

공간정보를 이용한 만에서의 염분분포 추정

Estimation of Salinity Distribution Using Spatial Information at the Bay

이현석¹ · 이시가와 타다하루² · 고덕구³

Hyun-Seok Lee, Tadaharu Ishikawa, Deuk-Koo Koh

¹ 한국수자원공사 수자원연구원 물정보화연구소 연구원 (lehs2005@kowaco.or.kr)

² 일본동경공업대학 대학원종합이공학연구과 환경이공학창조전공 교수

³ 한국수자원공사 수자원연구원 물정보화연구소 소장 (dkkoh@kowaco.or.kr)

요약 담수와 염수가 적절히 혼합되어있는 만에서는 굴과 가리비 미역 등의 양식업이 활발히 이루어지고 있다. 이러한 바다생물 특히, 미역의 경우는 염분농도가 13psu 이하의 상태가 장시간 유지될 경우 심한 피해를 입는다는 보고가 있다. 그러므로 만에서의 염분분포 파악은 자연환경의 적절한 활용 및 자연재해의 예방적 측면에서 매우 중요하다고 사료되어진다. 본 연구에서는 만에서의 염분분포를 파악하기 위하여 위성영상을 활용하였다. 위성영상은 현지관측이 어려운 홍수기에도 데이터 취득이 가능하며, 대상 지역 전체를 한눈에 볼 수 있는 면분포를 제공한다는 장점이 있다. 본 연구에서 수행한 구체적인 방법은 다음과 같다. 첫째, 위성영상과 탁도와는 높은 상관을 이용하여 위성영상을 탁도 분포로 변환하였다. 둘째, 현지관측으로부터 얻은 염분과 탁도와의 상관관계를 이용하여 탁도 분포를 염분 분포로 변환하였다. 끝으로, 본 추정수법은 현지관측결과와의 검증을 통하여 타당성을 입증하였다. 결론적으로, 본 수법은 현지관측에 드는 비용절감과, 관측 데이터가 부족한 홍수기의 자연현상 파악 등에 그 활용 가치가 있다고 확인되었다.

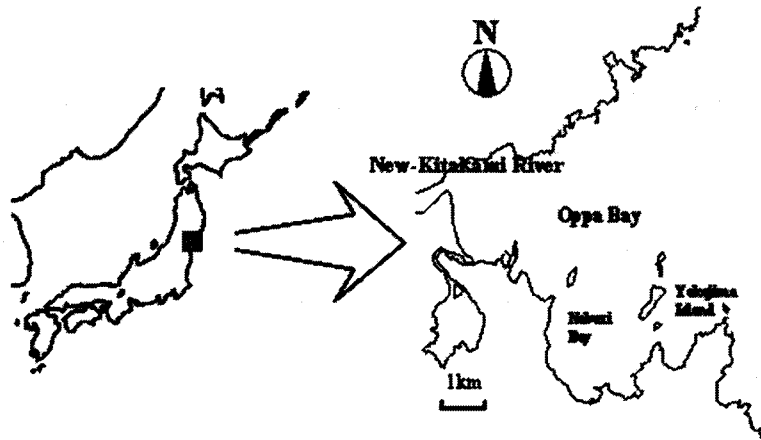
주요용어 : 염분분포, 위성영상, 현지관측, 탁도

1. 서론

담수와 염수가 혼합되어있는 만에서는 굴과 가리비 미역 등의 양식업이 활발히 이루어지고 있다. 이러한 바다생물 특히, 미역의 경우는 염분농도가 13psu 이하의 상태가 장시간 유지될 경우 심한 피해를 입는다는 보고가 있다. 그러므로 만에서의 염분분포 파악은 자연환경의 적절한 활용 및 자연재해의 예방적 측면에서 매우 중요하다고 사료된다.

본 연구에서는 만에서의 염분분포를 파악하기 위하여 위성영상을 활용하였다. 위성영

상은 현지관측이 어려운 홍수기에도 데이터 취득이 가능하며, 대상 지역 전체를 한눈에 볼 수 있는 면분포를 제공한다는 장점이 있다. 최근, 만에서의 염분분포를 파악하기 위하여 위성영상을 사용한 몇몇 사례가 보고되고 있다 (Ishikawa et al. (2004), Kudo et al. (2002)). 본 연구의 특징으로는, Landsat-7 영상의 3개의 가시영역을 위성영상과 탁도 관계를 검토하기 위하여 활용하였다는 점과 현지관측이 이루어지지 않은 시기에도 위성영상을 통한 염분분포파악을 가능하게 할 수 있는 수법을 제시하였다는 점을 들 수 있다.



