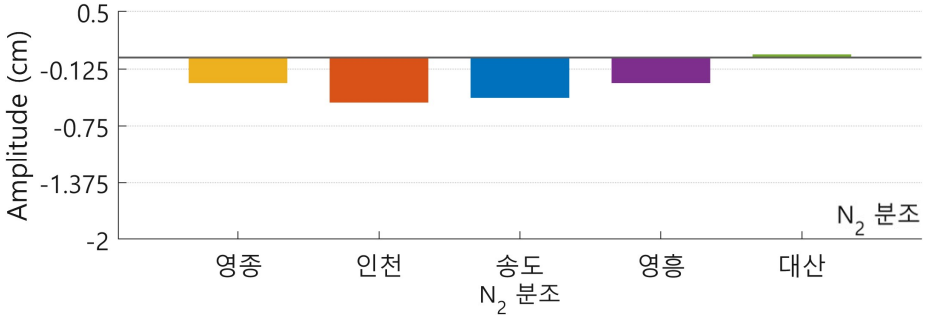
02 관측자료 분석 결과 - 선형 분조 차잇값

Key point: M_2 분조에 비해서는 큰 영향을 받지 않는 것으로 판단됨





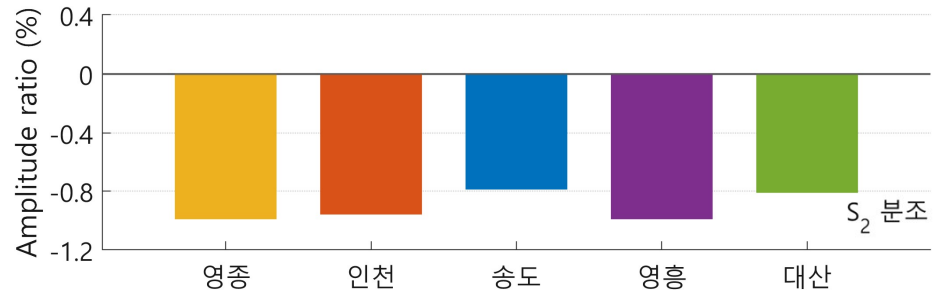


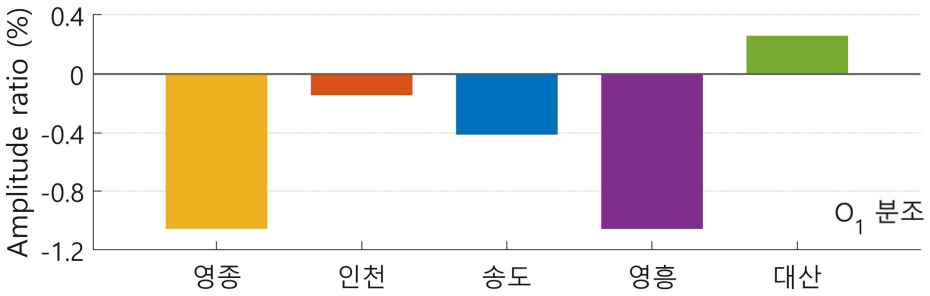


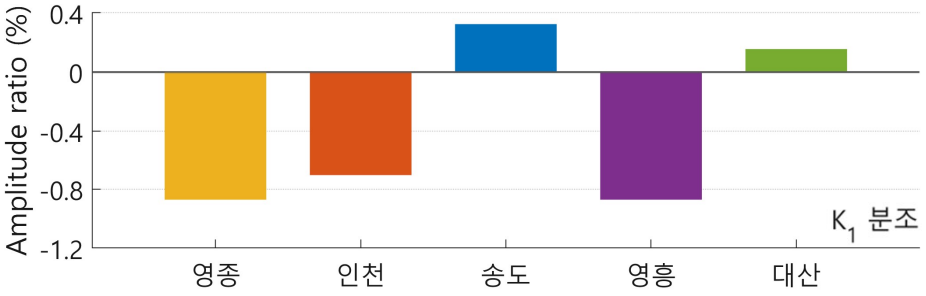
차잇값 (cm) = **가동후** - **가동전**

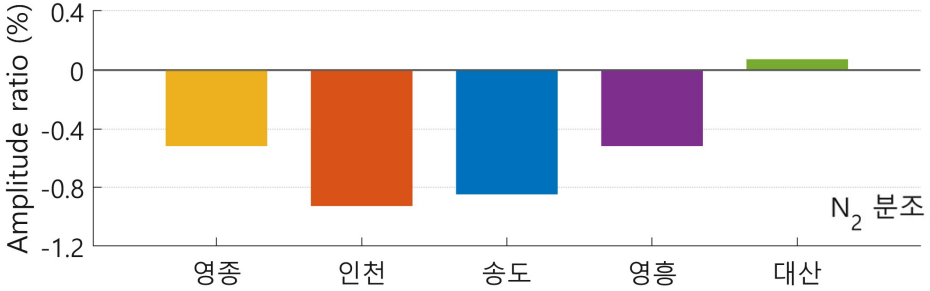
03 관측자료 분석 결과 - 선형 분조 변화율

Key point: M_2 분조에 비해서는 큰 영향을 받지 않는 것으로 판단됨



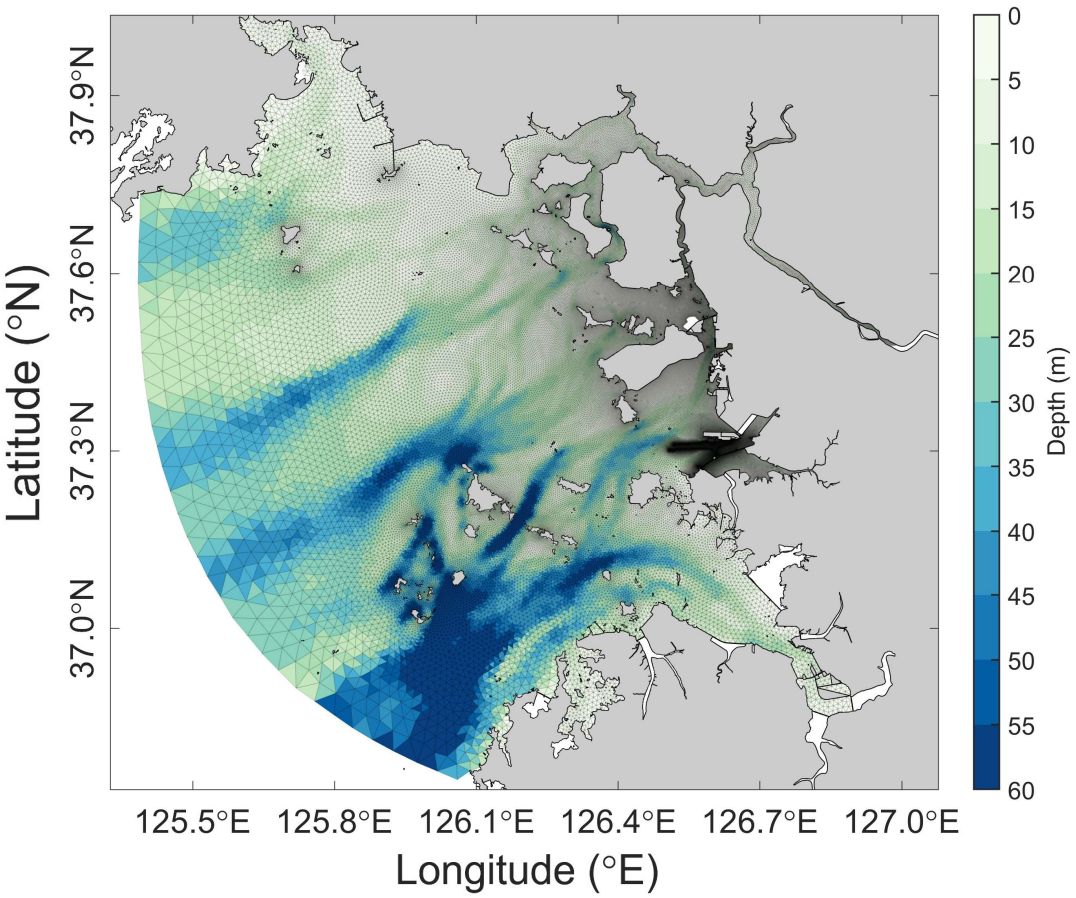




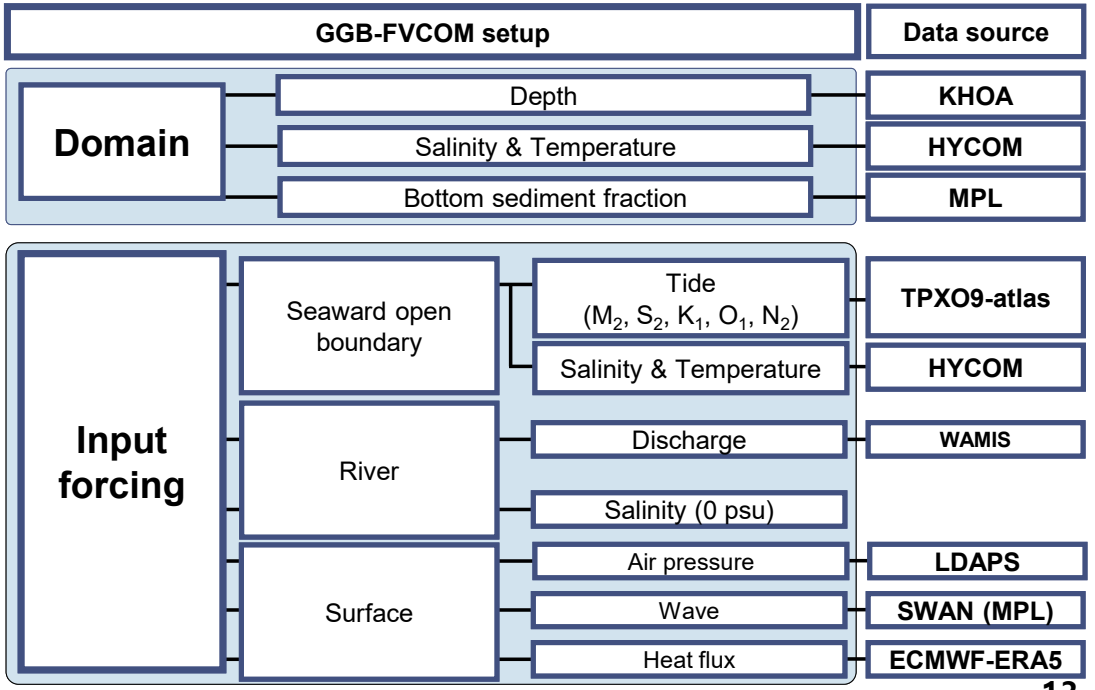


변화율 (%) = (**가동 후** - **가동 전**) ÷ **가동 전** × 100

Key point: 조력발전소 가동의 영향을 정량화하여 분석하기 위해 모델 모의 진행

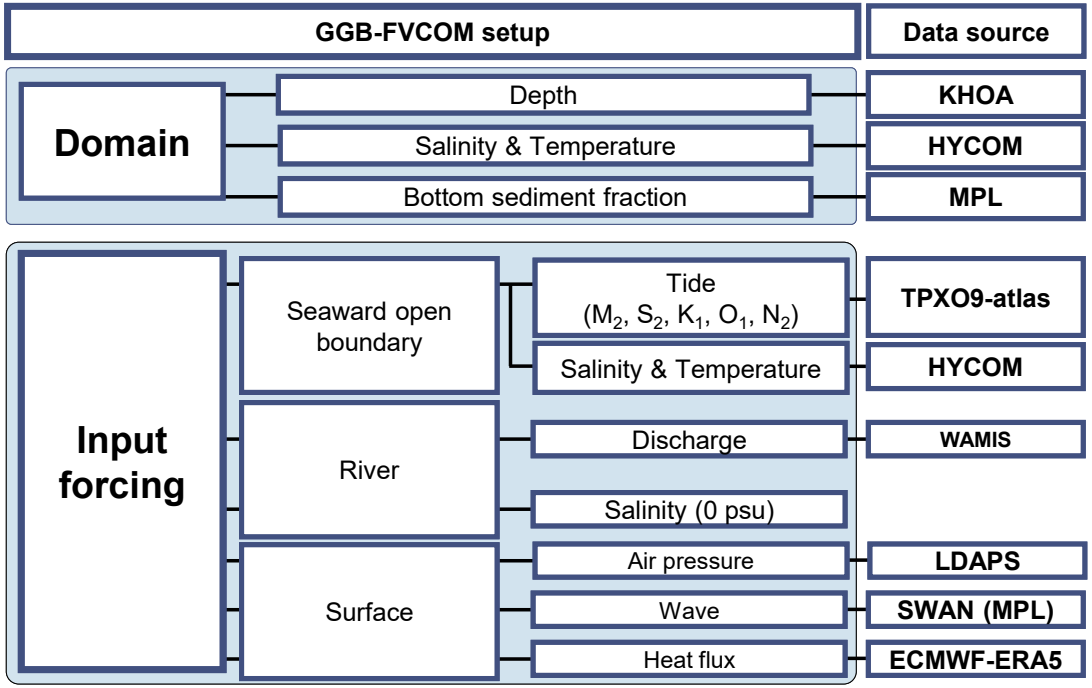


Model information	
Model	Finite-Volume Community Ocean Model (FVCOM)
