

318006-02

토지이용 및 토지이용변화 매트릭스 시스템 개발
공간영상정보를 활용한 LULUCF 분야

2020

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
첨단생산기술개발사업 2020년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003290-01

공간영상정보를 활용한 LULUCF 분야
토지이용 및 토지이용변화 매트릭스 시스템개발

2020.10.30.

주관연구기관 / (주)선도소프트

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “공간영상정보를 활용한 LULUCF 분야 토지이용 및 토지이용변화 매트릭스 시스템 개발”(개발기간 : 2018.04.26~2020.2.29)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 10. 30.

주관연구기관명 :

(주)선도소프트

윤훈주



주관연구책임자 :

최인호



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	318006-02	해 당 단 계 연 구 기 간	14개월 (2019.1.1.~ 2020.2.29)	단 계 구 분	2/2
연구사업명	단 위 사 업	(해당 없음)			
	사 업 명	첨단생산기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	공간영상정보를 활용한 LULUCF 분야 토지이용 및 토지이용 변화 매트릭스 시스템 개발			
연구책임자	최인호	해당단계 참여연구원 수	총: 18명 내부: 18명 외부: -명	해당단계 연구개발비	정부:150,000천원 민간:66,667천원 계:266,667천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 18명 내부: 18명 외부: -명	총 연구개발비	정부:350,000천원 민간:116,667천원 계:466,667천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)선도소프트 / 빅데이터 사업부			참여기업명: 해당없음	
국제공동연구	상대국명: 해당없음			상대국 연구기관명:해당없음	
위탁연구	연구기관명:해당없음			연구책임자:해당없음	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설· 장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)	보고서 면수
---	--------

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>LULUCF 분야 온실가스 통계의 안정성을 확보하기 위하여 공간영상정보를 통한 토지이용 범주(산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지, 기타토지)별 전국 단위 면적과 토지매트릭스(토지이용 및 토지이용변화 매트릭스) 구축 및 산정 방법론, 프로그램 개발을 목적으로 한다.</p>				
<p>연구개발성과</p>	<p>전국단위 토지이용 면적 산출 및 토지이용 면적 변화량 산정방식을 검토하고 권역단위로 토지매트릭스 구축하고, 전국단위 매트릭스 작성시 적용 가능한 방법론 제시 및 구축을 하였다. 공간재구획에 따른 중첩, 이격 등에 의한 이중산정 및 누락방지 방안을 제시하였다. 적용 가능한 국가 공간영상정보, 국가통계 등 관련 자료의 활용방안 및 시계열 자료 구축방안을 분석하여 LULUCF GPG(2003)에서 권장하는 Approach 2(접근방법 2), Approach 3(접근 방법 3)을 적용한 토지매트릭스의 구축하였다. 국가 공간영상정보 통합 활용의 정합성 제고 방안 검토를 통해 전국 단위의 토지이용 면적 산출 및 면적 변화량 산정 방식 검토와 이를 활용한 인벤토리 산출하였다. 최종적으로 위의 성과들을 종합하여 토지이용변화 매트릭스 프로그램을 개발하였으며 프로그램 개발 및 운용 안을 제시하였다.</p>				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>공간영상정보를 활용하여 LULUCF 분야 온실가스 통계의 안정성을 확보하였으므로 관련 연구 진행시 더 오차가 적고 정확한 분석결과를 도출하였다.</p>				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	공간영상정보	토지이용변화	토지매트릭스	토지피복도	온실가스 인벤토리
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	LULUCF	Land Use Change Matrix	Spatial image information	Land cover	greenhouse gases

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

< 목 차 >

I. 연구의 개요

1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구의 범위 및 방법	4

II. 해외사례 분석

1. 개요	7
2. IPCC 지침 및 주요 국가의 온실가스 산출과 산정 방법·산정체계 비교(영국)	9
3. IPCC 지침 및 주요 국가의 온실가스 산출과 산정 방법·산정체계 비교(뉴질랜드)	34
4. IPCC 지침 및 주요 국가의 온실가스 산출과 산정 방법·산정체계 비교(일본)	65
5. IPCC 지침 및 주요 국가의 온실가스 산출과 산정 방법·산정체계 비교(핀란드)	84
6. 시사점	92

III. 공간영상정보 메타데이터 분석 및 통합 활용 기반구축

1. IPCC 지침에 의한 국내외의 6개 분류에 관한 정의 검토	101
2. 토지매트릭스 작성 접근방법론	104
3. 토지매트릭스 구축에 활용 가능한 공간영상정보 현황 목록	109
4. 토지이용 범주에 따른 분류체계 분석 및 면적 결정방법 검토	112
5. 토지매트릭스 시계열 자료 구축에 활용 가능한 국가통계 분석	115
6. 국가통계와 공간영상정보의 시계열 범위 및 면적차이 분석	117
7. 공간영상정보와 국가통계 면적 추이를 융합한 면적 및 시계열 자료 비교분석	120

IV. 국가 온실가스 인벤토리를 위한 공간면적 도출 및 산정방식 검토

1. 국가 공간영상정보별 특성 및 메타데이터 분석에 의한 정합방안 제시	133
2. 국가 공간영상정보의 통합 활용을 통한 면적산정의 정확성 제고	138
3. 전국단위 토지이용 면적 산출 및 토지이용 면적 변화량 산정방식 검토	140
4. 토지매트릭스 작성 방법론 도출	146
5. 토지이용 범주별 토지이용 면적 자료를 이용한 인벤토리 산출방안	155

V. 토지이용 변화 매트릭스 프로그램(IT시스템) 개발 및 운용(안)

1. 프로그램 개요	159
2. 개발안	161
3. 운영자 메뉴얼	166
4. 운영유지보수	175

VI. 기존 연구과제와의 차별성

1. 기존 연구과제 비교표	180
----------------------	-----

별첨

1. 연구개발보고서 초록
2. 자체평가의견서
3. 연구성과활용계획서



1. 연구개발과제의 개요

I. 연구의 개요

1. 연구의 배경 및 목적

가. 연구의 배경 및 필요성

- 우리나라는 '10년 「저탄소녹색성장 기본법」 시행에 따라 국가 온실가스 인벤토리를 국가보고서로 확정하여 매년 공표하고, 국가 인벤토리 업무의 총괄기관으로서 환경부에 온실가스종합정보센터를 설치하였음. 온실가스종합센터는 국가 온실가스 인벤토리 산정·검증방법을 규정하여 지침을 제공하며, 국가 온실가스 배출량, 배출계수, 관련 정보 및 통계를 취합·검증하여 확정된 통계를 공표하고 있음. 국가 온실가스 인벤토리 보고서는 IPCC 지침의 분류에 따라 에너지, 산업공정, 농업, 토지이용, 토지이용 변화 및 임업(LULUCF), 폐기물 분야로 구분하여 1990년부터 산정 가능한 가장 최신연도까지의 온실가스에 대한 배출·흡수량을 보고하고 있음
- 그러나, 농림축산식품부가 관장하고 있는 LULUCF(토지이용과 토지이용변화, 및 임업)¹⁾ 분야는 국가온실가스통계 총괄 관리에 관한 규정(환경부 훈령 935호, 총괄관리규정, '10.12.30.)에 따르면 현재 미 산정된 배출·흡수원이 가장 많아 활동자료 확보를 통한 LULUCF 분야 개선 방안 마련이 시급
- IPCC 지침에 따르면 LULUCF 분야에서는 유지된 토지이용과 타토지로 전용된 토지이용 면적으로 구분하여 산정하도록 되어 있으나, 현재 국내에서는 국가통계로 연간 토지이용현황 면적조사(Approach 1 (접근방법 1))와 인벤토리를 산정하고 있어 타토지로 전용된 토지면적은 유지된 토지이용면적에 포함하여 산정되고 있음. 따라서 국가 인벤토리의 완전성 제고를 위해 타토지로 전용된 면적 파악을 위한 통계의 확보 및 활용이 필요함.

1) Land Use, Land Use Change & Forestry(토지이용과 토지이용변화, 및 임업) : 토지이용과 목적, 형태에 따라 6개의 범주(산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지, 기타토지)로 구분하여 각 토지이용 범주 별 인위적인 활동에 따른 온실가스 배출·흡수량과 토지이용변화에 따른 온실가스 배출·흡수량을 산출하는 분야

- Approach 1(접근방법 1)은 토지이용 분류체계에 따른 총면적만을 제시하지만 Approach 2(접근방법 2)에서는 토지이용 간의 타토지로 전용되는 면적 변화 흐름을 설명하고, 더 나아가 Approach 3(접근방법 3)²⁾은 이러한 토지이용변화 내용을 뒷받침하기 위한 공간적 토대 상의 정보를 제공함
 - 그 동안 UNFCCC³⁾에 제출된 국가 인벤토리도 Approach 1(접근방법 1)에 해당하는 국가통계에만 의존하여 분석하였기 때문에 실제 과거 20년간 토지전용(轉用)에 대한 정확한 면적파악의 한계가 있음
- LULUCF 부문의 우수실행지침인 GPG 2003에 이어, 1996 GL과 GPG 2003를 토대로 농업과 임업분야를 총망라하는 2006 GL이 작성되었음. 2006 GL에서는 기존에 Agriculture와 LULUCF 부문으로 나뉘어 있던 농업과 산림 분야가 ‘농업, 임업, 그리고 기타 토지이용(AFOLU: Agriculture, Forestry and Other Land Use)’이라는 하나의 부문으로 새롭게 통합됨.

[표 I -1] 1996, 2006 GL의 부문 분류 비교

	1996 GL	2006 GL
1	Energy	Energy
2	Industrial Processes	Industrial Processes and Product use
3	Solvent and Other Product Use	Agriculture, Forestry, and Other Land Use
4	Agriculture	Waste
5	Land-Use Change & Forestry	Other
6	Waste	
7	Other	

2) Approach 3은 GIS(Geographic Information System)를 활용하여 스마트팜 맵, 토지피복지도, 입상도 등 공간영상정보의 토지이용형태별 면적 산출하는 방법론임. 현재 국가 인벤토리 LULUCF 분야는 토지이용변화 면적은 없이 토지이용 면적통계만(농경지 : 농업면적조사) 활용하는 Approach 1로 산정하고 있음

3) 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change)



[그림 I -1] 연구의 방향

나. 연구의 목적

- 본 연구에서는 LULUCF 분야 온실가스 인벤토리의 완전성 확보를 위해 공간영상정보의 통합·활용을 통한 전국 단위의 토지이용 범주(산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지, 기타토지)별 면적과 토지매트릭스(토지 이용 및 토지이용 변화 매트릭스) 구축 및 산정 방법론, 프로그램의 개발을 목표로 함
- 적용 가능한 국가 공간영상정보, 국가통계 등 관련 자료의 활용방안 및 시계열 자료 구축방안을 분석하여 LULUCF GPG(2003)에서 권장하는 Approach 2(접근방법 2), Approach 3(접근 방법 3)을 적용한 토지매트릭스의 구축 방안 제시
- 국가 공간영상정보 통합 활용의 정합성 제고 방안 검토를 통해 전국 단위의 토지이용 면적 산출 및 면적 변화량 산정 방식 검토와 이를 활용한 인벤토리 산출 방안 도출

2. 연구의 범위 및 방법

가. 연구의 범위

■ 내용적 범위

- 해외 사례 조사 및 분석
 - 해외 주요 선진국에서 토지이용변화 파악 및 온실가스 인벤토리 산정에 활용한 공간정보 및 산정방법을 비교·분석하고, 조사 결과를 토대로 해외의 농경지 부문에 대한 벤치마킹 요소를 도출하고 국내 적용 가능성을 도출함
- 국가 공간영상정보의 메타데이터 분석을 통한 토지이용범주별 활용 자료, 국가 공간영상정보 간의 정합 방안 등의 도출, 시계열 자료 구축 방법 제시
- Approach 3(접근방법 3)을 위한 국가 공간영상정보의 LULUCF 분야 6개 범주별 토지이용면적 분류 방안의 산정 및 토지이용변화 매트릭스 작성 방안 구축
- 전국단위의 토지이용 범주별 면적 자료를 활용한 온실가스 인벤토리 산출 방안의 도출

■ 공간적 범위

- 국가통계 및 국가 공간영상정보를 활용하여 권역구 단위의 LULUCF 분야 6개 토지이용 범주별 면적의 비교·분석을 진행한 후 이를 전국 단위로 확장하여 통계 간 면적 차이를 확인해 전국 단위의 매트릭스 구축 방법론을 도출함

나. 연구 수행 체계



[그림 I -2] 연구 수행 체계

다. 연구 수행 방법

■ 문헌 조사

○ 국가 온실가스 인벤토리 산정방법 검토를 위해 국내외 연구동향 및 관련 지침 검토

- 온실가스 배출량 산정과 관련하여 IPCC 지침⁴⁾(1996년, 2006년), IPCC GPG-LULUCF⁵⁾ 2003, 온실가스종합정보센터에서 발행한 “2014년도 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침”, “공간영상정보를 활용한 LULUCF 분야 토지이용 및 토지이용 매트릭스 구축 방안 연구(2015)”, “2018년 국가 온실가스 인벤토리 보고서” 등을 검토

○ 해외 온실가스 인벤토리 산정방안 및 면적 파악 방법 검토를 위한 조사 대상 국가의 국가 온실가스 인벤토리 보고서 검토

- UNFCCC에 제출된 국가별(영국, 뉴질랜드, 일본, 핀란드) NIR⁶⁾ 검토

■ 국가 공간영상정보 및 국가 통계자료 분석

4) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories(IPCC GL): 국가 온실가스 인벤토리에 관한 IPCC 지침

5) IPCC Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry : 토지이용, 토지이용 변화 및 임업에 관한 IPCC 지침

6) NIR(National Inventory Report) : 국가 온실가스 인벤토리 보고서



제1장 연구의 개요

- 활용 가능한 국가 공간영상정보의 메타데이터 분석 및 시계열 자료 구축을 위한 국가 통계 자료의 비교 및 분석
 - 국가 공간영상정보로 환경부의 토지피복지도, 농림축산식품부의 팜맵, 산림청의 임상도 비교 및 분석
 - 국가통계자료로 국토교통부의 지적 통계, 산림청의 임업통계연보, 통계청의 농업면적조사 비교 분석
- 사례지 분석
 - GIS 분석툴(QGIS 등)을 활용하여 토지이용데이터 제작 및 토지면적 산출, 온실가스 배출·흡수량 주제도를 구축



2. 연구수행 내용 및 결과

II. 해외사례 분석

1. 개요

- 공간영상정보를 활용한 LULUCF 분야 6개 토지이용범주의 토지 매트릭스 구축 방법론 도출에 앞서 공간영상정보를 활용하는 부속서 I에 해당하는 사례국가를 대상으로 조사·분석을 실시
- 분석 대상 국가는 부속서 I에 해당하는 영국, 뉴질랜드, 일본, 핀란드 4개 국가로, 국가별 NIR 보고 통계, 공간영상정보와 국가통계 등을 분석하여 국가 간 차이점을 비교
- 면적결정방법 등의 검토를 통해 각 국가별로 적용한 통계에 대해 조사하여 시사점을 도출
- 38개의 부속서 I 당사국 중 23개국이 RS기술이나 NIR에서의 RS생산 자료를 사용하고 있으며 일반적으로 GIS기술을 이용하여 기존에 구축된 토양기반의 정보와 RS자료를 통합하여 사용하고 있음
- 영국, 뉴질랜드, 일본, 핀란드 등에서는 토지 매트릭스 구축을 위해 공간영상정보를 활용하고 있으며, 이에 따라 해당 4개 국가로 사례지를 선정하여 ①LULUCF 분야 산정 방법론, ②면적활동자료, ③카테고리 및 면적파악 방법, ④공간영상정보의 활용 ⑤업무분장체계 등에 대해 파악
- (영국) 유지된 산림지 및 타토지로 전용된 산림지에 대해 공간영상정보 2007(LCM2007, Land Cover Map) 및 현지 조사 기법(CS, Countryside Survey)⁷⁾을 사용하여 LULUCF 분야의 면적을 산정
- (뉴질랜드) 공간영상정보만을 중심으로 LULUCF 분야를 위해 개발·수립된 데이터 수집 및 모델링 프로그램인 LUCAS⁸⁾를 활용
- (일본) 국가통계를 기반으로 과거 전용 면적 비율을 이용하여 면적추이를 하고 있으며, 산림지 부문의 경우만 영상자료를 일부 사용

7) <http://www.countrysidesurvey.org.uk/>

8) LUCAS : Land Use and Carbon Analysis System

- (핀란드) 활동자료는 국가산림지자원조사 고정표본점을 사용했으며, 총 국토면적은 국토부의 면적을 적용
- 해외 선진사례 분석 내용을 토대로 국가통계와 공간영상정보를 활용하여 국내 현실에 적용한 가능한 토지 매트릭스 작성 방법을 검토, 면적 산정 시 적용한 통계 및 방법 등을 도출
- 해외사례조사 대상 4개 국가의 토지이용 및 토지이용변화 매트릭스 구축 사례의 요약 내용은 다음과 같음

[표 II-1] 해외사례조사 대상 국가 요약표

	영국	뉴질랜드	일본	핀란드
LULUCF 분야별 산정방법론	영상정보와 국가통계를 혼합하여 사용함에 따라 산정에 따른 오차를 줄임	LUCAS 프로그램을 활용한 영상정보를 바탕으로 토지이용 매핑과 토지이용변화 데이터 도출이 가능하도록 개발하여 사용	국가통계를 기반으로 과거 전용 면적 비율을 이용하여 면적 추계를 하고 있으며, 산림지부의 경우만 영상자료를 일부 사용	National Forest Inventory(NFI)는 산림지 뿐만 아니라 전체 토지 이용범주를 대상으로 수행
면적파악 방법	공간영상정보인 LCM2007 보고서와 현장조사보고서인 CS2007을 사용하여 면적 파악	공간영상정보 시스템인 LUCAS를 통해 토지 면적 파악	농림수산성 및 국토교통성의 통계자료를 기반으로 공간영상정보를 활용	핀란드 산림지 연구기관(Metla)가 수행하고 있는 NFI에 기반
공간영상정보 활용	Landsat-TM5, IRS-LISS3, SPOT 5, SPOT 5, AWIFS	SPOT 5 10 m의 해상도	2008년부터 SPOT 5 10 m 해상도를 사용	1989년 말의 수치정사 영상 ⁹⁾ SPOT 5/HRV-P(05,07, 09-2013년) 2.5 m 해상도
업무 분장체계	에너지 기후변화부(DECC, Department of Energy and Climate Change)가 총괄책임기관	환경부가 총괄책임기관	환경부의 총괄아래 국립환경연구원 지구환경센터의 내의 온실가스 인벤토리 사무국 ¹⁰⁾ 이 실무책임기관	2003년 까지는 환경부가 총괄책임기관이었으나 2005년부터 통계청으로 책임기관이 변경

9) 기존의 항공사진과 인공위성 이미지는 지형왜곡이 많이 포함되어 있어, 이러한 지형의 굴곡측량의 오차 제거를 통해 정확한 면적이 계산될 수 있는 영상을 말함
 10) GIO : Greenhouse Gas Inventory Office of Japan

2. IPCC 지침 및 주요 국가의 온실가스 산출과 산정 방법 · 산정체계 비교(영국)

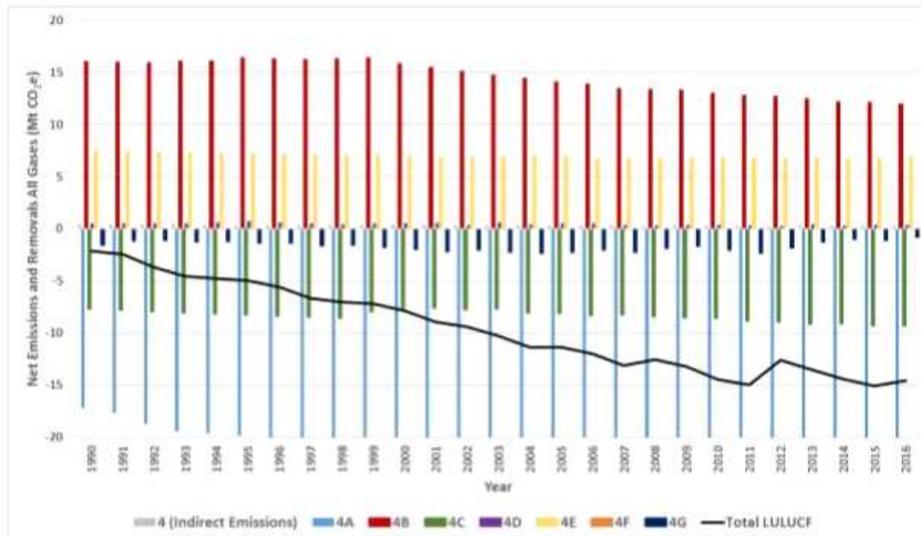
가. 영국의 LULUCF 분야 산정 방법론

1) 토지이용범주 및 면적파악 방법

가) 개요

- 영국은 전반적으로 농경지에서 가장 많은 배출을, 산림지에서 가장 많은 흡수를 보이며, 1990년 이후로 과도한 집중적인 경작 활동의 감소로 인해 배출량의 감소가 이어져오고 있음

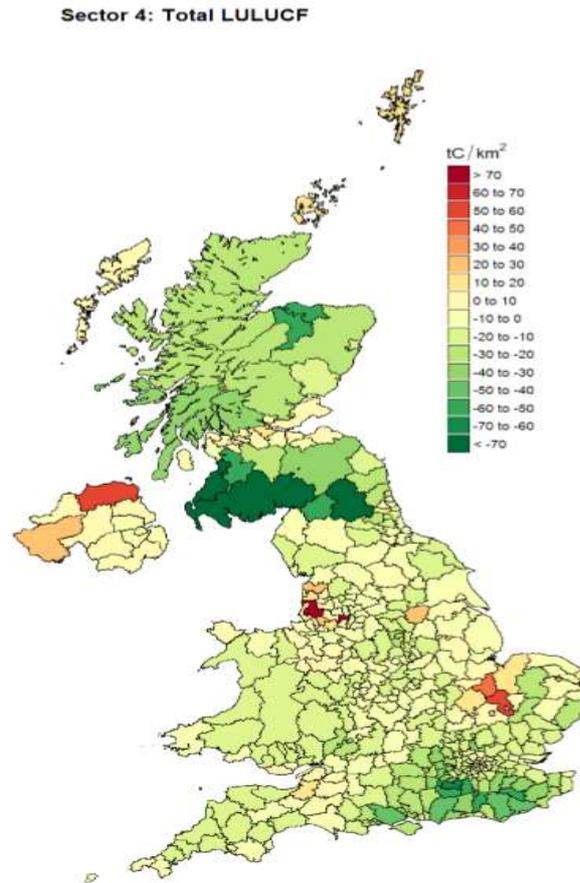
Figure 6.1 LULUCF emissions and removals from the UK 1990-2016 by category



[그림 II -1] 영국의 LULUCF 분야 탄소 배출·흡수량 변화 (1990-2016)

- 토지 매트릭스 구축을 위해 Approach 2(접근방법 2)를 사용하며, 공간적으로 불분명한 토지이용 변화에 매트릭스에 대해서는 다른 데이터들을 종합하여 사용. 결과 값은 개별지역(잉글랜드, 스코틀랜드, 웨일스, 북아일랜드) 별로 도출되고 최종 합계를 영국의 토지 면적 매트릭스 작성에 활용

- 국가통계 방식인 CS 보고서와 영상정보 방식인 LCM2015 보고서를 활용하여 토지이용을 도출하며 토지이용 변화 산정 위해 베이지안 동화(Bayesian assimilation) 방식을 활용



[그림 II -2] 영국의 2016년 LULUCF분야 탄소 배출량

나) 영국의 토지이용 및 변화 매트릭스 작성에 활용한 통계 목록

- IPCC 토지이용 구분의 각 항목 (산림지, 농경지, 초지, Harvested Wood Product, 습지, 정주지, 기타토지)별로 각각 영국의 여러 부처기관들을 통해 생산된 통계자료들을 활용



[표 II-2] 영국의 LULUCF 분야 산정을 위한 기초데이터

IPCC 토지이용 구분	통계(조사)명	생산기관
산림지	산림지통계연보(National Forest Inventory), 디지털 맵, woodland statistics, 벌목 통계	임업위원회(GB), 산림지청(북아일랜드), NIWT, NFI
농경지	June Agricultural Census, the British Survey of Fertiliser Practice, Fire and Rescue service, satellite data, fenland drainage, 토지피복, Arable and Horticulture(BH)	Fire and Rescue service, MLC (1980년 이전), CS
초지	habitat/landscape surveys, 벌목허가면허, 소방방제서비스, 위성영상, 농업인구조사(6월), British Survey of Fertiliser Practice, 토지유형자료	Forestry Commission, CS, MLC(1980년 이전)
습지	extraction site records, 공간영상정보	The British Geological Survey(BGS), Google Earth satellite, Tomlinson(2010) and Cruickshank et al.(1995).
정주지	공간영상정보 자료 Land Cover Map 2015	Ordnance Survey Department of Communities and Local Government(DCLG), MLC(1986), CS
기타토지	CS Land Cover Map 2015	CS

다) 영국의 국가통계 값과 영상정보 값의 정합도

- 'Broad Habitats(BH)'분류체계에 따른 서식지 분류 과정에서 CS와 LCM(Land Cover Map)의 조사방법 차이로 인해 발생하는 LCM2007과 CS2007의 결과 값 차이에 대한 보정을 실시한 후 이용

2) 토지이용부문별 접근방법

가) 산림지

■ 접근방법

- 영국의 산림지는 임업위원회(Forestry Commission) (England와 Scotland), Natural Resource Wales(Wales 지역), Forest Service(Northern Ireland)에서 담당하며, 토지이용지역의 표현을 위하여 Approach 2(접근방법 2)를 사용

■ 방법론적 이슈사항

- 산림지에 의한 탄소의 순변화량은 Tier 3 탄소 계산 모델인 카빈(CARBINE) 모델을 사용하여 계산
- 산림지의 비옥화(fertilisation), 산불 등으로 인한 기타 온실가스 배출량은 Tier 1 또는 Tier 2 접근 방식을 사용하여 추정
- 0.1-0.5 ha 크기 범위의 산림지에 대한 숲의 나이와 위치 추정에 대한 수정으로, 산림지에서 산림지로 유지된 면적이 증가하고 무기질토양에 대한 산림의 비율이 변화
- 카빈(CARBINE) 모델에의 변경에 따라 토양의 탄소 분해, 비삼림 초목으로부터의 낙엽지 유입 등을 포함하게 됨

나) 농경지

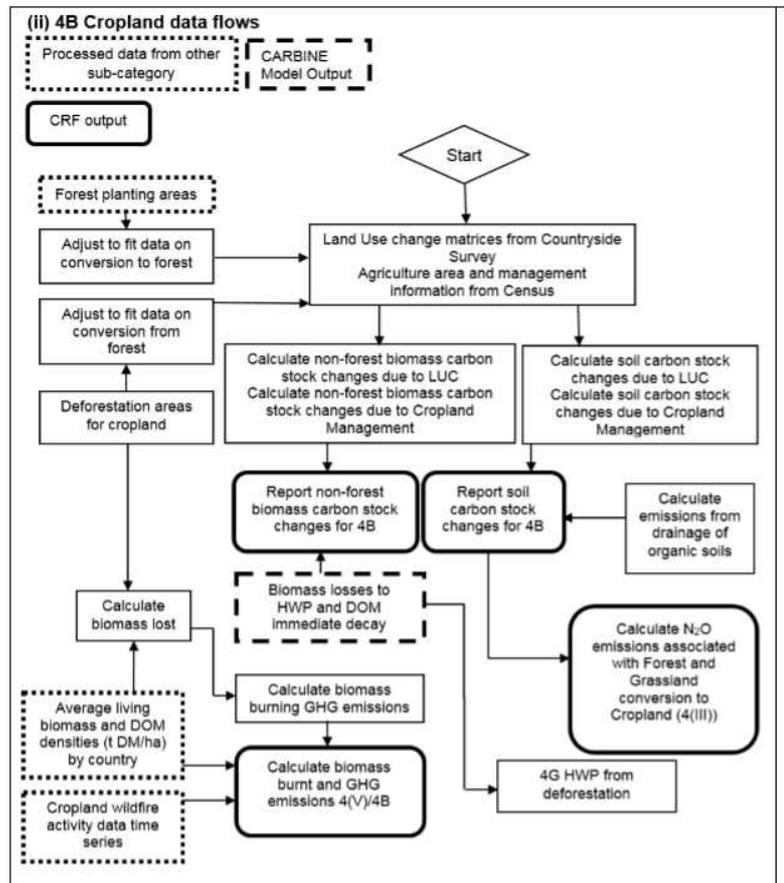
■ 접근방법

- 농경지에서의 탄소축적량변화 및 배출지역에 대한 면적 파악은 서식지/경관조사(habitat/landscape surveys)를 통해 구축된 면적데이터, 화재 및 구조 서비스 데이터, 연간 6월 농업 인구(June Agricultural Census) 및 영국 토양 비옥화 시행 조사(British Survey of Fertiliser Practice, 2012) 자료를 활용
- 1980년 이전 농경지는 MLC 1986(Monitoring Landscape Change project)의 농작물 및 과수원 면적의 합계 값이며, 과수원은 산림지 카테고리 대신에 농경지에 포함

■ 방법론적 이슈사항



- 토지이용 변화에 따른 토양 탄소 축적량 변화의 추정을 위해 탄소 축적량 변화의 동적 모델을 토지이용 매트릭스와 결합하여 사용
- 바이오매스에 따른 탄소축적량 변화는 토지이용 변화 매트릭스와 특정 국가별 바이오매스 탄소 축적량에 의해 계산하며, 축적량은 모두 당해 연도에 발생한 것으로 간주
- 최근 농경지 유기질토양의 배수와 관련된 배출량이 제외되면서 농경지 분야의 전반적 온실가스 순 배출원이 줄어들



[그림 II -3] 농경지 분야의 data flow

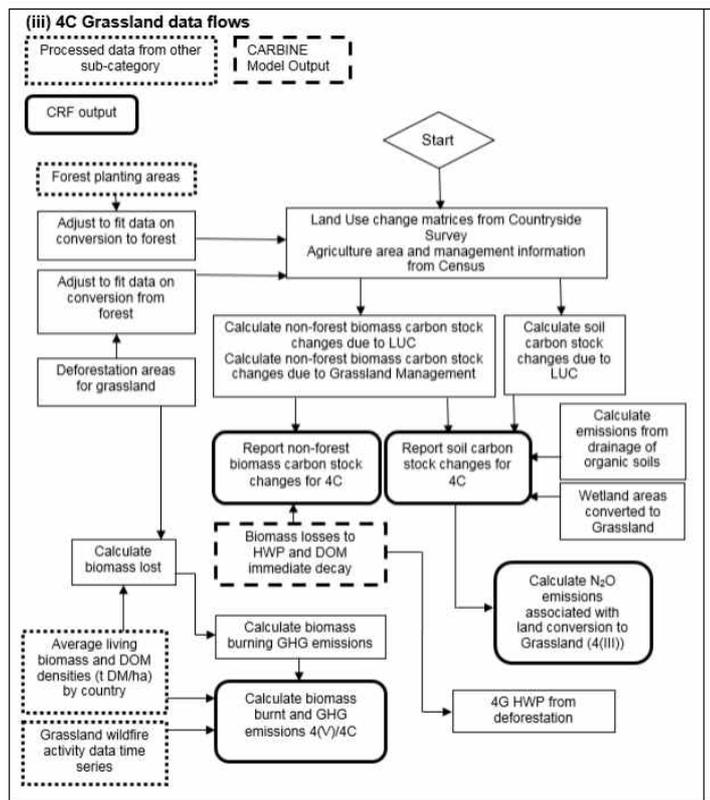
다) 초지

■ 접근방법

- 초지에서 탄소축적량변화 및 배출지역에 대한 면적 파악은 서식지/경관조사(habitat/landscape surveys)를 구축된 면적데이터, NFI의 별목 데이터 면적, 별목 허가 데이터, 농경지와 황무지의 산불에 대한 소방방재서비스(Fire and Rescue service) 및 위성 데이터의 자료를 활용
- 초지는 CS에서 조사된 개선된 초원, 중성 초원, 산 초원, 고사리, 난관 과목, 소택지, 습지, 늪, 산지 등의 유형의 합으로 결정

■ 방법론적 이슈사항

- 토지이용 변화에 따른 토양 탄소 축적량 변화를 추정하기 위해 농경지와 같은 방식으로, 탄소 축적량 변화의 동적 모델은 토지이용 매트릭스와 결합하여 사용
- 바이오매스에 따른 탄소축적량 변화는 농경지와 같은 방식으로, 토지이용 변화 매트릭스와 특정 국가별 바이오매스 탄소 축적량에 의해 계산됨



[그림 II-4] 초지 분야의 data flow



라) 습지

■ 접근방법

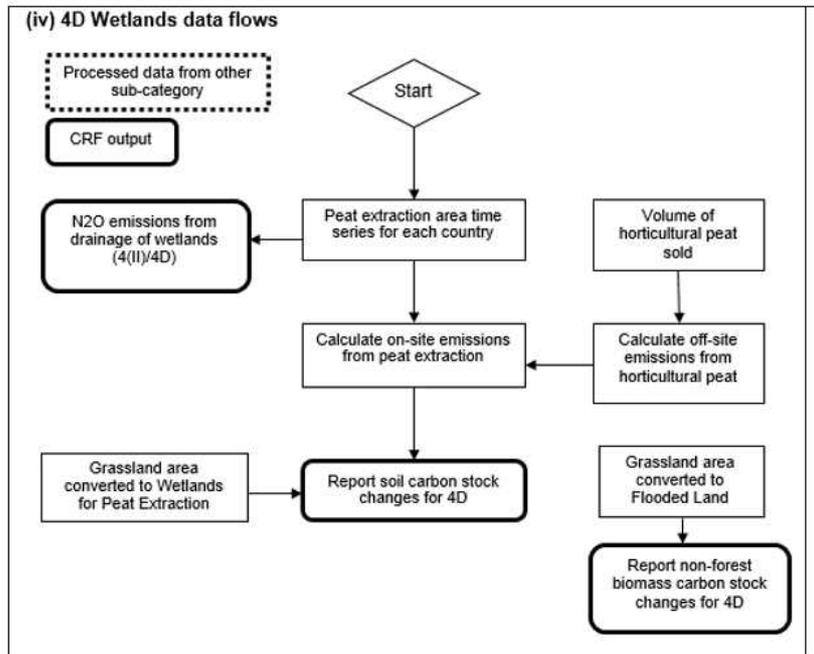
- 이탄 추출 지역을 서식지/경관조사(habitat/landscape surveys)로는 분류하기 어렵기 때문에, 습지는 농경지 등의 다른 카테고리의 토지이용 면적을 파악방법과는 다른 방법을 통해 면적 산출
- 이탄 추출 지역은 이탄 추출 활동이 현재 진행되고 있는 지역 및 완료된 지역을 포함하며, 활성화된 이탄 추출 지역 면적 산정을 위해서 광산 및 채석장 명부, Google Earth, 영국 보고서의 광물 추출물, 북아일랜드의 이탄 추출에 관한 자료를 종합하여 활용



[그림 II -5] 구글 이미지로 본 영국의 이탄(peat) 추출 지역

■ 방법론적 이슈사항

- 이탄 추출과 관련된 현장 탄소 배출량은 습지로 유지된 습지(4D1)로 간주하며, 원예용 이탄 탄소는 모두 당해 연도에 모두 배출되는 것으로 간주
- Google Earth는 개별 추출 지역의 변화를 추적하나, 이 때 추출이 시각적으로 확인되기 어려운 경우에는 초지로 전환된 것으로 간주
- 이탄 추출 지역에서의 바이오매스 탄소와 유기 토양 탄소 변화량의 경우 IPCC 2006 지침서의 Tier 1 접근법을 사용하여 보고됨



[그림 II -6] 그림 10 습지 분야의 data flow

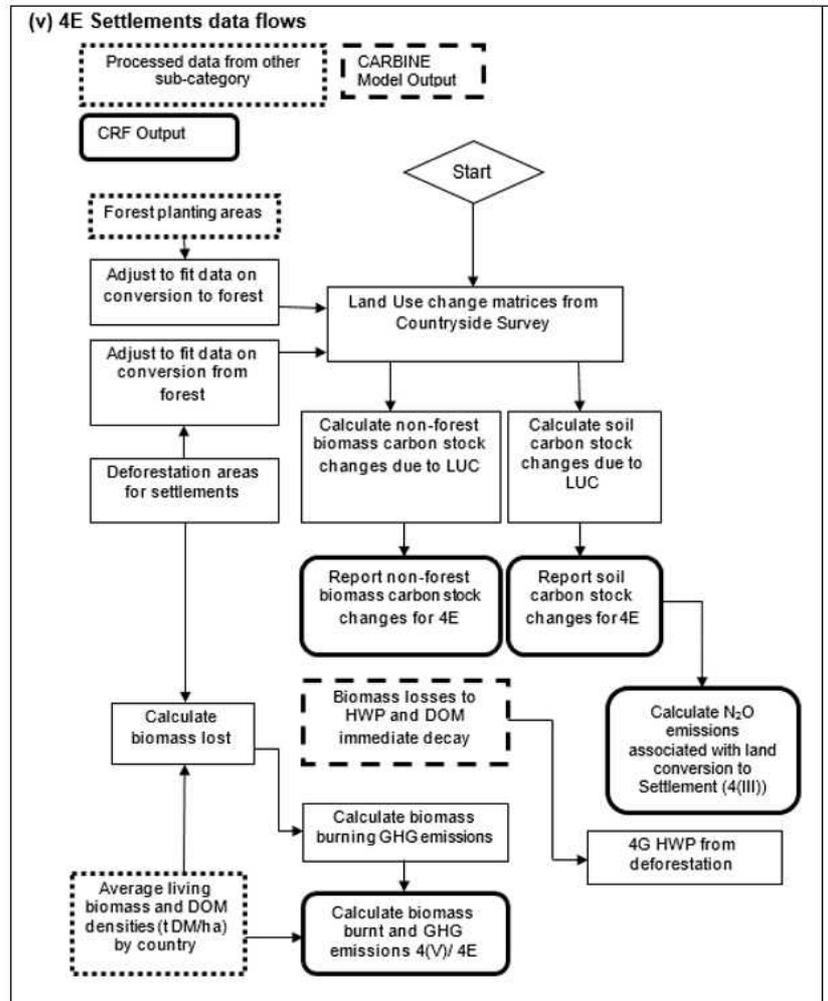
마) 정주지

■ 접근방법

- 정주지는 농업, 임업 및 기타 토지이용에 따라 정의되며, ‘건물 및 정원’과 ‘경계 및 선형’의 기준에 따라 분류
- 정주지에서의 탄소축적량 변화 및 배출지역에 대한 면적 파악에는 서식지/경관조사 (Habitat/landscape surveys)에서 구축된 면적데이터, NFI의 벌목 데이터 면적, 벌목 허가 데이터, CS의 국가 산림관리 정보와 토지이용 전환 비율 자료를 활용

■ 방법론적 이슈사항

- 토지이용 변화에 따른 토양 탄소 축적량 변화는 농경지와 같은 방식으로, 탄소 축적량 변화의 동적 모델은 토지이용 매트릭스와 결합하여 추정
- 바이오매스에 따른 탄소 축적량 변화는 농경지와 같은 방식으로, 토지이용 변화 매트릭스와 특정 국가별 바이오매스 탄소 축적량에 의해 계산



[그림 II -7] 정주지 분야의 data flow

바) 기타 토지

■ 기타 토지는 여타 토지 이용 범주에 속하지 않는 지역으로 정의

- 1980년 이전 토지이용 매트릭스는 해안, 내륙수, 모래·자갈, 바위 지역을 합산하며, 1980년 이후 기타토지는 CS의 BH유형의 고인 물과 운하, 강, 하천, 내륙 바위 지역을 포함함
- 1km²를 초과하는 내륙수 지역은 습지에 포함되지만, 그 이하의 면적을 가진 지역은 기타토지에 포함됨

사) Harvested Wood Product

■ 접근방법

- Harvested Wood Product를 산정하기 위해 IPCC 2006 가이드라인에 따라 생산 접근법 2(Production Approach B2)를 사용
- Harvested Wood Product의 탄소 축적량의 변화 산정에는 산림지와 마찬가지로 카빈(CARBINE) 모델 활용

■ 방법론적 이슈사항

- 산정된 탄소량을 임업 위원회(Forestry Commission) 통계와 FAO로 분류
- 임업 통계량을 이용하여 내수용과 수출용을 분류



3) LULUCF 분야 면적 결정방법¹¹⁾

[표 II -3] 영국의 LULUCF 분야 면적 결정방법

IPCC 토지이용 부문	면적결정 방법 및 데이터 개선
산림지 (Forest Land) 4A	<ul style="list-style-type: none"> · 산림지 모델링을 위해 CARBINE 모델을 사용하는 것으로 변경함 · C-Flow에서 CARBINE 모델로 변경함에 따라 산림지도양과 생물체의 탄소량이 변화함 · 배출량은 산림지로 유지된 산림지로부터 추정 · CARBINE 모델을 사용함에 따라 산림지로 유지된 산림지가 변함 · 산불 활동자료로 갱신됨
농경지 (Cropland) 4B	<ul style="list-style-type: none"> · CARBINE 모델로의 변경과 새로운 planting data로의 변경에 따라 산림지대의 토지가 변화됨 · 산림지별목에서 농경지로 변경된 지역의 배출량 변화를 반영한 CARBINE 모델로 변경함에 따라 산림지도양과 생물체의 탄소량이 변화함 · 일부 활동자료와 농업용 석회시용(agricultural lime application)의 LimeX 데이터를 포함하는 것으로 갱신됨
초지 (Grassland) 4C	<ul style="list-style-type: none"> · CARBINE 모델로 변경하고 새로운 planting data로 변경함에 따라 산림지대의 토지가 변화됨 · 산림지별목에서 초지로 변경된 지역의 배출량 변화를 반영한 CARBINE 모델로 변경함에 따라 산림지도양과 생물체의 탄소량이 변화함 · 일부 활동자료와 농업용 석회시용(agricultural lime application)의 LimeX 데이터를 포함하는 것으로 갱신됨
습지 (Wetlands) 4D	<ul style="list-style-type: none"> · 현재 사용가능한 2011년 데이터를 수정함
정주지 (Settlements) 4E	<ul style="list-style-type: none"> · CARBINE 모델로 변경하고 새로운 planting data로 변경함에 따라 산림지대의 토지가 변화됨 · 산림지별목에서 정주지로 변경된 지역의 배출량 변화를 반영한 CARBINE 모델로 변경함에 따라 산림지도양과 생물체의 탄소량이 변화함 · 산불 활동자료로 갱신됨

11) Emissions and Removals of Greenhouse Gases from Land Use, Land Use Change and Forestry(LULUCF) for England, Scotland, Wales and Northern Ireland: 1990-2012, Centre for Ecology & Hydrology, (2014)

나. 영국의 공간영상정보 활용

1) 현황

- 영국의 LCM2007 보고서는 Landsat-TM5, IRS-LISS3, SPOT 5, AWIFS 등의 위성영상정보를 사용
- 영국의 영상정보 상 표시되는 최소 표현 너비는 20 m, 지도화 최소 단위는 0.5 ha(5,000 m²)로, 우리나라의 영상정보와 비교해보면 토지피복 중분류를 기준으로 최소 표현 너비는 3 m, 지도화 최소 단위는 10 m x 10 m(100 m²) 정도의 차이만을 보여 국내 영상정보의 해상도 및 면적의 오차는 작은 것으로 평가됨

2) LCM 2007

가) 분류체계

- LCM(Land Cover Map)은 영국의 토지피복지도로 25 m x 25 m 픽셀 단위로 위성영상을 기반으로 제작되었으며, 산림지, 호수, 도심과 같은 불규칙한 지형에 대해서도 지리정보를 수집함

[표 II-4] 영국의 연도별 공간영상분석 기술 변화

구분	주요내용
LCM1990	<ul style="list-style-type: none"> • 영국(Great Britain)¹²⁾만 위성영상으로 제작 • 25 m x 25 m 픽셀의 토지피복도
LCM2000	<ul style="list-style-type: none"> • 북아일랜드 포함 • OBIA(Object Based Image Analysis, 최근 지리 정보과학기술) 사용 • 불규칙한 지형(산림지, 호수, 도심 등) 지리정보수집
LCM2007	<ul style="list-style-type: none"> • LCM2000보다 분류기술이 강화 • 주된 차이점은 지표면 객체의 소스로, LCM2000은 아날로그, LCM2007은 디지털형식의 소스 • 지도경계면의 정확성 향상 필지의 메타 데이터 제공 (지번확인을 통한 토지사용변경 확인 가능)

12) 잉글랜드(England), 스코틀랜드(Scotland), 웨일스(Wales)를 하나의 단위로 본 것

나) 데이터 소스 및 생산 방법

■ 데이터 소스

- 영국전역을 9등분하고 20~30 m 픽셀사이즈, 일부 60 m 픽셀사이즈로 제작되었으며, 데이터 볼륨은 최소화하면서 여름과 겨울의 근적외선과 중간적외선 스펙트럼 정보는 유지하는 방식으로 영상을 활용함

[표 II -5] 영국의 계절별 사용 위성영상 데이터

구분	촬영 도면 수	합성영상 수	촬영지역(영국 전체 면적에서 차지하는 비율(%))			
			여름+겨울영상	여름영상	겨울영상	기타
LCM1990	49	32	87% (56% 당해연도 영상 사용 비율)	8%	3%	3% 분류되지 않음
LCM2000	79	38	84% (23% 당해연도 영상 사용 비율)	9%	6%	1% GB1990년으로 제작
LCM2007	73	34	91% (6% 당해연도 영상 사용 비율)	4%	5%	0.5% 수동으로 제작

■ 위성자료 이외의 외부자료의 경우 다음과 같음

- 국가 지도제작(National cartography) : The Ordnance Survey Master Map topography layer(OSMM)¹³⁾자료를 활용. 건물, 도로까지 볼 수 있는 세부적인 지도를 약 400만장 가까이 제공
- 농업인구조사 경계구역(Agricultural census boundaries) : 영국 Agricultural agencies에 의해 제공된 자료로 LCM2007의 경계구역 결정에 이용됨
- 도시지역 : Office for National Statistics(ONS)에서 제공된 잉글랜드와 웨일스 지역의 상세 도심지도로 2001조사에서 완성된 자료를 활용. 스코틀랜드 지역의 경우 영국 스코틀랜드 정부의 도농구분(Urban-Rural Classification) 2003-2004 조사 자료가 제공되어 이를 활용. 북아일랜드는 북아일랜드 통계조사기관(NISRA, The Northern Ireland Statistics and Research Agency)에서 제공하는 2005년 통계 분류와 해결기술(The Statistical Classification and Delineation of Settlements of 2005) 자료를 이용.
- 토양 : 지역 별로 각각 잉글랜드와 웨일스지역은 크랜필드 대학교 국립토양자원 연구소

13) Ordnance Survey사에서 제공하는 공간영상정보

(National Soil Resources Institute(NSRI), Cranfield University), 북아일랜드는 농식품·생명과학기관(The Agri-Food and Bioscience Institute), 스코틀랜드는 매클리 토지이용조사기관(The Macaulay Land Use Research Institute)에서 1:250,000 축척의 지도 자료를 제공받아 이용

- 수치표고모델(DEM, Digital Elevation Model) : Intermap Technologies Inc.에서 제작한 GB지역 자료로 2002~2003년도에 수집된 자료를 활용

[표 II-6] 영국의 LULUCF 분야 산정을 위한 기초데이터

영국(Great Britain)	북아일랜드(Northern Ireland)
MMU 0.5 ha : 지도화 최소단위 MFW 20 m : 최소표현가능 너비	The Land & Property Services(LPS)는 OSMM만큼 자료를 포함하고 있지 않음
OSMM의 일반화 - 데이터 용량 최소화 (The Ordnance Survey Master Map)	대축척으로 대략적인 벡터 라인 작업이 필요함
분할과 병합	북아일랜드는 경작지가 광범위하지 않아서 이미지 분할 방식만사용하고 농경지 경계는 활용하지 않음
농경지 경계의 통합	
이미지 분할의 통합	

