

Landsat TM 映像을 이용한 冲積平野 微地形 分類

— 琴湖江 流域平野를 대상으로 —

曹明姬* · 曹華龍**

낙동강의 대지류중의 하나인 금호강 유역분지를 대상으로 하여 Landsat TM 영상의 false color composite를 육안분류하여 충적평야상의 자연제방, 후배습지, 합류선상지 등의 미지형 분류를 시도해 보고 검증하였다.

이를 위하여 1992년 11월 11일에 탐지된 Landsat TM 영상중의 band 2, 3, 4에 blue, green, red filter를 각각 씌워 조합한 false color 영상이 가장 효과적이었음이 규명되었는데, 時期적으로는 미지형별로 綠色植物的 밀도차가 가장 두드러지는 11월 中旬의 영상이 가장 효율적이었다. 즉 배후습지의 논은 벼가 막 수확된 때이므로 裸地 상태이었으나 자연제방 상에는 김장채소, 과수원의 下層 초본식물 등의 녹색식물이 상대적으로 많이 남아 있으며 합류선상지 부분은 논과 밭이 혼합되어 녹색식물의 밀도가 중간 정도로 분포하기 때문인 것으로 판단된다.

이와 같이 false color composite의 색조 차이를 이용한 미지형 분류결과에 대해 sample 지역에서 현지 지형 조사와 퇴적물 粒度分析을 실시하여 검증해 본 결과 충적평야 미지형 분류에 있어서 탐지시기와 band 조합의 대응이 효율적으로 이루어진다면 TM 영상이 매우 유용하다는 것이 밝혀졌다.

主要語 : Landsat TM 映像, false color composite, 冲積平野, 微地形, 粒度分析

1. 序 言

河川이 운반하던 堆積物을 流路 좌우에 쌓으며로서 만들어지는 冲積平野 즉 氾濫原상에는 퇴적물이 상대적으로 砂礫質이고 微高地를 이루는 自然堤防과, 실트, 점토질의 低濕地인 背後濕地, 그리고 그 후면 산록부에 合流扇狀地의 3 지형단위가 있다. 그러나 이들 범람원 상의 미지형들은 폭에 비하여 고도차가 적고, 두 지형 경계에 崖面이나 傾斜變換이 뚜렷이 나타나지 않고 점이적으로 바뀌어지기 때문에 지형분류도 상에서 이들 미지형들을 분류, 도화하는 데는 어려움이 많다. 따라서 일반적으로 이와 같은 미지형 분류는 대축적

항공사진의 판독, 현지조사를 통한 지형관찰과 퇴적물 粒度分析 및 토지이용 상태 등을 분석함으로써 가능하게 된다. 그러나 넓은 지역에 걸친 이와 같은 작업은 많은 경비와 시간을 요한다.

필자들은 금호강 유역분지의 지질, 지형, 토지이용 등을 분석할 목적으로 이 지역의 Landsat TM 映像을 波長別로 組合하여 false color composite를 만들어보는 과정에서 범람원의 미지형을 잘 반영하는 것으로 보이는 false color 조합이 이루어졌으므로 이를 통하여 금호강 범람원의 미지형을 분류하고 검토하여 보았다.

* 경북산업대학교 측지공학과 조교수

** 경북대학교 지리교육과 교수

2. 映像의 選擇과 處理

본 연구에 사용된 영상은 1992년 11월 11일에 촬영된 Landsat TM(Thematic Mapper) 영상으로 慶尙道의 대부분 지역을 cover한 scene (path 114, row 36)의 CCT(computer compatible tape)이다. 이 scene 중에서 금호강의 유역 분지가 포함되는 부분(E128° 24', N36° 07' : E129° 06', N35° 43')을 축척 1/130,000이 되도록 확대한 영상으로 육안분석을 실시했다. 그러나 본고에 게재된 사진은 '安心' 부근에서 '永川 댐'에 이르는 금호강의 중류 부분이고 사진 축척도 게재 과정에서 축소되었다. 분석 범위를 이와 같이 선택한 것은 '安心'보다 하류쪽 금호강 유역 평야에는 비행장과 같은 군사시설이 있고 또 대구시 시가지가 형성되어 있어 지형이 잘 분류되지 않고, 상류지역은 범람원이 좁고 미지형 분화가 잘 이루어져 있지 않으므로 본 연구에서는 제외시켰다.