Grid type	Unstructured triangular grid
Vertical coordinate	Sigma coordinate
Horizontal resolution	30–48,000 m (97,413 nodes, 187,140 cells)
Model periods	2023.01.01–2023.04.01



Key point: 조력발전소 가동 유무에 따른 시나리오 실험 수행

Model information	
Model	Finite-Volume Community Ocean Model (FVCOM)
Grid type	Unstructured triangular grid
Vertical coordinate	Sigma coordinate
Horizontal resolution	30–48,000 m (97,413 nodes, 187,140 cells)
Model periods	2023.01.01–2023.04.01



Model scenario cases

TPP on: With Tidal Power plant

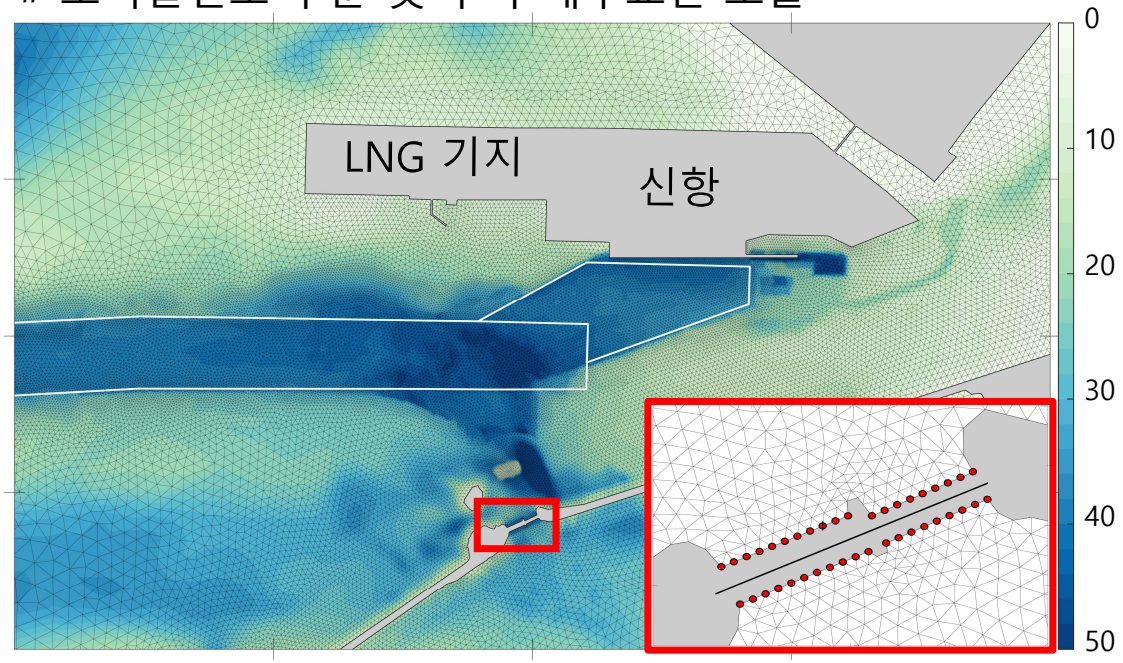
조력발전소 **가동 시** 모델 결과

TPP off: Without Tidal Power Plant

조력발전소 **미가동 시** 모델 결과

- 모델 격자를 **이분화**, 각 격자는 **내부개방경계조건**으로 연결됨
- 모의 동안 수문 높이에 맞춰 해당 **수직층 간의 운동량 교환**됨

