

## 새만금의 조력발전 계획 : 조석이 어떻게 변화될 것인가? Saemangeum Tidal Power Generation Scheme : How tide will change?

최병호<sup>1</sup>, 이한수<sup>2</sup>  
 Byung Ho Choi<sup>1</sup> and Han Soo Lee<sup>2</sup>

### 1. 서 론

시화호에서의 창조식 조력발전 계획이 실시 설계와 실제 시공의 병행공정으로서 2004년 7월부터 착수되는데 이러한 창조식 발전방식은 낙조식 발전방식보다 최적화 된 경제성 있는 발전방식은 아니나 조석저류지 내부에 저매립을 위한 개발을 촉진시키기 위한 방안과 해수유통이라는 두 이점을 택하기 위한 방안으로 보인다. 평균조차가 6미터인 인천만의 시화지구와는 또 달리 새만금 해역의 평균조차는 4.2미터에 불과하여 근본적인 불리한 조건을 갖고는 있으나 조력발전의 경제성을 제외한 기술적인 타당성에 대해서는 검토해 볼 가치가 있다. 이 경우에 두 가지 중요한 관점은 조력발전에 의한 해수유통시의 조석저류지내외의 수위 변화 즉 수위차에 대한 정보를 상세한 조석수치모델로부터 도출시켜야 하며 더불어 적절한 발전용량을 갖기 위한 터빈 발전기와 배수수문의 조합을 최적화 기법에 의해 도출하는 것인데 이 두 과정은 서로 연관성을 가지고 수행되어야 된다. 본고에서는 우선 방조제가 완공이 되어 신시가력 수문이 개방된 채 해수유통이 일어나는 상황에서 우선 조석체계가 어떻게 변화될까를 수치시물레이션에 의해서 예측하고자 한다. 가정은 2006년에 우선 현재의 방조제가 건설되고 동서를 가로지르는 방조제의 건설이 3~4년은 걸릴 것으로 예상하고 만경수역과 동진수역이 서로 차단되고 북측의 조석저류지에서 신시배수갑문 남측에 조력발전소가 건설된다고 가정을 했을 때의 시물레이션이다. 초기

단계의 시물레이션은 조력발전소의 터빈 발전기 및 배수갑문을 통한 통수상황은 제외하였는데 추후 단계에서는 서로 피드백 시키는 일련의 시물레이션이 되어야 한다.

새만금 조력발전계획 역시 시화의 경우와 같게 창조식 발전양식을 취함으로써 조석저류지 내의 최고수위를 제한하여 저매립에 의한 내부개발을 염두에 둔 현재에 일부에서 제안되고 있으며 회자되고 있는 계획에 준거하였다.

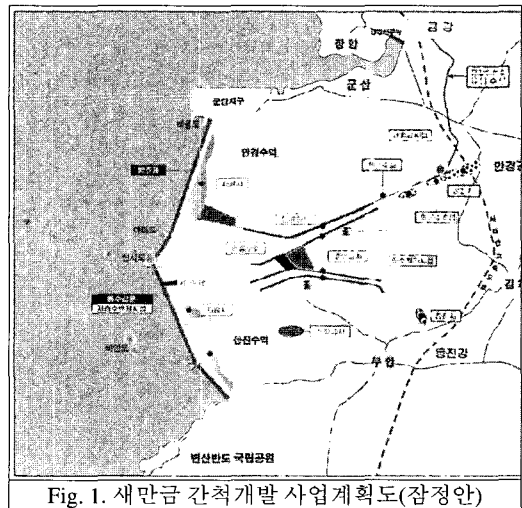


Fig. 1. 새만금 간척개발 사업계획도(잠정안)