<그림 1> 연구 대상지역인 일본 오파만

2. 대상지역

본 연구의 대상지역인 오파만은 일본 동북부의 삼륙연안에 위치해 있다. 만의 집수면적은 약 30km² 이상이고, <그림 1>에 보여지듯이 하구로부터 태평양쪽으로 폭이 증가하는 삼각형의 형태를 하고 있다. 특히, 만에 담수를 공급하는 신기타가미강은 홍수기 여수로로서의 활용을 목적으로 정비되었다. 그러므로 눈이 녹는 시기와 장마기에는, 자연 상태보다 많은 양의 담수가 만으로 유입되고 있다. 이러한, 담수의 유입은 만에서의 저염분화를 초래하고, 저염분 상태의 장기화는 만에서 생활하고 있는 많은 생물들에게 어떠한 영향을 끼치리라고 사료되어진다.

이용하여 만에서의 탁도와 염분분포를 추정하는 수법을 개발하였다.

Ishikawa 등은 만에서의 염분분포는 염분과 탁도가 선형관계를 가지며 하구에서의 탁도 절편 값에 의존하고 있다는 사실을 보고 하였다. 따라서 본 연구에서는 현지관측 대신 하천 상류의 수질 모니터링 데이터로부터 하구에서의 탁도를 추정하는 수법을 제시 하였다.

토메 관측소로부터 하구까지 하천수가 도달하는 시간은 하구로부터 관측소까지의 거리가 일정하고 지형의 변화가 없다고 가정하면 매닝공식으로부터 식1과 같이 유도되어진다.

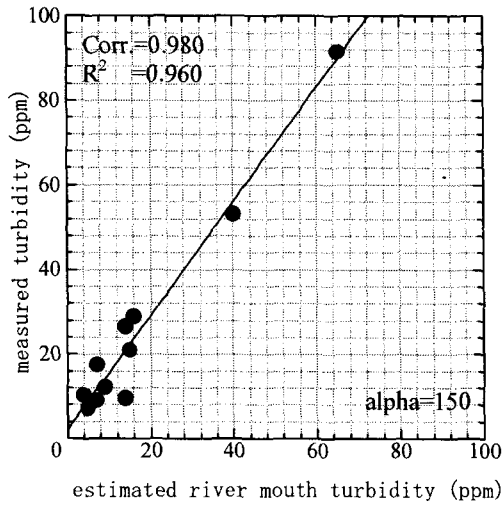
$$T = \alpha Q^{-2/5} \quad (1)$$

3. 염분분포를 구하기 위한 전처리 과정

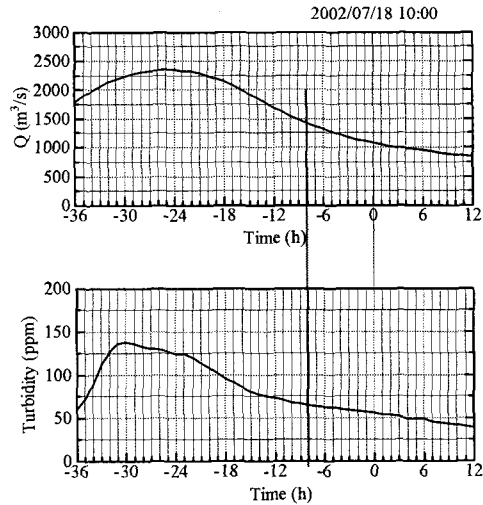
3.1 하천상류의 탁도값을 이용한 만에서의 염분과 탁도와의 관계

Ishikawa 등이 염분과 탁도의 관계를 파악하기 위하여 실시한 만에서의 표면 관측은, 엄청난 양의 담수가 유입되는 홍수기에는 불가능하다고 판단하였다. 그리하여 본 연구에서는 신기타가미 하구로부터 상류 30km 지점에 위치한 토메 관측소의 탁도 데이터를

여기서 T 는 토메 관측소로부터 하구까지의 하천수의 도착시간이고, α 는 하상특성을 나타내는 계수이며, Q 는 하천유량을 나타낸다. 식 1에 보여지듯이, 하구도달시간 T 는 유량 Q 에 의존하고 있음을 알 수 있으며, 하상 계수 α 는 과거의 현지관측과 모니터링 결과로부터 추정한 값과의 일치도를 시행착오법을 통하여 조사함으로써 결정할 수 있었다. <그림 2>는 그 결과를 나타내고 있다. 그림에서 보여 지듯이 $\alpha=150$ 일경우의 실측값과 추정치와의 상관도는 0.98에 이르므로 그 정