조력발전소 수문 및 수차 해수교환 모듈



- **시화 조력발전소 운영 단계 및 단계 별 수위 조건**

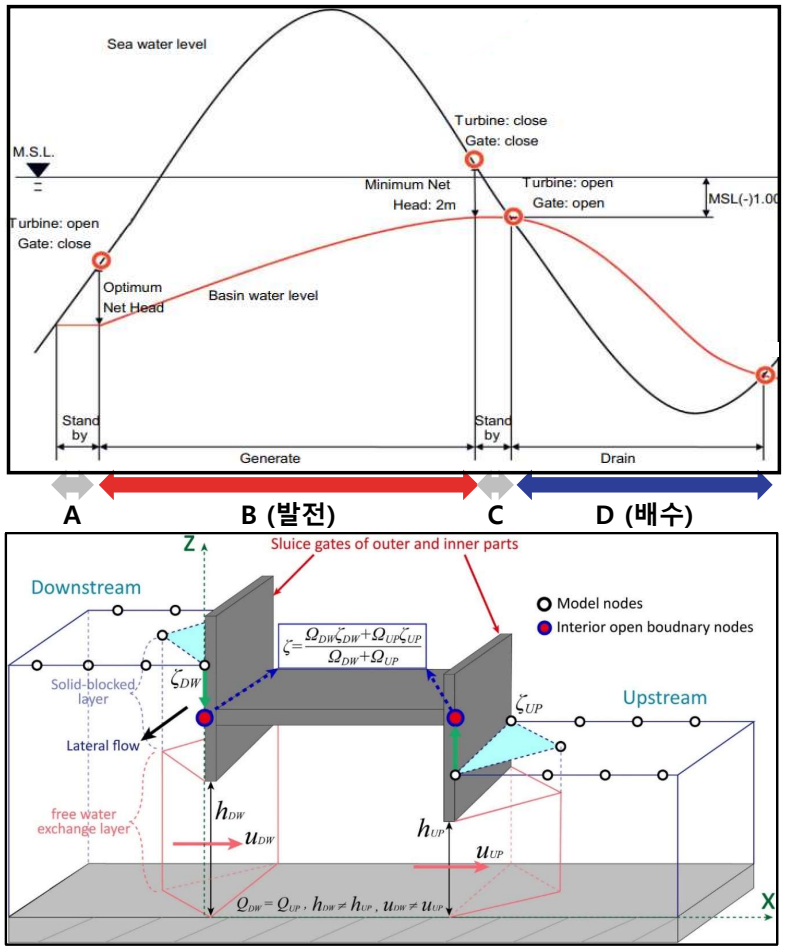
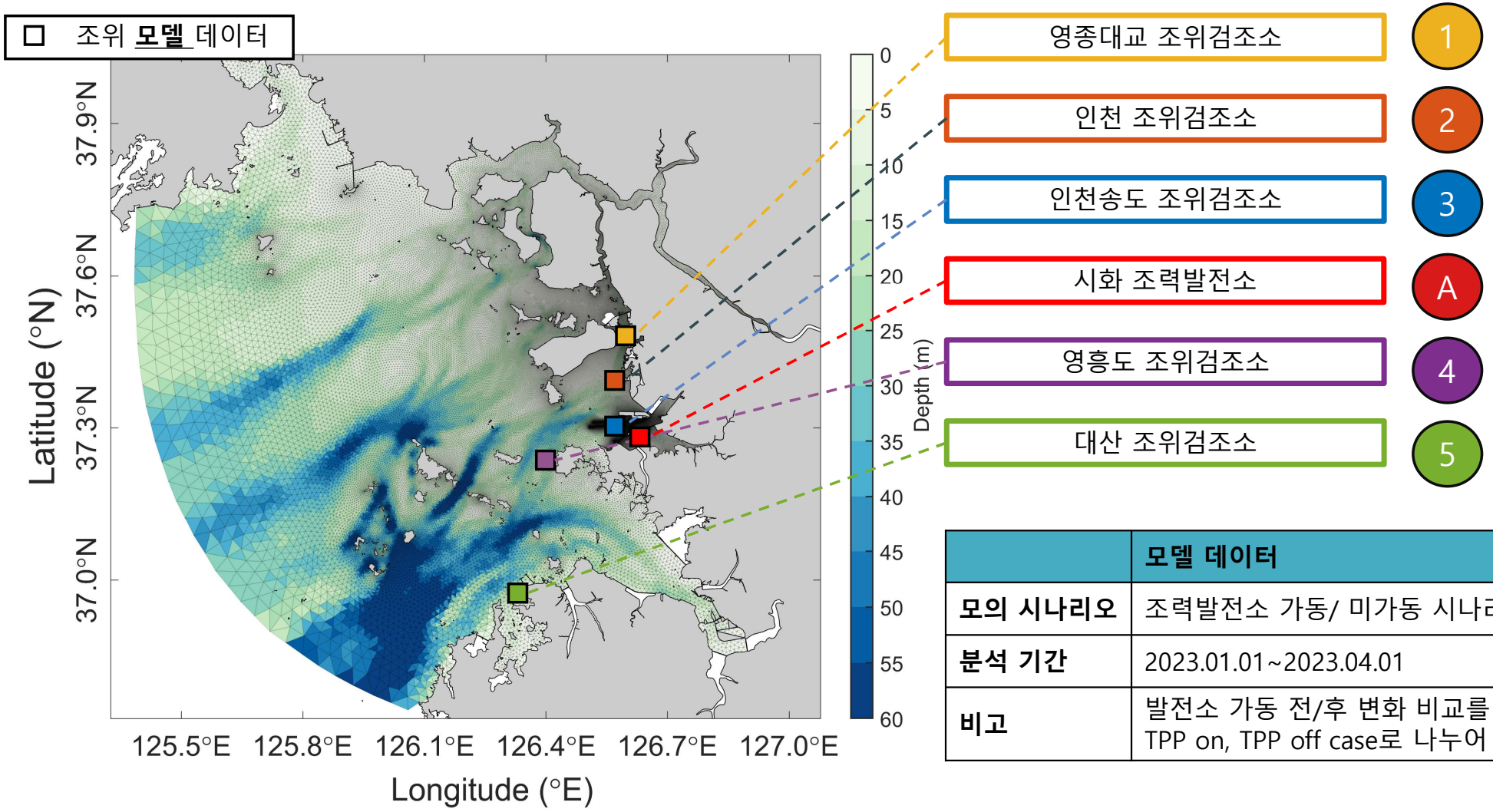


Fig.1 in Kim and Woo (2023)