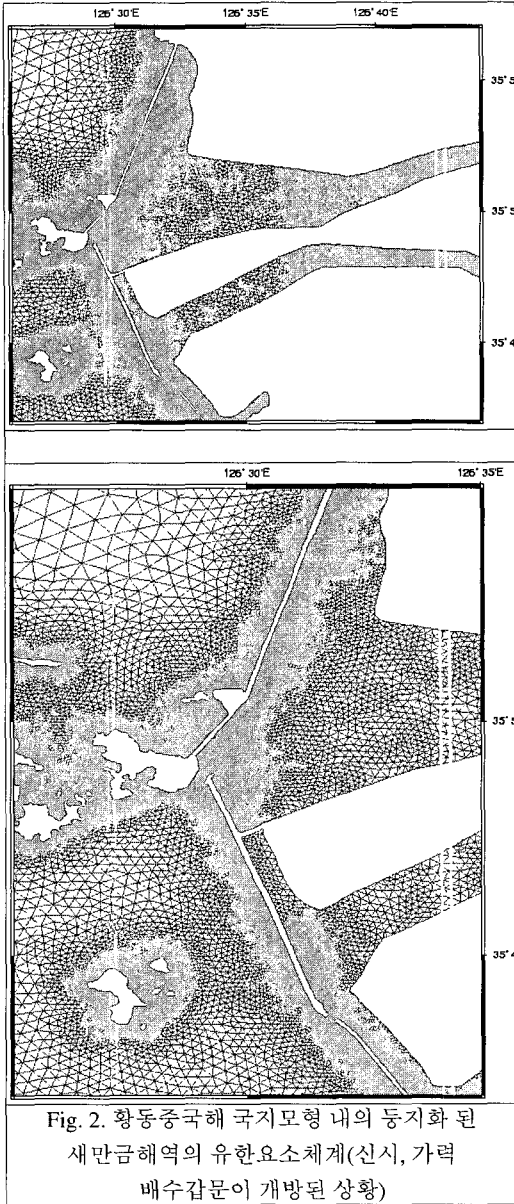
### 2. 조석의 변화

#### 2.1 Dead barrier 에 의한 조석변화

전회의 보고(김, 2000; Choi and Lee, 2003(a), (b))에서 새만금 방조제가 완공이 되었을 때 방조제 전면

1 성균관대학교 토목환경공학과 교수  
 2 성균관대학교 토목환경공학과 석사과정

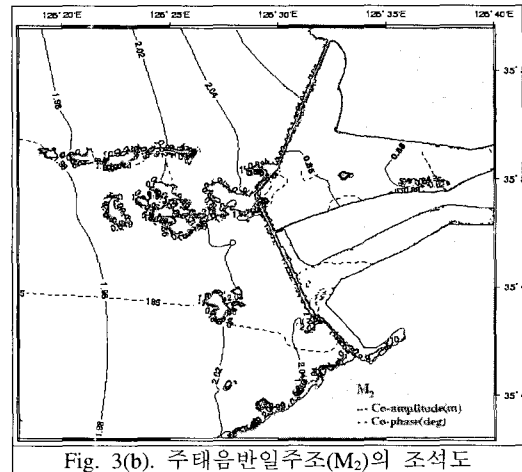
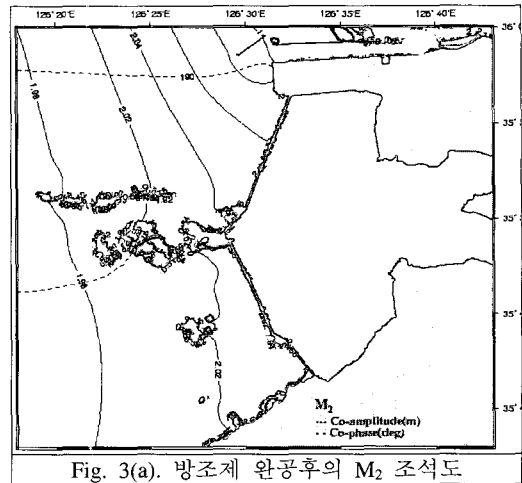
서 주요 8개분조의 진폭변화를 제시한 바 있다.  $M_2$  분조의 경우는 더 상세한 해상도의 유한요소 격자를 취함으로서 조석의 진폭이 Fig. 3과 같이 변화 된 것이 제시되었다. 이 경우는 방조제가 완공되어 해수통수는 되지 않는다는 관점에서의 조석체계의 변화를 추정 한 것이었으며 광역의 모형을 이용함으로써 개방 경계문제에서 벗어나고자 하였다.



