

연구논문

개발사업 환경영향평가지 식생의 탄소저장 및 흡수량 산정법에 대한 비교

황상일* · 박선환**

한국환경정책·평가연구원*, (주)수성엔지니어링**

(2011년 5월 17일 접수, 2011년 8월 11일 승인)

A Comparative Study on Estimation Methodologies of Carbon Sequestration Amount by Vegetation for Environmental Impact Assessment on Development Projects

Sang IL Hwang* · Sun Hwan Park**

Korea Environment Institute*, Soosung Engineering Co., Ltd**

(Manuscript received 17 May 2011; accepted 11 August 2011)

Abstract

In this study, we deduced the best estimation methodology for amount of carbon sequestration by vegetation, through the case study using the data obtainable from the environmental assessment procedure. Our results showed that the estimation methodology using the national vegetation map was the best for the strategic environmental assessment, whileas those using the vegetation growth equation were applicable for environmental impact assessment procedure. Furthermore, we found that the amount of carbon sequestration by farmland and/or grassland, not by vegetation, was not negligible. Therefore, we concluded that the area of farmland and/or grassland need to be taken into account during the landuse planning.

Keywords : Vegetation, Carbon Sequestration, Estimation Methodology, Landuse Planning

1. 서론

2011년 「온실가스 환경평가 가이드라인」이 개정됨으로써 사업자는 평가서 작성시 에너지사용 등에 의한 온실가스 배출뿐만 아니라 식생 등에 의한 온

실가스 흡수와 저장도 함께 고려하여 평가를 실시하고 이를 최소화할 수 있는 방안을 적극적으로 강구하여야 한다(환경부, 2011).

황상일·박선환(2010, 2011)은 기존의 산림 및 녹지에 의한 탄소 저장량과 흡수량 산정방법을 비교

하여 이관규(2003)가 제안한 방법이 수목의 성장이 항상 일정하다고 가정하고 있어 실제 수목의 연령에 따른 성장률을 감안하지 못하는 단점이 있으나, 환경영향평가 동·식물상 분야 식생 조사시 표본구 조사를 통해 수목의 흉고직경, 수고 등을 파악할 수 있고 수종을 단순화한 회귀식이므로 적용이 간편하다고 제안하고 태양광발전소 건설사업, 보금자리주택 건설사업, 주택재개발사업 등에 대한 온실가스 환경영향평가를 시행하여 토지이용계획 수립시 원형보전지를 확대하거나 수목이식을 통해 훼손되는 수목을 보전하는 등의 대안 검토가 필요하다고 주장하였다.

그러나 이관규(2003) 식은 식생에 대한 표본조사가 이루어지는 단위 개발사업의 사전환경성검토와 환경영향평가에서 유용하게 사용할 수 있지만 규모가 큰 광역 행정계획에서는 흉고직경과 근원직경 등에 대해 세부적으로 조사가 이루어지지 않기 때문에 적용이 힘들고, 탄소 저장 및 흡수량 산정식이 교목과 관목에 대한 회귀식으로 이루어져 있기 때문에 초지 및 농경지에서의 탄소흡수량 산정이 어려운 단점이 있다. 또한 현재까지 산림 및 녹지에 의한 탄소 저장과 흡수량을 산정하는 방법에 대해 많은 연구가 이루어져 있으나 환경성평가(사전환경성검토 및 환경영향평가) 단계에서 어느 방법을 적용하는 것이 적합한지에 대한 연구가 이루어지지 않아 평가자가 임의로 산정방법을 적용할 경우 평가 결과의 객관화가 이루어지지 않고 평가 초기에 투입되는 시간과 비용의 낭비가 초래될 가능성이 있다.

이에 본 연구에서는 식생에 의한 탄소저장량 및 흡수량 산정방법중 환경성평가(사전환경성검토 및 환경영향평가) 단계에서 입수할 수 있는 현존식생

도와 녹지자연도등급, 임상도, 표본지역 수목의 흉고직경, 수고 등의 자료를 활용할 수 있는 방법을 선정한 후, 임야로 대부분 이루어진 태양광 발전소와 농경지로 대부분 이루어진 보금자리주택 및 택지개발사업에 적용하여 환경성평가에서 합리적으로 적용할 수 있는 방법을 제시하였다.

II. 탄소저장 및 흡수량 산정 방법

탄소저장량이란 수목이 성장하면서 여러 해에 걸쳐 축적된 양을 의미하는 것으로써 수목의 바이오매스에 따른 탄소저장량을 의미하며 현재 또는 예측시점까지 수목 자체가 보유하고 있는 탄소량이라고 볼 수 있고, 탄소흡수량이란 수목이 한 해 동안 성장하면서 흡수한 연간 탄소량으로 정의할 수 있다. 본 연구에서 비교한 탄소저장 및 탄소흡수량 산정방법을 살펴보면 다음과 같다.

1. 탄소저장량 산정

황상일·박선환(2011)에서 제안한 식생에 의한 탄소저장량 산정방법은 크게 두 가지로 구별할 수 있다. 첫 번째 방법은 산림청 FGIS 산림공간정보서비스(<http://fgis.forest.go.kr>)에서 제공하고 있는 국가산림지도(임상도)와 표 1의 영급별 CO₂저장계수(권영한 등, 2008)를 활용하는 것이다.

