

# 위성원격탐사를 이용한 곶소만 간석지의 미지형과 퇴적물 입도특성 분석\*

조화룡<sup>1</sup> · 조명희<sup>2</sup>

## An Analysis of Micro-landform and Its Grain Size of Tidal Flat in Gomso-Bay using Satellite Remote Sensing\*

Wha-Rhong Jo<sup>1</sup> · Myung-Hee Jo<sup>2</sup>

### 요 약

Landsat TM 영상을 이용하여 곶소만 간석지의 미지형을 분류하고, 현지조사를 통하여 분류된 각 미지형의 퇴적물 입도 특성과 지형특성을 밝혔다. 내만 쪽의 mud flat는 갯골과 갯골 사이의 평탄지로 이루어져 있으며, 평균입경이 4 $\phi$  이하의 세립질이고 분급은 1 S.D. 이상이며, positive skewness를 보인다. 만구쪽에 분포하는 sand flat는 갯골이 없이 평탄한 지형을 이루며 ripple mark가 발달해 있다. 분급이 좋은 모래로 대부분 구성되어 있고 negative skewness를 보인다. mixed flat는 mud flat 와 sand flat와의 중간적 특징을 보인다.

주요어: 간석지, 위성영상, 무감독분류, 미지형분류, 입도특성

### ABSTRACT

Through the ISODATA method of unsupervised classification, the micro-landform of Gomso-Bay tidal flat was classified into mud, mixed, and sand flats by using Landsat TM image. Each tidal flat shows on apparent differences in its topographical characteristics and grain size compositions. Mud flat is occupied the innermost part of the tidal flat. Sand flat is distributed adjacent to the entrance of the bay, while the mixed one is located in the central part of the bay. Mud flat deposits have fine grain size, more than 4 in average mean phi, bad sorting, more than 1 phi in standard deviation, and positive skewness. Mixed and sand flat deposits have coarse grain size, less than 4 average mean phi, good sorting, less than 1 phi in standard deviation, and negative skewness. Topographically, the mud flat consists of flat surfaces and dissected channels. The average depth of dissected channels is about 2 meters. Meanwhile, sand flat has a very flat landform with well-developed ripple marks of less than 10 centimeters in average relief. And the mixed one shows the intermediate topographical characteristics of those of mud and sand flats.

2000년 4월 10일 접수 Received on April 10, 2000

\* 본 연구는 경북대학교 학술진흥연구비에 의하여 수행되었음.

1 경북대학교 지리교육과 (wrjo@bh.kyungpook.ac.kr) Dept. of Geography Education, Kyungpook National University

2 경일대학교 측지공학과 (mhjo@bear.kyungil.ac.kr) Dept. of Geodetic Engineering, Kyungil University

**KEYWORDS:** *Tidal Flat, Satellite Image, Unsupervised Classification, Micro-landform Classification, Grain Size*

## 서 론

곰소만은 전라북도 부안군과 고창군사이 에 위치한다. 이 만은 평균폭(남-북) 5~6km, 길이(동-서) 17km의 만으로 수심이 얕아서 저조 때는 넓은 간석지가 드러나며, 주수로(main tidal channel)과 만의 입구에서도 수심이 2~3m에 불과하다. 곰소만에는 검조기지가 없기 때문에 이 만의 공식적인 조차를 발표한 것은 없다. 그러나 북쪽의 군산외항(대조승 6.6m, 소조승 5.0m)과 남쪽의 안마도(대조승 5.1m, 소조승 3.9m)의 조차로 부터 추정하면 곰소만의 대조차는 약 6m정도라 할 수 있다.

곰소만의 간석지 면적은 76km<sup>2</sup>로 비교적 넓다. 그러나 간척된 간석지의 면적은 14km<sup>2</sup>(18%)에 불과하여 남한 평균 간척율 50%에 비하여 매우 낮다. 따라서 곰소만은 대부분의 간석지가 원형 그대로 남아 있어서 충청남도의 가로림만과 더불어 우리나라의 간석지연구에 이상적인 대상지라 할 수 있다.

곰소만 간석지에 대한 연구는 장진호 등(1996)의 연구가 있다. 이 연구는 주진천 하류 부를 중심으로 자세한 연구가 이루어졌다. 그러나 주수로 북쪽 지역과 사천하류의 내만 지역에 대해서는 언급이 없어 곰소만의 간석지의 공간분포 특징을 종합적으로 살펴보는 데는 부족함이 있다.

본 연구에서는 곰소만 간석지를 대상으로 Landsat TM영상으로 간석지 미지형을 분류하고, 분류된 각 미지형의 지형 및 퇴적물특성을 현지조사, 실험실분석을 통하여 검증하였다. 이와 같은 간석지의 미지형분류와 토양 및 지형의 검토는 간척계획수립과 간척된 후의 토지이용에 매우 유용할 것으로 사료된다.

영상의 선택을 위하여 RESTEC으로 부터 최근 25년간 Landsat가 탐지한 list를 입수하

고, 조석표에 의해 곰소만의 저조위시간과 위성영상탐지 시간이 가장 근접한 영상을 선택한 결과 1996년 9월 1일 영상이 선택되었다.

## 영상처리 및 분류

### 1. 기법선택과 처리과정

영상의 전처리는 false color composite와 TM좌표를 기준으로 기하보정을 실시하고, 또한 영상 강조(image enhancement)를 위하여 linear contrast stretch를 실시하였다.