False color composite는 여러 가지 band 조합을 해보았으나 band 2에 blue, band 3에 green, band 4에 red color filter를 씌워 만들었을 때가 미지형 구분이 가장 뚜렷하게 나타났다. 이들 band 2, 3, 4는 <표 1>에서 볼 수 있는 것과 같이 植生 구분에 유용한 band들이며, 특히 band 4는 近赤外 波長域으로 식물의 葉綠素가 이 파장을 가장 강하게 반사하는 특성을 보여서 녹색 식물의 존재와 더 나아가서 식물의 活性度까지를 섬세하게 반영하는 파장이다.

3. 地形 分類

이상에서 작성된 衛星 映像上에서 하천을 따라 펼쳐져 있는 평탄한 충적평야와 그 주변에 小起伏을 나타내는 침식 丘陵地는 지형적 기복만으로도 영상에서 쉽게 두 지형이 구분되어 일차적으로 분류할 수 있었다. 그러나 冲積平野上的 微地形은 기복이나 지형 경사와 같은 직접적인 지형 특색으로 구분하는 것은 불가능 하였다. 그러나 각 미지형별로 土地 被覆狀態(land cover)¹⁾의 차가 나타나고 이 때문에 TM영상의 false color composite 상에서 이들 미지형간에 分光 특성의 차이를 발견할 수 있었으므로 이를 이용하여 미지형 구분을 시도하였다.

일반적으로 자연계방은 사질 토양이고 상대적으로 높은 지형이므로 배수가 잘 되어 밭농사, 과수원, 樹木園 등으로 이용된다. 그러나 그 후면의 전형적인 배후습지는 상대적으로 낮은 지형이고 토질이 점토, 실트질이기 때문에 배수가 잘 되지 않으며, 벼농사 지역으로만 토지 이용이 이루어지고 있다. 배후습지와 구릉지간에는 小河川의 扇狀地性 퇴적물, 구릉지로부터의 mass movement 작용에 의하여 운반된 斜面堆積物, 그리고 본류의 범람원성 퇴적물로 혼합되어 이루어진 지형으로 배후습지보다는 지형 고도가 다소 높고, 구릉지 쪽으로 아주 완만히 기울어져 높아지고 있다. 퇴적물도 약간 粗粒質로 이루어져 있는데 이런 지형을 金萬亨(1984)은 合流扇狀地로 분류하였다. 이 지형이 다

표 1. Landsat TM sensor의 band별 波長 領域과 그 利用

band	파장영역(μm)	이 용
1	0.45 ~ 0.52	coastal water mapping soil/vegetation differentiation deciduous/coniferous differentiation
2	0.52 ~ 0.60	green reflectance by healthy vegetation
3	0.63 ~ 0.69	chlorophyll absorption for plant species differntiation
4	0.76 ~ 0.90	biomass surveys, water body delination
5	1.55 ~ 1.75	vegetation moisture mearurement
6	10.40 ~ 12.50	plant heat stress management other thermal mapping
7	2.08 ~ 2.35	hydrothermal mapping

자료 : 조영희(1989).

양한 기원의 퇴적물로 이루어져 있지만 본고에서는 편의상 김만정 교수의 명명 방법에 따라 合流扇狀地로 가칭하기로 했다. 이 合流扇狀地 지형의 토지 이용은 벼농사를 증시했던 과거에는 대부분 논으로 이용되었으나 밭 작물의 경제성이 더 높아진 최근에는 상당 부분이 포도, 대추 등 과수원이나 채소밭으로 바뀌어지고 있다.