두 번째 방법은 수목의 바이오매스량을 산정한 후 이를 활용하여 탄소저장량을 추정하는 방법인데, 수목의 바이오매스량을 산정하는 방식에 따라 ① 임업통계자료에서 제공되는 임목축적(줄기제적)을 기초자료로 하여 탄소저장량을 산정하는 방법(국

표 1. 식생유형별 영급별 CO₂ 저장계수

(단위: t/ha)

| 식생유형 | 영급 | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | V |
| 침엽수림 | 119.2 | 156.2 | 189.1 | 225.6 | 263.1 |
| 혼효림 | 77.1 | 138.0 | 214.8 | 268.2 | 336.7 |
| 활엽수림 | 73.1 | 149.1 | 254.4 | 327.6 | 406.5 |

자료: 권영한, 김지영, 이민주(2008), 환경성을 고려한 태양광, 풍력발전소 입지선정 가이드라인, 한국환경정책·평가연구원 환경부(2010), 기후변화 대응형 저탄소 토지이용계획 수립을 위한 온실가스 환경영향평가제도 활용방안 연구 중간보고서

표 2. 수목에 의한 탄소저장량 산정식

| 항 목 | 항목별 산정식 ¹ |
|-----------------------------------|---|
| 식생의 CO ₂ 저장량(A) (kg/주) | $A = \text{교목활엽수개체수} \times \text{AT1} + \text{교목침엽수개체수} \times \text{AT2} + \text{관목활엽수개체수} \times \text{AS1} + \text{관목침엽수개체수} \times \text{AS2}$ 여기서, $\text{AT1(교목활엽수 저장량)} : Y = 0.2572 \text{ DBH}_{\text{aver.}}^{2.4595}$ $\text{AT2(교목침엽수 저장량)} : Y = 0.3510 \text{ DBH}_{\text{aver.}}^{2.1436}$ $\text{AS1(관목활엽수 저장량)} : Y = 0.1800 \text{ DAG}_{\text{aver.}}^{1.9494}$ $\text{AS2(관목침엽수 저장량)} : Y = 0.1608 \text{ DAG}_{\text{aver.}}^{2.1892}$ |

주) 1. DBH_{aver.} : 평균흉고직경(5-40cm); DAG_{aver.} : 지상부 15cm의 평균근원직경(1-4cm)
 자료 : 이관규(2003), 아파트단지의 녹지 지속가능성 지표개발, 서울대학교 대학원 공학박사 학위논문

립산림과학원, 2008; 한국환경공단, 2010), ② 일본의 훼손수목에 의한 배출량 산정식 활용방법(고베시, 2003), ③ 우리나라 환경영향평가 작성시 훼손수목에 의한 임목폐기물 배출량 산정식 활용방법(조경설계요람, 1998), ④ 상대성장식을 활용하는 방법(박은진, 2009) ⑤ 흉고직경이나 근원직경 관련 회귀식을 활용하여 탄소저장량을 산정하는 방법(이관규, 2003) 등으로 구분할 수 있다. 이 중 임목축적량을 이용하는 방법은 임업통계연보에서 지방자치단체별로 발표되고 있어 환경성평가와 같은 국지적인 개발사업에 적용하기가 곤란하며, 일본 고베시(2003)의 훼손수목에 의한 배출량 산정식은 적용수종이 우리나라와 달라 검토 대상에서 제외하였다.

우리나라 환경영향평가서 작성시 훼손 수목에 의한 임목폐기물 배출량 산정식은 수목의 바이오매스량을 산정하는 방법과 동일한 것으로써, 산정방법은 지상부(줄기+가지+잎) 발생량의 경우 「조경설계요람, 1998, 조경출판사」에 제시된 식(1)을 적용하고 있으며, 예측된 지상부 중량을 토대로 「산림생태학, 이경준 외 3명, 향문사」에 제시된 각 수종의 분배비를 적용(분배비율이 제시되지 않은 수종은 평균치 적용)하여 뿌리부분을 포함한 총 임목폐기물 발생량을 산정하고 있다. 이때 바이오매스에 대한 탄소전환계수는 0.5를 적용한다.

$$W(\text{kg}) = K \times 3.14 \times (B/2)^2 \times H \times UW2 \times (1 + P) \quad (1)$$

여기서,

W : 지상부의 중량(kg)

K : 수간 형상계수(0.5)

B : 수목의 흉고직경(DBH, m)

H : 수목의 높이(m)

UW2 : 수목별 단위체적당 중량(kg/m³)

P : 지엽의 다과에 의한 보합율(0.3)

박은진(2009)은 대표수종별 흉고직경(DBH)를 측정 한 후 식 (2)의 상대성장식을 활용하여 대표수종별 평균 바이오매스량을 산정하고 식 (3)을 이용하여 대상 녹지의 수목 탄소저장량을 산정하는 방법론을 개발하였다.

$$W_i = a(\text{DBH}_i)^b \quad (2)$$

여기서,

W_i : 대표수종 i 수목의 평균 바이오매스(kg/본)

a : 상대성장식의 적용계수(활엽수: 0.1403, 침엽수: 0.1915)

b : 상대성장식의 적용계수(활엽수: 2.4595, 침엽수: 2.1436)

DBH: 대표수종 i 수목의 평균 흉고직경(cm)

$$Y = CF \times \sum(X_i \times W_i) \quad (3)$$

여기서,

Y : 대상녹지의 수목 탄소저장량(kg C/본)

CF: 바이오매스에 대한 탄소 전환계수(0.5)

X_i : 대표수종 i 수목의 개체수

이관규(2003)는 수종을 교목활엽수, 교목침엽수, 관목침엽수, 관목활엽수로 수종을 단순화시킨 후 교목의 경우 흉고직경(DBH)을, 관목의 경우 근원직경(DAG)을 근거로 표 2의 성장회귀식을 활용하는 방법을 제안하였다.