본 연구의 대상지역인 간석지는 지형을 세분해 둔 선행연구도 없으며, 지형적으로도 어떤 뚜렷한 경계가 있는 것이 아니다. 그렇지만 지형이나 퇴적물 입도조성이 만내에서 만구쪽으로 갈수록 점차로 변해가고 있어서 만내지역과 만구지역을 비교하면 많은 차이를 보인다. 따라서 본 간석지 분류에서는 무작위로 추출된 화소(pixel)자료를 클러스터링하여 그룹으로 분할하는 무감독분류의 방법을 선택하였다.

클러스터링이란 유사한 반사특성값끼리 그룹화하는 방법이다. 클러스터링 과정은 계층적 방법(hierarchical clustering)과 비계층적 방법(non-hierarchical clustering)으로 나누어지는데 본 연구에서는 후자에 속하는 ISODATA방법을 선택하였다.

### 2. 분류된 결과

위와 같은 과정으로 분류된 곰소만과 그 주변지역의 분류도가 그림 1과 같다. 이 지역은 10개의 클래스로 나누어졌고 바다쪽이 크게 5개의 클래스, 육지쪽이 대략 5개의 클래스로 구분되었다. 육지쪽 부분을 제외하고 바다쪽 부분만을 살펴보면, 먼저 간석지가 3개의

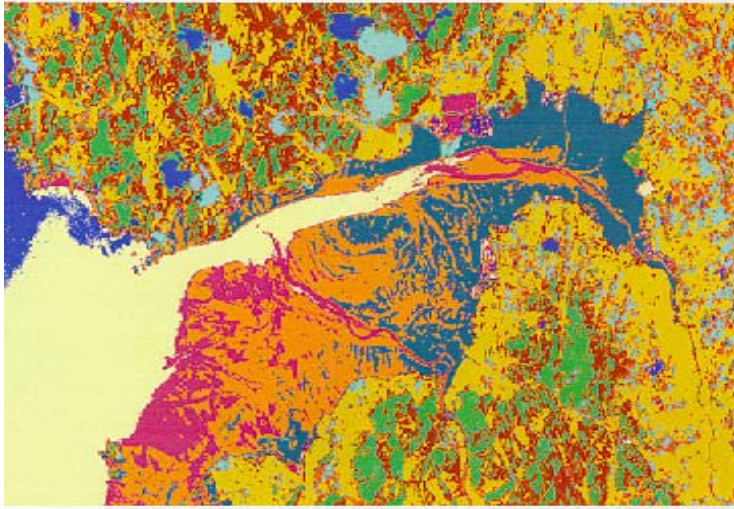


FIGURE 1. Classification image of Gomso-Bay tidal flat and its land cover of surrounding area

클래스(흑색, 주황, 적색), 해수면 부분이 크게 2개 클래스(연노랑색, 청색)로 나누어졌다.

이와같이 나누어진 각 클래스가 무엇인지에 대해서는 본연구에서 수행된 퇴적물 분석, 지형 조사를 통하여 판정되어야만 할 것이지만, 잠정적인 결론을 미리 도출하여 각 클래스의 이름을 붙여보면 다음과 같다. 간석지의 가장 만내쪽에 넓게 분포하는 클래스 I(흑색)은 mud flat, 중간에 분포하는 클래스 II(주황색)는 mixed flat, 가장 만구쪽에 분포하는 클래스 III(적색)은 sand flat 이며, 간석지에 바로 인접해 있는 해수인 클래스 IV(연노랑색)는 얇은 수심의 혼탁된 해수이고, 그 바깥쪽의 해수인 클래스 V(청색)는 보다 깊은 수심의 맑은 해수이다.

곰소 주변에 염전과 왕새우 양식장이 넓게 분포하는데 거의 바닥이 드러나 있는 염전은 sand flat와 같이 클래스 III으로 분류되었고, 상당한 수심의 pool을 이루고 있는 왕새우양식장은 깊은 수심의 맑은 해수와 같이 클래스 V로 분류된 것이 특이하다.

간석지의 클래스 I-III(mud flat, mixed flat, sand flat)와 해수면 클래스 IV(얇은 수심의

혼탁된 해수)에 대하여 각각의 면적과 밴드별로 density value를 측정해본 결과를 표 1에 나타내었다. 간석지 면적은 mud flat와 mixed flat가 비슷한 면적으로 각각 27.4km<sup>2</sup>와 30.2km<sup>2</sup>이고 sand flat는 앞의 2개 보다 면적이 좁아서 18.5km<sup>2</sup>를 나타내었다.

다음으로 밴드별 분광 특성을 살펴보면 모든 클래스가 상대적으로 단파인 가시광역의 1~3 밴드에서 density value가 높고, 장파의 적외선 영역인 4, 5, 7 밴드에서 density value가 낮아 평균값이 70.4~108.8의 차이가 난다.

이와 같은 경향은 아마도 수분과 관계있는 것으로 판단되어지는데, 물은 장파에서 흡수되므로 반사량이 적어서 density value가 낮고, 단파는 상대적으로 많이 반사되기 때문에 density value가 높게 나타난다. 그 차이는 혼탁한 해수인 클래스 IV에서 가장 크고, 클래스 III, II, I 쪽으로 갈수록 차가 줄어든다. 따라서 남아있는 수분의 함유량이 sand flat에서 mud flat로 갈수록 줄어든다는 것을 의미한다.

