남강댐방류로 인한 사천만의 퇴적량 추정

Estimation of deposition from Namgang Dam Discharge in Sacheon Bay

이태삼* · 신주영** · 김진경***

Lee, Taesam · Shin, Ju-young · Kim, Jinkyung

Abstract

During a flood in the Nam River basin, tremendous amount of water is discharged to the Sacheon Bay and large amount of deposition and organics are delivered to this region. At the time of the flowing tide, the water is stagnated in this bay. In the current study, we estimate the amount of deposition that has been accumulated in the Sacheon Bay by the discharge from the Nam River dam after the construction of the dam with Kriging and Theissen method. The results showed that around 1.67meter of deposition has been accumulated. We conclude that the consideration of the flow from tributaries to the Sacheon Bay for the deposition estimation is required. Furthermore, the efforts to recover the oceanic ecosystem such as the discharge reduction or dredging must be followed.

Key words : Sacheon bay, water depth change, Namgang Dam, deposition, Kriging

요 지

본 연구에서는 남강 댐 준설이후 남강댐 방류로 인해 사천만에 쌓인 토사의 양을 파악하기 위한 연구를 수행하였다. 기존의 수치해도를 사용하여 평가된 퇴적량의 단점을 보완하기 위해 측량원도의 정보를 확보하여 보다 정밀한 퇴적량을 산정하였다. 이와 더불어, 정밀한 퇴적량 산정을 위해서는 사천만 전반에 걸쳐 연속적인 수심 정보가 필요하나 지점정보만 확보되는 관계로 지점정보로부터 면적단위 정보로 환산시켜야 한다. 이를 위해 티센 및 크리깅 두 방법을 적용하였다. 연구결과로부터 댐 준공이후 사천만에는 대략 1.51~1.83 m의 퇴적이 쌓인 것으로 추정되었다. 추후 연구를 통해 지천으로 흘러들어오는 양까지 고려한 순수한 남강댐 방류로 인한 퇴적량을 산정할 필요가 있을 것으로 보이며 이에 대한 피해를 줄이기 위한 방류량 저감 및 준설 등의 심층적인 연구가 필요할 것으로 결론지어진다.

핵심용어 : 사천만, 수심변화, 남강댐, 퇴적, 크리깅

1. 서 론

남강댐 방류는 일반적으로 홍수 시 이루어져 대량의 홍수가 사천만으로 유입되면서 많은 유기물과 토사를 운반하게 된다. 밀려온 토사나 유기물들은 바다로 빠져 나가야 하나 창조류시의 방류 때는 물이 정체되고 사천만 하부가 대부분 섬으로 둘러싸여 대부분이 만내에 퇴적되는 것으로 여겨진다. (경상남도 2011, 사천시 2013, 한국수자원공사 2008a).

이러한 이유로 남강댐의 사천만 방류로 인한 여러 연구들이 수행되어져 왔다. 장선택 (1971)은 남강댐이 건설된 직후에 방류로 인하여 사천만 북부에 5000톤 이상의 토사가 이동하여 간석지와 해저의 지형을 변동시켰으며 양식장 시설물

과 패류를 매몰, 유실시키는 원인을 제공하였고 방수 후에 급격한 염분저하가 이루어졌음을 밝히고 있다. 그로인하여 굴, 바지락 등 패류를 패사시키고 멸치, 문어 등을 만외로 추방시키며 혼탁한 물의 유입으로 인하여 광선의 투입을 방해하여 해조류의 광합성 작용을 억제하고 있다고 밝혔다.