## 2.2 Working barrier 에 의한 조석변화

이 경우는 방조제가 완공이 되고 또한 동서를 가로 지르는 방조제가 건설(2006년 후에 4~5년에 걸친 방조제 건설공사)되어 만경수역과 동진수역이 분리되

고 해수통수는 그 기간에 여전히 신시와 가력 배수갑 문은 해수유통이 된다는 가정과 내부역의 저 매립이 Fig. 1(새만금 간척개발 사업계획도, 미확정된 안)과 같이 저매립으로 수행되었을 때 북쪽의 만경수역내 의 조석 저류지를 이용한 조력발전소가 신시배수갑 문 남측의 현 개방구간에 건설된다고 가정했을 때의 조석변화를 산정하는데 목적이 있다. 이 상황에서 완 전한 working barrier 의 조석시물레이션은 최적화 과 정을 통한 적정수의 터빈발전기와 배수갑문이 결정 된 후 이 scheme을 포함시켜 예측해야 하지만 우선은 이러한 배열안에 대해서 평균조석 상황에서 신시와 가력의 배수갑문은 개방되어 해수유통이 일어나고 있을때 조석 저류지내의 조석변화가 어떠한 가를 1 차적으로 추정하는 일이 상기의 최적용량과 배수갑 문 결정에 우선적인 정보이므로 본 연구에서는 이 시 물레이션의 결과를 제시하고자 한다.



물론 다음단계는 터빈 발전기와 배수갑문이 포함된 working barrier 시뮬레이션이 이루어져야 하며 반복적인 피드백 시뮬레이션이 수행되어야 한다. 이러한 조차변화에 대한 예측은 조력발전 계획을 위해서는 우선적으로 중요한 사항이며 새만금 해역과 같이 충분한 조차가 확립이 되어있지 않은 조력발전계획에 대해서는 특히 더 상세한 예측이 필요하다.

### 2.3 창조식 조력발전

본래의 조력발전이 조석저류지를 형성하여 양방향 발전을 하는 것을 목표로 발전양식이 개발되었지만 일방향 발전 수차를 사용할 경우에는 낙조식 발전이 창조식 발전보다 유리한 것으로 알려져 있다. 즉 조석저류지와 바깥 외해측의 높은 수두차를 통수갑문 및 양수에 의해 유도하기가 용이하기 때문이다. 창조식 발전은 근본적으로는 낙조식 발전과 대칭적인 발전모드이지만 차이점은 조석저류지내의 조차는 바깥보다 저수위가 더 높으며 고수위도 중등조위보다 약간 위쪽에 위치하기 때문인데 이는 방조제에 의해 조석이 차단되어 터빈과 통수갑문으로 조량이 통과하더라도 완전하게 바깥 해수위와 같은 수위변화를 하지 않기 때문이다. 따라서 조간대의 상당부분이 노출이 됨으로서 해양생태계로부터 담수생태계로의 급격한 변화가 일어나는 것으로 알려져 있다. 또한 조석저류지내의 저조위와 중등조위(또는 평균해수위) 사이의 조량은 중등조위(평균해수위)와 고조위의 조량보다 훨씬 작기 때문에 전자가 창조식 발전에 이용되고 후자가 낙조식 발전에 이용됨으로 창조식 발전은 현격한 단점이 있는 것이다. 아마도 이러한 단점에도 불구하고 시화호에 창조식 조력발전소를 건설하고 또한 새만금해역에도 조차가 현격히 작음에도 불구하고 이러한 계획이 회자되는 배경에는 진술한 바와 같이 창조식 발전모드가 조석저류지내에서 저조위와 중등조위 사이에서 발전이 되고 상당부분의 조간대를 영구히 노출시킬 수 있으므로 저매립에 의한 영구히 노출되는 조간대 영역의 간척이 내부역에 가능하다는 점에서 이러한 발전이 계획되고 또한 추진되고 있는 실정으로 세계적으로 조력관계 전문가들은 의아스럽게 생각하는 부분일 것이다. 즉 최적의 조력발전보다는 차선(?)의 발전모드를 택하여 내부개발에 초점을 두는 조력 발전 모드로는 주장할 수는 있을 것이다. 그러나 조력발전으로 인한 해수유통으로 현재의 조간대의 해양생태계가 보존된다는 주장보다는 새로운 담수생태계가 조간대 상부역에서 조성되고 또는 저류지내의 오염물질을 배출시키는 체류시간이 짧아질 것이라고는 예상되나 자세한 흐름해

석이 선결과제이다.