클래스별로 density value를 보면 클래스 I이 가장 높은 density value를 보여 평균 190.4

**TABLE 1.** Density value of each class on the TM image in Gomso-Bay tidal flat

Class	Area (km <sup>2</sup> )	Density value							Mean value	Difference*
		Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 7			
I (mud flat)	27.4	221.3	216.2	238.9	108.1	170.7	186.6	190.4	70.4	
II (mixed flat)	30.2	200.0	193.6	205.8	93.0	129.2	142.0	160.6	78.4	
III (sand flat)	18.5	178.2	185.4	193.4	85.4	83.6	83.6	78.0	103.4	
IV (shallow water)	32.3	187.5	179.0	163.8	65.3	64.3	64.3	74.5	108.8	

\* The difference is the mean density value of short wave bands(1, 2 and 3 bands) minus that of the longwave bands(4, 5 and 7 bands)

이고, 클래스 II, III, IV쪽으로 갈수록 값이 낮아져 클래스 IV에서는 122.4로 나타났다. 이것도 역시 식생이 피복되지 않은 노출지에는 상대적으로 건조된 땅은 밝게 나타나고 수분함유량이 많을수록 어두우며, 표면이 수면으로 완전히 덮여 있는 곳이 가장 어둡게 나타나는 결과로 설명되어 질 수 있다.

다음으로 이들 4개의 클래스에 대한 각 밴드의 판별력을 살펴보기로 한다. 클래스간에 density value의 차이가 크게 나타나는 밴드는 변별력이 높은 밴드라 할 수 있다. 이와 같은 관점에서 밴드별 클래스간의 density value의 차를 계산한 것이 표 2이다. 표 2에서 클래스 I과 II 간의 density value의 차이는 모든 band에서 상대적으로 크며, 특히 5, 7 밴드에서는 아주 크게 나타났다.

클래스 II와 III간의 density value의 차는 5, 7 밴드에서 크고 밴드 1에서는 중정도이며, 나머지 밴드에서는 작다. 클래스 III과 IV 간의 density value의 차는 3, 4, 5 밴드가 중정도이며 다른 밴드에서는 낮다. 밴드 4는 전반적으로 density value가 낮고 클래스간의 차도 작

게 나타난다. 그러나 육지에서는 밝게 나타나 육지와 간석지간의 경계가 가장 뚜렷하게 나타난다. 밴드 4는 근적외 영역 탐지 밴드로 식물의 엽록소를 강하게 반영하기 때문에 식생이 피복된 육상은 밝게, 그러나 식생이 거의 없는 간석지는 어둡게 나타난 것으로 해석할 수 있다.

결론적으로 간석지의 미지형 분류에는 5, 7 밴드가 변별력이 가장 높고, 바다와 간석지의 경계를 찾기 위해서는 밴드 3이, 육지와 간석지의 경계를 찾기 위해서는 밴드 4가 유용하다는 것이 밝혀졌다.

### 분류된 지역의 퇴적물 입도 특성

무감독 분류에 의하여 분류된 간석지의 3 부분이 퇴적물 특성상으로는 어떻게 다르게 나타나는가를 검토하기 위하여 줄포만 간석지의 표면퇴적물에 대하여 입도분석을 실시하였다.

시료의 채집은 1997년 9월 5일~7일과 10월 3일~5일의 2차에 걸쳐 대조의 저조위때

**TABLE 2.** The density value difference per class of each band

	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 7
Class I - Class II	21.3	22.4	33.1	15.1	41.5	44.6
Class II - Class III	21.8	8.2	12.4	7.6	45.6	64.0
Class III - Class IV	-9.3	6.4	29.6	20.1	19.3	3.5



FIGURE 2. Deposits sampling points on the tidal flat of Gomso-Bay

노출된 간석지의 표면에서 실시했으며, 갯골은 피하고 갯골과 갯골사이의 평탄면 상에서 실시하였다. 대략 등간격으로 총 42개 지점에 대하여 약 500g씩 시료를 채취하였다(그림 2).

입도별 분류는 4 $\phi$ 보다 더 세립질은 비중계법에 의해 분류하고 4 $\phi$ 보다 더한 조립질은 표준분석체에 의해 분류하였으며 그 결과는 표 3과 같다. 비중계법에 의한 결과에 의문점이 있는 시료(No. 20, 28)에 대해서는 비이커에 의한 침강법으로 재차 검증하였다. 비중계법 실험을 위하여 먼저 퇴적물의 비중을 계산해 본 결과 대부분의 퇴적물은 2.5 $\pm$ 0.1 정

도의 비중이었으나 내만 깊은 안쪽 지역의 시료인 33(구진), 42(후포)가 3.0을 넘는 수치를 보여 특이하였다. 그러나 원인은 현재 밝혀내지 못했다.

각 퇴적물을 phi scale 1 간격으로 분류·계량하고 이를 백분율로 환산하여 단순빈도곡선과 누가빈도분포곡선을 작성하였다

이 누가빈도분포곡선을 기초로 Imman의 공식에 의거하여 평균입경(mean phi), 분급(standard deviation), 왜도(skewness)를 계산하였다.

이와 같이 계산된 각 지점의 평균입경, 분

TABLE 3. Grain size analysis of tidal flat deposits in Gomso-Bay

	Number of Sample	Mean phi	Mean S.D.	Mean Skewness	5phi 이하 세립질 포함량 평균
mud flat	24	4.68	1.50	+0.075	34.67
mixed flat	13	4.13	1.20	-0.088	17.97
sand flat	5	2.93	0.73	-0.018	2.62

급, 왜도를 각 미지형 단위별로 평균하여 표 3에 나타내었다. 표의 마지막란에 5 $\phi$ 이하 세립질의 포함율(%)을 추가했는데 이것이 클래스 I 지역 퇴적물 및 미지형 형성에 깊은 관련이 있을 것이라는 가정에서이다. 조류에 의한 퇴적물의 운반양식에도 하천에서

처럼 조립질 퇴적물이 바닥으로 구르거나 (traction) 뛰면서(saltation) 운반되는 바닥하중 (bed load)과 세립질 퇴적물이 혼탁류상태로 물에 떠서 운반되는 부유하중(suspended load)이 있다.