3) Countryside Survey(CS)

가) 개요

- CS는 다음과 같이 두 개의 메인 파트로 구성됨
 - 현장조사(The Field Survey) : 서식지, 식생, 토양, 담수에 중점을 맞춘 보고서(본보고서)
 - 토지피복도(The Land Cover Map) : 위성데이터를 이용한 전자지도(2009년 발간)
- CS는 1978년에 최초로 수행된 이후로 1984년, 1990년, 1998년, 2007년에 수행됨
 - 2007년 조사는 전체 CS 데이터를 통해 30여 년 동안의 영국 전원지대(countryside) 의 변화에 대한 정보를 제공



나) 주요방법

■ 현장조사

- 현장조사는 육지(land)와 담수(freshwater)지역을 모두 포함하여 서로 다른 식생의 종류 및 특징, 상태에 대해 설명하고 있으며, 생물타라·연못 등과 같이 중요한 경관 특성의 범위 및 상태에 대한 평가 제공

■ 샘플링 방법

- CS에서 사용되는 샘플링 방법은 엄격하고 통계적인 접근방법으로, GB는 주요한 환경 등급인 “Land Classes”기준에 따라 계층화 되며, 이를 통해 국가통계로서 샘플의 신뢰성과 대표성을 보장함. 유사한 방법이 북아일랜드 CS(Northern Ireland Countryside Survey)에도 적용되고 있음.
- 각 샘플은 1 km × 1 km의 샘플구역(Sample square)로 구성되며, “Ordnance Survey grid”에서 랜덤으로 추출
- 2007년 조사에서는 총 591개의 샘플지역이 조사되었고, 북아일랜드에서는 0.5 km×0.5 km 크기의 288개 샘플지역이 조사됨
- 1984년, 1990년, 1998년, 2007년 각각의 조사에서 가능한 한 같은 지점의 샘플지역을 이용
- 연도별 변화 분석에 최대한의 데이터를 사용하기 위해 통계학적 모델링 기법을 이용해 구한 각 연도별 결과 값 사용

[표 II-7] 영국 지역별 샘플지역 개수

(단위 : 개수)

지역	1978	1984	1990	1998	2007
잉글랜드	126	187	264	302	289
웨일즈	22	32	47	64	107
스코틀랜드	108	163	195	203	195
합계	256	382	506	569	591

■ 데이터 수집

- 2007년에 개발된 새로운 전자 데이터 수집 방법이 사용되며, 매핑은 영국 생태수문학센터 (CEH)가 ESRI¹⁴⁾ UK와 산림지연구기관과 협동하여 개발한 GIS 프로그램으로 수행

4) CS 2007과 LCM2007 비교

■ 시계열 데이터에 따른 면적 산정 방법론¹⁵⁾

- 북아일랜드는 시계열 데이터에 따른 면적 산정을 위해 1970 - 80년과 1980 - 90년의 면적 데이터를 이용하여 추정함

[표 II-8] 북아일랜드의 시계열 데이터 면적 산정방법론

기간	방법*	매트릭스 데이터 변화
1950 - 1969	외삽비율	NICS1990->NICS1998
1970 - 1989	토지이용 및 비율적용	NICS1990->NICS1998
1990 - 1998	토지이용변화 매트릭스 산정	NICS1990->NICS1998
1999 - 2003	외삽적용	NICS1990->NICS1998

* 토양 탄소의 변화를 추정하기 위해 다른 기간 동안 북아일랜드의 토지 이용 변경 데이터 소스 (NICS = 북아일랜드의 CS)

14) 지리정보시스템 소프트웨어를 제공하는 소프트웨어 개발사로서 본사는 미국 캘리포니아주, 레드랜드에 위치하고 있음

15) 자료: Inventory and projections of UK emissions by sources and removals by sinks due to land use, land use change and forestry Annual Report, July 2009, DEFRA Contract GA01088, CEH No. C03116 : 농경지 토지 이용 변화로 인한 토양 탄소 축적량 변화 측정 방법론 참조



- 산림지, 초지, 농경지, 정주지, 습지, 기타토지의 6개 클래스의 사용을 권장
 - 영국의 현재 데이터는 다른 토지이용 부문과 습지를 구분하지 않기 때문에, 영국의 토지이용 범주는 5가지로 분류함

[표 II-9] DEFRA 연간 조사 서식지 분류표

농경지	초지	산림지	정주지	기타토지
Arable	Improved grassland	Broadleaved/mixed	Built up areas	Inland rock
Horticulture	Neutral grassland	Coniferous	Gardens	Supra littoral rock
	Calcareous grassland			Littoral rock
	Acid grassland			Standing waters
	Bracken			Rivers
	Dwarf shrub heath			Sea
	Fen, marsh, swamp			
	Bogs			
	Montane			
	Supra littoral sediment			
	Littoral sediment			

■ IPCC LULUCF 분야 분류체계, BH, LCM2007, CS 분류 비교표

- NIR 보고서 상의 6가지 토지이용 범주로 분류한 결과 값에서 산림지는 임업위원회의 통계 값을, 경작지, 초지와 정주지는 CS의 통계 값을 사용, 습지는 ‘활성산업이탄’ 또는 1990년 이후 내륙 수역으로 보고됨
- 타토지에서 전용된 산림지 : 1920년 이후 영국(Great Britain)¹⁶⁾ 데이터는 임업위원회, 1920년 이전 데이터는 국가 산림지 및 입목 인벤토리(National Inventory of Woodlands and Trees)에서 제공받으며 북아일랜드는 1900년부터 Forest Service Northern Ireland¹⁷⁾에서 제공받음
- 타토지로 전용된 산림지 : 임업위원회, Department for Communities, 지방행정청, CS 데이터, 전문가 자문 등의 방법으로 집계됨
- 이외의 전용된 토지 : CS 1990, 1998, 2007의 데이터 사용

16) 잉글랜드, 스코틀랜드, 웨일스 지역을 통칭

17) 북아일랜드에서 산림지를 개발 및 관리를 담당하는 농업농촌개발부서의 기관

18) 낮은 산·황야 지대에 나는 야생화

[표 II-10] Broad Habitat, LCM2007, CS 대조표

IPCC	Broad Habitat	LCM2007	CS(Country Survey)*
산림지	활엽수/혼효림 (Broadleaved/mixed)	활엽수림 (Broadleaved woodland)	습지 (Fen, Marsh and Swamp)
	침엽수(Coniferous)	침엽수림 (Coniferous Woodland)	
농경지	경작지(Arable)	경작지와 원예농장 (Arable and Horticulture)	
	원예농장(Horticulture)		
초지		비개량초지 (Rough grassland)	산성초지 (Acid Grassland)
			석회질초지 (Calcareous Grassland)
			자연초지 (Neutral Grassland)
			개량초지 (Improved Grassland)
			습지 (Fen, Marsh and Swamp)
			늪지(Bog)
		개량초지 (Improved grassland)	
		자연초지 (Neutral grassland)	
		자연초지 (Neutral Grassland)	
		석회질초지 (Calcareous grassland)	
		석회질초지 (Calcareous Grassland)	
		산성초지 (Acid grassland)	
		산성초지 (Acid grassland)	
		습지(Fen, marsh, swamp)	
	고사리(Bracken)	산·황야 저지대(Heather) ¹⁸⁾ 산·황야 저지대의 초지 (Heather grassland)	
	낮은 관목이 있는 황야 (Dwarf shrub heath)		
	습지(Fen, marsh, swamp)		
	습지(Fen, marsh, swamp)		
	늪지(Bogs)	늪지(Bogs)	산간서식지 (Montane Habitats)
			낮은 관목이 있는 황야 (Dwarf shrub heath)
			산성초지 (Acid grassland)
	산간지대(Montane)	산간서식지 (Montane Habitats)	낮은 관목이 있는 황야 (Dwarf shrub heath)
			산성초지 (Acid grassland)
			늪지(Bogs)
	상빈해의 퇴적지 (Supra littoral sediment)	상빈해의 퇴적지 (Supra littoral sediment)	
	해안 침전지 (Littoral sediment)	해안 침전지 (Littoral sediment)	



IPCC	Broad Habitat	LCM2007	CS(Country Survey)*
		해수 소택지 (Saltmarsh)	해안 암석 (Littoral Rock) 해안 침전지 (Littoral Sediment)
습지	정수(Standing waters)	담수(Freshwater)	
	하천(Rivers)		
	바다(Sea)	염수(Saltwater)	
정주지	기성시가지 (Built up areas)	교외지역(Suburban)	
	공원(Gardens)	도회지역(Urban)	
기타 토지	내륙 암석(Inland rock)	내륙 암석 (Inland rock)	
	상빈해 암석 (Supra littoral rock)	상빈해 암석 (Supra littoral rock)	

* CS는 적외선, 근적외선 등의 위성영상 스펙트럼 혼선 검증

* 위 표는 Inventory and projections of UK emissions by sources and removals by sinks due to land use, land use change and forestry - Annual Report, July 2009, LCM 2007 보고서, CS 2007을 참고하여 재작성함

다. 영국의 토지 매트릭스 구축

1) 국가 인벤토리 보고서(NIR)와 다른 관련 데이터와의 비교

- 영국의 NIR 보고서 상의 LULUCF 분야 6개 토지이용 범주에 대한 면적을 산정하기 위해 영국의 통계 자료 및 공간영상정보 보고서를 비교하여 < 표 IV-11 >과 같이 정리함
- 그 결과 NIR 보고서 상의 부문별 면적 값은 영국 토지피복지도(LCM)와 부문별로 높은 정합도를 보여주고 있으며, 공간영상정보와 국가통계를 활용하여 산정한 것으로 확인됨

[표 II -11] 영국 NIR과 관련 데이터와 면적비교

(단위 : Kha)

구분	산림지	농경지	초지	습지	정주지	기타 토지	합계
NIR ¹⁾	2,607	5,874	13,660	172	1,852	251	24,415
LCM ²⁾	2,878 (10.4%)	6,300 (7.3%)	13,216 (-3.3%)	0	1,464 (-21.0%)	818 (225.9%)	24,676 (1.1%)
CS Field Survey ³⁾	2,879 (10.4%)	4,657 (-20.7%)	13,625 (-0.3%)	0	1,397 (-24.6%)	441 (75.7%)	22,999 (-5.8%)
Office for National Statistics	2,837 ⁴⁾ (8.8%)	4,440 ⁵⁾ (-24.4%)					
DEFRA ⁶⁾		4,440 (6,215) ⁷⁾ (-24.4%)	10,284 ⁸⁾ (12,698) ⁹⁾ (-24.7%)				
Natural Capital Land Cover ¹⁰⁾	2,884 (10.6%)	4,327 (-26.3%)	10,832 (-20.7%)	3,267 (1,799.4%)	2,825 (52.5%)	282 (12.4%)	24,417 (0.0%)

*영국 NIR, LCM 2007과 CS 2007 서식지 면적(kha) 값의 영국 환경식품농무부(DEFRA) 보고서 서식지 분류에 따른 비교

*(%)는 NIR면적 대비 차이

1) NIR 2007 보고서 값 활용

2) LCM 2007 보고서 값 활용(DEFRA 보고서의 서식지 분류에서 '습지' 는 기타토지에 포함됨)

3) CS 2007 보고서 값 활용(DEFRA 보고서의 서식지 분류에서 '습지' 는 기타토지에 포함됨)

4) Forestry Commission/Forest Service의 값과 private woodland와 non-Forestry Commission/Forest Service public woodland의 값의 합

5) Source 명시되지 않음

6) Annual statistics about agriculture in the United Kingdom

7) Total croppable area = Total crops + Uncropped arable land + Temporary grass under 5 years old Total crops는 CS와 유사, Total croppable area는 LCM과 유사함

8) Total permanent grassland

9) Temporary grass under 5 years old + Total permanent grassland + Common rough grazing

10) Source : CS(2007), Northern Ireland CS(2007), OS Meridian, UK Hydrographic Office, Office for National Statistics

산림지 : Broadleaved, mixed and yew woodland, Coniferous woodland의 합

농경지 : Rainfed herbaceous crops, Permanent crops의 합

초지 : Pastures, Semi-natural grassland, Shrubland, bushland, heathland의 합

정주지 : Urban and associated developed areas

습지 : Open wetlands, Inland water bodies, Coastal margins의 합

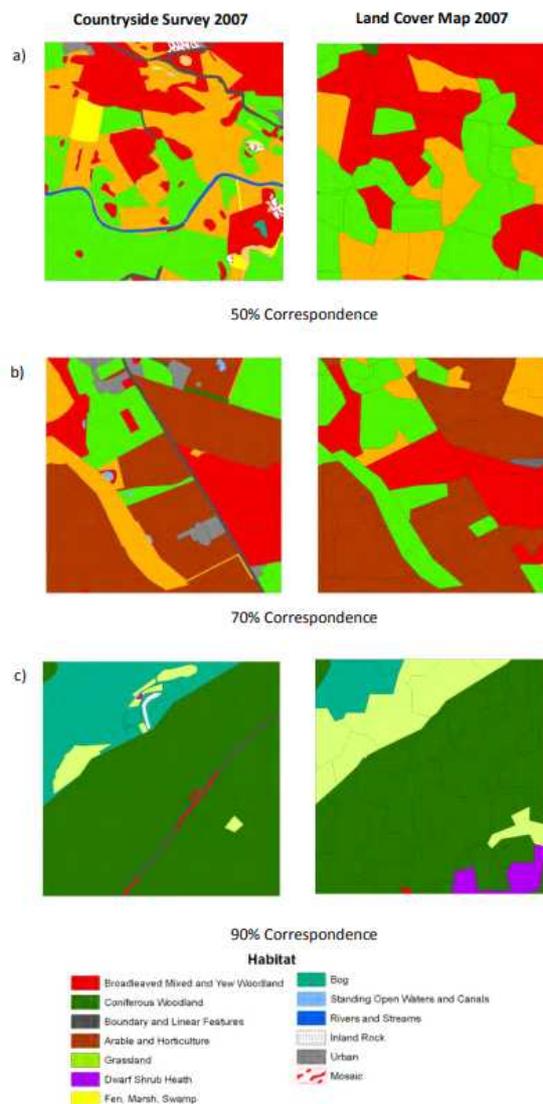
기타토지 : Barren land, Sparsely vegetated areas, Unknown의 합



2) 영국의 토지 매트릭스(LCM 2007 Matrix)

■ 영국 현장조사(CS)와 위성을 활용한 토지피복도(LCM)의 비교 결과

- 잉글랜드, 웨일스, 스코틀랜드, 북아일랜드 내 총 591곳의 1 km x 1 km 지역을 비교한 2007년도 영국 토지피복지도 보고서에 의하면 CS와 LCM의 'BH(Broad Habitat)'분류체계에 따른 서식지 분류 과정에서의 방법적 차이로 인해 < 그림 IV-2 > 같이 위성영상자료로 제작된 LCM2007과 CS2007의 결과 값 차이가 존재



[그림 II -8] 동일한 지역에 대한 CS2007(좌)과 LCM2007(우)의 표현 차이

- LCM2007와 CS2007의 정합도 (England)는 약 BH는 62%, BHA(Broad Habitat Association)는 76%로 분석됨¹⁹⁾

19) BH(Broad Habitat)는 BHA(Broad Habitat Association) 보다 분류체계가 세분화 되어 있고, 해상도가 더 높아 정합도에서 BHA보다 낮게 나타남

Country-side Survey in 2007	LCM2007																	Sum of rows (ha)	BH: User's correspondence (%)	BH association: User's correspondence (%)	
	Broadleaved woodland	Coniferous woodland	Arable and horticulture	Improved grassland	Neutral grassland	Calcareous grassland	Acid grassland	Fen, marsh and swamp	Dwarf shrub heath	Bog	Montane habitats	Inland rock	Saltwater	Freshwater	Supralittoral rock	Littoral rock	Littoral sediment				Built up areas and gardens
Broadleaved woodland	1212	205	42	131	145	6	59	35	17	6	0	1	2	4	2	0	0	92	1959	62	68
Coniferous woodland	134	2503	9	23	38	0	23	23	21	63	0	1	1	3	1	0	0	26	2870	87	88
Arable and horticulture	103	41	8643	1944	618	0	36	22	18	5	0	7	3	3	3	0	1	424	11871	73	73
Improved grassland	194	38	654	7533	2478	28	177	86	28	21	0	1	4	3	3	0	0	371	11619	65	68
Rough grassland	94	39	137	813	596	29	315	100	43	208	0	6	5	9	15	0	5	133	2549	23	86
Neutral grassland	5	0	24	87	102	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	15	237	43	49
Calcareous grassland	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	14	14
Acid grassland	36	41	8	166	231	1	1184	94	454	650	5	10	0	2	1	0	0	3	2885	41	83
Fen, marsh and swamp	0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	21	21
Dwarf shrub heath	76	148	5	37	96	3	602	77	1082	768	1	16	4	6	3	0	0	10	2933	37	84
Bog	6	4	0	2	7	0	157	31	181	1091	0	0	1	3	2	0	0	1	1488	73	96
Montane habitats	0	0	0	0	0	0	58	1	135	146	19	0	0	0	0	0	0	0	359	5	100
Inland rock	2	3	8	4	11	0	25	0	12	14	0	13	0	0	0	0	0	38	132	9	9
Saltwater	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	172	0	0	0	2	0	175	98	100
Freshwater	1	2	2	1	2	0	1	0	0	2	0	0	54	346	5	0	0	3	418	83	96
Supralittoral rock	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	8	0	0	2	14	56	56
Supralittoral sediment	2	0	26	12	14	28	0	2	0	0	0	0	5	0	0	0	24	4	117	n/a	n/a
Littoral rock	1	0	1	2	3	3	7	1	1	2	0	0	75	0	9	0	1	1	108	0	70
Littoral sediment	0	0	15	6	1	1	0	1	0	0	0	0	251	0	1	1	44	1	322	14	92
Built up areas and gardens	27	1	48	24	30	0	2	4	0	0	0	1	0	2	0	0	2	1109	1251	89	89
Sum of columns (ha)	1895	3026	9622	10786	4371	102	2651	479	1993	2976	25	59	582	381	51	1	80	2234	41314		
BH: Producer's correspondence (%)	64	83	90	70	16	1	45	0	54	37	76	21	30	91	15	0	55	50	BH correspondence		62%
BH association: Producer's correspondence (%)	64	83	90	77	16	30	87	48	93	96	100	21	95	91	15	0	58	79	BHA correspondence		76%

[그림 II -9] LCM 2007과 CS 2007 토지이용 매트릭스

	GB	England	Scotland	Wales
Number of squares	591	289	195	107
Maximum potential area (ha)	59100	28900	19500	10700
Actual area compared (ha)	41314	21907	12257	7149
Percentage of total area compared (%)	70	75	63	67
Broad Habitats (%)	62	67	56	58
Broad Habitat Association (%)	76	75	81	72

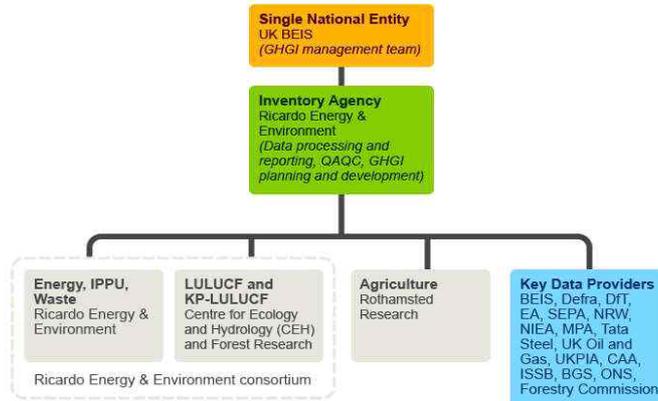
[그림 II -10] 지역별 LCM 2007과 CS 2007 토지이용 비교 결과 요약 표



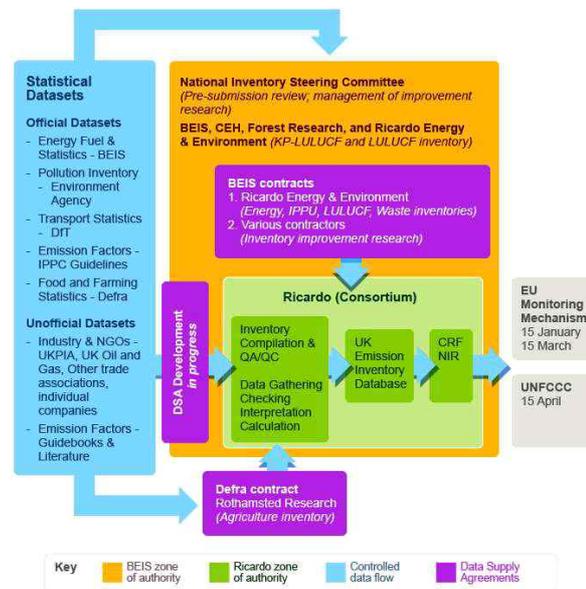
라. 영국의 국가인벤토리 작성체계 및 절차

1) 업무분장체계

- 영국은 기후변화 관련 정책의 일관적·종합적인 추진을 위해 2016년에 에너지·기후변화부(DECC, Department of Energy and Climate Change)와 경영혁신기술부(BIS, The Department for Business, Innovation and skills)로부터 단일기구인 기업에너지산업전략부(BEIS, Department for Business, Energy and Industrial Strategy)를 설립
 - BEIS는 국가 시스템 및 국가 인벤토리의 전략적 개발을 위한 제도적, 법적 조치를 담당
- BEIS 내의 SICE(Science and Innovation for Climate and Energy) 이사회는 각 부처 간 전문가들의 의견을 종합하고 관련 연구 계약을 체결하여 영국의 온실가스 인벤토리가 UNFCCC 보고 가이드라인, 교토 의정서 및 IPCC 2006 가이드라인을 준수하는지 확인
- 영국의 국가인벤토리는 BEIS와 계약을 맺은 글로벌 환경 자문 회사 Ricardo Energy & Environment가 이끄는 컨소시엄이 작성 계획, 준비 및 관리총괄 하에 추진



Key organisational structure of the UK National Inventory System(UK Greenhouse Gas Inventory, 1990 to 2016)



Main elements for the preparation of the UK greenhouse gas inventory(UK Greenhouse Gas Inventory, 1990 to 2016)

[그림 II -11] 영국의 배출통계 관리 및 작성체계



2) 작성 절차

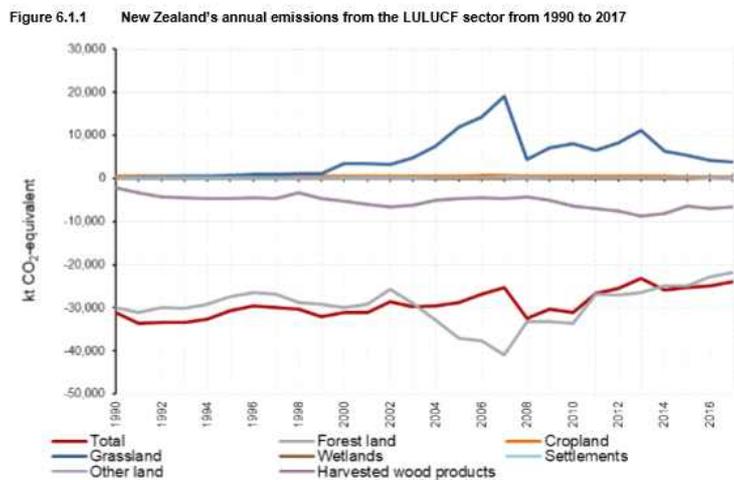
- 영국의 국가 인벤토리 작성은 작성방법 개선, 자료수집, 자료검증, 자료처리, 배출량 추정, 배출량 검토, 배출량 보고, 보고서 작성, 보고서 검토, 보고서 출판의 과정을 거침
- 인벤토리 수집 단계 이전에 작성방법 개선 단계가 실행되는데 주로 유엔기후변화협약 (UNFCCC)의 국가검토(country reviews) 상의 권고사항, 전문가 검토(peer reviews) 및 관련 연구 등에 기초한 개선이 이루어짐
- 활동자료와 관련 기초자료는 광범위한 자료 제공자에게 요청되며 데이터베이스에 저장됨
- 보고를 위한 배출통계가 다양한 형식으로 작성되며, 보고서 초안은 IPCC 등 다양한 기관의 보고 형식을 충족하도록 작성됨

3. IPCC 지침 및 주요 국가의 온실가스 산출과 산정 방법 · 산정체계 비교(뉴질랜드)

가. 뉴질랜드의 LULUCF 분야 산정 방법

1) 토지이용범주 및 면적파악방법

- 뉴질랜드의 LULUCF 분야 배출량은 주로 생산림에서의 수확, 산림 벌채, 그리고 이러한 과정에서의 유기물질 분해 등으로 인한 것이며, 흡수의 경우 대부분 식물의 생육으로 인한 탄소의 제거와 Harvested Wood Products 풀의 크기 증가로 인한 것으로 분석됨
- 뉴질랜드의 1990년과 2017 LULUCF분야 온실가스 배출량을 비교해보면, 순배출량이 7,203.3 kt CO₂-e 증가하였는데, 이의 주된 원인은 조림에서의 수확 진행률 증가로 인한 것으로 분석됨. 초지에서의 배출량 증가는 2000년부터 진행된 조림지의 초지 전용으로 인한 것으로 분석됨



[그림 II -12] 뉴질랜드의 LULUCF 범주별 연간 배출량 (1990-2017)



Table 6.1.1 New Zealand's greenhouse gas emissions for the LULUCF sector by land use category in 1990 and 2017

Land use category	Emissions (kt CO ₂ -e)		Difference (kt CO ₂ -e)		Change (%)	
	1990	2017	1990-2017	1990-2017	1990-2017	1990-2017
Forest land	-29,891.0	-21,760.7	8,130.4		27.2	
Cropland	476.9	396.3	-80.6		-16.9	
Grassland	249.0	3,760.6	3,511.6		1,410.5	
Wetlands	-10.0	13.9	23.9		240.0	
Settlements	72.7	100.7	28.0		38.6	
Other land	13.6	49.2	35.6		261.7	
Harvested wood products	-2,072.9	-6,518.5	-4,445.6		-214.5	
Total LULUCF	-31,161.8	-23,958.4	7,203.3		23.1	

Note: Net removals are expressed as a negative value in the table to help the reader in clarifying that the value is a removal (of CO₂-e from the atmosphere) and not an emission. Columns may not total due to rounding. Percentages presented are calculated from unrounded values.

[그림 II-13] 1990과 2017년 뉴질랜드의 범주별 온실가스 배출량 비교

- IPCC 토지이용분류에 따라 뉴질랜드의 통계 등에서 사용하는 토지이용 분류를 다음 표와 같이 구분하고 있음

[표 II-12] 뉴질랜드의 토지이용분류

IPCC 카테고리	뉴질랜드 토지이용 분류
산림지	1990년 이전 천연림
	1990년 이전 조림
	1989년 이후 산림
농경지	단년생 작물 재배지
	다년생 작물 재배지
초지	고생산성초지
	저생산성초지
	목본 바이오매스 초지
습지	개방 수역
	식생 습지
정주지	정주지
기타 토지	기타 토지

- 뉴질랜드는 LULUCF 인벤토리 내의 탄소 배출량을 측정하기 위해 Approach 1(접근방법 1), Approach 2(접근방법 2), Approach 3(접근방법 3)을 혼합하여 사용
- Approach 2, 3(접근방법 2, 3)은 산림지, 다년생 농경지 및 초지의 탄소 축적량 산정에 사용되고, Approach 1(접근방법 1)은 이외의 지역에 대한 지상·지하 바이오매스, 고목과 낙엽지에 대한 탄소 축적량 변화 추정에 사용됨

- 유기물 토양의 탄소 축적량 변화 측정에는 Approach 1(접근방식 1)을, 무기물 토양의 탄소 축적량 변화 측정에는 Approach 2(접근방식 2)를 사용
- 인공위성 원격탐사영상 기반 LUCAS 시스템(Land Use and Carbon Analysis System)을 활용한 자료 구축
- LUCAS 시스템을 활용하여 천연림, 조림의 관리, 탄소 축적량 변화, 벌목에 대한 추가 자료 구축
- LULUCF와 관련된 모든 데이터를 저장하고 처리하는 응용 프로그램을 개발

2) 토지이용부문별 접근방법

가) 산림지

■ 접근방법

- 뉴질랜드는 산림지 보고를 위해 산림을 세 개 하위범주 (1990년 이전 자연림, 조림 및 1989년 이후 산림지)로 세분화함
- 너비 최소 30m 이상의 숲을 대상으로 하여 선형의 산림지를 배제하고 관리되지 않은 산림지의 산정을 제외

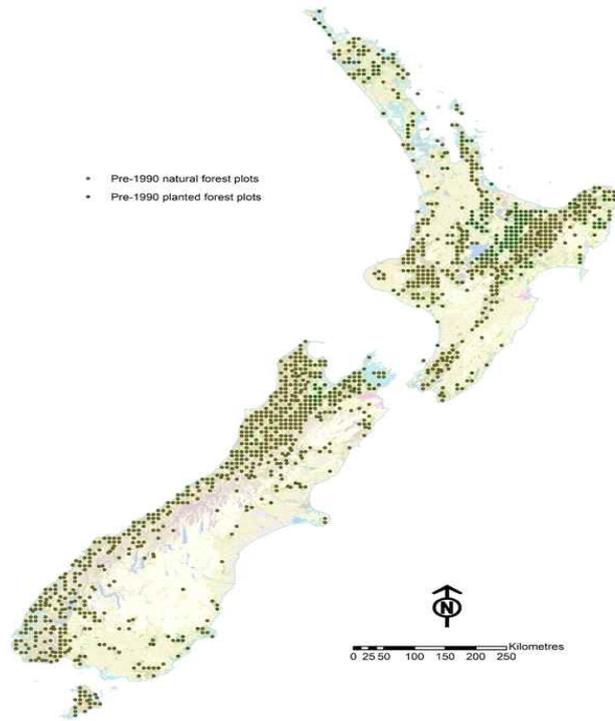
■ 방법론적 이슈사항

- 뉴질랜드는 1990년 이전까지의 천연림과 조림지역 통계를 통해 산림지에서 산림지로 유지된 지역의 면적 값을 산출
- 뉴질랜드 8 km 국가격자체계(national grid system)에 기초하여 산림지 인벤토리 산출을 위한 샘플링 분석틀 제작
- 그리드의 원점은 무작위로 선택되며 플롯을 구축하기 위한 LiDAR(Field and/or Light Detection and Ranging) 측정의 균형 잡힌 분석틀 제공
- 1990년 이전 천연림 및 조림면적 탄소 모니터링 구역을 <그림>과 같이 설정

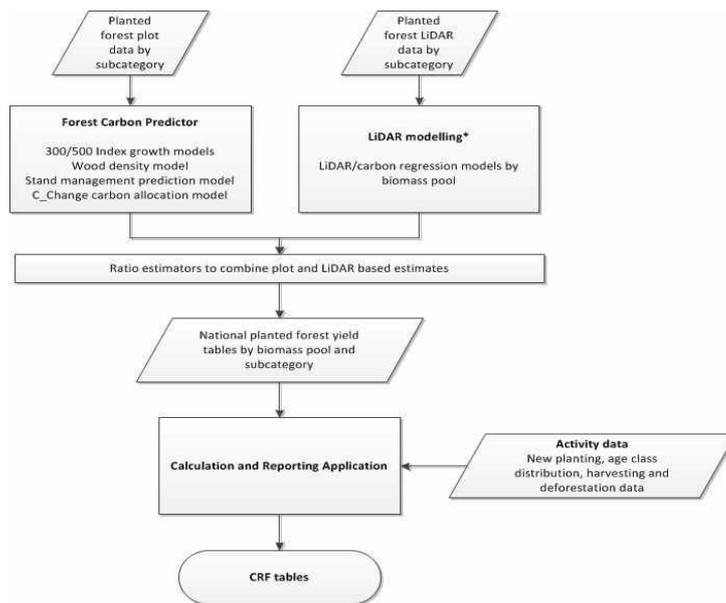
■ 1990년 이전의 자연림 지역



- 1990년 1월 1일과 현재를 기준으로 외래종 수목 자생 지역, 원래 산림 지역이었으나 폭풍이나 침식과 같은 자연적 교란으로 인해 나지가 된 지역, 1990년 이전에 조성되었지만 기준일 현재 자연종들의 재생을 이룬 지역 등을 포함하고 있는 지역으로 정의
- 2001년 탄소 축적량 및 자연 산림지에 대한 변화를 측정할 수 있는 국가 감시 프로그램을 개발
- 자연 산림지에 0.13ha의 영구적 샘플 구역이 8km의 격자 구역에 체계적으로 설치되어 2002년부터 5년간 측정
- 1990년 이전의 조림 지역
 - 1990년 1월 1일과 현재를 기준으로 1989년 12월 31일 이후 외래종을 심은 지역, 1990년 이전의 자연림 지역 중 수확이 완료된 지역 (이후 재조성될 것이라고 가정) 등을 포함하고 있는 지역, 1989년 12월 31일까지는 산림지역이었으나 폭풍과 침식과 같은 자연적 교란으로 인해 나지가 된 지역 등을 포함하고 있는 지역으로 정의
 - 생태계 조성 또는 목재 생산 목적의 1990년 이전의 모든 조림지와 외래종으로 구성된 자연림의 면적을 산정
 - 8km의 격자에 원형의 0.06ha 플롯을 설정하였으며, 원형의 중심은 정확한 LiDAR의 공동 배치와 재배치를 위해 12채널의 GPS를 사용



[그림 II -14] 뉴질랜드의 1989년 이전 산림지의 탄소 모니터링 플롯의 위치
(New Zealand's Greenhouse Gas Inventory 1990-2016)



[그림 II -15] 뉴질랜드 조림지역 인벤토리 모델링 과정
(New Zealand's Greenhouse Gas Inventory 1990-2016)



■ 1989년 이후의 산림

- 1989년 이후의 산림은 1989년 이후의 자연림과 1989년 이후의 조림으로 세분화
- 1989년 이후의 산림은 4km 격자에서 표본 추출하되 자연림은 0.04ha의 플롯을, 조림은 0.06ha의 원형 플롯을 추출
- 뉴질랜드의 1989년 이후 천연림 및 조림면적 탄소 모니터링 구역을 <그림>과 같이 설정



[그림 II-16] 뉴질랜드의 1989년 이후 산림지의 탄소 모니터링 플롯의 위치
(New Zealand's Greenhouse Gas Inventory 1990-2016)

나) 농경지

■ 접근방법

- 농경지는 두 개의 하위 범주 (단년생 작물 재배지, 다년생 작물 재배지)로 세분화
- 단년생 작물 재배지는 곡물, 유지(油脂)식물, 근채류와 사료 작물의 재배면적을, 다년생 작물 재배지는 과수원, 포도원, 산림지가 아닌 방목림의 면적을 포함

■ 방법론적 이슈사항

- 입목 바이오매스와 고사 유기물에 대한 배출 및 흡수는 연간 농경지 배출에 사용하여 계산된 IPCC Tier 1과 다년생 작물재배 농경지 및 활동 데이터에 대한 Tier 2 사용
- 농경지로 유지된 토지의 바이오매스 탄소 축적량은 당해 연도 이후에 변화하지 않는다는 가정 하에 Tier 1 방법을 사용
- 농경지로 전환된 토지에 대해서는 IPCC 기본값과 뉴질랜드의 배출 계수를 활용한 Tier 1 방법을 사용

다) 초지

■ 접근방법

- 초지를 세 개의 하위 범주(고생산성초지, 저생산성초지, 목본 바이오매스 초지)로 세분
- 고생산성초지는 집중 관리되는 목초지 지역을, 저생산성초지는 비옥도가 낮은 초지와 토착 풀숲 지역, 수목한계선 위아래의 관목 지역을 포함한 초지를 지칭
- 목본 바이오매스 초지는 목본 종으로 덮여있는 지역이 30% 미만이며 뉴질랜드 산림의 정의를 충족시키지 못하거나 충족시킬 가능성이 없는 초지로 다양한 용도의 초지를 포함. 목본 바이오매스의 용도 차이에서 발생하는 차이를 설명하기 위해 영구적인 목본 바이오매스와 과도기적인 목본 바이오매스로 분류

■ 방법론적 이슈사항

- 바이오매스와 고사 유기물에 대한 배출 및 흡수는 IPCC Tier 1 배출계수 및 국가별 매개변수의 조합을 사용하여 계산
- 유기 토양은 Tier 1 방법을 이용하여 추정하며 배출 및 광물 토양의 제거는 Tier 2 방법을 사용하여 추정



라) 습지

■ 접근방법

- 습지를 두 개의 하위 범주(개방 수역, 식생 습지)로 세분
- 개방 수역은 인위적으로 범람한 토지와 호수, 강을 포함하며 식생 습지는 정기적으로 범람하는 초목, 강어귀 및 갯벌 지역을 포함
- 개방수역은 뉴질랜드 토지 정보에 의해 정의된 수계 경계에 따라, 식생 습지는 기존의 LCDB 데이터를 이용하여 지도화

■ 방법론적 이슈사항

- 습지로 유지된 습지에 대한 이산화탄소 방출량은 Tier 1 방법을 통해 산정
- 습지로 유지된 습지에 대한 바이오매스 탄소 축적량 변화의 경우 현재 데이터부족 문제로 인해 이 범주에 대한 바이오매스 또는 고사유기물에 대해서는 NE(not estimated)로 보고
- 범람지로 전환된 토지는 공유 수역으로 전환된 토지에 포함되므로 IE(included elsewhere)로 보고

마) 정주지

■ 접근방법

- 정주지는 IPCC 2006 보고서의 정의에 따라 타 토지 범주에 포함되지 않는, 교통 인프라 및 거주지를 포함한 모든 개발된 토지를 의미함

■ 방법론적 이슈사항

- 정주지로 유지된 정주지에 대한 이산화탄소 방출량 추정에 Tier 1 방법 사용
- 정주지로 전환된 토지에 대한 탄소 축적량 추정에 Tier 1 방법 사용

바) 기타토지

■ 접근방법

- 기타 토지는 IPCC 2006 보고서의 정의에 따라 나지, 바위, 빙하지대 등 LULUCF 분야의 5개 토지이용범주에 포함되지 않는 비관리 내륙지역을 포함

■ 방법론적 이슈사항

- 기타 토지로 유지된 토지와 전환된 토지에 대해 Tier 1 방법을 사용



가. 뉴질랜드의 공간영상정보 활용

1) 뉴질랜드의 공간영상정보 활용 방법론

가) 개요

- 뉴질랜드는 LUCAS 시스템을 활용하여 토지 이용 세부 카테고리를 재정의하였고, 산림지별채 측정 방법, 배출계수 정확도, 토양의 탄소축적량 산정 방식 등을 개선하였음
- LUCAS(Land Use and Carbon Analysis System) 프로그램 : LULUCF 분야를 위해 개발·수립된 데이터 수집 및 모델링 프로그램
 - 자연림과 계획림을 위한 소구역 측정에 사용
 - 자연림과 계획림의 탄소량 변화 측정을 위해 상대성장측정식과 모델 사용
 - 1989 이후 산림지화와 계획림의 별채로 인한 산림지 변화량 측정을 위한 토지이용에 대한 전체적인 매핑
- 뉴질랜드 LULUCF 분야 재산정
 - 일반 위성지도 사용 시 음영 및 밝기 차이로 인한 초목식물 임관지 등의 초목 서식지 표현의 한계와 컴퓨터 시스템화에 소모되는 과도한 시간과 비용의 문제점 존재
 - 이러한 문제점의 해결을 위해 경사 제거를 통한 이미지의 평면화로 지형의 영향을 최소화하고 토지이용 분류의 정확성·일관성을 제고할 수 있는 ESCOSAT 알고리즘 활용



[그림 II-17] ECOSAT 공간 레이어를 이용한 시스템화

나) Land Use 영상 매핑

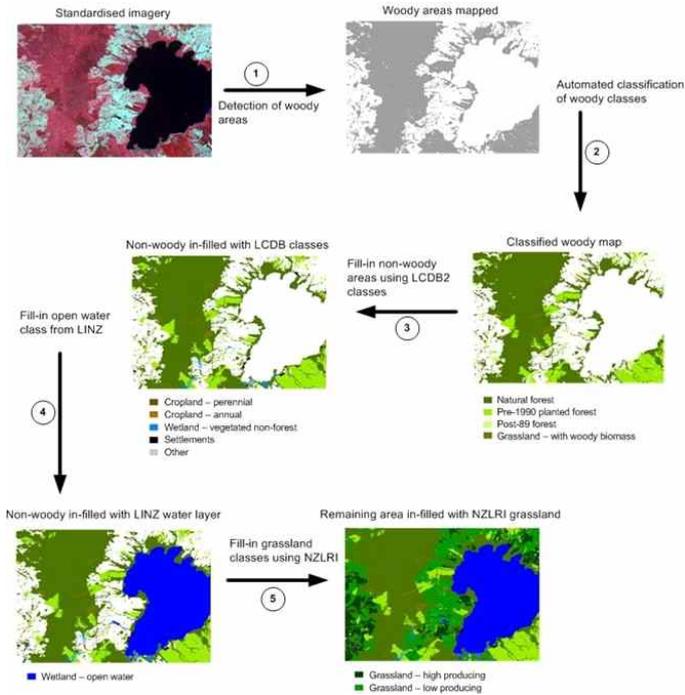
- 1990, 2008, 2012, 2016년 토지이용 매핑에 사용된 위성영상

[표 II-13] 연도별 토지이용 매핑에 사용된 위성영상

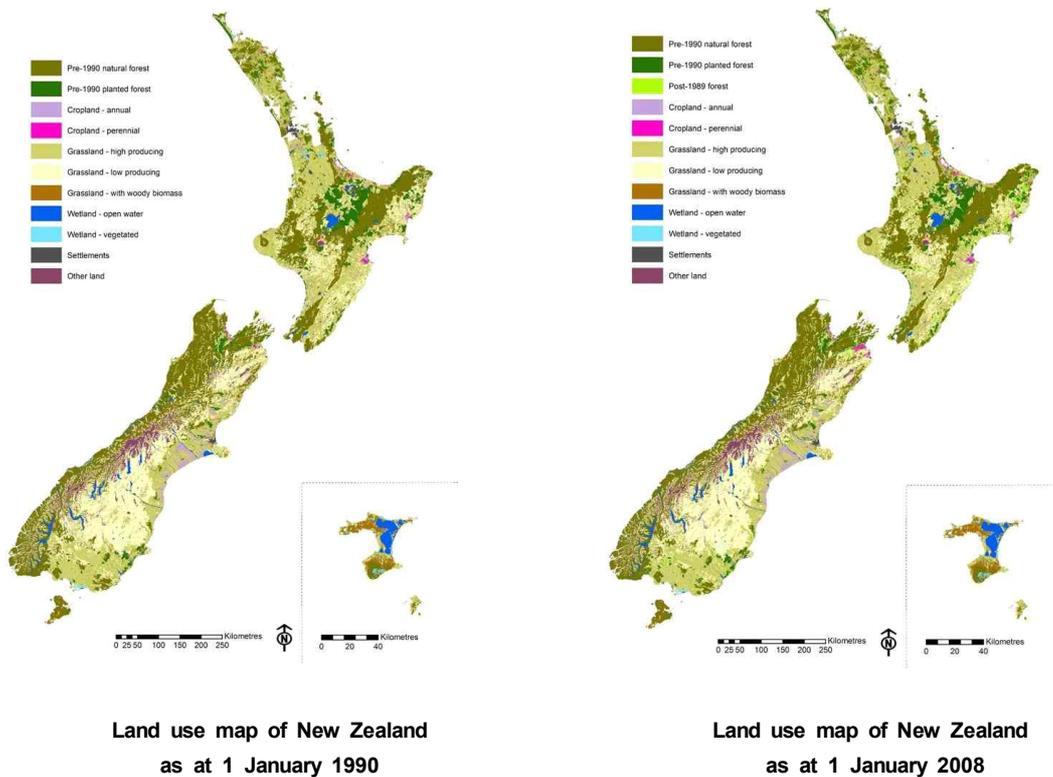
연도	위성사진	해상도(m)	취득 기간
1990	Landsat 4 and Landsat 5	30	November 1988 - February 1993
2008	SPOT 5	10	November 2006 - April 2008
2012	SPOT 5	10	October 2011 - March 2013
2016	Sentinel-2	10	October 2016 - March 2017

- 1990년, 2008년도 토지이용 매핑

- 1990년과 2008년 토지이용 지도는 Landsat 7 ETM+ 이미지에서 파생된 중간 기준 토지 피복층으로부터 차이 탐지에 기반한 공통 매핑 접근 방법 사용
- 위성사진을 활용한 자동화된 시각 해석을 통해 매핑 프로세스 전 과정에 대한 일관된 기반 확보



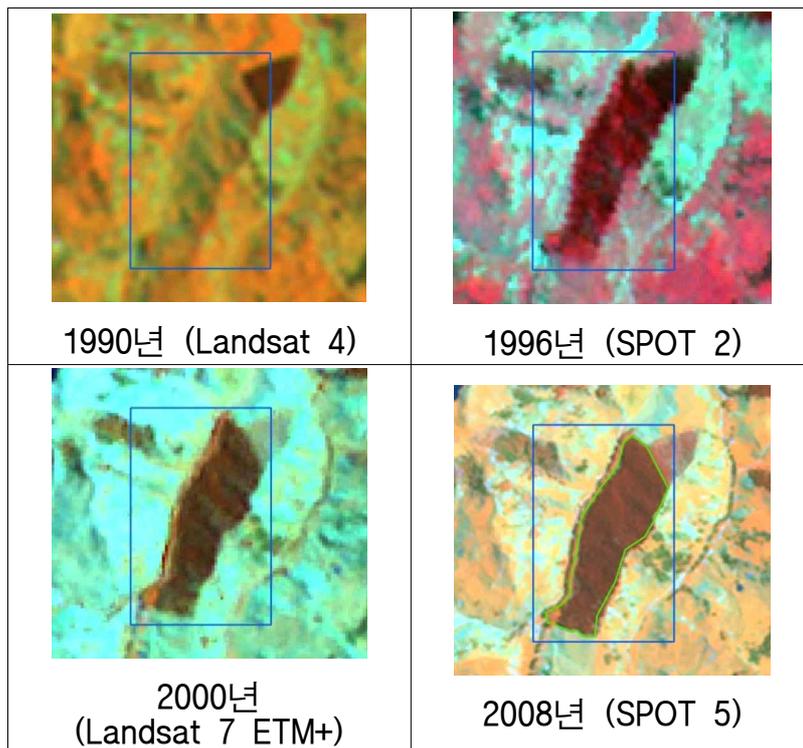
[그림 II -18] 뉴질랜드의 토지이용 매핑 과정



[그림 II -19] 뉴질랜드의 토지이용 변화

■ 1989년 이후 산림지의 매핑

- Landsat 4와 Landsat 5를 활용한 1990년에는 저해상도로 인해 3년 미만의 어린 식물 감지의 어려움 등의 원격 이미지 감지 문제와 부수적 자료의 부족 문제가 중첩되어 자료 확보의 한계 존재
- 2009년 이후로 NZ ETS(New Zealand Emissions Trading Scheme)에서 제공한 공간 정보를 통한 1990년대의 산림 이용의 분류 가능
- 1989년 이후 산림지 소유자는 2008년부터 NZ ETS에 산림을 위임하여 탄소 축적량 증가에 대한 기여도를 얻게 되었고, NZ ETS는 이를 통해 확보한 매핑으로 LUCAS 토지 이용 지도를 개선하며, 식재 날짜에 대한 정보를 제공하여 조림 분류에 기여
- 의사 결정 과정을 돕기 위해 1996년 SPOT 및 2001년 Landsat 7 위성 이미지 모자이크를 사용하여 전국의 2년에서 3년 사이에 조성된 숲의 나이를 결정
- 산림 소유자와 국립 산림 플롯 네트워크를 통해 직접 획득한 정보는 1990년 이전 및 1989년 이후 산림 분류 정확성 향상에 사용



