Check for updates

Journal of Climate Change Research 2020, Vol. 11, No. 6-2, pp. 729~738
DOI: http://dx.doi.org/10.15531/KSCCR.2020.11.6.729

LULUCF분야 온실가스 통계 작성을 위한 제도 개선방안 연구

정유진[*] · 임종수[**] · 김준순[***†]

[*]강원대학교 산림경영학과 석사과정, [**]국립산림과학원 산림산업연구과 임업연구사, [***]강원대학교 산림과학부 교수

Improving Institutional Arrangements to Enhance GHG Inventory of the LULUCF Sector

Jung, You Jin[*] · Yim, Jong Su[**] and Kim, Joon Soon[***†]

[*]*Master Student, Department. of Forest Management, Kangwon National University, Chuncheon, Korea*
[**]*Research Scientist, Division of Forest Industry, National Institute of Forest Science, Seoul, Korea*
[***]*Professor, Division of Forest Science, Kangwon National University, Chuncheon, Korea*

ABSTRACT

The LULUCF (Land Use-Land Use Change and Forestry) sector is still not satisfactory due to the inadequate legal system of the agency and the incomplete land use change matrix, which is a key piece of data. This is because a suitable method of building inventory systems has not been fully established, and there is no clear division of responsibility between the agencies regarding land classification. Therefore, in this study, the advanced countries' national greenhouse gas-inventory in the LULUCF sector was identified and the characteristics of those countries were reviewed. To establish an accurate and reliable greenhouse gas inventory, a consultative and reviewing body in conjunction with government agencies and related private sector experts is required. To establish a comprehensive archiving system, institutions placed in charge of the inventory can access the activity data for mutual comparative reviews. Second, to strengthen the responsibilities of the LULUCF agency, it is necessary to introduce a more binding legal system by implementing stronger laws than found in the current directive so that it can apply laws to several government agencies in common and produce statistical data by consistent rules.

Key words: *National Greenhouse Gas Inventory, Land Use Change Matrix, LULUCF, Post-2020, Institutional Arrangements*

1. 서론

기후변화에 대한 국내외적 요구사항에 대응하고 관련 정책을 시행하기 위해서는 우선 온실가스의 배출 정도를 정확하게 파악하는 것이 필요하다. 현재 우리나라는 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change; UNFCCC)에서 비부속서(non-Annex Ⅰ)국가로 분류되어 온실가스 배출 감축 및 흡수를 실시하는 의무국은 아니지만, 범지구적인 온실가스 감축에 적극적으로 대응하고 저탄소 녹색성장을 효율적이고 체계적으로 추진하기 위해 온실가스 감축 목표를 수립하였다. 온실가스 감축 목표는 2030년의 국가 온실가스 총배출량을 2017년 온실가스 총배출량의 1,000분의 244만큼 감축하는 것이다. 목표의 이행 결과를 확인하기 위해서 국가별 온실가스 배출량이 정확하게 산정되고 지속해서 보고되어야 하며, 이는 국가 온실가스 인벤토리 품질의 중요성이 강조되는 계기가 되었다(Greenhouse Gas Inventory and Research Center, 2013; Kim et al., 2014). UNFCCC는 온실가스 배출통계

†**Corresponding author** : jskim@kangwon.ac.kr (24341, Room No. 305, College of Forest and Environmental Sciences, 1, Kangwondaehak-gil, Chuncheon-si, Gangwon-do, Republic of Korea. Tel. +82-33-250-8338)

ORCID 정유진 0000-0003-2693-8761 김준순 0000-0002-6740-2034
임종수 0000-0001-7316-6093

Received: November 10, 2020 / Revised: November 27, 2020 / Accepted: December 9, 2020

의 중요성을 강조하며 기후변화협약 제4조와 제12조에서 모든 당사국이 국가보고서를 제출할 의무를 명시하고, 또한 이를 위해 국가 온실가스 인벤토리 작성체계(National System)를 갖추도록 요구받고 있다(Kim, 2009).

우리나라의 분야별 온실가스 통계관리는 저탄소 녹색성장기본법(이하 녹색성장법) 시행령에서 정하는 분야별 관장기관이 담당한다. 관장기관은 해당 분야 통계에 전문성을 지닌 기관을 산정기관으로 지정하여 활동자료 수집, 국가고유 배출계수의 개발, 분야별 온실가스 통계 산정 등 관련 업무를 위임한다. 국가 온실가스 통계에서 유일하게 흡수량이 산출되는 LULUCF (Land Use-Land Use Change and Forestry)분야는 토지이용범주에 따라 산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지, 그리고 기타토지로 구분된다. LULUCF분야의 관장기관은 농림축산식품부와 국토교통부이며, 산정기관은 국립산림과학원(산림지 및 습지), 국립농업과학원(농경지), 국립축산과학원(초지)이고, LH 토지주택연구원(정주지 및 기타)이다(GIR, 2019).