위성 영상이 촬영된 1992년 11월 11일에 금호강 범람원의 토지 피복 상태를 추정하기 위하여 1996년 11월 중순에 이 지역 토지 피복상태를 살펴본 결과에 의하면 다음과 같다. 배후습지에 주로 형성되어 있었던 논에는 벼가 막 베어진 상태이기 때문에 엽록소를 가진 식물이 하나도 없는 裸地 상태이고 따라서 false color composite 상에 흰색 혹은 연한 청색으로 나타났다. 그러나 자연제방에는 이 시기에 무, 배추, 파 등 김장 채소가 밭에 부분적으로 남아 있고, 과수원일 경우에도 과수의 잎들이 대부분 떨어졌지만 부분적으로 가을비에 의하여 푸른 잎이 나와 있는 것이 많았다. 또 과수원 하층 바닥에는 가을 잡초들이 녹색을 유지하면

서 아직 남아 있었다. 이와 같이 자연제방상에는 이 시기에 녹색식물의 요소가 많이 남아 있어 이들 엽록소가 band 4(近赤外)에서 강하게 반사하고 결과적으로 false color composite에서 적색을 띄게 되며, 배후습지의 흰색과 대조를 이루고 있었다. 자연제방 중에서 특히 더 강한 농도의 적색을 나타내는 것은 아마 김장 채소가 남아 있는 밭일 것으로 판단된다.

배후습지에서 구릉지 쪽으로 이행하는 소위 합류선상지에는 앞에서 언급한 것처럼 토지 이용이 논과 밭이 혼합되어 있기 때문에 이 시기에 녹색식물의 요소가 자연제방보다는 적고, 순수한 논 지역보다는 많아서 false color composite의 색채도 자연제방보다는 농도가 옅고, 백색과 청색의 斑紋이 많은 橙色을 나타내고 있어 다른 지형 단위와 대조를 이루고 있다.

이와 같은 色調의 차이를 기초로 층적평야의 미지형을 분류한 것이 <그림 1>이고 분류 원도가 되었던 false color composite가 <사진 1>이다.

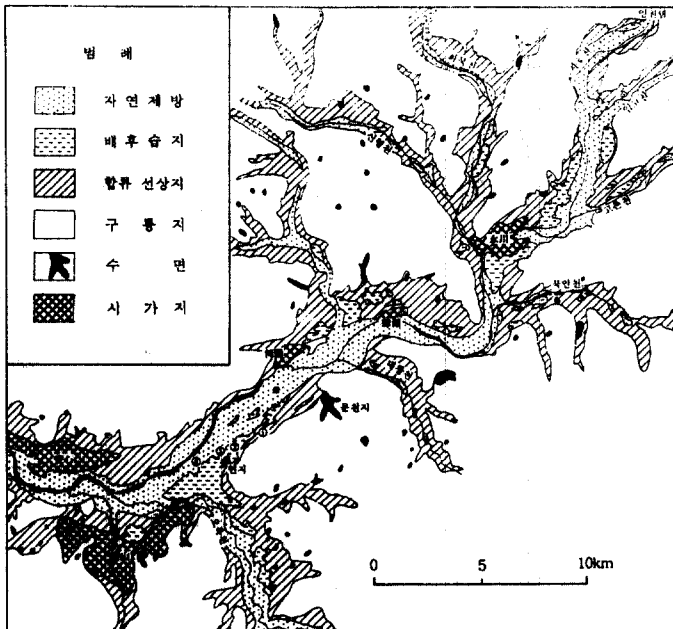


그림 1. 鎭湖江 流域盆地的 微地形分類圖

Landsat TM 映像을 이용한 冲積平野 微地形 分類

이상에서와 같은 false color composite의 미지형 단위별 색조의 차이는 11월 중순의 특징일 뿐이다. 만일 촬영시기가 이보다 더 이른 夏節氣의 시기에 촬영된 영상이었다면 배후 습지의 논지역에도 녹색 식물로 피복되어 이와 같은 구별이 불가능했을 것이다. 또 이보다 더 늦은 冬節氣의 시기에 촬영된 영상일 경우에는 자연제방상의 밭에도 채소가 수확되고 과수원 하층의 草本 植物도 추위로 인하여 생존하지 못하므로 미지형 단위별 색조의 차이가 두드러지지 않을 것이다. 다시 말해

서 금호강 충적평야의 미지형 분류에 있어서 11월 중순의 영상이 유용하고 Landsat TM band 2, 3, 4의 false color 조합이 효과적이라는 것이 밝혀졌다.