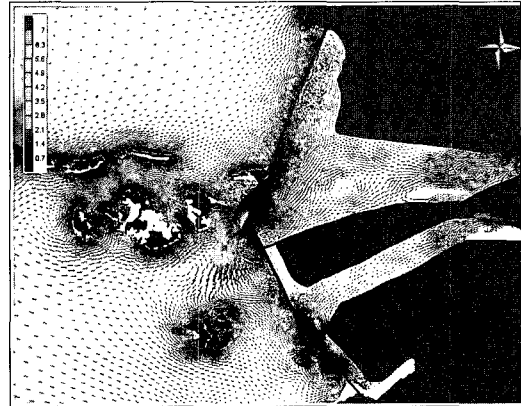


Fig. 4(a). 주태음반일주조(M<sub>2</sub>) 태음시 2시의 흐름상황(m/s)

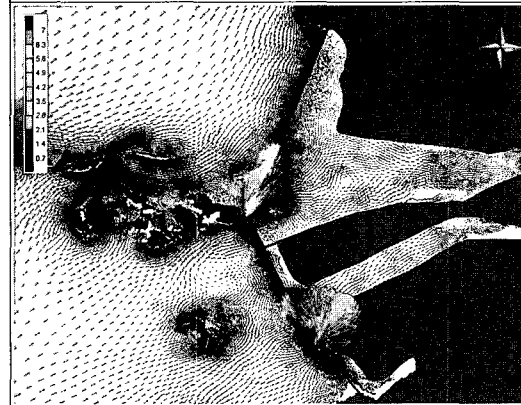


Fig. 4(b). 주태음반일주조(M<sub>2</sub>) 태음시 4시의 흐름상황(m/s)

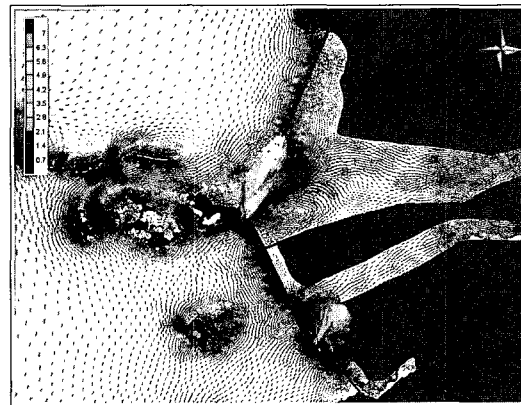


Fig. 4(c). 주태음반일주조(M<sub>2</sub>) 태음시 6시의 흐름상황(m/s)

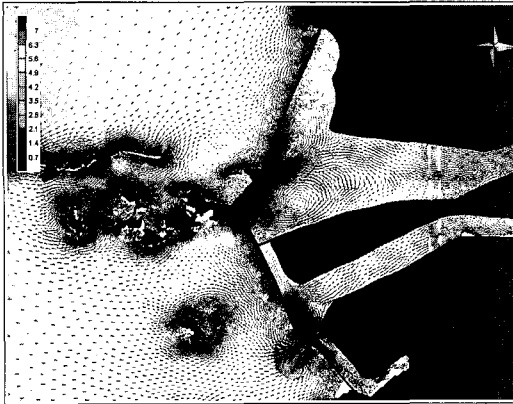


Fig. 4(d). 주태음반일주조(M<sub>2</sub>) 태음시 8시의 흐름상황(m/s)

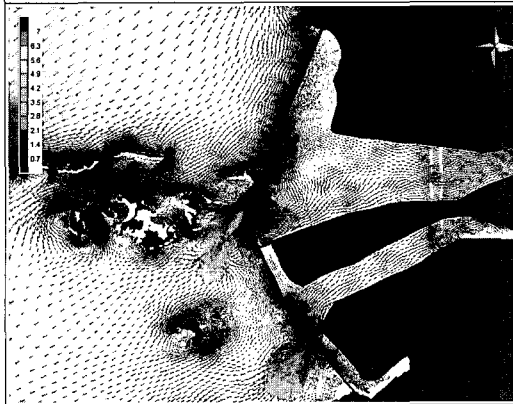


Fig. 4(e). 주태음반일주조(M<sub>2</sub>) 태음시 10시의 흐름상황(m/s)

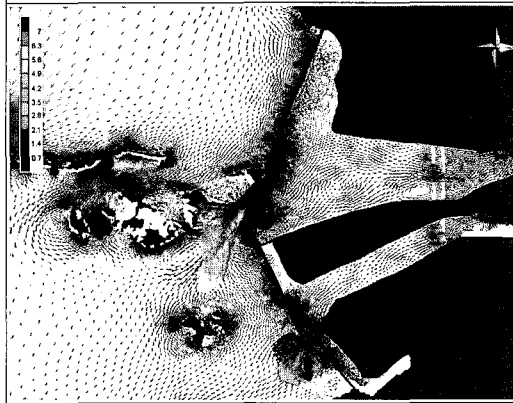


Fig. 4(f). 주태음반일주조(M<sub>2</sub>) 태음시 12시의 흐름상황(m/s)

## 2.4 모형 결과의 최적화 산정에의 입력

2.2절에서 평균조석상황에서 시뮬레이션 결과는 Fig. 3(b)와 같이 방조제 외측의 M<sub>2</sub> 조석의 진폭은 2.1미터

이었으며 방조제내측 저류지에서는 Fig. 1에 제시된 배열안에서는 그 진폭이 반으로 감소되었는데 이는 방조제 건설에 의한 조석 폐쇄(tidal choking)효과 때문이다.