녹색성장법 시행령 제36조 4항에 따르면 부문별 관장기관은 온실가스 정보 및 통계를 매년 센터에 제출하여야 하며 에너지, 산업, 농업 등 분야별 관장기관이 지정되어 있다. 그러나 국가온실가스 통계의 총괄관리에 관한 규정(환경부 훈령)에서 토지이용, 토지이용 변화 및 임업 등 제36조 제4항 각호에 규정되어 있지 않은 부문의 관장기관은 센터와 관련 부처 간 협의에 의하여 별도로 정할 수 있다고 명시되어 있다. LULUCF분야는 예외적으로 법률상 관장기관이 지정되어 있지 않고 관련 부처 간 협의에 의하여 결정해야 하므로 관리 주체가 불분명하다. 국토의 85%를 총괄하는 농림축산식품부와 전 국토의 국토계획을 총괄하는 국토교통부가 LULUCF분야의 관장기관으로 지정될 수 있지만, 총괄 부서에 대한 법적 근거가 미비하며 역할이 명확히 부여되지 않아 책임 있는 업무 추진이 이루어지지 않고 있다. 또한, 현재 관장기관인 농림부에서는 행정기관의 특성상 LULUCF분야의 온실가스 배출량 산정에 대한 전문성이 부족하며 잦은 인사이동으로 인해 지속성이 결여되는 문제점이 있다. LULUCF분야의 공동작업반이 운영되고 있으나 운영 주체가 불명확하며 정기적으로 진행되지 못하고 있다. 또한, 6가지 토지이용범주 중 국토교통부에서 관장하는 정주지와 기타토지의 통계를 아직 산정하지 못하고 있으며, 산정을 위한 연구가 진행되고 있다.

현재 제출되는 국가 온실가스 인벤토리 보고서는 범주별 산정기관에서 다른 통계자료를 활용하므로 토지이용범주 사이 전용에 대한 정보 구축이 불가능하며(GIR, 2019), 토지전용에 대한 정보를 상호 공유하지 못하고 있는 한계점이 있다. 또한, 산림지에 활용되는 임업통계연보와 농경지의 농업면적조사는 토지의 실질적인 피복(Land-cover)에 따라 정의하며, 초지와 습지는 지적통계의 토지이용(Land-use)을 나타내고 있어 일관된 토지구분 기준이 부재하다(Yim et al., 2019).

Kim(2009) 및 Jeong(2009)은 우리나라 온실가스 배출통계의 작성 체계 현황과 주요 선진국의 특징을 파악하고 비교분석을 하여 중앙관리형과 분산관리형으로 총괄관리체계 유형을 구분하였다. 토지이용변화를 파악하기 위한 접근방법으로는 3가지가 제시되는데(IPCC, 2006), 독일, 핀란드, 뉴질랜드 등 주요선진국은 접근법 3 수준으로 면적 정보를 보고하는 반면, 우리나라는 접근방법 1 수준에 머물고 있다(Sim et al., 2017). 접근법 3의 경우 점 표본점(Sampling) 방법이 위성영상 주제도(Wall-to-wall) 보다 시간이나 비용 측면에서 효율적으로 평가되는데, 토지의 면적을 추정하고 그 변화를 파악하는 데 있어서 공간적으로 배치된 표본점을 활용하여 시간 경과에 따른 변화를 효율적으로 모니터링할 수 있기 때문이다(Yim et al., 2019).

LULUCF분야 선행연구는 주로 각종 공간정보를 활용하여 산림지, 농경지 등 LULUCF분야의 토지이용변화를 분석하여 배출량을 계산하거나 토지이용변화 매트릭스를 작성하는 방법에 따른 장단점을 비교·분석하는 등 기술적 측면의 연구가 활발하며, 제도 및 체계에 관한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국가 온실가스 인벤토리 작성과 관련하여 국내외 제도 및 추진체계에 관한 현황을 비교하여 우리나라 LULUCF분야 온실가스 통계의 완전성과 일관성을 확보하는 개선방안을 제시하고자 한다.

2. 연구 자료 및 방법

2.1 연구 자료

UNFCCC 제출보고서는 국가보고서(National Communication: NC), 공통보고양식(Common Report Framework: CRF) 및 국가인벤토리보고서(National Inventory Report: NIR), 격년보고서(Biennial Report: BR) 또는 격년갱신보고서(Biennial Update Report: BUR)이다. 부속서 Ⅰ(Annex Ⅰ) 국가는 세 가지 보고서(NC, NIR, BR) 모두 제출하여야 하지만 비부속서(non-Annex) 국가는 국가보고서와 격년갱신보고서만 제출하면 된다. 현재 우리나라는 비부속서 국가로 분류되어 자체적으로 국가 온실가스 인벤토리 보고서를 작성하여

일반에게 공개하고 있다. 본 연구자료는 환경부 온실가스 종합정보센터에서 발행하는 우리나라의 국가 온실가스 인벤토리 보고서와 부속서 I 국가의 2019년 NIR을 활용하였으며, 이는 UNFCCC 공식 웹사이트에서 열람이 가능하다.

부속서 I 국가의 온실가스인벤토리 구축 체계를 파악하기 위해 전체 국가 중 유럽연합(EU)과 현지어로 작성된 6개국(카자흐스탄, 벨라루스, 러시아, 프랑스, 모나코, 스페인)을 제외한 37개의 국가를 대상으로 하였고, 부속서 I 에 해당하는 국가 중 표본점(Sampling)을 활용하여 LULUCF 활동자료를 구축하는 스웨덴, 노르웨이, 핀란드, 독일을 중심으로 특징을 파악하였다.

2.2 연구 방법

본 연구는 국내 온실가스 인벤토리 LULUCF분야에 활용되는 하위범주별 정의와 IPCC의 토지이용범주별 기준과 비교하여 문제점을 파악하고, LULUCF분야의 부속서 I 국가의 온실가스인벤토리 보고서에서 LULUCF분야 온실가스인벤토리의 담당기관 및 토지이용면적에 대한 활동자료를 중심으로 사례를 파악하고 비교 및 분석하였다. 온실가스 인벤토리의 관리유형분류의 기준은 Jeong (2009)의 방식과 동일하게 중앙관리형과 분산관리형으로 구분하였다(Table 1).

