

## 국가 온실가스 통계 산정을 위한 임목축적 재계산

이선정\* · 임종수\* · 손영모\* · 김래현\*\*\*

\*국립산림과학원 산림산업연구과, \*\*국립산림과학원 연구기획과

### Recalculation of Forest Growing Stock for National Greenhouse Gas Inventory

Lee, Sun Jeoung\*, Yim, Jong-Su\*, Son, Yeong Mo\* and Kim, Raehyun\*\*\*

\*Division of Forest Industry Research, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

\*\*Division of Research Planning and Coordination, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

#### ABSTRACT

For reporting national greenhouse gas inventory in forest sector, the forest growing stock from the National Forest Inventory (NFI) system has used as activity data sources. The National Forest Inventory system was changed from rotation system by province to annual system by 5 years across the country. The forest growing stocks based on the new inventory system produced a different trend compared to the previous estimations. This study was implemented to recalculate previous forest growing stocks for time series consistency at a national level. The recalculation of forest growing stock was conducted in an overlap approach by the IPCC guideline. In order to support the more consistency data, we used calibration factors between applied stand volumes in 1985 and 2012, respectively. As a result, the time series of recalculated forest growing stock was to be consistency using the overlap approach and the calibration factor with the lower middle/middle site index. According to the applied overlap period, however, we will recalculate activity data using more complete data from national forest inventory system.

**Key words:** National Greenhouse Gas Inventory, Forest Growing Stock, Forest Sector, Overlap Approach, Recalculation, Stand Yield Table

#### 1. 서 론

기후변화협약이 채택되고 온실가스 배출량 규제를 통한 대기 중 온실가스 농도 안정화를 위한 국제적 노력이 지속되어 왔다. 특히 부속서 I 국가들은 제1차 공약기간이 시작된 2008년부터 교토의정서 체제에 따라 배출량을 감축하는 노력을 해왔으며, 제2차 공약기간이 만료되는 2020년까지 이러한 노력을 지속해야 한다(UNFCCC, 2010). 최근 개발도상국도 감축노력에 동참하는 차원에서 2020년까지 자발적 감축목표를 설정하고, 선진국과 동일하게 이를 공약하기로 하였다(UNFCCC, 2010). 또한 2015년에 파리협정이 체결되면서 기후변화협약에 참여하는 모든 당사국들은 국가별 역량 및 다양한 상황을 고려하여 공통의 그러나 차별화된 책임을 부여하는 국가 기여방안(Nationally Determined Contributions; NDC) 방식을 채택

하였다. 이에 따라 2020년 이후부터 모든 당사국은 온실가스 감축 목표를 이행할 책임을 지게 되었다.

국가의 온실가스 감축목표를 설정하고, 이행결과를 점검하기 위해서는 국가 온실가스 배출량을 측정가능하고 제3자에 의해 검증이 가능토록 보고해야 한다(Kim *et al.*, 2014). 국가 온실가스 인벤토리는 IPCC 가이드라인의 방법론에 따라 보고되고 있다(IPCC, 2000; 2003; 2006). 칸쿤 합의문에 따라 선진국은 국가보고서(National Communication; NC)와 연간 온실가스 인벤토리의 보고 및 감축 이행결과와 개도국 재정지원 등을 담은 격년보고서(Biennial Report; BR)를 제출하고, 개도국은 국가보고서(NC)와 격년갱신보고서(Biennial Update Report; BUR)를 제출하기로 결정함에 따라 국가 온실가스 인벤토리는 일관적이고 정확한 정보를 제공해야 한다(UNFCCC, 2011). 또한 국가 온실가스 인벤토리는 산림탄소배출권과 관련이 있는

† Corresponding author: rhkim@korea.kr

Received October 17, 2016 / Revised November 18, 2016 / Accepted November 25, 2016

기준선 설정에 기초자료로 활용될 수 있기 때문에 시계열적으로 일관되게 보고되는 것이 중요하다.

