特　　講

# Remote Sensing의 農業에의 利用

發表 大　嶋　太　市*

通譯 白　　殷　　基**

## Ⅰ. 序　言

여기서 다룰 「Remote Sensing의 農業에의 利用」에는 다음 5가지 내용을 담고 있다.

① 리모트 센싱이란 무엇인가

② 리모트 센싱에 의해 農業分野에서 알 수 있는 것은 무엇인가

③ 農業에 이용되는 구체적인 예로는 어떠한 것이 있는가

④ 農業에 이용할 때의 문제점은 없는가

⑤ 農業分野에서의 장래성은 어떠한가.

다음 寫眞은 모두 인공위성으로 부터 촬영한 畵像으로서 리모트 센싱 기술로 처리한 결과를 畵像으로 出力시킨 것이다. 리모트 센싱의 특징은 넓은 지역에 대한 地表의 狀態를 알 수 있기 때문에 時期가 서로 다른 畵像을 비교하여 地表變化를 판별할 수 있다는 점이다.

畵像-1은 방글라데시 서부지역에서 인도農業의 경작상태를 LAND SAT 데이터로 부터 해석한 것으로서 소규모 토지를 이용하는 小作農業의 農作物이 갠지스강 주변에 널려 있는 상태를 알 수 있다. 이 畵像에서 赤色부분은 農作物의 녹색 잎을 나타내고 있는 것으로 畵像을 붉게 發色한 것이다. 赤色이 선명한 곳에서는 農作物의 活力度가 좋다는 것을 보여 주며, 灰白色인 곳은 未耕作地로서 농작물이 없는 곳이다.

畵像-2는 카나다와 미국에서의 土地利用形態의 차이를 보여 주는 것으로, 윗 부분이 카나다, 아래 부분이 미국이다. 이 畵像으로 부터 알 수 있는 것은 미국쪽이 비교적 규칙적으로 農作物을 경작하고 있는데 반하여 카나다쪽은 休耕地로 방치되고 있는 狀態이다.

畵像-3은 上部가 미국, 下部가 멕시코로서, 土地利用의 차이, 農作物의 成長度, 生產量의 차이등을 알 수 있다. 중앙의 검게 절단된 부분은 灌漑用 運河를 보여 준다. 이 화상은 약 700km 고도의 인공위성에서 촬영한 畵像이다

畵像-4는 아프리카 사하라 사막에서 綠色이 감소하고 있는 상태를 미국의 기상위성NOAA로 잡은 것이다. 이와같이 지구상의 거시적인 變化現象을 리모트 센싱 기술에 의해 적절하게 파악할 수 있음을 알 수 있다.

이상에서와 같이 人工衛星 畵像을 컴퓨터로 解析함으로써 地球表面의 情報를 波長별, 時期별로 신속하게 얻을 수 있으므로, 이 해석된 데이터를 環境調査와 資源調査에 이용하거나, 地學·農學·林學·水文學·海洋學·氣象學등의 地球表面에 관한 科學技術 분야에 이용할 수 있다. 이러한 리모트 센싱의 手法은 人工衛星이나 航空機 또는 헬리콥터상에 탑재된 기계로 부터 각종 情報를 얻을 수 있다. 또한 지상에서 직접 對象物의 상태를 조사하는 것도 보조수단으로 사용되고 있다. 이는

* 日本法政大學 敎授

** 서울市立大學 敎授

리모트 센싱 기술을 보다 正確하게 하는 것이며, 여기서는 주로 人工衛星을 사용하여 農業에 利用하는 내용을 설명하고자 한다.

## Ⅱ. Remote Sensing이란

Remote Sensing이란 단어를 최초로 사용한 것은 미국으로서, 항공기를 사용하여 赤外線으로 海面과 陸地의 溫度를 調査한 報告書에서 였다. 1960년경 부터 空中이나 宇宙에서 地球表面의 상태를 조사하는 수단으로 널리 이용되어 왔다.

리모트 센싱이라는 단어의 의미는, 리모트(remote)는 떨어진 장소를 의미하고 센싱(sensing)은 感知하는 것을 의미한다. 다시 말해서 떨어진 장소에서 物體에 직접 접촉하지 않고서도 그 物體의 位置나 영역의 분포상태를 計測하거나, 또 어떤 현상이 일어나고 있는가, 그 물체를 둘러 싸고 있는 주위 상황은 어떤가 등을 조사하는 기술이다. 物體를 感知하여 計測하거나 그 상태와 현상을 포착하는 기기가 필요한데 이를 센서(sensor)라고 부른다.

地上에 있는 物體의 太陽光 反射波와 그 물체 자신이 방출하는 放射波를 센서로 포착하여 이를 解析함으로써 物體計測과 判別이 이루어진다. 모든 물체는 눈으로 볼때 色, 模樣 또는 光澤등이 틀리는 것처럼, 각각 자신의 波長을 조합시킨 光을 反射하거나 放射하므로 波長의 組合이 결정되면 物體가 어디에 있는가를 알 수 있다. 또한 동일한 종류의 물체가 어디에 분포하고 있는가도 분명히 알 수 있다. 이와같은 反射波와 放射波를 電磁波라고 부른다.

電磁波를 포착하여 기록한 寫眞像도 하나의 리모트 센싱의 데이터이다. 이밖에도 放射波와 scanner라고 부르는 여러 電磁波 探知器의 기록도 있어서, 카메라로는 포착할 수 없는 波長領域의 데이터도 취급할 수 있다.

圖- 1은 리모트 센싱에 의한 데이터 收集의 개념을 나타내고 있다. 태양으로 부터 나온 광선은 공중에서 散亂·吸收가 이루어져 지상에 있는 對象物에 빛이 다다르면 그중 일부는 吸收되지만 대부분은 反射된다. 그 反射스펙트럼과 物體자신으로 부터 나온 放射스펙트럼이 센서로 들어가 分光된 몇개의 波長帶로 나뉘어져 디지탈 신호로 기록된다. 이렇게 모아진 物體의 데이터는 圖- 2에서와 같은 데이터 處理가 이루어져 사용목적에 적당한 畵像과 데이터가 작성되며, 解析方法에 따라 그 畵像과 데이터의 내용이 分析·判別되어 對象物의 現象解析이 이루어진다. 이 결과가 出力되어 각종 목적에 이용된다.

이 리모트 센싱 기술은 人工衛星과 컴퓨터의 발달로 급속히 진보하여, 衛星이 高度가 높고 일정한 궤도를 선회하고 있기 때문에 지상에서 불가능 한 것으로 생각된 넓은 범위를 극히 단시간내에 探査하거나 반복관측할 수 있다. 이 점이 종래의 기술과 다른 큰 특징이다.

리모트 센싱은 人工衛星이나 헬리콥터를 포함한 航空機에 의한 調査가 주체가 되지만 지상에서 地上觀測車를 이용하거나 직접 관측하여 기초 데이터를 얻음으로써 調査의 정확성을 높일 수 있다. 여기에는 각각 長·短點이 있으므로 이를 서로 組合하여 종합적인 調査시스템으로 각각의 利點을 활용하는 새 시스템이 개발되고 있다.

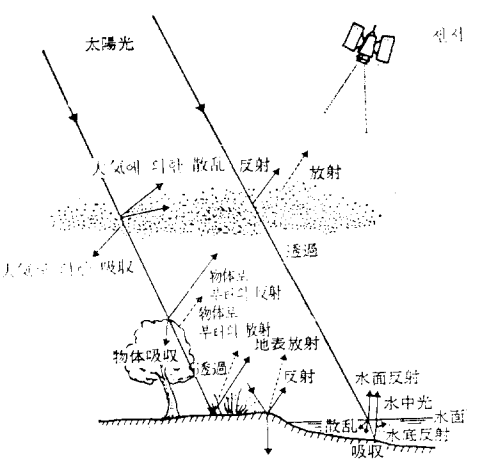



圖- 1. 리모트 센싱에 의한 데이터 수집

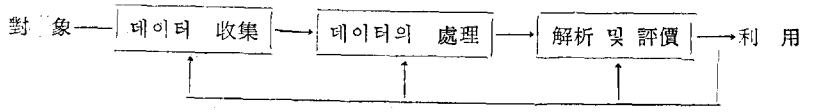



圖- 2. 리모트 센싱 시스템

圖- 3은 리모트 센싱의 데이터 취득 수단으로서 platform의 관계를 고도 별로 알기 쉽게 나타낸 것이다. 또 圖- 4는 platform마다 高度와 탑재되는 센서를 사용목적별로 나타냈다.

항공기나 인공위성으로 부터의 觀測距離가 수 km에서 수백 km에 이르고, 위성궤도가 極을 지나 원주상을 一定日 간격마다 같은 지역의 데이터를 포착하므로 農業分野에 이용할 경우에 대단히 유리하다. 예를 들면 農作物의 成長度와 環境의 變化가 작물에 미치는 영향을 조사할 수도 있다.