Table 1. The management type of single national entity modified from Jeong (2009)

Management type	Description
Central management	- A working organization designated by the single entity to prepare the GHG emission statistics by sector or the working-level organization is involved in calculating the inventory by sector. - Consistent and integrated making inventory and management
Distributed management	- The organization designated by each sector of the GHG inventory to calculate the greenhouse gas emission statistics and to be collected and supervised by the single entity. - Empower professional organizations to determine calculation methods, collect activity data, making inventory

3. 결과 및 고찰

3.1 우리나라의 토지이용구분체계 현황 및 문제점

IPCC (2006)는 LULUCF분야 토지이용 카테고리를 산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지, 기타토지로 구분한다. 우리나라의 경우 각 관계부처에서 독립적으로 온실가스 통계를 작성하고 있으며, 토지이용분류에 따라 여러 자료들이 국가의 전체 토지분류를 위하여 결합되어 사용되고 있다(GIR, 2019). 이러한 경우, 통일된 자료체계가 없다면 잠재적으로 이중계산이나 생략과 같은 문제를 초래할 수 있는데, 통계 구축기관에 따라 특정한 토지이용에 대해서 상이한 정의를 사용할 수 있기 때문이다. 국가통계의 토지이용범주별 정의 간 비교를 통해 이들 간에 발생할 수 있는 문제점을 도출하였다.

2006 IPCC 가이드라인에 따르면 모든 토지의 정의와 분류는 국가적 수준에서 구체화되어야 하고, 분명한 방법으로 설명되어야 한다. 또한, 시간에 걸쳐 일관성 있게 적용되어야 하며, 실제로 이용되는 토지이용에 관한 정보를 요구한다. 그러나 우리나라의 토지이용을 나타내는 지적통계의 지목 정보는 지적공부상 지목과 현실의 토지이용 상황이 서로 다른 지목 불일치 문제가 발생한다(Lee, 2015). 초지와 습지의 경우 지목의 정의를 활용하고 있으나 산림지와 농경지의 경우 지목과 토지이용현황에 차이가 있어 산림기본통계, 농업면적조사 등 토지피복에 따른 자료를 사용하고 있다(GIR, 2019).

산림지는 국가산림자원조사의 산림지 정의를 준용하며 이는 FAO 및 UNFCCC에서 정의하는 산림의 정의에 포함된다. 하위범주로는 산림기본통계의 침엽수림, 활엽수림, 혼효림, 죽림을 활용하여 구성한다. 입목지에 해당하는 4개의 하위범주는 IPCC 산림지 정의에 따라 '목본식생이 존재하는 모든 지역'에 포함된다(Korea Forest Service, 2015). 그러나 지목 중 '임야'는 수림지뿐만 아니라 산림 및 원야를 이루고 있는 암석지, 자갈땅, 습지, 황무지 등을 포함하고 있어 실제 산림지 면적과 차이가 발생하므로 지목 불일치의 문제 및 국제적인 산림지 정의와 차이가 있다.

농경지는 농업면적조사의 논, 밭, 과수원을 하위범주로 두고 그 정의를 따르고 있다. 과수원의 경우 농업면적조사 내 설정된 정의가 없어 노지과수와 시설작물의 과수재배면적, 뽕밭, 기타수원지, 기타작물 재배면적을 활용하여 과수원의 면적을 산정한다(GIR, 2019). IPCC 농경지 기준과 비교하였을 때, 농업면적조사의 논과 밭의 정의는 포함

되나 과수원의 경우 산림지의 면적과 중복될 가능성이 있다. 이는 산림지 부문의 활동자료와 농경지 부문의 활동자료가 상이하고, 각 활동자료별 토지구분기준과 정의가 다르기 때문이다. 산림지와 농경지 간에 중복될 수 있는 세부항목의 사례를 파악할 필요가 있다.

초지는 지적통계의 목장용지만 하위범주에 속하며, IPCC 초지 정의와 비교하였을 때, 방목장 또는 목초지로서 목장용지는 IPCC 기준에 충족된다. 지적통계의 목장용지만으로 국내에 존재하는 모든 초지 면적을 반영하기에는 부족하다. 방목장이나 목초지인 초지 외에 휴양이나 작물재배, 유휴농지 등의 초지 지역을 고려한 정의가 추가되어야 한다.

습지는 지적통계의 자연하천과 인공침수지(구거, 유지, 양어장)을 하위범주로 활용하고 있다. IPCC 기준에 따르면 습지는 관리되는 인공담수지와 관리되지 않는 자연습지로 구분하는데, 구거, 유지, 양어장은 인공담수지로서 물에 포화되거나 물로 덮여있는 지역에 해당되어 IPCC 습지 기준에 충족한다. 그러나 지적통계 내 구거와 양어장의 정의는 부속시설물의 부지까지 포함하고 있어 실제 존재하는 습지 면적보다 크게 산정될 우려가 있다.

정주지 부문은 현재 활동자료 부족 등의 이유로 산정하지 못하고 있으며, 전체 토지이용 및 전환을 전체 토지면적으로 구분하지 못하여 기타토지도 정확한 산정을 하지 못한다. 현재 정주지의 통계 산정은 못하지만 지적통계의 광천지, 염전, 대, 공장용지, 학교용지, 주차장, 주유소용지, 창고용지, 도로, 철도용지, 제방, 수도용지, 공원, 체육용지, 유원지, 종교용지, 사적지, 묘지를 하위범주로 설정하였다. IPCC에서 정주지는 교통시설이나 주거지 등 개발된 모든 지역을 의미하는데, 국내에서 정주지로 설정한 하위범주 중 지하에서 물이 용출되는 용출구를 의미하는 광천지 또는 소금을 채취하기 위해 인공적으로 조성한 염전의 경우 정주지보다는 물이 침수된 지역인 습지로 분류되어야 한다.

