

농림부 연구용역  
결과 보고서

# 항공우주기술의 농림 분야 활용방안 연구

2005. 10. 18

경북대학교

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 『항공우주기술의 농림 분야 활용방안 연구』에  
관한 연구용역사업의 결과보고서로 제출합니다.

2005. 10. 18.

경 북 대 학 교

# 항공우주기술의 농림 분야 활용방안 연구

연구책임자: 김충실(경북대학교 교수)

연 구 원: 박재화(경북대학교 강사)

연 구 원: 이상호(경북대학교 강사)

경 북 대 학 교

# 목 차

<b>제 1 장 서 론</b> .....	1
1. 연구의 필요성 .....	1
2. 연구 목적 .....	2
3. 연구내용 및 방법론 .....	3
<b>제 2 장 농업통계산출의 현황과 과제</b> .....	7
1. 농업통계산출의 현황 .....	7
2. 농업통계산출의 문제점과 과제 .....	20
3. 항공우주기술의 농업통계업무 활용에 대한 실무자 의견조사 결과	24
<b>제 3 장 국내 항공우주기술의 현황과 응용사례</b> .....	39
1. 국내 항공우주기술의 현황 .....	39
2. 위성영상의 종류 및 특성 .....	41
3. 원격탐사기술의 관련 응용사례 ① .....	61
4. 원격탐사기술의 관련 응용사례 ② .....	69
5. 원격탐사기술의 관련 응용사례 ③ .....	74
<b>제 4 장 미국의 농업통계분야 항공우주기술 응용</b> .....	85
1. 미국의 항공우주기술의 농업부문 도입 .....	85
2. NASS의 항공우주기술의 응용의 도입 .....	98

3. NASS의 항공우주기술의 농업분야 이용현황 및 방법 .....	104
4. 미국 사례분석의 요약 및 시사점 .....	135
<b>제 5 장 유럽의 농업통계분야 항공우주기술 응용 .....</b>	<b>143</b>
1. 유럽의 Remote Sensing 농업부분 도입과 발전 배경 .....	143
2. MARS-project .....	145
3. MARS-STAT .....	155
4. MARS Crop Yield Forecasting System(MCYFS) .....	164
5. 유럽 사례분석의 요약 및 시사점 .....	196
<b>제 6 장 일본의 농업통계분야 항공우주기술 응용 .....</b>	<b>201</b>
1. 일본의 농업분야 항공우주기술 이용 .....	201
2. 일본의 농업통계생산체계와 항공우주기술 .....	218
3. 일본의 농업통계분야 위성데이터 이용 사례 : 위성데이터와 GIS를 이용한 수전도 작성 .....	228
4. 일본 사례분석의 요약 및 시사점 .....	235
<b>제 7 장 항공우주기술 활용을 위한 한국형 농업통계산출 모델 · 239</b>	
1. 농업통계산물 업무에 대한 항공우주기술 적용 타당성 .....	239
2. 항공우주기술을 이용한 한국형 농업통계산출모델 : 논리적 모델 (Logical Model) .....	255
3. 항공우주기술을 이용한 한국형 농업통계산출모델 : 물리적 모델 (Physical Model) .....	270
4. 모델 활용을 위한 통계적 방법론 .....	275

5. 모델 활용을 위한 기술적 방법론 .....	287
<b>제 8 장 항공우주기술의 농업통계분야 활용방안 .....</b>	<b>310</b>
1. 항공우주기술의 농업통계 활용가능분야 .....	310
2. 농업통계산출을 위한 위성영상 선정 .....	318
3. 항공우주기술의 농업통계분야 도입 방안 .....	324
<b>제 9 장 요약 및 결론 .....</b>	<b>349</b>
<b>참고문헌 .....</b>	<b>378</b>
<b>부록1 - 설문조사표 .....</b>	<b>383</b>
<b>부록2 - 미국 Cropland Data Layer 예시 .....</b>	<b>386</b>

# 표 목 차

## 제 2 장

<표 1> 현행 농림업관련통계 현황 .....	8
<표 2> 설문대상자 개요 .....	25
<표 3> 원격탐사기술의 도입 필요성 .....	26
<표 4> 원격탐사기술의 도입 가능성 .....	28
<표 5> 원격탐사기술의 도입시기 .....	30
<표 6> 원격탐사기술의 우선적용 업무(순위분석) .....	31
<표 7> 원격탐사기술의 우선적용 업무(다중응답 빈도분석) .....	32
<표 8> 원격탐사기술 적용의 애로점 .....	33
<표 9> 원격탐사기술의 우선적용 농업통계(순위분석) .....	34
<표 10> 원격탐사기술의 우선적용 농업통계(다중응답 빈도분석) .....	35
<표 11> 원격탐사기술의 우선 도입작목(순위분석) .....	36
<표 12> 원격탐사기술의 우선도입작목(다중응답 빈도분석) .....	38

## 제 3 장

<표 13> 위성영상자료의 해상도 종류 및 설명 .....	43
<표 14> 공간해상도에 따른 위성영상의 구분 .....	44
<표 15> MSS센서의 특성 .....	47
<표 16> TM센서의 특성 .....	48
<표 17> SPOT 위성별 센서 .....	50

<표 18> 아리랑 1호의 주요제원 .....	52
<표 19> 식생분석을 위한 WiFS센서의 제원 .....	54
<표 20> IKONOS 주요제원 .....	55
<표 21> QUICKBIRD 주요제원 .....	57
<표 22> NOAA위성들의 AVHRR센서 특징 .....	59
<표 23> Terra위성의 주요제원 .....	61
<표 24> 평택시의 토지 피복 분류결과 (Landsat TM 1997.6.16) .....	77
<표 25> 분류방법에 따른 논면적과 통계값 비교(당진군 우강면) .....	80

#### 제 4 장

<표 26> NASS의 농업통계별 우주항공기술이용 담당부서 .....	99
<표 27> NASS의 이용영상의 종류 및 응용분야 .....	104
<표 28> NASS의 농작물 작황조사의 사용위성 .....	110
<표 29> CDL의 주 단위 부분별 주요비용 .....	119
<표 30> NASS의 이용영상의 종류 및 응용분야 .....	138
<표 31> CDL의 주단위 부분별 주요비용 .....	141

#### 제 5 장

<표 32> MARS project의 1차 및 2차 기간 .....	149
<표 33> MCYFS의 발전과정 .....	153
<표 34> 현장조사의 표준오차값과 Action 4의 정확도 비교 .....	163
<표 35> MCYFS의 제 활동에 대한 다양한 결과물과 보급방법 .....	194
<표 36> MARS의 이용영상 및 응용분야 .....	198



## 제 6 장

<표 37> 원격 탐사를 통한 농업정보 .....	203
<표 38> 위성 센서와 농업정보 .....	204
<표 39> 농림업의 모니터링에서 요구되는 시간적·공간적 스케일	206
<표 40> 원격 탐사를 이용한 국제협력사업단 관련 해외농업 안건	215
<표 41> ALOS 데이터를 이용한 수도경작면적의 계산 결과 .....	221
<표 42> 농업분야 지구관측위성이용 연구 현황 .....	223
<표 43> 중적색 이외 밴드의 유무에 의한 수전판별의 정밀도 .....	232
<표 44> 위성 데이터와 GIS를 조합시킨 수전포장 .....	233

## 제 7 장

<표 45> 현지 조사와 원격 탐사의 장단점 비교 .....	242
<표 46> 쌀(rice)의 재배면적 추정 정확도 비교 .....	245
<표 47> JES와 CDLP의 비용비교 .....	247
<표 48> 통계부문 농림예산 변화 .....	250
<표 49> 원격탐사기술의 도입의 필요성 .....	252
<표 50> 원격탐사기술의 도입 가능성 .....	254

## 제 8 장

<표 51> 농림업 원격탐사에서 위성영상의 시공간 스케일 .....	319
<표 52> 필요영상의 주문과 획득방법 .....	321
<표 53> 인공위성 영상의 종류 및 특성 비교 .....	322
<표 54> 정책 프로젝트의 주요 사업내용 .....	328

<표 55> 정책 프로젝트의 추진일정 .....	338
<표 56> 정책 프로젝트의 소요예산(추정) .....	344

# 그림 목 차

## 제 3 장

<그림 1> 위성영상의 공간해상도 비교 (인천 및 주변 지역) .....	45
<그림 2> LANDSAT-7 위성영상 샘플 .....	46
<그림 3> SPOT 위성영상 샘플 .....	49
<그림 4> 아리랑1호 위성영상 샘플 .....	51
<그림 5> IRS-1C 위성영상 샘플 .....	53
<그림 6> IKONOS 위성영상 샘플 .....	55
<그림 7> QuickBird 샘플(여의도 63빌딩) .....	56
<그림 8> NOAA16 위성영상 샘플(한반도) .....	58
<그림 9> MODIS 위성영상 샘플(한반도) .....	60
<그림 10> 인공위성을 이용한 김 양식장 판독 체계도 .....	64
<그림 11> 정밀기하보정과 위색합성 .....	67
<그림 12> 추출된 김 양식장 및 어장도의 중첩결과 및 시설량 .....	68
<그림 13> TM영상을 이용한 산림과 비산림 분류 .....	71
<그림 14> 평택시의 토지피복 분류 최종 주제도 .....	76
<그림 15> 화상간 차이법에 의한 변화탐지 지도 .....	78
<그림 16> 비분류법, 교사 및 비교사 분류법으로 추출된 논면적 .....	81
<그림 17> 벼 생육정보 주제도 작성 .....	83
<그림 18> 포장간·포장내 변이지도의 작성 .....	84

## 제 4 장

<그림 19> 미국의 RS기술을 이용한 농업통계 생산 밑그림 .....	98
<그림 20> PECAD의 한국이미지데이터 .....	107
<그림 21> PECAD의 한국 NDVI 자료 .....	108
<그림 22> 북서부지방 NDVI지수에 의한 농작물작황 데이터 .....	113
<그림 23> 북서부지방 RATIO 방식에 의한 데이터 .....	113
<그림 24> JES와 LANDSAT의 통계산출비용 비교 .....	120
<그림 25> 일리노이즈지역 CDL데이터 .....	121
<그림 26> 일리노이즈 Mclean-16구역 이미지데이터 .....	122
<그림 27> 2002년 12월 Quickbird에 의한 연구지역 촬영영상 .....	129
<그림 28> CRISP의 High pass filtering .....	131
<그림 29> CRISP를 이용한 식수과약 방법 .....	132
<그림 30> ERDAS Imagine를 이용한 식수추정방법 .....	133
<그림 31> ERADAS사 Imagine을 이용한 오렌지나무의 수령추정 .....	134
<그림 32> 원격탐사를 이용한 미국의 농업통계생산 체계 .....	136
<그림 33> JES와 LANDSAT의 통계산출비용 비교 .....	141

## 제 5 장

<그림 34> MCYFS 주요 구성요소의 조직도 .....	152
<그림 35> 원격탐사를 이용한 유럽의 농업통계생산 체계 .....	155
<그림 36> 체코 공화국의 샘플지역 예 .....	158
<그림 37> Action 4의 60개 표본지역 .....	162
<그림 38> MCYFS의 기상관측 단계의 개괄적 구조 .....	165
<그림 39> 유럽연합 기상관측소 분포 현황 .....	166

<그림 40> CGMS의 날씨 관측 구성요소 .....	168
<그림 41> MCYFS의 기상관측기록용 grid .....	169
<그림 42> MCYFS의 기상관측 지도의 예시 .....	170
<그림 43> WOFOST를 이용한 작황 시뮬레이션 체계 .....	172
<그림 44> MCYFS에서 원격탐사 단계의 Flow chart .....	174
<그림 45> SPACE PC S/W를 이용한 위성이미지 처리 .....	177
<그림 46> SPOT-VGT센서로 촬영된 영상 .....	179
<그림 47> NOAA-AHVR 센서, SPOT-VGT센서의 NDVI지수 ....	180
<그림 48> EU 통계 데이터베이스 시스템 .....	182
<그림 49> 수확량 예측 분석의 단계별 Flow chart .....	185
<그림 50> CGMS를 통한 통밀 경작기 수확량 예측의 예 .....	192
<그림 51> 웹사이트를 통한 NDVI지수 검색 화면 .....	196
<그림 52> 원격탐사를 이용한 유럽의 농업통계생산 체계 .....	197
<그림 53> MCYFS의 통계산출 과정 .....	199

## 제 6 장

<그림 54> 일본 농림수산 위성화상 데이터베이스시스템 SIDaB ....	225
<그림 55> SIDaB의 위성자료 송수신 네트워크 .....	226
<그림 56> SIDaB의 시스템 구성 .....	227
<그림 57> 위성 데이터의 시기별 취득 빈도 .....	230
<그림 58> 수전의 광학적 반사특성 : SPOT 5호(2003.6.8) .....	231
<그림 59> 위성 데이터와 GIS를 이용한 수전도의 작성 플로우 ....	232
<그림 60> 위성데이터 GIS 조합 수전도 : SPOT 5호(2003.6.8) .....	234

## 제 7 장

<그림 61> JES와 CDLP의 비용비교 .....	248
<그림 62> 통계부문 농림예산 변화추이 .....	250
<그림 63> CFD예시(거시경제의 개념적 모형) .....	258
<그림 64> 시범연구·사업 단계의 논리적 모델(Level 0) .....	260
<그림 65> 시범연구·사업 단계의 논리적 모델(Level 1) .....	263
<그림 66> 실무적용 단계의 논리적 모델(Level 0) .....	266
<그림 67> 실무적용 단계의 논리적 모델(Level 1) .....	268
<그림 68> 원격탐사 농업통계산출의 물리적 모델 .....	272
<그림 69> regression을 이용한 위성영상과 표본조사의 연계 .....	276
<그림 70> 공간자기상관을 고려한 regression estimator 방법론 .....	281
<그림 71> 일반적 원격탐사 방법론의 절차 .....	288
<그림 72> 화상 강조 처리 전의 영상 .....	293
<그림 73> 화상 강조된 이후의 영상 .....	294
<그림 74> 광학센서(SPOT) 병용 이용법 .....	303
<그림 75> 광학센서(SPOT) 병용이용법 적용 결과 .....	303
<그림 76> RADARSAT 2시기 이용법 .....	305
<그림 77> RADARSAT 2시기 이용법 적용 결과 .....	305
<그림 78> GIS데이터 이용법 .....	308
<그림 79> GIS데이터 이용법 적용 결과 .....	308

## 부 록

<그림 80> 조사대상지역 및 활용 위성영상(Illinois CDL, 2004) .....	386
<그림 81> 행정경계 레이어 .....	387

<그림 82> 행정경계, 샘플구획 레이어 오버레이 .....	388
<그림 83> 도로망, 행정경계, 샘플구획 레이어 오버레이 .....	389
<그림 84> 토지피복분류 레이어 .....	390
<그림 85> 작물 재배면적판독 레이어 .....	391
<그림 86> 최종결과 레이어 .....	392
<그림 87> 토지피복분류 레이어 및 Theme Properties .....	393
<그림 88> 작물 재배면적판독 레이어 및 Theme Properties .....	394
<그림 89> Area Sampling Frame 속성정보 .....	395
<그림 90> 토지이용 Categorization Codes .....	396
<그림 91> 옥수수(Corn) 재배면적통계 .....	397

# 제 1 장 서 론

## 1. 연구의 필요성

- 지식정보화시대를 맞아 급변하는 농정여건에 대응하기 위해 농업인·학계·관련 기관들은 정보의 정확성(accuracy), 적시성(timeliness), 완비성(completeness)을 모두 갖춘 고급통계의 생산 및 보급을 희망하고 있으나 현행 농업통계는 이러한 요구를 완전히 충족시켜주지 못하고 있는 실정임.
- 실례로 농산물 품질관리원에서 제공하고 있는 재배면적 및 작물 생산량 통계는 전국 모든 경지에서 재배되는 작물의 면적과 생산량을 조사하는 것으로 전수조사의 경제적, 시간적 어려움 때문에 표본조사(17개 품목)와 행정조사(33개 품목)를 병행하고 있으나 해당 통계가 가지는 중요성에 비해 자료의 세밀성과 정확성이 떨어져 수요자들의 요구를 충족시키지 못하고 있음(김석현 외, 2000, 김충실 외, 2004).
- 최근 미국, 일본, EU등의 선진국을 중심으로 항공우주기술을 이용한 영상자료를 각종 농업통계의 산출에 활용하는 원격탐사(remote sensing)기법이 적극적으로 연구·응용되고 있음. 원격탐사는 각종 작물의 분광학적 반사 특성을 관측, 통계적 기법을 이



용하여 이를 분류함으로서 농업통계의 생산 및 기존 통계의 보완을 위한 핵심기술로 자리매김하고 있음(Hale, 1999).

- 하지만 국내의 경우 농업통계 인프라 강화를 위한 원격탐사기술의 응용에 대한 연구가 매우 미진하며 해당 기술을 농업통계생산에 적용할 수 있는 기반을 마련하고 있지 못함. 원격탐사와 깊은 관련성이 있는 지리정보시스템(GIS)에 관한 연구도 농림정보화촉진시행계획에 따라 다수의 연구가 수행되었으나 자연지리정보를 속성정보로 한 GIS의 구축, 즉 자연과학적인 접근에 편향되어 추진됨으로서 인문지리정보(농업통계)의 생산 및 연계와 이를 활용한 통계생산업무의 효율성 증대 측면에서의 연구는 전무한 실정임.
- 따라서 원격탐사 및 GIS를 활용한 농업통계생산 및 고급정보생산에 대한 선진국 수준을 빨리 극복해야 하며 오히려 보다 혁신적인 응용력을 발휘하여 농업 및 농정 경쟁력 확보의 주요한 수단으로 발전시켜나아가야 함.

## 2. 연구 목적

- 본 연구의 목적은 다음과 같다.
  - 기본목표 : 항공우주기술(원격탐사기술)을 국내 농업통계 산출업

무에 적용할 효율적 방안제시

- 부속연구목표1 : 항공우주기술 농업부문 응용의 선진국 사례 검토
- 부속연구목표2 : 통계산출방법 및 위성영상 판독방법 연구
- 부속연구목표3 : 항공우주기술을 이용한 농업통계 산출 모델 구축

### 3. 연구내용 및 방법론

#### 가. 연구내용

- 연구목적을 달성하기 위한 주요 연구내용은 다음과 같다.
- 농업통계 산출업무의 현황 및 실태 조사
  - 기존 농업통계(13종)의 생산 및 보급 실태 조사
  - 농업통계 생산주체(농림부)의 내부적 업무요구 및 애로점 조사
  - 현행 농업통계업무의 문제점 및 개선 요구사항 분석
- 주요 선진국의 농업통계업무에 대한 항공우주기술 응용현황 조사
  - 국별 원격탐사를 이용한 농업통계 생산 체계 및 응용 범위
  - 국별 원격영상 취득 현황과 작물별 반사특성연구 현황
  - 국별 위성자료 영상처리기법 개발 및 농업분야 응용 현황

- 원격탐사기술의 농업통계분야 적용을 위한 국별 인력 및 장비운영 현황
- 항공우주기술을 이용한 농업통계 산출 모델 제시
  - 국내 항공우주기술의 발전현황 및 산업별 응용사례 분석
  - 한반도 촬영가능 인공위성을 대상으로 해상도, 촬영시기, 자료 확보가능성, 분석의 용이성, 비용 등을 고려해 적정 위성 및 자료 포맷(메타데이터)을 모색
  - 원격탐사기술의 농업통계분야 적용을 위한 효율적 인공위성 영상처리 시스템 제시(H/W, S/W)
  - 원격탐사기술의 농업통계분야 적용을 위한 위성사진 판독 방법 및 판독 자료의 집계·분석방안 모색
  - 원격탐사기술을 이용한 농업통계 산출 모델의 설계 및 구축
- 항공우주기술을 이용한 농업통계 산출 모델에 의한 업무 분야별 활용방안 제시
  - 원격탐사기술의 농업통계 활용 가능 작물 및 응용분야 선정 및 제시
  - 활용 가능분야별 원격탐사 적용 필요장비 및 인적구성 제시
  - 활용 가능분야별 원격탐사 적용 소요 비용 추산
  - 활용 가능분야별 원격탐사 적용 방안 제시
  - 소요비용 및 적용방안에 근거한 활용 가능분야 별 원격탐사 적용 우선순위 결정 및 도입가능시기 도출

## 나. 연구방법

- 연구목적 달성과 주요 연구내용 수행을 위한 연구방법은 다음과 같다.
- 농업통계 산출업무의 현황 및 실태 조사
  - 농업통계 생산주체(농림부)의 내부적 업무요구 및 애로점을 조사하기 위해 현장 인터뷰, 전화, 우편, e-mail, 온라인서베이 등의 조사방법론을 활용
  - 통계집, 인터넷 서비스를 통한 기존 농업통계(13종)의 보급실태 체계화
- 주요 선진국의 농업통계업무에 대한 항공우주기술 응용현황 분석
  - 미국(NASS의 Cropland Data Layer Program), 일본(농림수산성의 고분해가능 위성 화상 데이터 활용 시스템 개발 사업), EU(Monitoring Agriculture with Remote Sensing Program)를 중심으로 선진국의 응용현황을 분석
  - 미국의 경우 현지 방문조사를 통해 원격탐사를 이용한 농업통계 생산 체계 및 응용 범위 조사
  - 일본, EU의 경우 관련선행연구, 참고서적, 인터넷 망을 통해 관련 자료를 수집·분석하여 농업통계업무에 대한 원격조사기술 적용 실태를 분석
- 항공우주기술을 이용한 농업통계 산출 모델 제시

- 미국의 랜드셋(LANDSAT) 시리즈, 아이코노스(IKONOS), 퀵버드(QUICKBIRD), 오피뷰(OTVIEW), EU의 스팟(SPOT) 5호, 한국의 아리랑 1호 등을 대상으로 농업통계분야 응용가능성을 지수화 하고 통합 지수를 적용해 적정 위성 및 자료포맷(메타데이터) 결정
  - 미국의 Erdas Imagine, 호주의 ER-MAPPER, PCI, ENVI등 원격탐사 S/W를 대상으로 국내 농업통계분야 적용을 위한 효율적 영상처리 시스템 결정
  - 선진국 사례분석 결과와 관련 문헌연구를 통해 원격탐사기술의 농업통계분야 적용을 위한 통계산출 및 위성사진 관독방안 모색
  - 원격탐사기술을 이용한 농업통계 산출 모델 설계 및 구축
    - 모델설계를 위해 CFD(Circular Flow Diagram)를 활용
- 항공우주기술을 이용한 농업통계 산출 모델에 의한 업무 분야별 활용방안 제시
- 항공우주기술의 농업통계 활용 가능 분야 리스트업
  - 활용 가능분야별 원격탐사 적용 우선순위 결정을 위한 기술적, 경제적, 실무적 타당성 분석
  - 활용 가능분야별 기술적, 경제적, 실무적 타당성 분석을 통해 활용가능분야 우선순위 분석 및 도입시기 결정

## 제 2 장 농업통계산출의 현황과 과제

### 1. 농업통계산출의 현황

- 현행 농림업과 관련되는 모든 통계의 현황을 살펴보면 총 49종 (농림부 26종, 통계청 7종, 농촌진흥청 2종, 산림청 11종, 농업기반공사 1종, 농협중앙회 1종, KT&G 1종)의 통계가 수요자들에게 제공되고 있으며 그 세부내용은 다음과 같음.
- 해당 통계들은 농업통계 간행물로 정기적으로 발행되고 있으며 간행물 명은 다음과 같음.
  - 농림업주요통계, 농림통계연보, 계간농업통계·관측, 통계로보는세계속의 한국농업, 작물통계, 주요작물 생산동향, 경지면적통계, 가축통계, 축산물생산비, 농업총조사보고서, 농업기본통계조사보고서, 농가경제통계, 농산물생산비통계, 양곡소비량조사보고서, 농어업법인사업체조사보고서, 과수실태조사, 농업기계보유현황, 채소생산실적, 채소류가공현황, 특용작물생산실적, 화훼재배현황, 여성농업인실태조사, 농촌생활지표, 농축산물소득자료집, 농협조사월보, 농촌물가총감, 농업생산기반정비사업통계연보 이상 27종

<표 1> 현행 농림업관련통계 현황

통계조사	작성기관	통계조사	작성기관
<ul style="list-style-type: none"> <li>○작물통계조사</li> <li>○경지면적조사</li> <li>○축산물생산비조사</li> <li>○가축통계조사</li> <li>○과수실태조사</li> <li>○농업기계화율조사</li> <li>○농지임대차조사</li> <li>○농수산물유통정보조사</li> <li>○작물재배의향조사</li> <li>○작물작황조사</li> <li>○작물예상량조사</li> <li>○논벼병충해방제상황조사</li> <li>○농업경영체경영실태조사</li> <li>○농림업생산액및생산지수 산출</li> <li>○농기구보유상황보고</li> <li>○누에사육및양잠규모조사 보고</li> <li>○과실류 가공현황조사보고</li> <li>○화훼류재배현황보고</li> <li>○채소류가공현황보고</li> <li>○축성재배시설현황및생산 실적</li> <li>○버섯생산통계보고</li> <li>○배합사료생산실적및원유 사용실적보고</li> <li>○도축검사보고</li> <li>○우유및유제품생산소비상 황보고</li> <li>○여성농업인실태조사</li> <li>○농림어업등에대한 복지실 태등의 조사</li> </ul>	<p>농림부 (26종)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○농가경제조사</li> <li>○농산물생산비조사</li> <li>○농업기본통계조사</li> <li>○농업총조사</li> <li>○농어업법인사업체통계조 사</li> <li>○양곡소비량조사</li> <li>○임업총조사</li> <li>○농수산물소득조사</li> <li>○농촌생활지표조사</li> <li>○관상수사업상황조사</li> <li>○목재수급통계</li> <li>○민유림조림실적보고</li> <li>○산림기본통계조사</li> <li>○산림피해단속상황보고</li> <li>○산림형질변경허가및복구 상황보고</li> <li>○양묘사업실태조사보고</li> <li>○임산물생산통계</li> <li>○임업경영실태조사</li> <li>○전국산림실태조사</li> <li>○조림활착상황보고</li> <li>○농업생산기반정비사업 통계조사</li> <li>○농가판매가격및구입가격 조사</li> <li>○잎담배수매실적보고</li> </ul>	<p>통계청 (7종)</p> <p>농촌진흥청 (2종)</p> <p>산림청 (11종)</p> <p>농업기반공사 (1종)</p> <p>농협중앙회 (1종)</p> <p>KT&amp;G (1종)</p>

- 이중 농림부는 정부의 농업정책을 지원하고 농업인, 농업인단체, 학계, 연구기관, 소비자단체 등의 의사결정에 도움을 주기 위한 주요 농업통계 13종을 산출·보급하고 있으며 주요 내용은 다음과 같음.
  - 작물재배면적조사 : 농산물의 수급과 가격안정대책 수립, 농업인들의 재배계획수립 등에 주로 이용되며, 봄부터 가을사이 5회에 걸쳐 모든 작물을 대상으로 37천개의 면적 표본조사 단위구에서 각 작물별 재배면적을 조사.
  - 작물생산량조사 : 농산물 수급 및 가격안정대책 수립, 농업인들의 작목선택 등 영농계획수립 등에 이용되며, 조사항목은 생산량, 단위수량(10a당 수량)등이고, 15개 작물을 37천개 면적 표본조사 단위구중 해당작물이 재배된 단위구를 대상으로 표본추출하여 조사.
  - 작물통계조사 : 축산시책수립, 농업인들의 축종선택 및 사육규모 결정 등 기초자료로 활용하기 위해 주요 가축(한육우,젓소,돼지,닭)에 대해 가축사육두수 및 사육농가수를 전국 4,767개 표본조사구(마을)약 10만호(표본조사)와 일정규모이상 가축사육가구(전수조사)에서 년 4회 조사.
  - 축산물생산비조사 : 장·단기 축산정책 수립, 양축농가의 경영개선 자료 및 양축인 경영지도에 필요한 기초자료로 제공하기 위해 번식우, 비육우 등 6개 축종에 대해 가축비, 사료비 등 비목별 생산비와 경영비, 수익성 등을 축산물생산비조사 표본농가 1,500호에서 조사.
  - 경지면적조사 : 농업생산의 기반 토지자원의 확보와 이용, 작물



생산계획수립 등 농업정책에 필요한 기초자료를 제공하기 위해 경지면적(논·밭 구분)과 증감사유 등에 대하여 면적 표본조사 단위구 전국 37천개(표본조사)와 2ha이상 집단적으로 변동된 지역(전수조사)을 대상으로 연 1회 조사.

- 과수실태조사 : 과실 수급안정과 과수농가의 중장기 진흥대책·추진 및 과수농가의 영농계획수립을 위한 기초자료로 활용하기 위해 과수재배농가수, 재배면적, 식재주수, 저장시설, 과수용농기계, 유통장비 보유현황 등을 전국의 과수농가에서 5년 간격으로 조사.
- 농지임대차조사 : 농지임대차현황을 파악하고자 차용지면적, 임차농지 보유동기, 연간 임차료, 임차료 지불형태 등을 다목적 표본농가 3,200호에서 연 1회 조사.
- 농업기계화율조사 : 농기계 보급, 지원범위 결정 등 농업기계화 정책에 필요한 기초자료를 제공하기 위해 기계화가 시급한 논벼, 밭작물(콩, 감자, 배추, 고추, 마늘, 오이, 사과, 포도)을 대상으로 작업단계별 기계화율 및 수지사황을 다목적 표본농가 3,200호에서 격년제로 조사.
- 농림업생산액 및 생산지수 : 농림업 생산구조의 변화추이를 파악하기 위하여 기준년도 농림업 총생산액의 1/10,000이상인 148개 품목의 품목별 생산액(조수입:가격\*생산량) 및 지수를 산출.
- 농업경영체경영실태조사 : 품목별 일정규모이상을 경영하는 농업경영체의 경영실태를 파악하여 농업경영체 육성과 경영개선방안을 모색하는 목적으로 조사하며, 논벼, 고추 등 11개 주요품목에 대해 경영수지, 자금조달현황, 정부지원금 사용내역, 농가자산 등

을 품목별 일정규모이상 개인경영체 표본 2,284호에서 연중 주기적으로 조사.

- 재배의향면적조사 : 파종전에 농업인의 재배동향을 파악하여 적정생산유도, 가격안정, 수급계획 수립, 농업인들의 작목선택 및 재배규모설정 등 영농계획수립 기초자료로 활용코자 논벼, 고추 등 14개 작물을 대상으로 다목적 표본농가 3,200호와 작물별 주산지 농가 6,168호에서 당년재배의향면적, 증감사유 등을 연 1~2회 조사.
- 산지쌀값조사 : 쌀 생산·유통·수급 및 직불제 지원단가 산정 등의 기초자료로 제공하기 위하여 벼의 출하가격을 RPC 및 도정공장 등 483개 업소에서 5~6일간격(성수기5일, 비수기10일)으로 조사.
- 논벼 병충해방제상황조사 : 병충해방제상황과 농약사용량 등을 조사하여 안정적인 식량수급을 위한 병충해 방제대책에 활용코자 다목적 표본농가 3,200호에서 년3회 조사.

○ 본 연구에서는 항공우주기술 즉 원격탐사(remote sensing)와 직접적으로 관련이 있는<sup>1)</sup> 농업통계인 경지면적통계, 작물통계, 주요작물 지역별 재배동향, 주요작물 생산동향을 중심으로 통계산출의 현황과 문제점 그리고 과제를 분석하고자 함.

---

1) 미국의 항공우주기술을 활용한 농업통계산출 응용분야는 크게 다음의 4가지로 구분됨. 첫째, 토지이용 및 경지조사(area sampling frame construction), 둘째, 작물재배면적조사(crop area estimation), 셋째, 작황조사(crop condition assessment), 넷째, 수확량예측분석(crop yield forecasting and estimation), Robert Hale, "Appropriate Role of Remote Sensing in U.S. Agricultural Statistics", National Agricultural Statistics Service(NASS), 1999.

## 가. 경지면적통계

- 2004년 통계를 기준으로 경지면적통계의 조사개요 및 현황은 다음과 같음.
- 조사목적은 농업생산의 기반인 토지자원의 확보와 이용, 작물생산 계획 수립, 양곡수급계획 수립 등의 농업정책 수행에 필요한 기초자료를 제공하는데 있음.
- 조사시기는 2004년 통계의 경우 2004. 11. 15. ~ 11. 30. 임.
- 조사방법은 국립농산물품질관리원 출장소 조사공무원이 법적 지목여하에 관계없이 농작물 재배가 가능한 경지를 논·밭별로 구분하여 현지실측 표본조사 및 전수조사를 함. 표본조사로는 표본단위구로 추출된 단위구내의 논·밭별 면적과 증감사유별 면적을 현지 실측조사하며 전수조사로는 경지면적이 집단적으로 2ha이상 증감이 있는 지역을 조사함.
- 표본조사에 대해서 보다 자세히 살펴보면, 표본단위구의 추출은 전국의 경지를 약 2ha 크기로 묶은 1,015천개의 모집단 단위구를 논비율과 작물재배형태에 따라 10개 층으로 층화하고, 층별 표본추출율에 의하여 36천여개의 표본단위구를 추출하였으며 현행 통계는 '95년 시·군 경지면적을 모집단으로 하여 설계된 표본을

대상으로 조사하고 있음.

## 나. 작물통계

- 2004년 통계를 기준으로 작물통계의 조사개요 및 현황은 다음과 같음.
- 조사목적은 작물 생산량 조사는 단위면적(10a)당 수량을 파악하고 재배면적과 함께 전체 생산량을 추계하여 정부에는 농산물수급 등 정책자료로, 생산자에게는 안정적인 생산의욕을 고취시키는 작물별 소득 비교자료로, 소비자에게는 식생활 향상을 위한 정보로, 학계·연구기관에서는 학술연구자료로, 국제적으로는 비교 통계자료 등으로 사용되는데 필요한 기초자료를 확보·제공하기 위해 조사.
- 현재는 표본조사로 17개 품목을, 행정조사로 33개 품목을 조사하고 있음. 여기서 행정조사란 읍·면·동에서 청취조사를 실시하여 지방자치단체의 계통(읍·면·동→시·군→시·도→농림부사업국→농관원)을 통해 보고하는 것을 말함.
- 조사체계를 살펴보면, 작물통계조사는 재배면적조사와 생산량조사(10a당 수량조사)로 나뉘어서 이루어지는데 이중 재배면적은 표본조사 방식으로, 생산량은 논벼 등 17개 주요 작물은 표본조사 방식으로 그 외의 작물은 행정조사 방식으로 조사함. 표본조사는

국립농산물품질관리원 시·군 출장소에서, 행정조사는 지방자치 단체를 통하여 조사함.

- 재배면적조사에 대해서 자세히 살펴보면, 조사대상은 전국의 경지를 지번순으로 약 2ha(약 6,050평) 크기로 묶은 모집단 단위구중에서 층별 표본 추출방법으로 추출한 36천개의 표본단위구를 대상으로 조사.
- 표본설계방법은 다음과 같음.
  - 조사단위구 설정 : 행정구역인 시·군 단위의 지적도, 토지대장 등을 기초로 하여 약 2ha 크기로 약 1,015천개의 모집단 단위구를 설정.
  - 층화 : 모집단 단위구를 논비율과 시·도의 주요 작물, 그리고 지역적 특성을 반영하여 각 시·군을 층화 변수로 이용, 10개층으로 층화. 시설작물의 표본오차를 줄이기 위해 시설작물의 주산지에 시설층을 두었음. 층별 층화기준은 논비율과 주요작물이며, 논비율 100%이면 1층, 논비율 50~99%는 2층, 논비율 50%미만은 재배작물로 구분하여 3~10층으로 층화.
  - 표본추출 방법 : 층화분류한 시·군별 각 층에서 임의 추출방법에 의하여 논비율이 100%인 층은 1/40, 논비율이 50~99%인 층은 1/30, 논비율이 50%미만은 1/20의 추출률을 적용하여 전국 총 36,187개 표본 단위구를 추출. 논비율이 큰 단위구보다 밭비율이 큰 단위구에 재배된 작물의 종류가 다양하므로 표본의 정도를 높이기 위하여 밭비율이 큰 층에서의 표본 추출률을 높임.

- 재배면적 추계 : 시·군별 층별 재배면적은 층별 표본조사 단위구의 경지면적 합계에 대한 작물별 재배면적 합계의 비율을 산출하여 거기에 해당층 총 경지면적을 곱하여 추계하였으며, 이 층별 재배면적을 합계하여 시·군별 재배면적을 추계하고, 이 시·군별 재배면적을 합하여 도별 재배면적을 추계하였으며, 다시 도별 재배면적을 합하여 전국 재배면적을 추계.
- 조사방법은 다음과 같다. 즉 표본으로 추출한 면적조사 표본단위구의 요도를 가지고 매 조사시 마다 현지를 답사하여 단위구내에 재배되고 있는 모든 작물의 재배면적을 필지별로 목측 또는 실측 방법으로 조사.
- 다음으로 생산량조사에 대해서 자세히 살펴보면, 먼저 조사대상은 전 농경지에 재배되고 있는 작물(총 50개 품목)을 대상으로 하였음.
- 표본설계방법은 다음과 같음.
  - 표본수 결정 : 표본조사 대상 작물에 대하여 작물별 중요도를 감안하여 목표오차를 정한 후 전국·도·층별 표본수를 결정.
  - 표본추출 : 면적 표본조사 단위구 중에서 조사대상 작물이 재배되고 있는 단위구를 대상으로 해당작물 재배면적 비례로 표본단위구를 계통 추출하였고 이 표본 단위구내 필지 중에서 논벼와 고추는 2개 필지, 기타작물은 1개 필지를 계통 추출한 후 각 필지내 2개의 표본지점(포구)을 임의로 선정.

- 생산량추계 : 논벼 생산량은 시·군별로 조사된 단위면적(10a)당 생산량에 논벼 재배면적을 곱하여 시·군별 생산량을 구하고, 시·군별 생산량의 합계에 의해 도별 생산량을, 도별 생산량의 합계에 의해 전국 생산량 추계. 표본조사한 논벼 이외 작물의 생산량은 시·도별, 층별로 추계된 단위면적(10a)당 생산량에 재배면적조사에서 추계된 해당층의 재배면적을 곱하여 층별생산량을 구하고, 이 층별 생산량의 합계에 의해 도별 생산량을 구하였으며 다시 도별 생산량의 합계에 의해 전국 생산량을 추계.

#### 다. 주요작물 지역별 재배동향

- 2004년 통계를 기준으로 주요작물 지역별 재배동향조사의 개요 및 현황은 다음과 같음.
- 먼저 조사대상과 방법을 살펴보면, 전국의 경지를 약 2ha(6,050평) 크기로 묶은 모집단 단위구중에서 층별 추출률에 의해 추출된 36천개 표본단위구를 대상으로 조사하였음.
- 조사방법으로는 국립농산물품질관리원 출장소 조사공무원이 면적조사 표본으로 추출된 단위구 요도를 가지고 매 조사시기 마다 현지를 답사하여 조사단위구 내에 재배되어 있는 모든 작물의 재배면적을 조사하였음.
- 다음으로 표본설계 내용을 살펴보면, 모집단 단위구 설정은 전국

의 모든 경지를 현지 확인 후 시·군별, 읍·면·동별로 인접지 번끼리 약 2ha 크기로 묶어 1,015천개의 단위구를 만들어 이를 모집단으로 함

- 층화는 추계치의 정도를 높이기 위하여 모집단 단위구를 단위구별 특성(논·밭비율, 주재배작물)이 유사한 것 끼리 묶어 10개 층으로 층화함.
- 표본추출방법은 층화방법에 따라 층화분류한 시·군별 각층에서 임의추출 방법에 의하여 논비율이 100%인 층은 1/40, 50~100% 미만 층은 1/30, 50%미만 층은 1/20의 추출률을 적용하여 전국 36천개 표본단위구를 추출함. 논비율이 큰 단위구보다 밭비율이 큰 단위구에 재배된 작물의 종류가 다양하므로 표본의 정도를 높이기 위하여 밭비율이 큰 층에서의 표본 추출률을 높임.
- 작물재배면적 추계는 층별 재배면적은 층별 표본조사 단위구의 경지면적 합계에 대한 작물별 재배면적 합계의 비율을 산출하여 해당층 경지면적을 곱하여 추계하며, 이 층별 재배면적을 합계하여 시·군별 재배면적을 추계하고 이 시·군별 재배면적을 합계하여 도별 재배면적을, 도별 재배면적을 합계하여 전국 재배면적을 추계함.

## 라. 주요작물 생산동향



- 2004년 통계를 기준으로 주요작물 생산동향 조사의 개요 및 현황은 다음과 같음.
- 조사목적은 토지이용의 개선, 농산물 생산 및 수급대책의 수립, 국민소득 추계, 농업경영개선, 학술연구 등에 필요한 자료를 확보하기 위하여 농작물 재배면적과 생산량에 대한 표본조사 방법으로 이루어짐.
- 2004년 현재 논벼 등 17개 주요작물의 10a당 수량은 표본조사 방법으로 조사하고 있으며 옥수수 등 33개 작물은 행정통계로 조사하고 있음. 농림부 국립농산물품질관리원에서 총괄하며 전국의 9개 지원과 84개 시·군 출장소에서 현지조사방법으로 실시하고 있음.
- 조사방법에 대해서 구체적으로 살펴보면, 조사대상은 표본조사와 행정조사로 나누어지는데 표본 조사는 논벼, 보리 등 17개 주요작물에 대하여 국립농산물품질관리원에서 실시하고 있고 옥수수, 들깨 등 33개 작물은 지방행정기관에 의한 행정 조사로 실시하고 있음.
- 조사종류 및 방법으로는 생육초기에 생육상황을 판단하는 작황조사와 생육후기에 생산량을 예측하는 예상량조사, 최종 생산량을 확정하는 실수확량 조사로 구분함. 실수확량 조사는 각 작물별 수확기에 포기수, 이삭수, 낱알수와 같은 수량 구성요소를 실측조

사하고 포구내 작물을 직접 수확·건조·조제한 후 무게를 실측 조사하여 10a당 수량으로 환산·추계함.

- 표본설계방법을 살펴보면, 10a당 수량조사를 위한 표본은 재배면적 표본설계시 양 조사를 함께 사용할 수 있도록 다목적으로 설계하였음. 다만, 재배면적의 경우 표본단위구가 매년 고정되어 있지만 수량조사를 위한 표본은 매년 별도로 추출하고 표본수도 작물별, 연도별로 목표오차의 범위내에서 조정하고 있음. 재배면적 표본설계는 시·군단위의 총화에 근거하여 설계하였으나 수량조사의 경우 논벼를 제외한 나머지 작물의 지역적 편중이 심해 시·군단위의 추계는 현실적으로 불가능. 따라서 현행 표본설계에서는 논벼만 시·군단위 추계를 원칙으로 하고 나머지 작물들에 대해서는 과거와 같이 도단위 추계를 하도록 설계.
- 표본수 결정 : 표본설계시 모집단 분석 및 검토를 거치고 작물별 중요도를 감안, 목표오차(3%이내)를 각각 다르게 정하여 목표오차를 충족시킬 수 있는 적정 표본수를 결정하며 익년도부터는 목표오차와 전년표본수 및 추계오차를 기초 결정.
- 재배면적조사를 위해 추출한 36천여개 면적 표본단위구중 해당 작물이 재배된 단위구를 대상으로 1차 추출하고 단위구내 필지를 대상으로 2차추출하며 필지내에서 3m<sup>2</sup>크기의 표본포구를 3차 추출하는 다단 추출 및 임의계통추출방법을 이용.
- 생산량의 추계는 논벼와 논벼이외의 작물로 나누어지며 논벼의 경우 구체적인 추계방법은 다음과 같음.

- 시·군별 통계 : 10a당 수량은 생산량조사를 위해 배정된 표본포구에서 조사한 포구별 10a당 수량을 합하여 표본포구수로 나누어 평균 10a당 수량을 산출하고, 생산량은 시·군별 평균 10a당 수량에 시·군 재배면적을 곱하여 산출.
  - 시·도별 통계 : 생산량은 관내 시·군의 생산량을 합하여 산출하고, 10a당 수량은 시·도 생산량을 시·도 재배면적으로 나누어 산출.
  - 전국 통계 : 생산량은 시·도의 생산량을 합하여 산출하고, 10a당 수량은 전국 생산량을 전국 재배면적으로 나누어 산출.
- 논벼 이외 작물에 대한 추계방법은 다음과 같음.
- 시·도별 생산량 : 층별로 배정된 10a당 수량조사 표본포구에서 조사된 층별 평균 10a당 수량에 층별 재배면적을 곱하여 층별 생산량을 산출한 다음 각 층별 생산량을 합하여 산출하고, 시·도 10a당 수량은 시·도 생산량을 시·도 재배면적으로 나누어 산출.
  - 전국 생산량 : 시·도의 생산량을 합하여 산출하고, 전국 10a당 수량은 전국 생산량을 전국 재배면적으로 나누어 산출.

## 2. 농업통계산출의 문제점과 과제

### 가. 농업통계산출의 문제점

- 농업통계의 수요자라고 할 수 있는 농업인, 농업인단체, 학계, 연구기관, 소비자단체 등에서 현행 농업통계의 문제점 및 개선방향에 대한 의견들이 산발적으로 제시되고 있으나 이에 대한 전문적인 연구는 전무한 실정임.
- 농업통계 수요자들의 의견과 농업관련 언론을 통해 제시된 농업통계의 주요 문제점들은 다음과 같이 요약됨.
- 첫째, 전반적인 농업통계에 대한 불신이 팽배해 있음. 일부 표본조사 또는 전수조사 과정에서 현장 확인 없이 탐문조사만 하는 사례가 지적되는 등 조사대상 당사자들의 통계수치 자체에 대한 불신이 늘 존재하면서 전반적인 정부농업통계에 대한 불신으로 이어지고 있음. 특히 과거 행정통계에 대한 불신이 남아 통계자체가 정책목적을 위하여 조작이 가능한 가치 없는 정보로 인식하는 경향이 여전함.
- 둘째, 과거보다 급변하고 있는 토지이용, 행정구역 변경과 농촌환경 변화를 기존의 통계표본이 잘 반영하지 못하고 있음. 농업전문가들과 통계이용자들은 농업통계가 농업여건의 급격한 변화 등 시대적·사회경제적 상황을 반영할 수 있도록 보다 세밀하고 세분화된 표본선정 및 조사가 요구되나 표본의 개선정과 표본수를 늘리기 위해서는 막대한 자금과 인력이 소요됨으로 현실적으로 어려움 존재. 이로 인해 조사결과의 신뢰성이 낮아지는 악순

환이 계속되고 있음.

- 셋째, 전수조사의 어려움과 표본조사의 불완전성이 동시에 존재. 전수조사는 현재의 통계조사 여건을 고려할 때 현실적으로 불가능. 이에 대한 대안으로 표본조사가 활용되고 있으나 방대한 현장 답사가 요구되는 농업통계의 특성상 잘못된 표본추출이 발생할 수 있으며 이 경우 조사치와 현실치와의 괴리가 불가피하게 발생할 수 있음. 실제로 지방자치단체의 전수조사 행정통계의 결과와 정부의 표본조사 농업통계의 결과가 판이해 통계 수요자들의 불신을 증폭시키는 사례가 발생.
- 넷째, 지방화 시대 지역통계의 부족. 농업통계생산은 일반적으로 전국단위 또는 시도단위로 이루어져 기초지방자치단체에서 필요로 하는 세밀한 통계의 생산·보급이 미흡함. 이러한 통계는 중앙정부가 정책수행 및 정책방향을 설정하는 통계로는 적합하나 지역사회 농업발전에 대한 기여도는 낮음.

#### 나. 농업통계산출의 개선방향

- 최근 농림부는 농정여건에 대응하여 새로운 정책수요를 지원하고 통계 실수요자들이 실질적으로 필요로 하는 통계를 생산·공급하고자 기존 통계를 0-base에서 재점검하고 신규수요 발굴을 위한 「농업통계 인프라강화계획」을 수립하였음.

- 또한 이를 추진하기 위해 「농업통계 인프라강화 특별위원회」를 한시적으로 운영하며 실무작업을 위한 T/F팀을 구성하여 주요 추진 목표로 시대에 부응하고 고객에 만족을 주는 통계생산, 통계이용자의 만족도 제고, 통계품질개선을 위한 기반구축, 대내외 협력강화로 시너지효과 거양 등을 설정하였음.
- 이러한 노력은 농업통계를 생산자 중심에서 소비자중심으로 재편함으로서 통계수요자들의 만족도 증대에 크게 기여할 것으로 판단됨. 다만 기존의 통계생산체계 즉 하드웨어적인 측면의 근본적인 개선 및 발전 없이 통계를 수요자의 입장에서 다양화하는 소프트웨어적인 측면만을 강조함으로서 앞서 제시한 농업통계의 문제점을 근본적으로 해결하는데 한계점을 가짐.
- 최근 미국, EU, 일본 등의 선진국들은 항공우주기술을 이용한 영상자료를 각종 농업통계의 산출에 활용하는 원격탐사(remote sensing)기법을 적극적으로 연구·응용하고 있음.
- 국내에서도 원격탐사를 농업통계의 산출에 적용할 경우 표본조사를 통해 산출된 통계의 검증 및 보정, 통계표본의 합리적인 선정, 응급상황에서의 신속한 추가통계 산출 등이 가능해질 것임.
- 원격탐사기술을 적용한 통계생산체계의 혁신은 표본조사에만 의존함으로서 발생하는 농업통계의 근본적인 문제점을 획기적으로 개선함으로서 정확성과 시의성을 높이고 통계에 대한 수요자의

불신을 해소할 것임.

- 따라서 원격탐사기술을 활용한 농업통계 생산체계를 선진국 수준으로 확충 할 수 있도록 정부 및 관련기관 그리고 학계의 다양한 노력이 경주되어야 할 것임.

### 3. 항공우주기술의 농업통계업무 활용에 대한 실무자 의견 조사 결과

#### 가. 조사개요 및 조사대상자 일반현황

- 농업통계생산을 담당하고 있는 실무자들을 대상으로 업무상의 애로점과 항공우주기술의 농업통계업무 활용에 대한 현장의 목소리를 파악하기 위해 설문조사를 실시하였으며 구체적인 조사방법은 다음과 같다.
  - 전국의 농산물품질관리원 소속 농업통계생산 담당자(농업정보통계과 직원)를 대상으로 면대면 설문조사(12%), 전화조사(34%), 온라인 조사(54%)를 병행해서 실시함.
  - 온라인 조사의 self-selection bias를 피하기 위해 면대면 설문조사 결과와 전화조사 결과를 바탕으로 온라인 조사 결과를 검토하여 유의성이 떨어지는 조사표는 제외함.
  - 조사대상자들의 지역분포를 보면 본원(10.2%), 강원(11.8%), 경기

(10.2%), 경남(9.4%), 경북(11.8%), 전남(14.2%), 전북(13.4%), 충남(9.4%), 충북(9.4%)임.

- 총 127개의 설문을 조사하였으며 그중 유효한 응답은 70개 있음.  
조사기간은 2005년 9월 10일부터 9월 30일까지 20일 간임.

- 설문 응답자들의 일반현황을 살펴보면 다음과 같다.

<표 2> 설문대상자 개요

(단위 : 응답수, %, 세, 년)

비 목	응 답	
	남	여
성별	52(74.3)	18(25.7)
연령	44.6	
근무경력	19.9	

- 먼저 성별구분에서 남성이 52명(74.3%), 여성이 18명(25.7%)이었다. 평균적 연령은 약 45세로 조사되었으며, 농업통계관련 근무경력은 평균 약 20년으로 나타났다. 주요 업무분야로는 농업통계조사기획, 경지 및 작물재배통계, 작물재배면적조사, 농업관측, 논벼병충해방제조사, 논벼생산량조사 등으로 나타났다.

## 나. 설문결과

- 실무자들이 생각하는 농업통계산출 업무에 대한 원격탐사기술의



도입의 필요성에 대한 의향을 파악하기 위해 “국내 농업통계의 산출업무에 원격탐사기술을 도입할 필요성에 대해서 어떻게 생각하십니까”라고 질문하였다.

<표 3> 원격탐사기술의 도입 필요성

(단위 : 응답수, %)

비 목	응답
필요하다	66(94.3)
필요하지 않다	4(5.7)
결측치	0(0.0)
합계	70(100.0)

- 설문결과 “필요하다”는 응답이 94.3%로 매우 높게 나타났다. “필요하지 않다”는 응답은 5.7%로 나타났다. 따라서 실무자들이 생각하는 원격탐사기술의 도입 필요성은 매우 높은 것으로 판단된다.
- 보다 상세한 판단근거를 파악하기 위해 “필요하거나 필요하지 않다면 그 이유는 무엇입니까?”라고 주관식으로 질의하였으며 필요하다는 응답의 주요 응답내용을 정리하면 다음과 같다.
  - 농업통계의 특성상 숙련된 많은 인력을 동시에 투입하여 조사하여야 하나, 농업의 상대적 경제성으로 투입된 인건비에 비하여 산출된 결과가 너무 약하다는 경제 논리 등을 감안 농업통계의 질 저하 방지를 위해 필요

- 인공위성 사진으로서 경지조사를 정확하게 검증함
  - 보다 과학적, 효율적인 통계 생산 및 농업통계의 신뢰도 제고
  - 농업통계조사 및 보고과정이 과거 방식을 그대로 답습하고 있음
  - 신속한 통계산출과 농업통계의 보정을 위하여
  - 세계화에 의한 수입개방 대처, 식량의 자급자족 등 농업정책과 농가의 농업경영을 위한 중요한 자료인 정확한 농업통계 자료를 신속하게 제공
  - 첨단장비를 이용하여 신속하고 정확한 통계조사로 이용자에 대한 신뢰도 제고
  - 업무의 효율성 및 소요 인력 해소
  - 농업이라는 산업의 특성상 현재 농업통계 조사공무원들이 일일이 논, 밭을 현지 출장 하여 조사하고 있으나 IT기술이 발달하고 있는 상황에서 언제까지나 현행 조사방법을 유지할 수 없다고 판단됨
  - 원시적 조사방법으로는 많은 인력과 시간이 소요되며, 노력에 비해 정확도(효과)가 그다지 크지 않다고 판단
  - 인력부족으로 빠른 시간내에 조사자료를 실수요자에게 전달하는데 애로가 있으며 이제 통계도 발로뛰는 과거와 달리 과학적인 기법을 도입해야 하는 시기가 왔다고 봄.
  - 인력과 노력이 많이 소요되고 조사방법의 낙후로 비표본오차 발생으로 정확한 통계조사에 한계
- 필요하지 않다는 응답의 주요 응답내용은 다음과 같이 정리된다.
- 현재 사용하고 있는 방법으로도 충분히 추세를 파악할 수 있다

고 본다.

- 재배단위포구가 작은 우리나라 농업 여건에서 수도작이나 일부 작목 외에는 대부분 간작 혼작 등의 형태로서 원격탐사기술이 과연 타당할 것인가?
- 다음으로 국내 농업통계산출 업무에 대한 원격탐사기술의 도입의 가능성에 대한 의향을 파악하기 위해 “현재의 농업통계산출업무 여건을 고려할 때 원격탐사기술의 실무적인 도입이 가능하다고 보십니까”라고 질문하였다.
- 설문결과 “가능하다”는 응답이 84.3%, “가능하지 않다”는 응답은 15.7%로 다수의 농업통계 실무자들이 현재의 농업통계산출업무 여건에서 원격탐사기술의 실무적 도입이 가능하다고 판단하고 있음을 알 수 있다.

<표 4> 원격탐사기술의 도입 가능성

(단위 : 응답수, %)

비 목	응답
가능하다.	59(84.3)
가능하지 않다.	11(15.7)
결측치	0(0.0)
합계	70(100.0)

- 보다 상세한 판단근거를 파악하기 위해 “도입 가능하거나 가능하

지 않다면 그 이유는 무엇입니까?”라고 주관식으로 질의하였으며 도입이 가능하다는 응답의 주요 응답내용을 정리하면 다음과 같다.

- 미국 등 선진국의 기법을 습득한다면 가능할 것이다.
  - 인공위성의 발달로 가능할 것이다.
  - 재배면적 및 경지면적 통계는 가능
  - 경지면적, 작물재배면적, 작물생산량조사 등 경지에서 직접 재배 되는 것에 대한 조사는 인력보다 정확하고 신속하게 처리 됨
  - 예산상의 문제가 있지만 미래의 언젠가는 항공기술이 활용 되어야 한다.
  - 한 나라의 정확한 농업통계 생산을 위해서라면 못할 것도 없다.
  - 모든 농업통계에 전면적으로 도입하는 것은 어려우나, 우선 도입 가능한 통계를 찾아서 실시하는 것이 바람직하다고 판단됨
  - 관리자의 의지만 있으면 불가능한 것은 없다고 생각한다.
  - 주요 작물에 대하여만 도입이 되어도 많은 인력과 시간을 절감할 수 있음
  - 요즘 차량에 GPS를 장착하여 목적지를 찾아간다든지 하는 등 여러가지 방법으로 사용되고 있는 바 우리통계업무도 적절하게 이용하면 좀더 빠르고 정확하게 결과물을 얻을 수 있지 않을까 하는 생각임
- 가능하지 않다는 응답의 주요 응답내용은 다음과 같이 정리된다.
- 예산문제로 어려움이 많음
  - 비용면에서 효율성이 떨어지고 기술력이 현재의 통계의 정확성

을 충족시킬 수 있는지 의문이 됨.

- 관련연구부터 시작해야 한다.
  - 직원들에 대한 외부교육이 있거나, 외부인력을 채용해야 가능하지 현재는 그러한 분석능력은 없다고 판단됨
  - 관련 기술이 미흡할 것으로 판단
- 원격탐사기술 도입에 대한 설문조사결과를 살펴볼 때 원격탐사기술의 농업통계 산출업무 적용에 대한 열망이 매우 크고 현실적인 적용가능성도 높게 평가하고 있는 것으로 판단된다.

<표 5> 원격탐사기술의 도입시기

(단위 : 년도)

비 목	응답
관련연구 시작	2006.0
시범사업 시작	2007.9
실무도입 시작	2009.8

- 국내 농업통계산출 업무에 대한 원격탐사기술의 도입시기에 대한 의향을 파악하기 위해 “국내 농업통계산출업무에 원격탐사기술을 도입한다면 도입시기는 언제부터가 적정하다고 생각하십니까?”라고 질문하였다. 설문결과 “관련연구의 시작”에 대해서는 2006년, “시범사업의 시작”에 대하여서는 2007년 말, “실무도입의 시작”에 대해서는 2009년 말을 각각 적당한 시기로 생각하고 있는 것으로 조사되었다.

- 따라서 실무자들은 관련 연구의 경우 내년(2006)에 바로 시작되기를 희망하고 있으며 시범사업의 시작은 2년 정도의 관련연구를 거쳐 2008년부터는 시작되어야 하며 실무도입은 2년 정도의 시범사업을 거쳐 늦어도 2010년에는 시작되어야 한다는 의견을 제시하였다.
- 국내 농업통계산출 업무에서 원격탐사기술의 우선적 도입이 필요한 업무에 대한 의향을 파악하기 위해 “농업통계산출업무에 원격탐사기술을 도입한다면 어떤 업무에 우선적으로 적용하는 것이 바람직하다고 판단하십니까? 2가지를 선택하여 우선순위대로 1, 2를 기록해 주십시오”라고 질문하였다.

<표 6> 원격탐사기술의 우선적용 업무(순위분석)

(단위 : 응답수, %)

비 목	1순위	2순위
기존 표본통계를 대체해 통계생산	25(35.7)	13(18.6)
기존 표본통계와 병행해 통계생산	22(31.4)	10(14.3)
기존 표본통계의 검증 및 보정	2(2.9)	12(17.1)
통계표본의 합리적 선정	10(14.3)	16(22.9)
급히 요구되는 통계의 신속한 산출(농업재해 등)	9(12.9)	17(24.3)
결측치	2(2.9)	2(2.9)
합계	70(100.0)	70(100.0)

- 설문결과 1순위 항목에 대하여서는 “기존 표본통계를 대체해 통계생산”이라는 응답과 “기존 표본통계와 병행해 통계생산”이라는 응답이 각각 35.7%와 31.4%로 높게 나타났다. 또한 “통계표본의 합리적 선정”과 “급히 요구되는 통계의 신속한 산출(농업재해 등)”이라는 응답도 각각 14.3%와 12.9%로 나타났으며 “기존 표본통계의 검증 및 보정”이라는 응답은 2.9%로 낮게 나타났다.
- 2순위 항목에 대하여서는 “통계표본의 합리적 선정”과 “급히 요구되는 통계의 신속한 산출(농업재해 등)”이라는 응답이 각각 22.9%와 24.3%로 높게 나타났다.
- 순위분석에 이어 응답별 빈도를 분석하는 다중응답 빈도분석결과 “기존 표본통계를 대체해 통계생산”이라는 응답과 “기존 표본통계와 병행해 통계생산”이라는 응답이 각각 27.2%와 23.5%로 높게 나타났다.

<표 7> 원격탐사기술의 우선적용 업무(다중응답 빈도분석)

(단위 : 응답수, %)

비 목	응답
기존 표본통계를 대체해 통계생산	37(27.2)
기존 표본통계와 병행해 통계생산	32(23.5)
기존 표본통계의 검증 및 보정	14(10.3)
통계표본의 합리적 선정	25(18.4)
급히 요구되는 통계의 신속한 산출(농업재해 등)	28(20.6)
합계	136(100.0)

- 이러한 설문결과를 고려할 때 실무자들은 원격탐사기술이 기존 통계의 부수적인 부분이 아니라 농업통계업무 전반(기존 통계 대체 혹은 병행)에 적용되기를 희망하고 있다고 판단된다.
- 국내 농업통계산출 업무에 대한 원격탐사기술의 도입의 애로점에 대한 의향을 파악하기 위해 “국내 농업통계산출업무에 원격탐사 기술을 적용하는데 있어 가장 큰 애로점은 무엇이라고 생각하십니까”라고 질문하였다.

<표 8> 원격탐사기술 적용의 애로점

(단위 : 응답수, %)

비 목	응답
기존통계산출체계와의 연계문제	9(12.9)
국내농업의 특성(복잡한 작부체계)	16(22.9)
기술수준의 미성숙	4(5.7)
예산의 부족	23(32.9)
비용대비 효과의 불확실성	9(12.9)
전문가(조직)의 부족	7(10.0)
결측치	2(2.9)
합계	70(100.0)

- 설문결과 “예산의 부족”이라는 응답과 “국내농업의 특성(복잡한 작부체계)”이라는 응답이 각각 32.9%와 22.9%로 높게 나타났다. 또한 “기존통계산출체계와의 연계문제”, “비용대비 효과의 불확실성”이라는 응답은 12.9%로 나타났다. “전문가(조직)의 부족”, “기



술수준의 미성숙”이라는 응답은 각각 10.0%와 5.7%로 낮게 나타났다.

- 따라서 실무자들이 우려 하는 원격탐사기술 도입의 애로점은 예산부분이 가장 크다고 하겠으며 다음으로 국내 농업여건에 대한 기술적 실효성을 제시하였다.
- 국내 농업통계산출업무 중에서 원격탐사기술의 도입이 필요한 통계산출업무에 대한 의향을 파악하기 위해 “농업통계산출업무에 원격탐사기술을 도입한다면 어떠한 통계산출에 우선적으로 적용되어야 한다고 생각하십니까? 2가지를 선택하여 우선순위대로 1, 2를 기록해 주십시오”라고 질문하였다.

<표 9> 원격탐사기술의 우선적용 농업통계(순위분석)

(단위 : 응답수, %)

비 목	1순위	2순위
경지면적통계	41(58.6)	17(24.3)
재배면적통계	24(34.3)	37(52.9)
작물생산량통계	0(0.0)	6(8.6)
농업재해통계	3(4.3)	6(8.6)
북한농업통계	0(0.0)	2(2.9)
결측치	2(2.9)	2(2.9)
합계	70(100.0)	70(100.0)

- 설문결과 1순위 항목에 대하여서는 “경지면적통계”라는 응답과 “재배면적통계”라는 응답이 각각 58.6%와 34.3%로 높게 나타났다. “농업재해통계”라는 응답도 4.3%가 있었다.
- 2순위 항목에 대하여서는 “재배면적통계”와 “경지면적통계”이라는 응답이 각각 52.9%와 24.3%로 높게 나타났다. “작물생산량통계”, “농업재해통계”라는 응답은 8.6%로 나타났다.

<표 10> 원격탐사기술의 우선적용 농업통계(다중응답 빈도분석)

(단위 : 응답수, %)

비 목	응 답
경지면적통계	57(41.9)
재배면적통계	61(44.9)
작물생산량통계	6(4.4)
농업재해통계	10(7.4)
북한농업통계	2(1.5)
합계	136(100.0)

- 추가적으로 다중응답 빈도분석결과를 살펴보면 “재배면적통계”라는 응답과 “경지면적통계”라는 응답이 각각 44.9%와 41.9%로 높게 나타났다. 또한 “농업재해통계”, “작물생산량통계”, “북한농업통계”라는 응답은 각각 7.4%, 4.4%, 1.5% 순으로 높게 나타났다.
- 따라서 실무자들이 생각하는 원격탐사기술을 도입할 업무의 우선 순위는 ‘경지면적통계>>재배면적통계>>농업재해통계>>작물생산

량통계>>북한농업통계’인 것으로 판단된다.

- 재배면적의 통계산출 업무에 원격탐사기술을 도입할 때 우선적으로 적용할 작물에 대한 의향을 파악하기 위해 “재배면적산출에 원격탐사기술을 도입한다면 어떤 작목부터 우선적으로 적용해야 한다고 생각하십니까? 작목 3가지를 선택하여 우선순위대로 1, 2, 3을 기록해주시시오”라고 질문하였다.

<표 11> 원격탐사기술의 우선 도입작목(순위분석)

(단위 : 응답수, %)

비 목	1순위	2순위	3순위
미곡(논벼, 밭벼 등)	63(90.0)	2(2.9)	0(0.0)
맥류(겉보리, 쌀보리, 밀 등)	0(0.0)	15(21.4)	4(5.7)
서류(감자, 고구마 등)	0(0.0)	4(5.7)	2(2.9)
두류(콩, 팥 등)	0(0.0)	0(0.0)	9(12.9)
잡곡(조, 옥수수 등)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
채소(배추, 고추, 양파 등)	3(4.3)	28(40.0)	15(21.4)
과실(사과, 배 등)	2(2.9)	19(27.1)	24(34.3)
특용작물(참깨, 유채 등)	0(0.0)	0(0.0)	2(2.9)
결측치	2(2.9)	2(2.9)	14(20.0)
합계	70(100.0)	70(100.0)	70(100.0)

- 설문결과 1순위 항목에 대하여서는 “미곡(논벼, 밭벼 등)”이라는 응답이 90.0%로 대부분을 차지하였다. “채소(배추, 고추, 양파 등)”이라는 응답과 “과실(사과, 배 등)”라는 응답도 각각 4.3%와 2.9%로 나타났다.

- 2순위 항목에 대하여서는 “채소(배추, 고추, 양파 등)”와 “과실(사과, 배 등)”이라는 응답이 각각 40.0%와 27.1%로 높게 나타났다. “맥류(겉보리, 쌀보리, 밀 등)”, “서류(감자, 고구마 등)”, “미곡(논벼, 밭벼 등)”이라는 응답도 각각 21.4%와 5.7% 그리고 2.9%로 나타났다.
- 3순위 항목에 대하여서는 “과실(사과, 배 등)”이라는 응답과 “채소(배추, 고추, 양파 등)”이라는 응답이 각각 34.3%와 21.4%로 높게 나타났다. “두류(콩, 팥 등)”, “맥류(겉보리, 쌀보리, 밀 등)”, “서류(감자, 고구마 등)”, “특용작물(참깨, 유채 등)”이라는 응답도 각각 12.9%, 5.7%, 2.9% 순으로 나타났다.
- 추가적으로 다중응답 빈도분석결과 “미곡(논벼, 밭벼 등)”이라는 응답이 33.9%로 가장 높게 나타났다. 또한 “채소(배추, 고추, 양파 등)”이라는 응답과 “과실(사과, 배 등)”이라는 응답도 각각 25.0%와 23.4%로 높게 나타났다. “맥류(겉보리, 쌀보리, 밀 등)”, “두류(콩, 팥 등)”, “서류(감자, 고구마 등)”, “특용작물(참깨, 유채 등)”이라는 응답은 각각 9.4%, 4.2%, 3.1%, 1.0% 순으로 낮게 나타났다.
- 따라서 실무자들이 생각하는 원격탐사기술을 도입할 작목의 우선 순위는 ‘미곡>>채소>>과실>>맥류>>두류>>서류>>특용작물>>잡곡’ 인 것으로 판단된다.

<표 12> 원격탐사기술의 우선도입작목(다중응답 빈도분석)

(단위 : 응답수, %)

비 목	응답
미곡(논벼, 밭벼 등)	65(33.9)
맥류(겉보리, 쌀보리, 밀 등)	18(9.4)
서류(감자, 고구마 등)	6(3.1)
두류(콩, 팥 등)	8(4.2)
잡곡(조, 옥수수 등)	0(0.0)
채소(배추, 고추, 양파 등)	48(25.0)
과실(사과, 배 등)	45(23.4)
특용작물(참깨, 유채 등)	2(1.0)
합계	192(100.0)

- 이상의 결과를 종합하면 농업통계생산 실무자들은 원격탐사기술의 실무도입 필요성 및 가능성에 대해 매우 높게 평가하고 있으며 업무전반에 관련 기술이 도입되기를 희망하고 있는 것으로 판단된다. 또한 도입의 주요 걸림돌인 예산문제와 기술적인 문제를 해결하여 조속한 시일 안에 실무에 관련기술을 적용하기를 희망하고 있다.
- 원격탐사기술이 유용한 업무로는 재배면적조사와 경지면적조사를 지적하고 있으며 관련기술을 가장 시급히 도입해야 할 작목으로는 미곡을 제시하였다.

## 제 3 장 국내 항공우주기술의 현황과 응용사례

### 1. 국내 항공우주기술의 현황

- 지구자원탐사위성인 LANDSAT 데이터의 활용으로부터 본격화되기 시작한 원격탐사기술에 대한 연구는 센서부문의 기술진보와 컴퓨터 하드웨어의 성능향상, 응용소프트웨어의 지속적인 개발로 그 응용분야는 ‘도시, 토목, 환경, 지리, 임업, 농업, 군사정보’ 등 매우 광범위해지고 있다. 특히, 원격탐사로 얻어진 자료는 지리정보시스템(GIS)에서 각종 지형 및 지표자료 등 지리정보의 기초 데이터베이스 구축에 필수적인 자료로서 활용되고 있으며, 이를 이용한 래스터 GIS에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.
- 우리나라는 1980년대부터 이미 기상, 통신 분야는 물론 국토개발, 해양, 환경, 과학탐사 분야에서 미국, 일본 등의 위성자료를 활용하여 각 연구기관과 대학을 중심으로 활발한 연구가 진행되어 왔다.
- 그러나 위성 센서 자체의 문제점과 위성의 공간적 시간적 해상력의 부족, 고가의 자료 그리고 우리가 원하는 자료 생산의 어려움 등의 이유로 실용적인 우리나라 주변 위성자료 획득에 있어서는 많은 문제점을 수반하였다.

- 이에 자국위성의 필요성이 대두 되었고 1999년 12월 항공우주연구소가 과학기술부의 지원으로 지구 관측 위성인 아리랑 1호를 발사함으로써 본격적으로 자국 위성을 활용한 지구 관측이 가능하게 되었음. 이러한 지구 관측 위성은 국가적으로 추진하고 있는 다목적 실용위성(Korea Multi-Purpose Satellite: KOMPSAT) 개발 사업의 첫 번째 성과로서 앞으로도 지속적으로 KOMSAT 시리즈를 개발 발사 운용할 계획으로 있다.
- 현재 정부는 다목적 2호를 개발 중에 있으며 3호를 기획단계에 진입하려하고 있음. 그리고 다가오는 2015년까지 다목적 위성 8호까지 개발할 계획임. 3호는 육상, 해양 및 기상관측을 위한 위성이 될 것으로 예상하고 있으며, 5호와 7호에서는 SAR위성으로 해상도 1~3m 급으로 고려하고 있다.
- 항공우주기술의 농업관련 활용분야는 농작물 분류 및 구분, 작황 추정 및 농업재해 추정 등이 있다. 농작물 분류 및 구분은 작물의 성장주기에 따라 작물의 발아주기, 성장 및 수확량 평가, 연중 성장주기 분석 및 경작 계획을 위한 모델을 작성하고 있다. 작황 추정은 재배면적을 산출함과 동시에 작황에 관련되는 식생지수, 엽록소 함량분포 등의 주제도를 만들어서, 최종적으로는 수량추정도를 작성하는 것이다. 농업재해 추정은 홍수피해지역이나 한해피해 지역을 탐지하는 것을 말한다.

- 국내의 경우 현재 농업분야에서 항공우주기술 및 원격탐사기술의 응용은 Landsat 데이터를 이용한 벼 생육 주제도 작성 등에 머무르고 있어 관련연구가 매우 미진한 상황이다. 향후 관련연구의 활성화와 KOMPSAT-2와 같이 고해상도 위성영상을 사용할 경우 소규모 농경지에 대한 정보 추출이 가능해져 농업경쟁력 확보의 주요 수단으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.
- 항공우주기술 및 원격탐사기술의 발전은 지구탐사를 수행하는 위성의 변천과 이를 통해 취득할 수 있는 위성영상의 종류 및 특성에 따라서 변모해 가고 있다. 현재 국내를 촬영할 수 있는 인공위성의 종류와 각 인공위성에서 취득되는 위성영상의 종류 및 특성은 다음과 같다.

## 2. 위성영상의 종류 및 특성

- 1972년 최초의 민간 지구관측위성인 Landsat-1호가 발사된 이래 지금까지 약 40여개 이상의 인공위성이 발사되어 지구의 표면을 촬영하여 공급하고 있다. 그 동안 미국을 비롯하여 몇몇 소수의 국가에 의해 운영되어 왔던 지구관측위성 프로그램들은 1990년대 후반부터 지구환경 모니터링을 위한 범지구 관측시스템(Earth Observation Systems : EOS)의 출범, 레이더센서를 탑재한 위성, 민간회사에 의한 상업용 위성 등으로 그 영역을 확장하여 획기적인 전기를 맞고 있다.



- 다양한 종류의 위성영상들은 나름대로 고유한 특성을 가지고 있으며, 활용 목적에 따라 다양한 기준으로 나눌 수 있다. 위성영상은 관점에 따라 상이하게 구분될 수 있으나 일반적으로 영상자료의 해상도(resolution)에 따라 구분되는 게 보편적이다. 위성영상에서 해상도의 개념은 항공사진과 같이 영상에서 분해될 수 있는 최소 단위 면적인 공간해상도(spatial resolution)를 지칭하지만 공간해상도 뿐만 아니라, 센서가 감지할 수 있는 파장의 세분영역을 나타내는 분광해상도(spectral resolution), 센서의 광학적 민감성을 표시하는 방사해상도(radiometric resolution), 그리고 동일 지역을 반복해서 관측할 수 있는 촬영주기(temporal resolution)를 지칭하는 여러 종류의 개념으로 사용된다. 이러한 해상도에 따라 위성영상자료의 특성을 표시할 수 있다.
  
- 위성영상의 해상도는 위와 같이 다양하게 해석될 수 있지만, 위성영상으로부터 추출할 수 있는 정보의 종류와 특성을 나타내는 데에는 공간해상도가 가장 널리 사용된다. 가령 아시아 대륙 전체의 토지이용 관측에 필요한 위성영상과 개별국가 단위의 지역적인 토지이용도 제작에 필요한 위성영상의 가장 큰 차이점은 공간해상도로 구분될 수 있다. 이와 같이 특정 목적에 따라 위성영상의 공간해상도가 결정된다. 위성영상을 공간해상도에 따라 구분할 경우 3m 이내의 고해상도 영상, 5~100m 사이의 중해상도 영상, 그리고 수 백미터 이상 되는 저해상도 영상으로 나눌 수 있다.

<표 13> 위성영상자료의 해상도 종류 및 설명

해 상 도	내 용
공간해상도 (spatial resolution)	센서의 공간분해능, 즉 영상의 최소 단위인 단일화소에 해당하는 신호값을 기록할 수 있는 최소 면적
분광해상도 (spectral resolution)	센서가 감지할 수 있는 파장영역의 폭과 범위
방사해상도 (radiometric resolution)	센서가 단위 해상 공간에서 감지한 에너지를 세분하여 기록할 수 있는 민감도
촬영주기 (temporal resolution)	센서가 동일 지역을 반복하여 촬영할 수 있는 주기

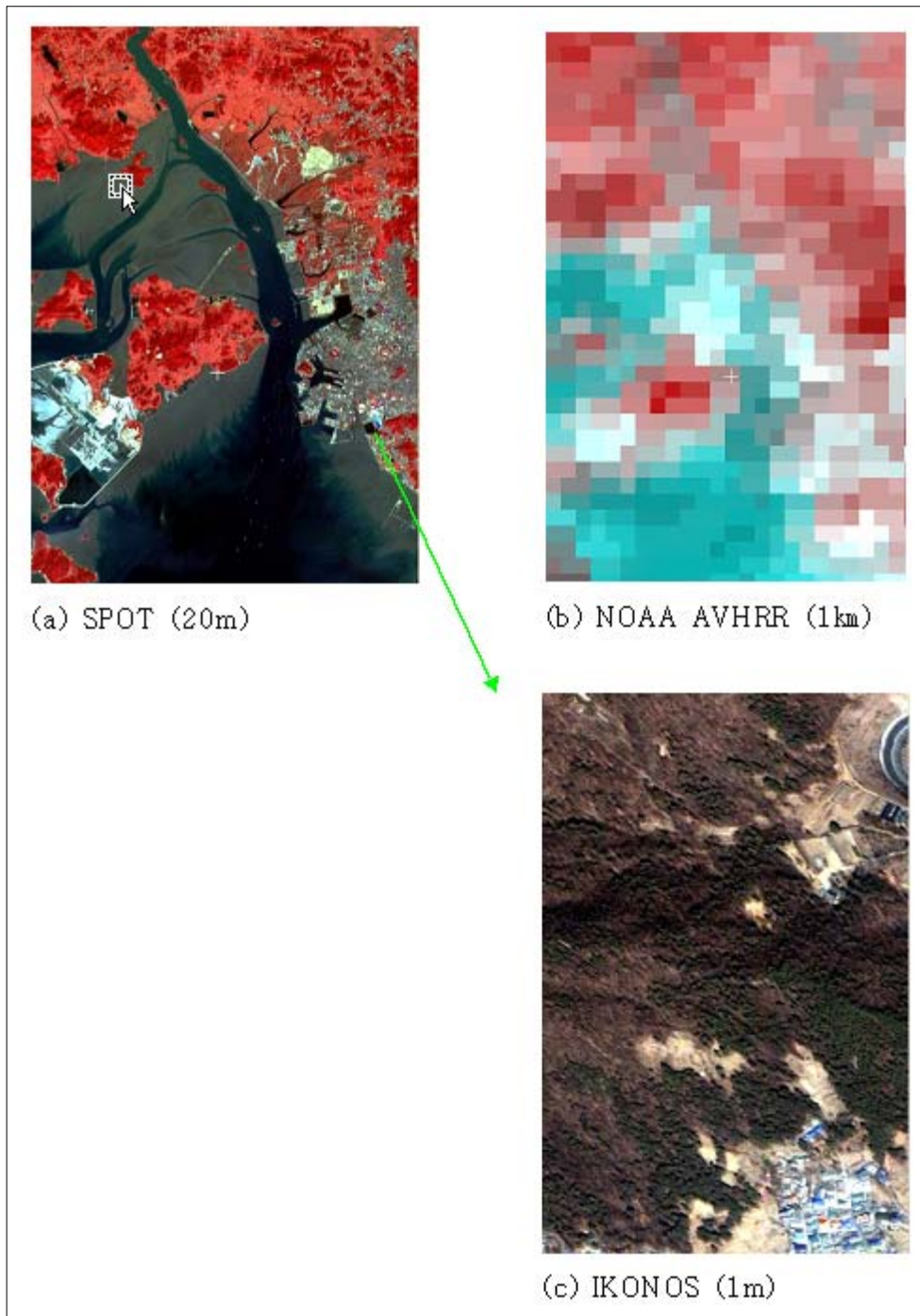
- 아래 그림은 동일지역(인천 및 주변)에 대하여 세 종류의 위성영상을 보여주는데, 먼저 20m 공간해상도를 가지고 있는 SPOT 영상과 1km 해상도의 NOAA AVHRR영상을 비교하였고, 마지막 영상은 인천시 일부의 1m 고해상도의 상업위성영상이다. 이 세 영상에서 보듯이 각각의 영상에서 구분될 수 있는 지표면의 특성은 매우 다양하게 나타난다.
- 고해상도 위성영상에서는 토지이용실태는 물론 개별 작목의 세부적인 형태까지 관찰할 수 있을 정도로 세부적인 정보를 포함하고 있지만, 한반도 전체의 토지이용현황 혹은 작황을 추정하기 위한 영상으로는 적합하지 않을 것이다.
- 따라서 위성영상의 종류에 따라 활용될 수 있는 범위와 성격이 명확히 구분되어야 할 것이며, 특히 각종 농업통계의 산출에 활

용하기 위한 위성영상별 적용 분야를 설정해야 한다. 아래 표는 현재 가장 널리 사용되고 있는 광학위성영상들을 공간해상도에 따라 구분하였고, 각각의 기본적인 특성을 나열하고 있으며 각 위성영상별 특성은 보다 상세히 정리하면 다음과 같다.

<표 14> 공간해상도에 따른 위성영상의 구분

구분	위성/센서	밴드수	공간해상도	촬영주기	촬영범위	발사년도
고 해상도	IKONOS	4	1m/4m	임의조정	11km	1999
	다목적실용위성 KOMPSAT-EOC	1	7m	임의조정	17km	1999
	QuickBird	4	0.6m/2.8m	임의조정	14km	2001
	OrbView	4	1m/4m	임의조정	8km	2002
중 해상도	Landsat/TM	7	30m/15m	16일	185km	1982
	SPOT/HRV	4	20m/10m	26일	60km	1986
	IRS/LISS	4	20m/5m	25일	130km	1995
저 해상도	NOAA AVHRR	5	1km	12시간	약 2,400km	1980
	Terra MODIS	36	250m/500m /1km	2days	약 2,300km	1999

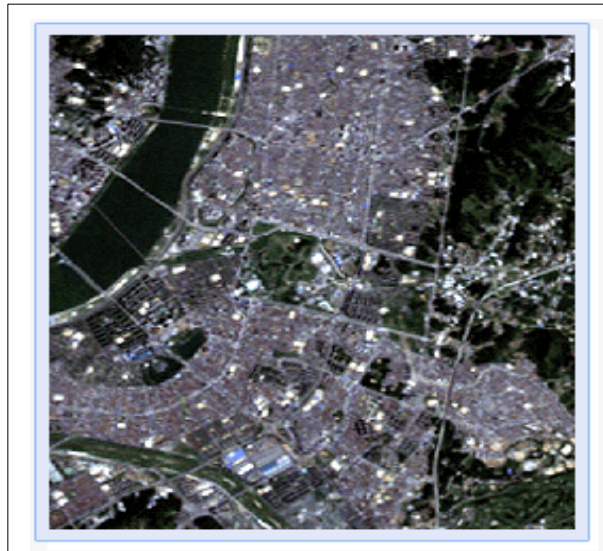
<그림 1> 위성영상의 공간해상도 비교 (인천 및 주변 지역)



## 가. LANDSAT(미국)

- LANDSAT 영상은 오랜 기간동안 지구 환경 변화에 대한 가장 많은 정보를 제공하고 있어 육지의 자원탐사, 농작물 모니터링, 토지 이용 분류 등 주제도 제작을 위해 널리이용되고 있으며 열적외선(thermal infrared) 밴드를 포함하고 있어, 연안지역의 환경 감시에도 유용하게 이용된다.
- 우주로부터 지구를 관찰하기 위해 발사된 위성 프로그램들 중에 가장 오래된 프로그램으로, 육상관측 및 연구가 그 주요 목적이며, 첫 위성은 1972년 미국에 의해 발사된 ERTS-1 (지금의 LANDSAT-1) 이었고, 이는 우수한 관측능력을 발휘하여 인공위성에 의한 원격탐사를 비약적으로 발전하게 한 계기가 되었다.

<그림 2> LANDSAT-7 위성영상 샘플



- 현재 LANDSAT 위성은 다중분광주사계(Multi-Spectral Scanner : MSS)와 Thematic Mapper(TM)의 두 종류의 센서를 탑재하고 있으며, 주로 육지의 자원탐사, 주제도 제작을 위해 널리 이용되며, TM자료는 열적외선(thermal infrared)밴드를 포함하고 있어, 연안지역의 환경감시에도 유용하다. 현재 5호와 7호가 작동 중에 있다. LANDSAT-4~7호까지의 제원은 고도가 705km, 관측주기가 16일, 관측폭이 185km×185km이다.
- 센서 MSS(Multi-Spectral Scanner) : Landsat 1~5 까지 장착되었던 가시광 및 근적외선 영역의 센서로 위성이 통과할 때 지구의 햇빛 받는 쪽으로 서에서 동으로 scanning하는 센서이다. scanning 기하학과 위성의 궤도, 그리고 지구의 회전이 결합해서 육상 표면 연구에 적합하며, MSS의 해상도는 대략 80m이다.