윤중성 등(2012)은 남강댐 방류수가 사천만 해역에 미치는 영향을 3차원 수치모형 실험과 3차원 수리모형 실험을 통하여 지점별 수위 결과를 비교하여 남강댐 방류량에 따라 사천만이 받는 영향을 분석하고 예측하였다. 그 결과 방류량이 증가할수록 사천만으로 유입되는 지천인 중선포천과 사천강의 수위가 급격하게 상승하는 것을 파악하였다. 김차겸(2012)은 사천만으로 방류된 남강댐 방류수의 확산패턴이나 남강댐

*교신저자. 정회원. 경상대학교 공과대학 토목공학과(공학연구원 연구원) 조교수(Tel: +82-55-772-1797, Fax: +82-55-772-1799, E-mail: tae3lee@gnu.ac.kr)

Corresponding Author. Member. Department of Civil Engineering, Gyeongsang National University

**Masdar Institute of Science and Technology, Abu Dhabi, UAE, Ph.D.

***경상대학교 공과대학 토목공학과 학생연구원

Department of Civil Engineering, Gyeongsang National University

방류수가 진주만의 해수순환계통에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하여 사천만 유역에서 낙조류 방류 시에 유속이 크게 증가하고 유출하는 잔차류 성분이 크게 발생하는 것을 밝혔다.

이와 더불어 이민부 등(2003)은 사천만을 중심으로 위성영상과 GLS를 이용하여 수치고도모델 제작을 통해 해안지형의 분석을 시도하였다. 강대석 등(2003)은 사천만에서 연안매립이나 준설이 시행될 때 적절한 준설수심 결정을 위해 준설심도에 따라 해수유동이 변화되는 특성을 조사 분석하였다. 이 연구에서는 준설심도가 수위에는 영향을 미치지 않으나 홍수량이 유입할 경우 하천유량의 증가가 수위에 영향을 미칠 것으로 보이고 준설심도가 깊어질수록 매립지 전면해역의 최대창조류 및 낙조류는 조금씩 감소하는 경향을 보이는 것으로 나타났다.

남강댐 방류로 인하여 많은 유기물이 유입되고 영양염류가 흘러 들어옴으로서 해역의 영양염 농도가 높아지며 이에 따라 식물성플랑크톤의 증식량도 많아지게 된다. 이러한 이유로 사천만은 대상해역의 남강댐에서의 방류로 인한 특정시기에서의 반복적인 염분변화와 영양염류 농도 증가로 생물학적 영향이 클 것으로 사료된다(한국수자원공사, 2008b).

한국수자원공사(2008b) 연구에서는 전체적으로 사천만에 대한 침식 및 퇴적 현황을 2003년과 2006년의 수치해도를 통하여 비교하여 0.145 m 사천만이 침식되는 것으로 기술하고 있으나 다음의 사항에서와 같은 이유들로 보다 세밀한 연구가 필요하다고 할 수 있다. (1) 전반적으로 침식이 일어날 수 있으나 국지적으로 심각한 퇴적이 일어날 수 있으므로 평균값으로 제시하기 보다는 세부적으로 퇴적 상태를 파악하는 것이 필요하다. (2) 남강댐 방류 시 저층에 부유사들이 지속적으로 침적되었을 가능성이 크고 남강댐 방류로 인해서 퇴적 가능성이 많은 가화천 하류와 사천만이 만나는 해역에 대해서는 연구 범위에서 빠져있어 이 부분에 대한 연구를 바탕으로 세부적인 연구가 필요하다고 볼 수 있다. (3) 또한 이용된 수치해도는 대부분 선박이 주로 다니는 선로만을 중점적으로 측량했기 때문에 지난 1967년 이후로 변화된 측량이 제대로 이루어 졌다고 볼 수 없다. 이는 1967년의 수치해도와 2009년의 사천만 수치해도를 비교해 보면 알 수 있는데 수치해도에 표시된 값의 변화가 전혀 보이지 않고 있다는 것을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 댐 건설이후 사천만의 수심변화를 파악하기 위해서 국립해양조사원으로부터 확보된 측량원도를 바탕으로 보다 정밀하게 남강댐 방류로 인해 변화된 수심을 파악하는 연구를 수행하였다. 이와 더불어 면적평균을 정량적으로 산정하기 위한 기법을 적용하여 사천만 전반에 걸쳐 어느 정도의 퇴적이 이루어 졌는지를 평가하였다.