우리나라의 경우, 산림부문 국가 온실가스 인벤토리 작성에 있어서 국가산림자원조사(National Forest Inventory; NFI)에 근거한 산림기본통계를 활용하고 있다(GIR, 2016). 국가산림자원조사는 1972년부터 현재까지 6차례에 걸쳐 국가산림자원조사를 수행하였으며, 제4차 국가산림자원조사(1996~2005)까지는 항공사진 촬영 및 판독에 의해 임상도를 제작하고, 임상구분에 따른 표본을 배치하는 층화계통추출법을 적용하였다. 또한 전국단위의 일제조사가 불가능하기 때문에 기본계획구단위로 순환조사를 실시함에 따라 동일 시점에서의 통계정보의 제공이 불가능하여 기본계획구단위의 임상 및 영급별 연년생장률을 적용하였다(KFRI, 2015). 국내의 산림자원통계 수요에 부응하기 위하여 2006년부터 시작된 제5차 국가산림자원조사에서는 전국을 4 km × 4 km로 분할하여 격자점에 표본점을 배치하는 계통추출법을 적용하여 5년 주기의 일제조사체계를 개편하였다. 이러한 조사체계의 개편에 따라 임목축적은 과거 자료와의 시계열 일관성에서 문제가 야기되었다(KFRI, 2011).

IPCC 지침에서는 조사체계 개편 등에 의한 기초자료의 시계열 일관성을 확보하기 위한 재계산 방법으로 중첩(Overlap), 내삽(Interpolation), 경향외삽(Trend Extrapolation), 대체법(Surrogate)과 같이 4가지 방법을 제시하였다(IPCC, 2003). 내삽기법은 재계산 범위 중 중간의 결측치가 있을 경우에 활용될 수 있으며, 경향외삽기법은 재계산 범위 중 처음 또는 마지막 기간의 결측치가 있을 경우에 적용이 가능하다. 또한, 대체법은 재계산 범위의 전체에 대한 다른 통계 자료로 대체하는 방법이며, 중첩기법은 기존·신규 방법에 따른 결과를 중첩하여 차이(비율 등)를 도출하여 과거 통계자료에 적용하는 방법이다. 우리나라의 경우에는 과거 시계열 자료가 있으므로 두 조사체계에 따른 임목축적의 차이를 적용하는 중첩(Overlap)기법이 가장 적합한 것으로 보고된 바 있으며(Chung *et al.*, 2009), Yim 등(2012)은 중첩기법의 적용에 있어서 기본계획구단위 순환조사체계를 고려하여 기본계획구단위의 재계산 적용방안을 제시한 바 있다.

본 연구는 우리나라 산림부문 온실가스 통계 산정에 있어서 연도별 임목축적 자료의 시계열 일관성을 확보하기 위하여 IPCC 지침에서 제시된 중첩기법의 타당성을 검토하고, 온실가스 인벤토리 산정을 위한 과거 자료(1990~2009)의 임상별 임목축적을 재계산하기 위한 방안을 제시하기 위하여 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 산림기본통계 산출을 위한 생장율표

우리나라의 산림기본통계는 산림자원의 현황을 파악하기 위하여 임상(침엽수림, 활엽수림, 혼효림) 및 영급 등에 따른 산림면적과 임목축적을 제공하였다(KFS, 1982~2010). 하지만 전국단위의 매년 조사가 불가능하므로 제2차 조사부터는 기본계획구단위의 순환조사체계를 도입하여 현지조사가 실시된 기본계획구(시·도 단위)에서는 실측자료를 활용하였으며, 조사가 실시되지 않은 시도에서는 시도단위 임상별 생장율표를 추정하여 적용하였다. Table 1은 제3차 및 제4차 국가산림자원조사에서 수집된 자료에 의해 추정된 기본계획구단위의 임상 및 영급별 생장율표로 1996년부터 2005년까지 조사가 실시되지 않은 기본계획구별로 적용되었다(KFRI, 2015).

### 2.2 국가산림자원조사에 의한 임목축적 추정

국가산림자원조사는 전국의 산림을 과학적인 방법으로 조사 및 평가하여 산림기본통계를 확보하고, 시간경과에 따른 산림자원의 변화 동태를 주기적으로 파악하기 위하여 1972년부터 주기적인 조사를 수행하였다. 제4차 NFI(1996~2005)까지는 항공사진 촬영 및 판독에 의한 층화집락추출법(Stratified cluster sampling)을 적용하였으나, 제5차 NFI(2006~2010)부터는 계통집락추출법(Systematic cluster sampling)에 의한 표본을 배치하고 현지조사를 수행하는 방법으로 개편하였다(KFRI, 2011).