2. 탄소흡수량 산정

식생에 의한 탄소흡수량 산정방법은 임상도를 이

표 3. 식생유형별 영급별 CO₂ 흡수계수

(단위 : t/ha · 년)

| 식생유형 | 영급 | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V |
| 침엽수림 | 19.9 | 21.4 | 23.3 | 25.7 | 26.3 |
| 혼효림 | 18.4 | 21.0 | 26.1 | 27.4 | 31.2 |
| 활엽수림 | 18.1 | 21.1 | 27.5 | 28.8 | 26.1 |

자료: 권영한, 김지영, 이민주(2008), 환경성을 고려한 태양광, 풍력발전소 입지선정 가이드라인, 한국환경정책·평가연구원
환경부(2010), 기후변화 대응형 저탄소 토지이용계획 수립을 위한 온실가스 환경영향평가제도 활용방안 연구 중간보고서

표 4. 녹지자연도 등급별 순생산량 산정기준

| | 녹지자연도등급 | 순생산량(ton/km ² · yr) |
|----|---------|--------------------------------|
| 1 | 시가지 조성지 | 230 |
| 2 | 경작지 | 920 |
| 3 | 과수원 | 940 |
| 4 | 2차초원(A) | 890 |
| 5 | 2차초원(B) | 730 |
| 6 | 조림지 | 1,200 |
| 7 | 2차림(A) | 570 |
| 8 | 2차림(B) | 540 |
| 9 | 자연림 | 840 |
| 10 | 고산자연초원 | 1,800 |

자료: National census of vegetation office of environment, japan, 1976, pp.7~36

용하는 방법, 현존식생도를 이용하는 방법, 표본구 조사에 의한 방법 등 세 가지로 나눌 수 있다(황상일·박선환, 2011). 첫 번째 방법은 임상도와 표 3의 영급별 CO₂ 흡수계수(한국환경정책·평가연구원, 2008)를 활용하는 방법이다.

현존식생도를 이용하는 두 번째 방법은 식생유형별 분포면적과 순생산량 산정계수를 이용하여 대상 지역의 순생산량을 계산한 후 松尾芳雄 등(1990)이 제안한 식 (4)를 이용하여 CO₂ 흡수량을 산정하는

표 5. 식생유형별 순생산량 및 총생산량 산정기준

| 식생구분 | 순생산량 (Pn (ton/ha · yr)) | 총생산량 (Pg(ton/ha · yr)) |
|---------|-------------------------|------------------------|
| 상록활엽수림 | 18 | 51 |
| 낙엽활엽수림 | 12 | 22 |
| 상록침엽수림 | 18 | 51 |
| 낙엽침엽수림 | 10 | 18 |
| 초지*1 | 12 | 22 |
| 농경지*2 | 10 | 18 |
| 기타 녹지*3 | 6 | 13 |

주) 1. 죽림, 목초지 등은 초원에 포함,
2. 과수원, 묘포, 뽕밭 등은 농경지에 포함,
3. 녹지가 많은 주택지, 공원 등을 포함.

자료: 독립행정법인 환경재생보전기구(2005), 대기정화식수매뉴얼

방법이다. 식(4)의 순생산량(Pn)을 산정하는 방법은 녹지자연도 등급별 순생산량 산정기준(표 4)을 이용하는 것과 식생유형별 순생산량 산정기준(표 5)을 이용하는 것 등 두 가지 방법으로 대별할 수 있다.

$$U_{CO_2} = 1.63 \times Pn \times S \quad (4)$$

여기서, U_{CO₂}: 연간 CO₂ 흡수량 (t/yr)

Pn: 순생산량 (t/ha · yr)

S: 분포면적 (ha)

세 번째로 표본구 조사에 의한 방법은 조사대상

표 6. 수목에 의한 이산화탄소 흡수량 산정식

| 항목 | 항목별 산정식 ¹ |
|-------------------------------------|---|
| 식생의 CO ₂ 흡수량(A) (kg/주/년) | A = 교목활엽수 × BT1 + 교목침엽수 × BT2 + 관목활엽수 × BS1 + 관목침엽수 × BS2 여기서, BT1(교목활엽수 CO ₂ 흡수량): $Y = -4.2136 + 1.9006DBH_{aver.} - 0.0068DBH_{aver.}^2$ BT2(교목침엽수 CO ₂ 흡수량): $Y = -2.7714 + 0.9714DBH_{aver.} - 0.0225DBH_{aver.}^2$ BS1(관목활엽수 CO ₂ 흡수량): $Y = 0.0333DAG_{aver.}^{1.5823}$ BS2(관목침엽수 CO ₂ 흡수량): $Y = 0.0568DAG_{aver.}^{1.3350}$ |

