

## 위성영상을 이용한 줄포만 간석지의 미지형 분류와 지형적특성

조명희\* · 조화룡\*\*

경일대학교 측지공학과\* · 경북대학교 지리교육과\*\*

### Micro-Landform Classification and Topographic Property of Tidal Flat in Julpo-Bay using Satellite Image

Myung-Hee Jo\* and Wha-Ryong Jo\*\*

Department of Geodetic Engineering, Kyungil University\*, Department of Geography Education, Kyungpook University\*\*

**Abstract :** Through the ISODATA method of unsupervised classification, the micro-landform of Julpo-Bay tidal flat was classified into mudflat, mixedflat, and sandflat using Landsat TM image. Each showed an apparent differences in its topographical characteristics and grain size composition. Mudflat occupied innermost part of the tidal flat, sandflat located closest to the entrance of the bay and mixed flat in the center is. For example, mudflats are formed with flat faces and tidal channel. Topographically, mudflat consist of tidal channels and flat intermediate surface. Its average relief of them is about 2 meter. Meanwhile, sandflat comprised very flat landform with well-developed ripple marks of less than 10cm average relief. And Mixed flat stood in between. In addition, Out of 7 bands of Landsat TM images, band 5 and 7 provided the highest power level for discrimination between micro-landforms of the tidal flat. Band 4 showed a clear boundary between the land and tidal flat, and band 3 did its share by showing well a boundary between the sea surface and the tidal flat.

**Key Words :** tidal flat, satellite image, unsupervised classification, micro-landform classification, tidal channel

**요 약 :** Landsat TM 위성영상을 이용하여 전라북도 줄포만 간석지의 미지형을 무감독분류의 ISODATA기법으로서 분석한 결과 mudflat, mixed flat, sandflat의 3지형으로 분류되었다. 각각의 미지형들은 퇴적물 입도와 지형에 있어서 상이한 특성을 나타내었으며, mudflat은 내만쪽에 위치하고 sandflat은 만의 입구 그리고 mixedflat은 그 사이에 각각 분포하였다. 각 지역의 지형적특성으로는 2m내외의 갯골이 평탄면 사이에 분포하는 mudflat과 평균기복이 10cm이하로서 아주 평탄한 지형으로 물결무늬가 발달한 sandflat 그리고 이 양자의 중간형태를 취하는 mixedflat으로 구분되었다. 아울러 Landsat TM의 7개의 밴드중에서 밴드 5와 7이 간석지의 미지형분류, 밴드 4는 육지와 간석지의 분류 그리고 밴드 3은 해면과 간석지의 분류에 각각 효율적임이 밝혀졌다.

**주요어 :** 간석지, 위성영상, 무감독분류, 미지형분류, 갯골

## 1. 서론

줄포만은 한국 서해안 중남부에 있는 만으로 행정적으로는 전라북도 부안군과 고창군사이에 위치한다. 이 만의 형성은 지질적인 차별침식의 결과로 해석된다. 즉 만의 북쪽의 변산반도와 남쪽의 경수산, 소요산지괴는 중생대 백악기의 안산암등 화산암질로 비교적 침식에 강하여 400m 전후의 산지를 이루고 있는 데 대하여 중앙의 만 부분과 이 만 안쪽(동쪽)으로 연결되는 평야부는 심층풍화를 받는 쥐라기화강암으로 침식에 약하기 때문에 저지와 만이 형성된 것으로 판단된다.

이 만은 평균폭(남-북) 5-6km, 길이(동-서) 17 km의 만으로 수심이 얕아서 低潮때는 넓은 간석지가 드러나며, 중앙물길(main tidal channel)과 만의 입구에서도 수심 2-3m에 불과하다.

줄포만에는 檢潮基地가 없기 때문에 이 만의 공식적인 潮差가 발표된 바는 없다. 그러나 북쪽의 근산외항(대조승 6.6m, 소조승 5.0m)과 남쪽의 안마도(대조승 5.1m, 소조승 3.9m)의 조차로부터 추정하면 줄포만의 대조차는 약 6m정도라 할 수 있다.

간석지(tidal flat)란 潮間帶에 형성된 퇴적지형으로 만조때는 물밑에 잠기고 간조때는 노출된다. 간석지의 바다쪽에 방조제를 만들어 간척하면 농경지, 도시용지로 이용될 수 있기 때문에 경지가 부족한 지역에서는 주요한 토지자원이 된다 (Wagle and Hashimi,1990).