3.2 주요선진국 국가온실가스인벤토리 구축기관

부속서 I 국가 총 37개를 대상으로 중앙관리형과 분산관리형, 기타로 구분하여 비교한 결과, 총괄기관에서 자료를 수집하여 온실가스 인벤토리를 작성하는 중앙관리형은 총 27개의 국가로 가장 많았으며, 대표적으로 미국, 호주, 스웨덴 등의 국가가 포함되어 있다. 분야별 작성기관이 지정되어 각 분야별 온실가스 통계를 작성하여 취합하는 분산관리형은 영국, 핀란드 등 총 9개의 국가가 해당한다. 벨기에의 경우 3개의 지역단위별로 담당하는 기관이 지정되어 있으며, 각자 온실가스 통계를 구축하여 총괄기관(The Belgian Interregional Environment Agency)에서 취합하는 형태이다(Table 2).

Table 2. Classification of countries according to the management type

	Central management	Distributed management	Other
Countries	Australia, Austria, Belarus, Bulgaria, Canada, Croatia, Cyprus, Denmark, Estonia, Greece, Ireland, Italy, Japan, Liechtenstein, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Poland, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Turkey, Ukraine, United States	Czech Republic, Finland, Germany, Hungary, Iceland, Latvia, New Zealand, Norway, United Kingdom	Belgium

Table 3. The single national entity of Annex I countries

	Environmental Ministries	Other
Countries	Australia, Austria, Belarus, Bulgaria, Canada, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Japan, Latvia, Liechtenstein, Lithuania, Luxembourg, Netherlands, New Zealand, Norway, Poland, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, United Kingdom, United States	Finland, Hungary, Malta, Turkey, Ukraine

부속서 I 국가의 온실가스 인벤토리를 책임지고 있는 총괄기관은 대부분이 환경 관련 부서에서 담당하고 있었다. 예외적으로 핀란드는 통계청에서 전체를 총괄하고 있으며, 그 외 헝가리는 농림부, 몰타는 자원국(the Malta Resource Authority), 우크라이나에서는 생태자연자원부(the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine)가 담당한다. 우리나라도 온실가스 인벤토리를 총괄 관리하는 온실가스종합정보센터가 환경부에 소속되어 있다(Table 3). 그리고 LULUCF분야 인벤토리를 담당하여 작성하거나, 인벤토리 작성을 지원하는 기관은 유형에 관계없이 주로 농업이나 산림 분야에서 담당하고 있다.

3.3 주요선진국 LULUCF분야의 추진체계 및 토지이용변화 매트릭스 작성방법

LULUCF분야 온실가스인벤토리 구축 시 토지이용 및 전용 면적 자료는 배출량 및 흡수량을 산정하는 데 있어서 매우 중요하다. 면적 산정 방법론에 대하여 37개 부속서 I 당사국 중 15개 국가가 Sampling 방법으로 매트릭스를 구축하고 있으며, Sampling과 Wall-to-wall 방법을 함께 사용하는 국가가 14개, 그 외 국가들은 기존 국가통계를 활용하고 있다. 시간이나 비용 측면에서 위성영상 활용 방법(Wall-to-wall)보다 효율적이고, 많은 부속서 I 국가에서 사용하고 있는 점 표본점(Sampling) 방법을 활용하는 주요 선진국을 대상으로 하였다. 대표적으로 스웨덴, 노르웨이, 핀란드, 독일을 중심으로 LULUCF분야 온실가스인벤토리의 담당기관 및 토지이용면적의 활동자료를 중심으로 파악하였다.

3.3.1 스웨덴

스웨덴의 온실가스 인벤토리는 총괄책임기관인 환경에너지부(The Swedish Ministry of the Environment and Energy)를 중심으로 국가시스템을 구성하며, 이는 조례에서 국가온실가스인벤토리 작성 및 보고에 관한 정부 기관의 역할과 책임을 명시하였다. 연간 인벤토리와 기타 보고서는 환경에너지부와 환경보호국, 기타 부처의 전문가들과 협력하여 진행된다. 환경보호국은 인벤토리 작성, 국가시스템 유지, 최종 QA/QC 활동을 조정하는 역할을 하며, 환경부를 대신하여 EU와 UNFCCC에 인벤토리를 제출한다. 조례에 따라 LULUCF 분야는 스웨덴 농업과학대학, 통계청, 산림부, 기상청, 농업위원회, 민간위기대응부, 지질조사부 등에서 데이터 및 문서를 제공하고 있다. 상호검토(Peer review)는 산림청과 농업 위원회가 담당한다.

스웨덴은 국가산림자원조사(NFI)와 토양자원조사(Soil Inventory)를 기반으로 하며 두 자료는 동일한 영구표본점에서 통합되어 LULUCF분야에 활용된다. 이는 스웨덴 농업과학대학(SLU)과 환경부(EPA)에서 제공하고 있다. 토지이용매트릭스 구축의 기본이 되는 스웨덴 NFI는 30,000개의 표본점을 가지고 있으며 5년 주기로 진행된다. 이는 영구표본점과 임시표본점으로 구성되어 있으며, 사각형 구조를 가진 하나의 군집은 4 ~ 8개의 표본점으로 이루어져 있다. IPCC의 6가지 토지이용범주에 따른 구분은 NFI 내 항목과 정의를 활용하고 범주별 토지면적은 전체 토지면적에서 각 범주별 표본점의 비율로 산정한다. 그 외 활동자료는 스웨덴 통계청(SCB), 스웨덴 산림국, 스웨덴 기상청(SMHI) 등 여러 기관들과의 협력하에 제공된다.