주) 1. DBH_{aver.}: 평균흉고직경(5-40cm); DAG_{aver.}: 지상부 15cm의 평균근원직경(1-4cm)

자료: 이관규(2003), 아파트단지의 녹지 지속가능성 지표개발, 서울대학교 대학원 공학박사 학위논문

표 7. 연구 대상사업 현황

| 사업명 | 영월 태양광 발전소 건설사업 | 서울강남보금자리주택 건설사업 | 화성봉담2지구 택지개발사업 |
|---------|---------------------------------------|---|---|
| 위치 | 강원도 영월군 남면 연당리 일원 | 서울시 강남구 세곡동 일원 | 경기도 화성시 봉담읍 상리 일원 |
| 면적 | 974,232m ² | 940,361m ² | 1,436,165m ² |
| 토지이용 현황 | 농경지 : 0.3% 임야 : 99.7% 기타 : 0.0% | 농경지 : 55.1% 임야 : 21.9% 기타 : 23.0% | 농경지 : 52.6% 임야 : 21.0% 기타 : 26.4% |
| 규모 | 50MW | 6,966세대 | 9,850세대 |

지역의 표본구 조사를 통해 수목의 흉고직경, 근원 직경, 수목수 등을 조사한 후, 이 결과를 사업지역 전체에 적용하여 대상지역의 흉고직경별, 근원직경 별 수목량 등을 파악한 후 수종별 CO₂ 흡수량 산정 회귀식 등에 적용하는 방법이다. 이러한 방법에는 이관규(2003)가 제안한 연간 CO₂ 흡수량 회귀식을 이용하는 방법(표 6)과 박은진(2009)이 제안한 바와 같이 매년 같은 비율로 수목이 성장한다고 가정하고 바이오매스 증가율을 산정한 후 CO₂ 흡수량을 산정하는 방법이 있다.

III. 사례지역 현황

1. 연구 대상사업 현황

탄소 저장량과 흡수량 산정방법별 비교 대상지역은 임야로 대부분 이루어진 영월 태양광발전소 건설사업과 농경지와 임야로 대부분 이루어진 서울강남 보금자리주택 건설사업 및 화성 봉담2지구 택지 개발사업을 선정하였다(표 7).

2. 식생현황

1) 영월 태양광발전소

환경영향평가서 작성시 조사된 자료를 바탕으로 연구대상지역의 식생을 현존식생도, 녹지자연도, 일본 식생유형도로 분류하고, 산림청 FGIS에서 제공하고 있는 임상도를 표현하면 그림 1과 같다.

영월 태양광발전소 예정지의 경우 교목침엽수인 소나무가 282,387m²로 가장 많고 기타 일본잎갈나

표 8. 태양광발전소 예정지의 수목량 현황

| 구분 | 흉고직경(cm) | 수목량(주) |
|--------|-----------|--------|
| 소나무 | 5.7~19.5 | 41,088 |
| 일본잎갈나무 | 7.4~12.5 | 14,883 |
| 가죽나무 | 18.0 | 426 |
| 갈참나무 | 16.5~17.8 | 1,383 |
| 개암나무 | 3.0 | 853 |
| 굴참나무 | 4.3~18.9 | 11,683 |
| 까치박달 | 6.0 | 539 |
| 떡갈나무 | 3.5~13.7 | 10,225 |
| 물푸레나무 | 3.3~19.0 | 11,458 |
| 붉나무 | 3.8 | 853 |
| 뽕나무 | 5.0 | 140 |
| 생강나무 | 2.8 | 853 |
| 신갈나무 | 4.5~14.0 | 2,778 |
| 줄참나무 | 15.0~19.0 | 956 |
| 합계 | - | 98,118 |

무-떡갈나무군락, 굴참나무-갈참나무군락, 굴참나무군락 등 비교적 식생이 우수한 지역으로 이루어져 있으며, 이를 녹지자연도 등급으로 분류하면 녹지자연도 7등급(이차림A)이 429,652m²(44.1%), 4등급(이차초원A) 342,945m²(35.2%), 6등급(조림지)이 150,000m²(15.4%), 2등급(경작지)이 51,635m²(5.3%)로 구성되어 있다. 임상도의 영급분류를 보면 2영급, 1영급이 각각 363,989m², 341,937m²로 가장 많고 기타 3영급, 4영급 순으로 조사되었다. 또한 대상지역의 현재 수목량은 현존식생도와 표본 조사 결과를 이용하여 산출한 결과 총 98,118주로 조사되었다(표 8).