줄포만의 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 줄포만은 대부분의 간석지가 원형 그대로 남아 있어서 간석지연구에 이상적인 대상지라 할 수 있다.

본 연구에서는 줄포만 간석지를 대상으로 Landsat TM영상으로 간석지 미지형을 분류하고, 분류된 각 미지형의 지형 및 퇴적물특성을 현지조사, 실험실분석을 통하여 검증하였다. 이와같은 간

석지의 미지형분류와 토양 및 지형의 검토는 간척 계획수립과 간척된 후의 토지이용에 매우 유용할 것으로 사료된다.

영상의 선택을 위하여 최근 25년간 Landsat위성이 획득한 영상자료 목록을 입수하고, 潮汐表에 의해 줄포만의 저조위시간과 위성영상탐지 시간이 가장 근접한 영상을 선택한 결과 1996년 9월 1일 영상이 선택되었다.

## 2. 영상처리 및 분류

### 1) 기법선택과 처리과정

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

토지피복을 분류하는 기법으로는 모식지역을 정확히 선정할 수 있는 클래스들로만 이루어진 지역에 대하여서는 감독분류가 가장 많이 이용되고 있다(조, 1989, Jo, 1998). 그러나 본 연구의 대상지역인 간석지는 지형을 세분해 둔 선행연구도 없으며, 지형적으로도 어떤 뚜렷한 경계가 있는 것이 아니다. 그렇지만 지형이나 퇴적물 입도조성이 灣內에서 灣口쪽으로 갈수록 점차로 변해가고 있어서 만내지역과 만구지역을 비교하면 많은 차이를 보인다(조, 1997). 따라서 본 간석지 분류에서는 무작위로 추출된 화소(pixel)자료를 군집화(clustering)하여 그룹으로 분할하는 무감독분류의 방법을 선택하기로 하였다.

군집화란 유사한 반사특성값끼리 그룹화하는 방법이다. 군집화과정은 계층적방법(hierarchical clustering)과 비계층적방법(non-hierarchical clustering)으로 나누어지는데 본 연구에서는 후자에 속하는 ISODATA방법을 선택하였으며 그 절차는 다음과 같다.

(1) 객체화는 초기 군집중심과의 거리를 계산하여 가장 가까운 군집에 그 개체를 배치한다.

- (2) 재배치된 새로운 군집의 중심을 계산하고, (1)의 과정을 되풀이한다. 재배치된 개체의 수가 어느 한계치 이하이면 수렴된 것으로 본다.
- (3) 미소한 군집 등을 제거한 후, 군집의 수가 일정범위 내에 있고 군집중심간의 거리가 어느 한계치 이상이거나, 군집내 분산의 최대치가

어느 한계치 이하일 때 군집화가 종료된다. 군집화의 종료조건이 만족되지 않는 경우에는 군집의 결합이나 분열에 의해 군집의수, 중심간의 거리 등을 조정한다. 그리고 (1)로 되돌려 재배열을 반복한다.