<표 15> MSS센서의 특성

Bands	1	2	3	4
Frequency( $\mu\text{m}$ )	0.5 - 0.6	0.6 - 0.7	0.7 - 0.8	0.8 - 1.1
해상도(m)	80	80	80	80
Swath(km)	185	185	185	185

- TM(Thematic Mapper) : TM은 non-photographic 영상 시스템으로 MSS의 후속 스캐너로서 Landsat 4와 Landsat 5에 장착되어 10년이 넘는 기간 동안 작동해 왔다. TM은 MSS보다 지상 해상도, spectral 분산, 기하학적 성능 등의 면에서 더욱 발전된

기능을 보이며 특히 30m의 해상도로 육상의 연구 등에 유용하게 사용되고 있다.

<표 16> TM센서의 특성

Bands	1	2	3	4	5	6	7
과장( $\mu\text{m}$ )	0.45-0.52	0.52-0.60	0.63-0.69	0.76-0.90	1.55-1.75	10.42-12.50	2.08-2.45
해상도(m)	30	30	30	30	30	30	30
Swath(km)	185	185	185	185	185	185	185

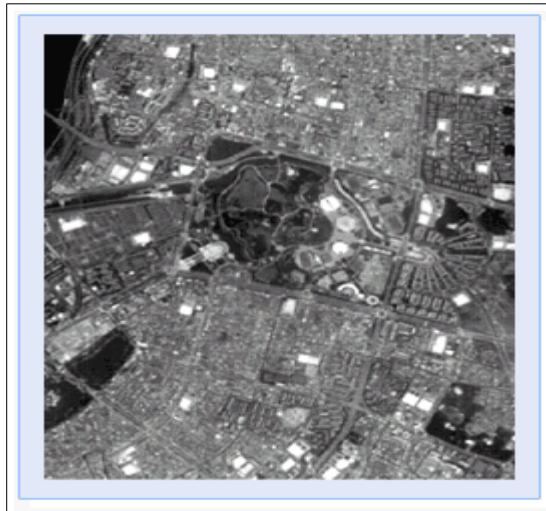
- ETM+(Enhanced Thermal Mapper Plus) : 이 센서는 Landsat 4, 5의 TM과 Landsat 6에 장착되었던 ETM(Enhanced Thematic Mapper)을 보다 발전시킨 센서로서 TM과 비교할 때 thermal band의 해상도가 120m에서 60m로 나아진 것 외에 해상도의 변화는 없으나 15m 해상도의 panchromatic band(전과장 영역)가 교정되어 더 선명한 영상을 제공할 수 있다. 이는 이전의 TM 센서보다 지구의 환경 변화를 연구하고 육상의 표면을 관찰하는데 더 효과적인 센서이다.

#### 나. SPOT(프랑스)

- SPOT은 고해상도의 지구 영상을 획득할 목적으로 프랑스의 CNES(Centre National d'Etudes Spatiales)의 주도하에 스웨덴과

벨기에가 협력해 만들어진 위성이다. SPOT은 10m (SPOT 5는 2.5m)의 비교적 높은 해상도를 가짐으로 지도 제작이나 육상 관측에 유용하게 이용되고 있다.

<그림 3> SPOT 위성영상 샘플



- SPOT위성은 Pushbroom 스캐닝 기술과 선형 배열 시스템을 최초로 장착한 지구자원탐사위성으로서, SPOT 1, 2, 3에는 HRV (High Resolution Visible) 센서가 2대씩 탑재되어 10m의 해상도로 지구관측을 하기 때문에 주로 지도제작을 주목적으로 하고 있다. 그리고 20m의 Multi-Spectral 센서도 탑재하여 3Band의 다중분광모드로 지구관측을 할 수 있다. SPOT 4호는 이전의 SPOT과 제원은 비슷하나 다중분광모드에, 중적외선 밴드를 추가한 HRVIR(High Resolution Visible and InfraRed) 센서 2대가 탑재되었으며, 농작물 및 환경변화를 매일 관측하기 위한 목적으로 Vegetation 센서가 추가 되었다.



- SPOT 5호는 2002년 5월에 발사되어 운영중이며, 공간해상능력을 향상시킨 HRG(High Resolution Geometry) 센서 2대를 탑재하여 5m의 공간해상도와 Resampling 을 할 경우 2.5m 의 해상도를 가지고, Multi-Spectral에서는 가시광선 및 근적외선의 3밴드에서 10m, 중적외선 밴드는 20m의 공간해상도의 영상을 공급하고 있다. SPOT은 위성의 고도가 832km, 관측주기가 26일, 관측폭이 60km×60km이다.

<표 17> SPOT 위성별 센서

위성명	센서
SPOT - 1	HRV
SPOT - 2	DORIS, HRV
SPOT - 3	DORIS, HRV
SPOT - 4	DORIS, HRVIR, VEGETATION
SPOT - 5	DORIS, HRG, VEGETATION

#### 다. 아리랑 1호(한국)

- 1999년 12월 21에 발사 성공한 아리랑위성(KOMPSAT-Korea Multi-Purpose Satellite, 다목적 실용위성)은 국가 공공목적으로 정부에서 투자하고 항공우주연구소와 함께 개발한 국내 최초의 실용 원격탐사 위성이다. 전자광학카메라(EOC), 해양관측카메라(OSMI), 이온층측정기(IMS), 고에너지 입자 검출기(HEPD)의 4개의 관측기기가 탑재되어 있다.

- 이 위성의 임무는 한반도 지도제작(1 : 25,000)을 위한 자료수집, 해양관측 자료수집, 우주환경에 대한 연구, 아리랑위성의 상태데이터의 수집 등의 수행하는 것으로 되어 있다. EOC는 510~730nm 파장대역에서 6.6m 공간해상도를 가진 전정색(Panchromatic) 영상을 수집하며, 지상국에서 여러 궤도의 영상들을 혼합처리하여 입체영상(Stereo Image)을 얻을 수 있다. 위성의 고도는 685km이며, 관측폭은 17km, 한 궤도당 800km의 지상 길이에 대해 연속촬영이 가능하다.

<그림 4> 아리랑1호 위성영상 샘플



- 아리랑1호 위성의 제원과 주요 활용분야는 다음과 같다.
- 지구관측 : 국가 정밀지도(1/25,000급) 제작 및 GIS분야 활용, 국토관리 분야(도시계획, 국토관리 등) 활용, 재해예방 분야(기상예

측, 환경오염, 수해, 산불 감시, 조난구조 등) 활용, 식생 및 산림 분야 활용

<표 18> 아리랑 1호의 주요제원

임무기간(수명)	3년 이상
궤도	685km 태양동기 주기, 적도 통과 지방시 AM 10:50 (남북궤도)
지상국 교신	일일 2, 3 회 교신 가능
무게	510 kg
전력	636 W
궤도주기	98.46 분
크기	본체직경 53 inch, 본체높이 98 inch, 태양전지판 2.8 x 4.6 m

- 해양관측 분야(해양자원, 해양환경, 해양오염 등), 기타 분야(황사 및 대기오염 등 환경관측), 재해예방 분야(기상예측, 환경오염, 수해, 산불 감시, 조난구조 등) 활용, 식생 및 산림분야 활용
- 과학실험 및 우주데이터 수집 분야 : 이온층의 전자밀도 및 온도 측정, 전리층 측정, 통신주파수대 예측, 우주방사선이 전자부품에 미치는 영향 측정, 신소재 및 전자부품 개발 등

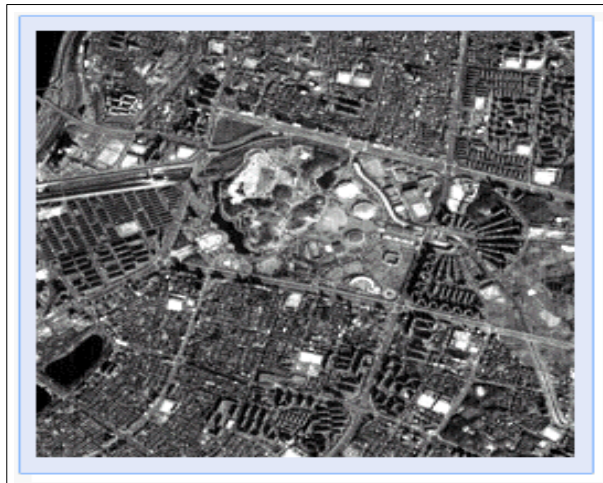
## 라. IRS(인도)

- IRS 위성 체계는 인도정부 우주부 (Department of Space, Government of India) 산하 인도 우주 연구 사업(Indian Space

Research Organization : ISRO)이 주도하는 인도 고유의 지구 관측 위성 프로그램이다.

- IRS(Indian Remote Sensing Satellite) Series는 1980년대 중반부터 인도의 원격탐사위성 개발계획에 따라 ISRO(Indian Space Research Organization)에 의해 개발되기 시작한 원격탐사 위성 프로그램으로써 1988년 최초로 IRS-1A가 발사된 이래 1991년 IRS-1B, 1995년 IRS-1C까지 발사되었고, 1998년 IRS-1D가 발사되었다.

<그림 5> IRS-1C 위성영상 샘플



- IRS-1A/1B는 36.25m와 72.5m의 공간해상도를 가진 Multispectral Sensor(LISS-I, LISS-II)가 탑재되어 있고, IRS-1C와 IRS-1D에는 23.5m 공간해상도의 다중분광 센서인 LISS-III와 5.8m 공간해상도의 전정색 센서(Panchromatic Sensor)와 식생분석(Vegetation

Control)을 위한 188m 공간해상도의 WiFS(Wide Field Sensor)가 탑재되었다. 이 위성의 전정색 센서는 다른 위성과 달리 6 bit 데이터를 갖고 있는 단점이 있다. 위성의 고도는 약 820km이고, 관측폭은 70km×70km이다.

<표 19> 식생분석을 위한 WiFS센서의 제원

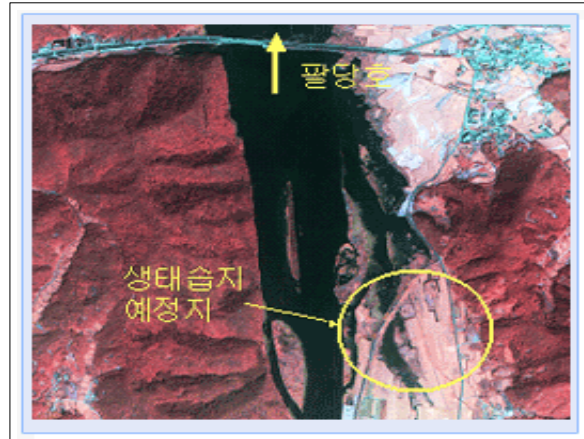
WiFS Bands	
Parameters	Values
Spectral bands (microns)	B3 - 0.62-0.68 (red) B4 - 0.77-0.86 (near IR)
공간해상도 (m)	188
Swath Width(Kms)	810 (5 days repetivity)
초점거리(mm)	56.4
방사해상도(Radiometric Resolution)	128 (6 bits)

#### 마. IKONOS(미국)

- 1999년 9월 24일 미국 Space Imaging 사는 세계 최초로 상업용의 1m급 고해상도 위성인 IKONOS위성의 발사에 성공하였고, 현재 전 세계는 물론 한반도지역의 영상을 송신하고 있다. 특히 해상도의 한계로 대축척 지도제작이 불가능했던 위성영상 지도제작 분야의 비약적인 발전과 응용이 확대되고 있다. 현재 상용화되어 있는 것 중 세계최고해상도인 이 위성영상은 전정색 영상이며, 공간해상도가 1m 이다. 또한 4m의 다중분광 영상도 획득이 가능하며, 입체영상을 이용하여 수치표고모형(DEM) 추출이 가능하다.

제원은 위성고도가 680km, 관측주기는 2일, 관측폭은 13km×13km이다.

<그림 6> IKONOS 위성영상 샘플



<표 20> IKONOS 주요제원

Parameters	Values
운행속도(on orbit)	7.5km/s
1일 지구회전 회수	14.7회
지구 1회전 시간	98분
운행고도	681km
공간해상도	Nadir : 0.82m(Panchromatic), 3.2m(Multispectral) Off-Nadir : 1.0m(Panchromatic), 4.0m(Multispectral)
Swath Width	11.3km(Nadir) 13.8km(26°Off-Nadir)
동일지점순환주기	위도 40°, 1m 해상도인 경우 약 3일
bands	Panchromatic : 0.45~0.90 $\mu\text{m}$ Blue : 0.445~0.516 $\mu\text{m}$ Green : 0.506~0.595 $\mu\text{m}$ Red : 0.632~0.698 $\mu\text{m}$ Near Infrared : 0.757~0.853 $\mu\text{m}$

## 바. QUICKBIRD(미국)

- 2001년 10월 18일 미국 DigitalGlobe사에서는 QuickBird-2 위성을 발사하는데 성공하였으며, 2002년 2월부터 위성영상을 공식 수신하고 있다. QuickBird-2 위성데이터는 Pan의 경우 직하영상은 0.61m, 30도 각도에서는 0.73m의 공간해상도를 갖는 영상을 얻을 수 있으며, 다중분광영상은 직하 2.44m, 30도 각도에서는 2.9m의 공간해상도를 갖는 영상을 얻을 수 있다. 이 두 가지의 영상의 표준은 Pan은 70cm, 다중분광영상은 3m로 각각 생산되고 있다. 재방문 시간은 위도에 따라 다르며, 보통 1~3.5일 정도이다. 관측폭은 16.5km×16.5km 이며, 현재 상용위성영상 중 최고의 해상도를 자랑한다.

<그림 7> QuickBird 샘플(여의도 63빌딩)



<표 21> QUICKBIRD 주요제원

궤도특성	운항고도	450 km
	궤도경사각	98°
	궤도특성	자전동기
	동위치순환주기	70cm 공간해상도 기준 위도에 따라 1 ~ 3.5 일
Swath Width & Area Size	평균 swath width	16.5 km(nadir)
	제품화규격	*single scene : 16.5 km x 16.5 km * Strip - 16.5 km x 165 k
해상도	Panchromatic *공간해상도:61cm(nadir) *분광해상도:0.445~ 0.900 $\mu\text{m}$	Multispectral *공간해상도:2.44 m(nadir) * 분광해상도 - Blue: 0.450 ~ 0.520 $\mu\text{m}$ - Green: 0.520 ~ 0.600 $\mu\text{m}$ - Red: 0.630 ~ 0.690 $\mu\text{m}$ - Near-IR: 0.760 ~ 0.900 $\mu\text{m}$
방사해상도	11 bits	

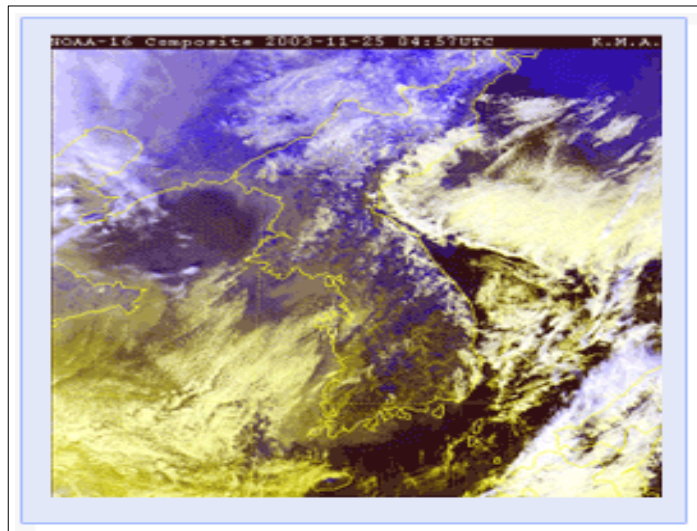
## 사. NOAA(미국)

- 현재 NOAA라 불리는 위성들은 1960년 4월에 발사된 첫 기상위성인 TIROS (Television and Infrared Observation Satellite)를 그 전신으로 볼 수 있다. 이 위성은 처음에 단순한 상자 모양에 특별한 television 카메라를 장착한 모양으로 450마일 상공에서 지구를 내려다보는 간단한 구조였었다. 1965년까지 모두 10개의 위성이 발사되면서 점차로 작동 시간이 길어지는 등 성능의 향상을 가져오기는 했지만 이 위성들은 실용 위성이라기보다는 실용화 이전의 실험용 위성이었다. 그 후 1969년까지 ESSA



(Environmental Science Service Administration) 라는 실용 기상 위성을 9개나 발사했으며 1970년대 제 2세대 기상위성이라 할 수 있는 개량형 TOS(ITOS)가 발사되어 야간에도 카메라 촬영이 가능하게 되었으며 12시간마다 전 지구의 구름 분포 관측 결과를 얻을 수 있게 되었다. ITOS위성이 후에 NOAA 위성으로 불려서 ITOS-2는 NOAA-2가 되었다. 1976년 7월에 발사된 NOAA-5까지 모두 5개의 위성이 발사되었는데 이들은 1979년 중반까지 모두 수명을 다해 기능을 상실하게 되었다. 제 3세대 기상 위성이라고 할 수 있는 TIROS-N/NOAA 위성은 1978년 10월 13일 발사되었다. 1979년 6월 27일 NOAA-6위성이, 1981년 6월 NOAA-7이, 1983년 NOAA-8이 각각 발사되었다.

<그림 8> NOAA16 위성영상 샘플(한반도)



- NOAA위성의 영상과 관련된 주된 측기는 AVHRR(Advanced

Very High Resolution Radiometer)인데, 다섯개의 Channel로 부터 각각 영상이 생성된다.

<표 22> NOAA위성들의 AVHRR센서 특징

Platform	Channel position( $\mu\text{m}$ )				
	1	2	3	4	5
TIROS-N	0.55-0.90	0.725-1.10	3.55-3.93	10.3-11.3	
NOAA-7,9,11,12,14,15	0.55-0.68	0.725-1.10	3.55-3.93	10.3-11.3	11.5-12.5
NOAA-6,8,10	0.55-0.68	0.725-1.10	3.55-3.93	10.3-11.3	
공간 해상도	1000m	1000m	1000m	1000m	1000m

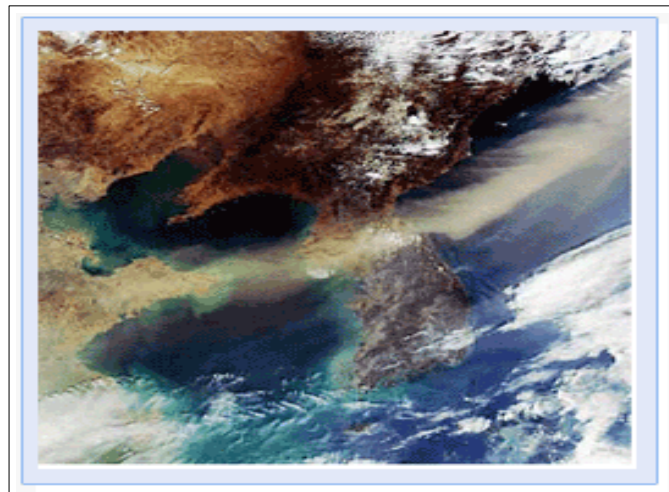
- NOAA 위성의 목적을 살펴보면 다음과 같다
  - 밤과 낮에 지구의 대기를 규칙적으로 관찰한다. 이 시스템은 위성의 상호소통 범위 안에서 지상센터에 직접적인 해독 결과를 제공한다.
  - 지구 대기의 규칙적인 sounding을 제공하고 수치적인 날씨 예보에 사용할 자료를 제공한다.
  - 날씨와 기후에 관련된 환경 자료를 연속적으로 수집한다.

#### 아. EOS-AM1(Terra, 미국)

- Terra위성은 1999. 12. 19. 03:57(KST) 미국 Vandenberg 공군기

지에서 발사되었다. 705km 고도에서 일 2회 한반도 상공을 통과하는 극궤도 위성이다. 미국 NASA에서 추진하는 위성을 이용한 지구 전역의 장기관측 계획(EOS)에 의해 발사되었으며 2013년까지 18기의 위성이 연속적으로 발사될 계획이다.

<그림 9> MODIS 위성영상 샘플(한반도)



- Terra 위성의 발사 목적은 다음의 여섯 가지 분야의 이해를 돕기 위해 장기간 지속적으로 지구의 환경을 관측한다.
  - 구름과 Aerosol이 지구 복사 평형에 미치는 영향 연구
  - 육상생물권내에서의 탄소, 물, 에너지의 감소의 근원 탐색
  - 육상생태계의 역학과 기후와의 연결고리 검색
  - 해수면 온도와 해양 일차생산력 연구
  - 대류권의 CO와 CH<sub>4</sub>의 농도
  - 화산학과 지질학에 관한 이해증진

<표 23> Terra위성의 주요제원

직경	3.5m
길이	6.8m
중량	5,190kg
POWER	평균 2530W
고도	705km
예상수명	5년
주기	98.88분
궤도	10:30 A.M., Descending node, 98.3°

- Terra 위성의 주요 센서는 다음과 같다
  - ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)
  - CERES(Clouds and the Earth's Radiant Energy System)
  - MISR (Multi-angle Imaging Spectroradiometer)
  - MODIS (Moderate Resolution Spectroradiometer)

### 3. 원격탐사기술의 관련 응용사례 ①

- 본 연구와 관련성이 높은 최근 응용사례로서 한국해양수산개발원의 「위성영상을 활용한 김 양식 시설량 추정과 활용방안」 연구의 주요내용을 정리하면 다음과 같다.

#### 가. 연구필요성 및 목적

- 수산업에 있어 수급 및 각종 정책의 수행, 학술연구 등에 있어 선결되어야 할 전제조건이 하나가 정확한 생산량의 파악임. 일반적으로 정부의 수산물 수급정책은 공식통계에 기초하여 이루어진다. 그러나 공식통계의 생산량이 실제와 거리가 있다면 공급량에서 상당한 차이가 나므로 그 수급정책은 시작부터 실효성에 의문이 생기는 것이다. 실제로 기존 통계의 신뢰성은 그리 높지 않다는 것이 일반적인 인식이다.<sup>2)</sup>
- 이 연구의 도입 배경은 2004년 1월부터 실시되고 있는 수산업관측사업과 유통협약 시범사업의 수행을 위해 이루어 졌다. 관측사업은 정확한 정보제공을 위해, 유통협약은 자율적 생산조정을 위해 정확한 생산량의 추정이 필요하다. 따라서 정확한 생산량의 추정을 위한 대안이 필요하게 되었고, 선택된 것이 위성영상을 활용한 김 양식어장의 시설량 관측이다. 정확한 시설량을 알 수만 있다면 생산량은 작황과 지역여건을 대입하여 비교적 정확하게 도출이 가능하다.
- 이 연구는 김 양식시설 관측에 있어 SPOT-5위성을 이용한 최초의 연구이며, 김 양식어장의 면적이 아닌 시설량까지의 추정을 시도한 결과이다. 분석대상은 2004년 1월부터 2월 사이의 2개월간 촬영된 서해안 및 부산 강서 일원의 김 양식어장의 위성영상

---

2) 김 생산 및 유통관련자들의 비공식적인 추정생산량은 공식통계인 약 7천만 속을 상회하는 8천~1억 속이었으며, 양식어업관측센터의 2004년산 추정생산량은 1억 1천 5백만 속으로 통계치와 상당한 차이가 있음.

을 이용하였다

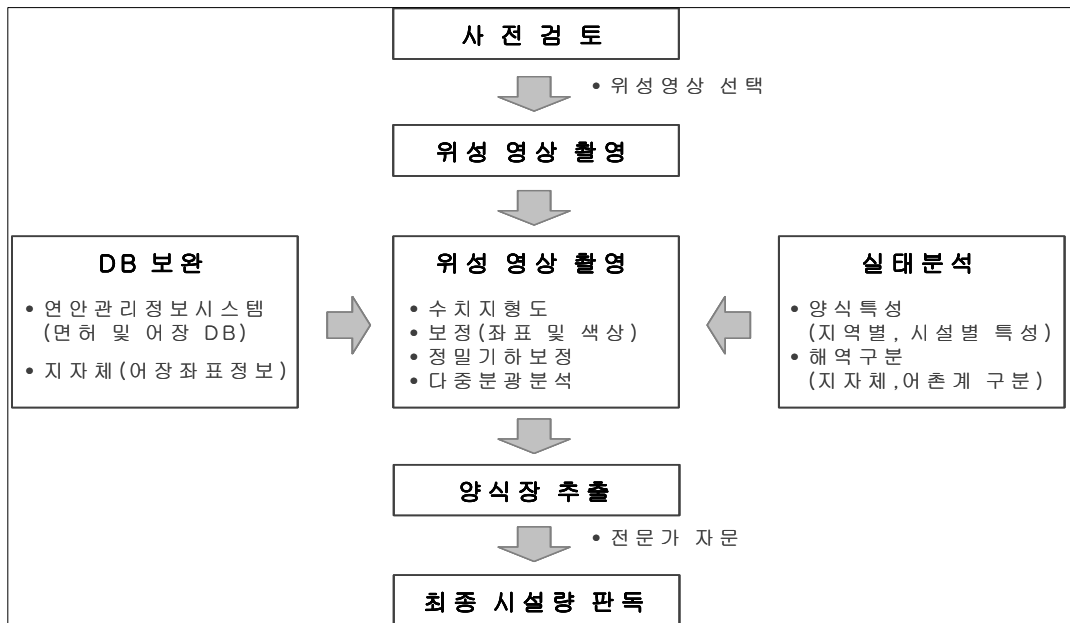
#### 나. 김 양식업과 위성영상 활용

- 김 양식업의 생산량 추정에 있어 가장 중요한 요인은 김 양식시설량과 작황이다. 김 양식시설량 추정은 설문조사와 현장조사를 병행하는 것이 보편적인 연구방법론이었다. 그러나 이 방법은 추정치의 정확성이 떨어지는 단점이 있으며 무면허시설이나 초과시설의 경우는 응답을 하지 않으므로 오차가 심하다.
- 시설량 추정은 각 지방해양수산청 해양수산사무소에서 이전부터 시설량을 집계하고 있었고, 각 지자체별로도 면허별로 시설량을 정하여 부과한 결과를 집계하고 있었다. 이 경우에도 각 읍·면 단위의 시설부과량 및 해양수산사무소가 집계한 시설량과 실제 시설량에는 상당한 차이가 있었다. 마찬가지로 무면허나 초과시설은 파악되지 않는다.
- 결국 어느 쪽도 정확한 시설량으로 보기는 힘들므로, 대안으로 위성사진과 항공사진을 이용하는 방법이 있다. 항공사진의 경우는 시간과 비용, 정확성에 한계가 있고, 판독이 힘들다. 그러나 위성영상의 경우는 비교적 넓은 지역을 일시에 촬영할 수 있고, 비용과 시간, 그리고 판독에서도 항공사진보다는 우수하다는 장점이 있다. 단, 위성영상도 촬영시기와 비용의 제약이 크다. 본 연구에서는 정확성과 판독용이성을 고려하여 위성촬영을 기본으로 하였

고, 지방해양수산청과 지자체의 집계치를 보조자료로 활용하였다.

- 위성영상을 이용한 김양식시설량의 관측과정은 아래 그림과 같다. 먼저 위성영상 촬영과 동시에 면허DB를 구축하였다. DB구축의 내용은 김 양식어장 지역별 면허번호, 면허권자, 면적, 면허기간 등이다.

<그림 10> 인공위성을 이용한 김 양식장 관측 체계도



- 다음으로 김 양식어장의 해상위치를 표시하기 위해 김 양식어장에 대한 위치정보를 벡터DB로 구축하였다. 이 벡터DB를 기하보정된 위성영상에 중첩(Overlap)함으로써 시설량, 불법시설, 초과시설 등에 대한 분석을 실시하였다. 최종시설량의 추정은 위성영

상 관독만으로는 불완전하였기 때문에 양식특성, 해역구분 등에 대한 작황자료를 실태조사하여 적용하였다. 최종적으로 전문가 자문을 구하여 최종시설량을 확정하였다.

- 김 양식업 관측에 있어서의 인공위성활용의 의의는 다음과 같다.
  - 첫째, GPS좌표를 이용한 정확한 시설량 파악이 가능하다는 점이다. 위성영상을 기반으로 어장의 좌표정보를 표현함으로써 김 양식어장의 시설량에 대한 파악이 과학적이며 현실적인 집계가 가능하게 되었다.
  - 둘째, 면허시설과 실제시설의 차이를 구분할 수 있었다. 이전에는 각 지자체에서 일괄적으로 부과된 시설량과 실제 시설량과의 차이에 대한 정확한 수치파악이 불가능하였다. 그러나 위성영상을 활용함으로써 디지털화된 면허시설과 인공위성으로 촬영한 위성영상(실제시설)을 중첩하여 불법시설, 초과시설 등에 대한 시각적인 자료의 제공이 가능하게 되었다. 또한, 면허시설과 실제시설의 차이에 대한 정확한 수치(면적 또는 책수)에 대한 제시가 가능하게 되었다.
  - 셋째, 어장정비자료로서 인공위성 자료를 활용할 수 있게 되었다. 김 양식시설의 설치가 완료된 11월 이후의 영상자료는 당해 연도 실제 시설현황을 나타내는 것이다. 따라서 해양수산부 및 지자체의 어장관리, 각 지방청 해양수산사무소의 지도자료로 활용성이 크다. 또한, 현재까지는 면허대장의 종이어장도를 활용하여 관리하던 것을 디지털화된 어장도DB를 활용함으로써 각 지자체 및 관련기관의 비용절감에도 효과도 얻을 수 있다.



## 다. 위성영상을 이용한 김 양식어장 관독

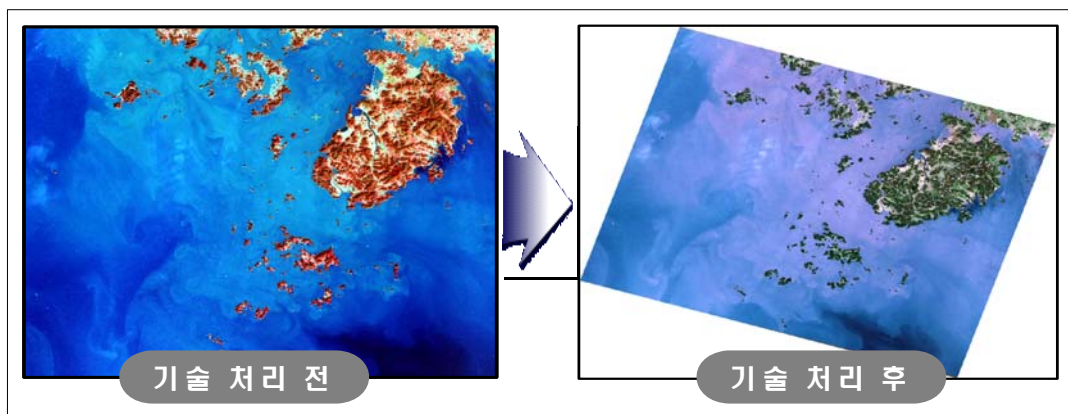
### (1) 위성영상의 촬영

- 김양식장의 시설량 관독을 위한 위성영상의 선택요인은 해상도 2.5m 미만에 구름이 끼지 않은 깨끗한 영상일 것, 1월~2월의 2개월 이내에 입수 가능할 것, 촬영범위(가격)가 적정할 것 등의 세 가지였다. 먼저 해상도가 30m급인 LANDSAT과 6.6m급의 KOMPSAT은 김밭이 평균 1.8m×40m(72m<sup>2</sup>)가 한 채이기 때문에 김 양식장의 윤곽정도의 확인만 가능하다. 따라서 해상도만으로는 SPOT-5, IKONOS, Quick-Bird의 세 가지가 선택 가능하다.
- 다음으로 입수시기를 보면 Quick-Bird는 6개월 이상, IKONOS는 3개월 이상이 소요되며, SPOT-5는 급행료를 지불할 경우 2개월 이내에 영상 확보가 가능하다 그러나 IKONOS와 Quick-Bird의 경우에는 급행료를 낸다고 하더라도 언제 공급받을 수 있을지 확정이 곤란하다. 마지막으로 촬영범위에서 IKONOS와 Quick-Bird는 촬영매수와 금액이 너무 과다하게 소요된다는 단점이 있다. 따라서 결국 비교적 구매단가가 저렴하고 구매시기가 적합하면서 김 양식시설을 관독할 수 있는 SPOT-5 영상을 구입하여 활용하였다.

### (2) 위성영상의 기술적 처리방법

- 대부분의 영상처리기법은 육상을 주 대상으로 개발된 것으로 해상 자체의 영상특성상 해상에 더 적합한 경우와 그 반대의 경우가 있다. 해상은 공간적인 면에서 육상에 비해 주변과의 변화가 적고, 주변과 구별되는 기준점을 찾기가 매우 어렵지만 육지에 비해 대상물체의 속성 또는 위치변화가 빠르고, 현지조사가 쉽지 않다. 따라서 해상영상 처리는 육상에 비해 그 대상지역이 대영역이며, 특정의 지점과 대상보다는 일정지역과 속성에 대한 경향 분석에 더 적합하다.

<그림 11> 정밀기하보정과 위색합성



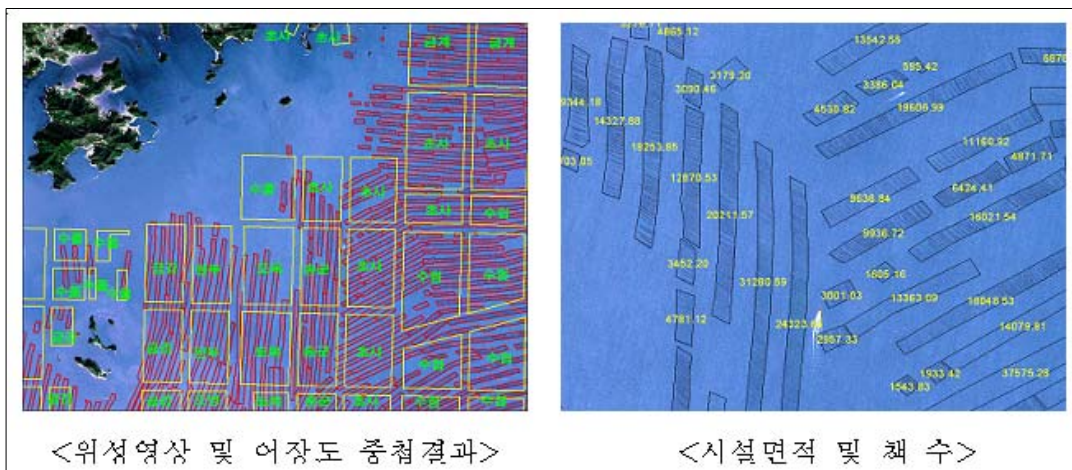
- Eastman(1992)의 영상처리 프로세스에 따라 우선 위성영상을 정밀기하보정한 후 위색합성 및 융합을 하여 기술적 처리를 하였다. 정밀기하보정은 위성촬영이 상공에서 수직으로 촬영되는 것이 아니라 사선으로 비스듬히 촬영되므로 이를 지도를 이용해 위치를 수정하는 것이다. 또한 SPOT-5의 경우 처음부터 칼라로 촬

영되지 않고 10m급의 칼라(적색, 황색)와 2.5m급의 흑백을 합성하여 활용하므로 합성과 청색을 넣어 위색합성 및 융합을 하였다. 보다 자세한 기술적인 설명은 생략한다.

### (3) 김 양식시설량 판독방법

- 기술적으로 처리된 위성영상을 이용하여 김양식시설을 추출하는 과정은 다중분광분석(multispectral analysis), 영상과 면허DB의 중첩, 시설면적의 추출, 시설채수 산정 등의 과정을 거쳤다. 먼저 다중분광분석에서 위성영상은 RGB밴드 등 다양한 분광밴드로 촬영되며 이를 합성하여 활용하게 된다. SPOT-5는 8bit의 분광해상도를 가지는데, 다중분광분석을 이용하면 김 양식시설이 시각적으로 판독이 가능하므로 양식시설의 추출을 위해 활용되었다.

<그림 12> 추출된 김 양식장 및 어장도의 중첩결과 및 시설량



- 다중분광분석으로 추출된 김 양식시설은 면허어장DB 구축 시에 작성된 어장도 벡터DB자료를 중첩함으로써 면허어장과 시설을 동시에 표시하여 분석하였다. 어장도를 중첩한 위성영상은 김 양식장을 시·군별로 분류한 후 김 양식시설 면적과 시설별 책 면적을 산출하는데 활용되었다.

#### 4. 원격탐사기술의 관련 응용사례 ②

- 본 연구와 관련성이 높은 응용사례로서 산림청의 「위성영상을 이용한 산림자원관리방안」 연구의 주요내용을 정리하면 다음과 같음.

##### 가. 연구필요성 및 목적

- 지구환경문제에 대한 국제적인 합의와 산림자원에 대한 환경적 가치의 확산에 따라 기존의 방식과는 전혀 다른 형태의 산림경영과 관리가 요구되고 있다. 산림자원의 이용과 보전을 조화하는 궁극적인 방안으로 지속가능(sustainability)한 산림경영이 대두되고 있다. 지속 가능한 산림경영을 이루기 위해서는 무엇보다 먼저 광범위한 면적의 산림의 생물학적 특성과 분포와 관련된 전반적이고 지속적인 정보가 필요하다. 현재의 산림정보에 대한 요구도 변화, 산림조사 및 모니터링 체계에 대한 개선의 필요성, 위성

영상 획득 및 활용을 위한 국내외 환경변화를 고려할 때 위성영상을 이용한 산림자원관리방안이 심도 깊게 다루어져야 한다.

- 이 연구의 목적은 지속적으로 산림자원의 변화를 관찰하고 모니터링할 수 있는 방안의 하나로 최근 급속도의 기술적 발달을 보이고 있는 위성영상 기술의 활용 가능성을 검토할 필요가 있으며 현재 이용 가능한 다양한 형태의 위성영상자료를 산림분야에서 적극적으로 수용하여 활용할 수 있는 가능성을 검토하여, 산림자원을 효율적으로 관리하고 보다 과학적인 정책수립을 위한 기반을 제공하는데 있다.

#### 나. 국내외 산림분야의 위성영상 활용사례

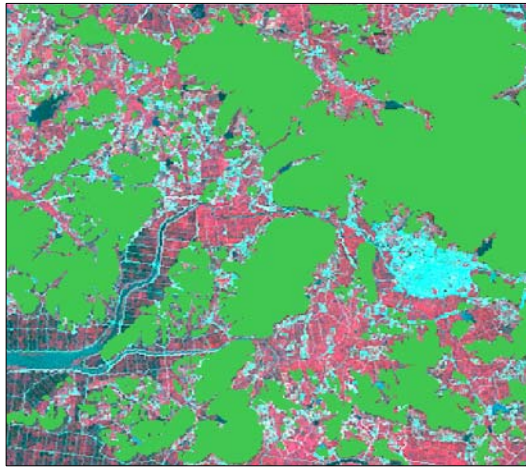
- 위성영상의 종류 및 특성으로 현재 국내에서 활용가능한 인공위성을 고해상도, 중해상도, 저해상도로 구분하고 각 위성의 특성을 정리하였다.
- 원격탐사의 국내 산림분야 활용사례 분석으로 산림자원조사분야와 산림식생 및 환경분야로 나누어 설명하고 있다. 산림분야에서는 1991년 임업연구원에 원격탐사 연구실이 신설되면서 다양한 선행연구가 최근까지 진행되어 오고 있다.
- 국외 사례로는 미국의 산림청 연구, 일본의 환경성 연구를 주로 소개하고 있으며 캐나다, 스웨덴 등의 연구를 간략게 다루고 있

다.

#### 다. 산림에서의 위성영상 활용가능분야 도출

- 위성영상에서 추출 가능한 산림정보로 다음을 제시하였다.
- 산림의 공간적 분포 및 면적
  - 산림면적
  - 임상별, 수종별 분포 면적

<그림 13> TM영상을 이용한 산림과 비산림 분류



- 임목자원량
- 산림의 변화 및 생태

- 임업시업(개벌, 간벌, 조림, 육림)
  - 산림피해(산불, 병해, 충해)
  - 건강성
- 산림에서의 위성영상 활용가능분야를 다음과 같이 제시하였다.
- 산불피해조사
  - 산림훼손 및 산지전용 실태 파악
  - 산림현황 파악 및 임업시설 관리
  - 산림자원조사
  - 산림환경모니터링
  - 산지재해관리
  - 북한산림모니터링
  - 해외산림조사

#### **다. 위성영상의 활용도 제고 방안**

- 산림분야의 위성영상 활용도 제고방안을 다음과 같이 제시하였다.
- 영상자료 획득 체계 구축 : 산림청을 비롯하여 국가기관에서는 위성영상의 수요에 따라 그 때마다 영상을 구입해서 사용하는 것보다는 항상 필요에 따라 영상이 즉각 공급될 수 있는 영상획득체계를 구축하여야 할 것이다. 위성영상의 활용은 결국 공공안녕을 위한 용도이므로, 국가차원의 영상자료 획득 및 공급체계가 갖추어져 적시에 영상자료가 활용될 수 있도록 하여야 한다. 또한

국가 기관에서 위성영상의 활용이 증가하게 되면, 관련 기업 및 일반인에게도 위성영상의 이용이 활성화되는 기반을 제공할 수 있을 것이다.

- 외부인력(out-sourcing) 적극 활용 : 위성영상의 전문적이고 정확한 활용을 위해서는 항공사진 및 위성영상의 처리를 전문으로 하는 업체나 대학 연구기관에 업무를 위탁하는 외부인력(out-sourcing)의 활용이 매우 효과적이다. 이는 보다 정확한 결과와 시간면에서 많은 도움이 될 것으로 고려된다.
- 위성영상추출 산림정보 적극 배포 : 기존에 국가기관의 연구 결과 및 정보들은 생성 후 일정 기간동안 대외로는 그 유출이 어렵게 관리되고 있다. 하지만 자료의 현시성이 중요한 만큼 능동적으로 정보 제공이 이루어져야 한다. 즉 산림청이 산림자원 관리의 책임뿐 아니라 산림자원정보의 제작과 관리를 책임지고 있는 점을 인식시키기 위해서라면 더욱 산림자원정보의 공급이 중요하다고 할 수 있다. 가능한 다수에 의한 정보의 활용은 새로운 형태의 정보 필요성을 야기하게 되며, 새로운 형태의 산림정보 획득을 위한 위성영상의 활용을 꾀할 수 있을 것이다.
- 미국의 MODIS위성의 경우, 십 여년 동안 연구되어 개발된 모든 영상 및 개발 알고리즘까지 세계 모든 사용자들에게 무료로 제공되고 있다. 이는 철저한 정보 공유를 통해 보다 새로운 정보를 창출하기 위함이다. 현 산림청과 같은 국가기관에서는 공공기관



인 만큼 능동적인 정보 제공을 통해 일반사용자들이나 다른 기관에서 보다 나은 정보창출의 소스정보를 제공하는 것이 바람직 할 것이다.

- 국내의 경우 국외와 비교할 때 위성영상의 활용이 매우 좁게 이루어지고 있다. 이는 위성영상 활용의 가능성 및 그 효과성에 대한 활용사례결과가 제대로 알려지지 않았기 때문이다. 우선적으로 본 연구와 같이 위성영상활용방안이 제시되면, 이후 활용사례와 함께 그 결과를 적극적으로 홍보함으로써 많은 분야에 있어 그 활용가능성 및 효과성을 제시해 주어야 할 것이다.
- 산림관리단위(국유림, 지방자치단체)별 영상지도 제작 및 유지관리 : 산림의 영상지도 제작은 현 국내 산림을 지방자치단체별, 국유림별 산림관리단위로 나누어 영상 지도를 제작하고, 영상지도의 지속적인 갱신 및 유지관리를 시행함으로써 효과적인 산림관리 및 경영이 이루어 질 수 있을 것이다.

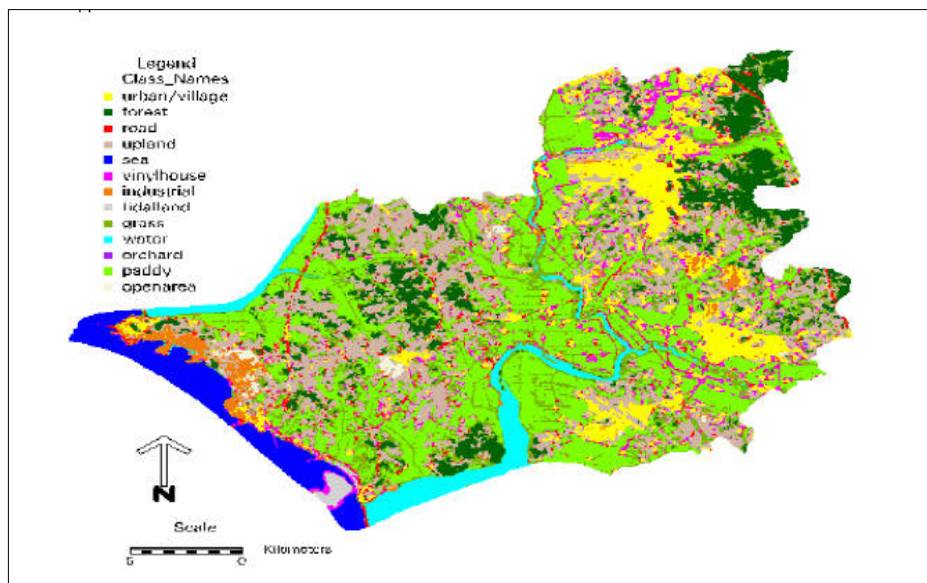
## 5. 원격탐사기술의 관련 응용사례 ③

- 본 연구와 관련성이 높은 최근 응용사례로서 농촌진흥청의 「위성영상자료 분석에 의한 토지이용변화 분석」연구와 「위성자료를 이용한 작황진단 연구」의 주요내용을 정리하면 다음과 같다.

- 먼저 경지면적통계와 관련된 연구로 「위성영상자료 분석에 의한 토지이용변화 분석」연구의 주요내용은 다음과 같다.
- 최근 토지의 집약적 이용과 형질변경이 증가함에 따라 이를 신속히 파악하여 정책에 반영할 필요가 있다. 따라서 원격탐사기법인 화상자료 분석으로 도시화, 산업화 및 홍수로 인한 침수 등에 의한 농경지의 변화양상을 탐지하는 알맞은 기법을 찾는 데 목적이 있으며 본 연구의 구체적 내용은 위성화상 자료를 이용하여 토지 피복도를 작성하고, 여러 가지 화상분석 변화탐지기법을 적용하여 우리나라 농업 현실에 알맞은 변화탐지기법을 찾아보는 것을 목적으로 한다.
- 연구지역으로 선정된 평택시 전역에 대한 현 토지 피복 분류도를 만들기 위해 Landsat TM 화상자료를 이용하여 전처리후 감독분류법에 의하여 토지분류 판독을 실시하였다.
- 먼저 논, 밭, 비닐하우스, 공단 등 13개 분류항목을 선정 후 감독분류법에 의한 최대우도법을 적용하였다. 감독분류법의 사용에 따라 우선 토지 피복 분류항목, 즉 훈련조를 결정하였고, 그에 따른 세부 훈련 장소(training site)를 결정하였다.
- 1차적으로 만들어진 주제도는 면적이 극히 적은 훈련조의 존재로 시각적 효과를 감소시키며 정확도 평가 후 이를 제거할 필요가 생기게 된다. 따라서 필터링 기법을 적용하여 각 화소의 값을 주

변의 9개 화소의 평균값으로 변환하는 평활화 필터링의 Majority Filtering을 적용함으로써 잡음제거 및 혼련조의 분산을 감소시켜 시각적 효과를 향상시킨 최종 주제도를 제작하였다.

<그림 14> 평택시의 토지피복 분류 최종 주제도  
(Landsat TM 1997.6.16)



- 이에 따른 혼련조별 분포면적은 다음 표에 나타나있다. 평택시 전체 면적 48,436 ha 중 논이 24.9%로서 가장 분포면적이 많으며, 간사지가 0.4%로서 가장 적게 분포하고 있는 것으로 나타났다.
- 화상자료를 이용한 토지피복 분류도를 만든 후 그것의 정확성 평가를 위하여 DGPS, 항공사진, 지형도 및 화상자료 등을 이용하여 500지점에 대해 참조자료를 작성하였다.

- 계층별 무작위 추출법으로 500지점에 대한 정확성 평가 결과, 전체 정확도는 86.8%이며, 카파계수가 85.4%로서 매우 양호한 것으로 판명되었다. 그러나 도시/촌락, 비닐하우스 등의 사용자 정확도는 60% 정도로서 낮은 편이며, 도로, 비닐하우스 등의 생산자 정확도 또한 70%정도로 낮은 편인데, 이는 인공건조물이라는 특징에 따른 분광학적 반사 특성과 이질성과 분포면적이 적은데 기인된 것으로 생각된다.

<표 24> 평택시의 토지 피복 분류결과 (Landsat TM 1997.6.16)

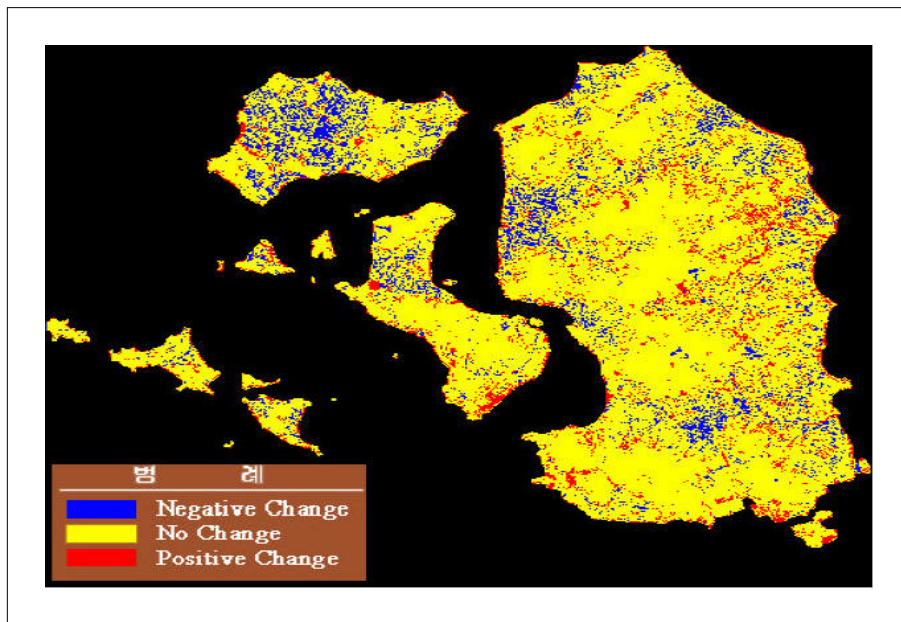
(단위 : ha)

분류	지역(%)	분류	지역(%)
물	1,965.5(4.0)	비닐 하우스	1,829.1(3.8)
바다	2,156.4(4.5)	숲	4,991.8(10.3)
간사지	212.9(0.4)	공업지대	1,198.9(2.5)
목초지	6,830.8(14.1)	과수원	376.0(0.8)
논	12,049.0(24.9)	고지대	6,995.0(14.4)
도로	1,605.0(3.3)	도심지	7,929.7(16.2)
광활지	396.9(0.8)		
총 : 48,436.0			

- 위성화상 자료를 이용해 지표면의 변화를 탐지하는 방법에는 후분류 비교법, 화상간 차이법, 화상간 비연산, 식생지수 분석, 태슬드 캄 변환 및 주성분 분석 등이 있다.
- 이상의 6가지 상이한 변화탐지 알고리즘에서 5년 동안(1987-1993)

가장 결과가 좋은 것들은 D1 화상(1.0)과 PCAD2 화상(1.0)이고, 가장 좋지 않은 것은 TR 화상(1.3)이다. 일반적으로 변화된 면적은 사용된 참조자료를 고려할 때 D1 화상과 PCAD2 화상은 비슷한 경향이였다. 따라서 D1화상, 즉 TM밴드-1(청색)은 다른 밴드에 비해 농경지의 변화탐지에 유효할 것으로 판단된다.

<그림 15> 화상간 차이법에 의한 변화탐지 지도



- 다음으로 재배면적통계와 관련된 연구로 「위성자료를 이용한 작황진단 연구」의 주요내용을 정리하면 다음과 같다.
- 정밀농업에 있어서 원격탐사 자료의 역할과 기능을 증대시키는 차원에서 분광반사특성을 이용하여 주곡 작물인 벼의 재배면적을

추출하고, 광학 및 레이더 위성의 자료값과 벼의 생육특성과의 관계를 규명하여, 이를 통하여 생육분포 지도를 작성하는 것을 목적으로 하고 있음.

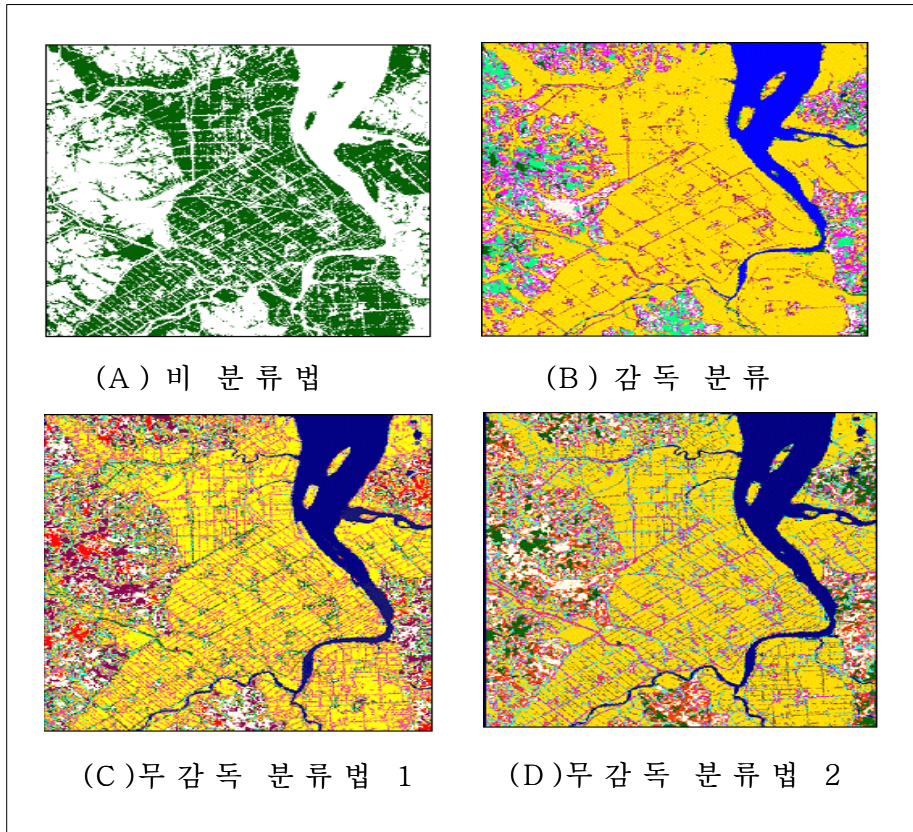
- 두 시기의 Landsat TM 화상자료를 이용하여 당진군 우강면 일대 논면적을 산출하였다. 논면적을 추출하는데 가장 용이한 습윤도 (wetness)를 입력레이어로 선택하여 비분류법, 감독 분류법 및 무감독 분류법을 통하여 분석하였다.
- 비분류법에 의한 논면적의 검증에서와 같이 지형도상의 논지역을 기준으로 100지점을 확인한 결과, 논지역의 분류정확도 역시 재배면적 크기와 같은 순서로 나타났다. 즉, 논면적이 크게 추정될 수록 정확도도 높게 추정되는 경향이 있었다. 하지만 토지이용 지목분류가 도엽단위로 집계된 자료가 없으므로 객관적인 정확도 비교가 이루어지지 않았다.
- 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 연구지역인 우강면에 대해서, 1991년 당진군 통계연보 상의 토지이용 지목상의 논면적을 구하고 통계연보와의 면적차이를 다음 표와 같이 산출하였다.

<표 25> 분류방법에 따른 논면적과 통계값 비교(당진군 우강면)

방법론별 논면적 추출	추출된 논면적 (ha)	우강면 통계자료와의 차이 (ha)
비분류법	1,967.31( 87.7)	-275.38
감독분류	2,522.97(112.5)	+280.28
무감독 분류 1	1,638.72( 73.1)	-603.97
무감독 분류 2	1,865.61( 83.2)	-377.08

- 우강면의 논면적은 감독분류에 의해 2,522.97 ha로 가장 많이 추정되었고, 다음이 비분류법과 분류항목수를 20으로 한 비교사 분류법으로 각각 1,967.31 ha와 1,865.61 ha로 추정되었다.
- 분류항목수를 15로 한 비교사 분류에 의한 논면적이 1,638.72 ha로 가장 작게 추정되었다. 통계연보 자료상 우강면의 논면적에 가장 가깝게 추정된 결과는 바로 비분류법이었다. 각각의 방법으로 추출된 우강면의 벼 재배지역은 다음 그림과 같다.

<그림 16> 비분류법, 교사 및 비교사 분류법으로 추출된  
논면적



- 논 면적은 추정방법에 관계없이 이앙기와 출수기, 두 시기의 자료를 이용한 경우 정확하게 구분되었다. 논 면적 추정방법 중 감독 및 무감독 분류법은 분류작업을 수행하는 사람에 따라 분류결과의 정확도가 달라질 수 있다. 위성의 자료값에 기본적인 비분류법은 매우 쉽고, 일단 임계값이 정해지면 넓은 지역에 대해서도 신속한 작업이 가능하다.



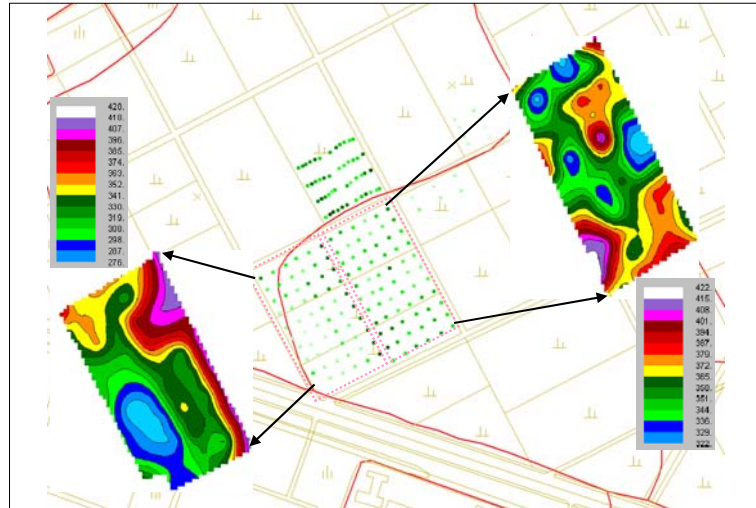
- 또한 논지역의 지표면 온도를 측정하기 위하여 TM밴드 6의 자료값으로부터 지표면 평균 온도값을 산출하였다. TM 밴드 1, 2, 3의 자료값은 벼가 성장할수록 낮아졌다가 등숙기에 다시 높아졌고, TM 밴드 4의 자료값은 엽면적지수와 건물량과 같이 벼가 성장할수록 높아졌다가 등숙기에 낮아지는 경향이였다. TM 밴드 5와 7의 자료값은 벼의 건물량과 같이 생육기간 동안 계속 증가하였다.
- 다음으로 위성자료값과 벼의 생육상태의 관계를 관측하였다. 후방산란계수는 벼의 생육변수, 초장, 엽면적지수, 생체중, 건물중과 함수관계를 나타내었다. 이 결과에 따르면 시계열 RADARSAT 자료를 이용한 벼 생육모니터링은 전망이 있는 것으로 나타났다.
- 레이더 후방산란계수와 벼 생육변수와의 회귀모델을 통하여 다음과 같이 벼 군락의 초장, 엽면적지수, 생체중, 건물중에 대한 변이 지도를 작성하였다(당진군 우강면). 하지만 이는 벼의 생육정보를 정량화하기 위한 준비단계로 아직은 많은 문제점을 드러내고 있다.

<그림 17> 벼 생육정보 주제도 작성



- 정밀농업 포장관리를 위해 고해상도(1m/4m급)위성자료 (IKONOS)를 이용한 시간별·공간별 포장의 변이를 파악하고 수치 지형도(1:5,000), 수치토양도(1:5,000) 및 GPS 취득자료의 중첩을 구현하였다. 최종적으로 벼 군락의 엽록소함량 측정을 통한 포장 간·포장내 변이지도를 작성하였다.

<그림 18> 포장간·포장내 변이지도의 작성



## 제 4 장 미국의 농업통계분야 항공우주기술 응용

### 1. 미국의 항공우주기술의 농업부문 도입

#### 가. 도입배경 및 방법

- 1972년 Landsat-1위성이 발사된 이후부터 USDA(United States Department of Agriculture)산하의 NASS(National Agricultural Statistics Service)에서는 우주항공기술의 농업부문 도입에 관심을 가져왔다.<sup>3)</sup>
- 이렇게 빠르게 발전하는 미국 항공우주기술의 상황에 발맞추어 NASS에서 처음으로 농업통계에 우주항공기술을 이용하기 시작한 것은 Landsat 위성을 이용하여 농업통계 작성에 응용한 1972년부터였다.
- 이는 1972년 시작된, 현재는 연간 7개에서 10개주에서 행해지고 있는 작물재배면적추정에 위성이미지 데이터를 이용하는 것이었다. 이후 1976년부터 농업 통계작성을 위한 새로운 area sampling frame을 만드는데 Landsat 위성데이터를 이용하기 시

---

3) Rich Allen, George A. Hanuschak, Mike Craig, History of Remote Sensing for Crop Acreage in USDA's National Agricultural Statistics Service, NASS, 2002.

작하였다.

- 1978년 이후 현재까지 위성이미지데이터는 area sampling frame을 만드는데 주요 데이터로 활용되고 있다. 그 이유는 위성이미지를 사용하는 것은 이전에 사용되었던 항공촬영사진보다 여러 가지 면에서 장점을 가지고 있기 때문이었다. 그 중에서 1978년부터 현재에 이르기까지 위성이미지를 이용한 area sampling frame의 작성의 가장 큰 변화이자 장점은 지리정보의 디지털화라고 할 수 있다. 현재 이렇게 작성된 area sampling frame은 주요 작물별로 분류화 되어 다른 구체적인 통계작성을 위한 기본정보로 사용이 되고 있다.
- 이렇게 농업부문에 도입된 우주항공기술을 이용한 위성데이터는 일반적인 지리정보의 사용형식인 GIS(Geographic Information System)형태로 가공된 Cropland Data Layer로 생산되어 여러 가지 목적을 위해서 사용되도록 변화되었다.
- Cropland Data Layer는 30m 해상도의 Landsat 위성이미지 데이터를 이용한 주요재배작물에 대한 지리 정보를 담고 있는 지리정보데이터로서 농업통계의 정확성을 높이기 위한 NASS의 항공우주기술의 농업부문 도입의 결과물이라 할 수 있다.
- 미국의 우주항공기술을 이용한 농업통계의 작성은 기본적으로 USDA의 책임 하에서 NASA(Nation Aeronautics and Space

Administrator)와 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)의 협조 하에서 USDA 산하의 NASS가 주요 업무와 연구를 수행하였다.

- 이후 NASS는 USDA의 USGS(US Geological Survey) 산하의 기관인 EDC(EROS Data Center)과 FAS(Foreign Agricultural Service), FSA(Farm Service Agency)등을 통해서 위성이미지를 제공받고, 오하이오대학 일리노이즈대학과 우주항공기술의 농업 분야 적용을 위한 연구교류를 하면서 그 응용범위를 넓히고 이를 위한 여러 가지 기술개발을 위한 노력을 하고 있음.

#### 나. 이용분야

- 미국의 항공우주기술을 활용한 농업통계 산출 프로그램은 크게 다음과 같이 4가지로 나눌 수 있다.<sup>4)</sup> 첫째, 토지이용 및 경지조사(area sampling frame construction), 둘째, 작물재배면적조사(crop area estimation), 셋째, 작황조사(crop condition assessment), 넷째, 수확량예측분석(crop yield forecasting and estimation)이다. 미농무성(USDA)의 미농업통계국(NASS)은 Landsat위성이 처음 발사된 1972년 이후부터 원격탐사기술을 이용한 농업통계자료 산출을 위해 여러 가지 연구와 노력을 해왔다. 크게 네가지로 나누어지는 우주항공기술을 이용한 미국의 농

---

4) Robert C. Hale and George A. Hanuschak, Appropriate Role of Remote Sensing in U.S. Agricultural Statistics, Seminar on Remote Sensing for Agricultural Statistics, 1999.

업통계 산출 프로그램에서 항공우주기술이 어떻게 이용될 수 있는가를 살펴보면 다음과 같다.

(1) 토지이용 및 경지조사(area sampling frame construction)

- 첫째, 미국은 농업통계의 가장 기본적인 통계자료인 토지이용 및 경지조사를 1954년부터 사람이 직접 조사하는 대신 항공촬영사진을 이용하여 작성하기 시작하여서 1978년까지 항공사진을 농업통계작성에 주도적으로 이용하였다.
- 그 후 1978년 Landsat3 위성을 이용하기 시작하여 토지이용 및 경지조사를 시작한 이래로 현재까지 항공우주기술을 활용하여 토지이용 및 경지조사를 하고 있다.
- 또한 1988년 NASS가 NASA(Nation Aeronautics and Space Administrator)와 공동연구와 업무협조를 시작함으로써 Landsat의 TM(Thematic Mapper)을 이용하여 토지이용 및 경지조사를 디지털화 하였다. NASS는 Area Farme Sampling이 좀더 정밀한 작업을 수행하기 위해서는 프랑스의 SPOT위성 데이터를 이용한다.
- 이렇듯 미국이 농업 통계작성에 이용하기 위한 토지이용 및 경지조사에 Landsat위성을 사용하는 것은 비교적 넓은 농지를 가지고 있는 미국의 토지이용조사 자료를 만들기에 Landsat위성의 중간

해상도(30m. pixel)가 적절한 해상도이기 때문에 Landsat위성이 주로 사용되고 있다. 위성을 이용한 토지이용 및 경지조사는 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

- 최신의 토지이용정보를 담고 있다.
- 기존의 아날로그방식에서 디지털 방식으로 전환되었다.
- 디지털화 되어있는 Landsat의 위성데이터는 대부분의 상업적인 GIS(Geographic Information System) 소프트웨어와 호환이 서로 가능하다.
- 단점으로는 원격탐사 데이터만으로는 여러 가지 목적을 위한 토지이용 및 경지조사가 가능하지 않다는 것이다. 즉, 가축수나 농가소득 등과 같은 다양한 농가조사들이 불가능하다는 것이 그 단점임.

## (2) 작물재배면적조사(crop area estimation)

- 항공우주기술을 이용한 작물재배면적조사(crop area estimation) 역시 Landsat-TM데이터를 주로 이용하여 조사되고 있다.
- 위성 데이터에 의한 작물재배면적추정 방법에는 1970년대 초부터 개발되기 시작한 통계조사요원에 의해서 실제 조사된 데이터와 인공위성사진에 의한 데이터를 동시에 이용하는 통계적 추정방법인 Regression Estimator 방법이 이용되고 있다. 즉, 매년 달라지는 위성의 커버범위와 구름의 영향 등에 의한 요인에 대한 영향



을 최소화 하고 모든 지역, 혹은 주요 작물의 모든 생산지에 대한 추정을 하기 위해서 위성데이터뿐만 아니라 실제 조사된 데이터를 분석에 반영하고 있다. 이렇게 함으로써 위에서 설명한 외부요인들에 의한 오차의 폭을 줄일 수 있다.

- 분석을 위한 Landsat-TM데이터의 구입비용의 문제 등의 이유로 위에서 설명한 작물재배면적추정과 같은 방법은 일부의 주에서 선택적으로 시행이 되고 있다. 그러나 미국농무성과 NASS는 미국의 모든 주에서 이와 같은 항공우주기술을 이용한 작물재배현황추정이 가능하도록 미시행 주에 대해서 주정부와 USDA, NASS의 협조관계를 넓혀가고 있으며, 발전하는 우주항공기술로 기술적인 제약을 줄임으로써 전국으로 적용 범위를 확대하기 위한 노력을 계속하고 있다.
- 이와 같이 항공우주기술을 이용한 작물재배면적조사를 위한 기초자료인 작물별 Landsat데이터는 재배시기나 최소한 수확직전에 제공이 되어야하는 작물재배현황데이터와는 달리 파종이나 재배 후 몇 달 뒤에 정책 결정을 위한 기본 데이터로 정부 공공기관이나 농업관련기관, 수송회사, 농산물 저장공장, 농약·비료회사, 환경감시기구와 같은 여러 가지 데이터 사용 기관에 제공이 되며 그 사용의 목적도 여러 가지이다.

### (3) 작황조사(crop condition assessment)

- 미국은 기본적으로 기존의 농업통계 시스템이 잘 갖추어져 있었으므로 항공우주기술을 이용한 넓은 지역의 생육상태 추정에 대한 적용은 다른 국가들에 비해서 늦은 편이었다.
- 미국의 항공우주기술을 이용한 작물생육상태추정(vegetative index mapping over large areas)은 1988년 캐나다 통계시스템을 모델로 하여 1980년대 후반 NASS와 ARS(Agricultural Research Service)의 공동연구 이래로 기상관측을 목적으로 하는 기상관측 위성인 미국 해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administration : NOAA)에 의해 운영이 되고 있는 기상관측 위성 NOAA위성의 AVHRR(Advanced Very-High Resolution Radiometer)센서를 이용한 데이터를 기초로 하여 넓은 범위에 걸쳐 작물의 생육정도를 관측하고 있다.
- 한편 미국은 NOAA 위성을 이용한 작물의 생육상태 추정을 위해서 USGS(US Geological Survey)의 EDC(EROS Data Center)에서 만들어진 식생의 건강상태뿐만 아니라 농작물의 생산량을 예측하는 측도로 많이 활용이 되고 있는 NDVI(Normalized Difference Vegetable Index) 척도를 활용하고 있다.
- 또한 NDVI 지수값을 통하여 전세계 식생분포를 지도화하기 위해 AVHRR 영상데이터를 이용하여 GVI(Global Vegetation Index)라는 지수가 1주일 주기로 만들어지고 있다. NASS는 이렇게 만들어진 이미지를 2주단위로 홈페이지(<http://www.usda.gov/nass/>)

를 통해서 일반에 제공하고 있으며 이는 넓은 지역에 걸쳐 작물의 생육상태관측 및 홍수, 가뭄, 병충해 등과 같은 자연재해의 관측에도 유용하게 사용이 되고 있다.

- 이러한 방법으로 1993년 미국 중서부지방에서 발생한 홍수 때문에 잠겨진 옥수수과 대두의 재배지역에 대해서 빠른 집계가 가능했으며, 그해 옥수수와 대두의 수확량을 예측하는 데에 근거 자료를 제시했다. 또한 1998년 텍사스지방의 가뭄으로 인한 겨울밀과 옥수수의 낮은 파종에 의해서 발생할 수 있는 동상의 발생 우려지역 등의 추정에도 이용이 됨으로써 USDA 정책 결정자의 정책 결정과 대책마련의 근거 및 예측 자료로 활용되었다.

#### (4) 수확량예측분석(crop yield forecasting and estimation)

- 미국의 농작물 수확량예측분석(crop yield forecasting and estimation)은 기본적으로 농민들에 대한 조사보고(farmer reported)와 표본조사에 의해서 이루어지고 있다.
- 이러한 현실에서 원격탐사기술을 이용하여 농작물 수확량예측분석을 하기 위해서는 식생분포에 대한 조사가 선행되어야 한다. 즉, 지표면에서 식생의 유무, 식생의 종류, 밀집도 등을 파악해야 하기 때문에 식생지수의 계산이 필요하다. 식생지수는 영상자료에 포함된 녹색식물의 파장별 반사특성에 기초를 두고 분광대 간의 기술적인 특성을 강조하여 식생의 밀집도 등을 나타낼 수 있는

수식으로 잎면적 수, 피복도, Biomass, 재식밀도 등을 양적으로 나타낼 수 있는 척도로 개발되었으며 관측된 분광대간의 비율, 차이, 선형조합 등의 여러 가지 방법으로 구현된다.

- 위에 설명한 방법에 의해서 원격탐사기술을 이용한 농작물 수확량예측분석을 하기 위해서 NASS와 USDA의 Agricultural Research Service's Remote Sensing and Yield modeling laboratory간의 다년간의 공동의 연구가 있었다. 이러한 연구들에 의해서 농민조사와 표본조사에 의한 농작물수확량예측에 대한 보충적인 자료를 생성하는데 그 역할을 담당하고 있다. 또한 날씨 데이터, 토양데이터, AVHRR 데이터, NASS의 주별 농작물작황조사데이터, 그 지역의 Landsat-TM 데이터가 종합되어 농작물수확량예측을 위한 모델이 북부 다고타(Dakota) 지방의 봄밀에 대해서 적용이 시작된 이후 기존의 샘플 및 농민조사방법에 대한 보충적인 추정방법으로 이용되었다.

#### 다. 한계 및 전망

- 현재 미국에서 농업통계산출을 위한 항공우주기술의 이용현황 및 한계점을 간략하게 살펴보면 다음과 같다.
- 위성 데이터를 이용한 경지이용조사에 의한 작물재배면적조사(crop area estimation)는 처음으로 옥수수, 콩, 밀의 재배면적추정에 사용되기 시작했으며 면, 벼, 사탕수수의 재배면적 추정으로

확대되었다. 이러한 작목의 결정은 기본적으로 해당주의 CDLP에의 참여여부에 달려있으며, 재배량이 많은 주작목을 위주로 활용이 되고 있다.

- 비용상의 문제(위성이미지 구입비 및 이미지가공비, 통계적 추정 비용)로 작물재배면적에 대한 항공우주기술을 이용한 재배면적 조사가 모든 지역에서 시행되고 있지 않음.
- 현재 미국에서 농작물에 대한 작황조사를 위해서 USGS의 EROS Data Center의 NOAA위성을 이용한 AVHRR데이터를 사용하고 있다. 이를 활용하여 NASS에서는 USDA와 NOAA의 JAWF(Joint Agricultural Weather Facility)를 통해서 주간 농작물 및 날씨에 관한 리포트를 발행한다.
- NASS는 홈페이지를 통해서 식물의 생육상태에 대한 NDVI 지수 값으로 표현된 지리정보를 일반에 자료를 제공하고 있다.
- 이러한 방법에 의한 작황분석은 넓은 지역 즉, 전국, 주단위, 군단위와 같은 넓은 지역을 관찰하기에 유용하며 필드 서베이로 불가능한 데이터의 확보가 가능하며 데이터의 획득에 적시성이 있다.
- 특정 지역에 대해서 다중적, 적시적인 관측이 항상 가능하다. 즉, 대부분의 지역이 촬영이 가능하다. 그리고 무엇보다 기존의 WCWR(Weekly Crop and Weather Report)보다 객관성과 자료

생성의 적시성 및 자료의 통합의 용이성 면에서 큰 장점을 가지고 있다. 그러나 이러한 방법의 한계점을 알아보면 다음과 같다.

- 250에이커에 밖에 되지 않는 낮은 해상도 때문에 넓지 않은 특정 지역에 대한 관측과 서로 다른 작목에 대한 분석에 많은 제약을 가지고 있다. 특히 같은 지역에 대한 다른 작목의 분석에는 용이하지 않다는 단점을 가지고 있다. 또한 여러 가지 방법에 의해 데이터의 왜곡을 방지하고 있지만 구름 및 안개나 연기와 같은 대기상태에 영향을 받아 데이터가 왜곡될 가능성을 완전히 제거할 수 없다.
- 미국의 농작물 수확량예측분석(crop yield forecasting and estimation)은 기본적으로 농민들에 대한 조사보고(farmer reported)와 표본조사에 의해서 이루어지고 있다.
- 항공우주기술은 기존의 샘플 및 농민조사방법에 대한 보충적인 추정방법으로만 이용되고 있다. 그 이유는 수확량예측이 여러 가지 데이터와 정교한 데이터를 요구하는데 반하여 위성기술에 의한 데이터는 이를 모두 충족시키기에 부족하기 때문이다.
- 최신의 위성에 의한 과수지역 재배지역에 대해서 그 식수추정 및 수량과 그 수확량까지 파악을 위해 0.6~2.4m의 고해상도 위성인 Quickbird(퀵버드)와 같은 인공위성을 이용하고 있다.

- 고해상도의 위성을 이용하여 농업통계를 만들어내는 방식은 NASS에서 현재 연구가 활발하게 진행이 되고 있다. 그러나 현재까지는 연구단계에 있는 사례들이 대부분이다.
- 앞으로의 미국의 우주항공기술의 농업통계부문 이용전망을 간략하게 살펴보면 다음과 같다.
- 기본적으로 향후 NASS에서 항공우주기술을 이용한 농업통계의 산출은 새로운 위성 및 센서의 개발로 그 적용분야 및 적용범위가 확대될 것으로 전망이 됨.<sup>5)</sup>
- 이에 NASS에서는 새로운 센서의 개발 및 군단위 작물재배면적 추정프로그램의 확대와 더불어 CDLP의 참가주의 확대를 위해서 노력할 것이다. 이와 함께 CDLP는 다가오는 몇 년 안에 그 참가주가 10~20개주로 확대될 것으로 예상을 하고 있다. 이 과정에서 GIS와의 연계성은 더욱 강조될 것으로 보인다.
- 이와 함께 NASS에서는 앞으로도 지속적으로 AVHRR과 MODIS와 같은 센서를 이용한 전국단위의 작황조사를 위한 목적으로 그 기능을 수행할 것이다.
- NASS가 MODIS센서를 이용하면 그 해상도가 band의 사용에 따

---

5) Rich Allen, George A. Hanuschak, Mike Craig, Future Vision for the Utilization of Remotely Sensed Data and Geographic Information Systems(GIS) in the National Agricultural Statistics Service, NASS, 2002.

라서 250acres(1km)에서 14.5나 57.5acres까지 좋아질 것으로 예상  
상이 되고 있음. 그러므로 NASS가 홈페이지를 통해서 제공하는  
작황에 대한 데이터가 더욱 정밀해질 것으로 기대되고 있다. 또  
한 여전히 다른 많은 정보들이 함께 필요시 되지만 이를 이용한  
농작물 생산량예측에 활용될 수 있을 것으로 예상이 됨.

- 새로운 위성 및 그 센서의 응용에 관한 전망을 보면 NASS에서는  
미국 정부 소유의 Land 7, MODIS는 물론이고 자국의 사기업의  
장비로 IKONOS, QUICKBIRD뿐만이 아니라 일본의 AMSR과 같  
은 장비를 활용할 계획을 가지고 있음.
- IKONOS와 QUICKBIRD의 사용에 관하여서는 여러 가지 논쟁거  
리가 아직도 많다. 또한 군사용 이외로 사용된 전례가 거의 없어  
서 그 적용이 쉽지만은 않은 것으로 보인다. 그러나 그 정확성을  
감안하였을 때 앞으로 만약 비용 대비 경제성이 있다면 개별농장  
단위의 활용도 가능하고 다양한 활용이 가능할 것으로 예상 하고  
있다.
- 그러나 NASS에서는 작물재배면적과 같은 주요 목적을 위해서는  
여러 가지 측면에서 미국의 상황에 맞는 Landsat 시리즈가 앞으  
로도 기본적으로 주도적으로 사용될 것으로 전망하고 있음.

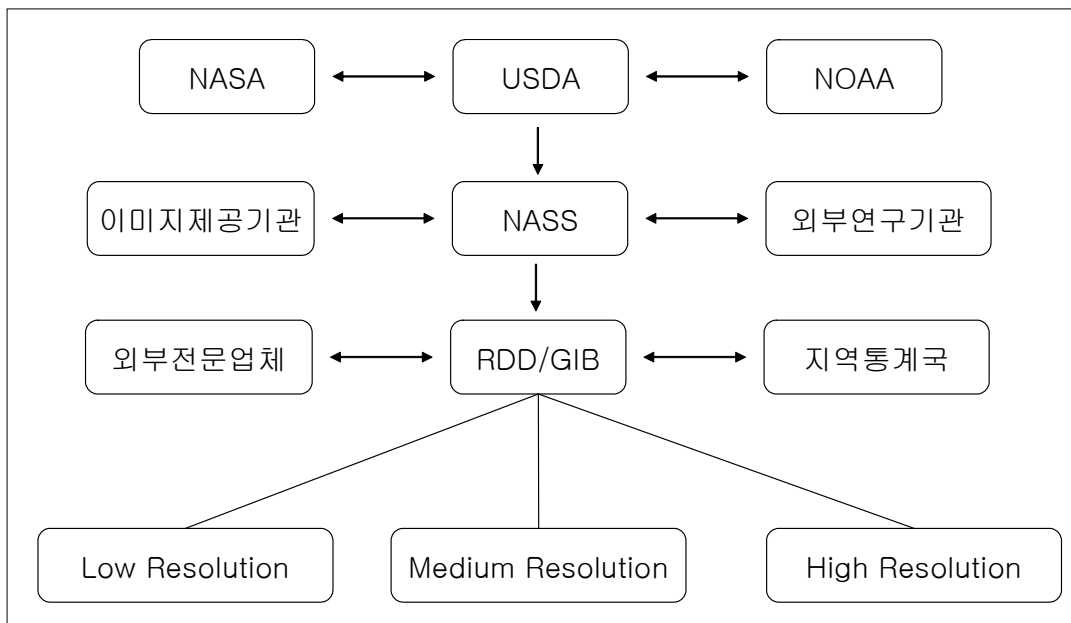


## 2. NASS의 항공우주기술의 응용의 도입

### 가. NASS의 RS를 통한 농업통계산출 담당부서

- 기본적으로 미국의 농업부문 우주항공기술을 이용한 통계작성은 USDA의 책임 하에서 NASA와 NOAA의 협조 하에서 USDA 산하의 NASS가 주요 업무를 수행하고 있다.

<그림 19> 미국의 RS 기술을 이용한 농업통계 생산 밑그림



- NASS는 USDA의 USGS(US Geological Survey) 산하의 기관인 EDC(EROS Data Center)와 FAS(Foreign Agricultural Service), FSA(Farm Service Agency)등을 통해서 이미지를 제공

받고 있으며, 오하이오대학 및 일리노이즈대학과 우주항공기술의 농업분야 적용을 위한 연구교류를 하고 있다. 또한 NASS 내에서는 산하의 RDD(Research and Development Division)를 통해 우주항공기술의 농업부분의 적용을 위한 연구 활동을 하면서 RDD 산하 GIB(Geospatial Information Branch)를 통해서 우주항공기술을 이용한 지리정보를 이용한 농업통계 작성을 위한 업무를 하고 있음.

- 이 과정에서 GIB에서는 외부의 소프트웨어 개발업체등과 같은 외부 전문업체와 협조함은 물론이고, 각 해당 지역의 통계국과 서로 긴밀한 협조를 하여 우주항공기술을 이용한 지리정보를 농업 통계화 하고 있다.

<표 26> NASS의 농업통계별 우주항공기술이용 담당부서

비 목	담당부서
토지이용 및 경지조사	USDA/NASS/RDD/GIB/AFS(Area Frame Section)
작물재배면적조사	USDA/NASS/RDD/GIB/SARS(Spatial Analysis Research Section)
작황조사	USDA/NASS/RDD/GIB/SARS(Spatial Analysis Research Section)
수확량예측	USDA/NASS/RDD/GIB/SARS(Spatial Analysis Research Section)

## 나. NASS의 RS를 통한 농업통계산출 담당부서의 업무 내용 및 인원, 장비 개괄

### (1) 업무내용

- NASS는 매년 6월 전국의 약 1,100개의 JAS(June Agricultural Survey) area segment에서 농민을 대상으로 JSA의 작성을 위해서 재배경작지면적, 재배작물의 종류, 재배의향작물은 물론이고 예상수확량까지 조사하고 있음.
- 토지이용 및 경지조사(area sampling frame construction)는 USDA/NASS/RDD/GIB/AFS(Area Frame Section)의 담당 하에서 행해지고 있음.
- NASS에서는 60년대 이래로 area sampling frame으로 전국을 주 단위나 지층의 단위로 48개의 단위로 구분하고 있다. 이러한 area sampling frame하에서 NASS에서는 농업통계의 가장 기본적인 통계자료인 지형과악과 토지이용 및 경지조사를 1954년부터 사람이 직접 조사하는 대신 항공촬영사진을 이용하여 작성하기 시작하여서 1978년까지 항공사진을 농업통계작성에 주도적으로 이용하였다.
- 현재는 1988년 NASS가 NASA(Nation Aeronautics and Space

Administrator)와 공동연구와 업무협조를 시작함으로써 Landsat의 TM(Thematic Mapper)을 이용하여 area sampling frame작성과 토지이용 및 경지조사를 디지털화 하였다.

