

# GIS를 이용한 금강하구의 수심변화추세 분석

## Evaluating changing trends for water depth of Geum River Estuary using GIS

이현희\*<sup>1)</sup>, 엄정섭<sup>2)</sup>  
Lee, Hyun-Hee, Um, Jung-Sup

경북대학교 대학원 지역정보학과 박사과정 / hany725@dreamwiz.com  
경북대학교 사회과학대학 지리학과 조교수 / jsaeom@mail.knu.ac.kr

### 요 약

본 연구는 해양환경을 파악하는 데에 가장 기초적인 자료라고 할 수 있는 수심자료를 GIS 데이터로 구축하여 1979년부터 2004년까지의 금강하구의 수심변화를 정량적으로 분석하였다. 금강하구는 시간이 흐를수록 수심이 깊어지는 지역보다는 얕아지는 지역이 점진적으로 늘어가고 있으며, 금강하구둑의 수문 폐쇄, 남·북측 도류제 및 북방파제 축조, 서측호안 매립공사 등이 완공되거나 진행되어진 1990년대 중반 이후에는 수심이 얕아지는 면적이 증가함과 동시에 얕아지는 정도가 보다 급진적으로 진행되어 2004년에는 하구둑 전면과 대죽사주는 저조시에 해수면 위로 노출되는 해저면의 높이가 4m이상에 이르는 부분이 확산되었다. 금강하구 내 수심변화특성은 지역적으로 다소 차이를 보이므로 6개의 세부지역으로 구분하여 살펴 보았다. 하구둑-군산내항, 군산내항-군산외항, 개야수로, 대죽사주 지역은 현시점에 가까워질수록 수심이 얕아지는 경향이, 도류제 지역은 수심이 깊어지는 경향이 뚜렷이 나타났으며, 서측호안 지역은 시기별로 얕아지는 경향과 깊어지는 경향이 교차되며 나타났다. 하구둑-군산내항, 군산내항-군산외항, 개야수로, 대죽사주 지역에서 꾸준한 준설공사가 있었음에도 불구하고 수심이 얕아지고 있다는 것은 퇴적작용이 매우 우세하게 진행되고 있음을 시사한다.

### 1. 서 론

강하구 환경에서 수심은 환경변화에 영향을 받는 요소임과 동시에 영향을 미치는 요소이다. 다시 말해 해류, 조류, 퇴적물 등의 변화가 수심의 변화를 초래하게 되고 이는 다시 유속·유향, 조류속 및 조차, 퇴적속도 등을 변화시킨다. 수심을 파악하는 것은 모든 해양연구의 기본이라고 할 수 있으며 과거에서부터 현재까지의 수심의 변화를 연구하는 것은 그 지역의 해양환경변화의 포괄적인 해석에서부터 앞으로의 해양환경 및 요소들의 변화를 예측함에 있어서 중요한 정보가 된다.

수심을 비롯한 강하구의 공간정보는 현재 국내에서 활용목적에 따라 매우 다양한 형태

로 폭넓게 수집되고 있지만 대부분 국부적인 현장조사에 의존하고 있으며, 최근 RS 및 GIS를 활용한 광역적 조사 및 분석을 시도하는 움직임은 있으나 아직까지는 미약한 실정이다. 현장 조사에 입각한 방법은 조사 지점만의 단편적인 측정치를 보여주는 수준에 머물러 있어 연구지역 전체의 광역적인 특성 및 경향에 대한 시각적인 정보를 확보하는데에는 상당한 한계가 있다. 이에 반해 GIS를 활용한 접근방법은 광역적 공간분석 및 시계열 분석을 통한 정성적 또는 정량적 결과 도출이 쉽고도 과학적이며 이를 시각적 정보로 제시함에 있어서 매우 강력한 분석방법이라 할 수 있다.

따라서 본 연구는 GIS를 활용한 금강하구의 퇴적환경변화를 분석·모델링하기 위한

기초적인 접근으로, 1979년부터 2004년까지의 수심자료를 GIS 데이터로 구축·분석하여 금강하구의 수심변화추세를 정량적으로 살펴보고자 한다.