3.3.2 노르웨이

노르웨이 환경부는 노르웨이 의회의 예산안에 따라 총괄책임기관으로 지정되었으며, 환경부, 통계청, 바이오경제조사연구소(The Norwegian Institute of Bioeconomy Research; NIBIO)가 국가시스템을 구성하여 인벤토리 업무를 맡고 있다. 환경부는 총괄책임기관으로서 UNFCCC에 공식적으로 보고한다. 통계청이 LULUCF분야를 제외한 모든 분야의 온실가스인벤토리 작성을 담당하며, LULUCF분야는 바이오경제조사연구소(NIBIO)에서 담당하고 있다. NIBIO는 LULUCF분야의 모든 활동자료를 수집하고 배출량을 산정하여 온실가스 인벤토리를 작성한다. 세 기관은 데이터를 저장 및 관리하는 책임을 맡고 있으며, 수집한 데이터와 산정된 배출량은 각 기관의 저장시스템에 따라 보관되나, 동일한 시스템 체계를 유지하기 위해 하나의 규정 아래에 운영된다.

전국토에 대한 면적을 산정하기 위해 5년 주기로 조사되는 국가산림자원조사(NFI)를 활용하며 이는 NIBIO에서 제작 및 운영을 담당하고 있다. 토지이용 범주는 IPCC 지침에 따라 NFI 분류체계를 활용하여 구분하였으며 노르웨이 NFI는 4구역으로 구분되는데 구역에 따라 표본점 간의 거리가 다르게 나타난다. 산림 지역(3 × 9 km), 저지대 지역(3 × 3 km), Finnmark country (3 × 3 km, 9 × 9 km) 등 토지특성에 따라 표본강도가 다르다. NFI뿐만 아니라 통계청, 환경부, 농업, 식량안전 당국 등으로부터 보조자료를 제공받아 완성한다.

3.3.3 핀란드

핀란드의 온실가스인벤토리는 통계청이 총괄하고 있으며 통계청 법률에 따라 인벤토리 작성, 품질관리, UNFCCC 보고 등 전반적인 책임을 맡고 있다. 통계청은 에너지 분야, 핀란드 환경연구소(Finnish Environment Institute)는 폐기물 분야를 담당하며, 농업 및 LULUCF분야는 천연자원연구소(Natural Resources Institute; Luke)에서 담당한다. 자문위원회(Advisory board)는 환경연구소, 천연자원연구소를 포함한 관련 정부기관이 참여하며 역할은 인벤토리의 변경사항 및 저장된 데이터 품질을 검토하고, 인벤토리 및 보고에 관한 개발을 위한 활동 및 협력을 추진한다.

LULUCF분야 토지이용 및 전용에 대한 면적 산정을 위해 천연자원연구소에서 관리하고 있는 국가산림자원조사(NFI)의 고정표본점이 주된 활동자료로 사용되며, 총 국토면적은 국가토지조사(National Land Survey)의 면적을 활용한다. 토지이용에 따른 구분은 NFI의 정의를 IPCC의 6가지 범주에 따라 재분류하여 활용한다. 위성영상이나 공간자료는 측정되지 않은 지역이나 측정 후 변화된 지역을 확인하는데 사용된다. 핀란드 NFI는 토지소유나 이용 유형에 상관없이 전국토를 포함하고 있는 유일한 자료이며, 최근 연도의 자료까지 제공하고 온실가스 인벤토리에서 필요로 하는 시계열을 갖추고 있는 연속적인 시스템으로 LULUCF 토지이용변화를 측정하는데 적합한 자료이다.

3.3.4 독일

독일의 온실가스인벤토리 체계는 분산관리형으로 연방환경국(the Federal Environment Agency: UBA)이 인벤토리 종합 및 보고, 품질관리 등 총괄책임기관의 역할을 한다. LULUCF분야는 연방식품농업부(the Federal Ministry of Food and Agriculture: BMEL)에 책임이 있고, 연방식품농업부(BMEL)은 배출량 보고에 필요한 업무를 튀넨연구소(Thünen Institute)에 위탁하여 수행하고 있다. 해당 기관은 연간 농업과 산림분야의 배출량 산정에 필요한 모든 업무를 포함하며 보고서를 작성하고, 총괄책임기관에 보고하는 역할까지 포함한다. 총괄책임기관과의 업무 교류를 위하여 배출량 보고에 관한 실무그룹(working group)이 존재하며, 이는 농업과 LULUCF분야에 대한 계획 및 QC/QA를 담당한다. 반면, 교토의정서에 따른 산림지의 보고는 튀넨연구소 내 산림생태계연구소에 있고, HWP의 배출 보고는 튀넨연구소 내 튀넨목재연구소에서 담당한다. 또한 인벤토리 개선과 조사에 관련하여 조정 및 정보제공을 목적으로 튀넨연구소와 총괄책임기관의 실무기관간 최소 1년에 2회 추가적인 조정 회의를 가진다.