- data acquisition hole에 대한 대안으로 프랑스의 SPOT과 인도의 IRS 플랫폼을 사용하기도 한다. 각각의 지역에 대해서 경작률로 토지이용 및 경작지를 나타내고 있음. 또한 NASS에서는 매년 변화된 지형 및 토지의 사용을 파악하기 위해서 area sampling frame작성과 토지이용 및 경지조사를 실시하고 있음.
- 미국의 우주항공기술을 이용한 작물재배면적조사(crop area estimation)는 USDA/NASS/RDD/GIB/SARS(Spatial Analysis Research Section)에서 Landsat-TM데이터를 주로 이용하여 조사되고 있다.
- 위성 데이터에 의한 작물재배면적추정 방법에는 1970년대 초부터 개발되기 시작한 통계조사요원에 의해서 실제 조사된 데이터와 인공위성사진에 의한 데이터를 동시에 이용하는 통계적 추정방법인 Regression Estimator 방법이 이용되고 있다.
- 현재 CDLP(Cropland Data Layer Program)가 시행되고 있는 주인 Arkansas, Illinois, Indiana, Iowa, Mississippi, Missouri Boot Heel, Nebraska, North Dakota, 그리고 Wisconsin주의 주요작물에 대해서 위성이미지데이터를 이용한 작물재배면적 추정이 되고

있음.

- 작황조사(crop condition assessment)는 USDA의 USGS(US Geological Survey) 산하의 기관인 EDC(EROS Data Center)의 이미지데이터를 이용하여 USDA/NASS/RDD/GIB/SARS(Spatial Analysis Research Section)에서 조사되고 있음.
- NASS에서는 1km(약 250에이커)의 낮은 해상도 위성인 NOAA시리즈 위성의 AVHRR센서를 이용하여 넓은 지역의 작물에 대한 작황 및 생육상태를 분석한다.
- NASS에서는 전국 및 주요 농작물생산지역에 대한 농작물생육상태를 나타내는 지수인 NDVI와 Ratio에 의한 두가지 방식에 의한 이미지를 만들어서 NASS의 홈페이지를 통해서 일반에 자료를 공개해 왔다. 현재는 기존에 2주 단위로 만들어지던 농작물의 생육에 관한 이미지는 작물의 생육기간에는 매주 만들어지고 있다.
- 미국의 농작물 수확량예측분석(crop yield forecasting and estimation)은 기본적으로 농민들에 대한 조사보고(farmer reported)와 표본조사에 의해서 이루어지고 있다. 이러한 현실에서 원격탐사기술을 이용하여 NASS와 USDA의 Agricultural Research Service's Remote Sensing and Yield modeling laboratory간의 다년간의 공동의 연구가 있었다. 이러한 연구들에 의해서 농민조사와 표본조사에 의한 농작물수확량예측에 대한 보

총적인 자료를 생성하는데 그 역할을 담당하고 있음.

- 날씨데이터, 토양데이터, AVHRR 데이터, NASS의 주별 농작물작황조사데이터, 그 지역의 Landsat-TM 데이터가 종합되어 농작물 수확량예측을 위한 모델이 북부 다고타(Dakota) 지방의 봄밀에 대해서 적용이 시도된바 있음. 앞으로 MODIS센서를 이용한 농작물수확량예측에 대한 연구 및 활용이 활발해질 것으로 예상됨.

## (2) 인원구성 및 이용장비

- NASS 내의 RS기술을 이용한 농업통계작성을 위한 인력은 NASS 산하의 RDD 산하 GIB(Geospatial Information Branch)에 소속되어있다. 그 인력구성은 branch chief 1명, section chief 2명, 직원 41명 contractor 1명으로 구성되어있다. 각각의 section 별로 그 인력구성에 대해서 살펴보면 다음과 같다.
- USDA/NASS/RDD/GIB/AFS는 section chief 1명 직원 31명으로 구성이 되어있다. 또한 USDA/NASS/RDD/GIB/SARS은 section chief 1명 직원 9명 contractor 1명으로 구성이 되어있다.
- NASS 내의 RS기술을 이용한 농업통계작성을 위한 이용영상의 종류 및 그 응용분야에 대해서 정리하면 아래와 같음.

<표 27> NASS의 이용영상의 종류 및 응용분야

비 목	이용영상	이용분야
NOAA (16/17)	NOAA AVHRR 이미지	작황분석, 자연재해피해지 역관측 (가뭄, 홍수, 병충 해).
LANDSAT (4/5/7)	LANDSAT-TM 이미지 LANDSAT-ETM 이미지	작물재배면적추정, 토지이 용 및 경지조사.
외국위성	SPOT-VEG 이미지 인도 IRS 이미지	데이터 취득시 보완데이터 로 활용.
QUICKBIRD (2)	QUICKBIRD 이미지	식수과약 및 건강상태분석, 수확량조사.

### 3. NASS의 항공우주기술의 농업분야 이용현황 및 방법

#### 가. NASS의 항공우주기술 이용현황

- NASS에서 항공우주기술을 이용한 농업부문 통계작성 및 이용현황을 살펴보면 다음과 같다.
- NASS에서 현재 항공우주기술을 농업부문에 이용하고 있는 현황은 크게 사용되는 위성 플랫폼에 의해서 3 가지로 분류된다.

- 첫째 1km의 낮은 해상도 위성에 의한 작물의 생육시기에 작물의 생육상태조사 및 작황분석을 하기 위해 위성이미지를 이용하여 산출한 이미지데이터를 2주일 단위로 인터넷에 제공하는 것이다.
- 둘째, 중급의 해상도를 가진 Landsat TM, ETM(Enhanced Thematic Mapper)과 AWiFS센서를 이용한 작물재배면적 및 여러 가지 위성관측에 의한 정보를 담고 있는 각각의 주에 대한 CD를 제작하고 공공기관에 발표하기위한 CDL(Crop Data Layer)을 생산하는 것이다. CDL 프로그램으로 작성된 CDL 프로그램 주에 대한 CD는 NASS를 통해서 일반에 판매되고 있다.
- 셋째, 고해상도를 요구하는 관측 및 분석을 위한 고해상도의 위성을 이용하는 방법이다. 이러한 고해상도가 요구되는 관측을 위해서 0.6~2.4m 해상도의 Quickbird(퀵버드)와 같은 높은 해상도의 인공위성을 이용하고 있으며 식수의 추정 및 그 나이 및 건강상태의 관측까지 가능한 방법이다.
- 위에서 설명한 NASS에서 현재 항공우주기술을 농업부문에 이용하고 있는 3가지 방법에 대해서 그 이용 장비 및 방법에 대해서 알아보면 다음과 같다.

#### **나. low resolution에 의한 방법**

- 앞서 설명한 바와 같이 저해상도의 위성을 이용하여 현재 NASS



에서 활용하고 있는 작물의 생육시기에 작물의 생육상태조사 및 작황분석을 위한 이미지데이터의 작성 현황 및 방법을 살펴보면 다음과 같다.

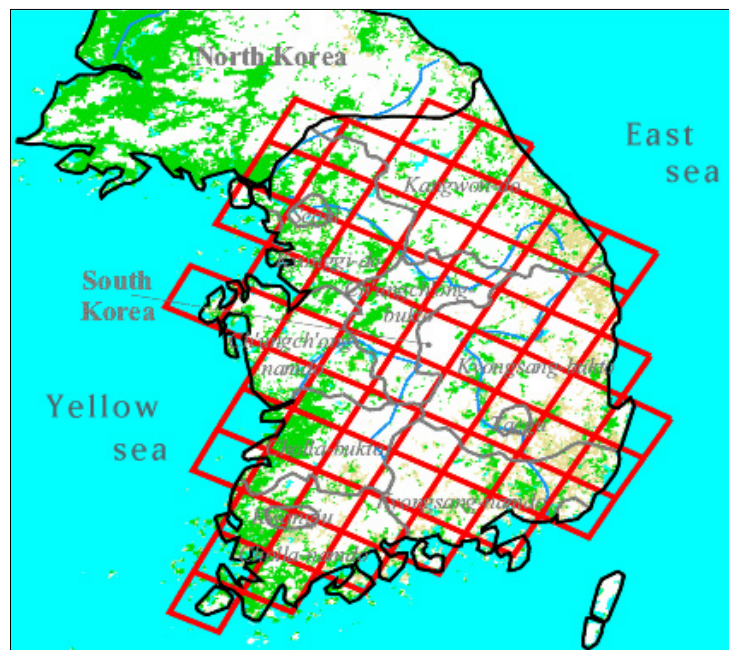
- NASS에서는 1km(약 250에이커)의 낮은 해상도 위성인 NOAA 시리즈의 위성의 AVHRR센서를 이용하여 넓은 지역의 작물의 작황 및 생육상태를 분석하고 있다.
- NOAA 위성을 이용한 작물의 생육상태 분석을 위해서 USGS(US Geological Survey)의 EDC(EROS Data Center)에서 만들어진 식생의 건강상태뿐만 아니라 농작물의 생산량을 예측하는 NDVI 척도가 이미지데이터의 작성에 많이 활용하고 있다.<sup>6)</sup>
- NDVI는 식물의 광합성작용에 의한 활력도를 이용하여 작물의 생육상태에 대한 기준값을 구한다. 즉, -1에서 +1까지의 범위 내에서 그 값이 높을수록 식생의 생육상태가 좋다고 보고 그 값이 낮을수록 생육상태가 양호하지 못한 것으로 판단한다. 이러한 방법으로 작성된 이미지 데이터는 구름 및 기타 관측을 방해하는 요소가 가장 작은 날의 이미지가 선택되어 2주 단위로 공공기관에 공개가 된다. 이렇게 촬영되어 공개된 이미지데이터는 작물재배 지역에 대한 정책결정 자료로 사용이 된다.
- 현재까지 미국은 1993년 중서부의 홍수와 1999년 중부 아틸란틱

---

6) NASS 홈페이지 <http://www.nass.usda.gov/research/avhrr/history.htm>

지방의 가뭄과 2002년 남서부지방의 겨울밀의 재배시기의 가뭄기의 작물의 작황 및 생육상태를 분석을 위해서 이와 같은 방법을 유용하게 사용한 바 있다. 또한 미국은 USDA의 FAS(Foreign Agricultural Service)에서 PECAD(Production Estimates and Crop Assessment Division)의 담당 하에 세계 전역의 농작물의 작황 및 생육상태에 대한 이미지데이터의 작성과 이의 보급을 위한 정보망을 구축하고 있다. 아래 그림은 PECAD에서 작성한 한국에 한국의 이미지자료이다.

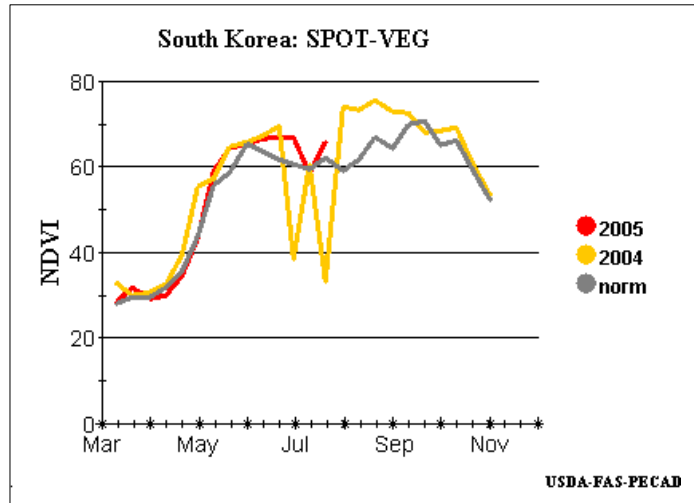
<그림 20> PECAD의 한국이미지데이터



- 위 그림은 PECAD에서 작성한 한국의 이미지데이터이다. 녹색 면적이 경지를 나타내며, 검은 선이 도경계를 나타내고 있다. 노란

색부분은 혼합경지(mixed cropland)를 나타내면 붉은색선은 격자(grid area)를 나타내고 있다.

<그림 21> PECAD의 한국 NDVI 자료



- 위의 한국의 자료는 SPOT 위성 VEG센서의 이미지데이터에 의해서 작성이 된 것으로 작물의 생육시기인 3월부터 11월 까지 분석하고 있다. 위의 NDVI 지수는 기존데이터 대비 관측기간의 RATIO방식으로 작성된 것이다.<sup>7)</sup>
- NASS에서 사용하는 NOAA 위성의 작물 생육상태분석을 위해서 사용하는 AVHRR(Advanced Very-High Resolution Radiometer) 센서는 다음과 같은 특징과 기능을 가지고 있다.
- 먼저 AVHRR 센서는 다섯개의 Channel로부터 각각 영상이 생성

7) PECAD 홈페이지 <http://www.pecad.fas.usda.gov>

된다. 각각의 채널들의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

- Channel-1 : 가시영상, 0.58~0.68 micrometers의 파장대감지 구름, 눈, 호수나 바다의 결빙, 오염, 열대성 폭풍을 탐지하는데 사용되며, 화산 활동이나 에어로졸, 먼지폭풍의 추적에 가장 적합한 Channel 이다.
- Channel-2 : 근적외 영상, 0.73~1.1 micrometers의 파장대 감지 이 영역에서는 흡수체가 가시영역에서 보다 더 강하게 근적외 복사를 흡수하기 때문에 해수면과 육지를 구분하는데 사용되며, Channel-1과 같이 해빙이나 눈이 쌓인 지역을 찾을 때 사용된다.
- Channel-3 : 적외 영상, 3.6~9.3 micrometers의 파장대 감지 이 영역은 높은 에너지를 갖는 물체에 민감하기 때문에 가스로 이루어진 섬광, 산불, 활동 중인 화산, 연기흔적 등과 같은 뜨거운 지점을 탐지하는데 사용된다. 특히 구름과 지표온도를 탐지 하는데 뛰어나며 주간에는 얼음덩어리와 구름, 얼음과 물을 구분 하는데 사용된다.
- Channel-4 : 원적외 영상, 10.3~11.3 micrometers의 파장대 감지 이 영역에서는 주야간에 해수온도와 구름의 온도 탐지에 사용되며, 중위도에서 해수의 흐름, 전선, 권운의 범위를 찾는 데도 사용된다.

- Channel-5 : 원적외 영상, 11.5~12.4 micrometers의 파장대 감지 이 영역의 특징은 Channel-4의 특징과 비슷하며 더불어 수증기 감소 효과와 적도 지방에서 해수 온도를 결정하는데 사용된다.
- NASS의 생육상태분석을 위한 촬영에 사용되는 NOAA위성의 특징 및 변화과정의 살펴보면 다음과 같다.

<표 28> NASS의 농작물 작황조사의 사용위성

(단위 : 년도)

위성	사 용 연 도				
	2005	2004	2001	1996	1995
NOAA-17	2005	2004			
NOAA-16	2003	2002	2001		
NOAA-14	1999	1998	1997	1996	1995

- 현재 NOAA라 불리는 위성들은 1960년 4월에 발사된 첫 기상위성인 TIROS(Television and Infrared Observation Satellite)를 그 전신으로 볼 수 있다. 이 위성은 처음에 단순한 상자 모양에 특별한 television 카메라를 장착한 모양으로 450마일 상공에서 지구를 내려다보는 간단한 구조였었다.
- 1965년까지 모두 10개의 위성이 발사되면서 점차로 작동 시간이 길어지는 등 성능의 향상을 가져오기는 했지만 이 위성들은 실용 위성이라기보다는 실용화 이전의 실험용 위성이었다.

- 그 후 1969년까지 ESSA(Environmental Science Service Administration)라는 실용 기상위성을 9개나 발사했으며 1970년대 제 2세대 기상위성이라 할 수 있는 개량형 TOS(ITOS)가 발사되어 야간에도 카메라 촬영이 가능하게 되었으며 12시간마다 전 지구의 구름 분포 관측 결과를 얻을 수 있게 되었다.
- ITOS위성이 후에 NOAA 위성으로 불려서 ITOS-2는 NOAA-2가 되었다. 1976년 7월에 발사된 NOAA-5까지 모두 5개의 위성이 발사되었는데 이들은 1979년 중반까지 모두 수명을 다해 기능을 상실하게 되었다.
- 제 3세대 기상 위성이라고 할 수 있는 TIROS-N/NOAA 위성은 1978년 10월 13일 발사되었다. 1979년 6월 27일 NOAA-6위성이, 1981년 6월 NOAA-7이, 1983년 NOAA-8이 각각 발사되었다.
- 위의 표에서 나타나는 바와 같이 NASS에서는 농작물의 작황분석을 위해서 NOAA위성 시리즈의 AVHRR데이터를 사용해오고 있다.
- 1995년 이전까지 NOAA-11 위성의 이미지가 AVHRR 데이터였다. 그 후 위의 표에 나와 있는 것과 같이 1995년부터 1999년까지 NOAA-14 위성데이터를 사용하였다. NOAA-16 위성이 발사된 이후 2001년과 2002년까지 NOAA-16 위성이 사용이 되었으며, NASS는 NOAA-16위성을 대기의 수증기에 의해서 영향을

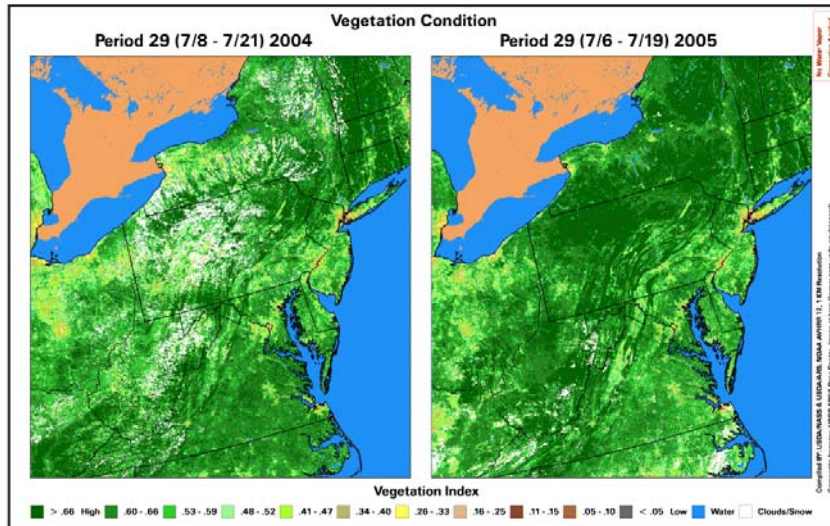
받지 않은 방법으로 농작물의 생육상태를 분석하는 방법을 연구하였으며 2001년과 2003년 사이의 기간에 대해서 수증기에 의하지 않는 방법에 의한 데이터를 구축한 바 있다. 이후 2004년 초에 NOAA-16이 위성의 scan motor에 문제가 생겨 NOAA-17위성의 이미지데이터를 현재 사용하고 있다.

- 현재 농작물 생육상태 및 작황분석 이미지데이터를 NASS에서 제공하고 있는 현황을 살펴보면 다음과 같다.
- NASS에서는 NDVI방식과 RATIO방식으로 생육상태에 대한 이미지데이터를 NASS의 홈페이지를 통해서 일반에 공개하고 있다. 현재 NASS에서는 작물 생육시기 작황분석에 관한 2주 단위 이미지 데이터를 1995년에서 1999년, 2001년에서 2003년, 2004년에서 2005년 현재까지의 기간에 대한 이미지데이터가 자료화 되었다.<sup>8)</sup>
- NDVI 수치값에 의한 이미지데이터는 앞서 설명을 하였고, RATIO 방식은 특정기간(올해)의 NDVI 수치값에 대한 이전 기간(전년)의 NDVI 수치값에 대한 비율(ratio)로 생육상태 및 작황을 나타낸다. 그 예로, 아래의 그림은 북서부지역의 농작물 작황을 나타내는 NDVI방식과 RATIO 방식의 이미지데이터이다.

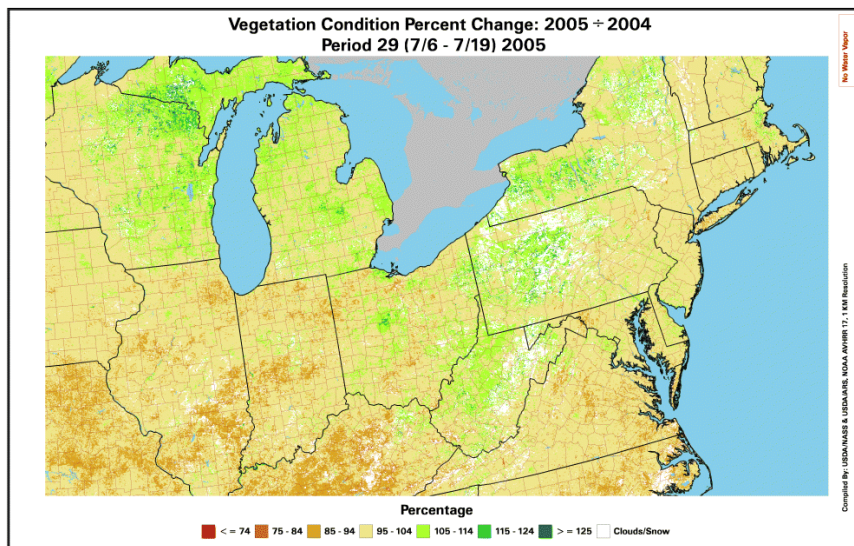
---

8) 2000년 자료는 위성의 노화로 인한 궤도상의 문제로 이미지데이터가 없음.

<그림 22> 북서부지방 NDVI지수에 의한 농작물작황 데이터



<그림 23> 북서부지방 RATIO 방식에 의한 데이터





- NASS에서는 제공하는 농작물의 생육상태에 대한 이미지데이터를 공급하는 방식과 자료의 형태를 보면 다음과 같다.
- NASS에서는 위에서 설명한 것과 같이 NDVI와 Ratio에 의한 두 가지 방식에 의한 이미지를 만들어서 NASS의 홈페이지를 통해서 일반에 자료를 공개해 왔다. 현재는 기존에 2주 단위로 만들어지던 농작물의 생육에 관한 이미지는 작물의 생육기간에는 매주 만들어지고 있다.
- 이미지의 형식은 type GIF87A GIF포맷이며, 256 color (8-bit)의 1024\*768의 스크린 해상도의 이미지로 제공이 되고 있다. 또한 NASS에서는 미국 전지역의 NDVI 지수화 자료를 PDF파일 형식으로 이미지를 제공해왔고, 2004년부터 GIS시스템에도 쓰일 수 있는 GeoTiff이미지의 형태로 파일을 제공하고 있다.
- 이러한 NASS의 원격탐사기술을 이용한 농작물의 생육상태 및 수확량예측의 장점 및 그 한계점과 개선점을 살펴보면 다음과 같다.
- 작물의 재배면적을 추정하기 위해서는 파종기나 수확기에 촬영된 위성이미지 데이터로 가능하다. 그러나 작물의 생육상태관측을 위해서는 생육시기에 지속적인 촬영과 분석이 요구된다. 현재 NASS에서는 USGS의 EROS Data Center의 NOAA위성을 이용한 AVHRR데이터를 사용하고 있다. 이를 활용하여 NASS에서는

USDA와 NOAA의 JAWF(Joint Agricultural Weather Facility)를 통해서 주간 농작물 및 날씨에 관한 리포트를 발행한다. 이러한 AVHRR의 NDVI 이미지데이터에 의한 농작물의 생육상태 관측 방법은 다음과 같은 장단점을 가지고 있다.

- 그 장점으로 넓은 지역 즉, 전국, 주단위, 군단위와 같은 넓은 지역을 관찰하기에 유용하며 필드 서베이로 불가능한 데이터의 확보가 가능하며 데이터의 획득에 적시성이 있다. 또한 미국은 AVHRR센서에 의해서 특정 지역에 대해서 다중적, 적시적인 관측이 항상 가능하다. 즉, 대부분의 지역이 촬영이 가능하다. 무엇보다 기존의 WCWR(Weekly Crop and Weather Report)보다 객관성과 자료생성의 적시성 및 자료의 통합의 용이성 면에서 큰 장점을 가지고 있다.
- 그러나 이러한 낮은 해상도에 의한 방식은 250에이커에 밖에 되지 않는 낮은 해상도 때문에 넓지 않은 특정지역에 대한 관측과 서로 다른 작목에 대한 분석에 많은 제약을 가지고 있으며 특히 같은 지역에 대한 다른 작목의 분석에는 용이하지 않다는 단점을 가지고 있다. 또한 여러 가지 방법에 의해 데이터의 왜곡을 방지하고 있지만 구름 및 안개나 연기와 같은 대기상태에 영향을 받아 데이터가 왜곡될 가능성을 완전히 제거할 수 없다.

#### 다. medium resolution에 의한 방법

- NASS에서 중급의 해상도를 가진 위성들을 이용하여 농업분야에 이용하고 있는 현황은 CDL(Cropland Data Layer)를 생산하는 것이 주가 된다. CDLP(Cropland Data Layer Program)의 내용 및 그 방법에 대해서 자세하게 알아보면 다음과 같다.

#### (1) CDLP의 개요

- CDLP 즉, Cropland Data Layer Program은 작물의 재배지역에 대한 지리정보를 디지털데이터화하고 농업지리정보체계를 구축하기 위한 정책 프로그램으로 볼 수 있다. 이러한 CDL을 구축하기 위한 방법과 현재의 현황을 살펴보면 다음과 같다.
- 처음으로 1978년 아이오와주에 대한 작물재배면적 추정이 이루어졌으며 현재는 9개 주에서 추정이 되고 있다. 비용상의 문제(위성 이미지 구입비 및 이미지가공비, 통계적 추정비용)로 작물재배면적에 대한 항공우주기술을 이용한 재배면적 조사가 모든 지역에서 시행되고 있지 않음.
- 처음으로 옥수수, 콩, 밀의 재배면적추정에 사용되기 시작했으며, 벼, 사탕수수의 재배면적 추정으로 확대되었다. 이러한 작목의 결정은 기본적으로 해당주의 CDL의 참여여부에 달려있으며, 재배량이 많은 주작목을 위주로 활용이 되었다.
- NASS에서는 CDLP를 통해 주(state)단위의 각각의 작물재배면적

및 여러 가지 위성관측데이터에 의한 농업 지리정보를 담고 있는 CD를 제작하여 공공기관에 제공하고 있으며, NASS의 홈페이지를 통해서 일반에 판매를 하고 있다. 현재 CDL 프로그램은 Arkansas, Illinois, Indiana, Iowa, Mississippi, Missouri Boot Heel, Nebraska, North Dakota, 그리고 Wisconsin주이다.

- 또한 NASS에서는 더 좋은 CDL 이미지데이터의 생산과 관련 프로그램들의 개발을 위해서 Illinois Dept of Agriculture, Mississippi Department of Agriculture and Commerce, ND State University Extension Service와 서로 협조체계를 구축하고 있다.

## (2) CDLP의 목적과 그 비용 및 효과

- CDLP의 주요 목적은 매년 CDLP 시행주에 대한 주요 작물의 재배면적을 추정하고, 작물별 디지털화 분류화된 지리정보를 만들어내는 것이다.
- CDLP를 위한 투입예산 및 비용에 대해서 알아보고 그 효과에 대해 살펴보면 다음과 같다.
- CDL프로그램으로 생성된 지리정보는 여러 분야에서 유용하게 사용되고 있다. 또한 주정부는 NASS와 연계함으로써 농업통계산정을 위한 많은 예산을 절약하고 있으며, 앞으로 더 많은 주가 프

로그래밍에 참가하고 더 많은 사람들이 CDL 프로그램으로 생성된 데이터를 이용할수록 그 평균비용은 더 낮아지고 편익은 증가할 것으로 예상하고 있다.

- CDLP를 위한 비용을 시기별로 살펴보면 다음과 같다.
- 70년대는 연구비용과 computer processing 비용이 대부분을 차지하였다. 처음 full state project가 일리노이즈에 대해서 1975년에 시행이 되었고 그 비용은 \$750,000(약 82,500만원) 수준이었다. 처음 processing application cost는 \$300,000(약 33,000만원)이었고 아이오와 전지역의 1978년 LANDSAT MSS센서 데이터로 60-80m 해상도에 4개의 spectral band데이터가 이용되었다.
- 80년대로 접어들면서 CDL 참가주가 8개가 되었으며, 그 평균 총비용은 주당 \$150,000(약 16,500만원)이며 2000년 환산 \$250,000 약 27,500만원이었음. 주된 비용은 분석 인건비임. 위성 데이터의 비용은 신당 \$300(약 33만원)로 비용의 작은 부분이었음.
- 90년대에서 최근 : 90년대 초반에 LANDSAT 4/5의 데이터가 정부구매로 신당 \$4,400(약 484만원)까지 최고가로 상승한 적이 있지만 1997년 NASS와 USDA의 FAS, FSA가 제휴하게 되면서 LANDSAT 7의 데이터 가격이 scene당 \$405(약 44만원)로 떨어졌음. 90년대 말에서 2000대 초반까지 주당 CDLP 총비용은 \$75,000(8,250만원)수준이고, 이는 시간이 지날수록 또한 많은 주

가 CDLP에 참여하게 될 수록 떨어질 전망이다.

- CDL의 주단위 부분별 주요비용에 대해서 살펴보면 아래와 같다. 그 전체적인 총비용은 크게 감소한 것으로 나타났고 특히 data의 구입비용과 data processing의 비용이 크게 감소한 것으로 나타났다.

<표 29> CDL의 주 단위 부분별 주요비용

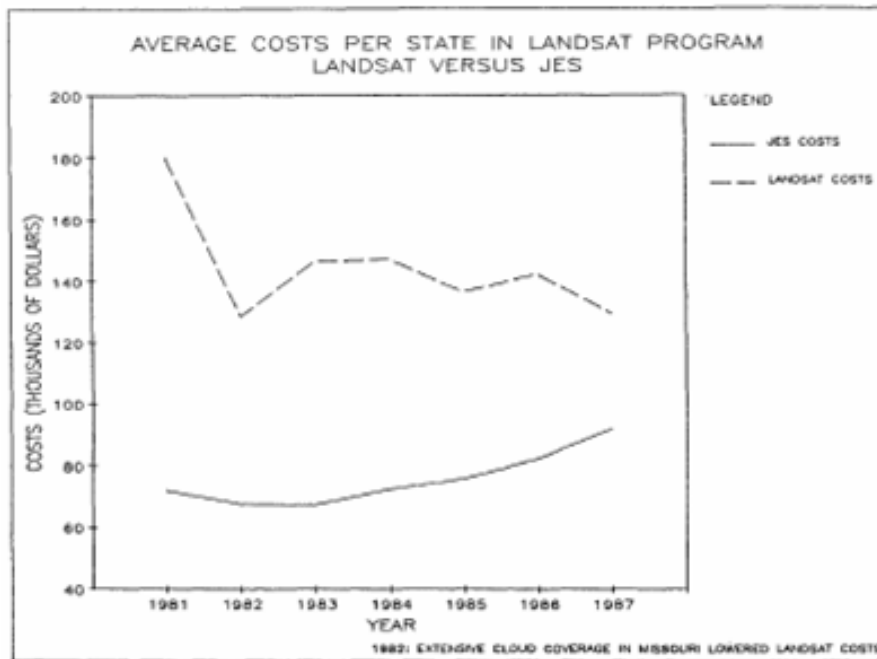
비 목	DATA	Data Processing	Labor	총계
1983년	\$60,000 (약6,600만원)	\$100,000 (약 11,000만원)	\$83,000 (약9130만원)	\$243,000 (약 26,730만원)
2000년	\$10,000 (약 1,100만원)	\$8000 (약 880만원)	\$50,000 (약 5,500만원)	\$68,000 (약 7480만원)

주) 1983년도 비용은 2000년 기준으로 환산된 비용임.

환율은 1,100/\$로 계산하였음.

- JES와 LANDSAT의 통계산출비용에 대한 비교에서도 RS기술을 이용한 통계산출비용이 시간이 지날수록 점점 그 평균비용이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 JES와의 격차는 점점 줄어들고 있는 것으로 나타났다.

<그림 24> JES와 LANDSAT의 통계산출비용 비교

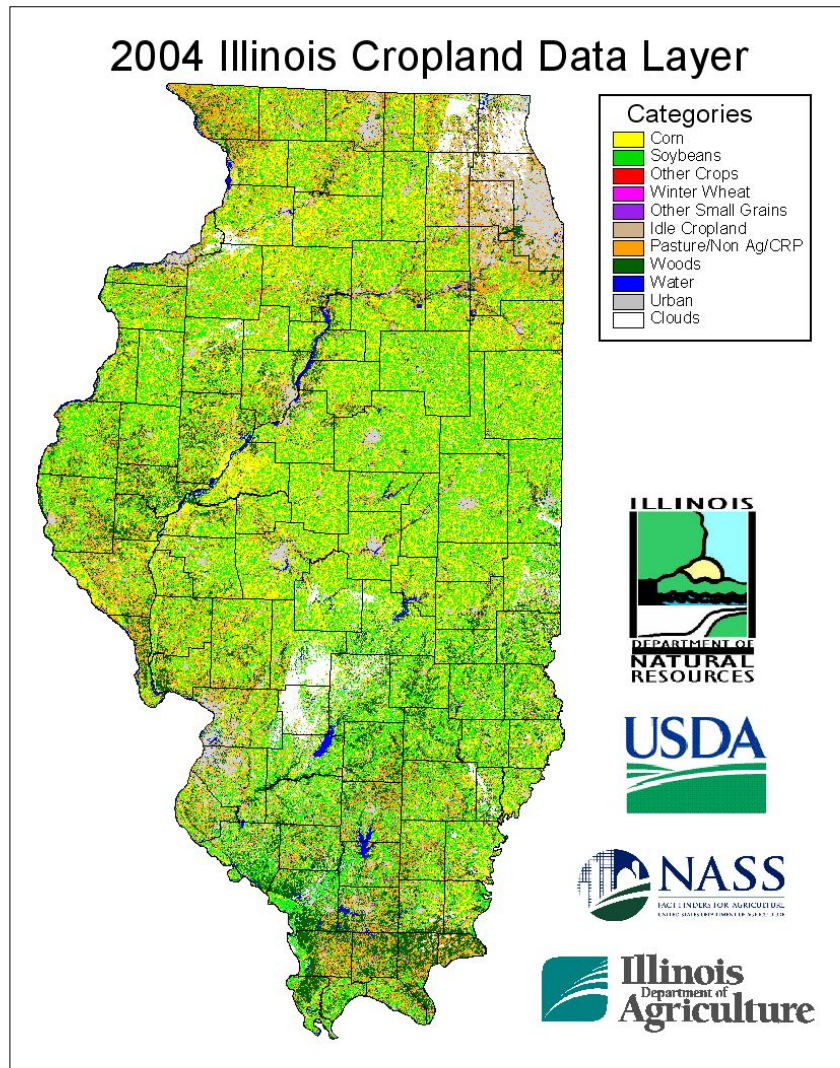


### (3) Cropland CD-ROM

- 앞서 설명한 CDLP를 통해서 생성된 지리정보는 각각의 주에 대해서 CD로 제작이 된다. 이러한 Cropland CD-ROM은 각각의 주에 대해서 분류화(categorization), 모자이크화(mosaiced)된 이미지데이터를 포함하고 있다. 그 예로 NASS의 홈페이지에서 제공하고 있는 일리노이즈주의 CDL 이미지데이터와 가공된 이미지데이터를 보면 아래 그림과 같다.<sup>9)</sup>

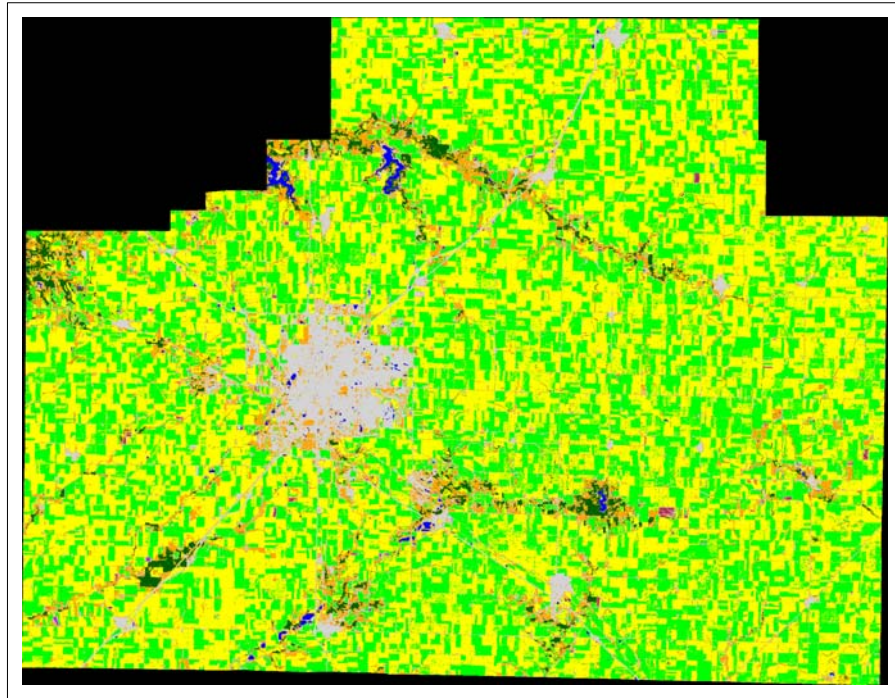
9) <http://www.nass.usda.gov/research/Cropland/Examples/il04.jpg>

<그림 25> 일리노이즈지역 CDL데이터





<그림 26> 일리노이즈 Mclean-16구역 이미지데이터



- 이렇게 가공된 이미지 데이터는 GeoTIFF나 Erdas사의 Imagine's 의 img 포맷으로 제공이 된다. 또한 ArcExplore 프로그램이 해당 CD 안에 포함이 되어있기 때문에 전문적인 GIS 이미지처리 프로그램이 없더라도 CDL을 사용할 수 있게 되어있다. 또한 ESRI의 홈페이지(<http://www.esri.com/arcexplorer>.)를 통해서 다운을 받을 수도 있게 되어있다. ArcExplore 프로그램의 기본 사양은 Window 95 이상이며, ArcExplore 프로그램만 설치를 하면 일반 사용자가 CDL의 레스터, 벡터 데이터세트 모두를 이용할 수 있게 된다.
- 앞서 설명한 레스터, 벡터 데이터세트를 보기위한 ArcExplore 프

로그래프와 함께 Croplad CD-ROM에는 해당 주에 대한 작물재배 지역에 관한 레스터화된 이미지데이터와 작물별 재배지 지역통계 그리고 부수적으로 경작지역, 토지이용상황, 도경계, 주요도로의 위치에 대한 자료가 포함이 되어있다. 또한 원데이터 파일(metadata document)이 있어서 정보의 생산방법에 대해서 알 수 있도록 되어있으며, CDLP에 대한 설명 자료가 포함이 되어있어 CDLP에 대한 사용자의 이해를 높여주고 있다.

- 보통의 경우 Cropland CD-ROM은 2년간의 해당 주에 대한 지리 정보에 대한 이미지 데이터를 담고 있다. 그러나 경우에 따라서 그 주가 CDLP가 처음 시행이 된 지역이거나 자료의 용량이 많지 않아서 2년 이상의 정보가 수록되는 것이 가능하다면 각각 2년을 초과하는 기간의 정보가 담길 수 있고, 1년간의 정보만을 담고 있는 주도 있다.
- 매년 새로운 이미지가 제작이 되기 때문에 기존의 CD에서 오래된 년도의 이미지파일이 삭제되고 새로운 파일을 포함하여 2년의 이미지데이터를 포함한 CD로 제작이 된다. 단, 예외적으로 ERDAS-IMG-FORMAT.ZIP 압축파일에 2년 이상의 이미지데이터가 포함이 된 주도 있다. 그 가격은 각각의 주의 2년간의 지리 정보가 담긴 CD가 25~35\$ 수준으로 NASS홈페이지를 통해서 주문이 가능하다.

#### (4) CDLP의 이용 장비 및 통계산정방법

- NASS의 CDL프로그램은 중급의 해상도를 가진 위성들을 이용하며, 그중에서 Landsat-5의 TM(Thematic Mapper)센서, Landsat-7의 ETM+(Enhanced Thematic Mapper)센서 그리고 AWiFS센서를 주로 이용한다.
- 담당부서인 SARS(Spatial Analysis Research Section)은 작물재배면적조사(acreage estimation program)를 위해서 중급의 해상도를 가진 Landsat-4/5/7을 주로 사용하며 IRS 1C 그리고 SPOT 위성을 사용하기도 한다. 이렇게 SARS에서 작물의 재배면적조사를 위해서 고해상도의 위성을 사용하지 않는 것은 비용상의 문제에서 기인한다.
- 이러한 위성데이터는 NASS의 조직내의 이미지 가공 프로그램인 PEDITOR을 통해서 가공이 된다. 기본적으로 NASS에서는 위성 이미지의 처리를 위해서 초기부터 사용된 이미지처리 패키지 프로그램의 계량형인 PEDITOR를 이용하고 있음.
- NASS에서 LACIE, AgRISTARS를 PEDITOR 프로그램의 지원을 위해 사용하고 있기도 함. PEDITOR의 경우 윈도우NT, 2000, XP를 사용하면 expert system과 automation batch과정인 clustering, classification, mosaicing, estimation이 모두 가능하며 stitch도 가능하다.

- NASS에서 이러한 이미지처리를 위한 틀을 위해서 일리노이즈대학의 원개발자 한명을 고용하여 PEDITOR를 업데이트를 하고 있음.
- Landsat-5의 TM(Thematic Mapper)센서, Landsat-7의 ETM+(Enhanced Thematic Mapper)센서의 이미지 데이터를 이용한 재배면적의 추정에는 regression, pixel ratio, direct expansion이 있다. 이중에서 1970년대 초부터 개발되기 시작한 통계조사요원에 의해서 실제 조사된 데이터와 인공위성사진에 의한 데이터를 동시에 이용하는 통계적 추정방법인 Regression Estimator 방법이 주로 이용되고 있다.

#### 라. very high resolution에 의한 방법

- 고해상도의 위성을 이용하여 농업통계를 만들어내는 방식은 NASS에서 현재 연구가 활발하게 진행이 되고 있다. 그러나 현재까지는 연구단계에 있는 사례들이 대부분이다. 그러므로 very high resolution에 의한 방법은 NASS에서 시험 연구된 플로리다 지역의 오렌지의 식수추정 및 건강상태관측에 관한 시험연구논문을 중심으로 그 내용과 방법에 대해서 알아보고자 한다.<sup>10)</sup> 위에서 설명한 논문에서 다뤄진 사례를 통해 NASS의 very high resolution에 의한 방법에 대해서 알아보도록 하겠다.

---

10) George A. Hanuschak and Rick Mueller, Investigation of Very High Resolution Spaceborne Imagery for Citrus Tree Counting, Pilot Research Project of NASS and the Florida Agricultural Statistics Service, 2003.

(1) 보고서의 내용 및 의의

- FASS(Florida Agricultural Statistics Service)는 USDA와 NASS의 RDD(Research and Development Division)와 공동으로 플로리다의 오렌지 재배지역에 대해서 그 식수추정 및 식수의 건강상태 파악을 위해 0.6~2.4m의 고해상도 위성인 Quickbird(퀵버드)와 같은 인공위성을 이용하였다.
- 연구의 목적과 이용가치는 식수파악 및 수령분석, 수확량분석까지 가능한 very high resolution에 의한 방법의 실용성여부를 타진하고 또한 그 추정치의 신뢰도 도출 및 넓은 지역에 대한 적용을 위해서 필요한 여러 가지 보완사항과 비용상의 문제들을 도출하는 것이다.
- FASS(Florida Agricultural Statistics Service)와 FDOC(Florida Department of Citrus), USDA의 FAS(Foreign Agricultural Service), NASS의 RDD(Research and Development Division)간의 협의로 이루어진 플로리다지역의 오렌지에 대한 식수파악을 위한 목적으로 Quickbird위성의 이미지를 사용하는 것은 처음 사용하는 방법이었다.
- NASS에서 시험단계에 있는 very high resolution에 의한 우주항공기술의 농업분야의 적용방법과 방향에 대해서 알 수 있는 좋은

사례가 된다. 또한 이러한 시험연구를 통해서 다른 작목 또는 다른 지역, 더욱이 미국전역의 넓은 지역에 대한 농작물의 재배면적은 물론이고 정밀한 생육상태에 대한 very high resolution에 의한 분석이 가능할 것인가 또한 경제성이 있는가를 타진해보는 계기가 될 것이다.

- 위에서 설명한 것과 같은 목적으로 플로리다지역의 오렌지 재배 지역의 식수과약 및 생육상태와 수확량조사를 위한 NASS의 이용 이미지데이터 및 촬영장비에 대해 알아보고, 그 추정방법론 및 특징 그리고 이미지처리에 사용된 소프트웨어에 대해 살펴보고 한다.
- 그 과정에서 사용위성의 특징 및 비용, 사용방법론의 정확도, 사용소프트웨어의 특징 및 앞으로의 발전방향에 대해서 제시하고자 한다.

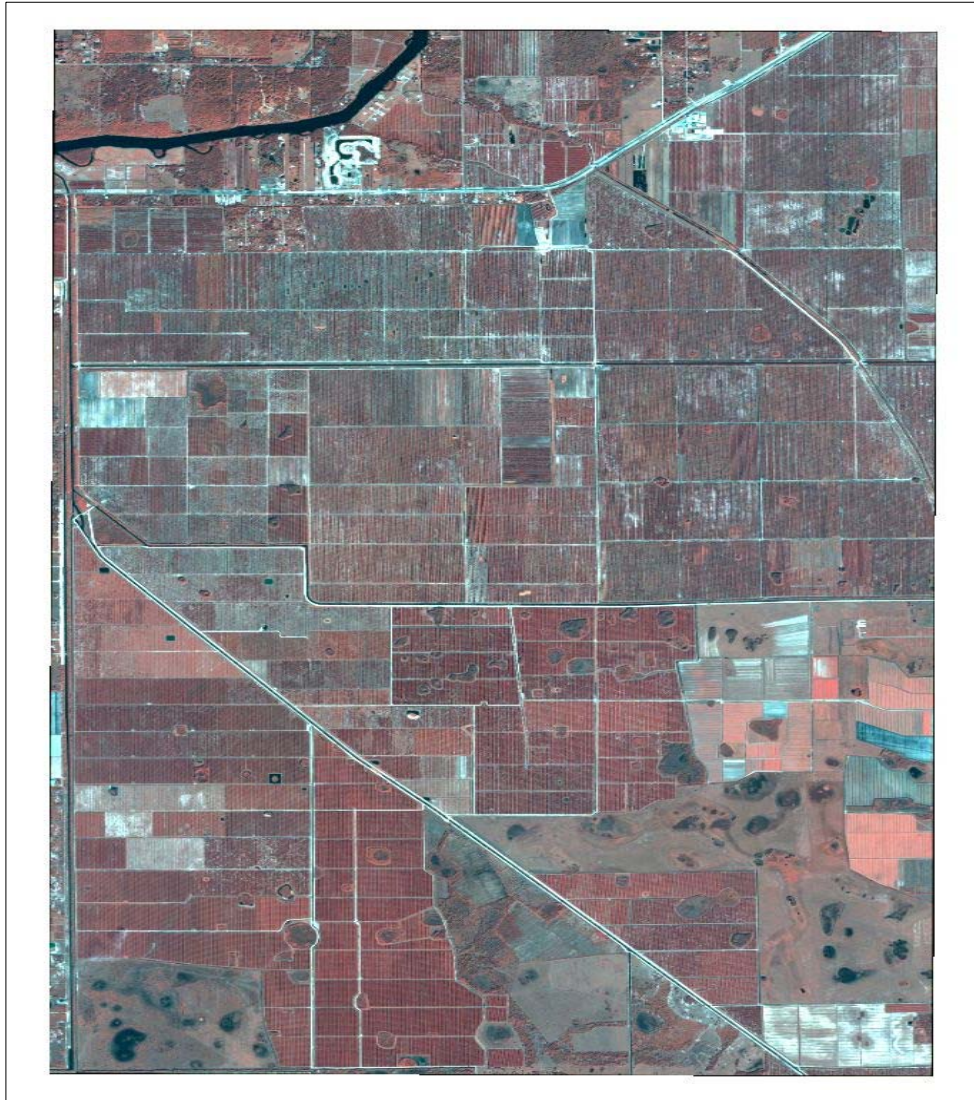
## (2) 장비 및 이용현황

- 먼저 연구를 위해 사용된 고해상도 위성인 Quickbird(퀵버드)의 특징 및 기능에 대해서 살펴보면 다음과 같다.
- NASS의 플로리다지역 오렌지 재배지역의 식수과약을 위한 very high resolution 방법은 기본적으로 Quickbird 위성의 이미지데이터를 이용하였다. 앞서 설명한바와 같이 Quickbird 위성은 0.6~

2.4m의 고해상도 위성으로 다음과 같은 특징과 성능을 가지고 있다.

- 2001년 10월 18일 미국 DigitalGlobe사에서는 QuickBird-2 위성을 발사하는데 성공하였으며, 2002년 2월부터 위성영상을 공식 수신하고 있다.
- QuickBird-2 위성데이터는 Pan의 경우 직하영상은 0.61m, 30도 각도에서는 0.73m의 공간해상도를 갖는 영상을 얻을 수 있으며, 다중분광영상은 직하 2.44m, 30도 각도에서는 2.9m의 공간해상도를 갖는 영상을 얻을 수 있다.
- 이 두 가지의 영상의 표준은 Pan은 70cm, 다중분광영상은 3m로 각각 생산되고 있다.
- 재방문 시간은 위도에 따라 다르며, 보통 1~3.5일 정도이다. 관측 폭은 16.5km×16.5km 이며, 현재 상용위성영상 중 최고의 해상도를 자랑한다.
- 이러한 특징을 가진 Quickbird 위성에 의해 촬영된 플로리다 지역의 오렌지 농장에 대한 2002년 현지 촬영영상을 보면 아래와 같다.

<그림 27> 2002년 12월 Quickbird에 의한 연구지역 촬영영상

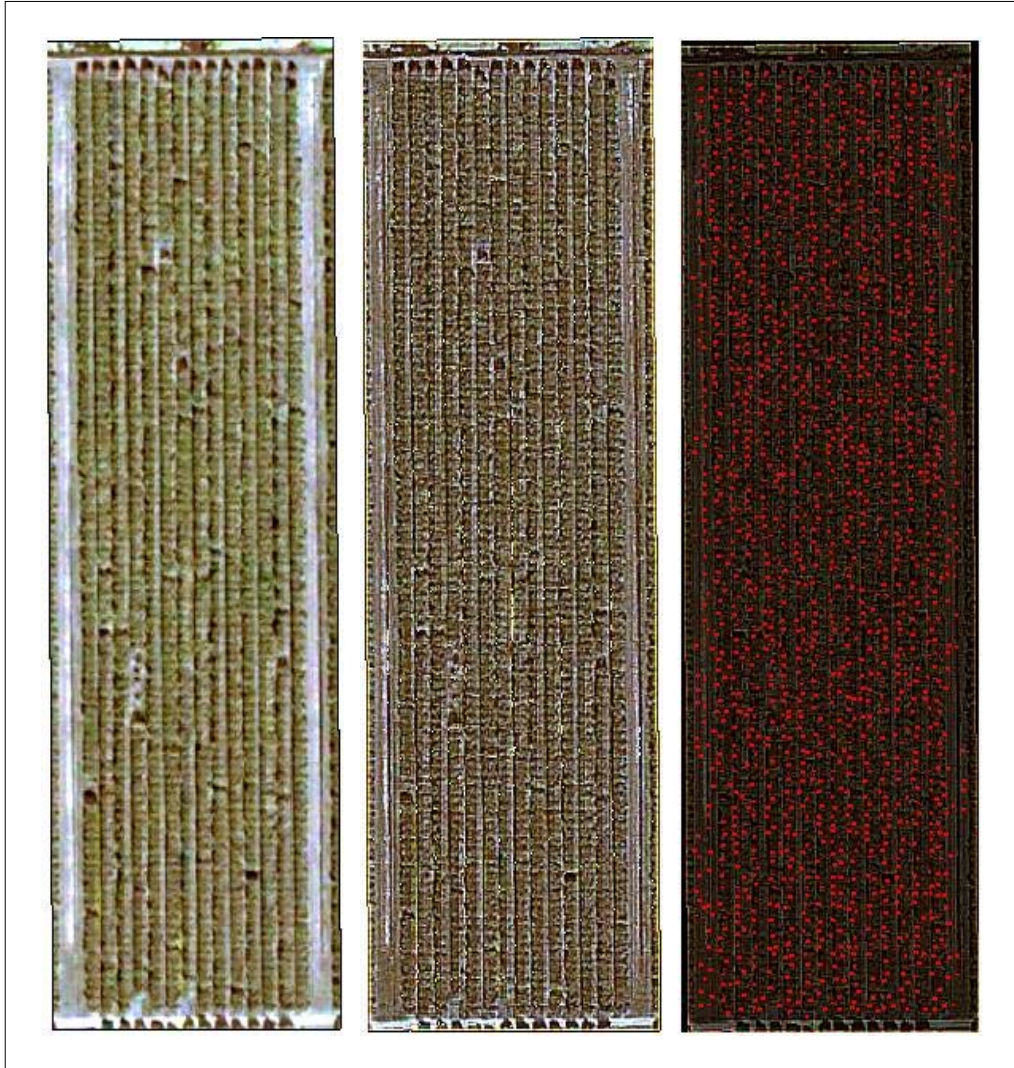


- Quickbird 위성이미지 데이터를 이용한 플로리다 지역의 식수과 약의 방법을 그 사용 소프트웨어를 기준으로 알아보면 아래와 같이 요약할 수 있다.



- Quickbird 위성이미지 데이터와 연관하여 사용이 가능한 소프트웨어는 싱가포르대학의 연구기관인 CRISP의 이름 그대로를 딴 CRISP프로그램과, ERDAS사의 Imagine, ESRI사의 Arc/Info, ArcView 등이 있다. 그중에서 본 연구에서 이용된 방법을 정리하여 알아보면 다음과 같음.
- 식수의 추정방법론으로 크게 NASS 내부에서 개발된 식수추정방법론과 싱가포르대학(university of singapore)의 CRISP(Centre for Remote Imagin, Sensing Processing)에 의한 방법이 있다.
- 먼저 CRISP프로그램은 식수의 추정을 위해서 사용된 프로그램으로 원래 싱가포르의 야자수의 식수추정을 위해 개발된 프로그램이다.
- 싱가포르대학(university of singapore)의 CRISP(Centre for Remote Imagin, Sensing Processing)에 의한 CRISP 프로그램에 의한 식수과악방법의 과정을 보면 다음과 같다.
- 먼저 첫 번째 나타나 있는 기본 위성 이미지이다. 가운데에 있는 이미지는 CRISP에 의해 High pass filtering을 거친 이미지이다. 맨 오른쪽에 있는 이미지는 CRISP의 결과물로써 분석지역 내의 식수가 1,470수라는 사실을 나타내고 있다. 이는 재배자의 보고에 의한 실제 식수인 1,498수와 2% 오차범위 내에 있는 것으로 그 정확성이 상당히 높다고 할 수 있다.

<그림 28> CRISP의 High pass filtering

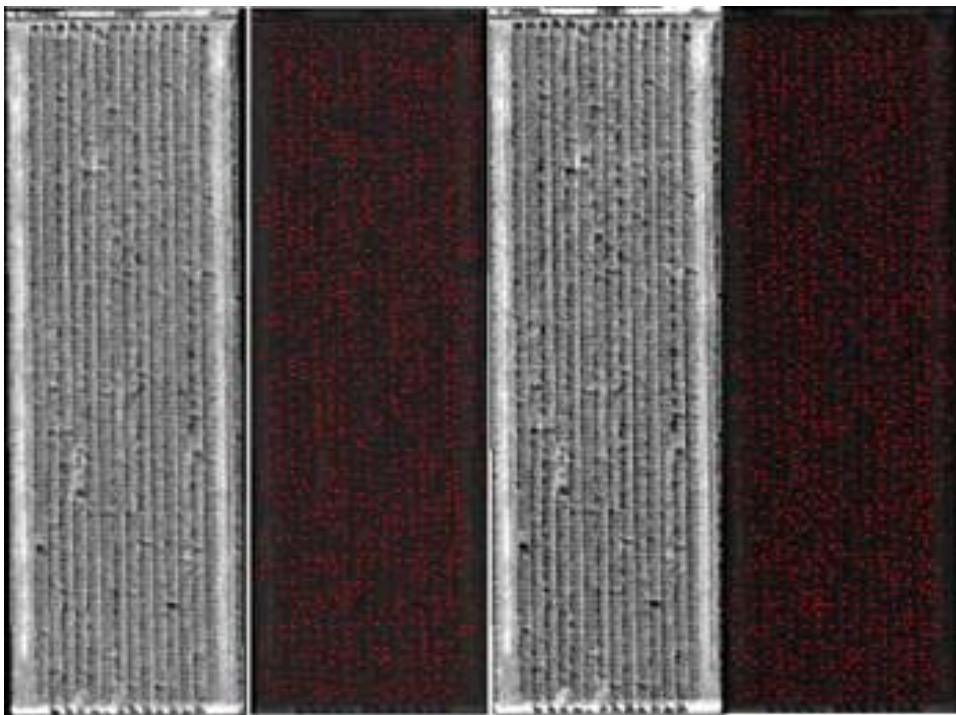


- 아래의 그림은 식수파악 프로그램인 CRISP를 이용한 식수파악방법의 실례로 그림의 왼쪽 첫 번째 이미지는 Band1(blue : 0.450~0.520  $\mu\text{m}$ )에 의해 촬영된 이미지데이터이고 다음 그림은 이를 바탕으로 CRISP에 의해 1309수로 파악된 결과를 나타내는 이미지

이다.

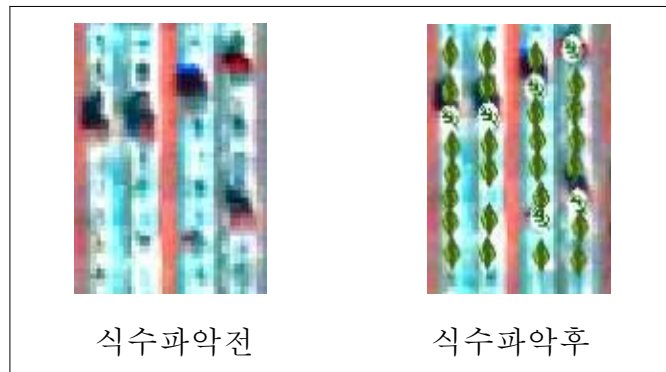
- 세번째 이미지는 Band2(green : 0.520~0.600 $\mu$ m)에 의해 촬영된 이미지데이터이며, 마지막 이미지에서는 이를 CRISP로 1324수로 파악된 결과를 나타내는 이미지이다.

<그림 29> CRISP를 이용한 식수파악 방법



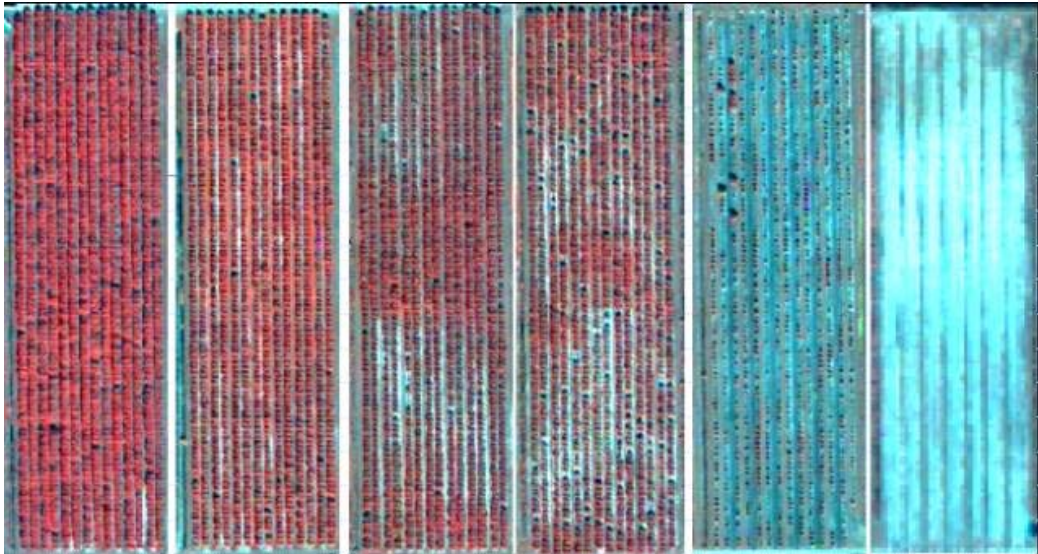
- 아래그림은 EARDAS사에서 2003년 초에 개발된 프로그램인 Imagine version 8.6을 이용한 오렌지 나무의 식수파악 방법을 나타내는 이미지이다.

<그림 30> ERDAS Imagine를 이용한  
식수추정방법



- 아래의 그림은 QuickBird위성의 very high spatial resolution과 ERADAS사의 Imagine 소프트웨어를 이용한 오렌지나무의 수령 추정을 위한 과정에서 나타난 결과를 나타내는 이미지 데이터이다.
- 나무의 크기 및 가지의 넓이를 바탕으로 multi-spectral bands의 이미지 데이터를 가공하여 오렌지 나무의 수령을 추정한다. 이러한 과정을 거쳐 아래의 그림은 오른쪽으로 갈수록 금방 심어졌거나 다시 심어진 지역의 어린 나무임을 나타내고 왼쪽으로 갈수록 수령이 오래된 나무의 특징을 나타내는 이미지이다.

<그림 31> ERADAS사 Imagine을 이용한 오렌지나무의 수령추정



### (3) 연구의 결과 및 시사점

- CRISP 소프트웨어는 QuickBird와 같은 고해상도 위성데이터를 이용하여 자동으로 오렌지의 식수를 파악하기 위한 중요한 수단이라 볼 수 있다. 그 이유는 high pass filtering을 통해서 식수파악시의 평균 downward bias를 1~14% 범위내로 줄일 수 있기 때문이다. 앞으로 이러한 장비와 추정방법을 이용하여 여러 과실에 대하여서도 그 노하우가 적용이 될 필요성이 있음.
- 넓은 지역에 이와 같은 방식을 적용하려 한다면 첫 번째로 Landsat과 같은 중급의 해상도를 가진 위성의 이미지데이터를 이용하여 주요 재배지역을 파악하고 그 재배면적을 파악한 이후 샘플지역을 선정하여 QuickBird와 같은 고해상도 위성데이터를 사

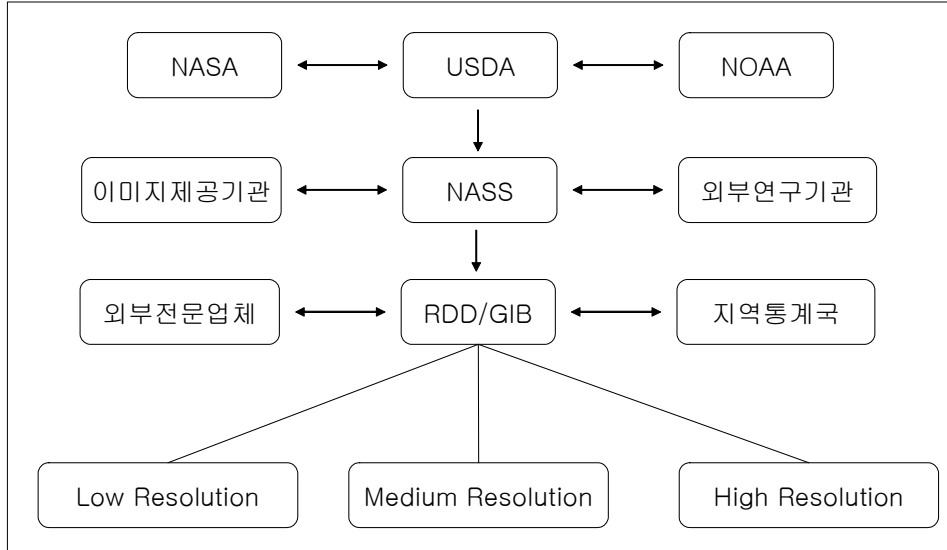
용하는 것이 좋은 활용방법이 된다.

- 또한 이렇게 선정이 된 주요지역에 대하여서는 CRISP와 같은 전문 프로그램과 통계적 추정방법을 이용하여 추정하는 것이 오차를 줄이는 바람직한 길이다.
- 이러한 시험연구를 통해서 다른 오렌지 재배지역이나 재배가능지역이나 타 작목에 대한 QuickBird위성이미지 데이터를 이용한 식수의 파악에 상당한 시사점을 준다고 할 수 있다.

#### 4. 미국 사례분석의 요약 및 시사점

- 원격탐사기술을 이용한 미국의 농업통계생산체계는 다음과 같이 요약된다.
- 기본적으로 미국의 농업부문 우주항공기술을 이용한 통계작성은 USDA의 책임 하에서 NASA(Nation Aeronautics and Space Administrator)와 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)의 협조 하에서 USDA 산하의 NASS가 주요 업무를 수행하고 있다.

<그림 32> 원격탐사를 이용한 미국의 농업통계생산 체계



- NASS는 USDA의 USGS(US Geological Survey) 산하의 기관인 EDC(EROS Data Center)과 FAS(Foreign Agricultural Service), FSA(Farm Service Agency)등을 통해서 이미지를 제공 받고 있으며, 오하이오대학 일리노이즈대학과 우주항공기술의 농업분야 적용을 위한 연구교류를 하고 있다. 또한 NASS 내에서는 산하의 RDD(Research and Development Division)를 통해 우주항공기술의 농업부분의 적용을 위한 연구 활동을 하면서 RDD 산하 GIB(Geospatial Information Branch)를 통해서 우주항공기술을 이용한 지리정보를 이용한 농업통계 작성을 위한 업무를 하고 있음.
- 이 과정에서 GIB에서는 외부의 소프트웨어 개발업체등과 같은 외

부 전문업체와 협조함은 물론이고, 각 해당 지역의 통계국과 서로 긴밀한 협조를 하여 우주항공기술을 이용한 지리정보를 농업 통계화 하고 있다.

- 미국 NASS에서 원격탐사기술을 이용한 통계생산 담당팀의 인력 구성을 살펴보면 GIB에 branch chief 1명, section chief 2명, 직원 41명, contractor 1명이 근무중이며 각각의 세분해 살펴보면 AFS(Area Frame Section)에 section chief 1명 직원 31명, SARS(Spatial Analysis Research Section)에 section chief 1명 직원 9명, contractor 1명이 근무한다.
- 국내에서도 미국 NASS의 통계생산체계를 참고하여 관련기관간의 긴밀한 네트워크를 구축하고 효율적으로 인공위성 정보 및 관련 기술의 취득을 통해 농업통계를 산출해야 할 것이다.
- 원격탐사기술을 이용한 미국의 통계산출 프로그램은 토지이용 및 경지조사(area sampling frame construction), 작물재배면적조사(crop area estimation), 작황조사(crop condition assessment), 수확량예측분석(crop yield forecasting and estimation)으로 정리된다.
- 이러한 프로그램의 수행을 위해 활용되는 위성영상의 종류 및 응용분야는 다음과 같다.



<표 30> NASS의 이용영상의 종류 및 응용분야

비 목	이용영상	이용분야
NOAA (16/17)	NOAA AVHRR 이미지	작황분석, 재해피해지역 관측 (가뭄, 홍수, 병충해).
LANDSAT (4/5/7)	LANDSAT-TM 이미지 LANDSAT-ETM 이미지	작물재배면적추정, 토지이용 및 경지조사.
외국위성	SPOT-VEG 이미지 인도 IRS 이미지	데이터 취득시 보완데이터로 활용.
QUICKBIRD (2)	QUICKBIRD 이미지	식수과약 및 건강상태분석, 수확량조사.

- 인공위성자료를 이용한 통계산출방법은 다음과 같이 요약된다.
  - NOAA AVHRR 센서 이미지데이터를 이용한 작황추정에는 식물의 광합성작용에 의한 활력도를 이용하여 작물의 생육상태에 대한 기준값인 NDVI 지수를 이용한다. 즉, -1에서 +1까지의 범위 내에서 그 값이 높을수록 식생의 생육상태가 좋다고 보고 그 값이 낮을수록 생육상태가 양호하지 못한 것으로 판단한다. RATIO 방식은 특정기간(올해)의 NDVI 지수값에 대한 이전 기간(전년)의 NDVI 지수값에 대한 비율(ratio)로 생육상태 및 작황을 나타낸다.
  - Landsat-5의 TM(Thematic Mapper)센서, Landsat-7의 ETM+(Enhanced Thematic Mapper)센서의 이미지 데이터를 이용한 재배면적의 추정에는 regression, pixel ratio, direct expansion이 있다. 이중에서 1970년대 초부터 개발되기 시작한

통계조사요원에 의해서 실제 조사된 데이터와 인공위성사진에 의한 데이터를 동시에 이용하는 통계적 추정방법인 Regression Estimator 방법이 주로 이용되고 있다.

- DigitalGlobe사에서는 QuickBird-2 위성 이미지를 이용한 식수의 추정방법론으로 크게 NASS 내부에서 개발된 식수추정방법론과 싱가포르대학(university of singapore)의 CRISP(Centre for Remote Imagin, Sensing Processing)에 의한 방법이 있다.
- 통계산출의 위한 주요 장비 및 S/W로는 이미지 처리 패키지 프로그램인 PEDITOR를 자체적으로 개발하여 이용하고 있음. 고 사양의 데스크 탑 PC에 윈도우NT, 2000, XP 등의 OS를 탑재, 분석하며 expert system과 automation batch과정을 지원하여 clustering, classification, mosaicing, estimation이 자동으로 모두 가능함.
- 원격탐사기술을 이용한 미국의 농업통계산출의 핵심 부분인 Area Sampling Frame의 선정 및 구분 메커니즘, 조사통계와 위성자료를 병합하는 방법론(Regression Estimator 등), CDL의 통계보급 체계, PEDITOR 시스템에 대한 해부 및 국내도입의 방안이 지속적으로 연구되어야 할 것으로 판단된다.
- 미국의 경우 1978년 처음으로 아이오하주에 대한 작물재배면적 추정이 인공위성자료를 활용하여 이루어 졌으며 현재는 9개 주에 대해서 응용되고 있다. 비용상의 문제(위성이미지 구입비 및 이미

지가공비, 통계적 추정비용)로 모든 지역에서 시행되고 있지는 않다. 대상작목은 처음으로 옥수수, 콩, 밀의 재배면적추정에 사용되기 시작했으며 면, 벼, 사탕수수의 재배면적 추정으로 확대되었다.

- 이러한 작목의 결정은 기본적으로 해당주의 CDL 참여여부에 달려있으며 재배량이 많은 주작목을 위주로 활용을 넓혀가고 있다. 국내의 농업통계생산에 있어서도 이러한 점을 고려하여 원격탐사 기술을 도입해야 할 것이다.
- 위성영상을 통한 작부면적추정의 정확성은 CDL을 기준으로 Classification accuracy가 보통 85%에서 95% 사이로 제시하고 있다.
- CDL 프로그램으로 생성된 지리정보는 여러 분야에서 유용하게 사용되고 있다. 주정부는 NASS와 연계함으로써 많은 예산을 절감하고 있으며 앞으로 더 많은 주가 프로그램에 참가하고 더 많은 사람들이 CDL 프로그램으로 생성된 데이터를 이용할수록 그 평균비용은 더 낮아지고 편익은 증가할 것으로 전망이 된다.
- 1970년대는 연구비용과 computer processing 비용이 CDL예산의 대부분을 차지하였다. 처음 full state project(시범연구)가 일리노이즈에 대해서 1975년에 시행이 되었고 그 비용은 \$750,000(약 82,500만원)이었다. 최초의 CDL프로그램이 1978년 아이오와주를

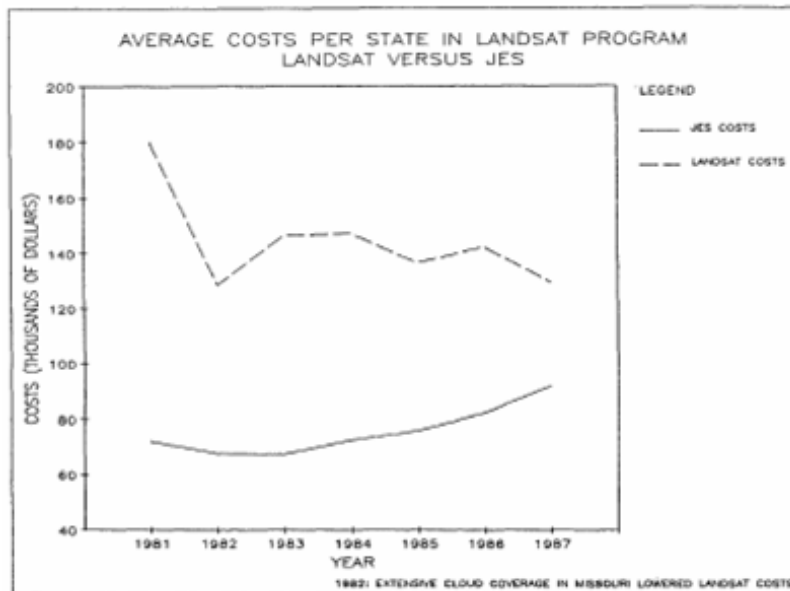
대상으로 실시되었으며 processing application cost는 \$300,000 (약 33,000만원)이었고 아이오와주 전지역의 LANDSAT MSS센서 데이터(60-80m 해상도, 4개의 spectral band)가 활용되었다.

<표 31> CDL의 주단위 부분별 주요비용

비 목	DATA	Data Processing	Labor	총계
1983년	\$60,000 (약 6,600만원)	\$100,000 (약 11,000만원)	\$83,000 (약 9,130만원)	\$243,000 (약 26,730만원)
2000년	\$10,000 (약 1,100만원)	\$8,000 (약 880만원)	\$50,000 (약 5,500만원)	\$68,000 (약 7,480만원)

주) 1983년도 비용은 2000년 기준으로 환산된 비용임.  
환율은 1,100/\$로 계산하였음.

<그림 33> JES와 LANDSAT의 통계산출비용 비교



- 1980년대로 접어들면서 CDL 참가주가 8개가 되었으며 평균 총비용은 주당 \$150,000(약 16,500만원)이며 2000년 환산 \$250,000(약 27,500만원)이었다. 주된 비용은 분석비용과 인건비이며 위성 데이터의 비용은 scene당 \$300(약 33만원)로 비교적 작은 부분이었다.
- 1990년대의 경우 초반에 LANDSAT 4/5의 데이터가 정부구매가를 기준으로 scene당 \$4,400(약 484만원)의 최고가를 기록하기도 하였다. 1997년 NASS는 USDA의 FAS, FSA와 제휴하게 되면서 LANDSAT 7의 데이터 가격을 scene당 \$405(약 44만원)로 조정하였다. 1990년대 말에서 2000년대 초반까지 주당 CDLP 총비용은 \$75,000(8,250만원)수준이고, 이는 시간이 지날수록 또한 많은 주가 CDLP에 참여하게 될 수록 떨어질 전망이다.

## 제 5 장 유럽의 농업통계분야 항공우주기술 응용

### 1. 유럽의 Remote Sensing 농업부분 도입과 발전 배경

- 유럽공동체 위원회가 공통된 농업정책을 입안하고 수행하기 위해서는 농산물에 대한 시기적절하고 정확한 정보가 필요했다. 이것이 바로 MARS-project(Monitoring Agriculture through Remote Sensing techniques)의 주안점이라고 할 수 있다.
- MARS 프로젝트는 European Commission's Directorate General for Agriculture(DG VI)에 기술적이고 전문적인 양질의 농업정보를 제공하기위하여 시행된 장기프로젝트이다. MARS는 이탈리아의 이스프라에 소재하고 있는 유럽 연합 산하 JRC(Joint Research Center)가 추진한 주요 프로젝트중 하나라고 할 수 있다.
- 1988년 JRC-MARS는 원격탐사(Remote Sensing : RS)를 이용하여 지역별 작물 통계, 유럽연합 전체수준의 시기적절한 경지면적 추정, 그리고 수확량 예측을 위한 농업 기상 시뮬레이션에의 응용 등을 위해 시작되었다. 이 활동들은 현재 계속하여 진행 중이며 현재 유럽외 지역에까지도 그 반경을 넓혀가고 있다.

- MARS 프로젝트의 활동들은 MARS-STAT로 알려진 경작지 통계, 수확량 관측 및 공통의 농업 정책을 수행하기 위하여 제공되는 각종 농업 통계정보들의 관리등의 활동들을 그 주요 골자로 한다.
- MARS 프로젝트는 원격탐사를 통해 새롭고 혁신적인 기법을 농업 정보의 관측 및 분석에 적용, 발전시켜 왔다. 이 프로젝트는 다음의 네가지 주요활동으로 크게 나누어 볼 수 있다.
  - 측정에 있어서 오차의 방지 : 이 활동은 CAP(Common Agricultural Policy)이라는 대전제를 효율적으로 지지하기 위하여 MARS 프로젝트의 전 과정에서 오차를 최대한 제거하기 위한 활동을 말한다. 원격탐사의 운영에서부터 자료의 수집 및 검증과 현장 방문 조사에 이르기까지 모든 활동에 적용된다.
  - 작황 및 수확량 관측 : CGMS와 같은 농업기상모델에 의한 수확량 관측과 low resolution 원격탐사 방법 및 high resolution 자료를 이용한 경작지 정밀 측정이 현장조사결과와 함께 종합적으로 분석된다.
  - 특수 조사 : 효율적인 농업정책을 결정하고 수행하기 위하여 특정지역의 구체적이고 세부적인 정보가 신속하고 정확하게 제공되어진다.
  - 새로운 장비 및 방법론의 도입 : 새로운 장비 및 과학기술의 도입으로 정밀농업의 실현과 대규모 농업에의 정확한 적용 및 예측이 가능해야 한다.

## 2. MARS-project

- 이 장에서는 MCYFS (MARS Crop Yeild Forecasting System)의 배경이 되는 MARS에 대하여 서술한다. MCYFS는 유럽공동체 위원회(european commission)가 이미 1988년에 시작하여 현재 진행되고 있는 MARS-project의 중요한 시스템으로써 MCYFS와 같은 시스템들은 유럽연합이 공통의 농업정책(CAP)을 집행하고 평가하는 데에 있어서 매우 중요한 도구들로 사용되고 있다고 할 수 있다. 이 장에서는 CAP의 전반적인 개괄과 함께 MARS의 현재의 위상과 역사 및 운영 원리에 대하여 소개하고 있다.

### 가. 공통의 농업정책(CAP)

- 1960년 6월 유럽공동체는 유럽 각료 회의에 CAP에 대한 제안서를 제출하였다. 그로부터 6개월후, CAP수행에 대한 첫 번째 결의가 채택되었다. 1년후인 1962년 1월, 다음과 같은 원칙에 입각한 CAP의 전체적인 방침이 제정되었다.
  - 유럽연합내 단일의 농산물 시장
  - 유럽 공동체 우선 : 공동체 내의 농업인들의 경쟁력은 제 3국에 의해 위협되어선 아니된다.
  - 재정의 연대 : 발생하는 비용은 공동체의 재정으로 차입되며 수입은 공동체 소유 자원의 일부로 귀속된다.



- CAP는 가장 중요시 되는 공통의 정책이며 유럽 연합의 제도적인 시스템 내의 중심요소로 자리잡고 있다. CAP는 유럽연합내의 상품, 서비스, 자본 및 노동의 자유로운 이동을 보장해 줌을 기본원칙으로 제공하고 있다. 이로써 공동체내의 서로 다른 지역을 정치적·경제적으로 결집되게 해 준다.
- CAP 정책초기의 주안점은 농산물의 생산량을 증대시키는 것이었다. 그러나 이러한 접근은 곧 농산물 잉여량을 효율적으로 적절히 소비시키는데 한계점을 드러냈으며 이는 곧 생산량을 사전에 예측하여 이를 효율적으로 이용할 수 있도록 해 주는 새로운 도구의 개발과 발전을 가져왔다.

#### 나. THE MARS PROJECT 개발 배경

- 유럽 공동체 안에 있는 DG AGRI (Directorate General Agriculture of the EC)는 CAP 원칙의 수행 및 결과를 평가하고, EAGGF(European Agricultural Guarantee Guideline Fund)의 운영을 책임지고 있다. 연간 토지피복 변화와 생산량과 같은 토지이용 정보는 유럽연합의 EUROSTAT의 국가 통계 서비스를 통해 정기적으로 수집된다. 그러나 기존의 방식으로는 이러한 수많은 통계치의 수집, 편집 등과 같은 작업은 시간적으로 굉장히 비효율적이었다.

- 기존의 방식으로 이러한 통계치들은 경작기가 끝나고 나서 몇 달이나 지난 후에나 이용이 가능해지며 또한 유럽연합전체수준과 각 가입국 수준에서 이질적인 농업통계가 생산이 된다는 것이다. 이러한 문제점들은 유럽연합에서의 통계치의 수집, 비교 및 정보의 축적에 있어서 많은 어려움을 유발하였다.
- 이러한 문제점을 바탕으로 DG AGRI와 EUROSTAT의 보다 원활하고 효율적인 임무수행을 위해 유럽연합 각료회의에서는 1988년 9월 26일 흔히 MARS-project 로 불리는 10개년 통계 시스템 개발 프로젝트를 승인한다.
- 프로젝트의 주요 목표는 원격탐사 및 GIS와 같은 최신기술을 이용하여 토지사용현황과 경작지 및 유럽연합내의 다양한 작물의 규모 등의 통계정보를 시기적절하게 생산해 내는 방법론을 개발하는 것이었다. 처음 5개년동안 17개국의 대략 100여개의 기관이 이 프로젝트에 참여하였다.
- 이 프로젝트의 주요 수행 과제는 다음과 같다.
  - 토지사용과 용도변경에 대한 조사
  - 농산물 수확량에 대한 조사
  - 수확량 예측 : 이탈리아에 소재한 JRC 산하의 IPSC(Institute for the Protection and Security of the Citizen) 에 소속된 MARS unit 은 MARS 프로젝트의 실행에 실무적인 책임을 맡고 있으며 공식적으로 IRSA-JRC(Institute for Remote Sensing

Applications-JRC)와 SAI-JRC(Space Applications Institute -JRC)라고 명명된다.

- MARS unit은 MARS 프로젝트를 수행함에 있어 현재 다음과 같은 세가지 주요 활동을 시행하고 있다.
  - THE MARS-STAT는 유럽연합의 CAP를 지원해 주기 위한 활동으로써 기상분석, 작황 지수의 시뮬레이션에 의한 농업기상분석, 인공위성의 low-resolution, 경작지 측정을 위한 통계적 분석 방법등을 통하여 수확량 예측 및 농산물 총계 등의 정보를 제공.
  - THE MARS-FOOD 는 유럽의 식량 원조 및 식량안보 정책을 위해 인공위성 자료를 통해 작황 및 작황지수에 관한 정보를 획득하고 시뮬레이션에 의한 농업기상자료 분석을 통하여 예상 수확량의 예측치 등을 제공.
  - THE MARS-CAP은 인공위성의 high-resolution 데이터와 항공사진등의 자료를 통하여 토지구역의 일체화를 실현함으로써 유럽연합의 정책을 입안하거나 정책을 평가하는데 도움을 주는 활동.
- MARS 는 그 다양한 임무나 내용에 따라 그 명칭을 종종 바뀌었다. 아래의 표를 참고하면 MARS의 활동 내용과 시기별 명칭 및 운영단계별 구분을 확인할 수 있다.