## 2. 연구지역 및 연구방법

본 연구의 지역적 대상인 금강하구는 충청남도와 전라북도간 경계의 일부로 서해안 중부에 위치하며, 군산내·외항, 장항항 등 3개의 항구와 개야도, 유부도, 대죽도 등 크고 작은 섬들이 금강하구 내에 존재한다. 금강하구에서는 1979년~1992년 사이의 군산외항-오식도간 군산서측호안 매립에서부터 군장국가공단 조성사업의 일환으로 1993년부터 가도, 비응도 등을 연결한 매립지 건설, 1983년~1988년까지 공사가 진행되고 1994년에 수문을 폐쇄한 금강하구둑 축조, 1990년과 1992년에 각각 착공된 북측도류제 및 남측도류제 건설(표 1) 등 인위적인 환경변화로 자연성이 심각하게 훼손된 지역이다. 금강 및 근해로부터 유입되는 퇴적물의 양을 조절하기 위해 하구둑 및 남·북측도류제가 축조되었으나 건설 전의 예측과는 달리 금강하구 내 퇴적환경은 개선되지 못한 채 여전히 주기적인 준설로 해마다 막대한 예산이 쓰이고 있는 실정이며, 이러한 인공구조물의 형성은 지형변화는 물론 조석 증가, 조류속 감소 등의 흐름변화를 야기시키고 있다(김, 2002).

금강하구의 수심데이터를 얻기 위해 1979년, 1990년, 1996년, 2004년에 각각 국립해양조사원에서 발행된 1:30,000 축척의 해도(No.305)를 수치화하였다. 1979년은 앞에서 언급한 인위적인 요소가 발생하기 이전 상태의 해도이고, 1990년은 하구둑이 완공된 이후의 상황을 반영하는 해도이고, 1996년은 남·북측도류제 건설, 서측호안 매립공사, 하구둑 수문 폐쇄 등과 같은 다양한 인위적인 활동이 진행되고 있는 상황의 해도이며, 2004년은 하구둑 폐쇄 후 10여년 동안의 변

표 1. 연구에 사용된 해도와 주요공사이력

해도 발행년도	해도 측량년도	제작시기별 주요 공사 이력
1979년	1978년	-
1990년	1989년	'83.11-'88.12 금강하구둑 착·완공
1996년	1989-1995년	'90.08-북측도류제 건설중 '92.11-남측도류제 건설중 '93.05-군산산업단지 서측호안 매립확장공사중 '94.8.31 금강하구둑 수문 작동
2004년	1989-2003년	'97.10 북측도류제 완공 '98.02-북방파제 건설중 '98.12 남측도류제 완공

화와 남·북측도류제의 완공, 북방파제 건설, 서측호안의 지속적인 매립 등의 인위적인 영향이 반영된 해도이다. 이 해도 내에서 개야도, 북방파제, 금강하구둑 등과 같은 자연 또는 인위적인 지형지물을 경계로 삼아 연구지역(그림 1)의 범위를 정하였다(동경 126°29'10"~126°46'00", 북위 35°55'20"~36°03'08"). 지점별로 입력되어 있는 수심값과 등수심선을 이용하여 IDW (Inverse

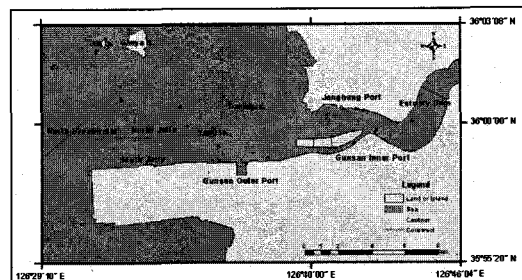


그림 1. 연구지역

Distance Weighted) 방식으로 래스터(raster) 형태의 수심도를 작성하였다. 수치화된 수심도로 우선, 금강하구역 전체에 대한 연도별 비교를 하였고, 각 연도별 수심도를 중첩하여 수심차를 산출·분석하였으며, 금강하구역 내에서 1979년~2004년간 특정