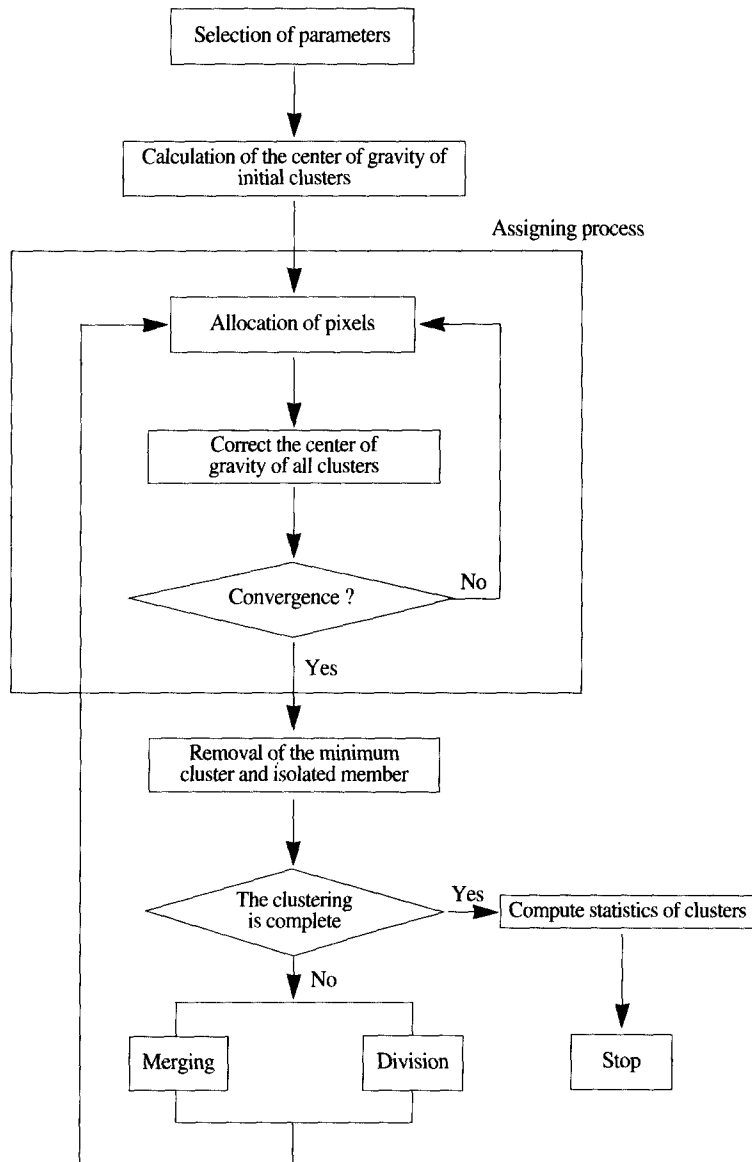


Fig. 1. Flow of non-hierarchical clustering(ISODATA method)

## 2) 분류 결과

위와 같은 과정으로 분류된 줄포만과 그 주변 지역의 분류도가 그림 2와 같다. 이지역은 10개의 클래스로 나누어졌고 바다쪽이 크게 5개의 클래스, 육지쪽이 대략 5개의 클래스로 구분되었다. 육지쪽 부분을 제외하고 바다쪽 부분만을 살펴보면, 먼저 간석지가 3개의 class(흑색, 주황, 적색), 해수면 부분이 크게 2개 클래스(연노랑색, 청색)로 나누어졌다.

이와같이 나누어진 각 class는 지형조사를 통하여 간석지의 가장 만내쪽에 넓게 분포하는 class I(흑색)은 mudflat, 중간에 분포하는 클래스 II(주황색)는 mixed flat, 가장 만구쪽에 분포하는 class III(적색)은 sandflat이며, 간석지에 바로 인접해 있는 해수인 class IV(연노랑색)는 얇은 수심의 혼탁된 해수이고, 그 바깥쪽의 해수인 class V(청색)는 보다 깊은 수심의 맑은 해수로 해석하였다.

곰소 주변에 염전과 왕새우 양식장이 넓게 분포하는데 거의 바닥이 드러나 있는 염전은



Fig. 2. Classification image of Julpo-Bay tidal flat and its land cover of surrounding area

sandflat와 같이 class III으로 분류되었고, 상당한 수심의 pool을 이루고 있는 왕새우 양식장은 깊은 수심의 맑은 해수와 같이 class V로 분류된 것이 특이하였다.

간석지의 class I-III(mud flat, mixed flat, sand flat)와 해수면 class IV(얇은 수심의 혼탁된 해수)에 대하여 각각의 면적과 밴드별로 휘도값을 측정해본 결과를 표1에 나타내었다. 간석지 면적은 mud flat와 mixed flat가 비슷한 면적으로 각각 27.4km<sup>2</sup>와 30.2km<sup>2</sup>이고 sand flat는 전자의 2개 보다 면적이 좁아서 18.5km<sup>2</sup>를 나타내었다.

다음으로 밴드별 특성을 살펴보면 모든 클래스가 상대적으로 단파인 가시광역(visible)의 1-3band에서 휘도값이 높고, 장파의 적외선역(infrared)인 4, 5, 7band에서 휘도값이 낮아 평균값이 70.4-108.8의 차이가 난다.