地球의 資源을 조사하거나 環境을 감시하는

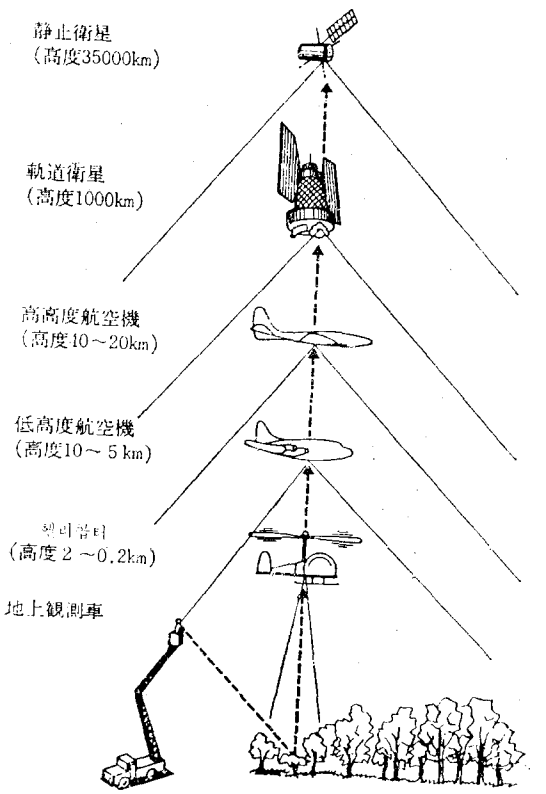



圖- 3. platform별 리모트 센싱 시스템

計劃을 ERTS 計劃이라고 하며 이는 Earth Resources Technology Satellite의 약자로서 地球資源을 조사하기 위해 쏘아 올린 技術衛星을 의미한다. 이 계획은 미국 케네디 대통령 재직시인 1960년대에 시작되었다. 이보다 앞서서 EROS, NIMBUS등의 기상위성과 달 탐사 로켓트를 쏘아 올려 달 探査를 실시하였다.

地球探査를 위한 衛星이 본격적으로 올라간 것은 1972년 7월 23일의 1號로서 LAND SAT 1號로 命名되었다. 그 후 2號는 1975년 1월22일, 3號는 1978년 3일에 고도 910km로 極을 도는 圓軌道상에 올려졌다. 이 衛星들은 185 km×185km의 같은 장소를 18일 주기로 지상에 있는 物體로 부터 反射·放射되는 스펙트럼 波長을 scanner를 이용하여 전기신호로 포착하고 있다.

현재에는 이 1~3號의 LAND SAT 모두 기능이 정지되어 사용할 수 없다. 그래서 TM (thematic mapper)를 탑재한 LAND SAT 4號(圖- 5. 참조)를 高度 700km에 1982년 7월 16일에 발사하였으나, TM에 고장을 일으켜 같은 TM을 탑재한 5號를 1984년 3월 1일에 다시 발사하였다. 지금은 LAND SAT 4號의 MSS와 5號의 MSS 및 TM데이터가 日本 地球觀測센터(埼玉縣鳩山村)의 受信處理設備에 의해 수신되고 있다.

圖- 6에 나타낸 바와같이 韓國과 日本에서는 해당지역의 畵像을 얻을 수 있으므로 이 데이터를 사용하여 해석할 수 있으며 LAND SAT 데이터는 日本 리모트 센싱 기술센터에 注文하면 얻을 수 있다.

4號와 5號(圖- 7참조)에는 圖- 8에서 보여 주는 바와같이 MSS (multi spectral scanner) 외에도 TM이라고 하는 主題別 判別用 計器가 탑재되어 있는데, 지상 30m구역마다 可視光·近赤外光 영역의 反射光을 7개의 밴

| platform | 高 度(m) | 센 서 | 목 적 |
|---|---|---|---|
| 지상관측차 | 0～30 | 分光計 | ground truth수집 |
| 헬리콥터 | 100～2000 | 카메라, TV카메라 | 조사, 항측, 일정시간관측 |
| 비행선 | 500～3000 | 카메라, 기타의 센서 | 조사, 항측 |
| 저고도 항공기 | 2000～10000 | 카메라, scanner | 조사, 항측 |
| 고고도 항공기 | 10000～40000 | 카메라, scanner등 | 조사, 광역조사 |
| 원궤도위성 | 200km～1000km | scanner, TV카메라 | 정기지구관측 |
| 정지위성 | 35000km | 망원카메라, scanner | 정점지구관측 |

**圖- 4. platform별 사용 센서와 목적**

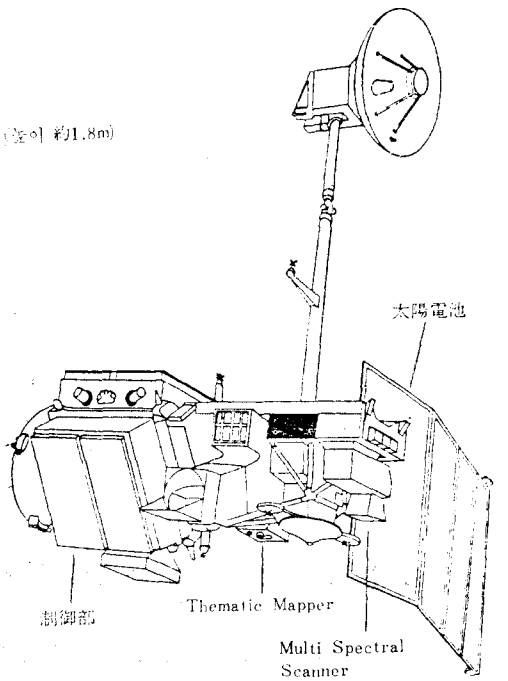



**圖- 5. LAND SAT 4號의 外形**

드(band)로 나누어 기록하는 장치이다. 특히 10.4$\mu$m～12.5$\mu$m의 中赤外에서의 反射光을 포착할 수 있기 때문에 地表의 溫度패턴을 분석할 수 있다. MSS나 TM 모두 지상에 있는 물체로 부터의 스펙트럼을 몇개의 波長別로 나누어 디지탈로 기록하는 방식으로서 이 데이터를 사용하여 地物의 判別과 現象의 解析이 이루어진다. 즉, 모든 물체는 고유한 電磁波反射特性을 갖고 있으므로 地表面으로 부터 反射되는 電磁波를 센서(위성이나 항공기에 탑재)로 波長별로 측정하고 비교하면 物體의 識別과 狀態를 알 수 있다.

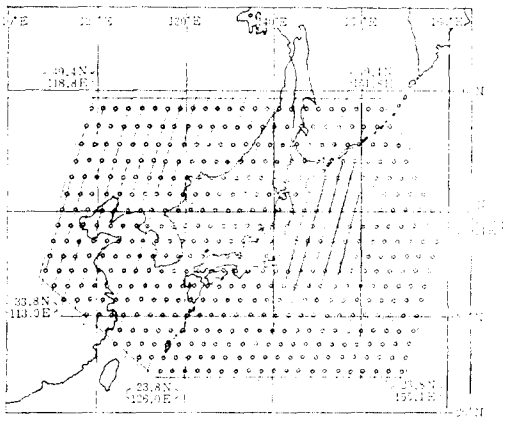
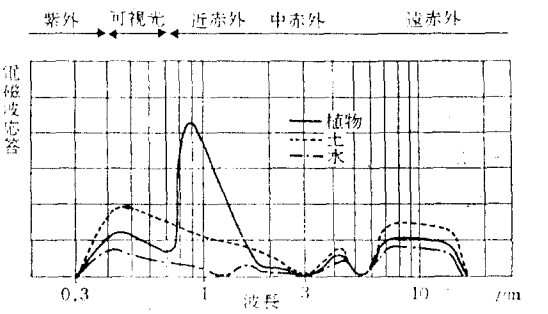
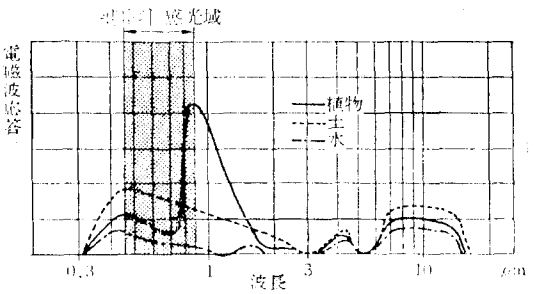


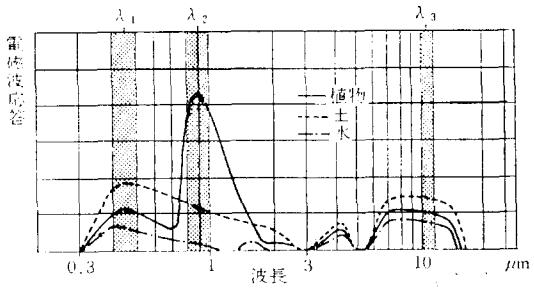
**圖- 6. LAND SAT 5號의 포괄영역**




(a) 여러 물질의 전자파 스펙트럼 특성

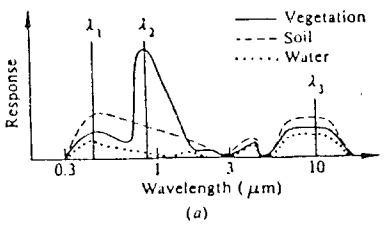



(b) 흑백사진의 경우

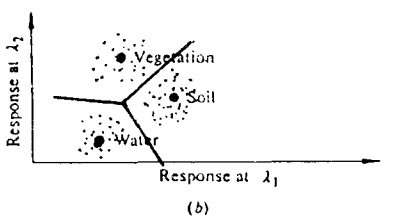



(c) 멀리 스펙트럼으로 본 경우

**圖-9. 地表反射物의 스펙트럼 특성과 物體의 識別**




(a) 스펙트럼특성




(b) 2차원으로 나타낸 특성

**圖- 10. 物體의 識別原理**

圖- 9(a)는 地表상의 植物·물·흙등 대표적인 물체의 電磁波 스펙트럼 특성을 나타낸 것이다. 여기서 횡축이 波長, 종축이 反射 또는 放射된 에너지의 크기를 나타내고 있다. 파장이 3μm보다 짧은 부분은 주로 太陽光에 의한 反射, 그보다 긴 부분은 放射되는 에너지이다. 植物·土壤·물등에 의한 스펙트럼 곡선의 형태에는 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 또 植物에서는 종류나 成長의 정도에 따라 스펙트럼 곡선이 변화한다. 이 차이를 이용하면 物體의 判別, 成長과 狀況診斷이 이루어 질 수 있는 것이다.