<표 32> MARS project의 1차 및 2차 기간

운영 내용	MARS project, first phase, 1988-1993	MARS project, second phase, 1994-1998	MARS project, operational phase
지역별 경작지 측정	Action 1	Activity A	-
작물 성장 조건 및 수확량 예측	Action 2	Activity C	MARS-STAT/ MARS-FOOD
수확량 예측 모델	Action 3	Activity C	MARS-STAT/ MARS-FOOD
경작면적 및 수확량의 신속한 측정	Action 4	Activity B	-
진보된 농업 정보 시스템	Action 5	Activity C	MARS-STAT/ MARS-CAP
현장조사관련 토지구획 샘플링	Action 6	Support Activity	MARS-STAT/ MARS-CAP
장기 연구 활동	Action 7	Activity E	MARS-CAP/ MARD-FOOD/ MARS-CAP
외국 농산물 생산	-	Activity D	MARS_FOOD/ MARS-STAT

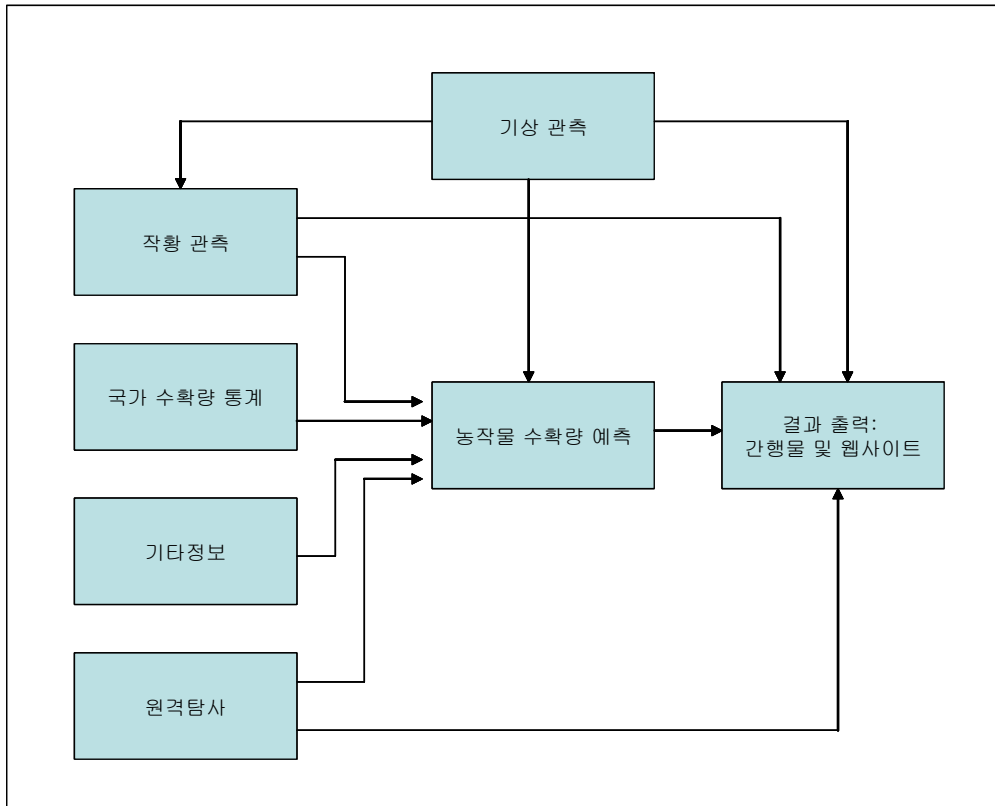
#### 다. THE MARS PROJECT의 주요활동

- 1차 기간(1988-1993)동안 작황 조사와 수확량 예측이란 두 가지 테마를 중심으로 MARS 프로젝트가 추진되었다. Action2는 NOAA-AVHRR 기상위성으로부터 관측된 자료를 통해 유럽의 전지역에 걸쳐 작물의 생육 상황을 관측하고 과도한 생육의 발달이 관측되거나 할때 미리 위험을 인지시켜 주는 기능을 한다.
- 인공위성의 자료 중 가장 많이 이용되는 자료는 식생지수(vegetation indices)이다. 이 지수들(indices)은 식물의 성장에 대한 질적 지수로 응용이 되어 결과적으로 수확량을 예측하는데 응용 되고 있다.
- Action3는 농업 기상 모델과 지상 현지 조사등을 통한 지표면 관측자료를 기초로 운영된다. 이 활동은 작황에 미치는 날씨의 영향과 국가별 혹은 광역별의 수확량의 조기 측정을 위해 날씨와 작황을 관측하는 것을 주요 활동으로 한다. 이 시스템은 날씨와 토양의 수분이 작물의 성장에 미치는 영향과 그 결과를 계산하여 일반적인 수확량 통계치에만 근거한 일반적인 일·이차함수의 결과치에 비해 훨씬 정확한 예측이 가능하게 해준다.
- 이러한 결과들은 작물 성장 변수의 spatial variation의 지도상의 결과와 전년도 혹은 과거의 수년에 걸쳐 일어난 변수의 차이점들을 보여주게 된다. 결과 산출은 10일 간격으로 도출되며 작황이

나 성장에 있어서 변화가 인지될 경우 이러한 징후에 대해 원인이 규명되고 그에 대한 대책이 수립된다.

- 이러한 목적을 성취하기 위해 GIS와 농업기상작물성장 시뮬레이션 모델(agro-meteorological crop growth simulation model)인 WOFOST(World Food Studies crop growth model)를 결합시켜 수확량 예측 모델인 CGMS(Crop Growth Monitoring System)를 개발되었다. WOFOST와는 별도로 목초지 전용 시뮬레이션 S/W로 LINGA를 개발하여 운용중에 있다.
- CGMS는 MARS프로젝트의 1차 시기에 개발되었으며 프로젝트 2차 시기에서는 원격탐사 기술을 본격적으로 이용함으로써 좀더 정확하고 정교하게 발달되었다.
- 특별히 Action2와 Action3을 합쳐서 MCYFS(Mars Crop Yield Forecasting System)이라고 하며 MCYFS는 다음의 3단계로 나뉘어 진다.
  - 첫 번째 단계 : 기상자료의 수집, 품질 검사, 정보로서의 처리 및 분석.
  - 두 번째 단계 : WOFOST나 LINGA와 같은 CGMS 소프트웨어를 통한 시뮬레이션.
  - 세 번째 단계 : 관측소 및 농업관측소 그리고 원격탐사를 통하여 수집된 지표들의 연관성 분석을 통한 시계열 분석.

<그림 34> MCYFS 주요 구성요소의 조직도



- Action4과 Action6의 주요 목적은 유럽연합내의 주요 작목에 대하여 전년도와 비교하여 변화된 경작지의 신속한 측정을 목적으로 한다. 13개 국가의 60개 지역이 관측지역(40×40km)으로 선정되며 농경지 분류를 용이하게 하기 위하여 관찰지역은 SPOT위성의 high resolution의 최종 이미지와 일치하는 지역으로 선정된다.
- 각 지역에서는 또다시 16구역(1.4×1.4km)이 선택된다. SPOT의 이미지와 Landsat-TM 센서는 선택된 관찰 지역을 분류하는데 이

용된다. 인공위성 이미지는 사진 분석과 현장 조사를 통해서 분류된 각 그룹으로 연결되며 결과적으로 관측지역의 경작지를 측정할 수 있게 해준다. 표본 관측지역 내에서 측정된 경작지의 변화는 유럽지역 전역의 변화량으로 추정된다. 추가적인 방법으로 농가에 수확량, 파종일자 및 각종 경작 방법 등을 직접 설문하는 방법도 동시에 이용된다.

<표 33> MCYFS의 발전과정

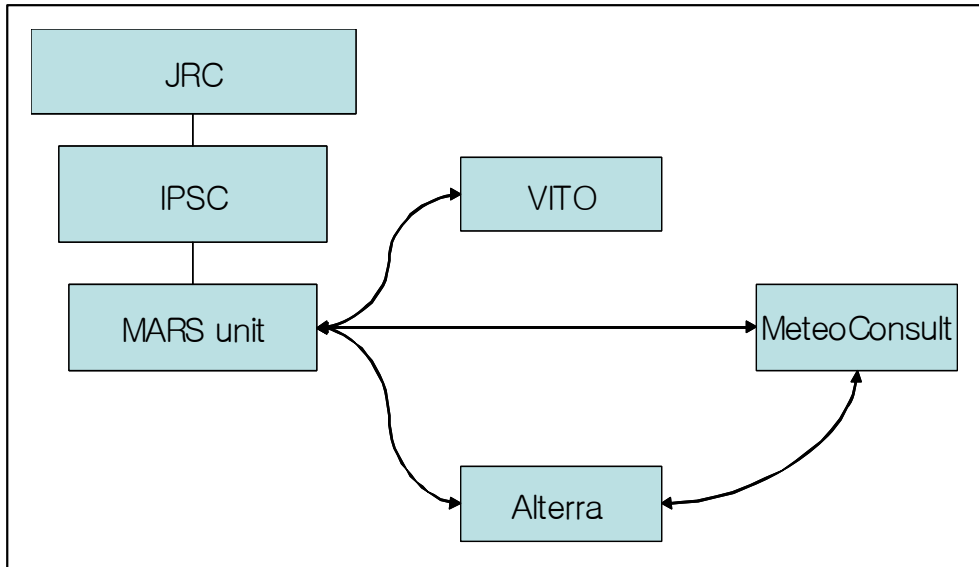
연도	주요 활동
1992	유럽연합 12개국대상 첫 실험 출력
1993	MARS bulletin 첫 발간
1995	새로운 참가국들로의 확대 실시
1996	MARS bulletin의 정기 간행
1997/1998	러시아, 북아프리카 및 터키 지역으로 확대 실시
1999	PC로 CGMS 운영
1999	CNDVI 분석의 도입
2000	새로운 CGMS level 3
2000	운영의 아웃소싱
2000	분석에 식생(vegetation)의 도입
2001	DG-AGRI에 의해 공식 모델로 채택됨
2002	EUROSTAT에 의해 공식농업기상정보시스템으로 채택

## 라. MARS project의 오늘



- MCYFS는 유럽 연합 의회의 『On the application of area frame survey and remote sensing techniques to the agricultural statistics for 1999 to 2003』결의문에 따라 본격적인 실행단계에 들어갔다. MCYFS의 운영은 2000년 중반부터 MARSOP (MARS-Operational) project로부터 차관하여 운영되었다.
- 하지만 대부분의 실질적 조사 및 분석 활동들은 공기업이나 타 연구소로 아웃소싱되어 수행되고 있으며 JRC의 MARS unit은 기술개발(R&D), 아웃소싱된 활동들의 관리 감독 및 수확량 예측이나 각종 정보를 종합한 정기간행물(bulletin)의 편찬 활동만을 하고 있다.
- 네덜란드의 Alterra, Wageningen 사는 MARSOP project의 아웃소싱 컨소시엄에 참여하고 있다. 컨소시엄 내에서 네덜란드의 환경관련 회사인 MeteoConsult는 매일 날씨 기록을 수집하고 처리한다. 일정기간, VITO는 low resolution remote sensing method를 NDVI 등으로 추정하는데 응용 분석하는 역할을 맡고 있다. Alterra는 매 10일을 주기로 농업 기상 모델인 WOPOST에 기초한 CGMS를 운영하고 있다.

<그림 35> 원격탐사를 이용한 유럽의 농업통계생산 체계



- MCYFS(Action2와 Action3)의 운영비용은 타 MARS-project에 비교하여 볼 때 매우 저렴한 편이다. 유럽연합과 동유럽 및 북아프리카 전지역에 대하여 연간 대략 500KEuro가 소비될 뿐이다. 이에 반하여, 지표측정(Action4와 Action6)에 드는 비용은 유럽연합 지역만 연간 2000KEuro가 대략 소비된다.

### 3. MARS-STAT

- MARS-STAT는 새로운 도구, 특히 인공위성을 이용한 원격탐사를 통하여 유럽 농업 통계에 있어 보다 향상되고 일치하는 정보를 생산하고 제공하는데 그 목적을 둔다. 그리고 그 결과는 통합

된 농업 정보 시스템에 의하여 정기 작황 보고서로 제공된다. 보고서는 작황과 예상 수확량에 관한 통계정보를 조기에 DG VI와 EUROSTAT에 제공하고 있다.

- 유럽 연합국들은 이 프로젝트의 운영과 관측활동에 함께 동참하고 있으며, 정기적으로 프로젝트의 현황에 대하여 보고를 받게된다. JRC에는 이 프로젝트 부분에 25명의 전문인력(전문가 20명, 박사 3명, 행정담당관 2명)을 배정하고 있지만 대부분의 작업은 공기업이나 연구소 및 유럽연합국의 각 행정부로부터 이루어지고 있다.
- 이 프로젝트는 다음 목적에 기초한 많은 기술적 연구를 수행하고 있다.
  - 지역별 토지현황
  - 작물 성장 환경과 수확량 지표에 관한 관측
  - 수확량 예측 모델
  - 유럽전체 수준에서의 잠재적 수확량과 작물 경작지 면적의 신속한 측정.
  - 지역 조사 시스템

#### 가. 지역별 토지 현황 조사(ACTION 1)

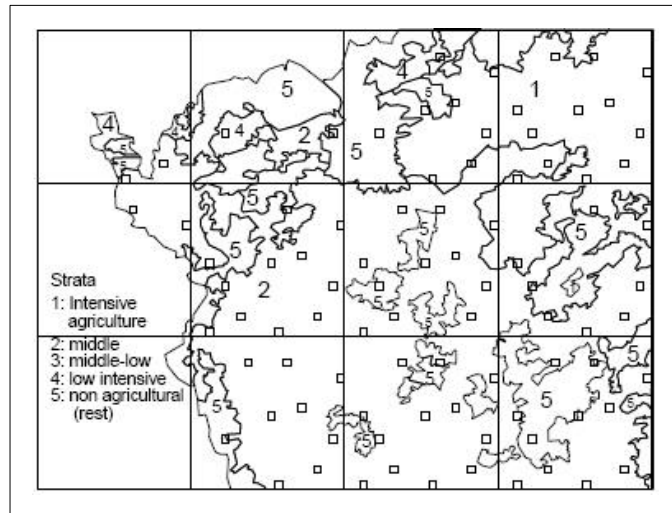
- 지역별 토지 이용 현황의 통계에 있어서 원격탐사는 매우 다양한 방법으로 이용된다. 가장 많이 알려진 것은 지표를 물리적이고

향구적인 경계선을 따라서 토지 구획을 이용되는 목적별로 계열화하고 구성하는데 사용되는 것이다. 실제로, 현장의 토지 구획의 단위조차도 원격탐사의 이미지에 바탕하고 있다.

- 지역별 토지현황조사활동(이하 Action 1)의 목적은 주요작물에 대하여 각 지역별로 경작지에 관한 정확하고 객관적인 정보에 대한 요구를 충족시키기 위한 활동이다. 전지역에 대해 촬영한 SPOT이나 LANDSAT위성의 이미지를 보다 객관적으로 해석하기 위해 표본 현장조사를 함께 실시하고 있다. 주로 사용되는 이미지는 Landsat-TM과 SPOT-XS의 고해상도 영상이다.
- 원격 탐사 이미지는 토지이용도에 대한 통계조사를 위한 목적으로 토지구획을 나누고 표본지역을 설정하는데 사용된다. 원격탐사 이미지를 이용해 이전의 현장조사에선 불가능했던 최적의 샘플지역을 디자인 할 수 있다. 위성 이미지는 토지이용에 대한 통계작업에 매우 유용하게 이용될 수 있는 자료로서 특히 공간 변수에 대한 예측 변수의 추정에는 중요한 바탕자료로 이용 될 수 있다.
- 인공위성자료는 일차적으로 샘플링 전에 토지의 피복을 이용목적별로 계열화하는데 이용된다. 계열화는 보통 사진 판독을 통하여 5가지에서 10가지 정도의 계열로 분류된다. 다음 그림은 Landsat-TM센서를 이용하여 촬영된 체코 지역의 이미지를 계열화 하고 샘플링 작업까지 한 지도의 간단한 예를 보여주고 있다.

샘플링은 각 계열별 토지구획 내에서 유사한 양상이 나타나는 범위에 맞게 일정 비율로 정해 진다.

<그림 36> 체코 공화국의 샘플지역 예



- 토지가 비교적 복잡하게 구성되어 있지 않은 경우에 위성영상을 이용한 이용 피복 분류는 보통 70% 이상의 정확성을 나타내 주고 있다.
- 또한 원격 탐사 영상은 통계의 정확성을 높이기 위한 보조 자료로서 이용되기도 한다. 인공위성 자료와 현장조사 결과를 연계 분석하기 위해서는 회귀모형을 이용하여 분석한다. 특히 작물구성비율이 연간 급격히 변화할 때 이 분석결과는 매우 정확하고 완성도 높은 정보를 제공해 줄 수 있다. 각국의 관련 농업국이나 통계국이 현장조사활동의 주요 업무를 수행해 주고 있으며

MARS 프로젝트는 기술적인 지원을 담당하고 있다.

- 지역별 토지 이용 조사에 있어서 원격 탐사이용의 비용효율성 문제는 꾸준히 논의 되고 있으나, 실제 비용은 지표를 얼마나 분류하느냐 혹은 기상상태는 어떤가와 같은 많은 변수에 따라 달라질 수 있다.
- 지역별 토지 이용 조사에 위성 영상을 이용하는 것은 실제 현장 방문만으로 추산되는 통계치보다 훨씬 정확한 결과를 가져다 준다. 비용 효율성을 계산할 때는 이러한 통계적 정확성의 향상을 고려하여야 한다.
- 최근의 위성영상의 판독에 관한 컴퓨터 기술의 발전과 인공위성 센서의 보편화 등으로 인하여 그 비용은 차후 감소해 갈 것으로 사료된다.

#### 나. 수확량 예측(ACTION 2 & ACTION 3)

- 작물 성장 환경과 수확량 지표에 관한 관측의 목적은 기상관측 위성을 사용하여 주요작물에 대하여 성장 환경과 각종 지표들을 신속하고 정확하게 제공하는데 있다. 기초적인 정보는 NOAA 기상위성의 AVHRR센서와 SPOT-VGT의 저해상도 이미지로부터 획득한다.

- 인공위성자료의 처리 과정에서 식생지수(vegetation index)와 지표면 온도(surface temperature)의 두가지 지표가 생성된다. 이러한 지수들은 식생과 작물의 성장에 밀접한 관련을 가지기 때문에 관측된 지수들은 전년도에 관측되었던 지수들과 공간적, 시간적 속성에 비추어 비교하여지며 작물의 상대적인 수확량 수준을 가늠해 볼 수 있게 하여 준다.
- 수확량 예측 모델활동의 주안점은 유럽연합의 주요작물에 대한 시기적절한 성장 관측 및 수확량 예측방법의 개발, 테스트 및 운영에 있다. 수확량의 예측값은 1990~1993년에 개발된 CGMS로부터 분석되어진다. CGMS는 1994년부터 JRC에서 운영이 되기 시작하였으며 10일을 주기로 전 유럽에 걸쳐 지역별로 농작물의 질적 성장 관측활동 및 국가별 수확량 예측(NUTS-0) 및 지역별 수확량 예측(NUTS-1)활동을 수행하여 왔다.
- CGMS에서 10일을 주기로 관측된 자료는 당기의 장기 평균과 비교하여 차이점을 조사하게 된다. CGMS를 통한 수확량 예측 분석 그 자체에는 GIS가 필요 없지만, 분석결과를 도식화 하는데는 GIS가 유용하게 이용된다. GIS를 통하여 정보가 구축되면 토양, 날씨, 작물 통계등의 각종 정보들이 작물별로 혹은 지역별로 알기 쉽게 도식화 된다. CGMS의 주요활동은 다음의 세가지로 크게 분류해 볼 수 있다.
  - 경작기에 지도화(mapping)된 작물품질지수들의 산출
  - 위험의 예측 및 경고

- 예상수확량의 산출

- Action2와 Action3에 해당하는 수확량 예측활동은 MARS-project의 핵심이 되는 활동으로서 MCYFS라는 체계적인 시스템으로 운영되고 있다.

**다. 경작면적 변화의 신속한 측정(ACTION 4)**

- MARS-STAT 활동 중 경작면적 변화의 신속한 측정(이하 Action4)은 유럽내 주요 작물별로 경작지 측정에 대한 각종 통계적 정보들을 조기에 신속하게 제공해 주는 것을 주요 목표로 한다.
- 분석방법으로는 유럽연합내의 60개 관측지역 표본에 대한 고해상도 인공위성(LANDSAT-IRS/TM, SPOT-XS) 이미지를 해석하여 각기 다른 지역의 이미지로부터 원하는 정보를 추출해내는 방식을 사용한다.
- Action 4의 활동에 있어서 원격 영상은 고해상도를 이용하기 때문에 유럽 전체 지역을 위성영상으로 관측하는 것은 적절하지 않다. 따라서 유럽 전역에 걸쳐 60여개, 40km×40km 크기의 표본지역이 선정되었다. 이 크기는 SPOT이미지를 가장 효율적으로 적용할 수 있게 해준다.



<그림 37> Action 4의 60개 표본지역



- 농경지가 아닌 일반 토지의 피복변화를 파악하기 위해서는 단 한 장의 영상이면 충분하지만 농지의 표본지역의 연구를 위하여 경작기간 중 주요작물에 대하여 4장의 위성 영상이 취득된다.
- SPOT 이미지와 EURIMAGE는 이미지 distributor로써 영상의 전처리나 획득의 지연 시간을 감소시킨다. 각 이미지들은 통합되어 영상취득일로부터 10일 이내에 새로운 예측값을 제공해 준다.
- 관측연도(t)의 위성 이미지를 판독하기 위하여 이전의 공식 통계값들(t-1)을 이용한다. 도출된 예측값과 경작면적 추정은

EUROSTAT에서 현장 조사한 통계값과 비교 하여 평가된다.

- 원격영상을 이용한 측정값의 평가와 검토를 위해 60개의 각 표본 지역내에 또다시 16개의 샘플지역을 추출하여 현장 조사를 실시한다.
- 다음 표에서는 유럽지역의 주요 작목별 통계값의 차이를 보여주고 있다. 우측 항에는 월별로 관측된 추정값과 EUROSTAT의 공식 토지 이용 변화값의 비교에 의한 평균제곱(mean square)값이 나타나 있다. 왼쪽 항에는 표본지역내 샘플지역의 현장방문조사에서 나타나는 표준 오차의 값이 나타나 있다.

<표 34> 현장조사의 표준오차값과 Action 4의 정확도 비교

	현장 조사		Action 4						
	2차	1차	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
일반 밀	3.4	2.4	1	1.2	1.9	1.6	1.5	1.4	1.4
통 밀	7.6	7	2.1	3	2.8	2.6	2.7	2.7	2.6
보리	2.8	1.4	4	4	3.2	2.5	2.7	2.4	2.4
쌀	2.8	1.7	7.7	9.9	9.6	6.1	5.7	5	5
옥수수	3.6	3.2	4	2.5	2.4	2.8	4	4.3	4
전체 곡류	1.9	1.5	1.4	1.3	1	0.9	0.8	0.7	0.7
사탕무	11.2	10	6.7	4.6	4.4	2.8	4.3	2.9	3
해바라기	6.5	5.7	16.6	12	6.5	7.4	6.3	6.7	7.3
평지씨	8.2	6.3	6.3	9.6	9.8	11.5	11	10.4	10.3

- 경작지와 작물에 관한 현장조사는 연차별로 시행되어 왔다. 현장 조사는 EUROSTAT의 Croco Code에 기초한 목록을 위주로 시행되어진다. 그리고 조사된 목록 및 정보들은 MARS 프로젝트의

데이터 베이스에 저장된다.

- 위성이미지분석과 현장 조사의 병행한 경작지 변화량의 정보들은 통합되어 매달 발행되는 작황 보고서(bulletin) 및 웹사이트를 통해 제공되며 지역별로 전년도와 비교하여 경작면적의 변화 추이와 함께 잠재적인 수확량 지수도 함께 제공하여 준다.

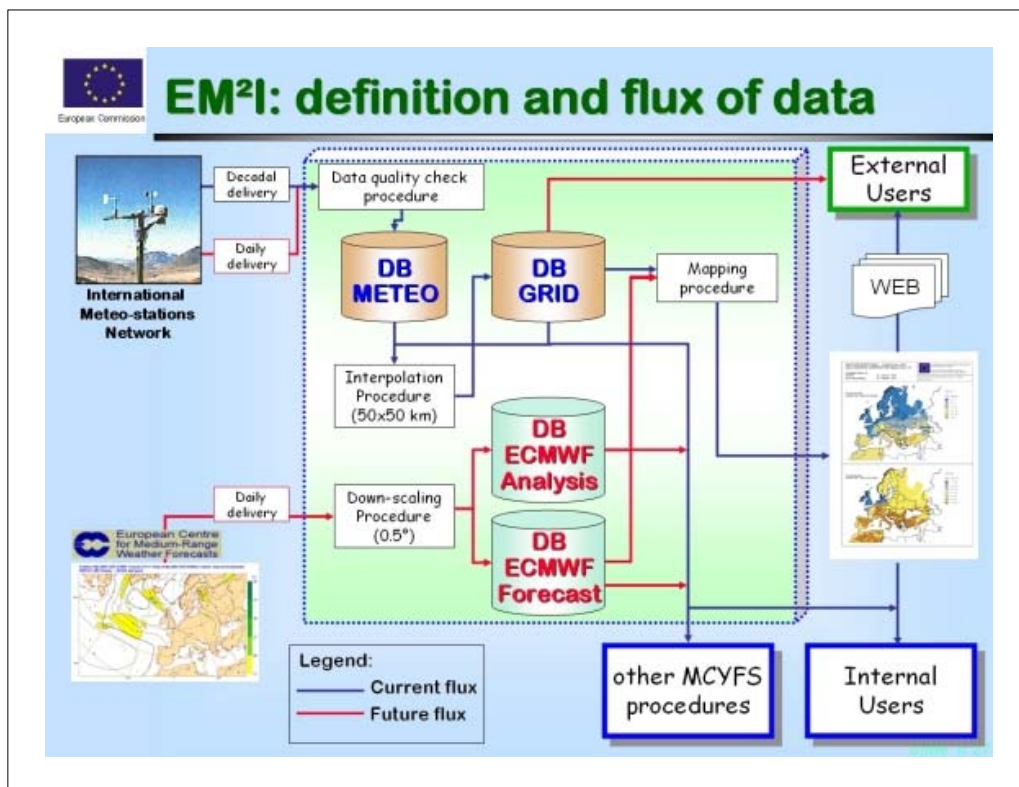
#### 4. MARS Crop Yield Forecasting System(MCYFS)

- MARS-프로젝트의 가장 핵심이 되는 활동은 소위 MSYFS라고 일컬어지는 Action2 & Action3이다. 이 활동들은 유럽전체수준에서 주요 작물에 대하여 수확량을 조기에 예측하여 CAP의 정책결정과 MARS-FOOD와 같은 식량 안보에 관한 정책결정에 있어서 중요한 정보를 제공하여 주고 있다.
- MCYFS는 안정적인 수확량 예측을 위한 일종의 시스템으로써 체계적인 분석 도구들을 수반하여 함께 발전되어 왔다. MCYFS는 수확량을 조기에, 가능한 정확하게 예측하기 위해서 기상관측 자료에 의거한 작물 성장 시뮬레이션과 원격 탐사한 영상의 판독결과를 조합한다.

## 가. 기상관측

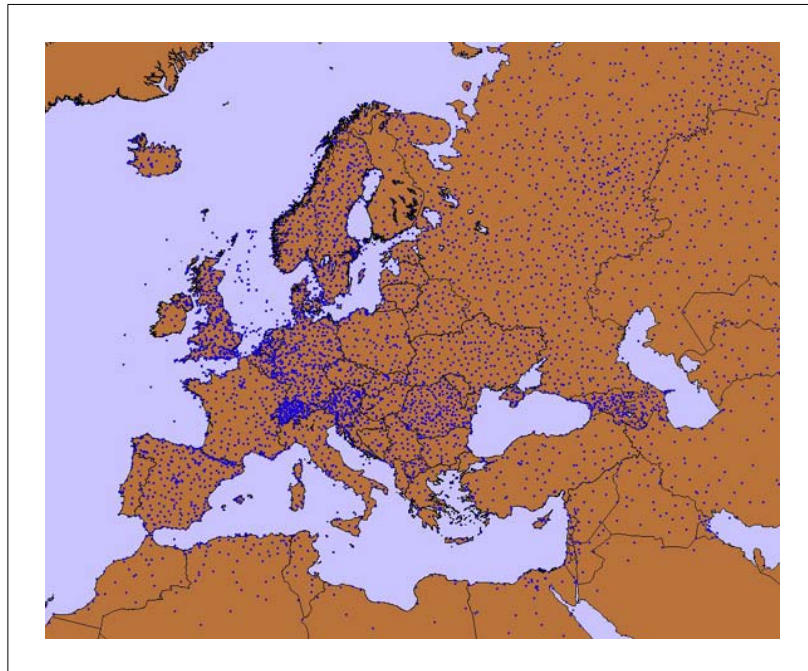
- 기상 관측은 MCYFS의 주축이 되는 기본 구성요소의 하나로써 다음의 세 가지 활동들로 이루어진다.
  - 관측소 기상자료의 수집, 분석 및 처리.
  - regular climatic grid에 공간자료로 기입(spatial interpolation).
  - 날씨 지표의 산출.

<그림 38> MCYFS의 기상관측 단계의 개괄적 구조



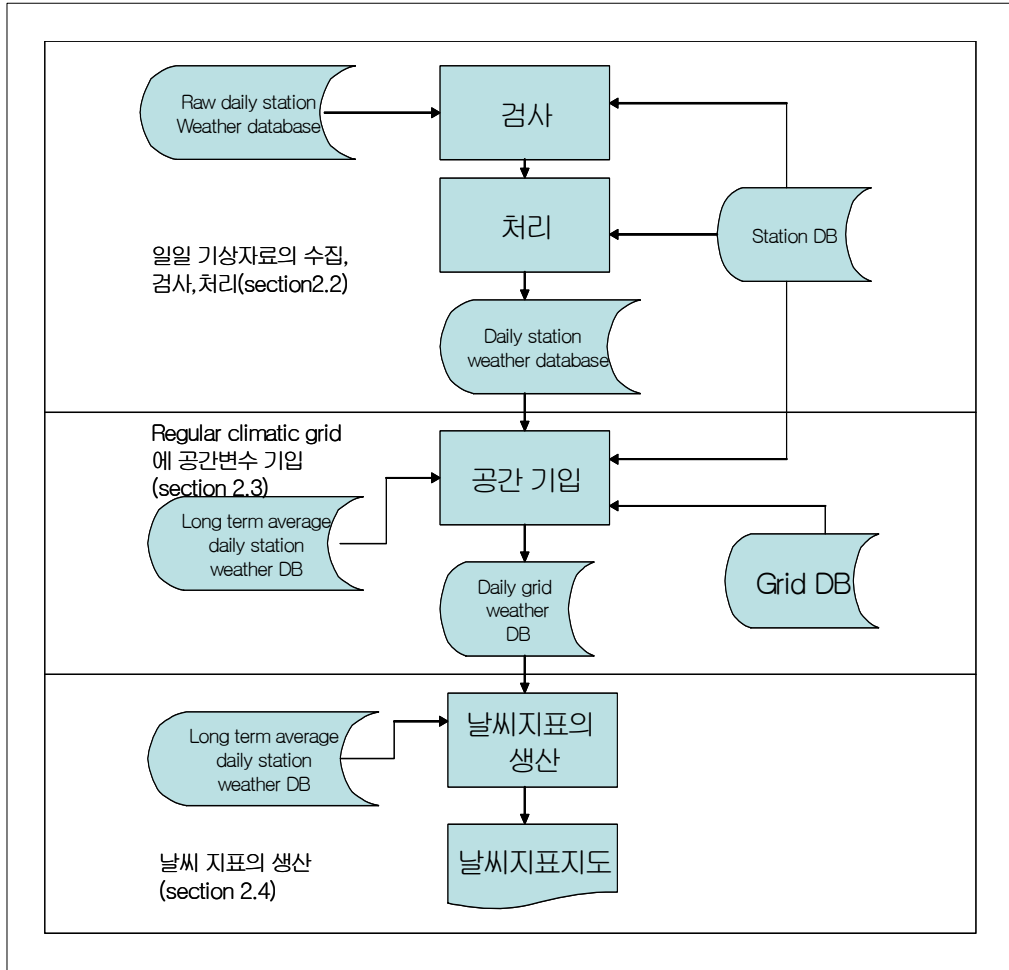
- 기상 자료의 모든 과정은 CGMS version 1.5에서 처리되고 있으며 ORACLE 데이터 베이스(version 8.1.6.0.0)에 저장된다. 이 데이터 베이스는 윈도우 NT 체제에서 운영되는 CGMS의 유일한 파트이며 다른 파트들은 특수한 윈도우 시스템 사양이 요구된다.
- MCYFS에 기상정보를 제공하는 관측소는 단순히 일반적인 기상 자료의 수집 뿐 만 아니라 이 자료를 실시간으로 수집하여 동시에 처리할 수 있는 곳으로 제한되어있다. 관측소의 일일 기상자료는 두 가지 용도로 이용이 된다.

<그림 39> 유럽연합 기상관측소 분포 현황



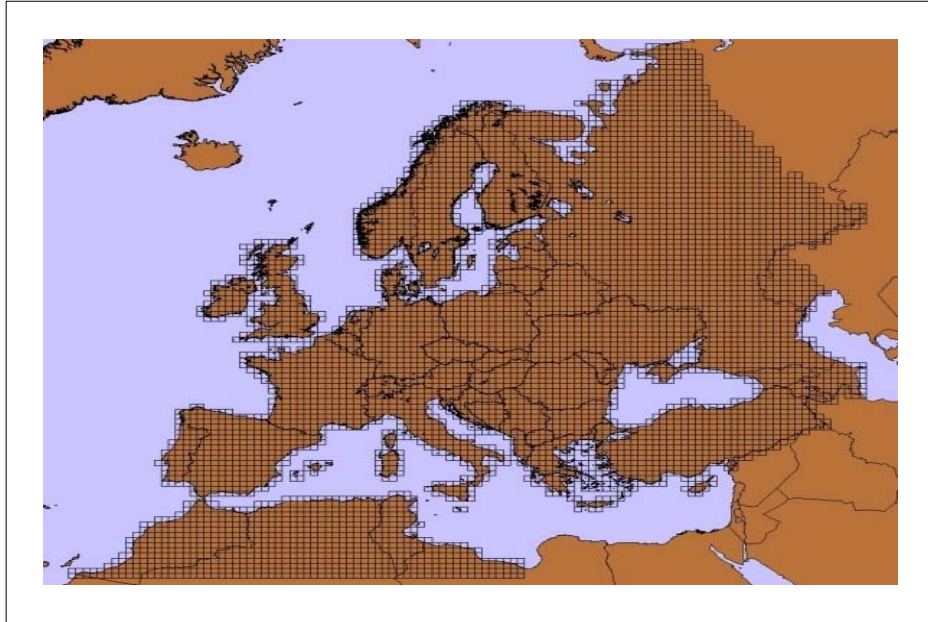
- 하나는 수확량 예측을 위하여 WOFOST모델에 투입이 되며 또다른 하나는 가뭄, 폭우, 등과 같은 긴급 재해의 알림 등에 대한 지수로 이용이 된다. 작황은 지표면근처의 대기상태에 의해 가장 크게 영향을 받는다.
- 이상과 같은 목적에 따라 MCYFS는 유럽지역 전체 수준에서 수확량을 평가 하는데 최적화 될 수 있는 공간크기(spatial scale)인 50m×50km를 이용하여 유럽지역을 세분화 하고 있다.
- CGMS 시뮬레이션을 운영하기 위하여 일일 기상 관측 자료는 기상관측용 grid(regular climatic grid)에 기입한다. 이론상으로는 각 지역 관측소 수준에서도 CGMS는 응용가능하지만 각 기상 관측소가 지리상으로 매우 떨어져 있으며 지리적·기후적 조건이 매우 상이하기 때문에 regular climatic grid에의 기입이 필요하다. 게다가, CGMS는 기상변수만을 필요로 하는 것이 아니라, 토양, 작물, 토지사용 현황 등의 공간적인 변수 또한 필요하기 때문이다. 이 두 종류의 layer를 결합시키고 두 속성의 상관관계를 시뮬레이션하고 결과적으로 그것들이 작물의 생장에 미치는 영향을 파악하기위해 관측소 사이의 어떠한 지점의 기상상황도 알아야 할 필요성이 있기 때문이다.

<그림 40> CGMS의 날씨 관측 구성요소



- 일일 기상자료는 50m×50km 단위의 5625개의 격자(grid)에 기입된다. 격자크기의 범위 내에서의 기상자료는 모두가 동일하다는 가정을 하고 있다. 1991년부터는 기상자료를 GTS 네트워크를 통해 거의 실시간으로 자료를 수집하여 다음그림과 같은 기록용 지도에 기입하고 있다.

<그림 41> MCYFS의 기상관측기록용 grid

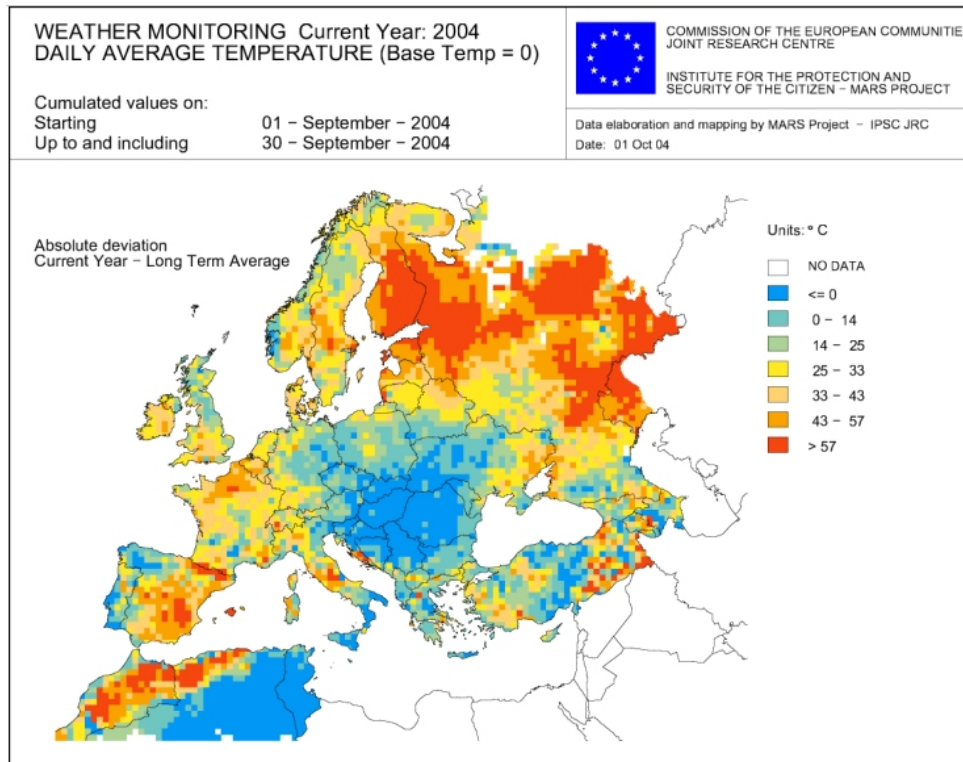


- 비정상적인 기후의 변화를 사전에 감지하기 위하여 기상관측소로부터 획득된 자료들은 종합 처리되어 날씨 지수를 측정한 후 과거의 장기적인 날씨 평균기록과 비교된다.
- 이 비교분석 과정을 통하여 현재년도의 특정 시점이 과거 평균과 비교해 볼 때 건조한지, 습한지, 혹은 기온이 높은지 낮은지를 파악할 수 있다. 이와 같은 과정을 통하여 사전에 파종기에 폭우의 발생이라든지 수확기에 가뭄의 발생여부 등과 같은 중요한 예보를 할 수 있다.
- 이러한 농업 기상 예보와 날씨 지수의 자료는 실시간으로 웹사이트



트(www.marsop.info)를 통하여 제공된다. 다음 그림에 인터넷에서 확인할 수 있는 예시가 나와 있다.

<그림 42> MCYFS의 기상관측 지도의 예시



## 나. 작황 관측

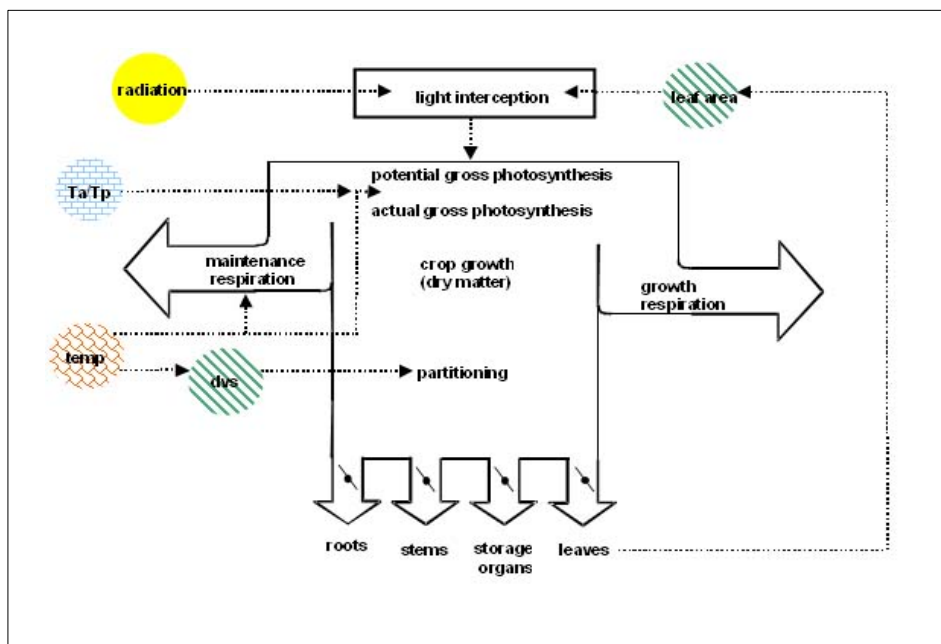
- 작황 관측은 생육 상황(biomass)이라든가 현재 날씨가 농작물의 성장에 어떻게 영향을 주고 수확량에 어떤 결과를 미치는가를 나타내 주는 작물지수를 시뮬레이션해 주는 활동이다. 이 과정은 다음의 다섯가지 활동으로 나눌 수 있는데 처음 두 가지 활동은

사전 처리 활동이며 나머지 세 가지 활동은 분석활동이다.

- input 데이터의 수집 및 처리.(collection and processing of input data)
  - 공간 배열(spatial schematisation).
  - 지역별 작황 시뮬레이션.(regional crop simulation)
  - 공간자료의 적분(spatial aggregation)
  - 작물지수지도(crop indicator maps)의 제작(production of crop indicator maps)
- 작황관측 또한 OLACLE 데이터 베이스에 저장되어 있으며 작물 생장은 윈도우용 CGMS version 1.5a 의 WOPOST모델에 의해 시뮬레이션된다. 공간자료의 적분이라든가 작물지수지도의 제작은 CGMS로부터 도출될 수 없는 부분이기때문에 GIS관련 소프트웨어를 통하여 활성화된다.
- 작황 시뮬레이션을 위해 토양속성 정보와 결합된 일일기상관측지도가 CGMS에 기초데이터로 이용된다. 토양속성정보가 기록된 토양지도는 작물성장에 가장 큰 영향을 주는 요소 중 하나이다. 따라서 MARS-unit의 SMU(Soil Mapping Unit)에서는 유럽지역(동유럽의 일부국가 제외)의 방대한 토양 속성정보를 구축하고 있다. 이 속성정보에는 특정지역의 토양의 지질로부터 시작하여 작물이 뿌리를 내리는데 장애물은 없는가, 혹은 지하수의 분포 등의 데이터베이스가 구축되어 있다.

- CGMS의 핵심은 WOFOST를 이용한 작황시뮬레이션이다. 주요 처리 원리는 시스템 상에서 각 작물별로 작물성장의 생리학적인 환경을 변수로 제공하여 주고 현재 기상 조건을 적용하여 작물의 반응을 살펴보는 방법이다. 이를 도식화 한 그림은 다음과 같다.

<그림 43> WOFOST를 이용한 작황 시뮬레이션 체계



- CGMS를 통하여 산출된 작물지수 및 작황에 대한 정보들은 ArcInfo와 PL-SQL을 통하여 작물지수지도(crop indicator maps)로 제작이 된다. 생산자들은 작물지수지도를 통하여 현재년도의 특정 관측지역의 작황을 예측할 수 있다. 이 지도들은 이전년도에 비교하여 현재의 작물의 생육상황이 빠른지 혹은 늦은지에 대한 정보를 제공해 주고 있다. 이러한 활동들을 통하여 생산자들

에게 위험을 미리 예측하게 해 주거나 현재의 작황상태에 대한 정도를 파악하게 해 준다.

- 작물지수지도는 유럽연합의 주요작물에 대하여 각각 제작되며 공간해상도는 기상관측지도와 같은 grid(50m×50km)를 사용한다. 2001년도부터 주요작물지수지도가 10일을 주기로 제작 되었으며 1975년부터 2000년까지의 작황에 대한 방대한 양의 정보가 데이터베이스로 구축이 되어있다. 이용자들은 웹사이트 (www.marsop.info)에서 작황관측에 대한 정보를 얻을 수 있다.

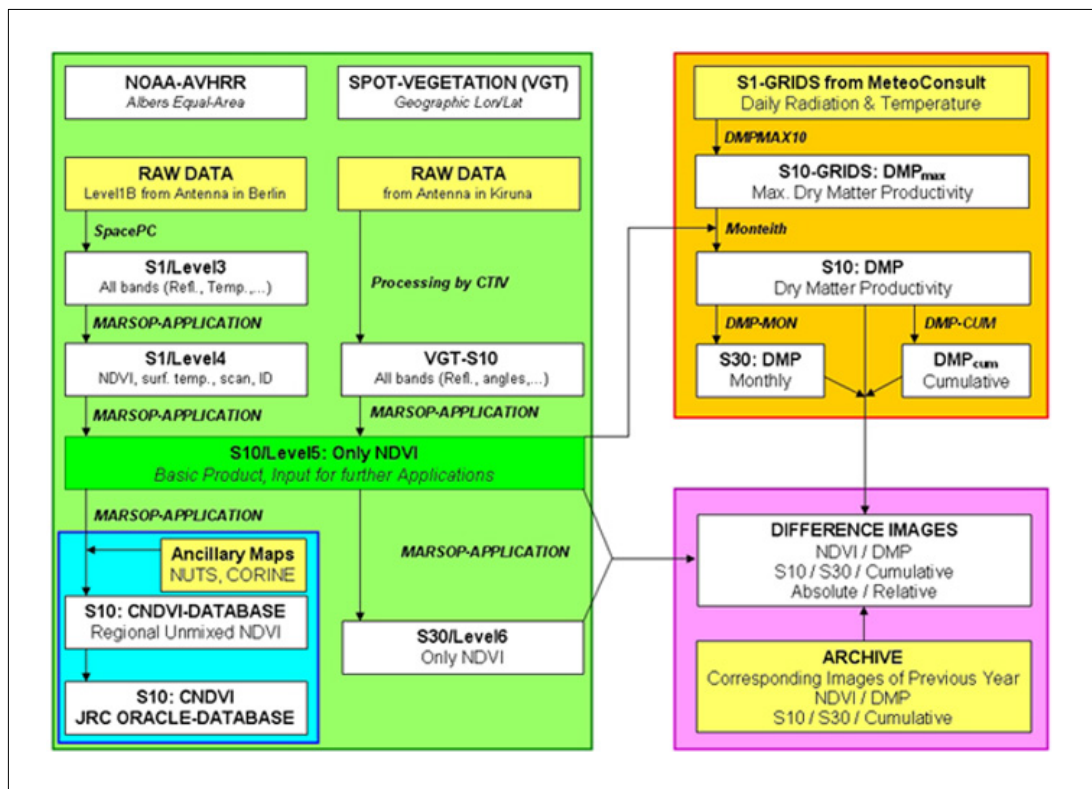
#### 다. 원격탐사

- 원격탐사는 MARS 프로젝트의 가장 중요한 초석으로써 발전하여 왔다. 1988년 프로젝트의 시작이래 위성을 통한 지표면 관측은 크게 두가지로 나뉘어 개발되어왔다.
- Landsat-TM과 SPOT-XS/HRVIR과 같은 고해상도 촬영 위성들은 유럽연합지역의 대부분의 경작지의 넓이보다 훨씬 작은 10~30m 픽셀 사이즈의 이미지를 제공하기 때문에 Action1 과 Action4의 활동에 활용되고 있다.
- Action2와 Action3의 실제 MCYFS를 수행하는데는 저해상도 위성인 NOAA-AVHRR(1998년부터)과 SPOT-VEGETATION (VGT)로부터 얻은 이미지를 이용한다. 이는 광역 촬영이 가능하

기 때문에 전반적인 추세라든가 실정을 파악하는데 장점을 가지고 있다. 각 센서들은 거대한 넓이(최대 3000km)를 촬영하기 때문에 지구전체의 표면을 매일 관측할 수 있다.

- 하지만 저해상도 이미지의 위성들은 고해상도 이미지와 비교해 볼때 촬영반경이 너무 넓어서 각각의 작물이나 다른 속성의 지표면이 방출하는 복사광 등에 의해 이미지의 분석이 난해할 수 있다는 단점이 있다.

<그림 44> MCYFS에서 원격탐사 단계의 Flow chart



- 위의 그림에 MCYFS에서 위성영상을 이용하여 NDVI지수를 산출하는 과정이 잘 나타나있다. NDVI이미지의 분석은 저해상도 이미지 자료로부터 획득하는 대표적인 활동으로써, 근적외선( $R_n$ )과 가시광선 영역( $R_r$ )에서 얻어지는 상대적 반사값의 차이를 그 합으로 나눈으로써 식생과 관련된 정보를 산출하는 기법이다. NDVI는 다음의 식으로 계산 될 수 있다.

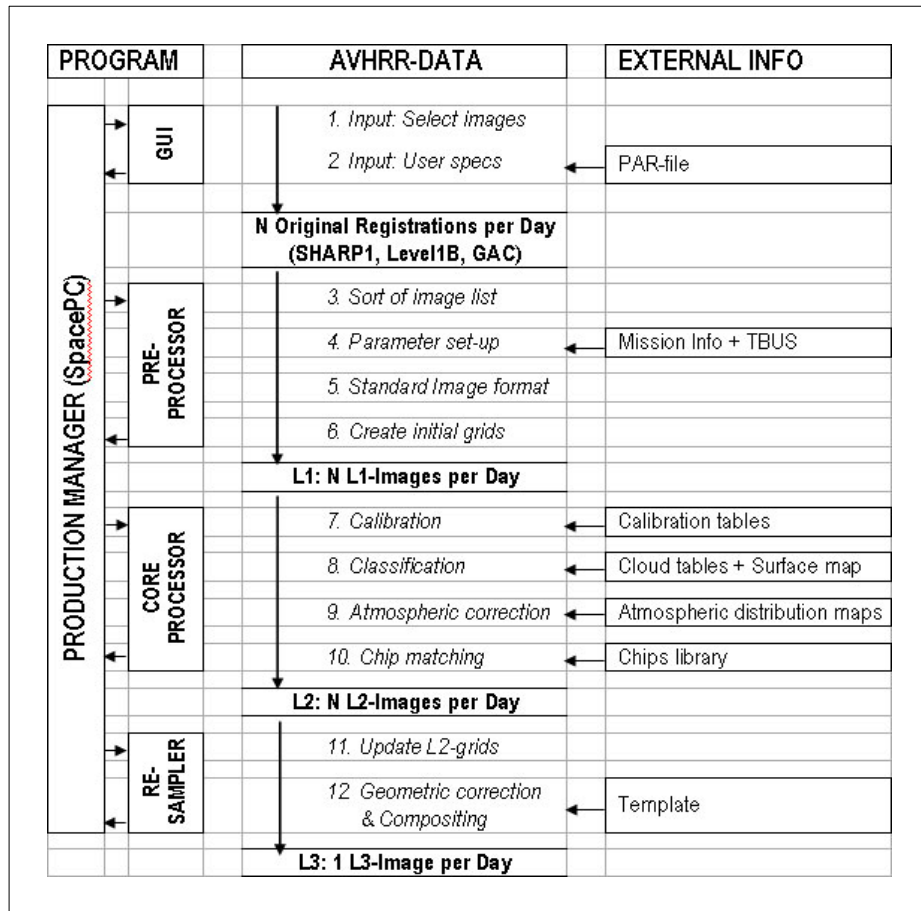
$$NDVI = \frac{R_n - R_r}{R_n + R_r}$$

- NDVI지수는 식생의 양이나 작물의 현상황 등을 나타내 주는 유용한 지수이다. NDVI는 -1에서 1사이의 값을 갖게 되는데 일반적으로 구름, 눈, 토양 등과 같이 식물이 아닌 토지 피복형은 -1에서 0에 가까운 값을 갖게 되며, 식물은 0부터 1사이의 값을 갖게 된다. 식생이 많고 활력도가 높을수록 지수의 값이 높아진다.
- 2000년 11월 JRC는 MCYFS의 전반적인 운영을 MARSOP-컨소시엄에 아웃소싱하게 된다. 이에 따라 원격탐사의 주요 임무들은 벨기에에 있는 VITO에서 운영하게 되었다.
- VITO는 SPACE (Software for the Processing of AVHRR-images for the Communities of Europe) PC 소프트웨어

어를 이용하여 NOAA위성의 AVHRR 센서로 촬영된 raw data를 분광/방사 보정(spectral/Radiometric), 공간보정(spatial), 주기보정(temporal)의 처리 과정을 따라 일일 종합 처리한다.

- SPACE 프로그램을 개발하여 운영하는 데에는 많은 시간이 소요되었다. MARS-project의 초기인 1988년도에 시작되어 JRC-MARS 팀에서 현재까지 개발을 담당하고 있다. 프로그래밍 부분은 수년에 걸쳐 몇몇 다른 업체로의 외주를 통하여 몇몇 다른 버전이 개발되었다. 각 버전들은 모두 C/C++언어를 바탕으로 개발되었고 이용자들이 의하여 다양하게 응용되었다.
- SPACE PC S/W를 이용하여 전처리된 영상을 1.1 by 1.1km(pixel size)로 모자이크처리하며 MARSOP-APPLICATION S/W는 SPACE PC의 결과 자료를 활용하여 NDVI지수 및 지표면 온도 등의 이미지를 추출한다. 위성 영상 이미지 처리의 세부적인 운영 내용은 다음 그림과 같다.

<그림 45> SPACE PC S/W를 이용한 위성이미지 처리



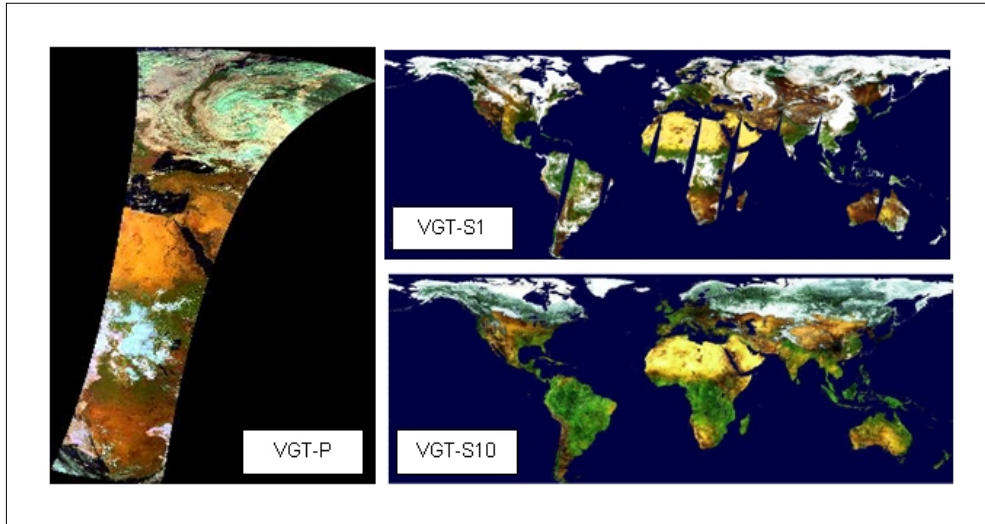
- JRC-MARS unit은 1989년부터 시작하여 AVHRR-이미지의 자료 수집 체계를 구축하였다. 1996년 7월 15일까지는 뮌헨 근처의 Oberpfaffenhofen에 있는 DLR기지국을 통하여 SHARP1-format으로 수집되었으나, 1996년부터 JRC는 이탈리아의 이스프라에 전용 기지국을 설치하였다. 가공되지 않은 HRRT-데이터는 UK-software DARTCOM을 이용하여 SHARP1으로 전환된다.



Oberpfaffenhofen과 이스프라의 두 기지국 모두 서유럽대륙의 대부분 지역의 자료를 수집한다.

- 2000년 11월부터 벨기에의 VITO社가 유럽전체수준에서 SPACE 프로그램의 기술적 운영을 담당하게 되었다. 그로부터, 가공되지 않은 AHVRR-데이터는 독일의 베를린에 있는 Freie University 에 소재한 기지국에 온라인을 통하여 제공되고 있다.
- MCYFS는 2000년 11월부터 NOAA위성외에도 SPOT위성의 VEGETATION센서를 이용한 LR-imagery를 이용하기 시작하였다. SPOT위성시리즈는 프랑스가 주도하고 벨기에, 이탈리아, 스웨덴 등의 국가가 협력하여 개발한 위성이다.
- 1998년에 발사된 SPOT 4호기는 HRV에서 진보되어 HRVIR로 명명된 블루밴드와 식생지수를 관측할 수 있는 소위 VEGETATION(VGT) LR-센서를 탑재하였다. 2002년 SPOT5호기는 HRVIR(10m/4m-해상도)와 VGT를 탑재하고 있다.

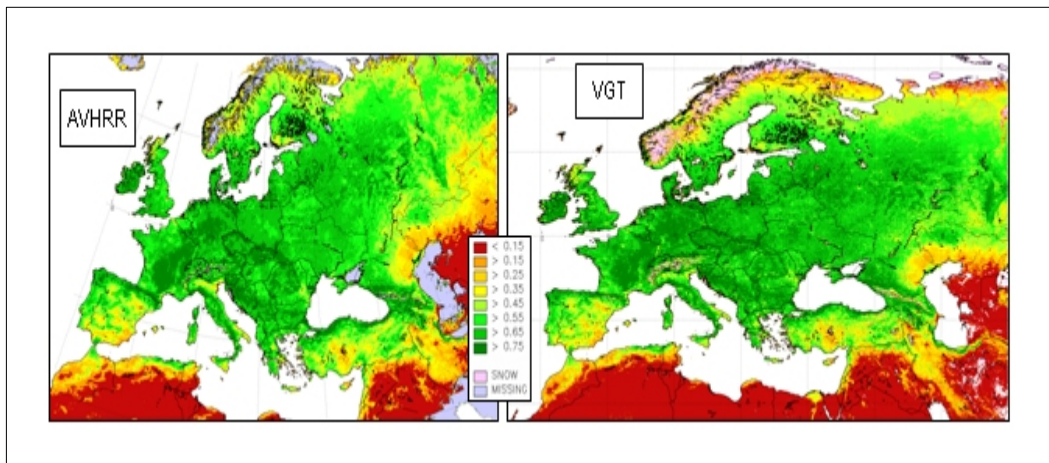
<그림 46> SPOT-VGT센서로 촬영된 영상



- MCYFS가 이용하는 SPOT-VGT센서의 10일-종합 이미지는 NOAA-AVHRR의 이미지와 공간해상도(1km)라든가 주기(공전주기)의 측면에서 볼 때 매우 흡사하다. 분광센서(a spectral sense)에 있어서, VGT는 SWIR에 새로운 채널을 보유하고 있지만, AVHRR센서의 thermal 밴드들은 장착되어 있지 않다.
- 이러한 경우에 VGT-데이터들은 이미 충분히 보정되었기 때문에 가공되지 않은 이미지들의 처리에 관련된 모든 burden은 제거되어지는 문제점이 있었다. 하지만, VITO에서는 이러한 모든 문제점들을 극복하기 위하여 MARS-APPLICATION에서 보다 발전된 MARSOP-APPLICATION를 개발하여 NOAA-AVHRR의 이미지와 SPOT-VGT 이미지의 혼성이미지를 함께 응용할 수 있게

하였다.

<그림 47> NOAA-AVHRR센서와 SPOT-VGT센서의 월간  
NDVI지수 비교지도(2001. 5.)



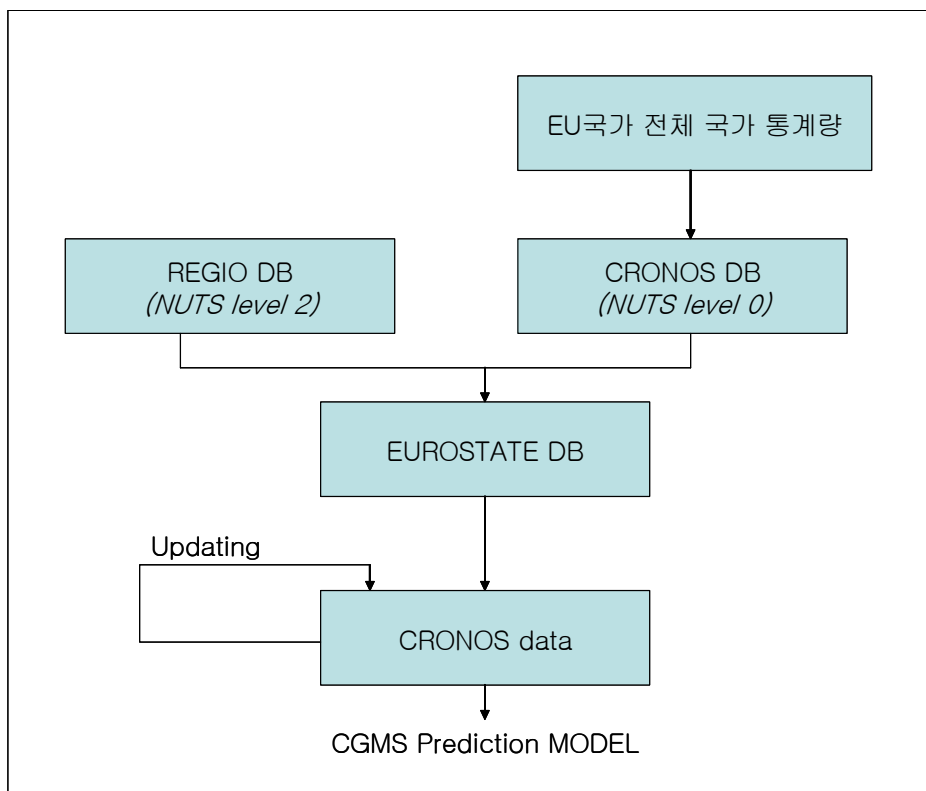
- SPOT위성의 VGT센서로 촬영된 이미지도 NOAA-AVHRR의 이미지와 동일하게 영상의 전처리과정 후 또다른 NDVI지수가 구하여 진다. NOAA와 SPOT의 각기 다른 센서들을 통하여 추출된 각각의 NDVI지수는 MARSOP-APPLICATION을 통하여 지역별 평균 NDVI지수(이른바 CNDVI지수)로 도출된다. MARSOP-APPLICATION로부터 도출된 CNDVI지수는 JRC에 있는 CNDVI ORACLE-데이터베이스에 기록되어 식생분포 조사, 작황관측 및 수확량 예측과 같은 MARS의 제 활동등에 폭넓게 활용되고 있다.

## 라. 수확량 예측

- 여러 학자들이 수확량에 대한 통계치들을 평균 수확량, 연간 추세 그리고 지역별 변화량의 세 가지 요소로 세분하여 연구하여 왔다. 관측된 국가별, 지역별, 그리고 소지역별 수확량은 국가별 작물의 농업의 추세를 보여준다.
- MCYFS의 주요 목적은 유럽연합 및 각 국가 수준에서 주요작물에 대하여 가능한 한 빠르고 정확하게 수확량 통계를 제공하는데 있다. 수확량 통계치 기록, 날씨지수, 시뮬레이션 된 작물지수, 원격탐사에 기초한 작물지수와 추가적인 각종 정보들이 전문가들의 지식과 함께 수확량을 예측하는데 이용된다.
- 수확량을 예측하는데 있어서 주요한 가정들 중의 하나는 토지이용 현황이라든가 농업생산물은 상대적으로 안정적이라는 것이다. 따라서 연간 지역별 수확량의 변동량은 주로 날씨 조건에 따라서만 좌우된다고 본다.
- 수확량을 예측하기 위하여 앞서 살펴보았던 다음 자료들이 이용된다.
  - 날씨지수(weather indicator)
  - 작물지수(crop indicator)
  - 원격탐사에 기초한 식생지수(remote sense based vegetation indices)

- 국가 수확량 통계(national yeild statistic)
  - 기타 추가적인 정보(additional sources)
- 수확량 및 경작지를 포함하여 농업통계에는 두가지 주요한 데이터 베이스를 기초로 하고 있다. 첫 번째 데이터 베이스는 EUROSTAT의 REGIO DB로 알려진 NUTS level2의 지역별 농업통계를 저장한 데이터 베이스이다.

<그림 48> EU 통계 데이터베이스 시스템



- 두 번째 데이터베이스는 국가별 농업통계가 저장되어 있는 EUROSTAT의 CRONOS 데이터베이스이다. 수확량 예측시에는 CRONOS 데이터들을 이용하게 된다. 경작면적 통계는 REGIO로부터 직접적으로 획득하게 된다.
- 유럽 연합 가입국들은 농업에 관한 각종 통계량들은 모두 동일한 방법으로 수집하고 이를 공유하게 된다. EUROSTAT에서는 이러한 통계조사 방법에 있어서 각국가들에게 기술적인 부분들을 지원하며 획득된 정보를 수집하고 있다.
- MCYFS의 최종 수확량 예측과정은 다음 식에서 볼 수 있듯이, 다양한 방법으로 다양한 정보를 처리하여 수확량을 예측하게 된다. 수확량예측의 기본 공식은 다음과 같다.

$$Y_T = f(T \text{ and/or } MET \text{ and/or } SIM \text{ and/or } RS) + e$$

$Y_T$  : T기에 관측된 수확량 [ton.ha<sup>-1</sup>]

$f(T)$ : 시간의 함수로 나타낸 기술경향 [ton.ha<sup>-1</sup>]

$f(MET)$ : 날씨 지수 함수 [ton.ha<sup>-1</sup>]

$f(SIM)$ : 시뮬레이션된 작물 지수 함수 [ton.ha<sup>-1</sup>]

$f(RS)$ : 원격탐사 지수 함수 [ton.ha<sup>-1</sup>]

$e$ : 오차항 [ton.ha<sup>-1</sup>]

- 즉, 과정을 풀어서 설명하면 다음과 같다.

CGMS에 기초하여 수확량 예측; 결과가 도출되지 않을 경우

→ 추세분석 시행 : 결과가 도출되지 않을 경우

→ 다른 예측모델 이용 분석 : 결과가 도출되지 않을 경우

→ 시나리오 분석 : 결과가 도출되지 않을 경우

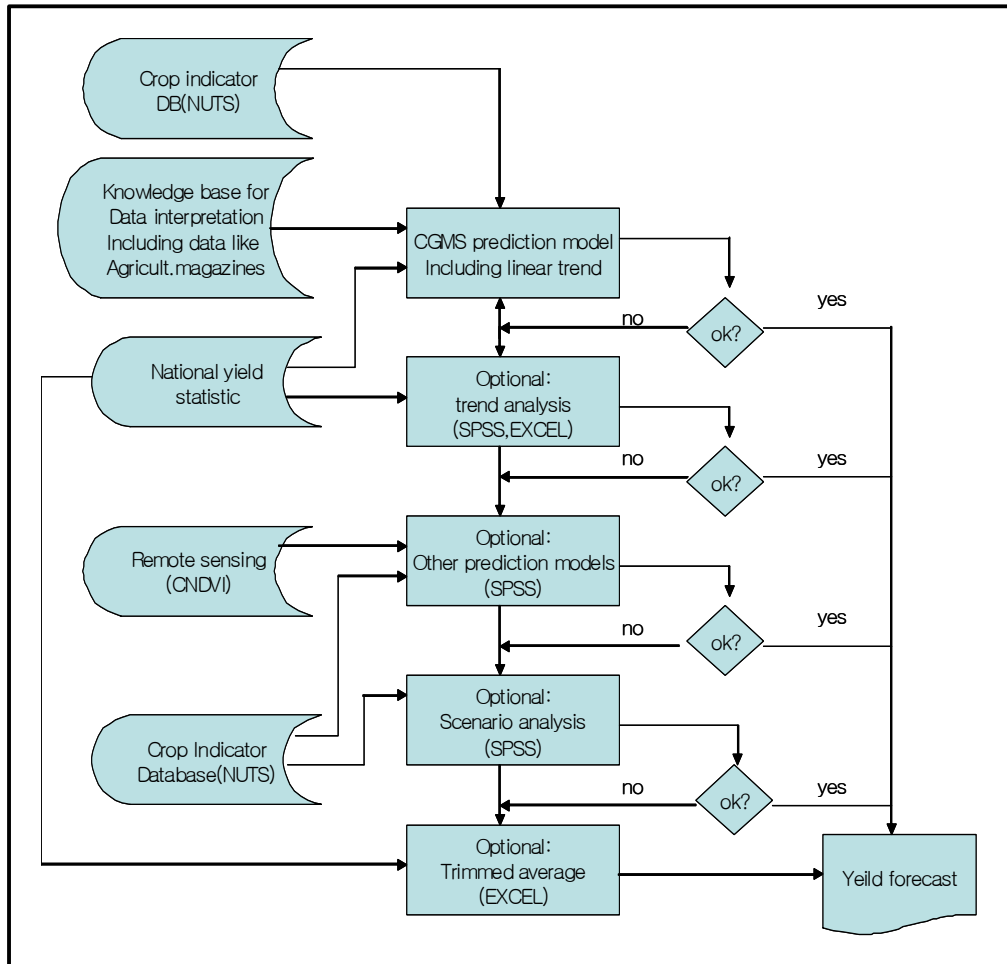
→ 교정된 평균값 이용

- 이러한 접근방법은 각 요소 및 단계들이 추가되거나 제외될 때 탄력적으로 응용되어 수확량을 예측하게 된다. 개별 요소들은 그 자체만으로도 수확량 예측이 가능하다. 각 요소들은 연중 일정기간에는 일치하는 모습을 보여주지만 어떤 기간에는 그렇지 못한 모습이 나타나기도 한다. 각 단계의 특징 및 원리를 단계별로 설명해 보면 다음과 같다.

#### (1) CGMS를 이용한 추세 분석 및 예측 모델

- CGMS를 이용하여 지역별 평균수확량을 계산할 때는 다음에 나와 있는 예측치 중 하나를 선택하여 이용한다.
  - 시물레이션된 biomass의 잠재 건조 중량(dry weight, 톤)
  - 제한된 물공급하에서 시물레이션된 biomass의 건조 중량
  - 시물레이션된 storage organs의 잠재 건조 중량
  - 제한된 물공급하에서 시물레이션된 storage organs의 잠재 건조 중량

<그림 49> 수확량 예측 분석의 단계별 Flow chart



- CGMS의 도입 초기에는 제한된 물공급하에서 시뮬레이션된 storage organ의 잠재 건조중량만을 이용하여 수확량을 예측하였으나 차후에 나머지 세 가지 방법이 추가되어 사용되었다. 물이 제한된 상태의 수확량 예측은 많은 양의 물을 관개(irrigation)하는 지역에는 적합하지 않은 방법이다. 게다가 가뭄의 피해 또한 지하수의 영향을 받는 경우 크게 줄어들 수 있다. 이러한 요소들



이 초기 버전의 CGMS에는 포함되어 있지 않았다. 차후에 시뮬레이션된 biomass 지수가 차후에 도입되었고 이는 작물이 성장하고 있는 시기에 미리 수확량 예측이 보다 원활하고 정확하게 이루어지는 것이 가능해지도록 해 주었다.

- CGMS의 통계적 보조 방법으로 선형 시계열과 작물 성장 시뮬레이션 결과를 조합하는 방법을 사용하고 있다. 이 예측 모델은 다음과 같다.

$$\widehat{Y}_T = b_0 + b_1 T + b_2 S_T$$

$\widehat{Y}_T$ 와  $S_T$ 는 추정된 수확량과 시뮬레이션 된 결과 혹은 예측치이고(톤), T년도에서 각각  $b_0$ ,  $b_1$  그리고  $b_2$ 는 회귀 상수이다. 상수  $b_0$ 는 공식 수확량 평균치이며, 상수  $b_1$ 은 연간 수확량 증가분이다. 가뭄이나 한랭과 같은 요소들은 상수  $b_2$ 로써 표기되어진다.  $b_2$ 는 0에서 1의 값을 가진다.

- 지역별로, 최근 9개년간 관측된 자료를 토대로 회귀 계수가 결정되고 각 요소들은 현재 연도와 조사 지역에 적합하게 설정된다. 부(-)의 예측치  $b_2$ 는 계산과정에서 자연스럽게 제거된다.
- CGMS에서는 2차 추세 함수도 사용된다. 그러나 Plam and

Dagnelie(1993), de Koning et al.(1993)의 연구결과를 바탕으로 보면 공식 수확량 증가분을 충분히 보여주는 일차 추세 방정식은 이미 2차 추세함수의 결과 또한 포함하고 있다고 볼 수 있다. 단 결과값은 장기간에 걸친 어떤 형태의 완만한 추세도 비현실적일 수 있는 연속임을 가정하고 있다.(de Koning et al.,1993; Vossen,1992;1990a).

- Vossen과 Rijks(1995)의 연구에 따르면, 예측치들은 오직 최근년도에 기초한 데이터를 바탕으로 해야 한다고 강조하고 있다. 분석하는 기간의 적정수준은 회귀 분석에 있어서 자유도의 수준을 충분히 만족해 줄 수 있는 수준이면 충분하다고 강조하였다.
- CGMS version 4.2의 통계 보조 시스템은 최근 S-Plus 2000 Professional(Kuyper,2001)로 재설계되었다. 수확량 예측은 매 10일을 주기로 업데이트 되며 결과(수확량 예측과 회귀분석 매개변수들)은 FORECASTES\_NUTS\_YIELD 와 REG\_PARAM의 데이터 베이스 테이블에 저장된다. 경작기가 시작되기 전부터 수확량 예측은 장기 추세 평균과 기술 추세분석 등을 통하여 사용자들에게 제공된다. S-Plus를 통해 MARS에서는 시계열의 기간을 조정할 수 있다.

## (2) Excel과 SPSS를 이용한 추세분석

- 어떤 국가나 작물의 예측 수확량에 대하여 정확도가 충분하지 않

다고 간주될때 MARS분석팀은 Excel을 이용하여 추세분석을 재 실시하게 된다. 먼저, 동기간 수확량 통계가 이용가능하다면 추세 분석은 더 긴기간(1975년부터 현재까지)을 이용하여 재 실시 하게 된다. 다음단계로 좀더 최근의 기간에 대한 추세를 연구한다.

- 1990년경 동유럽 지역의 정치적인 변화로 인해 발생한 예민한 변화들을 배제하기 위해 동유럽은 1990년 이후의 기간을 분석한다. 유럽연합 내의 국가들은 1992년 이후의 기간을 중요 분석하는데 이는 CAP, 즉 공통의 농업정책이 수확량이나 경작지의 분포 등에 영향을 미치기 시작한 해가 1992년이기 때문이다.
- 추가적으로, 다른 추세분석에 대한 기능들이 Excel과 SPSS를 통해 연구된다. 각 국가의 수확량 통계들은 CRONOS 데이터 베이스에서 바로 취득 될 수 있다. 이 CRONOS 데이터 베이스는 매 월 업데이트 된다. 이 단계에서 1차, 2차 혹은 다른 여러 형식의 추세분석이 이루어진다.

### (3) 기타 예측 모델

- MARS 분석팀은 필요시 JRC 고유의 예측 모델을 사용하여 제 국가의 작물에 대한 수확량을 예측하는 경우도 있다. 이런 모델 들은 CGMS의 다른 변수와 CNDVI지수를 사용한다. CNDVI와 같은 지표들은 데이터베이스에 저장되는 정보가 축적될 수록 더욱 긴 기간에 기초한 더 안정되고 유용한 변수들으로써 더욱 중요

해질 것이다. 이런 부가적인 지표들은 CGMS의 통계 보조 시스템의 자동화된 처리과정에서 추가되어야 할 사항이다.

#### (4) SPSS를 통한 시나리오 분석

- 수확량 예측이 시작되는 시점부터 실제 작물의 수확시기까지 원인을 알 수 없는 변동에 의해 발생하는 오차값들을 처리하기 위하여 농업-기상시나리오(agro-meteorological scenario)를 이용한다. 이 시나리오는 CGMS에 의해 시뮬레이션된 변수들의 시계열 분석값에 기초하여 과거년도 중 가장 유사한 농업-기상 현상을 보인 연도를 찾는다. 분석은 Principal Component Analysis (PCA), Factor Analysis와 Cluster Analysis의 방법에 기초하여 이루어진다.
- 일단 현재 연도와 농업-기상적으로 비슷한 과거의 기록이 발견되면 이러한 해의 최종 수확량의 결과가 현재 연도에 적용이 될 수 있다. 만약 비교년도에서 어떤 추세가 존재한다면, 최종 수확량의 범위는 현재 연도의 수확량과 점목시키기 전에 이 추세에 맞추어 조정될 수 있을 것이다. 이러한 기술을 통해 왜 수확량에 대한 예측값이 실제 수확시까지 계속하여 바뀔수 있는지 이해할 수 있다.
- 시나리오 분석과 예측 모두 매 10일마다 업데이트 되고 SPSS에서 분석된다. 각 국가별, 작물별 분석은 개별적으로 이루어진다.

MARS-unit의 분석팀에서는 각 국가별 및 작물별로 어떤 지표를 이용하여 분석할 지를 결정한다. 시나리오 분석은 다른 예측모델들이 통계적으로 유의하지 않게 나올 경우에 즉시 원칙적인 예측을 가능하게 하기 위하여 유럽연합의 수준에서 지속적으로 최적의 상황과 최악의 극단적인 상황을 가정하여 이루어지고 있다.

#### (5) 조정된 평균값을 이용한 예측

- 수확량 예측을 결정하는 마지막 시도는 조정된 평균값의 계산을 통해 이루어진다. 최근 5개년간의 수확량 평균값이 순위로 매겨진다. 조정된 평균값은 상위 3개년간의 평균값이다. 이 조정된 평균값은 여타 다른 수확량 예측 방법들(CGMS level3과 같은 예측모델이나 추세분석, 시나리오분석)이 만족스런 결과값을 이끌어내지 못할 때 이용된다.

#### (6) 인적요소

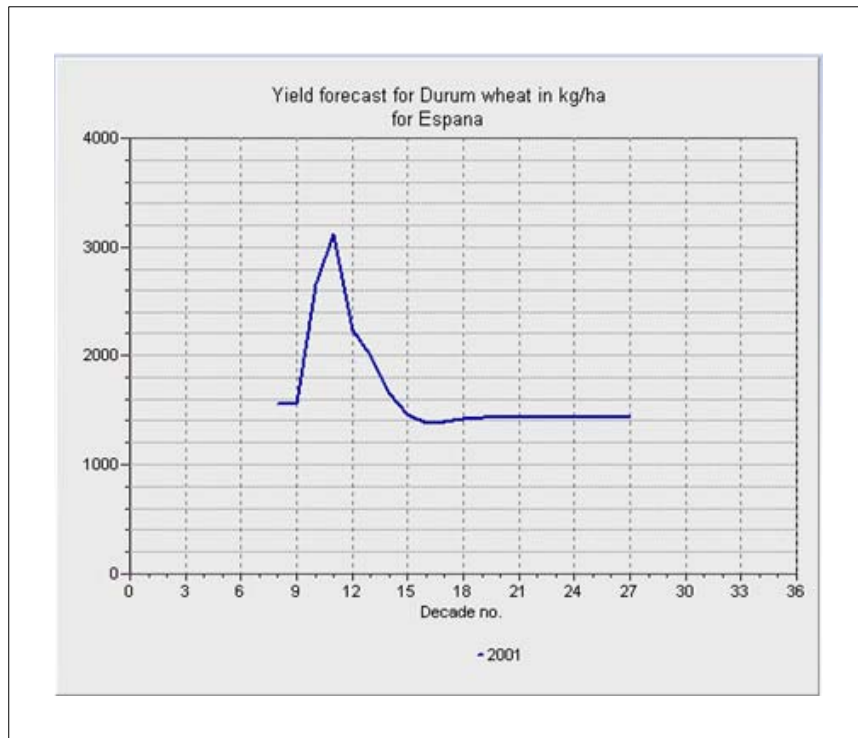
- 축적된 경험이나 어떤 현상에 대한 풍부한 지식에 기초한 인적자원이야말로 수확량 예측에 있어서 아주 중요한 요소라고 할 수 있다. MARS-unit 분석팀의 연구원들은 다른 종류의 여러 예측모델의 결과들 중에서 분석모델에 이용되지 않은 여러 외부정보들을 함께 고려하여 볼 때 가장 적절하게 도출된 결과값을 선택해야만 한다.

- 예를 들어 CGMS분석에 포함되지 않은 부정적인 요소들의 영향에 대한 명백한 징조가 드러날 경우엔 low simulated 된 수확시나리오(시나리오 분석)값이 수확량 예측값으로 채택될 수 있다. 유용한 외부정보들은 농업 간행물, 유럽연합수준에서 각종 기상정보를 제공해 주는 날씨지도 등을 통해서 취득된다.
- MARS 분석팀의 연구원들은 그들의 전문화된 지식과 풍부한 경험을 바탕으로 어떤 모델의 결과값을 공식 수확량 예측값으로 채택할지를 결정한다. 채택된 결과값은 Excel을 통해 문서화되어 저장된다.

#### (7) 결과 및 오차분석과 수확량 예측의 평가

- 각 국가별로 예측된 수확량은 MARS bulletin을 통하여 발간되며, CGMS의 통계 모델을 통하여 계산된 수확량 예측값은 인터넷 (<http://www.marsop.info>)을 통하여 제공된다. 정보 이용자들은 인터넷을 통하여 파종기로부터 시작하여 경작기 중에도 CGMS를 통해 수확량예측이 가능함을 확인해 볼 수 있다.

<그림 50> CGMS분석을 통한 통밀에 대한 경작기 수확량 예측의 예



- Genovese(1998)에 따르면 이상적인 정확성의 수준은 오차확률이 3%미만일 때라고 한다. 6%이하일때 까지도 결과값에 대한 수용이 가능하지만 오차 확률이 6%를 넘어선다면 수확량 예측은 결과값을 수용하는데 심각한 고려를 해 보아야 한다. 이러한 경우에도 MCYFS는 계속하여 예측치를 계산해 낸다. 일반적으로 겨울작목들에 대한 수확량예측은 6월전에 확정되어야하며 여름작목들은 8월전에 완료되어야 한다.

- 시스템 운영의 국제적 평가가 1997년까지의 자료를 이용하여 1998년에 만들어졌다(Genovese, 1998). RMSE 오차는 MCYFS 예측치와 비교하는 오차지표로써 사용되어 왔다. 유럽연합수준에서 주요작물에 대한 수확량예측치의 오차의 범위는 3%에서 5%였다. 일반적으로 수확량 예측은 일반적으로 경작기 초기에는 높은 오차율을 보이고 있으나 수확기에 가까울수록 오차율이 감소하는 현상을 보인다.

#### 마. Bulletin과 Web site를 통한 결과의 보급

- MCYFS의 제 활동들이 생산해내는 결과들은 CD와 책자형태의 Bulletin 및 웹 사이트를 통해 일반에게 보급된다. MCYFS의 다양한 결과들은 다음 표와 같다.
- MCYFS bulletin은 주요작물의 경작기간에 매달 발간되며 이는 유럽연합의 다양한 이용자들 즉, 토지 혹은 농업 정책 입안자, DG Agriculture, EUROSTAT와 각 공공기관들에게 제공된다. 그 주요 내용은 수확량 예측과 MCYFS로부터 생산된 각종 데이터를 종합한 내용이다.



<표 35> MCYFS의 제 활동에 대한 다양한 결과물과 보급방법

결 과	형 식	자료의 보급방법
일일 날씨 데이터가 기입된 grid cell (50m×50km)	데이터	요청서
특정 기간에 축적된 날씨 데이터가 기입된 grid cell(50m×50km)	지도	웹사이트 (www.marsop.info) bulletin (http://mars.jrc.it/stat/bulletin/)
기간별로 EMU 수준에서 축적된 시물레이션한 작물 지표	데이터	요청서
기간별로 날씨 지도 수준에서 축적된 시물레이션한 작물 지표	지도	웹사이트 (www.marsop.info) bulletin (http://mars.jrc.it/stat/bulletin/)
기간별로 다양한 NUTS 지역수준에서 축적된 시물레이션한 작물 지표	데이터	요청서
기간별로 다양한 NUTS 지역수준에서 축적된 시물레이션한 작물 지표	time profile /표	웹사이트 (www.marsop.info)
식생지수	지도	웹사이트 (www.marsop.info) bulletin (http://mars.jrc.it/stat/bulletin/)
작물 수확량 예측	데이터	요청서
작물 수확량 예측(CGMS 통계 보조시스템)	time profile /표	웹사이트 (www.marsop.info)
최종 수확량 예측	표	bulletin (http://mars.jrc.it/stat/bulletin/)

- 보통, bulletin은 현 상황에서 유럽의 농업-기상의 일반적 종합상황 및 특정지역의 상태(예를들면 특정지역이 너무 건조하다거나 너무 습하다는)등을 제공한다. 주요 곡물과 Oil seed에 대한 수확량 예측은 유럽연합의 15개 국가와 중유럽의 여러 나라들에 제공된다.
- 이는 국가나 국가군별로 얼마나 많은 농업-기상 분석이 이루어지느냐에 따라 달라진다. 현재연도와 과거연도 사이의 식생지수의 차이는 지도 시간차 및 각주 등으로 지도위에 표현된다.
- 웹사이트 ([www.marsop.info](http://www.marsop.info))에서는 유럽 및 세계 주요농업 지역에 대한 경작기의 농업현황에 대하여 폭넓고 다양한 정보를 제공하고 있다.
- 이 웹사이트는 지상 관측에 바탕한 날씨와 작물 지수, 원격탐사에 기초한 식생지수 및 예측 수확량 등과 같은 MCYFS의 결과 뿐만 아니라, MARS-FOOD 프로젝트의 각종 결과들도 실시간으로 제공하여 주고 있다. 이 프로젝트는 영연방국과 아프리카 일부지역 및 남아프리카의 일부지역에 대한 정보도 총괄한다.
- 이 웹사이트의 MARS-FOOD 프로젝트부분에서는 NDVI지수 (SPOT-VGT 센서에 기초한), Estimated Dry Matter production (SPT-VGT 로부터 추출된) 및 날씨 시뮬레이션 모델의 결과 등

과 같이 원격탐사 결과물들을 제공하여 준다.