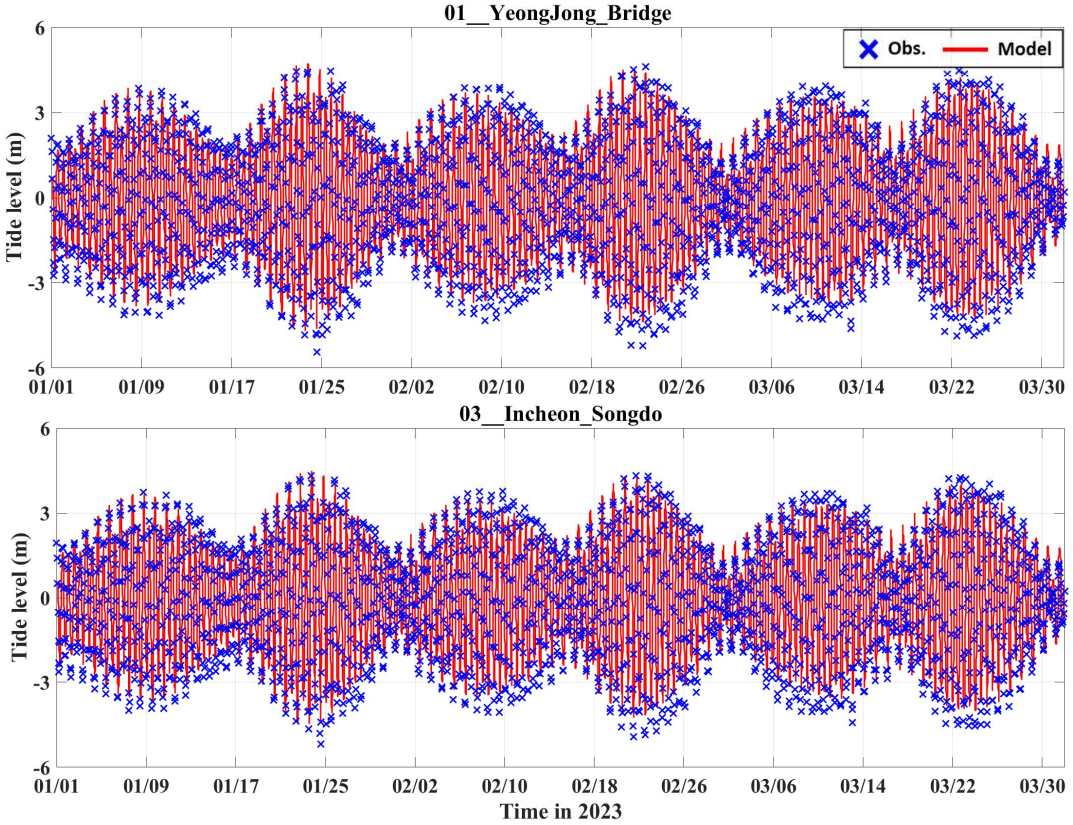
02 모델 데이터 분석 위치

Key point: 모델 데이터 분석 위치

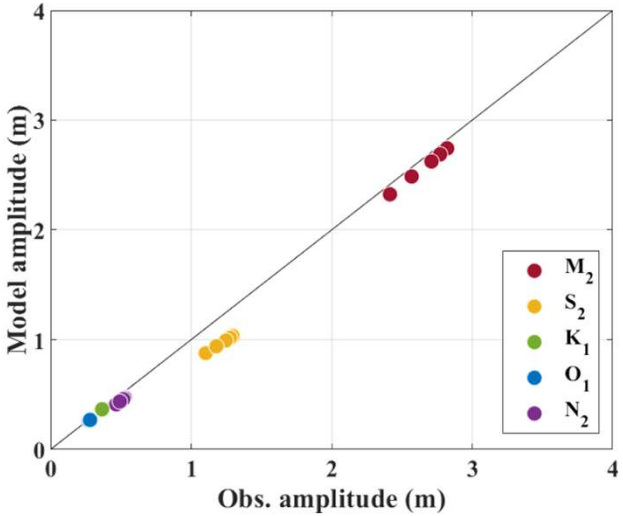


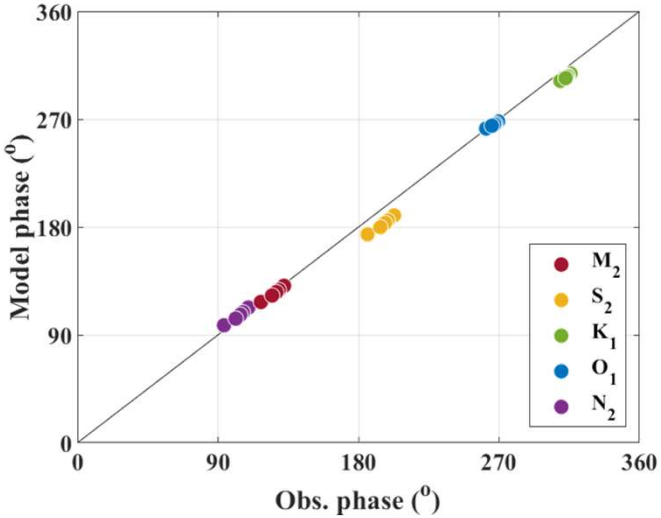
	모델 데이터
모의 시나리오	조력발전소 가동/ 미가동 시나리오 테스트
분석 기간	2023.01.01~2023.04.01
비고	발전소 가동 전/후 변화 비교를 위하여 TPP on, TPP off case로 나누어 분석 진행

Key point: 모델 검증 진행

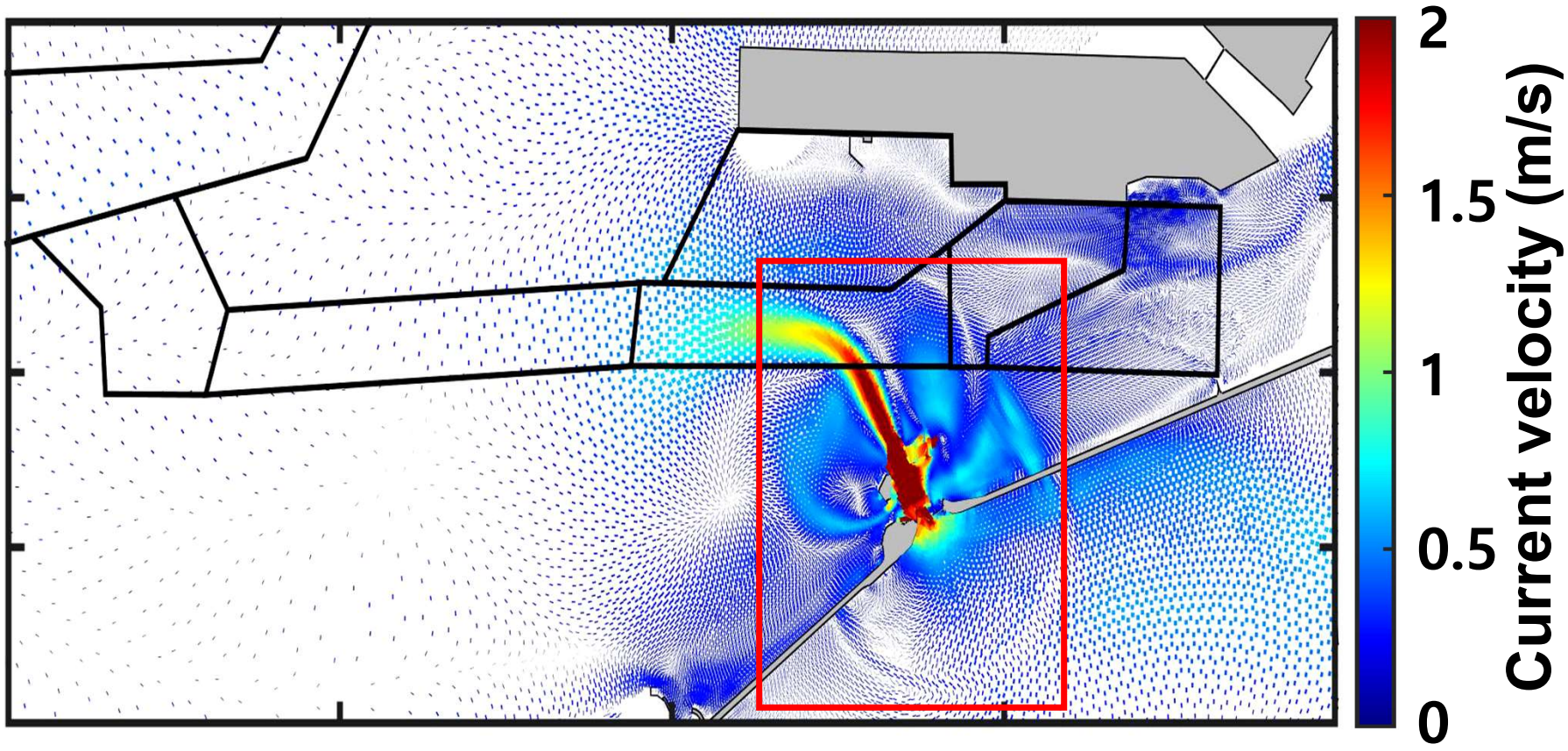


Seasons	Variable	Station	Observation date	ME	MAE	IOA
Winter~Spring	Tide level (m)	YeongJong_Bridge	2023-01-01~2023-04-01	0.17	0.37	0.99
		Incheon		0.15	0.37	0.99
		Incheon_Songdo		0.16	0.37	0.99
		Daesan		0.15	0.31	0.99
		Yeongheungdo		0.15	0.34	0.99



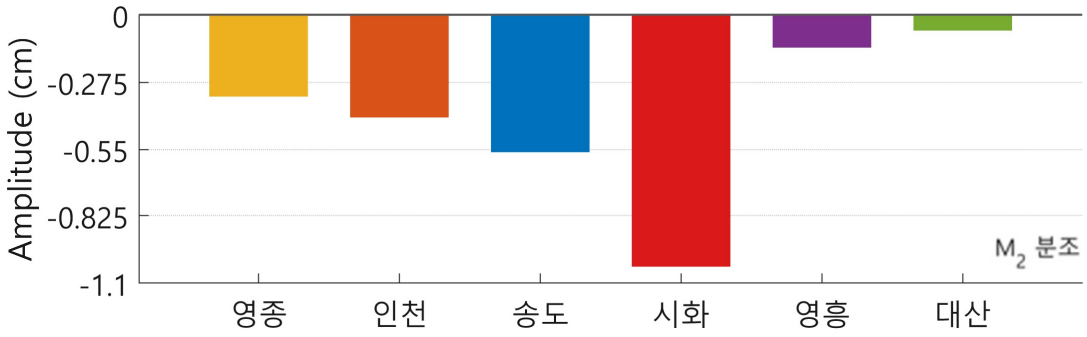


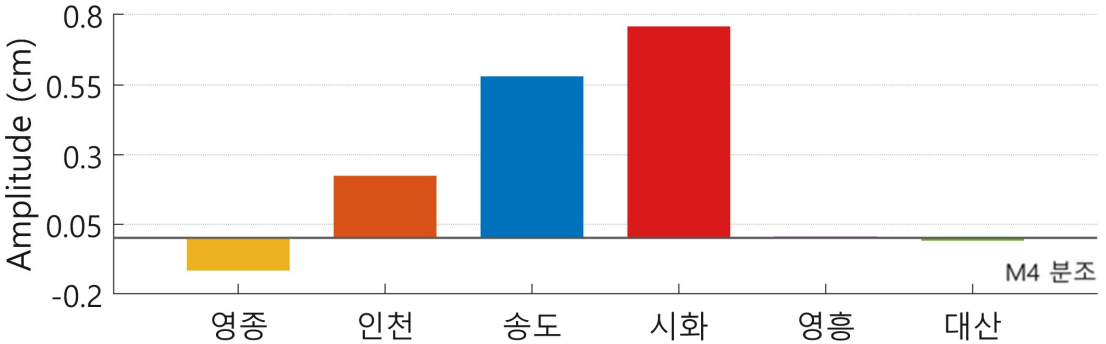
Key point: 조력발전소 가동에 의해 유속이 강해지고 이에 따라 비선형 항(advection)에 의한 상호작용 발생