圖- 9 (b)는 일반적인 흑백사진의 0.4~0.7μm의 가시광 영역에서 전자파의 응답특성을 기록한 것으로서 물은 검게, 植物과 흙은 밝게 찍히므로 植物과 흙을 구별할 수 없다. 그러므로 圖- 9(c)와 圖- 10에 나타낸 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$를 중심으로 하는 좁은 파장영역으로 나누어 기록하면, 물은 가장 검게 나타나며 특히 $\lambda_2$에서 가장 검게 찍힌다. 즉, 육지와 물이 있는 지역의 識別에는 이 近赤外線에서의 결과가 효과적임을 알 수 있다. 또한, 植物은 $\lambda_1$과 $\lambda_3$의 영역에서 흙보다 어둡게 찍히지만 $\lambda_2$에서는 반대로 극히 밝게 찍히므로 이들을 비교하면 植物과 흙도 식별할 수 있다. 이 방법은 multi spectral band로 物體를 볼 때의 효용성을 보여 주는 것으로서 파장영역별로 色을 강조시키면 상세하게 식별할 수가 있다.

이상의 설명은 2가지 파장간의 관계를 예로 들었으나 실제로는 보다 많은 스펙트럼 파장의 데이터를 컴퓨터를 이용하여 해석할 수 있다. 즉 N차원 좌표로 해석할 수 있으므로 判別分類와 統計處理를 필요로 하며, 사용할 波長의 종류와 數는 대상물의 分光反射特性을 고려하여 선정한다.

## Ⅲ. 農業分野와 Remote Sensing

1972년에 地球資源 探査衛星 LAND SAT를 발사한 이래, 農業分野에서 리모트 센싱의 기술을 사용하려는 시도로 農作物에 대해서 MSS의 分光反射特性 차이를 이용하여 作物을 판정하거나 그 耕作面積을 추정해 왔다.

미국의 일리노이州나 인디아나州 등 많은 州에서 옥수수, 콩(대두), 고무나무등의 耕作面積을 90% 이상의 정확도로 판독할 수 있는 것이 확인되었다. 일본의 경우에는 이러한 대규모의 農地利用判讀이 실현되지 못하고 있으나, 市郡정도의 해석을 몇군데에서 시도하여 벼농사지대와 보리농사 지대에서는 높은 정확도로 판독할 수 있음이 확인되었다. 리모트 센싱에 의해 얻어진 데이터는 대상으로 하는 作物과 事象 뿐만 아니라 당시의 土壤과 水分

條件등 農業環境에 관한 情報도 포착되기 때문에 앞으로 利用分野가 확대될 것으로 생각된다. 草地分野를 예로 들면, 草地面積의 추정만이 아니라 牧養力의 추정과 草地造成의 適否判定 등에서 環境保全 문제까지를 포함한 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

종래 黑白寫眞으로는 식별이 곤란하였던 土質간의 차이를 LAND SAT 波長별 데이터에 의해 地表分類圖를 작성함으로써 구분할 수 있게 되었다. 또한, 土壤의 형태판별은 물론이고 그 分布境界의 결정에는 현지측정과 표본조사도 병행할 필요가 있지만 LAND SAT 데이터를 사용함으로써 현지 測定地點의 數와 時間을 크게 감소시킬 수 있다. 1/50,000~1/20,000 축척의 農業用土壤圖 작성에는 대단히 효과적이다.

日本에서는 北海道의 한 平野地에 대한 土壤判別에서 유기물과 산화철의 성분인 火山性土壤을 4종류로 분류한 分布圖가 작성되어 그 효용성을 입증하고 있다. 또한 LAND SAT의 MSS데이터에 의한 地表判別 畵像을 地形圖상에 중첩시켜 土地利用推定圖의 作成과 土壤生產力比 區分圖의 작성도 이루어 지고 있다.

UN의 FAO에서는 현재 전지구적으로 農產物에 대한 土壤分類의 硏究가 진행되고 있다. LAND SAT데이터를 이용하는 이 調査의 결론으로는, LAND SAT 데이터에 어느 정도의 보조정보를 추가한다면 農業部門에서의 각종 管理方針을 결정하는 데에 필요한 基準情報를 줄 수 있을 것으로 사료된다. 다시 말해서 대규모의 농업경영에서 식량 생산가능지역에 대한 정확한 파악과 식량생산력을 예측함으로써 計劃農地管理을 철저히 하고 LAND SAT 데이터에 氣象衛星과 그 밖의 항공기 觀測 및 통계데이터를 조합하여 식량생산량의 확실한 추정이 가능하다. 여기에 土壤의 生產力과 물의 利用能力에 대한 판정을 추가시키며 종래보다 우수한 豫測知識을 기초로 하는 農地經營計劃이 가능하리라고 생각된다.

이상에서 설명한 리모트 센싱의 農業分野이용에서 어떤 調査作業이 유효한가에 대해서는 다음 圖- 11.과 같이 두 가지 면에서 분류해 볼 수 있다.

| (1) 農業資源의 현황파악 및 農業管理를 위한 기초 데이타의 수집 | (2) 農業生產의 감시와 收獲量의 豫測 |
|---|---|
| 가. 土地利用 調査 | 가. 耕作面積調査 |
| 나. 地形調査 | 나. 곡물 수확량 예측 |
| 다. 土壤調査 | 다. 作物成長評價 |
| 라. 水系調査 | 라. 토양침식조사 |
| 마. 地質調査 | 마. 鹽害調査 |
| 바. 土壤水分調査 | 바. 砂漠化監視 |
| 사. 耕作調査 | 사. 자연재해조사 (홍수, 냉해, 병충해등) |
| 아. bio mass測定 | |

圖- 11. 리모트 센싱의農業利用 분야

미국에서는 1974년 LACIE (Large Area Crop Inventory Experiment)라고 하는LAND SAT 및 氣象衛星의 데이터로 부터 전세계 주요 곡물의 수확량에 예측하는 방법을 확립하기 위한 프로젝트가 조직되었다. 어느 지역의 밀 생산량(ton)은 그 지역의 耕作面積(ha)과 수확량(ton/ha)의 곱에 의해 구할 수 있다.

여기서 耕作面積은 LAND SAT MSS 데이터를 해석함으로써 오차 2%이내로 추정할 수 있다는 보고가 나와 있다. 또 수확량의 예측은 과거의 수확량 데이터와 WMO(World Meteorological Organization)의 기상데이터를 이용하여 구한다. 예측된 국가로는 미국, 카나다, 소련, 브라질, 아르헨티나, 中國, 인도, 오스트레일리아이며, 국가 단위의 생산량 예측은 90% 확률로 오차 10%이내의 목표를 달성하였다. 또 이 LACIE 프로젝트는 NASA와 미국 農林省 및 NOAA의 세 연방기관이 관계하여 과제를 분담하였다.

이 프로젝트는 5년간 계속되다 미국 內務省과 國際開發局(AID)을 추가하여AGRISTARS (Agricultural Resource Inventory Survey Through Aerospace Remote Sensing) 프로젝트에서 방법이 개선되어 현재에 이르고 있다. 이 AGRISTARS 프로젝트는 LACIE를 확대한 것으로서 대상지역을 전세계로 확대함과 아울러 데이터 처리를 자동화하고 있다.

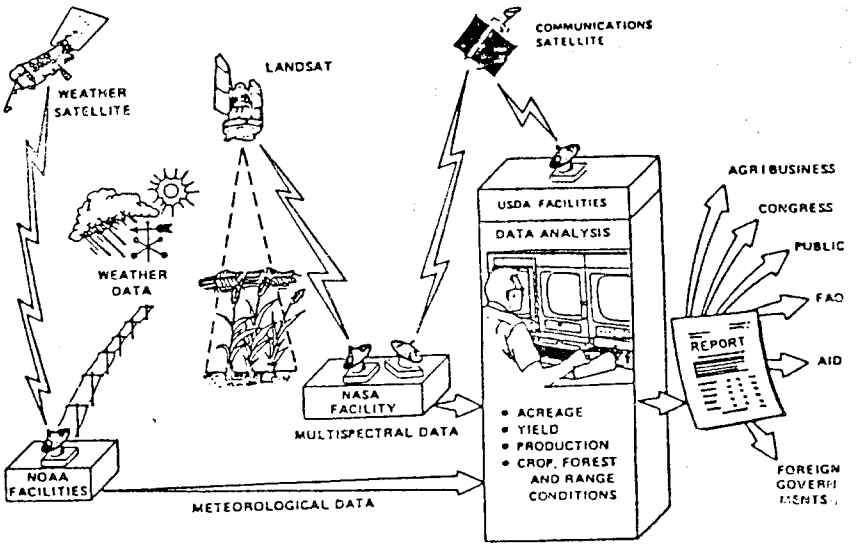



圖-12. 作物의 수확량 예측 시스템

現在에는 multi temporary data의 해석방법과 作物生育狀態의 파악방법등의 개발이 이루어지고 있다. 특히 植物의 잎의 면적과 광합성 有效放射에 따른 계절변화등으로 부터 직접 수확량을 예측하는 방법을 확립하고, 다시 LAND SAT에 기상 위성의 데이터를 추가하여 직접 수확량을 추정하는 연구가 이루어지고 있다. 가까운 장래에 세계의 主要穀物動向을 모두 인공위성으로 探知하는 시스템이 실현될 것으로 생각 된다.