LULUCF분야 온실가스 인벤토리의 토지이용매트릭스 구축을 위해 독일의 국가산림자원조사(BWI)의 표본점을 활용하고 있으며, 활동자료 구축부터 배출량 산정까지 튀넨연구소에서 담당하고 있다. 표본점의 강도는 4 km를 적용하며, 매트릭스 구축을 위해 표본점 자료뿐만 아니라 토지피복지도(CORINE Land Cover; CLC), 주제도(CIR data), 지형도(The Basic Digital Landscape Model; Basis-DLM) 등을 추가적으로 활용하고 있다. 전체 토지이용정보 중 99.97%는 국가산림자원조사(BWI), CIR data 또는 Basis-DLM으로부터 생산하고 있으며, 기타 자료(LBM-DE, GSE data)는 토지이용 결정에 사용된다(0.03%). 독일의 경우 중첩의 문제를 방지하기 위해 매트릭스 구축에 사용되는 활동자료 간 우선순위별로 품질수준(Quality level)을 1 ~ 5 단계로 설정하여 면적을 평가한다.

3.3.5 종합

부속서 I 국가의 온실가스인벤토리 시스템의 유형은 총괄기관에서 인벤토리 작성부터 제출까지 모두 관장하는 중앙관리형이 27개국으로 가장 많았다. 분야별 인벤토리 작성기관이 분리되어 있는 분산관리형은 9개국이 해당되며, 우리나라도 이러한 형태를 띠고 있다. LULUCF분야 인벤토리를 전담하여 작성하는 기관은 주로 농업이나 산림분야에서 담당하고 있으며, 중앙관리형의 경우 총괄기관이 인벤토리를 작성하지만 분야별 관련 기관에서 인벤토리 작성을 위해 협력하고 지원하고 있다.

표본점을 활용하여 토지이용매트릭스를 구축하는 부속서 I 국가 중 스웨덴, 노르웨이, 핀란드, 독일 모두 기존에 구축된 NFI의 표본점을 사용하고 있다. 주로 NFI를 수행하고 운영하는 기관이 자료를 활용하여 토지이용매트릭스를 구축하거나 LULUCF분야의 온실가스인벤토리 작성을 담당한다. NFI를 활용하여 토지이용매트릭스를 구축할 경우 NFI의 정의와 분류체계를 IPCC 토지이용범주에 맞게 활용하고 있으며, NFI 자료뿐 아니라 정확한 토지이용변화의 면적을 측정하기 위해 여러 기관의 협력을 통한 기존 국가통계, 국가공간정보, 영상자료 등을 활용한다. 그러나 NFI 자료일지라도 국가별 토지상황에 따라 또는 지역에 따라 표본점의 유형, 크기, 구성, 표본강도 등이 다르게 나타났다.

Table 4. Summary of the advanced countries inventory system in the LULUCF sector

	Sweden	Norway	Finland	Germany
Institutional arrangement Single entity	Ministry of Environment and energy	Ministry of Environment, Statistics Norway, Norwegian Institute of Bioeconomy Reserch (NIBIO)	Statistics Finland	The Federal Environment Agency
LULUCF	Swedish University of Agriculture	Norwegian Institute of Bioeconomy Reserch (NIBIO)	Natural Resource Institute	The Federal Ministry of Food and Agriculture
Activity data	the Swedish National Forest Inventory (NFI), the Swedish Forest Soil Inventory (SFSI)	National Forest Inventory (NFI)	National Forest Inventory (NFI)	National Forest Inventory(BWI)
Method	30,000 sample plots (permanent and temporal)	A systematic distribution of the NFI sample plots in the strata	NFI Sample plots including Consistency and all land-use categories and Remote Sensing data and other digital maps	With the sample-point grd system, other data sources (Basis-DDLM of ATKIS, CORINE Land cover)
Other	Cooperation with other ministries and organization like Statistics Sweden, Swedish forest agency	Secondary references supported by Statistics, Ministry of Environment or Agriculture		Setting the Quality level in the data sources

3.4 LULUCF분야 통계 개선을 위한 개선방안

3.4.1 토지이용구분의 일관성 확보

현재 우리나라는 기존의 행정통계를 활용하여 토지이용범주별 면적을 산정하고 있으며, 행정통계로는 토지이용범주별 변화에 대한 면적을 파악할 수 없다는 문제점이 있다. 그리고 범주별 서로 다른 활동자료와 정의를 사용하고 있어 중복 또는 과대 산정의 우려가 있다. 우리나라도 접근법 2 또는 접근법 3 수준으로 토지이용변화 매트릭스를 구축하기 위해서는 토지피복지도, 임상도 등 기존 부처별로 구축하고 있는 공간영상정보와 표본점 자료의 활용이 가능하다. 환경부의 토지피복지도는 토지피복현황에 대한 정의를 기반으로 자료를 구축하고 있으나 자료의 생산주기가 불규칙하며, 농림부의 스마트팜맵은 논, 밭 등 토지가 현재 이용되고 있는 용도에 따라 정의한다. 따라서 기존 자료를 활용하기 위해서는 부처별 전문가 논의를 통해 토지이용범주 구분에 대한 기준을 설정하고 정확한 토지이용범주별 면적 산출이 필요하다. 표본점을 활용하여 매트릭스를 구축하는 주요 선진국에서는 표본점을 가장 우선적이고 주된 토지이용구분 자료로 활용하며 위성영상 및 항공사진의 공간영상정보를 활용하고 있으므로, 우리나라의 경우 임상도, 연속지적도, 스마트팜맵, 토지피복지도 등의 기 구축된 국가 공간정보를 활용하여 독일과 유사한 이원화 체계를 구축할 수 있다고 사료된다.