아울러 본 조사 지역에는 농업용의 小 貯水池가 매우 많이 분포하고 있는데 이들 저수지 중에서 짙은 청색을 띄고 있는 것은 수심이 깊은 맑은 호수이고 녹색 쪽으로 많이 변색된 것은 水草가 湖面을 덮고 있는 호수라는 것이 현지조사에서 밝혀졌다. 전자의 대표적 예는 文川池를 들 수있고 후

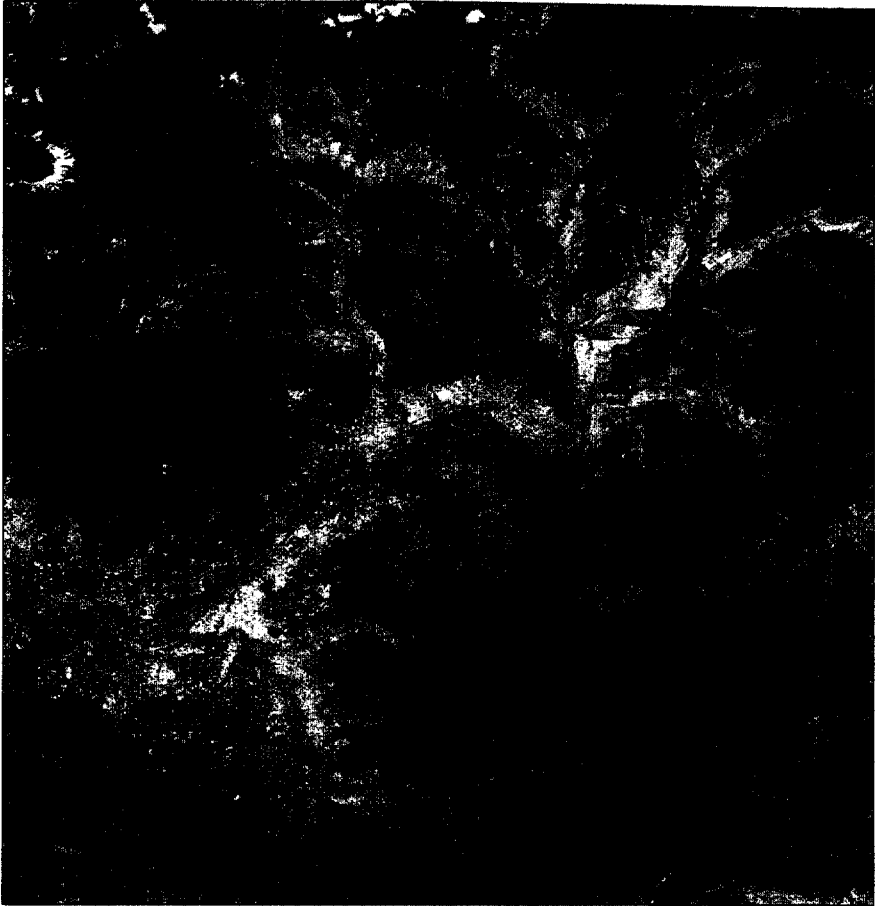


사진 1. 금호강 유역분지의 Landsat TM 4/3/2 False Color Composite

자의 대표적인 예는 蓮池를 들 수 있다.

또한 분류도에 나타내지는 않았지만 주변 산지 및 구릉지의 색조가 갈색을 나타내는 지역과 적색을 나타내는 지역이 있어 대조를 이룬다. 특히 적색은 산록과 구릉지쪽에 두드러지고 높은 산지쪽은 갈색을 띄는 경우가 대부분이다. 그러나 八公山 지역은 고산이면서도 산정 가까이까지 짙은 적색을 띄고 있다. 이와같은 색조의 차이는 산지 삼림의 수종의 차이 때문에 연유된 것으로 보인다. 즉 적색을 나타내는 것은 이 시기에 엽록소를 가지고 있는 樹種이 많은 삼림이고, 갈색을 나타내는 것은 이 시기에 단풍이 들었거나 이미 낙엽이 된 활엽수림이 많이 분포하는 삼림일 것으로 추정된다. 금호강 유역에서 이 시기에 푸른 잎을 가지고 있는 수종은 소나무가 대부분이며, 그밖의 상록수림은 거의 무시할 정도의 양이다. 따라서 이 조합의 false color composite에서 적색의 농도를 수치 영상처리하여 분석하면 송림의 밀도가 높은 지역을 찾아낼 수 있을 것으로 판단 된다.