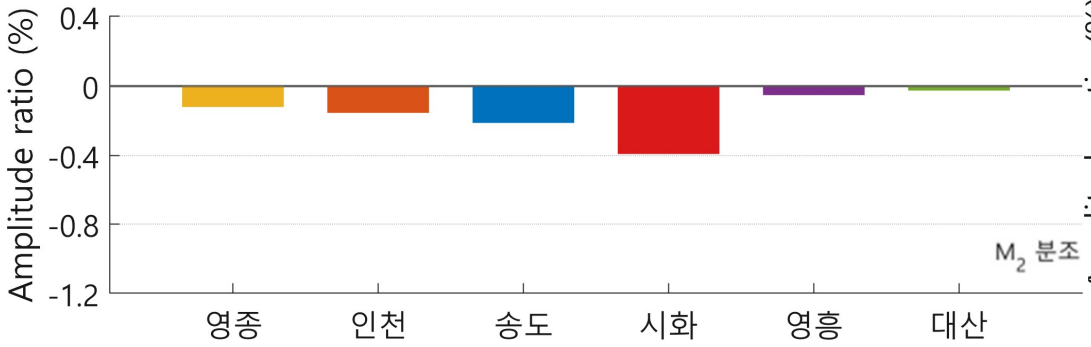
03 모델자료 분석 결과 - 선형 분조 차잇값

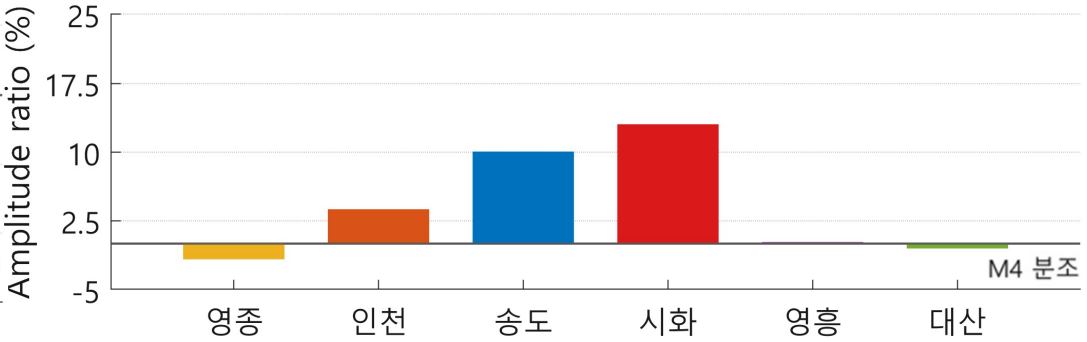
Key point: 시화조력발전소를 중심으로 거리가 멀어질수록 차이가 작아지는 경향성





차잇값 (cm) = TPP on - TPP off

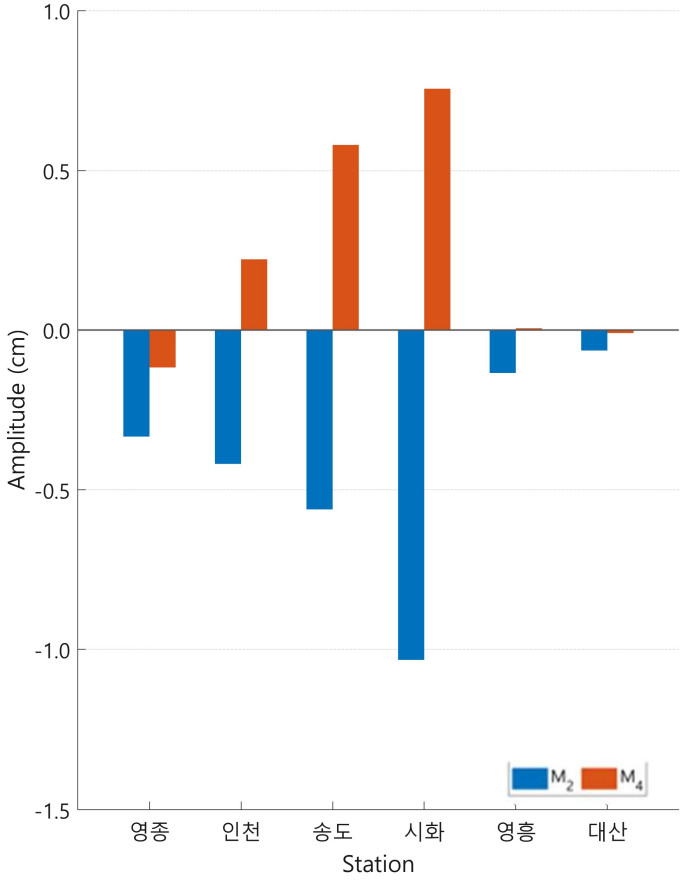


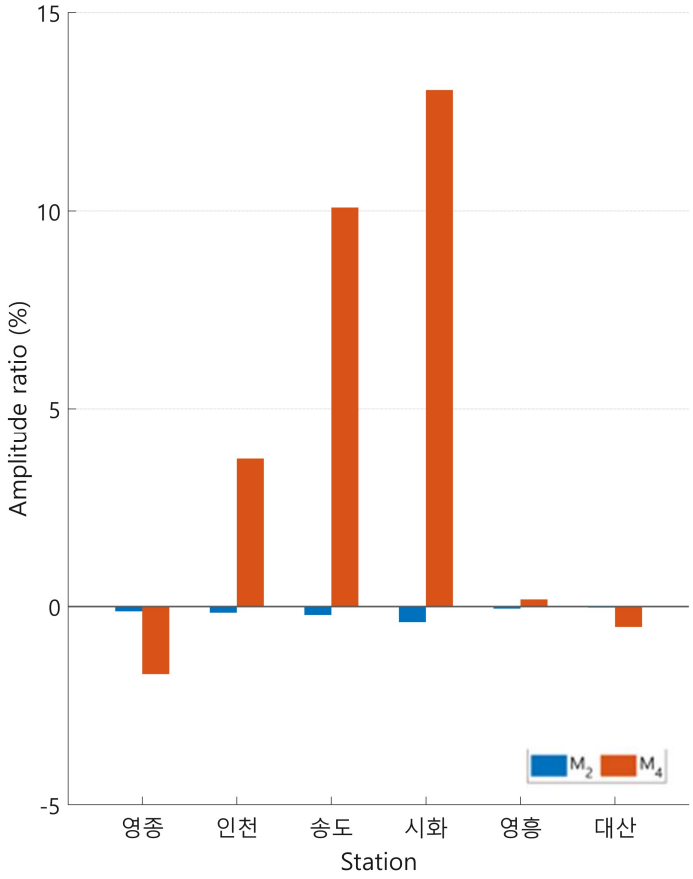


변화율 (%) = (TPP on - TPP off) ÷ TPP on × 100

03 모델자료 분석 결과 - 비선형 분조 차잇값

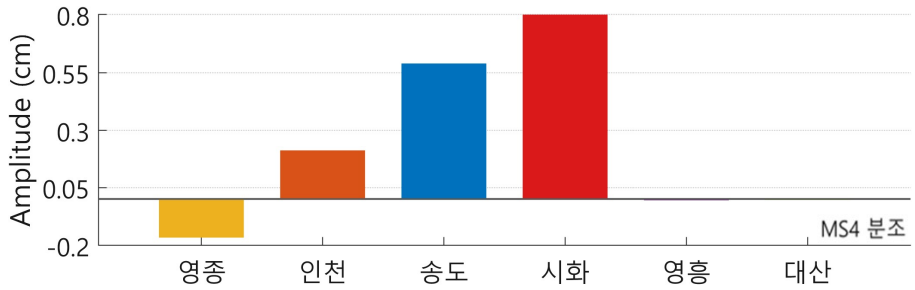
Key point: 비선형분조가 상대적으로 조력발전소 가동에 더 큰 영향을 받음