日本에서는 아직까지 이상과 같은 대규모의 수확량 예측이 이루어지지 않고 있다. 또 미국의 LACIE와 AGRISTARS에 이용한 방법을 도입하는 것도 地形이 복잡하고, 耕地의 一筆地面積이 협소하며, 많은 종류의 作物이 모자이크 형태로 재배되는 경우가 많으므로 日本의 農地에 적용한다는 것이 매우 어려울 것으로 사료된다. 그러나 衛星센서의 지상해상력이 향상되고, 지상에서의 植物에 대한 分光反射特性의 기초 데이터의 축적과, 기상데이터와 토양·지형의 데이터가 추가됨으로써 日本에서도 적당한 해석방법이 필요하며 이미 이러한 실험이 이루어지고 있다

圖-12는 作物의 수확량 예측시스템을 나타낸 것이다. LAND SAT 데이터외에도 기상위성과 각종 정보전달용 위성으로 부터의 데이터를 동시에 中央데이터처리기로 해석하고 있다.

圖-13은 LACIE 프로젝트로 수행된 1977년 소련의 밀 생산량의 예측결과를 나타낸 것이다. 각각은 시기별로 발표한 과정을 보여주는 것으로서, 소련정부의 1978년 정식발표가 9200만톤이므로 상당히 높은 정확도로 수확량을 예측할 수 있음을 보여주고 있다.

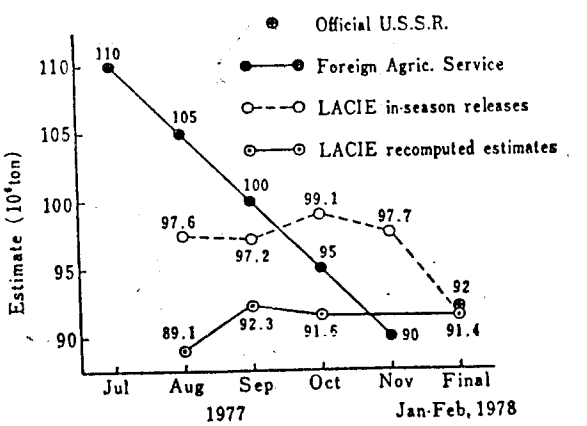



圖-13. 소련에서의 밀 수확량 예측 (LACIE 프로젝트)

## Ⅳ. Remote Sensing의 구체적인 利用例

### 1. 植物의 分光特性

리모트 센싱에서 가장 기본이 되는 것은 지상에 있는 物體의 反射 또는 放射에너지, 즉 電磁波에너지의 스펙트럼 特性을 아는 것이다 사람마다의 얼굴이 다르듯이 農業에 있어서도 植物體가 갖고 있는 反射스펙스펙트럼이 다르기 때문에 그 特性을 알아 내어 植物의 判讀을 할 수 있는 일발적으로 綠色植物잎의 分光反射의 특징은 葉綠素등의 색소, 葉面狀態와 잎의 內部構造 및 잎내부의 水分에 의해서 표현된다.

圖-14는 綠葉의 전형적인 分光反射率 變化를 나타낸 것으로서 ①의 가시광영역에서의 反射는 0.45$\mu$m~0.65$\mu$m 부근에서 낮게 반사되고, 그 중에서도 綠色과 黃色波長에서 높은 反射率이 확인된다. 이러한 植物의 分光反射特性은 葉綠素등의 色素의 吸收特性에 기인되므로 植物이외의 물체와 구별하는 중요한 수단이 된다. 그러나 색소의 종류와 含有率에 따라 反射率의 高低가 생기므로 植物간의 生育良否를 비교할 수도 있다.

또한 圖-15에서와 같이 한해를 입은 경우의 벼의 反射特性도 건전한 것과 비교해 보면 ⓑ부분에서 赤色의 反射率이 높음을 알 수 있다. 이 사실로 부터 0.65$\mu$m 부근의 反射率 차이를 분석하면 植物잎의 活力度를 추적할

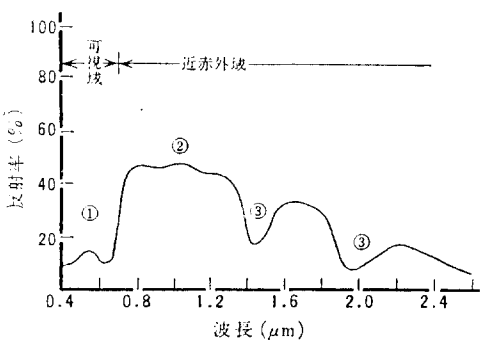



圖-14. 綠色葉의 分光反射率 特性

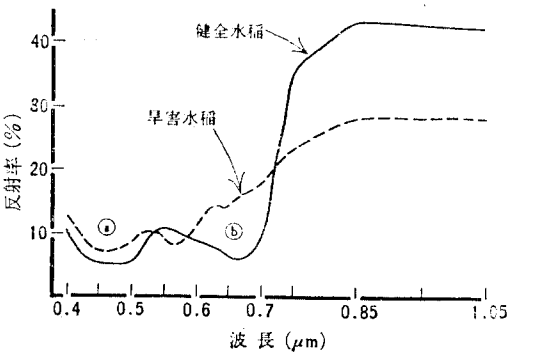



圖-15. 健全水稻와 旱害水稻의 반사율차이

수가 있다. 또 圖-14의 ②에 상당하는 0.75$\mu$m~1.20$\mu$m의 近赤外線 영역에서 높은 반사율이 나타남을 알 수 있다. 일반적으로 어린 잎에서는 海綿組織내의 세포사이의 틈이 크기 때문에 가部反射가 커서 反射率이 높지만 성장된 잎에서는 잎내가 조밀하여 反射率이 낮아진다. 또 두꺼운 잎에서 反射率이 크고 엷은 잎에서는 透過率이 크게 된다. 植物의 잎에서 빛을 흡수하는 물질로는 색소외에도 赤外線에서 흡수가 강한 물이 있다. 圖- 14의 ③에서 1.4$\mu$m와 1.9$\mu$m 부근에 강한 물의 흡수 band가 나타나며 反射率이 낮음을 알 수 있다. 이 反射率의 低下정도는 잎의 水分含有率에 따라 변화하며, 잎내의 水分이 낮아지면 綠의 반사율도 상승하는 경향을 나타내지만 이상의 赤外線영역의 두 波長부근에서의 반사율 상승이 더 명확하다.

이상과 같이 綠色植物의 잎은 3가지 기본적인 分光反射特性을 인식하여 土壤·水 등의 지표대상물의 反射特性과 구별될 수 있다. 또한 植物간에도 그러한 特性의 차이가 있기 때문에 植物의 種類, 生育의 良否, 成長段階 등의 特性變化를 파악하여 農業面에 효과적으로 이용하고 있다. 農業에서 群落植生의 反射特性을 알고 있는 경우에는 色素의 反射외에도 植物의 樹冠構造, 被覆率, 立地, 土壤등의 反射率太陽의 位置, 그림자등의 매개변수를 고려할 필요가 있다.

### 2. 作物判讀

많은 작물은 MSS에 의한 分光反射特性이 다른 기본作物의 판정외에도 耕作面積을 추정하고 있으며, 그 결과, 앞서 설명한 바와같이 미국의 경우에 고무나무 등의 耕作面積을 90% 이상의 확률로 판독하고 있다. 日本의 경우, 一筆地의 경지면적이 작고 토지이용이 복잡하기 때문에 대규모의 農地利用判讀은 실현되지 못하고 있으나 市郡정도의 解析이 이루어져 벼농사와 보리농사 지대는 꽤 높은 정확도로 판독되고 있다. 특히 인공위성 뿐만 아니라 항공기와 무인비행기를 이용한 촬영이 이루어지고 있다.

日本의 農林省에서는 multispectral 寫眞을 映像解析함으로써 耕地와 耕作面積을 計劃하고자 1984년 부터 새로운 面積調査體系의 확립에 필요한 實用化 硏究를 진행하고 있다. 熊本과 群馬를 시범지역으로 선정하여 각 구역마다에 각 파장별 필름농도의 히스토그램을 작성한 결과, 두 지역의 생육단계가 유사한 벼에서는 큰 차이가 없고 지역별 차이가 적은 점, 群馬에서 생육 후기에 R과 G band의 농도폭이 넓은 점, 10月에는 농도폭이 좁은 점 등이 확인되었다. 또한 벼의 식별에는 각 band 별 濃度値의 比 중에서 IR/R과 R/B의 band 比 조합이 중요한 판별요소가 되는 것이 확인되었다. 그러나 이 중에는 野菜類 등의 band 比도 혼합되어 있으므로 multispectral 寫眞으로부터 벼만을 완전하게 분리해내는 데에는 약간 어려움이 따른다.

### 3. 耕作面積의 算出과 生育收穫量의 豫測

선진국에서는 세계 주요지역의 作況을 판독하고 耕地面積을 추정하여 作物의 生育狀態와 生産量을 수확보다 먼저 예측하고 있으며, 이를 기본으로 하여 食糧政策을 실시하고 있다. 이러한 예측을 정확히 하기 위해 기후조건과 作物生育에 관한 연구를 각국에서 추진하여, 기후조건을 추적함으로써 作物의 收穫量을 예측하는 방법이 개발되어 있다. 대부분은 여러 기후조건과 作物의 생육수확량에 관련된 多重回歸모델에 기초를 두고 있다. 최근 우수한 回歸모델이 개발되어 한정된 지역에서 꽤 높은 정확도로 作物의 收穫量을 예측할 수 있게 되었다.