<그림2> 하구에서의 탁도추정



<그림3> 토메 관측소에서의 유량 및 탁도

확도는 양호하다고 사료된다. <그림 3>은 2002년 7월18일에 관측되어진 유량과 탁도 데이터를 보여주고 있다. Y축은 각각 유량과 탁도값을 나타내고 있으며, X축은 위성데이터가 취득되어지는 오전 10시30분을 기준으로 한 하구까지의 도달시간을 보여주고 있다. 즉, <그림 3>에 나타난 굵은 실선은 하구까지 도달시간이 8.2시간임을 의미한다. 지금까지 설명한 방식을 통하여, 영상해석을 위하여 확보되어진 모든 위성데이터가 취득되어진 시간의 하구에서의 탁도를 구하는 것이 가능하였다.

3.2 위성 데이터의 기준화

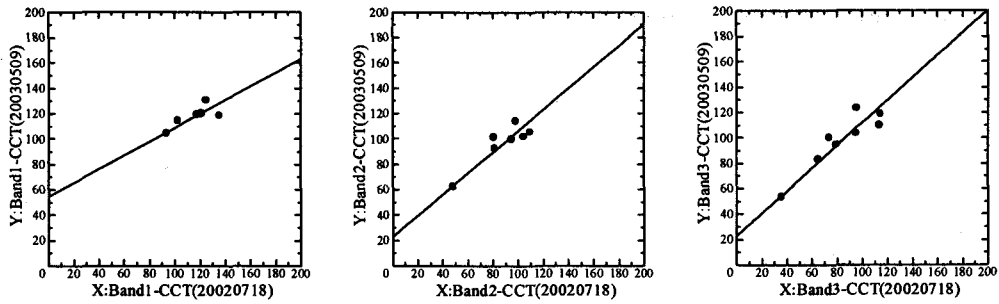
본 연구에서는 LANDSAT-7/ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus)에 의하여 취득 되어진 영상이 활용되었다. 영상의 선별은 Landsat-7이 촬영을 시작한때부터 2003년 5월까지의 기간 중, 양호한 화질을 가지고, 하구에서 출수가 보여 지는 조건을 기준으로 하였다. 그 결과 총11개의 영상을 선별하였다.

위성영상의 처리과정은 다음과 같다. 우선, 최초의 영상을 연구대상 지역을 포함하여 어느 정도의 크기로 자른 후 기하보정을 실시한다(본 연구에서는 가로 10km × 세로

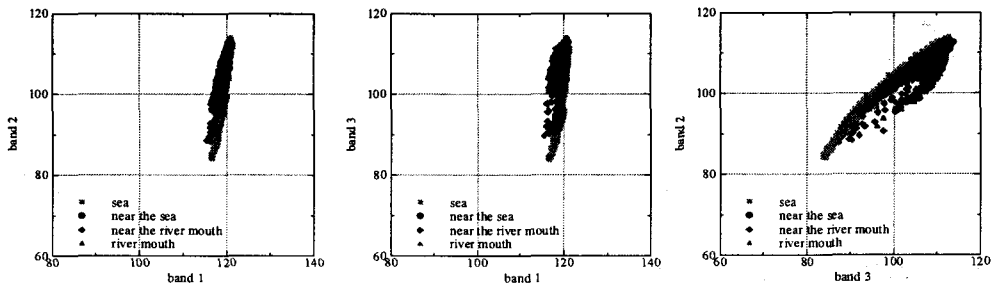
10km인 정사각형 형태로 추출하였다). 그 후, 공기 중의 먼지나 미세 알갱이로 인한 노이즈를 제거하기위하여 메디안 필터를 실시한다. 참고로, 본 연구에서는 Landsat-7의 밴드1, 밴드2 그리고 밴드3 영역의 데이터를 해석하였다.

그러나 이러한 각각의 이미지를 해석하기 위한 처리 후에도, 각기 다른 날에 촬영되어진 영상을 서로 비교하고 해석하기 위해서는 기후조건과 카메라 각도 등의 차이를 보정할 기준화가 필요하다. 좀더 자세히 설명하면, 각 밴드의 CCT값을 (본 논문에서는 각각의 밴드가 가지고 있는 256단계의 색도를 CCT값이라고 칭하였다) 기상변화나 카메라 앵글의 차이에도 값에 큰 차이가 없다고 판단되어지는 기준점을 선별하여 특정 기준일로의 기준화를 실시한다.