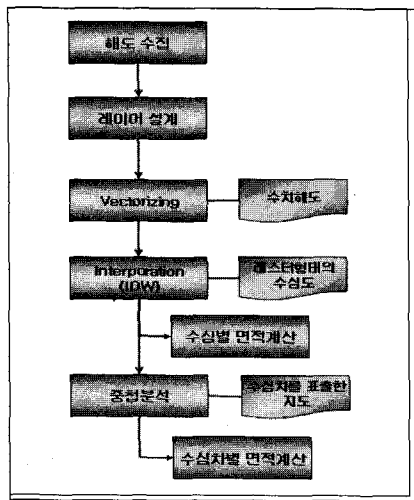


그림 2. 연구절차

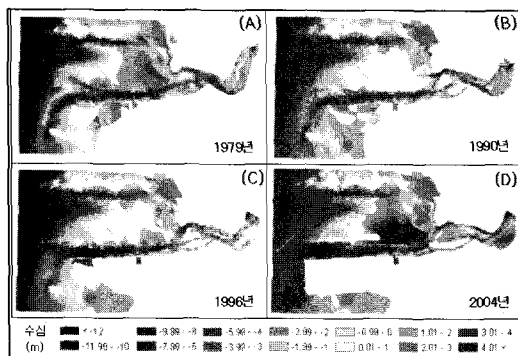
적인 수심의 변화를 보이는 6개의 세부지역을 선정하여 세부지역별 수심변화를 파악하였다. 이러한 일련의 과정(그림 2)을 통해 1979년부터 2004년까지의 금강하구의 수심 변화추세를 살펴보았다. 해도 수치화 및 공간분석은 ESRI사의 ArcGIS를 사용하였다.

### 3. 금강하구의 전반적인 수심 변화

#### 1) 연도별 수심 변화

<그림 3>은 1979년, 1990년, 1996년, 2004년의 수심을 각각 래스터 형태로 나타낸 것이다. 해면이 가장 낮아지는 상태인 저조시에 파란색계열로 표시된 부분은 해수면 아래에 놓이는 지역이고 붉은색계열로 표시된 부분은 대기 중에 노출이 되는 지역이다.

연도별 평균수심은 1996년에 -2.5m, 그



우 희박한 분포를 보이는 2m이상의 수심면적은 전체의 16.45%를 차지하면서 가장 낮은 값을 나타내는 1990년에 비해 13.66% 증가하였다. 저조시 대기 중에 노출되는 면적으로 볼 때 1979년에는 전체면적의 29.38%를 차지했으나 2004년에는 34.34%로 증가한 것으로 산출되었다.

2) 시기별 수심차

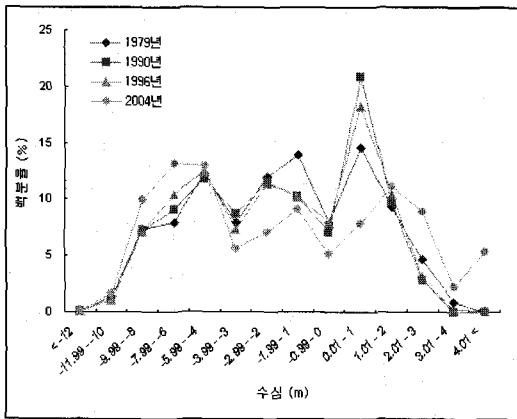


그림 5. 연도별 각 수심의 면적비교

<그림 5>는 연도간 수심변화를 파악하기 위해 수심차를 구한 것이다. 초록색 계열로 표시된 부분이 전년에 비해 후년의 수심이 깊어진 지역을 의미하며, 붉은색계열로 표시된 부분은 수심이 얕아진 지역을 의미한다. 1979년-1990년의 수심차 주제도에서는 군산외항에서 군산내항으로 이어지는 남수로와 매립이 한창 진행중인 서측호안의 수심이 얕아진 반면 대죽사주의 수심은 깊어진 것을 볼 수 있으며(그림 5(A)), <그림 5(B)>를 통해 다른 시기보다 1990년에서 1996년 사이의 수심변화가 작았음을 알 수 있다. 1994년의 금강하구둑 수문 폐쇄를 비롯해서 인위적 활동이 동시다발적으로 진행되었던 1996년에서 2004년 사이에는 하구둑 전면과 대죽사주의 수심이 얕아진 것과 남·북측도류제 사이와 서측호안의 수심이 깊어진 것 등 수심의 변화가 가장 뚜렷하게 나타나고 있다(그림 5(C)). 1979년부터 2004년까지의 전체적인 변화를 살펴보면(그림 5(D)), 다소

깊어진 양상을 보이는 일부 수로를 제외한 하구둑 전면과 장항항-군산내항 사이의 공사중인 인공섬 북측, 개야수로 일부, 대죽사주 등이 1979년에 비해 2m이상 퇴적층이 쌓이면서 얕아진 경향을 나타낸다. 이에 반해 남·북측도류제 사이와 서측호안은 3m이상 깊어진 지역이 넓게 분포하고 있다.