大嶋硏究室에서도 日本 Remote Sensing 技術센터와 공동으로 日本 북부의 八郎潟干拓地의 벼에 대한 耕作面積을 LAND SAT 데이터로 산출하였다(1980년 9월 19일과 1981년 6월 16일의 MSS 데이터) 八郎潟 22024 ha 중에서 간척 면적은 17239ha로 農地面積은 간척면적 중 12792ha이며, 총 사업비 852억圓을 투입하여 1956~1976년에 공사가 실시된 곳이다.

작업방법으로는 LAND SAT 데이터와 그 지역의 地形圖를 갖이고 데이터 해석에 필요한 現地調査를 실시하였다. LAND SAT 데이터는 幾何補正의 先處理를 실시하고 현지조사의 결과를 기초로 한 耕作分布圖의 작성과 벼의 耕作面積이 산출되었다. 이 耕作面積은 지상의 통계데이타와 비교하여 정확도를 평가하였다. 구해진 벼농사지대의 pixel 수는 2980

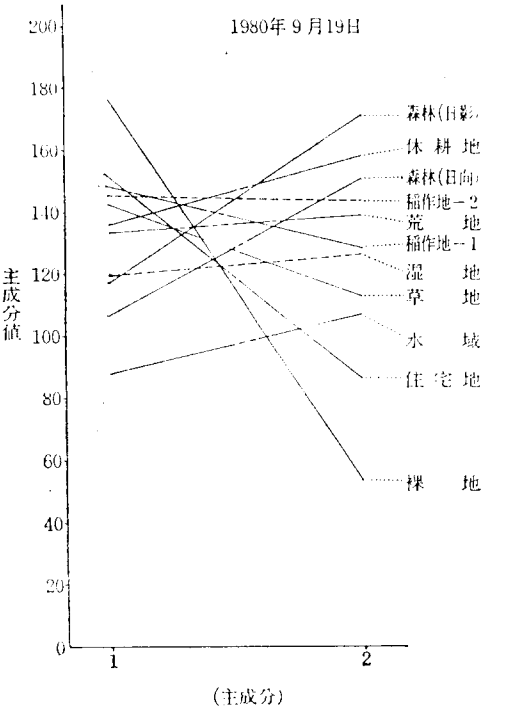



**圖-16. 主成分분석과 Clustering**

| 解析方法 | 推定稻作地面積의 画素数 | 換算面積 (ha) | 誤差 (%) |
|---|---|---|---|
| 最尤推定法 | 24845 | 4034.3 | −17.7 |
| 4, 5, 6, 7 BAND Cluster 一分析 | 35109 | 5480.5 | +11.8 |
| 4, 5, 6 BAND Cluster 一分析 | 33710 | 5262.1 | + 7.3 |
| Cluster 一分析＋主成分分析＋ | 29820 | 4654.9 | − 5.0 |
| 現地統計資料 | —— | 4901.3 | —— |

**圖-17. 현지자료에 대한 오차(1980년 9월 19일 데이터를 이용한 경우)**

개로서 면적으로 환산할때 4654.9ha가 되므로 통계자료의 95% 값이 된다.

圖- 16은 각 구역별 주성분값을 나타낸 것이며, 圖-17은 3가지 방법에 의해 해석한 추정면적(벼)과 그 오차를 보여준다.

生育量으로는 LAI(葉面積指數 : 단위 면적당 葉面積인 부분)를 측정하고 각 band별 농도와의 관계를 조사하였다. 그 결과 G와 IR band의 필림농도치와의 관계에 높은 相關關係가 있음이 확인되었다. 그러므로 作物의 잎이 많고 적음은 G와 IR band의 濃度値로부터 알 수 있으며 收穫量과 生育度의 추정에 활용할 수 있다.

### 4. 農用地의 基盤調査

광대한 農地나 農作物을 신속하고도 정확히 實態把握(監視)하거나, 또 이를 기초로 적절하게 處理(農業勞動의 투입과 農地改良) 하는 것은 農業生産活動의 기본이다. 농용지 基盤의 구성요소인 흙, 물, 植物의 실태파악, 즉 土壤含水比 분포와 農用地의 土地被覆, 土地利用의 分類, 논과 습지대의 분포판독 등에 리모트 센싱을 이용하면, 광역의 農業資源管理시스템에 의한 農地와 國土情報를 조합하여 신속하고도 적절한 農地의 施策과 計劃立案이 가능하다.

#### 1) 土壤의 스펙트럼 特性

자연상태에서 토양표면의 스펙트럼 특성은 日射條件과 表面狀態에 따라 약간 변화하며, 圖-18에서는 Hoffer와 Johannsen이 모델실험을 통하여 구한 水分含量 및 조밀한 정도(强粘質土壤과 砂質土壤)에 따른 스펙트럼 특성을 보여 주고 있다. 土壤의 경우에는 植物과 같은 큰 피이크(최고 값)는 없으나 曲線 전체에서 含水率이 높은 토양이 낮은 토양보다 腐植含量이 많은 토양이 적은 토양보다 낮은 것을 알 수 있다. 이 경향은 含水率의 差에서는 가시영역보다는 近赤外線영역에서 뚜렷하며, 腐植含量의 差에서는 가시영역의 적색 부분에서 뚜렷하다. 또 土性의 차이에 대해서는 스펙트럼 특성과 직접적인 관계가 없지만, 自然界의 土壤에서는 含水量의 차에 따라 스펙트럼 차이가 인식되는 경우가 많다.

圖-19는 北海道 石狩平野 泥炭地의 논농사지대로서 토양함수비의 판독에 항공기 MSS데이터를 이용한 예이다. 약 1km×1km의 지역

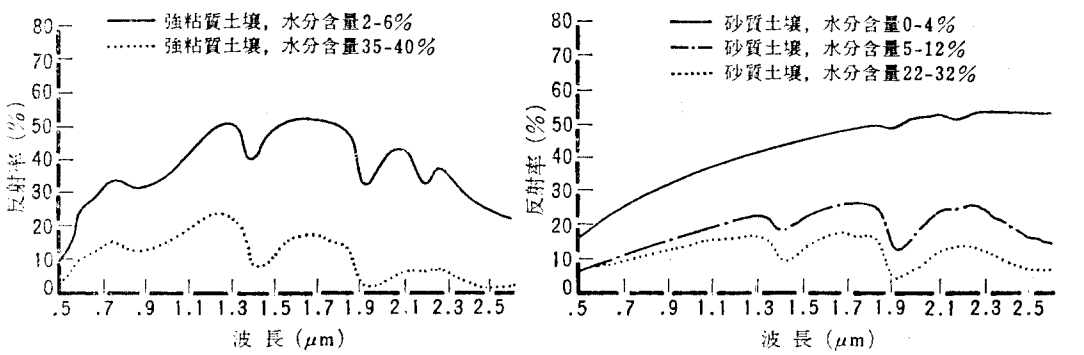



**圖-18. 토양의 水分含量에 따른 스펙트럼 차이**

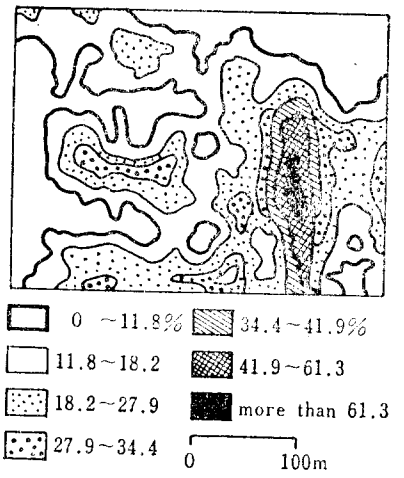



圖-20. 토양함수비의 분포도

으로서 여기서 사용하고 있는 SI는 MSS데이터의 "比演算處理値"로서 데이터의 정규화와 分光特性의 强調에 효과가 있다. 특히 SI는 토양함수비와 상관관계가 크므로 함수비 분모의 판독에 효과적이다. 圖-20은 圖-19의 지역을 확대하고 토양함수비 분포를 SI를 이용하여 판독한 寫眞圖이다. 여기서 SI의 계산치로는 0~255의 8비트 데이터로 변환하여 사용되었다.

$$SI = \text{Arcton}\left\{\frac{PIR-IR}{R-PR}\right\}$$

단, IR: 近赤外線영역의 反射
R: 赤영역의 反射
PIR: 植被率 100%인 장소의 近赤外反射
PR: 植被率 100%인 장소의 赤의 反射

**2) 農業地帶의 土地被覆·土地利用 判讀**

1)에서 설명한 北海道 石狩平野에서는 약 30~50%의 논이 밭으로 전환되어 이용되고 있다. 轉換率은 지역에 따라 다르며, 주요한 작물로는 보리, 콩, 飼料作物, 野菜등이다. 이와같이 논농사지대에서의 토지이용 실태파악, 작물의 生育狀態調査, 農地의土地生產力評價와의 비교등에 리모트 센싱 데이터를 효과적으로 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

圖-21은 圖-19地域에 대한 土地被覆分類圖이다. 이 화상은 1×1.3km인 논농사 지대의 농지로 벼외에도 밭작물인 보리, 콩, 양파 등이 보이며, 전환된 면적과 상황을 판독할 수 있다. 특히 보리를 심은 土地의 生產力과 栽培管理를 파악하는데 사용할 수 있다. 화면에서 1畵素(pixel)는 약 1.25m 크기이다.