2. 대상 지역 및 자료

본 연구에서는 남강의 사천만 지역의 수심변화를 산정하였으며 그 대상지역은 아래 Fig. 1과 같다. 기존에는 대상지역의 수심을 산정하기 위하여 국토해양부 해양조사원에서 조사

Fig. 1. Map of the Interested Area(the studied surface area is 23.113km²)

한 자료를 사용하였다. 해양조사원에서 발행한 수치해도를 사용하여 분석을 수행하였으나, 해상도와 자료의 정확도 상의 문제가 있었다. 2009년 이전 수치해도의 경우 전산화가 되어 있지 않아서, 수작업으로 제작된 수치해도에서 디지털화(digitizing)를 통하여 전산화를 수행해야하기 때문에 각 자료간의 통일성이 부족하다고 판단하였고, 수치해도의 목적이 진주만 지역의 선박들의 선로를 결정하기 위하여 조사되었기 때문에 선로가 없는 사천만 지역에 대하여서는 조사가 다소 부실한 것으로 나타났다. 또한 대부분의 자료들이 실제 측량을 통하여 산정된 것이 아닌 다른 지역에서 관측된 자료를 이용하여 외삽된 자료로써 정확도가 매우 낮은 것으로 나타났다. 이런 수치해도 자료 사용의 문제들을 해결하고자, 본 연구에서는 해양조사원에서 측량한 측량원도를 사용하여 자료의 분석을 실시하였다.

해양 조사원에서는 사천만 지역의 Sounding을 통한 직접 측량을 1965, 1966, 1982, 1999, 2006, 2009년 총 6회를 실시하였으나, 본 연구에서 대상지점으로 삼은 남강의 사천만 지역은 1966년과 2009년만 실제 측량이 실시되었다. 이렇게 직접 측량한 것을 측량원도라 한다. 댐건설이 1969년에 이루어졌으므로 1966년과 2009년 측량원도의 수심 차이 분석을 통해 남강댐 건설이후 사천만의 침식 또는 퇴적량 평가를 할 수 있을 것으로 사료되어 이에 대한 연구를 실시하였다.

해양조사원에서 1966년에 실행한 측량원도의 경우 대상지역에 100개의 측량 자료가 존재하였다. 1966년에 측량한 자료의 경우 Fig. 2a와 같이 대상지역의 전체부분에 대하여 측량이 실시되지 않고 일부분에 대해서만 측량 자료가 존재하였다. 미측량 지역의 수심자료는 1967년에 제작된 수치해도에서 디지털화(digitizing)를 통하여 48개의 지점자료를 보충하였다. 상이한 두 자료를 병합하여 사용하기에 자료의 통일성 부족으로 인하여 자료의 정확성이 다소 부족할 수 있으나, 전체 지역의 면적평균수심을 산정하기 위하여 병합한 자료를 사용하였다.

2009년에 측량원도의 경우 대상지역에 2482개의 지점자료가 존재하는 것을 확인 하였다. Fig. 2b는 2009년에 측량된 수심자료를 나타낸 그림이다. 그림을 보면 전 지역에 대하여 측량 자료가 고르게 퍼져있는 것을 알 수 있다. 해안에서 가까운 지점의 경우 갯벌로 인해 측량 장비의 접근이 불가능하여 다소 측량밀도가 낮으나, 대상지역의 수심을 산정하기에는 충분한 수 인 것으로 판단된다.