NFI5에서 고정표본점은 중부원점을 중심으로 4 km × 4 km의 격자크기로 계통추출법에 의하여 표본점을 배치한 후(Fig. 1 (a)), 매년 전체 표본점의 20%에 해당하는 표본점을 조사하는 5년 주기 연년조사체계에 의해 수행되었다. 전국토를 대상으로 4 km 격자로 배치된 약 6,200개소의 표본점 중에서 산림으로 판독된 4,270개소를 대상으로 부표본점단위(Sub-plot)의 토지이용현황 및 산림자원량 평가를 위한 현지조사를 수행하였다. Fig. 1은 NFI5부터 적용된 표본 및 표본점 설계를 나타낸 것이다(KFRI, 2011).

연년조사체계에 의한 수집된 국가산림자원조사 자료를 활용하여 가중이동평균법을 적용하여 2010년 이후에는 시도단위의 매년 임상별 임목축적의 산출이 가능하게 되었다(Yim *et al.*, 2011). 본 연구에서는 제5차 및 제6차 NFI에서 수집된 자료를 활용하여 2010년부터 2012년까지의 임상별 임목축적을 추정하여 중첩기법 적용을 위한 기초자료로 활용하였다.

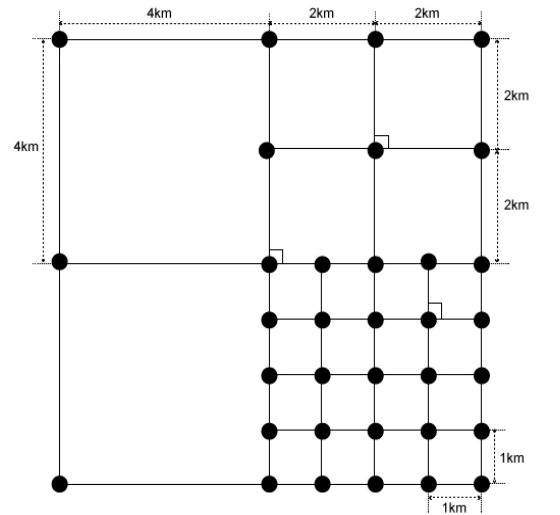
### 2.3 중첩기법에 의한 보정계수 추정

IPCC 지침에서 중첩기법을 적용하기 위해서는 서로 다른

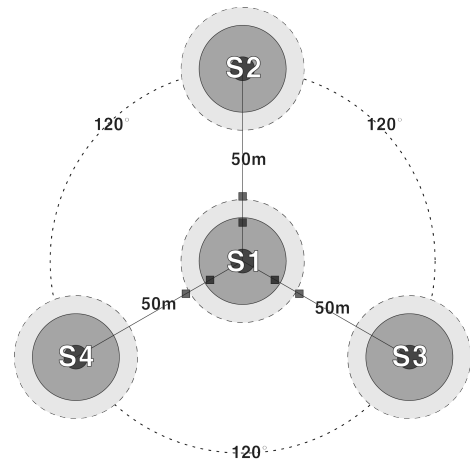
Table 1. Growth ratios by province, forest type, and age class (KFRI, 2015)  
(Unit : %)

Province	Forest type	Stand age class				
		II	III	IV	V	VI
Gyeonggi	Conifer	6.9	5.8	4.5	3.1	1.9
	Broadleaf	5.2	4.7	3.7	3.1	2.9
	Mixed	5.3	4.7	3.5	2.7	1.8
Gwangwon	Conifer	5.9	4.9	3.8	3.1	2.1
	Broadleaf	4.4	4.0	3.1	2.8	2.4
	Mixed	5.6	4.6	3.7	2.8	2.1
Chungbuk	Conifer	6.6	5.4	4.2	3.6	2.4
	Broadleaf	5.5	4.4	3.8	3.4	2.5
	Mixed	6.2	5.0	3.3	2.3	0.9
Chungnam	Conifer	7.7	6.5	5.2	3.9	1.6
	Broadleaf	7.0	5.9	5.4	5.1	4.3
	Mixed	7.1	5.8	4.1	3.9	2.4
Jeonbuk	Conifer	6.8	5.8	4.1	3.6	1.1
	Broadleaf	6.1	5.5	4.1	3.5	2.6
	Mixed	6.0	4.9	4.0	2.9	1.1
Jeonnam	Conifer	7.1	6.3	5.1	4.4	3.5
	Broadleaf	6.6	6.0	5.0	4.6	2.7
	Mixed	6.2	5.5	4.6	3.6	2.2
Kyeonbuk	Conifer	6.7	5.2	4.2	3.3	2.8
	Broadleaf	6.4	5.0	3.9	3.0	2.7
	Mixed	6.2	4.9	4.0	3.6	2.7
Kyeongnam	Conifer	7.1	5.7	4.4	3.4	2.8
	Broadleaf	6.6	5.7	4.4	3.6	3.0
	Mixed	6.7	5.4	4.1	2.9	2.5
Jeju	Conifer	7.7	6.0	4.3	3.5	2.5
	Broadleaf	5.7	4.7	3.9	3.0	2.6
	Mixed	6.1	4.8	3.8	3.1	2.0