4. 分類 結果의 檢證

TM 영상의 false color composite로 분류한 층적평야 미지형 분류 결과가 타당한지 여부를 검증하기 위하여 현지 조사와 퇴적물 粒度分析을 실시했다. 조사지역은 慶山市의 河陽邑과 珍良面의 접경 지역인 環上洞, 甬仁洞 지역으로 琴湖 第3橋에서 慶山인터체인지에 이르는 京釜高速道路 연변 지역이다. 현지조사는 TM 영상이 촬영된 시기와 계절적으로 거의 일치하는 1996년 11월 14일에 이루어졌다.

하천을 통하여 적색으로 나타난 지역(自然堤防으로 분류)에는 사과밭, 관상수 식물원, 김장채소밭, 취락들이 입지하고 있었으며, 環上洞 취락들이 입지하고 있는 곳을 최고점으로 한 완만한 微高地(標高 45~47m)를 이루고 있었다. 그 후면에 백색으로 나타난 지역(背後濕地로 분류)에는 벼가 이미 수확된 裸地로만 이루어져 있었고 저평한 지형 경관(표고 44m 전후)을 보이고 있었다.

다시, 그 후면의 백색 반문이 많은 橙色지역(합류선상지로 분류)은 벼가 수확된 논과 원래 논이

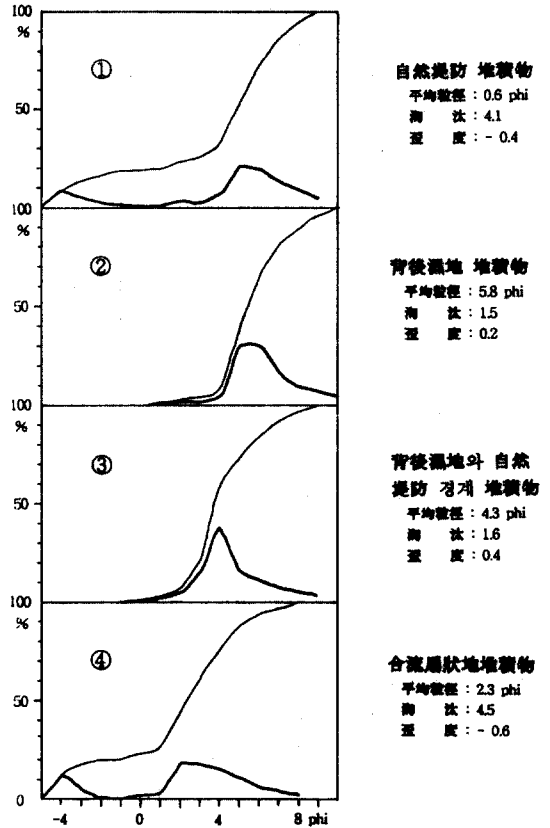


그림 2. 琴湖江 氾濫原 堆積物의 粒度分析 結果

었으나 포도나무, 대추나무들을 심어 밭으로 바뀌어진 것이 혼재되어 있었으며, 지형면은 구릉지쪽으로 1~20° 정도의 완만한 경사로 점차 높아지고 있었다. 이들 각 미지형 단위별로 퇴적물 시료를 채취하여 粒度分析을 실시했다. 퇴적물은 인간활동에 의한 改變을 제거하기 위하여 표면에서 약 0.5~1m 정도 구덩이를 파고 그 아랫쪽의 자연층으로 인정되는 부분의 퇴적물을 채취했다. 濕式分析과 標準分析篩에 의한 입경을 分類·計量하고 이를 histogram으로 나타내고, 이를 기초로 Inman의 공식에 의해 平均粒徑, 淘汰係數(sorting), 歪度(skewness)를 계산한 것이 <그림 2>이다. 합류