圖-22는 LAND SAT MSS데이터(LAND SAT 2號;1980. 9. 19촬영)를 사용하여 해석한 石狩平野의 주요부의 土地利用 分類結果이다. 약 53km×65km의 광대한 지역에서 논농사(赤)와 밭농사, 草地利用(黃)등이 혼합되어 있고 市街地의 상태(좌측하단 밝은 부분)가 용이하게 판독될 수 있으므로, 넓은 지역의 토지이용 형태의 調査와 그 變化의 解析에 효과적이다. LAND SAT MSS 2號는 지상분해능이 약 80m이기 때문에 그보다 작은 면적단위에서의 土地被覆·土地利用에는 적절하지 못하므로 寫眞이나 다른 데이터를 사용할 필요가 있다.

**3) 溫度分布의 判讀**

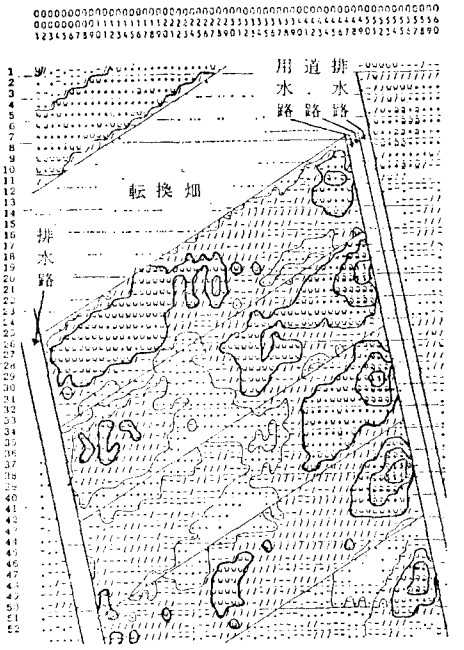
中赤外線영역, 특히 8~14$\mu$m 부근의 赤外線을 검지할 수 있는 TeHgCd 素子는 항공기나 인공위성으로부터 地表에 있는 대상물의 放射에너지를 scanning에 의해 面的으로 檢知할 수 있다. 이 에너지를 전기신호로 바꾸어 증폭시키고 輝度變調한 후 필림면에 노출시킴으로써 themal map(熱線映像寫眞)을 얻을 수 있다. 이 寫眞의 장점은 육안으로 볼 수 없는 物體表面의 溫度分布를 알 수 있다는 점이다.

圖-23은 논의 水溫分布를 판독한 것이다. 이는 항공기 MSS의 열적외 channal 데이터(9.5$\mu$m~12$\mu$m, 1980. 6. 28 北海道)에 의한 해석예로서 水口부근과 각 논마다의 水溫分布에 차이가 있음을 잘 보여 주고 있다. 이 圖는 Line printer로 出力한 것이므로 1畵素의 종·횡길이가 다른 장방형(30m×190m) 구역이 변형된 것이다.

물체의 온도변화에 대한 패턴을 안다면 作物과 樹木의 活力度로 조사할 수 있다. 예컨대, 작물이나 수목의 활력도가 감소하고 있다면, 이에 따라 물체표면의 溫度가 상승하는 경향이 있고 活力度가 증가하면 하강하는 경향이 있음을 thermal mapper로 해석할 수 있

다.

地上에서 熱環境에 대한 측정은 水溫分布를 비롯한 作物體溫과 土壤溫度등 농용지의 基盤에 관한 유용한 자료를 제공해 주므로 앞으로 열적외선영역의 리모트 센싱이 훨씬 활발할 것으로 기대된다.




S : less than 28.0°C /, − : 32.0~34.0°C
@ : 28.0~30.0°C ·, blank : more than 34.0°C
*, W : 30.0~32.0°C

圖-23. 수온분포도(kitamura, 1980. 6. 28)

### 5. 農用地의 災害適應性 調査

1980년 日本에서는 7~8월의 異常低溫 및 日照不足으로 인하여 벼 作況指數가 전국 평균 87, 北海道 81, 東北地方 78로서 冷害피해가 컸다. 북해도 지방의 태평양 연안에서는 作況指數 1~40인 冷害 초유의 大災害를 입었다. 이 피해 상황을 파악하기 위해 北海道 石狩平野의 한 지역의 冷害被害度 地圖 및 벼 수확량 地圖 작성이 리모트 센싱 기술을 이용하여 이루어졌다.

우선, 최초로 LAND SAT MSS 데이터를 이용하여 土地利用分類圖를 작성하였다. 앞서의 圖-22가 대상지역으로서 약 53×65km인 범위를 나타내고 있으며, 논, 밭, 草地, 裸地 山林, 市街地, 海, 內水面등의 8구분으로 분류하였다. 이때 training field에서의 판별 효율이 8그룹 평균 96.7%였다. 圖-24는 圖-22의 일부(약 20km×15km)로서 중앙하단의 白色部가 시가지, 그 교외의 넓은 裸地(紫)는 수확한 후의 밭 또는 농지정비중인 논이며, 피해를 입은 벼는 生育이 늦어지고 열매가 맺지 않는 상태로 있다. 현지 데이터와 LAND SAT MSS데이터에 의한 分光反射率을 비교한 결과, 피해도가 클수록 赤파장의 反射가 커지고 植生指數의 값이 크게 되는 分光反射特性을 나타냈다. 다음에 土地利用分類로 부터 추출된 논의 pixel 모두에 대해서 band 5와 植生指數의 level slice에 따르는 732단계의 벼 冷害被害度 地圖를 작성할 수 있었다.

또한 LAND SAT MSS의 band 5, band 6 등의 데이터를 사용하여 地上데이터의 市郡별 평균 벼 수확량과의 相關分析 및 重回歸分析을 실시하였다. 重回歸모델을 작성하고 計算한 결과 重相關係數 0.91로 벼 수확량이 추정되었다. 앞의 LAND SAT 데이터에 地上調査 데이터를 보조적으로 사용하는 해석방법도 農工분야에서 광역조사에 효과적임이 實證되었다.

圖-25와 圖-26은 벼의 冷害被害度 지도로서, 圖-25에서는 1980년 냉해의 특징을 쉽게 판독할 수 있다. 즉, 한냉한 偏東風의 풍향에 따라 냉해피해의 地域性과 동일 지역내의 피해차이를 보여 주고 있으며, band 5의 level slice에 의한 벼의 冷害被害度 地圖가 높은 정확도를 가지는 것이 확인되었다.

土地利用分類에 의해 추출된 논의 pixel에 적합되는 수확량 예측모델식을 구하고 대상지역 전체의 벼수확량 分布圖를 작성하였으며, 圖-26은 한 예로서 수확량 등급을 색으로 구별하였다. 이 收穫量分布圖는 定量的인 被害度 地圖이다.

圖-25와 圖-26 모두 北海道 石狩平野의 1980년 冷害特徵을 잘 나타내고 있다. 논 pixel

의 收穫量 등급을 300kg/10a이하, 300~400 kg/10a, 400~500kg/10a, 500kg/10a 이상의 4단계로 나누어 각각 赤, 黃, 綠, 白으로 표시한 것이다. 는 이외의 pixel은 黑色으로 나타내고 있다. 이 결과로 부터 광역의 벼 收穫量 調査를 신속하고도 경제적으로 실시할 수 있음이 확인되었다.

## Ⅴ. Remote Sensing의 農業利用의 問題點

이상에서 리모트 센싱의 技術을 農業에 利用하는 경우를 구체적인 예를들어 검토하였다 대부분은 LAND SAT의 MSS데이터를 이용하는 硏究가 이루어 지고 있으나, 항공기, 헬리콥터, 사다리차, 觀測塔에서 관측하거나 지상에서 측정한 데이터를 사용하여 보다 밀도있는 해석결과를 얻을 수 있음을 알았다. 農業에서 리모트 센싱을 이용하는 경우에 특히 실용적인 면에서 해결해야 할 문제점들이 남아 있으며, 실용화에 제약이 될 것으로 생각되는 주요한 문제점과 해결방안에 대하여 고찰해 보자.

### 1. 데이터 取得

리모트 센싱을 農業에 실용적으로 이용하는 경우에 가장 큰 문제점을 데이터의 取得이다. 日本과 동남아시아 각국은 구름이 끼는 날이 많다. 日本도 LAND SAT화상은 전지역으로 볼때 數 scence밖에 찍을 수 없으며, 그것도 대부분이 겨울에 집중되고 있다. 일부 지역은 5월경에 양호한 화상이 얻어지지만 農作物의 收穫量 豫測에 가장 필요한 8월경의 화상은 全無에 가깝다. 동남아시아 각국에서의 사정은 더 나빠서 주요 작물인 벼의 成長期 畵像을 거의 얻을 수 없다. 예를 들면 東京지방의 경우 雲量 20%이하의 scene은 1生育期중에서 1~2枚밖에 되지 않는다.

### 2. 觀測波長帶

두 번째의 문제점으로는 관측파장영역의 선택에 있다. 실제의 경우 최적인 관측파장영역은 應用分野에 따라 다르다. 예로써 植生調査에는 클로로필의 흡수영역에 적당한 波長영역을 이용함으로써 보다 상세한 정보를 얻을 수가 있다. 그러나, 植生만을 대상으로 한정시켜도 어떤 波長帶를 어떤 위치에 있는 帶域중에서 사용하면 가장 효과적인가에 대해서 확인되지 않은 점이 많다. 마이크로波에서도 더 많은 문제점이 있으며 植生調査에 最適인 波長, 偏波面, 觀測面 또는 이들의 組合등 해결해야 할 문제가 많다.