[그림 II -20] 산림지벌채와 수확 매핑

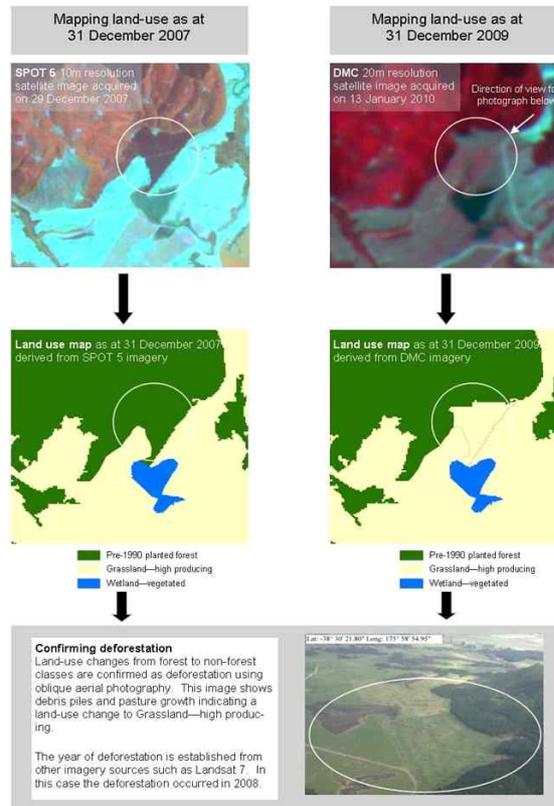


■ 2012년 토지이용 매핑

- 2012년 토지이용 매핑은 2008년과 2012년 사이의 변화를 감지하여 2008년 토지이용 지도를 최신화하는 방식으로 진행
- 2008년과 2012년 SPOT 이미지 데이터 간 차이의 식별을 위해 다중 날짜 이미지 분할 프로세스(Multi-date image segmentation process) 사용
- 잠재적 변화 영역은 산림으로 매핑된 지역과 산림으로 매핑되지 않은 지역에 대한 두 가지 접근으로 구분하여 확인
- 변화 가능성이 있는 산림지는 잠재적으로 파괴될 것으로 간주하여 항공사진을 통해 재배정 여부를 결정하며, 이외의 지역에 대해서는 현장 조사와 항공사진을 통해 토지이용 현황을 파악. 하지만 위성사진만으로는 삼림 벌채 여부를 결정하기 어려움
- 변화 가능성이 있는 산림지 이외의 지역은 위성사진으로 일일이 조사하며 확인된 변경 사항은 2012년 토지 이용지도에 반영

[표 II-14] 토지이용 매핑에 부분적으로 사용된 위성 모자이크 사진 보조 자료

위성 사진	해상도 (m)	범위	취득 기간
Landsat 7	30	North Island, South Island and Stewart Island	September 1999 - February 2003, October 2011 - February 2012, October 2012 - March 2013
SPOT maps products	2.5, 1.5	North Island, South Island and Stewart Island	January 2008 - June 2009, October 2012 - April 2014
Disaster Monitoring Constellation	22	North Island, South Island and Stewart Island	November 2009 - March 2010
SPOT 5	10	Northland, Waikato, Marlborough and Southland	October 2010 - March 2011
Landsat 8	30	North Island, South Island and Stewart Island	November 2013 - February 2014, October 2014 - March 2015, October 2015 - March 2016
Sentinel-2	10	North Island, South Island and Stewart Island	November 2015 - March 2016
Aerial Photography	가변	All of North Island and Stewart Island and most of South Island	가변



[그림 II -21] 뉴질랜드의 산림지 별채 식별

다) 토지이용 변화 파악

■ 1990년 이전 토지이용 변화

- 토지이용을 묘사하는 지도나 프록시, 관리 지역이나 생산 부문을 위해 수집된 토지이용 면적 데이터 표를 이용하여 1990년 이전의 국가 수준에서 토지이용 면적을 산정

■ 1990년-2012년 토지이용 변화

- 1990년과 2012년 사이의 토지이용 변화는 1990년, 2008년, 2012년의 토지이용 지도를 보간하여 산정하며 2008년과 2012년 사이의 별목은 지도화된 자료를 이용해 산정
- 1990년과 2007년, 2008년과 2012년 두 구간으로 구분해 선형 보간법을 사용하며 일부 토지이용 변화에 대해서는 보다 정확한 추세의 반영을 위해 다른 데이터를 추가 활용

■ 2013년-2016년 토지이용 변화

- 산림 별목으로 인한 토지이용 변화는 Landsat 8 국가 위성 모자이크 이미지를 사용하여 축소 영역을 식별하고 2016년 초에 항공사진을 활용하여 현장조사

- 2016년 뉴질랜드 외래종 조림지 설명서를 바탕으로 1989년 이후 조림지의 면적을 산정하며 토지이용 변화는 비 산림지의 토지이용 비율과 동일한 비율로 적용
- 이외의 토지이용 변화는 2008년과 2012년의 매핑 변화를 활용한 선형 외삽법 사용

Table 6.2.7 New Zealand's land-use change matrix from 1990 to 2017

2017	1990	Forest land			Cropland		Grassland			Wetlands		Settlements	Other land	Net area 31 Dec 2017 (kha)
		Natural	Pre-1990 planted	Post-1989	Annual	Perennial	High producing	Low producing	With woody biomass	Open water	Vegetated	Settlements	Other land	
Forest land	Natural	7,808.5	2.8				0.0	0.0	0.1					7,811.4
	Pre-1990 planted	23.2	1,406.5				0.2	0.4	0.4					1,429.7
	Post-1989			-30.3	0.4	0.0	129.6	419.5	159.0	0.1	0.3	0.0	3.8	682.4
Cropland	Annual	0.0	0.5	0.2	344.5	2.4	22.9	0.7	0.1	0.0		0.1	0.1	371.4
	Perennial	0.1	0.3	0.0	6.6	61.0	33.0	3.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	104.5
Grassland	High producing	13.4	86.1	19.9	1.9	4.3	5,821.7	1,081.6	32.6	0.1	2.5	0.0	0.4	6,884.4
	Low producing	21.1	28.6	7.4	0.0	0.1	4.5	6,316.5	44.3	0.1	0.6		0.6	6,423.9
	With woody biomass	9.1	9.5	2.4	0.1	0.1	16.2	75.7	1,280.9	0.3	0.1	0.0	1.5	1,395.8
Wetlands	Open water	0.1	0.1	0.0	0.4	0.0	2.7	2.7	0.3	528.9	0.4	0.0	0.7	534.6
	Vegetated	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	174.3			174.7
Settlements	Settlements	0.4	0.8	0.2	1.0	1.1	20.9	2.2	0.9	0.0	0.0	207.5	0.4	235.4
Other land	Other land	1,166	1,091	0,204	0,038	0,035	1,416	2,326	0,915	0,074	0,222	0,003	889,3	896,8
Area as at 1 Jan 1990 (kha)		7,877.1	1,535.7	0.0	355.0	69.1	5,853.2	7,904.7	1,520.0	527.7	178.4	207.5	896.8	26,925.2
Net change 1 Jan 1990-31 Dec 2017		-65.6	-106.0	682.4	16.5	35.4	1011.3	-1480.8	-124.1	6.8	-3.7	27.9	0.0	0.0
Net change 1990-2017 (%)		-0.8	-6.9	NA	4.6	51.2	17.3	-18.7	-8.2	1.3	-2.1	13.4	0.0	NA

Note: Units in 000s hectares; NA = not applicable. Shaded cells indicate land remaining in each land use. Non-shaded cells represent the total area subject to a given land-use change between 1990 and 2017. Where an area experiences multiple land-use changes, for example post-1989 forest planted in grassland and subsequently deforested, this change area is represented in both change cells. To compensate, the change area is also deducted from both the grassland and post-1989 forest shaded land remaining cells. In the case of post-1989 forest, this leads to a negative value in the shaded post-1989 forest cell, because there was no area present at 1990 for the deforestation area to be deducted from. The minimum area shown for land-use change is 100 hectares; however, areas are mapped to 1 hectare resolution. Blank cells indicate no land-use change during the period; 0.0 indicates land-use change was less than 100 hectares. Land use area values are as at the date indicated (1 January for 1990 and 31 December for 2017). Columns and rows may not total due to rounding.

[그림 II -22] 1990과 2017년에 대한 뉴질랜드의 LULUCF 토지이용 변화 매트릭스

라) 방법론 변경

- 1990년, 2008년, 2012년 토지이용 지도의 개선을 통해 1990년 이전의 산림지와 1989년 이후의 천연림의 면적 감소
- 이탄 추출로 인한 면적을 확인을 통해 이탄 추출로 인한 방출량을 처음으로 보고

Table 6.2.6 New Zealand's land-use change matrix from 2016 to 2017

		2016		Forest land		Cropland		Grassland			Wetlands		Settlements	Other land	Net area 31 Dec 2017 (kha)
		Natural	Pre-1990 planted	Post- 1989	Annual	Perennial	High producing	Low producing	With woody biomass	Open water	Vegetated	Settlements	Other land		
Forest land	Natural	7,811.1		0.3											7,811.4
	Pre-1990 planted	0.0	1,429.7						0.0						1,429.7
	Post-1989			676.9				0.4	5.5	0.8				0.0	682.4
Cropland	Annual				371.4					0.0					371.4
	Perennial					104.3		0.3		0.0					104.5
Grassland	High producing	0.2	2.0	0.3		0.0	6,849.3	12.0	0.5	0.0	0.0				6,864.4
	Low producing	0.6	0.7	0.2			0.3	6,420.9	1.2	0.0	0.0			0.0	6,423.9
	With woody biomass						0.0	0.1	1,396.7					0.0	1,396.8
Wetlands	Open water				0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	534.4	0.0			0.0	534.6
	Vegetated						0.0				174.7				174.7
Settlements	Settlements				0.0	0.0	0.7	0.0	0.0				234.5	0.0	235.4
Other land	Other land				0.0	0.0	0.0	0.1	0.0					896.7	896.8
Area as at 31 Dec 2016 (kha)		7,811.9	1,432.8	676.4	371.5	104.3	6,851.1	6,438.7	1,398.2	534.4	174.7		234.5	896.7	26,925.2
Net change 31 Dec 2016-31 Dec 2017		-0.5	-3.1	8.1	-0.1	0.2	13.3	-14.8	-2.4	0.1	0.0		0.9	0.1	0.0
Net change 2016-17 (%)		0.0	-0.2	0.9	0.0	0.2	0.2	-0.2	-0.2	0.0	0.0		0.4	0.0	NA

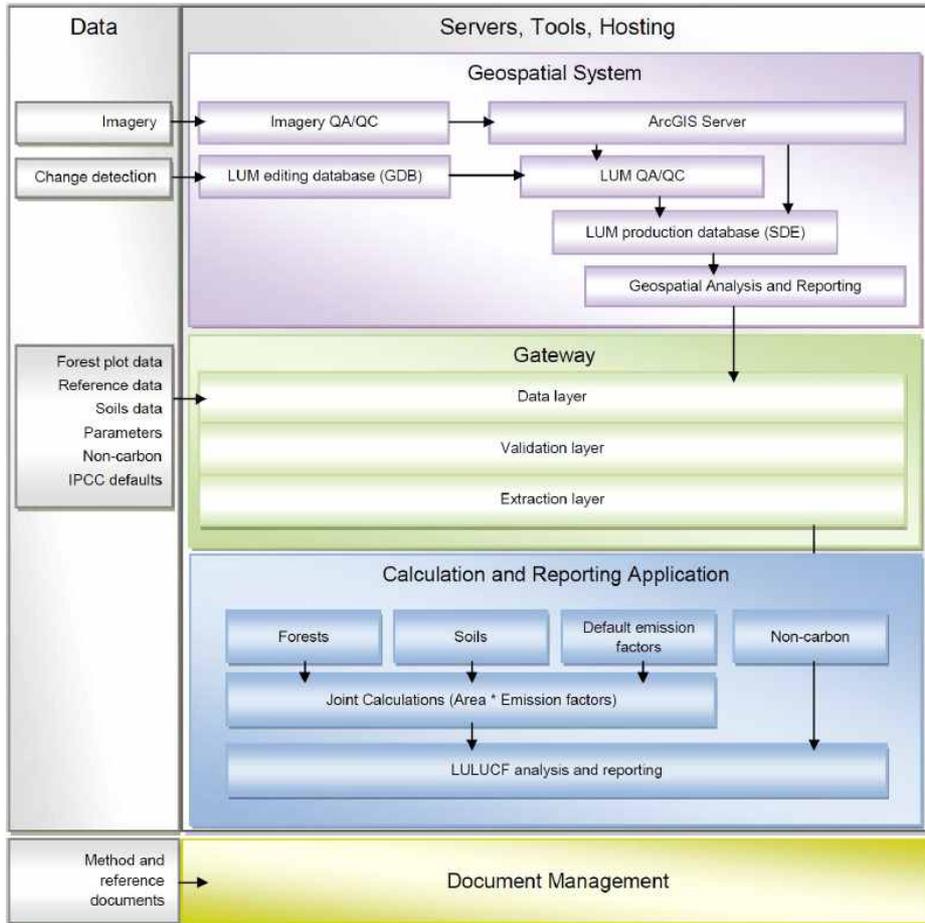
Note: Units in 000s hectares; NA = not applicable. Shaded cells indicate land remaining in each land use. The minimum area shown for land-use change is 100 hectares; however, areas are mapped to 1 hectare resolution. Blank cells indicate no land-use change during the period; 0.0 indicates land-use change was less than 100 hectares. Land use area values are as at the date indicated (31 December for 2016 and 2017). Columns and rows may not total due to rounding.

[그림 II -23] 2016과 2017년에 대한 뉴질랜드의 LULUCF 토지이용 변화 매트릭스



2) LUCAS(Land Use and Carbon Analysis System)

- LUCAS는 뉴질랜드의 토지이용 및 탄소분석시스템으로 국제 온실가스 인벤토리 LULUCF 부문 데이터를 저장·관리·보관하는 체계
 - 수집된 데이터는 지리정보체계(Geospatial System), 게이트웨이, 계산 보고 응용 프로그램(CRA: Calculation and Reporting Application)을 통해 저장 및 조작되며, 탄소 계산, 데이터 유효성 확인, 바이오매스 연소 배출량 산정, LULUCF 부문 보고를 위한 산출물 계산에 사용
- LUCAS System 구성요소, 공간정보 시스템(Geospatial System) 구성요소, LUCAS 게이트웨이 레이어 구성요소, CRA 구성요소는 다음과 같음
 - LUCAS System 구성요소 : 특정지역 관련 시스템, 통신망과 산출, 보고프로그램(CRA), 문서 관리, 서버와 호스트 서비스
 - 공간정보 시스템(Geospatial System) 구성요소 : 이미지 품질 보증/관리, 이미지 서버, 토지이용 매핑(LUM) 단계 데이터베이스, LUM QA/QC, LUM 출력 데이터베이스, 특정지역과 관련된 분석 및 리포트
 - LUCAS 게이트웨이 레이어 구성요소 : 데이터, 검증, 추출
 - CRA 구성요소 : 천연림, 토양, 초목산림지, 탄소 외 데이터
- 이미지, 토지이용 지도는 특정 지역과 관련된 시스템에, 산림지 구역, 토양, IPCC 기본값 등 기타 관련 데이터를 포함한 배출계수는 LUCAS 게이트웨이에, 방법과 참고 문헌은 문서관리시스템에 저장되어 다양한 데이터가 활용됨

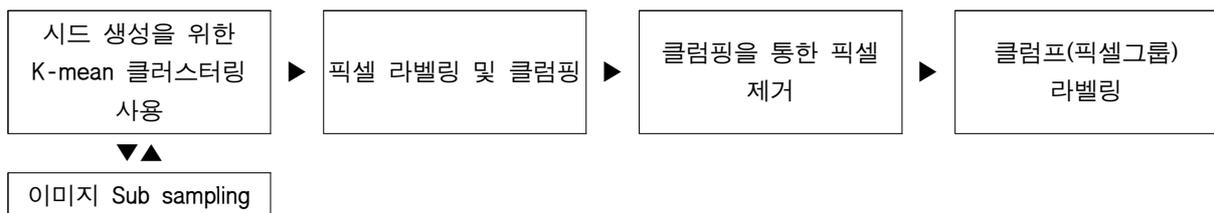


[그림 II -24] LUCAS 시스템 구성도



3) 토지이용 매핑 기능 및 접근방법

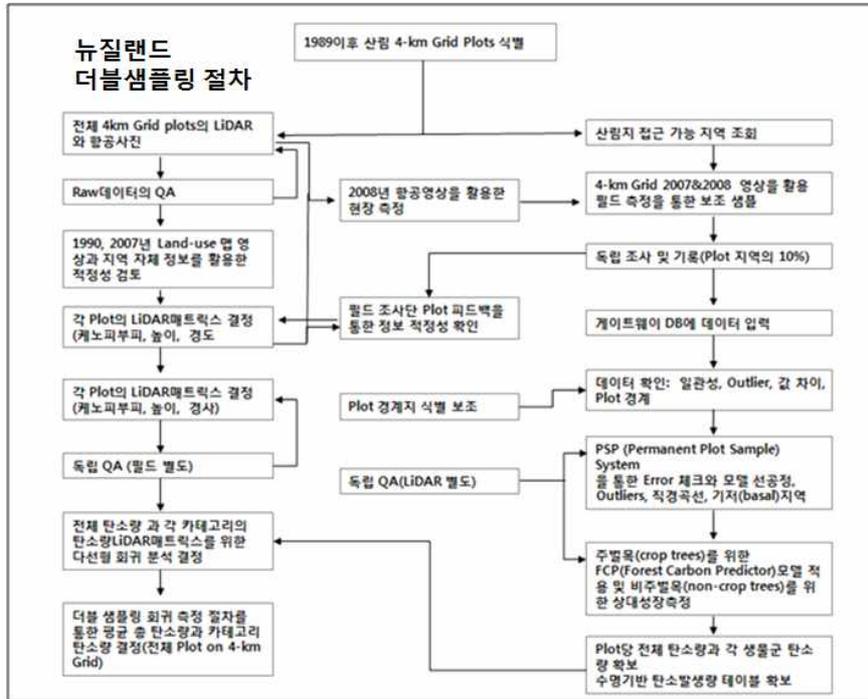
- 토지이용 매핑 및 접근방법은 지리정보 시스템의 토지이용 매핑(LUM, Land Use Mapping)을 사용하여 도출함
- LUM 기능의 다섯 가지 구성 요소
 - LUM 불러오기/내보내기 도구(LUM Import/Export Tool)
 - LUM 속성 도구(LUM Attribute Tool)
 - LUM 데이터베이스(LUM Database)
 - 공간적 게이트웨이 도구(Spatial Gateway Tool)
 - LUCAS 지리공간 데이터베이스(LUCAS Geospatial Database)
- 토지이용(Land-use) 매핑
 - 2008년~2009년 제작된 LUM 이미지는 산림지 체계 카테고리 내 토지변화를 매핑하기 위해 사용. 2012년 LUM은 2008년~2012년간 토지변화를 감별하고 2008년 지도를 기반으로 신규정보를 반영



[그림 II -25] 이미지 분할 절차

4) 원격탐사 LU/LC데이터베이스(Approach 3: 공간영상정보를 활용한 접근방법)

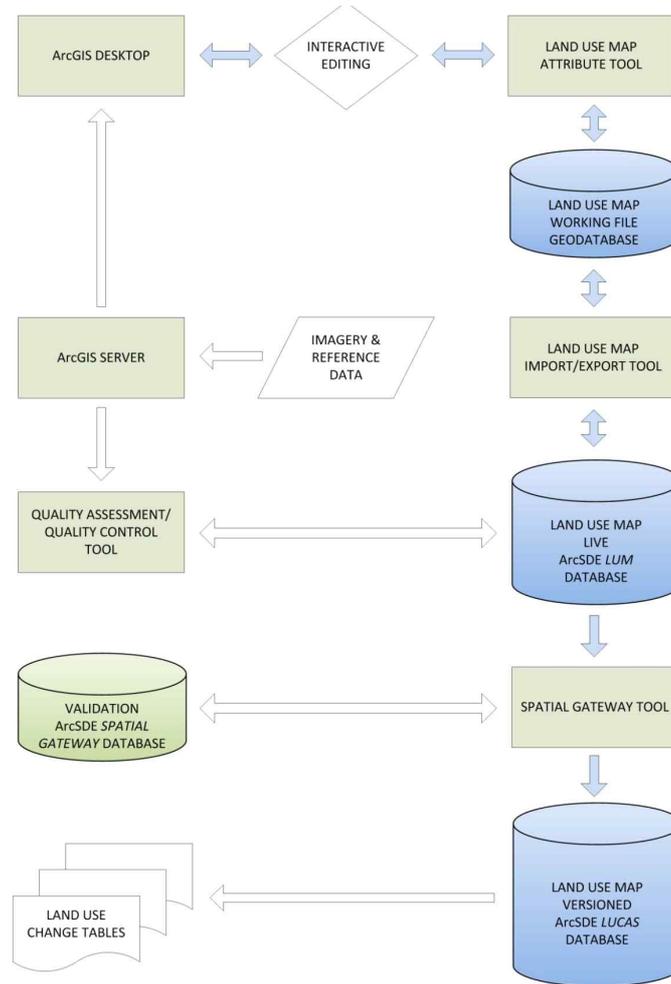
- 1996년~1997년 여름에 촬영한 위성 이미지를 사용하여 2000년 6월 처음으로 뉴질랜드 LU/LC 데이터베이스(LCDB)가 완성됨. 뉴질랜드의 경우 LC(Land Cover) 변화 검출을 위해 5년을 적당한 기간으로 정의하고, < 그림 IV-13 > 같은 절차에 따라 LCDB 2를 생성



[그림 II -26] 뉴질랜드 더블샘플링 절차

5) 지리정보시스템

- 지리정보시스템은 LULUCF 분야의 요구사항을 충족하도록 설계된 하드웨어 및 특정 응용 프로그램으로 구성
- 하드웨어는 공간 데이터베이스의 저장·관리, 버전 관리 및 실행중인 웹 매핑 응용 프로그램의 실행을 위한 서버로 구성됨



[그림 II -27] 지리정보시스템의 구성요소

6) LUCAS Land Use Map(LUM)

가) 개요

- 1990-2008, 2008-2012 뉴질랜드의 토지이용변화를 통합하여 2012 LUCAS 토지이용지도를 종합화하였고 산출물은 아래와 같음
- 산출물 1 : 지역 모자이크와 표준화 된 반사율 장면
- 산출물 2 : 2008 토지이용 매핑 라인 작업의 단순화
- 산출물 3 : 2012 토지이용 매핑
- 산출물 4 : 1990-2008 토지이용 매핑 개선사항
- 산출물 5 : 최종보고서

나) 방법론

- 조사기관에 의해 2008-2012년도 토지이용변화에 대한 현장 조사가 수행되었지만 산림지에서 다른 기타토지로 변화된 부분의 결과 값이 모호하여 보고서에는 반영되지 않았음

2008 Land Use	2012 Land Use												Total	
	Natural Forest	Pre-1990 planted Forest	Post-1989 forest	Grassland - with woody biomass	Grassland - high producing	Grassland - low producing	Cropland - perennial	Cropland - annual	Wetland - open water	Wetland - vegetated non forest	Settlements	Other		
Natural Forest	7,829,070	470		123	94	672				71	3	41	7,830,543	
Pre-1990 planted Forest		1,485,750		41	512	472	4					4	8	1,486,790
Post-1989 forest			628,391	18	214	744	2						34	629,403
Grassland - with woody biomass		6	5,246	1,286,037	2,878	12,619	9	25	37	1	28	167	1,307,054	
Grassland - high producing		76	4,462	1,006	5,788,405	10	2,020	128	149		389	180	5,796,824	
Grassland - low producing		113	19,844	4,514	173	7,504,548	295	60	48	1	145	139	7,529,881	
Cropland - perennial			1	6	1,011	10	101,312	917	10		54	1	103,321	
Cropland - annual			17	11	32		610	370,584	5		123		371,381	
Wetland - open water				4	3	1			529,699				529,708	
Wetland - vegetated non forest			6		3	117				16	144,951		145,104	
Settlements										1	223,505	6	223,512	
Other			122	29	68	50			10		43	897,274	897,595	
Total	7,829,070	1,486,414	658,088	1,291,788	5,793,393	7,519,244	104,253	371,714	529,974	145,024	224,294	897,860	26,851,116	

[그림 II -28] 2012 LUCAS 토지이용지도 통계 요약



- 2012 LUM(Land Use Map) 프로젝트에는 593,225개의 폴리곤과 2008-2012년도의 토지이용변화에 대한 7,179개의 기록이 포함되어 있음
- 2012 LUM(Land Use Map) 매핑은 대부분 프로타입의 시범 사업으로 진행되었음
- 1990/2008/2012 LUM의 각 맵 자료들의 경계선의 중첩이 많을 수 있으며, 편집 중에 기존의 경계와 다른 폴리곤 개선의 재배치를 방지하는 LUCAS 매핑 규칙에 의해 가독성은 더욱 방해를 받음

[표 II-15] LUM을 활용한 토지이용 부문별 면적

(단위 : ha)

	산림지	농경지	초지	습지	정주지	기타토지	합계
2008LUM	9,946,736	474,702	14,633,759	674,812	223,512	897,595	26,851,116
2012LUM	9,973,572	475,967	14,604,425	674,998	224,294	897,860	26,851,116

- * 산림지 : Natural Forest+Pre-1990 planted forest + Post-1989 forest
- * 농경지 : Cropland-perennial+Cropland-annual
- * 초 지 : Grassland-with woody biomass+ high producing+low producing
- * 습 지 : Wetland-open water+vegetated non forest
- * 정주지 : Settlements
- * 기타토지 : Other

- 뉴질랜드의 국가인벤토리 보고서의 토지이용분류, LUM와 LCDB 3의 IPCC LULUCF 분류체계를 산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지 및 기타토지를 각각 비교해 보면 NIR 보고서상의 분류체계와 LUCAS 시스템의 분류체계상의 목록의 유사도를 파악할 수 있음

[표 II-16] IPCC LULUCF 분류체계, 국가인벤토리 보고서의 토지이용분류와 LUM, LCDB 3 비교

IPCC	국가인벤토리 보고서의 토지이용분류	LUCAS Land Use Map (LUM)	Land Cover Database 3
산림지	천연림(Natural Forest)	천연림(Natural Forest)	산림지(Forest) 외래종 산림지(Exotic Forest)
	1990년 이전 인공림 (Pre-1990 planted forest)	1990년 이전 인공림 (Pre-1990 planted forest)	산림지 - 과수지(Forest - Harvested) 낙엽활엽수림 (Deciduous Hardwoods)
	1989년 이후 인공림 (Post-1989 forest)	1989년 이후 인공림 (Post-1989 forest)	자생림(Indigenous Forest) 맹그로브 열대림(Mangrove)
농경지	농경지 - 단년생 작물 (Cropland - annual)	농경지 - 단년생 작물 (Cropland - annual)	농경지(Cropland) 단기수확농경지 (Short-rotation Cropland)
	농경지 - 다년생 작물 (Cropland - perennial)	농경지 - 다년생 작물 (Cropland - perennial)	과수원, 포도원, 기타 다년생작물(Orchard Vineyard & Other Perennial Crops)
초지	고위생산성초지 (Grassland - high producing)	고위생산성초지 (Grassland - high producing)	초지 및 소택지 (Grassland, Sedgeland and Marshland)

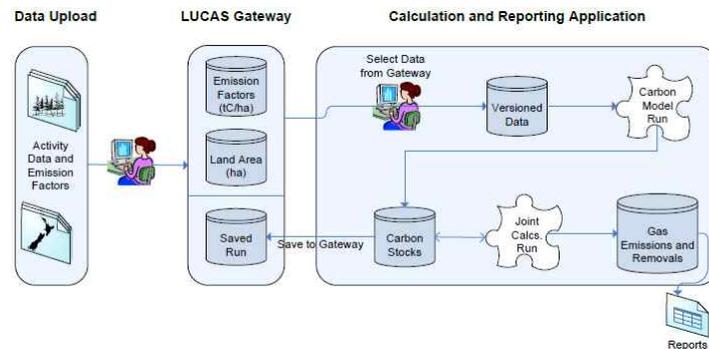
IPCC	국가인벤토리 보고서의 토지이용분류	LUCAS Land Use Map (LUM)	Land Cover Database 3
			고위생산성 외래종 초지 (High Producing Exotic Grassland)
			저위생산성초지 (Low Producing Grassland)
			총생초본지(Tall Tussock Grassland)
			박토(Depleted Grassland)
	저위생산성초지 (Grassland - low producing)	저위생산성초지 (Grassland - low producing)	담수식물 초목지 (Herbaceous Freshwater Vegetation)
			염생식물 초목지 (Herbaceous Saline Vegetation)
			아마(亞麻) 식생지(Flaxland)
			관목(Scrub and Shrubland)
	목본 바이오매스 (Grassland - with woody biomass)	목본 바이오매스 (Grassland - with woody biomass)	고사리 식생지(Fernland)
			금작화훼류(Gorse and/or Broom)
			마누카와 카누카 나무 (Manuka and/or Kanuka)
			가시나무류(Matagouri or Grey Scrub)
습지	습지(Wetlands)	개방된 습지 (Wetland - open water)	
		식생습지(Wetland - vegetated)	
	정주지	정주지(Settlements)	활엽자생림 (Broadleaved Indigenous Hardwoods)
			아고산림지대 관목 (Sub Alpine Shrubland)
			혼합외래종 관목 (Mixed Exotic Shrubland)
			수계(Water Bodies)
			호수 및 연못(Lake or Pond)
			하천(River)
기타토지	기타토지(Other land)	강 하구(Estuarine Open Water)	
		대지(Artificial Surfaces)	
		정주지(Built-up Area(settlement))	
		도시공원 및 공공공지 (Urban Parkland / Open Space)	
		광산 및 퇴석지 (Surface Mines and Dumps)	
		교통기반시설 (Transport Infrastructure)	
		나지 및 일부초목분포지 (Bare or Lightly-vegetated Surfaces)	
		모래 및 자갈(Sand and Gravel)	
		자갈 및 암석지(Gravel and Rock)	
		경사지(Landslide)	
		영구 빙설지대 (Permanent Snow and Ice)	
		고산초본지(Alpine Grass/Herbfield)	

* Land Use in NIR - NIR 2014
 * LUM - LUCAS Land Use Map 2012
 * LCDB - Land Cover Database v2.0-v3.0 Correlation Table
 ※ LCDB는 자체 분류체계에 맞춰 분류



7) LUCAS Management Studio

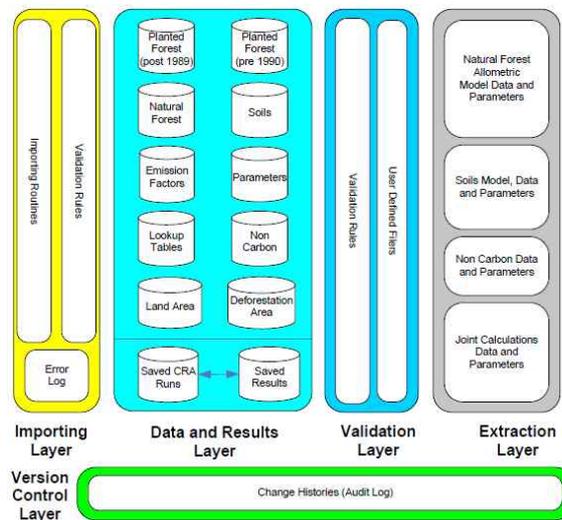
- LUCAS 관리 스튜디오는 활동 자료를 저장하고 뉴질랜드의 LULUCF에 관한 흡수량과 방출량을 저장, 계산, 기록하는 응용 프로그램
- LUCAS 게이트웨이는 활동자료와 산출계수의 저장, 버전 관리, 유효성 확인을 목적으로 하는 데이터 웨어하우스
- CRA는 게이트웨이로부터 정보를 제공받아 LULUCF에 대한 흡수량과 방출량을 산출



[그림 II -29] LUCAS Management Studio

8) LUCAS Gateway

- LUCAS 게이트웨이는 CRA에 필요한 현장 계획 데이터, 토지이용 지역, 바이오매스 연소, 기타 자료 등을 저장하며, 데이터 시각화, 편집 인터페이스 제공
- LUCAS 게이트웨이는 CRA를 통해 계산된 결과를 게시, 저장



[그림 II -30] LUCAS Gateway database

9) CRA (Calculation and Reporting Application)

- CRA는 간단한 수정만으로 다른 데이터 세트를 포함하여 계산할 수 있는 클라이언트 기반 응용 프로그램
- CRA를 사용하여 게이트웨이에서 탄소 및 비탄소 데이터를 가져올 수 있으며 다양한 모듈을 통해 뉴질랜드 LULUCF에 관한 배출량과 축적량을 결정할 수 있음. 이는 토지 면적 정보와 결합하여 교토 의정서 요구 사항을 충족
- CRA는 네 가지 모듈(자연림, 토양, 비탄소, 공동 계산)로 구성되며, 모듈은 각각 또는 그룹화하여 실행 가능
- CRA는 산림 인벤토리와 관련 정보 기술 개발 회사인 Interpine Forestry Limited에서 유지·관리·지원하며, 필요시 데이터베이스 및 응용 프로그램 백업, 일상적인 문제 해결, 프로젝트 개선 등 지원 서비스 제공
- 게이트웨이 내 데이터와 테이블에 액세스하는 사용자에게 대해 변경자, 날짜, 변경 사유, 버전 등의 데이터 변경에 관한 정보가 기록되어 모든 변경사항이 감사 로그를 통해 추적 가능

10) Document Management

- LULUCF 및 교토 의정서 추정치 산출에 사용된 방출계수와 방법론 등을 포함한 모든 참고자료는 환경부의 문서 관리 저장소인 Te Puna에 보관
- 보고서에 사용된 산출계수나 면적 추정치도 게이트웨이 내에 보관되며 게이트웨이나 CRA를 통해 액세스 가능



나. 뉴질랜드의 토지 매트릭스 구축

1) 국가인벤토리 보고서(NIR)와 다른 관련 데이터와의 비교

- 2014년 NIR 보고서와 LUCAS land use map의 LULUCF 분야별 면적 값을 비교해보면 산림지부터 기타토지까지 면적 차이 값의 오차범위는 1% 미만으로 주로 공간영상정보에 의존한 토지 분류별 면적 값을 산정한 것으로 추정됨
- LCDB 3의 면적 값은 그에 대한 검증 방식이 불명확하여 NIR 보고서에도 산정방식에 대한 구체적인 언급이 없음
- 2012년 LUM에는 1990년과 2008년 LUCAS LUM의 접근방법이 일관성 있게 적용됨

[표 II -17] 뉴질랜드 LUCAS LAND USE MAP(2012)과 NIR, LCDB 3 비교

(단위 : Kha)

구분	산림지	농경지	초지	습지	정주지	기타 토지	합계
NIR ¹⁾	9,952.4	476.1	14,699.3	678.7	224.4	894.2	26,925.1
LUCAS LAND USE MAP ²⁾	9,973.6 (0.2%)	476.0 (-0.0%)	14,604.4 (-0.6%)	675.0 (-0.5%)	224.3 (-0.0%)	897.9 (0.4%)	26,851.1 (-0.3%)
LCDB 3 ³⁾	- 현재 면적 값에 대한 검증이 불명확하여, 데이터 값은 별도 첨부함						

* (%)는 NIR면적 대비 차이

1) 뉴질랜드 NIR 2014 보고서

2) 뉴질랜드 LUCAS LULUCF 2012 Map

3) 뉴질랜드 Land Cover Database v4.0

2) 뉴질랜드의 토지 매트릭스

- 2012 LUM 프로젝트에는 593,225개의 폴리곤과 2008-2012년도의 토지이용변화에 대한 7,179개의 기록이 포함되어 있음
- 2012 LUM 매핑은 대부분 프로타입의 시범 사업으로 진행

[표 II-18] 뉴질랜드 LULUCF 분야 1990년부터 2008년 동안의 토지이용 변화

2008년	1990년	산림지			농경지		초지			습지	정주지	기타 토지
		천연림	90년 이전 계획	89년 이후	단년생	다년생	고위 생산성	저위 생산성	목질 바이오매스			
산림지	천연림	8,118.0										
	90년 이전 계획		1,430.3									
	89년 이후			NA	0.0	0.0	106.4	348.7	1220.5	0.0	0.0	4.8
농경지	단년생				334.0		0.1	0.0				0.0
	다년생		0.2	0.0	5.2	78.6	4.2	0.2	0.1			
초지	고위 생산성	7.0	45.3	10.5			5,735.7	0.0	14.9	0.1		0.1
	저위 생산성	24.1	3.9	1.0			0.0	7,641.4	30.3	0.0		0.4
	목질 바이오매스	3.1	0.0	0.0			8.2	25.9	1,018.5		0.0	1.2
정주지		0.1	0.4	0.1		0.1	1.7	0.2	0.2	0.0	203.3	
기타 토지		0.3	0.3	0.1			0.1	0.1	0.1			888.1
순 변화량 (90년~08년)		-0.4	-3.4	NA	-1.5	12.5	-0.7	-3.9	-10.8	0.0	1.4	-0.6



다. 뉴질랜드의 국가인벤토리 작성체계 및 절차

1) 업무분장체계

- 환경부는 Reporting Governance Group을 구성하여 온실가스 배출량과 흡수량의 예상 및 모델링, 리포팅 통솔권을 부여함. 관계 부처로는 환경부 대표기관, 환경보호청(Environmental Protection Authority: EPA), 1차 산업부(Ministry for Primary Industries: MPI)와 사업혁신고용부가 있음
- 환경부(MfE)는 법적 독립체로서 환경과 관련된 문제, 환경에 영향을 주는 국제적 요소들과 기후변화 관련 주제들에 대해 정부의 최우선 고문 역할을 담당. 뉴질랜드의 온실가스 Agency로써 국제적 요구에 대응하여 온실가스 배출과 관련된 기록을 작성하고 유엔사무국에 제출할 의무를 지고 있음
 - 환경부는 IPPU, 폐기물 분야의 배출량 그리고 LULUCF 분야와 교토의정서에 따른 Activities 3.3과 3.4의 배출량과 흡수량의 추정치를 계산함
- 1차 산업부는 농업 분야의 배출량을 편찬하며 추정치들은 각종 연구 및 뉴질랜드 Crown 연구소와 대학들로부터 착수되는 모델링에 의해 보강됨

2) 작성 절차

- 온실가스 인벤토리는 ①데이터베이스에 입력, ②공동심의와 품질검사, ③프로젝트 계획 수립, ④합의, ⑤불확실성 레벨과 경향 계산, 키 카테고리 평가, 추가품질검사, ⑥업무 조직화, ⑦기후변화 책임자 승인, ⑧환경부 관리파일시스템에 저장의 단계를 거쳐 작성됨
 - 기후변화 협약 보고 지침에 따르면 각 인벤토리는 자료의 수집과 분석 기간을 고려해서 연도보고의 종료시점으로부터 15개월 후에 제출됨
 - 분야별 자료는 10월부터 1월까지 CRF 데이터베이스에 계산되어 입력되며 이후 분야별 공동심의와 품질검사가 수행됨. Section 1, 2에 따라 각 기관들은 위임 통치권에 따른 분야별 자료 수집, 자료 모델링과 자료공정에 참여함

- 인벤토리 준비과정의 초기 기간에는 분야별 결과가 국가인벤토리에 제시간에 제출될 수 있도록 각 분야의 장은 프로젝트 계획을 수립함 (보통 2월 둘째 주)
- 환경부(MfE)의 국가인벤토리 편집자는 국가 전체 배출량과 배출 경향과 관련된 불확실성 수준과 경향 계산, 주요 배출원 평가, 추가품질검사와 인벤토리 완성과 관련된 업무를 조직화 함. 인벤토리가 완성되고 나면 기후변화협약 사무국에 제출되기 전 기후변화 책임자에 의해 발행이 승인됨
- 인벤토리와 기후변화협약 사무국에 제출을 위한 모든 관련 자료들은 환경부(MfE)의 관리파일시스템에 저장됨. 발행된 인벤토리는 환경부 기후변화 협약 웹페이지를 통해 접근이 가능함

4. IPCC 지침 및 주요 국가의 온실가스 산출과 산정 방법 · 산정체계 비교(일본)

가. 일본의 LULUCF 분야 인벤토리 산정 방법

1) 토지이용범주 및 면적파악 방법

가) 개요

- 일본의 2015년 온실가스 배출·흡수량을 분석해보면, 에너지 분야가 전체 배출량의 88.7%로 가장 많은 부분을 차지하고 있음. LULUCF 분야에서의 흡수량은 전체 배출량의 4.6% 정도를 차지함

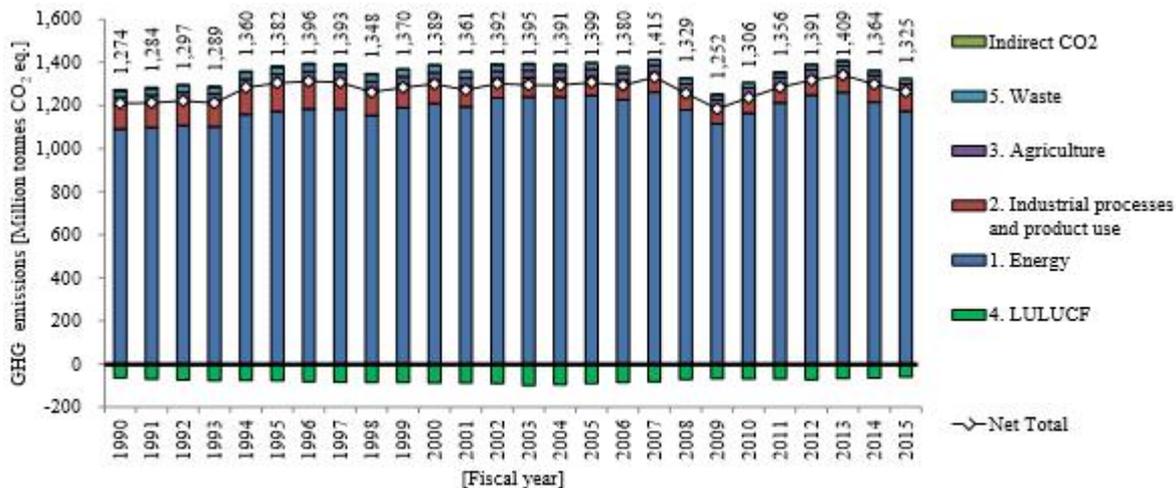


Figure 2 Trends in GHGs emissions and removals in each sector

[그림 II-31] 일본의 온실가스 배출 및 흡수량 추이 (1990-2015)

- 2006년 IPCC 지침의 6개 토지이용범주에 따라 기존 통계 등의 정의를 활용해 토지를 분류
 - 산림지(인공 입목지, 준자연 입목지, 밀도가 낮은 입목지, 죽림), 농경지(논, 고지, 과수원, 휴경지), 초지(방목지, 목초지, 야생지)로 소분류

○ 기타토지는 5개 토지이용범주 가운데 어느 것에도 해당되지 않는 토지로, 국토 면적과 토지이용범주 해당 토지의 총 면적과의 차이에 따라 면적을 파악

■ 각 토지이용범주에서 유지된 토지와 전용된 토지의 면적은 모두 기존통계를 바탕으로 파악

나) 토지이용범주 설정 및 면적 파악 방법

■ 일본은 기존 통계를 바탕으로 토지이용범주를 설정하고 면적을 파악하고 있음

○ 산림지로 전환된 토지의 면적은 1989년과 최근의 위성사진에 기반한 수치지정사영상(orthophoto)과 기존 통계량을 이용하여 추계

○ 산림지에서 다른 토지이용으로 전용된 면적은 세계 농림업 센서스와 산림청의 자료, 산림 벌채 자료를 사용하여 추계

○ 기존의 통계량으로 토지이용 카테고리 결정하기 어려운 경우, 각 토지 이용 카테고리의 비율과 동일한 전환 비율을 할당하는 등의 추정치를 사용

Table 6-7 Land-use transition matrix for FY1990-FY2015

											(kha)	
2015		Forest Land (managed)	Forest Land (unmanaged)	Cropland	Grassland (managed)	Grassland (unmanaged)	Wetlands (managed)	Wetlands (unmanaged)	Settlements	Other land	Total unmanaged land	Initial area
1990												
Forest Land (managed)		24811.2		27.5	6.3		15.2		195.0	49.4		25104.6
Forest Land (unmanaged)												
Cropland		30.6		4258.5	21.6		1.1		353.1	60.4		4725.4
Grassland (managed)		6.8		0.5	927.1		0.4		54.0	8.4		997.2
Grassland (unmanaged)												
Wetlands (managed)		0.02		1.1	0.4		1317		IE	IE		1318.6
Wetlands (unmanaged)												
Settlements		29.7		IE	NO		0.1		3222.9	IE		3252.7
Other land		27.8		24.8	1.0		4.2		IE	2340.8		2398.7
Total unmanaged land												
Final area		24906.2		4312.5	956.5		1338.1		3825.0	2458.9		37797.1
Net change		-198.5		-412.9	-40.7		19.5		572.3	60.2		0

Note: The areas described as "IE" are included in "Other lands remaining the same land-use category" which could be used for adjustment with total area of national land.

[그림 II -32] 일본의 FY1990년과 FY2015 토지이용 변화 매트릭스

[표 II-19] 일본의 토지이용범주 설정 및 면적 파악 방법

토지이용 범주	카테고리 설정 방법	면적 파악방법
산림지	· 산림지법 제 5 조 및 7 조의 2에 근거 산림지 계획 대상 산림지	· 2004년까지의 「산림지 현황조사」와 2005년 이후 「국가 산림지 자원 데이터베이스(이상 임야)」의 산림지 계획 대상 산림지의 입목지(인공림, 천연림), 무입목지, 죽림 ²⁰⁾
농경지	· 논, 밭, 수원지, 휴경지	· 농림수산성 「경작 및 재배 면적 통계」의 논, 밭, 수원지 · 「세계 농림업 센서스」의 휴경지
초지	· 목초지, 방목지 및 목초지 및 방목지 이외의 야생지 ²¹⁾	· 농림수산성 「경작 및 재배 면적 통계」의 목초지 · 「세계 농림업 센서스」의 방목지(산림지에 포함 된 경우를 제외) · 국토교통성 「토지이용 현황조사」의 야생지
습지	· 수면(담 등), 하천, 수로	· 국토교통성 「토지이용 현황 조사」, 「임업지역 조사」의 수면, 하천, 수로 ※ 그러나 이 중 식생 복구 활동의 대상이 되는 하천, 사방 녹지는 개발지에 포함되는 것으로 함
정주지 (개발지)	· 산림지, 농경지, 초지, 습지에 해당하지 않는 도시 지역 · 산림지에 해당하지 않는 모든 수목 식생 지역	· 국토교통성 「토지이용 현황조사」와 기타 조사에서 도로 및 택지, 학교 교육시설, 공원 및 녹지지역, 환경 기설 부지, 골프장, 스키장 기타 유원지로 분류된 지역 ※ 도시녹지에 대한 정보는 국토교통성이 관할하는 도시녹지에 관련된 통계나 조사자료에서 파악
기타토지	· 위의 토지 이용 구분의 어느 것에도 해당 하지 않는 토지	· 국토지리원 「전국 도도부현, 시정촌별 면적 조사」의 국토면적에서 타토지 구분의 총 면적을 공제하고 파악

20) 산림지 자원 현황 조사 및 국가 산림지 자원 데이터베이스뿐만 아니라 산림지의 정의 및 조사 방법을 적용하고 있으며, 이 두 자료는 시계열적 일관성을 가지고 있다.

21) 「세계 농림업 센서스 임업 지역 조사 보고서」의 「산림지 이외의 초본」에서 방목지 또는 임야청 소관에 관한 부분을 제외한 토지. 현황은 주로 야생초공원(다년생목초지, 퇴화된목초지, 경작지의 야생초 식생지를 포함)이다.