<그림 51> 웹사이트를 통한 NDVI지수 검색 화면

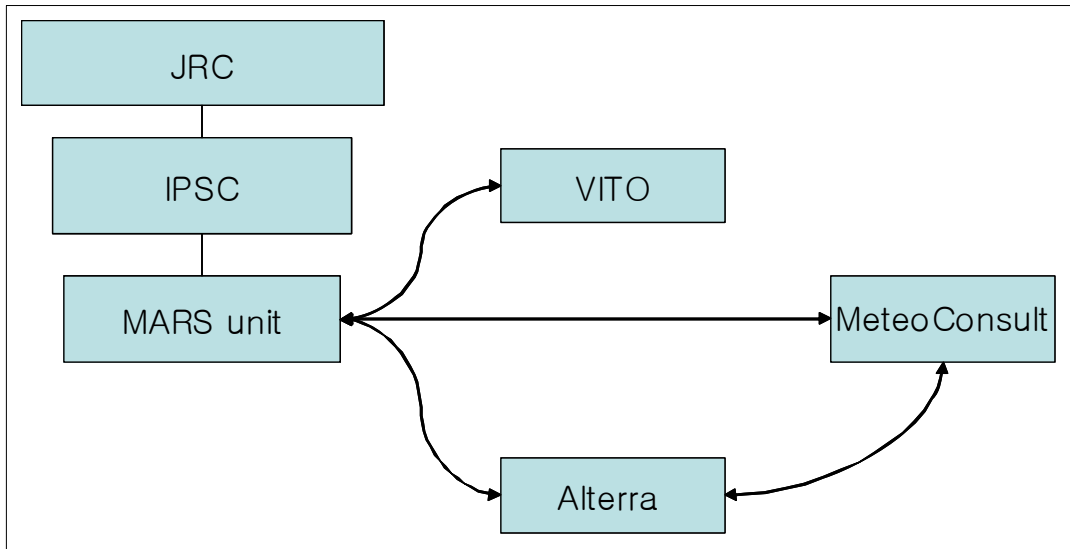


- 그 외의 각종 외부정보들 또한 현 경작기의 상황을 종합하고 분석하는데 사용된다. 이 정보들은 신문, 잡지, 현장 방문, 인터넷, 전문가의 의견 등과 같이 다양한 자원으로부터 획득된다.

## 5. 유럽 사례분석의 요약 및 시사점

- 원격탐사기술을 이용한 유럽의 농업통계생산체계는 다음과 같이 요약된다.

<그림 52> 원격탐사를 이용한 유럽의 농업통계생산 체계



- MARS를 추진하는 이탈리아 소재 JRC(Joint Research Center)는 MARS-STAT 부분에 25명의 전문인력(전문가 20명, 박사 3명, 행정담당관 2명)을 배정하고 있으나 실질적인 업무수행은 아웃소싱하여 운영되고 있다.
  - MARS unit: 각 컨소시엄기관의 관리 감독 및 R & D.간행물 발간 및 웹 사이트 운영.
  - VITO: 저해상도 이미지를 분석하여 NDVI지수 분석, MCYFS 분석
  - Alterra: 매10일을 주기로 CGMS 시뮬레이션 분석, 작황 웹사이트를 통해 분석결과 제공

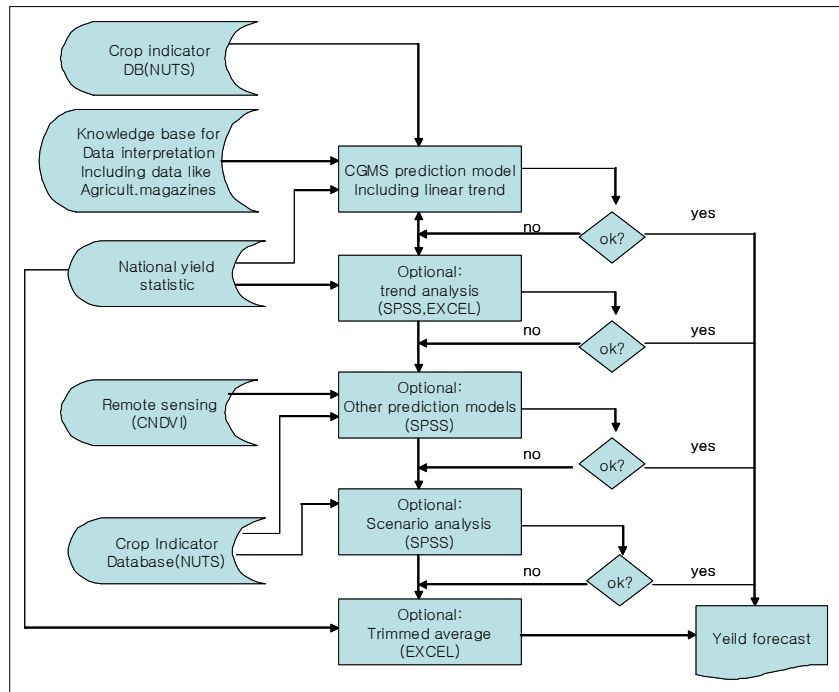
- Meteo Consult: 기상 상황 기록 및 기상지도 작성 웹사이트 및 보고서(bulletin)을 통한 정보 제공
- 국내에서도 유럽의 통계생산체계를 참고하여 관련 기관간의 긴밀한 네트워크를 구축해야 하며 통계산출의 업무수준에 대한 아웃소싱 방안을 고려해야 할 것이다.
- 원격탐사기술을 이용한 유럽의 통계산출 프로그램은 지역별 경작지 측정, 작물 성장 조건 및 수확량 예측, 경작지 및 수확량의 신속한 측정으로 요약된다. 이러한 프로그램의 수행을 위해 활용되는 위성영상의 종류는 다음과 같다.

<표 36> MARS의 이용영상 및 응용분야

운영 내용	MARS project, first phase, 1988-1993	MARS project, second phase, 1994-1998	이용 위성
지역별 경작지 측정	Action 1	Activity A	Landsat-TM (4호기) Spot-XS (2호기)
작물 성장 조건 및 수확량 예측	Action 2	Activity C	NOAA-AVHRR SPOT-VGT (4호기)
수확량 예측 모델	Action 3	Activity C	
경작지 및 수확량변화의 신속한 측정	Action 4	Activity B	Landsat-TM (4호기) Spot-XS (2호기)

- 인공위성자료를 이용한 통계산출방법은 다음과 같이 요약된다. MARS-STAT는 크게 수확량 예측(crop yeild forecast) 부분과 경작지 측정 (crop area estimate field)의 두 부분으로 나눌 수 있다. ACTION2와 ACTION3에 해당하는 MCYFS(수확량 예측시스템)의 통계산출 과정은 다음 그림과 같다.

<그림 53> MCYFS의 통계산출 과정



- MARS 프로젝트의 결과물은 웹 사이트(www.marsop.info) 와 보고서(bulletin)를 통하여 일반인에게 제공된다. 주요 제공내용은 특정기간의 날씨지수의 전처리된 지도, 특정기간동안 시물레이션된 작물지수(crop indicator)의 전처리된 지도, NOAA-AVHRR

및 SPOT-VGT 센서로부터 획득된 전처리된 NDVI지수 지도, 수확기전 주요작물에 대한 예상 수확량 등이며 이러한 통계 공급체계는 국내에서 원격탐사를 응용한 통계서비스를 시작하면서 고려되어야 할 분야이다.

- 통계산출을 위한 주요 장비 및 S/W로는 MCYFS를 운용하기 위해 CGMS(Crop Growth Monitoring System)를 자체적으로 개발하여 활용하고 있으며 CGMS의 모델베이스로서 WOPOST (World Food Studies crop growth model)를 탑재하고 있다. 그 외에 목초지 시뮬레이션용 S/W로 LINGA를 개발하였으며 SPACE (Software for the Processing of AVHRR-images for Communities of Europe)는 AVHRR센서로 촬영된 저해상도 이미지를 보정하여 1.1km<sup>2</sup>해상도(픽셀사이즈)로 mosaics처리하며, MARSOP-APPLICATION S/W는 SPACE의 결과자료를 활용하여 NDVI지수 및 지표면온도 등의 이미지들을 추출해낸다.
- 원격탐사기술을 이용한 유럽전역 통계산출의 핵심부분인 MCYFS, CGMS, WOPOST의 운용 메커니즘에 대한 보다 상세한 해부와 이를 국내에 도입할 수 있는 방안이 지속적으로 연구되어야 할 것으로 판단된다.

## 제 6 장 일본의 농업통계분야 항공우주기술 응용

### 1. 일본의 농업분야 항공우주기술 이용

#### 가. 농업분야에서의 위성 데이터 이용

- 원격 탐사 과학이 발달하면서, 많은 분야에서 사용 되고 있다. 그 정의로서는 「떨어진 곳에서 직접 접촉하지 않고, 대상물을 측량하고, 또한 그 성질을 분석하는 기술」이라고 할 수 있다 (일본 remote sensing 연구회, 1992).
- 광의의 원격 탐사에는, 인공 위성으로부터 지구표면을 관측하는 것으로 부터, 지상 몇 미터상에 설치한 분광 방사계로 발작물의 생육 상태를 진단하는 것까지 포함된다. 여기에서는 인공 위성 및 항공기탑재의 디지털 센서로 관측한 데이터를 대상으로 삼아서 정의 한다.
- 위성 원격 탐사에 있어서의 최대의 특징은 광역성(높은 곳에서 넓은 시야로 보는 것), 순시성(관측 데이터의 균질성), 주기성 (정기적 관측과 변화의 탐지)과 많은 과장성(많은 센서를 가지는 것)이라고 할 수 있다.



- 예를 들면, 대표적인 지구관측 위성의 하나인 Landsat-TM 데이터타를 예로 들면, 180km×180km 이라고 한 광역을 순시에 관측하고 있기 때문에 거의 균질한 데이터를 제공하고, 매 16일에 같은 위치를 되풀이해 관측해서 계절변화나 경년 변화를 확인 할 수 있고, 가시광선으로부터 인간의 눈으로 보이지 않는 적색 외 영역까지 총 7개의 파장에서 관측하여 인간의 눈보다도 많은 정보를 얻을 수 있다.
- 이렇게 관측된 데이터는 디지털 데이터로서 기록되어, GIS 데이터와 같은 데이터 내에서 여러 가지 연산이 가능하다. 국가 수준, 유역 수준에서의 토지이용이나 환경의 변화를 알아 보기 위해서는, 광역을 파악한 시계열의 원격 탐사 데이터가 유용하다는 것은 말할 필요도 없다.
- 위성 데이터가 디지털 정보로서 제공되는 것부터, 데이터를 입력, 해석, 표시, 출력하기 위해서는 컴퓨터가 필수적이다. 최근 컴퓨터의 진보는 현저하고, 10년전의 범용 컴퓨터 이상의 성능을 소유하는 퍼스널 컴퓨터가 출현되고, 게다가 GUI에 뛰어난 OS가 개발되어, 해석 소프트웨어도 충실히 발전해 오고 있다. 퍼스널 컴퓨터가 1대 있으면 해석할 수 있고, 게다가 지리정보 시스템(GIS)으로 조합시키는 것에 의해 심도있는 해석도 할 수 있는 상황이 되어 왔다.
- 여기에서는 이용 가능한 위성 데이터와 앞으로 쏘아 올려지는 위

성의 특징을 언급하는 동시에, 작부 면적이나 수량 등 농업정보  
 별로, 원격 탐사 데이터의 농업분야에서의 연구 개발이나 이용  
 동향에 대하여 대략적으로 살펴본다.

## 나. 농업정보와 위성 센서의 필요요건

### (1) 농업정보

- 농업정보와 원격 탐사가 어떤 관계에 있는가 부터 생각해 볼 필  
 요가 있다. 이 농업정보를 나누는 방법은 분류자의 입장에 의해  
 각각 다르고, 체계적인 분류에 대해서 아직 정설이 없지만, 다음  
 표에서는 필자들의 판단에 의해 정보의 이용 목적별에 따라 농업  
 정보를 6종류(관리, 통계, 환경, 개발 및 보전, 생물자원, 방재)로  
 나누었다.

<표 37> 원격 탐사를 통한 농업정보

항 목	사 용 예
관 리	정밀 농업, 시비 및 관개 관리
통 계	재배 면적 파악, 생산고 예측
환 경	농업 및 지구, 토양 열화, 산성비 등
개발 및 보전	기반 정비, 간척 개간, 농지 보전
생물자원	종자 수집
방 재	재해 방지 및 피해 저감, 홍수 빈발 등

(2) 위성 센서와 농업정보

- 아래의 표에서는 센서를 기능별로 분류하고 기존 및 장래의 위성 센서 이름 및 각 센서별로 추출되는 농업정보와 코멘트를 기술했다. 기술한 센서는 화상 센서만으로 하고 농업분야에서의 이용 실적이 적은 저해상도 센서는 제외했다.

<표 38> 위성 센서와 농업정보

위성 센서		이용 분야	비 고
광학 센서	초고해상도	관측 센서 관리, 개발 및 보전, 방재	데이터 가격이 문제 IKONOS, Early Bird 외
	고해상도	관측 센서 관리, 통계, 환경, 방재운용 계획	SPOT, ALOS/AVNIR2, EOS/ASTER 이외) 다중위성이용으로 고빈도
	고과장해상도	관리, 환경, 생물자원	센서 개발이 필요
	중해상도	생물자원광역감시, 지구환경관측	(NOAA/AVHRR, EOS/MODIS, ADEOS2/GLI 이외)
SAR	단밴드단편과 고정 관측각	통계, 환경	방재과장특성이 중요 (JERS-1, ERS)
	단밴드단편과 가변 관측각	통계, 환경, 방재	고빈도 관측이 가능 (RADASAT)
	단밴드다편과 가변관측각	통계, 환경, 방재	고빈도관측이 가능 (ALOS/PALSAR, ENVISAT/ASAR, LightSAR)
	다밴드 SAR	생물자원	센서 개발이 필요

- 1972년에 처음으로 쏘아 올려진 Landsat-MSS 로부터 지구관측이 시작되었고, 현재는 해상도가 높은 위성 센서 ETM+가 탑재되어 관측하고 있다. 더욱이 날씨에 좌우되지 않는 전천후형의 SAR(Synthetic Aperture Radar)을 탑재한 위성이 쏘아 올려져, 비의 양이 많은 열대나 아시아 몬순 지역 및 구름의 양이 많은 지역에 있어서의 이용이 기대되고 있다.
- 또한 Landsat과 같이 센서를 고정한 위성에서는 회귀 일수의 빈도로 밖에 위성 데이터를 얻을 수밖에 없지만 SPOT과 같이 관측각이 가변인 포인팅 기능을 소유한 위성 센서로부터는 긴급시나 기상에 따른 장소별 관측이 가능해져서, 재해 때의 관측 등에 있어서 관측의 빈도가 비약적으로 증가했다.
- 더욱이, 냉전의 종결과 함께 군사기밀이었던 고해상도 위성 센서 기술의 이용이 일반화 되고, 1미터 해상도의 센서를 탑재한 위성이 발사되어 항공사진에 가까운 화상을 제공할 수 있게 되었다.

### (3) 농업정보와 시간적 · 공간적 스케일

- 앞서의 언급처럼, 위성 데이터를 농작물이나 농업환경에 적용하기 위해서는, 위성 센서가 가지는 시간 · 공간 및 스펙트럼 분해가능 정도가 큰 영향을 끼친다. 다음 표에서 보여주는 것 같이(아키야마, 1994), 재해에 관련되는 항목은 시간 스케일이 짧고, 식생분포

나 토양의 유기물함량 등 그다지 급격하게 변화되지 않는 대상에 대해서는 스케일이 길어지게 된다.

<표 39> 농림업의 모니터링에서 요구되는 시간적·공간적 스케일(아키야마, 1994)

농업 제현상, 시간스케일, 공간스케일	
-	흄더미붕괴·이류·토석류, 10분- 1주일, 50m -500m
-	삼림·초원화재, 30분- 1주일, 100m -1km
-	홍수피해, 30분- 3일, 100m -1km
-	사막 매뚜기에 의한 피해, 1일 - 1주일, 100m -5km
-	병해벌레의 전염, 3일 - 1주일, 50m -1km
-	농경지의 토양수분감시, 3일 - 2주일, 50m -5km
-	농작물의 생육 진단, 1주일 - 1개월, 10m -100m
-	풀 발관리, 1주일 - 1개월, 50m -1km
-	글로벌 식생감시, 1주일 - 1개월, 500m -10km
-	농작물의 광역적 수량예측, 2주일 - 2개월, 50m -500m
-	농작물의 경작면적추정, 1개월 - 3개월, 20m -100m
-	사막화 지대의 감시, 1개월 - 1년, 100m -5km
-	농업적 토지이용 변화, 2개월 - 10년, 50m -500m
-	삼림자원관리, 1년 - 3년, 100m -5km
-	삼림의 벌채 면적의 추정, 1년 - 5년, 50m -1km
-	식생분포의 변화, 3년 - 30년, 100m -1km
-	토양유기물함량의 변화, 5년 - 20년, 100m -1km

- 또한, 공간해상도는 높을 수록 유효하지만, 공간해상도를 높게 하면 관측 범위가 좁아질 수도 있다. 하지만 정밀농업관리에 사용하기 위해서는 보다 높은 공간해상도가 필요하다(이노우에, 1997). 일본과 같은 포장에서 농작물의 생육 상황을 상세하게 파악하기 위해서는 1m 정도의 해상도가 필요하다.

## 다. 각국에서의 원격 탐사에 의한 농업정보 취득의 예

- 인공위성 데이터를 이용해, 조직적인 농작물 생산고의 추정 및 예측을 실시한 예로서 LACIE(LargeArea Crop Inventory Experiment)가 있다. 1970년대 당시만 해도 Landsat-MSS 데이터를 이용하여 세계의 밀의 생산고를 예측한다고 하는 것은 획기적인 것이었다. 당시의 Landsat-MSS은 관측 파장이 4파장, 해상도가 80m로, 작목의 관독과 작부 면적의 추정만이 가능했다.
- 즉, 경작면적에 과거의 수량이나 기상 데이터에 근거하는 회귀 모델을 작성해 추정한 생산성을 곱하는 것으로, 그 지역이나 나라의 생산고를 추정하는 방법이다. 이 방법에 의해 소비에트연방의 밀의 수확량을 빠른 시점에서 추정하였고, 이 정보를 입수한 밀농가가 생산물의 매각 시기나 가격을 감안한 경영을 하였기 때문에, 이는 이후 시카고의 곡물시장에 영향을 주었다고 여겨지고 있다.
- 그 후 LACIE의 성과는 AgRISTARS(Agriculture and Resources Inventory Survey Through Aerospace Remote Sensing)계획으로 이어져 경작면적의 추정뿐만 아니라 한발 등 작물 스트레스의 검출이나 생육 스테이지의 파악을 직접 위성(Landsat/TM)으로부터 파악하는 등의 보다 실용성이 높은 수확량예측 기술의 개발이 시도 되었다.

- 유럽에서는 SPOT위성이 발사되고 나서 MARS(Monitoring Agriculture with Remote Sensing)프로젝트가 실시되고 있어, 현재는 유럽 전체 수준의 작물경작면적과 수확량의 조기추정을 분석하고 있다. 작물의 분포 상황으로부터 지역을 나누고 1사이트의 사이즈를 40km×40km 으로 나누어서 위성 데이터로부터 지역별 분류 및 해석을 실시한다. 1사이트를 적어도 4시기의 위성 데이터(SPOT, Landsat-TM, ERS-1)에서 관측하고, 가장 좋은 시기를 결정하게 된다. 이것을 자동적으로 분류·집계하고, 매 2달마다 농업위원회에 보고하고 있다.
- 추정의 정확성에 있어서 각 주요작물(밀, 옥수수, 고구마, 비트 등)을 몇 퍼센트의 오차내로 추정 할 수 있다고 한다. 이것은 SPOT 위성 데이터를 이용함으로써 인해, 같은 대상지역을 적기에 관측할 수 있는 빈도가 높고, 전형적인 농업지대를 고정밀도의 위성에서 파악하고 있기 때문에 가능하다고 생각된다.
- 농업 분야에 위성 데이터를 채용한 예로써 선진국을 중심으로 다양한 연구가 진행되고 있다. 남북으로 긴 복잡한 지형에서 다품종·소량의 작물을 생산 하고 있는 일본에서 이러한 외국의 기술들을 활용하기 위한 다양한 노력들이 요구된다.

## **라. 일본에 있어서의 농업정보별 원격 탐사 이용의 동향**

- 구미 대륙에 있어서는 농업 분야에 위성 원격 탐사를 채용한 때

우 다양한 성과가 있지만, 동아시아나 동남아시아에서의 농업분야의 성과는 그다지 보이지 않는다. 그 이유로 아시아에서는, 각각의 농가포장이 좁은 부정형이며, 지금까지의 위성 센서로서는 이것들의 상세한 농업정보를 잡을 수가 없다. 또한 아시아 몬순 기후로 인하여, 농작물의 생육 기간 동안인 장마기간에는 우천·운천의 날이 많이 광학 센서에서의 관측이 지극히 곤란하다.

- 예를 들면 Landsat에서 구름의 양20%이하의 화상이 해석되는 확률은, 비교적 맑은 날이 많은 도카치에서 연간 20%, 여름작물의 생육 시기에 한정하면 15%이다(8년간의 관측 데이터의 결과). 관동에서는 각각 25%와 8%, 또한 미나미큐슈에서는 8%와 전무가 된다. 이러한 낮은 취득 확률로 인하여, 기술적으로는 이용가능하지만 이를 안정적으로 이용할 수 없는 원인이 된다.
- 그렇지만 근래에 광학 센서에 있어서 해상도의 향상은 놀랍고, 몇 m의 해상도의 위성 데이터를 이용할 수 있는 시대가 되었다. 해상도의 향상은 관측 폭을 제한하기 때문에, 직하뿐 만 아니라, 빗변을 관측할 수 있는 포인팅 기능을 가지는 센서가 개발되어, 특정 개소에 한정하여 관측 빈도를 비약적으로 증가시키게 되었다.
- 가격의 면으로 문제는 있지만 이 초고해상도 포인팅 관측 센서를 이용하면, 포장마다 작물생육을 몇 일마다 모니터 할 수 있다. 또한, 마이크로파 레이더는, 구름을 통해서도 지표의 정보를 얻을 수 있다. 구름이 있는 날이 많아 수동형인 광학 센서에의 데이터



취득의 기회가 적은 아시아 몬순지역에서는 이 전천후형 센서에 많은 기대를 할 수 있다. 이시즈카 등(2003a)은 항공기탑재의 다파장, 다편파의 SAR 데이터로부터 벼농사의 후방산란 특성을 밝히고, 향후의 유용성에 대해서 말하고 있다.

#### (1) 농업관리

- 농가는 지금까지의 관습이나 정부의 지도나 규제, 개인의 생각이나 사상에 따라 경영 방법이 다르지만, 기본적으로는 수익의 최대가 목표이다. 미국의 대규모농장에서는, 농작물의 생육 파악에 원격 탐사기술에 결부된 GIS를 사용해서 정밀농업을 실천해 고수익에 결부시키고 있다.
- 대규모농지에 GIS를 도입함으로써, 병충해의 피해저감이나 적시의 제초제 및 비료살포, 수량의 증가와 관리 가격 삭감에 의한 증수 이익에 있어서 효율적 경영이 가능해지고 있는 것이 보고되고 있다. 그렇지만 아시아에 있어서는 농업의 수익이 낮고, 농가가 GIS작성에 많은 비용을 투입할 수 없는 상황에 있다.
- 이렇게, 미국의 GIS기술을 일본에 그대로 적용하는 것은 적절하지 않지만, 시읍면 및 농업 협동조합이 지역의 농업을 지도하기 위한 도구로서는 이용되고 있다. 예로써, 홋카이도에서의 맛있는 쌀을 생산하기 위한 위성 데이터 이용 사례가 있다. 쌀의 맛의 지표로서 단백질 함량이 영향을 끼치는데 이 단백 함량을 위성 데

이터(Landsat-TM이나 SPOT 등)로부터 수확전에 직접 추정하고 있다.

- 얻을 수 있었던 단백질 함량 맵으로 부터 품질이 일정해 지도록 수확을 지도하거나, 맛있는 쌀을 생산하고 있는 농가의 기술을 장려 보급하거나, 토양조건이나 배수 조건 등이 불리한 지구를 추출해 토양개량을 설비하는 지침 등의 분야에 이용하고 있다.
- 또한 약 1미터의 해상도에서 관측할 수 있는 고해상도의 상업위성을 사용하여 토양정보, 작물정보를 상세히 분석하고 있다. 지금까지는 광역적인 분포 정보이었지만, 포장내의 생육 정보나 수분의 편차(차이) 등을 읽어낼 수 있게 되고, 지금까지 농가가 경험이나 감에 의지하고 있었던 부분을 과학적·객관적으로 행할 수 있다.
- 고해상도위성 데이터를 이용하여 밭농사 작물의 품목이나 생육스테이지를 추정한 보고가 있어 향후 이용의 확대가 기대된다.
- 홋카이도와 같은 대규모농업지역은 예외로서, 구획의 작은 농지의 정보를 얻기 위해서는, 군사기술전용의 상업위성이나 ALOS에 탑재될 예정의 AVNIR2의 이용이 예측된다. 구름이 있어도 관측할 수 있다고 하는 점에서는 SAR데이터의 이용이 유용하지만, 1밴드 데이터에서의 해석은 곤란하고, 실리용에서는 많은 밴드 SAR의 탑재가 필요하다. 이시즈카 등(2003)은 항공기탑재의 다과장,

다편파의 SAR 데이터로부터의 수도의 후방산란 특성을 밝히고, 향후의 유용성에 대해서 말하고 있다.

## (2) 농업통계

- 여러 나라의 해석에도 있듯이 작부 작물의 판독과 경작면적의 파악은 원격 탐사의 가장 핵심이라고 하는 분야다. 또한 작물진단, 품질평가, 재배 관리, 수량추정이나 예측을 행하기 위해서는 전단계로서 대상작물을 정확하게 추출할 필요가 있기 때문에 기본적인 해석 항목이기도 하다.
- 홋카이도 도카치 지역의 밭농사지대를 대상으로 2시기의 Landsat-TM을 이용해 작부 분류를 실시한 결과 80%이상의 분류 정밀도가 보고되어 있다(후쿠하라 등 1998). 게다가 동지역에 4시기의 Landsat-TM 을 쓰면, 90%이상의 정밀도로 분류가 가능하다(오카노 등 1993).
- 작물통계 정보의 목적은, 각각의 작물의 경작면적과 그 생육 상황의 파악에 의해 단위면적 추정을 행하고, 면적과 단위면적 생산성을 곱하여 수확량을 추정·예측하는 것이다. 농작물수확량예측을 원격 탐사기술에 의해 실시하려고 하면, 원격 탐사 데이터에 의해 작물의 재배 면적관측의 파악은 가능하지만, 단위면적수량의 예측에는 원격 탐사 데이터만으로는 부족하다.

- 기상 데이터와 작물성장예의 상관관계에 의해 기상 관측 데이터를 작물성장 모델에 입력함으로써 작물의 생육정도를 추정할 수 있다(이노우에 2001). 일본에서는 원격 탐사를 사용하지 않고 지상조사 데이터만으로 수확량 예측을 실시해왔다. 작물의 재배 면적은 원격탐사 데이터를 활용하고 논을 중심으로 실용화를 목표로 해 검토되어 있다. 향후엔 기존의 Landsat 및 RADARSAT을 비롯하여 ALOS/AVNIR2 및 PALSAR을 이용하여서 농작물의 재배 면적조사를 원격 탐사기술로 전환하는 방향을 모색하고 있다.
- 또한 시즈카 외(2003)는 SAR 데이터의 하나인 RADARSAT 데이터를 이용하여 논외 경작면적을 고정밀도로 추정할 수 있다고 보고하고 있다. 이 방법은 모내기후의 벼인 생육 초기의 데이터를 이용하기 때문에 모내기 기간이 짧은 동쪽~북쪽 일본이나 동해 측에서 유용하다.
- 개발도상국에 있어서는 조사 데이터가 절대적으로 부족하다. 향후의 수량과작·예측데이터 등의 작물정보관리는 GIS를 기반으로 해서 지상조사 데이터·원격 탐사 데이터·기상 데이터를 유용하게 이용하고, 예측 모델을 구축해 실시하는 전체적인 시스템을 생각해 볼 필요가 있다.

### (3) 농업 및 지구환경 정보

- 지구온난화를 중심으로 한 오존층 파괴, 사막화, 산성비 등의 문제는 농업 분야에 있어서 많은 영향을 미치고 있다. 농업개발을 위한 삼림벌채는 대기 중의 이산화탄소의 증가를 초래하고 논농사는 메탄가스의 발생원인이 된다고 한다.
- 하지만 논은 수분배양 기능을 소유하고, 지하수보전이나 사막화 방지에 도움이 될 경우가 많다. 더욱이 산성비의 산이나 오존층 파괴에 의한 자외선 양의 증가는, 농작물의 수량감소를 초래한다.
- 이 때문에 지구규모에서의 농업환경을 모니터링 할 필요가 있고, 따라서 중간해상도·고빈도 관측 센서에 의한 원격 탐사기술이 매우 중요하다. 한편, 정확한 실상파악이나 원인 구명을 위해서는 고해상도 센서의 이용이 필요하다.
- 이 분야들은 향후 발전가능하다고 생각된다. 농업환경기술연구소에서 수마트라섬을 예로 들어 토지피복 상태와 그 변화(삼림벌채 등)로부터 메탄가스 등의 지구온난화 가스 발생량과 경년 변화를 추정한 보고서가 있다. 또한 원격 탐사는 지구전체 수준의 탄소 수지의 추정, 사막화나 토지황폐의 모니터링 등에도 유효한 수단이다.

<표 40> 원격 탐사를 이용한 국제협력사업단 관련 해외농업 안전

국 명, 연 차, 내 용

- 북 예멘, 1979, Haja 지역 농업 개발 계획
- 브라질, 1980-1983, 브라질 농업 연구 프로젝트
- 오멘, 1981, Wajiji 유역 농업 개발 실시 조사
- 파라과이, 1981-1982, Ypoa 코호쿠동 지역 농업 개발 계획
- 탄자니아, 1982, Nkoma칼짜기 농업 관개 계획 실시 조사
- 파라과이, 1982-1985, Yacyret 댐 인접지구 종합 농업 개발 계획
- 오멘, 1982-1985, Batinah 해안 지역 수자원 조사
- 인도네시아, 1982-1986, 농업 개발 원격 탐사 계획
- 인도네시아, 1983, 북Banten 수자원 개발 기초 조사
- 타이, 1983, 토호쿠 타이 남부 지구중 규모 관개 실시 조사
- 이집트, 1983, 북이집트 북Hosailiya 남Port Said 지구농개실시 조사
- 중국, 1983, Sanjiang 평원 농업 개발 조사
- 중국, 1983, Sanjiang 평원 농작물 생육 조사
- 인도네시아, 1984, Sahan강 하류 농업 개발 기본계획
- 네팔, 1984, Kosi 카와치구 LANDSAT 데이터 해석
- 파라과이, 1985-1986, Itapua현 농작물 증산계획 조사
- 케냐, 1985-1986, Victoria호수 주변 지구 종합개발계획 조사
- 서아프리카 9국, 1985-1989, Niger강유역 종합 농업 개발 실시 조사
- 타이, 1986, 토호쿠 타이 농업 개발 연구 계획
- 짐바브웨, 1986, Masvingo현중 규모 관개 실시 조사
- 콜롬비아, 1987, Quindio 유역 종합 농업 개발 계획 실시 조사
- 중국, 1987, Kansu 지구 축산 농업 개발 계획
- 니제르, 1987, Oullam 지구 농업 개발 계획
- 잠비아, 1987, 잠비아 적정 농업 조사
- 아르헨티나, 1988, Yacyret 댐 인접지구 종합 농업 개발 계획 조사
- 오멘, 1989, 농업 개발 마스터 계획
- 인도네시아, 1988-1993, 제2기 농업 개발 원격 탐사 계획
- 필리핀, 1990-1994, 필리핀 토양 연구개발 센터 계획
- 인도네시아, 1990, Nias섬관개 농업 개발 프로젝트
- 인도네시아, 1990, Rokan천전유역 관개 개발 계획 조사
- 중국, 1990, Liao Ho델타 Liaoning Sheng 지구 농업 종합개발계획 조사
- 모로코, 1991, Ouerga강유역의 LANDSAT 데이터에 의한 토지 피복 해석
- 파라과이, 1991, Loa Chaco 지구 농업 축산 종합개발계획
- 중국, 1991, 니시나카국 지구 농업 개발 조사
- 서아프리카 9국, 1991-1996, 서아프리카 사막화 방지 기초 조사, 농림 복합 개발계획
- 타이, 1993-1994, 남부 타이 농지 복구·보호 프로젝트
- 멕시코, 1994, Jalisco 해안 지역의 농업 축산 농촌 개발 LANDSAT 데이터 해석
- 몽고, 1994, 중앙 몽고 농업·축산업 개발 계획
- 마리·니제르, 1994, Niger 강 기습기습 농지 조사
- 베트남, 1995, Dong Nai강유역 수원 개발 프로젝트

#### (4) 농지개발 및 보전 정보

- 농지개발 및 농지보전을 위한 농업토목정보는, 토지평가를 위한 각각의 주제도가 종합화된 평가도이며, 이는 모두 전형적인 지리정보다. 이 분야에서, 개발도상국의 요청으로 행하여진 농업개발 적지선정의 프로젝트에 있어서 원격 탐사기술과 GIS를 이용하고 있다.
- 이를 통해 일본의 농업관련 원격 탐사 및 GIS의 이용이 촉진되었다고도 말할 수 있다. 이 예로서는, 인도네시아 농업개발 원격 탐사 프로그램으로 농업개발 적지선정을 행한 것이나 필리핀 토양연구 개발 센터 프로그램으로 토양의 특성평가 등이 있다. 또한 토양 침식량의 추정이나 침식 땅의 검출등도 보고되어 있다.
- 농지개발이나 농업기반정비를 위한 정보에 관한 원격 탐사이용은 민간회사에서 널리 행하여져 그 해석 대상 지역은 전 세계에 분포되고 있으며 실제로 원격 탐사기술이 이용된 분야이다(사이트 1993).

#### (5) 생물자원정보

- 농업분야에 있어서는 생물공학의 진보에 수반해 유전 자원탐사의 필요성이 급속히 인식되었다. 식물의 분포 상황을 원격 탐사기술에 의해 파악하고 유전 자원탐사 때문에 이용하는 것을 제도화

하는 것이 장려되고 있다.

- 이를 위해서는 중해상도로부터 초고해상도의 데이터를 필요로 한다. 또한, 생물자원의 계절적 특징을 이용하고 해석하기 위해서는 적어도 계절마다 시계열 데이터를 필요로 한다. 더욱 스펙트럼 특성을 이용할 경우는 높은 파장 해상도(하이퍼 스펙트럼)센서 데이터, 형상적 특성을 이용할 경우는 멀티 밴드 SRA데이터의 이용이 요구된다.

#### (6) 방재정보

- 자연 재해를 인간을 막을 수 있을 것인가라고 하는 점에서, 사실 농업분야에 있어서도 방재라고 하는 언어는 적절하지 않다. 그러나 방재가 일본어에 있어서 자연 재해의 피해저감이라고 하는 의미도 포함시키고 있기에 관용어로서 방재라는 단어를 사용한다. 인명에 관한 재해에의 방재에 있어서 사람의 목숨을 가장 중요시하고 있는 현대사회에서는 많은 비용을 투입하는 것이 가능하다. 그러나 농업재해에서는 방재에 걸리는 비용은 추정되는 농업재해 저감 효과의 피해액을 초과할 수 없다.
- 화산의 분화나 지진 등에 대한 위성 데이터가 이용됨으로써 그 중요성이 증가하고 있다. 과거에도 한발 피해나 냉해의 해석에 위성 데이터를 사용하여 그 유효성이 드러난 바 있다. 그러나 광학 센서에서는 냉해년과 같이 취득하는 기회가 한정되는 경우가



있어, 최적인 시기의 데이터를 이용한 해석이 곤란할 경우가 많은데 이 경우도 전천후형의 위성 데이터를 이용할 필요가 있다.

## 2. 일본의 농업통계생산체계와 항공우주기술

### 가. 일본의 농업통계체계와 원격탐사 적용

- 일본의 농업통계생산 및 보급은 농림수산성 산하의 통계부가 담당하고 있다. 그 중에서 농업통계의 생산에 있어서 항공우주기술의 응용을 추진하고 있는 부서와 담당업무는 다음과 같다.
- 통계기획과 : 농림수산성이 행하는 조사의 기획·설계, 실시의 종합 조정과, 조사 결과의 공표, 광고 보급 등의 통계부 전체에 관계되는 업무 수행. 통계기획과의 하위 부서중에서 조사 개선반이 주요 역할을 담당.
- 시스템 관리실 : 농림수산성 공동 이용 전자 계산기, 농림수산통계 정보종합 데이터베이스 및 통계 조사의 집계에 관한 시스템의 운영 관리 등의 업무를 수행. 시스템 관리실의 하위 부서중에서 시스템 이용 기술반이 주요 역할을 담당.
- 생산 유통 소비 통계과 : 경지 및 농작물의 재배 면적, 농림수산물 생산에 관한 통계 조사 등의 업무를 수행. 생산 유통 소비 통계과의 하위 부서중에서 면적통계반이 주요 역할을 담당.

- 농림수산성 통계부를 주축으로 하여 각 지자체별로 별도의 통계 사무소를 운영하고 있으며 사무소별로 예산을 확보하고 항공우주 기술의 통계생산업무 활용을 위한 자체 연구를 수행하고 있음.
  - 北海道統計・情報事務所(홋카이도 통계 정보 사무소)
  - 東北農政國統計部(토호쿠 농정국 통계부)
  - 關東農政局統計部(관동 농정국 통계부)
  - 北陸農政局統計部(호쿠리쿠 농정국 통계부)
  - 東海農政局統計部(토카이 농정국 통계부)
  - 近畿農政局統計部(킨키 농정국 통계부)
  - 中國四國農政局統計部(쥬고쿠 시코쿠 농정국 통계부)
  - 九州農政局統計部(큐슈 농정국 통계부)
  - 沖縄総合事務局農林水産部(오키나와 종합 사무국 농림수산부)
  
- 일본의 농업통계에 있어서의 원격탐사기술의 활용은 주로 경지면 적의 파악과 재배면적통계 조사에 있어서의 실용화를 염두에 두고 1995년도부터 개발 연구가 진척되어 오고 있다.
  
- 그러나 현 단계에 있어서는 실용화를 실행하기에는 관련연구가 부족하고 해결되지 않고 있는 과제가 많아 실용화에는 이르지 못하고 있는 실정이다.
  
- 일본에서 항공우주기술을 활용한 농업통계산출의 애로점은 다음과 같이 지적된다.
  - 미국 등 선진국과 달리 농장의 규모가 상대적으로 작고 산간부

- 등이 뒤얽혀 있어 지형이 복잡한 장소가 많다는 점
- 일본은 세계의 다른 지역에 비교해서 대기에 구름이 걸려 있는 비율이 높다는 점. 따라서 완벽한 위성데이터의 취득이 어렵다는 점.
  - 현재 일본의 우주항공기술수준을 고려할 때 외국의 고해상도 위성 화상을 이용할 경우 해외의 위성에 대한 의존도 문제와 고액의 경비가 소요된다는 점.
- 따라서 일본의 경우 농림수산성 통계부를 주축으로 지속적인 개발연구를 진행하고 있으며 개발 연구의 성과를 근거로 조만간에 마무리되는 국산위성의 데이터를 활용한 실용화 연구에 박차를 가하고 있는 상황이다.
  - 농림수산성과 함께 관련 사업을 진행하고 있는 주요 관련기관은 다음과 같다. 먼저 농림수산성과 일본전역의 항공우주기술개발을 주도하고 있는 우주항공연구개발기구 (Japan Aerospace Exploration Agency : JAXA)<sup>11)</sup>는 「ALOS 위성의 데이터를 이용한 수도작 면적의 계산」이라는 주제로 공동연구를 지속적으로 진행하고 있다.
  - 연구의 주요내용으로는 수도작의 광역적인 모니터링, 조사원을 활용하지 않고도 균질한 해석이 가능한 위성영상활용, 쌀 재배면적

---

11) 2003년 10월에 항공우주기술연구소(NAL), 우주과학연구소(ISAS), 우주개발사업단(NASDA)이 통합되어 우주항공연구개발기구(JAXA)로 명명됨.

과약을 위한 기법연구 등을 포함한다. 농림수산성이 발표한 수도경작면적 통계값과 위성영상을 통해 산출된 값을 비교·검토하여 방법론의 정확성을 평가하고 문제점을 보완해 나간다. 연구에서 제시된 결과를 예시하면 다음과 같다.

<표 41> ALOS데이터를 이용한 수도경작면적의 계산 결과

시읍면	수전규모	통계값에 대한 해석값의 백분률(%) <sup>12)</sup>		
	연차	1994	1997	1998
아오모리현 키타쓰가루군 가나키마치	소규모	100.18	105.93	105.61
아오모리현 고쇼가와라시	소규모	93.61	90.25	90.33
아오모리현 히로사키시	소규모	89.08	106.4	91.78
아오모리현 니시쓰가루군 아지가사와정	소규모	70.52	90.35	105.05
아오모리현 니시쓰가루군 이나가키무라	대규모	95.37	96.26	95.68
아오모리현 니시쓰가루군 기즈쿠리마치	대규모	102.81	96.70	100.32

- 다음으로 30년의 역사를 가진 재단법인 원격탐사기술센터 (Remote Sensing Technology Center : RESTEC)가 일본농림수산성과 함께 다수의 관련 연구를 수행하고 있다.

12) 통계값을 100이라고 했을 때 위성데이터에 의한 해석값의 비율

- 농림수산성 산하기관으로는 쓰쿠바시에 위치한 독립 행정법인 농업환경기술연구소(農業環境技術研究所)가 많은 관련 연구 및 행정지원을 담당하고 있다.
- 일본의 지방자치단체 중에서는 홋카이도(北海道) 농업연구센터가 항공우주기술을 농업 전반 및 통계부분에 응용하는 연구가 매우 활발하다. 실제로 홋카이도립 중앙농업시험장(北海道立 中央農業試驗場)에서는 일본 소비자들의 고품질 쌀 수요를 만족시키기 위해 인공위성을 통한 단백질 함량과약과 이를 통해 적정의 추수기를 파악하는 사업을 진행하고 있다.
- 농림수산성에서는 우주항공기술의 농업분야 도입을 위해 위성 remote sensing 워크숍을 지속적으로 개최하고 있으며 이를 통해 각 분야별 전문가들과의 활발한 의견교류와 실용화를 시도하고 있다.
- 일본 농림수산성이 진행하고 있는 농업분야 지구관측위성이용 연구현황은 다음과 같다.

<표 42> 농업분야 지구관측위성이용 연구 현황

연구과제 명	개발 시스템명	담당기관	활용위성명
토지 피복 분류, 수도 작부 면적 추정, 토지 이용·피복 변화 검출, 중국 북부 반건조지역을 대상으로 한 초원 분포 및 바이오매스(biomass)량의 조사	원격탐사해석시스템, 지리정보해석시스템 (TNTmips)	농업환경기술 연구소	LANDSAT
수도 작부 면적 추정, 토지 이용·피복 변화 검출	원격탐사해석시스템	농업환경기술 연구소	RADARSAT
농작물 작부 판정, 토지 이용 판정	원격탐사해석시스템	농업환경기술 연구소	TERRA
	RS면적구적시스템	농업환경기술 연구소	SPOT-4
식물 바이오매스(biomass) 추정, 토지 이용·피복 변화 검출	농림수산위성 화상데이터베이스시스템	농업환경기술 연구소	NOAA-POES
인공위성 화상에 근거하는 식생·토지 이용 분류 및 지표면 온도 측정	수도생산조정 현지 확인 간략화 시스템	농업·생물계 특정 산업기술 연구 기구 (킨키 추고쿠 시코쿠 농업연구센터)	LANDSAT NOAA IKONOS
밀 생육 조만간에 판정을 실시해 수확 건조 작업의 효율화	위성화상해석시스템	농업·생물계 특정 산업기술 연구 기구 (홋카이도 농업연구센터)	SPOT
면적 조사 등을 위한 고도 위성 화상 정보처리 기술에 관한 개발 연구	RS면적구적시스템	농림수산성 대신관방 통계부	SPOT-5

- 일본은 원격탐사기술의 농업분야활용에 대한 저변을 확대하고 문제점들을 공개적으로 토론하기 위해 「농림수산 remote sensing 심포지엄」을 매년 개최하고 있다.
- 최근 2004년에 개최된 심포지엄의 내용은 다음과 같다.
  - 제1부 위성관측 30년의 발걸음과 장래 전망 : remote sensing 연구의 요람·발전(캐나다 빅토리아 대학), 해양 remote sensing의 발전 과정과 현상(타이츄라론콘 대학), remote sensing 이론과 응용(동경 정보대학), remote sensing 데이터의 국제규격화(파스코), remote sensing의 발걸음과 장래(시바우라 공업대학)
  - 제2부 액티브 데이터베이스의 구축과 이용 : 디지털 어스와 데지탈아지아넷토와쿠(게이오 의숙대학), 농림수산연구 위성화상 데이터베이스(SIDaB)(농림수산연구 계산 센터), 쓰쿠바WAN(농림수산연구 계산 센터)
  - 제3부 기존 및 신규위성 데이터 이용 : ALOS/AVNIR2와 PALSAR(히로시 항공연구 개발 기구), ASTER에의 발걸음과 앞으로의 지구관측(자원·환경관측 해석 센터), ADEOS-II/GLI(우주항공연구 개발 기구), MODIS(농림수산연구 계산 센터)
  - 제4부 농업분야에서의 remote sensing 이용 : 수전면적의 파악(농업환경기술연구소), 홋카이도에서의 벼·밀의 품질관리(홋카이도립 키타미 농업시험장), 황폐 수전의 파악(히로시마현립 농업기술 센터), 밭작물의 작부와 생육 파악(치바 대학), 야채의 작부와 생육(NTT 데이터)
  - 실습 : 위성화상 데이터베이스(SIDaB) 세미나

## 나. 일본의 농업분야 위성영상 관리체계 : SIDaB

- 일본에서 농업분야에 다양한 원격탐사 연구가 진행되고 있지만 응용 기술 개발에 반드시 필요한 데이터 입수가 곤란하고 기기나 해석용 소프트웨어가 고가격이며 이용 방법을 모르는 등 다양한 문제가 발생하고 있다.
- 이에 일본의 농림수산연구계산센터에서는 연구자가 간단하고 쉽게 위성 화상을 입수할 수 있는 시스템 즉 「농림수산 위성화상 데이터베이스 시스템 SIDaB(Satellite Image Database System in AFF)」를 구축해 2000년 7월부터 상용화 하고 있다.

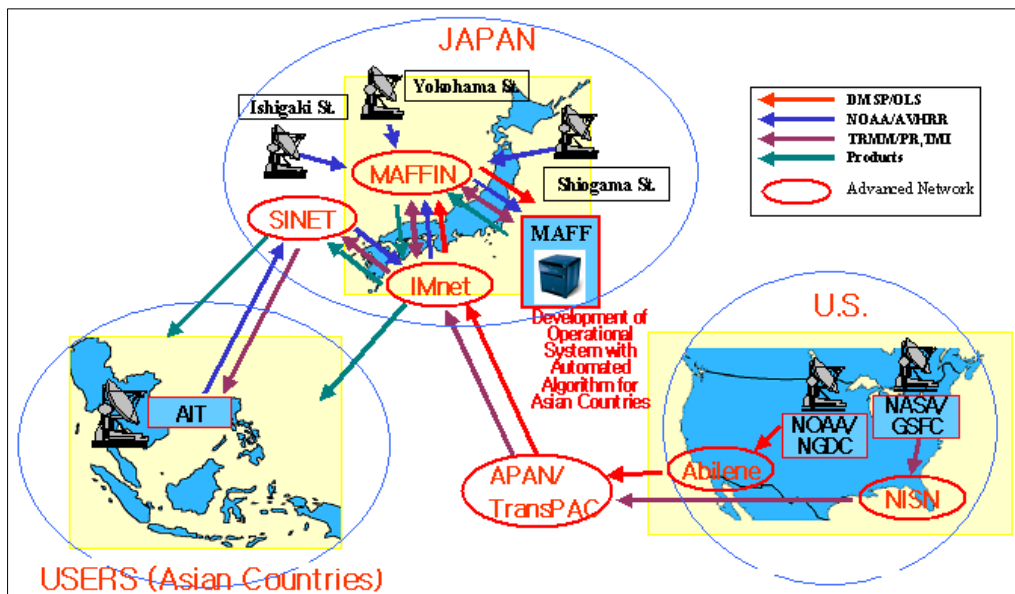
<그림 54> 일본의 농림수산 위성화상 데이터베이스 시스템 SIDaB





- SIDaB 시스템의 개요는 MODIS, NOAA, DMSP, GMS 등 범용성의 높은 지구 관측위성 데이터를 축적해 화상의 오더를 받아들여 제공하는 것이며 네트워크를 통해 데이터를 송수신 하고자 하는 유저들을 연결시키는 데 목적이 있다.

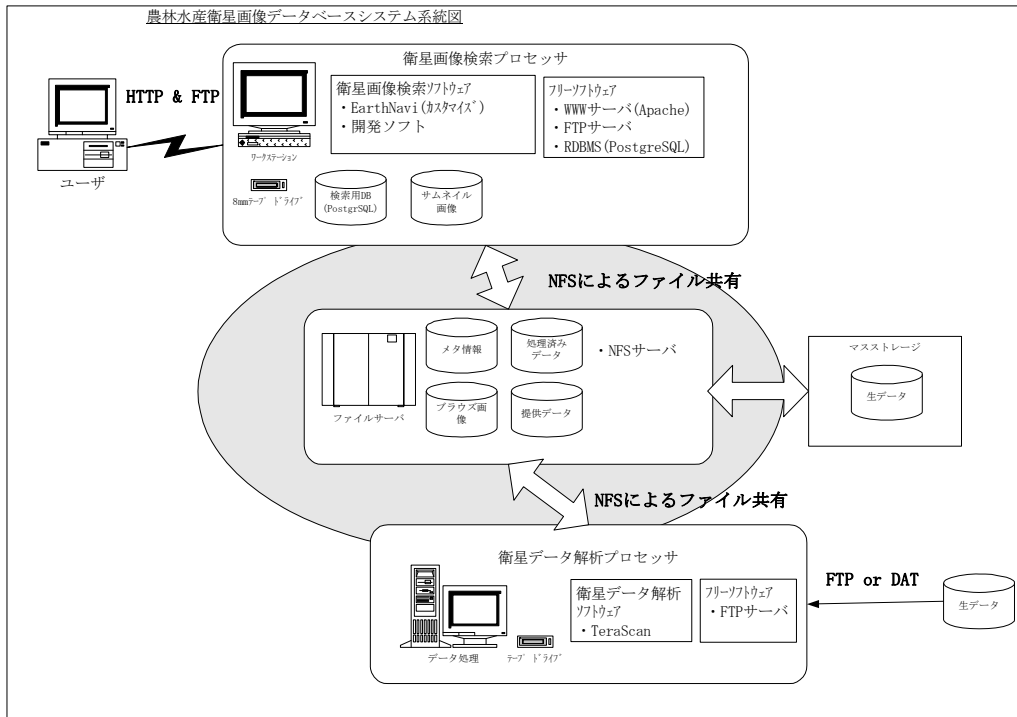
<그림 55> SIDaB의 위성자료 송수신 네트워크



- SIDaB를 통해 데이터를 활용하고 있는 기관은 농림 수산 관계 시험연구기관 뿐만 아니라 농림 수산업 종사자, 행정·보급기관, 환경·방재 관계 연구기관 혹은 아시아 태평양 지역을 시작으로 전 세계가 대상이며 현재 데이터를 무료로 제공하고 있다
- SIDaB의 운영에 사용되는 하드웨어와 소프트웨어는 다음과 같다.

- 데이터처리 Hardware : Fujitsu GP7000 Smodel25, Software : TeraScan Software V3.0
- 데이터 검색 Hardware : Fujitsu GP7000 Fmodel400R, Software : EarthNavi(custom), IDL, DMSP/OLS 화재검출 소프트웨어
- 화상해석 Hardware : Origin2000, O2x2, Software : AVS, IDL, Envi, OrbitViewer

<그림 56> SIDaB의 시스템 구성



### 3. 일본의 농업통계분야 위성데이터 이용 사례 : 위성데이터와 GIS를 이용한 수전도 작성

- 다음으로 홋카이도립 중앙농업시험장의 생산시스템부 수전농업과에서 연구된 위성데이터와 GIS를 이용한 수전도 작성의 내용을 통해 일본의 농업통계분야 위성데이터 이용사례 중 벼 재배면적의 파악에 대한 내용을 정리하면 다음과 같다.
- 먼저 이 연구의 핵심내용을 간략하게 요약하면 remote sensing 기술과 지리정보 시스템(GIS)을 조합시킨 수전도의 작성 방법에 대해서 검토하였다. 수전의 판별에는 벼의 생육량이 적은 5월 하순으로부터 6월 하순에 촬영된 위성 데이터가 가장 적합하다. 또한 판별 정밀도는 관측 파장에 '중적색 외'를 이용함으로써 향상되었다. 위성 데이터와 GIS를 조합시킴으로써 대상지역의 수전을 99.6%의 정밀도로 판별할 수 있었다.
- 홋카이도의 수도경작면적은 1969년의 26만ha에 이르기까지 계속적으로 증가하였다. 그러나 그 이후 쌀의 생산조정정책에 의해 경작면적을 줄이기 시작하여 2002년에는 12만ha로 그 면적이 감소했다.
- 벼농사를 짓는 지역에서는 생산기반이 되는 농지를 앞으로 어떻게 더 효율적으로 이용할 것인가가 중요한 과제이며 이를 위한

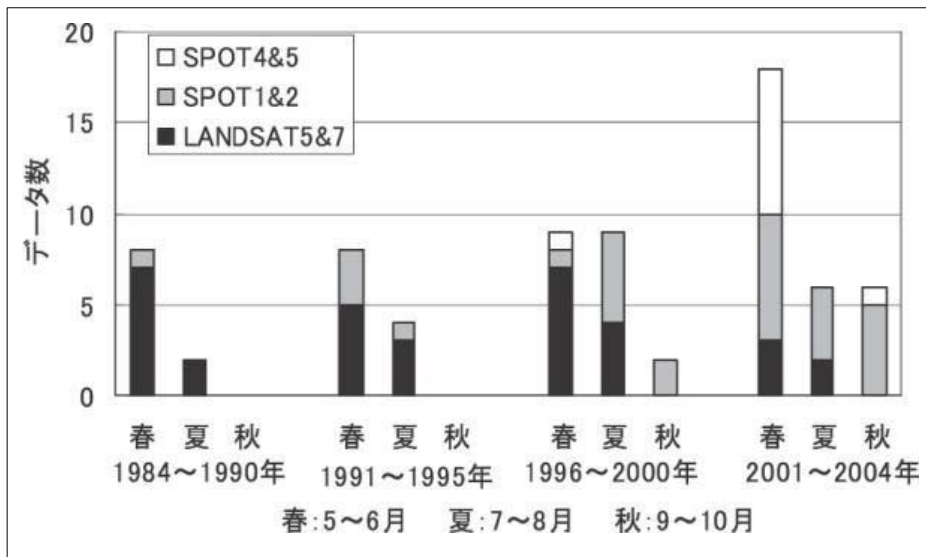
노력이 요구되고 있다. 이러한 현실에서, 본 시험에서는 농업현장에 있어서 지리정보 시스템(GIS)의 활용을 촉진하고, 농지의 효율적인 이용을 촉진하기 위해서 위성 remote sensing에 의한 수전판별과 GIS를 조합시킨 정밀한 수전도의 작성법에 대해서 검토했다.

- 대상지역은 카미카와 지청관내 후우렌쵸 지역이다. 이 지역은 테시오천과 후우렌별천 그리고 테시오강에 인접하여 충적평야와 홍적대지로 이루어지는 비교적 평탄한 지형에 위치하고 농경지의 대부분은 배수 불량토양이 널리 분포되고 있다.
- 대상지역을 관할하는 토지 개량과에서 포장구획도와 농지정보를 입수하고, 이것들을 polygon과 그 속성 데이터로 변환하여 GIS를 구축했다. 동시에 작성한 수전도의 검증을 행하기 위해서 후우렌쵸지역의 2001년, 2002 및 2003년도의 전환 발농사 붙임도를 이용해 비교하였다.
- 토양도의 작성을 위해서 지력보전 조사에 관한 digital data 베이스(일본 토양협회)를 입수하여 GIS에서 이용할 수 있는 파일로 변환을 하였다. 그 밖의 디지털 정보로는 국토지리원이 발행하고 있는 수치지도25,000(지도화상), 지도화상50,000(지도화상) 및 수치지도25,000(시읍면계)을 이용했다.
- 1984 년으로부터 2003년까지 대상지역이 관측된 데이터 중에서 5

월 하순으로부터 6월 하순에 촬영된 것을 입수하여 사용하였다. 한편 사용한 위성 데이터의 일부는 우주항공연구개발기구(JAXA) 위성 remote sensing 추진위원회로부터 데이터를 제공 받았다.

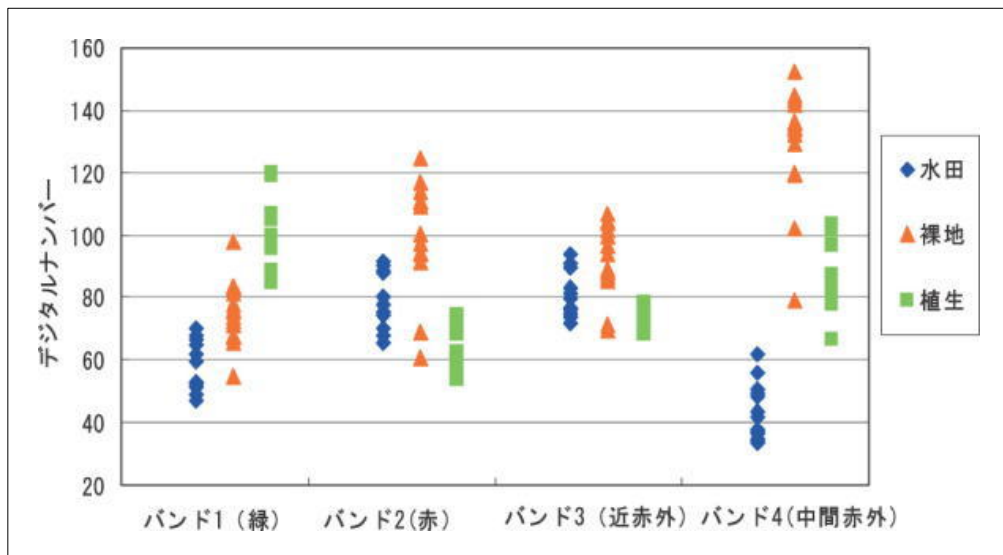
- 수전을 판별하기 위해서 쓰는 위성 데이터에 대해서 검토하면 다음과 같다.
- JAXA 및 SPOT IMAGE회사의 검색 사이트에서 대상지역이 관측된 위성 데이터를 1년 단위 및 계절별로 집계한 결과 위성 데이터의 취득 기회는 봄이 안정해서 높았다. 특히 5월 하순으로부터 6월 하순은 벼의 재배지역이 수전상태에 있어 수전의 판별이 용이했다.

<그림 57> 위성 데이터의 시기별 취득 빈도



- 2003년 6월 8일에 SPOT 5호가 촬영한 데이터를 이용하여 다음 3가지의 토지피복에 대해서 광학적 반사특성을 검토했다. 1:수전 상태(이하 「수전」), 2: 파종이 된 상태(이하 「파종」), 3:식생이 주된 피복이 되어 있는 상태(이하 「식생」).
- 그 결과 수전은 중적색 파장의 반사가 특징적으로 낮았다. 또한 중적색 파장을 채용하지 않는 3밴드(초록, 적색, 근적색 외)로 수전판별을 했을 때 회색저지흙의 판별율은 중적색 파장을 썼을 때와 거의 동등했지만, 토탄흙에서는 중적색 파장을 채용했을 때의 80%에 상당하는 포장이 과잉 판별되어 판별의 정밀도를 저하했다. 이러한 결과에 의해 수전판별에는 중적색 파장을 이용하는 것이 좋다는 결과가 도출되었다.

<그림 58> 수전의 광학적 반사특성 : SPOT 5호(2003.6.8)



<표 43> 중적색 이외 밴드의 유무에 의한  
수전판별의 정밀도

中間赤外	灰色低地土		泥炭土	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)
有り	758.5	(100)	353.0	(100)
無し	765.8	(101)	634.4	(180)

SPOT5号(2003. 6. 8)のデータより推定した水田面積

- 수전도의 작성 플로우를 따라 2001 년으로부터 2003년에 촬영된 위성 데이터와 포장구획도를 사용하여 수전도를 작성했다.

<그림 59> 위성 데이터와 GIS를 이용한 수전도의 작성  
플로우



- 그 결과 해상도 30m인 LANDSAT 7호에서는 2002년의 수도재배 면적 978.6ha에 대하여 936.12ha(면적을 95.7%)를 수전이라고 판

별했다. 전환발농사부도와 비교하면 일치한 포장면적은 855.0ha이며, 그 일치정밀도는 면적율을 기준에서 87.4%보다 낮은 수준이었다. 또한 오판별 된 포장은 면적율을 기준으로 약20%였다.

- 2002년의 SPOT 4호(해상도20m)에서는 면적율을 기준으로 98.2%의 포장이 수전이라고 판별되어, 그 일치 정밀도는 95.2%에 이상이었다. 오판별 된 포장의 면적율도 7.8%로 감소했다.
- 더욱 높은 해상도인 10m 해상도의 SPOT5호에서는 2003년의 수도경작면적 957.5ha에 대하여 956.1ha(면적율 99.9%)의 지역을 수전이라고 판별하였다.
- 그 일치 정밀도는 면적율을 기준으로 99.6%에 달해 대단히 높은 것이었다. 또한 오판별 된 포장의 면적율은 0.7%로 적어서 정밀한 수전도를 작성할 수 있었다.

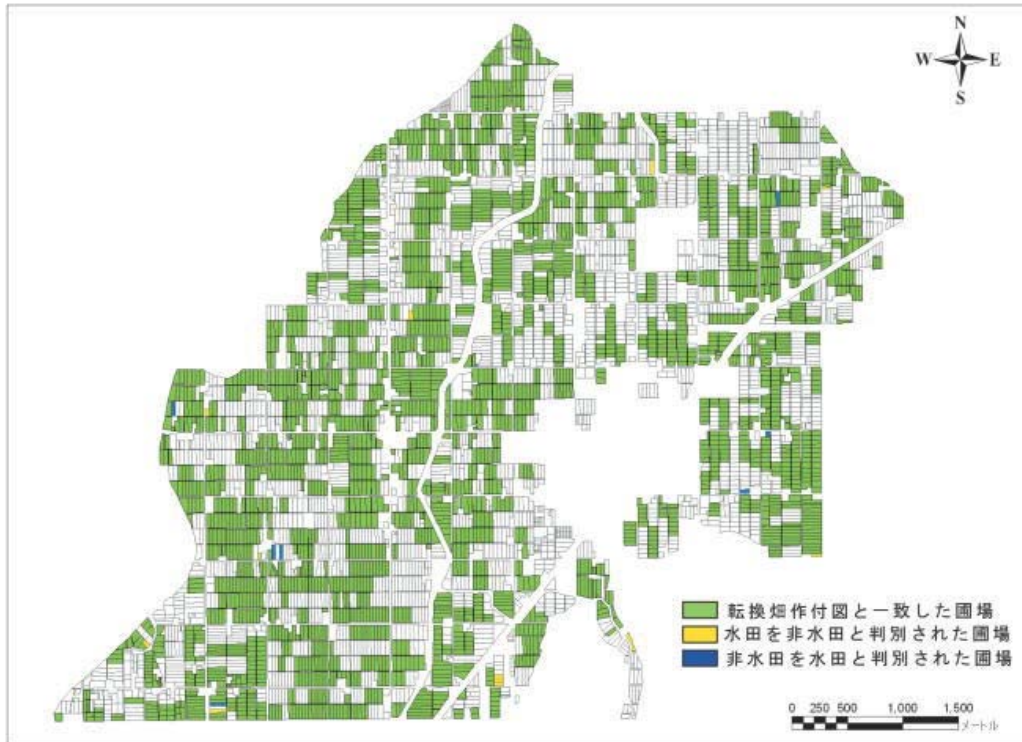
<표 44> 위성 데이터와 GIS를 조합시킨 수전포장

衛星名	観測日	解像度 (m)	水田抽出 面積率(%)	水田と判別された 圃場の面積率(%)	作付け図と一致した 圃場の面積率(%)	誤判別された 圃場の面積率(%)
LANDSAT7	2002.5.22	30	112	95.7	87.4	20.9
SPOT4	2001.6.16	20	111	94.4	91.4	11.6
SPOT4	2002.5.22	20	116	98.2	95.2	7.8
SPOT5	2003.6.8	10	105	99.9	99.6	0.7

注) 水田抽出面積率(%)は衛星データから抽出された水田面積率  
面積率は解析地域内の水田面積を100%としたときの比率



<그림 60> 위성데이터 GIS 조합 수전도 : SPOT 5호(2003.6.8)



- 위성 데이터와 GIS를 조합시킨 수전도의 작성에 있어서 위성이미지데이터의 토지피복 분류 단계에서의 수전추출 면적율이 105~116%의 경우에 정밀도가 가장 높아졌다. 전문가법에서 위성이미지데이터에 의한 토지피복 분류에서는 수전의 추출을 지나치게 좁히지 않고, ‘과종’이나 ‘식생’과의 혼합 픽셀을 1할 정도 허용한 상태로 Majority처리(다수처리 : 여기에서는 1포장 구획내에 존재하는 토지피복 분류급 중에서 최다의 클래스를 그 포장의 대표라고 처리)를 행하는 것이 적당하다.

- 본법에 의해 정밀한 수전도의 작성과 수전면적의 추정이 가능한 것을 밝혔다. 이러한 정밀도를 얻을 수 있었던 배경은 위성 데이터로 토지피복에 관한 정보를 각각의 포장이 수전인가 아닌가를 판단하기 위해서 사용하고, 면적의 추정은 GIS속성으로서 등록된 실측 면적을 이용한 것이 최대의 요인이라고 생각된다.
- 본법으로 이용하는 위성 데이터로서는 현재 사용하는 위성 중에서는 SPOT5호(해상도10m, 중적색 파장을 관측)가 가장 우수하다고 생각한다. 그러나 데이터의 취득 기회와 관측 지역 폭을 고려하면 SPOT4호(해상도20m, 중적색 파장을 관측)도 이용가능하다.
- 본 시험성과는 포장도나 농지에 대한 GIS데이터를 작성·보유하고 있는 시, 읍, 면, 등의 행정 기관, 농협중앙회 및 토지 개량구 등의 단체에 있어서 활용할 수 있다.
- GIS를 도입하지 않고 있을 경우라도, 위성 데이터로 작성한 수전도는 시읍면 수준으로 수전의 지리적 분포를 파악하는 데이터로서 이용이 가능하다. 잘못 판별된 포장에 대해서는 현지 확인이 필요하다.

#### 4. 일본 사례분석의 요약 및 시사점

- 농업통계생산과 관련된 일본의 원격탐사기술에 대한 주요 내용은

다음과 같이 요약된다.

- 일본에서 농업분야 우주항공기술의 활용은 농업관리, 농업통계, 농업 및 지구환경 정보, 농지개발 및 보전 정보, 생물자원정보, 방재정보의 생산 측면에서 많은 연구가 수행되고 있음.
- 이 중에서 농업통계분야에 대한 항공우주기술의 활용은 주로 경지면적의 파악과 재배면적통계 조사에 대한 실용화를 염두에 두고 1995년부터 관련연구가 진척되어 오고 있다.
- 하지만 현 단계에 있어서는 실용화를 실행하기에는 관련연구가 부족하고 해결되지 않고 있는 과제가 많아 실용화에 이르지 못하고 있는 실정이다.
- 일본에서 항공우주기술을 활용한 농업통계산출의 애로점은 다음과 같이 지적된다.
  - 미국 등 선진국과 달리 농장의 규모가 상대적으로 작고 산간부등이 뒤얽혀 있어 지형이 복잡한 장소가 많다는 점
  - 일본은 세계의 다른 지역에 비교해서 대기에 구름이 걸려 있는 비율이 높다는 점. 따라서 완벽한 위성데이터의 취득이 어렵다는 점.
  - 현재 일본의 우주항공기술수준을 고려할 때 외국의 고해상도 위성 화상을 이용할 경우 해외의 위성에 대한 의존도 문제와 다액의 경비가 소요된다는 점.

- 일본의 경우 농림수산성 통계부를 주축으로 지속적인 개발연구를 진행하고 있으며 개발 연구의 성과를 근거로 조만간에 마무리되는 국산위성의 데이터를 활용한 실용화 연구에 박차를 가하고 있는 상황이다. 따라서 본 연구와 관련하여 일본에 대한 사례분석은 미국, 유럽과 달리 실제적인 도입성과가 없는데 관련연구가 주요 고려 대상이 되며 본문에서 제시한 농림수산성의 「농업분야 지구관측위성이용 연구」들이 주요 대상이 된다.
  
- 최근의 주요 연구로 위성데이터와 GIS를 이용한 수전도 작성 연구의 결과를 살펴보면 다음과 같다.
  - remote sensing 기술과 지리정보 시스템(GIS)을 조합시킨 수전도의 작성 방법에 대해서 검토
  - 수전의 판별에는 벼의 생육량이 적은 5월 하순으로부터 6월 하순에 촬영된 위성 데이터가 가장 적합
  - 판별 정밀도는 관측 파장에 ‘중적색 외’를 이용함으로써 향상되었음.
  - 위성 데이터와 GIS를 조합시킴으로써 대상지역의 수전을 99.6%의 정밀도로 판별할 수 있음.
  
- 일본에서는 원격탐사기술의 농업분야활용에 대한 저변을 확대하고 문제점들을 공개적으로 토론하기 위해 「농림수산 remote sensing 심포지엄」을 매년 정기적으로 개최하고 있다. 본문에서 제시한 최근 2004년에 개최된 심포지엄과 같은 형태의 관련 전문

가 모임이 국내에서도 하루속히 활성화 되어야 한다.

- 농업분야에 활용되는 위성영상들의 관리에 있어서는 일본의 SIDaB가 좋은 모델이 될 수 있다. 일본의 연구자 등의 영상 수요자가 간단하고 쉽게 위성 화상을 입수할 수 있는 「농림수산 위성화상 데이터베이스 시스템 SIDaB(Satellite Image Database System in AFF)」를 구축해 2000년 7월부터 상용화 하고 있다.
- SIDaB를 통해 데이터를 활용하고 있는 기관은 농림 수산 관계 시험연구기관 뿐만 아니라 농림 수산업 종사자, 행정·보급기관, 환경·방재 관계 연구기관 등 매우 다양하다.
- 국내에서도 이러한 향후 농업분야 위성영상의 활용이 증가하면 관련 연구를 수행하는 기관간의 불필요한 영상구입방지 및 연구 결과의 상호 교류를 위해 이러한 시스템을 벤치마킹할 필요가 있다.

## 제 7 장 항공우주기술 활용을 위한 한국형 농업통계산출 모델

### 1. 농업통계산물 업무에 대한 항공우주기술 적용 타당성

- 항공우주기술을 활용한 한국형 농업통계모델의 설계는 원격탐사 기술의 도입이 기존 통계산출체계를 개선하고 다양한 유용성을 발휘할 수 있다는 가정을 전제로 한다.
- 따라서 구체적인 모델의 제시에 앞서 항공우주기술을 국내 농업 통계산출업무에 적용하는 타당성이 먼저 제시되어야 한다.
- 본 연구에서는 현행 농업통계 생산업무의 실태, 항공우주기술의 국내 현황, 주요 선진국의 농업통계분야 항공우주기술 응용사례를 종합적으로 검토하여 농업통계산출업무에 대한 항공우주기술 적용 타당성을 기술적측면, 경제적측면, 실무적측면에서 다음과 같이 제시한다.

#### 가. 기술적 타당성

- 원격탐사는 실제 관찰하고자 하는 목적물에 접근하지 않고 멀리

떨어진 거리에서 정보를 추출하여 내는 기법을 포괄적으로 의미한다.

- 지리정보학 관점에서 협의의 원격탐사는 인공위성(satellite), 항공기(aircraft), 비행선(airship), 모형비행기(model aircraft)등의 플랫폼(platform)에 탑재된 관측기기(sensor)를 사용하여 여러 가지 파장에서 반사 또는 복사되는 전자기파 에너지 등의 매개체를 통하여 대상물을 관측한 후 이를 분석하여 필요한 정보를 추출하여 내는 기술의 의미로서 한정되어 사용된다.
- 즉, 관찰되는 대상에 관측자가 직접 접촉하지 않고 관찰 대상에 대한 데이터를 보다 신속하고 광범위하게 획득할 수 있으며, 이러한 데이터를 활용·분석하여 토지, 환경, 도시 및 자원에 대한 필요한 정보를 추출해 낼 수 있게 된다.
- 원격탐사의 일반적인 장점은 다음과 같이 정리된다.
  - 한반도 전체 등 넓은 지역의 전반적인 현황을 빠르게 파악할 수 있으며 넓은 지역의 데이터 수집 시 시간과 비용측면에서 장점이 있으며, 같은 면적의 현지 조사에 비하여 자료취득 비용이 저렴하다.
  - 하늘에서 지상을 내려다보는 듯한(vertical vantage point of view) 정보를 제공하므로, 공간 객체의 면적 산정, 거리 계산 등 정략적 해석이 필요한 분야에 효과적으로 이용할 수 있다.
  - 지리적으로 접근이 곤란한 지역의 자료 수집이 가능하다. 대도시

의 심장부, 군사적·정치적 이유로 접근이 불가능한 곳, 극한지역, 사막지역, 고산지 등 어느 곳이나 측정이 가능하다. 또한 지도가 제작되지 않은 지역에 대한 정보를 취득할 수도 있다.(영변 핵시설, 북한, 비무장지대와 이라크의 전쟁 상황 등)

- 현지조사에 비하여 개인오차가 적고 상대적인 위치가 정확하며 조사 대상 지역 전체에 걸쳐 오차의 파급이 거의 비슷하다. 분석 절차에 사용된 각종 기법을 명시하기 때문에 데이터의 객관성 또한 높일 수 있다. 촬영순간의 지표형상이 있는 그대로 기록되며 다과장 영상에서 다양한 공간정보를 취득할 수 있다.
- 데이터를 영구적인 기록으로 보관할 수 있기 때문에 현재의 정보 뿐만 아니라 과거의 정보를 추출해 볼 수 있고 미래의 예측도 가능하다. 동일 지역을 반복 관측할 수 있기 때문에 토지이용 및 자연 생태계의 시계열적 변화를 용이하게 파악할 수 있다. 위성자료의 주기성을 이용하여 국토환경을 꾸준히 모니터링하고, 홍수나 산사태 등 갑작스런 재해가 닥쳤을 때 최신의 위성자료를 구해 신속하게 분석함으로써 적시에 대처할 수 있는 정보를 추출할 수 있다.
- 동일한 영상을 가지고 사용목적에 따라 다양한 정보를 추출할 수 있다. 영상을 분석하는 사람의 학문적 배경, 관심사 등에 따라 영상에 나타난 지상의 실체가 다르게 해석되어 다양한 정보로 산출된다. 산이나 바다, 과거와 현재 등 원하는 지역과 시기를 선택하여 분석방법에 따라 토지이용 현황도, 도로망도, 임상도 등 다양한 주제를 생성할 수 있다. 토목공학 전공자는 영상에서 토지조사, 지반조사 등 토목공사에 관한 정보를 추출할 수 있



으며, 고고학자는 영상에서 역사 유적의 매장지를 파악할 수 있다.

- 이러한 원격탐사의 특성 및 장점을 고려할 때 현지조사와 원격탐사의 장단점을 비교하면 다음과 같다.

<표 45> 현지 조사와 원격 탐사의 장단점 비교

비고	장 점	단 점
현지 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 소규모 지역인 경우 경제적</li> <li>○ 측정 장비가 비교적 단순</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대상지역이 넓을 경우 비경제적</li> <li>○ 정확도의 균일성 확보 곤란</li> <li>○ 조사 대상물에 대한 접근이 어려울 경우가 많음</li> <li>○ 샘플링 기법의 한계 때문에 대상지역에 대한 부분적인 조사만 가능</li> </ul>
원격 탐사	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 거시적 관찰가능</li> <li>○ 정확도의 균일성 확보 가능</li> <li>○ 측정의 신속성, 정량적, 정성적 조사 가능</li> <li>○ 처리 기법 및 판독 기법의 표준화</li> <li>○ 비접근지역에 대한 영상취득 가능</li> <li>○ 일정한 주기성(permanent record)</li> <li>○ 다양한 분광정보를 이용한 분석가능</li> <li>○ 디지털 자료로 처리 및 보관 용이</li> <li>○ 디지털 환경에서 GIS와 연동가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기상 및 계절의 영향을 많이 받음</li> <li>○ 소규모 지역에 대해서는 비경제적</li> <li>○ 고가의 장비, 판독을 위해 상당한 훈련 필요</li> </ul>

- 기존 농업통계산출방법의 기본적인 문제점들은 데이터의 정확성(reliability of data), 비용과 편익(cost and benefit), 적시성(timeless), 불완전한 샘플 프레임과 샘플 크기(incomplete sample frame and sample size), 샘플선택의 방법(methods of selection), 비 샘플지역 오차(non sampling error), 실제 지리정보와의 괴리

(gap in geographical coverage) 등이다.

- 농업통계가 농지의 상태과악(경지면적, 재배면적 등)에 주안점을 둔다고 가정 했을 때(경영통계 제외) 농지가 에너지의 원천으로 태양에너지에 의존하고 있으므로 원격탐사기술의 적용은 기술적으로 매우 적합하다.
- 따라서 다수의 관련 학자들이 원격탐사기술을 농업통계 산출업무에 적용할 경우 기존통계산출의 모든 문제점들을 일시에 해결해 줄 수는 없지만 다음과 같은 유용성을 보장한다고 제시하고 있다.<sup>13)14)15)</sup>
  - 범위 : 높은 위치의 플랫폼 센서로 광범위한 지역을 일시에 커버할 수 있다.
  - 정확성 : 표본조사에 의존하는 기존통계산출방법보다 디지털 신호를 바탕으로 전수조사를 수행할 수 있으므로 적정수준의 판독을 가정할 경우 높은 정확성을 보장할 수 있다.
  - 지속적인 기록 : 이미지 획득을 통해 농업과 관련된 변화 내용을 지속적으로 용이하게 기록할 수 있으며 자동으로 디지털화된 정보를 획득할 수 있다.

---

13) Robert C. Hale, George A. Hanuschak, Michael E. Craig, "Appropriate Role of Remote Sensing in U.S. Agricultural Statistics", FAO Seminar on Remote Sensing for Agricultural Statistics, 1999.

14) T.A. Tsiligrirides, "Remote sensing as a tool for agricultural statistics: a case study of area frame sampling methodology in Hellas", Computers and Electronics in Agriculture 20, 1998.

15) 齋藤元也, "農業分野での衛星データ利用", 平成14年度衛星RSデータ農林業WS, 2002. 외 다수.

- 지리적 정보에 기반 : 위성자료는 필요에 따른 보정을 거쳐 재배 면적 등의 정밀한 측정을 이미지내에서 가능하게 하므로 필드 조사에 의한 시간 낭비를 막을 수 있다.
  - 비용 절감 : 위성 이미지는 활용정도에 따라서 기본적으로 비용에 비해 편익이 크다.
  - 적시성 : 농업재해, 병충해 등과 같은 긴급한 변화에 대한 실시간적 관측을 가능하게 한다.
  - 기타 : 접근 불가능한 지역의 자료조사 가능(북한지역 등), 다양한 크기와 해상도의 데이터를 쉽게 확보할 수 있음, 데이터 분석이 연구실에서 이루어지므로 필드워크를 줄일 수 있음(인건비 절감) 등.
- 1972년부터 8년간의 시범연구를 수행하고 1980년부터 원격탐사기술을 농업통계산출에 적용하고 있는 미국은 1987년까지 1단계 실무사업을 총괄적으로 평가하는 보고서에서 원격탐사기술 적용의 효과를 다음과 같이 제시하고 있다.<sup>16)</sup>
  - 보고서에 제시된 다수 작목 중 벼(rice) 재배면적의 추정에 대해서 기존표본조사(June Enumerative Survey : JES)<sup>17)</sup> 결과와 CDLP(Cropland Data Layer Program) 결과의 정확도를 비교해보

---

16) J. Donald Allen and George A. Hanuschak, The Remote Sensing Applications Program of the National Agricultural Statistics Service: 1980-1987. SRB Staff Report Number SRB-88-08, USDA, 1988.

17) JES는 미국의 재배면적통계로 매년 6월에 실시됨. 표본조사 방법을 적용하여 주별로 150개~400개 정도의 표본, 전국에 11,000개의 표본이 있음. 통계산출을 위해 전국적으로 약 41,000 농가를 매년 방문조사 하고 있음. 향후 JAS(June Agricultural Survey)로 개명됨.

면 다음과 같다.

- 정확도 산출의 기준은 ABS(Agricultural Statistics Board)에서 산출한 최종공식통계(final official estimate)를 기준으로 한다. ABS는 JES, 위성영상판독, 통계치 보정, 농업통계지수 작성에 관여하는 전문가 패널(panel)로 구성되어 있다.

<표 46> 쌀(rice)의 재배면적 추정 정확도 비교

(단위 : 년, %)

비교	JES		CDLP	
	정확도	오차	정확도	오차
1981	150.6	50.6	100.0	0.0
1983	117.4	17.4	109.2	9.2
1984	97.0	3.0	96.7	3.3
1985	102.7	2.7	109.7	9.7
1986	91.2	8.8	94.3	5.7
1987	90.3	9.7	88.1	11.9
평균	-	15.4	-	6.6
분산	-	326.8	-	19.9

- 비교결과 기존 표본통계방법에 의거한 JES는 정확도의 평균오차가 15.4%인데 반해 표본통계와 원격탐사기술을 동시에 적용한 CDLP의 정확도 평균오차는 6.6%로 나타났다. 즉 ABS 최종공식통계를 기준으로 봤을 때 6년간의 표본통계는 평균적으로 15.4%의 오차가 발생했으나 CDLP는 6.6%만의 오차를 발생시켰음을

알 수 있다. 따라서 기존의 표본통계방법에서 원격탐사기술을 적용함으로써 약 8.8%의 오차를 보정했다는 결과를 제시하고 있다.

- 통계치의 안정성을 비교하기 위해 방법론별 오차의 분산을 산출하여 비교하였다. 산출결과 JES의 오차 분산은 326.8%로, CDLP의 오차 분산은 19.9로 나타나 분산간의 차이가 16배에 달하는 것으로 나타났다. 따라서 CDLP의 통계치가 안정성이 높으며 6년간 큰 기복 없이 벼의 재배면적을 추정하고 있음을 알 수 있다.
- 물론 미국의 사례에서 볼 수 있는 농업통계분야 원격탐사기술 활용의 유용성이 작부체계가 복잡하고 다품종·소량생산을 중심으로 하는 국내 농업여건에 그대로 적용될 수 있는가의 문제가 고려되어야 한다.
- 우리나라와 작부체계가 비슷한 일본의 경우 10년간의 연구축적을 통해 벼 재배면적을 비교적 정확하게 판별할 수 있는 기술수준을 보유하고<sup>18)</sup> 있는 것으로 연구결과를 제시하고 있다. 다만 미국과 달리 이러한 결과는 실용화를 통한 결과가 아니라 연구단계의 결과라는 단점을 가진다.
- 이상의 내용을 종합적으로 검토할 때 현시점에서 원격탐사기술의 농업통계분야 적용에 대한 기술적 타당성은 충분하다고 판단되며 국내의 경우 관련기술의 선진국수준 확보와 실용화를 위한 연구

---

18) 石塚直樹, “水田面積の求積水田面積の求積”, 農林水産R Sシンポジウム, 2004.

가 시급한 실정이다.

## 나. 경제적 타당성

- 원격탐사기술이 농업통계생산에 실제 적용되고 있는 미국의 사례를 중심으로 원격탐사기술 도입의 경제적 타당성을 검토하였다. 표본조사방법인 JES와 원격탐사기술을 적용한 CDLP의 주별 평균비용을 비교하면 다음과 같이 나타난다.