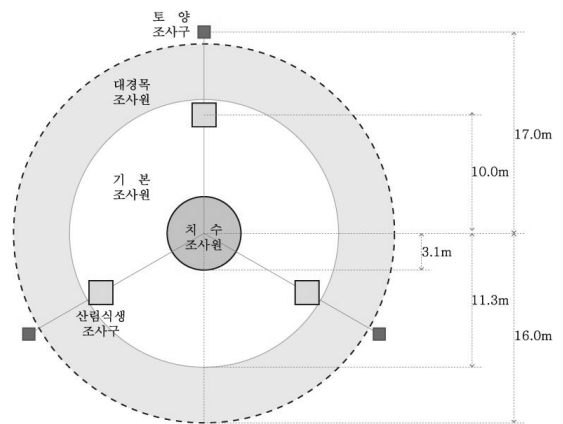
조사방법에 의한 추정치가 최소 2개 이상을 적용할 것을 권고 하였으며, 본 연구에서는 전국단위의 임상별 임목축적을 추정 하기 위하여 2010년부터 2012년까지의 세 개 시점에서의 임 목축적을 비교하였다. 임상별 보정계수는 식 (1)에 의해 추정 하였다(IPCC, 2000).



(a) Sampling design



(b) Cluster plot design



(c) Subplot design(S1)

Fig. 1. Sampling and plot designs for the 5th National Forest Inventory (KFRI, 2011).

$$y_0 = x_0 \times \left( \frac{\sum_{i=1}^3 y_i}{\sum_{i=1}^3 x_i} \right) \tag{1}$$

where  $y_0$  is the recalculated estimate computed using the overlap technique,  $x_0$  is the previous estimates, and  $y_i$  and  $x_i$  are the estimates using the new and previously used methods.

### 2.4 임분수확표를 이용한 재적차이 보정

국가산림자원조사에서 수집된 자료에 의해 개체목 단위의 임목재적을 산출하기 위해서는 산림청에서 고시한 주요 수종별 재적표를 적용하고 있다. 우리나라의 수종별 임목재적표 및 임분수확표는 지금까지 2회에 걸쳐 작성되었으며, 이러한 재적식의 변화는 임목축적 산출에 영향을 미치게 된다. 따라서 과거에 적용된 재적식과 현재의 재적식에 의해 발생하는 차이를 규명하기 위하여 각 재적식에 따른 수종별 임분수확표의 재적을 비교하여 재적식에 따른 차이를 보정하는 일관된 통계자료 작성이 필요하다.

본 연구에서는 과거의 임분수확표(KFS, 1985)와 현행의 임분수확표(KFS and KFRI, 2012)에서 제시된 동일한 8개 수종을 대상으로 침엽수(소나무, 리기다소나무, 편백나무, 잣나무, 낙엽송)와 활엽수(상수리나무, 신갈나무)을 대상으로 비교하였으며, 생육환경에 따른 차이에 의한 변이를 제거하기 위하

여 과거 및 현행 임분수확표의 표준이 되는 지위지수의 재적 차이를 비교하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 중첩기법에 의한 임상별 보정계수 추정

전국 단위의 임상별 중첩기법에 의한 보정계수를 도출하기 위하여 제4차 NFI와 제5차 및 제6차 국가산림자원조사기반(NFI5 & 6)의 임상별 임목축적을 비교한 결과는 Table 2와 같다. 전체적으로 NFI4 기반 임상별 임목축적은 NFI5 & 6 기반 임상별 임목축적 대비 과소 추정되는 것으로 분석되었다. 또한, 3년간 자료의 평균 보정계수는 침엽수림 1.232, 활엽수림 1.328, 혼효림 1.340으로 혼효림이 다른 임상보다 낮은 과소치를 나타낸 것으로 분석되었다.