(a) Original Surveying Water-depth Map (red circle) and Digitized Water-depth Map (yellow circle) in 1966 (b) Original Surveying Water-depth Map in 2009

Fig. 2. Employed Original Surveying Water-depth and Digitized Water-depth

3. 방법론

3.1 적용방법

대상 지역의 수심변화를 비교하려면, 대상 지역의 평균 수심과 수심의 분포를 계산하여야 한다. 본 연구에서는 티센망(thiessen polygon)과 크리깅(kriging)기법을 이용하여 평균 수심을 계산하였다. 티센망 기법은 지점자료를 면적에 가중치를 주어 면적에 따른 평균값을 계산할 때 널리 쓰이고 있으며 특히 면적평균 강우량 산정 시에 많이 이용되고 있는 방법이다. 이 방법은 수학적으로 미관측 지역의 값은 가장 가까운 관측지점의 값을 가지게 된다(서영민 등 2010). 아래 3.2절에 크리깅 기법의 수학적 배경을 정리하였다.

3.2 크리깅 (Kriging) 기법

크리깅은 임의의 확률변수에 대해서 측정된 위치에서의 측정값을 이용하여 측정되지 않은 위치에서의 확률변수에 대한 수치를 가중 선형회귀(weighted linear regression)로 예측하는 공간예측기법으로서 다양한 분야에서 지점자료를 공간분포 시키거나, 면적평균 값을 계산할 때 널리 쓰이고 있다(서영민 등, 2010, 윤강훈 등, 2004, Chokmani and Ouara, 2004).

본 연구에서는 수심자료의 공간 분포 및 면적평균수심을 계산하기 위하여 일반 크리깅(ordinary kriging) 기법을 적용하였다. 공간변수의 임의 지점 u_0 에서 지점 추정치 $Z(u_0)$ 는 측정 지점 $u_0, \dots, u_n$ 에서의 관측값 $Z(u_1), \dots, Z(u_n)$ 의 선형가중조합으로 Eq. (1)와 같이 나타낼 수 있다(Salas *et al.*, 1994, 윤강훈, 2004).

$$Z(u_0) = \sum_{i=1}^n w_i Z(u_i) \quad (1)$$

여기서, w_i 는 측정 지점 u_i 에서의 $Z(u_i)$ 에 대한 가중치, n 은 표본지점의 총 수이다. Eq. (1)에서 가중치의 합은 1이 되어야 하며, 평균제곱오차는 최소가 되어야 한다. 가중치를 계산하기 위해서는 반분산을 계산하여야 하는데, 본 연구에서는 spherical model를 이용하여 반분산을 산정하였다. Spherical model의 반분산($\gamma(d)$) 식은 Eq. (2a, 2b)와 같다.

$$\text{if } d > \beta, \gamma(d) = \alpha \quad (2a)$$

$$\text{otherwise, } \gamma(d) = \gamma_0 + (\alpha - \gamma_0) \left[\frac{d}{2\beta} \right] \left[3 - \left(\frac{d}{\beta} \right)^2 \right] \quad (2b)$$

여기서, γ_0 , α , β 은 spherical model의 매개변수이며, $\gamma_0 \geq 0$, $\alpha \geq \gamma_0$, $\beta > 0$ 의 범위를 가진다. d_{ij} 는 지점 u_i 와 u_j 사이의 방사상 거리(radial distance), $d_{ij} = |u_i - u_j|$ 이다. 위 식을 이용하여 아래 Eq. (3)이 평균제곱오차가 최소가 되는 값을 산정하여 가중치를 계산하고, 계산된 가중치를 Eq.(1)을 이용하여 예측 지점의 추정치를 계산한다.

$$MSE = 2 \sum_{j=1}^n w_i \gamma(d_{0j}) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \gamma(d_{ij}) \quad (3)$$