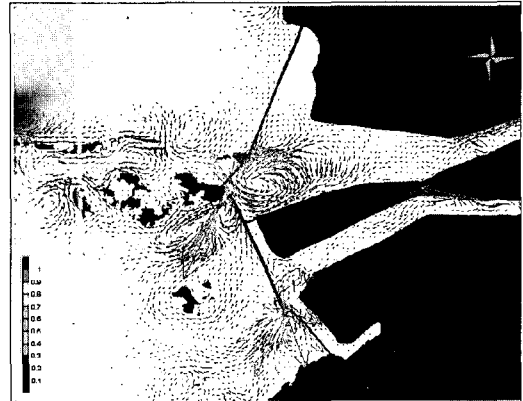


Fig. 5. 주태음반일주조(M<sub>2</sub>) 조석잔차류(m/s)

즉 현재의 신시배수갑문으로는 조량소통이 충분하지 못한 것을 명백하게 제시하여 주고 있는데 창조발전을 위해서는 조석저류지내의 확보 가능한 수위변화 즉 저조위와 중등조위 구간의 충분한 조량을 확보 하려면 외해의 조석이 저조가 될 때 통수문을 통한 배수로서 될 수 있는 한 조량을 배출시켜 낮은 저조위를 확보해야 하는 일이다. 즉 현재의 신시 배수갑문능력 정도 이상의 추가적인 배수갑문이 더 있어야 된다는 추정이 되겠으며 발전수차역시 창조발전 외에 배수 시에는 공회전으로 조량을 배출시킬수도 있으나 이는 수차발전기의 설계와 가격에 좌우되는 문제로써 용량결정을 위한 최적화 시뮬레이션 과정이 필수적이다. 그러나 경제성의 극대화를 추구하지 않는 계획(안)은 연간 발전량은 미리 설정하여 이 제약내에서 수차와 배수문의 적정수를 설정하는 본래의 최적화 설계의 개념과는 다르며 시화조력 발전은 이러한 접근을 취하였는데 새만금의 경우도 예외가 아닐 것이다. 그리고 결정된 수차와 배수갑문의 수리적 특성을 다시 조석시뮬레이션 모형에 삽입하여 조석저류지내외의 수위변화를 검증하는 과업의 피드백 과정이 여러 번 수행되어야 한다.

## 3. 결 론

조력발전은 조석(조차)에 의한 조석저류지내외의 수위차를 정확히 예측해야 하는 과업이 최적 발전수차와 배수갑문설계와 맞물리어 수행되어야 하는 중요

한 기초과정을 본고에서 서술하였다.

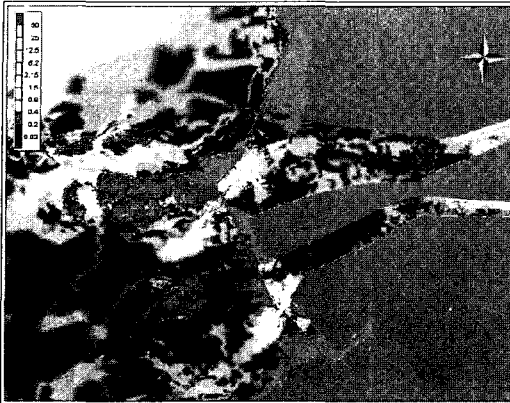


Fig. 6(a). 최대해저바닥마찰응력 분포도(N/m<sup>2</sup>)