2) 서울 강남 보금자리주택

서울 강남 보금자리 주택 건설사업 예정지의 현

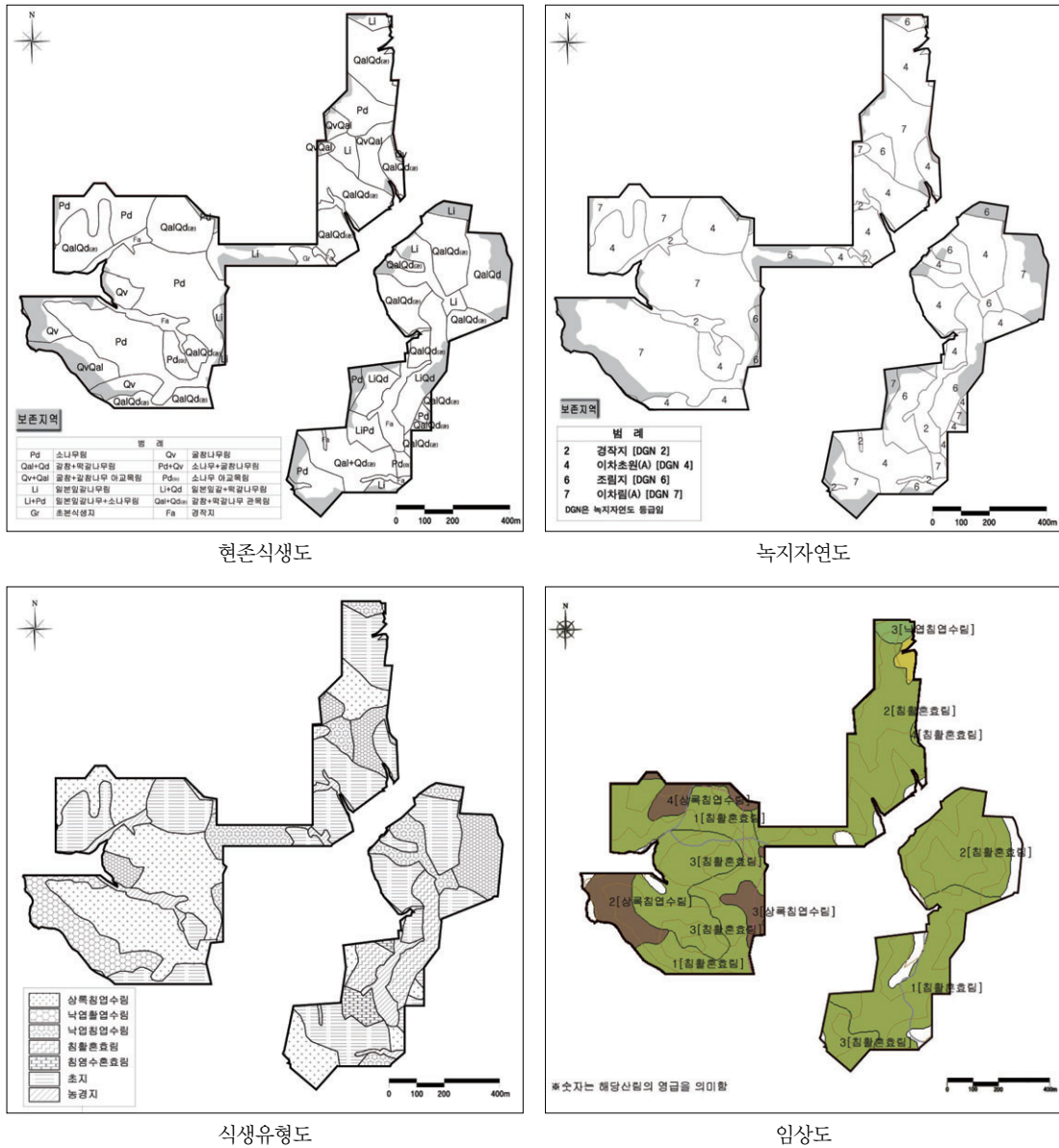


그림 1. 영월 태양광발전소 예정지의 식생분류도

존식생도, 녹지자연도, 일본 식생유형도 및 임상도는 그림 2와 같다. 본 대상지역은 교목침엽수인 리기다소나무가 31,477m²로 가장 많고, 교목 활엽수인 상수리나무-아카시아나무군락이 27,288m², 교목활엽수인 아카시아나무-상수리나무-밤나무군락이 21,725m², 그 외 상수리나무군락과 아카시아나무 군락이 분포하고 있으며, 이를 녹지자연도로 분류하면, 녹지자연도 2등급(경작지)가 811,511m²

(86.3%)으로 가장 많고 6등급(조림지) 6.1%, 7등급(이차림A) 3.5%, 기타 4등급(이차초원) 2.4%, 수역 1.7% 순으로 구성되어 있다. 임상도의 영급분류를 보면 4영급, 3영급이 각각 118,519m², 60,172m²으로 구성되어 있는 것으로 조사되었다(그림 2). 또한 대상지역의 현재 수목량은 총 28,240주로 조사되었다(표 9).