4. 수심변화의 공간분포

4.1 측량원도와 수치해도자료를 이용한 수심의 공간분포

사천만 지역 수심변화의 공간 분포를 분석하기 위하여, 해양조사원에서 1966년과 2009년의 측량원도를 크리깅 기법

a) 1966

b) 2009

Fig. 3. Water-depth Distribution in 1966 and 2009

a) 1966

b) 2009

Fig. 4. Equi-water Depth Line

을 이용하여 격자화(grid) 하였다. 측량원도의 수심 값을 크리깅을 통한 공간분포를 하여 각 격자점에서의 수심자료를 추정하였다. 격자의 크기는 100 m×100 m로 구성하였다. 2009년 측량 자료의 경우 보다 높은 해상도의 수심 분포 자료의 생성이 가능하나, 1966년에 측량된 수심 자료의 수가 100개로 매우 적어 해상도를 100 m×100 m으로 적용하였다. 1966년에 실시한 측량이 사천만 전체 지역을 대상으로 실시되지 않았기 때문에 2009년에 측량된 원시자료를 1966년에

측량된 범위에 맞추어 수심을 추정하였다.

이러한 분석의 경우 1966년 측량 원시자료가 사천만 전체 유역을 나타내고 있지 못하고 있기 때문에 사천만 지역의 수심변화를 나타내는 한계가 있다. 이런 한계를 극복하기 위해서 1966년에 제작된 수치해도를 디지털화하여 수심 측량지점의 수를 추가하였다. 총 48개의 자료를 추가하였으며, 추가된 지점은 Fig. 2a와 같다. 측량원도자료와 비교하여 측량된 자료의 수가 매우 적기는 하나, 사천만 안쪽 지역을 측량한

Fig. 5. The Variation of Water Depth (2009-1966)

자료가 없는 관계로 수치해도 자료를 사용하여 1966년도 사천만의 수심을 산정하였다.

크리깅 기법을 이용하여 각 자료를 격자화 하였으며 격자의 크기는 100 m×100 m로 적용하였다. Fig. 3은 크리깅 기법으로 산정된 수심 자료의 공간 분포이다. Fig. 3a를 보면 북쪽 지역의 경우 자료의 부족으로 정확도가 다소 낮으나 Fig. 3b와 비교해 보면 전체적인 수심의 경향을 맞추고 있는 것으로 판단된다. Fig. 3a를 보면 최소 -8.9 m에서 5.37 m까지 수심이 분포되어 있는 것으로 나타났다. Fig. 3b를 보면 -9.1 m에서 2.57 m까지 수심이 분포되어 있는 것으로 나타났다. 1966년 자료의 경우 북서쪽 지역의 수심이 매우 깊은 것으로 나타났다. 2009년 자료의 경우에도 북서쪽 지역이 수심이 다른 지역과 비교하여 높으나 1966년의 경우 다른 지역과 비교하여 비정상적으로 높은 것으로 판단된다.

정량적인 수심의 분포를 살펴보고자, 등수심선을 산정하였다. Fig. 4은 수치해도 자료를 포함하여 산정한 등수심선이다. Fig. 4을 보면 1966년과 비교하여 2009년에 해안선 근처에서 수심이 크게 증가한 것으로 나타났다. 수치해도 자료로 추정된 북쪽 지역에서도 수심이 크게 증가한 것으로 나타났다. 수치해도 자료는 측량 지점의 수가 적고, 측량 정확도 높지 않아 다소 부정확한 결과를 나타낼 수 있으나, 전체적인 경향을 보았을 때, 1966년에 비교하여 2009년에 사천만에 많은 퇴적이 일어난 것을 확인 할 수 있다.

구체적인 수심변화의 분포를 확인하고자 2009년 수심 격자 자료에서 1966년 수심 격자자료를 빼서 수심변화의 분포를 산정하였다. Fig. 5에 수치해도 자료를 포함한 수심 자료의 변화를 나타내었다. Fig. 5a를 보면 수심이 -6.28 m에서 7.42 m까지 변화 한 것으로 나타났다. 비교적 수심이 깊은 곳에서는 침식이 수심이 낮은 부분에서는 퇴적이 일어난 것

으로 나타났다. 특히 남서쪽에서 침식이 크게 일어난 것으로 나타났으나, 이 부분의 경우 1966년에 측량 지점 수의 부족으로 일어나는 문제인 것으로 나타났다.

