

광릉 산림생태계에서 순환되는 이산화탄소의 탄소 안정동위원소 조성을
이용한 생태계 생산량과 호흡량의 구분

이동호*, 홍진규, 김준

연세대학교 대기과학과/지구환경연구소

**Partitioning of GPP (Gross Primary Productivity) and ER (Ecosystem
Respiration) in Gwangneung forest by using carbon isotope composition of CO₂**

Dongho Lee, Jinkyu Hong, and Joon Kim

Department of Atmospheric Sciences / Global Environment Laboratory, Yonsei University

(Correspondence: dhlee@ieg.or.kr)

육상생태계에서의 총생산량(GPP)과 호흡량(ER)의 차이는 순생태계생산량 (NEP) 또는 순생태계교환량 (NEE)으로 표현되고 생태계가 이산화탄소의 흡원(sink) 또는 발원(source) 인가를 결정짓는 기준으로 이용된다. 에디공분산 방법은 대기와 육상생태계사이의 에너지와 물질교환 (즉, NEE)을 정량적으로 규명하는 최첨단의 방법이지만 NEE에 기여하는 각각의 생물리과정에 대한 직접적인 설명을 제공해주지 않는 점이 문제로 지적되어 왔다. 최근 육상 삼림생태계에서 순환되는 이산화탄소의 안정동위원소 조성을 이용한 연구가 광합성량이나 호흡량과 같은 NEE를 구성하는 중요요소에 대한 신뢰성있는 구분(partitioning) 방법으로 이용되고 있다. 한반도의 대표적인 복잡지형을 대상으로 물/탄소순환의 규명을 목표로 하는 KoFlux 연구에서는 미기상학적인 방법에 의해 측정되는 이산화탄소의 순생태교환량을 구성요소인 생태계 생산량과 호흡량으로 구분하기 위해 안정동위원소 연구를 수행하고 있다. 이와 같은 연구는 궁극적으로 삼림생태계에서 일어나는 생물리과정 및 이러한 과정과 환경요인의 상관관계에 대한 보다 깊이 있는 이해를 도출하는데 기여할 것이다.

광합성과 호흡은 생태계내에서 순환되는 이산화탄소 함량의 시공간적인 변화와 더불어 이산화탄소를 구성하는 성분원소의 안정동위원소 조성 변화(¹²C¹⁶O₂ (질량수 44)와 ¹³C¹⁶O₂ (질량수 45) 양의 상대적인 변화)를 야기한다. 따라서 NEE를 결정짓는 두 가지 중요한 생태학적 프로세스인 광합성과 호흡은 이산화탄소 함량의 시공간적 변화에 근거하여 만들어진 (1) 질량수지 관계 (Eq. 1) 그리고 안정동위원소 조성의 상응하는 변화에 근거한 (2) 동위원소 수지관계 (Eq. 2)를 이용함으로써 정량적으로 구분될 수 있다. Bowling et al. (2001)은 에디공분산 방법에 의해 측정되는 플럭스(flux)에 상응하는 개념으로 동위원소플럭스(isoflux)를 제안하고 이를 이용하여 생산량과 호흡량을 규명하는 정량적인 방법을 제시하였다.

$$NEE = F_R + F_A \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\text{Isoflux} = d^{13}C_r (F_R) + (d^{13}C_a - D)F_A \quad (\text{Eq. 2})$$

위식에서 F_A 는 총광합성량을 F_R 는 총호흡량을, $d^{13}C_r$ 과 $d^{13}C_a$ 는 각각 호흡에 의해

발생되는 이산화탄소와 대기중의 이산화탄소의 탄소동위원소 조성을 지시한다. 그리고 D는 광합성에 수반되는 탄소동위원소의 분별(discrimination)을 나타낸다.

이상의 안정동위원소 연구를 위해서는 신뢰성 있는 물질 그리고 이론적 토대의 구축이 필요하다. 이를 위해 현재 KoFlux에서 진행되고 있는 구체적인 연구내용은 다음과 같이 요약된다. 먼저 동위원소 분석을 위한 이산화탄소 샘플링 시스템의 구축을 들 수 있는데 광릉수퍼사이트에 운영중인 두개의 플럭스 타워에 설치된 프로파일시스템 (Multi-Level Profile System, Campbell Scientific Inc.)을 이용하여 기체의 샘플링이 실시되고 있다. 이산화탄소 농도의 수직적 변화는 샘플링의 공간적 위치를 결정하는 중요한 요인으로 현재 지속적인 관찰과 자료의 분석이 이루어지고 있다. 광합성에 의해 일어나는 이산화탄소의 탄소동위원소 분별현상 (D)의 규명은 연구결과의 신뢰도에 큰 영향을 미치는 중요한 변수이다. 이를 위해 광릉수퍼사이트내 대표적인 수종의 잎을 정기적으로 채취하여 탄소 동위원소 분석을 실시함으로써 신뢰성있는 자료를 구축하고 있다.

광릉수퍼사이트와 같은 복잡지형에서의 물/탄소 순환 연구는 많은 기술적, 이론적인 어려움에 직면하고 있다. 이를 극복하기 위해서는 에디공분산 방법에 의한 플럭스 측정뿐만 아니라 이를 보완할 수 있는 모형, 생태, 수문, 생지화학적 연구가 수반되어야 한다. 안정동위원소를 이용하여 얻어지는 생태계 생산량과 호흡량은 광릉삼림에서 측정되는 NEE를 보완하고 검증할 수 있는 중요한 기초자료를 제공하고 또한 생태계의 생물리과정에 대한 이해를 심화함으로써 기후변화에 따른 육상생태계의 변화와 역할을 정량적으로 예측하는데 이바지할 것이다. 이를 위해 현재 이용되고 있는 안정동위원소 연구방법의 지속적인 개선과 보다 신뢰성있는 새로운 방법론의 개발이 모색되어야 할 것이다.

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 1-8-2) 및 환경부 "차세대 핵심 환경기술 개발사업(Eco-Technopia 21 Project)"에 의하여 지원되었다.

참고문헌

Bowling, D. R., P. P. Tans, and R. K. Monson, 2001: Partitioning net ecosystem carbon exchange with isotopic fluxes of CO₂. *Global Change Biology* 7, 127-145.