이와같은 경향은 아마도 수분과 관계있는 것으로 판단된다. 적외선은 물에서 대부분 흡수되므로 반사량이 적어서 휘도값이 낮고, 단파는 상대적으로 많이 반사되기 때문에 휘도값이 높게 나타난다. 그 차이는 혼탁한 해수인 class IV에서 가장 크고, class III, II, I쪽으로 갈수록 차가 줄어든다. 따라서 남아있는 수분의 함유량이 sand flat에서 mud flat로 갈수록 줄어든다는 것을 의미한다.

클래스별로 휘도값을 보면 class I이 가장 높은 휘도값을 보여 평균 190.4이고, class II, III, IV쪽으로 갈수록 값이 낮아져 class IV에서는 122.4로 나타났다.

이것도 역시 식생이 피복되지 않은 나출지에는 상대적으로 건조된 땅은 밝게 나타나고 수분함유량(soil moisture)이 많을수록 어두우며, 표면이 수면으로 완전히 덮혀있는 곳이 가장 어둡게 나타나는 결과로 설명되어 질 수 있다.

다음으로 이들 4개의 클래스에 대한 각 밴드의 辯別力을 살펴보기로 한다. 클래스간에 휘도값의 차이가 크게 나타나는 밴드는 변별력이 높은 밴드라 할 수 있다. 이와 같은 관점에서 밴드별 클래스간의 휘도값의 차를 계산한 것이 표 2이다. 또한 이를 실제 영상으로 검증해보기 위하여 각 밴

Table 1. Density value of each class on the TM image in Julpo-Bay tidal flat

Class	area km <sup>2</sup>	Density value							
		Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band7	Mean value	Difference*
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(shallowwater)	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)

드별 영상을 출력한 것이 사진 1-7이다. 표 2에서 class I과 II간의 휘도값의 차이는 모든 밴드에서 상대적으로 크며, 특히 밴드5와 7에서는 아주 크게 나타났다.

class II와 III간의 휘도값의 차는 밴드5, 밴드7밴드에서 크고 밴드 1에서는 중정도이며, 나머지 밴드에서는 작다. class III과 IV간의 휘도값의 차는 3, 4, 5밴드가 중정도이며 다른 밴드에서는 낮다. 밴드4는 전반적으로 휘도값이 낮고 클래스간의 차

도 작게 나타난다. 그러나 영상(사진4)에서 볼 수 있는 것처럼 육지에서는 밝게 나타나 육지와 간석지간의 경계가 가장 뚜렷하게 나타난다. 밴드 4는 근적외역(near infrared) 탐지 밴드로 식물의 엽록소(chlorophyl)를 강하게 반영하기 때문에 식생이 피복된 육상은 밝게, 그러나 식생이 거의 없는 간석지는 어둡게 나타난 것으로 해석할 수 있다.