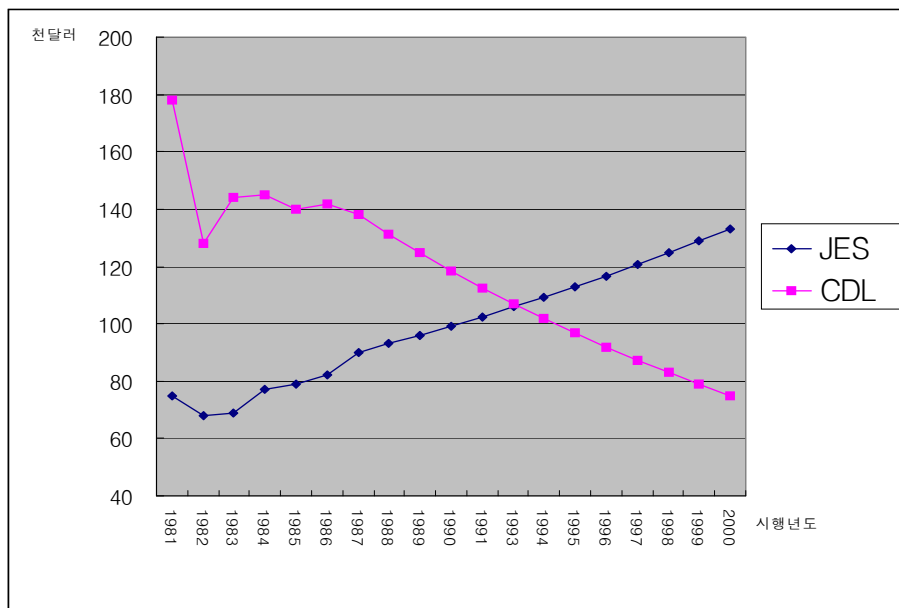
<표 47> JES와 CDLP의 비용비교

(단위 : 년, 천달러)

비교	JES(A)	CDLP(B)	차이(B-A)
1981	75	178	103
1982	68	128	60
1983	69	144	75
1984	77	145	68
1985	79	140	61
1986	82	142	60
1987	90	138	48
1988	93	131	38
1989	96	125	29
1990	99	119	19
1991	103	113	10
1993	106	107	1
1994	109	102	-8
1995	113	97	-16
1996	117	92	-25
1997	121	87	-33
1998	125	83	-42
1999	129	79	-50
2000	133	75	-58

- 결과를 살펴보면 CDLP의 경우 초기에 방법론이 정착되지 못하여 관련연구지원 및 데이터처리비용으로 비교적 많은 예산이 소요되었다. 하지만 시간이 흐를수록 비용이 지속적으로 감소하여 2000년에는 7만 5천불 수준으로 감소하였음을 알 수 있다.
- 반면 기존통계인 JES의 경우 각종 물가상승과 인금인상 등의 영향으로 인해 그 비용이 지속적으로 증가되고 있으며 2000년의 경우 주당 평균비용이 13만 3천불에 육박하고 있다.

<그림 61> JES와 CDLP의 비용비교



- 현장조사를 근간으로 한 JES와 정보기술을 바탕으로 한 CDLP의 비용차이는 앞으로도 계속 커질 것으로 예상된다. 왜냐하면 JES의 경우 노동집약적인 작업이므로 근본적으로 비용절감이 어려우

며 정확도를 유지하기 위해서는 표본의 관리, 재선정 등 필연적으로 비용의 증가가 예상되기 때문이다. 반면 CDLP의 경우 정보 기술의 발달로 위성영상 가격의 지속적인 하락과 자동화에 의한 인력절감이 가능하므로 비용 절감요인이 충분하다.

- 또한 CDLP를 통해 산출된 농지 및 작물관련 정보는 기본적으로 디지털화된 정보 형태를 가지고 있으므로 인터넷 시대에 수요자들간 활발한 정보 공유를 유발하며, 최근 농업분야에 적용사례가 급증하고 있는 각종 GIS의 중요한 기초데이터로도 활용된다는 점에서 농업통계산출 이외의 부가 효과도 매우 클 것으로 판단된다.
- 앞서 살펴본 미국의 기술적 사례에서 원격탐사를 도입함으로써 기존통계방법의 정확도를 8.8% 가량 보정했다는 결과는 비용측면에서 시사하는 바가 크다. 즉 통상적인 전체 통계산출 비용에서 정확도를 정적수준으로 향상시키기 위해서는 그 이상의 비용이 추가적으로 소요될 수도 있기 때문이다.
- 따라서 원격탐사기술 적용비용의 지속적인 하락 추세와 원격탐사 도입이 가져올 부가효과를 동시에 감안한다면 경제적 측면에서 농업통계산출에 원격탐사기술을 적용할 타당성은 충분하다고 판단된다.
- 국내의 경우도 최근 농업통계산출을 위한 농림예산투자의 추이를



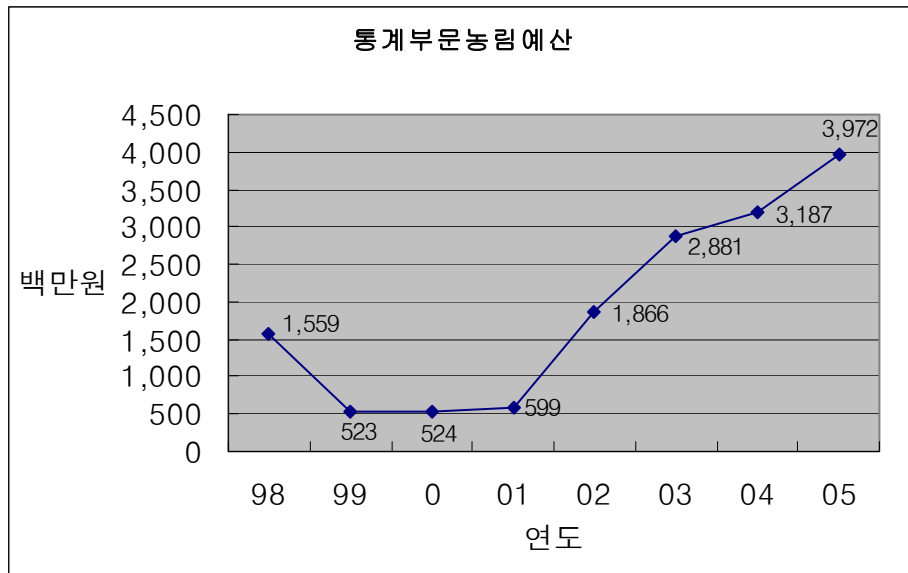
살펴보면 관련 비용이 급증하고 있음을 알 수 있다. 즉 최근 8년간의 비용변화추이를 살펴보면 1998년 약 1,559백만원에 달하였으나 2005년의 경우 3,972백만원으로 비용이 2.5배가량 증가하였으며 특히 최근 5년간 비용 증가가 매우 큼을 알 수 있다.

<표 48> 통계부문 농림예산 변화

(단위 : 백만원, %)

비 고	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
통계부문 농림예산	1,559	523	524	599	1,866	2,881	3,187	3,972
전년대비 증감률		-298.1	0.2	14.3	211.5	54.4	10.6	24.6

<그림 62> 통계부문 농림예산 변화추이



- 하지만 이러한 비용증가에 대비해 통계수요자들이 피부로 느끼는 농업통계의 정확도 향상은 의문을 가져볼 수 있다. 특히 현실적인 여건을 고려할 때 전수조사는 절대적으로 불가능하며 이는 통계의 정확성을 객관적으로 검증해 볼 수 있는 방법마저 존재하고 있지 않다는 것을 의미한다.
- 따라서 국내에서도 농업통계산출업무에 원격탐사기술을 도입하여 기술적으로 모집단의 실제 값을 파악함으로써 현행 농업통계의 정확성을 검증해야 한다. 원격탐사결과와 표본통계를 동시에 활용하여 농업통계의 정확성을 한 단계 더 높여야 한다. 그리고 디지털화된 통계정보를 자동으로 생성하여 발달된 국내의 인터넷 인프라를 이용하여 수요자들의 접근성과 만족도를 높일 수 있도록 통계보급체계를 혁신해야 한다.

#### 다. 실무적 타당성

- 국내 농업통계생산업무 실무자들에 대한 설문결과를 바탕으로 항공우주기술의 적용 타당성을 실무적 측면에서 살펴보면 다음과 같다.
- 먼저 실무자들이 생각하는 농업통계산출 업무에 대한 원격탐사기술의 도입의 필요성에 대한 의향을 파악하기 위해 “국내 농업통계의 산출업무에 원격탐사기술을 도입할 필요성에 대해서 어떻게

생각 하십니까”라고 질문하였다.

<표 49> 원격탐사기술의 도입의 필요성

(단위 : 응답수, %)

비 목	응 답
필요하다.	66(94.3)
필요하지 않다.	4(5.7)
결측치	0(0.0)
합계	70(100.0)

- 설문결과 “필요하다”는 응답이 94.3%로 매우 높게 나타났다. “필요하지 않다”는 응답은 5.7%로 나타났다. 따라서 실무자들이 생각하는 원격탐사기술의 도입 필요성은 매우 높은 것으로 판단된다.
- 보다 상세한 판단근거를 파악하기 위해 “필요하거나 필요하지 않다면 그 이유는 무엇입니까?”라고 주관식으로 질의하였으며 필요하다는 응답의 주요 응답내용을 정리하면 다음과 같다.
  - 농업통계의 특성상 숙련된 많은 인력을 동시에 투입하여 조사하여야 하나, 농업의 상대적 경제성으로 투입된 인건비에 비하여 산출된 결과가 너무 약하다는 경제 논리등을 감안 농업통계의 질 저하 방지를 위해 필요
  - 인공위성 사진으로서 경지조사를 정확하게 검증함
  - 보다 과학적 효율적인 통계 생산 및 농업통계의 신뢰도 제고

- 농업통계조사 및 보고과정이 과거 방식을 그대로 답습하고 있음
  - 신속한 통계산출과 농업통계의 보정을 위하여
  - 세계화에 의한 수입개방 대처, 식량의 자급자족 등 농업정책과 농가의 농업경영위한 중요한 자료인 정확한 농업통계 자료를 신속하게 제공
  - 첨단장비를 이용하여 신속하고 정확한 통계조사로 이용자에 대한 신뢰도 제고
  - 업무의 효율성 및 소요 인력 해소
  - 농업이라는 산업의 특성상 현재 농업통계 조사공무원들이 일일이 논·밭을 현지 출장 하여 조사하고 있으나 IT기술이 발달하고 있는 상황에서 언제까지나 현행 조사방법을 유지할 수 없다고 판단됨
  - 원시적 조사방법으로는 많은 인력과 시간이 소요되며, 노력에 비해 정확도(효과)가 그다지 크지 않다고 판단
  - 인력부족으로 빠른 시간내에 조사자료를 실수요자에게 전달하는데 애로가 있으며 이제 통계도 발로뛰는 과거와 달리 과학적인 기법을 도입해야 하는 시기가 왔다고 봄.
  - 인력과 노력이 많이 소요되고 조사방법 또한 낙후로 비표본오차 발생으로 정확한 통계조사에 한계
- 다음으로 국내 농업통계산출 업무에 대한 원격탐사기술의 도입의 가능성에 대한 의향을 파악하기 위해 “현재의 농업통계산출업무 여건을 고려할 때 원격탐사기술의 실무적인 도입이 가능하다고 보십니까”라고 질문하였다.

- 설문결과 “가능하다”는 응답이 84.3%, “가능하지 않다”는 응답은 15.7%로 다수의 농업통계 실무자들이 현재의 농업통계산출업무 여건에서 원격탐사기술의 실무적 도입이 가능하다고 판단하고 있음을 알 수 있다.

<표 50> 원격탐사기술의 도입 가능성

(단위 : 응답수, %)

비 목	응 답
가능하다.	59(84.3)
가능하지 않다.	11(15.7)
결측치	0(0.0)
합계	70(100.0)

- 보다 상세한 판단근거를 파악하기 위해 “도입 가능하거나 가능하지 않다면 그 이유는 무엇입니까?”라고 주관식으로 질의하였으며 도입이 가능하다는 응답의 주요 응답내용을 정리하면 다음과 같다.
  - 미국 등 선진국의 기법을 습득한다면 가능할 것이다.
  - 인공위성의 발달로 가능할 것이다.
  - 재배면적 및 경지면적 통계는 가능
  - 경지면적, 작물재배면적, 작물생산량조사 등 경지에서 직접 재배 되는 것에 대한 조사는 인력보다 정확하고 신속하게 처리 됨
  - 예산상의 문제가 있지만 미래의 언젠가는 항공기술이 활용 되어

야 한다.

- 한 나라의 정확한 농업통계 생산을 위해서라면 못할것도 없다.
  - 모든 농업통계에 전면적으로 도입하는 것은 어려우나, 우선 도입 가능한 통계를 찾아서 실시하는 것이 바람직하다고 판단됨
  - 관리자의 의지만 있으면 불가능한 것은 없다고 생각한다.
  - 주요 작물에 대하여만 도입이 되어도 많은 인력과 시간을 절감할 수 있음
  - 요즈음 차량에 GPS를 장착하여 목적지를 찾아간다든지 하는 등 여러가지 방법으로 사용되고 있는바 우리 통계업무도 적절하게 이용하면 좀더 빠르고 정확하게 결과물을 얻을 수 있지 않을까 하는 생각임
- 현장실무자들에 대한 설문조사결과를 살펴볼 때 원격탐사기술의 농업통계 산출업무 적용에 대한 열망이 매우 크고 현실적인 적용 가능성도 높게 평가하고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 원격탐사기술의 농업통계 도입에 대한 실무적 타당성은 매우 크다고 하겠다.

## 2. 항공우주기술을 이용한 한국형 농업통계산출모델 : 논리적 모델(Logical Model)

- 본 연구에서는 현행 농업통계 생산업무의 실태, 항공우주기술의

국내 현황, 주요 선진국의 농업통계분야 항공우주기술 응용사례를 종합적으로 검토하여 항공우주기술을 국내 농업통계분야에 도입하기 위한 한국형 농업통계산출의 논리적 모델을 다음과 같이 제시한다.

- 논리적 모델은 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출을 위해 관련하는 주체(기관)들 간의 상호관계를 설계한 것으로 향후 제시될 농업통계생산·보급체계 구축의 논리적 체계(framework)를 제공한다.

#### 가. 논리적 모델 설계방법론

- 정책의사결정의 주요목적은 바람직한 정책목표를 설정한 후 해당 목표를 달성할 수 있는 정책대안(policy alternative)중에서 최선의 대안을 선택하는 것이다.<sup>19)</sup>
- 정책대안의 탐색과정 즉 정책의사결정은 일반적으로 다음과 같은 다섯 가지 단계를 거쳐서 최적의 정책대안을 도출한다.
  - 첫째, 해결할 정책문제의 달성할 정책목표를 명확히 함.
  - 둘째, 정책대안을 광범위하게 탐색 또는 개발함.
  - 셋째, 정책대안이 가져올 결과를 예측함.
  - 넷째, 정책대안의 결과를 비교·평가함.
  - 다섯째, 예측 및 평가결과를 토대로 최선의 정책대안을 선택함.

---

19) E. Stokey, R. Zeckhauser, A Primer for Policy Analysis, Notron Company, 1978.

- 일반적으로 모델은 현실의 추상적인 표현으로 정의되는 반면 정책의사결정에 있어서 모델의 의미는 보다 구체적으로 정책대안과 대안 도입시의 효과를 연결시켜주는 인과관계의 진술이라고 정의할 수 있다.<sup>20)</sup>
- 정책의사결정에서 모델은 정책의사결정의 단계중 대부분에 활용됨으로서 중요한 역할을 한다.
  - 정책대안을 탐색하는 과정에서 정책대안의 일반적인 원천(source)은 과거의 정책, 타 정부의 정책 등이지만 과학적 원리나 이론을 통해 설정된 모델 또한 중요한 정책대안들을 제공할 수 있다.
  - 정책의사결정에서 모델의 가장 중요한 역할은 가상의 정책대안들을 조망해 볼 수 있는 방법을 제공한다는 것임. 정책의사결정자들은 여러 정책대안들을 모델로 작성해 봄으로서 각 대안별 장단점을 파악하고 나아가서 어떠한 대안이 현재의 정책환경에 합리적인지 판단을 할 수 있게 된다.
- 정책의사결정을 위한 모형을 작성하는 과정에서 개념적 모델을 설계하는 것은 문제분석단계(problem analysis)에 해당한다. 개념적 모델의 설계는 정책의사결정자로 하여금 주어진 정책문제의 현 상황을 직시하게 하고 나아가 정책에 이용 가능한 대안들의

---

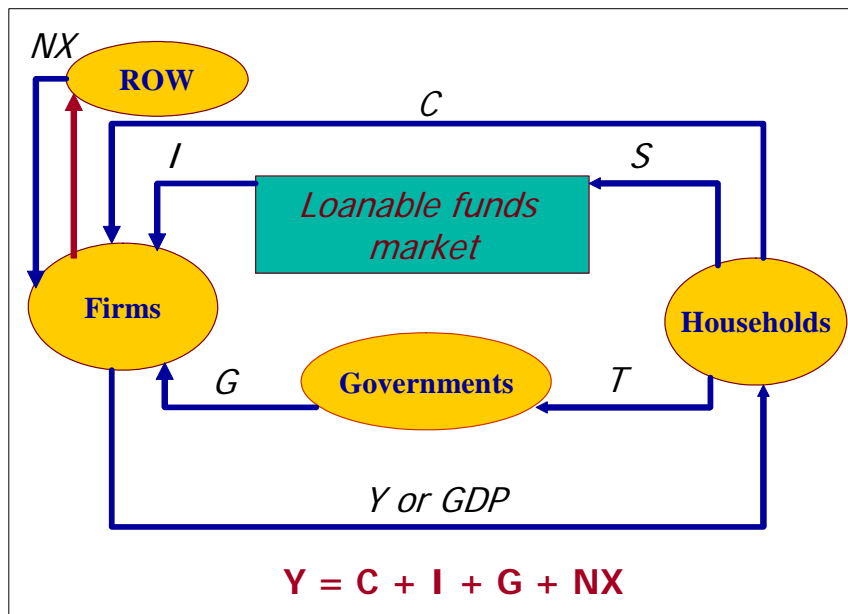
20) Duncan MacRae, Jr., James, A. Wide, Policy Analysis for Public Decision, Wadsworth Inc.,1979.



면면을 파악하게 함. 또한 전 단계에서 제시된 정책목표체계를 토대로 정책문제의 현 상황, 각 대안별 특징을 종합적으로 고려해서 구체적인 모형으로 접근해 갈 수 있게 함으로서 이후 계량적인 모형을 작성하는데 있어 청사진 역할을 한다.

- 정책문제의 개념적 모형을 설계하기 위해 다양한 형태의 다이어그램(diagram)기법들이 이용되고 있으며 본 연구에서는 항공우주 기술을 이용한 한국형 농업통계산출모형을 설계하기 위해 Circular Flow Diagram(CFD)을 이용함. CFD는 모형을 구성하는 각 주체별 상호작용을 순환하는 것으로 가정하는 폐쇄시스템(closed system)으로 표현한다.<sup>21)</sup>

<그림 63> CFD예시(거시경제의 개념적 모형)



21) J. Bradford DeLong, Macroeconomics, McGraw-Hill(Irwin), 2001.

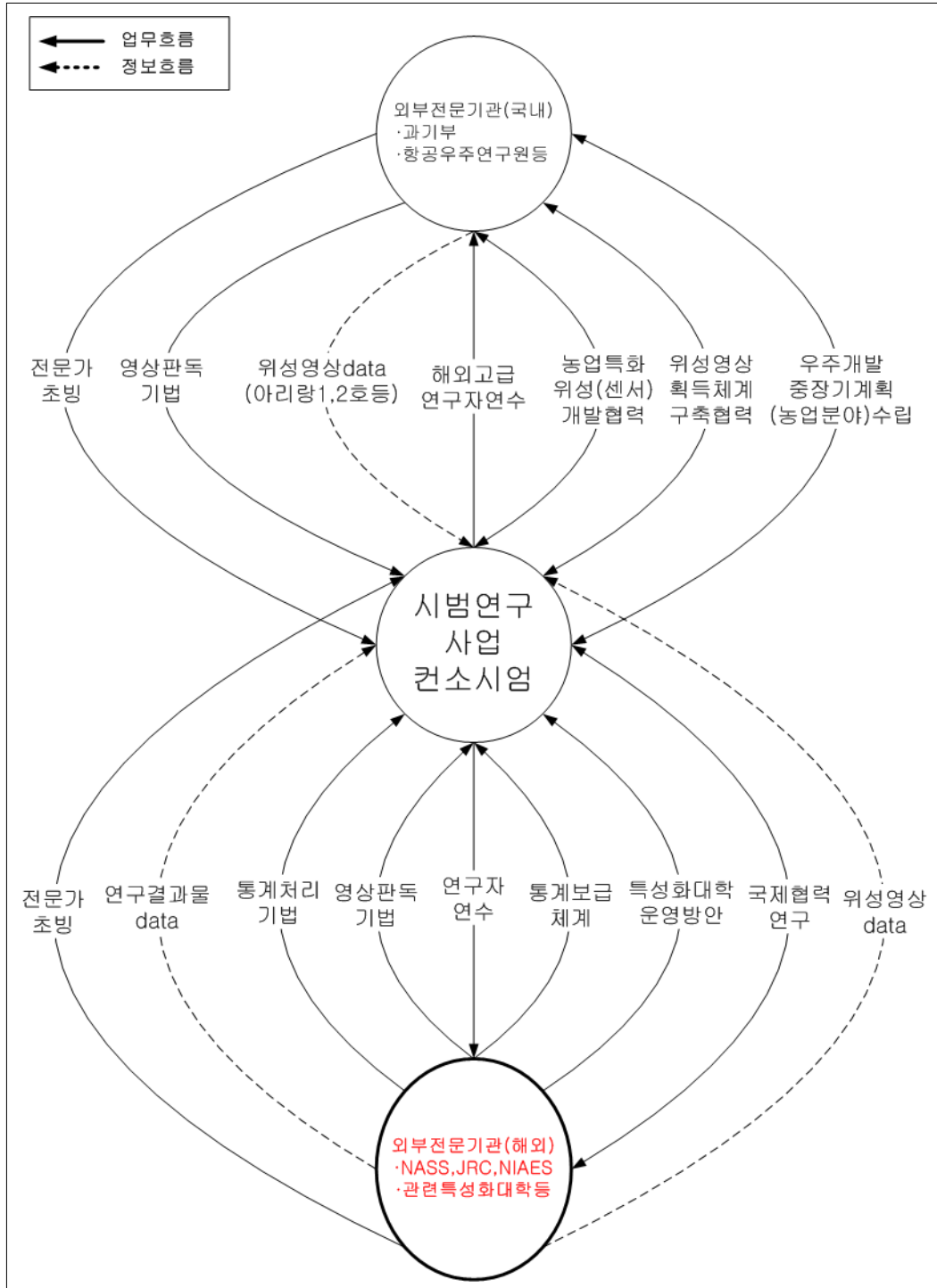
- CFD는 경제모형의 개념적 분석을 위해 주로 사용되며 경제주체 간의 연관관계 및 상호 활동을 일목요연하게 보여줄 수 있는 장점이 있다.
- 본 연구에서는 CFD를 활용하여 원격탐사기술을 이용한 농업통계 산출에 관여하는 주체(기관)들 간의 상호관계를 종합함으로써 항공우주기술을 이용한 한국형 농업통계산출모델을 설계하였다.
- 논리적 모델은 시범연구·사업단계의 모델과 실무적용단계의 모델로 구분하여 설계하였으며 각각의 모델에 대해서 외부주체와의 연관관계를 표현한 외부모델(Level 0)과 내부주체간의 연관관계를 표현한 내부모델(Level 1)을 제시하였다. 모형에서 실선은 상호간의 업무 흐름을 나타내며, 점선은 구체적인 정보 혹은 데이터의 교환을 의미한다.

#### 나. 시범연구·사업 단계의 논리적 모델

##### (1) 외부모델(Level 0)

- 시범연구·사업단계의 논리적 모델 중 외부모델은 시범연구·사업 컨소시엄, 외부전문기관(국내), 외부전문기관(해외)의 3개 참여 주체로 구성된다.

<그림 64> 시범연구·사업 단계의 논리적 모델(Level 0)



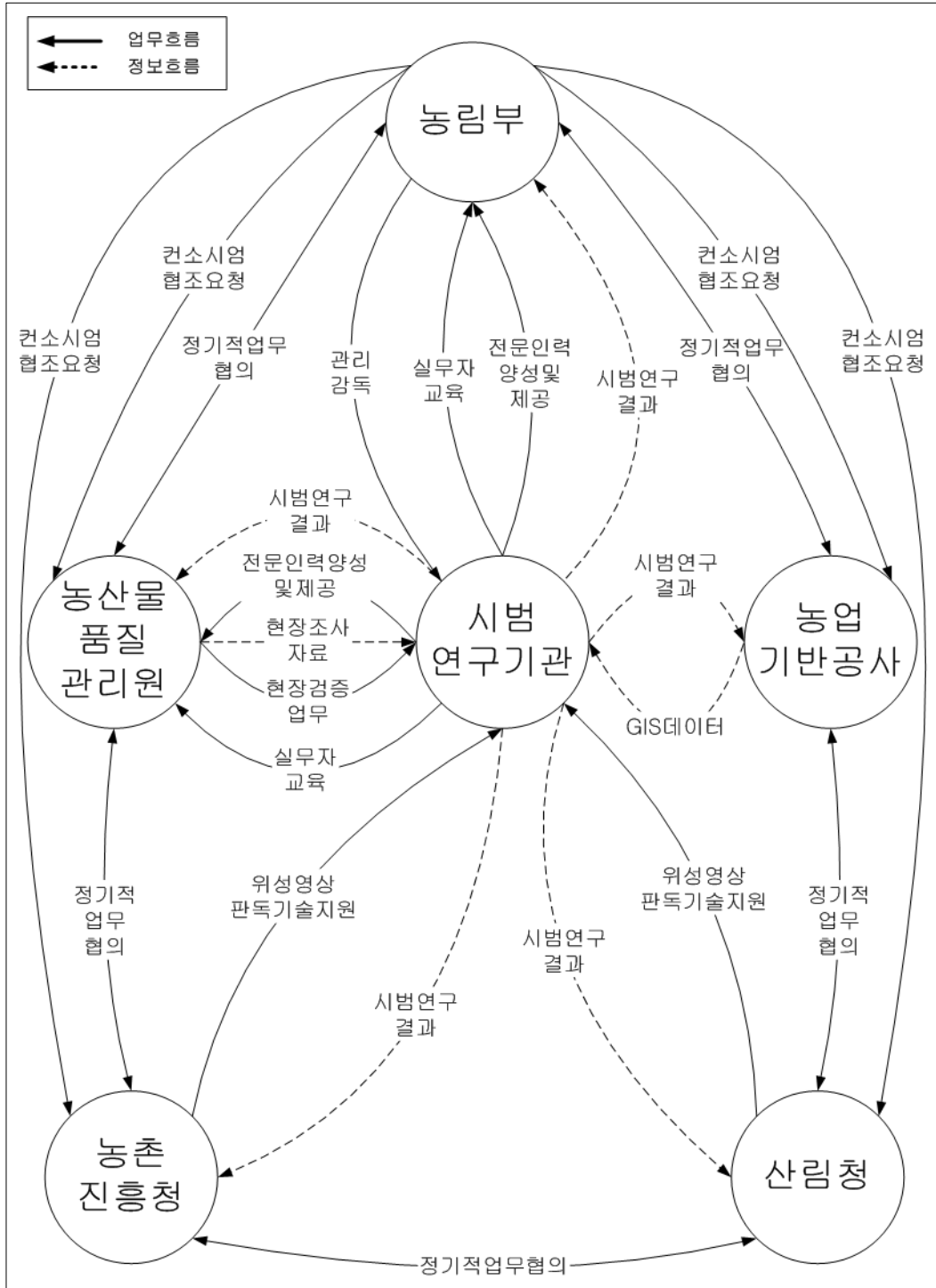
- 여기서 시범연구·사업 컨소시엄은 원격탐사기술을 농업통계산출에 적용하기 위한 컨소시엄을 의미하며 외부전문기관(국내)은 컨소시엄의 사업추진에 직·간접으로 관여하는 국내 기관을 종합적으로 표현한다. 외부전문기관(해외)은 컨소시엄의 사업추진에 도움을 줄 수 있는 해외 기관, 연구소, 대학 등을 종합적으로 나타낸다.
- 먼저 시범연구·사업 컨소시엄과 해외의 외부전문기관과의 상호관계를 살펴보면 컨소시엄은 해외 전문가를 초빙하여 자문을 구하고 연구자들의 연수를 통하여 통계처리기법과 영상판독기법을 습득한다. 또한 선진국의 통계보급체계와 특성화대학 운영방안을 벤치마킹 한다.
- 컨소시엄은 해외 전문기관과의 교류를 바탕으로 원격탐사기술의 농림업활용에 관한 범 세계적인 국제협력연구를 추진한다.
- 컨소시엄은 선진국 전문기관들과의 연계를 통해 다양한 위성영상을 취득하고 해당 기관에 축적된 연구결과물들을 시범연구 및 사업에 활용한다.
- 시범연구·사업 컨소시엄과 국내 전문기관과의 상호관계를 살펴보면 컨소시엄은 초빙하여 자문을 구하고 연구자들의 연수를 통하여 해당 기간의 최신 원격탐사기법을 습득한다.

- 또한 국내 위성을 통해 촬영되는 위성영상 데이터를 취득하고 농업특화위성(센서)의 개발, 위성영상획득체계의 구축, 우주개발중장기계획(농업분야) 수립 등을 상호 협의한다.

## (2) 내부모델(Level 1)

- 시범연구·사업단계의 논리적 모델 중 내부모델은 시범연구기관, 농림부, 농산물품질관리원, 농업기반공사, 농촌진흥청, 산림청의 6개 참여주체로 구성되며 각 주체별 상호작용을 표현한다.
- 먼저 시범연구기관과 농림부의 상호관계를 살펴보면 시범연구기관은 농림부의 예산지원 및 관리 하에 시범연구 및 시범사업을 추진하며 각각의 결과를 농림부에 보고한다. 또한 시범연구기간 후에 관련 업무의 이관을 대비하여 실무자들에 대한 정기적인 교육을 실시하며 전문 인력을 양성·제공한다. 농림부는 시범연구기관의 사업진행이 올바르게 진행될 수 있도록 지속적으로 관리·감독한다.
- 시범연구기관과 농산물품질관리원의 상호관계를 살펴보면 농산물품질관리원은 시범연구기관의 사업진행에 대하여 현장검증 업무를 지원하며 현장조사 자료를 제공한다. 시범연구기관은 시범연구결과를 지속적으로 제공하고 시범연구기간 후에 관련 업무의 이관을 대비하여 실무자들에 대한 정기적인 교육을 실시하며 전문 인력을 양성·제공한다.

<그림 65> 시범연구·사업 단계의 논리적 모델(Level 1)



- 시범연구기관과 농업기반공사와의 상호관계를 살펴보면 농업기반 공사는 농지정보화사업의 추진을 통해 축적된 GIS데이터를 시범 연구기관에 지원한다. 시범연구기관은 제공된 GIS데이터를 이용하여 영상전처리, 결과산출 및 검증에 활용하며 시범연구의 결과를 지속적으로 농업기반공사에 제공하고 정기적 업무협의를 통해 개선점을 도출한다.
- 시범연구기관과 농촌진흥청의 상호관계를 살펴보면 농촌진흥청은 토지이용피복분류, 관개답 면적추정 등 그동안의 축적된 위성영상판독기술을 시범연구기관에게 지원한다. 시범연구기관은 해외 원격탐사기술과 국내 기술을 혼합하여 농업통계산출 실무에 응용 가능한 적정 수준의 기술을 정립하며 시범연구의 결과를 지속적으로 농촌진흥청에 제공하고 정기적 업무협의를 통해 개선점을 도출한다.
- 시범연구기관과 산림청의 상호관계를 살펴보면 산림청은 산림지리정보시스템 구축 등의 사업을 통해 축적된 위성영상판독기술을 시범연구기관에게 지원한다. 시범연구기관은 해외 원격탐사기술과 국내 기술을 혼합하여 농업통계산출 실무에 응용가능한 적정 수준의 기술을 정립하며 시범연구의 결과를 지속적으로 산림청에 제공하고 정기적 업무협의를 통해 개선점을 도출한다.
- 시범연구기관 이외에 여타 기관들은 농림부의 주도하에 원격탐사 기술을 이용한 농업통계생산·보급체계구축 사업에 컨소시엄을

형성하고 각 기관간의 정기적인 업무협의를 통해 사업이 원만히 진행될 수 있도록 지원한다.

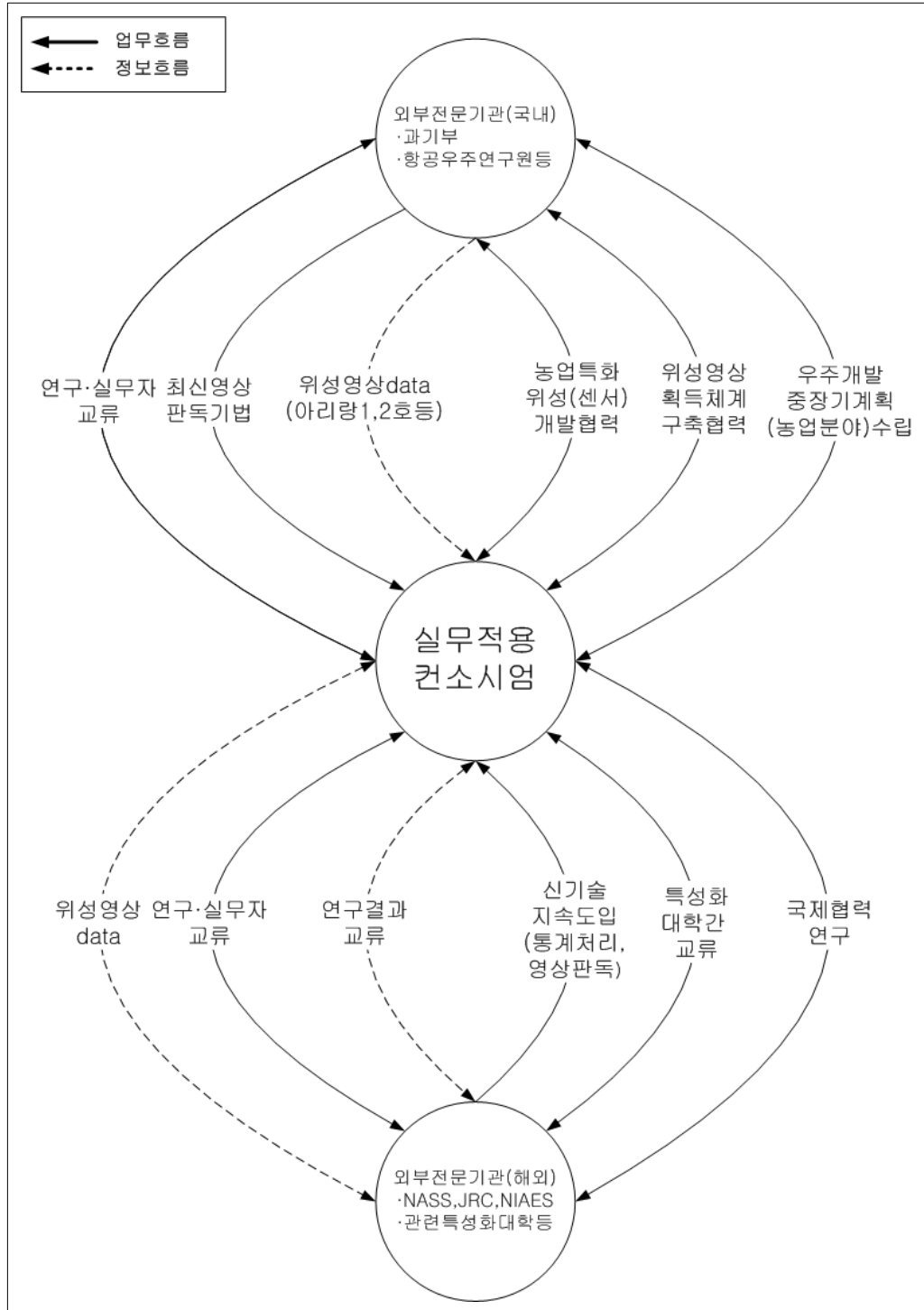
## 다. 실무적용 단계의 논리적 모델

### (1) 외부모델(Level 0)

- 실무적용단계의 논리적 모델 중 외부모델은 실무적용 컨소시엄, 외부전문기관(국내), 외부전문기관(해외)의 3개 참여주체로 구성된다. 여기서 실무적용 컨소시엄은 시범연구·사업 후 결과 및 해당 업무를 이관 받아 원격탐사기술을 농업통계산출에 실제로 적용하기 위한 컨소시엄을 의미하며 외부전문기관(국내)은 컨소시엄의 사업추진에 직·간접으로 관여하는 국내 기관을 종합적으로 표현한다. 외부전문기관(해외)은 컨소시엄의 사업추진에 도움을 줄 수 있는 해외 기관, 연구소, 대학 등을 종합적으로 나타낸다.
- 먼저 실무적용 컨소시엄과 해외의 외부전문기관과의 상호관계를 살펴보면 컨소시엄은 시범사업 이후에도 연구자 및 실무자의 지속적인 교류를 통해 해외의 최신 통계처리 및 영상판독기술을 지속적으로 습득한다. 시범사업기간동안 특성화대학이 체계를 갖추고 운영이 활성화 되면 해외 특성화 기관과의 교류를 추진한다.



<그림 66> 실무적용 단계의 논리적 모델(Level 0)

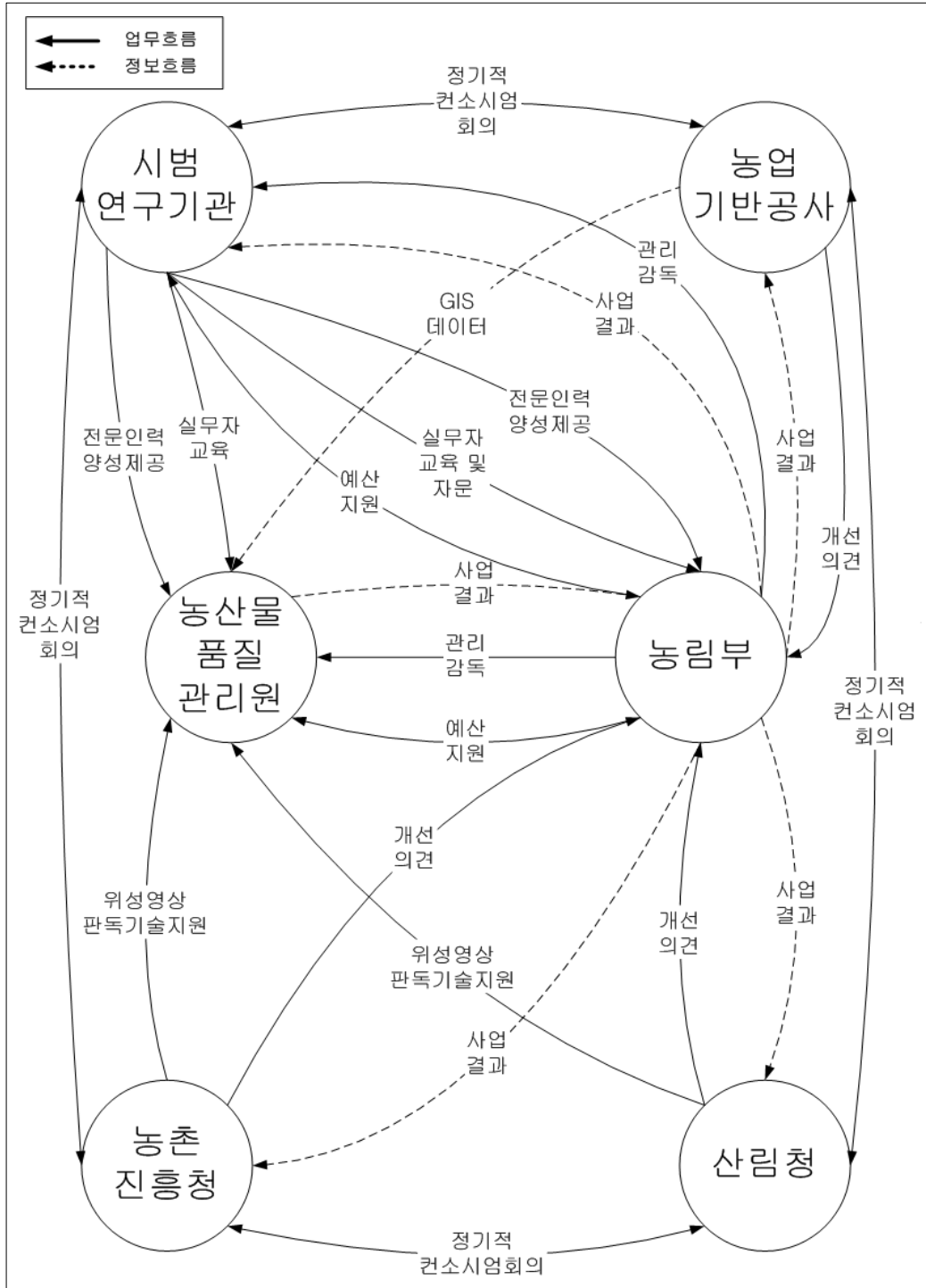


- 원격탐사를 적용한 농업통계산출이 국내에 정착되면 해당 사업을 통해 축적된 영상데이터와 연구결과를 해외 관련기관과 상호 교류하며 원격탐사기술의 농림업활용에 관한 범세계적인 국제협력 연구를 지속적으로 추진한다.
- 실무적용 컨소시엄과 국내 전문기관과의 상호관계를 살펴보면 컨소시엄은 시범사업 이후에도 연구자 및 실무자의 지속적인 교류를 통해 국내 전문기관들의 영상판독기술을 지속적으로 습득한다.
- 또한 국내 위성을 통해 촬영되는 위성영상 데이터를 취득하여 활용하고 원격탐사기술의 농림업 적용을 통해 축적된 노하우를 바탕으로 농업특화위성(센서)의 개발, 위성영상획득체계의 구축, 우주개발중장기계획(농업분야) 수립 등을 상호 협의하에 지속적으로 추진한다.

## (2) 내부모델(Level 1)

- 실무적용단계의 논리적 모델 중 내부모델은 농림부, 농산물품질관리원이 실무를 전담하는 주축기관으로, 그리고 나머지 컨소시엄에 참여하는 시범연구기관, 농업기반공사, 농촌진흥청, 산림청으로 구성되며 각 주체별 상호작용을 표현한다.

<그림 67> 실무적용 단계의 논리적 모델(Level 1)



- 먼저 주 실무기관인 농림부와 타 기관과의 관계를 살펴보면 먼저 실무사업을 함께 진행할 하부 기관인 농산물품질관리원의 경우 예산지원을 통해 원격탐사를 활용한 농업통계생산의 실무를 담당하게 한다. 정기적으로 사업결과를 보고토록 하고 그 결과를 바탕으로 업무현황을 관리·감독한다.
- 농림부와 시범연구기관의 상호관계를 살펴보면 시범연구기관은 시범사업 이후에도 실무자들에 대한 교육과 특성화 대학(원)운영을 통한 전문인력양성 및 제공업무를 지속적으로 전담한다. 이를 위해 농림부는 관련 예산을 지원하고 관련 업무가 올바르게 진행될 수 있도록 관리·감독한다. 또한 각 년도의 사업결과를 시범연구기관에 제시하며 시범연구기관은 이를 검토하여 개선의견 및 운영방안을 자문한다.
- 농림부와 농업기반공사, 농촌진흥청, 산림청과의 상호관계를 살펴보면 농림부는 각 년도의 사업결과를 해당 기관에 제시하며 각 기관들은 이를 검토하여 개선의견을 제시한다.
- 실질적인 실무를 담당할 농산물품질관리원과 타 기관과의 관계를 살펴보면 먼저 시범연구기관은 시범사업 이후에도 실무자들에 대한 교육과 특성화 대학(원)운영을 통해 전문인력을 양성하여 지속적으로 제공한다.
- 농산물품질관리원과 농업기반공사와의 상호관계를 살펴보면 농업

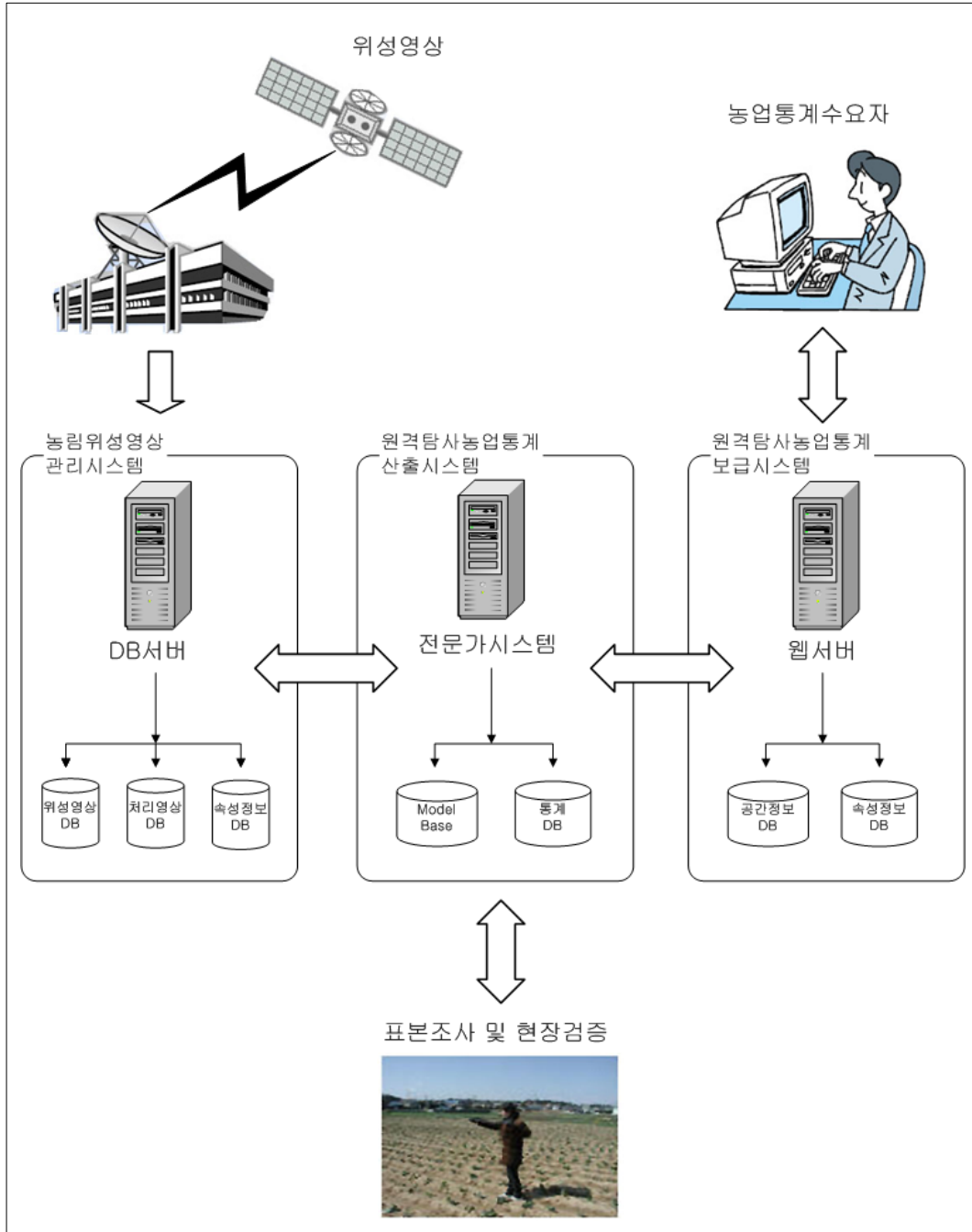
기반공사는 농지정보화사업의 추진을 통해 축적된 GIS데이터를 농산물품질관리원에 지원한다. 농산물품질관리원은 제공된 GIS데이터를 이용하여 영상전처리, 결과산출 및 검증에 활용한다.

- 농산물품질관리원과 농촌진흥청의 상호관계를 살펴보면 농촌진흥청은 토지이용피복분류, 관개답 면적추정 등 위성영상판독기술을 농산물품질관리원에 지원한다. 농산물품질관리원은 관련기술을 검토하여 농업통계산출 실무에 적용한다.
- 농산물품질관리원과 산림청의 상호관계를 살펴보면 산림청은 산림지리정보시스템 구축 등의 사업을 통해 축적된 위성영상판독기술을 농산물품질관리원에 지원한다. 농산물품질관리원은 관련기술을 검토하여 농업통계산출 실무에 적용한다.
- 실무주체인 농림부와 농산물품질관리원 이외의 여타 기관들은 농림부의 주도하에 원격탐사기술을 이용한 농업통계생산·보급체계 구축 사업의 컨소시엄을 유지하고 각 기관간의 정기적인 컨소시엄 회의를 통해 사업이 원만히 진행될 수 있도록 지원한다.

### 3. 항공우주기술을 이용한 한국형 농업통계산출모델 : 물리적 모델(Physical Model)

- 앞서 제시한 논리적 모델이 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출을 위해 관련하는 주체(기관)들 간의 상호관계를 설계한 것이라면 물리적 모델은 논리적 모델을 근간으로 하여 실제 업무에 활용될 시스템, 즉 원격탐사기술을 이용한 한국형 농업통계산출 및 보급시스템의 모델을 의미한다. 물리적 모델은 논리적 모델과 달리 가상적인 주체(entity)들로 구성되는 것이 아니라 구체적인 장비인 H/W, S/W로 구성된 객체(object)와 각 객체간의 상호작용 즉 데이터 혹은 정보의 흐름으로 구성된다.
- 물리적 모델의 각 객체들과 객체들 간의 상호작용을 자세히 살펴보면 다음과 같다. 먼저 제시된 물리적 모델은 인공위성 및 위성영상 수신처, 농림위성영상 관리시스템, 원격탐사 농업통계 산출시스템, 원격탐사 농업통계 보급시스템, 표본조사 및 현장검증자(기관), 농업통계수요자의 총 6개의 객체로 나누어진다.
- 각각의 역할과 상호작용을 정보의 흐름에 준하여 설명하면 먼저 농업통계생산을 위해 필요한 위성영상자료를 주요 배포처를 통해 취득한다. 취득된 위성영상(원자료)은 먼저 농림위성영상 관리시스템에 입력된다. 농림위성영상 관리시스템은 향후 농림업분야에 활용되는 모든 위성영상(원자료), 처리(가공)영상 그리고 관련 속성정보를 일괄 관리할 일종의 DB서버를 의미한다.

<그림 68> 원격탐사 농업통계산출의 물리적 모델



- 농림위성영상 관리시스템에 입력된 위성영상은 실질적으로 농업 통계를 생산하는 핵심 시스템인 원격탐사 농업통계 산출시스템의 기초 자료로 활용된다. 원격탐사 농업통계 산출시스템 위성영상의 전처리, 판독, 표본조사자료와 위성영상 판독결과의 통합 등 농업통계산출업무 전반을 배치 프로세스를 통해 자동처리하고 특정의 고급의사결정을 시스템 운용 전문가가 처리하게 하는 일종의 전문가시스템(expert system)이다. 원격탐사 농업통계 산출시스템은 농업통계산출의 계량모형을 컴포넌트화 한 모델베이스와 표본조사자료를 담고 있는 통계DB 그리고 전문가가 시스템을 컨트롤 할 수 있는 인터페이스로 구성된다.
- 표본조사 및 현장 검증자는 이 시스템을 활용하여 최신의 표본조사 결과를 입력 및 수정할 수 있으며 표본조사결과와 위성영상 판독결과를 모델베이스로 분석한 최종 산출통계에 대하여 현장 검증을 통한 수정 작업을 수행할 수 있다.
- 원격탐사 농업통계 산출시스템을 통해 처리된 위성영상은 자료관리의 일관성을 위해 농림위성영상 관리시스템에 별도로 저장된다. 산출된 최종통계정보는 통계의 보급을 담당하는 원격탐사 농업통계 보급시스템에 저장된다.
- 원격탐사 농업통계 보급시스템은 원격탐사 농업통계 산출시스템이 생산한 농업통계결과를 통계수요자들에게 인터넷 망을 통해 서비스 할 수 있는 일종의 웹서버이다. 원격탐사 농업통계 보급



시스템은 각종 처리 컴포넌트(디자인 처리, 메일링 처리 등)와 컴포넌트들이 활용하는 데이터베이스로 구성된다. 데이터베이스는 농업통계 디스플레이를 위한 위성영상, 전자지도 등의 공간정보 DB와 통계수치 및 각종 관련 자료를 저장한 속성정보로 구성된다.

- 농업통계수요자들은 인터넷망을 통해 원격탐사 농업통계 보급시스템이 제공하는 사이트에 접속함으로써 위성영상, GIS, 통계정보가 결합된 비주얼한 통계정보를 손쉽게 검색·조회해 볼 수 있게 된다.
- 물리적 모델을 구성하는 각 객체들의 구체적인 H/W 및 S/W는 다음과 같다. 먼저 농림위성영상 관리시스템은 H/W로는 서버급 PC, S/W로는 Windows 서버, SQL Server, ArcSDE 등으로 구성된다.
- 원격탐사 농업통계 산출시스템은 H/W로 서버급 PC와 다수의 워크스테이션 및 데스크탑 PC로 구성된다. S/W는 Windows 서버, SQL Server, ERDAS 및 각종 추가모듈, ArcInfo 및 각종 extension, S-Plue 등으로 구성된다. 여타의 장비로 GIS용 플로터 및 디지털라이저와 현장검증을 위한 GPS 패키지가 필요하다.
- 원격탐사 농업통계 보급시스템은 H/W로 서버급 PC가 필요하며 S/W로는 Windows 서버, SQL Server, ArcIMS 등을 활용하게

된다.

#### 4. 모델 활용을 위한 통계적 방법론

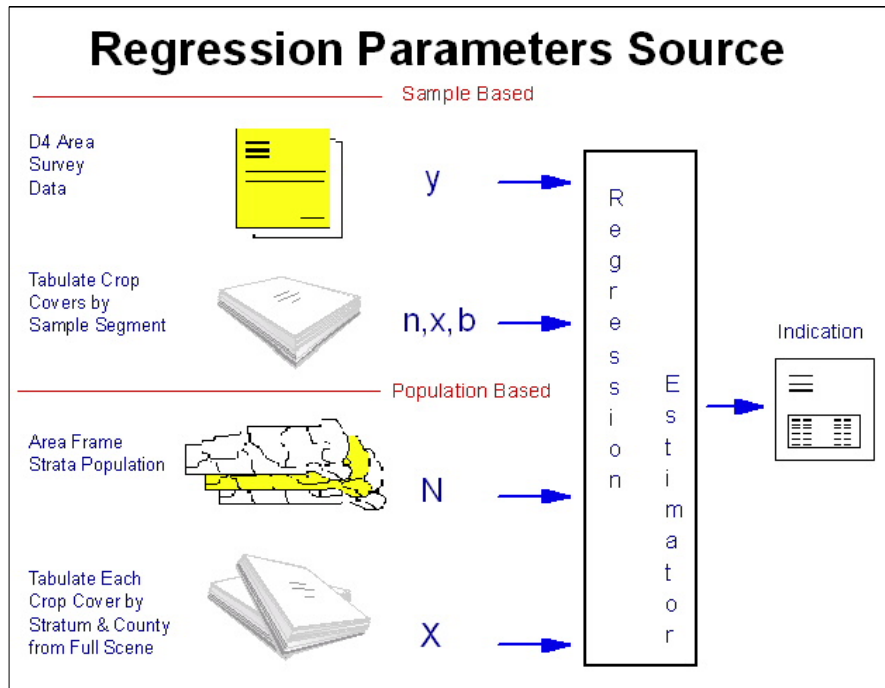
##### 가. 원격탐사 농업통계산출 계량모형

- 원격탐사기술을 농업통계산출에 실제 적용하고 있는 미국의 선형 통계방법론을 다음과 같이 제시한다.<sup>22)</sup> 본 방법론을 바탕으로 국내 실정에 적합한 한국형 농업통계산출 계량모형을 개발하고 이를 모델베이스화(시스템화) 하는 연구를 지속적으로 수행해야 한다.
- 미국은 작물재배면적 통계의 정확성을 높이기 위해 기존의 표본 조사를 통해 산출한 통계를 원격탐사 결과물과 연계하여 작물재배면적을 추정하고 있으며 그 결과를 CDL로 작성하고 있다.

---

22) Charles Day, A Compilation of PEDITOR Estimation Formulas, NASS, RDD Research Report Number RDD-02-03, 2002.

<그림 69> regression을 이용한 위성영상과 표본조사의 연계



- 방법론의 핵심은 regression estimator를 활용한 위성영상자료와 현장조사자료의 연계라고 할 수 있으며 방법론의 핵심적인 내용을 정리하면 다음과 같다.

(1) Direct Expansion Estimation (Ground Data Only)

- 여기서 설명되는 방법론은 주어진 주별 통계를 가정한다. 전국적인 통계는 주별 통계의 합을 적정하게 결합하여 산출한다.
- $h=1, 2, \dots, L$ 이고  $L$ 을 표본층(stratum)이라고 가정할 때 각 표본

층은 다시  $N_h$ 개의 area frame units로 나누어지며 이는 무작위로 추출된  $n_h$ 개의 표본을 포함한다. 각 표본층별 JES 데이터만을 이용하여 특정 작목에 대한 총 재배면적은 다음과 같은 direct expansion 방법론을 통해서 추정된다. 편의상 주를 Illinois로, 작물을 벼로 가정한다.

- $Y$ 는 Illinois주의 총 벼 재배면적

$\hat{Y}_{DE}$ 는 Direct expansion을 통해 추정된 Illinois주의 총 벼 재배면적

$y_{hj}$ 는 h번째 표본층, j번째 sample unit의 총 벼 재배면적 이라고 가정한다면

$$\hat{Y}_{DE} = \sum_{h=1}^L N_h \bar{y}_h \text{이다.}$$

여기서  $\bar{y}_h$ 는 h번째 층에서 sample unit들의 평균 벼 재배면적

$$= \sum_{j=1}^{n_h} y_{hj} / n_h$$

- 추정된 값의 분산은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} V(\hat{Y}_{DE}) &= \sum_{h=1}^L v_h (\hat{Y}_{DE}) \\ &= \sum_{h=1}^L \frac{N_h^2}{n_h(n_h - 1)} \frac{N_h - n_h}{N_h} \cdot \sum_{j=1}^{n_h} (y_{hj} - \bar{y}_h)^2 \end{aligned}$$

- Landsat 데이터를 사용하지 않은 이러한 방법론의 주별 sampling

error는 샘플링 에러는 2~8%다.

(2) Regression Estimation (Ground Data and Classified Landsat Data)

- 방법론의 적용에 앞서 Landsat 데이터로부터 작물별 신호를 통해 작물을 분류해내는 작업이 선행된다. 분류작업이 완료되면 regression estimator를 통해 현장조사데이터와 Landsat 데이터를 활용하여 작물의 재배면적을 추정할 수 있다. regression estimator를 사용하여  $Y$ 를 추정하는 방법을 하나의 표본층에 대하여 설명하면(separate form) 다음과 같다.

- $$\hat{Y}_R = \sum_{h=1}^L N_h \cdot \bar{y}_{h(reg)}$$

여기서  $\bar{y}_{h(reg)} = \bar{y}_h + \hat{b}_h (\bar{X}_h - \bar{x}_h)$

그리고  $\hat{b}_h$ 는  $n_h$ 의 구획들에 대하여 현장조사한 면적과 픽셀을 분류한 결과를 회귀분석해서 만들어진 h번째 표본층의 추정 regression coefficient

$$= \frac{\sum_{j=1}^{n_h} (x_{hj} - \bar{x}_h)(y_{hj} - \bar{y}_h)}{\sum_{j=1}^{n_h} (x_{hj} - \bar{x}_h)^2}$$

$\bar{X}_h$ 는 h번째 표본층의 모든 frame unit를 대상으로 산출한 frame unit당 베토 분류된 픽셀의 평균 개수. 모든 Landsat scenes를 분

류한다면  $X_h$ 가 되며 이 값은 샘플을 통해 산출된 값이 아니라 모집단 값을 의미함.

$$= \sum_{i=1}^{N_h} X_{hi} / N_h$$

여기서  $X_{hi}$ 는 h번째 표본층의 i라는 area-frame unit에서 베틀로 분류된 픽셀의 개수를 의미한다.

$\bar{x}_h$ 는 h번째 표본층의 sample unit에서 산출한 unit당 베틀로 분류된 픽셀의 평균 개수를 의미한다.

$$= \sum_{j=1}^{n_h} x_{hj} / n_h$$

여기서  $x_{hj}$ 는 h번째 표본층의 j라는 sample unit에서 베틀로 분류된 픽셀의 개수를 의미한다.

- 하나의 표본층에 대한(separate form) regression estimator의 추정된 분산은 다음과 같다.

$$v(\hat{Y}_R) = \sum_{h=1}^L \frac{N_h^2}{n_h} \frac{N_h - n_h}{N_h} \cdot \sum_{j=1}^{n_h} (y_{hj} - \bar{y}_h)^2 \cdot \frac{1 - \hat{R}_h^2}{n_h - 2}$$

여기서  $\hat{R}_h^2$ 는  $R_h^2$  즉 h번째 표본층에서 현장조사를 통해 보고된 재배면적과 베틀로 분류된 픽셀간의 population coefficient of determination을 의미한다.

$$R_h^2 = \frac{\left[ \sum_{i=1}^{N_h} (Y_{hi} - \bar{Y}_h) (X_{hi} - \bar{X}_h) \right]^2}{\left[ \sum_{i=1}^{N_h} (Y_{hi} - \bar{Y}_h)^2 \right] \left[ \sum_{i=1}^{N_h} (X_{hi} - \bar{X}_h)^2 \right]}$$

또한,  $v(\hat{Y}_R) = \sum_{h=1}^L \frac{n_h - 1}{n_h - 2} (1 - \hat{R}_h^2) v_h(\hat{Y}_{DE})$ 이며 고정된  $n_h$ 에 대하여  $\hat{R}_h^2 \rightarrow 1$ 이면  $\lim v(\hat{Y}_R) = 0$ 이다. 따라서 대부분의 표본층에서 coefficient of determination이 1에 가까워진다면 분산은 매우 낮아질 수 있다.

- regression estimator를 사용하여  $Y$ 를 추정하는 방법을 모든 표본층에 대하여 설명하면(combined form) 다음과 같다.

$$\hat{Y}_R = N \bar{y}_{(reg)}$$

여기서  $N = \sum_{h=1}^L N_h$

$$\bar{y}_{(reg)} = \bar{y} + b_c (\bar{X} - \bar{x})$$

$$\bar{X} = \left( \sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{N_h} X_{hi} \right) / N$$

$$\bar{x} = \left( \sum_{h=1}^L N_h x_h \right) / N$$

그리고  $\bar{y} = \sum_{h=1}^L (N_h \bar{y}_h) / N$

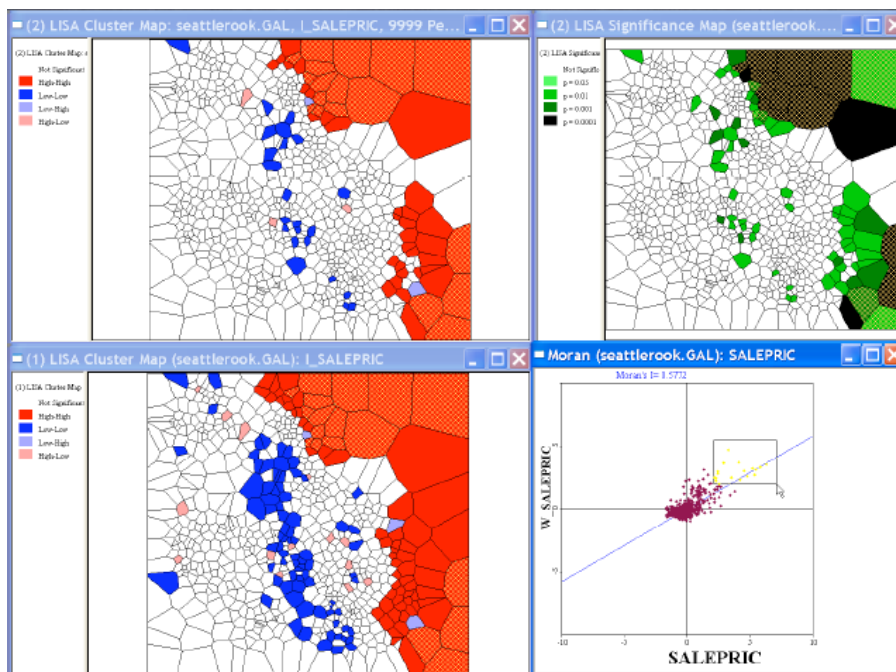
- Direct expansion estimator와 Regression estimator 상대적 효율성은 각각 방법론별 분산의 비를 통해 평가한다.

$$R.E. = v(\hat{Y}_{DE}) / v(\hat{Y}_R)$$

## 나. 최신 방법론

- 가장 최근의 연구로 인공위성자료와 표본조사데이터를 연계시키는 regression에 있어 필연적으로 발생할 수 있는 공간적 자기상관(spatial autocorrelation)의 영향과 이를 통제할 수 있는 공간회귀분석모델들에 대한 연구가 진행되고 있으며 이를 이용할 경우 기존 regression을 사용한 경우에 비해 정확치를 상당부분 개선할 수 있다.<sup>23)</sup>

<그림 70> 공간자기상관을 고려한 regression estimator 방법론



- 공간자기상관을 고려한 regression estimator 도출방법론의 핵심적인 내용을 다음과 같이 제시한다. 한국형 농업통계산출 계량모

23) Lei Ji, A. J. Peters, "A spatial regression procedure for evaluating the relationship between AVHRR-NDVI and climate in the northern Great Plains", International Journal of Remote Sensing, 20, 2004.



형의 개발에 있어서도 이러한 최신방법론을 적극적으로 수용하여 선진국수준을 빨리 극복해야 한다.

- 전통적인 최소제곱법(OLS)을 통해 얻은 추정량(estimator)이 최적 선형불편추정량(best linear unbiased estimator, BLUE)이 되기 위해서는 여러 가지 기본 가정들을 충족시켜야 한다. 그 중 상대적으로 중요한 가정으로 오류항은 서로 독립적이며 동일한 분포(Independent and Identical Distribution, IID)를 가져야 한다는 것이다.

$$E[\epsilon] = \phi$$

$$E[\epsilon\epsilon'] = O^2I$$

- 위와 같이 전통적인 OLS 분석은 공간상관성(spatial correlation), 공간의존성 (spatial dependence), 또는 공간이질성(spatial heterogeneity) 등 공간영향의 존재에 관한 가정은 갖고 있지 못하다. 이처럼 공간에 의한 영향을 통제하지 못하는 모델은 오지정(misspecification)의 문제를 갖게 되고, 추정량은 더 이상 최적 선형불편 추정량(BLUE)이 되지 못하며, 잘못된 통계적 추정(statistical inference)에 도달할 위험성이 있다.
- 공간의 영향이 존재하는 경우 평균과 표준편차는 충분성을 갖는 통계량(sufficient statistic)이 아니다. 비록 공간준거 데이터(geo-referenced data)의 회귀분석에서 얻은 회귀계수는 비편향적

(unbiased)일 수 있지만, 분석과 상관계수는 편향적이다. Cordy와 Griffith(1993)에 의하면, 회귀오차가 공간상에서 자기상관을 갖는 경우 OLS 회귀계수의 추정량은 비편향적이지만 분산은 심각한 편향성을 갖는다.

- OLS의 가장 커다란 문제점은 공간자기상관이 존재하는 경우 표준오차 추정량(standard error estimator)이 과소추정(under estimation)되는 경향이다. 결국 관측개체(observation)의 지리적 배열구조(geographic arrangement)나 공간의존성의 정보가 모델에 반영되지 못하면 회귀계수는 비록 편향적이지만 더 이상 효율적이지 못한(inefficient) 추정량이 된다. 따라서 회귀계수의 통계적 유의성 검증(significance test) 및 예측오차(prediction error) 등의 정확성을 신뢰할 수 없게 된다.
- 공간계량분석에서 일치성(consistency)에 관한 논의는 상대적으로 미약하다. Mardia와 Marshall(1984)은 하나의 지도에서 얻어진 공간준거 데이터들의 추정량에 대한 일치성은 상대적으로 취약함을 보여주고 있다. 전통적인 추정량은 지리적 공간의 크기를 무제한으로 증가시킨다면 통계적인 일치성을 보인다. 그러나 고정된 공간단위를 준거로 하는 즉, 하나의 지도에서 반복하여 추출된 공간준거 데이터에 대한 일반적인 추정량은 비일치성을 갖는 경향이 있다.
- 이러한 인문사회적 또는 자연적 현상들이 지리적 공간상에서 갖

는 상호의존성 및 상호 작용을 ‘공간자기상관(spatial autocorrelation)’이라 한다. 이 ‘공간자기상관’은 공간상에 분포하고 있는 실체(spatial entities)들이 위치의 유사성이 높아짐에 따라 이 실체들이 갖는 값의 유사성도 또한 높아 가는 현상이다. 이 양식들이 갖는 공간의 유사성(similarity) 및 차이성(dissimilarity)을 측정할 수 있다. 즉, 이러한 공간실체들 간의 유사성과 차이성을 측정·요약하여 보여주는 것이 바로 ‘공간자기상관’이라고 할 수 있다.

- 일반적인 상관계수(correlation coefficient)는 두 변수 사이에 존재하는 관계의 성격과 정도에 대한 정보를 제공한다. 그러나 자기상관은 두 변수간의 관계가 아닌 하나의 변수가 갖는 여러 관측개체(observation) 또는 관측값(observation values)들 사이에서 존재하는 관계를 지칭한다는 점에서 일반적인 상관계수와는 다르다. 즉, 공간자기상관이란 ‘공간단위(areal units)들이 지표상에 배열되는 방식에서 기인하는 하나의 변수가 갖는 여러 값들 간의 관계’로 정의할 수 있다.
- 이러한 공간자기상관에는 ‘정적 공간자기상관(positive spatial autocorrelation)’과 ‘부적 공간자기상관(negative spatial autocorrelation)’이 있다. 정적 공간자기상관은 공간실체들이 서로 유사한 값을 갖으며 균집적으로 분포하는 경우이며, 반대로 부적 공간자기상관은 공간실체들이 서로 상이한 값들을 갖으며 균집적으로 분포하는 경우이다.

- 위와 같은 공간가중치 매트릭스를 통하여 구축된 공간정보를 회귀분석 틀 안으로 통합 시킬 수 있는 공간회귀분석(spatial regression) 모델에는 일반적으로 다음의 3가지가 있다. 첫째, ‘공간오류모델(Spatial Error Model : SEM)’은 오류항의 공간자기상관을 통제하기 위해 활용한다. 이 SEM은 공간계량분석에서 가장 널리 이용되고 있고 아래와 같이 표현될 수 있다.

$$y = X\beta + u$$

$$u = \rho Wu + e$$

- 위 식에서 벡터  $y$ 는 공간단위의 횡단적 관측개체(cross-sectional observation)이고, 매트릭스  $X$ 는 설명변수이며,  $u$ 는 공간자기상관을 갖는 오류항(spatially autocorrelated error term),  $\rho$ 는 공간자기상관 계수(spatial autocorrelation coefficient),  $W$ 는 공간가중치 매트릭스, 그리고  $e$ 는 공간자기상관이 없고 동분산성(homoskedastic)을 갖는 전형적인 오류항이다. 위 식에서  $\beta$ 와  $\rho$ 는 모델에서 추정될 모수(parameters)들이다. 이 식의 첫째 줄은 전형적인 회귀식이지만 둘째 줄은 오류항을 공간자기상관을 갖는 오류항과 아닌 오류항으로 나누고, 공간자기상관을 갖는 오류항에 공간의 정보를 주어 이를 통제한다.
- 두 번째의 공간회귀분석 모델은 시계열 회귀분석(time series regression)의 시차종속변수 모델(lagged dependent variable

model)과 유사한 ‘공간자기회귀모델(Spatial Autoregressive model : SAR)’로, 공간계량 문헌에서는 종종 ‘공간지체모델(Spatial Lag Model : SLM)’로도 불리운다. 이 모델은 종속변수가 공간자기상관을 갖는 경우로 이 공간자기상관의 정보를 독립변수로 회귀식에서 설정한다. 이 SAR은 다음과 같이 표현된다.

$$y = \rho Wy + X\beta + \epsilon$$

위 식에서  $\rho$ 는 관측개체 벡터  $y$ 가 이웃하고 있는 관측개체들의 공간가중된 평균값에 의해 설명되는 정도를 표시한다.

- 회귀분석에서 공간정보를 도입시킬 수 있는 마지막 모델은 위의 두 공간회귀분석 모델을 결합한 것으로 일종의 ‘혼합공간모델’이다. 이 혼합모델은 하나의 동일한 공간가중치 매트릭스를 사용하기도 하고 또는 서로 다른 매트릭스를 사용하기도 한다. 다음 식에선 종속변수의 공간자기상관의 정보가 독립변수로 설정되는 동시에 오류항에 대한 공간자기상관도 통제해 주게 된다. 이 혼합공간모델은 다음 식과 같이 표현될 수 있다. 이 식에서  $\rho$ 와  $\gamma$ 는 추정될 공간자기상관 계수들이다.

$$\begin{aligned} y &= \rho Wy + X\beta + u \\ u &= \gamma Wu + \epsilon \end{aligned}$$

## 5. 모델 활용을 위한 기술적 방법론

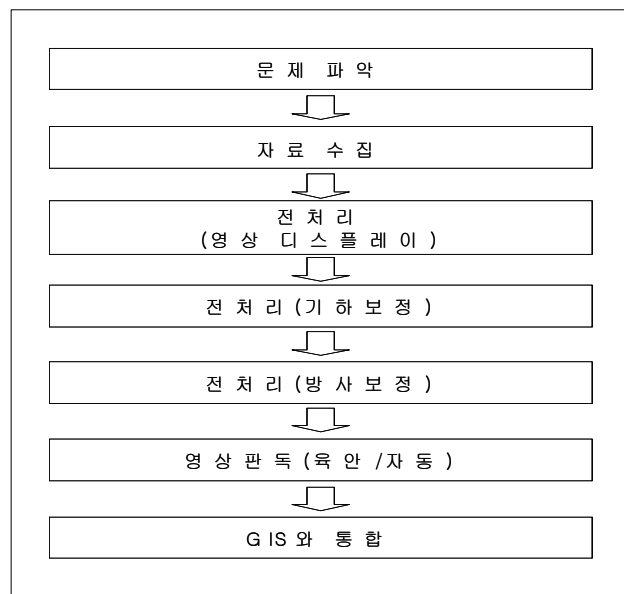
### 가. 토지피복분류 및 경지면적 판독

#### (1) 위성영상의 처리 및 판독의 과정

- 원격탐사의 과정은 실제 관찰하고자 하는 목적물에 접근하지 않고 멀리 떨어진 거리에서 정보를 추출하여야 하는 필요성의 인지에서부터 시작한다. 즉, 연구자나 사용자가 현 상황에서 이론적인 측면에서와 실무의 관점에서 문제를 찾아내고 프로젝트를 준비하는 것으로부터 시작된다.
- 프로젝트의 준비가 끝나면 자료수집의 단계로 들어가게 된다. 원격탐사과정에서 자료라 함은 원격영상과 더불어 영상을 판독하기 위한 다양한 문헌과 인적·물적자원을 말한다. 자료취득과정에서 가장 중요한 것은 원격영상을 취득하는 것이다. 영상을 선정하는 과정은 해상도 필요한 공간정보, 화상처리에 요구되는 시간, 투입 가능한 판독인력의 수, 자료 수집비용 등 다양한 변수를 고려하게 된다.
- 고해상도 영상은 판독이 용이하나 가격이 비싸고 처리시간이 많이 요구되며 TM, SPOT자료는 가격이 저렴하고 영상처리 시간이 단축될 수 있으나 세부적인 정보를 확보하는데 한계가 있어

항공사진과 같은 보조 자료를 참조해야 할 경우가 발생한다. 자료수집이 완료되면 획득한 영상의 전처리 및 판독과정을 실시한다. 일반적인 원격탐사 절차의 순서는 다음 그림과 같다.

<그림 71> 일반적 원격탐사 방법론의 절차



## (2) 영상의 전처리(pre-processing)

- 원격탐사 영상은 자료의 수집 과정에서 여러 요인에 의해 자료의 훼손, 왜곡 등이 발생하게 된다. 이러한 왜곡은 판독과정에서 여러 가지 오차요인으로 작용하기 때문에 사전에 반드시 보정을 통한 자료의 수정 작업이 필요하며, 이러한 보정 과정을 영상 자료의 전처리 과정이라고 한다. 전처리 과정은 다음과 같은 단계를

거쳐 이루어진다.

(가) 영상 디스플레이

- Image display system은 디지털 영상을 아날로그 형태로 변환하여 인간의 시각에서 인식할 수 있도록 변환한다. 어떤 영상을 화면에 표시하라는 명령을 내리면 CPU는 그 처리 결과를 모니터에 나타내도록 그래픽 카드에게 명령을 내린다. 이 명령은 비디오칩과 비디오 램을 거쳐 영상에 대한 정보를 읽어 온다.
- 그래픽 카드에 인식된 디지털 신호는 모니터에 표시될 수 있는 아날로그 신호로 변환되어 모니터로 보내진다. 이 신호는 붉은색, 초록색, 그리고 파란색 등으로 분리된 후 전자총을 통해 모니터의 뒷면에 칠해져 있는 형광 물질로 발사된다. 이렇게 발사되는 빔이 형광 물질과 부딪쳐 비로소 화면에 필요한 문자나 도형이 나타나는 것이다. 영상을 디스플레이 함에 있어서 사용자가 고려해야 할 것은 공간해상도(display spatial resolution)와 컬러해상력(radiometric resolution)이다.
- Landsat-TM센서는 1, 2, 3번 밴드에 대하여 각각 청색, 녹색, 적색의 관측 파장대 영역을 가지고 있기 때문에 3가지 밴드 영상에 각각의 관측 파장대와 일치하도록 색상을 부여한 뒤 컬러 합성을 수행한다면 마치 인간의 눈에 보이는 것과 거의 유사한 색상 배합을 갖는 컬러 영상을 만들어 낼 수 있는데 이를 true color 디



스플레이라고 한다.

- 이는 인간이 눈으로 사물을 보는 것과 흡사하여 더 사실적이고 흥미로울 수 있지만 사용자가 지상객체를 식별하기 위해 객체에 주안점을 둔 색을 부여하지 못하는 한계가 있다. 이와같은 true color 디스플레이의 한계를 극복하기 위해서 관측센서에서 얻어진 다중분광 영상의 관독을 위해 컬러 영상으로 변환시켜 주는 방법이 False Color Composites(FCC)라고 한다.
- 이 방법을 통해 위성의 어느 밴드에 어떤 색상을 부여하는가에 따라 사용자의 작업 목적에 맞게 여러 색상 조합을 만들어 낼 수 있고 원하는 객체를 쉽게 육안으로 식별 할 수 있다.

#### (나) 기하보정(Geometric Correction)

- 영상에서 기하학적 휘어짐은 영상 내 공간 객체의 상대적인 위치 변동을 의미하며, 이렇게 휘어진 영상을 평면 위에 존재하는 기존의 지형도와 중첩시키기 위해선 영상에 나타나는 객체의 위치를 지형도와 같은 크기와 투영값을 갖도록 변환해 주는 과정이 반드시 필요하다.
- 기하학적 왜곡에는 지구곡률 및 자전, 위성체(platform)와 센서(sensor), 위성의 고도나 자세 등에서 기인되는 시스템 왜곡(systematic distortion)과 그 밖의 요인에 의하여 발생하는 비시

스텝 왜곡(non-systematic distortion)으로 구분 된다.

- 이러한 기하학적 왜곡의 오차를 보정하는 방법에는 크게 시스템 보정과 지상기준점(Ground Control Point : GCP)보정의 두 가지가 많이 사용되고 있다. 시스템 보정은 영상이 공급되기 전에 왜곡을 일으키는 변수에 대한 모델링 과정을 통해 수정된다.
- 원격 센서의 자세불안과 화상특성의 변조에 의해 발생하는 예측 불가능한 기하학적 왜곡은 가변적이기 때문에 예측이 불가능하다. 이 왜곡은 지상기준점(GCP)을 이용하여 보정한다.
- 기하보정 과정에서는 위성영상과 실제 지상에서 서로 동일한 지점이라고 확인될 수 있는 지점을 선정하여 지형 지물의 상호 위치 관계를 파악하게 되는데, 이를 지상기준점이라고 한다. 기하보정은 모든 원격탐사 영상 분석의 기초가 되는 매우 중요한 전처리 과정이다.
- 지상기준점은 영상과 지도에서 분명하게 식별이 가능하여 영상좌표와 지도좌표에서 쉽고 정확하게 얻을 수 있어야 한다. 영상의 해상도가 높아질수록 GCP의 대상이 대는 공간객체는 세밀하고 구체적인 것이어야 한다.
- 지상기준점에 해당하는 영상좌표와 지도좌표를 얻은 후에는 좌표 변환식의 계수를 구할 수 있고 좌표 변환식을 산출할 수 있다.

즉 지상기준점 정보를 이용하여 변환식을 도출하고 나머지 전체 영상의 좌표를 추정한다. 좌표변환 방법으로 단순한 회전, 축소, 확대 등과 다차원 방정식이 있다. 최소한 필요한 GCP의 수는 변환식의 차수에 의하여 결정이 되며 그 식은 다음과 같다.

$$\text{최소지상기준점수} = (t + 2)(t + 1)/2 \quad (t \text{는 다항방정식의 차수})$$

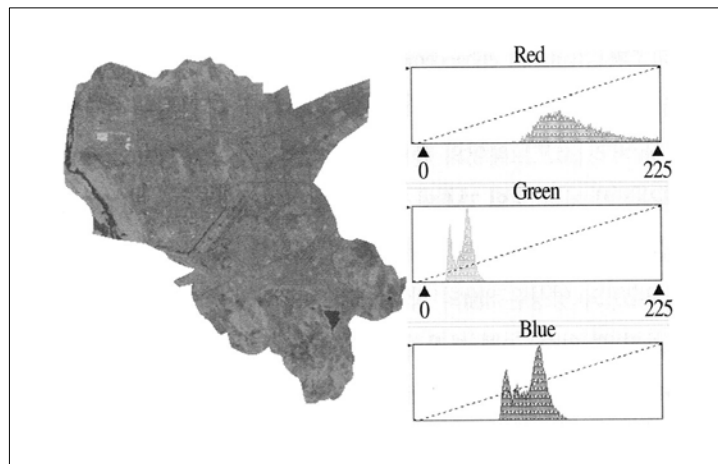
(다) 방사보정(Radiometric Enhancement)

- 원격센서는 감지된 전자파를 밝기 값으로 바꿔주는 감지기(detector)를 이용한다. 이론상 감지기는 측정치가 전자파의 강도에 따라 변하며 방사량이 0일때 측정치도 0이어야 한다. 그러나 실제 센서들은 전자파 강도와 신호 간에 어느 정도의 비선형을 가지고 있고 전자파 방사가 없을 때에도 작은 크기의 신호를 나타낼 수도 있다.
- 방사학적 왜곡은 전자파가 에너지원으로부터 센서에 도달할 때까지 통과해야 하는 전달매질인 대기 때문에 발생하고 또 측정기기의 오차와 같은 지상물체의 굴곡 때문에도 발생한다.
- 원격 탐사에서는 지상의 물체를 관측하기 위하여 여러 분광대의 영상을 수집한다. 모든 물체는 분광대에 따라 반사 특성이 다르므로, 원격 탐사 영상의 히스토그램도 관측한 분광대에 따라 달라진다. 영상의 히스토그램이란 영상에서 각 밝기 단계에 따라

분포하는 화소의 개수를 수록한 자료를 말한다.

- 영상에 포함된 밝기 값의 범위가 영상의 대비(contrast) 정도를 알려준다. 화상대조처리 혹은 화상 강조 처리(contrast enhancement)는 인간의 시각으로 볼 수 있는 색상의 사용을 최적화하여, 영상에 포함된 공간 객체가 더욱 확연히 두드러지도록 만드는 과정이다.

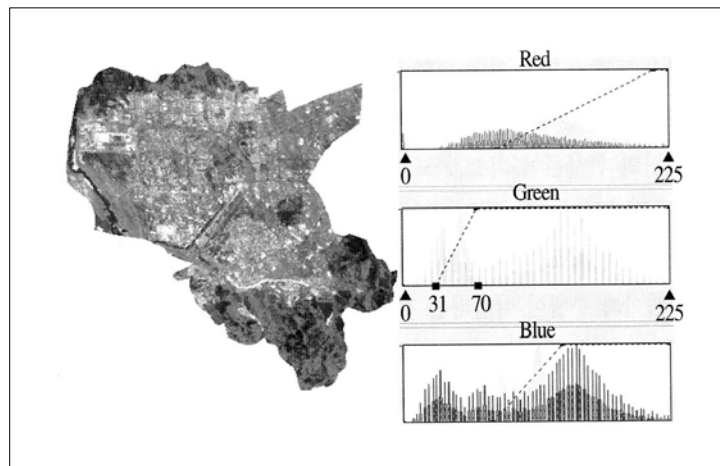
<그림 72> 화상 강조 처리 전의 영상



- 위 그림의 화상강조이전의 영상을 보면 대조가 선명하지 않아 공간 객체를 판독하는 데 한계가 있다. 우측은 적외선 채널을 적색에 디스플레이한 영상의 히스토그램이다. 전체적으로 히스토그램이 8bit(0~255)의 방사해상도를 제대로 사용하지 못하고 일부에만 분포하고 있다.