다) 토지이용 데이터베이스 및 토지면적의 추계 방법

■ 주요 토지면적 통계 조사방법 및 조사기일

[표 II-20] 주요 토지면적 통계 조사방법 및 조사기일

통계 / 조사 이름		조사 방법	조사기일	조사주기	소관
산림지 자원 현황 조사		전수 조사	3월 31일	대체로 5년	농림수산성 (임야청)
국가 산림지 자원 데이터베이스		전수 조사	4월 1일	매년 (2005년 이후)	농림수산성 (임야청)
경지 및 면적 통계 원 조사 : 경지 면적 조사	경작지	지상 측정 조사(표본)	7월 15일	매년	농림수산성
	확장된 경작지 및 전용된 경작지	표 형식 조사(관련 기관 및 항공사진 등 사용)	전년 7월 15 ~ 7월 14일		
세계 농림업 센서스		전수 조사	2000년 이전: 8월 1일 2005년 이후: 2월 1일	2000년 이전: 10년 2005년 이후: 5년	농림수산성
토지 이용 현황 파악 조사		전수 조사	-	매년	국토교통성
전국 도도부현, 시정촌별 면적 조사		전수 조사	10월 1일	매년	일본지형정보국

■ 토지 면적의 추계 방법

- 일부 토지에 대해서는 기존 통계에서 직접 파악할 수 없기 때문에 내삽법, 현재 면적 비율을 활용한 전용 면적 할당법, 전환 면적비를 활용한 전용 면적 할당법을 사용
- 내삽에 의한 추계
 - 방법 : 일본에서 2004년 이전의 산림지 면적은 5년마다 조사, 조사되지 않은 산림지 면적은 선형 내삽법으로 추정
 - 대상 : 타토지 이용에서 전용된 산림지 (1991~1994년, 1996~ 2001년, 2003~2004년)



- 현재 면적 비율을 이용한 전용 면적의 면적 추정
 - 방법 : 일본은 고원지대, 과수원, 목초지 면적이 경작지로 집계되므로 각 토지이용 범주에서 산림지로 전용된 면적을 통계에서 확인하기 어려움. 이에 따라 경작지에서 산림지로 전용된 토지면적에 각각의 면적 비율을 곱하여 추정
 - 대상 : 농경지, 초지에서 전용된 산림지, 다른 토지(산림지, 초지, 습지, 기타토지)에서 전용된 농경지, 다른 토지(산림지, 농경지, 습지, 기타토지)에서 전용된 초지, 다른 토지(농경지, 초지)에서 전용된 정주지, 다른 토지(농경지, 초지)에서 전용된 기타 토지
- 특정 연도 전용 면적 비율을 이용한 전용 면적 추정
 - 방법 : 일본에서 농경지, 초지, 개발지, 기타토지에서 전용된 습지의 면적을 각각 산정하는 것은 불가능하며, 농경지, 초지, 개발지, 기타토지에서 전용된 습지의 면적 비율을 1998년도의 비율과 동일한 것으로 가정하고, 타토지에서 전용된 습지의 면적에 곱하여 각 토지이용에서 전용된 습지의 면적을 추정
 - 대상 : 농경지, 초지, 정주지, 기타 토지에서 전용된 습지

2) 토지이용부문별 접근방법

가) 산림지

■ 접근방법

- 일본의 산림지는 모두 관리된 산림지이며, 세부적으로는 집중 관리된 산림지, 준천연 산림지, 대나무숲, 밀도가 낮은 산림으로 구성된다.
- 산림지는 2개의 하위 범주(산림지로 유지된 산림지, 산림지로 전용된 토지)로 분류

■ 산림지로 유지된 산림지

- 산림지 면적은 2004년 이전의 산림지 현황 조사와 2005년 이후의 국가 산림자원 데이터베이스를 사용하여 산정하며, 데이터가 존재하지 않는 연도에 대해서는 선형 보간법을 사용하여 추정

○ 산림지로 유지된 지역의 활성 바이오매스 탄소 축적량 변화는 2006 IPCC 가이드라인에 따라 국가 산정계수를 사용한 Tier 2 방법 적용

○ 산림지로 유지된 지역의 사후 유기물과 토양의 탄소 축적량 변화는 2006 IPCC 가이드라인에 따라 산림 관리 유형에 따른 계수를 곱한 Tier 3 방법 적용

■ 타토지에서 전용된 산림지

○ 전용된 산림지 면적은 AR(Afforestation and reforestation) 면적과 유사한 것으로 간주하며, 경지 및 재배지 면적 통계를 사용한 AR 면적과 중첩하여 결정

○ 산림지로 전용된 지역의 활성 바이오매스 탄소 축적량은 용도 전용으로 인한 축적 손실과 전환 후의 축적량의 합으로 산출하는 Tier 2 방법 적용

○ 산림지로 전용된 지역의 사후 유기물과 토양의 탄소 축적량 변화는 CENTURY-jfos 모델을 통해 산출한 평균 탄소 축적량과 면적을 이용한 Tier 3 방법 적용

나) 농경지

■ 접근방법

○ 농경지는 한해살이 작물 및 다년생 작물 경작지, 휴한지를 포함하며, 논밭, 고원지대, 과수원, 경작을 포기한 토지로 구성

○ 농경지는 2개의 하위 범주(농경지로 유지된 농경지, 농경지로 전용된 토지)로 분류

■ 농경지로 유지된 농경지

○ 농경지로 유지된 농경지에서의 활성 바이오매스 탄소 축적량 변화는 다년생 작물만을 대상으로 하며, Tier 2 방법을 사용

○ 무기 토양의 탄소 축적량 변화는 전국의 농경지를 대상으로, Rothamsted Carbon Model(Roth C)라는 Tier 3 방법을 사용

○ 유기 토양의 탄소 배출량 변화는 경작된 유기 토지에서 배출되는 현장 배출과 수용성 탄소로부터 배출되는 외부 배출로 분류

○ 유기 토양의 현장 배출량은 IPCC 가이드라인의 Tier 1,2 방법을 사용하여 산정



- 유기 토양의 외부 배출량은 습지 가이드라인의 Tier 1 방법을 사용하여 산정

■ 타토지에서 전용된 농경지

- 산림지에서 전용된 농경지에서의 활성 바이오매스 탄소 축적량 변화는 Tier 2 방법으로 산정 이외의 토지이용에서 전용된 농경지는 Tier 1 방법으로 산정
- 산림지에서 전용된 농경지에서의 사후 유기물의 탄소 축적량 변화는 CENTURY-jfos 모델로 얻은 산림지의 사후 유기체 탄소 축적량을 사용한 Tier 2 방법으로 산정, 이외의 토지이용에서 전용된 농경지는 NA로 보고
- 타토지에서 전용된 농경지에서 무기 토양과 유기 토양에서의 탄소 축적량 변화는 농경지로 유지된 농경지에서 일관 계산하므로 IE로 보고

다) 초지

■ 접근방법

- 초지는 2개의 하위 범주(초지로 유지된 초지, 초지로 전용된 토지)로 분류

■ 초지로 유지된 초지

- 초지로 유지된 초지는 목초지, 방목지, 야생지로 소분류
- 초지로 유지된 초지의 탄소 축적량 변화는 농경지에서 유지된 농경지와 같은 방법으로 산정

■ 타토지에서 전용된 초지

- 산림지나 농경지에서 초지로 전용된 토지의 활성 바이오매스 탄소 축적량 변화는 Tier 2 방법을, 이외의 토지이용에서 초지로 전용된 토지는 Tier 1 방법을 사용
- 산림지에서 초지로 전용된 토지의 사후 유기체 탄소 축적량 변화는 Tier 2 방법으로 산정, 이외의 토지이용에서 초지로 전용된 토지는 NA로 보고
- 무기 토양의 탄소 축적량 변화는 목초지를 대상으로 Roth C 방법을 사용

라) 습지

■ 접근방법

- 습지는 이탄 토지, 범람된 토지, 기타 토지를 포함
- 습지는 2개의 하위 범주(습지로 유지된 습지, 습지로 전용된 토지)로 분류

■ 습지로 유지된 습지

- 일본에서 이탄이 추출되고 있지만 정확한 추출량을 산정할 수 없어서, 현장과 외부의 이탄 추출로 인한 개략적인 방출량을 Tier 1 방법으로 산정

■ 타토지에서 전용된 습지

- 습지로 전용된 토지의 활성 바이오매스 탄소 축적량은 Tier 2 방법으로 산정
- 산림지에서 습지로 전용된 토지의 사후 유기체 탄소 축적량은 Tier 2 방법으로 산정

마) 정주지

■ 접근방법

- 정주지는 2개의 하위 범주(정주지로 유지된 정주지, 정주지로 전용된 토지)로 분류
- 정주지는 특수 녹지 보전 시설, 도시 녹지 시설, 기타로 구성됨

■ 정주지로 유지된 정주지

- 도시 녹지 시설은 RV(Revegetation)과 일치하나 특수 녹지 보전 시설은 RV에 해당하지 않음. CRF 테이블에서 특수 녹지 보전 시설은 RV 활동이 없는 도시 녹지, 도시 녹지 시설은 RV 활동이 있는 도시 녹지로 설명.

- 특수 녹지 보전 시설은 Tier 2a 방법을, 도시 녹지 시설은 Tier 2b 방법으로 산정

■ 타토지에서 전용된 정주지

- 정주지로 전용된 토지의 활성 바이오매스 탄소 축적량 변화는 전용 전후의 축적량 변화와 Tier 2b 방법을 적용한 연간 축적량의 변화를 더하여 산정

- 산림지에서 전용된 정주지의 고목은 Tier 2 방법을 사용하여 산정



- 정주지로 전용된 토양의 탄소 축적량 변화는 Tier 2 방법으로 산정

바) 기타토지

■ 접근방법

- 기타 토지는 LULUCF 5개 범주에 포함되지 않는 나지, 바위, 빙하지대로 2006 IPCC 가이드라인을 따름

■ 기타토지로 유지된 기타토지

- 일본 국토정보국에서 제공하는 전국 도도부현, 시정촌 별 면적 조사의 총 국토면적에서 LULUCF 5개 부문 면적을 공제하여 산정

■ 타토지에서 전용된 기타토지

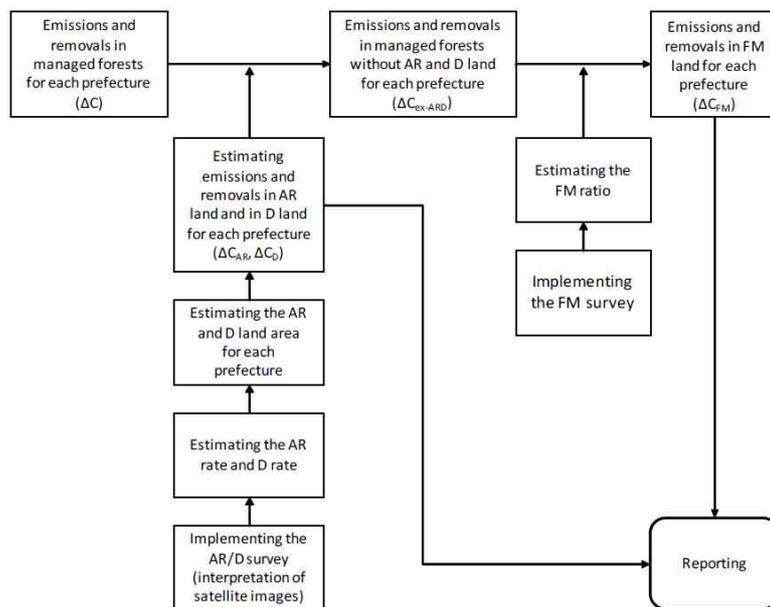
- 타토지에서 전용된 기타토지는 채석으로 인해 전용된 토지와 자연 재해로 인해 피해를 입은 토지를 포함
- CENTRY_jfos 모델을 사용하여 산림지의 죽은 유기물 탄소 축적량을 산정하고, 산림지에서 전용된 기타 토지의 탄소 축적량 변화를 Tier 2 방법으로 산정

나. 일본의 공간영상정보 활용

1) 신규 조림·재조림 면적 및 감소 면적 파악 방법

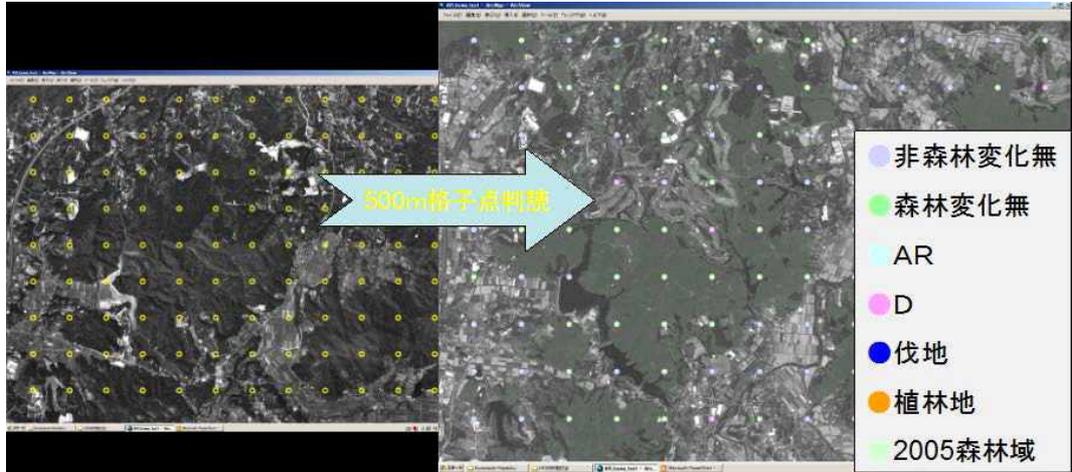
가) 단계

- 1989년 수치정사영상과 최근의 위성사진을 기반으로 토지의 공간평가단위(면적 0.3ha, 폭 20m)를 고려하여 각 플롯의 산림지 피복 변화 파악
- 구체적인 절차는 다음과 같음



[그림 II -33] Procedures of estimating emissions and removals for AR, D and FM activities

- 전국에 500m 간격으로, 약 150만 개의 격자 모양 플롯을 설정
- 산림지로 전용된 AR 플롯과 산림지에서 다른 토지이용으로 전용된 D 플롯을 파악
- 1990년-2016년 AR 비율은 1989년 수치정사영상과 2015년과 2016년 SPOT/7HRV-P의 위성사진을 비교하여 산정
- 1990년-2016년 D 비율은 AR과 동일한 절차로 산정되지만 2006년의 D 비율을 산정하는 방식은 다르며, 영상을 기반으로 하기 때문에 과대 추정의 가능성 존재
- AR 면적과 D 면적은 산정된 발생 비율과 각 현의 면적을 곱하여 산정



[그림 II -34] 사진판독에 의한 ARD 파악

나) 사용 데이터

[표 II -21] ARD 면적을 파악하는데 사용된 데이터

구분	해상도	데이터 형식
Ortho air-photo(1989년 말)	1 m	래스터
SPOT 5/HRV-P (2005년, 2007년, 2009년-2013년)	2.5 m	래스터
SPOT6/7/HRV-P (2015년, 2016년)	1.5 m	래스터

다) 삼림 벌채된 토지이용 변화

- 위의 방법으로는 D 면적의 지속적인 변화를 알 수 없어, 디지털 국토 정보를 사용해 토지이용 메쉬 데이터를 집계하여 경향 파악
- 벌채된 산림지가 다시 전용된 경우는 드물기 때문에 일본에서는 D 판독 플랫폼에서 전용은 발생하지 않는 것으로 가정

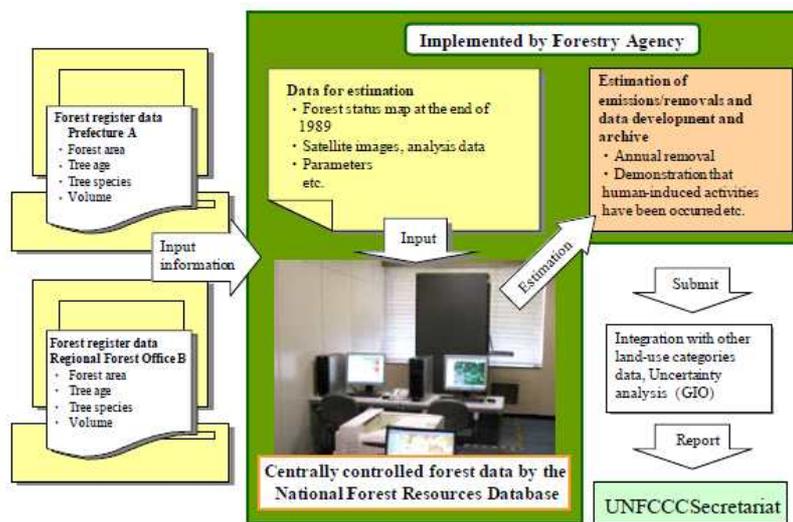
2) 산림지 관리 면적의 파악 방법

가) 개요

- 일본은 산림 관리 유형에 따라 ikusei-rin forest(인위적으로 재생된 산림)과 tennensei-rin forest(자연적으로 재생된 산림)으로 분류
- 산림 관리 대상지를 식별하기 위해 국가 산림 자원 데이터베이스에서 민간 산림과 국가 삼림을 대상으로 무작위 추출하여 현장조사
- Ikusei-rin 산림은 현장조사 결과에서 AR 면적을 제외한 면적에 중, 지역, 연령별 FM 비율을 곱하여 계산
- Tennensei-rin 산림은 법에 의해 벌목 활동이나 토지이용 변화에 제약을 받는 지역으로, 국가 산림 자원 데이터베이스를 사용하여 식별

나) 사용 데이터

- 지역 산림청에서 개발한 산림 등록 정보과 수확량 표를 기반으로 데이터 구축
- 배출량과 흡수량을 산정하기 위해 NFRDB(National Forest Resource Database)를 개발
- NFRDB는 산출, 보고, 관리에 필요한 정보 등의 데이터 소스를 보관하는 산림 등록 정보와 수치지상영상, 위성사진 같은 지리적 위치 정보를 포함



[그림 II -35] Summary of the National Forest Resources Database



3) 농경지 관리 면적의 파악 방법

- 지방의 토지이용 범주 파악 및 현재 농경지 면적의 산출에는 농림수산성의 경작 및 재배 면적 통계를 활용
- 산림지에서 농경지로 전용된 토지는 D 활동으로 분류되므로 농경지 관리 면적은 현재 농경지 면적에서 산림지나 농경지로 전용된 토지 면적, 즉 D의 면적과의 차이로 계산
- KP Supplement에 따라 1991년과 2012년 사이에 농경지에서 전용된 토지는 농경지 관리에 포함되지 않지만, 2013년 이후에 농경지에서 전용된 토지 면적은 농경지 관리에 포함됨
- 농림수산부 재배 및 경작 통계로 파악되는 매 해 경작지 감소 면적은 현재 경작지가 아니면서 CM 활동에 해당하는 지역을 포함하며, 감소된 경작지 면적은 CM 활동 면적에서 AR 면적을 공제하여 산정

4) 목초지 관리 면적의 파악 방법

- 농림수산성의 경작 및 재배 면적 통계를 바탕으로 GM 면적을 산출하고, D 활동과 AR 활동 면적은 CM과 같은 방법으로 산정

5) 식생 회복 면적의 파악 방법

[표Ⅱ-22] 면적 산정에 사용된 데이터

시설녹지	데이터 유형	사용 데이터 검색 방법
도시공원	도시 공원의 면적	도시공원 현황조사 (2008년 ~ 2016년)
도로녹지	고목의 수	도로 수목 현황조사(1987년, 1992년, 1997년, 2002년, 2007년~2014년)
	고목 1개당 토지 면적	도로 고목에 관한 기초 데이터 조사(2007년 2월 실시)
항만 녹지	서비스 면적	전수조사 (2008년 ~ 2016년)
하수 처리 시설 구획(構綠) ²² 지	녹지 면적	하수 처리장 실태 조사 (2008년 ~ 2016년)

녹화 시설 정비 계획으로 정비된 사유 녹지	녹지 면적 변면 녹화 면적 고목의 수	사유 녹지에 대한 녹화 지역 정비 계획 지원서 도시 녹지 실태 조사 (2008년 ~ 2016년)
하천·사방 녹지	재배 면적	하천의 이산화탄소 흡수원 조사 (2008년 ~ 2016년)
관청시설 구록(構綠)지	총 부지 및 건축면적	전수조사 (2008년 ~ 2016년)
공공임대주택 구록(構綠)지	총 부지 및 건축면적	공공임대주택 내 나무심기 진행률 조사 (2008년 ~ 2016년 말)

22) 구록(構綠) : 녹지 주변



다. 일본의 토지 매트릭스 구축

1) 국가인벤토리 보고서(NIR)와 관련 다른 데이터와의 비교

- 토지이용범주에서 ‘유지된 토지’와 ‘전용된 토지’의 면적은 모두 기존통계를 바탕으로 파악하며, 기존통계를 통해 토지 면적을 구분할 수 없는 토지에 대해서는 현황 면적의 비율 등을 이용한 추정을 통해 파악
- 기존통계를 통해 직접 파악할 수 없는 일부 토지에 대해서는 내삽에 의한 추계, 각 토지이용범주의 현황 면적 비율을 이용한 전용 면적 추이 및 다년간의 전용 면적 비율을 이용한 전용면적 추이의 방식을 사용
- 특히 일본의 농경지부문의 면적은 농림수산성의 「경지 및 면적 통계」를 활용하여 면적을 산정하고 있음

[표 II-23] 일본의 토지이용범주 설정 및 면적 파악 방법

(단위 : Kha)
(NIR 대비 오차범위 : %)

구분	산림지	농경지	초지	습지	정주지	기타 토지	합계
NIR	25,152.0	4,321.5	951.1	1338.0	3,787.0	2,246.6	37,796.2
농림수산성 2012 임야청	25,081.0 (-1.29%)						
농림수산성 2013 통계		4,167.0 (-3.57%)					
국토교통성 2011 통계	25,400.0 (-2.69%) 초지포함	4,560.0 (+5.51%)	산림지에 포함	1,340.0 (+0.14%)	3,260.0 (-13.91%)	3,220.0 (+43.32%)	37,800.0 (+0.01)

출처 : 농림수산성 <http://www.maff.go.jp/>
국토교통성 <http://www.mlit.go.jp/>

2) 일본의 토지 매트릭스

- 일본에서는 1989년 말의 수치정사영상(orthophoto) 및 최근의 위성 영상을 이용하여 토지 단위의 공간 평가 단위(면적 0.3 ha, 폭 20 m)를 고려하여 각 플롯의 산림지 피복의 변화를 파악하고 있음
- 교토의정서에 따른 산림지는 보고의 기초 데이터로 산정한 디렉토리를 사용하고 있으나, 산림지부에서는 AR 및 D를 산림지 디렉토리가 아닌 항공 수치정사영상(orthophotos) 사진과 위성영상의 판독에 의해 파악하고 있기 때문에 1990년 ~ 2005년도의 실제 산림지 상황과의 비교가 어렵고, 산림지 디렉토리에 대해 직접적으로 인위적인 AR 및 그 이외의 원인에 의한 산림지 증가를 구분하기 어려움
- 항공 수치정사영상(orthophotos)사진 및 위성사진을 바탕으로 한 산림지 감소율을 통해 구한 과대 또는 과소 추계 내용에서는 D 비율이 과대 추계 되고 있을 가능성이 존재

[표 II -24] 일본의 토지 매트릭스(1990-2013)

(단위 : Kha)

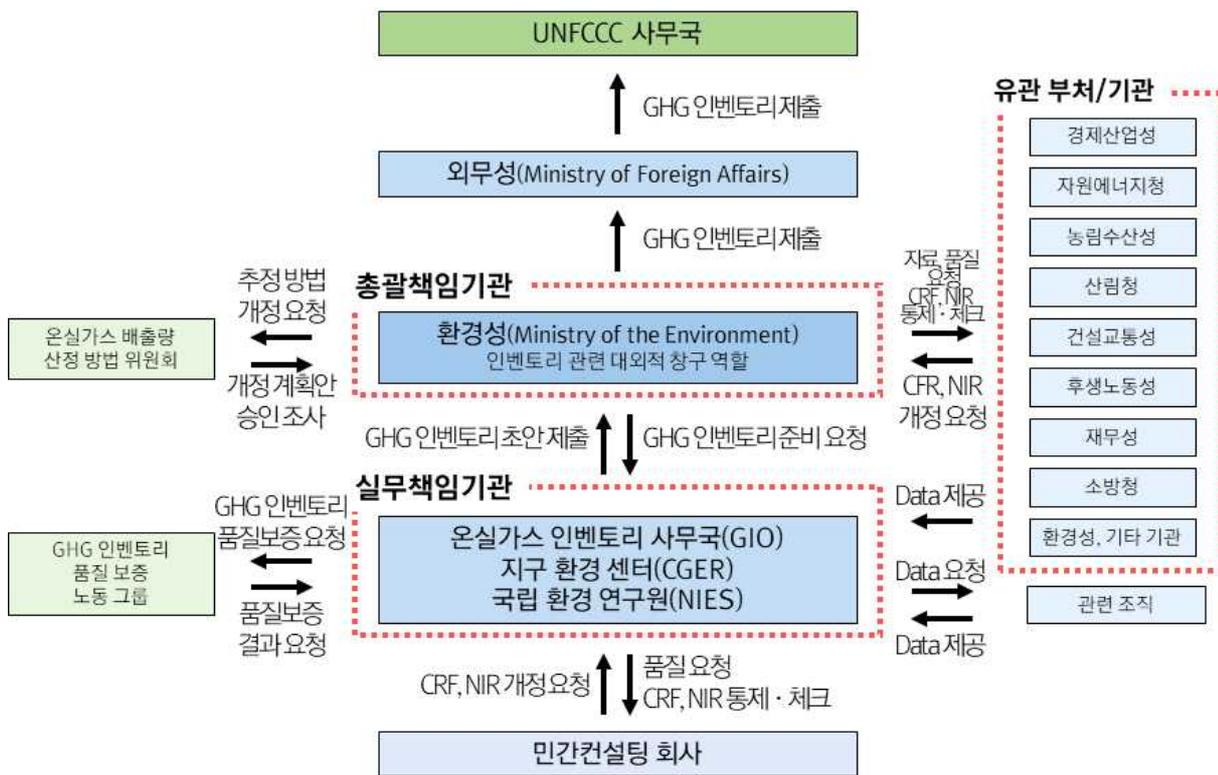
1990 \ 2013	산림지		농경지	초지		습지		정주지	기타 토지	합계	
	관리	미관리		관리	미관리	관리	미관리				
산림지	관리	25,119.3	-	32.3	6.0	-	14.5	-	229.7	63.2	25,465.0
	미관리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
농경지		23.6	-	4,267.3	21.0	-	1.1	-	335.2	57.2	4,705.4
초지	관리	5.4	-	0.5	922.9	-	0.4	-	51.0	7.6	987.8
	미관리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
습지	관리	0.02	-	1.1	0.4	-	1,318	-	IE	IE	1,319.5
	미관리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
정주지		2.3	-	IE	NO	-	0.1	-	3,171.1	IE	3,173.5
기타토지		1.4	-	20.3	0.8	-	4.0	-	IE	2,118.6	2,145.1
합계		25,152.0	-	4,321.5	951.1	-	1,338.0	-	3,787.0	2,246.6	37,796.2
변화량		-313.0	-	-383.9	-36.7	-	18.5	-	613.5	101.6	0

주) 'IE'로 표시된 면적은 국토 총면적과 조정항(調整項)의 합으로의 의미를 가지는 "유지된 기타토지"에 포함

라. 일본의 국가인벤토리 작성체계 및 절차

1) 업무분장체계

- 일본의 국가인벤토리 총괄책임기관은 환경부(Ministry of Environment, MOE)로 국가인벤토리에 관련된 전반적인 책임과 인벤토리 품질 개선을 담당
- CRF 및 NIR의 작성, 배출량과 흡수량 추정과 같은 실질적 인벤토리 활동을 수행하는 실무책임기관은 국립환경연구원의 지구환경센터(Center for Global Environmental Research of the National Institute for Environmental Studies) 내의 온실가스 인벤토리 사무국(GIO : Greenhouse Gas Inventory Office of Japan)임
- 실질적인 온실가스 배출통계 작성은 민간 전문 컨설팅회사인 MURC(Mitsubishi UFJ Research and Consulting)에서 담당



[그림 II -36] 일본의 배출통계 관리 및 작성체계

2) 작성 절차

- 온실가스 인벤토리는 ①인벤토리 개선에 대한 토론, ②위원회 회의 개최, ③자료 수집, ④CRF 및 NIR 초안 준비, ⑤외부 QC 실시 및 관련 부서와의 조정, ⑥CRF와 NIR 초안 수정, ⑦국가인벤토리 보고서 제출 및 공식 발표, ⑧QA-WG의 회의 개최의 단계를 거쳐 작성됨
- MOE 및 GIO는 UNFCCC의 인벤토리 검토 결과에 기초하여, 이전 인벤토리 준비과정에서 결정된 개선 요구사항 뿐만 아니라 인벤토리 품질보증 워킹그룹(QA-WG : Inventory Quality Assurance Working Group)의 권고사항, 위원회에서 확인된 개선 필요 사항들을 확인
- MOE는 분야 별 전문가에 의해 연간 인벤토리 추정 방법과 기술적 검토가 필요한 사항을 토론하는 위원회 회의를 개최
- 최종 수치의 추정을 위해 필수자료의 수집이 실시되고 업데이트를 필요로 하는 잠정치 추정에 사용된 자료의 검토가 수행됨
- 자료입력과 배출량 및 흡수량 추정은 통계표를 포함하는 인벤토리 파일(JNGI : Japan National GHG Inventory files)을 이용해서 동시에 수행됨
- 그 후, 주요 배출원(key category) 분석 및 불확실성 평가가 수행됨. NIR과 KP-NIR의 초안은 MOE 및 GIO에 의해 만들어진 일반 지침서에 따라 준비되며, MOE 및 GIO는 이에 대해 수정이 필요한지, 인벤토리 개선을 위한 토론 단계에서 논의된 사항에 대한 추가 설명이 요구되는지를 확인함
- GIO 및 민간컨설팅 회사는 자료를 업데이트하고 이전 NIR와 KP-NIR에 있는 설명을 수정, 추가해서 새로운 NIR 및 KP-NIR를 준비함
- 민간 컨설팅 회사는 QC 활동을 담당하여, GIO에 의해 준비된 NIR의 초안 검토를 수행. 이후 GIO는 MOE와 관련기관에 인벤토리의 제1차 초안을 발송하여 필요한 수정작업 실시. GIO, 민간 컨설팅 회사 및 관련 정부기관이 함께 다음의 QC 과정을 통해 신뢰도 검증 실시



- 제2차 초안은 초안 수정에 대한 MOE, GIO 및 관련 부서기관 간의 논의 후 작성됨. 최종 확인을 위해 관련 부서기관에 다시 발송되고, 추가 수정 사항이 없을 경우, 최종안으로 결정됨
- 인벤토리는 외무부를 통해 MOE에 의해 UNFCCC 사무국으로 제출됨. 추정된 온실가스 배출흡수량에 대한 정보는 공식적으로 공표되고 관련 정보를 추가하여 MOE의 홈페이지에 수록되고, 인벤토리는 GIO의 홈페이지에 수록됨
- 직접적으로 인벤토리 준비 과정에 참여하지 않은 전문가로 구성된 QA-WG는 인벤토리의 품질을 확인하고 개선점을 파악. GIO는 인벤토리 개선 프로그램의 일환으로 QA-WG가 건의한 개선사항을 종합하고, 인벤토리 추정 방법 논의와 인벤토리 준비과정에 반영

5. IPCC 지침 및 주요 국가의 온실가스 산출과 산정 방법 · 산정체계 비교(핀란드)

가. 핀란드의 LULUCF 분야 산정 방법

1) 토지이용범주 및 면적파악 방법

- 2016년 핀란드의 온실가스 배출량은 58.8 Mt CO₂ eq.이었고, 이는 1990년 배출량보다 18% 감소한, 2015년 배출량보다 6% 증가한 수치임. 배출량에서 가장 많은 부분을 차지한 분야는 에너지였음.

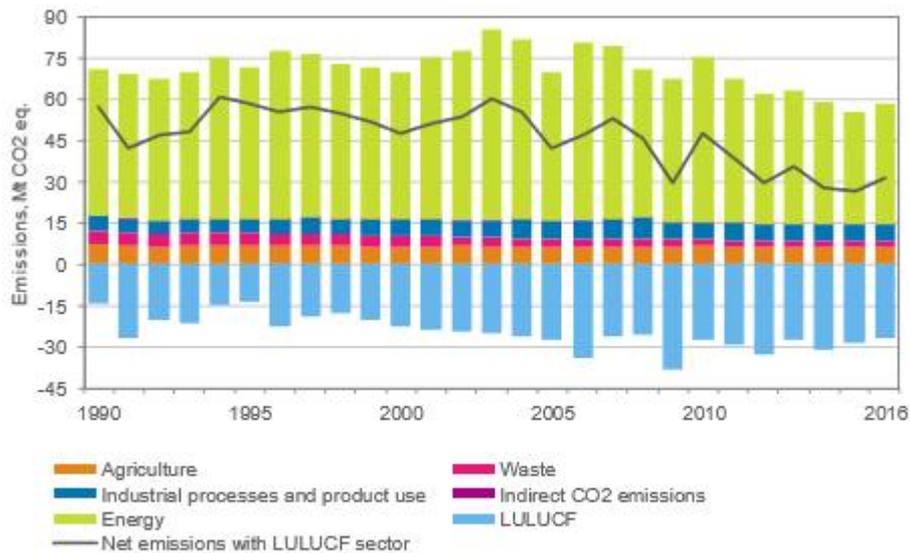


Figure ES.3-2 Greenhouse gas emissions and removals in Finland by reporting sector (Mt CO₂ eq.) and net CO₂ equivalent emissions (emissions plus removals). Emissions are positive and removals negative quantities

[그림 II -37] 핀란드의 연간 탄소 배출량 및 흡수량

- 2016년 핀란드의 LULUCF 분야 탄소 흡수량은 27.1 Mt CO₂ eq.에 해당하였고, 이는 LULUCF 분야를 제외한 총 배출량의 47%에 해당함

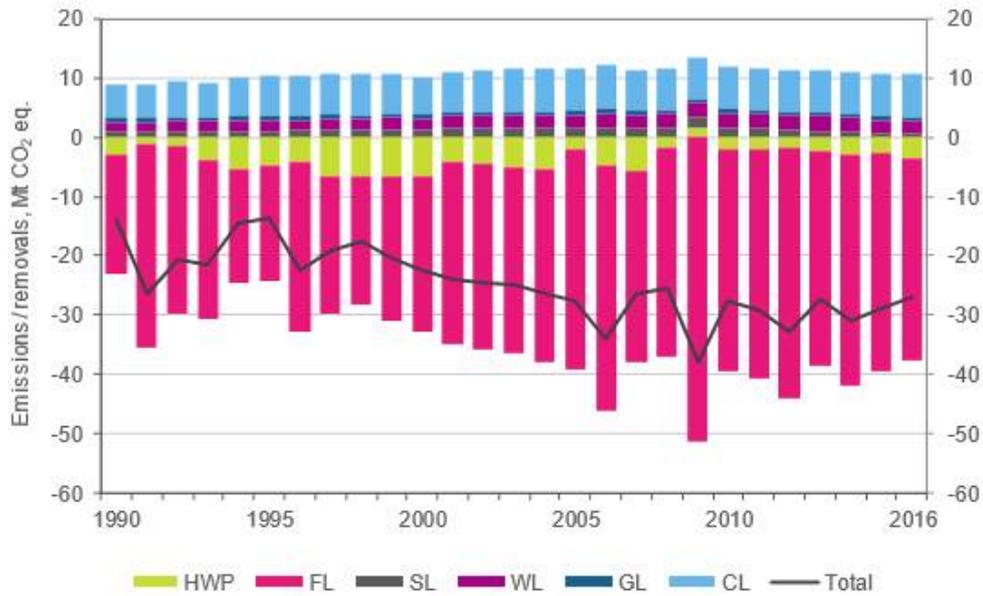


Figure 6.1-1 Net emissions and removals in the LULUCF sector by land-use category and harvested wood products, Mt CO₂ eq.

[그림 II -38] 핀란드의 LULUCF 범주별 연간 배출량 (1990-2017)

- IPCC 토지이용분류에 따라 핀란드의 통계 등에서 사용하는 토지이용 분류를 다음 표와 같이 구분하고 있음

[표 II-25] 핀란드의 토지이용 분류

IPCC 카테고리	핀란드 토지이용 분류
산림지	산림지
	저생산성 산림지
	기타 산림 지역 토지
농경지	자연초지, 바이오에너지 식물 생산을 위한 토지를 제외한 경지
초지	농경지 이외의 경지
습지	산림지에 해당하지 않는 저생산성 산림지
	생산성이 없는 유기질 토양
	시가지 내의 이탄 생산지
	내수면
정주지	이탄 생산지 이외의 시가지
	임업을 위한 건조환경을 포함하는 산림지역
	농업을 위한 도로, 건물 등을 포함하는 경지
	도로, 전력공급선 등
기타 토지	산림지에 포함되지 않는 저생산성 산림지
	생산성이 없는 무기질 토양

- 지형 데이터베이스 기반 핀란드 국가 토지조사(National Land Survey of Finland)에서 매년 공표하는 국토면적을 공식 토지면적으로 사용
- 토지이용범주별 면적 산정은 핀란드 산림지연구소(Metla)가 수행하고 있는 핀란드 국가 산림지 인벤토리(NFI, National Forest Inventory)를 사용하며, 토지이용변화의 감지에 대해서는 NFI 자료를 기반으로 항공사진과 위성사진 등의 공간자료를 사용하여 정합성 향상을 시도함

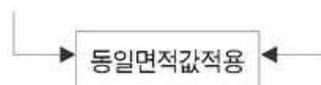
[표 II-26] 면적추정 관련 자료출처

자료출처	토지면적
Land Survey of Finland	전체국토면적
NFI	토지이용 부문별 비율
Information Centre of the Ministry of Agriculture and Forestry	농경지, 초지 일부
Other	이탄산업협회

2) 면적추정 방법론

- NFI data를 IPCC 토지이용범주에 맞춰 분류
 - NFI8(1986~1994), NFI9(1996~2003), NFI10(2004~) 데이터로부터 산림지 센터 관할로 단위지역별로 추정된 전체 토지면적에 대한 토지이용범주별 면적 비율을 구함
 - 산림지 경계지도(Forest boundary map)는 면적 추정에 이용하지 않으며 2004년 GHG Inventory부터 각 지역별로 조사된 최신 자료가 적용됨

	1990	1991	1992	1993	1994	2001	2002	2003	2004	2005
Region1			VMI8			VMI9				
Region2	VMI8									
Region3					VMI8					



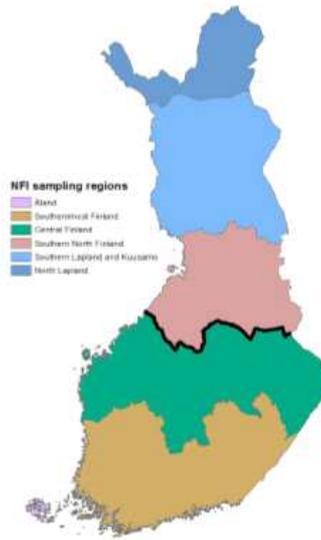
[그림 II-39] 면적추정 예시

3) 토지이용부문별 접근방법

가) 산림지

■ NFI 기반의 토지면적 추정

- 표본점 매치는 토지이용범주의 변이와 임목축적구조 변이에 맞춰 설계됨
- 면적 추정은 전체 토지면적과 토지이용범주별로 떨어진 표본점 중심점의 개수를 기반으로 함



[그림 II -40] 핀란드 NFI 샘플링 지역

■ 방법론적 이슈사항

- 산림지 내 생물 바이오매스에 의한 탄소의 변화량은 Tier 3 방법을 사용하여 계산

나) 농경지

■ 무기토양

- 무기질의 경작지 면적은 농업통계연보(Yearbook of Farm Statistics)에 보고된 경작지 면적으로부터 유기토양 면적을 제외하고 남은 값으로 산정

■ 유기토양

- 1990~2004년의 면적추정은 농업 부문에서 다루어지며, 1970~1987년의 면적 변화치 추정은 보간법으로 구하였고, 1988~1989년에 대해서는 보외법으로 구함



■ 방법론적 이슈사항

- 농경지 내 생물 바이오매스에 의한 탄소의 변화량은 Tier 2 방법을 사용하여 계산

다) 초지

- 면적 추정은 NFI에 보고되어진 농경지 토양(agriculture soil)면적에서 활용된 농경지면적(초지나 5년생 이상의 목초지가 없는 농경지)을 제외하고 산정

■ 방법론적 이슈사항

- 초지내 생물 바이오매스 의한 탄소의 변화량은 Tier 3 방법을 사용하여 계산

라) 습지

- 습지로 전용된 토지에 해당하는 범주에 대해 이탄 추출지역으로부터의 CO₂, N₂O, CH₄의 배출량이 보고됨

■ 방법론적 이슈사항

- 습지 내 생물 바이오매스에 의한 탄소의 변화량은 Tier 3 방법을 사용하여 계산

마) 정주지 및 기타토지

- 정주지는 시가지, 교통시설 및 송전선 등으로 구성, 면적추정은 NFI 자료에 근거

- 기타토지는 고산림지역, 국가기준에 따라 산림지로 구분은 될 수 있지만 산림지정의의 임계치를 충족하지 못하는 지역과 NFI에서 농경지로 구분되지만 농경지나 초지 범주에 포함되지 않는 지역 등을 포함

■ 방법론적 이슈사항

- 정주지내 생물 바이오매스에 의한 탄소의 변화량은 Tier 3 방법을 사용하여 계산하고, 고사목·낙엽지 등에 의한 탄소의 변화량은 Tier 2 방법에 의해 계산

바) Harvested Wood Products

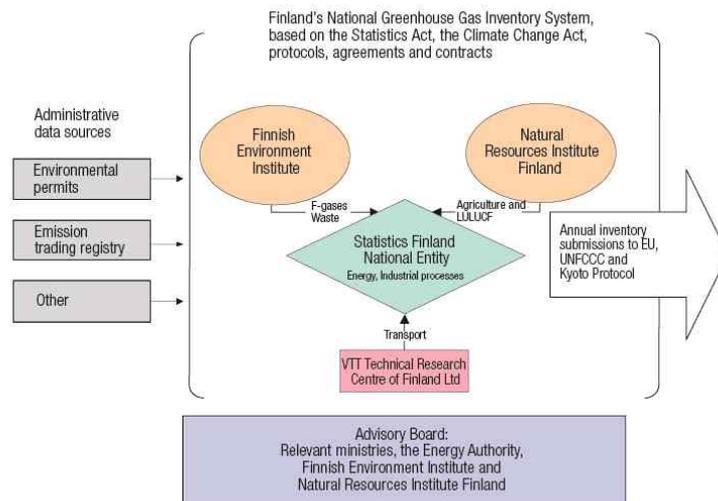
■ 방법론적 이슈사항

- Harvested Wood Products를 산정하기 위해 2006 IPCC 가이드라인에 따라 생산 접근법(Production Approach) 2A와 2B를 사용

나. 핀란드의 국가인벤토리 작성체계 및 절차

1) 업무분장체계

- 핀란드는 2003년 1월 30일 정부결의안(government resolution)에 의해 환경부에서 통계청(Statistics Finland)으로 인벤토리 총괄책임기관을 변경
- 통계청은 국가 배출 인벤토리의 작성과 품질 관리를 책임지며 관리 목적으로 데이터에 접근할 수 있는 권한을 가짐
- GHG 자문위원회(Advisory Board of the Greenhouse Gas Inventory)는 전문가와 유관 부처의 대표로 구성되며, 유관 기관 간 협력, 정보 교환 및 업무 조정을 관장하고 인벤토리의 개선과 품질을 검토
- 2010년부터 Finavia(구 민간 항공청)에서 담당했던 항공자료 계산 업무를 통계청에서 담당



[그림 II -41] 핀란드의 배출통계 관리 및 작성체계



2) 작성 절차

- 인벤토리 작성과정은 인벤토리 계획, 준비, 평가, 개선의 단계
 - 인벤토리 계획(planning)
 - 인벤토리 작성 연간계획을 수립 및 부문별 작성의 책임이 있는 전문기관에 배포
 - 인벤토리 준비(preparation)
 - 인벤토리 작성, QC, 불확실성 평가 수행. 또한 인벤토리 작성을 위한 내부 문서 작성 및 결과에 대해서 보고
 - 인벤토리 평가(evaluation)
 - QA는 내부평가(internal self-evaluation), 전문가 재검토(peer review), 감사(audit), 자료검증(data verification), 시스템 재검토(system review) 과정으로 나누어짐
 - 문서화(documentation and archiving)
 - 인벤토리 문서는 인벤토리 자료와 추정된 배출량을 설명하는 메타 데이터로 구성
 - 불확실성 평가와 주목해야 할 카테고리 식별(uncertainty assessment and key category identification)
 - 기준 연도와 가장 최근 연도의 배출량 수준 및 배출추이에 대한 불확실성을 추정
 - 주요 배출원(key category) 분석 결과는 인벤토리 개선, 작성 방법의 선택에 사용
 - 인벤토리 개선(inventory improvement)
 - 품질관리과정과 주요 배출원(key category) 분석의 인벤토리 평가, 이전 인벤토리에 대한 UNFCCC의 의견 등에 기초하여 인벤토리 개선이 이루어짐
 - 재산정(recalculations)
 - 인벤토리의 재산정은 배출계수와 활동자료에서의 변화 등 방법적 개선, 새로운 배출원 포함 및 에러, 누락, 중복, 시계열 불일치 수정 등이 발생할 때 수행

6. 시사점

가. 각 국가별 상황에 맞추어 산정방법을 개발하여 적용

- 영국의 경우 국가통계와 공간영상정보를 함께 사용하며 산정에 따른 오차를 줄이고 있음
- 뉴질랜드의 경우 LUCAS 프로그램을 활용하여 토지이용 매핑과 각 토지이용범주별 토지이용변화 데이터 도출이 가능하도록 개발하여 사용
- 일본은 대부분 과거 전용 면적 비율을 이용하여 면적 추계를 하고 있으며, 산림지부분의 경우만 영상자료를 일부 사용
- 영국, 일본은 연간 변화 추정을 위해 과거의 면적비율을 활용하여 보간법을 통한 산정 및 보정이 이루어지고 있음

[표 II-27] 국가별 LULUCF 분야 토지 매트릭스 구축 시사점

구분	내용
영국	<ul style="list-style-type: none"> · 데이터가 확보되지 않은 토지 이용 변화의 데이터는 측정주기에 걸쳐 균일하다고 가정함으로써 연간 변화를 추정하는데 사용 · 변경된 초지는 CS1990, 1998, 2007로부터 데이터 사용 · 통계간의 면적을 비교한 결과 다양한 면적 차이가 나타남 · 영국 NIR에 보고된 면적은 국가통계와 영상정보를 혼합하여 사용한 것으로 나타남
뉴질랜드	<ul style="list-style-type: none"> · LULUCF 분야의 새로운 데이터 수집과 모델링 프로그램 LUCAS 활용 · LUCAS gateway 레이어 구성요소 : 데이터, 검증, 추출 · 2012년 LUM은 2008년-2012년 간 토지전용을 감별하고, 2008년 지도를 기반으로 신규정보를 반영하여 제작 · NIR 보고된 면적은 LUCAS LAND USE MAP의 면적과 일치하는 것으로 나타남 · 뉴질랜드 LULUCF 분야의 사용 통계는 영상정보만 활용한 것으로 나타남
일본	<ul style="list-style-type: none"> · 타토지범주에서 산림지로 전용된 토지의 면적은 기존 통계와 함께 수치정사영상(orthophotos), 최근의 위성사진을 이용하여 파악 · 도시 녹지 대한 정보는 국토교통성이 관할하는 도시 녹지에 관련된 통계, 조사에서 파악 · 직접 파악할 수 없는 통계는 내삽에 의한 추계 · 각 토지이용 범주의 현황 면적의 비율을 이용한 전용 면적의 면적 추이 · 몇 년간 전용 면적 비율을 이용하여 전용면적의 면적 추이
핀란드	<ul style="list-style-type: none"> · 전체 토지면적은 핀란드 국가 토지조사(National Land Survey of Finland)에 의해 매년 고시되는 공식 토지면적을 활용 · 토지이용범주별 면적 추정은 핀란드 국가 산림지 인벤토리(NFI)를 기반으로 산정 · NFI data를 IPCC 토지이용범주에 맞춰 분류 · 산림지센터 관할 단위지역별로 추정된 전체 토지면적에 대한 토지이용범주별 면적 비율을 구함
시사점	<ul style="list-style-type: none"> · 연간 변화를 추정하기 위해 내삽 적용 · 몇 년간 전용 면적 비율을 이용하여 전용 면적의 면적 추이