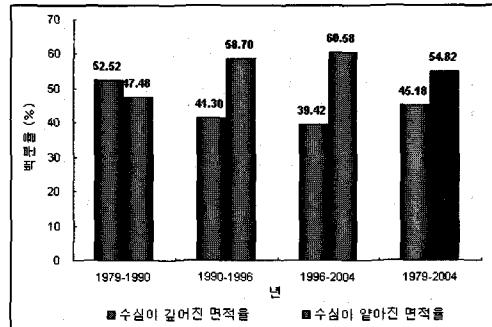


그림 6. 연간별 수심이 깊어진 곳과 얕아진 곳의 면적 비교

<그림 6>은 연간별 각 수심차가 연구지역 내에서 차지하는 면적을 백분율로 나타낸 그래프이다. 이 그래프를 보면 1979년-1990

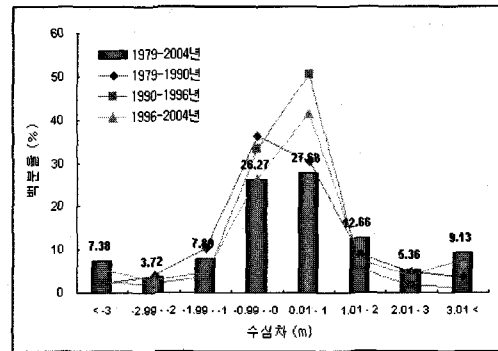


그림 7. 연간별 수심차 비교

년 사이의 수심차는  $-0.99\sim 0m$ 가 가장 넓게 분포하고, 1990년-1996년과 1996년-2004년 사이에는  $0.01\sim 1m$ 의 수심차가 가장 넓은 면적을 차지하는 것으로 나타났으며, 1979년부터 2004년까지  $-0.99\sim 2m$ 의 수심차가 연구지역의 67% 가량을 차지함을 볼 수 있다.

1990년 이후 수심이 얕아진 지역의 면적이 깊어진 지역에 비해 점차 넓어지고 있다(그림 7). 1979년에서 2004년까지의 전체적

인 변화를 볼 때 수심이 깊어진 지역은 전체 면적의 45.18%, 얕아진 지역은 54.82%로, 금강하구는 전반적으로 침식보다 퇴적작용이 우세한 지역이 더 넓게 분포하며 이러한 지역이 점진적으로 증가하는 추세이다.

1985년에서 2003년까지 약  $8.5 \times 10^7 m^3$ 의 퇴적물을 준설한 것을 고려할 때(군산지방해양수산청, 2003) 금강하구의 퇴적작용은 더욱 더 활발히 일어나고 있는 것임을 감안해야 할 것이다.

이는 1994년 8월에 수문이 폐쇄된 하구둑, 1997년 10월 및 1998년 12월에 각각 완공된 북측, 남측도류제, 1998년 2월에 착공을 시작한 북방파제, 지속적인 서측호안 매립 등이 복합적으로 작용하여 금강하구의 퇴적환경을 변화시켰음을 뚜렷이 드러낸다. 금강하구는 1996년 이후 대체로 퇴적작용이 우세한 환경으로 변화되었으며 예외지역에 해당되는 남·북측도류제와 서측호안은 협수로에 기인한 조류속의 증가(신, 2004)와 2000년부터 2003년까지 약  $7.7 \times 10^6 m^3$ 의 엄청난 양의 준설(군산지방해양수산청, 2003)로 인한 것으로 판단된다.