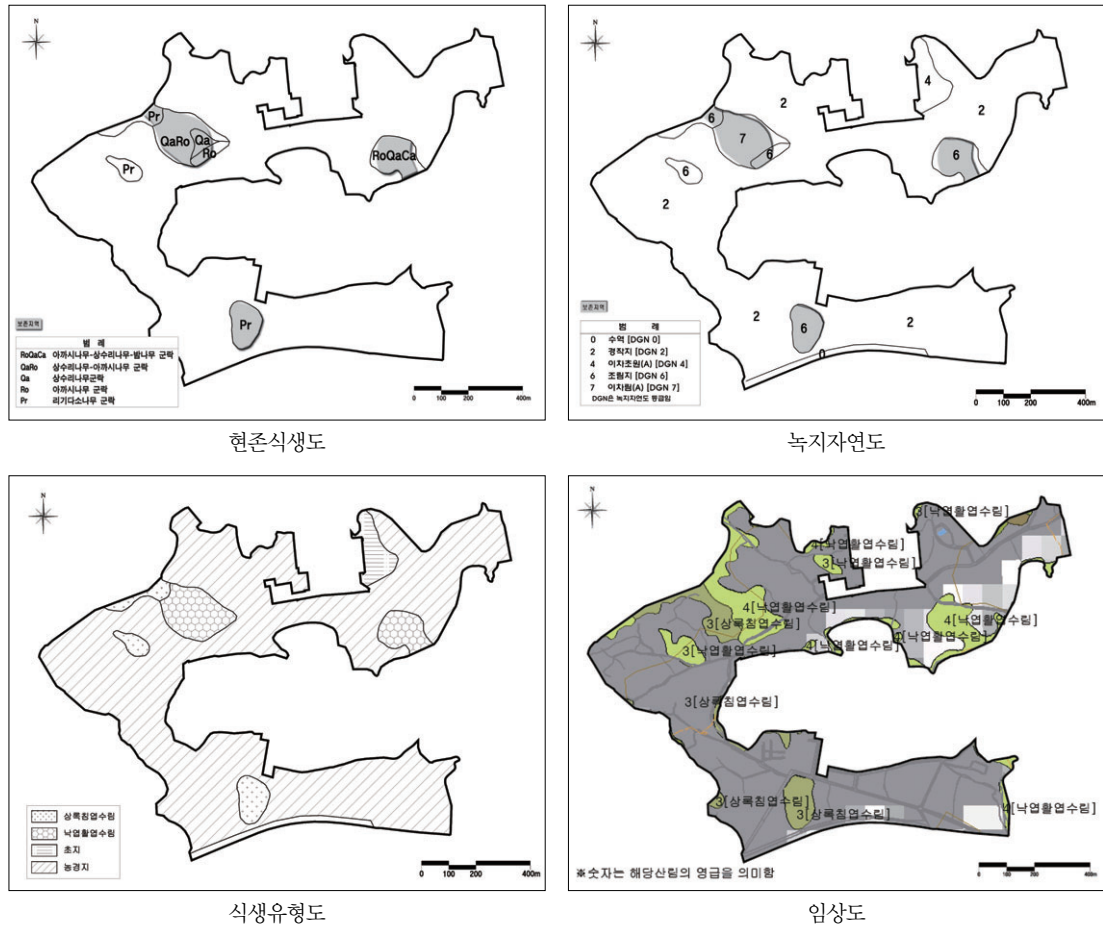


그림 2. 서울 강남 보금자리주택 예정지의 식생분류도

표 9. 강남 보금자리주택 예정지의 수목량 현황

| 구분 | 흉고직경(cm) | 수목량(주) |
|--------|-----------|--------|
| 리기다소나무 | 13.0~18.0 | 9,464 |
| 갈참나무 | 12.0 | 260 |
| 때죽나무 | 5.0~6.5 | 2,066 |
| 밤나무 | 15.0 | 435 |
| 상수리나무 | 13.0~18.0 | 3,292 |
| 신갈나무 | 6.5 | 630 |
| 아까시나무 | 6.5~18.0 | 12,093 |
| 합계 | - | 28,240 |

3) 화성 봉담2지구 택지개발사업

화성 봉담2지구 택지개발사업 예정지의 현존식생도, 녹지자연도, 일본 식생유형도 및 임상도는 그림 3과 같다. 본 대상지역은 교목 낙엽활엽수와 교목 상록침엽수인 상수리나무-리기다소나무 군락이

표 10. 화성봉담2지구 택지개발 예정지의 수목량 현황

| 구분 | 흉고직경(cm) | 수목량(주) |
|--------|----------|--------|
| 리기다소나무 | 5.5~11.5 | 9,388 |
| 개웃나무 | 4.2 | 531 |
| 굴참나무 | 4.0 | 531 |
| 때죽나무 | 4.0 | 644 |
| 밤나무 | 5.0~15.5 | 2,426 |
| 산벚나무 | 5.0 | 137 |
| 상수리나무 | 5.0~15.5 | 11,141 |
| 신갈나무 | 4.0~6.1 | 2,630 |
| 아까시나무 | 5.5~8.5 | 463 |
| 줄참나무 | 6.3 | 531 |
| 팔메나무 | 3.0 | 531 |
| 합계 | - | 28,953 |

53,073m²로 가장 많고 교목 낙엽활엽수인 상수리나무-밤나무 군락이 25,357m², 교목 상록침엽수인



그림 3. 화성 봉담2지구 택지개발 예정지의 식생분류도

리기다소나무 군락 등이 분포하고 있으며, 이를 녹지자연도 등급으로 분류하면 녹지자연도 2등급(경작지)이 사업예정 면적의 65.4%로 가장 많고 1등급(주거지 및 나지) 20.7%, 3등급(과수원) 6.3%, 7등급(이차림A) 5.5%, 6등급(조림지) 1.2%, 4등급(이차초원) 0.9%의 구성을 보이고 있다. 대상지역의 현재 수목량은 총 28,240주로 조사되었다(표 10).