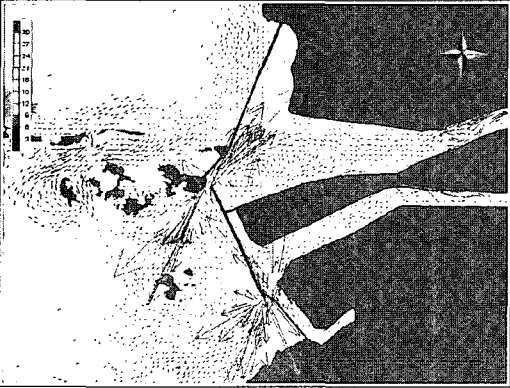


Fig. 6(b). 최대해저바닥마찰응력 벡터도(N/m<sup>2</sup>)

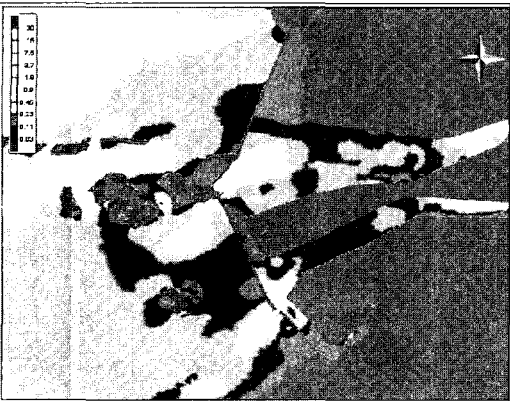


Fig. 7(a). 평균해저바닥마찰응력 분포도(N/m<sup>2</sup>)

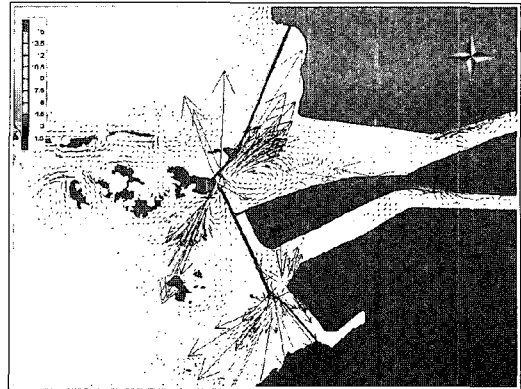


Fig. 7(b). 평균해저바닥마찰응력 벡터도(N/m<sup>2</sup>)



Fig. 8(a). 조석에너지 소산 분포도(×10<sup>4</sup>J/m<sup>2</sup>)

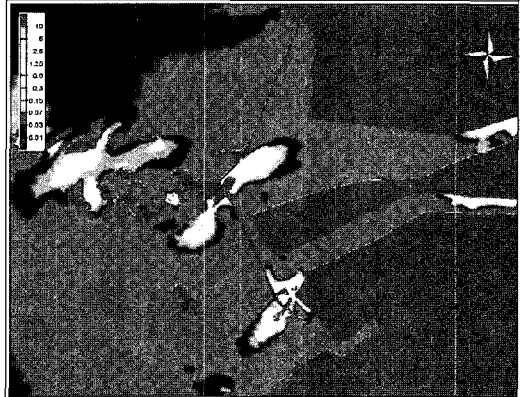


Fig. 8(b). 토사이동 포텐셜 분포도(m/s)<sup>4</sup>

예상되는 문제로는 저낙차발전기로 개발이 되어야 할, 특히 최적의 직경을 갖는 터빈 발전기의 충분한 성능시험(모형시험)결과(예:hill chart)와 배수수문을 통한 유량 통과량이 신뢰성있게 제공되어야 한다

는 점이 또 하나의 상세한 검토과정(발전최적화 시뮬레이션)일 것이다. 물론 현재의 강조류의 개방부에 진동을 받는 발전소 구조물을 설치하는 여러 방법에 대한 공학적인 검토가 여러 대안으로서 검토되어야 할 사항임을 부연할 필요가 없다. 문제는 공학적이고도 기술적인 타당성은 경제적 타당성과 기본적으로 분리되어 생각할 수는 없는 사항인데 현재의 새만금에서는 많은 사람들이 한소리씩 하고 있다.

## 참고문헌

- 김경옥 (2000). 유한요소모형을 이용한 황해 및 동중국해의 조석산정. 성균관대학교 석사학위 논문.
- Choi, B.H. and Lee, H.S. (2003a). Preoperational simulation of dike construction for Saemangeum tidal regime. Proc. Workshop on Hydro-environmental Impacts of Large Coastal Developments, Seoul, Korea, 91-108.
- Choi, B.H. and Lee, H.S. (2003b). Changes in tidal current regime and sedimentation at Saemangeum, Proc. Workshop on Sedimentation in the Yellow Sea Coasts, Seoul, Korea, 97-11.