선상지(시료 1)의 퇴적물은 실트 및 점토의 세립질 group을 주로 하고 pebble급의 礫을 從으로 하는 雙峯형의 histogram을 나타내며 평균입경이 2.3 ϕ 이며, 淘汰係數 4.5로 분급이 나쁜 퇴적물이었다. 礫은 角礫 亞角礫으로 구릉지 쪽에서 공급된 것으로 보이며, 실트 및 粘土는 本流性의 비중이 높은 것으로 추정된다. 배후습지 중심부의 퇴적물(시료 2)은 실트 및 점토를 주로 하는 單峯型의 histogram을 보이며, 평균입경이 5.8 ϕ , 도태계수 1.5로 다른 시료에 비해서 입경이 훨씬 세립질이고, 분급도 좋다. 따라서 이곳의 퇴적물은 본류가 범람할 때 이 저지를 덮었던 흙탕물로부터 부유하중이 침전하여 공급된 것이 대부분이라는 것을 알 수 있었다.

자연제방과 배후습지의 경계지점의 퇴적물(시료 3)은 시료 2와 histogram의 모양이나 도태계수와 비슷하지만 평균입경이 4.3 ϕ 로서 훨씬 조립질이며 모래와 silt가 반반 정도인 퇴적물이었다. 자연제방 중앙의 퇴적물(시료 4)은 모래·실트의 細粒質 group과 pebble급의 礫으로 이루어진 쌍봉형의 histogram을 나타내며, 도태계수가 4.1로 분급이 불량하였다. 礫은 亞圓礫으로 분류될 정도로 원마가 이루어져 있었다. 시료 채취 지점 인근에 건축물 기초 공사를 위하여 파어진 4m 깊이의 露頭를 관찰할 수 있었는데 아랫 부분은 분급이 좋은 砂礫層을 이루고 있었으나 표면으로 올수록 세립과 조립의 互層을 이루고, 표면 1m 정도의 퇴적물은 분석된 시료와 같이 세립질이 많고 부분적으로 렉이 섞여있는 퇴적물로 이루어져 있었다. 이와 같은 퇴적상의 변화는 이 자연제방이 표면으로 오면서 점차 안정되어 가고 있음을 나타낸다고 할 수 있다.

이상에서와 같이 Landsat TM영상에 의한 미지형 분류 결과는 지형적 특색이나 퇴적물의 특색과 서로 상관성이 높다는 것이 검증되었다. 그러나 현지조사 지역과 퇴적물 시료가 제한되어 충분한 검증이 이루어졌다고는 할 수 없으며 앞으로 보다 더 많은 지역 및 시료의 분석을 통하여 계속 검증해 보려한다.

5. 미지형의 분포 특징

琴湖江은 본류의 길이 118.4km, 유역면적 2087.9km²로 낙동강의 여러 1차 지류 중에서 南江 다음으로 그 길이나 유역면적이 큰 대지류이다. 따라서 永川市, 慶山市, 大邱廣域市域을 포함하는 廣意의 대구 분지²⁾의 물을 모아 대구시 서쪽에서 낙동강에 합류한다. 영천시까지 부근에서 紫湖川, 古林川, 北安川, 華北川, 新寧川 등 5개의 대지류가 합류되고 그 바로 아랫쪽에 상대적인 狹窄部가 있어 홍수 때 하천수가 이 협착부에서 부분적으로 막혀(dam-up) 영천시까지 주변에 넓은 범람원을 형성하였다. 그 아랫쪽 하양 부근에서 靑通川과 大昌川, 慶山 부근에서 오목천과 南川, 대구시에서 新川 등의 지류가 합류되면서 금호강 유역에서 가장 넓은 범람원을 형성한다. 그러나 대구시까지 서쪽 끝(臥龍山 부근)에서부터 낙동강에 합류될 때까지는 협곡부를 이루어 범람원의 폭이 아주 좁다.