IV. 연구결과 및 고찰

1. 탄소저장량 산정결과

각 방법별 탄소저장량 산정결과, 현재 환경영향평가의 임목폐기물 배출량 산정시 사용하고 있는 조경설계요람(1998)의 제시식이 다른 방법보다 2~3배 과다하게 나타났다(표 11). 이는 임목폐기물 배출량 산정식의 대상수종에 대한 세부정보가 적어 유사 수종을 대입함으로써 상대적으로 과다하게 산정한 것으로 판단된다.

또한 임상도에 의한 탄소저장량 산정결과가 이관규의 성장회귀식이나 박은진의 상대성장식과 차이

를 보이는 것은 임상도가 광역적인 지역을 대상으로 하여 실제 식생과 차이를 보이는 것에 기인하는 것으로 판단된다. 그리고 박은진의 상대성장식과 이관규의 성장회귀식이 차이를 보이지 않는 것은 이관규의 성장회귀식 산정시 기존 연구된 수목의 성장률과 탄소저장량 산정식을 취합하여 만들었기 때문인 것으로 판단된다.

현지 조사가 어려운 광역대상의 행정계획의 사전환경성검토서 작성시 또는 개발사업 사전환경성검토서 작성시에는 수목에 의한 탄소저장량 산정은 임상도에 의한 탄소저장량 산정법을 활용하고, 규모가 작은 행정계획 또는 개발사업의 사전환경성검토와 환경영향평가는 박은진의 상대성장식이나 이관규의 성장회귀식을 활용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

2. 탄소흡수량 산정결과

각 방법별 탄소흡수량 산정결과, 임야가 대부분인 영월태양광 발전소 건설지역의 경우 임상도에 의한 영급별 탄소 흡수계수 적용 결과치가 이관규 성장회귀식의 2.2배, 박은진 상대성장식의 1.8배,

표 11. 방법별 탄소저장량 산정결과 (단위 : ton CO₂)

| 구분 | 영월 태양광 발전 | 서울 강남 보금자리 | 봉담2지구 택지개발 |
|---------------|-----------|------------|------------|
| 임상도의 영급기준 | 12,399 | 5,141 | 1,907 |
| 조경설계 요람(1998) | 26,473 | 13,556 | 5,141 |
| 박은진 상대성장식 | 10,413 | 4,419 | 1,965 |
| 이관규 성장회귀식 | 10,444 | 4,419 | 1,988 |

표 12. 방법별 탄소흡수량 산정결과 (단위 : ton CO₂/년)

| 구분 | 영월 태양광 발전 | 서울 강남 보금자리 | 봉담2지구 택지개발 |
|------------|-----------|------------|------------|
| 임상도의 영급기준 | 1,956 | 489 | 195 |
| 녹지자연도 이용방법 | 수목 | 693 | 145 |
| | 초지·농경지 | 575 | 1,249 |
| | 합계 | 1,268 | 1,394 |
| 일본식생 유형원단위 | 수목 | 1,430 | 209 |
| | 초지·농경지 | 755 | 1,366 |
| | 합계 | 2,185 | 1,575 |
| 박은진 상대성장식 | 1,106 | 456 | 292 |
| 이관규 성장회귀식 | 884 | 402 | 298 |

초지와 농경지를 제외한 녹지자연도와 일본 식생유형별 순생산량을 기준으로 한 탄소흡수량에 비해서 각각 2.8배, 1.4배 높게 예측되었다. 이는 태양광 발전소 건설예정지의 임상도상에는 임야로 전체면적이 구성되어 있는 것으로 되어 있으나 실제로는 전체면적의 40.5%가 초지 및 농경지로 구성되어 있는 차이에 의해 탄소흡수량이 과다하게 산출되었기 때문이다. 또한 녹지자연도 7, 8등급에 대한 순생산량 원단위가 타 등급에 비해 상대적으로 적은 것과 일본 식생 유형 분류시 실제 농경지와 초지면적을 감안하였기 때문으로 사료된다.

서울 보금자리주택사업의 경우 임상도에 의한 영급별 탄소 흡수계수 적용 결과치가 이관규의 성장회귀식에 1.2배, 박은진의 상대성장식의 1.1배로 유사한 반면 초지와 농경지를 제외한 녹지자연도와 일본 식생 유형별 순생산량을 기준으로 한 탄소흡수량에 비해서 각각 3.4배, 2.3배 높게 예측되었다. 이는 임상도가 실제 조사된 임야면적보다 1.3배 높게 되어있는 차이에 의해 발생되며, 녹지자연도와 일본 식생유형도의 수목에 의한 순생산량 원단위가 적은 것에 기인된 것이다.

화성 봉담2지구 택지개발지의 경우, 임상도에 의한 영급별 탄소 흡수계수 적용 결과치가 이관규의 성장회귀식에 65%, 박은진의 상대성장식의 67%, 초지와 농경지를 제외한 일본 식생 유형별 순생산량을 기준으로 한 탄소흡수량의 83%로 나타난 반면 녹지자연도별 순생산량을 기준으로 한 탄소흡수량에 비해서 각각 1.9배 높게 나타났다. 이는 임상도상의 임야면적이 실제 임야면적의 75% 정도로 적은 것에 기인되며, 녹지자연도 및 일본 식생유형도별 순생산량 원단위가 적은 것에 기인된 것으로 사료된다.