Fig. 2는 중첩기법에 의한 보정계수를 적용한 임목축적과 생장율표에 의한 임목축적 추정치를 나타낸 그림이다. 보정계수를 적용함으로써 최근 5년간의 임목축적은 산림기본통계의 임목축적과 유사한 것으로 추정되었으나, 1981년부터 2000년대 중반까지는 과대추정되는 것으로 분석되었다. 이는 임목축적 산출에 적용된 임목재적표의 차이로 판단되며, 본 연구에서는 이러한 차이를 규명하고, 통계의 정합성을 확보하기 위하여 임목재적을 기반으로 만들어진 구·신 임분수확표의 재적을 비교하였다.

### 3.2 임분수확표를 활용한 임목재적차이 보정

전체적으로 통계의 일관성을 확보하기 위해서는 기존 통계

Table 2. Calibration factors of forest types by overlap methods

	Forest types	Year			Mean	
		2010	2011	2012		
Forest growing stock (1,000 m <sup>3</sup> )	NFI4	Coniferous	270,639	282,522	293,338	-
		Deciduous	163,069	168,656	174,162	-
		Mixed	185,433	191,650	197,857	-
	NFI5 & 6	Coniferous	336,337	347,440	358,933	-
		Deciduous	215,319	224,904	231,827	-
		Mixed	248,369	256,908	265,402	-
Calibration factor	Coniferous	1.243	1.230	1.224	1.232	
	Deciduous	1.320	1.334	1.331	1.328	
	Mixed	1.339	1.341	1.341	1.340	

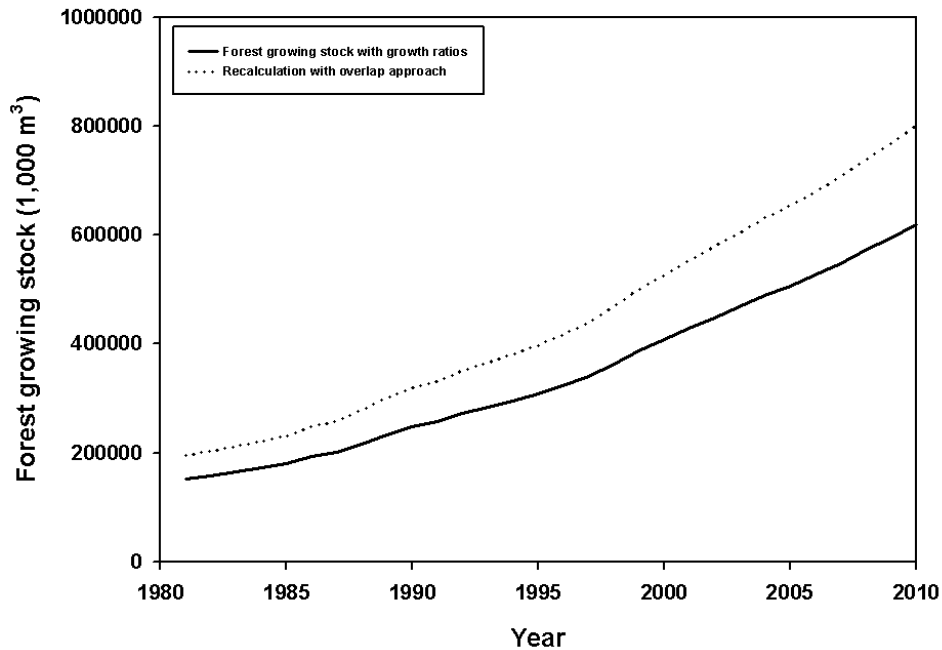


Fig. 2. Comparison of forest growing stocks by estimation methods.