결론적으로 간석지의 미지형 분류에는 밴드5와 밴드7이 변별력이 가장 높고, 바다와 간석지의 경



Photo 1. Image of TM Band 1

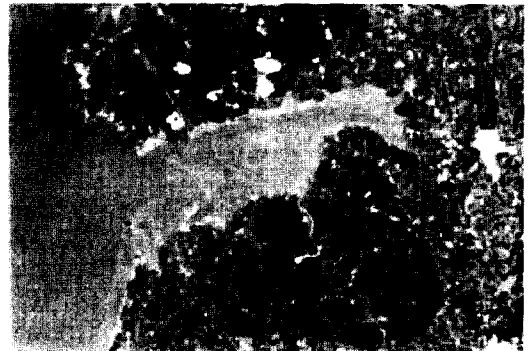


Photo 2. Image of TM Band 2



Photo 3. Image of TM Band 3



Photo 4. Image of TM Band 4

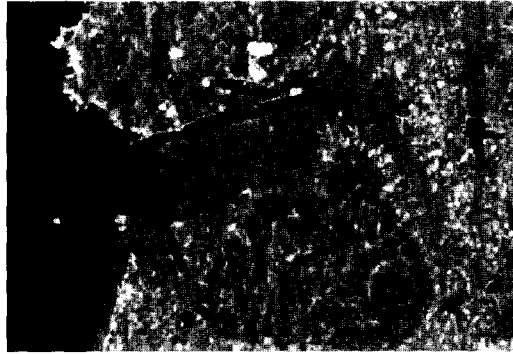


Photo 5. Image of TM Band 5

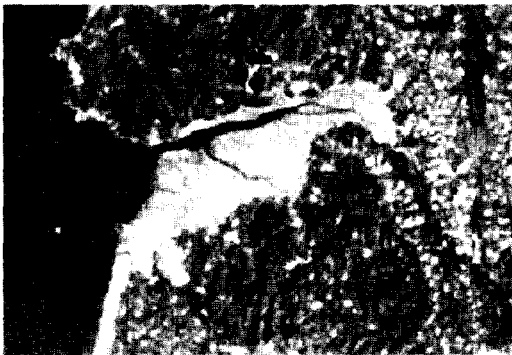


Photo 6. Image of TM Band 6

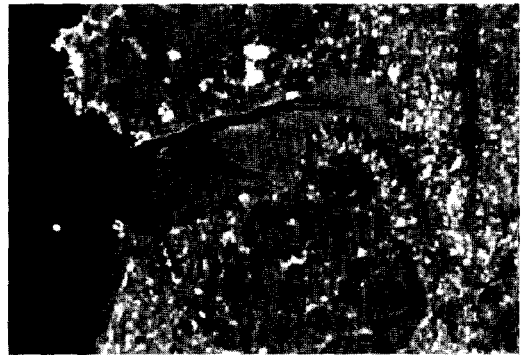


Photo 7. Image of TM Band 7

Table 2. The density value difference per class of each band

Class	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

계를 찾기 위해서는 밴드 3이, 육지와 간석지의 경계를 찾기 위해서는 밴드 4가 유용하다는 것이 밝혀졌다.

### 3. 분류된 지역의 지형특성

본 절에서는 위성영상으로 분류된 간석지의 3 지역에 대하여 현지 지형조사로 밝혀진 지형특성을 기술하기로 한다.

사진 8에서 볼 수 있는것과 같이 이 지역은 지형적으로 평탄한 표면과 이를 開析(개석)한 협곡

을 축조해 둔 것과 같은 지형모양을 나타낸다. 갯골의 바닥과 평탄면 간의 比高는 평균 2m정도이고 큰 곳은 3m에 이르는 곳도 있다. 갯골바닥도 해면이 가장 낮을 때는 물이 모두 빠지고 노출된다. 갯골의 벽은 가파른 경사를 이룬다. 갯골의 벽이 무너지지 않고 이와같이 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 기록이 거의 없이 아주 평탄하다. 이 평탄면의 표면에는 부분적으로 「나문재」와 같은 염생초본식물이



Photo 8. Terrestrial Photo of Class I area(mud flat)



Photo 9. Terrestrial Photo of Class II Area(mixed flat)

피복되어 있지만 피복되지 않는 곳의 면적이 더욱 넓다. 염생식물의 피복은 하천이 유입되는 곳 즉 단진천 및 사천의 하구(river mouth)부근에 비교적 넓게, 그리고 높은 밀도로 형성되어 있으나 「곰소」 위·아랫쪽 만이나 「신복리」부근 만에서 처럼 육상하천의 유입이 없는 만에서는 거의 피복되지 않고 있다. 이와같은 염생식물의 분포는 하천으로부터 질산염등 식물의 영양분이 많이 공급되기 때문인 것으로 판단된다(Budd and Milton, 1982 Khan *et al* 1992) .

이상에서와 같은 지형특징으로 미루어 보아 class I지역은 mud flat이다. 내만쪽 간석지 분류에서 salt marsh와 mud flat를 구분하는 경우가 많은데 본 연구지역에서는 염생식물이 피복된 곳과 피복되지 않은 공간에 뚜렷한 경계나 지형적 차이를

발견하지 못하였다.

class II지역의 지상사진이 9이다. 이지역에도 물이 빠지는 갯골이 있기는 하지만 class I지역에서처럼 뚜렷하지 못하다. 물길의 바닥과 두물길 사이의 높은 지점간의 比高가 0.5m이하로 낮고, 갯의 양측에서 아주 완만히 경사져 있어서 谷壁이 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 이 위에 작용하여 이와 같은 돌기부가 만들어진 것으로 추정된다.

퇴적물은 class I지역보다 모래가 훨씬 많아졌으나 아직도 실트질등 세립질이 상당히 포함되어 있다. 따라서 class II지역은 모래와 실트가 혼합되어 있는 mixed flat으로 판단된다.