구분	내용
	<ul style="list-style-type: none"> · 변경된 토지는 영상정보를 이용하여 파악 · 영국, 일본은 국가통계와 영상정보를 혼합하여 면적 산출 · 뉴질랜드는 전용면적에 대해 공간영상 정보만을 활용함 · 도시 녹지 대한 정보는 통계, 조사자료를 활용하여 파악 · NFI data를 IPCC 토지이용범주에 맞춰 분류

나. 공간영상정보를 활용한 기초데이터 구축 필요

- LULUCF 분야 온실가스 통계를 구축하기 위해서는 6가지 용도별 면적과 함께 타 토지로의 전용정보의 정확한 파악이 필요
 - LULUCF 분야 산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지, 기타토지 등 총 6가지 토지이용범주로 구분된 용도별 면적 산출이 필요하며, 유지된 토지면적과 타토지에서 전용된 면적의 산출을 통해 온실가스 통계가 구축되기 때문에 과거 타토지에서 현재 시점의 토지로의 전용정보 구축이 필요
 - 그러나 현재 우리나라는 이러한 범주별 면적자료와 전용정보의 부재로 인하여 각 부문별 온실가스 통계 구축이 이루어지지 않고 있음
 - 영국의 경우 공간영상정보와 CS 자료를 혼합하여 사용 중이며, 뉴질랜드는 영상정보를 통하여 토지이용범주별 면적을 산출
- 이를 위해 위성영상을 활용한 LULUCF 분야 토지이용분류 항목을 추출하고, 이것을 바탕으로 LULUCF 분야 6가지 토지이용범주별 공간정보 추출의 활용 필요
 - 우리나라도 그 간의 영상정보를 활용하여 현재의 지적통계 등 국가승인통계와 병행하여 사용할 필요가 있음

[표 II-28] 국가별 LULUCF 분야 산정을 위한 활동자료 비교

IPCC 토지이용 구분	통계(조사)명				
	영국	뉴질랜드	일본	핀란드	대한민국
산림지	<ul style="list-style-type: none"> · 산림지통계연보 · 디지털 맵 · Woodland Statistics · 벌목 	LUCAS LAND USE MAP (공간 영상정보)	· 산림지 자원 현황 조사	· 핀란드 국가 산림지 인벤토리(NFI)	· 임업통계연보

농경지	<ul style="list-style-type: none"> · June Agricultural Census, The British Survey of Fertiliser Practice · 소방방제서비스, 위성영상 · Fenland Drainage, 토지피복, Arable and Horticulture(BH) 		<ul style="list-style-type: none"> · 경지 및 면적 통계, 세계 농림업 센서스 	<ul style="list-style-type: none"> · 농림통계 	<ul style="list-style-type: none"> · 농업면적조사
초지	<ul style="list-style-type: none"> · Habitat/Landscape Surveys, 벌목허가면허, 소방방제서비스, 위성영상, 농업인구조사(6월), · British Survey of Fertiliser Practice, 토지 유형 자료 		<ul style="list-style-type: none"> · 경지 및 면적 통계, 세계 농림업 센서스, 토지 이용 현황 파악 조사 	<ul style="list-style-type: none"> · 국가통계 	<ul style="list-style-type: none"> · 지적통계
습지	<ul style="list-style-type: none"> · Extraction Site Records, 공간영상정보 		<ul style="list-style-type: none"> · 토지 이용 현황 파악 조사 	<ul style="list-style-type: none"> · 국가통계 	<ul style="list-style-type: none"> · 지적통계
정주지	<ul style="list-style-type: none"> · 공간영상정보 		<ul style="list-style-type: none"> · 토지 이용 현황 파악 조사 · 도시 녹지에 대한 정보는 국토교통성에서 관할하는 도시 녹지에 관련된 통계나 조사에서 파악 	<ul style="list-style-type: none"> · 국가통계 	<ul style="list-style-type: none"> · 지적통계
기타토지	<ul style="list-style-type: none"> · CS 		<ul style="list-style-type: none"> · 전국 시도부현, 시정촌별 면적 조사 	<ul style="list-style-type: none"> · 국가통계 	<ul style="list-style-type: none"> · 전국토 면적에서 산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지 면적 합산을 제외한 나머지 토지 면적



다. 토지이용변화 통계 구축

- 토지이용변화는 과거 20년간의 토지이용변화를 탐지하고 면적을 추정할 수 있는 공간자료가 완전하게 구축되어 있지 못한 현 실정에서 과거 토지이용변화 자료구축을 위해 다양한 영상자료 활용도 고려 필요
- 2015년 현재 기준으로 과거 20년 토지이용변화 자료 구축이 필요하므로, 우리나라 전역을 촬영한 위성영상 자료의 활용 필요
- 현재 과거 토지이용변화 통계구축을 위해 활용될 수 있는 위성영상은 1993년~2004년 LANDSAT(5년 주기) 촬영영상과 2003년~현재 KOMPSAT(28일 주기), 2000년~현재 IKONOS 촬영 영상이 있음
- 각종 위성영상을 활용하여 과거의 변화를 탐지하고, 이를 각 주제도 및 관련 통계자료를 활용하여 보정함으로써 토지이용변화 자료의 구축 필요
- 2000년부터 현재 시점까지 확보가 가능한 위성영상과 각종 공간정보를 활용하여 토지이용변화 통계 자료를 구축
- 구축이 가능한 시점의 토지이용 자료를 확보하여 통계를 구축하고, 보간법을 활용하여 1년 단위의 토지이용변화 통계 자료를 구축
- 일본 공간영상정보 사례는 LULUCF 분야 활용에 맞게 상세히 작성되지 않아 비교분석에서 제외하였으며, 핀란드는 영국의 공간영상정보와 유사하여 제외하였음

[표 II-29] 국가별 LULUCF 분야 활용 공간영상정보 세부비교

	영국	뉴질랜드	대한민국
통계명	LCM 2007	LUCAS Land Use Map 2012	토지피복도 중분류(5차) 2005
기본 영상	· Landsat-TM5, IRS-LISS3, SPOT 5, AWIFS	· SPOT 5-10 m의 해상도	· SPOT 5-2.5 m의 공간 해상도 - 2.5 m의 트루컬러(Truecolor) - 10 m의 컬러 영상(Green, Red, Yellow)
최소 분류	· 최소 표현 가능 너비 : 20 m · 지도화 최소 단위 : 0.5 ha(5,000 m ²)	· 지도화 최소 단위 - 1 ha(10,000 m ²)	· 선형요소 - 중분류 : 폭 3 m

	영국	뉴질랜드	대한민국
기준			<ul style="list-style-type: none"> - 세분류 : 폭 12 m · 면형요소 - 중분류 : 면적 10 m x 10 m(100 m²) - 세분류 : 면적 50 m x 50 m(2,500 m²) · 최소 분류기준과는 별도로 교통지역 항목과 같은 경우 선형 폭이 12 m이하여도 고속도로, 국도, 지방도, 주요 간선도로 등으로 분류
참조 자료	<ul style="list-style-type: none"> · 전국도엽(National Cartography) - The Ordnance Survey MasterMap topography layer(OSMM) - Agricultural census boundaries · 수치표고모델(DEM) - Intermap Technologies Inc.에서 제작한 영국(GB)지역 자료 · 토양(Soils) - 잉글랜드와 웨일스는 크랜필드 대학교 국립토양자원 연구소 - 북아일랜드 : The Agri-Food and Bioscience Institute - 스코틀랜드 : The Macaulay Land Use Research Institute(1:250,000) · 도심지역(Urban area) - Office for National Statistics(ONS) 	<ul style="list-style-type: none"> · New Zealand Land Cover Database(LCDB) 	<ul style="list-style-type: none"> · 국토지리정보원 1:5,000 수치지도 및 1:25,000 수치지도 사용 · DEM 1:5,000 수치지도에서 추출 · IRS-1C/1D, Landsat · 임상도



	영국	뉴질랜드	대한민국
	<ul style="list-style-type: none"> - 스코틀랜드 Urban-Rural Classification 활용(2003-2004년 자료) - 북아일랜드 : NISRA 자료 활용 - 2007 CS data(1978, 1984, 1990, 1998, 2007년) CEH에 의해 수집 - 무작위 1km²지역을 조사하는 랜덤 샘플링 방식 - 2007년 총 591개의 1km²지역을 조사 - 잉글랜드, 스코틀랜드와 웨일스만 조사됨 		
데이터 출처	<ul style="list-style-type: none"> · 영국 전역을 9등분한 위성이미지, 주로 20~30 m의 픽셀사이즈, 일부지역 60 m 픽셀사이즈 	-	<ul style="list-style-type: none"> · 토지피복지도 중분류(5차) - 영산강 권역(전라남·북도 및 제주도지역) 1:25,000 173도엽 - 제주도지역 항공정사사진 이용
제작 방법	<ul style="list-style-type: none"> · 스펙트럼 리모트 센싱 - 프로세스는 리모트 센싱 이미지를 분류된 이미지 변경하는데 사용함 - 분류된 이미지에서 각 픽셀은 이와 관련된 클래스 가짐 · LCM2007에 사용된 알고리즘 - Maximum Likelihood Classifier Knowledge-based enhancements - KBE는 토지의 픽셀을 더 적합한 토지피복 클래스에 재 	<ul style="list-style-type: none"> · 매핑과정(Mapping Process) 1. 폴리곤은 각각의 arc-segment로 독립적으로 동작할 수 있도록 선으로 변환됨 2. 지역 경계 또는 해안을 대 표하는 arc-segment는 보고된 지역의 토지 면적을 제외하고, 뉴질랜드는 영향을 받지 않고 남으며, 레이어 사이의 간격과 겹침을 피함 	<ul style="list-style-type: none"> · 중분류 토지피복제작 작성지침 · 대상지역의 영상자료와 수치지형도(1:25,000), 1:5,000), 임상도 등 · 영상자료를 기준으로 토지피복 경계 및 속성을 판독·분류하고 분류가 모호한 지역은 참조 자료를 활용하여 분류 · 미 분류 항목 등 판독이 어려운 지역에 한하여 현지조사를 실시 후 결과 반영 · 토지피복분류 결과물과 영상자료를 비교·검수하여 오류사항 수정

	영국	뉴질랜드	대한민국
	<p>할당하는 지역적으로 적합한 규정을 포함하고 CM2007의 정확도를 강화함</p> <p>- KBE는 LCM2007 토지 픽셀 중 대략 20%를 수정</p>	<p>3. 개별 arc-segment들은 정점의 수 줄이기 위해 포인트 제거, PAEK알고리즘 이용해 단순화함</p> <p>4. 단순화된 arc-segment와 원본 해안/지역 경계 arc-segment는 polygon 재조립됨</p> <p>5. 원본 LUM 레이어의 폴리곤 특성은 폴리곤에 상응하게 매치됨</p> <p>6. 확인은 앞서 말한 과정에 의해 생성된 폴리곤 가공물에 대해 이루어지고, 새로운 레이어 밖으로 사라짐</p> <p>7. 최종 품질 검사는 각 클래스의 입력과 출력 폴리곤 수 사이의 일대일 대응 관계 확인하게 이루어지며, 각 클래스의 전체 면적은 허용 오차 내에 있음</p>	<p>· 분류항목별로 표본을 추출하고, 해당 지점에 대하여 기준자료와 비교 · 검증·분류정확도 평가</p>
<p>분류 일반 사항</p>	<p>· 2,000만 x 2,000만 픽셀 위성 데이터로부터 얻을 수 있는 토지피복의 최대 공간 해상도</p> <p>· LCM2007은 34 multi-date 여름-겨울 이미지가 혼합된 70장 이상의 위성 이미지에서 만들어짐</p>	-	<p>· 동일 속성을 가진 인접 분류경계의 폐합은 경계 간격기준 12 m 이내로 함</p> <p>· 영상 촬영 당시의 고유한 경사각을 유지하고 있는 경우 지면을 기준으로 경계를 분류</p> <p>· 그림자 및 건물 뒷부분, 수관에 가려진 부분 등 분류속성 파악</p>



	영국	뉴질랜드	대한민국
	<ul style="list-style-type: none"> · multi-date 이미지는 여름과 겨울 각각 한 장씩으로 구성됨 - 여름-겨울 이미지는 토지피복 타입들 사이의 차이 증가시키고 분류의 정확도를 증가시킴 - 여름-겨울 이미지로부터 영국의 91%가 그려짐 - single-date 이미지로부터 9%가 분류됨 - 나머지 0.5%는 수동으로 채워짐 		<p>이 어려운 경우 인접 분류속성과의 관계 및 참조자료(수치지형도 및 타 영상자료 등)를 활용하여 분류</p> <ul style="list-style-type: none"> · 도로에 의해 구분된 최소 분류 기준 이하의 도형은 분류기준 이하 면적이라 하더라도 각 항목에 맞게 분류
분류 일반 사항	<ul style="list-style-type: none"> · LCM2007(Centre for Ecology&Hydrology, CEH에 의해 제작)도 BH를 기준으로 분류하였지만 Spectral Remote Sensing기술을 활용하여 대부분의 분류체계 BH와 약간의 차이를 보임 - Rough Grassland : 적외선, 근적외선 기술(KBE : Knowledge-Based Enhancements) 의해 분류체계에 추가된 혼효림 - Heather / Heather Grassland : 스펙트럼을 이용해 분류 - Freshwater : Standing Water and Canals와 Rivers and 	-	<ul style="list-style-type: none"> · 입체교차로의 경우 고가도로를 우선 분류 · 2가지 이상의 항목이 혼재되어 있는 경우에는 비중에 2/3 이상인 항목으로 분류 · 분류항목 내 나지, 초지, 산림지 및 도로 등 최소분류기준에 따라 각각의 분류항목으로 분류 · 산림지역은 임상도를 참조하여 구분 <p>*토지피복지도 작성지침(환경부훈령 제 1036호, 2013.04.19. 제정) 참조</p>

	영국	뉴질랜드	대한민국
	Streams가 LCM2007 분류방식에서는 구별되지 못함 - Suburban / Urban : 스펙트럼을 이용해 분류		
정확도 검증	<ul style="list-style-type: none"> · 현장검증 포인트는 2006년과 2008년에 수집되었으며, 83%의 전체 정확도를 제공하는 LCM2007을 검증하는데 사용됨 · 타토지 클래스들의 정확도는 다름 	<ul style="list-style-type: none"> · 정확도 평가에 사용되는 방법과 프로토콜은 Remote sensing을 사용한 정확도 평가에 대해 발간된 best-practice 지침을 기반으로 함 · 지침은 통계적으로 견고하고 투명한 정확도 평가를 설계 및 구현을 위한 권장사항을 제공- 접근방법은 더 높은 품질 정보를 기반으로 기준 분류를 가진 맵 분류의 비교를 기반으로 함 · 모든 샘플에 기초하여 추정된 전체 정확도는 95.2% · Change mapping에 대한 전체 정확도는 98.6% 	<ul style="list-style-type: none"> · 정확도 검증을 위한 분류항목 별 샘플의 수량은 합격품질한계(AQL)에 따라 정하고, 조사지점을 무작위 추출하여 분류정확도 검증 추출된 조사지점에 대하여 현지조사를 수행 · 정확도 검증결과 목표 정확도에 도달하지 못할 경우, 미달항목에 대한 전체 검수 후 재검증을 실시하여 정확도 95%를 만족하도록 함 · 전문가 분류정확도 검수 결과 91.25%의 정확도



Ⅲ. 공간영상정보 메타데이터 분석 및 통합 활용 기반구축

1. IPCC 지침에 의한 국내외의 6개 분류에 관한 정의 검토

- IPCC GPG-LULUCF(2003)에서는 토지이용범주를 산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지, 기타토지 6가지로 구분하고 있음

[표Ⅲ-1] IPCC에 따른 LULUCF 분야 토지이용 분류 정의

구분	분류 정의
산림지	목본식생으로 된 모든 토지를 포괄하며 국가 온실가스 인벤토리에서 관리되는 산림지와 관리되지 않는 산림지로 구분하여 정의할 수 있음. 또한 현재 산림으로 정의할 수 있는 수준 이하의 식생이 분포하나 잠재적으로 산림으로 성장할 수 있는 경우 산림지에 포함.
농경지	경작이 가능한 토지를 포함하며, 산림지 분류에 속하기 어려운 수준의 식생이 재배되는 산림 재배지도 국가 재량에 따라 포함.
초지	농경지로 분류하지 않는 방목장과 목초지를 포함하고, 산림지로 분류할 수 있는 수준 이하의 식생이 분포하고, 별도의 관리가 없이는 산림으로 성장하기 어려운 토지를 초지로 분류. 초지는 황무지에서 휴양지뿐만 아니라, 작물재배와 식림-목초체계 등을 포함하며, 관리되는 초지와 관리되지 않는 초지로 구분하여 정의할 수 있음.
습지	연중 내내 혹은 연중 일부 기간 동안 침수되어있는 토지로, 산림지, 농경지, 초지 또는 정주지에 포함되지 않는 토지. 관리되는 습지와 관리되지 않는 습지로 구분할 수 있음. 관리되는 습지에는 저수지를 예로 들 수 있고, 관리되지 않는 습지에는 자연 하천, 호수 등이 있음.
정주지	다른 토지이용 분류에 포함되지 않은 교통시설과 인간 정주지 등을 포함하는 개발된 토지.
기타토지	나지와 암석, 빙하를 포함하여 다른 5개 토지이용 분류에 속하지 않는 토지. 기타토지의 면적과 다른 5개 토지이용 면적의 합은 국가통계 상에서 확인된 전 국토 면적과 일치해야 함.

※참고: IPCC Good Practice Guidance for LULUCF, 2.6

- IPCC 지침의 권장 사항에서는 LULUCF 토지이용범주 각각에 대해 유지된 토지이용과 타토지로 전용된 토지이용면적으로 구분하여 토지 매트릭스를 산정하도록 하고 있으나 우리나라에서 기존에 사용한 국가통계자료를 이용하는 방식으로는 통계수집의 특성상 타토지로 전용된 면적의 산정이 어려움

[표Ⅲ-2] LULUCF 분야 토지이용 구분

LULUCF 부문	산림지 (5A)	산림지로 유지되고 있는 산림지(5A1)	
		산림지로 전용된 토지(5A2)	산림지로 전용된 농경지
			산림지로 전용된 초지
			산림지로 전용된 습지
			산림지로 전용된 정주지
			산림지로 전용된 기타토지
	농경지 (5B)	농경지로 유지되고 있는 농경지(5B1)	
		농경지로 전용된 토지(5B2)	농경지로 전용된 산림지
			농경지로 전용된 초지
			농경지로 전용된 습지
			농경지로 전용된 정주지
			농경지로 전용된 기타토지
	초지 (5C)	초지로 유지되고 있는 초지(5C1)	
		초지로 전용된 토지(5C2)	초지로 전용된 산림지
			초지로 전용된 농경지
			초지로 전용된 습지
			초지로 전용된 정주지
			초지로 전용된 기타토지
	습지 (5D)	습지로 유지되고 있는 습지(5D1)	
		습지로 전용된 토지(5D2)	습지로 전용된 산림지
			습지로 전용된 농경지
			습지로 전용된 초지
			습지로 전용된 정주지
			습지로 전용된 기타토지
정주지 (5E)	정주지로 유지되고 있는 정주지(5E1)		
	정주지로 전용된 토지(5E2)	정주지로 전용된 산림지	
		정주지로 전용된 농경지	
		정주지로 전용된 초지	
		정주지로 전용된 습지	
		정주지로 전용된 기타토지	
기타 토지 (5F)	기타토지로 유지되고 있는 기타토지(5F1)		
	기타토지로 전용된 토지 (5F2)	기타토지로 전용된 산림지	
		기타토지로 전용된 농경지	
		기타토지로 전용된 초지	
		기타토지로 전용된 습지	
		기타토지로 전용된 정주지	

출처 : IPCC(2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

- 그러나 우리나라의 2018년 국가 온실가스 인벤토리 보고서에 따르면 2016년도 LULUCF분야의 배출·흡수량 산정은 산림지로 유지된 산림지(5.A.1)의 입목 바이오매스의 탄소축적변화량, 농경지(5.B)와 초지(5.C) 부분의 토양탄소 탄소축적변화량, 습지로 유지된 습지(5.D.1)의 인공 침수지 탄소배출원만을 대상으로 이루어짐
- 정주지(5.E) 부문은 활동자료의 부족으로 인해, 기타토지(5.F) 부문은 전체토지이용 및 전용된 면적을 구분할 수 없기 때문에 배출·흡수량을 산정하지 못하여 배출·흡수의 공정이 존재하지만 산정하지 않는 미산정(NE: Not Estimated)으로 보고됨



- 또한 과거 연도 시계열 대비 최근 연도의 토지이용 전용 면적 확인이 어려워 Approach 1(접근방법 1)만을 적용하고 있어, LULUCF 분야 토지이용 범주에 대해 유지된 토지와 타토지로 전용된 토지에 대한 정확한 정보 파악 및 흡수·배출량 분석에 부적합함
- 이에 따라 국가 온실가스 인벤토리 LULUCF 분야의 배출·흡수량 산정의 완전성 제고를 위해서 IPCC LULUCF 우수실행지침(2003)에서 권장하는 Approach 2(접근방법 2)와 Approach 3(접근방법 3)을 적용하여 6개 토지이용범주에 대한 토지 매트릭스 구축 및 인벤토리 산정 방안의 도출이 필요함

2. 토지매트릭스 작성 접근방법론

- IPCC GPG-LULUCF(2003)에서는 토지 매트릭스 작성의 접근방법론으로 Approach 1(접근방법 1), Approach 2(접근방법 2), Approach 3(접근방법 3)의 세 가지를 제시하고 있음
- Approach 1(접근방법 1)은 [그림Ⅲ-1]과 같이 각각의 시점에서의 토지이용형태별 토지 면적의 총합계만을 제시하는 방법

Time 1		Time 2		Land-Use Change between Time 1 and Time 2
F	= 18	F	= 19	Forest = +1
G	= 84	G	= 82	Grassland = -2
C	= 31	C	= 29	Cropland = -2
W	= 0	W	= 0	Wetlands = 0
S	= 5	S	= 8	Settlements = +3
O	= 2	O	= 2	Other land = 0
Sum	= 140	Sum	= 140	Sum = 0

Note: F = Forest land, G = Grassland, C = Cropland, W = Wetlands, S = Settlements, O = Other land. Numbers represent area units (Mha in this example).

[그림 Ⅲ-1] 그림 Approach 1(접근방법 1)의 사례

* GPG-LULUCF : Good Practice Guidance for LULUCF

- Approach 2(접근방법 2)는 [그림Ⅲ-2]와 같이 토지이용변화 행렬을 도출할 수 있어 토지이용형태의 전환에 따른 면적 변화 흐름을 설명할 수 있음

Land-Use Change Matrix							
Initial \ Final	F	G	C	W	S	O	Final sum
F	15	3	1				19
G	2	80					82
C			29				29
W							
S	1	1	1		5		8
O						2	2
Initial sum	18	84	31		5	2	140

Note:
F = Forest land, G = Grassland, C = Cropland, W = Wetlands,
S = Settlements, O = Other land
Numbers represent area units (Mha in this example).
There is no Wetlands in this example. Blank entry indicates no land use change.

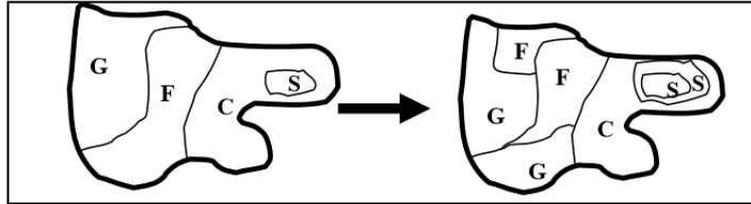
[그림 Ⅲ-2] Approach 2(접근방법 2)의 사례

* GPG-LULUCF : Good Practice Guidance for LULUCF

- Approach 3(접근방법 3)은 [그림Ⅲ-3]과 같이 토지이용변화 내용을 공간적 토대 상에서 설명할 수

있으므로 토지이용변화 행렬의 도출에 더해 이의 공간적 명확성을 제고할 수 있음

Figure 2.3.1D



[그림 Ⅲ-3] Approach 3(접근방법 3)의 사례

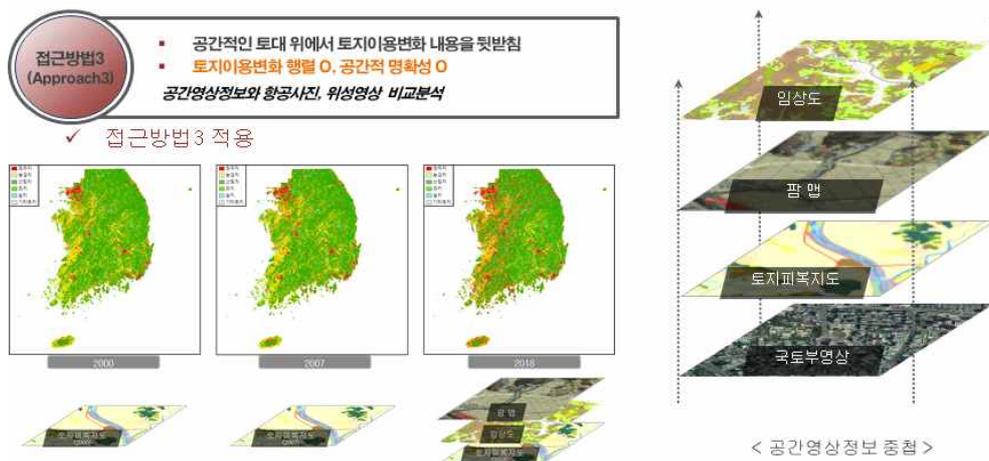
* GPG-LULUCF : Good Practice Guidance for LULUCF

- 접근방법 1에서 접근방법 3으로 갈수록 토지이용 변화 매트릭스의 구축이 가능해짐에 더해 토지이용 변화 관찰 및 분석에 있어 지리적 위치의 명확성을 확보할 수 있으므로 더 상세한 변화 내용의 확인이 가능하며 공간정보 및 토지이용 변화의 정보를 지리적 토대를 기반으로 하여 파악할 수 있음

[표 Ⅲ-3] LULUCF 분야의 토지이용구분을 위한 접근방법 비교

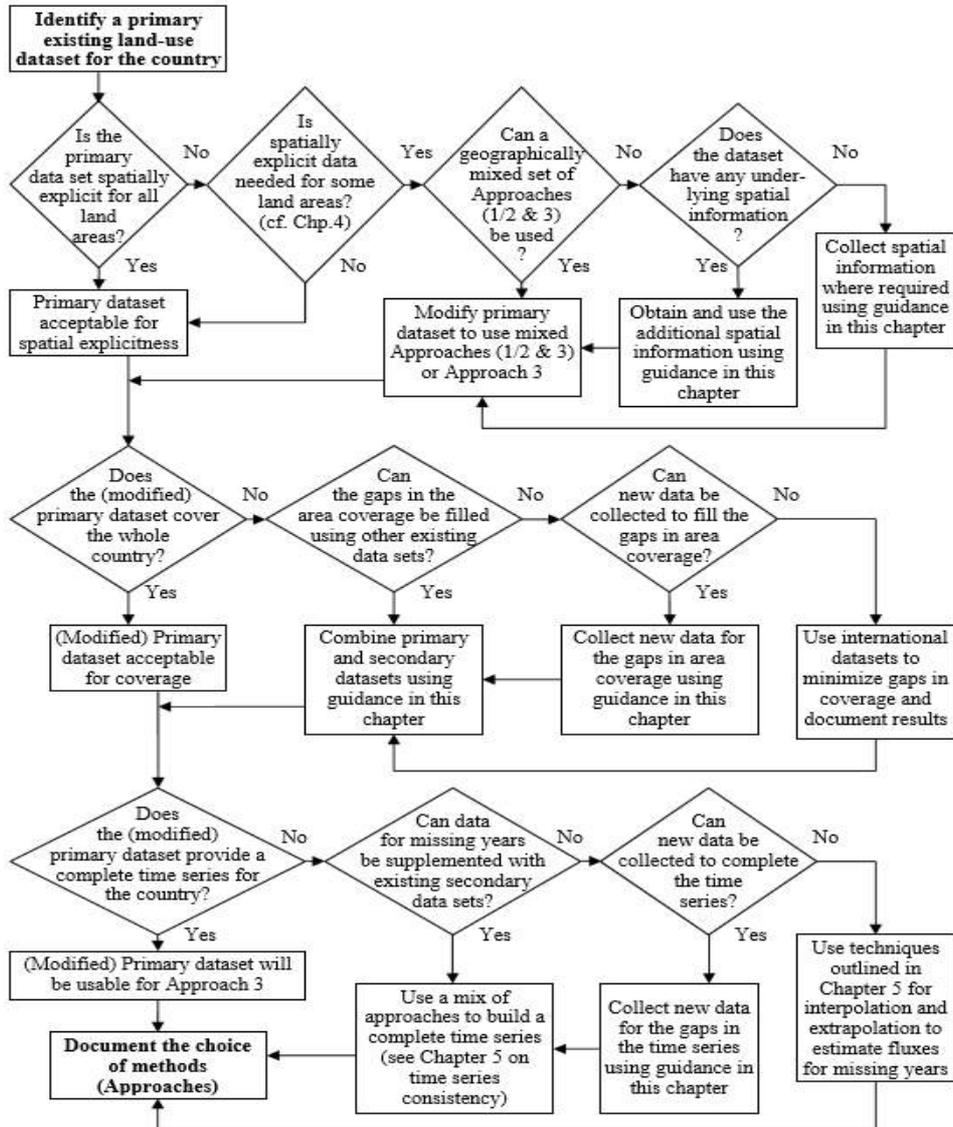
구분	자료수집 방식	매트릭스 구축 가능여부	지리적 위치 파악 여부
Approach 1 (접근방법 1)	기존자료	×	×
Approach 2 (접근방법 2)	표본조사	○	△
Approach 3 (접근방법 3)	전수조사(격자)	○	○

* GPG-LULUCF : Good Practice Guidance for LULUCF



[그림 Ⅲ-4] LULUCF 분야 토지이용 형태별 면적 산출 접근방법론

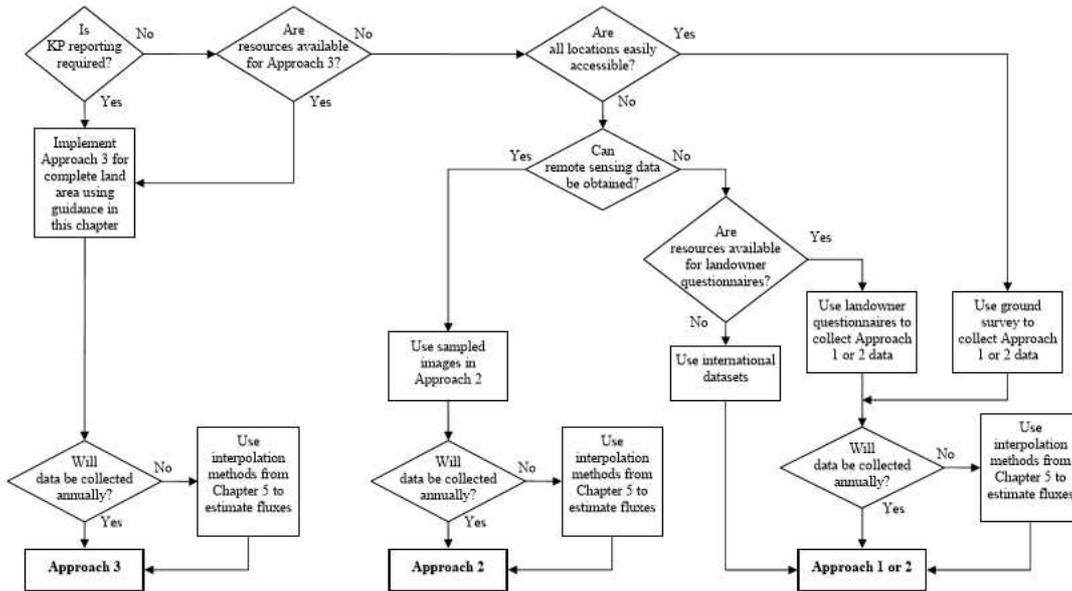
Figure 2.3.2 Decision tree for use of existing data in the land area approaches



[그림 Ⅲ-5] 접근방법 의사결정 분지도 (데이터가 존재하는 경우)

* GPG-LULUCF : Good Practice Guidance for LULUCF

Figure 2.3.3 Decision tree for choosing land area approach for countries with no existing data



[그림 III-6] 접근방법 의사결정 분지도 (데이터가 존재하지 않는 경우)

* GPG-LULUCF : Good Practice Guidance for LULUCF

- 국가별로 상황에 따라 조사기관이 접근방법을 선택하고 혼합적으로 사용할 수 있으며, 어떤 방법을 사용하든지 한 국가 내의 모든 토지를 기준에 따라 구분하고 계정하도록 하고 있음
- 현재 대한민국의 국가 온실가스 인벤토리 보고서는 과거 연도 시계열 대비 최근 연도의 토지이용 전용 면적 확인의 어려움으로 Approach 1(접근방법 1)만을 적용하고 있어 유지된 토지와 타토지로 전용된 토지에 대한 정보의 불완전성이 존재하며, LULUCF 분야의 배출 및 흡수량 산정도 6개 토지이용범주 가운데 일부(산림지, 농경지, 초지, 습지)만을 대상으로 이루어지고 있음
- 이에 따라 본 연구에서는 국가 온실가스 인벤토리의 완전성 제고를 위해 IPCC LULUCF 우수실행지침(2003)에서 권장하는 바와 같이 국가 공간영상정보 및 국가통계의 정합 방안에 따른 통합적 활용을 통하여 타토지로의 전용 면적 등을 확인할 수 있는 Approach 3(접근방법 3)을 적용한 매트릭스 작성 방안을 도출하고자 함
- 공간영상정보를 활용하여 Approach 2(접근방법 2) 이상의 접근방법을 적용할 경우의 기대효과는 다음과 같음²³⁾

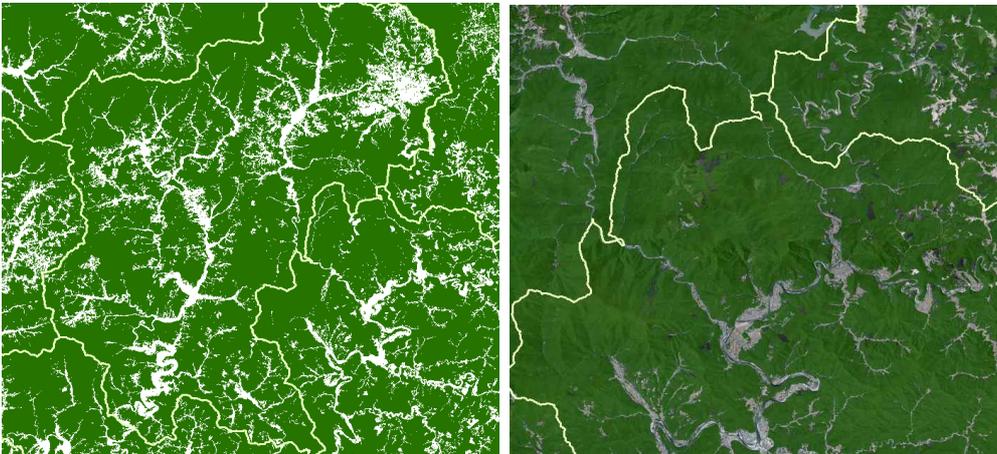
23) 공간영상정보를 활용한 LULUCF 분야 토지이용 및 토지이용 매트릭스 구축 방안 연구, 온실가스종합정보센터(2015)

- Approach 2(접근방법 2)이상의 방법론으로 얻은 토지이용 형태별 면적에 대한 정보는 LULUCF 분야의 활동자료와 탄소축적량 변화, 온실가스 배출 및 흡수량 산정의 기초가 되며, Approach 1(접근방법 1)과는 달리 타토지로 전용된 토지에서 발생하는 흡수량을 파악할 수 있음
- 공간영상정보는 국가통계에서의 면적 집계방식과는 달리 항공영상 등을 통해 토지이용 및 피복현황에 대한 제반 정보를 제공하므로, 기존 국가통계 면적 활동자료에서 파악되지 않는 바이오매스 흡수원(예: 농경지, 초지, 정주지의 목본 바이오매스 등) 면적을 육안식별을 통해 추출할 수 있어 LULUCF 분야 추가 흡수량 산정이 가능함
- 또한, UNFCCC의 온실가스 인벤토리 보고의 원칙에서 제시하는 바와 같이, 공간영상정보를 활용할 경우 전국 단위 6개토지이용 범주 모두에 대한 토지이용 변화를 파악할 수 있어 완전성을 제고할 수 있으며, 동일한 방법으로 구축된 활동자료와 면적 산출 방법론으로 일관성을 확보 할 수 있음



3. 토지매트릭스 구축에 활용 가능한 공간영상정보 현황 목록

- 토지매트릭스 구축에의 활용이 가능한 공간영상정보에 대한 조사 및 비교·분석 결과를 토대로 임상도(산림청), 팜 맵(농림축산식품부) 및 토지피복도(환경부)를 활용 자료로 선정함
- 임상도(산림청)
 - 우리나라의 산림 분포를 보여주는 대표적인 산림지도로, 활엽수, 침엽수, 혼효림 등 산림지 내 세부항목에 대한 정보를 포함하여 LULUCF 분야 6개 토지이용범주 가운데 산림지의 면적 파악에 활용할 수 있음
 - 산림지 내 세부항목의 파악에는 적합하지만, LULUCF 분야 6개 토지이용범주 중 산림지에 해당하는 공간정보만을 가지고 있어서 전국 단위의 면적 파악에는 한계가 존재하므로, 타 공간영상정보와의 비교·분석을 통한 정합 방안 도출을 통해 적용 가능



[그림 Ⅲ-7] 임상도 예시

- 팜 맵(농림축산식품부)
 - 지적통계와 경지면적통계의 일치와 농경지에 대한 정확한 정보 및 GIS 주제도 제작을 통해 구축된 농경지 지도로, 논, 밭, 시설, 과수 등 농경지 정보에 대한 지리적 위치 및 토지 전용(轉用) 파악에 용이하여 LULUCF 분야 6개 토지이용범주 중 농경지의 면적 파악에 활용할 수 있음



[그림 Ⅲ-8] 팜맵 예시

○ 토지피복지도(환경부)

- 인공위성영상을 통해 지구표면 지형지물의 형태를 분류하고 동질의 특성을 지닌 구역에 대해 분류 코드에 따라 색상을 입힌 주제도로, 지표면의 현재 상황을 가장 잘 반영하고 있어 산림지역(활엽수림, 침엽수림, 혼효림), 농업지역(논, 밭, 시설재배지, 과수원) 등 전 국토에 대한 현 토지이용의 현황 및 면적을 파악하기에 가장 적합한 공간영상정보
- LULUCF 분야 6개 토지이용범주와 가장 유사한 정보를 보유하여, 분류체계의 재개편 시 LULUCF 분야 6개 토지이용범주별 토지이용 정보 조사에 모두 활용 가능



[그림 Ⅲ-9] 토지피복지도 예시



[그림 Ⅲ-10] 해상도별 토지피복지도

[표 Ⅲ-4] 공간영상정보 비교

	입상도	팜맵	토지피복지도
관리부처	산림청	농림축산식품부	환경부
구축연도	1972-2013	2014-2018	1998-2018
해상도	1:25,000 / 1:5,000	1:5,000	1:25,000 / 1:5,000
속성정보	<ul style="list-style-type: none"> - 토지이용 : 산림 및 비산림 구분 - 산림 : 입목지, 무림목지 - 임종 : 인공림, 천연림 - 입상 : 침엽수림, 활엽수림, 혼효림 - 수종 : 인공림은 모든 수종, 천연림은 주요 수종 - 영급 : 인공림은 조림년도를 고려한 임령급, 천연림은 상층주림목의 평균임령급 - 경급 : 인공림은 평균흉고직경급, 천연림은 상층 주림목의 평균흉고직경급 - 수관밀도 : 상층 주림목의 수관점유면적 비율 	<ul style="list-style-type: none"> - 벡터타입 - 단일 KEY - 논/밭/시설/과수/인삼/기타 - 구획면적 - 지번 - 유지/변경 - 특이사항 분류 - 판독영상 - 판독영상촬영일지 - 판독입력일자 - 작업자 	<ul style="list-style-type: none"> - 대분류(7개 항목): 시가화·건조지역, 농업지역, 산림지역, 초지, 습지, 나지, 수역 - 중분류(22개 항목): 주거지역, 공업지역, 상업지역, 문화·체육·휴양지역, 교통지역, 공공시설 지역 등 - 세분류(41개 항목): 단독주거시설, 공동주거시설, 공업시설, 상업·업무시설, 혼합지역, 문화·체육·휴양시설 등
LULUCF 활용가능 부문	<ul style="list-style-type: none"> - 침엽수림, 활엽수림, 혼효림, 죽림, 입목지 등의 산림지 정보 - 유지된 산림지, 타토지로 전용된 산림지 	<ul style="list-style-type: none"> - 논, 밭, 시설, 과수 등의 농경지 정보 	<ul style="list-style-type: none"> - LULUCF의 6개 범주별로 구분 가능 - 유지된 토지, 타토지로 전용된 토지

4. 토지이용 범주에 따른 분류체계 분석 및 면적 결정방법 검토

- LULUCF 토지매트릭스의 구축을 위해 6개(산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지, 기타토지) 범주의 면적과 함께 타토지로 전환된 전용(轉用)면적의 정보를 정확하게 파악하여 구축할 필요가 있음
- 이에 따라 국가통계(지적통계, 임업통계연보, 농업면적조사)와 공간영상정보(팜맵, 임상도, 토지피복도)의 조사항목을 IPCC 토지이용 분류체계에 맞추어 재분류함
- 현재 우리나라의 LULUCF 분야와 관련하여 적용되고 있는 국가통계 및 면적분류방식과 공간영상정보 활용 시의 분류 및 분석 방식(안)은 다음 [표Ⅲ-5, 6, 7]과 같음

[표Ⅲ-5] 토지이용 범주별 공간영상정보 활용

토지이용구분	관장기관	산정기관	면적 결정 방법(As-Is)	공간영상정보 (To-Be)
산림지	농림축산 식품부	국립산림 과학원	임업통계연보상의 침엽수림, 활엽수림, 혼효 림, 죽림 면적	임상도, 토지피복도
농경지		국립농업 과학원	농업면적조사	팜맵, 토지피복도
초지		국립축산 과학원	지적통계상의 목장용지 면적	토지피복도
습지		국립산림 과학원	지적통계상의 하천, 구거, 유지, 양어장 면적	토지피복도
정주지	국토 교통부	국토 연구원	지적통계상의 광천지, 염전, 대, 공장용지, 학교용지, 주차장, 주유소용지, 창고용지, 도 로, 철도용지, 제방, 수도용지, 공원, 체육용 지, 유원지, 중요공지, 사적지, 묘지 면적	토지피복도
기타토지	국토 교통부	국토 연구원	총 면적에서 산림지, 농경지, 초지, 습지, 주 거지, 면적 합산을 제외한 나머지 토지 면적	토지피복도



[표Ⅲ-6] 공간영상정보를 활용한 면적결정방법

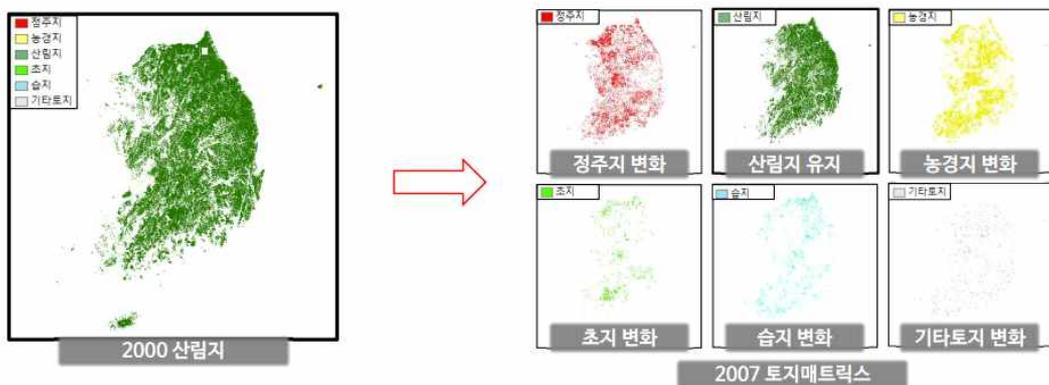
토지이용 구분	하위 부문	면적 결정 방법(As-Is)	공간영상정보를 활용한 면적 결정 방법(To-Be)
산림지	침엽수림	임업통계연보상의 침엽수림 면적	임상도의 침엽수림, 토지피복도의 침엽수림
	활엽수림	임업통계연보상의 활엽수림 면적	임상도의 활엽수림, 토지피복도의 활엽수림
	혼효림	임업통계연보상의 혼효림 면적	임상도의 혼효림, 토지피복도의 혼효림
농경지	논	농업면적조사의 (논)-(노지과수/뽕밭/기타수원지의 논)+(시설작물의 논 면적	팜맵의 논, 토지피복지도의 논
	밭	농업면적조사의 (밭)-(노지과수/뽕밭/기타수원지의 밭)+(시설작물의 밭 면적	팜맵의 밭, 토지피복지도의 밭
	과수원	농업면적조사의(노지과수/뽕밭/기타수원지의 논과 밭)+(시설작물의 과수, 기타과수, 포도, 바나나,파인애플) 면적	팜맵의 과수원, 토지피복지도의 과수원(시설재배지 포함)
초지	-	지적통계상의 목장용지 면적	토지피복지도의 자연초지
습지	자연침수지	지적통계상의 하천면적	토지피복지도의 연안습지, 해양수
	인공침수지	지적통계상의 구거/유지/양어장 면적 합산 농업생산기반정비사업 통계연보의 저수지 현황을 활용	토지피복지도의 내륙습지, 내륙수
정주지	-	지적통계상의 광천지/염전/대/공장용지/학교용지/주차장/주유소용지/창고용지/도로/철도용지/제방/수도용지/공원/체육용지/유원지/종교용지/사적지/묘지 면적 합산	토지피복지도의 주거지역, 공업지역, 상업지역, 문화체육 휴양지역, 공공시설지역, 인공초지, 기타재배지, 인공초지 합산
기타 토지	-	총 면적에서 산림지/농경지/초지/습지/주거지 면적 합산을 제외한 나머지 토지면적 합산	토지피복도의 자연나지, 기타나지 합산

[표Ⅲ-7] 공간영상정보의 결합 시 토지이용범주별 우선순위

토지이용 구분	공간영상정보			분류 안
	임상도	팜맵	토지피복도 중분류	
산림지	활엽수림	-	활엽수림	산림지 (임상도 우선)
	침엽수림		침엽수림	
	혼효림		혼효림	
농경지	-	논	논	농경지 (팜맵 우선)
		밭	밭	
		시설재배지	시설재배지	

		과수원	과수원	
초지	-	-	자연초지	초지 (토지피복도 우선)
습지	-	-	내륙습지	습지 (토지피복도 우선)
			연안습지	
			내륙수	
			해양수	
정주지	-	-	인공초지	정주지 (토지피복도 우선)
			주거지역	
			공업지역	
			상업지역	
			문화·체육 휴양지역	
			교통지역	
			공공시설지역	
			인공초지	
기타재배지				
기타토지	-	-	자연나지	기타토지 (토지피복도 우선)
			기타나지	

- 타토지로 전환된 전용(轉用)면적에 대한 정보는 공간영상정보의 활용을 통해 전용된 토지의 면적 및 위치정보와 분포를 파악할 수 있도록 분석 필요
- [그림Ⅲ-11]과 같이 토지이용범주별 분류가 이루어진 공간영상정보의 시점 간 비교를 통해 토지 전용을 파악할 시 변화 면적뿐 아니라 토지이용의 유지 및 전용을 공간적 토대 상에서 파악할 수 있어 효율적이고 정확한 분석이 가능