### 3. 地上解像力

리모트 센싱에서 최적인 地上解像力은 應用分野에 따라 다르다. 예컨데, 地球규모의 관측에서는 현재의 LAND SAT MSS로도 충분하며 이 경우에는 당연히 통계처리가 문제가 되고 있다.

리모트 센싱의 큰 매력중의 하나는 넓은지역의 情報를 短時間내에 수집할 수 있다는 사실이다. 農業利用에서는 1972년 LAND SAT이 올라갈때부터 큰 기대를 걸고 있으며, 作物의 種類를 판독하고 耕作面積을 추정하여 生産量을 예측하는 데에서 주목을 받아왔다. 그러나, 80m×80m의 해상력을 갖는 MSS의 4 band에서는 韓國과 日本의 農地解析에 적당하지 않다. 日本에서 논의 一筆地는 1/25,000의 主題圖上에서 25m×25m가 最小單位이므로, 이 지역의 主題圖를 작성하기 위해서는 10m~15m의 地上解像力이 필요하다.

1985년에 올라간 LAND SAT 5號의 TM은 약 30m의 해상력을 가지며, 1986년에 올라갈 SPOT은 약 20m의 해상력을 갖는다. 이 畵像데이터와 스페이스 셔틀에 탑재된 항공카메라의 스테레오 畵像을 적극적으로 農業에 이용하는 연구가 새로 진행되어야 할 것이다. 또한 항공사진과 航空機에 탑재된 MSS카메라의 畵像을 이용하여 地上解像力을 향상시키는 연구도 필요하다.

地上解像力의 증대에 따라 데이터 處理量의 증대가 문제로 된다. 즉, TM은 波長帶域의

數가 증가하여 MSS보다 약 8배에 가까운 데이터량이 된다. 地上解像力을 10m로 높이자면 간단히 계산해도 9배의 데이터 증가가 따르므로, 이 많은 情報를 실용적인 비용으로 처리하기 위해서는 고속이면서도 가격이 싼 畵像處理시스템의 개발이 필수적이다.

### 4. 데이터 處理

리모트 센싱 데이터로 부터 얻어진 情報는 그 性質上 두 가지로 구분할 수 있다. 첫째는 土地被覆등의 대상물과 센서로 얻은 電磁波가 직접적인 相互作用을 갖는 경우의 情報이다. 두 번째의 情報는 土壤의 變化가 植生의 영향을 받는 등의 간접적인 것이다. 前者는 기계적인 處理에 의하지만 後者의 경우는 아직까지 人間이 정보처리면에서 우수하다. 예를 들면, 農業資源管理를 위한 農業現況圖를 작성하는 경우에서 적당한 데이터를 얻으면 土地被覆이나 土地利用에 대해 대부분을 自動分類할 수 있지만, 主題圖의 경우에는 土壤과 地質, 地下에 있는 水系, 土壤水分등 직접 해석할 수 없는 경우가 많다. 그 대부분은 최종적인 現地調査가 필요하지만, 숙련된 판독기술자가 있다면 그 중 일부의 情報를 畵像으로부터 얻을 수 있다. 또 적절한 先處理를 실시함으로써 보다 상세한 판독결과를 얻을 수 있는 가능성도 있다. 그러나 이 분야의 최근 연구는 自動處理 쪽으로 가고 있지만 아직 완전하게 확립되지 못하고 있다.

이러한 문제와는 별도로 데이터 處理에서는 기술의 體系化라고 하는 문제가 수반된다. 예로써 어떤 지역의 주어진 時期에서 植生分類가 가능하다고 해도 다른 지역에서는 그 方法을 적용할 수 없는 경우가 종종 있다. 그러므로 東京지방에서는 몇 월과 몇 월의 畵像을 사용하면 몇 종류의 분류가 가능하다고 하는 체계화된 연구가 實用化를 위해서 必要하다.

## Ⅵ. 農業分野에서 Remote Sensing 利用의 將來

### 1. 作物센서를 이용한 生育診斷技術의 確立

農作物의 수확량과 품질은 토양과 기상, 병충해의 발생등 다양한 환경요인에 영향을 받으며, 각 農家의 비료와 물관리 등 栽培管理技術의 차이에 의존되는 부분이 많다. 그러나 정확한 生育診斷에 의하여 早期에 적절한 栽培管理를 할 수 있다면 풍작년에는 良質의 多收穫, 흉작년에는 그 피해를 최소로 줄일 수가 있다. 이러한 고도의 종합적인 농업기술은 지금까지 주로 소수의 篤農家들의 경험과 감각에 의존해 온 부분이 많았다. 농가의 일손이 부족하고 특히 후계자에 의존하지 않는 현대사회에서는 보편적인 栽培管理技術이 필요하다

作物을 잘라내어 體內成分을 분석함으로써 생육진단이 가능하지만, 광대한 農地에서 어떤 개체를 어떤 방법으로 분석할 것인가. 실제상으로 時間과 費用이 많이 든다. 이러한 실정에서 作物의 生體情報를 센서에 의해 접촉과 파손이 없도록 探知하는 기술이 필요하므로 作物센서에 의한 生育診斷技術의 확립을 위한 연구가 필요하다.

이 방법은 小型이고 可搬型인 센서를 농민이 직접 파인더를 들여다 보아서 3~4개 특정파장의 反射率을 측정하고, 이를 간단한 컴퓨터에 연결하여 生育을 診斷하는 방법이다. 또 農業指導要員이 作物센서를 휴대하고 각 농가의 圃場에 대한 데이터를 플로피 디스크나 카세트 테이프에 수록하고 사무실에 돌아와 그 결과를 해석하여 당일로 농가에 정보를 제공하거나 指示하는 방법이 장래 이루어질 방향이라고 생각된다. 이렇게 하여 施肥와 물관리 병충해 대책등을 세울 수 있다면 획기적일 것으로 생각되며, 作物센서의 제작에 수반되는 문제점은 남는다.

### 2. 農業用 센서의 開發

可視·赤外센서에 대해서 ; 圖-27. 可視近赤外用의分光 센서에 의해 측정한 벼 13품종의

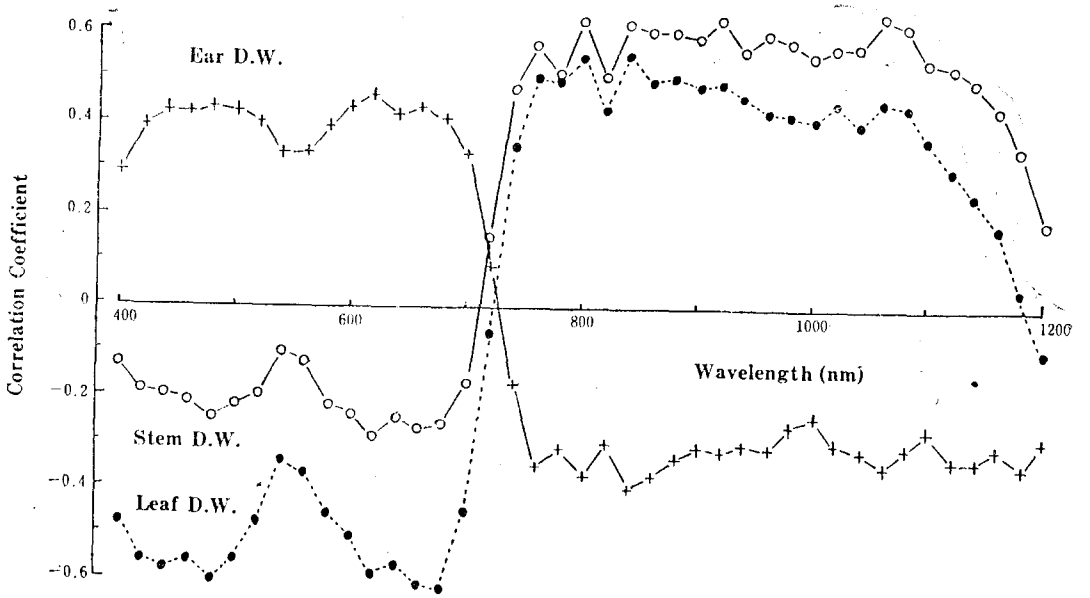



圖- 28. 波長과 乾物重量과의 相關係數(13종의 벼, 10월)+: 이삭 ●: 잎 ○:줄기

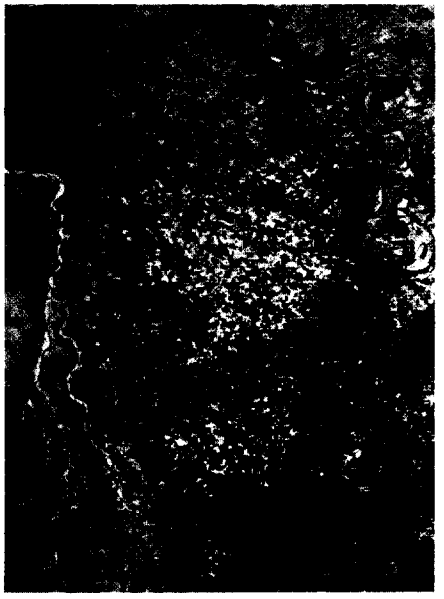
부위별 乾物重量과 파장별 反射率의 相關係數와의 관계를 나타낸 것이다. 이 관계로부터 重回歸式등에 의해 장래의 收穫量을 정확히 예측할 수 있다. 또 클로로필과 反射率의 관계에 있어서도 접촉하지 않고 측정할 수있는 診斷法이 확립될 것으로 생각된다. 中赤外의 反射率이 收穫量과 관계가 아직 확실치는 않다. 熱赤外部에 대해서는 아직 알지 못하는 점이 많지만 植物의 活動에 직접 관계되는 光合成과 蒸散量을 추정하는 중요한 센서가 될 것으로 생각된다.