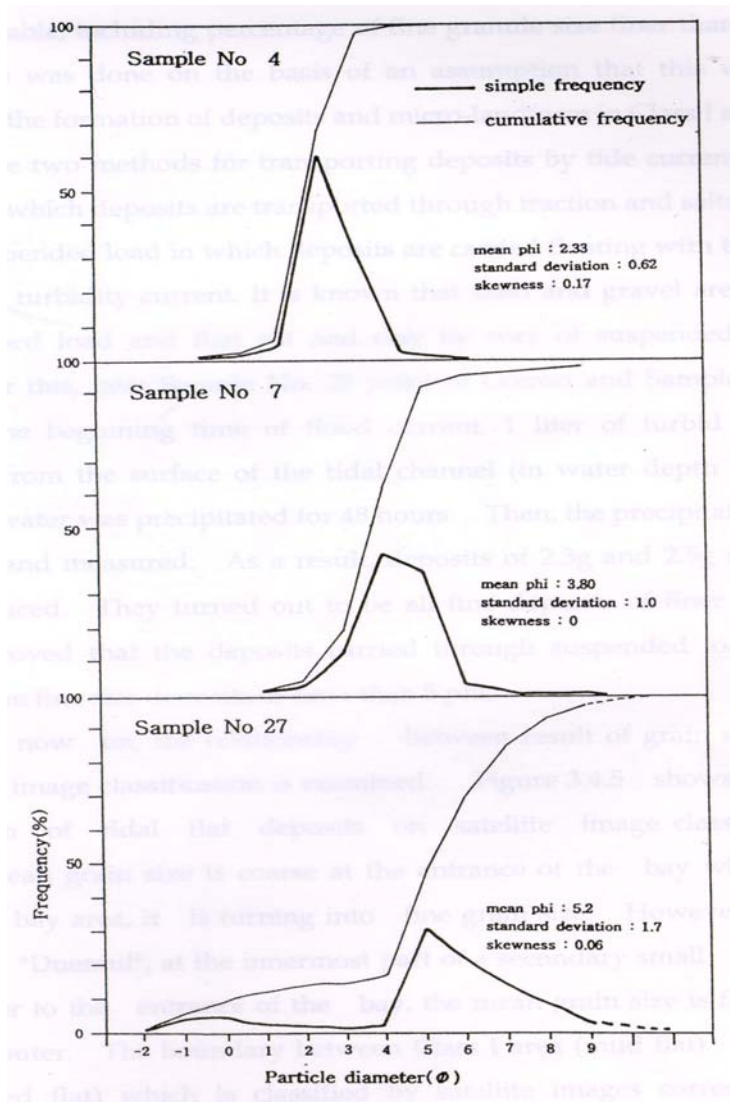


FIGURE 3. Simple frequency curve and cumulative frequency curve at sand flat(sample No.4), mixed flat(sample No.7), mud flat(sample No.27)



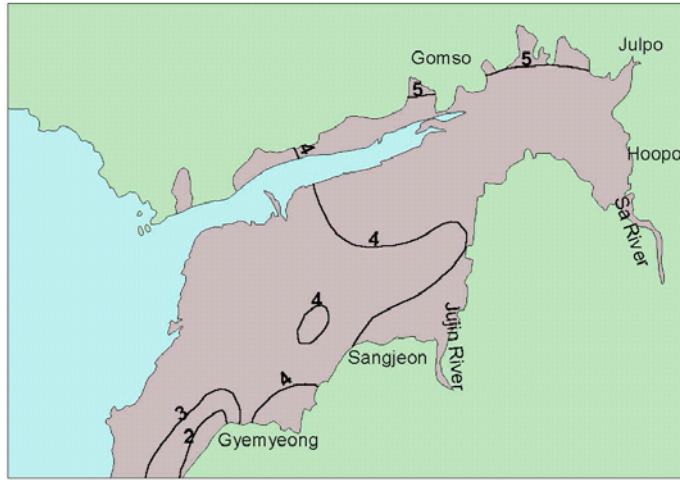


FIGURE 4. Mean phi distribution of Gomso tidal flat deposits

일반적으로 모래와 자갈은 바닥하중으로 그리고 실트와 점토는 부유하중으로 운반되는 것으로 알려져 있다. 이를 검증해 보기 위하여 고평소 부근(No.29 지점)과 줄포 부근(No. 40 지점)에서 저조와 고조의 중간시점에 갯골을 따라 밀려오는 밀물의 표면에서(당시 수심 약 1m) 각각 1ℓ씩의 혼탁류를 채집하여 48시간 침전시킨 뒤에 침전물을 건조하여 계량한 결과 각각 2.3g, 2.5g의 퇴적물이 나왔으며 이들은 모두  $5\phi$  이하의 세립질 퇴적물이었다. 따라서 본 간석지에서 밀물 때 부유하중으로 운반되는 퇴적물은  $5\phi$  이하의 세립질 퇴적물이라는 것이 밝혀졌다.