결과적으로 활동자료 간 발생하는 중첩 및 생략을 방지하기 위한 토지이용구분의 설정기준과 우선순위 원칙을 마련하여야 한다. 예를 들어, 농경지 내 도로, 목초지 내 부속시설, 하천변 녹지, 접경지역 등 어느 범주에도 속하지 못하는 지역에 대한 문제를 해결하기 위해, 범주별 최소면적 기준과 토지이용범주 간 선정 원칙을 전문가 논의를 통해 설정하는 것이 필요하며 의사결정체계도를 마련할 필요가 있다.

3.4.2 LULUCF분야의 통계 개선을 위한 제도

정확한 온실가스 통계가 마련되기 위해서는 구조화된 체계가 뒷받침되어야 한다. 우리나라의 온실가스인벤토리 시스템은 분산관리형으로 유지되고 있으며 담당분야에 따라 주관하는 부처가 다르기 때문에 단일화된 중앙관리형을 구축하기엔 어려움이 있다. 따라서 자료의 신뢰성을 높이고, 분야 간 균형과 보완의 기능을 위해 조직 간 협력을 강화시킬 필요가 있다. 대부분의 선진국은 분야별 전문가가 참여하는 자문위원회 및 상호 검토(Peer review)를 적극적으로 추진하고 있다. 우리나라도 정부기관뿐만 아니라 민간의 관련분야 전문가를 동원한 협의체가 구성되어야 하며, 이를 통해 통계의 전문성 및 신뢰성을 향상시켜야 한다. 또한, 모든 온실가스인벤토리 산정업무를 담당하는 기관에서는 온실가스인벤토리에 사용되는 데이터의 상호간 비교를 위해 자료를 통합적으로 검증할 수 있는 종합정보아카이브시스템을 마련하는 것이 요구된다.

독일과 핀란드 등의 국가들은 지정된 하나의 기관에서 LULUCF분야 온실가스 통계 산정과 활동자료 수집 등 전반적인 업무를 수행한다. 법령 개선과 관련하여 LULUCF분야 관장기관의 단일화 및 업무의 명확화가 필요하며, 이를 법적으로 명시하여 온실가스의 작성 및 보고 등 책임있는 업무 수행이 요구된다. 또한, 현재 환경부 훈령에 의해 부처별 역할과 책임이 제시되고 있으나 효과적인 업무수행을 위해서는 상위 법령으로 개정하여 여러 부처를 관할할 수 있는 구속력 있는 법률 체계로 정비되어야 한다. 그리고 토지이용변화 매트릭스 작성을 위한 전담부서를 지정하여 일관된 토지이용구분과 정확한 면적을 산정을 위한 업무를 위임할 필요가 있다. 온실가스 인벤토리는 매년 보고되어야 하므로 전담부서에서 제작한 토지이용변화 매트릭스를 산정기관에 배포하여 일관되고 정확한 토지이용구분과 토지이용구분별 배출량 및 흡수량을 산정할 수 있다.

4. 결론

신기후체제에 대비하여 우리나라의 온실가스 인벤토리는 국제적 수준의 체계적인 자료 구축이 필요하며, 파리협정의 강화된 투명성 체계에 대비하여 투명성 원칙에 따른 국가 온실가스 인벤토리의 작성과 온실가스 감축실적에 관한 보고체계를 마련하여야 한다. 특히 LULUCF분야는 유일한 온실가스 흡수원으로서 정확한 통계 구축이 중요함에도 불구하고 여러 가지 제도적 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 국내 문제점을 분석하고, LULUCF분야 통계를 작성하고 있는 부속서 I 국가의 특징을 비교분석하여 개선방안을 제시하고자 하였다.

LULUCF분야의 국가 온실가스 인벤토리 보고서 작성에 있어서 토지이용구분 및 토지이용변화 매트릭스는 중요한 활동자료이다. 우리나라는 기존의 행정통계를 활용하여 토지이용범주별 면적을 산정하고 있으며, 행정통계로는 토지이용범주별 변화에 대한 면적을 공간적으로 명확하게 파악할 수 없다는 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 부처별 전문가 논의를 통해 토지이용범주 구분에 대한 기준을 설정하고 정확한 토지이용범주별 면적 산출이 필요하다. 또한, 공통으로 활용되는 활동자료를 생산하는 기관을 기존 훈령보다 상위 법률로 지정 및 위임함으로써 해당 법률이 다부처에 공통으로 적용되고 일관된 기준에 의한 통계를 생산할 수 있도록 명확한 역할과 책임을 부여하여야 한다. 그리고 산정기관 간 검증과정을 통하여 통계자료를 확정함으로써 발생할 수 있는 오류를 방지하고 통계자료의 일관성 및 신뢰성을 확보할 수 있을 것으로 기대된다. 마지막으로 우리나라의 온실가스 인벤토리 시스템은 분산관리형으로 유지되고 있으므로 자료의 신뢰성 및 전문성을 높이기 위해서는 정부기관 간 협력을 강화하고 민간의 관련분야 전문가가 참여하는 협의체의 구성 및 운영을 위한 제도적 보완이 필요하다.

사사

본 연구는 “산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업 (신기후체제 대응 국가수준 토지이용변화 매트릭스 구축 및 검증기술 개발 : 2017045B10-1919-BB01)”의 지원으로 수행되었습니다. 진심으로 감사드립니다.

References

Croatian Agency for Environment and Nature. 2019. Croatian Greenhouse Gas Inventory for the period 1990-2017.

Danish Centre for Environment and Energy. 2019. Denmark’s national inventory report 2017.

Department of the Environment and Energy. 2019. National Inventory Report 2019.

Federal Environmet Agency. 2019. National Inventory

Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990-2017.

Flemish Environment Agency. 2019. Belgium's greenhouse gas inventory(1990-2017).