와의 정합성이 필요하다고 판단하였고, 과거와 현재의 성장특성에 따라 발생하는 차이를 규명하고, 재계산 결과의 정합성을 확보하기 위하여 구·신 임분수확표(KFS, 1985; KFS and KFRI, 2012)의 지위지수별 재적 차이를 적용하였다. 구·신 임분수확표에서 중복되는 8개 수종을 대상으로 침엽수, 활엽수의 지위를 최저, 차상위, 중위로 구분하였고, 구·신 임분수확표 지위에 따른 재적 차이를 분석하였다. 그 결과는 Table 3과 같이 보정비율을 도출할 수 있었다.

구·신 임분수확표의 지위지수별 재적 비율을 적용하여 임목축적을 재계산한 결과, 최저/중위인 경우 기존 통계보다 과대 추정되거나 과소 추정되었고, 차상위/중위의 경우 일부 기간(1975~1981)이 이전 통계보다 과소 추정되었지만, 기준연도인 1981년의 임업통계연보의 임목축적과 인접하는 것으로 나타났다(Fig. 3). 반면 중위/중위의 경우 기존 통계보다 과대

추정되는 결과가 나타났다. 이에 본 연구에서는 통계의 일관성 등을 고려하여 최적의 구·신 임목수확표 지위지수별 재적 비율은 차상위/중위로 판단하였다.

### 3.3 과거 임목축적의 재계산

비율 중첩법과 구·신 임분수확표의 차상위/중위 지위지수의 재적 비율을 적용하여 재계산을 수행하였다. 그 결과, Table 4에서 제시한 바와 같이 통계의 시계열적 일관성을 유지하는 것으로 나타났다. 특히 재계산을 수행하기 이전에는 2005년에서 2010년 사이에 총 축적이 급격하게 증가하는 것으로 나타났다지만, 재계산을 수행한 이후에는 이상적으로 증가하는 것으로 나타났다(Table 4). 재계산을 수행하지 않은 임목축적을 활용하여 산림부문의 온실가스 배출량을 산정하는 경우, 특정연도의 온실가스 배출량이 급격하게 증가하거나 감소하는 문제가 발생한다. 이러한 문제는 특별한 산림활동 및 자연재해에 의한 배출량 변화를 제외하고는 UNFCCC의 국가 온실가스 인벤토리 보고 시 국제적 검토(Expert Review Team, ERT)에서도 지적을 받을 수 있다. 또한 IPCC 가이드라인에서도 토지이용 및 토지이용변화 산림 부문은 5~10년 주기로 통계를 확보하는 경우가 많아 연간 통계를 확보할 수 없는 문제 등에 대한 해결책으로 재계산을 권고하고 있으며, 다양한 재계산 방법론을 제시하고 있다(IPCC, 2003).

Table 3. Calibration factors of forest growing stock by site index (KFS, 1985; KFS and KFRI, 2012)

Forest types	Low/middle	Lower middle/middle	Middle/middle
Coniferous	1.63	1.18	1.02
Deciduous	1.49	1.32	1.17
Mean	1.61	1.22	1.05