- 반면에 아래에 있는 화상 강조 처리된 후의 영상을 보면 대조가 선명하게 나타나고 있다. 우측은 적외선 채널을 적색에 디스플레이 한 영상의 히스토그램이다. 전체적으로 히스토그램이 8bit(0~225)의 방사해상도를 제대로 활용하면서 분포되고 있다. 녹색 파장의 경우 원래 영상의 화소값 분포가 31~70이었는데 화상처리 후 0~255로 확장되었다.

<그림 73> 화상 강조된 이후의 영상



- 화상대조처리는 일반적으로 분광특성을 강조하는 것으로 판독을 위해 대조가 명확해 지도록 영상 화소의 회색단계를 변화시킨다. 화상대조처리는 화상의 반사 값을 출력장치의 전체 영역을 이용하여 출력될 수 있도록 확장하여 준다.

- 화상대조 처리기법은 화상의 히스토그램 분포 특성이나 화상에 있는 어느 공간 객체에 주안점을 두느냐에 따라 다양한 방식이 적용될 수 있다. 화상대조처리는 화상이 갖고 있는 원래 정보의 손실을 초래한다는 점을 주지하여야 한다.
- 화상대조처리를 하고 난 후의 화상으로 분류를 한다거나 변화분석을 하는 것은 바람직하지 못하다. 화상대조처리는 화상이 가지고 있는 원래의 반사값을 바꾸기 때문이다.
- 동일한 사물이라도 지형조건, 그림자, 계절에 따른 태양의 각도와 조도의 변화 등에 의해 채널 간에 분광특성의 차이를 보이는 경우가 있다. 이것은 분류에 장애요인으로 작용을 하게 되는바 비연산(ratio transformation)을 사용하여 영향을 감소시킬 수 있다.
- 비연산을 통하여 왜곡을 줄이고 한 밴드에서는 얻지 못하는 토양과 식생을 구분하는 독특한 정보를 얻을 수 있다. 식생지수(vegetation index)는 밴드 비연산의 원리를 활용하고 있는 대표적인 예이다. 이와 같은 반사특성 원리를 이용하여 가시광선 파장대와 근적외선 파장대를 수학적으로 조합하면, 두개의 파장영역에서 보였던 식물의 특성과 관련된 정보를 집약할 수 있게 되는 것이다.
- 식생지수의 산출은 밴드 비(band ratio), 밴드 차(band difference) 등 여러 가지 방법이 사용되고 있지만, 정규화한 식생지수값을

갖게 되는 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)가 가장 널리 쓰이고 있다.

- 식생지수의 원리는 가시광선과 근적외선 영역에서 녹색 식물의 반사율 차이가 크게 나는 것을 이용하여 특정 분광대의 영상에 일정 수식을 적용하여 식생의 상태를 나타내는 새로운 영상을 얻는 것이다.
- 근적외선 파장영역에서의 식물의 반사특성은 식물의 종류, 엽량, 수관밀도 등에 크게 좌우되기 때문에 식물의 이러한 특성도 식생지수에 잘 나타날 수 있게 되는 것이다. 따라서, 일반적으로 적색과 근적외선이 관측되는 센서의 영상 자료를 이용하여 식생지수를 얻을 수 있다.
- 최근 들어 영상의 고해상도가 일반화되고 항공사진이나 항공비디오를 영상 처리 환경에서 사용하는 것이 일반화됨에 따라 영상에 나타난 그림자 보정이 방사 보정과정에서 중요한 이슈로 대두되고 있다. 기존의 TM, SPOT 등의 저해상도 위성영상의 그림자는 심각한 문제를 초래하지 않기 때문에 일반적으로 그림자를 제거하기 위한 전처리나 특별한 분류기법을 적용하지 않았다.
- 대형 건물이 밀집된 현대도시의 고해상도 영상에는 그림자 영역이 차지하는 비율도 급격히 증가해 정보의 손실을 초래하고 있다. 따라서 그림자 효과의 감소 또는 제거를 위한 영역처리가 요

구되고 있으며, 이와 같이 고해상 영상에 주안점을 두고 방사보정의 개념이 재정립되어야 할 것이다.

## (2) 영상의 해석

- 영상을 해석하는 방법은 인간의 개입여부에 따라 크게 두 가지 방법으로 나눌 수 있는데 아날로그 방식과 디지털 방식이 있다.
- 먼저 아날로그 방식은 사람의 육안으로 영상을 평가하고 판독하는 것이고 디지털 방식은 각각의 파장별로 저장된 값이 의미하는 바를 실제 지상물체에서 찾아내는 것을 말하는데 수작업으로 하기에는 너무나 많은 시간과 노력이 들기 때문에 영상처리 소프트웨어를 이용한다.
- 영상을 분류하는 대표적인 방법은 크게 두 가지가 있는데 감독 분류(supervised classification)와 무감독 분류(unsupervised classification)가 있다. 감독분류는 영상을 분류하기 전에 컴퓨터에게 분류할 각 클래스의 정보를 미리 알려주어 분류를 수행하게 하는 방법이다.
- 무감독 분류는 해석하고자 하는 지역에 대한 사전정보가 없어 훈련지역을 고르기가 힘들 경우 오직 영상의 분광특성에 따라 군집화(clustering)를 한 후, 군집화된 분광클래스(spectral class)들을 재결합하여 지표피복 클래스(imformation class)로 지정하는 방법



을 말한다.

(가) 무감독 분류

- 무감독 분류는 대상지역에 대해서 현지 조사정보가 부족하거나 파장별 반사특성이 유사하여 감독분류를 수행하기 어려운 상황에서 적용되어지는 분류기법으로, 영상 자체의 통계치를 이용해서 비슷한 반사 값을 가지는 화소들끼리 군집화 하는 방법이다.
- 무감독 분류는 상대적으로 객관적인 분류결과를 산출한다는 장점이 있고 판독자가 전혀 예상하지 못한 결과를 발견할 가능성이 있다는 장점도 있다. 그러나 통상 사용되는 분류항목으로 분류가 되지 않을 가능성을 내재하고 있다.
- 무감독 분류의 결과물은 영상에서 분광적으로 개별 공간 객체가 어떻게 분포되는지를 단순히 파악하는데 의의가 있다. 실무자들은 관심대상의 피복항목과 분광항목을 연관시키기 위해 참조자료로 무감독 분류를 활용하는 것이 일반적인 응용이다.

(나) 감독 분류

- 감독분류는 사용자가 원하는 지표의 정보를 현지답사를 통하여 미리 확정하고 이를 이용하여 전체의 영상에서 분류하는 것으로 사용자가 지정하지 않은 부분은 미지정으로 나타나도록 하는 방

법이다.

- 영상 내의 같은 성질을 가진 pixel값들을 군집화시켜 처리하는 감독분류는 영상에서 분류하고자 하는 정보 집단의 위치나 분광 특성을 사용자가 정확히 알고 있을 때 사용한다. 감독분류는 기존의 분류체계, 예를 들어 USGS(United States Geological Survey)의 'Land Use/Land Cover'에 근거하여 분류를 수행할 수 있다는 장점이 있다.
- 감독분류의 기본적인 과정은 다음과 같다.
  - Spatial masking : 분류 대상 단위지역을 설정하고 training 샘플을 취득
  - Statistics 계산 : 개별 지표 형태 클래스에 대한 스펙트럼 특징 정보인 평균, 표준편차, 분산, 최소값, 최대값, 분산-공분산 행렬, 상관행렬 등을 확인하고 샘플의 신뢰도를 검증한다.
  - 분류에 사용할 밴드지정 : 각 지표형태 클래스에 대한 통계량이 각 밴드로부터 계산되면 각 클래스를 가장 효과적으로 식별하는 밴드를 결정하여야 한다. 중복된 스펙트럼 정보를 제공하는 밴드는 제거하여 데이터 세트에서의 차원 수를 줄인다.
  - 분류 알고리즘 선택 : 어떤 분류기법이 최적의 결과를 내는지를 판단한다. 분류에 사용할 알고리즘에는 최대우도법, 최소거리분류법, 평행육면체법 등이 있으며 그 중 최대우도기법이 일반적으로 많이 사용되어 진다. 어떤 분류방법을 선택할 것인가 여부는 사용하는 영상의 특징과 사용자가 원하는 결과가 무엇인지에 따

라 선택되어질 수 있다.

- 통계학적인 평가 : 동일한 공간 객체에 대해 여러 개의 훈련지역으로 분류를 시도하였을 경우 이를 하나의 항목으로 통합하고 분류정확도를 통계학적으로 평가한다.

#### (다) 감독 분류와 무감독 분류의 비교

- 감독 분류와 무감독 분류는 여러 가지 측면에서 비교할 수 있다. 첫째, training 데이터는 두 방법을 가장 명확히 구분할 수 있는 기준이 된다. 감독 분류에서는 training 데이터를 선정하여 이미 알고 있는 클래스의 반사특성을 입력하여 주는 과정이 필요하다. training 데이터를 얼마나 잘 선정하여 주는냐에 따라 분류의 결과가 좌우되는데 이 과정에서 시간이 많이 소요된다. 반면, 무감독 분류는 트레이닝 데이터를 선정하는 과정을 거치지 않고, 클러스터를 해당하는 클래스로 지정하는 과정을 밟는다.
- 둘째, 클래스 결정문제에 있어서 감독분류는 사전지식이 분류에 결정적인 영향을 미치나 인간의 주관적 판단이 영상에 객관적으로 나타난 분광특성을 오히려 왜곡하여 판독할 수 있는 우려가 있다. 무감독분류의 경우는 영상에 나타난 분광특성을 중시하고 현지 상황을 고려하지 않고 분류를 수행하나 분광특성만으로 현실세계의 복잡한 현상을 분류하는 데 상당한 한계가 있다.

#### 나. 작물 재배면적 판독 방법론(벼의 사례)

- 일본에서는 벼 재배면적의 추정을 위해 기존의 광학센서 영상 (Landsat, SOPT 등), SAR 영상, GIS 수치지도를 동시에 적용하는 연구가 최근 각광을 받고 있다.
- 관련 연구로 石塚直樹(2004)는 두 시기의 RADARSAT 영상과 GIS 데이터 병용법을 활용한 분석이 1.5%정도의 오차로 가장 정밀하게 수도 작부 면적을 추정할 수 있다는 결론을 제시하였으며<sup>24)</sup> 주요 방법론을 정리하면 다음과 같다.
- 먼저 본 방법론의 개발 동기는 다음과 같이 정리된다.
  - 현재의 벼 재배면적 조사는 몇 백만에 달하는 단위구를 정비하고 사람의 손에 의해 표본조사 되고 있음.
  - 인공위성영상을 활용한 원격탐사기술을 적용함으로써 인력 및 비용의 혁신적인 절감을 기대함.
  - 일본에는 장마가 있기 때문에 일반 광학센서를 이용한 영상은 필요할 때 획득이 어려울 수도 있음.
  - 구름의 영향을 받지 않는 경작면적 산출기법의 필요성 대두.
  - RADARSAT의 SAR영상을 활용함.
  - 일반 광학센서를 통한 관독에 비해 정확도가 높지 않은 단점 발견.
  - 정확도 향상을 위한 다양한 방법론의 개발이 요구됨.

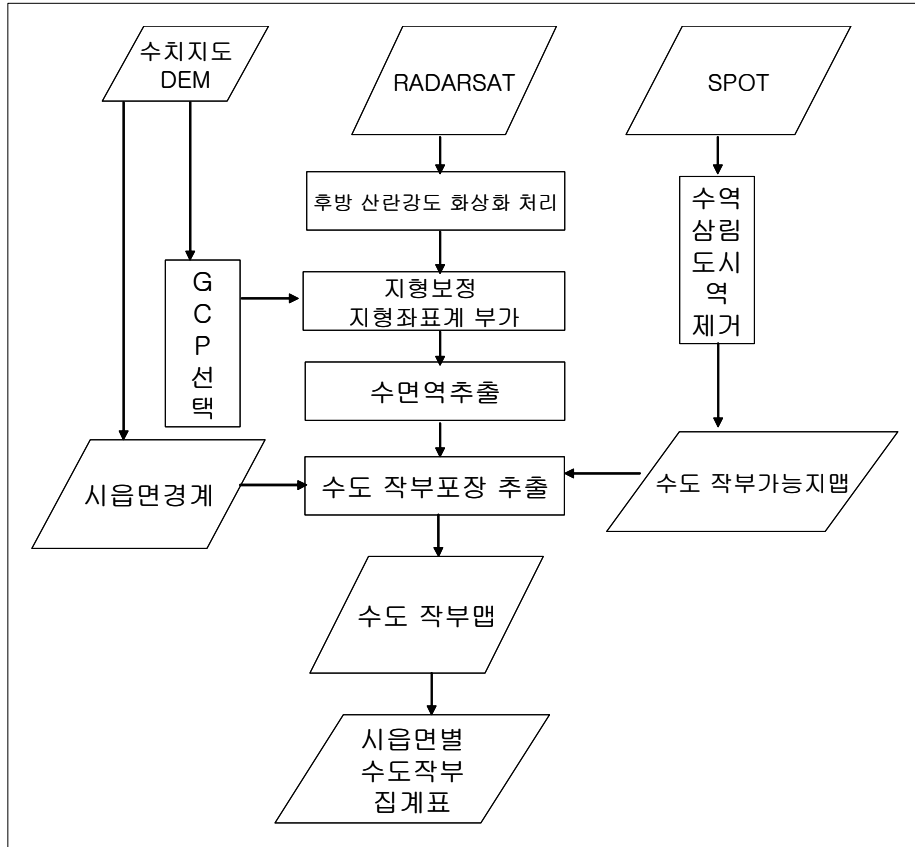
---

24) 石塚直樹, “水田面積の求積水田面積の求積”, 農林水産R Sシンポジウム, 2004.

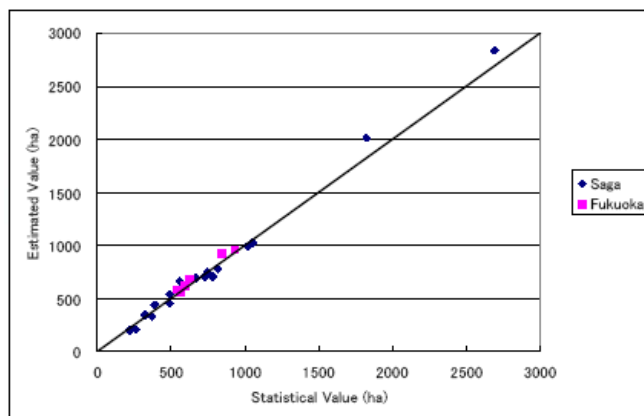
## (1) 광학센서 병용방법

- 벼 재배면적의 추정을 위해 기존의 광학센서 영상(SPOT)과 SAR 영상(RADARSAT)을 동시에 적용하였으며 주요 방법론은 다음과 같다.
- 먼저 광학센서 영상은 종래부터 행해져 오던 방법론을 그대로 적용한다. 즉 SPOT화상의 NDVI로부터 마스크(mask) 화상을 작성하여 농지만을 추출하고 이를 기반으로 수도작 가능지역을 판별하여 수도작 가능지 맵을 작성한다.
- SAR영상은 먼저 후방 산란강도 화상화 처리를 하고 다음으로 지형보정을 통해 지형좌표계를 부가한다. 지형보정을 위해 수치지도 디지털 맵(digital map)과의 오버레이 및 지상기준점(Ground Control Point : GCP)을 선택한다.
- 다음으로 수면역을 추출하며 추출된 결과와 수치지도의 시읍면경계 그리고 앞서 산출한 SPOT화상의 수도작 가능지 맵을 종합적으로 활용함으로써 최종적인 수도 작부 맵을 작성한다.
- 수도 작부 맵이 작성되면 이를 이용하여 시읍면별 수도작부 집계표를 작성한다.

<그림 74> 광학센서(SPOT) 병용 이용법



<그림 75> 광학센서 병용이용법 적용 결과

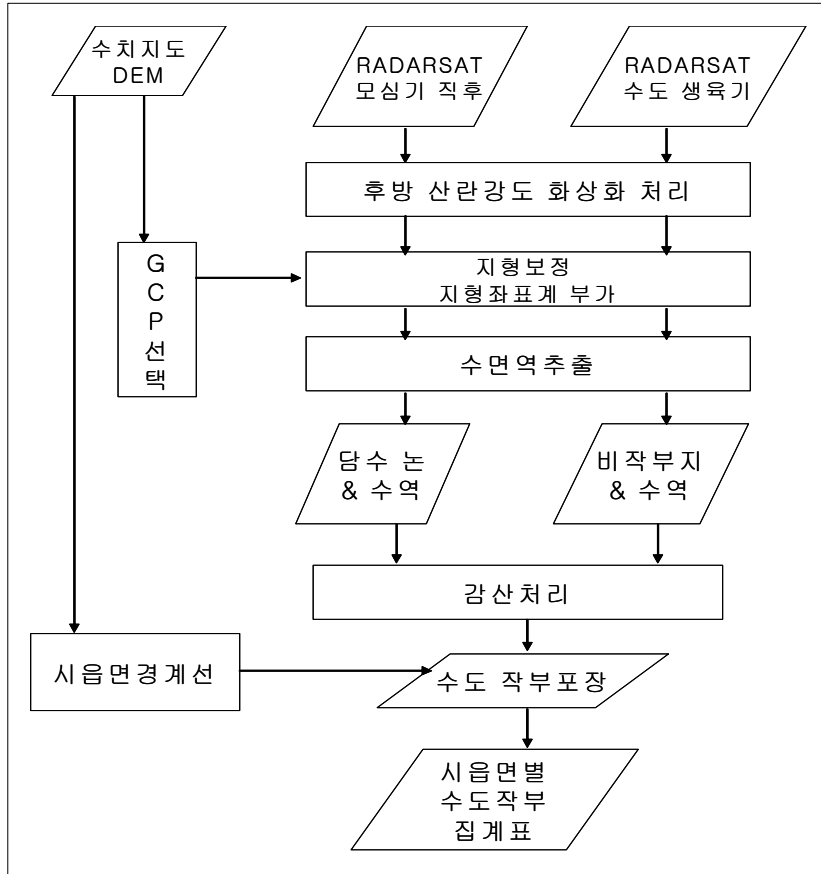


- 광학센서 병용이용법은 적용한 결과 분석대상지역인 사가현(佐賀縣)의 경우 기존 표본통계와 비교할 때 약 1.67%의 오차를 나타내었으며 후쿠오카현(福岡縣)의 경우 약 4.23%의 오차를 나타내었다. 따라서 전체 오차는 약 2.56%로 판명되었다.

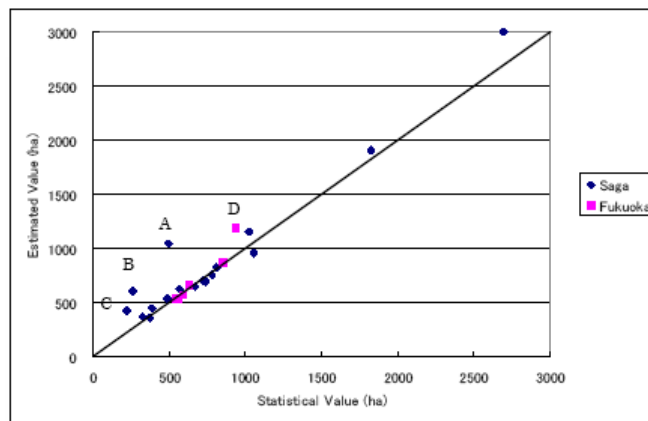
## (2) RADARSAT 2시기 이용방법

- 벼 재배면적의 추정을 위해 SAR영상(RADARSAT)의 2시기 즉 모심기 직후와 벼 생육기의 영상을 활용하였으며 주요 방법론은 다음과 같다.
- 먼저 후방 산란강도 화상화 처리를 하고 다음으로 지형보정을 통해 지형좌표계를 부가한다. 지형보정을 위해 수치지도 디지털 맵(digital map)과의 오버레이 및 지상기준점(GCP)을 선택한다.
- 다음으로 2시기 각각의 수면역을 추출하는데 모심기 직후 영상의 경우 담수논(paddy area)과 수역(water)을 추출하며 벼 생육기 영상의 경우 비작부지(non-paddy area)와 수역(water)을 추출한다.

<그림 76> RADARSAT 2시기 이용법



<그림 77> RADARSAT 2시기 이용법 적용 결과





- 각각의 추출영상에서 수역과 비작부지를 감산처리(subset) 함으로써 수도 작부포장을 추출한다. 추출된 결과와 수치지도의 시읍면 경계를 종합하여 수도 작부 맵을 작성하며 이를 활용하여 시읍면별 수도작부 집계표를 작성한다.
- RADARSAT 2시기 이용법을 적용한 결과 분석대상지역인 사가현(佐賀縣)의 경우 기존 표본통계와 비교할 때 약 11.6%의 오차를 나타내었으며 후쿠오카현(福岡縣)의 경우 약 7.2%의 오차를 나타내었다. 따라서 전체 오차는 약 10.0%로 매우 높게 나타났다.

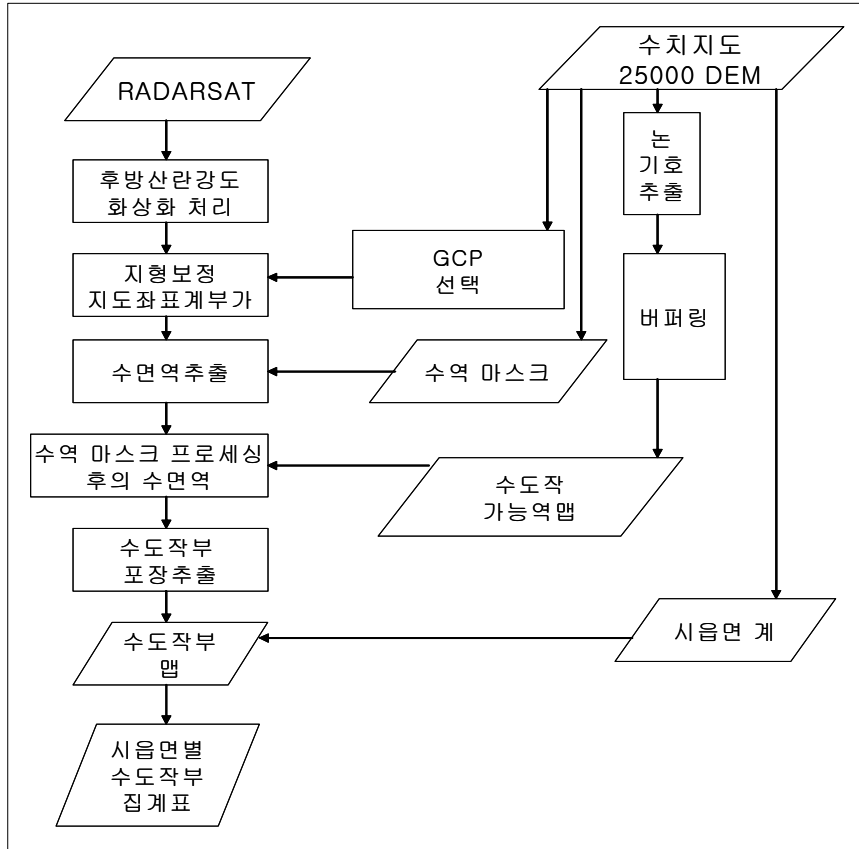
### (3) GIS 데이터 이용법

- 일본의 경우 위성영상을 이용한 벼 재배면적 산출의 정확도를 높이기 위해 광학센서 병용이용법, RADARSAT 2시기 이용법 등이 연구되었으며 최근의 방법론으로는 GIS 데이터를 이용하는 방법이 정밀도 향상에 크게 기여하는 것으로 제시되고 있다.
- 위성영상을 이용한 작물재배면적 추정에서 기존 GIS 데이터를 도입하는 근거는 다음과 같다.
  - 위성영상 데이터만으로는 재배면적 추정 정밀도 향상에 한계가 존재.
  - 정밀도 향상을 위해서는 오류 발생 소지가 낮은 다른 정보와의 융합이 요구됨.
  - 일본에서 새롭게 수전이 개간되는 경우는 거의 드물며 감소하는

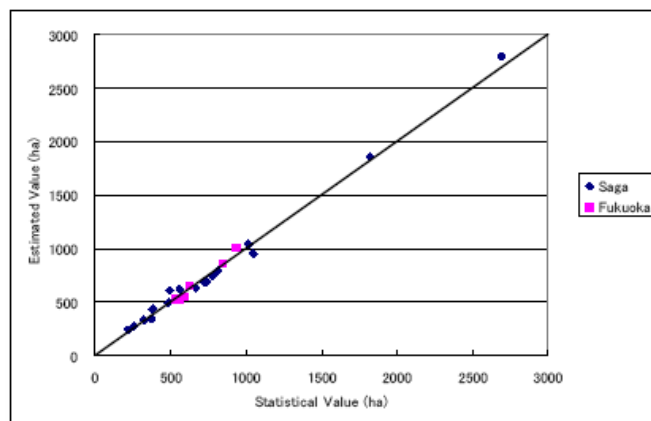
추세에 있음. 즉 GIS데이터가 정확하고 잦은 업데이트가 불가능하지만 몇 십년전의 데이터라 하더라도 수전은 오히려 감소하므로 수전 가능역의 제시에는 문제가 없음.

- 대부분 수전의 위치는 이동되지 않으며 위치가 정확함.
  - 따라서 GIS 지도에서 수전 기호가 있는 곳은 수도작부 가능영역이라고 할 수 있음.
  - 전국이 같은 정밀도로 정비되어 있는 수치지도 25,000로부터 수전을 추출하고 수도작부 가능성영역추출 마스크(mask)로서 사용함.
- 벼 재배면적 추정을 위한 GIS 데이터 이용법의 주요 방법론은 다음과 같다.
- 먼저 SAR영상의 경우 후방 산란강도 화상화 처리를 하고 다음으로 지형보정을 통해 지형좌표계를 부가한다. 지형보정을 위해 수치지도 디지털 맵(digital map)과의 오버레이 및 지상기준점(GCP)을 선택하며 이를 통해 수면역을 추출한다.
- 추출된 수면역에 25,000 수치지도에서 도출된 수역 마스크를 오버레이 함으로서 수역 마스크를 프로세싱한 수면역을 다시 산출한다.

<그림 78> GIS데이터 이용법



<그림 79> GIS데이터 이용법 적용 결과



- 25,000 수치지도의 논 기호를 추출하여 이를 버퍼링함으로서 수도 작 가능역 맵을 별도로 작성한다.
- 수역 마스크 프로세싱 후의 수면역과 수치지도를 통해 도출된 수도 작 가능역 맵을 종합적으로 활용함으로서 최종적인 수도 작부 맵을 작성한다.
- 수도 작부 맵이 작성되면 이를 이용하여 시읍면별 수도작부 집계표를 작성한다.
- GIS데이터 이용법을 적용한 결과 분석대상지역인 사가현(佐賀縣)의 경우 기존 표본통계와 비교할 때 약 0.68%의 오차를 나타내었으며 후쿠오카현(福岡縣)의 경우 약 3.05%의 오차를 나타내어 전체 오차는 약 1.5%로 매우 낮게 나타났다.

## 제 8 장 항공우주기술의 농업통계분야 활용방안

### 1. 항공우주기술의 농업통계 활용가능분야

#### 가. 활용가능 분야 및 분야별 우선순위

- 본 연구에서는 현행 농업통계 생산업무의 실태, 항공우주기술의 국내 현황, 주요 선진국의 농업통계분야 항공우주기술 응용사례를 종합적으로 검토하여 항공우주기술의 농업통계 활용가능분야를 다음과 같이 제시한다.
  - 토지이용분류 및 경지면적조사
  - 경지별 작물재배면적조사
  - 해당 작물별 작황조사
  - 수확량예측
  - 농업재해조사 및 관리
  - 통일농정을 대비를 위한 북한농업의 통계조사
  
- 토지이용분류 및 경지면적조사
  - 농업통계산출의 가장 기본이 되는 토지이용분류 및 경지면적조사에 원격탐사기술과 미국 등 선진국에서 도입하고 있는 area sampling frame 체계를 도입함으로써 농업생산의 기반인 토지자원의 명확한 파악, 작물생산계획의 수립, 양곡수급계획의 수립시

효율성을 높일 수 있다.

- 위성영상을 이용한 경지면적조사는 다음과 같은 장점을 가진다. 먼저 최신의 토지이용정보를 능동적으로 확보할 수 있다. 그리고 디지털화 되어있는 위성데이터는 대부분의 GIS와 상호 호환이 가능하다. 따라서 아날로그 형태의 기존 조사 방식과 결과를 디지털방식으로 전환함으로써 자료의 조사, 집계, 분석을 획기적으로 개선할 수 있으며 통계보급방안으로 인터넷을 도입할 수 있는 체계가 구축된다.

○ 경지별 작물재배면적조사

- 현행 작물재배면적조사는 전국의 경지를 지번순으로 약 2ha 크기로 묶은 모집단 단위구중에서 층별 표본 추출방법으로 추출한 36천개의 표본단위수를 대상으로 실측 표본 조사함으로써 집계된다.
- 현행 통계생산체계의 통계학적 메커니즘은 문제가 없으나 방대한 현장 답사가 요구되는 표본조사업무상의 특성상 조사치와 현실치의 괴리가 불가피하게 발생하고 있다.
- 인공위성자료를 활용한 작물재배면적의 산출은 넓은 지역을 일시에 조사할 수 있고 현장 실측에 비해 원하는 시기와 횟수에 제약 없이 전수조사를 통해 작물재배면적을 산출해 볼 수 있으므로 장기적으로 비용 효율성이 뛰어나다.
- 특히 우리나라 전체 농경지의 절반이상을 차지하는 벼 재배면적 추정인 경우 국내 연구와 일본 연구에서 약 95%에 가까운 추정 정확도를 보장하는 정도의 기술수준이 축적되어 있다.

○ 해당 작물별 작황조사

- 현재 기술수준에서 원격탐사를 통한 작물재배면적의 관측은 용이하하나 작물의 작황을 위성영상을 통해 판독해내는 것은 고해상도의 영상과 고도의 기술을 필요로 한다. 즉 위성영상을 통해 단위면적당 작물수량을 산출하기 위해서는 작물 재배지역의 반사스펙트럼의 차이를 토대로 생육단계와 같은 작물의 생체정보를 분석하여 해당 작물의 최종적인 수량을 추정해야 하기 때문이다.
- 최근 선진국들은 원격탐사의 응용범위를 작물별 작황조사로 넓혀 가기 위해 위성 데이터로부터 얻은 식생 지수와 농작물의 성장에 직접적으로 관련되는 기상데이터를 지역 기상관측 시스템으로부터 추정함으로써 두 가지 데이터를 병합한 농작물 작황산출 시스템의 개발에 박차를 가하고 있다.
- 또한 기존의 표본단위 현장조사 자료와 원격탐사를 통해 취득한 작물재배면적 자료를 동시에 활용하는 방법과 비용대비 효과를 높이기 위해 표본지역 만을 고해상도 영상을 통해 작황조사하는 등의 다양한 방법론들이 고려되고 있다.
- 따라서 국내에서도 위성영상을 통해 전반적인 농업통계를 다루기 위해서는 작황조사에 대한 원격탐사기술을 지속적으로 연구, 적용해 나가야 한다.

○ 수확량예측

- 인공위성 영상을 통해 보다 정확한 토지이용분류 및 경지면적조사, 경지별 작물재배면적조사 그리고 해당 작물별 작황조사가 가

능해 진다면 이러한 모든 프로세스를 시스템화 함으로서 수확량 예측 시스템의 구현이 가능해 진다.

- 위성영상을 이용한 수확량 예측 시스템은 현지 필드조사를 통한 농작물 작황데이터, 날씨데이터, 토양데이터, AVHRR 데이터, 위성영상 데이터를 지속적으로 입력한 데이터베이스와 수확량예측을 위해 개발한 모델베이스를 통합함으로서 구성될 수 있다.
- 국내에서도 유럽의 MCYFS와 같은 수확량예측시스템에 대한 개발이 지속적으로 추진되어야 한다.

○ 농업재해조사 및 관리

- 오늘날 기후환경은 지구온난화, 엘니뇨, 오존층 파괴 등의 영향으로 기상이변이 과거보다 빈번해지고 있으며 그 규모가 점점 대형화 되어가고 있는 실정이다. 이러한 기상이변은 예전보다 더 막대한 농업재해를 전국에 걸쳐 발생시키고 있으며 농업인의 재정 파탄 및 영농의욕상실과 정책자금 부실화를 초래하고 있다. 점점 증대되는 농업재해 관리의 중요성에 비해 농업재해와 관련된 통계는 체계적으로 생산·보급되지 못하고 있다. 또한 농업재해 발생시 재해정도와 피해수준을 파악이 신속하지 못하고 관련 다양한 조사비용들을 파생시키고 있다.
- 농업재해조사 및 관리에 위성영상을 활용할 경우 농업재배 발생 전후 영상을 시계열 분석하여 재해 발생지역의 위치와 면적, 피해정도를 신속하게 파악할 수 있을 것으로 기대된다.
- 전국에 걸친 광역적인 재해피해 조사를 위해서는 Landsat, Spot, AVHRR, MODIS 영상들을 이용하는 것이 바람직하며, 특정지역



의 상세한 재해상황 파악을 위해서는 IKONOS 등의 고해상도 위성영상의 활용이 필요하다.

- 통일농정을 대비를 위한 북한농업의 통계조사
  - 최근 남북한 농업협력위원회 회의가 7개 조항에 대한 합의문을 채택하는 등 농업분야의 남북한 교류가 대북관계 개선에 화두로 부각되고 있다.
  - 농업분야의 남북한 교류의 최우선 과제는 최근 북한 농업의 동향을 명백히 파악하고 남북한의 농업협력을 통해 한반도 농업의 동시발전을 추구할 수 있는 청사진을 제시하는 것이며 이에 근거하여 단계별 사업을 추진해야 한다.
  - 현재 북한농업과 관련된 대다수 연구가 유엔 식량농업기구(FAO)와 세계식량계획(WFP)을 통해 북한농업통계를 간접적으로 획득하기 때문에 관련 연구 및 정책의사결정에 걸림돌로 작용하고 있는 실정이다.
  - 국내 KOMPSAT 위성등 대다수의 한반도 관측위성을 이용할 경우 북한농업의 원격탐사가 가능해 짐으로서 북한농업통계의 생산 및 보급에 획기적인 전기를 마련할 수 있을 것이다.
- 본 연구에서는 제시된 항공우주기술의 농업통계 활용가능분야 중 분야별 우선순위를 다음과 같이 제안한다.
- 국내에서 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출은 아직 관련 선행 연구와 연구기반마저 조성되어 있지 못하므로 기술적인 측면에서

적용이 보다 용이한 분야에 먼저 도입을 추진해야 한다. 기술적 측면에서 활용가능분야별 도입 용이성은 ‘경지면적통계>>재배면적통계>>북한농업통계>>농업재해통계>>작물생산량통계’인 것으로 판단된다.

- 기술적 측면과 동시에 경제적 측면을 고려하면 국내에서 최초로 시행되는 사업이라는 점과 사업의 연속성을 위해서는 비용대비 효과가 분명해야 한다는 점을 감안해야 한다. 따라서 현재의 기술수준에서 가장 적은 비용을 투자하여 큰 효과를 볼 수 있는 분야에 대해서 우선적으로 도입을 추진해야 할 것이다. 경제적 측면에서 활용가능분야별 효과는 ‘재배면적통계>>작물생산량통계>>경지면적통계>>농업재해통계>>북한농업통계’인 것으로 판단된다.
- 기술적·경제적 측면외에 향후 실무를 전담해야할 실무자들의 의향도 매우 중요하다. 설문조사를 통해 도출된 실무자들이 생각하는 원격탐사기술 도입 업무의 우선순위는 ‘경지면적통계>>재배면적통계>>농업재해통계>>작물생산량통계>>북한농업통계’이다.
- 따라서 기술적측면, 경제적측면, 실무적측면을 동시에 고려하고 경지면적통계가 재배면적통계산출을 위한 기초적 통계라는 점을 감안하면 항공우주기술의 농업통계 활용가능분야 중 분야별 우선순위는 경지면적통계를 1순위로 다음으로 재배면적통계를 2순위로 먼저 추진되는 것이 바람직하다. 여타 작물생산량통계, 농업재

해통계, 북한농업통계에 대한 항공우주기술 도입 여부는 국가적 상황변화에 따른 수요와 앞서 진행된 경지면적 및 재배면적통계의 결과를 바탕으로 판단되어야 할 것으로 본다.

#### 나. 활용가능 작목 및 작목별 우선순위

- 본 연구에서는 현행 농업통계 생산업무의 실태, 항공우주기술의 국내 현황, 주요 선진국의 농업통계분야 항공우주기술 응용사례를 종합적으로 검토하여 항공우주기술의 농업통계 활용가능작목과 작목별 우선순위를 다음과 같이 제시한다.
- 먼저 선진국들의 사례를 검토하면 미국의 경우 처음으로 옥수수, 콩, 밀을 대상작목으로 원격탐사기술을 도입하였으며 향후 면, 벼, 사탕수수 등으로 적용을 확대하였다. 이러한 작목의 결정은 기본적으로 해당주의 CDL 참여여부에 달려있으나 분명한 것은 재배량이 많은 주 작목을 위주로 활용의 범위를 넓혀가고 있다는 점이다.
- 유럽연합의 경우 일반밀, 통밀, 보리, 쌀, 옥수수 등의 주곡에 대하여 원격탐사기술을 우선적으로 도입하고 있다. 그 이유는 유럽 MARS Project의 경우 원격탐사기술 도입의 최우선 과제를 유럽 전체의 식량생산현황 파악과 식량자급률 산정 및 식량수급조절에 목적을 두고 있기 때문이다.

- 광활한 토지의 미국과 다수국가의 동시적 작물생산현황 파악을 목적으로 하는 유럽의 사례는 작부체계가 복잡하고 다품종·소량 생산을 중심으로 하는 국내 농업여건에 그대로 적용되는가에 대한 의문이 존재한다. 따라서 비교적 비슷한 여건을 가진 국가로서 비록 아직 실용화 단계에 들어서지 못했다는 한계점을 가지지만 일본의 각종 연구결과를 검토하면 다음과 같다.
  - 일본의 경우 원격탐사를 활용한 벼 재배면적산출의 경우 약 98%의 정확도를 보고하고 있으며 다음으로 밭작물에 대해서는 90% 정도의 정확도를 보고하고 있다.
  - 반면 채소(양배추)의 경우 Landsat-7/ETM+(30m)의 경우 62.5%의 정확도가 보고되고 있으며 고해상도 위성인 Quickbird(2.8m)를 활용한 최근 연구에서 양상추 68.4%, 양배추 74.5%의 정확도를 제시하고 있다.
- 이러한 선진국들의 현황과 더불어 향후 실무를 전담해야 할 실무자들의 의향을 동시에 고려해야 한다. 설문조사결과를 통해 파악된 실무자들이 생각하는 원격탐사기술을 도입할 작목의 우선순위는 ‘미곡>>채소>>과실>>맥류>>두류>>서류>>특용작물>>잡곡’인 것으로 판단된다.
- 따라서 이상의 결과들을 종합적으로 고려하면 현재의 관련 연구 및 기술수준과 전체 통계에서 차지하는 중요성을 고려할 때 관련 연구가 초기단계인 우리나라에서는 벼 재배면적과 관련된 통계산출에 가장먼저 원격탐사기술을 적용하는 것이 바람직하다고 판단

된다.

- 그리고 벼의 적용사례를 피드백하고 국가적 상황변화 및 통계수요자들의 요구에 따라 차후에 재배면적이 많은(농업통계에서 중요도가 높은) 밭작물과 채소류로 응용분야를 확대해 나가야 할 것이다. 채소류와 과실류의 재배면적에 대한 항공우주기술의 도입 여부는 고해상도 위성영상에 대한 판독기술 확보와 영상구입의 경제성이 동시에 확보되어야 가능할 것이다.

## 2. 농업통계산출을 위한 위성영상 선정

- 농업통계산출을 위한 위성영상을 선택하는데 있어서 다음의 기준을 동시에 고려해야 한다.
- 대상면적 : 연구지역의 면적이 넓은가, 좁은가에 따라 위성영상의 종류나 개수가 결정되게 된다. 이것은 위성영상이 어느 범위까지를 찍을 수 있는지 촬영범위에 따라 달라진다. 또 사용하고자 하는 위성영상의 특징에 따라서도 틀려질 수 있다. 특정 지역의 분석을 위해서는 분석의 정확성을 높이기 위해 중·고해상도를 사용하겠지만 국가차원에서 전 국토를 대상으로 한다면 중·저해상도 위성을 사용하는 것이 바람직하다.
- 농림업의 원격탐사에 있어서 요구되는 시간적, 공간적 스케일에

대해서 齋藤元也(2002)는 다음과 같이 제시하였음.

<표 51> 농림업 원격탐사에서 위성영상의 시공간 스케일

농림업의 제 현상	시간 스케일	공간 스케일
토사 붕괴	10분 - 1주	50m - 500m
삼림·초원 화재	30분 - 1주	100m - 1km
홍수 피해	30분 - 3일	100m - 1km
메뚜기 피해	1일 - 1주	100m - 5km
병해충의 전염	3일 - 1주	50m - 1km
농경지의 토양 수분 감시	3일 - 2주	50m - 5km
농작물의 생육 진단	1주 - 1개월	10m - 100m
초원 관리	1주 - 1개월	50m - 1km
글로벌 식생 감시	1주 - 1개월	500m - 10km
농작물의 광역적 수량 예측	2주 - 2개월	50m - 500m
농작물의 작부 면적 추정	1개월 - 3개월	20m - 100m
사막화 지대의 감시	1개월 - 1년	100m - 5km
농업적 토지 이용 변화	2개월 - 10년	50m - 500m
삼림 자원 관리	1년 - 3년	100m - 5km
삼림의 벌채 면적의 추정	1년 - 5년	50m - 1km
식생 분포의 변화	3년 - 30년	100m - 1km
토양 유기물 함량의 변화	5년 - 20년	100m - 1km

- 입수시기의 신속성 : 위성영상의 종류에 따라 촬영주기가 다르기 때문에 원하고자 하는 지역이 촬영되어 있지 않다면 영상데이터를 얻는데 다소의 시간이 걸릴 수도 있다. 특히 농업통계산출업무의 특성상 특정 시기의 영상을 반드시 취득하여 분석해야 할 경우 해당 시기의 영상입수가 신속히 가능해야 한다. 위성영상을 검색 후 영상을 주문하여 얻어지는 시간은 각 위성의 종류

에 따라 틀려진다. 앞서와 같이 인터넷으로 검색하여 미리 찍혀져있는 영상을 사는 경우, 많은 시간이 걸리지 않는다. Landsat 7을 검색하여 미국에 주문하였을 경우, 3-4일 내에 영상을 받아 볼 수 있다. IKONOS나 KOMPSAT EOC 영상을 촬영 주문하는 경우는 넉넉한 시간의 여유를 두어야 한다. 해당 연구지역의 날씨가 안 좋은 경우는 영상을 찍을 수 없으므로 좋은 질의 영상을 얻기 위해서는 다소의 시간이 걸릴 수 있다. Web-server를 이용하는 MODIS의 경우도 계정의 접근만 허락되면 단시간에 영상을 얻을 수 있다.

- 영상획득의 용이성 : 대부분의 위성영상은 인터넷을 통하여 검색할 수 있다. 인터넷을 통해 검색되는 영상들은 이미 찍혀져서 영상공급처에서 보관되고 있는 영상으로 주문하여 배달된다. 또 인터넷이 아니라 Web-server를 이용하는 경우도 있다. MODIS 경우 인터넷으로 검색 후 신청하면 비밀번호를 가르쳐 준 후 Web-server를 일정시간 열어둔다. 위성영상을 얻기 위해 검색뿐 아니라 직접 주문을 하는 경우도 있다. IKONOS나 EOC의 경우는 연구에 필요한 영상을 촬영 주문할 수 있다. 하지만 날씨가 안 좋아 여러 번 영상촬영이 미루어질 수 있는 위험도 있다. 이 경우 영상의 촬영일을 알아내어 연구지역에서 동일시간에 연구되는 여러 사항들을 측정하여 영상과 현지 자료값과의 오차를 줄일 수 있을 뿐 아니라 얻은 영상에 대한 특성도 알아낼 수 있다.

<표 52> 필요영상의 주문과 획득방법

영상주문 방식	위성영상 종류
인터넷검색 & CD 제공	KOMPSAT-EOC, Landsat/TM, SPOT
인터넷검색 & 웹에서 획득	MODIS
주문촬영	KOMPSAT-EOC, IKONOS

- 영상의 가격 : 각각의 영상은 촬영범위나 촬영주기 또는 분광특성과 해상도가 틀리기 때문에 그 가격면에서도 많은 차이를 보인다. MODIS의 경우는 무료로 공급되고 있으나 SPOT 영상의 경우는 센서의 종류나 시기에 따라 1,250~5,100 유로화 정도이다. 가장 많은 위성영상 수요를 가지고 있는 Landsat의 경우 Landsat 7호 TM영상의 가격은 약 80만원정도이다. 그러나 우리나라 위성 영상인 KOMPSAT EOC는 1장에 7만원대의 저렴한 가격으로 영상을 살 수 있다.
- 이상의 선정기준을 고려해서 한반도 촬영이 가능한 주요위성의 영상별 특성은 다음과 같이 정리할 수 있다.



<표 53> 인공위성 영상의 종류 및 특성 비교

인공위성	해상도 (m/pixel)	위성 보유국	영상입수 시기(월)	특성
LANDSAT	30	미국	0.5	- 정해진 궤도영상 촬영(고정궤도) - 온라인 결제 가능(영상보고 구입)
KOMPSAT (아리랑위성)	6.6	한국	1.0	- 한국형 다목적위성임(흑백) - 주문기간 짧음
SPOT-5	2.5	프랑스	2~3 (Q*: 1월)	- 촬영 면적당 단가가 저렴함, - 주문기간이 짧음
IKONOS	1.0	미국	4~6 (Q*: 2월)	- 한국연안 촬영분 많음 - 고해상도 중 활용도 높음 - 구름 20% 무조건 구매(강제조항)
QUICK BIRD	0.6	미국	6~7	- 상업용 중 최고의 해상도 - 3회만 촬영, 구름 20% 무조건 구매(강제조항)

\* 주 : Quick Service, 주문기간을 단축하는 서비스이며 급행료가 추가된다.

- 현재 미국(CDL 프로그램)과 유럽(MARS 프로젝트)에서는 LANDSAT을 주력영상으로 활용하고 있다. 그리고 국내 대다수의 연구사례가 LANDSAT 영상을 활용하고 있다는 점에서 축적된 분석경험을 이용할 수 있다는 장점이 있다.
- 그러나 미국 등 선진국의 사례가 복잡한 지형으로 다품종·소량 생산을 중심으로 이루어지고 있는 국내농업에 그대로 적용될 수 없으며 오히려 비슷한 농업환경을 가지고 있는 일본의 사례가 좋

은 참고 모델이 된다고 판단된다. 일본의 경우 초기 LANDSAT 영상을 이용한 연구가 성행했으나 최근 정밀도가 높은 위성의 활용을 통해 보다 세밀한 농업관련 통계 및 정보의 취득하는 방향으로 전개됨으로서 SPOT 위성의 활용이 증대되고 있다.

- 따라서 따라서 농업통계산출을 위한 위성영상은 타 선진국의 사례와 마찬가지로 앞서 제시한 고려사항을 반영한 시범연구의 추진을 통해 적정 영상을 판단 및 제시하는 것이 바람직 할 것이다.
- 최근 정보통신부에서 「위성영상정보 통합관리 사업」이 실시되고 있으며 사업의 목적은 국내에서 활용성이 높은 위성영상을 한 곳에서 집중관리하면서 필요한 기관에 무상으로 즉시 서비스함으로써 위성영상의 활용성을 극대화함은 물론 중복투자를 방지하여 영상구입예산을 절감하는데 있다. 본 사업의 일환으로 LANDSAT 영상(30m)과 IKONOS 영상(1m) 등을 정부중앙부처에 무상으로 제공하는 온라인 서비스가 운영중이며 농업분야도 향후 이러한 국가사업 및 관련기관과 긴밀히 연관관계를 유지함으로써 영상구입으로 인해 발생하는 예산을 적극적으로 절감해야 할 것이다.
- 또한 최근 해외 연구동향을 고려할 때 아시아 기후의 특성상 기후에 영향을 받지 않는 전천후형 SAR(Synthetic Aperture Radar)을 탑재한 RADARSAT 위성영상을 SPOT영상과 보완적

으로 사용할 수 있는 통합시스템이 지속적으로 연구되어야 한다.

### 3. 항공우주기술의 농업통계분야 도입 방안

- 본 연구에서는 현행 농업통계 생산업무의 실태, 항공우주기술의 국내 현황, 주요 선진국의 농업통계분야 항공우주기술 응용사례를 종합적으로 검토하여 항공우주기술을 국내 농업통계분야에 도입하기 위한 다음과 같은 구체적인 정책 프로젝트를 제시한다.
- 항공우주기술의 국내 농업통계분야 도입을 위한 정책 프로젝트 : (가칭) 원격탐사기술을 이용한 농업통계생산·보급체계 구축
- 본 정책 프로젝트의 운영체계는 앞서 제시한 ‘항공우주기술 활용을 위한 한국형 농업통계산출 모델’을 근간으로 한다.

#### 가. 원격탐사기술을 이용한 농업통계생산·보급체계구축의 대전제

- 지금까지의 연구 결과를 토대로 ‘원격탐사기술을 이용한 농업통계생산·보급체계 구축’ 사업의 전제조건을 다음과 같이 제시한다.
- 현행 주요 농업통계 중 경지면적통계와 재배면적통계를 대상으로

사업을 시행하되 향후 추진될 생산량통계산출의 기반연구를 수행한다.

- 통계생산 및 보급체계의 대상작목을 별로 한정하되 향후 추진될 여타 주요작목 통계산출의 기반연구를 수행한다.
- 1개도의 시범연구와 2개도의 시범사업을 통해 사업 후 전국적인 실무도입을 추진한다.
- 시범연구와 시범사업의 기간을 각각 3년, 2년으로 설정한다. 시범연구와 시범사업의 기간은 선진국의 사례와 국내 농업통계실무자들의 의견을 반영하여 결정하였으며 그 근거는 다음과 같다.
- 미국의 경우 1960년대부터 원격탐사기술을 농업통계산출에 응용하는 연구를 해왔지만 본격적인 프로젝트의 추진은 1972년부터이다. 미국은 1972년부터 1979년의 8년간에 걸친 프로젝트에서 원격탐사기술의 농업통계산출분야 활용에 대한 기반을 조성하였으며 일정은 다음과 같이 정리된다.
  - 선행연구기간 : 1972~1974년(3년)
  - 시범연구 : 1975~1977년(3년), 대상지역 : Illinois 주
  - 시범사업 : 1978~1979년(2년), 대상지역 : Iowa 주
  - 실무적용 1단계 : 1980~1984(5년), 대상지역 : Iowa, Kansas 주
  - 실무적용 2단계 : 1985~현재, 대상지역 : 8개 주

- 유럽국가(이탈리아, 터키 등)의 경우 대다수의 국가들이 5년 이상의 시범연구 및 시범사업을 통해 농업통계생산에 원격탐사기술을 적용하고 있다.
- 국내 농업통계실무자들의 의견을 반영하기 위해 설문조사를 실시하였으며 설문결과는 다음과 같다.
  - 시범연구 시작 : 2006년
  - 시범사업 시작 : 2008년
  - 실무도입 시작 : 2010년
- 미국의 경우 실무적용에 앞서 최소 8년 이상을 연구기간으로 설정하였으나 원격탐사기술이 초기단계인 1970년대인 점을 감안하면 축적된 국내 기술수준과 선진국과의 적극적인 연구교류를 통해 기간을 단축시킬 수 있을 것이다. 또한 국내 농업통계실무자들이 4년 정도의 연구 및 시범사업기간을 통해 가능하면 빨리 실무적용을 희망하고 있는 점을 감안하면 5년간의 사업기간이 적정하다고 판단된다.

## 나. 주요 사업내용

### (1) 시범연구(1차년도~3차년도)

- 시범연구기관 자격요건 및 컨소시엄 구성
  - 시범연구기관은 사업의 추진을 위해 농업통계기법 및 통계자료

의 응용을 위한 농정모델의 개발, 해외 주요 대학 및 기관과의 대등한 수준의 지적 연구교류, 연계 기관별 실무자에 대한 교육, 관련 후속 전문 인력의 지속적 양성을 동시에 수행

- 농업통계 및 농정전략정보의 생산능력 잠재력을 가진 기관이어야 세계적 지적경쟁력 우위, 실용화를 실현 가능
- 시범연구기관과의 컨소시엄대상기관은 농림부, 농산물품질관리원, 농업기반공사, 농촌진흥청, 산림청 등임.

○ 통계처리기법연구

- 시범연구사업에서 핵심적인 부분은 원격탐사기술을 이용해 산출한 농업통계와 기존의 표본통계를 통합적으로 다룰 수 있는 한국형 농업통계산출 모델을 개발하는 것임.
- 선진국의 현행 통계방법론(regression estimator 등)을 해부하여 국내 실정에 맞게 수정해야 하며 이를 바탕으로 최신방법론(spatial regression model 등)을 적극적으로 수용하여 선진국수준을 극복해야 함.
- 원격탐사기술을 활용한 농업통계산출은 물론 기존 표본조사 통계의 검증 및 보정, 통계표본의 합리적 선정, 응급상황에서 신속한 추가통계 산출 등에 대한 구체적인 통계적 방법론이 연구되어야 함.

<표 54> 정책 프로젝트의 주요 사업내용

단 계	내 용
제 1단계 : 시범연구 (1차년도~ 3차년도)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시범연구기관 및 컨소시엄 구성</li> <li>○ 통계처리기법연구</li> <li>○ 영상관독기법연구</li> <li>○ 전문가 초빙 및 연구네트워크 구축</li> <li>○ 시범연구지역 선정 및 영상관독</li> <li>○ 농업통계산출 및 검증</li> <li>○ 원격탐사 농업통계산출시스템 연구·개발</li> <li>○ 농림위성영상 관리시스템 연구·개발</li> <li>○ 원격탐사 농업통계 보급시스템 연구·개발</li> <li>○ 실무자 교육</li> <li>○ 관련전문인력 양성(특성화대학 운영)</li> </ul>
제 2단계 : 시범사업 (4차년도~ 5차년도)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시범사업지역 선정 및 영상관독</li> <li>○ 농업통계산출 및 검증</li> <li>○ 원격탐사 농업통계산출시스템 시범운영</li> <li>○ 농림위성영상 관리시스템 시범운영</li> <li>○ 원격탐사 농업통계 보급시스템 시범운영</li> <li>○ 실무자 교육</li> <li>○ 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출을 위한 정책제안</li> <li>○ 농업분야 우주개발중장기계획 작성</li> <li>○ 전문가 초빙 및 연구네트워크 구축</li> <li>○ 관련전문인력 양성(특성화대학 운영)</li> </ul>
제 3단계 : 실무도입	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시범연구 및 시범사업결과 및 관련 업무의 실무기관(농림부 및 농산물품질관리원) 이관</li> <li>○ 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출을 위한 제도적 장치 마련 및 예산확보</li> <li>○ 실무기관의 관련 업무체계 확립(직제 추가 및 개편)</li> <li>○ 원격탐사 농업통계산출시스템 운영</li> <li>○ 원격탐사 농업통계 보급시스템 운영</li> <li>○ 농림위성영상 관리시스템 운영</li> <li>○ 농업분야 우주개발중장기계획 제안</li> <li>○ 전문가 초빙 및 연구네트워크 구축</li> <li>○ 관련전문인력 양성(특성화대학 운영)</li> </ul>

- 영상판독기법연구
  - 국내 관련업계의 기술수준 뿐만 아니라 농업통계산출을 위한 선진국의 영상판독기술 수준을 극복할 수 있는 지속적인 연구가 수행되어야 함.
  
- 전문가 초빙 및 연구네트워크 구축
  - 국내에서 원격탐사기술을 이용한 합리적인 농업통계생산·보급체계를 구축하기 위해서는 관련 기술이 앞서있는 선진국과의 활발한 교류가 중요함.
  - 따라서 선진국(미국 등)의 주요 전문가를 정기적으로 초빙하여 사업진행 및 관련기술에 대한 자문이 요구됨.
  - 또한 시범연구기관 및 컨소시엄의 주요 연구자들에 대한 국내 및 해외기관의 파견연수가 필요함.
  - 이러한 연구교류를 통해 관련 연구에 대한 국내외 연구네트워크를 지속적으로 구축, 확대해 나가야 함.
  
- 시범연구지역 선정
  - 원격탐사기술을 이용한 합리적 농업통계생산·보급체계 구축과 이를 전국단위의 실무에 도입하기 위한 전단계로 하나의 도를 시범연구지역으로 선정하고 해당 도에 대한 종합적 연구사업을 수행함.
  - 시범연구지역에 대한 연구결과를 통해 문제점들을 지속적으로 피드백 및 보완함으로써 실무도입 시 발생할 수 있는 문제점들을 사전에 보완할 수 있으며 발생하는 예산(비용)의 낭비를 최소화



화 할 수 있음.

- 시범연구지역 선정의 주요 기준으로는 해당 도의 면적, 통계생산 대상작목의 경지면적, 작부체계의 특성 등을 동시에 고려해야 할 것임.
- 본 연구에서는 도 중에서 면적이 가장 넓고(2003년 기준 1,902,532 ha), 미국 재배면적이 비교적 넓으며(2003년 기준 134,278 ha), 작부체계가 복잡한 한국적 농업경영 특성을 잘 반영하는 경상북도를 적정 시범연구지역으로 제안함. 이러한 특성을 가지는 경상북도를 대상으로 원격탐사를 통한 농업통계생산·보급체계가 효율적으로 구축된다면 타 도로의 확대 적용은 용이할 것으로 판단됨.

○ 시범연구지역의 위성영상 취득 및 판독

- 시범지역이 선정되면 해당 지역의 위성영상을 취득함. 위성영상은 기본적으로 이앙기와 출수기를 포함하여 다수 시기의 영상이 필요함.
- 취득된 영상은 전처리(기하보정, 방사보정 등), 판독(육안, 자동 등), GIS와의 통합과 같은 과정을 거쳐 시범지역의 경지면적과 벼에 대한 재배면적을 도출함.

○ 농업통계산출 및 검증

- 시범지역의 위성영상 판독을 통한 농업통계산출
- 산출된 통계와 기존 표본통계를 비교함으로써 정확도 추정
- 기존통계와 원격탐사 통계의 상관관계 분석

- 보다 정확한 검증을 위해 GPS를 활용한 현장조사 실시
- 원격탐사 농업통계산출시스템 연구·개발
  - 시범지역의 영상판독, 통계산출, 검증과정의 응용기술이 실용화 단계로 축적되면 이를 자동화하여 업무효율을 극대화할 수 있는 정보시스템을 연구·개발함(미국의 PEDITOR 벤치마킹).
  - 시스템의 주요 구성요소는 농업통계산출 모델베이스(계량적 계수 추정, 샘플링 등), 위성영상 및 통계정보 데이터베이스, 사용자 인터페이스임. 위성영상을 자동으로 처리하여 통계 정보화하는 배치프로세스도 중요한 서브모듈임.
- 농림위성영상 관리시스템 연구·개발
  - 원격탐사 농업통계산출시스템이 개발되면 이와 별도로 농림업분야에서 활용되는 위성영상 및 처리영상을 통합적으로 관리할 수 있는 농림위성영상 관리시스템 연구·개발함(일본의 SIDaB 벤치마킹).
  - 원격탐사 농업통계산출시스템과 상호 연동되어 운영되는 농림위성영상 관리시스템은 농림업분야의 정부 및 유관기관, 대학 등 연구기관에서 구매 혹은 활용된 위성영상데이터를 통합적으로 관리함으로써 관련 분야 업무 및 연구의 비용 절감에 크게 기여하게 될 것임.
  - 개발될 농림위성영상 관리시스템은 정부에서 추진하고 있는 위성영상정보 통합관리 사업 등과 서로 연계함으로써 비농업분야와의 정보교류와 국가경쟁력 확보에 일조하게 될 것 임.

- 원격탐사 농업통계 보급시스템 연구·개발
  - 원격탐사 농업통계산출시스템이 개발되면 이와 별도로 산출된 디지털농업통계를 인터넷을 통해 통계수요자들에게 원활하게 보급할 수 있는 농업통계 보급시스템을 연구·개발함(미국의 CDL 벤치마킹).
  - 원격탐사 농업통계산출시스템과 상호 연동되어 운영되는 농업통계 보급시스템은 웹 환경에서 수요자들이 원하는 통계를 단순 숫자가 아닌 GUI 디스플레이를 통해 제공함으로써 통계보급체계를 혁신하게 될 것임.
  - 개발될 원격탐사 농업통계 보급시스템은 농림부에서 추진하고 있는 ‘통계정보와 지리정보를 통합하는 지리정보시스템 구축’사업과도 연계하여 수요자의 만족도를 증대시킬 것임.
  
- 농업통계관련 실무자에 대한 원격탐사 농업통계산출 교육
  - 5년간의 시범연구·사업 후에 담당 실무자가 관련 업무를 원활히 수행할 수 있도록 원격탐사를 통한 통계산출체계가 어느 정도 정립되는 시범연구 3년차부터(원격탐사 농업통계산출시스템 개발 단계) 정기적으로 실무자교육을 실시함.
  - 교육의 주요 대상은 농림부와 농산물품질관리원의 농업통계관련 담당자들이며 맨투맨교육을 통해 업무에 바로 적용할 수 있는 실무 프로세스를 교육함.
  
- 관련 전문인력 양성(특성화대학 운영)

- 농업통계생산을 비롯한 원격탐사기술의 농림분야 활용을 가속화 하기 위해서는 관련 전문 인력의 양성이 무엇보다도 시급함. 따라서 사업기간 중에 연구진의 노하우를 바탕으로 이러한 인력을 지속적으로 양성할 수 있는 별도의 교육프로그램의 운영이 반드시 필요함.
- 정책 연구사업의 추진과 이를 연계한 전문인력 양성프로그램으로 산업자원부의 ‘기후변화협약 특성화대학원’ 등을 벤치마킹 할 수 있음.
- 따라서 5년간의 시범연구 및 사업의 노하우를 교육 커리큘럼화 하고 관심 있는 전공자들을 대상으로 집중 교육함으로써 향후 관련분야 발전에 전념할 수 있는 전문 인력을 양성하는 특성화 대학 혹은 대학원을 운영함.

## (2) 시범사업(4차년도~5차년도)

- 시범사업지역 선정
  - 원격탐사기술을 이용한 농업통계생산·보급체계를 전국단위 실무에 도입하기 위해 시범연구결과를 바탕으로 특정 도를 선정하여 시범사업을 실시함.
  - 시범사업을 통해 도출된 문제점들을 지속적으로 피드백 및 보완함으로써 전국단위 실무도입 시 발생할 수 있는 문제점들을 사전에 보완할 수 있으며 발생하는 예산(비용)의 낭비를 최소화 할 수 있음.
  - 1차 시범사업(4차년도)지역으로는 해당 도의 면적, 통계생산 대

상작목의 경지면적, 작부체계의 특성, 지역적 특성 등을 동시에 고려하여 전라남도를 적정한 지역으로 제안하며, 2차 시범사업(5차년도)지역으로는 충청남도를 제안함.

- 시범연구지역의 위성영상 취득 및 판독
  - 시범지역이 선정되면 해당 지역의 위성영상을 취득함. 위성영상은 기본적으로 이앙기와 출수기를 포함하여 다수 시기의 영상이 필요함.
  - 취득된 영상은 전처리(기하보정, 방사보정 등), 판독(육안, 자동 등), GIS와의 통합과 같은 과정을 거쳐 시범지역의 경지면적과 벼에 대한 재배면적을 도출함.
  
- 농업통계산출 및 검증
  - 시범지역의 위성영상 판독을 통한 농업통계산출
  - 산출된 통계와 기존 표본통계를 비교함으로써 정확도 추정
  - 기존통계와 원격탐사 통계의 상관관계 분석
  - 보다 정확한 검증을 위해 GPS를 활용한 현장조사 실시
  
- 원격탐사 농업통계산출시스템 시범운영
  - 원격탐사를 이용한 농업통계산출을 자동화 할 수 있는 농업통계산출시스템이 시범연구를 통해 개발되면 시범사업에 이를 실제로 적용함으로써 시스템을 시범운영함.
  - 본격적인 실무적용을 대비하여 시스템을 하드테스트 하고 발견된 문제점들을 피드백 함. 또한 시스템 실 사용자들에 대한 의견

을 수렴하여 기능을 보완함.

○ 농림위성영상 관리시스템 시범운영

- 농림업분야에서 활용되는 위성영상 및 처리영상을 통합적으로 관리할 수 있는 농림위성영상 관리시스템이 시범연구를 통해 개발되면 시범사업에 이를 실제로 적용함으로써 시스템을 시범운영함.
- 본격적인 실무적용을 대비하여 시스템을 하드테스트 하고 발견된 문제점들을 피드백 함. 또한 시스템 실 사용자들에 대한 의견을 수렴하여 기능을 보완함. 개발된 농림위성영상 관리시스템을 타 정부사업과 연계하기 위해 시스템 간의 호환성을 테스트하고 통합운영방안을 마련함.

○ 원격탐사 농업통계 보급시스템 시범운영

- 시범연구를 통해 원격탐사 농업통계를 인터넷을 통해 통계수요자들에게 원활하게 보급할 수 있는 농업통계 보급시스템이 개발되면 시범사업에 이를 실제로 적용함으로써 시스템을 시범운영함.
- 본격적인 실무적용을 대비하여 시스템을 하드테스트 하고 발견된 문제점들을 피드백 함. 또한 통계수요자들에 대한 의견을 수렴하여 기능을 보완함. 또한 ‘통계정보 GIS시스템’과 연계하기 위해 시스템 간의 호환성을 테스트하고 통합운영방안을 마련함.

○ 농업통계관련 실무자에 대한 원격탐사 농업통계산출 교육

- 2년간의 시범사업 후에 담당 실무자가 관련 업무를 원활히 수행할 수 있도록 정기적인 실무자교육을 지속적으로 수행함.
  - 교육의 주요 대상은 농림부와 농산물품질관리원의 농업통계관련 담당자들이며 멘투멘교육을 통해 업무에 바로 적용할 수 있는 실무 프로세스를 교육함.
- 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출을 위한 정책제안
    - 3년간의 시범연구와 2년간의 시범사업의 결과를 종합하여 향후 실무적인 수준에서 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출이 원활히 이루어지기 위한 정책적 사항을 제안함.
    - 주요내용은 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출을 위한 제도적 장치 마련 및 예산확보, 실무기관의 관련 업무체제 확립(직제 추가 및 개편) 등임.
  - 농업분야 우주개발중장기계획 작성
    - 3년간의 시범연구와 2년간의 시범사업의 결과를 종합하여 국가적으로 추진되고 있는 우주개발중장기계획에 항공우주기술의 농림업분야활용을 위한 계획안을 제안함.
    - 계획안의 주요내용은 농림업분야 특화 위성(센서)개발과 위성영상 종합관리체계에 대한 농림업분야 참여임.
    - 향후 발사될 다목적실용위성(아리랑 위성)에서 농림업분야에 특화된 센서 탑재를 적극적으로 제안하여 고해상도 국산위성영상을 농림업분야에 지속적으로 활용할 수 있는 토대를 마련해야 함.

- 전문가 초빙 및 연구네트워크 구축
  - 시범사업기간에도 최신의 관련 기술을 지속적으로 습득하기 위해 선진국(미국 등)의 주요 전문가를 정기적으로 초빙하여 사업 진행 및 관련기술에 대한 자문을 실시함.
  - 또한 시범사업기관 및 컨소시엄의 주요 연구자들에 대한 국내 및 해외기관의 파견연수를 실시.
  - 이러한 연구교류를 통해 관련 연구에 대한 국내외 연구네트워크를 지속적으로 확대.
  
- 관련 전문인력 양성(특성화대학 운영)
  - 시범연구에서 시작한 특성화 대학 혹은 대학원을 지속적으로 운영하여 원격탐사기술의 농림분야 활용에 대한 전문 인력을 양성함.

#### **다. 사업 추진일정**

##### **(1) 1차년도**

- 1차년도 2/4분기까지 시범연구기관을 선정하고 이어서 컨소시엄을 구성함.
  
- 시범연구기관이 선정되면 사업추진의 첫 단계로 통계처리기법 및 영상판독기법에 대한 연구를 수행함.



<표 55> 정책 프로젝트의 추진일정

비 고	추진 일정																				
	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도				
	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	
○ 시범연구기관 및 컨소시엄 구성	-----																				
○ 통계처리기법연구		-----																			
○ 영상판독기법연구		-----																			
○ 전문가 초빙 및 연구네트워크 구축		-----																			
○ 시범연구지역 선정 및 영상판독			-----																		
○ 농업통계산출 및 검증				-----																	
○ 원격탐사 농업통계산출시스템 연구·개발					-----																
○ 농림위성영상 관리시스템 연구·개발						-----															
○ 원격탐사 농업통계 보급시스템 연구·개발							-----														
○ 실무자 교육								-----													
○ 관련전문인력 양성(특성화대학 운영)								-----													
○ 시범사업지역 선정 및 영상판독(1차)													-----								
○ 농업통계산출 및 검증(1차)														-----							
○ 시범사업지역 선정 및 영상판독(2차)																	-----				
○ 농업통계산출 및 검증(2차)																		-----			
○ 원격탐사 농업통계산출시스템 시범운영													-----								
○ 농림위성영상 관리시스템 시범운영														-----							
○ 원격탐사 농업통계 보급시스템 시범운영															-----						
○ 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출을 위한 정책제안																			-----		
○ 농업분야 우주개발중장기계획 작성																				-----	

- 전문가 초빙 및 연구네트워크 구축을 시작함. 최초 전문가 초빙을 통해 사업전반에 대한 자문을 수행함.
- 시범연구지역을 선정하고 해당 지역의 인공위성영상을 취득함. 취득한 영상에 대하여 관독작업을 시작함.

## (2) 2차년도

- 통계처리기법연구를 지속하여 원격탐사기술을 이용한 한국형 통계산출모형을 도출함.
- 전문가 초빙 및 연구네트워크 구축 지속.
- 시범연구지역 위성영상에 대한 관독작업을 2/4분기까지 마무리함.
- 영상관독작업이 마무리되면 관독결과를 바탕으로 농업통계를 산출하고 산출된 결과를 기존 표본통계를 비교함으로써 정확도를 추정함. 보다 정확한 검증을 위해 GPS를 활용한 현장조사 실시.
- 연구사업을 통해 지금까지 축적된 노하우를 바탕으로 전문인력 양성을 위한 특성화 대학의 운영을 시작함(2차년도 하반기).
- 2년차 연구결과를 종합적으로 고려하여 원격탐사 농업통계산출시

시스템의 연구 및 개발에 착수함.

### (3) 3차년도

- 영상관독결과에 대한 정확도 추정 및 현장 실사를 계속 진행하며 정확도 향상 방안을 연구함.
- 원격탐사 농업통계산출시스템의 개발을 본격적으로 진행하여 2/4분기까지 완료함.
- 농림위성영상 관리시스템을 연구·개발하고 여타 시스템과 연동함.
- 원격탐사 농업통계 보급시스템을 연구·개발하고 여타 시스템과 연동함.
- 구축된 원격탐사 농업통계산출시스템을 중심으로 하여 원격탐사 기술을 이용한 농업통계산출의 전반적인 노하우를 관련 실무자들에게 교육함.
- 전문가 초빙 및 연구네트워크 구축 지속.
- 전문인력 양성을 위한 특성화 대학 운영 지속.

#### (4) 4차년도

- 1차 시범사업지역을 선정하고 해당 지역의 인공위성영상을 취득함. 취득한 영상에 대하여 판독작업을 2/4분기까지 마무리 함.
- 영상판독작업이 마무리되면 판독결과를 바탕으로 농업통계를 산출하고 산출된 결과를 기존 표본통계를 비교함으로써 정확도를 추정함. 보다 정확한 검증을 위해 GPS를 활용한 현장조사 실시.
- 1차 시범지역의 영상판독, 통계산출, 정확도 검증의 전 과정을 개발된 원격탐사 농업통계산출시스템을 통해 수행함으로써 시스템을 시범운영함.
- 1차 시범사업에서 산출되는 각종 데이터에 대한 농림위성영상 관리시스템 시범운영.
- 1차 시범사업에서 산출되는 농업통계정보에 대한 원격탐사 통계 보급시스템 시범운영.
- 현재까지 축적된 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출의 전반적인 노하우를 관련 실무자들에게 교육.
- 전문가 초빙 및 연구네트워크 구축 지속.

- 전문인력 양성을 위한 특성화 대학 운영 지속.

#### (5) 5차년도

- 2차 시범사업지역을 선정하고 해당 지역의 인공위성영상을 취득함. 취득한 영상에 대하여 판독작업을 2/4분기까지 마무리 함.
- 영상판독작업이 마무리되면 판독결과를 바탕으로 농업통계를 산출하고 산출된 결과를 기존 표본통계를 비교함으로써 정확도를 추정함. 보다 정확한 검증을 위해 GPS를 활용한 현장조사 실시.
- 2차 시범지역의 영상판독, 통계산출, 정확도 검증의 전 과정을 개발된 원격탐사 농업통계산출시스템을 통해 수행함으로써 시스템을 시범운영함.
- 2차 시범사업에서 산출되는 각종 데이터에 대한 농림위성영상 관리시스템 시범운영.
- 2차 시범사업에서 산출되는 농업통계정보에 대한 원격탐사 통계보급시스템 시범운영.
- 현재까지 축적된 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출의 전반적인 노하우를 관련 실무자들에게 교육.

- 전문가 초빙 및 연구네트워크 구축 지속.
- 전문인력 양성을 위한 특성화 대학 운영 지속.
- 3년간의 시범연구와 2년간의 시범사업의 결과를 종합하여 향후 실무적인 수준에서 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출이 원활히 이루어지기 위한 정책적 사항을 제안함.
- 3년간의 시범연구와 2년간의 시범사업의 결과를 종합하여 국가적으로 추진되고 있는 우주개발중장기계획에 항공우주기술의 농업분야활용을 위한 계획안을 제안함.

#### 다. 사업추진 소요예산(추정)

(1) 1차년도 : 약 778백만원 예상

- H/W구입비 : 약 99백만원 예상
  - 워크스테이션, 데스크탑, GPS장비, GIS장비(플로터, 디지털라이저 등) 등
- S/W구입비 : 약 117백만원 예상
  - ArcInfo와 해당 extension, ERDAS와 관련 모듈, S-Plus 등

<표 56> 정책 프로젝트의 소요예산(추정)

(단위 : 백만원)

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	총기간
합 계	778	327	460	367	367	2,299
○ H/W 구입	99	30	60	0	0	189
○ S/W 구입	117	2	82	0	0	201
○ 위성영상 구입	192	0	0	70	70	332
○ 위성영상 처리	115	0	0	42	42	199
○ 현장 실사	17	17	0	17	17	68
○ DB구축	18	18	18	18	18	90
○ 시스템 개발	0	40	80	0	0	120
○ 인건비	91	91	91	91	91	455
○ 여비	23	23	23	23	23	115
○ 전문가초빙·자문	16	16	16	16	16	80
○ 연구자연수	40	40	40	40	40	200
○ 기관별실무자교육	20	20	20	20	20	100
○ 특성화대학운영	30	30	30	30	30	150

- 위성영상구입비 : 약 192백만원 예상
  - 시범연구지역(경북) SPOT 10m Color 영상, 11 scene, 3회
  
- 위성영상처리비 : 약 115백만원 예상
  - 통상 영상구입비의 60% 추산
  
- 현장실사비(계속) : 약 17백만원 예상
  - 월 1회 이상
  
- DB구축비(계속) : 약 18백만원 예상
  - 각종 위성영상, 수치지도, 속성정보 입력. 기간 중 일용비 합산
  
- 인건비(계속) : 약 91백만원 예상
  - 책임연수원, 연구원(박사급), 연구보조원(석사급), 보조원(학사급)
  
- 여비(계속) : 약 23백만원 예상
  
- 전문가초빙자문비(계속) : 약 16백만원 예상
  - 해외 전문가 초빙 및 자문, 국내 전문가 초빙 및 자문
  
- 연구자 연수비(계속) : 약 40백만원 예상
  - 해외기관 연수, 국내기관 연수
  
- 기관별 실무자 교육비(계속) : 약 20백만원 예상



- 농림부, 농산물품질관리원 실무자 교육
- 특성화대학운영(계속) : 약 30백만원 예상
  - 강사료, 실습재료비, 학생장학금 등

(2) 2차년도 : 약 327백만원 예상

- H/W구입비 : 약 30백만원 예상
  - 서버PC 등
- S/W구입비 : 약 2백만원 예상
  - Windows 2003서버, SQL Server 2000 등
- 시스템개발비 : 약 40백만원 예상
  - 원격탐사 농업통계 산출시스템 개발비
- 여타 1년차부터 동일하게 발생하는 비용내역은 생략

(3) 3차년도 : 약 460백만원 예상

- H/W구입비 : 약 30백만원 예상
  - 서버PC 등
- S/W구입비 : 약 82백만원 예상

- Windows 2003서버, SQL Server 2000, ArcIMS, ArcSDE 등

○ 시스템개발비 : 약 80백만원 예상

- 농림위성영상 관리시스템 개발

- 원격탐사 농업통계 보급시스템 개발

○ 여타 1년차부터 동일하게 발생하는 비용내역은 생략

(4) 4차년도 : 약 367백만원 예상

○ 위성영상구입비 : 약 70백만원 예상

- 시범사업지역(전남) SPOT 10m Color 영상, 6 scene, 2회

○ 위성영상처리비 : 약 42백만원 예상

- 통상 영상구입비의 60% 추산

○ 여타 1년차부터 동일하게 발생하는 비용내역은 생략

(5) 5차년도 : 약 367백만원 예상

○ 위성영상구입비 : 약 70백만원 예상

- 시범사업지역(충남) SPOT 10m Color 영상, 6 scene, 2회

○ 위성영상처리비 : 약 42백만원 예상

- 통상 영상구입비의 60% 추산

o 여타 1년차부터 동일하게 발생하는 비용내역은 생략

## 제 9 장 요약 및 결론

### ▣ 연구의 목적

- 본 연구의 목적은 다음과 같다.
  - 기본목표 : 항공우주기술(원격탐사기술)을 국내 농업통계 산출업무에 적용할 효율적 방안제시
  - 부속연구목표1 : 항공우주기술 농업부문 응용의 선진국 사례 검토
  - 부속연구목표2 : 통계산출방법 및 위성영상 판독방법 연구
  - 부속연구목표3 : 항공우주기술을 이용한 농업통계 산출 모델 구축

### ▣ 농업통계산출의 현황과 과제

- 농업통계 수요자들의 의견과 농업관련 언론을 통해 제시된 현행 농업통계의 주요 문제점들은 다음과 같이 요약됨.
  - 첫째, 전반적인 농업통계에 대한 불신이 팽배해 있음.
  - 둘째, 과거보다 급변하고 있는 토지이용, 행정구역 변경과 농촌 환경 변화를 기존의 통계표본이 잘 반영하지 못하고 있음.
  - 셋째, 전수조사의 어려움과 표본조사의 불완전성이 동시에 존재.
  - 넷째, 지방화 시대 지역통계의 부족.

- 이러한 문제점에 대하여 원격탐사기술의 응용을 고려한 농업통계 산출의 개선방향은 다음과 같음.
  - 최근 미국, EU, 일본 등의 선진국들은 항공우주기술을 이용한 영상자료를 각종 농업통계의 산출에 활용하는 원격탐사(remote sensing)기법을 적극적으로 연구·응용하고 있음.
  - 국내에서도 원격탐사를 농업통계의 산출에 적용할 경우 표본조사를 통해 산출된 통계의 검증 및 보정, 통계표본의 합리적인 선정, 응급상황에서의 신속한 추가통계 산출 등이 가능해질 것임.
  - 원격탐사기술을 적용한 통계생산체계의 혁신은 표본조사에만 의존함으로써 발생하는 농업통계의 근본적인 문제점을 획기적으로 개선함으로써 정확성과 시의성을 높이고 통계에 대한 수요자의 불신을 해소할 것임.
  
- 항공우주기술의 농업통계업무 활용에 대한 실무자 의견조사 결과는 다음과 같음.
  - 실무자들이 생각하는 원격탐사기술의 도입 필요성은 매우 높은 것으로 판단됨.
  - 다수의 농업통계 실무자들이 현재의 농업통계산출업무 여건에서 원격탐사기술의 실무적 도입이 가능하다고 판단하고 있음.
  - 원격탐사기술의 농업통계분야 도입시기에 대해서 실무자들은 관련 연구의 경우 2006년, 시범사업의 시작은 2년 정도의 관련연구를 거쳐 2008년, 실무도입은 2년 정도의 시범사업을 거쳐 늦어도 2010년에는 시작되어야 한다는 의견을 제시.

- 원격탐사기술의 우선적용 업무에 대한 설문에서 실무자들은 원격탐사기술이 기존 통계의 부수적인 부분이 아니라 농업통계업무 전반(기존 통계 대체 혹은 병행)에 적용되기를 희망하고 있다고 판단.
- 실무자들이 우려 하는 원격탐사기술 도입의 애로점은 예산부분이 가장 크다고 하겠으며 다음으로 국내 농업여건에 대한 기술적 실효성을 제시.
- 실무자들이 생각하는 원격탐사기술을 도입할 업무의 우선순위는 ‘경지면적통계>>재배면적통계>>농업재해통계>>작물생산량통계>>북한농업통계’ 인 것으로 판단.
- 실무자들이 생각하는 원격탐사기술을 도입할 작목의 우선순위는 ‘미곡>>채소>>과실>>맥류>>두류>>서류>>특용작물>>잡곡’ 인 것으로 판단.

#### ▣ 국내 항공우주기술의 현황과 응용사례

- 국내 항공우주기술의 전반적인 현황 및 농업분야 응용현황은 다음과 같이 요약됨.
  - 우리나라는 1980년대부터 이미 기상, 통신 분야는 물론 국토개발, 해양, 환경, 과학탐사 분야에서 미국, 일본 등의 위성자료를 활용하여 각 연구기관과 대학을 중심으로 활발한 연구가 진행되어 왔음.
  - 그러나 위성 센서 자체의 문제점과 위성의 공간적 시간적 해상력의 부족, 고가의 자료 그리고 우리가 원하는 자료 생산의 어려

움 등의 이유로 실용적인 우리나라 주변 위성자료 획득에 있어서는 많은 문제점을 수반.

- 이에 자국위성의 필요성이 대두 되었고 1999년 12월 항공우주연구소가 과학기술부의 지원으로 지구 관측 위성인 아리랑 1호를 발사함으로써 본격적으로 자국 위성을 활용한 지구 관측이 가능하게 되었음. 이러한 지구 관측 위성은 국가적으로 추진하고 있는 다목적 실용위성(Korea Multi-Purpose Satellite : KOMPSAT) 개발 사업의 첫 번째 성과로서 앞으로도 지속적으로 KOMPSAT 시리즈를 개발 발사 운용할 계획으로 있음.
  - 현재 정부는 다목적 2호를 개발 중에 있으며 3호가 기획단계에 진입하려하고 있음. 그리고 다가오는 2015년까지 다목적 위성 8호까지 개발할 계획임. 3호는 육상, 해양 및 기상관측을 위한 위성이 될 것으로 예상하고 있으며, 5호와 7호에서는 SAR위성으로 해상도 1~3m 급으로 고려하고 있음.
  - 항공우주기술의 농업관련 활용분야는 농작물 분류 및 구분, 작황 추정 및 농업재해 추정 등이 있음.
  - 국내의 경우 현재 농업분야에서 항공우주기술 및 원격탐사기술의 응용은 Landsat 데이터를 이용한 벼 생육 주제도 작성 등에 머무르고 있어 관련연구가 매우 미진한 상황. 향후 관련연구의 활성화와 KOMPSAT-2와 같이 고해상도 위성영상을 사용할 경우 소규모 농경지에 대한 정보 추출이 가능해져 농업경쟁력 확보의 주요 수단으로 활용될 수 있을 것으로 기대됨.
- 본 연구에서는 항공우주기술관련 연구에서 반드시 검토되어야 할

국내 응용가능 인공위성의 종류와 각 인공위성에서 취득되는 위성영상의 종류 및 특성을 다음의 위성에 대하여 정리하였음(본문 참조)

- LANDSAT(미국)
- SPOT(프랑스)
- 아리랑 1호(한국)
- IRS(인도)
- IKONOS(미국)
- QUICKBIRD(미국)
- NOAA(미국)
- EOS-AM1(Terra, 미국)

- 국내의 항공우주기술 응용사례로서 본 연구와 관련성이 높은 다음의 연구내용을 검토하여 시사점을 제시하였음(본문참조).
  - 「위성영상을 활용한 김 양식 시설량 추정과 활용방안」 연구
  - 「위성영상을 이용한 산림자원관리방안」 연구
  - 「위성영상자료 분석에 의한 토지이용변화 분석」 연구
  - 「위성자료를 이용한 작황진단」 연구

#### ■ 미국의 농업통계분야 항공우주기술 응용

- 원격탐사기술을 이용한 미국의 농업통계생산체계는 다음과 같이 요약됨.
  - 기본적으로 미국의 농업부문 우주항공기술을 이용한 통계작성은



USDA의 책임 하에서 NASA(Nation Aeronautics and Space Administrator)와 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)의 협조 하에서 USDA 산하의 NASS가 주요 업무를 수행.