다음으로 퇴적물 분석결과와 분류된 지역과의 관련성을 검토해 보았다. 그림 4는 위성영상 분류도상에서 퇴적물 평균입경의 등치선을 도화한 것이다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 평균입경은 만구쪽은 조립질이고 만내쪽으로 갈수록 세립으로 변하는 일반적인 경향을 보이고 있다.

그러나 ‘두어물’과 같이 만구쪽에 가까우면서도 2차적으로 만입된 작은 만의 안쪽에는 평균입경이 주변보다 훨씬 세립화되어 있다. 더 자세히 정리하면 위성영상으로 분석된 간

석지 클래스 I 지역(mud flat)과 클래스 II 지역(mixed flat)의 경계는 평균입경  $4\phi$ 의 등치선과 대략 일치하여 클래스 I 지역의 퇴적물은 평균입경이  $4\phi$ 보다 세립질이며, 클래스 II, III 지역의 평균입경은  $4\phi$ 보다 조립질이다. 그러나 II 지역과 III 지역간의 경계는 평균입경으로는 어떤 설정도 할 수 없다.

그림 5는 위성영상분류도 상에서 퇴적물 분급을 나타내는 표준편차  $\sigma$  값의 등치선을 도화한 것이다. 만구쪽은 분급이  $0.6\sim 0.7\sigma$  S.D.로 아주 좋고, 만내쪽으로 갈수록 분급이 나빠지며, 2차만의 안쪽은 더욱 나빠져  $2.0\sigma$  S.D. 이상을 나타내고 있다. 위성영상으로 분류된 간석지 클래스 I 지역은 표준편차  $1\sigma$ 보다 큰 즉, 클래스 II, III 지역보다 분급이 나쁜 지역이다. 그러나 클래스 II 지역과 클래스 III 지역을 구분할 분급치는 분명하지 않다.

그림 6은 위성영상 분류도 상에 퇴적물의 왜도를 나타낸 것이다. 왜도는 (+)지역과 (-)지역으로 나누어졌다. 왜도는 분포곡선의 형태가 평균치를 중심으로 좌우대칭이면 0으로 나타나고, 왼쪽은 짧은 폭으로 집중되어 있는데 오른쪽은 넓은 폭으로 확산되어 있으면 양(+), 그 반대일 경우는 음(-)으로 나

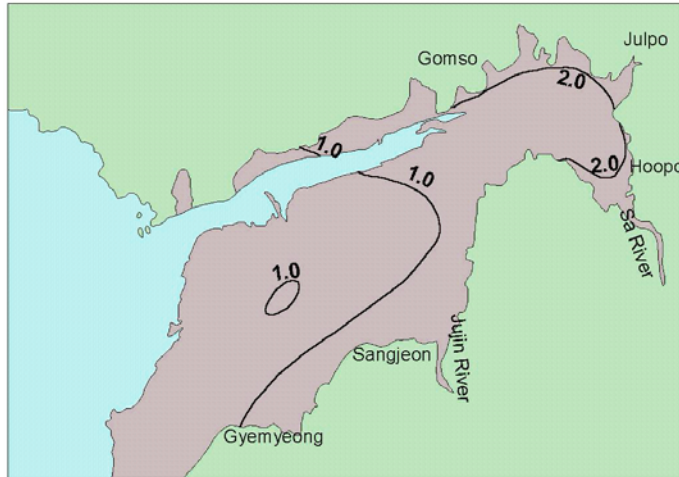


FIGURE 5. Sorting(standard deviation) distribution of Julpo tidal flat deposits.

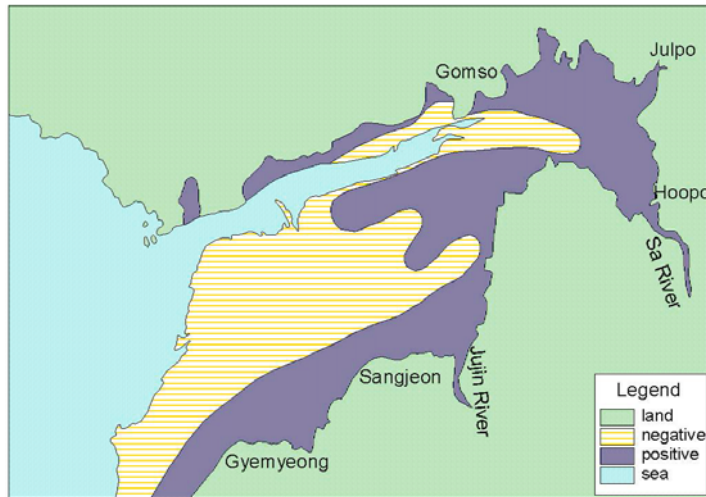


FIGURE 6. Skewness distribution of Gomso tidal flat deposits

타나며, 그 비대칭의 경향이 크면 클수록 값이 많아진다. 퇴적물 입도별 중량분포곡선에서 왼쪽은 조립질이고 오른쪽은 세립질이므로 (+)왜도를 보이는 퇴적물은 조립질 퇴적물 그룹이 집중분포하고 있는 데 대하여 세립질 퇴적물 그룹은 확산분포하고 있는 퇴적물이며, (-)왜도를 보이는 퇴적물은 그 반대이다.