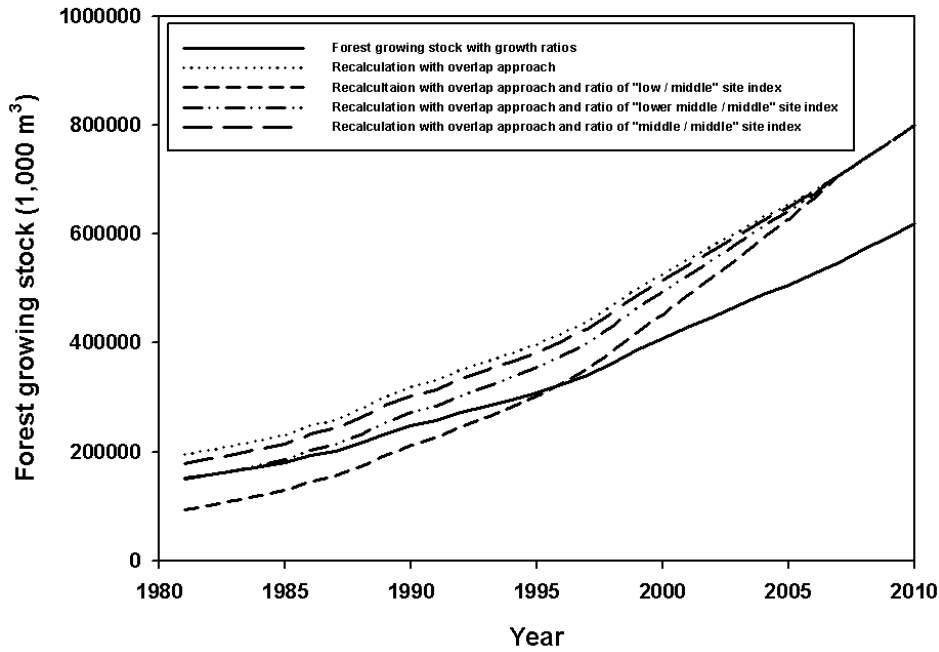


Fig. 3. Comparison of recalculated forest growing stocks by site index.

Table 4. Recalculation of forest growing stock (1981~2010)

(unit: 1,000 m<sup>3</sup>)

Year	Statistical yearbook of forestry				Recalculated forest growing stock			
	Total	Coniferous	Deciduous	Mixed	Total	Coniferous	Deciduous	Mixed
1981	151,550	68,567	42,546	40,436	151,550	68,567	42,546	40,436
1985	179,381	81,849	49,331	48,201	185,435	88,403	42,889	54,142
1990	248,426	113,869	64,509	70,048	271,874	126,920	62,813	82,140
1995	308,826	140,641	85,674	82,510	354,802	161,619	92,358	100,826
2000	407,576	174,941	110,129	122,505	493,030	207,077	130,208	155,745
2005	506,377	216,660	136,451	153,265	641,920	263,943	175,561	202,415
2010	800,025	336,337	215,319	248,369	800,025	336,337	215,319	248,369

부속서 I 국가들도 온실가스 인벤토리 작성 시 활동자료 및 배출계수 변화에 의해 통계가 수정되는 경우, “재계산” 및 “시계열 일관성” 부문에 명시하고 있다. 핀란드는 우리나라와 같이 산림부문 국가 온실가스 인벤토리의 활동자료로 국가산림자원조사의 자료를 활용하고 있다(Statistics Finland, 2015). 2015년 핀란드의 국가 온실가스 인벤토리에 따르면 NFI체계 변화에 따른 표본점 분류 및 조사체계의 차이에 의한 이유로 1990~2013년의 산림부문 활동자료를 재계산을 수행하여 시계열적 일관성을 확보한 바 있다(Statistics Finland, 2015). 일본은 산림의 시계열적 면적자료를 확보할 수 없는 경우 내삽

법을 활용하여 시계열적 일관성을 확보하였고, 임목바이오매스의 배출계수가 갱신되는 경우 재계산을 수행하고 변경사항을 인벤토리 보고서에 명시하였다(Ministry of the Environment, Japan, 2011). 재계산은 통계의 일관성 및 투명성을 확보하기 위한 방안으로 대부분의 부속서 I 국가 온실가스 인벤토리 보고서 작성 시 활용되고 있다. 따라서 본 연구와 같이 과학적 방법을 기반으로 한 임목축적 재계산은 산림부문의 온실가스 인벤토리의 일관성 및 통계의 신뢰성을 위한 것으로 국가 온실가스 인벤토리 보고서 작성에 유용하게 활용될 것이라고 판단된다. 그러나 본 연구는 NFI6차 조사체계 완료 이전에 수행

되어 일부 자료만 활용하여 보정비율을 도출한 것이다. IPCC 가이드라인에 따라 다양한 연도의 자료를 활용한 재계산을 권고하고 있으므로(IPCC, 2000), 향후 정확하고 완전한 통계자료 확보를 통한 재계산이 수행되어야 할 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

산림은 기후변화협약에서 탄소흡수원으로 인정되고 있다. 우리나라는 산림부문의 온실가스 인벤토리의 통계를 확보하고 신뢰성을 확보하기 위하여 2006년부터 시작된 제5차 국가산림자원조사에서는 연년통계 산출이 가능하도록 연년조사체계의 도입 및 표본설계 변경 등 조사체계를 전반적으로 개편하였으며, 조사항목에서도 임목바이오매스뿐만 아니라, 고사유기물, 토양의 탄소저장량 및 흡수량을 평가하기 위하여 확대되었다. 이러한 조사체계의 개편은 과거 임목축적 성장율표에 의한 추정치와 비교하였을 때, 시계열 일관성에서 문제가 야기되었으며, IPCC 지침에서는 통계자료의 시계열 일관성을 위하여 재계산을 실시토록 권고하고 있다.