Fig. 6은 수심 변화의 공간 분포에 1966년도 측량 지점을 도시한 그림이다. 그림의 화살표에 표시된 부분은 가장 크게 침식이 일어난 곳이며 이 부분에서 측량지점의 밀도가 굉장히 낮은 것을 확인 할 수 있다. 이와는 반대로 1966년에서는 화살표로 표시된 지점이 2009년 자료와 비교하여 굉장히 높은 값을 나타내는 것으로 나타났다. 1966년에 측량한 자료

Fig. 6. Indication of Water Depth Change in 1966

의 화살표가 있는 지점에서 다소 부정확한 측량을 실시한 것으로 판단된다. 만약 측량 밀도가 높았다면 크리깅 기법에서 오측량된 지점의 자료가 다소 완화 되었겠지만, 측량 밀도가 낮아 오측량 된 자료가 큰 차이를 나타내는 것으로 판단된다. 사천만 안쪽, 북서쪽 지역에서도 침식이 크게 일어난 것으로 확인 되었다. Fig. 4a를 보면 북서쪽 지역의 수심이 굉장히 높은 것으로 나타났다. Fig. 4b를 보아도 북서쪽 지역의 수심이 높은 것으로 나타났으나, 1966년 측량 자료의 경우 다른 지역과 많은 차이가 나는 것을 확인 할 수 있다. 위성사진을 통하여 북서쪽 지역을 확인해 본 결과 모도라는 작은 섬이 존재하는 것을 확인 할 수 있었다. 1966년 자료의 경우 모도의 고도가 포함되어 있어서 큰 차이가 발생하는 것을 확인 할 수 있었다.

4.2 면적평균수심 변화

사천만 지역의 평균적인 수심의 변화를 산정하기 위하여 면적 평균 수심을 추정하였다. 면적평균수심을 산정하는 방법으로 티센망 기법과 크리깅 기법을 이용하였다. 티센망 기법의 경우 원자료의 특성을 다른 조작 없이 바로 면적평균을 구할 수 있는 특징이 있고, 크리깅 기법의 경우 각 지점 사이의 수심을 추정하여 보다 실제와 유사한 면적평균을 산정할 수 있다. 면적평균수심을 추정하기 위하여 측량자료, 수치해도 자료를 포함한 측량 자료, 모도지역을 제외한 수심자료를 적용하였다.

Table 1은 수치해도 자료를 포함한 면적평균수심을 정리해 놓은 표이다(Fig. 4참조). Table 1를 보면 티센망 기법을 이용할 경우 면적평균수심이 1966년에는 -2.22 m이고 2009년에는 -0.84 m인 것으로 나타났다. 평균적으로 1966년에서 2009년까지 수심이 1.38 m 정도 증가한 것으로 나타났다. 크리깅 기법을 이용할 경우 면적평균수심이 1966년에는 -2.54 m이고 2009년에는 -0.82 m인 것으로 나타났다. 면적평균수심의 차이는 1.72 m인 것으로 나타났다. 측량자료만을 사용하였을 때보다 수치해도 자료를 포함할 경우 면적평균수심이 증가하는 것으로 나타났다. 1966년 자료의 경우 모도가 포함되어 있기에 과대추정 되었다고 판단되어 모도를 제거한 상태에서 면적평균수심을 추정하였다.

Table 2는 모도를 제외한 면적평균수심을 정리해 놓은 표이다(Fig. 5참조). Table 2를 보면 티센망 기법을 이용할 경우 면적평균수심이 1966년에는 -2.46m이고 2009년에는 -0.95 m인 것으로 나타났다. 면적평균수심의 차이는 1.51 m인 것으로

나타났다. 크리깅 기법을 적용할 경우 1966년에는 -2.76 m이고 2009년에는 -0.93 m인 것으로 나타났다. 1966년과 2009년의 면적평균수심의 차이는 1.83 m이다. 모도를 제외하여 면적평균수심을 산정한 결과 1966년의 경우 수심이 약 0.2 m 감소하였고, 2009년의 경우 0.1 m 감소하였다. 섬이 있는 지역임을 감안 했을 때, 두 지역에서 모도를 제거하였을 때 큰 차이가 발생하지 않아야 하는데, 두 값이 큰 차이가 발생하였다. 이런 차이는 1966년 자료에 모도를 제거하는 것이 적절한 판단인 것을 뒷받침한다고 판단된다.