2007 산림지 면적 (km ²)	전용 유형	전용(유지)된 면적 (km ²)
60,078.50	정주지	658.33
	산림지	60,078.50
	농경지	1,046.87
	초지	37.25
	습지	70.60
	기타토지	215.85

[그림Ⅲ-11] 2007~2018 산림지 전용면적 산정의 예시



5. 토지매트릭스 시계열 자료 구축에 활용 가능한 국가통계 분석

- 토지매트릭스의 시계열 자료 구축에의 활용이 가능한 국가통계 자료에 대한 조사 및 비교·분석 결과를 토대로 지적통계(국토교통부), 농업면적조사(통계청) 및 임업통계연보(산림청)를 활용 자료로 선정함
- 지적통계(국토교통부)
 - 전국 지적공부를 활용한 행정구역별, 지목별, 소유구분별 현황이 수록되어 있는 국가통계자료로, 시계열적 데이터가 확보되어있고 지적별 면적의 활용이 가능하여 토지 매트릭스 시계열 자료 구축에 적용하기 적합한 통계
 - 조사항목으로는 전업, 겸업별 및 업태별 농가수와 연령별, 성별, 학력별, 취업별로 농가인구를 조사하였으며, 이용별(임모작, 이모작), 보유형태별(자기소유, 타인소유), 관개시설별 경지면적 등이 포함됨
 - 통계적 수치는 확보되어 있으나 통계 자료의 특성 상 공간적 토대 상의 위치정보가 명확하지 않아 시계열에 따른 토지 전용간의 면적을 파악하기 어려움으로 LULUCF 분야 인벤토리 산정을 위한 토지 매트릭스를 구축하기에는 한계점이 존재
- 농업면적조사(통계청)
 - 전국 모든 농가의 농업경영구조 및 변동추세 파악, 제반 농업정책 수립 등을 위한 기초자료 수집을 목적으로 하여 이용별, 보유형태별, 관개시설별 경지면적 등을 조사하는 통계자료로, LULUCF 분야 6개 토지이용범주 중 농경지에 해당하는 논, 밭, 과수원 등의 농경지 정보를 제시하는 통계
 - 조사항목으로는 지적사무정리 상황보고서, 토지이동상황(신규등록, 등록전환, 분할, 합병, 지목변경, 지부복구, 등록사항정정, 구획정리, 경지정리), 소유권 정리, 민원처리(통지·임야대장, 지적도, 임야도, 수치지적부, 등록증명서) 등과 지적공부목록부 대장(토지대장, 임야대장), 공유지 연명부(토지·임야집합건물의 대지권), 지적도, 임야도 등이 포함됨
 - 통계 자료의 특성상 공간적 토대 상의 지리적 위치를 파악할 수 없기 때문에 타토지로 전용된 면적에 대해서는 확인이 어려움

○ 임업통계연보(산림청)

- 산림자원과 임업경제활동의 추이 수록을 목적으로 산림면적의 변동 상황, 조림면적, 벌채면적 등을 조사하는 통계 자료로, LULUCF 분야 6개 토지이용범주 중 산림지에 해당하는 침엽수림, 활엽수림, 혼효림, 죽림, 입목지 등의 정보를 제시하는 통계
- 통계 자료의 특성상 공간적 토대 상의 지리적 위치를 파악할 수 없기 때문에 타토지로 전용된 면적에 대해서는 확인이 어려움

[표Ⅲ-8] 국가통계 비교

구분	지적통계	농업면적조사	임업통계연보
관리 부처	국토교통부	통계청	산림청
개요	<ul style="list-style-type: none"> - 1970년 최초 발간된 국가승인통계 - 전국 지적공부를 활용하여 행정구역별, 지목별, 소유구분별 현황을 수록 	<ul style="list-style-type: none"> - 국제연합식량농업기구(FAO)의 권장에 의해 끝자리가 0이되는 해인 10년마다 세계적으로 실시하는 국제적인 조사사업 	<ul style="list-style-type: none"> - 우리나라 산림자원 및 임업에 관한 통계자료를 수집, 작성하여 산림자원과 임업경제활동의 변화된 모습을 수록
구축 연도	1970~2018 (매년)	1975~2018 (매년)	1917~2018 (매년)
통계 정보	<ul style="list-style-type: none"> - 지적사무정리상황, 토지이동상황, 소유권 정리, 민원처리 등 - 지적공부목록부 대장, 공유지 연명부, 지적도, 임야도 등 	<ul style="list-style-type: none"> - 전업, 겸업별 및 업태별 농가수와 연령별, 성별, 학력별, 취업별로 농가인구를 조사 - 이용별, 보유형태별, 관개시설별 경지면적을 조사 	<ul style="list-style-type: none"> - 산림면적의 변동 상황, 타 부처/산림청의 국유림 변동 상황, 조림면적, 수종, 지역, 방법, 증감사항 등 - 벌채면적, 입목재적, 수종, 작업종, 벌채목적, 수령, 본수 등
LULUCF 활용가능 부문	<ul style="list-style-type: none"> - 농경지, 초지, 습지, 정주지, 전체 국토면적 	<ul style="list-style-type: none"> - 논, 밭, 과수원 등 농경지 정보 	<ul style="list-style-type: none"> - 침엽수림, 활엽수림, 혼효림, 죽림, 입목지 등 산림지 정보
한계	<ul style="list-style-type: none"> - 위치정보가 명확하지 않기 때문에 시계열에 따른 토지 전용간의 면적을 파악하기 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> - 위치정보가 명확하지 않기 때문에 시계열에 따른 토지 전용간의 면적을 파악하기 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> - 위치정보가 명확하지 않기 때문에 시계열에 따른 토지 전용간의 면적을 파악하기 어려움



6. 국가통계와 공간영상정보의 시계열 범위 및 면적차이 분석

라. 국가통계 면적과 공간영상정보의 시계열 범위 분석

○ LULUCF 분야 6개 토지이용 범주에 대한 활동자료 구축을 위하여 국가통계와 공간영상정보의 시계열 확보 가능성 검토를 통해 토지 매트릭스 구축이 가능한 시계열 범위의 검토가 필요함

[표Ⅲ-9] 국가통계 및 공간영상정보의 주기 및 시계열 범위

자료 유형	구분		주기 및 시계열범위
국가통계	국토교통부	지적통계	- 매년/1970~2018년
	산림청	임업통계연보	- 매년/1970~2018년
	통계청	농업면적조사	- 매년/1975~2018년
공간영상정보	산림청	임상도	- 1:5,000 / 2009~2013년
	환경부	토지피복지도	- 대분류- 1987~1989, 1997~1999, 2008~2010 / 1:50,000 - 중분류 - 1999~2000, 2002~2010(지역별), 2013~2014(전국) / 1:25,000 - 세분류- 2007~2018(지역별) / 1:5,000
	농림축산식품부	스마트 팜 맵	- 2014 ~ 2018년 / 1:5,000



[그림 Ⅲ-12] 공간영상정보의 시계열 범위 비교·분석

마. 국가통계 면적과 공간영상정보의 면적차이 비교·분석

- 국가통계와 공간영상정보가 전국 단위로 수집된 시계열 교차 지점을 확인하고 해당 연도의 부문별 면적을 통계별로 상호 비교하고 면적차이의 원인을 분석함
 - 면적 분류체계 표의 정확도를 제고하기 위해 국가통계와 공간영상정보간의 면적 변화 원인, 항공사진을 활용한 토지이용 검토, 해상도 차이로 인한 면적 변화 여부 등의 자세한 검토 및 부처별 생산통계와 법적 지목분류의 정의, 비교·분석을 진행함.
 - LULUCF 분야 6개 토지이용범주별 면적 보유 국가통계와 공간영상정보의 시계열 범위를 조사하고, 20년간 전용(轉用)면적을 파악할 수 있는 시계열 범위 가용 여부를 확인한 후, 토지 매트릭스 구축에 활용 가능한 통계와 공간영상정보를 확인할 필요가 있음
- 전국 단위의 LULUCF 분야 6개 토지이용범주에 대하여 2000년, 2007년, 2017년의 국가통계와 임상도, 팜맵, 토지피복지도 중분류의 면적 비교를 진행함
 - 면적 집계, 조사 및 자료 수집 방법론 등의 원인에 의한 국가통계와 공간영상정보 간의 면적 차이가 존재할 가능성에 대한 검증을 위해 공간영상정보를 기준으로 한 항공영상 검토를 통해 면적 차이의 분석을 진행
- 면적차이 비교·분석 결과 국가 통계와 공간영상정보 간의 면적 차이가 가장 작은 토지이용 범주는 산림지이며, 면적 차이가 가장 큰 범주는 농경지와 습지로 분석됨
 - 토지피복지도와 지적통계의 비교 결과 산림지 면적의 차이는 지역에 따라 상이하지만 상호 면적 차이는 유의미하지 않았음
 - 농경지에 대한 토지피복지도와 지적통계에서의 면적 차이는 5.0%에서 35.2%까지 넓은 범위로 나타나 국가통계와 공간영상정보 간의 면적조사 범위 및 방법에서의 불일치가 존재했을 것으로 분석됨
 - 습지의 경우 면적 차이가 크게 나타났는데, 이는 통계별로 습지로 정의하고 있는 범위가 상이하기 때문인 것으로 분석됨
- 정주지의 경우 토지피복지도와 지적통계에서 온실가스 흡수량 산정 대상인 바이오매스 면적 외의 면적을 포함하고 있어 이에 대한 분리 추출이 필요함



- 지적통계와 토지피복지도는 정주지 내 가로수에 해당하는 면적을 구분하여 산정하지 않고 있어 입목 바이오매스 파악을 위한 보조자료가 필요함
- 정주지 내의 온실가스 흡수원 산정에는 전국 도시림 현황 통계에 포함된 생활권 도시림 면적을 활용할 수 있을 것으로 분석됨

바. 시계열 범위 및 면적차이의 비교분석 결과

[표Ⅲ-10] 공간영상정보별 LULUCF 분야 활용가능성 비교

구분	내 용	시계열완전성	LULUCF 분야 활용가능 부문	전국단위 완전성
임상도	- 전국 산림지 특성	○	- 산림지	○
팜 맵	- 전국 농경지 면적(논/밭/과수원)	○	- 농경지	○
토지피복지도 중분류	- 전국 국토의 토지피복의 특성	○	- 6개 부문	○
토지피복지도 세분류	- 전국 국토의 토지피복의 특성	○	- 6개 부문	○

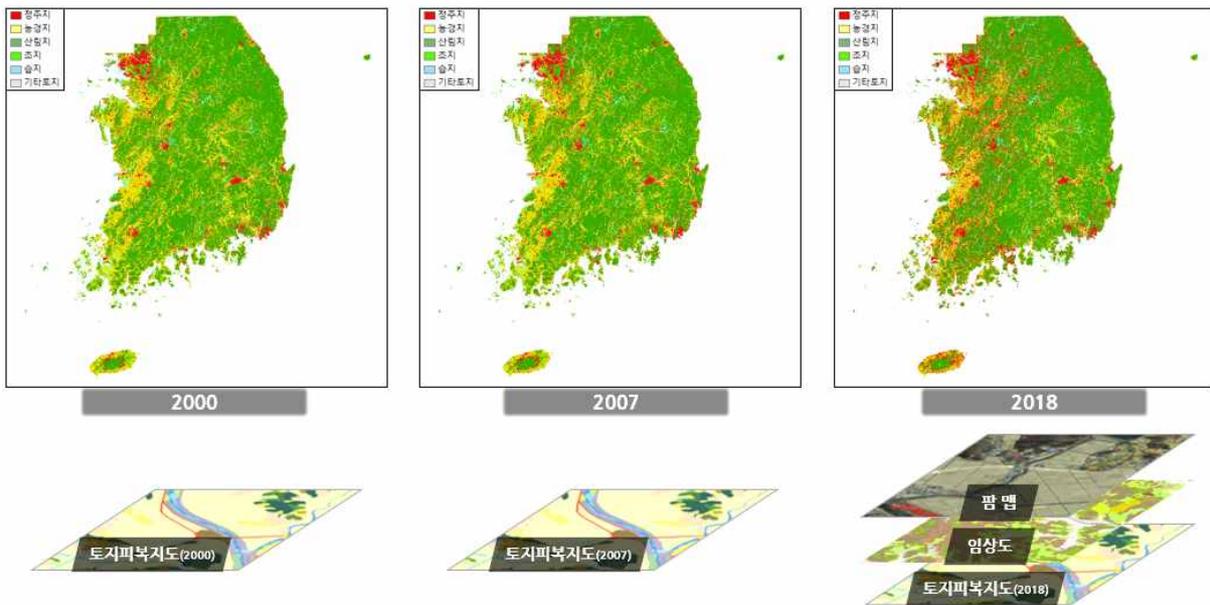
* ○ -- 높은 완전성, △ -- 비교적 완전, × -- 불완전

- 시계열 범위의 비교·분석 결과 공간영상정보로 임상도, 팜맵, 그리고 토지피복도 활용 시의 교차 시계열 지점은 2000년, 2007년, 2017년으로 도출됨
- 국가통계와 공간영상정보의 시계열 완전성, LULUCF 분야에서의 활용 가능 부문, 전국단위 면적의 확보 가능성에 대한 비교·분석 결과, 토지피복도의 중분류가 LULUCF 분야 토지매트릭스 구축에 가장 적합함
 - 임상도와 팜맵은 시계열 완전성과 전국단위의 정보 완전성은 갖추었지만 각각 산림지, 농경지 부문에 국한된 토지이용 정보만을 수집하므로 LULUCF 분야 6개 토지이용 범주 모두에 대한 면적 및 정보 파악에는 한계점이 존재
 - 토지피복도 중분류는 1999년 이후로 전국 국토를 대상으로 구축되어왔으며 2014년 3차 갱신까지의 시계열 시점이 확보되어 시계열 완전성이 높을 뿐 아니라 LULUCF 분야 6개 토지이용 범주 모두에 대한 토지이용 정보를 획득할 수 있어 토지매트릭스 구축에의 활용도가 가장 높음

7. 공간영상정보와 국가통계 면적 추이를 융합한 면적 및 시계열 자료 비교분석

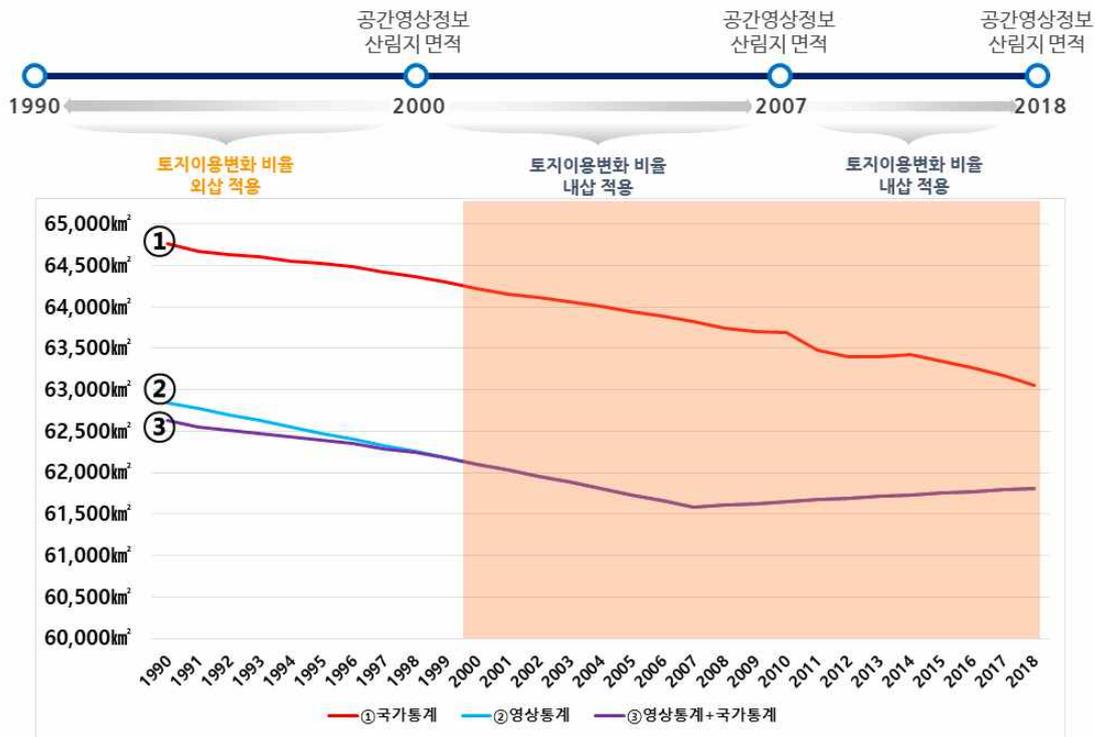
- LULUCF 분야는 온실가스 인벤토리의 다른 분야와는 달리 10년에서 20년간의 변화 요인을 기준으로 자연 생태계 온실가스의 배출·흡수 증감을 산정하기 때문에, 장기적 관점에서 시계열 배출·흡수량 추이의 평가를 위해 LULUCF 분야 6개 토지이용 범주에 대한 활동자료 구축을 위한 시계열 확보가 중요
- 그러나 전국단위 완전성을 가진 시계열 자료는 2000년, 2007년, 2018년의 세 개 연도에 대해서만 존재하므로, 공간영상정보와 국가통계에서의 면적 변화 추이와의 융합을 통해 LULUCF 분야 6개 토지이용범주 별 토지 면적 변화 자료의 시계열적 완전성 확보 방안을 도출
 - 2000년의 토지면적 자료는 토지피복지도를 활용하여, 2007년의 토지면적 자료는 임상도와 토지피복지도를 통합 활용하여, 2018년의 토지면적 자료는 팜맵, 임상도, 토지피복지도의 세 개 공간영상자료를 통합 활용하여 구축된 시계열 자료

전국 토지매트릭스 연도별 전국 시계열



[그림 Ⅲ-13] 전국토지매트릭스 연도별 전국 시계열

- 이에 따라 전국 단위의 완전성을 가진 2000년, 2007년, 2018년의 자료를 국가통계와 공간영상정보의 전국 단위 수집 시계열 교차 지점으로 설정 하고, 교차 지점 간극의 면적 정보 시계열 자료는 내삽 비율의 적용을 통하여 산출하고, 공간영상정보 구축 이전 시점인 2000년 이전의 면적 정보 시계열 자료에 대해서는 국가 통계자료의 변화율의 외삽 적용을 통하여 산출함



[그림 Ⅲ-14] 공간영상정보와 국가통계 면적 융합 시계열 작성방안

- 2000년 이전, 2000년과 2018년 사이, 그리고 2007년과 2018년 사이의 면적 시계열 자료에 대해서는 아래 [그림 Ⅲ-15]의 표와 같이 외삽 및 내삽 방안을 적용하여 도출
 - 2000년, 2007년, 2018년 면적: 공간영상자료인 팜맵, 임상도, 토지피복지도의 통합 활용을 통해 도출한 토지이용범주별 면적을 기준으로 활용
 - 1990년 ~ 1999년 면적: 국가 통계자료로부터 2000년의 면적에 대한 1990년부터 1999년까지의 면적 변화 비율을 각각 산출한 후([그림 Ⅲ-15]의 표 ①) 영상 통계의 2000년 면적에 대하여 각 연도의 국가 통계 면적 변화 비율을 적용하여 연별 면적을 도출([그림 Ⅲ-15]의 표 ③)
 - 2001년 ~ 2006년 면적: 영상 통계의 2000년과 2007년 면적을 기준으로 두 연도 사이의 연간 면적 변화량이 일정하도록 연별 면적 변화량을 산출한 후([그림 Ⅲ-15]의 표 ②) 2000년의 영상 통계상 면적부터 연도별로 일정한 면적 변화량을 더하는 방식으로 연별 면적을 도출([그림 Ⅲ-15]의 표 ③)

- 2008년 ~ 2017 면적: 영상 통계의 2007년과 2018년 면적을 기준으로 두 연도 사이의 연간 면적 변화량이 일정하도록 연별 면적 변화량을 산출한 후([그림Ⅲ-15]의 표 ②) 2007년의 영상 통계상 면적부터 연도별로 일정한 면적 변화량을 더하는 방식으로 연별 면적을 도출([그림Ⅲ-15]의 표 ③)

① 국가통계에서의 면적 비율 추출

	1990	...	1999	2000	2001	...	2006	2007	2008	...	2017	2018
국가 통계	x_{1990}	x_{n_1}	x_{1999}	x_{2000}	x_{2001}	x_{n_2}	x_{2006}	x_{2007}	x_{2008}	x_{n_3}	x_{2017}	x_{2018}
비율	x_{1990}/x_{2000}	x_{n_1}/x_{2000}	x_{1999}/x_{2000}	1	x_{2001}/x_{2000}	x_{n_2}/x_{2000}	x_{2006}/x_{2000}	1	x_{2008}/x_{2007}	x_{n_3}/x_{2007}	x_{2017}/x_{2007}	1

② 공간영상통계 면적 추출 및 내삽 비율 적용

	n_1	2000	n_2	2007	n_3	2018
영상 통계	$u_{n_1} = u_{2000} - (u_{2007} - u_{2000})/7 * (2000 - n_1)$	u_{2000}	$u_{n_2} = u_{2000} + (u_{2007} - u_{2000})/7 * (n_2 - 2000)$	u_{2007}	$u_{n_3} = u_{2007} + (u_{2018} - u_{2007})/11 * (n_3 - 2007)$	u_{2018}
변화량	$(u_{2007} - u_{2000})/7$			$(u_{2018} - u_{2007})/11$		

③ 공간영상통계 면적 및 내삽, 국가통계 외삽 비율 적용

	1990	n_1	1999	2000	n_2	2007	n_3	2018
국가 통계 + 영상 통계	$u_{2000} * (x_{1990}/x_{2000})$	$u_{2000} * (x_{n_1}/x_{2000})$	$u_{2000} * (x_{1999}/x_{2000})$	u_{2000}	$u_{n_2} = u_{2000} + (u_{2007} - u_{2000})/7 * (n_2 - 2000)$	u_{2007}	$u_{n_3} = u_{2007} + (u_{2018} - u_{2007})/11 * (n_3 - 2007)$	u_{2018}
비율	x_{1990}/x_{2000}	x_{n_1}/x_{2000}	x_{1999}/x_{2000}	1	$(u_{2007} - u_{2000})/7$	1	$(u_{2018} - u_{2007})/11$	1

[그림Ⅲ-15] 공간영상정보와 국가통계 면적 융합 시계열 작성 시 내삽, 외삽 적용 방안

- 전국 단위의 전체 시계열 토지 매트릭스 구축을 위하여 수집한 면적 관련 정보는 다음과 같음
- 전국 면적의 국가통계로는 지적통계를 활용하였고, 공간영상정보로는 산림지-임상도, 농경지-팜맵, 이외 토지이용분류-토지피복지도를 활용하여 전국 면적을 산정하였고 [표Ⅲ-11]과 같이 2000년도 이전에는 공간영상정보의 면적에 국가통계의 연간 면적증감율(a) 추세 적용하여 1990년~2018년 전체 시계열 면적을 도출함. 2000년도 이후에는 공간영상정보의 면적만을 활용하여 내삽비율(b)을 적용하여 산출함



- 전국의 전체 시계열(1990년~2018년)면적을 2안과 3안에 따라 산출한 결과는 [표 Ⅲ-11]과 같음

[표Ⅲ-11] 전국 시계열 면적 산출표

(단위 : km²)

년도	국가통계	연간 면적 증감율(%) (a)	공간영상정보	내삽비율(%) (b)	최종 산출 면적
1990	98,730.44	0.9929			99,497.03
1991	98,974.92	0.9954			99,743.41
1992	99,010.32	0.9957			99,779.09
1993	99,183.85	0.9975			99,953.96
1994	99,202.63	0.9977			99,972.89
1995	99,286.38	0.9985			100,057.29
1996	99,313.46	0.9988			100,084.58
1997	99,373.04	0.9994			100,144.62
1998	99,407.90	0.9997			100,179.75
1999	99,434.26	1.0003			100,233.00
2000(T1)	99,460.74	1.0000	100,206.32	-0.0337	100,206.32
2001	99,538.00	1.0008	100,206.29	-0.0337	100,206.29
2002	99,585.20	1.0013	100,206.25	-0.0337	100,206.25
2003	99,600.87	1.0014	100,206.22	-0.0337	100,206.22
2004	99,617.38	1.0016	100,206.19	-0.0337	100,206.19
2005	99,646.16	1.0019	100,206.15	-0.0337	100,206.15
2006	99,678.12	1.0022	100,206.12	-0.0337	100,206.12
2007(T2)	99,720.39	1.0000	100,206.09	-90.6196	100,206.09
2008	99,827.78	1.0011	100,115.47	-90.6196	100,115.47
2009	99,897.41	1.0018	100,024.85	-90.6196	100,024.85
2010	100,033.08	1.0031	99,934.23	-90.6196	99,934.23
2011	100,148.22	1.0043	99,843.61	-90.6196	99,843.61
2012	100,188.08	1.0047	99,752.99	-90.6196	99,752.99
2013	100,266.25	1.0055	99,662.37	-90.6196	99,662.37
2014	100,283.95	1.0057	99,571.75	-90.6196	99,571.75
2015	100,295.35	1.0058	99,481.13	-90.6196	99,481.13
2016	100,339.49	1.0062	99,390.51	-90.6196	99,390.51
2017	100,363.72	1.0065	99,299.89	-90.6196	99,299.89
2018(T3)	100,377.67	1.0000	99,209.27	-90.6196	99,209.27

- 전국 단위의 산림지 시계열 토지 매트릭스 구축을 위하여 수집한 면적 관련 정보는 다음과 같음
 - 산림지 면적의 국가통계로는 임업통계연보를 활용하였고, 공간영상정보로는 임상도의 임상별 구분 면적을 기반으로 [표 Ⅲ-12]과 같이 2000년도 이전에는 공간영상정보의 면적에 국가통계의 연간 면적증감율(a) 추세 적용하여 1990년~2018년 전체 시계열 면적을 도출함. 2000년도 이후에는 공간영상정보의 면적만을 활용하여 내삽비율(b)을 적용하여 산출함
- 전국 산림지 부문의 전체 시계열(1990년~2018년)면적을 2안과 3안에 따라 산출한 결과는 [표Ⅲ-12]와 같음



[표Ⅲ-12] 전국 산림지 시계열 면적 산출표

(단위 : km²)

년도	국가통계	연간 면적 증감율(%) (a)	공간영상정보	내삽비율(%) (b)	최종 산출 면적
1990	64,760.30	1.0084			62,627.43
1991	64,676.65	1.0071			62,546.54
1992	64,637.64	1.0065			62,508.81
1993	64,598.34	1.0059			62,470.81
1994	64,555.50	1.0052			62,429.38
1995	64,518.85	1.0046			62,393.93
1996	64,479.36	1.0040			62,355.74
1997	64,413.04	1.0030			62,291.61
1998	64,363.04	1.0022			62,243.25
1999	64,300.01	1.0012			62,182.30
2000(T1)	64,221.28	1.0000			62,106.16
2001	64,159.20	0.9990	62,032.13	-74.0364	62,032.13
2002	64,118.93	0.9984	61,958.09	-74.0364	61,958.09
2003	64,063.32	0.9975	61,884.05	-74.0364	61,884.05
2004	64,003.01	0.9966	61,810.02	-74.0364	61,810.02
2005	63,939.49	0.9956	61,735.98	-74.0364	61,735.98
2006	63,893.93	0.9949	61,661.94	-74.0364	61,661.94
2007(T2)	63,824.49	1.0000	61,587.91	20.7148	61,587.91
2008	63,748.75	0.9988	61,608.62	20.7148	61,608.62
2009	63,703.04	0.9981	61,629.34	20.7148	61,629.34
2010	63,688.43	0.9979	61,650.05	20.7148	61,650.05
2011	63,477.83	0.9946	61,670.77	20.7148	61,670.77
2012	63,398.81	0.9933	61,691.48	20.7148	61,691.48
2013	63,393.68	0.9933	61,712.20	20.7148	61,712.20
2014	63,421.94	0.9937	61,732.91	20.7148	61,732.91
2015	63,346.15	0.9925	61,753.63	20.7148	61,753.63
2016	63,262.85	0.9912	61,774.34	20.7148	61,774.34
2017	63,180.07	0.9899	61,795.06	20.7148	61,795.06
2018(T3)	63,059.62	1.0000	61,815.77	20.7148	61,815.77

■ 사례지 단위의 농경지 시계열 토지 매트릭스 구축을 위하여 수집한 면적 관련 정보는 다음과 같음

○ 농경지 면적의 국가통계로는 농업면적조사를 활용하였고, 공간영상정보로는 팜맵의 유형별 구분 면적을 기반으로 [표 Ⅲ-13]과 같이 2000년도 이전에는 공간영상정보의 면적에 국가통계의 연간 면적증감율(a) 추세 적용하여 1990년~2018년 전체 시계열 면적을 도출함. 2000년도 이후에는 공간영상정보의 면적만을 활용하여 내삽비율(b)을 적용하여 산출함

■ 전국 농경지 부문의 전체 시계열(1990년~2018년)면적을 2안과 3안에 따라 산출한 결과는 [표Ⅲ-13]과 같음

[표Ⅲ-13] 전국 농경지 시계열 면적 산출표

(단위 : km²)

년도	국가통계	연간 면적 증감율(%)	공간영상정보	내삽비율(%)	최종 산출 면적
1990	21,088.12	1.1165			28,360.71
1991	20,908.77	1.1070			28,119.51
1992	20,699.33	1.0959			27,837.84
1993	20,548.14	1.0879			27,634.51
1994	20,327.06	1.0762			27,337.18
1995	19,852.57	1.0511			26,699.06
1996	19,454.80	1.0300			26,164.11
1997	19,235.22	1.0184			25,868.81
1998	19,100.81	1.0113			25,688.04
1999	18,989.25	1.0054			25,538.01
2000(T1)	18,887.65	1.0000	25,401.37	-93.6800	25,401.37
2001	18,761.42	0.9933	25,307.69	-93.6800	25,307.69
2002	18,626.22	0.9862	25,214.01	-93.6800	25,214.01
2003	18,459.94	0.9774	25,120.33	-93.6800	25,120.33
2004	18,356.34	0.9719	25,026.65	-93.6800	25,026.65
2005	18,240.39	0.9657	24,932.97	-93.6800	24,932.97
2006	18,004.70	0.9533	24,839.29	-93.6800	24,839.29
2007(T2)	17,815.79	1.0000	24,745.61	-525.9446	24,745.61
2008	17,587.95	0.9872	24,219.67	-525.9446	24,219.67
2009	17,367.98	0.9749	23,693.72	-525.9446	23,693.72
2010	17,153.01	0.9628	23,167.78	-525.9446	23,167.78
2011	16,980.40	0.9531	22,641.83	-525.9446	22,641.83



2012	17,299.82	0.9710	22,115.89	-525.9446	22,115.89
2013	17,114.36	0.9606	21,589.94	-525.9446	21,589.94
2014	16,911.13	0.9492	21,064.00	-525.9446	21,064.00
2015	16,790.23	0.9424	20,538.05	-525.9446	20,538.05
2016	16,435.99	0.9226	20,012.11	-525.9446	20,012.11
2017	16,207.96	0.9098	19,486.16	-525.9446	19,486.16
2018(T3)	15,956.14	1.0000	18,960.22	-525.9446	18,960.22

- 사례지 단위의 초지 시계열 토지 매트릭스 구축을 위하여 수집한 면적 관련 정보는 다음과 같음
 - 초지 면적의 국가통계로는 지적통계를 활용하였고, 공간영상정보로는 토지피복지도를 기반으로 [표 Ⅲ-14]와 같이 2000년도 이전에는 공간영상정보의 면적에 국가통계의 연간 면적증감율(a) 추세 적용하여 1990년~2018년 전체 시계열 면적을 도출함. 2000년도 이후에는 공간영상정보의 면적만을 활용하여 내삽비율(b)을 적용하여 산출함
- 전국 초지 부문의 전체 시계열(1990년~2018년)면적을 2안과 3안에 따라 산출한 결과는 [표Ⅲ-14]와 같음

[표 III-14] 전국 초지 시계열 면적 산출표

(단위 : km²)

년도	국가통계	연간 면적 증감율(%)	공간영상정보	내삽비율(%)	최종 산출 면적
1990	478.55	0.8604			563.37
1991	468.48	0.8423			551.52
1992	470.68	0.8462			554.11
1993	476.66	0.8570			561.14
1994	492.95	0.8863			580.32
1995	511.15	0.9190			601.74
1996	528.82	0.9507			622.55
1997	539.23	0.9695			634.81
1998	546.05	0.9817			642.84
1999	551.77	0.9920			649.57
2000(T1)	556.22	1.0000			654.80
2001	560.57	1.0078	641.83	-12.9792	641.83
2002	562.95	1.0121	628.85	-12.9792	628.85
2003	565.15	1.0161	615.87	-12.9792	615.87
2004	572.01	1.0284	602.89	-12.9792	602.89
2005	578.14	1.0394	589.91	-12.9792	589.91
2006	583.30	1.0487	576.93	-12.9792	576.93
2007(T2)	583.30	1.0000	563.95	50.3746	563.95
2008	583.35	1.0001	614.32	50.3746	614.32
2009	582.64	0.9989	664.70	50.3746	664.70
2010	580.56	0.9953	715.07	50.3746	715.07
2011	581.79	0.9974	765.45	50.3746	765.45
2012	580.19	0.9947	815.82	50.3746	815.82
2013	577.79	0.9905	866.20	50.3746	866.20
2014	572.91	0.9822	916.57	50.3746	916.57
2015	570.19	0.9775	966.95	50.3746	966.95
2016	567.98	0.9737	1,017.32	50.3746	1,017.32
2017	564.53	0.9678	1,067.70	50.3746	1,067.70
2018(T3)	562.48	1.0000	1,118.07	50.3746	1,118.07

- 사례지 단위의 습지 시계열 토지 매트릭스 구축을 위하여 수집한 면적 관련 정보는 다음과 같음
 - 습지 면적의 국가통계로는 지적통계를 활용하였고, 공간영상정보로는 토지피복지도를 기반으로 [표 Ⅲ-15]와 같이 2000년도 이전에는 공간영상정보의 면적에 국가통계의 연간 면적증감율(a) 추세를 적용하여 1990년~2018년 전체 시계열 면적을 도출함. 2000년도 이후에는 공간영상정보의 면적만을 활용하여 내삽비율(b)을 적용하여 산출함
- 전국 습지 부문의 전체 시계열(1990년~2018년)면적을 2안과 3안에 따라 산출한 결과는 [표Ⅲ-15]와 같음

[표Ⅲ-15] 전국 습지 시계열 면적 산출표

(단위 : km²)

년도	국가통계	연간 면적 증감율(%)	공간영상정보	내삽비율(%)	최종 산출 면적
1990	5,313.27	0.9420	-	-	3,198.59
1991	5,341.60	0.9471			3,215.64
1992	5,336.20	0.9461			3,212.39
1993	5,378.54	0.9536			3,237.88
1994	5,418.76	0.9608			3,262.09
1995	5,506.60	0.9763			3,314.97
1996	5,540.15	0.9823			3,335.17
1997	5,578.26	0.9890			3,358.11
1998	5,602.54	0.9933			3,372.73
1999	5,622.31	0.9968			3,384.63
2000(T1)	5,640.13	1.0000	3,395.36	14.7165	3,395.36
2001	5,660.16	1.0036	3,410.07	14.7165	3,410.07
2002	5,682.73	1.0076	3,424.79	14.7165	3,424.79
2003	5,707.40	1.0119	3,439.51	14.7165	3,439.51
2004	5,715.08	1.0133	3,454.22	14.7165	3,454.22
2005	5,728.08	1.0156	3,468.94	14.7165	3,468.94
2006	5,749.91	1.0195	3,483.66	14.7165	3,483.66
2007(T2)	5,809.15	1.0000	3,498.37	3.1506	3,498.37
2008	5,889.90	1.0139	3,501.52	3.1506	3,501.52
2009	5,925.01	1.0199	3,504.67	3.1506	3,504.67
2010	5,932.57	1.0212	3,507.82	3.1506	3,507.82
2011	5,953.35	1.0248	3,510.98	3.1506	3,510.98

2012	5,964.61	1.0268	3,514.13	3.1506	3,514.13
2013	5,986.84	1.0306	3,517.28	3.1506	3,517.28
2014	5,992.08	1.0315	3,520.43	3.1506	3,520.43
2015	6,001.57	1.0331	3,523.58	3.1506	3,523.58
2016	6,029.83	1.0380	3,526.73	3.1506	3,526.73
2017	6,039.99	1.0397	3,529.88	3.1506	3,529.88
2018(T3)	6,042.44	1.0000	3,533.03	3.1506	3,533.03

- 사례지 단위의 정주지 시계열 토지 매트릭스 구축을 위하여 수집한 면적 관련 정보는 다음과 같음
 - 정주지 면적의 국가통계로는 지적통계를 활용하였고, 공간영상정보로는 토지피복지도를 기반으로 [표 Ⅲ-16]과 같이 2000년도 이전에는 공간영상정보의 면적에 국가통계의 연간 면적증감율(a) 추세 적용하여 1990년~2018년 전체 시계열 면적을 도출함. 2000년도 이후에는 공간영상정보의 면적만을 활용하여 내삽비율(b)을 적용하여 산출함
- 전국 정주지 부문의 전체 시계열(1990년~2018년)면적을 2안과 3안에 따라 산출한 결과는 [표Ⅲ-16]과 같음



[표Ⅲ-16] 전국 정주지 시계열 면적 산출표

(단위 : km²)

년도	국가통계	연간 면적 증감율(%)	공간영상정보	내삽비율(%)	최종 산출 면적
1990	4,972.23	0.7862			6,799.88
1991	5,080.16	0.8033			6,947.48
1992	5,194.32	0.8214			7,103.61
1993	5,335.11	0.8436			7,296.15
1994	5,433.91	0.8592			7,431.26
1995	5,605.50	0.8864			7,665.92
1996	5,757.72	0.9104			7,874.10
1997	5,900.43	0.9330			8,069.26
1998	6,051.48	0.9569			8,275.84
1999	6,183.71	0.9778			8,456.67
2000(T1)	6,324.07	1.0000	8,648.63	165.9455	8,648.63
2001	6,468.39	1.0228	8,814.57	165.9455	8,814.57
2002	6,640.80	1.0501	8,980.52	165.9455	8,980.52
2003	6,786.45	1.0731	9,146.46	165.9455	9,146.46
2004	6,930.20	1.0958	9,312.41	165.9455	9,312.41
2005	7,100.12	1.1227	9,478.35	165.9455	9,478.35
2006	7,267.72	1.1492	9,644.30	165.9455	9,644.30
2007(T2)	7,429.19	1.0000	9,810.24	361.0850	9,810.24
2008	7,630.81	1.0271	10,171.33	361.0850	10,171.33
2009	7,801.91	1.0502	10,532.41	361.0850	10,532.41
2010	7,974.91	1.0735	10,893.50	361.0850	10,893.50
2011	8,155.17	1.0977	11,254.58	361.0850	11,254.58
2012	8,333.23	1.1217	11,615.67	361.0850	11,615.67
2013	8,521.24	1.1470	11,976.75	361.0850	11,976.75
2014	8,755.12	1.1785	12,337.84	361.0850	12,337.84
2015	8,938.30	1.2031	12,698.92	361.0850	12,698.92
2016	9,133.57	1.2294	13,060.01	361.0850	13,060.01
2017	9,309.97	1.2532	13,421.09	361.0850	13,421.09
2018(T3)	9,473.52	1.0000	13,782.18	361.0850	13,782.18

■ 사례지 단위의 기타토지 시계열 토지 매트릭스 구축을 위하여 수집한 면적 관련 정보는 다음과 같음

○ 기타토지 면적은 전국면적에서 나머지 5개 토지이용유형의 면적을 제하여 [표 III-17]과 같이 산출함

[표 III-17] 전국 기타토지 시계열 면적 산출표

(단위 : km²)

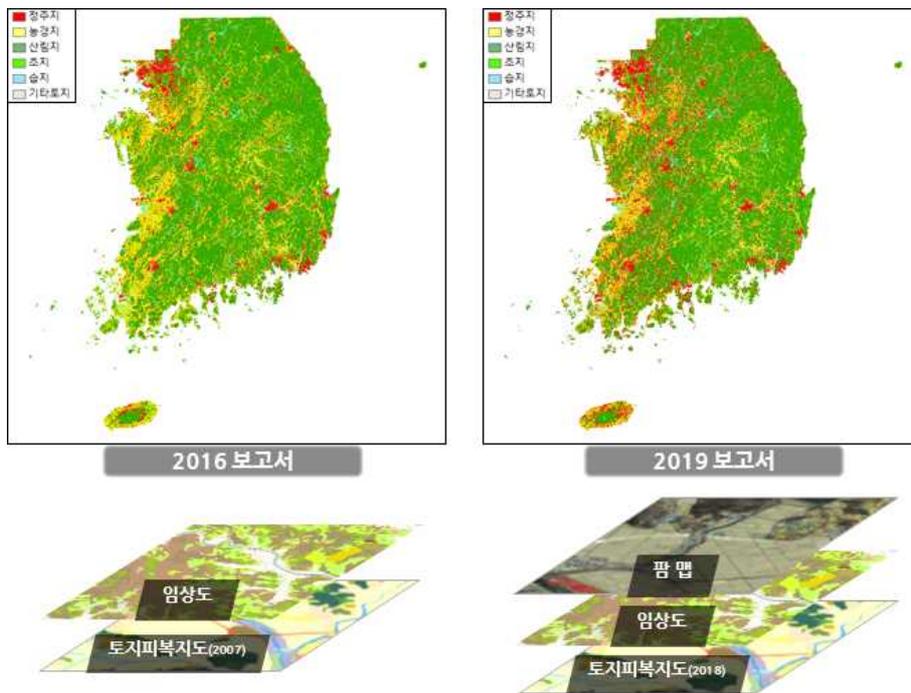
년도	국가통계	연간 면적 증감율(%)	공간영상정보	내삽비율(%)	최종 산출 면적
1990	2,117.98	0.5528			87.19
1991	2,499.26	0.6523			87.23
1992	2,672.16	0.6974			87.26
1993	2,847.07	0.7431			87.29
1994	2,974.46	0.7763			87.33
1995	3,291.72	0.8591			87.36
1996	3,552.61	0.9272			87.40
1997	3,706.86	0.9675			87.43
1998	3,743.97	0.9772			87.46
1999	3,787.21	0.9885			87.50
2000(T1)	3,831.39	1.0000	87.53	0.0337	87.53
2001	3,928.26	1.0253	87.56	0.0337	87.56
2002	3,953.57	1.0319	87.60	0.0337	87.60
2003	4,018.61	1.0489	87.63	0.0337	87.63
2004	4,040.75	1.0546	87.67	0.0337	87.67
2005	4,059.95	1.0597	87.70	0.0337	87.70
2006	4,178.55	1.0906	87.73	0.0337	87.73
2007(T2)	4,258.47	1.0000	87.77	48.8782	87.77
2008	4,387.03	1.0302	136.64	48.8782	136.64
2009	4,516.82	1.0607	185.52	48.8782	185.52
2010	4,703.60	1.1045	234.40	48.8782	234.40
2011	4,999.67	1.1741	283.28	48.8782	283.28
2012	4,611.42	1.0829	332.16	48.8782	332.16
2013	4,672.33	1.0972	381.03	48.8782	381.03
2014	4,630.76	1.0874	429.91	48.8782	429.91
2015	4,648.91	1.0917	478.79	48.8782	478.79
2016	4,909.26	1.1528	527.67	48.8782	527.67
2017	5,061.19	1.1885	576.55	48.8782	576.55
2018(T3)	5,283.47	1.0000	625.43	48.8782	625.43



IV. 국가 온실가스 인벤토리를 위한 공간면적 도출 및 산정방식 검토

1. 국가 공간영상정보별 메타데이터 분석에 의한 정합방안 제시

- 임상도와 토지피복도 두 개의 공간영상정보만을 결합하여 분석한 2016년도 보고서와 달리 2019년도 보고서에서는 전국 단위의 면적 산정 정확도 제고를 위해 임상도와 토지피복도에 더해 팜맵을 추가적으로 분석 및 결합하였으며 이에 따라 세 개 공간영상정보의 정합방안의 도출 필요



[그림 IV-1] 2016년도와 2019년도 보고서의 분석 대상 공간영상정보 비교

- 팜맵, 임상도, 토지피복도 세 개의 공간영상정보는 서로 다른 시기에 구축되었기에 세 개 공간영상정보를 결합할 시 중복 및 이격 발생의 문제가 존재할 수 있음
 - 메타데이터의 분석 결과 제작시기와 지역이 중복되는 지역 및 외곽 경계선 이격이 발생한 지역이 존재함
- 이에 따라 서로 다른 시기별로 구축된 공간영상정보를 중복 또는 이격 없이 정합하기 위해 토지매트릭스 구축에 사용하는 공간영상정보 3개의 메타데이터를 분석함



- 따라서 중복 또는 이격의 문제가 존재하는 지역에 대해서 Merge, Erase, Clip 등을 통해 공간영상정보의 GIS 데이터를 수정하여 오차를 최소화 함
- 팜 맵, 임상도, 2018년도 토지피복도의 메타데이터는 각각 [표 IV-1], [표 IV-2], [표 IV-5]의 내용과 같음
- 토지피복도 시계열 중에서 2000년도와 2007년도에 구축된 중분류 토지피복도는 제작시기가 5년 이내이기 때문에 구축시기에 따른 이격이 비교적 적으나 2018년도는 제작시기가 8년여에 걸쳐있고 구축 지역이 세분화되어 이격이 많음
- 2000년도, 2018년도 토지피복도의 메타데이터는 각각 [표 IV-3], [표 IV-4]의 내용과 같음
- 2018년도 세분류 토지피복도의 경우 남, 북한강 유역과 전북지역이 제작 시기는 다르나 지역은 같아서 중복 문제가 발생하는데, 이 경우 Intersect를 실행하여 겹치는 부분을 추출해 내고 Erase 및 Clip 을 이용하여 겹치는 부분 중에서 최신 구축한 지역만을 정합함 ([그림 IV-1] 참고)

[표IV-1] 팜맵 메타데이터

제작시기	지역	원시영상	자료형식 및 물량
2016년	전국	GSD 25cm급(2년주기갱신)	포 맷 : SHP 분류항목 : 5개 항목

[표IV-2] 임상도 메타데이터

제작시기	지역	원시영상	자료형식 및 물량
2013년	전국	산림항공사진(2009~2013)	포 맷 : SHP 물량: 축척 1/5,000 16,940도엽 분류항목 : 22개 항목



[표 IV-3] 2000년도 중분류 토지피복도 메타데이터

제작시기	지역	원시영상	자료형식 및 물량
2000년	수도권 서울, 경기, 인천	영상 : IRS-1C (5M) 촬영 : 2000년 영상: Landsat TM (30M) 촬영 : 1999년	포맷 : SHP, PDF 해상도 : 5M급 물량: 축척 1/25,000 838도엽 분류항목 : 23개 항목
2002년	한강·금강권	영상 : IRS-1D (5M) 촬영 : 2000년 영상: Landsat ETM+ (30M) 촬영 : 1999년 영상: IKONOS (1M) 촬영 : 2000년	
2003년	낙동강권	영상 : SPOT-5 (2.5M) 촬영 : 2002년	
2004~ 2005년	영산강, 제주도권	영상 : SPOT-5 (2.5M) 촬영 : 2004년	

[표 IV-4] 2007년도 중분류 토지피복도 메타데이터

제작시기	지역	원시영상	자료형식 및 물량
2007년	전국	영상 : SPOT-5 (2.5M) 촬영 : 2006년~2007년	포맷 : SHP, PDF 해상도 : 5M급 물량: 축척 1/25,000 813도엽 분류항목 : 23개 항목