<그림 4>는 2002년 7월18일에 촬영되어진 영상의 밴드1, 밴드2 및 밴드3의 CCT값을 2003년 5월9일에 촬영되어진 영상의 각각의 밴드를 기준으로 기준화하기위한 상호간의 관계를 보여주고 있다. 이와 동일한 방법을 다른 9개의 영상에도 적용함으로써 촬영일이 다른 위성영상의 해석이 가능 하였다.



〈그림 4〉 촬영일이 다른 위성 데이터의 기준화



〈그림 5〉 Landsat-7 각 밴드의 탁수 분별정도

〈그림 5〉는 Landsat-7의 각각의 밴드가 가지고 있는 탁수 분별정도를 알아보기 위한 방법으로 수행되었다. 즉 그림에서 보여 지듯이 2002년 7월18일 영상의 연구대상지역을 4구역(하구부근, 하구근해, 바다근해, 바다부분)으로 나눈 후 어떠한 밴드가 더 변별력이 뛰어난지를 알아보았다. 그 결과 가장 우측의 밴드2와 밴드3이 각 지역을 가장 선명하게 나타내고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과로부터 본 연구에서는 밴드2와 밴드3의 CCT값을 이용한 위성영상 해석을 결정 하였다.

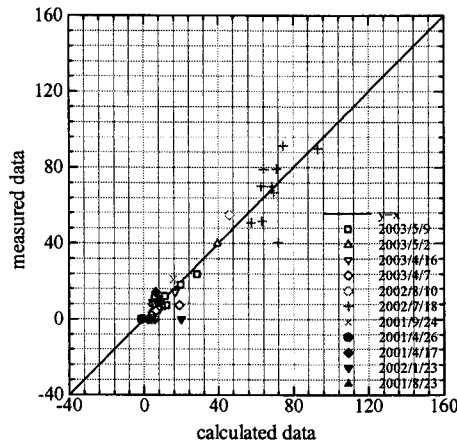
3.3 CCT값과 탁도와와의 관계

앞 절에서 결정한 방법으로 위성영상을 탁도 분포로 변형하기 위해서는 밴드2와 밴드3의 연산 값과 탁도가 이루고 있는 관계를 규명할 필요가 있다. 본 연구에서는 최소 자승법을 이용하여 식2와 같이 3차 함수 형태로 가정된 위성영상과 탁도와의 관계를 유추 하였다. 관계식은 다음과 같다.

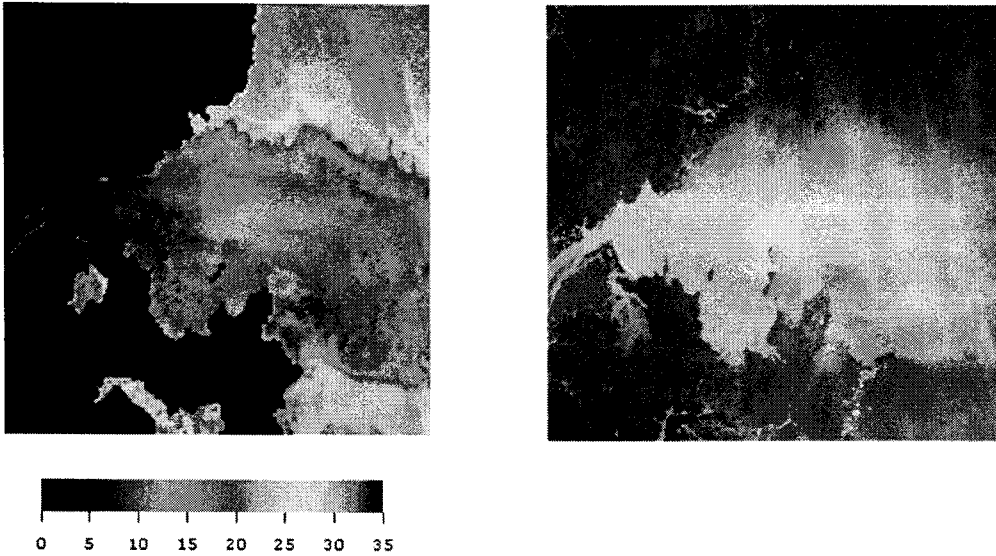
$$\begin{aligned}
 Trb. = & C + a1 \cdot B2 + a2 \cdot B3 + \\
 & a3 \cdot B2 \cdot B3 + a4 \cdot B2^2 + \\
 & a5 \cdot B2^2 \cdot B3 + a6 \cdot B2 \cdot B3^2 + \\
 & a7 \cdot B3^2 + a8 \cdot B2^2 \cdot B3^2 \\
 & a9 \cdot B2^3 + a10 \cdot B3^3
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

여기서 $Trb.$ 는 탁도, $B2$ 는 밴드2의 CCT값, $B3$ 는 밴드3의 CCT값, C 는 상수 그리고 $a1 \sim a10$ 은 각항의 계수이다.