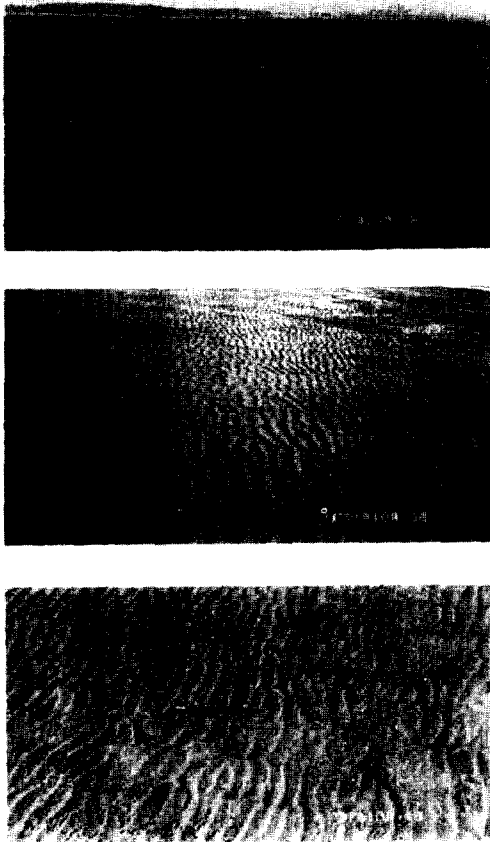


Photo 10. Terrestrial Photo of Class III area(sand flat)

class III지역의 지상사진이 10이다. 이 지역에는 갯골이 없는 것이 특징이다. 퇴적물의 대부분이 모래이므로 점성이 없어서 물결이 형성되더라도 곧 무너져서 남아있지 못한다. 표면은 5cm 전후의 기복을 이루는 물결무늬(ripple mark)가 있을 뿐 아주 평탄하다. 이 물결무늬는 바다쪽으로 완경사이고 육지쪽이 급경사를 이루는 비대칭이며, 밀물 때 만들어지는 것으로 판단된다. 따라서 class III지역은 sand flat으로 판단된다.

#### 4. 결 론

간석지와 같이 주기적으로 해면 하에 잠기고 간조때 노출되는 시간이 짧으며, 형태가 계속 변화해가고 있고, 지형간의 경계가 분명하지 못한

지형을 대상으로 미지형을 分類·計量하는 데는 위성원격탐사기법이 효과적이었다.

간석지는 모식지역을 선정하기가 어려우므로 감독분류는 불가능했으며, 비계층적 근집화의 ISODATA 방법에 의한 무감독 분류기법을 실시해 본 결과 바람직한 분류결과를 얻을 수 있었다.

Landsat TM영상의 7개 밴드중에서 간석지 미지형간의 변별력은 밴드5, 밴드7이 가장 높고, 육지와 간석지간의 경계를 확연하게 보여주는 밴드는 밴드4이며, 해면과 간석지의 경계를 잘 보여주는 것은 밴드 3이었다.

Landsat TM영상의 무감독분류를 통하여 줄포만 간석지는 3 class로 분류되었는데, 이들 각 지역에 대한 퇴적물 입도분석 조사, 현지 지형조사를 통하여 검증해본 결과 가장 만내쪽에 분포하는 것이 mud flat이며, 중간이 mixed flat, 가장 바다 쪽이 sand flat임이 확인되었다. mud flat 일부에는 「나문재」초본식물이 얇게 피복되어 있으나 본 분류에서 이의 피복된지역과 피복되지 않은 지역간의 영상의 차이가 전연 나타나지 않아 구분되지 않았다.

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.

#### 참고문헌

조명희, 1989, Landsat TM영상을 이용한 토지피복 분류 -낙동강하구지역을 사례로-, 경북대학교 문학박사학위 논문, 154p.  
 조명희, 조화룡, 1997, 한국의 간석지 분포, 한국지역지리학회지, 3(2):195-208.  
 Budd, J.T.C., and E.Jmilton, 1982, Remote sensing of salt marsh vegetation in the first four proposed Thematic Mapper, Inter-national 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.
- 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.
- Myung-Hee Jo, 1998, A Geomorphological study on coastal land classification using satellite remote sensing and GIS, Tokai University, ph.D thesis Japan, 124p
- Wagle, B.G., and N.H.Hashimi, 1990, Coastal geomorphology of Mahe Island, Sey-chelles, *International Journal of Remote Sensing*, 11(2):281-288.