그림 6에서 만구쪽과 주수로쪽 퇴적물은

(-)왜도를 보이고, 만내쪽과 주수로에서 멀고 해안선에 가까운 쪽은 (+)왜도를 보이고 있다. 위성영상으로 분류된 간석지 클래스 I 지역의 시료는 (+)왜도를 나타내는 경향이 강하고, 클래스 II, III 지역의 시료는 (-)왜도를 나타내는 경향이 강하다. 그러나 왜도의 (-) 및 (+)의 경계가 위성영상으로 구분된 간석지 지역경계와 일치한다고는 할 수 없다.



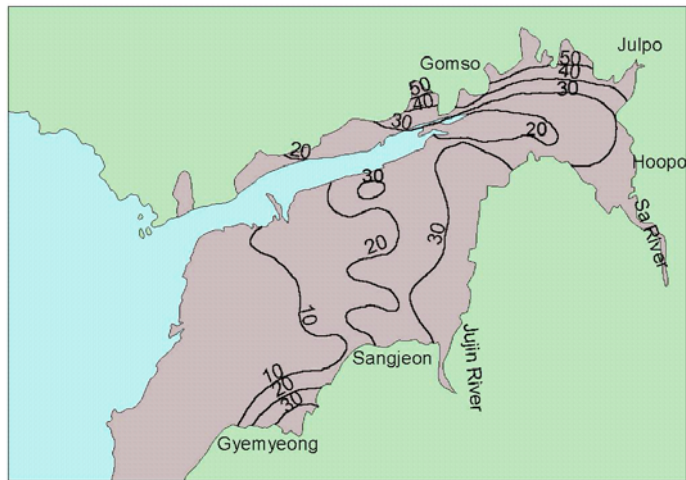


FIGURE 7. The percentage distribution for finer than 5phi of Gomso tidal flat deposits

그림 7은 각 지역 시료 속에 5 $\phi$  이하의 세립질 퇴적물이 얼마나 포함되어 있는가를 계산하고 이를 기초로 한 등치선을 위성영상 분류도 위에 그린 것이다. 앞에서 언급한 것과 같이 간석지에서 5 $\phi$  이하의 세립질 퇴적물은 밀물 때 부유하중으로 운반되는 것으로 분석되었다.

일반적으로 만구쪽과 주수로쪽은 이들 부유하중의 포함율이 낮게 나타나고, 만내쪽으로 갈수록 부유하중의 포함율이 높게 나타나며, 2차만의 안쪽에는 더욱 높게 나타나고 있다. 위성영상으로 분류된 지역과 관련시켜 볼 때 클래스 III 지역은 거의 대부분 10% 미만의 지역에 분포되어 있으며, 클래스 I 지역은 20% 이상 지역에 대부분 포함되어 있음을 알 수 있다. 클래스 II 지역은 10% 이하지역과 20% 이상지역에도 포함되어 있으나 중심부는 10%~20% 포함지역에 분포되어 있다.

이상에서 검토해 본 결과를 종합해서 위성영상으로 분류된 곶소만 간석지의 3개 지역 퇴적물 입도 특성을 요약하면 다음과 같다.

클래스 I 지역은 평균입경 4 $\phi$  이상이며, 5 $\phi$  이하의 세립질 퇴적물이 20% 이상 포함

되어 있는 세립질 퇴적물로서 분급은 1 S.D. 이상으로 나쁘고, (+)왜도를 나타내는 경향이 강하다.

클래스 II 지역과 클래스 III 지역은 평균 입경이 4 $\phi$  이하의 조립질로서 분급은 1 S.D. 이하로서 좋으며, (-)왜도를 나타내는 경향이 강하다. 5 $\phi$  이하의 세립질퇴적물의 포함율은 정확히 일치하지는 않지만 클래스 II 지역은 10~20% 지역에, 클래스 III 지역은 10% 이하 지역에 대부분이 분포하고 있음을 알 수 있다.

### 분류된 지역의 지형특성

본 절에서는 위성영상으로 분류된 간석지의 3개 지역에 대하여 현지 지형조사로 밝혀진 지형특성을 기술하였다.

클래스 I 지역의 지상사진은 그림 8과 같다. 사진에서 볼 수 있는 것과 같이 이 지역은 지형적으로 평탄한 표면과 이를 개석한 협곡을 축소해 둔 것과 같은 지형모양을 나타낸다. 갯골의 바닥과 평탄면간의 비교는 평균 2m 정도이고 큰곳은 3m에 이르는 곳도 있다. 갯골바닥

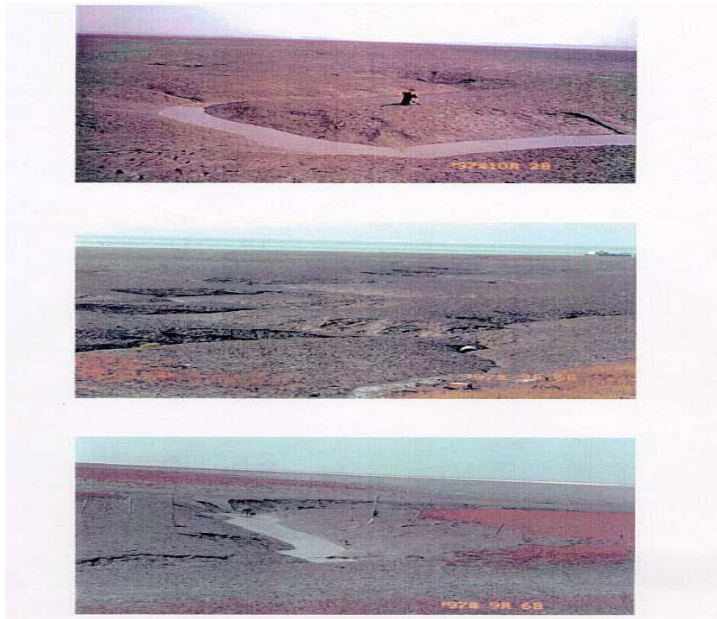


FIGURE 8. Terrestrial photo of Class I area(mud flat)