2009년 면적평균수심의 경우 티센망 기법과 크리깅 기법을 통하여 추정된 면적평균수심이 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 2009년의 경우 측량밀도가 높아 크리깅 기법을 적용하여 계산된 추정치의 면적 가중치가 티센망으로 계산되는 지점의 가중치와 큰 차이를 보이지 않고, 크리깅 기법으로 추정된 추정치와 측량 값의 차이가 크지 않기에 면적평균수심이 기법에 따라 큰 차이를 보이지 않는 것으로 판단된다. 이와 반대로 1966년의 면적평균수심의 경우 기법에 따라 값이 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 1966년의 측량 지점들의 측량 밀도가 작아 몇몇 지점에서의 면적가중치가 크게 적용되어 각 기법으로 추정된 면적평균수심이 차이가 나는 것으로 판단된다. 크리깅 기법으로 추정된 면적평균수심이 티센망 기법으로 추정된 면적평균수심보다 작은 것으로 보아 높은 수심을 갖는 지점들이 낮은 수심을 갖는 지점보다 많은 가중치를 가지는 것으로 판단된다. 크리깅 기법은 각 지점간의 거리에 가중치를 주어 원하는 지점의 수심을 추정하고 추정된 수심에 동일한 면적가중치를 주기에 티센망 기법에 비교하여 측량 밀도에서 생기는 문제점을 다소 완화 할 수 있을 것으로 판단되기에 1966년 자료의 경우 크리깅 기법을 통하여 추정된 면적평균수심이 티센망 기법을 적용하여 추정된 면적평균수심보다 정확한 값을 나타낸다고 판단된다.

5. 요약 및 결 론

앞에서 살펴본 측량원도와 수치해도의 결과로부터 사천만 유역에 현저하게 토사가 퇴적되어 있다는 것을 알 수 있다. 퇴적량은 방법에 따라 1.51 m에서 1.83 m까지 다르나 티센망으로 계산할 경우 미 관측 지역의 값을 관측지역의 값으로 대체함으로써 갯벌지역이 대부분 미 관측 지역의 값이 되어 있으므로 다소 과소 산정될 수 있다. 이와 반대로 크리깅 기법은 부근의 관측된 육지지역의 값을 통계적으로 상관성이 선형으로 이루어지게 하기 때문에 과대 추정할 수도 있다. 따라서 사천만의 평균 퇴적량은 1.51~1.83 m 높이로 퇴적이 쌓이는 것으로 추정할 수 있다. 본 연구에서 이용된 해당 유역의 면적이 23 km²이므로 부피로는 0.035~0.042 km³ 정도의 퇴적이 쌓인 것을 알 수 있다.

퇴적된 모든 량이 남강댐 방류로 인한 양으로 보기는 힘들다. 따라서 사천만으로 들어오는 지류들의 유량을 평가하고 토사 성분의 함량을 분석할 필요가 있다. 이와 더불어, 보다 정밀한 판단을 위해 사천만에 몇 개의 지점을 선택하여 그 지점의 퇴적된 성분을 분석한다면 토사 성분의 함량을 정량

Table 1. Areal Average Water Depth for Sacheon Bay

	1966	2009	2009-1966
티센망	-2.22m	-0.84m	1.38m
크리깅	-2.54m	-0.82m	1.72m

Table 2. Areal Average Water Depth Excluding Mo Island

	1966	2009	2009-1966
티센망	-2.46m	-0.95m	1.51m
크리깅	-2.76m	-0.93m	1.83m

적으로 산출하여 그 깊이 및 특성을 보다 자세히 판단해 낼 수 있을 것으로 여겨진다.