#### 4. 금강하구 내 세부지역의 수심 변화

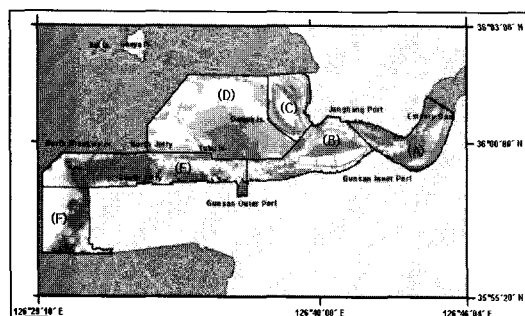


그림 8. 세부지역

- (A) 하구둑-군산내항, (B) 군산내항-군산외항, (C) 개야수로, (D) 대죽사주, (E) 도류제, (F) 서측호안.

금강하구 내에서도 지역에 따라 수심변화가 다른 양상으로 나타나므로 세부지역별로

수심변화를 살펴보았다. 수심변화, 인공구조물 및 시설물, 특징적인 해저지형 등을 기준으로 하여 (A) 하구둑에서부터 군산내항까지의 지역, (B) 군산내항에서 군산외항까지의 지역, (C) 개야수로, (D) 대죽사주, (E) 도류제, (F) 서측호안 등 6개의 세부지역으로 구분하였다(그림 8).

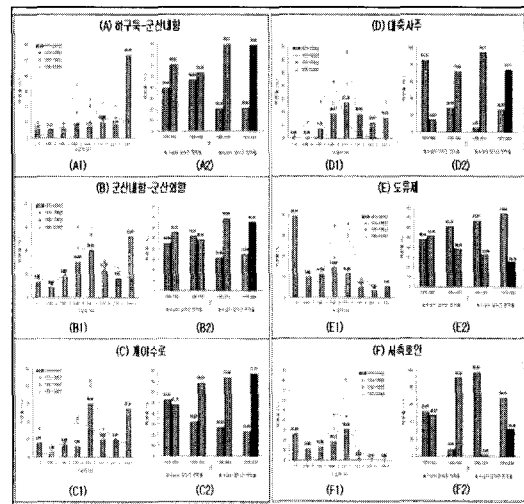


그림 9. 세부지역별 수심차 면적 및 수심이 깊어진 곳과 얕아진 곳의 면적 비교

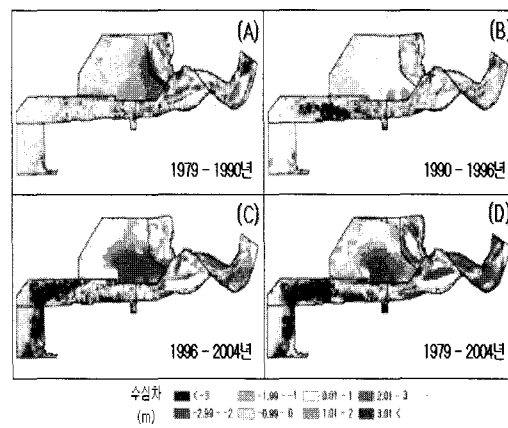


그림 10. 세부지역별 수심차

<그림 9>와 <그림 10(A1)>을 통해 하구둑-군산내항 지역의 수심의 변화를 살펴보면, 수심차가 1979년-1990년 사이에는 0.01~1m, 1990년-1996년 사이에는 -0.99~0m, 1996년-2004년 사이에는 1m이상인 부분이 많은 면적을 차지하며, 1979년-2004년까지의 전체적인 수심변화를 볼 때

3m이상의 수심차를 보이는 곳이 53.3%에 이를 정도로 과거에 비해 수심이 얕아진, 곧 퇴적이 많이 이루어진 양상을 볼 수 있다. 수심이 깊어진 지역과 얕아진 지역의 면적을 비교한 그래프(그림 10(A2))를 통해서도 이 지역이 수심이 깊어진 면적보다 얕아진 면적이 더 넓게 분포하며 특히, 1996년에서 2004년 사이에는 수심이 얕아진 지역이 무려 79.7%를 차지하고, 결국 1979년-2004년간 하구둑-군산내항지역 내에서 수심이 얕아진 지역이 79.05%, 깊어진 지역이 20.95%로 퇴적작용이 우세하게 나타났음을 보여주고 있다.