[표 IV-5] 2018년도 세분류 토지피복도 메타데이터

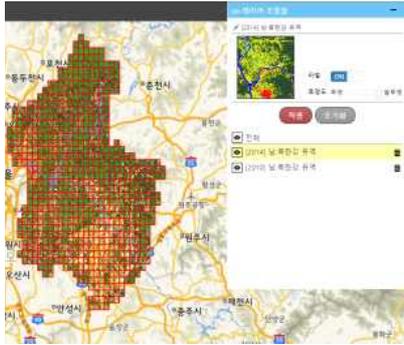
제작시기	지역	원시영상	자료형식 및 물량
2010년 구축1차	북한강·남한강유역 경기도 가평군, 광주시, 남양주시, 양평군, 여주군, 이천시 및 구리 시·용인시·춘천시·하남시 일부	영상 : 아리랑2호 (1M) 촬영 : 2009년~2010년	포맷 : SHP, PDF 해상도 : 1M급 물량: 축척 1/5,000 760도엽 분류항목 : 41개 항목
2011년 구축2차	낙동강 상류 대구광역시 (달성군) 경상북도 김천시, 안동시, 구미시, 상주시, 문경시, 의성군, 고령군, 성주군, 칠곡군, 예천군	영상 : 아리랑2호 (1M) 촬영 : 2007년~2010년	포맷 : SHP, PDF 해상도 : 1M급 물량: 축척 1/5,000 1,622도엽 분류항목: 41개 항목
2012년 구축3차	낙동강 중·하류 부산광역시 (강서구·사상구·북구) 대구광역시 (남구·달서구·동구· 서구·수성구·중구·북구) 경상남도 거창군, 김해시, 밀양시, 산청군, 양산시, 의령군, 진주시, 창녕군, 함안군, 함양군, 합천군	영상 : 아리랑2호 (1M) 촬영 : 2010년~2012년	포맷 : SHP, PDF 해상도 : 1M급 물량: 축척 1/5,000 1,359도엽 분류항목: 41개 항목



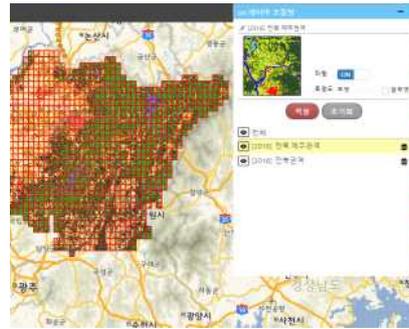
제작시기	지역	원시영상	자료형식 및 물량
2013년 구축4차	낙동강 미구축 지역 부산광역시 울산광역시 강원도 태백시 일부 경상북도 영주시, 봉화군, 울진군, 영양군, 영덕군, 청송군, 포항시, 군위군, 영천시, 경주시, 경산시, 청도군 경상남도 창원시, 진해시, 마산시, 고성군, 통영시, 거제시, 사천시, 남해군, 하동군 전라북도 남원시 일부	영상 : 항공정사영상 (1M) 촬영 : 2010년	포맷 : SHP, PDF 해상도 : 1M급 물량: 축척 1/5,000 2,726도엽 분류항목: 41개 항목
2013년 구축4-2차	서울, 성남, 용인 일부지역	영상 : 항공정사영상 (0.25M) 촬영 : 2010년	포맷 : SHP, PDF 해상도 : 1M급 물량: 축척 1/5,000 217도엽 분류항목 : 41개 항목
2014년 구축5차	경기도 미구축 지역 인천광역시 경기도 안산시, 화성시, 안성시, 김 포시, 수원시, 의정부시, 안양시, 부천시, 광명시, 평택시, 동두천시, 고양시, 과천시, 오산시, 시흥시, 군포시, 의왕시, 파주시, 양주시, 포천시, 연천군	영상 : 항공정사영상 (0.25M) 촬영 : 2012년	포맷 : SHP, PDF 해상도 : 1M급 물량: 축척 1/5,000 1,500도엽 분류항목 : 41개 항목
2014년 1차 갱신	북한강·남한강 유역 경기도 가평군, 광주시, 남양주시, 양평군, 여주군, 이천시 및 구리시· 용인시·춘천시·하남시 일부	영상 : 항공정사영상 (0.25M) 촬영 : 2012년	포맷 : SHP, PDF 해상도 : 1M급 물량: 축척 1/5,000 760도엽 분류항목 : 41개 항목
2015년 구축6차	세종특별자치시, 대전광역시, 충청남도	영상 : 항공정사영상 (0.25M) 촬영 : 2014년	포맷 : SHP, PDF 해상도 : 1M급 물량: 축척 1/5,000 1,774도엽 분류항목 : 41개 항목
2015년 구축 6차 세종시	세종특별자치시	영상 : 아리랑2호 (1M) 촬영 : 2015년	포맷 : SHP, PDF 해상도 : 1M급 물량: 축척 1/5,000 109도엽 분류항목 : 41개 항목
2016년 구축7차	제주특별자치도, 전라북도	영상 : 항공정사영상 (0.25M) 촬영 : 2014년, 2015년	포맷 : SHP, PDF 해상도 : 1M급 물량: 축척 1/5,000 1,745도엽 분류항목 : 41개 항목
2016년 구축7차 전북	전라북도	영상 : 아리랑 2호 (1M), 아리랑 3호 (0.7M), 아리랑 3A호 (0.55M) 촬영 : 2015년, 2016년	포맷 : SHP, PDF 해상도 : 1M급 물량: 축척 1/5,000 1,368도엽 분류항목 : 41개 항목
2017년 구축8차 강원, 충북	강원도, 충청북도	영상 : 항공정사영상(0.25M) 촬영 : 2015년, 2016년 영상: 아리랑 2호 영상(1M), 아리랑 3호 영상(0.7M), 아리랑 3A호 영상(0.55M) 촬영 : 2015년, 2016년, 2017년	포맷 : SHP, PDF 해상도 : 1M급 물량: 축척 1/5,000 3,823도엽 분류항목 : 41개 항목



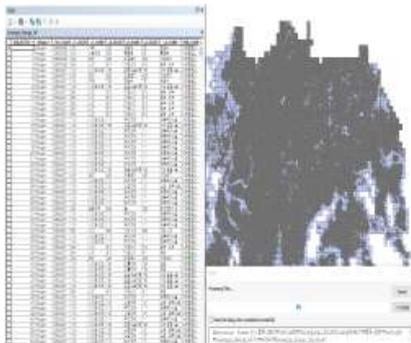
제작시기	지역	원시영상	자료형식 및 물량
2018년 구축8차 광주, 전남	전라남도, 광주광역시	영상 : 항공정사영상(0.25M) 촬영 : 2016년, 2017년 영상: 아리랑 2호 영상(1M), 아리랑 3호 영상(0.7M), 촬영 : 2018년	포맷 : SHP, PDF 해상도 : 1M급 물량: 축척 1/5,000 2,875도엽 분류항목 : 41개 항목



[2010,2014] 남, 북한강 유역



[2016] 전북 권역



중복지역 및 이격지역 제거 작업



중복 및 이격 제거 완료된 결과

[그림 IV-2] 2018년도 세분류 토지피복도 중복지역 제거



2. 국가 공간영상정보의 통합 활용을 통한 면적산정의 정확성 제고

- 정확한 면적 산정을 위해 각 공간영상정보에서 특화되어있는 유형의 IPCC 분류를 추출하여 3개의 공간영상정보를 결합함
 - 팜맵에서는 농경지 분류를 추출하고 임상도에서는 산림지 분류를 추출하여 토지피복도 레이어와 결합하고 우선순위를 팜맵의 농경지, 임상도의 산림-지 속성을 토지피복도 농경지, 산림지 속성보다 우위에 둠
 - 팜맵의 농경지 속성과 임상도의 산림지 속성이 중첩될 경우 토지피복도 속성을 우선순위로 적용함

- 세 개의 공간영상정보의 융합으로 인한 공간 재구획에 따라 중첩·이격 등에 의한 이중산정 및 누락의 경우가 발생할 수 있으므로, 이에 따라 이중산정 및 누락의 방지 방안의 도출이 필요
 - 중복레이어의 경우 최상위 레이어의 토지이용분류에 의거하여 결정하는 방식으로 이중 산정을 방지함
 - 토지이용분류 지역 간 이격이 발생한 경우에 대해서는 토지피복지도 및 항공영상을 참조하여 경계 조정 작업을 진행하여 누락을 방지함

- 6개 토지이용범주 가운데 농경지는 팜맵, 산림지는 임상도, 초지·습지·정주지·기타토지 는 토지피복도를 이용하여 결정함

- 세 개의 공간영상정보 융합 시의 우선 순위는 팜 맵, 임상도, 토지피복도 순(안)으로 할당함

- 2018년도 레이어의 경우 아래와 같은 결합 시 우선순위 반영 및 중첩 지역 처리의 과정을 통해 토지피복도, 임상도, 팜맵 3개 공간영상정보를 하나의 레이어로 결합하여 제작함
 - ① 우선 토지피복도 레이어 위에 임상도, 팜맵 레이어를 추가한다. 이에 따라 아래 그림과 같이 토지피복도와 임상도의 중첩 영역, 토지피복도와 팜맵의 중첩 영역, 그리고 토지피복도와 임상도, 팜맵이 모두 중첩되는 영역이 발생한다.
 - ② 토지피복도 레이어에서 임상도와 팜맵에 해당하는 영역을 모두 제거한다.



- ③ 임상도 산림지 속성에서 팜맵과 중첩되는 부분을 제거하고 토지피복도와 결합한다.
- ④ 팜맵 농경지 속성에서 임상도와 중첩되는 부분을 제거하고 토지피복도와 결합한다.
- ⑤ 임상도와 팜맵이 중첩되는 면적에 대해서는 해당 영역의 토지피복도를 Clip하여 결합한다.



[그림 IV-3] 공간영상정보 정합 흐름도

3. 전국단위 토지이용 면적 산출 및 토지이용 면적 변화량 산정방식 검토

- 전국단위 토지이용 면적을 산출하기 위해 GIS 공간분석을 실시하여 세 개 연도의 실제 공간영상정보에 대한 면적을 IPCC 6개 분류별로 산정하여 다음의 [표 IV-6], [표 IV-7], [표 IV-8]과 같이 분석함

[표 IV-6] 2000년도 토지이용분류별 면적 (단위:km²)

IPCC 6분류	면적	IPCC 중분류	면적
산림지	62,106.16	활엽수림	16,925.81
		침엽수림	28,327.82
		혼효림	16,852.54
초지	654.80	자연초지	654.80
농경지	25,401.37	논	14,629.28
		밭	8,942.05
		과수원	1,483.46
		시설재배지	346.57
정주지	8,648.63	도심지역	5,725.48
		기타재배지	324.68
		인공초지	1,242.86
		기타나지	1,355.61
기타토지	87.53	자연나지	87.53
습지	3,395.36	내륙습지	573.81
		연안습지	342.36
		내륙수	2,264.12
		해양수	286.09
전체면적			100,364.88

[표 IV-7] 2007년도 토지이용분류별 면적 (단위:km²)

IPCC 6분류	면적	IPCC 중분류	면적
산림지	61,462.30	활엽수림	16,634.27
		침엽수림	27,931.34
		혼효림	16,896.69
초지	562.03	자연초지	562.03



IPCC 6분류	면적	IPCC 중분류	면적
농경지	24,464.10	논	13,762.57
		밭	9,074.80
		과수원	1,336.39
		시설재배지	290.33
정주지	9,830.92	도심지역	6,225.84
		기타재배지	345.95
		인공초지	1,711.69
		기타나지	1,547.44
기타토지	87.75	자연나지	87.75
습지	3,427.60	내륙습지	681.31
		연안습지	288.35
		내륙수	2,322.13
		해양수	177.19
전체면적			99,876.07

[표 IV-8] 2018년도 토지이용분류별 면적

(단위: km)

IPCC 6분류	면적	IPCC 중분류	면적
산림지	61,815.77	활엽수림	30,419.61
		침엽수림	23,628.70
		혼효림	7,767.46
초지	1,118.07	자연초지	1,118.54
농경지	18,960.22	논	9,098.50
		밭	7,135.95
		과수원	1,696.33
		시설재배지	1,030.16
정주지	13,782.18	도심지역	6,090.07
		기타재배지	252.17
		인공초지	5,582.70
		기타나지	1,857.24
기타토지	625.43	자연나지	625.43
습지	3,533.03	내륙습지	1,272.96
		연안습지	98.52
		내륙수	2,127.25
		해양수	34.30
전체면적			99,835.89



○ 분석한 토지이용분류별 면적을 토대로 2000~2007년, 2007~2018년간의 토지이용분류별 면적변화량을 다음 [표 IV-9], [표 IV-10]과 같이 분석함

[표 IV-9] 2000~2007년도 토지이용분류별 면적변화

(단위:km²)

IPCC 6분류	면적	IPCC 중분류	면적
산림지	-643.86	활엽수림	-291.54
		침엽수림	-396.48
		혼효림	+44.15
초지	-92.77	자연초지	-92.77
농경지	-937.27	논	-866.71
		밭	+132.75
		과수원	-147.07
		시설재배지	-56.24
정주지	+1,182.29	도심지역	+500.36
		기타재배지	+21.27
		인공초지	+468.83
기타토지	+0.22	자연나지	+191.83
		기타나지	+0.22
습지	+32.24	내륙습지	+107.5
		연안습지	-54.01
		내륙수	+58.01
		해양수	-108.9

[표 IV-10] 2007~2018년도 토지이용분류별 면적변화

(단위:km²)

IPCC 6분류	면적	IPCC 중분류	면적
산림지	+353.47	활엽수림	+13,785.34
		침엽수림	-4,302.64
		혼효림	-9,129.23
초지	+556.04	자연초지	+556.51
농경지	-5,503.88	논	-4,664.07
		밭	-1,938.85
		과수원	+359.94
		시설재배지	+739.83



IPCC 6분류	면적	IPCC 중분류	면적
정주지	+3,951.26	도심지역	-135.77
		기타재배지	-93.78
		인공초지	+3,871.01
기타토지	+537.68	자연나지	+309.8
		기타나지	+537.68
습지	+105.43	내륙습지	+591.65
		연안습지	-189.83
		내륙수	-194.88
		해양수	-142.89

- 분석한 2000~2007년, 2007~2018년간의 토지이용분류별 면적변화량을 바탕으로 연도별 토지이용분류별 면적변화량뿐만 아니라 두 개 연도 사이의 토지이용범주 간 변화량을 파악할 수 있는 2000~2007년 토지매트릭스 ([표 IV-11])와 2007~2018년 토지매트릭스([표 IV-12])를 전국을 대상으로 다음과 같이 구축함



[표 IV-11] 2000~2007 토지매트릭스

(단위 : km²)

2000년 2007년		산림지			초지	농경지				습지				정주지				기타
		활엽수	침엽수	혼효림	자연초지	논	밭	과수원	시설재배지	내륙습지	연안습지	내륙수	해양수	도심지역	기타재배지	인공초지	기타나지	자연나지
산림지	활엽수림	15860.4	283.28	224.16	10.84	45.93	77.92	22.84	0.20	1.94	0.39	8.94	0.62	30.50	8.02	73.09	20.20	1.59
	침엽수림	386.65	26449.3	349.53	30.02	155.41	370.63	40.29	0.66	3.99	5.40	15.84	14.01	79.30	5.26	57.77	35.48	5.08
	혼효림	323.97	406.31	15793.5	9.66	75.51	137.04	16.46	0.28	3.01	0.49	12.94	1.36	41.95	4.77	76.10	20.59	4.33
중분류 면적		16571.0	27138.9	16367.2	50.52	276.85	585.60	79.59	1.14	8.95	6.29	37.72	0.00	151.75	18.05	206.96	76.27	10.99
산림지 총 면적		60077.25			50.52	943.17				52.95				453.02				10.99
초지	자연초지	7.79	21.50	7.96	448.01	11.77	18.71	2.98	0.28	4.40	1.46	5.31	0.37	6.69	1.75	15.99	8.81	0.17
초지 총 면적		37.25			448.01	33.74				11.55				33.23				0.17
농경지	논	36.57	135.55	61.55	15.47	12639.1	499.67	48.26	86.75	44.08	9.06	50.40	0.94	180.10	16.80	24.26	53.21	0.47
	밭	99.19	491.42	155.03	30.01	757.36	7025.30	171.64	28.25	18.11	2.19	20.24	2.11	228.39	28.20	53.17	61.86	1.21
	과수원	26.23	27.72	12.12	4.83	55.01	119.56	1102.76	2.29	0.52	0.02	0.77	0.00	10.54	2.54	4.99	3.75	0.11
	시설재배지	0.32	0.76	0.41	0.23	47.67	20.55	5.16	217.72	0.21	0.01	0.31	0.00	3.28	1.07	0.35	0.84	0.08
중분류 면적		162.31	655.45	229.11	50.54	13499.1	7665.08	1327.83	335.01	62.92	11.27	71.73	0.00	422.32	48.61	82.78	119.65	1.87
농경지 총 면적		1046.87			50.54	22827.06				145.92				673.35				1.87
습지	내륙습지	3.88	7.08	3.53	15.86	57.64	21.11	2.08	0.43	330.46	13.54	141.39	1.13	14.59	0.62	8.08	60.21	0.24
	연안습지	1.09	3.38	0.59	0.57	3.90	0.82	0.00	0.02	4.89	196.75	6.28	62.99	3.60	0.56	0.34	9.32	0.00
	내륙수	10.43	21.11	12.06	12.70	130.72	35.12	1.71	0.55	99.35	20.69	1857.45	5.60	25.53	3.63	11.98	74.32	0.93
	해양수	0.25	6.50	0.72	0.44	0.64	1.04	0.00	0.00	0.20	24.71	10.16	144.96	2.40	0.02	0.28	5.20	0.05
중분류 면적		15.64	38.07	16.89	29.56	192.90	58.09	3.80	1.00	434.89	255.69	2015.29	214.68	46.12	4.82	20.67	149.04	1.21
습지 총 면적		70.60			29.56	255.79				2920.55				220.65				1.21
정주지	도심지역	51.89	115.50	74.02	16.35	374.90	312.29	25.18	3.35	9.05	16.97	22.18	11.13	4852.69	23.05	60.54	273.95	2.77
	기타재배지	3.41	10.24	5.31	1.61	35.86	39.38	6.06	3.10	0.25	1.27	0.71	0.07	26.64	205.83	2.77	4.69	0.07
	인공초지	71.50	212.06	86.96	37.72	77.68	152.83	24.60	0.79	11.30	10.37	16.93	0.91	91.17	15.67	814.42	90.19	2.75
	기타나지	39.49	128.25	59.96	19.97	158.96	107.89	13.33	1.88	41.80	39.00	93.88	39.87	126.20	6.89	36.98	628.79	8.14
중분류 면적		166.29	466.05	226.24	75.66	647.41	612.39	69.17	9.13	62.40	67.61	133.70	0.00	5096.71	251.43	914.70	997.61	13.74
정주지 총 면적		858.58			75.66	1338.09				263.71				7260.46				13.74
기타토지	자연나지	2.70	7.85	5.05	0.51	1.23	2.19	0.10	0.01	0.25	0.04	0.38	0.01	1.90	0.02	1.76	4.23	59.55
기타토지 총 면적		15.60			0.51	3.52				0.68				7.91				59.55



[표 IV-12] 2007~2018 토지매트릭스

(단위 : km²)

2007년 2018년		산림지			초지	농경지				습지				정주지				기타
		활엽수	침엽수	혼효림	자연초지	논	밭	과수원	시설재배지	내륙습지	연안습지	내륙수	해양수	도심지역	기타재배지	인공초지	기타나지	자연나지
산림지	활엽수림	12243.8	8044.05	8098.22	142.29	283.23	830.79	99.16	1.73	13.53	1.02	16.43	1.86	190.00	16.97	354.82	71.61	10.12
	침엽수림	2265.51	14841.7	5299.10	86.92	156.53	508.28	44.93	1.16	4.80	1.67	8.08	1.30	108.70	8.85	239.82	46.46	4.88
	혼효림	1479.98	3085.64	2660.15	33.69	66.04	198.44	20.72	0.43	2.73	0.67	4.56	1.08	75.23	4.21	104.17	27.68	2.05
중분류 면적		15989.2	25971.4	16057.4	262.90	505.81	1537.51	164.81	3.32	21.06	3.35	29.07	4.23	373.93	30.02	698.81	145.75	17.05
산림지 총 면적		58018.17			262.90	2211.44				57.71				1248.51				17.05
초지	자연초지	60.07	136.49	89.19	19.88	209.46	278.93	42.74	4.09	33.56	0.64	18.46	0.47	107.56	12.01	55.16	47.48	2.36
초지 총 면적		285.74			19.88	535.22				52.66				222.21				2.36
농경지	논	13.60	51.79	23.08	9.89	8153.37	529.06	33.43	54.26	35.09	16.02	22.66	0.35	89.67	12.82	19.57	33.53	0.30
	밭	94.41	363.78	134.94	63.05	1737.08	3572.61	253.36	41.11	22.49	1.89	17.87	0.36	551.31	53.26	145.86	80.50	2.07
	과수원	40.02	80.28	36.25	10.41	324.60	539.17	576.11	5.67	1.80	0.07	1.84	0.01	39.34	8.64	23.65	8.24	0.23
	시설재배지	3.78	14.93	5.39	1.41	491.10	255.80	44.50	134.44	0.60	0.07	1.69	0.01	51.83	15.19	4.54	4.76	0.11
중분류 면적		151.82	510.78	199.66	84.77	10706.1	4896.64	907.40	235.49	59.98	18.05	44.05	0.00	732.16	89.91	193.62	127.03	2.72
농경지 총 면적		862.25			84.77	16745.69				122.08				1142.71				2.72
습지	내륙습지	10.31	28.10	14.96	18.90	306.38	93.87	9.85	2.57	270.79	53.54	266.30	17.92	34.36	3.55	27.80	113.21	0.55
	연안습지	0.09	0.44	0.19	0.08	0.56	0.41	0.00	0.00	2.18	71.65	5.74	12.78	0.75	0.78	0.15	2.71	0.01
	내륙수	7.41	17.24	9.70	6.00	83.02	31.69	2.59	1.03	100.18	21.47	1686.15	59.28	13.02	2.50	13.08	72.19	0.68
	해양수	0.02	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	18.74	14.78	0.00	0.06	0.00	0.01	0.58	0.00
중분류 면적		17.82	45.83	24.87	24.98	389.96	125.97	12.45	3.61	373.20	165.40	1972.98	89.98	48.19	6.83	41.04	188.69	1.24
습지 총 면적		88.51			24.98	531.98				2601.57				284.75				1.24
정주지	도심지역	48.49	156.05	68.01	18.04	750.39	536.69	70.59	17.65	38.12	16.90	51.06	17.23	3790.55	67.25	96.96	341.37	4.75
	기타재배지	3.73	11.66	4.68	1.63	49.68	62.49	6.79	3.25	0.42	2.51	4.20	0.07	32.89	60.91	3.94	3.27	0.06
	인공초지	251.23	785.88	302.93	124.52	796.21	1318.15	94.58	11.39	94.84	10.83	83.21	2.89	790.63	53.38	546.09	301.75	14.20
	기타나지	71.59	214.68	99.16	17.40	342.50	301.68	35.74	11.48	22.42	49.39	25.30	21.41	340.36	25.03	56.76	208.36	13.99
중분류 면적		375.03	1168.27	474.77	161.57	1938.78	2219.01	207.69	43.76	155.80	79.63	163.78	41.60	4954.43	206.56	703.75	854.74	33.01
정주지 총 면적		2018.06			161.57	4409.24				440.81				6719.49				33.01
기타토지	자연나지	40.25	98.56	50.75	7.93	12.42	16.75	1.31	0.06	37.72	21.27	93.78	40.18	9.57	0.62	19.32	183.75	31.38
기타토지 총 면적		189.56			7.93	30.54				152.77				213.25				31.38

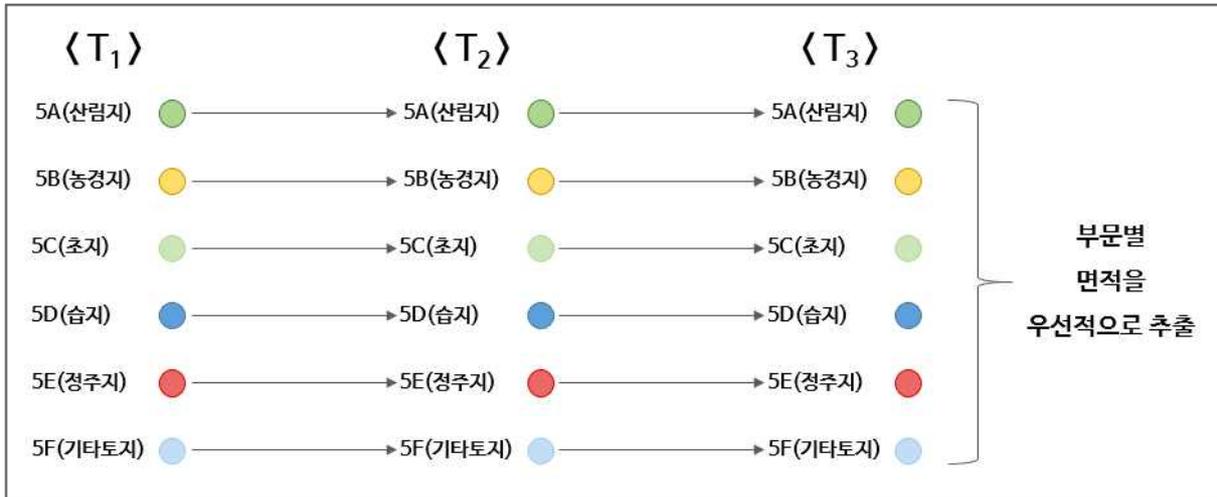
4. 토지매트릭스 작성 방법론 도출

가. 토지매트릭스 작성

- 토지 매트릭스 작성은 ① 공간영상정보에서 활동자료를 추출하여 6개 토지이용범주내의 18개 유지 및 전용면적의 세부 면적을 산정한 후, ② 공간영상정보의 3개 시계열(2000년, 2007년, 2018년) 지점 비교에서 도출한 면적 변화율을 적용하여 전체 시계열(1990년~2018년) 면적을 구축하는 두 단계로 구성됨
- 각 단계별 토지 매트릭스 작성 방법론과 전국 단위로 작성한 토지 매트릭스 결과를 다음과 같은 구성으로 제시하여 토지 매트릭스 작성 방법론의 이해를 돕고자 하였음
 - 1단계 : 공간영상정보를 활용한 활동자료 추출
 - 2단계 : 전체 시계열(1990년~2018년) 면적 산출
 - 1, 2단계 전국 적용 결과

나. 1단계 : 공간영상정보를 활용한 활동자료 추출

- 공간영상정보를 활용하여 부문별 면적 추출과 유지·전용 면적 추출 작업을 거쳐 토지 매트릭스를 작성할 수 있음
- 공간영상정보의 가용한 시계열 지점을 확보한 후, LULUCF 분야 6개 토지이용범주 정의에 따라 면적 경계를 나누어 각 부문의 면적 추출(<그림 IV-4> 참조)
 - 예를 들어 세 개 시계열 지점이 있는 경우에는 LULUCF 분야 6개 토지이용범주에 따라 총 18개의 면적 값이 추출됨



[그림 V-1] LULUCF 분야 부문별 면적추출

- (유지·전용면적 추출) 공간영상정보의 지형공간분석(Spatial Analysis)기법 중 교차 분석(Intersect)과 교차 후 차이(Symmetrical Difference) 기법을 통하여 각기 다른 시계열 지점(T_1, T_2, \dots, T_n)의 면적 영상을 비교, 면적 차이를 추출하면 교차되는 면적이 유지된 면적이고, 비(非)교차 면적을 타토지에서 전용된 면적으로 추출 가능함
- 교차분석기법은 중첩되는 폴리곤 데이터를 추출해내는 기법으로 공간영상정보의 두개의 다른 시계열 지점을 비교하여 유지된 토지 및 전용된 토지의 면적을 산출하는 데에 용이하며, 'Symmetrical Difference' 기법은 중첩되지 않는 폴리곤 데이터를 추출해내는 기법임
- 공간영상정보에서 수집된 토지이용 변화면적을 중첩시킴으로써 변화내용을 하나의 이미지에서 확인 가능함. 예를 들어 정주지로 유지된 정주지, 타토지에서 전용된 정주지, 타토지로 전용된 정주지 세 가지 정보를 중첩시켜 각각의 면적을 구분할 수 있고, 타토지에서 전용된 정주지 면적의 과거 비교시점(T_1)의 토지이용 구분(타토지의 과거 이용범주)을 확인하여 토지 매트릭스를 작성할 수 있음

다. 2단계 : 전체 시계열(1990년~2018년) 면적 산출

- 1단계에서 추출한 6개 토지이용 부문별 면적을 토대로 Approach 3(접근방법 3)에 따른 전체 시계열(1990년~2012년) 토지 매트릭스 구축을 위해 국가통계와 공간영상정보를 활용하여 다음의 4가지 방안을 검토하였음(< 표 V-24 >, < 표 V-25 >, < 그림 V-41 > 참조)



- (1안) 20년간 유지된 토지, 타토지에서 전용된 토지면적 산정[공간영상정보]
- (2안) 공간영상정보의 10년간 유지된 면적, 전용 면적 비율 내삽 적용[공간영상정보]
- (3안) 공간영상정보 면적에 국가통계 면적 비율 추이를 적용하여 00년, 07년, 18년 이외의 시계열 면적 적용[공간영상정보+국가통계]
- (4안) 국가통계(임업통계연보, 농업면적조사 등)에 타토지로 전용된 토지에 대해 공간영상정보 비율을 적용해서 산정[국가통계+공간영상정보]

[표Ⅳ-13] 토지 매트릭스 구축을 위한 면적 산정방식

구분	공간영상정보	국가통계(면적)
산정가능 면적	① 유지된 토지	④ 당해연도 면적(A)
	② 타토지로 전용된 토지	
	③ 타토지로 전용된 비율	



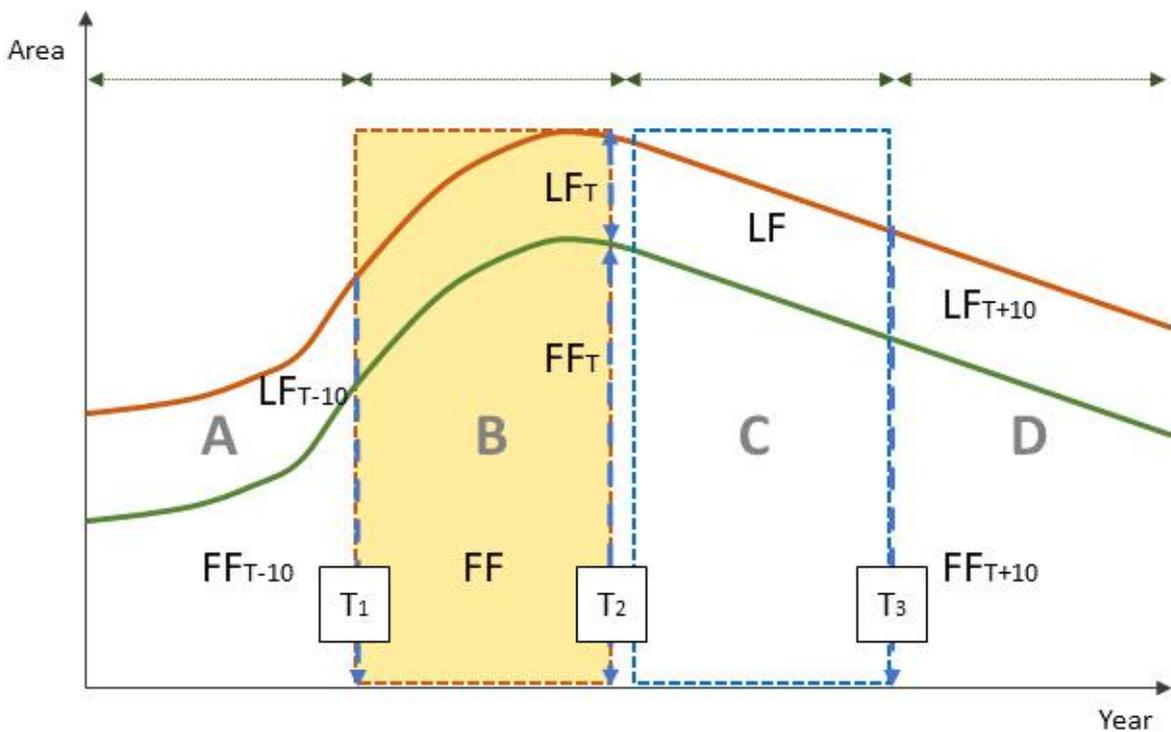
[표Ⅳ-14] 토지 매트릭스 구축을 위한 면적 추이 방법

		1안	2안	3안	4안
통계 정보		공간영상정보	공간영상정보	공간영상정보+ 국가통계	국가통계+ 공간영상정보
면적 산정 방법	유지된 토지	①	①	10년간 면적 : ① 그 외 시계열 : ①+④	①+④
	타토지로 전용된 토지	②	②+③	10년간 면적 : ②+③ 그 외 시계열 : ②+③+④	③+④
면적 추이 방법	토지 전용 비교 시점	20년간의 시계열 면적 산정	토지피복지도를 활용하여 10년간 유지된 면적*	토지피복지도를 활용하여 10년간 유지된 면적*	10년간 유지된 면적*
	과거 시계열 처리	전용된 면적을 외삽 적용	전용된 면적을 외삽 적용(공간영상정보만 활용)	전용된 면적을 외삽 적용(공간영상정보 면적에 국가통계 면적 추이 적용)	국가통계 면적에 공간영상정보의 전용면적 비율을 적용
장점		데이터의 확실성을 높일 수 있음 전용된 토지에 대해 정확한 정보를 얻을 수 있음	현재 보유하고 있는 통계를 최대한 사용할 수 있음	보유하고 있는 공간영상정보를 활용하여 전용된 면적에 대해 20년 시계열 면적을 추계할 수 있는 효과적 방법	국가통계를 최대한 활용 공간영상정보를 최소한 활용 당해 연도에 해당하는 국가통계 면적 적용에 효과적
단점		산정 기준연도가 2000년으로 재설정 될 경우 공간영상정보만을 활용하여 구축 가능	3개 시계열을 근거로 산정된 산식은 면적에 대한 단일 변화율로 인해 전체 면적을 대상으로 적용하기에는 한계 발생	2000년도 이전 시계열의 경우 단일 변화율만 적용됨.	보유기관별 통계가 다양하여 국토면적의 합을 조정하는데 있어 한계
본 연구 적용		-	-	◎	-

○ 본 연구에서 제시한 3안 그대로 공간영상정보 면적에 국가통계 면적 비율 증감율을 적용하여 2000년~2007년(B구간), 2007년~2018년(C구간) 이외의 시계열 면적 적용

1단계 : T_1 , T_2 , T_3 에서 공간영상정보를 활용하여 LULUCF 분야 6개 토지이용범주 정의에 따라 면적 경계를 나누어 각 부문의 면적 추출

2단계 : A구간은 T_1 에서 생긴 변화율 적용, B구간, C구간은 공간영상정보를 활용하여 내삽 적용하여 타토지 전용 면적 산출함



[그림 IV-2] LULUCF 분야 토지 매트릭스 면적 산정방법



■ 내·외삽 적용 방법은 아래 표와 같음

① 국가통계에서의 면적 비율 추출

	1990	...	1999	2000	2001	...	2006	2007	2008	...	2017	2018
국가 통계	x_{1990}	x_{n_1}	x_{1999}	x_{2000}	x_{2001}	x_{n_2}	x_{2006}	x_{2007}	x_{2008}	x_{n_3}	x_{2017}	x_{2018}
비율	x_{1990} / x_{2000}	x_{n_1} / x_{2000}	x_{1999} / x_{2000}	1	x_{2001} / x_{2000}	x_{n_2} / x_{2000}	x_{2006} / x_{2000}	1	x_{2008} / x_{2007}	x_{n_3} / x_{2007}	x_{2017} / x_{2007}	1

② 공간영상통계 면적 추출 및 내삽 비율 적용

	n_1	2000	n_2	2007	n_3	2018
영상 통계	$u_{n_1} = u_{2000} - (u_{2007} - u_{2000}) / 7 * (2000 - n_1)$	u_{2000}	$u_{n_2} = u_{2000} + (u_{2007} - u_{2000}) / 7 * (n_2 - 2000)$	u_{2007}	$u_{n_3} = u_{2007} + (u_{2018} - u_{2007}) / 11 * (n_3 - 2007)$	u_{2018}
변화량	$(u_{2007} - u_{2000}) / 7$			$(u_{2018} - u_{2007}) / 11$		

③ 공간영상통계 면적 및 내삽, 국가통계 외삽 비율 적용

	1990	n_1	1999	2000	2001	n_2	2006	2007	2008	n_3	2017	2018
국가 통계 + 영상 통계	$u_{2000} * (x_{1990} / x_{2000})$	$u_{2000} * (x_{n_1} / x_{2000})$	$u_{2000} * (x_{1999} / x_{2000})$	u_{2000}	$u_{n_2} = u_{2000} + (u_{2007} - u_{2000}) / 7 * (n_2 - 2000)$			u_{2007}	$u_{n_3} = u_{2007} + (u_{2018} - u_{2007}) / 11 * (n_3 - 2007)$			u_{2018}
비율	x_{1990} / x_{2000}	x_{n_1} / x_{2000}	x_{1999} / x_{2000}	1	$(u_{2007} - u_{2000}) / 7$			1	$(u_{2018} - u_{2007}) / 11$			1

[그림 IV-3] 공간영상정보와 국가통계 면적 융합 시계열 작성 시 내삽, 외삽 적용 방안



- 내·외삽 적용시 A구간의 면적비율은 [그림Ⅳ -6] ①번의 산정식을 적용하였으며 B, C구간은 ②번의 산정식을 적용하였음

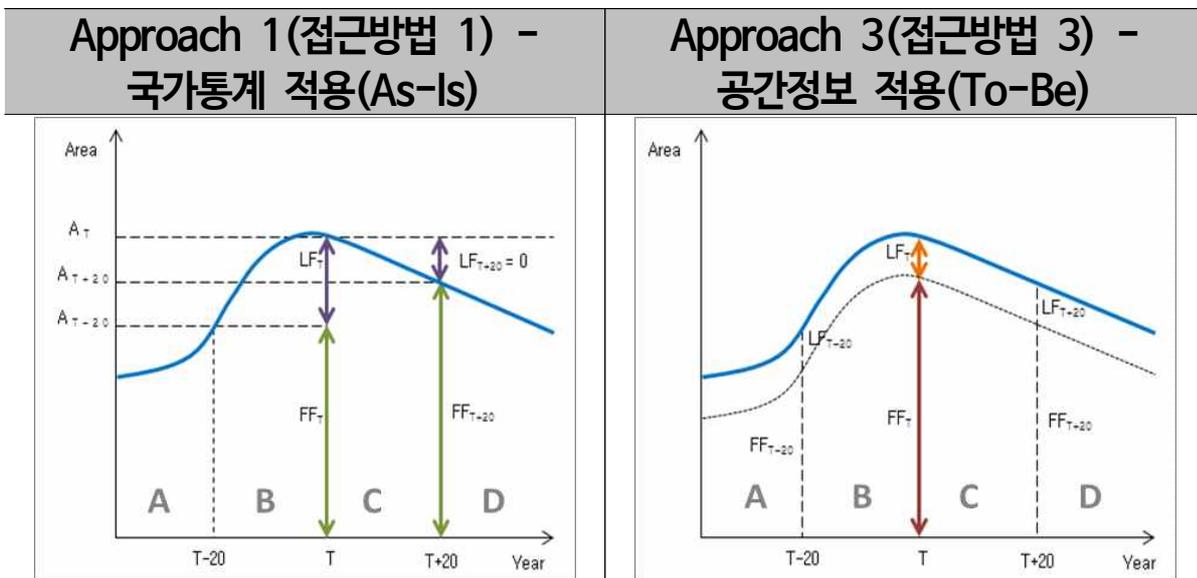
- LULUCF 분야 산정 기준연도가 2000년으로 재설정 될 경우 공간영상정보만으로 구축 가능
 - 기준연도가 2000년인 경우, 토지피복지도가 2000년부터 전국단위로 수집되었으므로 국가통계로 과거 시계열을 보정할 필요 없이 공간영상정보만을 가지고 토지 매트릭스 구축이 가능함



라. 토지 매트릭스 활동자료 산정 방식 비교

- Approach 1(접근방법 1)은 전체 면적의 변화 추이와 유사한 형태로 유지된 산림지 면적(FF)도 변화하며, 유지된 산림지 면적(FF)과 타토지에서 전용된 산림지 면적(LF)이 대칭 형태로 변화하며, 기준년의 면적이 20년 전 면적보다 작은 경우 타토지에서 전용된 산림지 면적(LF) 값은 0으로 산정되어짐. 이는 각 토지이용별 총 면적만 제시되는 Approach 1(접근방법 1)의 산정방식에 의한 산출 결과임
- Approach 3(접근방법 3)은 유지된 산림지 면적(FF)와 타토지에서 전용된 산림지 면적(LF)가 일정한 비율에 따라 변화하는 것으로 나타나는데 변화의 추세는 산정 대상 기간(1990년~2012년)의 산림지 전체 면적의 변화 추세와 유사한 형태로 나타남
- 전용되기 이전 토지용도의 구분이 가능한 Approach 3(접근방법 3)에서는 산림 총 면적 증감에 관계없이 항상 산림지에서 유지된 산림지(FF)와 타토지에서 전용된 산림지(LF) 면적이 같이 존재하며, 이는 Approach 1(접근방법 1)과 Approach 3(접근방법 3)이 가지는 방법론의 차이에 따른 결과임
 - 산림지 전체 면적이 지속적으로 감소하는 경우 Approach 1(접근방법 1)에 따른 타토지에서 전용된 산림지 면적(LF) 면적은 0으로 산정되어 그 차이를 명확히 보여주고 있으며, < 그림 IV-5 >는 접근방법론에 따른 차이를 개념적으로 나타냄

[표IV-15] 접근방법에 따른 활동자료 산출 차이 비교



- 활동자료에 사용되는 통계의 차이에 따른 활동자료 산출값의 차이를 비교하기 위하여 산림청 임업통계연보와 공간영상정보를 활용한 토지피복 매트릭스의 면적을 Approach 1(접근방법 1)에 적용하여 비교함
- 두 가지 통계자료에 의한 활동자료의 산출 결과는 동일한 방법론(Approach 1(접근방법 1))을 적용함에 따라 유사한 형태로 나타나고 있음
- 국가통계와 공간영상정보가 근본적으로 갖는 통계값의 차이에 따라 유지된 산림지 면적(FF)와 타토지에서 전용된 산림지 면적(LF) 산정 결과에 차이가 나타나며, 산림지 전체 면적이 큰 통계 값은 유지된 산림지 면적(FF)과 타토지에서 전용된 산림지 면적(LF) 값도 크게 나타남
- Approach 1(접근방법 1)에 따라 기준년도의 산림지 면적이 20년 전 산림지 보다 작은 경우는 무조건 타토지에서 전용된 산림지 면적(LF) 값이 모두 0으로 나타남. 이로써 Approach 1(접근방법 1)을 적용하여 면적을 산출할 경우, 해당 부문의 면적이 과거 20년 전보다 감소한 경우 타토지에서 전용된 면적을 구할 수 없는 한계점이 도출됨



5. 토지이용 범주별 토지이용 자료를 이용한 인벤토리 산출방안

가. 산림지

- 우리나라에서 산정한 산림지 부문 배출·흡수원은 ‘산림지로 유지된 산림지(5.A.1)’로, ‘타토지에서 전용된 산림지(5.A.2)’는 ‘산림지로 유지된 산림지’에 포함하여 산정되었고(IE), ‘질소 시비로 인한 N_2O 배출(5.I.A)’과 ‘산림지 바이오매스 소각에 의한 배출(5.V.A)’은 활동자료 미비로 산정하지 않음
- 산림지로 유지된 산림지의 입목 바이오매스 축적 변화량은 Tier 2 수준의 축적차이법(stock change method)을 이용하여 다음의 산정식으로 산정함

$$\Delta C_B = \frac{C_{t_2} - C_{t_1}}{t_2 - t_1}$$

ΔC_B :산림지로 유지되는 산림지의 현존 바이오매스(지상부 및 지하부) 축적량의 연간 변화[t C/yr]

C_{t_2} : t_2 연도의 총 바이오매스 탄소저장량[t C]

C_{t_1} : t_1 연도의 총 바이오매스 탄소저장량[t C]

$$C = \sum_{i,j} [A_{i,j} \times V_{i,j} \times BCEF_{i,j}] \times (1 + R_{i,j}) \times CF_{i,j}$$

C : 현존 바이오매스 탄소저장량[t C]

A : 산림면적[ha]

V : 단위면적당 재적[m³/ha]

BCEF : 바이오매스 전환·확장계수 = 목재기본밀도(D)[t d.m./m³] × 바이오매스 확장계수(BEF)

R : 뿌리-지상부 비율

CF : 탄소전환계수[t C/t d.m.]

i : 임상유형

j : 기후

- 2018년 국가 온실가스 인벤토리에 따르면, 우리나라는 주요 수종에 대한 배출·흡수계수 개발 및 수정, 바이오매스 연소에 의한 Non- CO_2 배출 계정을 위한 방법론 연구, 토양탄소 및 고사유기물의 배출·흡수량 산정, 타토지에서 전용된 산림지를 포함한 인벤토리 산정 등의 개선 계획을 추진 중임

나. 농경지

- 농경지 부문 배출·흡수원은 ‘농경지로 유지된 농경지(5.B.1)’, ‘타토지에서 전용된 농경지(5.B.2)’, ‘농경지로의 전용에 따른 N_2O 배출(5.III.B)’, ‘농경지 농업용 석회사용으로 인한 CO_2 배출(5.IV.B)’로 산정하고 있음
- 각 인벤토리 연도를 기점으로 20년간 농경지로 유지된 면적은 ‘농경지로 유지된 농경지’, 20년간 증가한 면적은 ‘타토지에서 전용된 농경지’로 구분함

- 농경지로 유지된 농경지 토양탄소 축적변화량은 다음의 산정식을 이용함

$$\Delta C_{CC_{soils}} = \Delta C_{CC_{Mineral}} - \Delta C_{CC_{Organic}} - \Delta C_{CC_{Liming}}$$

$\Delta C_{CC_{soils}}$: 농경지로 유지된 농경지의 연간 토양탄소 축적변화[t C/yr]

$\Delta C_{CC_{Mineral}}$: 농경지로 유지된 농경지 무기질토양의 연간 탄소 축적변화[t C/yr]

$\Delta C_{CC_{Organic}}$: 농경지로 유지된 농경지 유기토양의 연간 탄소 축적변화[t C/yr]

$\Delta C_{CC_{Liming}}$: 농경지 농업용 석회사용으로 인한 연간 탄소 배출

- 무기질토양의 탄소 축적 변화량의 경우 다음의 산정식을 이용함

$$\Delta C_{CC_{Mineral}} = \sum_C \sum_S \sum_i [(SOC_0 - SOC_{(0-T)}) \times A]_{c,s,i} / T$$

$$SOC = SOC_{REF} \times F_{LU} \times F_{MG} \times F_I$$

$\Delta C_{CC_{Mineral}}$: 무기질토양에서의 연간 탄소 축적 변화(t C/yr)

SOC_0 : 인벤토리 대상 연도의 토양 유기탄소 축적(t C/ha)

$SOC_{(0-T)}$: 인벤토리 대상 기간의 토양 유기탄소 축적(t C/ha)

T : 인벤토리 대상 기간 20년(yr)

A : 토지면적(ha)

c : 기후형

s : 토양형

i : 주요 농경지 체계

SOC_{REF} : 기본 토양 유기탄소 축적계수 (t C/ha)

F_{LU} : 토지이용 또는 토지이용 변화 형태에 따른 축적변화계수

F_{MG} : 관리 체계에 따른 축적변화계수

F_I : 유기물 사용에 따른 축적변화계수

- 농경지 전용에 따른 N_2O 배출량 산정식은 Tier 1 방법론을 적용하여 다음의 산정식을



이용함

$$N_2O_{conv} = EF_1 \times N_{net-min} \times 44/28 \times 10^{-6}$$

$$N_{net-min} = \Delta C_{LCMineral} \times 1/C : N \text{ ratio}$$

N_2O_{conv} : 산림지, 초지, 기타 토지 등에서 농경지로 전용하는 과정의 N_2O 배출량[Gg N_2O /yr]

EF_1 : 무기질질 비료, 분료, 작물잔사 등의 형태로 농경지에 추가되는 질소 배출계수

$N_{net-min}$: 토지전용 과정에서 무기질화되는 토양유기물의 질소 배출량[kg N/yr]

$\Delta C_{LCMineral}$: 타토지에서 전용된 농경지의 무기질토양의 연간 탄소 축적변화[kg C/yr]

$C : N \text{ ratio}$: 토양유기물의 탄소·질소 비율[kg C/kg N]

44/28 : N_2O 전환계수

- 농경지 농업용 석회시용으로 인한 CO_2 배출은 Tier 1방법론에 따라 석회비료 내 석회물질 공급량이 전량 토양에 공급된다고 가정해 탄산염을 포함한 석회비료 공급량 전량을 활동자료로 산정하여 다음의 산정식을 이용함

$$\Delta C_{CC_{Lime}} = M_{Limestone} \times EF_{Limestone} + M_{Dolomite} \times EF_{Dolomite}$$

다. 초지

- 초지 부분의 배출 흡수원은 ‘초지로 유지된 초지(5.C.1)’, ‘타토지에서 전용된 초지(5.C.2)’로 산정하며, ‘초지에서의 농업용 석회시용으로 인한 CO_2 배출(5.IV.C)’과 ‘초지에서 바이오매스 소각에 의한 배출(5.V.C)’은 활동자료 미비로 산정하지 않음
- 초지로 유지된 초지의 토양탄소 축적변화량은 다음의 산정식을 이용함

$$\Delta C_{GG_{Soils}} = \Delta C_{GG_{Mineral}} - \Delta C_{GG_{Organic}} - \Delta C_{GG_{Liming}}$$

$\Delta C_{GG_{Soils}}$: 초지로 유지된 초지에서의 연간 토양 탄소 축적 변화(t C/yr)

$\Delta C_{GG_{Mineral}}$: 초지로 유지된 초지에서 무기질 토양에서의 연간 탄소 축적 변화(t C/yr)

$\Delta C_{GG_{Organic}}$: 초지로 유지된 초지 유기토양의 연간 탄소 축적변화(t C/yr)

$\Delta C_{GG_{Liming}}$: 초지에서의 농업용 석회시용으로 인한 연간 탄소 축적변화(t C/yr)

라. 습지

- 습지 부문의 배출·흡수원은 ‘습지로 유지된 습지(5.D.1)’, ‘타토지에서 전용된 습지(5.D.2)’, ‘습지 배수로 인한 non- CO_2 배출(5.Ⅱ.D)’로 구분됨

- 습지로 유지된 습지의 배출량은 다음의 산정식을 이용함

$$CH_4_{emission_{WWflood}} = P \times E(CH_4)_{diff} \times A_{flood, total\ surface} \times 10^{-6}$$

$CH_4_{emission_{WWflood}}$: 습지에서 발생하는 CH_4 총배출량 (Gg CH_4 /yr)

P : 비결빙 기간 (일, day)

$A_{flood, total\ surface}$: 전체 인공침수지 면적(ha)

$E(CH_4)_{diff}$: 일일 평균 확산 CH_4 배출량(kg $CH_4 ha^{-1} day^{-1}$)

- 타토지에서 전용된 습지(인공침수지)의 배출량은 다음의 산정식을 이용함

$$CO_2_{emission_{WWflood}} = P \times E(CO_2)_{diff} \times A_{flood, total\ surface} \times f_A \times 10^{-6}$$

$CO_2_{emission_{WWflood}}$: 인공침수지로 전용된 토지에서 발생하는 CO_2 총배출량 (Gg CO_2 /yr)

P : 비결빙 기간 (일, day)

$A_{flood, total\ surface}$: 전체 인공침수지 면적(ha)

$E(CO_2)_{diff}$: 일일 평균 CO_2 확산 배출량(kg $CH_2 ha^{-1} day^{-1}$)

f_A : 전체 인공침수지 면적 대비 최근 10년내 인공침수지로 전용된 면적 비율

V. 토지이용 변화 매트릭스 프로그램(IT시스템) 개발 및 운용(안)

1. 프로그램 개요

- 본 프로그램은 해당 시스템 이용자들에게 LULUCF 분야에 대한 이해도를 높이고 활동자료 및 토지매트릭스 데이터 열람 및 시스템 상에서 직접 면적을 비교할 수 있게 제작된 프로그램임
- 토지매트릭스 구축 시 Approach 3(접근방법 3)을 이용해 국가 공간영상정보의 LULUCF 분야 6개 범주별 토지이용면적 분류 방안을 산정하고, 해당 방법론을 이용해 구축한 토지매트릭스 및 활동자료를 탑재함

The screenshot shows the LULUCF (Land Use, Land Use Change & Forestry) system interface. The main menu includes 'About Us', '활동자료', '매트릭스', '면적비교' (selected), and '공지사항'. The '면적비교' section is active, showing '전체 비교' and '연도별 비교' options. A search result of 364 items is displayed. The table below shows land use area data in '단위:면적(㎡)' for various categories from 1990 to 1998.