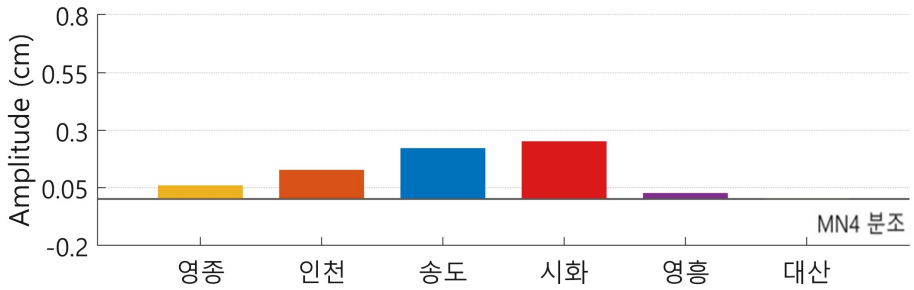




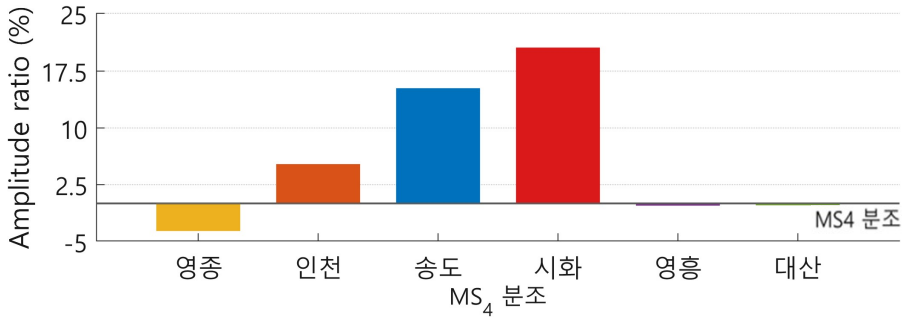
- 차잇값의 정량적 비교 시, M_4 분조에 비해 M_2 분조가 더 크게 나타남
- 변화율 비교 시 M_4 분조가 10배 이상의 더 큰 변화율을 가짐

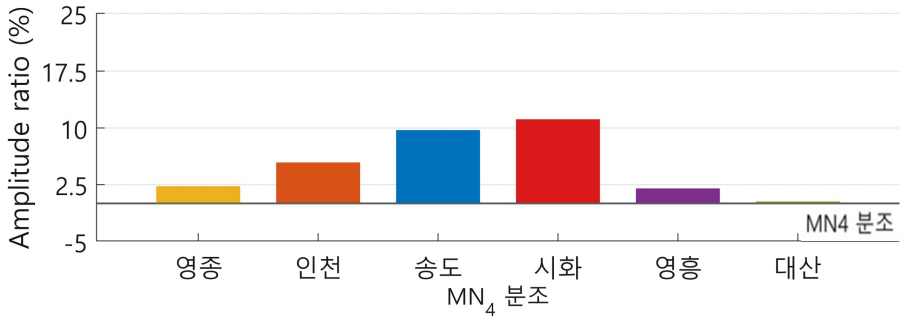
Key point: M_4 분조와 유사한 패턴





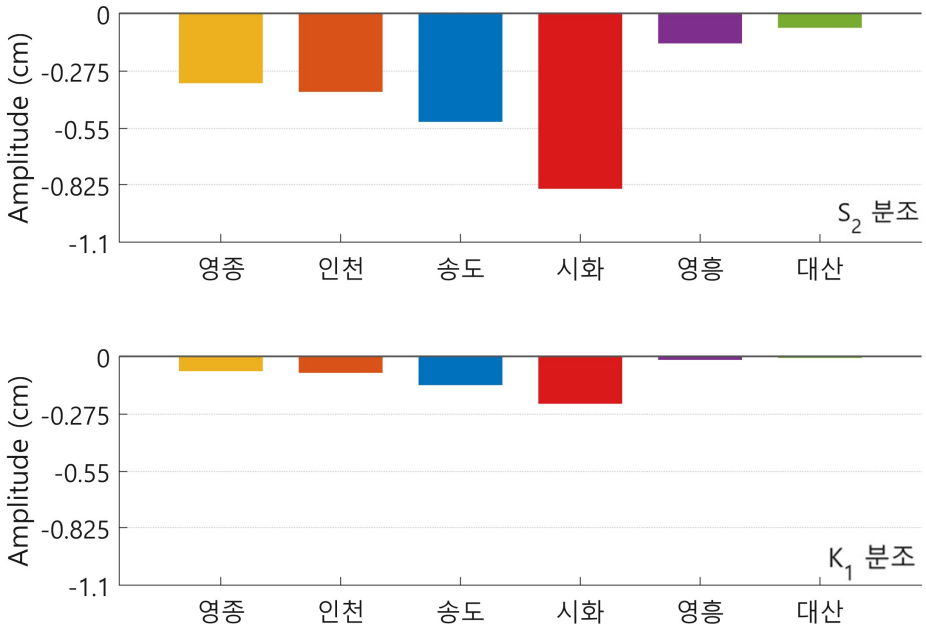
차잇값 (cm) = TPP on - TPP off

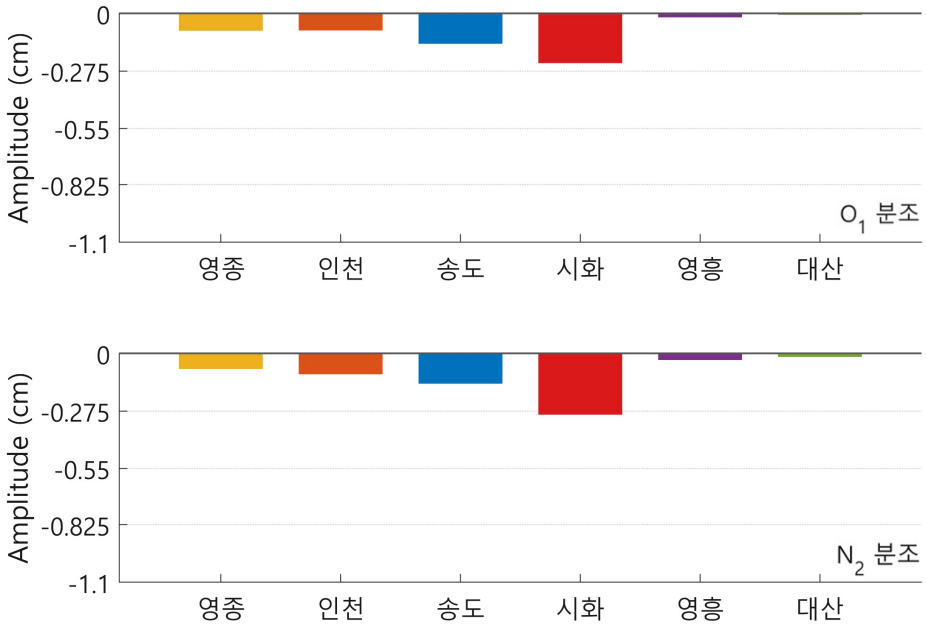




변화율 (%) = (TPP on - TPP off) ÷ TPP on × 100

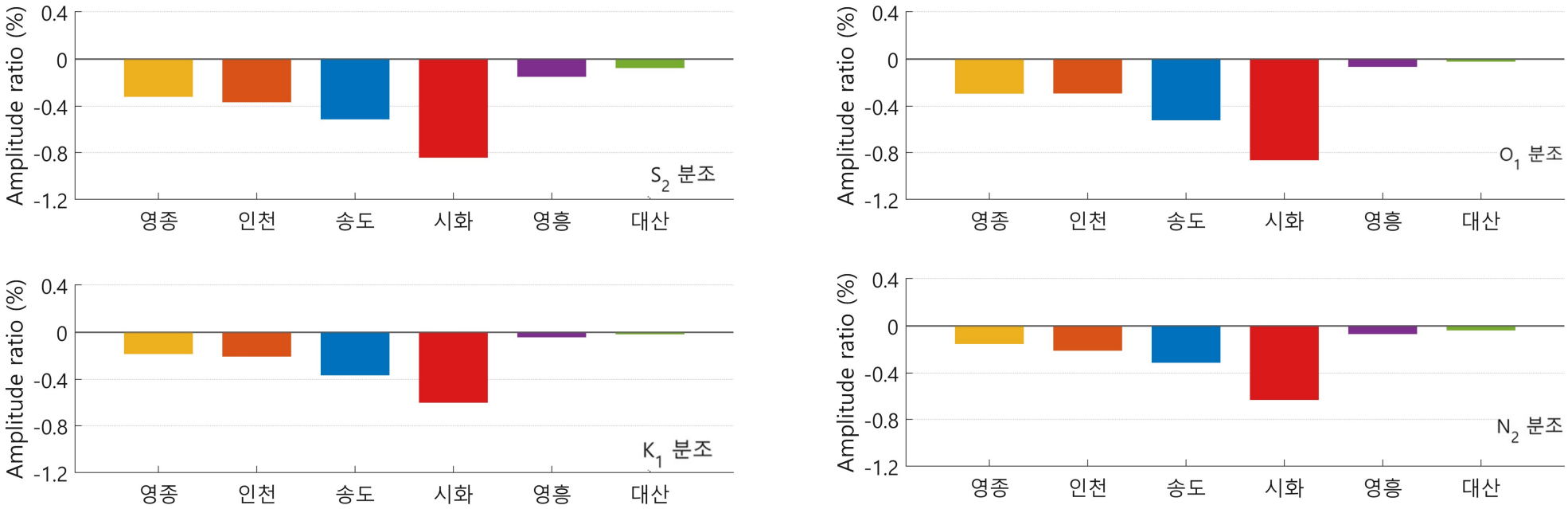
Key point: 시화조력발전소를 중심으로 거리가 멀어질수록 차이가 작아지는 경향성