마이크로波·超音波센서에 대해서 ; 쾌청하지 않은 날에는 측정할 수 없는 光學센서를 대신하여 마이크로파센서가 전천후형으로 韓國과 日本의 農作物 測定에 적당할 것으로 생각된다. 그러므로, 어느 band가 어떤 作物의 生育단계에서 群落構造와 클로로필의 量으로 대체되는 bio mass와 관계되는가에 대한 기초연구가 필요하다. 超音波센서는 발사된 音의 굴절시간 으로 부터 植物群落의 立體位置, 즉 잎이 어느 높이에 어떤 상태로 성장하는가를 추정하는데 적당한 센서로서 이에 대한 연구도 필요하다.

이상에서 리모트 센싱을 農業技術의 管理에 실용적으로 이용하는 주요 문제점과 금후의 연구방향을 밝혔으나, (1) 센서의 개발, (2) 基礎研究 (3) 實用化 研究로 요약될 수 있다.

이중 (1)과 (2)는 중요하지만 현시점에서 실용화가 늦어짐을 고려할 때 (3)의 경우가 급선무라고 생각된다. 그 중에도 특히 世界規模의 農林業에서 環境破壞狀況의 監視가 최우선의 문제일 것이다. 이러한 프로젝트가 기술적으로는 가능하지만 人工衛星을 이용한 리모트 센싱이 활용되는 분야가 있는 것으로 생각된다.

이러한 프로젝트에서 現地의 데이터를 어떻게 시스템화 할 것인가. 기초 데이터의 시스템화는 일본에서도 이루어 지고 있으나, 실용화 시스템이 現場事務所에서 사용될 수 있는 네트웍이 필요 할 것이다. 현재에도 개인컴퓨터와 互換性을 갖는 데이터 해석시스템을 만들고 있지만 현장사무소 수준의 퍼스컴 네트웍을 형성하여 農業工學에 리모트 센싱의 技術을 활용하는 實用化를 모색하고 있다.



画像1. 서뱅골지방의 인도농업 경작상태

画像2. 카나다와 미국의 토지이용 형태

画像1.3. 카나다와 미국의 土地利用 形態

画像1.4. 아프리카 사하라 사막에서의 緑色의 調査

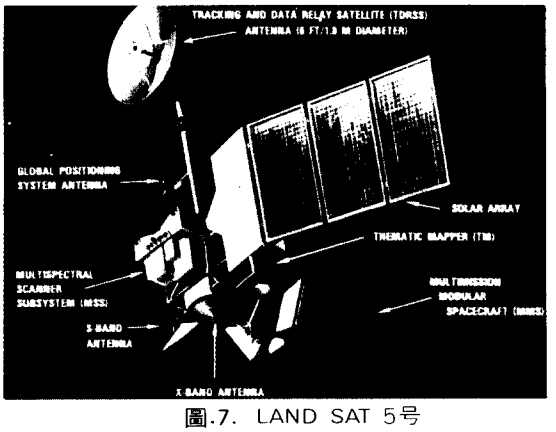



圖.7. LAND SAT 5号

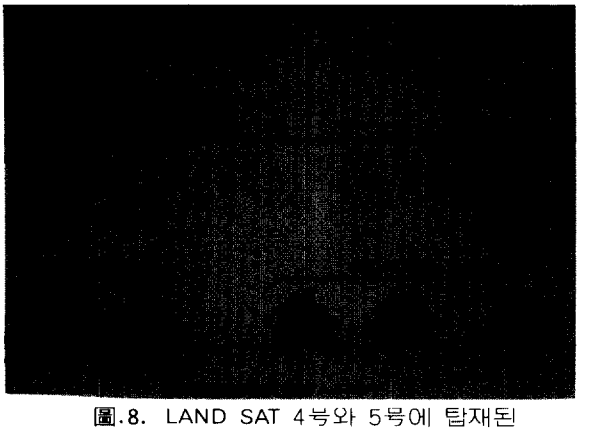


圖.8. LAND SAT 4号와 5号에 탑재된 Scanner (MSS와 TM의 波長)

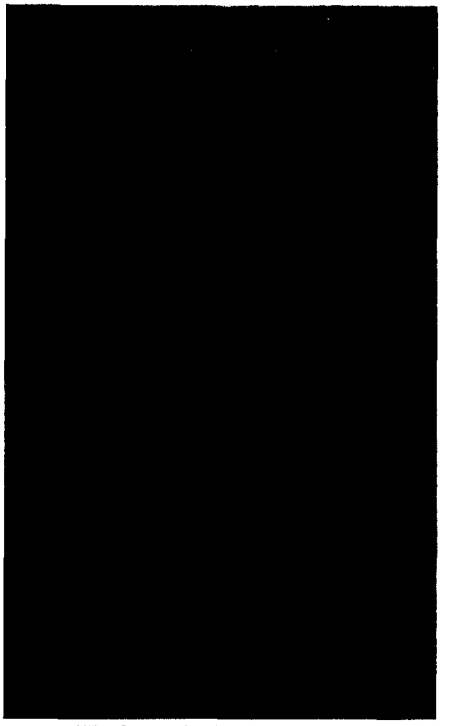


圖.18. 八郎潟 干拓地(日本)

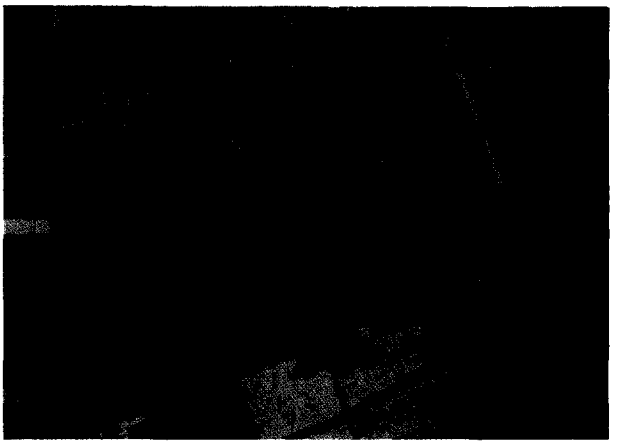


圖.19. 土壤含水比의 分布図
(日本 北海島 石狩平野)

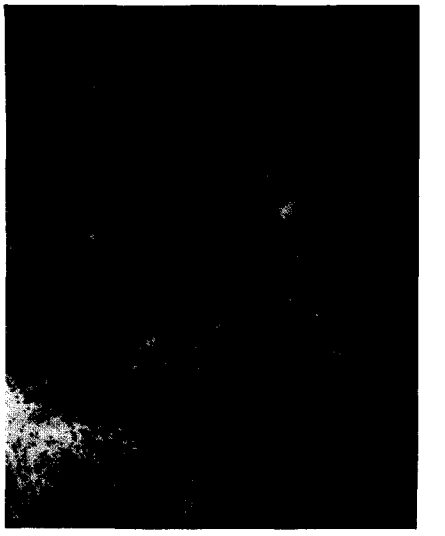


圖.22. 石狩平野의 土地利用 分類
(LAND SAT MSS데이터
1980. 9. 19)

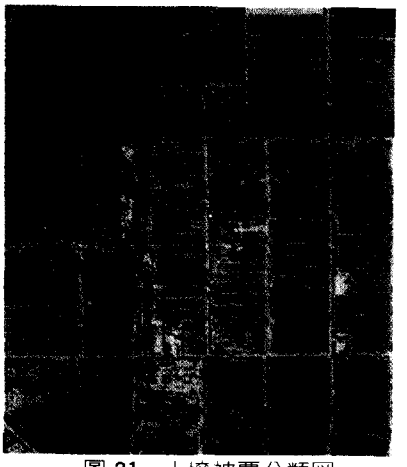


圖.21. 土壤被覆分類図

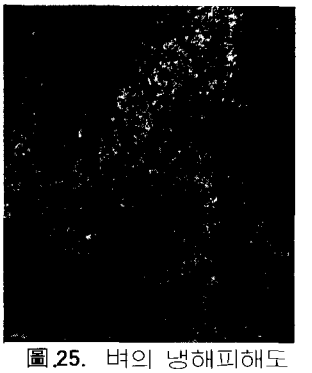


圖.25. 벼의 냉해피해도
지도(band5의 level slice
법에 의함)

圖.24. 土地利用 分類図
(약 20km×15km)

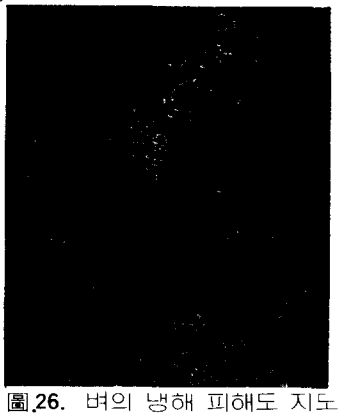


圖.26. 벼의 냉해 피해도 지도
(重回帰모델식에 의한 収穫量予測)