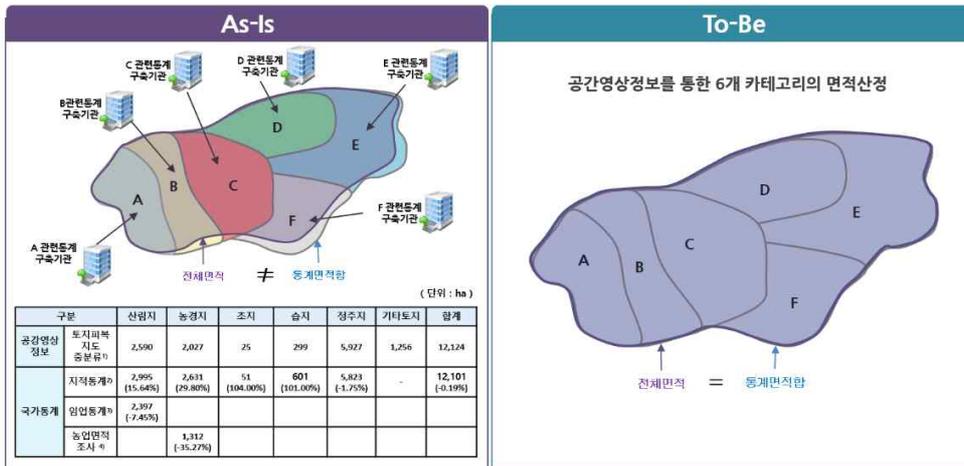
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
5A_산림지	62,627	62,547	62,509	62,471	62,429	62,394	62,356	62,292	62,243
5A_1 산림지로 유지된 산림지	61,091	61,012	60,976	60,938	60,898	60,864	60,826	60,764	60,717
활엽수	16,644	16,623	16,613	16,603	16,592	16,582	16,572	16,555	16,542
침엽수	27,644	27,609	27,592	27,575	27,557	27,541	27,524	27,496	27,475
혼효림	16,803	16,781	16,771	16,761	16,750	16,740	16,730	16,713	16,700
5A_2 산림지로 전용된 타토지	1,490	1,488	1,487	1,487	1,486	1,485	1,484	1,482	1,481
5A_2_b 산림지로 전용된 농경지	958	957	956	956	955	954	954	953	952
논	282	281	281	281	281	280	280	280	280
활엽수	47	47	47	47	47	47	47	46	46
침엽수	158	158	158	158	158	157	157	157	157
혼효림	77	77	77	77	77	76	76	76	76
밭	595	595	594	594	594	593	593	592	592
활엽수	79	79	79	79	79	79	79	79	79

[그림 V-1] 시스템 화면

면적 결정 방법

토지 이용 구분	하위 부문	면적 결정 방법(As-Is)	공간영상정보를 활용한 면적 결정 방법(To-Be)
산림지	침엽수림	임업통계연보상의 침엽수림 면적	임상도의 침엽수림, 토지피복지도의 침엽수림
	활엽수림	임업통계연보상의 활엽수림 면적	임상도의 활엽수림, 토지피복지도의 활엽수림
	혼효림	임업통계연보상의 혼효림 면적	임상도의 혼효림, 토지피복지도의 혼효림
농경지	논	농업면적조사(의 논) - (노지과수/콩밭/기타수원지의 '논') + (시설작물의 '논') 면적	팜 맵의 논, 토지피복지도의 논
	밭	농업면적조사(의 밭) - (노지과수/콩밭/기타수원지의 '밭') + (시설작물의 '밭') 면적	팜 맵의 논, 토지피복지도의 논
	과수원	농업면적조사(의 노지과수/콩밭/기타수원지의 '논'과 '밭') + (시설작물의 과수, 기타과수, 성과수, 포도, 바나나, 파인애플) 면적	팜 맵의 과수원, 토지피복지도의 과수원(시설재배지 포함) → 농경지 내 일괄 바이오매스
초지	-	지적통계상의 목장용지 면적	토지피복지도의 자연초지
습지	자연습지	지적통계상의 하천 면적	토지피복지도의 연안습지, 해양습지
	인공습지	지적통계상의 구거/유지/양어장 면적 합산 농업생산기반경비사업 통계연보의 저수지 현황을 활용	토지피복지도의 내륙습지, 내륙수
정주지	-	지적통계상의 광천지/음천/대/공장용지/학교용지/주차장/주유소용지/창고용지/도로/철도용지/제방/수도용지/공원/체육용지/유원지/종교용지/사적지/묘지 면적 합산	토지피복지도의 주거지역, 공업지역, 상업지역, 문화·체육·휴양지역, 공공시설지역, 인공초지, 기타재배지, 인공조지 합산
기타토지	-	전국토 면적에서 산림지/농경지/초지/습지/정주지 면적 합산을 제외한 나머지 토지 면적 기타토지 = 전국토 - (산림지 + 농경지 + 초지 + 습지 + 정주지)	토지피복지도의 자연나지, 기타나지 합산
전국토	-	전국토를 대상으로 하며, 비관리 토지는 존재하지 않는다는 가정 적용 지적통계상의 전체국토 면적	토지피복지도상의 전체국토 면적

기대효과



- LULUCF 분야 6개 카테고리 (산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지, 기타토지)면적과 국토 면적과의 정합성 증요
- 여러 부처 및 기관에서 관리하는 국가통계와 공간영상정보는 카테고리별 면적 산정 기준과 시계열에 차이가 있음
- 국가통계를 활용할 경우 타 토지로 전용되는 토지에 대한 파악이 어려움
- IPCC GPG-LULUCF 우수실행지침(2003)에서 토지이용 매트릭스구축 권장

[그림 V-2] 시스템 화면



2. 개발안

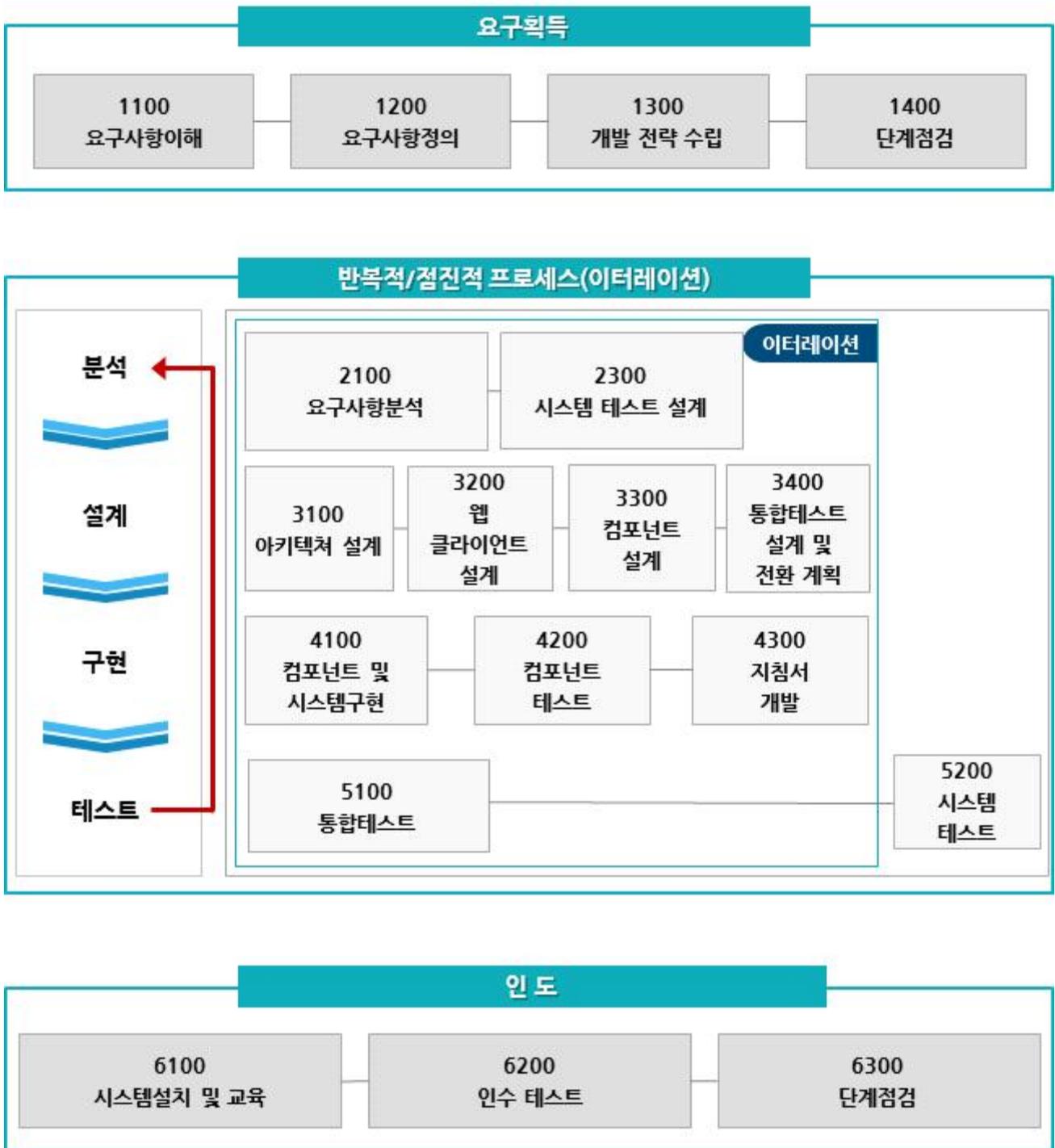
가. 적용 방법론

- 성공적인 구축을 위해 최적의 개발방법론을 적용하여 개발 진행
 - 기존 연구용역 시스템 개발시 적용하였던 CBD 개발방법론을 준용하여 수행



[그림 V-3] 시스템 구축 전략

나. 방법론 적용 절차



[그림 V-4] 방법론 적용 절차



다. 표준프레임워크 적용

○ 전자정부프레임워크 개요

- 전자정부 표준프레임워크를 개발 표준 프레임워크로 적용하고, 야생동물 건강성평가 및 질병 정보시스템에서 추가 예상되는 모듈은 업무 및 공통 컴포넌트를 Add-On하여 구성함
- 각 계층별 Layer에 구성되는 모듈은 독립적으로 구성하여 서비스 변경 시 동적 반영이 가능하도록 구성하며, 시스템의 확장성을 보장함



[그림 V-5] 오픈 프레임워크 구성방안

○ 전자정부프레임워크 특징

- 전자정부 표준프레임워크는 국가 정보시스템의 상호운용성과 재사용성을 증진하고자 아래와 같은 특징을 가지고 있음

LULUCF분야 토지이용 시스템



[그림 V-6] 전자정부 표준프레임워크의 특징점

○ 전자정부프레임워크 구성

- LULUCF분야 토지이용 시스템에 대한 전자정부 표준프레임워크는 실행환경, 개발환경, 관리환경, 운영환경 등 4개의 표준 프레임워크 환경과 공통컴포넌트로 구성됨

공통컴포넌트	보안	사용자디렉토리 / 통합인증	시스템 관리	통계 / 리포팅
	협업	시스템 / 서비스 연계	사용자 지원	요소기술

표준프레임워크	개발환경	구현도구	배포도구	테스트도구	형상관리도구	모바일 디바이스 API개발도구	Egovfame 포털			
	실행환경	화면 처리	업무 처리	데이터 처리	연계 통합	공통 기반		모바일 화면처리	배치 처리	모바일 디바이스 API개발도구
	운영환경	서비스요청관리		변경관리		현황관리		표준관리		
	관리환경	모니터링 도구		운영관리 도구				배치운영 도구		

실행환경	<ul style="list-style-type: none"> 전자정부 사업에서 개발하는 업무 프로그램의 실행에 필요한 공통모듈 업무 프로그램 개발 시 화면, 서버프로그램, 데이터 개발을 표준화가 용이하도록 지원하는 응용프로그램 환경
개발환경	<ul style="list-style-type: none"> 전자정부 업무 프로그램의 개발에 필요한 환경 제공 화면개발/컴포넌트개발/데이터개발/테스트자동화/코드검사 도구
운영환경	<ul style="list-style-type: none"> 실행환경에서 운영되는 서비스를 운영하기 위한 환경제공 배치환경을 운영하기 위한 환경제공
관리환경	<ul style="list-style-type: none"> 개발프레임워크 및 공동서비스를 각 개발 프로젝트에 배포 및 관리하기 위한 모듈
공통컴포넌트	<ul style="list-style-type: none"> 전자정부 공통컴포넌트는 전자정부 사업에서 응용SW 개발 시 공동적으로 활용하여 재사용이 가능하도록 개발한 어플리케이션의 집합
모바일 디바이스 API	<ul style="list-style-type: none"> 모바일 하이브리드 어플리케이션에서 모바일 디바이스 자원에 대한 직접적인 접근과 활용이 가능한 다양한 API제공
모바일 디바이스 API 실행환경	<ul style="list-style-type: none"> 디바이스 어플리케이션 웹 리소스 기반으로 구현 및 실행될 수 있도록 지원하는 응용 프로그램 환경 디바이스 API, 자바스크립트 프레임워크, 하이브리드 프레임워크 등
모바일 디바이스 API 개발환경	<ul style="list-style-type: none"> Android 기반환경에서의 디바이스 어플리케이션 개발을 위한 Eclipse 플러그인과 iOS환경에서의 개발을 위한 X code내의 프레임워크 프로젝트로 구성

[그림 V-7] 전자정부 표준프레임워크의 구성

3. 운영자 매뉴얼

가. 서비스 회원가입 및 로그인

○ 로그인

- 로그인 페이지



The image shows a login form with two input fields: '아이디' (ID) and '패스워드' (Password). Below the fields is a blue button labeled '로그인' (Login). A red circle with the number '1' is positioned at the bottom right of the form, indicating the first step in the process.

① 아이디 및 비밀번호 입력 후 로그인 버튼을 클릭한다



나. 개요

○ 메인화면(About Us)

- 로그인 페이지

1 About Us **2** 활동자료 **3** 매트릭스 **4** 면적비교 **5** 공지사항

6 LULUCF 개요

LULUCF란 Land Use, Land Use Change and Forestry의 약자로 토지이용과 토지이용의 변화 및 임업은 말합니다. 토지이용과 목축, 형태에 따라 6개 범주로 구분하여 각 토지이용 범주 별 온실가스 배출, 흡수량을 산출하는 분야입니다.

6개의 특성

- 초지** : 가축을 방목하거나 목초를 위해 사용하는 데 사용되는 토지
- 농경지** : 농사를 짓는 데 쓰이는 토지
- 산림지** : 나무가 많이 자라는 토지
- 습지** : 습지가 많은 육지 토지
- 영양지** : 목초를 재배하는 토지
- 기타토지** : 다른 토지

7 기대효과

As-Is vs **To-Be** (공간영상정보를 통한 6개 카테고리별 면적산정)

구분	산림지	농경지	초지	습지	영양지	기타토지	합계
공간영상 정보	1,198	1,087	25	88	5,207	1,294	11,199
지리정보	2,285 (20.44%)	5,831 (52.14%)	18 (0.16%)	807 (7.21%)	5,823 (51.79%)	-	12,101 (107.1%)
국가통계	1,198 (10.70%)	1,087 (9.73%)	25 (0.22%)	88 (0.78%)	5,207 (46.37%)	1,294 (11.50%)	11,199 (98.30%)

· LULUCF 분야 6개 카테고리 (산림지, 농경지, 초지, 습지, 영양지, 기타토지)면적과 각도 분석값의 정합성 향상
 · 여러 부위 및 구간에서 관리하는 국가통계와 공간영상정보는 카테고리별 면적 산정 기준과 시계열에 차이가 있음
 · 국가통계를 활용할 경우 이 토지로 전환되는 토지에 대한 파악이 어려움
 · IPCC GDP-LULUCF 우수실용지침(2001)에서 토지이용 매트릭스 구축 권장

- ① About Us 메뉴로 이동한다.
- ② 활동자료 메뉴로 이동한다.
- ③ 매트릭스 메뉴로 이동한다.
- ④ 면적비교 메뉴로 이동한다.
- ⑤ 공지사항 메뉴로 이동한다.
- ⑥ LULUCF 개요에 대해 기술되어 있다.
- ⑦ LULUCF 토지매트릭스 구축시 기대효과에 대해 기술되어 있다.

다. 활동자료

○ 활동자료 조회

- 시작연도와 종료연도를 선택해서 활동자료를 검색할 수 있는 메뉴

시작 연도 종료 연도

검색결과 29건 단위:면적(㎡), 비율(%)

년도	전체 면적	전세 비율	산림 면적	산림 비율	농경지 면적	농경지 비율	초지 면적	초지 비율	습지 면적	습지 비율	경주지 면적	경주지 비율
1990	94070	100	58722	62.4	27217.2	28.9	522.7	0.6	3087	3.3	5362	5.7
1991	94303	100	58646.1	62.2	26985.7	28.6	511.7	0.5	3103.5	3.3	5478.4	5.8
1992	94336.7	100	58610.7	62.1	26715.4	28.3	514.1	0.5	3100.3	3.3	5601.5	5.9
1993	94502	100	58575.1	62	26520.2	28.1	520.7	0.6	3124.9	3.3	5753.3	6.1
1994	94519.9	100	58536.2	61.9	26234.9	27.8	538.5	0.6	3148.3	3.3	5859.9	6.2
1995	94599.7	100	58503	61.8	25622.5	27.1	558.3	0.6	3199.3	3.4	6044.9	6.4
1996	94625.5	100	58467.2	61.8	25109.1	26.5	577.6	0.6	3218.8	3.4	6209.1	6.6
1997	94682.3	100	58407.1	61.7	24825.7	26.2	589	0.6	3241	3.4	6363	6.7
1998	94715.5	100	58361.7	61.6	24652.3	26	596.5	0.6	3255.1	3.4	6525.9	6.9
1999	94765.9	100	58233.2	61.4	24508.3	25.9	602.7	0.6	3266.5	3.4	6668.5	7
2000	94740.6	100	58304.6	61.5	24377.2	25.7	607.6	0.6	3276.9	3.5	6819.8	7.2
2001	94712.2	100	58224.8	61.5	24277.7	25.6	594.6	0.6	3274.6	3.5	6958	7.3

- ① 시작 연도를 선택한다.
- ② 종료 연도를 선택한다.
- ③ 검색 버튼을 눌러 조회한다.
- ④ 선택한 시작 연도와 종료 연도 사이의 활동자료 값들이 표출된다.
- ⑤ 표출된 활동자료 값들을 엑셀로 내보낸다.



라. 매트릭스

○ 매트릭스 조회

- 연도를 선택해서 매트릭스 표를 조회할 수 있는 메뉴

연도선택 2000-2007 검색

종류 (07년)	초기(00년)	산림지	초지	농경지	습지	정주지	기타토지	합계
산림지		56441.5	44.5	879.8	60	230.8	77.7	57734.3
초지		27.4	423.4	30.2	9.8	19.1	7	516.9
농경지		932.2	45.4	21990.2	139	471.6	101.2	23679.6
습지		58	23.4	230.3	2745.8	63.3	136.7	3257.5
정주지		526.4	49.8	914.1	92.9	5854.6	347.1	7784.9
기타토지		215.1	19.1	266.1	211.1	157.3	677.6	1546.3
합계		58200.6	605.6	24310.7	3258.6	6796.7	1347.3	94519.5

엑셀다운로드

- ① 연도를 선택한다.
- ② 검색 버튼을 눌러 조회한다.
- ③ 선택한 연도의 매트릭스 값들이 표출된다.
- ④ 표출된 매트릭스 값들을 엑셀로 내보낸다.

마. 면적비교

○ 전체 비교

- IPCC 기준 6분류에서 전체 또는 하나의 분류에 대해 전체 연도간 면적비교를 조회할 수 있는 화면

① 전체 비교

연도별 비교

전체 산림지 농경지 초지 습지 경주지 기타토지 ②

검색결과 364건

단위:면적(㎡)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	
5A_산림지	58,617	58,541	58,506	58,470	58,432	58,399	58,363	58,303	58,258	5
5A_1 산림지로 유지된 산림지	57,304	57,230	57,196	57,161	57,123	57,091	57,056	56,997	56,953	5
활엽수	14,810	14,791	14,782	14,773	14,763	14,755	14,746	14,731	14,719	1
침엽수	26,843	26,809	26,792	26,776	26,758	26,743	26,727	26,699	26,679	2
혼효림	15,651	15,631	15,622	15,612	15,602	15,593	15,583	15,567	15,555	1
5A_2 산림지로 전용된 타토지	1,259	1,257	1,256	1,255	1,255	1,254	1,253	1,252	1,251	1
5A_2_b 산림지로 전용된 농경지	892	891	890	890	889	889	888	887	887	
논	247	246	246	246	246	246	245	245	245	
활엽수	37	37	37	37	37	37	37	37	37	
침엽수	146	146	146	146	146	146	146	145	145	
혼효림	63	63	63	63	63	63	63	63	63	
밭	565	564	564	564	563	563	563	562	562	
활엽수	69	69	69	69	69	69	68	68	68	

③

엑셀다운로드 ④

- ① 전체 비교를 선택한다.
- ② 전체 또는 개별 분류를 선택한다.
- ③ 선택한 분류의 면적비교 값들이 표출된다.
- ④ 표출된 면적비교 값들을 엑셀로 내보낸다.



○ 연도별 비교

- IPCC 기준 6분류에서 하나의 분류에 대해 각 연도간 면적비교를 조회할 수 있는 화면

전체 비교
연도별 비교

② 분류
정주지 ▼
비교 연도1
1990 ▼
비교 연도2
2018 ▼
③ Q 검색

검색결과 81건
단위:면적(㎡)

		1990	2018	차이
5E_정주지		6,335	13,056	6,721
5E_1	정주지로 유지된 정주지	4,767	6,335	1,568
	도심지역	3,426	4,091	665
	기타재배지	160	95	-65
	인공초지	660	1,581	921
	기타나지	522	567	45
5E_2	정주지로 전용된 타토지	1,568	6,721	5,153
5E_2_a	정주지로 전용된 산림지	498	1,878	1,380
	활엽수	87	328	241
	도심지역	25	44	19
	기타재배지	2	4	2
	인공초지	40	216	176
	기타나지	20	65	45

④
⑤ 엑셀다운로드

- ① 연도별 비교를 선택한다.
- ② 조회할 분류를 선택하고 비교할 연도를 각각 선택한다.
- ③ 선택한 분류와 연도간의 면적비교 값들이 표출된다.
- ④ 표출된 면적비교 값들을 엑셀로 내보낸다.

바. 공지사항

○ 공지사항 목록

- 등록된 공지사항들이 표출되는 화면

번호	제목	작성일
1	LULUCF분야 토지이용 시스템	2019-05-17

- ① 글 제목, 내용 등을 선택해서 검색창에 조건을 입력 후 검색버튼을 누른다.
- ② 검색한 조건에 맞추어 등록된 공지사항들이 표출된다.
- ③ 새로운 공지사항을 등록한다.



○ 공지사항 등록

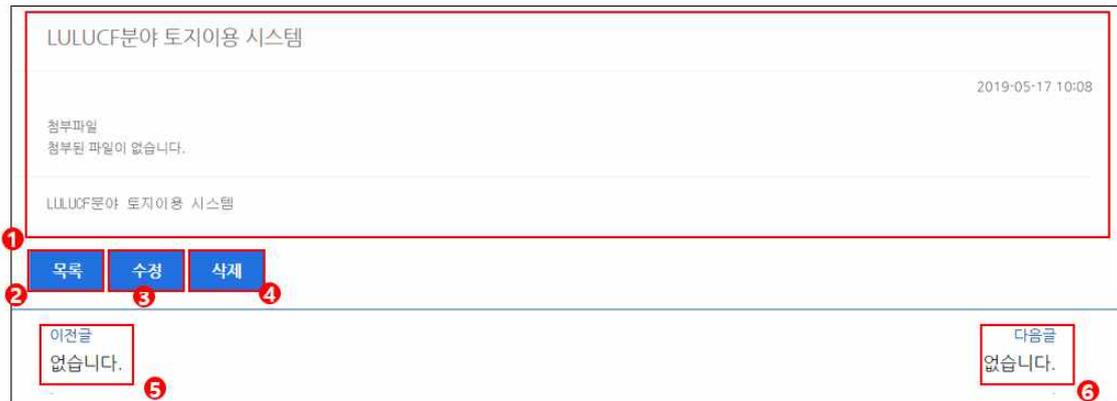
- 공지사항을 등록하는 화면

The screenshot shows a web form for registering a notice. At the top is a text input field for the title, labeled '제목' and marked with a red circle 1. Below it is a file management section with a '파일 선택' button (2), a '파일 추가하기' label, a file name '1.PNG', and a '삭제하기' button (3). The main part of the form is a large text area for the notice content, labeled '내용' and marked with a red circle 4. At the bottom, there are two blue buttons: '등록' (5) and '취소' (6).

- ① 공지사항 제목을 입력한다.
- ② 공지사항에 첨부할 파일을 선택한다.
- ③ 공지사항에 첨부된 파일을 삭제한다.
- ④ 공지사항 내용을 입력한다.
- ⑤ 등록버튼을 눌러 공지사항을 등록한다.
- ⑥ 취소 버튼을 눌러 이전 화면으로 돌아간다.

○ 공지사항 열람

- 공지사항을 열람 및 수정, 삭제하는 화면



- ① 공지사항 내용을 열람한다.
- ② 공지사항 목록으로 이동한다.
- ③ 공지사항을 수정한다.
- ④ 공지사항을 삭제한다.
- ⑤ 이전 글로 이동한다.
- ⑥ 다음 글로 이동한다.



4. 운영유지보수

가. 유지보수 방안

1) 유지보수 계획

- 시스템에 문제가 발생 시 정해진 계획에 따라 문제 발생내용을 하자보수 전담팀에서 접수하며 수립 된 지원계획에 따라 문제의 원인을 파악하여 조기에 해결책을 제시한다. 문제 해결 후 체계적인 이력 관리를 실시함

[표 V-1] 유지보수 대상 및 범위

구분	대상범위		기술지원내용
문제발생	응용 S/W	• 솔루션 및 응용 소프트웨어 문제	<ul style="list-style-type: none"> • 최종 검수 확인 후 12개월 무상 지원 • 무상 지원 기간 이후는 유상 지원
기술이전	• 응용 소프트웨어		<ul style="list-style-type: none"> • Source Code : 제공 • 실행 모듈 : 제공 • 기술이전 : 무상 제공
	• 솔루션		<ul style="list-style-type: none"> • 실행 모듈 : 제공 • 기술 교육 : 무상제공
시스템 확장	• 추가 소프트웨어 및 하드웨어를 포함한 설비 확장시		<ul style="list-style-type: none"> • 추가 소프트웨어 : 유상 제공 • 추가 설비 : 유상 제공
	<ul style="list-style-type: none"> • 설치 장소 이전에 따른 설비 • 시설 및 기술 지원 		<ul style="list-style-type: none"> • 기술지원 인력 및 자재비 : 유상제공

- 사업종료 후에도 농림축산식품부와 지속적이고 긴밀한 협력관계를 유지하여 성공적으로 유지보수가 실현될 수 있도록 지원함



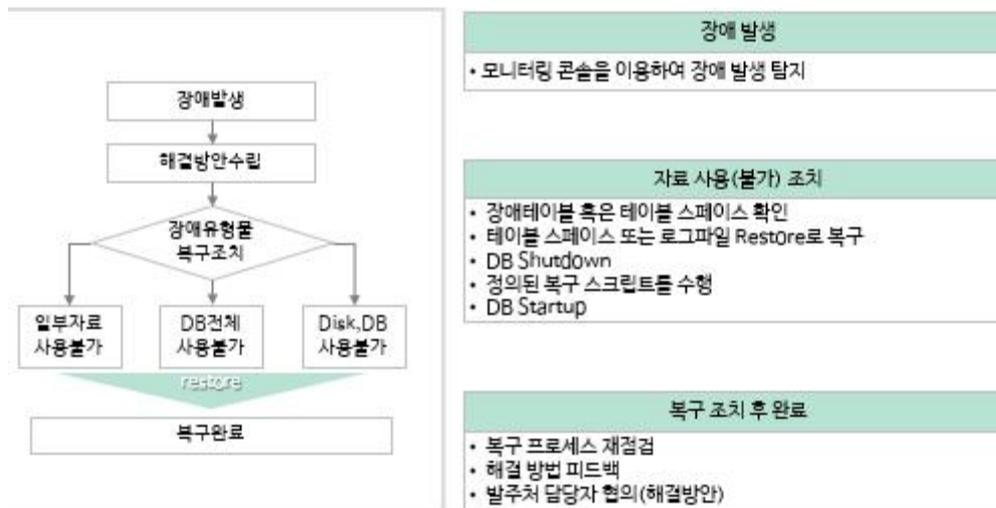
[그림 V-8] 유지보수 프로세스



[그림 V-9] 유지보수 프로세스(계속)

2) 시스템 장애 처리

- 운영하는 시스템에서 발생하는 장애에 대해서는 하자보수 팀에서 1차 조치를 취하고 만약 1차에서 조치될 수 없는 경우는 H/W, N/W, S/W 등 각 분야 전문가의 지원을 받음
- 기 설치된 H/W 및 N/W 장비의 장애는 장비공급업체의 적극적인 지원을 받아 대응할 수 있도록 협조체계를 마련하여, 체계적이고 완벽한 장애조치를 진행함



[그림 V-10] 시스템 장애 처리 프로세스

3) 백업 및 복구

- 운영시스템의 단계적인 백업 절차를 수립하고, 재해 또는 장애발생에 따른 비상사태 발생 시 백업 데이터를 통해 즉각적인 원상복구를 수행함



[그림 V-11] 백업 및 복구 프로세스

나. 운영기관

- 토지이용 변화 매트릭스 프로그램은 농림축산식품부 산하기관 위탁운영과 위탁업체 운영 2가지 방안을 제시함



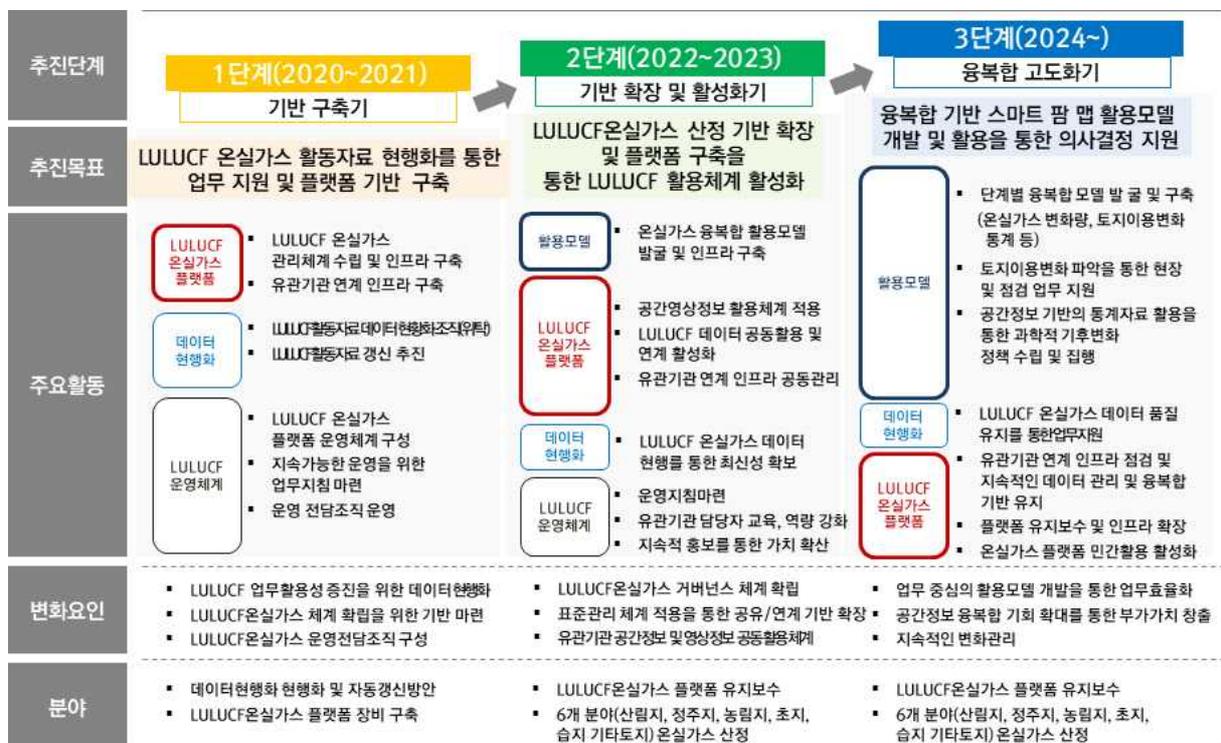
- 유지보수 비용(1년) : 20,369,700원

- 기술자 : 개월수 X 참여율 X 단가 = 공급가

· IT 품질관리자 : 12개월 X 0.1%(참여율) X 8,413,382원(단가) = 10,096,058(공급가)

· 데이터분석가 12개월 X 0.1%(참여율) X 7,018,209원(단가) = 8,421,851 공급가(공급가)

- 토지이용 변화 매트릭스 프로그램은 활동자료 및 토지매트릭스 데이터 열람 및 시스템 상에서 직접 면적을 비교할 수 있게 제작된 프로그램임
- 향후 LULUCF 온실가스 플랫폼을 통해 활동자료 현행화 및 구축된 토지 매트릭스에 사용자가 입력한 계수 정보를 자동 계산하여 온실가스를 산정하고 이를 유관기관과 연계하여 활용할 수 있음
- 또한, LULUCF 데이터를 표준관리 체계 적용을 통한 공유, 연계하고 공동활용, 관리함으로 최신성 및 정합성 확보에 용이함



[그림 V-12] 토지이용 변화 매트릭스 프로그램 중장기 로드맵

VI. 기존 연구과제와의 차별성

1. 기존 연구과제 비교표

[표 V-2] 기존 연구과제 비교

구분	공간영상정보를 활용한 LULUCF 분야 토지이용 및 토지이용변화 매트릭스 구축 방안 연구	공간영상정보를 활용한 LULUCF 분야 토지이용 및 토지이용변화 매트릭스 시스템 개발
수행시기	• 2015년	• 2018년~2019년
발주처	• 온실가스종합정보센터	• 농림식품기술기획평가원
수행기관	• (주)팬시아21컨소시엄(선도소프트)	• (주)선도소프트
분석범위	• 수원시, 화성시, 상주시	• 전국
영상정보 데이터	• 중분류 토지피복지도	• 세분류 토지피복지도(초지, 습지, 정주지, 기타토지) • 스마트 팜 맵(농경지) • 임상도(산림지)
데이터 적용 시계열	• 중분류 토지피복지도('00, '07)	• 중분류 토지피복지도('00, '07) • 세분류 토지피복지도('18) • 스마트 팜 맵('18) • 임상도('18)
데이터 해상도	• 1:25,000	• 1:5,000
결과	• 연구보고서	• 연구보고서, 시스템 구축

- 기존 연구과제와의 차별성은 기존 연구의 경우 수원시, 화성시, 상주시 3개 지역을 대상으로 토지매트릭스 구축 및 온실가스를 산정하였으나, 본 연구과제의 경우 전국을 대상으로 토지매트릭스 구축 및 시스템 구축을 진행하였음
- 활용한 공간영상정보에서도 차이가 있으며, 기존 연구과제의 경우 '00, '07년도의 중분류 토지피복지도만을 활용하였으나, 본 연구과제의 경우 농경지는 스마트 팜 맵, 산림지는 임상도를 활용하였으며, 그 외 4개 분류에 대해서는 세분류 토지피복지도를 활용하였음
- 기존 연구과제에서는 1:25,000 해상도를 활용하였으나, 본 연구과제에서 1:5,000 해상도의 공간영상정보를 활용하여 더욱 세밀한 토지매트릭스를 구축하였음

<별첨 1>

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 공간영상정보를 활용한 LULUCF 분야 토지이용 및 토지이용변화 매트릭스 시스템 개발						
	(영문) Development of the Land Use and Land Use Change Matrix System Using Spatial Image Information in LULUCF Area						
주 관 연구 기관	(주)선도소프트		주 관 연 구 책 임 자	(소속) (주)선도소프트			
참 여 기 업				(성명) 최인호			
총 연구개발비 (466,667천원)	계	466,667	총 연 구 기 간	2018.04.26.~2020.2.29(1년 11월)			
	정부출연 연구개발비	350,000		총 인 원	18		
	기업부담금	116,667		총 참 여 연 구 원 수	내부인원	18	
	연구기관부담금	-			외부인원	0	

○ 연구개발 목표 및 성과

LULUCF 분야 온실가스 통계의 안정성을 확보하기 위하여 공간영상정보를 통한 토지이용 범주(산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지, 기타토지)별 전국 단위 면적과 토지매트릭스(토지이용 및 토지이용변화 매트릭스) 구축 및 산정 방법론, 프로그램 개발

○ 연구내용 및 결과

전국단위 토지이용 면적 산출 및 토지이용 면적 변화량 산정방식을 검토하고 권역단위로 토지매트릭스 구축하고, 전국단위 매트릭스 작성시 적용 가능한 방법론 제시 및 구축을 하였다. 공간재구획에 따른 중첩, 이격 등에 의한 이중산정 및 누락방지 방안을 제시하였다. 또한 위의 성과들을 종합하여 토지이용변화 매트릭스 프로그램을 개발하였으며 프로그램 개발 및 운용 안을 제시하였다.

○ 연구성과 활용실적 및 계획

LULUCF 분야 온실가스 통계의 안정성을 확보하였으므로 관련 연구 진행시 더 오차가 적고 정확한 분석결과를 낼 수 있음

<별첨 2>

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		318006-02	
사업구분	첨단생산기술개발사업				
연구분야	첨단생산기술개발분야		과제구분	단위	
사업명	첨단생산기술개발사업			주관	
총괄과제			총괄책임자		
과제명	공강영상정보를 활용한 LULUCF분야 토지이용 및 토지이용변화 매트릭스 시스템 개발		과제유형		(기초,응용,개발)
연구기관	(주)선도소프트		연구책임자		최인호
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2018.04.26.~ 2019.12.31	150,000	50,000	200,000
	2차연도	2019.01.01.~ 2019.12.31	200,000	66,667	266,667
	계	2018.04.26.~ 2019.12.31.	350,000	116,667	466,667
참여기업					
상대국			상대국연구기관		

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2020-07-09

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)선도소프트	이사	최인호

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	최인호
----	-----

I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

국내 최초로 전국단위 토지이용 면적 산출 및 토지이용 면적 변화량 산정방식을 검토하고 권역단위로 토지매트릭스 구축하고, 전국단위 매트릭스 작성시 적용 가능한 방법론 제시 및 구축을 하였다. 공간재구획에 따른 중업, 이격 등에 의한 이중산정 및 누락방지 방안을 제시하였다.

적용 가능한 국가 공간영상정보, 국가통계 등 관련 자료의 활용방안 및 시계열 자료 구축방안을 분석하여 LULUCF GPG(2003)에서 권장하는 Approach 2(접근방법 2), Approach 3(접근방법 3)을 적용한 토지매트릭스의 구축하였다. 국가 공간영상정보 통합 활용의 정합성 제고 방안 검토를 통해 전국 단위의 토지이용 면적 산출 및 면적 변화량 산정 방식 검토와 이를 활용한 인벤토리 산출하였다.

최종적으로 위의 성과들을 종합하여 토지이용변화 매트릭스 프로그램을 개발하였으며 프로그램 개발 및 운용 안을 제시하였다.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

기존 산정되지않은 전국기반의 LULUCF 6개 카테고리에 대해 공간영상정보를 활용하여 국내 최초로 6개 카테고리 전체를 산정하여, 향후 LULUCF 6개 카테고리에 대한 온실가스 산정이 가능하게 되었다. 또한 기존 온실가스 산출방식에 비해 실제 공간영상정보를 활용하여 산정하였기 때문에 정확한 산출량이 필요했던 기관등에서 활용할 수 있다.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

임상도, KLIS, 토양환경지도, 토지피복지도 등의 공간영상정보 교차분석을 거친 후, 토지이용 정보를 취합 정리한 후 작성하였으며, 향후 2022년 LULUCF 6개 카테고리에 대해 온실가스 산정이 가능하여 LULUCF분야에 대해 UNFCCC에 보고가 가능하다.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

공간영상정보의 특성상 대용량 자료 취득과 분석에 상당한 시간과 인력이 소요되므로, 본 연구에서는 권역구 단위를 중심으로 공간영상정보에 대한 상세한 검토를 수행하고, 이를 취합하여 전국 단위 매트릭스 구축 방법론을 도출하였다.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지식소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

1건의 특허등록과 1건의 저작권 등록을 달성하였으며 국내 학술대회에서 발표한 성과가 있다.

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중(%)	달성도(%)	자체평가
특허출원	10	10	목표성과 달성
특허등록	5	5	목표성과 달성
기술실시	5	5	목표성과 달성
제품화	20	20	목표성과 달성
고용창출	20	20	목표성과 달성
학술발표	10	10	목표성과 달성
정책활용	20	20	목표성과 달성
기타	10	10	목표성과 달성
합계	100점	100점	종합 목표성과 달성

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

전국단위 토지이용 면적 산출 및 토지이용 면적 변화량 산정방식을 검토하고 권역단위로 토지매트릭스 구축하고, 전국단위 매트릭스 작성시 적용 가능한 방법론 제시 및 구축을 하였다. 공간재구획에 따른 중업, 이격 등에 의한 이중산정 및 누락방지 방안을 제시하였다. 또한 위의 성과들을 종합하여 토지이용변화 매트릭스 프로그램을 개발하였으며 프로그램 개발 및 운용 안을 제시하였다.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

전국단위 20년 시계열을 적용하여 LULUCF 분야 온실가스 통계의 완성성을 확보하였으므로 관련 연구 진행시 더 오차가 적고 정확한 분석결과를 낼 수 있다.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

공간영상정보를 활용하여 LULUCF 분야의 정밀한 온실가스 산출량이 필요한 분야의 연구에 활용할 수 있으며, 향후 2022년 LULUCF 6개 카테고리에 대해 온실가스 산정이 가능하여 LULUCF분야에 대해 UNFCCC에 보고가 가능하다.

IV. 보안성 검토

o 해당없음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

o 해당없음

2. 연구기관 자체의 검토결과

o 해당없음

<별첨 3>

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제	분야	첨단생산기술개발분야		
연구과제명	공간영상정보를 활용한 LULUCF 분야 토지이용 및 토지이용변화 매트릭스 시스템 개발				
주관연구기관	(주)선도소프트		주관연구책임자	최인호	
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비	
	350,000,000	116,667,000	-	466,667,000	
연구개발기간	2018.04.26.~2019.12.31.(12개월)				
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input checked="" type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)				

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 특허출원 및 등록	특허 출원 및 등록을 완료하였다.
② 고용창출	20명 이상의 고용창출을 달성하였다.
③ 학술발표	국내 기후학회에서 발표하는 성과를 올렸다.

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용-홍보		기 타 (타 연 구 활 용 등)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	진 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표	정 책 활 용			홍 보 전 시		
												SC I	비 SC I						논 문 평 균 IF	
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			

단위	건	건	건	건	백만 원	건	백만 원	백만 원	명	백만 원	건	건	건	건	명			
가중치	10	5		5		20			20					10			20	10
최종목표	1	1		1		1			1					1			1	1
연구기간내 달성실적	1	1		1		1			1					1			1	1
연구 종료 후 성과창출 계획	100	100		100		100			100					100			100	100

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	해당없음		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간		실용화예상시기 ³⁾	
기술이전시 선행조건 ⁴⁾			

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.