차잇값 (cm) = **TPP on** - **TPP off**

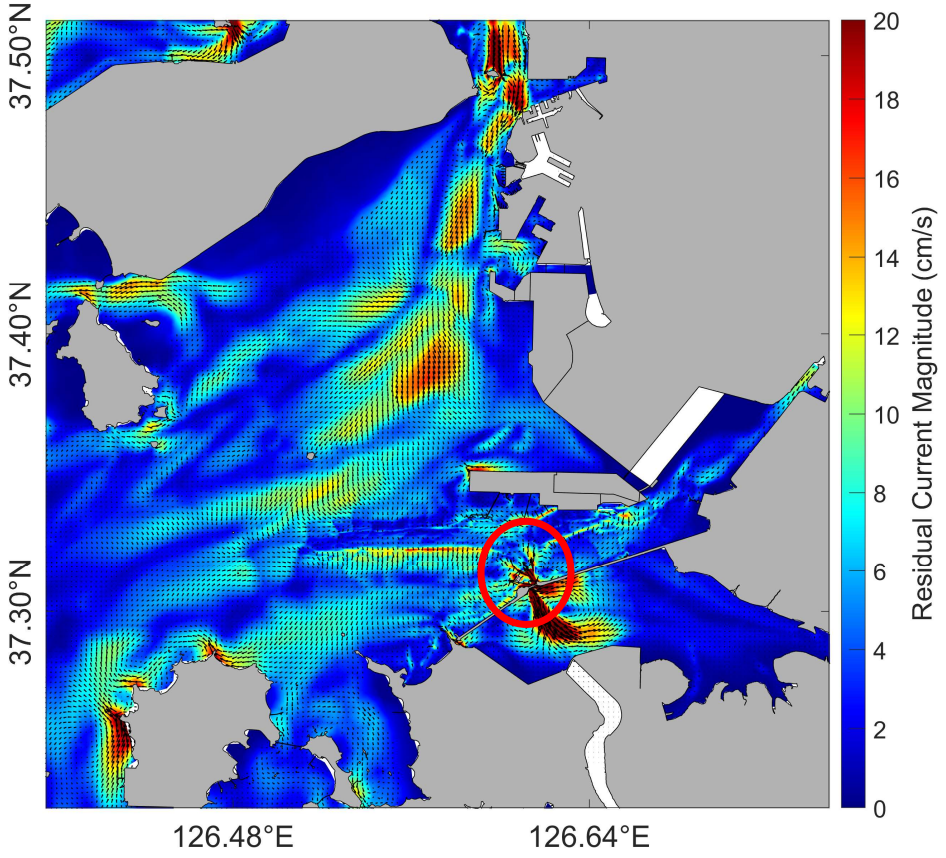
Key point: 시화조력발전소와의 거리에 따라 변화율이 작아지는 경향성



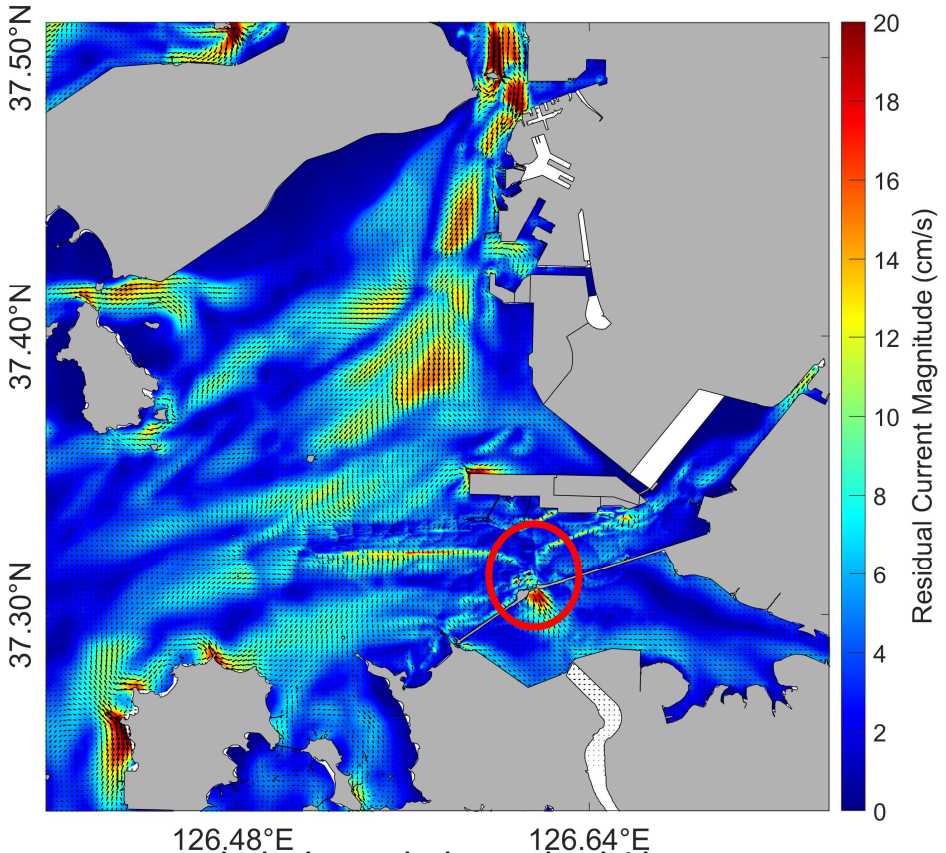
변화율 (%) = (TPP on - TPP off) ÷ TPP on × 100

03 잔차류 분석 (조력발전소 가동에 따른 비교)

Key point: 조력발전소 가동에 의한 잔차류가 조력발전소 인근에서 크게 나타남



조력발전소 가동 시 잔차류

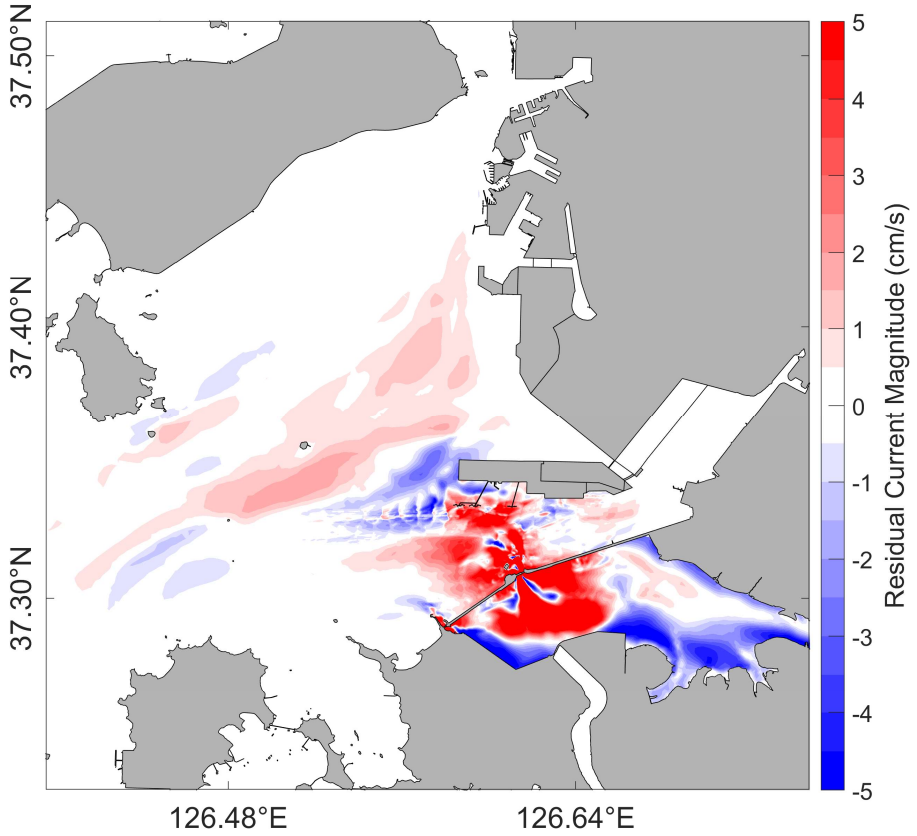


조력발전소 미가동 시 잔차류

조력발전소 인근에서 잔차류의 영향이 크게 나타남
→ 퇴적물 수송 및 지형 변화를 일으키는 것으로 판단 가능

03 잔차류 분석 (조력발전소 가동에 따른 비교)