도 해면이 가장 낮을 때는 물이 모두 빠지고 노출된다. 갯골의 벽은 가파른 경사를 이룬다. 갯골의 벽이 무너지지 않고 이와 같이 가파른 벽을 유지할 수 있는 것은 입도분석에서 볼 수 있는 것처럼 실트·점토와 같은 세립질 퇴적물이 많이 포함되어 있어서 점성이 강하기 때문인 것으로 판단된다. 갯골과 갯골사이의 개석되지 않는 평탄면은 기복이 거의 없이 아주 평탄하다. 이 평탄면의 표면에는 부분적으로 ‘나문재’와 같은 염생초본식물이 피복되어 있지만 피복되지 않는 곳의 면적이 더욱 넓다. 염생식물의 피복은 하천이 유입되는 곳, 즉 주진천 및 사천의 하구부근에 비교적 넓게, 그리고 높은 밀도로 형성되어 있으나 ‘곰소’ 위·아랫쪽 만이나 ‘신복리’ 부근 만에서처럼 육상하천의 유입이 없는 만에서는 거의 피복되지 않고 있다. 이와같은 염생식물의 분포는 하천으로부터 질산염 등 식물의 영양분이 많이 공급되기 때문인 것으로 판단된다.

이상에서와 같은 지형특징과 전절의 퇴적물특징으로 미루어 보아 클래스 I 지역은 ‘mud flat’이

다. 내만쪽 간석지 분류에서 salt marsh와 mud flat를 구분하는 경우가 많은데 본 연구지역에서는 염생식물이 피복된 곳과 피복되지 않은 곳 사이에 뚜렷한 경계나 지형적 차이를 발견하지 못했으며, 위성영상의 무감독 분류에서도 구분되어 나타나지 않았다.

클래스 II 지역의 지상사진이 그림 9이다. 이 지역에도 물이 빠지는 갯골이 있기는 하지만 클래스 I 지역에서 처럼 뚜렷하지 못하다. 물길 바닥과 두 물길 사이의 높은 지점간의 비고가 0.5m 이하로 낮고, 골의 양측에서 아주 완만히 경사져 있어서 곡벽이 존재한다고 할 수 없다. 표면에 작은 돌기부가 있는 것이 특색이다. 이들 돌기부는 게, 낙지, 조개등 구멍을 파고 사는 조간대 동물들이 흙을 일구어 놓은 뒤에 밀물이 다시 이위에 작용하여 이와 같은 돌기부가 만들어진 것으로 추정된다.

퇴적물은 클래스 I 지역보다 모래가 훨씬 많아졌으나 아직도 실트질등 세립질이 상당히 포함되어 있다. 따라서 클래스 II 지역은 모래와 실트가 혼합되어 있는 ‘mixed flat’로 판단된다.

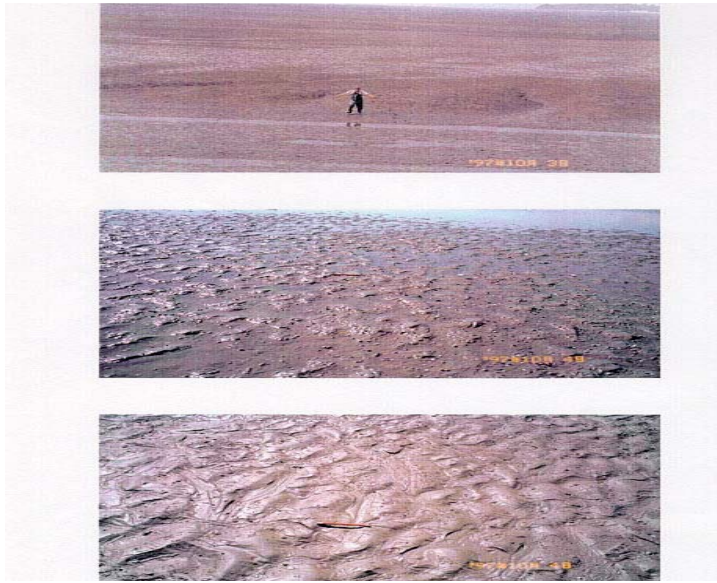


FIGURE 9. Terrestrial photo of Class II area(mixed flat)

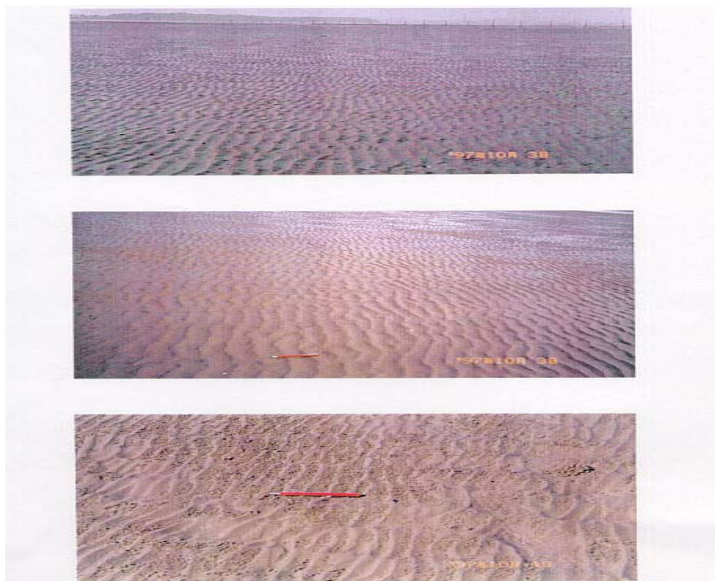


FIGURE 10. Terrestrial photo of Class III area(sand flat)

