

## 大気-森林間の酸素と二酸化炭素の交換比の観測に基づく森林の生態系呼吸量と光合成量の分離評価

### Separation of gross primary production and ecosystem respiration of a Japanese forest using atmospheric O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> ratio

石戸谷 重之<sup>1\*</sup>; 村山 昌平<sup>1</sup>; 近藤 裕昭<sup>1</sup>; 三枝 信子<sup>2</sup>; 岸本文紅<sup>3</sup>; 山本 晋<sup>1</sup>

ISHIDOYA, Shigeyuki<sup>1\*</sup>; MURAYAMA, Shohei<sup>1</sup>; KONDO, Hiroaki<sup>1</sup>; SAIGUSA, Nobuko<sup>2</sup>; KISHIMOTO, Ayaka<sup>3</sup>; YAMAMOTO, Susumu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所, <sup>2</sup> 国立環境研究所, <sup>3</sup> 農業環境技術研究所

<sup>1</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), <sup>2</sup>National Institute for Environmental Studies,

<sup>3</sup>National Institute for Agro-Environmental Sciences (NIAES)

大気中 O<sub>2</sub> 濃度 ( $\delta(O_2/N_2)$ ) の高精度観測は全球 CO<sub>2</sub> 収支推定の有力な手法であり、1990 年代初頭より全球的な観測が展開されている (e.g. Manning and Keeling, 2006)。 $\delta(O_2/N_2)$  を用いた全球 CO<sub>2</sub> 収支解析には大気-陸上生物圏間の平均 O<sub>2</sub> : CO<sub>2</sub> 交換比 (ER = -O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub> molar exchange ratio) が必要であり、初期の研究では Keeling (1988) により各種有機物の元素存在度分析結果に基づいて報告された 1.05 の値が、近年の研究では Severinghaus (1995) により改訂された 1.1 の値が広く用いられている。しかしながら、Seibt et al. (2004) および Ishidoya et al. (2013) が森林の呼吸および光合成の ER 観測値と森林内の O<sub>2</sub> および CO<sub>2</sub> の収支に基づいて推定した大気-森林間フラックスの ER (ER<sub>F</sub>) は、1.1 とは大きく異なる値であった。また森林が CO<sub>2</sub> を吸収する際の ER<sub>F</sub> として、Seibt et al. (2004) では 1.1 より大きい値が、Ishidoya et al. (2013) では 1.0 より小さい値がそれぞれ報告されており、両者で逆の傾向の結果が得られている。そのため、大気-陸上生物圏間平均 ER の検証のためには、各種森林における ER<sub>F</sub> 値の直接観測が強く望まれる。また ER<sub>F</sub> の直接観測が可能になれば、渦相関法により観測された大気?森林間 CO<sub>2</sub> フラックスを、光合成量 (GPP : Gross Primary Production) と生態系呼吸量 (RE : Ecosystem Respiration) とに分離して評価することも可能になる。そのため本研究では岐阜県高山市乗鞍岳中腹の冷温帯落葉広葉樹林内観測サイト (TKY サイト; 36° 09' N, 137° 25' E, 1420 m a.s.l.) において傾度法 (aerodynamic method) (Yamamoto et al., 1999) による解析を適用することで、ER<sub>F</sub> 値の初めての直接観測例として 2013 年夏期の平均 ER<sub>F</sub> 値を観測するとともに、得られた結果を GPP と RE の分離評価に応用したので報告する (Ishidoya et al., in preparation)。

傾度法の適用のためには森林樹冠上の複数高度での観測が必要であるため、本研究では TKY サイト樹冠上の高度 18 および 27 m の 2 高度において、燃料電池式分析計 (Goto et al., 2013) と非分散型赤外分析計とを用いて  $\delta(O_2/N_2)$  と CO<sub>2</sub> 濃度の連続観測を行なった。観測は 2013 年 5 月 24-8 月 28 日の期間に行なわれた。ER<sub>F</sub> は、森林内の鉛直拡散係数が O<sub>2</sub> と CO<sub>2</sub> とで等しいと仮定し、高度 18 と 27 m の  $\delta(O_2/N_2)$  差 ( $\Delta\delta(O_2/N_2)$ ) と同 CO<sub>2</sub> 濃度差 ( $\Delta CO_2$ ) の比を用いることで計算される。ただし、 $\delta(O_2/N_2)$  の測定精度は連続的な ER<sub>F</sub> の変化を導出するには不十分であるため、各日の  $\Delta\delta(O_2/N_2)$  ( $\Delta CO_2$ ) 値を全て同一日に重ね合わせることで得られた観測期間平均の気候値的な  $\Delta\delta(O_2/N_2)$  ( $\Delta CO_2$ ) 日変化に基づいて ER<sub>F</sub> を計算した。その結果、観測期間平均の日平均 ER<sub>F</sub> として  $0.79 \pm 0.07$  の値が得られた。この値は、森林が CO<sub>2</sub> を吸収する際に ER<sub>F</sub> が 1.0 より小さい値を示すことを予測した Ishidoya et al. (2013) と整合的である。得られた日平均 ER<sub>F</sub> と、光合成の ER として Calvin-Benson-Bassham サイクルから予測される 1.00、および生態系呼吸の ER として Ishidoya et al. (2013) により報告された TKY サイト土壌呼吸における  $1.11 \pm 0.01$  の値をそれぞれ与えることで、大気-森林間 CO<sub>2</sub> フラックス観測値 (Saigusa et al., 2005) に基づく生態系純一次生産 (NEP : Net Ecosystem Production, NEP = GPP-RE) を GPP と RE とに分離して評価した。得られた RE および GPP は、Saigusa et al. (2005) による呼吸温度関数から推定された RE とそれに基づく GPP よりそれぞれ 1.6 および 1.3 倍大きく、チャンバーによる土壌呼吸観測値 (Mo et al., 2005) から推定した RE とそれに基づく GPP と整合的な値であった。今後、 $\delta(O_2/N_2)$  による全球 CO<sub>2</sub> 収支解析の検証と、GPP および RE 分離推定の高精度化のため、各種森林における ER<sub>F</sub> 観測の展開とそのさらなる精密観測法の開発が重要な課題となる。

キーワード: 大気中 O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 比, 大気-森林間 O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub> 交換比, 光合成, 生態系呼吸, 森林炭素収支

Keywords: atmospheric O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> ratio, O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub> exchange ratio between a forest and the atmosphere, gross primary production, ecosystem respiration, forest carbon cycle