본 연구는 산림부문 국가 온실가스 통계 작성을 위한 임목축적 자료의 시계열 일관성을 확보하기 위해 IPCC 가이드라인에서 제시한 중첩기법을 적용하여 재계산을 수행하였다. 또한 임목축적에 영향을 주는 임분수확표의 변동 사항을 반영하여 과거 적용된 자료의 관한 재계산을 실시하였다. 그 결과, 비율 중첩법과 구·신 수확표의 차상위/중위 지위지수 재적의 보정비율을 적용하는 것이 통계의 일관성을 가장 적절하게 유지하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 중첩이 가능한 3개 연도의 자료만 활용하여 보정비율을 적용하였다. 그러나 IPCC 가이드라인에서 다양한 연도의 자료를 활용하는 것을 합리적인 방법으로 제시하고 있으므로, 향후 제6차 국가산림자원조사 완료된 시점의 임목축적 자료를 활용한 재계산이 필요한 것으로 판단된다.

#### REFERENCES

- Chung SY, Yim JS, Kim SH, Jeong JH, Lee KH, Shin MY. 2009. Application of the overlap technique for the recalculation of forest growing stocks of the past in Korea. pp 65. Proceedings of International Symposium on National Forest Inventory - Forest Resources Monitoring & Climate change. Sep. 8-9, 2009, Yangyang, Korea.
- Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea (GIR). 2016. Measurement, reporting, and verification in Korea. Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea. Seoul, Korea (in Korean).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2000. Good practice and uncertainty management in national greenhouse gas inventories. - Chapter 7. Methodological Choice and Recalculation-. IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. IPCC/IGES, Hayama, Japan.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. IPCC/IGES, Hayama, Japan.
- Kim, KN, Lee SJ, Kim R, Son Y. 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 Forest Research Institute (KFRI). 2011. The 5th National forest inventory report. Korea Forest Research Institute (KFRI), Seoul, Korea (in Korean).
- Korea Forest Research Institute (KFRI). 2015. The changes of national forest inventory systems (1971~2010). Korea Forest Research Institute, Seoul, Korea (In Korean).
- Korea Forest Service (KFS). 1985. Forest yield table and site index table. Korea Forest Service, Daejeon (in Korean).
- Korea Forest Service (KFS) and Korea Forest Research Institute (KFRI). 2012. Forest yield table of forest growing stock and biomass. Korea Forest Service, Daejeon (in Korean).
- Korea Forest Service (KFS). 1982~2010. Statistical yearbook of forestry. Korea Forest Service, Daejeon, Korea (in Korean).
- Ministry of the Environment, Japan. 2011. National greenhouse gas inventory report of Japan. Ministry of the Environment, Tokyo, p 590.
- Statistics Finland, 2015. Greenhouse gas emissions in Finland 1990~2013. Statistics Finland, Helsinki, p 520.
- United Nations Framework Convention of Climate Change (UNFCCC). 2010. [http://unfccc.int/meetings/copenhagen\\_dec\\_2009/session/6262/php/view/decisions.php](http://unfccc.int/meetings/copenhagen_dec_2009/session/6262/php/view/decisions.php)
- United Nations Framework Convention of Climate Change (UNFCCC). 2011. [http://unfccc.int/meetings/cancun\\_nov\\_2010/session/6254/php/view/decisions.php](http://unfccc.int/meetings/cancun_nov_2010/session/6254/php/view/decisions.php)

Yim JS, Jung IB, Kim JC, Kim SH, Shin MY. 2011. Estimation of forest growing stock by combining annual forest inventory data. *J Korean For Soc* 101(2):213-219 (in Korean with English abstract).

Yim JS, Jung IB, Kim CC, Kim SH, Shin MY. 2012. A com-

parison of recalculation techniques for estimating previous forest growing stock at a provincial level. *Proceedings of International Symposium on New Era of Forest Management for Ecosystem*. Sep. 8-9, 2009, Seoul, Korea.