- NASS는 USDA의 USGS(US Geological Survey) 산하의 기관인 EDC(EROS Data Center)과 FAS(Foreign Agricultural Service), FSA(Farm Service Agency)등을 통해서 이미지를 제공받고 있으며, 오하이오대학 일리노이즈대학과 우주항공기술의 농업분야 적용을 위한 연구교류.
- NASS 내에서는 산하의 RDD(Research and Development Division)를 통해 우주항공기술의 농업부분의 적용을 위한 연구 활동을 하면서 RDD 산하 GIB(Geospatial Information Branch)를 통해서 우주항공기술을 이용한 지리정보를 이용한 농업통계 작성을 위한 업무를 하고 있음.
- GIB에서는 외부의 소프트웨어 개발업체등과 같은 외부 전문업체와 협조함은 물론이고, 각 해당 지역의 통계국과 서로 긴밀한 협조를 하여 우주항공기술을 이용한 지리정보를 농업통계화.
- 미국 NASS에서 원격탐사기술을 이용한 통계생산 담당팀의 인력 구성을 살펴보면 GIB에 branch chief 1명, section chief 2명, 직원 41명, contractor 1명이 근무중이며 각각을 세분해 살펴보면 AFS(Area Frame Section)에 section chief 1명 직원 31명, SARS(Spatial Analysis Research Section)에 section chief 1명 직원 9명, contractor 1명이 근무.

- 원격탐사기술을 이용한 미국의 통계산출 프로그램은 다음과 같이 정리 됨.
  - 토지이용 및 경지조사(area sampling frame construction)
  - 작물재배면적조사(crop area estimation)
  - 작황조사(crop condition assessment)
  - 수확량예측분석(crop yield forecasting and estimation)
  
- 미국의 인공위성자료를 이용한 통계산출방법은 다음과 같이 요약 됨.
  - Low resolution에 의한 방법 : NOAA AVHRR 센서 이미지데이터를 이용한 작황추정에는 식물의 광합성작용에 의한 활력도를 이용하여 작물의 생육상태에 대한 기준값인 NDVI 지수를 이용. RATIO 방식은 특정기간(올해)의 NDVI 지수값에 대한 이전 기간(전년)의 NDVI 지수값에 대한 비율(ratio)로 생육상태 및 작황을 나타냄.
  - Medium resolution에 의한 방법 : Landsat-5의 TM(Thematic Mapper)센서, Landsat-7의 ETM+(Enhanced Thematic Mapper)센서의 이미지 데이터를 이용한 재배면적의 추정에는 regression, pixel ratio, direct expansion이 이용. 이중에서 1970년대 초부터 개발되기 시작한 통계조사요원에 의해서 실제 조사된 데이터와 인공위성사진에 의한 데이터를 동시에 이용하는 통계적 추정방법인 Regression Estimator 방법이 주로 이용.
  - Very high resolution에 의한 방법 : QuickBird-2 위성 이미지를 이용한 식수의 추정방법론으로 크게 NASS 내부에서 개발된 식

수추정방법론과 싱가포르대학(university of singapore)의 CRISP(Centre for Remote Imagin, Sensing Processing)에 의한 방법.

- 미국의 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출의 위한 주요 장비 및 S/W는 다음과 같음.
  - 이미지 처리 패키지 프로그램인 PEDITOR를 자체적으로 개발하여 이용.
  - 고 사양의 데스크탑 PC에 윈도우NT, 2000, XP 등의 OS를 탑재하여 분석하며 expert system과 automation batch과정을 지원하여 clustering, classification, mosaicing, estimation이 자동으로 모두 가능함.
  
- 미국의 경우 위성영상을 통한 작부면적추정의 정확성은 CDL을 기준으로 classification accuracy가 보통 85%에서 95% 사이로 제시.
  
- 미국의 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출의 추진내역 및 비용은 다음과 같이 요약됨.
  - 미국의 경우 1978년 처음으로 아이오와주에 대한 작물재배면적 추정이 인공위성자료를 활용하여 이루어 졌으며 현재는 9개 주에 대해서 응용.
  - 비용상의 문제(위성이미지 구입비 및 이미지 가공비, 통계적 추정비용)로 모든 지역에서 시행되고 있지는 않음. 대상작목은 처

음으로 옥수수, 콩, 밀의 재배면적추정에 사용되기 시작했으며 면화, 벼, 사탕수수의 재배면적 추정으로 확대.

- CDL 프로그램으로 생성된 지리정보는 여러 분야에서 유용하게 사용. 주정부는 NASS와 연계함으로써 많은 예산을 절감하고 있으며 앞으로 더 많은 주가 프로그램에 참가하고 더 많은 사람들이 CDL 프로그램으로 생성된 데이터를 이용할수록 그 평균비용은 더 낮아지고 편익은 증가할 것으로 전망이 됨.
- 1970년대는 연구비용과 computer processing 비용이 CDL예산의 대부분을 차지.
- 처음 full state project(시범연구)가 일리노이즈에 대해서 1975년에 시행이 되었고 그 비용은 \$750,000(약 82,500만원)이었음.
- 최초의 CDL프로그램이 1978년 아이오와주를 대상으로 실시되었으며 processing application cost는 \$300,000(약 33,000만원)이었고 아이오와주 전지역의 LANDSAT MSS센서 데이터(60-80m 해상도, 4개의 spectral band)가 활용.
- 1980년대로 접어들면서 CDL 참가주가 8개가 되었으며 평균 총비용은 주당 \$150,000(약 16,500만원)이며 2000년 환산 \$250,000(약 27,500만원)이었음. 주된 비용은 분석비용과 인건비이며 위성 데이터의 비용은 scene당 \$300(약 33만원)로 비교적 작은 부분임.
- 1990년대의 경우 초반에 LANDSAT 4/5의 데이터가 정부구매가를 기준으로 scene당 \$4,400(약 484만원)의 최고가를 기록.
- 1997년 NASS는 USDA의 FAS, FSA와 제휴하게 되면서 LANDSAT 7의 데이터 가격을 scene당 \$405(약 44만원)로 조

정.

- 1990년대 말에서 2000년대 초반까지 주당 CDLP 총비용은 \$75,000(8,250만원)수준이고, 이는 시간이 지날수록 또한 많은 주가 CDLP에 참여하게 될 수록 낮아질 전망이다.
- 원격탐사기술을 이용한 미국의 농업통계산출의 핵심 부분인 area sampling frame의 선정 및 구분 메커니즘, 조사통계와 위성자료를 병합하는 방법론(regression estimator 등), CDL의 통계보급체계, PEDITOR 시스템에 대한 해부 및 국내도입의 방안이 지속적으로 연구되어야 할 것으로 판단.

#### ▣ 유럽의 농업통계분야 항공우주기술 응용

- 원격탐사기술을 이용한 유럽의 농업통계생산체계는 다음과 같이 요약됨.
- MARS를 추진하는 이탈리아 소재 JRC(Joint Research Center)는 MARS-STAT 부분에 25명의 전문인력(전문가 20명, 박사 3명, 행정담당관 2명)을 배정하고 있으나 실질적인 업무수행은 아웃소싱하여 운영.
- MARS unit : 각 컨소시엄기관의 관리 감독 및 R&D, 간행물 발간 및 웹사이트 운영.
- VITO : 저해상도 이미지를 분석하여 NDVI지수 분석, MCYFS 분석.
- Alterra : 매 10일을 주기로 CGMS 시뮬레이션 분석, 웹 사이트

- 를 통해 작황 분석결과 제공.
- Meteo Consult : 기상 상황 기록 및 기상지도 작성, 웹 사이트 및 보고서(bulletin)를 통한 정보 제공.
  - 원격탐사기술을 이용한 유럽의 농업통계산출 프로그램은 지역별 경작지 측정, 작물 성장 조건 및 수확량 예측, 경작지 및 수확량의 신속한 측정으로 요약. 이러한 프로그램의 수행을 위해 활용되는 위성영상의 종류는 다음과 같음.
    - Action 1 : 지역별 경작지 측정, Landsat-TM(4호기), Spot-XS(2호기)
    - Action 2 : 작물 성장 조건 및 수확량 예측, NOAA-AVHRR1 SPOT-VGT(4호기)
    - Action 3 : 수확량 예측 모델, NOAA-AVHRR1 SPOT-VGT(4호기)
    - Action 4 : 경작지 및 수확량변화의 신속한 측정, Landsat-TM(4호기), Spot-XS(2호기)
  - 인공위성자료를 이용한 통계산출방법은 다음과 같이 요약됨(세부 내용 본문 참조).
    - MARS-STAT는 크게 수확량 예측(crop yeild forecast) 부분과 경작지 측정 (crop area estimate field)의 두 부분으로 나눌 수 있음.
    - 각각의 통계를 산출하기 위한 주력 시스템은 MCYFS(수확량 예측시스템) 임.

- 유럽의 농업통계보급 체계로 MARS 프로젝트의 결과물은 웹사이트(www.marsop.info)와 보고서(bulletin)를 통하여 일반인에게 제공. 주요 제공내용은 특정기간의 날씨지수의 전처리된 지도, 특정기간동안 시뮬레이션된 작물지수(crop indicator)의 전처리된 지도, NOAA - AVHRR 및 SPOT-VGT 센서로부터 획득된 전처리된 NDVI지수 지도, 수확기전 주요작물에 대한 예상 수확량 등임.
- 유럽의 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출의 위한 주요 장비 및 S/W는 다음과 같음.
  - 통계산출을 위한 주요 장비 및 S/W로는 MCYFS를 운용하기 위해 CGMS(Crop Growth Monitoring System)를 자체적으로 개발하여 활용하고 있으며 CGMS의 모델베이스로서 WOPOST (World Food Studies crop growth model)를 탑재
  - 그 외에 목초지 시뮬레이션용 S/W로 LINGA를 개발하였으며 SPACE (Software for the Processing of AVHRR-images for Communities of Europe)는 AVHRR센서로 촬영된 저해상도 이미지를 보정하여 1.1km 해상도(픽셀사이즈)로 mosaics처리하며, MARSOP-APPLICATION S/W는 SPACE의 결과자료를 활용하여 NDVI지수 및 지표면온도 등의 이미지들을 추출.
- 원격탐사기술을 이용한 유럽전역 통계산출의 핵심부분인 MCYFS, CGMS, WOPOST의 운용 메커니즘에 대한 보다 상세

한 해부와 이를 국내에 도입할 수 있는 방안이 지속적으로 연구되어야 할 것으로 판단.

#### ▣ 일본의 농업통계분야 항공우주기술 응용

- 일본에서 농업분야 우주항공기술의 활용은 농업관리, 농업통계, 농업 및 지구환경 정보, 농지개발 및 보전 정보, 생물자원정보, 방재정보의 생산 측면에서 많은 연구가 수행되고 있음.
- 이 중에서 농업통계분야에 대한 항공우주기술의 활용은 주로 경지면적의 파악과 재배면적통계 조사에 대한 실용화를 염두에 두고 1995년부터 관련연구가 진척되어 오고 있음
- 하지만 현 단계에 있어서는 실용화를 실행하기에는 관련연구가 부족하고 해결되지 않고 있는 과제가 많아 실용화에 이르지 못하고 있는 실정임.
- 일본에서 항공우주기술을 활용한 농업통계산출의 애로점은 다음과 같이 지적됨.
  - 미국 등 선진국과 달리 농장의 규모가 상대적으로 작고 산간부 등이 뒤얽혀 있어 지형이 복잡한 장소가 많다는 점
  - 일본은 세계의 다른 지역에 비교해서 대기에 구름이 걸려 있는 비율이 높다는 점. 따라서 완벽한 위성데이터의 취득이 어렵다는 점.



- 현재 일본의 우주항공기술수준을 고려할 때 외국의 고해상도 위성 화상을 이용할 경우 해외의 위성에 대한 의존도 문제와 고액의 경비가 소요된다는 점.
- 일본의 경우 농림수산업성 통계부를 주축으로 지속적인 개발연구를 진행하고 있으며 개발 연구의 성과를 근거로 조만간에 마무리되는 국산위성의 데이터를 활용한 실용화 연구에 박차를 가하고 있는 상황임.
- 최근의 주요 연구로 위성데이터와 GIS를 이용한 수전도 작성 연구의 결과를 살펴보면 다음과 같음.
  - remote sensing 기술과 지리정보 시스템(GIS)을 조합시킨 수전도의 작성 방법에 대해서 검토
  - 수전의 판별에는 벼의 생육량이 적은 5월 하순으로부터 6월 하순에 촬영된 위성 데이터가 가장 적합
  - 판별 정밀도는 관측 파장에 ‘중적색 외’를 이용함으로써 향상되었음.
  - 위성 데이터와 GIS를 조합시킴으로써 대상지역의 수전을 99.6%의 정밀도로 판별할 수 있음.
- 일본에서는 원격탐사기술의 농업분야활용에 대한 저변을 확대하고 문제점들을 공개적으로 토론하기 위해 「농림수산 remote sensing 심포지엄」을 매년 정기적으로 개최하고 있음. 본문에서 제시한 최근 2004년에 개최된 심포지엄과 같은 형태의 관련 전문

가 모임이 국내에서도 하루 속히 활성화 되어야 할 것임.

- 농업분야에 활용되는 위성영상들의 관리에 있어서는 일본의 SIDaB가 좋은 모델이 될 수 있음. 일본의 연구자 등의 영상 수요자가 간단하고 쉽게 위성 화상을 입수할 수 있는 「농림수산 위성화상 데이터베이스 시스템 SIDaB(Satellite Image Database System in AFF)」를 구축해 2000년 7월부터 상용화 하고 있음.
- SIDaB를 통해 데이터를 활용하고 있는 기관은 농림 수산 관계 시험연구기관 뿐만 아니라 농림 수산업 종사자, 행정·보급기관, 환경·방재 관계 연구기관 등 매우 다양.
- 국내에서도 이러한 향후 농업분야 위성영상의 활용이 증가하면 관련 연구를 수행하는 기관간의 불필요한 영상구입방지 및 연구 결과의 상호 교류를 위해 이러한 시스템을 벤치마킹할 필요가 있음.

#### ■ 항공우주기술 활용을 위한 한국형 농업통계산출 모델

- 본 연구에서는 현행 농업통계 생산업무의 실태, 항공우주기술의 국내 현황, 주요 선진국의 농업통계분야 항공우주기술 응용사례를 종합적으로 검토하여 농업통계산출업무에 대한 항공우주기술 적용 타당성을 기술적측면, 경제적측면, 실무적측면에서 다음과 같이 제시.

○ 기술적 측면

- 원격탐사기술 자체의 특징 및 장점이 농업통계산출에 적합함. 즉 농업통계가 농지의 상태파악(경지면적, 재배면적 등)에 주안점을 둔다고 가정 했을 때(경영통계 제외) 농지가 에너지의 원천으로 태양에너지에 의존하고 있으므로 원격탐사기술의 적용은 기술적으로 매우 적합.
- 다수의 관련 학자들이 원격탐사기술을 농업통계 산출업무에 적용할 경우 기존통계산출의 모든 문제점들을 일시에 해결해줄 수는 없지만 넓은 범위, 정확성, 지속적 기록, 지리적정보에 기반, 비용절감, 적시성 등에서 유용성을 제시.
- 1972년부터 8년간의 시범연구를 수행하고 1980년부터 원격탐사기술을 농업통계산출에 적용하고 있는 미국은 1987년까지 1단계 실무사업을 총괄적으로 평가하는 보고서에서 원격탐사기술 적용의 효과를 다음과 같이 제시
- 보고서에 제시된 다수 작목 중 벼(rice) 재배면적의 추정에 대해서 기존표본조사(June Enumerative Survey : JES) 결과와 CDLP(Cropland Data Layer Program) 결과의 정확도를 비교.
- 기존의 표본통계방법에서 원격탐사기술을 적용함으로써 약 8.8%의 오차를 보정. 분산간의 차이가 16배로 CDLP의 통계치가 안정성이 높으며 6년간 큰 기복 없이 벼의 재배면적을 추정
- 우리나라와 작부체계가 비슷한 일본이 경우 10년간의 연구축적을 통해 벼 재배면적을 비교적 정확하게 판별할 수 있는 기술수준을 보유. 다만 미국과 달리 실무적용단계가 아닌 연구단계에

머물러 있다는 한계를 가짐.

- 따라서 현시점에서 원격탐사기술의 농업통계분야 적용에 대한 기술적 타당성은 충분하다고 판단되며 국내의 경우 관련기술의 선진국 수준 확보와 실용화를 위한 연구가 시급한 실정.

○ 경제적 측면

- 표본조사방법인 JES와 원격탐사기술을 적용한 CDLP의 주별 평균비용을 비교.
- CDLP의 경우 초기에 방법론이 정착되지 못하여 관련연구지원 및 데이터처리비용으로 비교적 많은 예산이 소요. 하지만 시간이 흐를수록 비용이 지속적으로 감소하여 2000년에는 7만 5천불 수준으로 감소.
- 기존통계인 JES의 경우 각종 물가상승과 인금인상 등의 영향으로 인해 그 비용이 지속적으로 증가되고 있으며 2000년의 경우 주당 평균비용이 13만 3천불에 육박.
- 현장조사를 근간으로 한 JES와 정보기술을 바탕으로 한 CDLP의 비용차이는 앞으로도 계속 커질 것으로 예상.
- 인터넷 시대에 수요자들간 활발한 정보 공유를 유발, 각종 GIS의 중요한 기초데이터로의 활용 등으로 부가효과도 매우 큼.
- 국내의 경우도 최근 농업통계산출을 위한 농림예산투자의 추이를 살펴보면 관련 비용이 급증 : 1998년 vs 2005년  $\leq$  2.5배 증가.
- 비용증가대비 통계수요자들이 실감하는 농업통계의 정확도 향상은 의문임. 현실적인 여건을 고려할 때 전수조사는 절대적으로

불가능. 원격탐사기술 도입으로 모집단의 실제 값을 파악, 정확성 검증이 필요. 따라서 국내에서도 항공우주기술의 농업통계분야 적용의 경제적 타당성은 매우 큼.

○ 실무적 측면

- 실무자들이 생각하는 농업통계산출 업무에 대한 원격탐사기술의 도입의 필요성에 대한 의향을 설문한 결과 “필요하다”는 응답이 94.3%.
- 국내 농업통계산출 업무에 대한 원격탐사기술의 도입의 가능성에 대한 의향을 파악한 결과 “가능하다”는 응답이 84.3%.
- 따라서 현장실무자들에 대한 설문조사 결과를 살펴볼 때 원격탐사기술의 농업통계 산출업무 적용에 대한 열망이 매우 크고 현실적인 적용가능성도 높게 평가하는 것으로 나타나 실무적 적용 타당성은 매우 큼.

○ 본 연구에서는 현행 농업통계 생산업무의 실태, 항공우주기술의 국내 현황, 주요 선진국의 농업통계분야 항공우주기술 응용사례를 종합적으로 검토하여 항공우주기술을 국내 농업통계분야에 도입하기 위한 한국형 농업통계산출의 논리적 모델을 다음과 같이 제시.

○ 논리적 모델은 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출을 위해 관련하는 주체(기관)들 간의 상호관계를 설계한 것으로 향후 제시될 농업통계생산·보급체계 구축의 논리적 체계(framework)를 제공.

- 본 연구에서는 한국형 농업통계산출모델을 설계하기 위한 방법론으로 정책문제의 개념적 모형을 설계에 활용되는 다이어그램(diagram)기법들 중 하나인 Circular Flow Diagram (CFD)을 이용.
- 시범연구·사업단계의 모델과 실무적용단계의 모델로 구분하여 설계. 각각의 모델에 대해서 외부주체와의 연관관계를 표현한 외부모델(Level 0)과 내부주체간의 연관관계를 표현한 내부모델(Level 1)을 제시. 모형에서 실선은 상호간의 업무흐름, 점선은 구체적인 정보 혹은 데이터의 교환을 의미.
- 시범연구·사업단계의 논리적 모델 중 외부모델은 시범연구·사업 컨소시엄, 외부전문기관(국내), 외부전문기관(해외)의 3개 참여주체로 구성. 세부내용은 본문참조.
- 시범연구·사업단계의 논리적 모델 중 내부모델은 시범연구기관, 농림부, 농산물품질관리원, 농업기반공사, 농촌진흥청, 산림청의 6개 참여주체로 구성되며 각 주체별 상호작용을 표현.
- 실무적용단계의 논리적 모델 중 외부모델은 실무적용 컨소시엄, 외부전문기관(국내), 외부전문기관(해외)의 3개 참여주체로 구성.
- 실무적용단계의 논리적 모델 중 내부모델은 농림부, 농산물품질관

리원이 실무를 전담하는 주축기관으로, 그리고 나머지 컨소시엄에 참여하는 시범연구기관, 농업기반공사, 농촌진흥청, 산림청으로 구성되며 각 주체별 상호작용을 표현.

- 논리적 모델을 근간으로 하여 실제 업무에 활용될 시스템, 즉 원격탐사기술을 이용한 한국형 농업통계산출 및 보급시스템의 모델이라고 할 수 있는 물리적 모델을 제시.
- 물리적 모델은 인공위성 및 위성영상 수신처, 농림위성영상 관리 시스템, 원격탐사 농업통계 산출시스템, 원격탐사 농업통계 보급 시스템, 표본조사 및 현장검증자(기관), 농업통계수요자의 총 6개의 객체로 나누어짐. 세부내용은 본문참조.
- 논리적 모델 및 물리적 모델의 활용을 위한 통계적 방법론으로 다음을 제시함.
- 원격탐사 농업통계산출 계량모형
  - 미국의 선행 통계방법론 분석 : Direct Expansion Estimation, Regression Estimation (separate form, combined form)
  - 최신 통계방법론 제시 : 공간자기상관(spatial autocorrelation) 판독법, 공간오류모델(Spatial Error Model : SEM), 공간자기회귀 모델(Spatial Autoregressive Model : SAR), 혼합공간모델 (Mixed Regressive Spatial Autoregressive Model)

- 논리적 모델 및 물리적 모델의 활용을 위한 기술적 방법론으로 다음을 제시함.
  - 토지피복분류 및 경지면적 관독 : 영상의 전처리(영상 디스플레이, 기하보정, 방사보정), 영상의 관독(무감독 분류, 감독 분류)
  - 작물 재배면적 관독 방법론(벼의 사례) : 광학센서(SPOT) 병용 이용법, RADARSAT 2시기 이용법, GIS데이터 이용법

#### ▣ 항공우주기술의 농업통계분야 활용방안

- 본 연구에서는 현행 농업통계 생산업무의 실태, 항공우주기술의 국내 현황, 주요 선진국의 농업통계분야 항공우주기술 응용사례를 종합적으로 검토하여 항공우주기술의 농업통계 활용가능분야를 다음과 같이 제시.
  - 토지이용분류 및 경지면적조사
  - 경지별 작물재배면적조사
  - 해당 작물별 작황조사
  - 수확량예측
  - 농업재해조사 및 관리
  - 통일농정 대비를 위한 북한농업의 통계조사
- 활용가능 분야별 우선순위를 다음과 같이 제시.
  - 기술적측면에서 활용가능분야별 도입 용이성은 ‘경지면적통계>>재배면적통계>>북한농업통계>>농업재해통계>>작물생산량통계’인 것으로 판단.



- 경제적 측면에서 활용가능분야별 효과는 ‘재배면적통계>>작물생산량통계>>경지면적통계>>농업재해통계>>북한농업통계’인 것으로 판단.
  - 실무자들이 생각하는 원격탐사기술 도입 업무의 우선순위는 ‘재배면적통계>>경지면적통계>>농업재해통계>>작물생산량통계>>북한농업통계’ 임.
  - 따라서 기술적측면, 경제적측면, 실무적측면을 동시에 고려하고 경지면적통계가 재배면적통계산출을 위한 기초적 통계라는 점을 감안하면 항공우주기술의 농업통계 활용가능분야 중 분야별 우선순위는 경지면적통계를 1순위로 설정.
  - 다음으로 재배면적통계를 2순위로 먼저 추진하는 것이 바람직
  - 여타 작물생산량통계, 농업재해통계, 북한농업통계에 대한 항공우주기술 도입 여부는 국가적 상황변화에 따른 수요와 앞서 진행된 경지면적 및 재배면적통계의 결과를 바탕으로 판단.
- 활용가능 작목 및 작목별 우선순위를 다음과 같이 제시함.
- 미국의 경우 처음으로 옥수수, 콩, 밀을 대상작목으로 원격탐사기술을 도입하였으며 향후 면, 벼, 사탕수수 등으로 적용을 확대. 이러한 작목의 결정은 기본적으로 해당주의 CDL 참여여부에 달려있으나 분명한 것은 재배량이 많은 주 작목을 위주로 활용의 범위를 넓혀가고 있음.
  - 유럽연합의 경우 일반밀, 통밀, 보리, 쌀, 옥수수 등의 주곡에 대하여 원격탐사기술을 우선적으로 도입. 그 이유는 유럽 MARS Project의 경우 원격탐사기술 도입의 최우선 과제를 유럽전체의

식량생산현황 파악과 식량자급률 산정 및 식량수급조절에 목적을 두고 있기 때문임.

- 일본의 경우 아직 실용화하고 있지 못하다는 한계를 가지지만 비슷한 여건을 가진 국가로서 연구결과를 검토. 원격탐사를 활용한 작목별 재배면적 관별의 경우 벼>>밭작물>>채소 순으로 결과를 제시.
  - 설문조사결과를 통해 파악된 실무자들이 생각하는 원격탐사기술을 도입할 작목의 우선순위는 ‘미곡>>채소>>과실>>맥류>>두류>>서류>>특용작물>>잡곡’임
  - 따라서 이상의 결과들을 종합적으로 고려하면 현재의 관련 연구 및 기술수준과 전체 통계에서 차지하는 중요성을 고려할 때 벼 재배면적과 관련된 통계산출에 가장 우선순위.
  - 벼의 적용사례를 피드백하고 국가적 상황변화 및 통계수요자들의 요구에 따라 차후에 재배면적이 많은(농업통계에서 중요도가 높은) 밭작물과 채소류로 응용분야를 확대. 채소류와 과실류의 재배면적에 대한 항공우주기술의 도입 여부는 고해상도 위성영상에 대한 관측기술 확보와 영상구입의 경제성이 동시에 확보되어야 가능할 것임.
- 국내 농업통계산출을 위한 위성영상의 선택방안을 다음과 같이 제시함.
- 농업통계산출을 위한 위성영상을 선택하는데 있어서 다음의 기준을 동시에 고려해야 함 : 대상면적, 입수시기의 신속성, 영상획득의 용이성, 영상의 가격.

- 현재 미국(CDL 프로그램)과 유럽(MARS 프로젝트)에서는 LANDSAT을 주력영상으로 활용. 국내 대다수의 연구사례가 LANDSAT 영상을 활용하고 있다는 점에서 축적된 분석경험을 이용할 수 있다는 장점.
  - 일본의 경우 초기 LANDSAT 영상을 이용한 연구가 성행했으나 최근 정밀도가 높은 위성의 활용을 통해 보다 세밀한 농업관련 통계 및 정보를 취득하는 방향으로 전개됨으로서 SPOT 위성의 활용이 증대.
  - 따라서 농업통계산출을 위한 위성영상은 타 선진국의 사례와 마찬가지로 앞서 제시한 고려사항을 반영한 시범연구의 추진을 통해 적정 영상을 판단 및 제시하는 것이 바람직 할 것임
- 본 연구에서는 현행 농업통계 생산업무의 실태, 항공우주기술의 국내 현황, 주요 선진국의 농업통계분야 항공우주기술 응용사례를 종합적으로 검토하여 항공우주기술을 국내 농업통계분야에 도입하기 위한 다음과 같은 구체적인 정책 프로젝트를 제시.
  - 항공우주기술의 국내 농업통계분야 도입을 위한 정책 프로젝트 : (가칭) 원격탐사기술을 이용한 농업통계생산·보급체계 구축
  - 정책 프로젝트의 운영체계는 앞서 제시한 ‘항공우주기술 활용을 위한 한국형 농업통계산출 모델’을 근간으로 함.
  - 원격탐사기술을 이용한 농업통계 생산·보급체계 구축의 대전제

- 현행 주요 농업통계 중 경지면적통계와 재배면적통계를 대상으로 사업을 시행하되 향후 추진될 생산량통계산출의 기반연구를 수행.
  - 통계생산 및 보급체계의 대상작목을 별로 한정하되 향후 추진될 여타 주요작목 통계산출의 기반연구를 수행.
  - 1개도의 시범연구와 2개도의 시범사업을 통해 사업 후 전국적인 실무도입을 추진.
  - 시범연구와 시범사업의 기간을 각각 3년, 2년으로 설정.
- 원격탐사기술을 이용한 농업통계 생산·보급체계 사업의 시범연구단계 주요 내용(세부내용 본문 참조).
    - 시범연구기관 및 컨소시엄 구성
    - 통계처리기법연구
    - 영상판독기법연구
    - 전문가 초빙 및 연구네트워크 구축
    - 시범연구지역 선정 및 영상판독
    - 농업통계산출 및 검증
    - 원격탐사 농업통계산출시스템 연구·개발
    - 농림위성영상 관리시스템 연구·개발
    - 원격탐사 농업통계 보급시스템 연구·개발
    - 실무자 교육
    - 관련전문인력 양성(특성화대학 운영)
- 원격탐사기술을 이용한 농업통계 생산·보급체계 사업의 시범연

구단계 주요 내용(세부내용 본문 참조).

- 시범사업지역 선정 및 영상판독
- 농업통계산출 및 검증
- 원격탐사 농업통계산출시스템 시범운영
- 농림위성영상 관리시스템 시범운영
- 원격탐사 농업통계 보급시스템 시범운영
- 실무자 교육
- 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출을 위한 정책제안
- 농업분야 우주개발중장기계획 작성
- 전문가 초빙 및 연구네트워크 구축
- 관련전문인력 양성(특성화대학 운영)

○ 원격탐사기술을 이용한 농업통계 생산·보급체계 사업의 시범연구 단계 주요 내용(세부내용 본문 참조).

- 시범연구 및 시범사업결과 및 관련 업무의 실무기관(농림부 및 농산물품질관리원) 이관
- 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출을 위한 제도적 장치 마련 및 예산확보
- 실무기관의 관련 업무체계 확립(직제 추가 및 개편)
- 원격탐사 농업통계산출시스템 운영
- 원격탐사 농업통계 보급시스템 운영
- 농림위성영상 관리시스템 운영
- 농업분야 우주개발중장기계획 제안
- 전문가 초빙 및 연구네트워크 구축

- 관련전문인력 양성(특성화대학 운영)
- 원격탐사기술을 이용한 농업통계 생산·보급체계 사업의 소요예산 추정(세부내용 본문 참조).
  - 1차년도 : 약 778백만원 예상
  - 2차년도 : 약 327백만원 예상
  - 3차년도 : 약 460백만원 예상
  - 4차년도 : 약 367백만원 예상
  - 5차년도 : 약 367백만원 예상

▣ 최종 결론 : 정책건의 및 제안사항

- 본 연구는 항공우주기술의 농림분야 활용방안 연구를 통해 다음과 같은 정책건의사항을 제안함.
- 농림분야 특히 농림통계산출에 있어서 항공우주기술 도입의 타당성은 매우 크며 해당 기술의 실무도입을 위한 관련 연구가 하루속히 추진되어야 함. 이에 대한 판단근거를 다음과 같이 제시함.
  - 지구촌시대의 (농업)통계·정보의 생산능력은 국가 경쟁력 우위의 필요조건임. 세계는 지금 1차원적 통계를 벗어나 2차원, 3차원, 4차원적 통계로 접근되고 있음.
  - 미국, 일본, EU등의 선진국을 중심으로 항공우주기술을 이용한 영상자료를 각종 농업통계의 산출에 활용하는 원격탐사(remote

sensing)기법이 적극적으로 연구·응용되고 있음. 미국 35년(연구 및 실무), 유럽 17년(연구 및 실무), 일본 10년(연구)의 노하우가 축적되어 있으나 국내의 경우 관련 연구마저 전무한 상황임. 이는 정보화시대의 첨단농업이라는 국제화의 흐름과 경쟁력에서 뒤쳐지는 결과를 초래.

- 특히 우리는 분단국으로서 통일농정, 영세 소농국가로서 개방농정에 부응하는 농정전략과 비전을 제시하려면 국경을 초월한 세계적 농업통계·정보생산능력이 우선과제임. 그러나 우리는 아직 1차원적 농업통계생산 단계에 있음.
  - 본 연구의 결과 기술적, 경제적, 실무적 측면에서 항공우주기술의 농업통계분야 적용타당성이 검증되었음. 특히 해당 기술을 도입할 경우 국내 농업통계의 정확도 향상은 명약관화함.
  - 정확한 농업통계가 모든 농정의사결정, 농정프로그램, 농정시스템의 기본정보인 점을 감안한다면 항공우주기술을 활용한 농업통계의 정확도 향상은 중요한 선결과제임.
- 항공우주기술의 국내 농업통계분야 도입을 위한 현실적인 방안으로 본 연구에서는 「(가칭) 원격탐사기술을 이용한 농업통계생산·보급체계구축」 사업을 다음과 같이 제안함.
- 원격탐사기술을 이용한 농업통계생산·보급체계구축사업의 추진 계획으로 특정 도를 대상으로 한 3년간의 연구사업, 연간 각각의 개별 도를 대상으로 한 2년간의 시범사업으로 총 5년간의 연구 및 시범사업을 제안함.

- 사업의 대상 농업통계로 경지면적통계와 재배면적통계에 대한 우선적인 적용을 제안함.
- 사업의 대상 작목으로 벼에 대한 우선적인 적용을 제안함.
- 원격탐사기술을 이용한 농업통계생산·보급체계구축 사업의 추진 주체로서 시범연구기관을 중심으로 한 농림부, 농산물품질관리원, 농업기반공사, 농촌진흥청, 산림청으로 구성된 컨소시엄 구성을 제안함. 시범연구기관은 농업통계기법 및 통계자료의 응용을 위한 농정모델의 개발, 해외 주요 대학 및 기관과의 대등한 수준의 지적 연구교류, 연계 기관별 실무자에 대한 교육, 관련 후속 전문인력의 지속적 양성을 동시에 수행할 수 있는 농업통계 및 농정전략정보의 생산능력 잠재력을 가진 기관이어야 함.
- 원격탐사기술을 이용한 농업통계생산·보급체계구축의 주력 시스템으로서 농림위성영상 관리시스템, 원격탐사 농업통계 산출시스템, 원격탐사 농업통계 보급시스템의 통합시스템 구축을 제안함. 이를 통해 원격탐사 농업통계정보의 생산, 보급, 관리를 일원화 할 수 있는 효율적인 시스템을 구축해야 함.



## 참고문헌

- 강중호, 이남수, “위성영상을 이용한 김 양식 시설량 추정과 활용 방안”, 해양정책연구 제19권 제2호, 2004.
- 김석현, 서종석, “주요 작물 단위면적당 생산량 확률밀도함수 추정”, 농업경제연구 41(3), 2000.
- 김충실, 「GIS와 농업경제」, 동아출판사, 2000.
- 김충실, “환경농업 GIS 모형설정을 위한 토양속성정보의 처리”, 농업정책연구 25(1), 1998.
- 김충실, 박재화 외, 「주요 선진국 농작물 재보험제 검토를 위한 한국형 모델 연구」, 국회 농림해양수산위원회, 2004.
- 김충실, 박재화, “GIS를 활용한 농산물 가공업체의 유통망 의사결정모형과 사례분석”, 농업경제연구 43(3), 2002.
- 엄정섭, 「디지털시대의 원격탐사」, 경북대학교 출판부, 2004.
- 이규성 외, 「위성영상을 이용한 산림자원관리방안」, 산림청, 2001.
- 한원식 외, 「원격탐사를 이용한 주요 농작물 생산량 예측연구」, 농촌진흥청, 1991.
- 홍석영 외, “Landsat TM 화상을 이용한 당진군 일원의 논면적 추정”, 한국농림기상학회지 제3권 제1호, 2001.
- Allen, J. D., “A Look at the Remote Sensing Applications Program of the National Agricultural Statistics Service”, Journal of Official Statistics, Vol. 6, No. 4, pp 393-409, Statistics

- Sweden, 1990.
- Allen, R., Hanuschak, G., Craig, M., “Remote Sensing for Crop Acreage Estimates”, U.S. Department of Agriculture, NASS White Paper, Washington DC, April 2001.
- Charles Day, A Compilation of PEDITOR Estimation Formulas, NASS, RDD Research Report Number RDD-02-03, 2002.
- Elisabetta Carfagna, Using Remote Sensing for Agricultural Statistics, University of Bologna, Department of Statistics, Italy, 2000.
- George A. Hanuschak and Rick Mueller, Cost and Benefit Analysis of a Cropland Data Layer, NASS Research report, 2002.
- George A. Hanuschak and Rick Mueller, Investigation of Very High Resolution Spaceborne Imagery for Citrus Tree Counting, Pilot Research Project of NASS and the Florida Agricultural Statistics Service, 2003.
- H. L. Boogaard, H. Eerens, I. Supit, C. A. van Diepen, I. Piccard, P. Kempneers Description of the Mars Crop Yield Forecasting System, Metamp Methodology Assessment of MARS Predictions Report 1/3, Joint Research Centre, 2002.
- Hanuschak, G. A., “Use of Remote Sensing for Agricultural Statistics: The U.S. Experience”, Proceedings of the First International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry, Lake Buena Vista, Florida, June 1998.

- J. Donald Allen and George A. Hanuschak, The Remote Sensing Applications Program of the National Agricultural Statistics Service: 1980-1987, SRB Staff Report Number SRB-88-08 USDA, 1988.
- Lei Ji, A. J. Peters, "A spatial regression procedure for evaluating the relationship between AVHRR-NDVI and climate in the northern Great Plains", International Journal of Remote Sensing, 20, 2004.
- Michael E. Craig, Comparing 30 Meter Imagery From LANDSAT 5 AND 7 for Crop Area Estimation, NASS Research report, 2002.
- Rahman, H., Dedieu, "A Simplified Method for the Atmospheric Correction of Satellite Measurements in the Solar Spectrum", International Journal of Remote Sensing, Vol 15(1), 1994.
- Rich Allen, George A. Hanuschak, Mike Craig, Future Vision for the Utilization of Remotely Sensed Data and Geographic Information Systems(GIS) in the National Agricultural Statistics Service, NASS, 2002.
- Rich Allen, George A. Hanuschak, Mike Craig, History of Remote Sensing for Crop Acreage in USDA's National Agricultural Statistics Service, NASS, 2002.
- Rich Allen, George A. Hanuschak, Mike Craig, Limited Use of Remote Sensed Data for Crop Condition Monitoring and Crop Yield Forecasting in NASS, NASS, 2002.

- Rick Mueller and Martin Ozga, Creating A Cropland Data Layer for an Entire State, NASS Research report, 2002.
- Robert C. Hale, George A. Hanuschak, Michael E. Craig, “Appropriate Role of Remote Sensing in U.S. Agricultural Statistics”, FAO Seminar on Remote Sensing for Agricultural Statistics, 1999.
- Supit, I., Hooijer, A. A., Diepen, C. A. van, System description of the WOFOST 6.0 crop growth simulation model implemented in CGMS. Volume 1: Theory and Algorithms. EUR 15956 EN, Office for Official Publications of the EU, Luxembourg, 1994.
- T. A. Tsiligrirides, “Remote Sensing as a Tool for Agricultural Statistics : a case study of area frame sampling methodology in Hellas”, Computer and Electronics in Agriculture, Vol 20, 1998.
- T.A. Tsiligrirides, “Remote sensing as a tool for agricultural statistics: a case study of area frame sampling methodology in Hellas”, Computers and Electronics in Agriculture 20, 1998.
- USDA, Application of GIS, GPS, & Remote Sensing Technologies to access & Optimize Crop Production, Current Research Information System, 1998.
- USDA, Assessment of Global Crop Production from New Generation Remote Sensing Technology, Current Research Information System, 1999.

- USDA, Development and Evaluation of New Remote Sensing Technologies to Assess Food and Fiber Production, Current Research Information System, 1998.
- USDA, Remote Sensing of Corn and Soybean Canopy Production, Current Research Information System, 2000.
- Vignolles, C., Genovese, G. P., Nègre, T., Yield indicators extracted from the combined use of CORINE Land Cover and NOAA AVHRR/NDVI. Proc. IGARSS-Conf., Hamburg, Germany, 1999.
- Vossen, theory and applications in the MARS project, Workshop for Central and Eastern Europe on agrometeorological models, 21-25 , Ispra , Italy . EUR 16008 EN, Office for Off. Publ. of the EU, Luxembourg, 1994.
- Wade, G., Hanuschak, G., “Visualization of a Crop Season – The Integration of Remotely Sensed Data and Survey Data”, Proceedings of the ASPRS 2000 Conference, Washington DC May 2000.
- 農林水産省, 「高分解能衛星画像データ活用システム開発事業」, 2003.
- 石塚直樹, “水田面積の求積水田面積の求積”, 農林水産RSシンポジウム, 2004.
- 齋藤元也, “農業分野での衛星データ利用”, 平成14年度衛星RSデータ農林業WS, 2002.

## 부록1 - 설문조사표

### 설문서

안녕하십니까?

본 대학은 농림부의 지원하에 「항공우주기술의 농림분야 활용방안」을 연구하고 있습니다. 본 연구와 관련된 귀하의 의견을 통해 국내 농업발전에 도움이 되는 좋은 연구결과가 나올 수 있도록 최선을 다할 것입니다. 응답하신 내용은 항공우주기술의 농림분야 활용방안을 도출하기 위한 연구 목적 이외에는 일체 사용되지 않음을 말씀드리며, 귀하의 성의 있는 응답을 부탁드립니다.

2005. 9.

연구수행기관 : 경북대학교

※ 설문에 앞서 반드시 읽어 주십시오.

항공우주기술을 활용한 원격탐사는 인공위성사진을 이용하여 멀리 떨어져 있는 지상 대상물의 특성과 현상을 접촉하지 않고 관측하여 정보를 얻어내는 기술입니다. 선진국에서는 원격탐사의 이러한 특성에 주목하고 기존 농업통계의 검증 및 보정, 통계표본의 합리적 선정, 응급상황에서의 신속한 통계산출 등의 업무에 해당 기술을 적극 활용하고 있습니다.

1. 국내 농업통계의 산출업무에 원격탐사기술을 도입할 필요성에 대해서 어떻게 생각하십니까?

- ① 필요하다.      ② 필요하지 않다.

1-1. 필요하다거나 필요하지 않다면 그 이유는 무엇입니까?



오.

- 경지면적통계----- (     )            재배면적통계----- (     )  
작물생산량통계----- (     )            농업재해통계----- (     )  
북한농업통계----- (     )

7. 재배면적산출에 원격탐사기술을 도입한다면 어떤 작목부터 우선적으로 적용해야 한다고 생각하십니까? 작목 3가지를 선택하여 우선순위대로 1, 2, 3을 기록해 주십시오.

- 미곡(논벼, 밭벼 등)----- (     )  
맥류(겉보리, 쌀보리, 밀 등)----- (     )  
서류(감자, 고구마 등)----- (     )  
두류(콩, 팥 등)----- (     )  
잡곡(조, 옥수수 등)----- (     )  
채소(배추, 고추, 양파 등)----- (     )  
과실(사과, 배 등)----- (     )  
특용작물(참깨, 유채 등)----- (     )

8. 기타의견 - 국내 농업통계 산출업무에 원격탐사기술을 도입하는데 대하여 귀하의 허심탄회한 고견을 부탁드립니다.

○ 조사자 일반사항

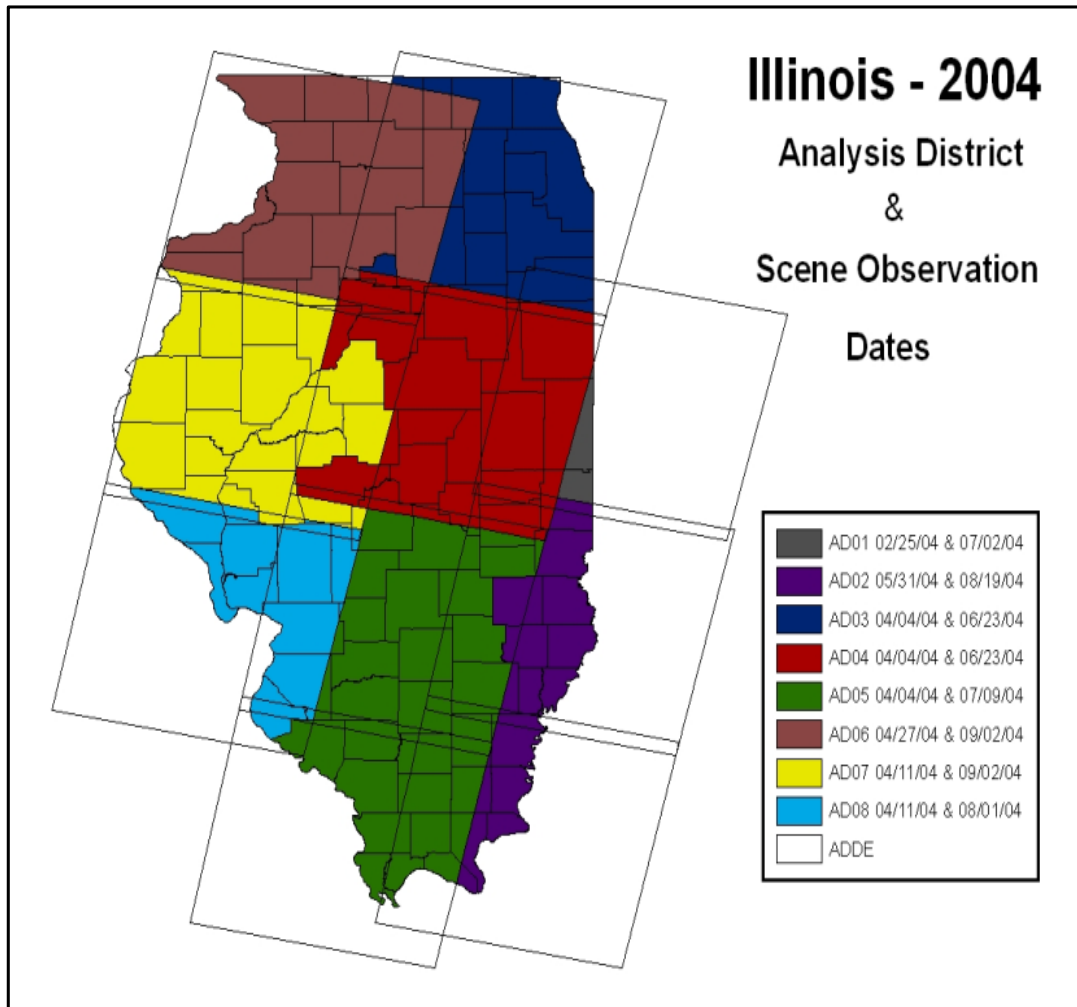
- 성별 : 남(     ), 여(     )  
- 연령 : (     )세  
- 근무경력 : (     )년  
- 담당업무 : (     )

긴 시간 수고해주셔서 대단히 감사합니다.

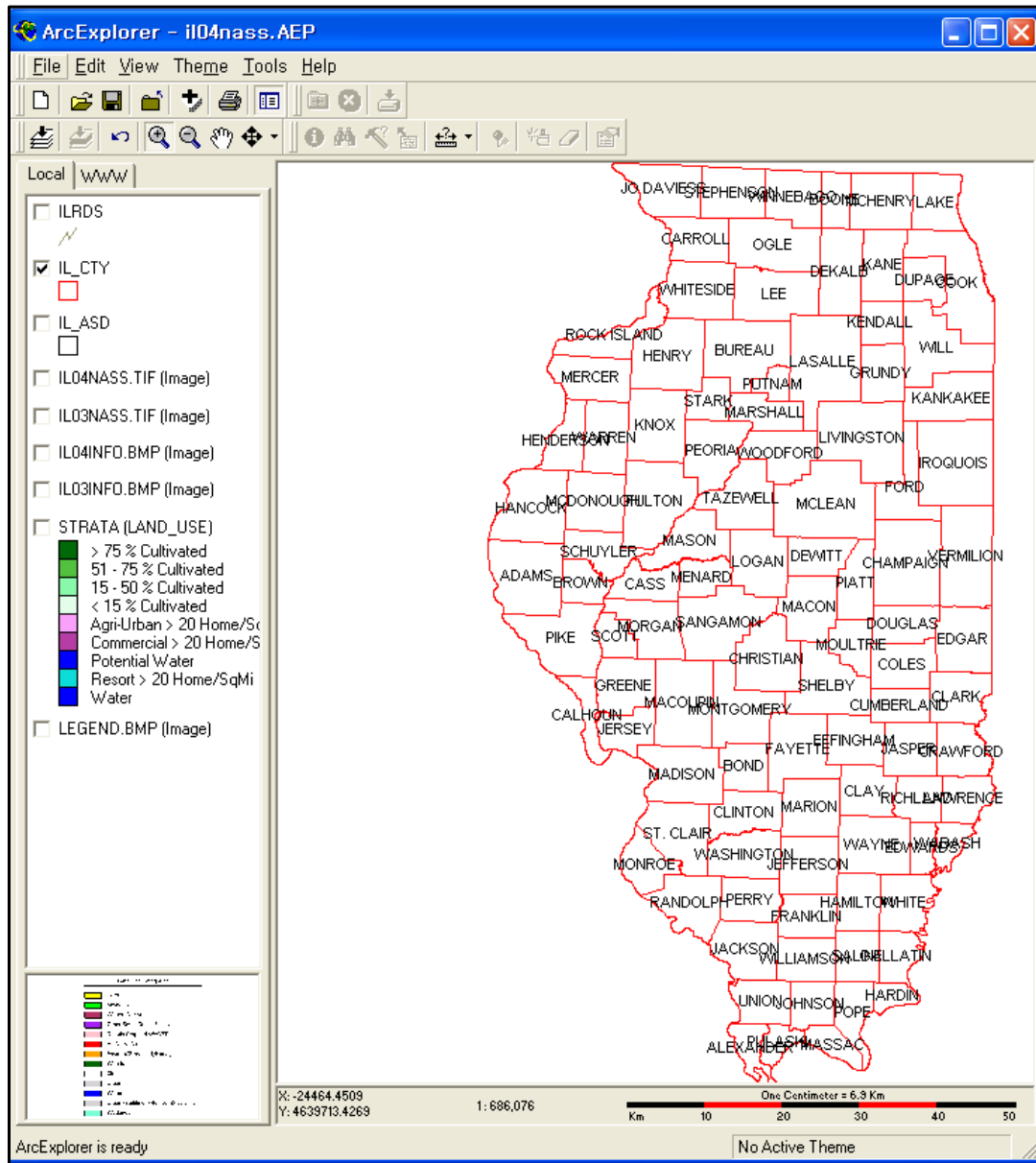


## 부록2 - 미국 Cropland Data Layer 예시

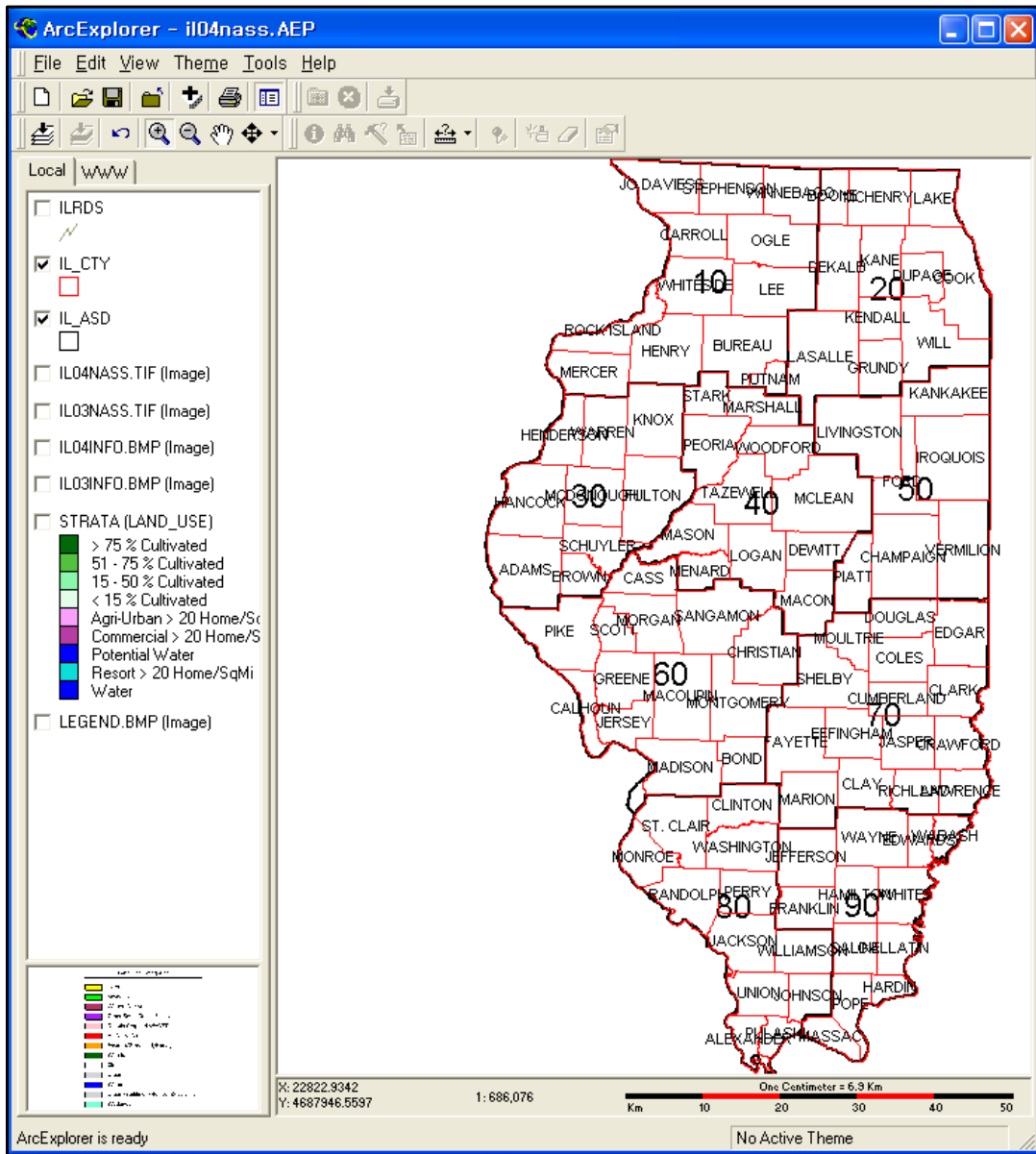
<그림 80> 조사대상지역 및 활용 위성영상(Illinois CDL, 2004)



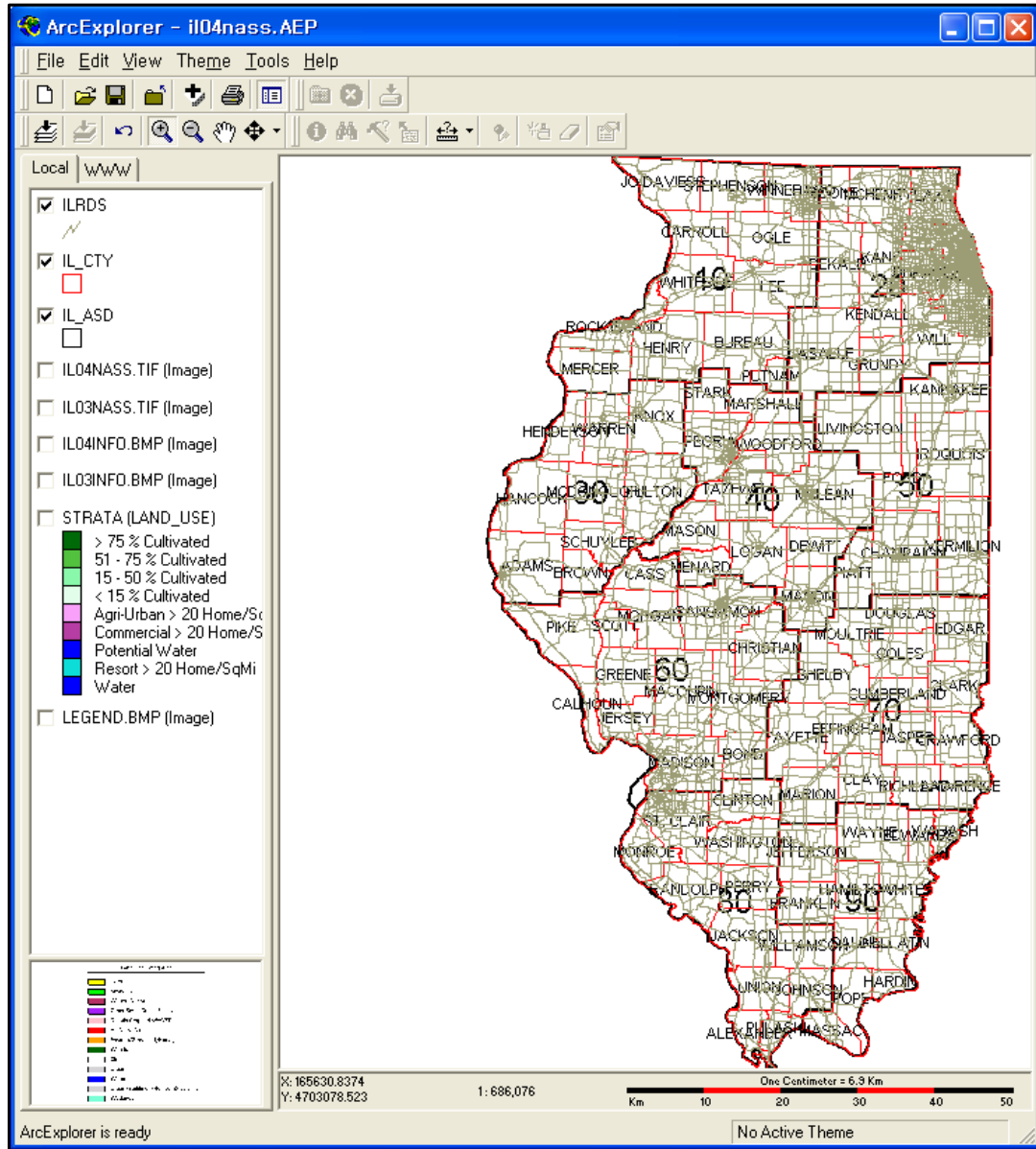
<그림 81> 행정경계 레이어(Illinois CDL, 2004)



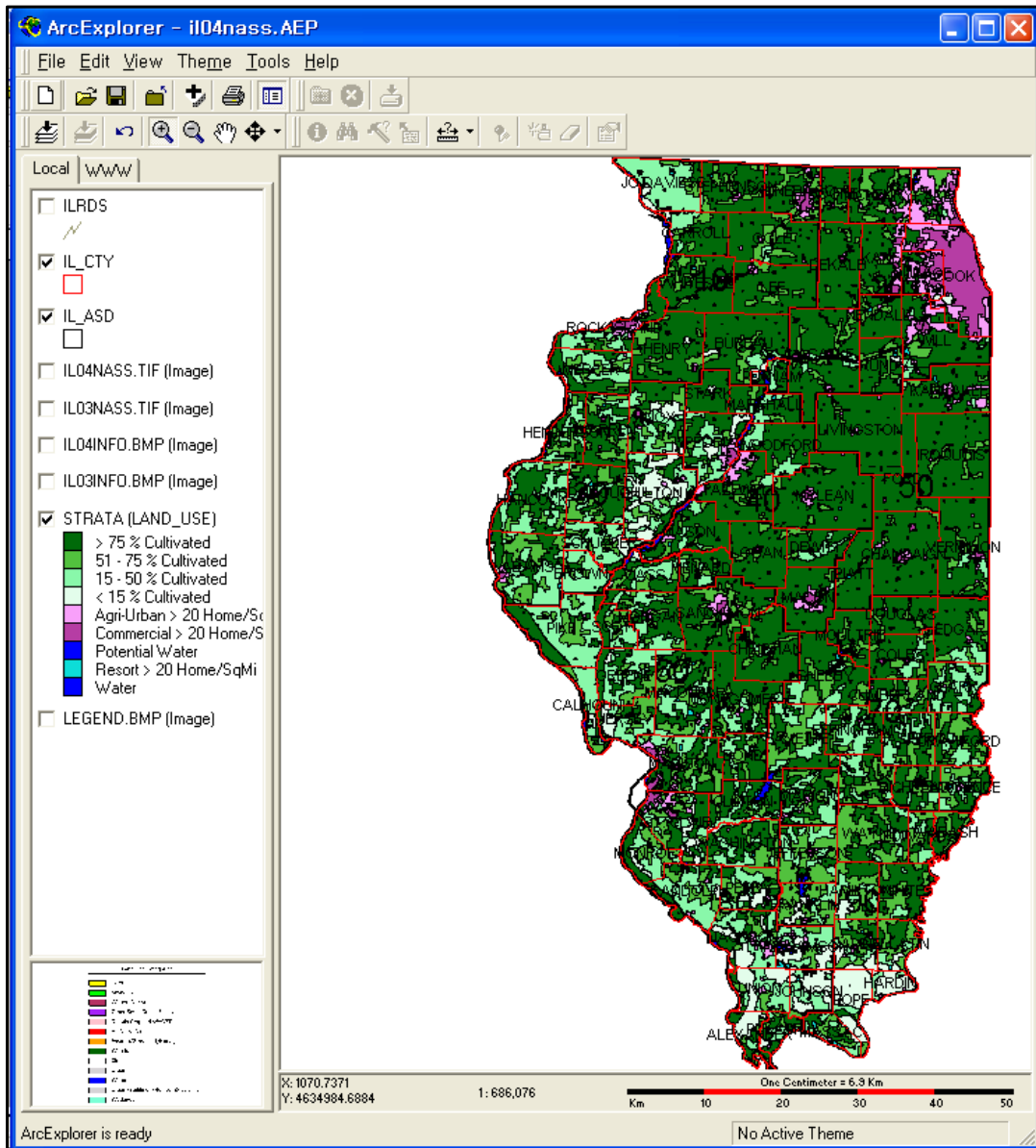
<그림 82> 행정경계, 샘플구획 레이어 오버레이(Illinois CDL, 2004)



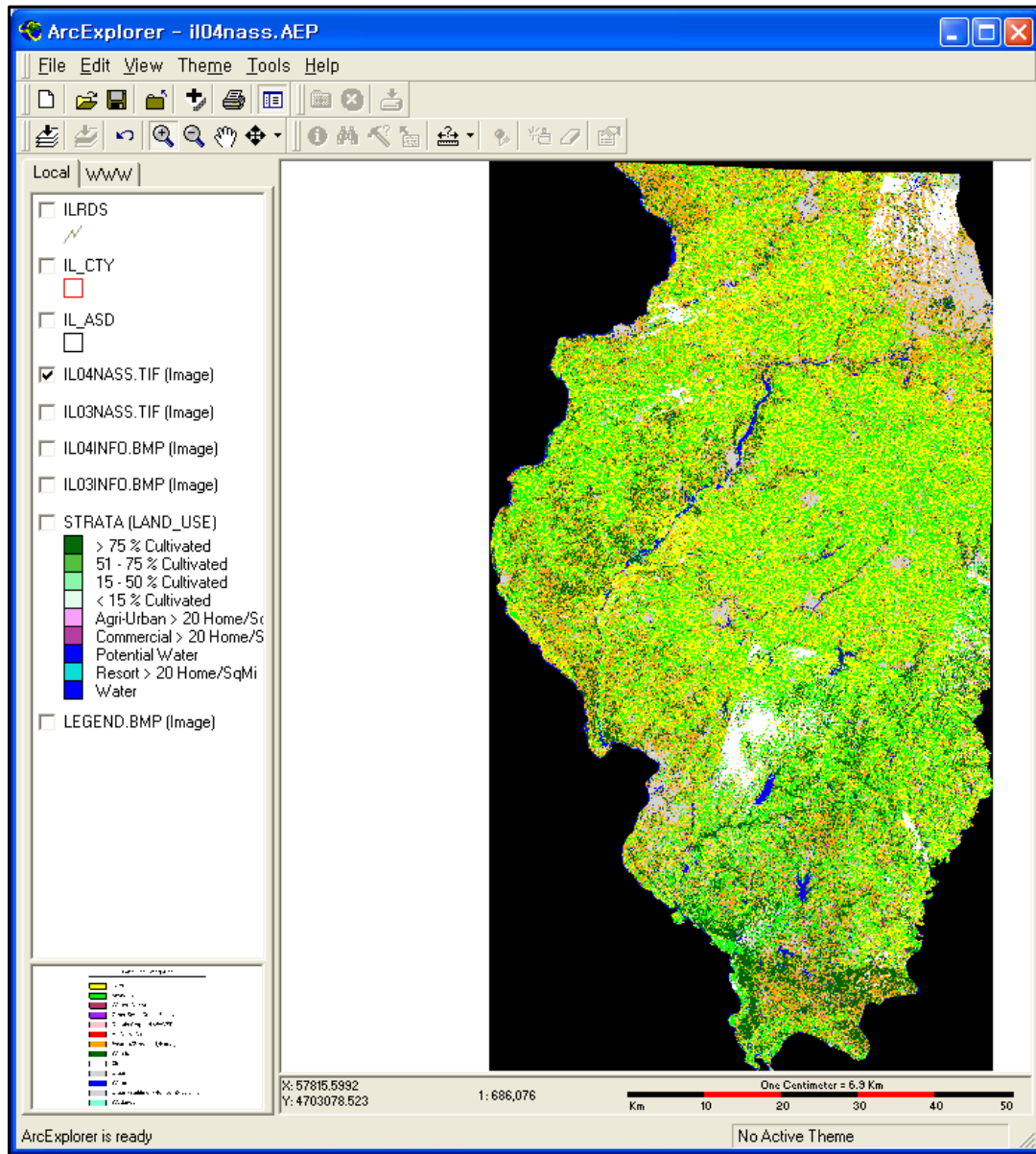
<그림 83> 도로망, 행정경계, 샘플구획 레이어 오버레이  
(Illinois CDL, 2004)



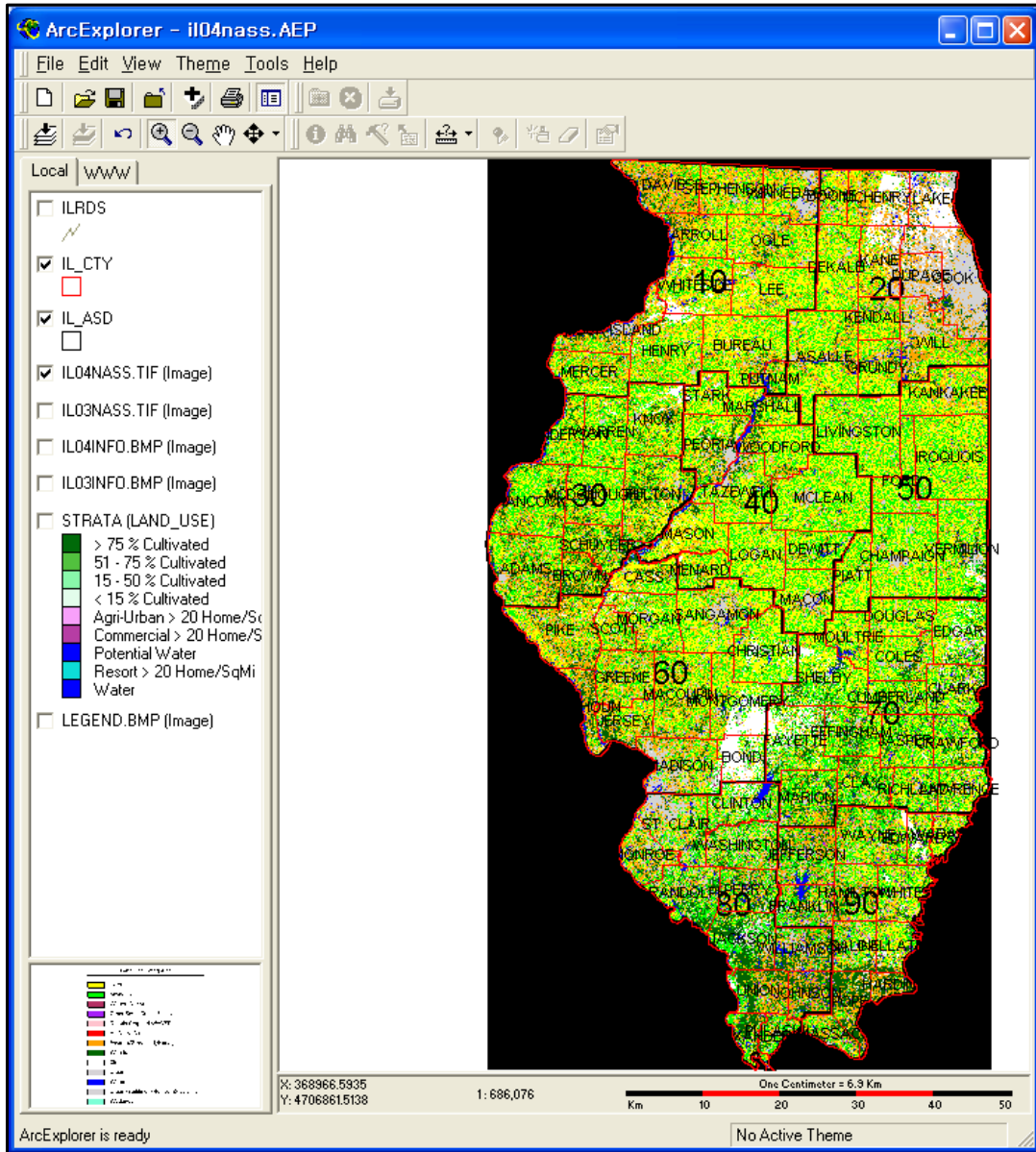
<그림 84> 토지피복분류 레이어(Illinois CDL, 2004)



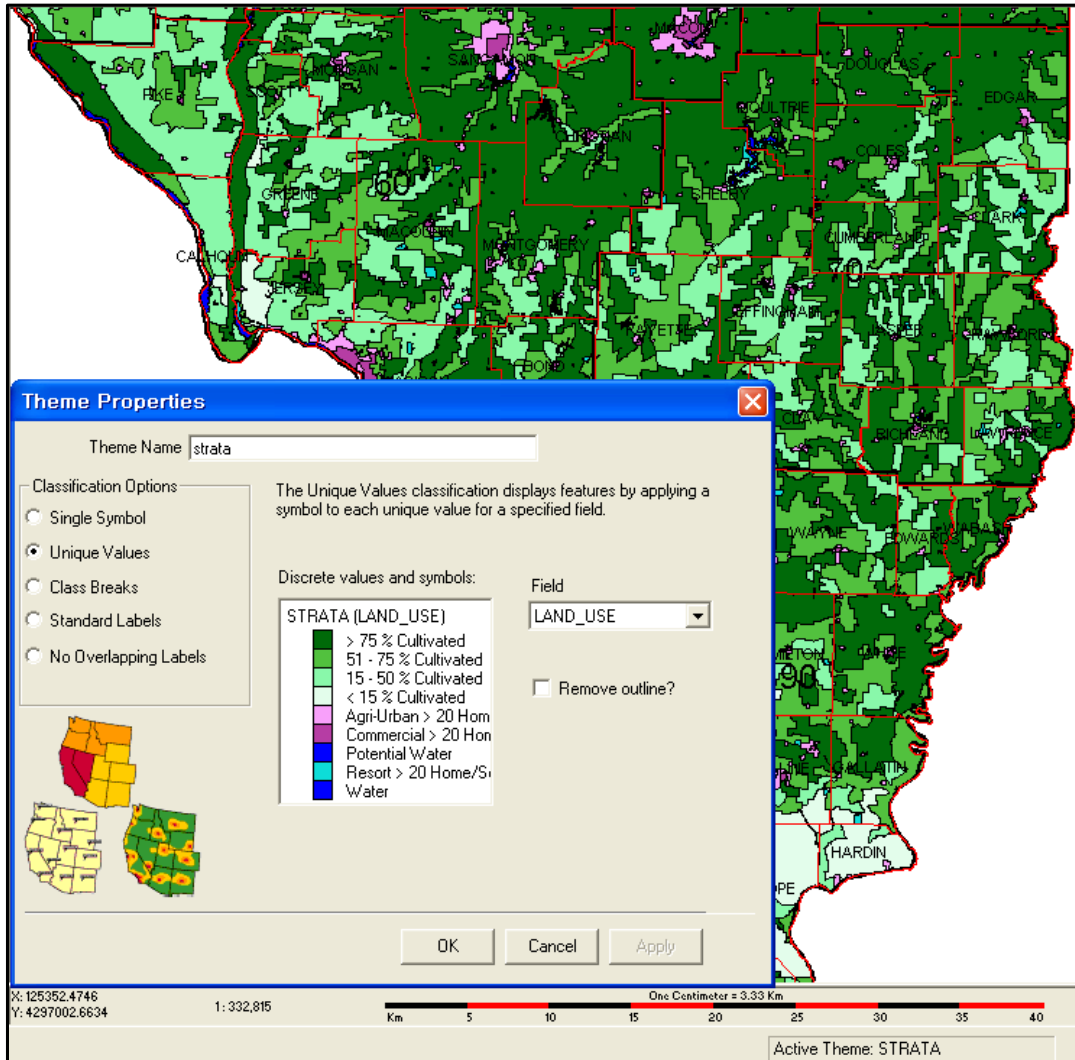
<그림 85> 작물 재배면적판독 레이어(Illinois CDL, 2004)



<그림 86> 최종결과 레이어(Illinois CDL, 2004)

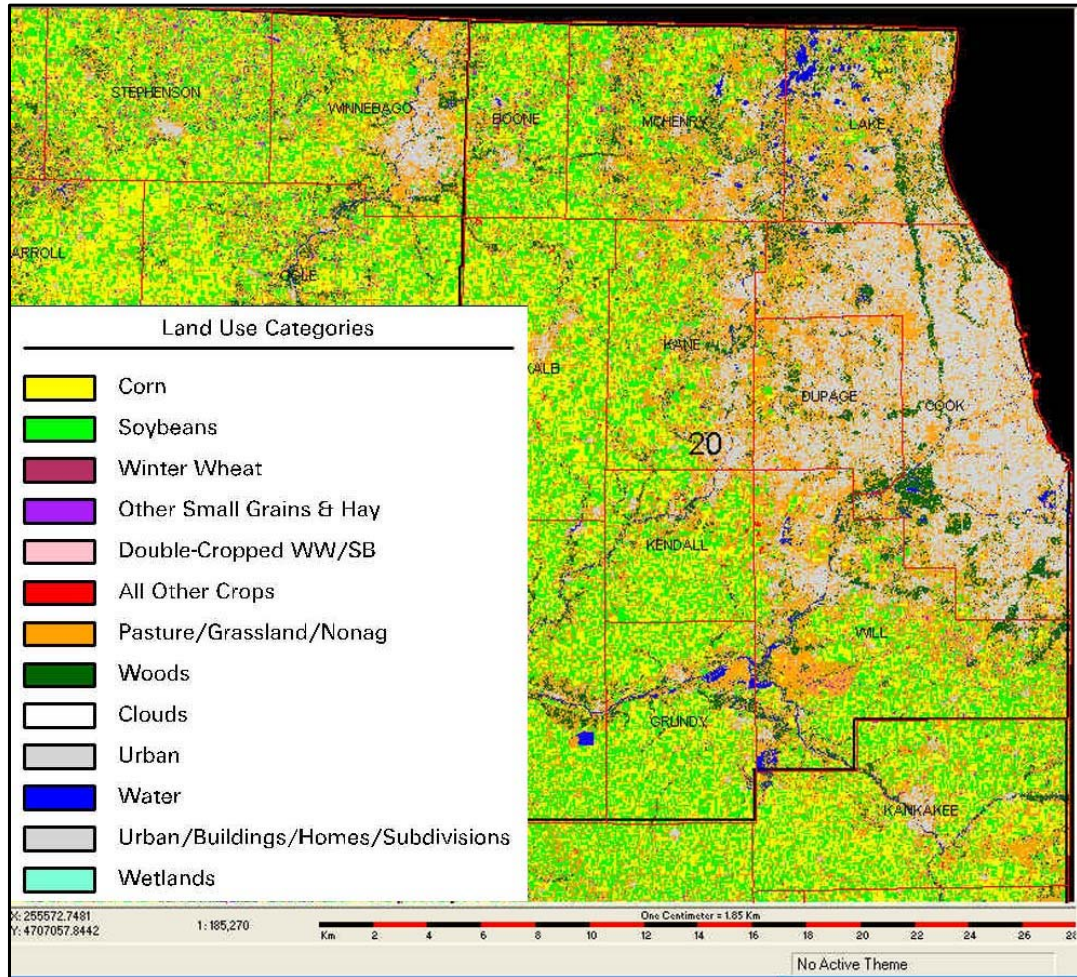


<그림 87> 토지피복분류 레이어 및 Theme Properties  
(Illinois CDL, 2004)

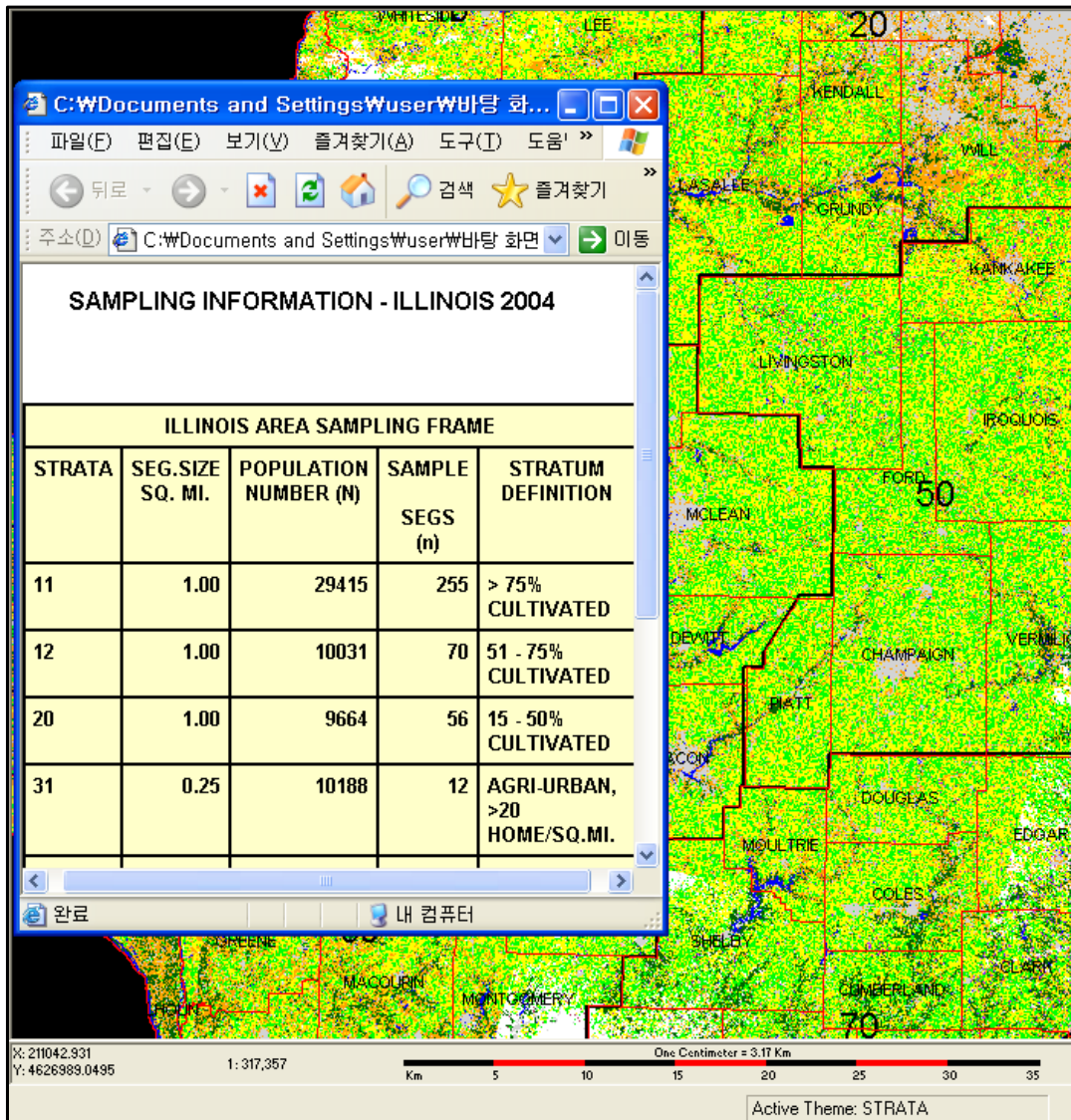




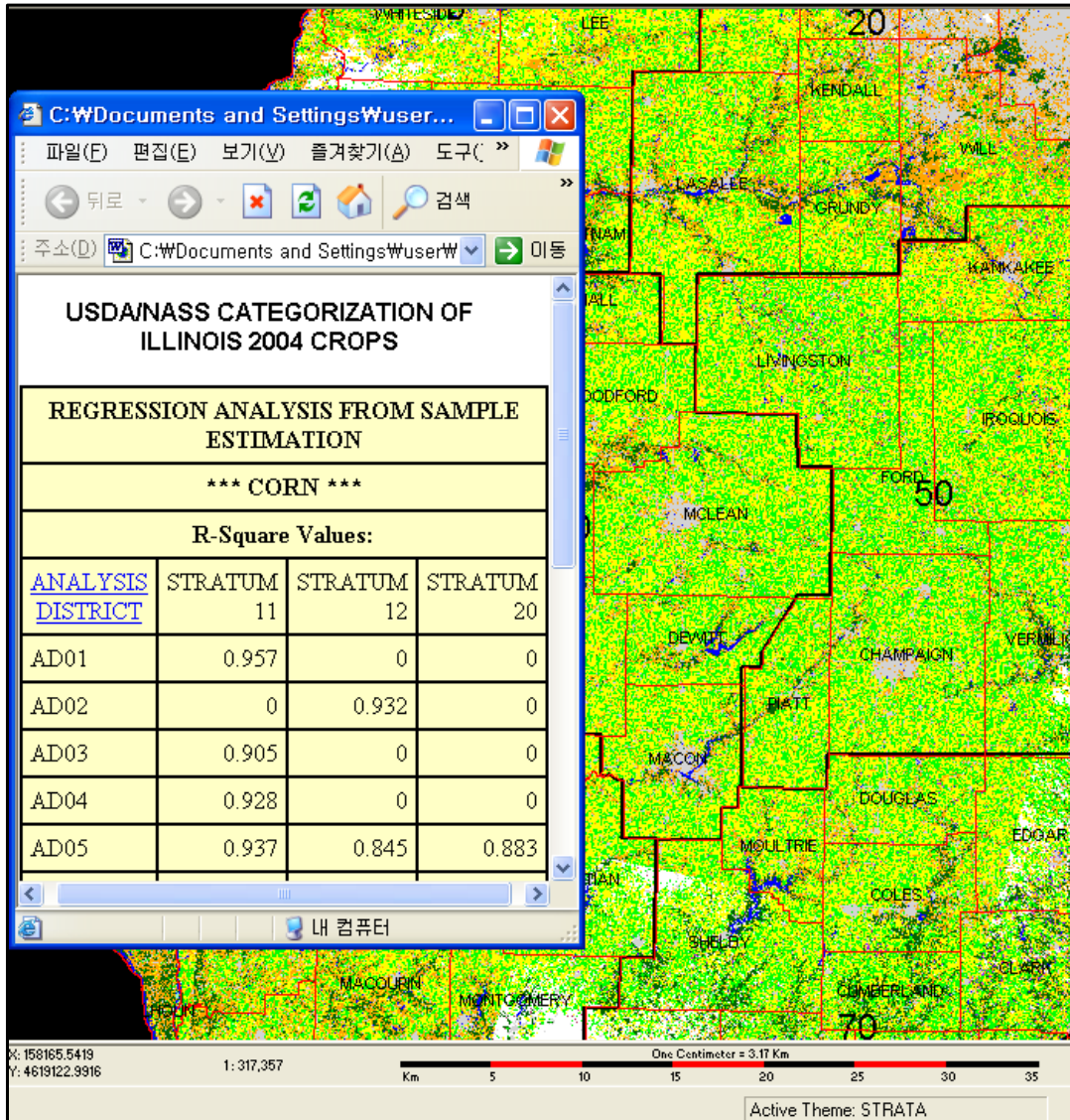
<그림 88> 작물 재배면적관독 레이어 및 Theme Properties  
 (Illinois CDL, 2004)



<그림 89> Area Sampling Frame 속성정보(Illinois CDL, 2004)



<그림 90> 토지이용 Categorization Codes(Illinois CDL, 2004)



<그림 91> 옥수수(Corn) 재배면적통계(Illinois CDL, 2004)