계산된 퇴적량은 사천만의 지천에서도 어느 정도의 영향을 줄 가능성이 크므로 이에 대한 영향 및 평가를 추가연구를 통해 명확히 밝혀낼 필요가 있다. 이러한 퇴적에 의한 영향이 사천만 퇴적에 어느 정도 영향을 주는 지 평가하고 그 영향이 막대하다면 사천만의 해양환경 복원을 위한 여러 가지 해결방안을 모색하여야 한다. 가능한 해결 방안으로는 사천만으로의 유입되는 남강댐 방류량을 저감, 그리고 사천만에 쌓인 퇴적물의 준설들이 될 수 있겠다. 이런 해결책들은 앞으로 사천만의 해양생태계가 회복되며 원활한 어업활동이 가능하도록 해야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 경상남도 사천시 2012년 연구지원에 의해 수행되었고, 이에 감사드립니다.

References

- Chang, S.-D. (1971) *Influence of Dam Water Discharge on the Oceanography and Fishery*, The Journal of Oceanological Society of Korea, Vol. 6 pp. 49-55.
- Chokmani, K., and Ouarda, T.B.M.J. (2004) *Physiographical space-based kriging for regional flood frequency estimation at ungauged sites*. Water Resources Research, 40, W12514.
- Gyeongsang Nam-do (2011) *Wise water-way policy of Namgang Basin*, Gyeong Nam Development Institute.
- Jose, D. Salas, Ricardo A. Simith, Guileermo Q. Tabios, and Jun-Haeng Heo (1994) *Statistical computer technique in water resources and environmental engineering*, Department of civil engineering, Colorado State University.
- K-water (2008a) *Report on the downstream effects from Namgang Dam discharge*.
- K-water (2008b) *Report on the Oceanic Environment Influence and Fishery Economic Evaluation caused by Namgang Dam Water Discharge in Sacheon Bay*.
- Kang, D.-S. Yoo, S.-H. Min, I.-K., Lee, D.-S., and Min B.-H. (2003) *A study on the Varying Current with the Dredging Depth in Sachon-Bay*, Research Journal of Oceanic Resources in Donga University, Vol. 15, pp. 1-19.
- Kim, C.-K. (2012) *Diffusion of the Namgam Dam Water Discharge and Impact on the Circulation of the Chinju Bay*, South Sea of Korea, The Korean Society of Marine Environment Energy, 2012 Fall Meeting Conference, Pyungchang.
- Lee, M.B. Kim, N.S., and Han, G.H. (2003) *Three Dimensional Analysis Using Digital Elevation Model on the Coastal Landform of the Sacheon Bay*, South Sea of Korea. Journal of Korean Association of Regional Geographers, Vol. 6 pp. 203-216.
- Sacheon-si (2013) *Research Report on the effects of Namgang Dam discharge to Sacheon Bay discharge and its adaptation*.
- Seo, Y.M., Yeo, W.K. Lee, S.Y., and Jee, H.K. (2010) *Application of KED Method for Estimation of Spatial Distribution of Probability Rainfall*, Journal of Korea Water Resources Association, Vol. 43, No. 8, pp. 757-767.
- Yoon, J.-S. Kim, D.-C., and Hur D.-S. (2012) *A Study on the Influence caused by Namgang Dam Water in Sacheon Bay*, The Joint Conference of the Korean Association of Ocean Science and Technology Societies, Daegu EXPO, pp. 1659-1663.
- Yoon, K.H., Seo, B.C., and Shin, H.S. (2004) *Spatial Analysis of Flood Rainfall Based on Kriging Technique in Nakdong River Basin*, Vol. 37, No. 2, pp. 233-240.

© Received May 7, 2013

© Revised May 21, 2013

© Accepted June 11, 2013