군산내항-군산외항 지역은 1979년-1990년, 1990년-1996년 사이에는 -0.99~1m, 1996년에서 2004년 사이에는 0.01~1m의 수심차가 비교적 넓게 분포하며 1979년-2004년간은 0.01~1m, 3m이상의 수심차가 높은 값을 보인다(그림 9, 그림 10(B1)). 수심이 깊어진 지역과 얕아진 지역의 면적을 비교해볼 때, 1990년-1996년 사이에는 수심이 깊어진 지역의 면적이 다소 높게 나타나고 있으나 그 외 기간동안은 수심이 얕아진 면적이 높게 나타남으로써 군산내항-군산외항 지역 역시 퇴적작용이 우세하게 나타났음을 보여주고 있다(그림 10(B2)).

개야수로 지역은 1979년-1990년 사이에는 -0.99~0m, 1990년-1996년, 1996년-2004년 사이에는 0.01~1m의 수심차의 면적 값이 높게 나타나고 있으며, 1979년-2004년까지의 전체적인 수심변화를 볼 때 0.01~1m와 3m이상의 수심차를 보이는 곳이 각각 30.16%, 27.34%에 이르고 있다(그림 9, 그림 10(C1)). 수심이 깊어진 지역과 얕아진 지역의 면적비교를 통해 1979년-1990년 사이에는 수심이 깊어진 지역이 다소 더 넓게 존재하는 것으로 나타났으나 1990년 이후부터는 수심이 얕아진 지역의 면적이 월등히 높은 값을 보이면서 개야수로 역시 퇴적작용이 우세하게 일어난 지역으로

분류되어진다(그림 10(C2)). 외해에서 장항항으로 들어오는 길목인 개야수로와 군산내항-군산외항 지역의 얕아진 수심은 어선의 통행 지장을 초래하며(서, 2004) 장항항과 군산내항의 항구로서의 역할에 커다란 방해요소로 작용되고 있어서 준설이 필수적임(지, 2000)과 동시에 시급한 대안의 필요성을 이 결과를 통해서도 볼 수 있다.

대죽사주 지역은 1979년-1990년 사이에는 -0.99~0m, 1990년-1996년, 1996년-2004년 사이에는 0.01~1m의 수심차가 높은 값을 나타내며, 특히 1990년-1996년 사이에는 0.01~1m의 수심차가 전체 면적의 66.06%를 차지하고 있다(그림 9, 그림 10(D1)). 1979년-1990년 사이에는 수심이 깊어진 지역이 85.33%에 달하나 1990년 이후부터는 수심이 얕아진 지역이 더 많은 면적을 차지하면서 대죽사주 지역 또한 퇴적작용이 우세한 것으로 나타난다(그림 10(D2)).

도류제 지역은 앞에서 언급한 4개의 지역과는 달리 1979년-1990년, 1990년-1996년 사이에는 0.01~1m의 수심차가 넓은 면적을 나타내지만, 1996년부터 2004년 사이에는 -3m미만의 면적이 상당히 높게 나타나고 있다(그림 9, 그림 10(E1)). 1979년-1990년 사이에는 수심이 얕아진 지역이 조금 우세하게 나타났으나 1990년-1996년 사이에서부터 수심이 깊어진 지역의 면적이 61.24%로 점차 증가하고 있는 것으로 나타난다(그림 10(E2)).

서측호안 지역은 1979년-1990년에는 -0.99~1m, 1990년-1996년 사이에는 0.01~1m의 수심차가 넓은 면적을 나타내지만, 1996년-2004년 사이에는 0m미만의 수심차가 대부분의 면적을 차지하고 있음을 볼 수 있다.(그림 9, 그림 10(F1)). 수심이 얕아진 곳과 깊어진 곳의 면적은 1979년-1990년 사이에는 수심이 깊어진 곳의 면적이 조금 더 넓게 나타나고 1990년-1996년에는 수심이 얕아진 곳의 면적이 월등히 높게 나타나며 1996년-2004년에는 수심이 깊어진 지역

의 면적이 월등히 넓게 분포하는 것으로 나타나면서 시기별로 교차되는 양상을 보이고 있다(그림 10(F2)). 이러한 결과는, 이 지역이 매립 초기에는 하구의 직접 영향권에서 다소 떨어진, 근해에 가까운 환경이었다가 매립이 진행되면서 하구의 영향권으로 변이되는 과정에서 수심이 점점 알아진 것으로 보이며, 그 이후 매립공사에 사용하기 위해 이 지역 부근의 토사를 상당량 준설하게 됨(군산지방해양수산청, 2003)으로써 수심이 깊어진 것으로 추측된다.