금호강의 氾濫原은 영천 Dam 아랫쪽에서부터 크게 넓어져 폭 1~2km 규모로 계속되다가 琴湖邑 부근에서부터 동촌까지 3km 전후의 최대의 폭을 유지한다. 이 범람원 상에 발달한 자연제방은 安心-河陽-琴湖 주변에서 약 1.5km 폭으로 넓어져 연속적으로 나타나고 주변 배후습지에 대한 최고점의 비고는 2~3m 정도이다. 그러나 이보다 상류쪽으로 가면서 자연제방은 폭도 좁아지고 비고도 낮아지며 지류쪽으로 가면서는 연속성도 불량하다. 배후습지는 자연제방만큼 연속적이지 못하고 흩어져 분포하고 있으며, 오목천, 청통천, 북안천, 고촌천 등 큰 지류가 합류하는 곳 즉 자연제방 후면에 비교적 넓게 형성되어 있다. 이들 배후습지는 점토질이고 배수가 잘 안되기 때문에 밭으로 새로 개조되지 못하고 아직도 대부분이 논으로 이용되고 있다.

註

- 1) land use는 인위적이고 기능적인 면을 강조하는데 대하여 land cover는 자연적이거나 인위적이거나 상관없이 지표를 점유하고 있는 물리적·형태적 특

성을 말한다.

- 2) 大邱盆地는 廣義로는 琴湖江 流域盆地와 星州郡 地域을 流域盆地로 하는 白川 流域盆地를 합한 八公山, 寶賢山 남쪽의 慶尙北道 地域을 말하며, 狹義로는 현재 大邱市 市街地가 형성되어 있는 팔공산, 앞산, 와룡산 및 동부 구릉지로 둘러싸여 있는 지역을 말한다.

文 獻

- 秋山 兄, 1996, 農業 리모트센싱, 養賢堂.
- 金萬亨, 1984, 韓國琴湖江流域における堆積低地の地形特性, 地理科學, 39(3), 131-142.
- 曹明姬, 1989, Landsat TM 映像에 의한 土地被覆分類, 慶北大學校 博士學位論文.
- 曹華龍, 1987, 韓國의 沖積平野, 教學研究社.
- Pain C.F., 1985, Mapping of landforms from landsat imagery: an example from Eastern New South Wales, Australia, *Remote Sensing of Environment*, 17(1), 55-65.
- Schreier, H., Goodfellow, L.C. and LauKulich, L.M., 1982, The use of digital multi-date landsat Imagery in terrain classification, *Remote Sensing of Environment*, 12(1), 35-46.
- Shasby M.B., and Carneggie, D.M., 1986, Vegetation and terrain mapping in Alaska using landsat MSS and digital terrain data, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52(6), 779-786.

**Classification of Micro-Landform on the Alluvial Plain
Using Landsat TM Image:
The Case of the Kum-ho River Basin Area**

Jo, Myung-Hee* · Jo, Wha-Ryong**

Summary

We attempt to classifying method of micro-landform on the alluvial plain, such as natural-levee, backmarsh and alluvial fan, using false color composite of Landsat Thematic Mapper image. The study area is Kumho River Basin on the southeastern part of Korea peninsula.

The most effective image for micro-landform classification is the false color composite of band 2, 3 and 4 with blue, green and red filtering. The most favorable time is the middle third of November, because of the density differentiation of green vegetation in most great. In this time the paddy field on the back-marsh is bare by rice harvesting. But on the natural levee the green vegetation, such as vege-

tables and lower herbs under fruit tree, remain relatively more. On the alluvial fan, the green vegetation condition is medium.

For the verification of the micro-landform classification, we employed the field survey and grain size analysis of the deposition of each micro-landform on the sample area. It is clarified that the classification method of micro-landform on the alluvial plain using the Landsat TM image is relatively useful.

key word : Landsat TM Image, false color composite, alluvial plain, micro-landform, grain size analysis

* Assistant Professor, Department of Geodetic Engineering, Kyungpook Sanup University.

** Professor, Department of Geography Education, Kyungpook National University.