클래스 III 지역의 지상사진이 그림 10이다. 이 지역에는 갯골이 없는 것이 특징이다. 퇴적물의 대부분이 모래이므로 점성이 없어서 물결

이 형성되더라도 곧 무너져서 남아있지 못한다. 표면은 5cm 전후의 기복을 이루는 물결 무늬(ripple mark)가 있을 뿐 아주 평탄하다. 이

물결 무늬는 바다쪽으로 완경사이고 육지쪽이 급경사를 이루는 비대칭이며, 밀물 때 만들어 지는 것으로서 클래스 III 지역은 'sand flat'로 판단된다.

## 결 론

1. 간석지와 같이 주기적으로 해면하에 잠기고 간조때 노출되는 시간이 짧으며, 형태가 계속 변화해가고 있고, 지형간의 경계가 분명하지 못한 지형을 대상으로 미지형을 분류·계량하는 데는 위성원격탐사가 효과적이었다.
2. 간석지는 트레이닝 영역을 선정하기가 어려우므로 감독분류는 불가능했으며, 비계층적 클러스터링 ISODATA 방법에 의한 무감독분류를 실시해 본 결과 바람직한 분류결과를 얻을 수 있었다.
3. Landsat TM영상의 7개 밴드 중에서 간석지 미지형간의 변별력은 5, 7 밴드가 가장 높고, 육지와 간석지간의 경계를 확연하게 보여주는 영상은 밴드 4이며, 해면과 간석지의 경계를 잘 보여주는 것은 밴드 3이었다.
4. Landsat TM영상의 무감독분류를 통하여 곱소만 간석지는 3 클래스로 분류되었는데, 이들 각 지역에 대한 퇴적물 입도분석조사, 현지 지형조사를 통하여 검증해 본 결과 가장 만내쪽에 분포하는 것이 mud flat이며, 중간이 mixed flat, 가장 바다쪽이 sand flat임이 확인되었다. mud flat 일부에는 '나문재' 초본식물이 넓게 피복되어 있으나 본 분류에서 이의 피복된 지역과 피복되지 않은 지역간의 영상의 차이가 전연 나타나지 않아 구분되지 않았다.
5. mud flat 퇴적물은 평균입경이 4  $\phi$  이상이고, 5  $\phi$  이상의 세립질이 20% 이상을 포함하는 세립질 퇴적물로서, 분급은 1 S.D. 이상으로 나뉘며, (+)왜도를 나타내는 경향이 강하다. mixed flat와 sand flat는 평균입경이 4  $\phi$  이하로 조립질 퇴적물이고, 분급은 1 S.D 이하로 좋으며, (-)왜도를 나타내는 경향이 강하다. 5  $\phi$  이하의 세립질 퇴적물의 포함율은 mixed flat가 10~20%, sand flat가 10%이하이다.
6. 지형적으로 mud flat는 평균 기복 2m에 달하는 갯골과 평탄면으로 이루어진 데 대하여 sand flat는 평균기복 10cm이하의 물결무늬가 발달한 아주 평탄한 지형이며, mixed flat는 이 양자의 중간형태를 취한다. **KAGIS**

## 참고문헌

장진호, 박용안, 한상준. 1996. 한국 서해안 곱소만 조간대의 제4기 층서와 해수면 변화. 한국해양학 회지 31(2):59-72.

조명희. 1989. Landsat TM영상을 이용한 토지피복분류 -낙동강하구지역을 사례로-, 경북대학교 박사학위논문. 154쪽.

조명희, 조화룡. 1997. 한국의 간석지 분포. 한국지역지리학회지. 3(2):195-208.

Budd, J.T.C. and E.J. Milton. 1982. Remote sensing of salt marsh vegetation in the first four proposed Thematic Mapper. International Journal of Remote Sensing. 3(2):147-161.

Ezra, C.E., L.R. Tinney and R.D. Jackson. 1984. Effects of soil background on vegetation discrimination using Landsat data. Remote Sensing of Environment 16:233-242.

Jo, M.H. 1998. A geomorphological study on coastal land classification using satellite remote sensing and GIS, Ph.D. Thesis, Tokai University, Japan, 124pp.

Khan, M.A., Y.H. Fadlallah and K.G.

- Al-Hinai. 1992. Thematic mapping of subtidal coastal habitats in the western Arabian Gulf using Landsat TM data - Abu Ali Bay, Saudi Arabia. *International Journal of Remote Sensing*, 13(4):605-614.
- Klemas, V., D. Bartlett and R. Rogers. 1975. Coastal zone classification from satellite imagery. *P.E.R.S.* 41(5):499- 513.
- Park, Y.A. and K.S. Choi. 1998. Silty tidal rhythmites from the upper pleistocene sedimentary sequence, western coast of Korea. *Journal of the Korean Society of Oceanography* 33(3):71-79
- Wagle, B.G. and N.H. Hashimi. 1990. Coastal geomorphology of Mahe Island, Seychelles. *International Journal of Remote Sensing* 11(2):281-288. **KAGIS**