## 5. 결과 고찰 및 결론

금강하구둑 축조 및 수문 폐쇄로 인한 금강하구의 수리역학 및 퇴적학적 변화에 대한 연구는 다양한 선행연구에서 보고된 바 있다. 최 등(1995)은 금강하구의 퇴적환경이 동력학적으로 하구둑 수문 폐쇄 이전의 활동적인 고에너지 상태에서부터 폐쇄 후 저에너지 상태의 환경조건으로 변이된 것으로 해석하면서 이에 따라 육상 또는 바다로부터 공급, 운반되는 세립질 부유퇴적물의 지속적인 퇴적작용이 활발히 나타날 것으로 예상하였고, 이 등(2000)은 1994년 8월 31일 하구둑 수문 폐쇄에 따라 유속이 크게 감소되면서 창조시 유입된 부유사 및 홍수시 배수문에서 유출된 퇴적물이 외해로 유출되지 못하고 침전되어 퇴적량이 증가하는 양상을 보인다고 보고하였으며, 김(2002)도 하구둑부터 군산내항을 거쳐 장항항과 개야수로에 이르는 하구 내측에 퇴적량이 집중되고 있다고 하였으며 이와 같은 퇴적환경의 변화에 대한 원인으로 유속의 크기가 크게 감소하여 퇴적물을 운반할 수 있는 능력이 현저하게 감소한 것과 주수로가 과거의 낙조 우세 수로에서 창조 우세 수로로 전환된 것을 제시하였다. 서(2004)는 금강하구의 해저마찰응력장 변화 모의를 통해 퇴적변화를 고찰하였으며 이 연구를 통해 금강하구둑 건설로 금강 상류로 전파되던 조석에너지가 이 일대에서 정체되

고 최대마찰응력장이 현저히 줄어들어 퇴적환경으로 전이된 것으로 밝히고 있다. 이 연구에서 제시된 금강하구의 해저마찰응력장의 변화와 본 연구에서 제시된 수심의 변화는 매우 일치하는 경향을 나타내고 있다.

이와 같이 선행연구에서도 금강하구둑을 비롯한 인공구조물로 인하여 금강하구가 퇴적작용이 우세한 환경으로 변이될 것으로 예상하였으며 본 연구에서도 도류제, 서측호안을 제외한 하구둑-군산내항, 군산내항-군산외항, 개야수로, 대죽사주 등 금강하구의 대부분의 지역에서 수심이 알아지고 있음이 현저히 나타나며 점진적으로 퇴적작용이 우세한 환경으로 변이되고 있다. 매년 준설공사를 통해 인위적으로 쇄굴하는 양을 고려한다면 실제 수심의 변화는 본 연구의 결과보다도 더욱 더 급격히 진행되고 있는 것이다.

## 참고문헌

1. 군산지방해양수산청(2003). 금강하구 수리현상 변화조사 보고서. (주)한국해양과학기술.
2. 김명배(2002). 금강하구 해수역의 흐름 변화 특성에 관한 연구. 대전대학교 대학원 석사학위논문.
3. 김태인(2002). 금강하구의 해수유동과 퇴적과정. 성균관대학교 대학원 박사학위논문.
4. 서승원(2004). 금강하구 퇴적변화 및 통행지장에 관한 후측모의. 한국해안·해양공학회지, 16(4), 224-232.
5. 신명식(2004). 금강하구의 지형과 조류 변화에 관한 연구. 군산대학교 산업대학원 석사학위논문.
6. 이길영, 지윤식, 한천규(2000). 금강하구 해양퇴적에 관한 연구. 대전대학교 산업기술연구소, 11(1), 57-73.

7. 지윤식(2000). 금강하구 표사이동 및 퇴적에 관한 연구. 대전대학교 대학원 석사학위논문.
8. 최진용, 최현웅, 서만석(1995). 하구연감문폐쇄 후 금강하구의 물리, 퇴적학적 특성변화. 한국해양학회지, 30(4), 262-270.