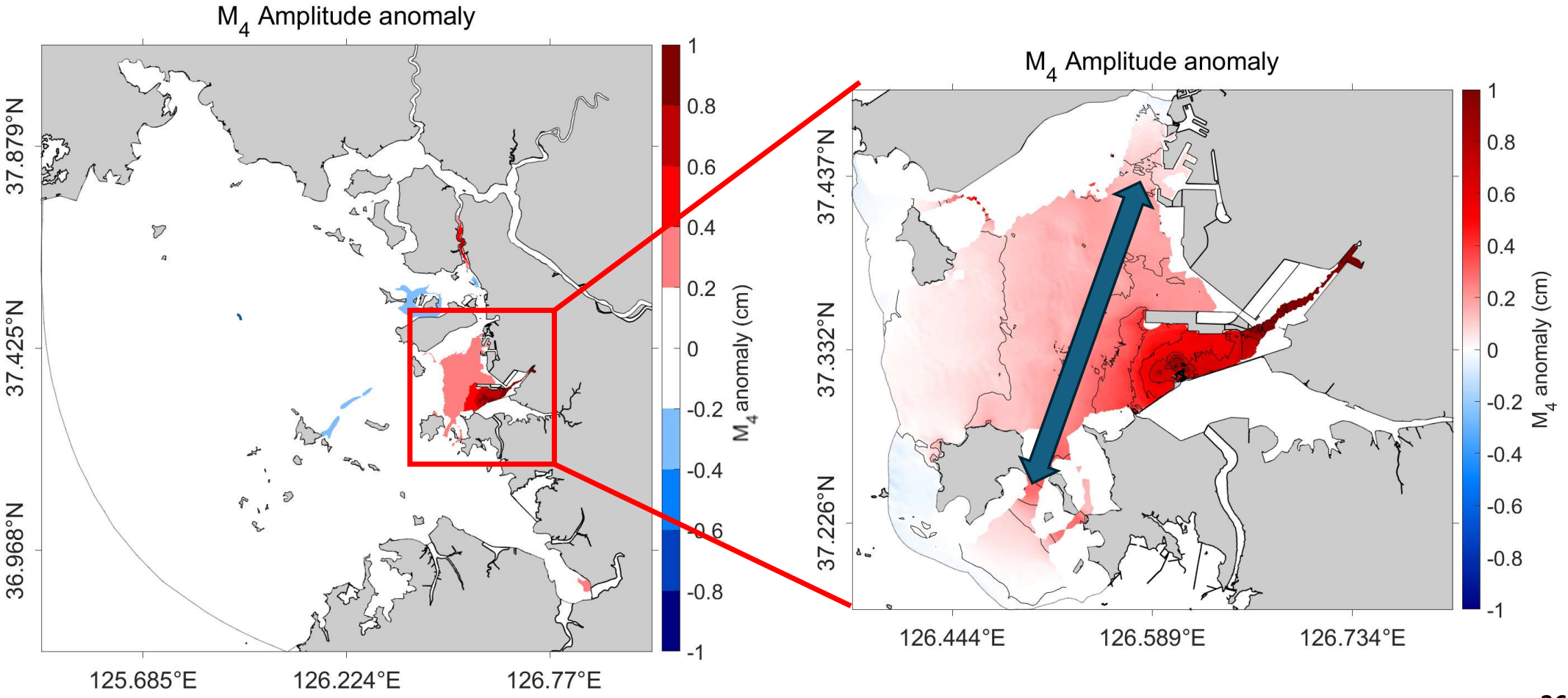
Key point: 조력발전소 가동에 의한 잔차류가 조력발전소 인근에서 크게 나타남



조력발전소 가동 시 – 미가동 시 잔차류

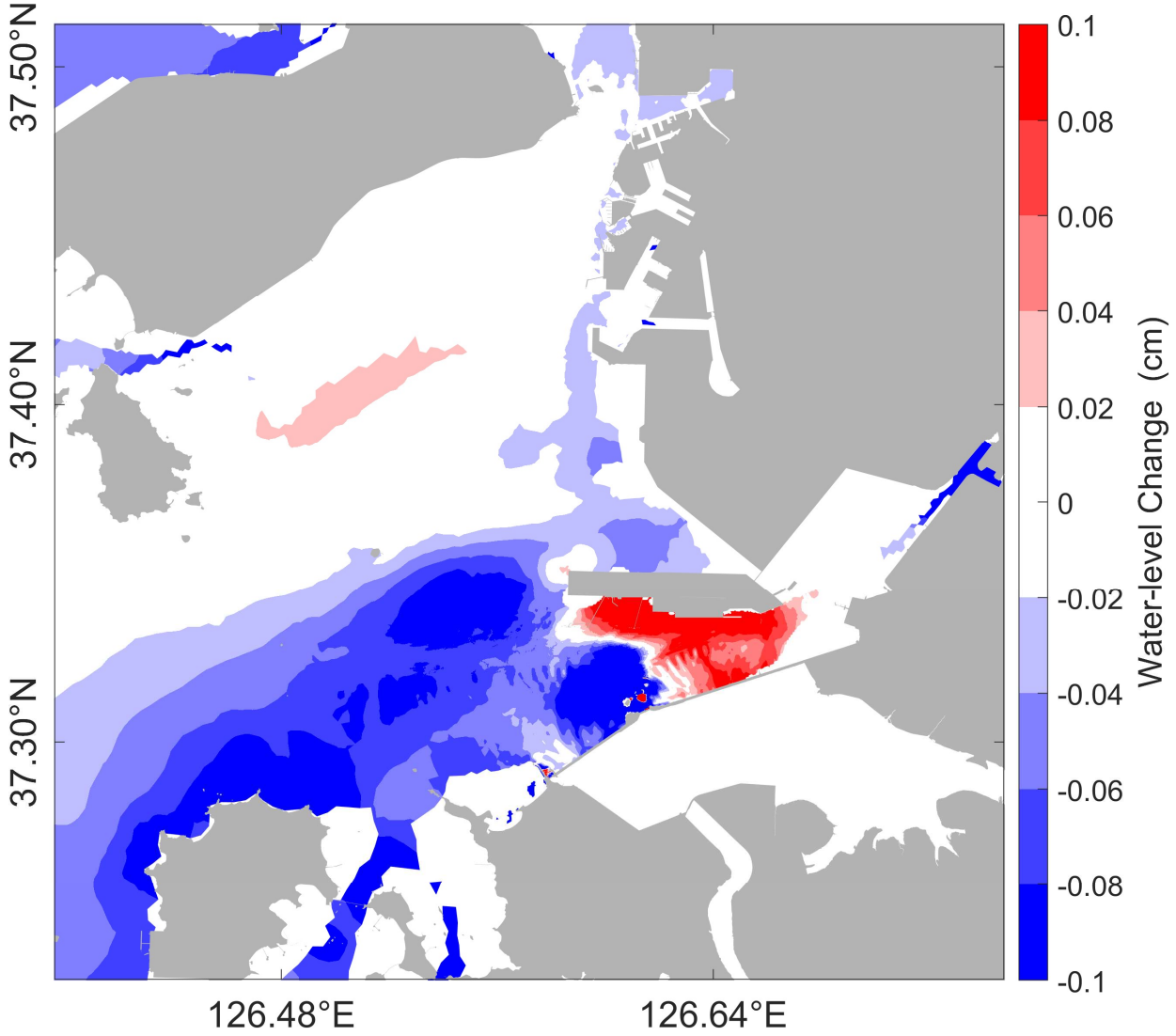
조력발전소 인근에서 잔차류의 영향이 크게 나타남
→ 퇴적물 수송 및 지형 변화를 일으키는 것으로 판단 가능

Key point: 조력발전소는 주로 조석 방향을 따라 영향을 미침



04 조력발전소 가동에 의한 평균 조위 변동 분석

Key point: 조력발전소 가동 시 해수면이 전체적으로 낮아지는 경향성을 보임



1. 조력발전소 가동 후, 비선형 분조는 전반적으로 증가하는 경향을 보였고, 선형 분조는 감소하는 경향을 보였다.

2. 비선형 분조가 선형분조에 비해 조력발전소의 영향을 더 크게 받는다.

3. 모델을 통한 영향 범위 분석 결과, 조력발전소 가동에 의한 조석 변화 영향은 조류의 방향을 따라서 영향을 미치는 것으로 파악되었다.

4. 잔차류 분석 결과 조력발전소에 의한 잔차류가 조력발전소 인근에서 크게 나타나는 것을 확인하였고 이는 퇴적물 수송 및 지형 변화의 요인이 되는 것으로 판단된다.

5. 조력발전소가 조위의 미치는 영향을 정량적으로 분석한 결과, 조력발전소 전면에서 조위의 감소가 나타났고, 해수면이 전체적으로 낮아지는 경향성을 보이는 것으로 판단된다.

경이1



감사합니다

경이1

1. 데이터 취득
2. 데이터 처리
3. 분석 방법

경문 이, 2024-10-21T02:04:39.520

경이1



부 록

경이1

1. 데이터 취득
2. 데이터 처리
3. 분석 방법

경문 이, 2024-10-21T02:04:39.520