탄소저장량 산정의 경우와 마찬가지로, 탄소흡수량 산정은 광역대상 행정계획의 사전환경성검토서 작성시 또는 개발사업 사전환경성검토서 작성시 임상도를 활용하고, 규모가 작은 행정계획 또는 개발사업의 환경성평가는 박은진의 상대성장식이나 이관규의 성장회귀식을 활용하는 것이 바람직한 것으로

로 판단된다.

녹지자연도와 일본식생 유형별 순생산량 원단위를 적용하여 농경지에 대한 탄소흡수량이 전체 탄소흡수량에서 차지하는 비율이 영월태양광발전소의 경우 34.6~45.3%, 서울 강남보금자리주택은 86.7~89.6%, 봉담2지구 택지개발사업은 88.1~94.1%에 달하는 것으로 나타났다. 따라서 개발사업에서 수목뿐만 아니라 농경지와 초지에 의한 탄소흡수량을 함께 고려하여 토지이용계획 수립시 반영하여야 하며, 산정방법은 국내 초지 및 농경지에 대한 순생산량 원단위 연구가 진행될 때까지 현재 사용하고 있는 녹지자연도 내지 일본의 식생유형별 순생산량 원단위를 사용하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

V. 결론

탄소저장량 및 흡수량 산정방법중 환경성평가(사전환경성검토 및 환경영향평가) 단계에서 입수할 수 있는 현존식생도와 녹지자연도 등급, 임상도, 표본지역 수목의 흉고직경, 수고 등의 자료를 이용하여 임야로 대부분 이루어진 태양광 발전소와 농경지로 대부분 이루어진 보금자리주택 및 택지개발사업에 적용한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 탄소저장량 및 흡수량 산정의 경우 현지 조사가 어려운 광역대상의 행정계획 및 개발사업의 사전환경성검토서 작성시 임상도를 활용하고, 규모가 작은 행정계획 및 개발사업의 사전환경성검토와 환경영향평가는 박은진의 상대성장식과 이관규의 성장회귀식을 활용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

2. 탄소흡수량 산정의 경우 각 방법별 편차가 크게 발생되고 있으며 특히 녹지자연도와 일본의 식생유형별 순생산량 원단위를 적용하는 방법은 수목에 대한 순생산량 원단위가 상대적으로 적어 실제 수목에 의한 탄소흡수량을 감안하지 못하는 것으로 나타났다.

3. 임야지역 개발사업을 제외하고 탄소흡수량이

초지 및 농경지가 차지하고 있는 부분이 수목에 의한 탄소흡수량보다 크므로 사업계획 수립시 이를 감안하여야 하며, 이때 탄소흡수량 산정방법은 국내 연구가 진행될 때까지 기존의 녹지자연도 및 일본 식생유형별 순생산량 원단위를 적용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 한국환경정책·평가연구원 기본과제인 “식생과 토양의 역할을 고려한 저탄소 토지이용 계획 수립방안(Ⅱ)”의 일부로서, 지원해 주신 한국환경정책·평가연구원에 감사드립니다.

참고문헌

- 권영한, 김지영, 이민주, 환경성을 고려한 태양광, 풍력발전소 입지선정 가이드라인, 2008, 한국환경정책·평가연구원, 69.
- 대한주택공사, 2008, 화성봉담2지구 택지개발사업 환경영향평가서.
- 대한주택공사, 2009, 서울강남지구 보금자리주택 환경영향평가서.
- 박은진, 2009, 도시수목의 이산화탄소 흡수량 산정 및 흡수효과 증진방안, 경기개발연구원.
- 손영모, 이경학, 박영규, 권순덕, 2008, 산림부문 온실가스 흡수·배출계수 관리방안, 국립산림과학원.
- (주)영월솔라테크, 2008, 영월태양광발전소 건설사업 환경영향평가서.
- 이관규, 2003, 아파트단지의 녹지 지속가능성 지표 개발, 서울대학교 대학원 공학박사 학위논문.
- 환경부, 2010, 기후변화 대응형 저탄소 토지이용계획 수립을 위한 온실가스 환경영향평가제도 활용방안 연구.
- 환경부, 2011, 온실가스 항목 환경평가 가이드라인.
- 황상일, 박선환, 2010, 탄소흡수원을 고려한 개발사업 환경영향평가 방안(I) - 태양광발전소 건설사업 사례를 중심으로 -, 환경영향평가 19(6), 625-631.
- 황상일, 박선환, 2011, 탄소흡수원을 고려한 개발사업 환경영향평가 방안(III) -보금자리주택사업을 중심으로-, 환경영향평가, 20(2), 233-246.
- 神戸市 環境局, 2003, 環境影響評価マニュアル -地球温暖化編-.
- 独立行政法人 環境再生保全機構, 2005, 大気浄化植樹マニュアル.
- 松尾芳雄, 三宅博, 青木正敏, 1990, 大気浄化機能からみた農林業的土地利用の存在効果-東京都における大気汚染ガス吸収量の推定から-, 農業土木学会誌, 58(2), 131-137.
- National census of vegetation office of environment, japan, 1976, 7-36.