최소 자승법을 이용하여 점근식 각항의 계수인 $a1$ 부터 $a10$ 을 구하고, 관측결과가 있는 지점의 CCT값을 탁도로 변환한 값과 측정값을 비교한 결과는 그림6에 나타내었다. 그림에서 보여 지듯이 각 영상에서 추정된 계산값과 현지관측으로부터 얻은 측정값이 매우 좋은 일치를 보여주고 있다. 이러한 결과로부터 본 연구에서 제안한 위성영상의 밴드2와 밴드3을 이용한 영상해석의 방법은 그 타당성이 입증되었다고 사료되어진다.



〈그림6〉 위성영상의 밴드2와 밴드3을 이용한 탁도 추정



〈그림7〉 위성영상을 이용한 만에서의 염분분포 추정

4. 해석결과

앞장에서 설명한 전처리 과정을 통하여 위성영상을 만에서의 염분분포로 변환할 준비가 되었다. 본 장에서는 이러한 변환과정을 자세하게 설명하고 그 결과를 제시하였다.

2002년 7월18일의 위성영상으로부터 염분분포를 구하는 과정을 설명하고자 한다. 우선, 3.2절에서 설명한바와 같이 2003년 5월9일의 위성영상을 기준으로 가시영역 전 밴드인 밴드1, 밴드2 그리고 밴드3에 대하여 기준화를 실시한다. 식3은 기준화 결과를 보여주고 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{Band1: } Cn1 &= 54.36 + 0.54 \cdot CCT1 \\
 \text{Band2: } Cn2 &= 22.91 + 0.84 \cdot CCT2 \\
 \text{Band3: } Cn3 &= 22.85 + 0.89 \cdot CCT3
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

여기서 Cn 은 기준화된 CCT값이다. 그리고 첨자 1,2,3은 각 밴드를 나타낸다. 그러므로 식3에서 구한 $Cn2$ 와 $Cn3$ 값을 식2의 B2와 B3에 대입하면 위성영상을 탁도값을 나타내는 영상 즉 탁도분포로 변환할 수 있다. 다음은, 마지막 단계로서 탁도와 염분의 관계를 이용한다. 즉, 3.1절에서 설명한 방법으로 위성영상이 취득되어진 날의 하구에서 탁도를 하천상류의 관측소에서 측정된 값으로부터

터 예측하는 것이다. 식4는 이렇게 얻은 탁도와 염분의 관계를 보여주고 있다.

$$Sa = 33.0 - 0.37 \cdot Trb. \quad (4)$$

여기서 Sa는 수심 50cm의 수면 염분이다. <그림 7>의 좌측은 식4를 이용하여 구한 만에서의 염분분포를 보여주고 있다. <그림 7>의 우측은 기준화를 실시한 후의 위성영상이다. <그림 7>의 좌측의 그림은 우측의 홍수로 인한 담수의 유입상황을 잘 반영하고 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서 제안한 위성영상을 이용한 만에서의 염분 추정 방법은 현지관측결과와의 좋은 일치율을 보여 주었다. 이 방법은 위험한 시기의 현지관측을 피할 수 있게 해 줌으로서, 비용절감과 관측 데이터가 부족한 홍수기의 자연현상 파악 등 여러 가지 측면에서 그 활용 가치가 매우 크다고 사료된다.

< 참 고 문 헌 >

- [1] Ishikawa, T., Kudo, K., Sakai, Y., Irie, M., Lee, H. and Tanaka, S., "On the salinity decrease in Oppa Bay caused by a snow-melt freshet from Kitakami River", *Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE*, Vol.48, 2004, pp.1225-1230.
- [2] Kudo, K., Takasaka, K. Tanaka, S. and Ishikawa, T., "Behavior of snowmelt freshet in Oppa Bay from Kitakami River", *Proceedings of Coastal Engineering, JSCE*, Vol.49, 2002, pp.361-365.