GIR(Greenhouse Gas Inventory and Research Center). 2015. A Study on the GIS-based Approach 3 Methodologies for the Land Use Matrix of the LULUCF Sector. Greenhouse Gas Inventory and Research Center. (in Korean)

GIR(Greenhouse Gas Inventory and Research Center). 2019. 2019 National Greenhouse Gas Inventory Report of Korea. Greenhouse Gas Inventory and Research. (in Korean)

IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

Jeong KH. 2009. Discussion on the Development of National Greenhouse Gas Emissions Statistics System. Energy focus(korea energy economics institute) 6(3): 63-80. (in Korean with English abstract)

Kim HR. 2009. Establishment of National Greenhouse Gas Inventory. Statistic Research Institute Report. 2(4). (in Korean with English abstract)

Kim KN, Lee SJ, Kim RH, Son YM. 2014. Estimation of the Greenhouse Gas Inventory on Forest Land at Provincial Level. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology 16(4): 336-342. (in Korean with English abstract)

Korea Research Institute for Human Settlements. 2012. A study of the quality improvement of National Greenhouse Gas Estimates Statistic. Korea Research Institute for Human Settlements. (in Korean)

Lee SJ, Yim JS, Kang JT, Kim RH, Son YH, Park GS, Son YM. 2017. Application and Development of Carbon Emissions Factors for Deciduous Species in Republic of Korea - Robinia pseudoacacia, Betula platyphylla, and Liriodendron tulipifera -. Journal of Climate Change Research 8(4): 393-399. (in Korean with English abstract)

Lee CW, Kim J. 2015. A Study on Categories of Land Use. Journal of cadastre & land informatix 45(1): 31-43. (in Korean with English abstract)

Ministry for the Environment. 2019. New Zealand's Greenhouse Gas Inventory 1990-2017.

Ministry for the Environment, Sustainable Development and Climate Change. 2019. Malta's national inventory of greenhouse gas emissions and removals.

Ministry of Agriculture, Rural Development and Environment. 2019. Cyprus National Greenhouse Gas Inventory 2019.

Ministry of Environment. 2008. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. (in Korean)

Ministry of Environment. 2019. Lithuania's national inventory report 2019.

Ministry of Environment. 2019. Romania's Greenhouse Gas Inventory 1989-2017.

Ministry of Environment and Energy. 2019. Annual inventory submission of Greece under the convention kyoto protocol for greenhouse and other gases for the years 1990-2017.

Ministry of Environment and Water. 2019. Greenhouse Gas Emissions in Bulgaria 1988-2017.

Ministry of the Environment. 2019. Greenhouse Gas Emissions in Estonia 1990-2017.

Ministry of the Environment of the Czech Republic. 2019. National Greenhouse Gas Inventory Report of the Czech Republic.

Norwegian Environment Agency. 2019. Greenhouse Gas Emissions 1990-2017, National Inventory report.

Office of Environment. 2019. Liechtenstein's Greenhouse Gas Inventory.

Park EB, Song CH, Ham BY, Kim JW, Lee JY, Choi SE, Lee WK. 2018. Comparison of Sampling and Wall-to-Wall Methodologies for Reporting the GHG Inventory of the LULUCF Sector in Korea. Journal of Climate Change Research 9(4): 385-398. (in Korean with English abstract)

Park JW, Na HS, Yim JS. 2017. Comparison of Land-use Change Assessment Methods for Greenhouse Gas Inventory in Land Sector. Journal of Climate Change

Research 8(4): 329-337. (in Korean with English abstract)

Park JW, Yim JS, Lee JS. 2017. Evaluation of a Land Use Change Matrix in the IPCC's Land Use, Land Use Change, and Forestry Area Sector Using National Spatial Information. Journal of forest and environmental science 33(4): 295-304. (in Korean with English abstract)

Park SJ, Lee CH, Kim MS, Kim SC. 2017. Analysis of Land-use Change for Calculation of GHGs Emission on LULUCF Agricultural Sector Using Smartfarm Map. Korean Society of Soil Science and Fertilizer 2017(5): 208-209. (in Korean with English abstract)

Portuguese Environmental Agency. 2019. Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases 1990-2017.

Sim WD, Park JM, Lee JS. 2017. A Study on the Utilization Plan of National Geospatial Information for Land Use Change Matrix. Journal of Forest Economics 24(2): 41-50. (in Korean with English abstract)

Statistics Finland. 2019. Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990 to 2017.

Sweden Environmental Protection Agency. 2019. National Inventory report Sweden 2019.

The Environment Agency of Iceland. 2019. National Inventory Report.

The Institute for Environmental Protection and Research. Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2019.

Turkish Statistical Institute. 2019. Turkish Greenhouse Gas Inventory 1990-2017.

Umweltbundesamt(Environment Agency Austria). 2019. Austria’s national inventory report 2019.

United States Environmental Protection Agency. 2019. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-2017.

Yim JS, Kim ES, Kim CM, Son YM. 2015. Assessment on Forest Resources Change using Permanent Plot Data in National Forest Inventory. Journal of Korean Forest Society 104(2): 239-247. (in Korean with English abstract)

Yim J.S., Moon GH, Shin MY. 2019. Development of a Land-Use Change Matrix at the National Level using the Point Sampling Method. Journal of Climate Change Research 10(4): 299-308. (in Korean with English abstract)

Yu SC, Ahn W, Ok JA. 2015. A Study on Construction Plan of the Statistics for National Green House Gas Inventories(LULUCF Sector). Journal of Korea Spatial Information Society 23(3): 67-77. (in Korean with English abstract)