

## 測定時間帯による地温—土壌呼吸関係の変化

橋本 徹 (森林総研)・阪田匡司 (森林総研北海道)・三浦 寛・金子信司 (森林総研)

要旨：森林炭素循環で重要な一要素である土壌呼吸を地温から推定するには、地温—土壌呼吸の関係を正確にモデル化する必要がある。従来のモデルでは日中だけの観測から得られたデータを用いて作られることが多いが、日中のみのデータで作ったモデルと24時間連続測定データのデータから作ったモデルでは地温—土壌呼吸の関係が異なる可能性がある。そこで、24時間連続測定データのデータを時間帯毎に分けて、地温—土壌呼吸の関係を指数式で近似したところ、時間帯によってそれらの係数は変化した。また、日中のみのデータで作ったモデルで推定した年間炭素放出量は、24時間連続データのモデルの場合よりも過大に推定する傾向が見られた。

キーワード：土壌CO<sub>2</sub>フラックス、時間変動、ブナ二次林、地温

## I はじめに

近年、炭素循環における森林の機能解明が益々重要となっている。森林生態系における炭素の多くは土壌中に存在するので、森林の炭素循環を解明するためには、森林土壌から大気への放出過程である土壌呼吸の実態を明らかにすることが必須である。土壌呼吸の時間変動は地温と密接な関係があるため(3)、地温—土壌呼吸の関係を指数関数などのモデルに当てはめ、土壌呼吸の動態を推定したり、温度依存性について考察したりすることが多い。通常、土壌呼吸の測定は日中に行われることが多いので、地温—土壌呼吸のモデルも日中測定のみデータで作られるが、地温—土壌呼吸の関係は時間帯によって異なる可能性が考えられ、日中データだけで作ったモデルによる土壌呼吸推定では誤差が生じるかもしれない。そこで、本研究では土壌呼吸の24時間連続観測データを用いて、時間帯による地温—土壌呼吸の関係について解析した。また、日中データのみを用いて作成した地温—土壌呼吸のモデルと24時間のデータを用いたモデルの両方で年間炭素放出量を推定し、どれだけの差が生じるかを比較した。

## II 調査方法

岩手県八幡平市安比岳国有林(岩手北部森林管理署474林班)にある森林総合研究所の安比二酸化炭素動態観測共同試験地(北緯40度0分4秒、東経140度56分12秒、標高825m)で調査した。岩手県アメダス観測所(北緯39度57分1秒、東経141度3分9秒、標高275m)における2004—2005年の日平均気温は9.5℃、年平均降水量は1273mmである。調査地はほぼ平坦な緩斜面地形であり、地質は輝石かんらん石安山岩(1)、土壌は適潤性暗色系褐色森林土(2)で、火山灰の薄層(十和田aテフラ)が見られ

る。森林は70~80年前に一斉更新したと考えられているブナ二次林で、林冠高は約20mである。林床植物は散在する程度で非常に少ない。

土壌呼吸の測定には、溝口ら(4)が開発した土壌呼吸自動連続測定システムを用いた。このシステムは、4基の自動開閉チャンバー(0.4m(L)×0.3m(W)×0.15m(H))、ガス分析計(Li-820, LI-COR)、データロガー(C-CR10X, Campbell Scientific)からなる。4基のチャンバーはそれぞれ7m以上離して約5cm埋設した。それぞれのチャンバー近傍に、温度計(C-Pt, Climatec)を深さ5cmのところに埋設した。土壌呼吸は1時間おきに測定した。地温は5分間隔で測定したものを1時間平均値にした。測定は、2004年5月12日から2005年11月17日まで行った。チャンバーは積雪期に回収したが、地温の測定は継続した。

解析では、24時間データをそれぞれの時間帯に分け、各時間帯で得られた地温と土壌呼吸のデータに指数関数式

$$Y = a \times \exp(b \times X)$$

を当てはめた。ここで、Xは地温(℃)、Yは土壌呼吸(mg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/s)、aとbは係数を表す。

## III 結果と考察

地温—土壌呼吸の関係を示す指数関数式の係数は時間帯によって異なった(図-1)。係数aでは朝7時くらいから高くなり、正午前後にピークとなり、夕方6時頃まで小さくなった。逆に係数bは日中の時間帯に小さくなる傾向が見られた。どちらの係数も夜の時間帯はほとんど変化していない。このような時間帯による係数の違いの原因として、土壌呼吸や地温の日内変化が考えられるが、地温も土

壤呼吸も日内変化のピークは昼過ぎから夕方にかけてであり、正午前後にピークをとらない。一方、朝7時頃から高くなりはじめ、正午にもっとも高く(または低く)なり、夕方6時頃まで減少する変化や、夜間はほとんど変わらないという傾向は、光量の日変化に似ており、今回の結果は、光量変化に伴う植物の反応としてのなんらかの地下部の活性の変化を反映しているのではないかと考える。

これらの傾向は測定年やチャンバーによらず見られるが、その変動の程度は、測定年やチャンバーによって異なり、たとえば2005年のChamber 3の係数bは時間帯による差が他のデータと比べてとても小さい。また、2005年の係数aは2004年と比べて小さくなっている。今回の研究からはこれらのチャンバー間差、年差の原因については推測できないが、根呼吸と微生物呼吸の寄与率の変化がこのようなチャンバー間差や年差を生じているのかもしれない。

土壌呼吸による年間の炭素放出量を推定する際、地温-土壌呼吸のモデルを作り、そのモデルに地温データを当てはめて計算する。図-1のように時間帯によってモデルの係数が変化するなら、日中のみの測定から作成した地温-土壌呼吸のモデルと24時間全てのデータを用いて作成されたモデル(24時間モデル)とでは推定値に差が出る可能性がある。そこで、秋の地温-土壌呼吸モデルから冬期の炭素放出量を推定し、実測値に加えた値(実測値+冬期推定)、24時間モデルによる推定値、10~14時のデータで作成したモデル(日中モデル)による推定値を比較したところ、24時間モデルは実測+冬期推定の値に対して最大でも5%しかずれなかったのに対し、日中モデルによる推定値は実測+冬期推定の値と比べていずれのチャンバー、観測年においても過大に推定する傾向が見られ、その差は最大で22%になった(図-2)。

#### IV おわりに

本研究の結果、地温-土壌呼吸の関係は時間帯によって異なることがわかった。また、日中のみの測定による地温-土壌呼吸の指数関係式から年間の放出炭素量を推定すると実測した場合は24時間測定による推定よりも過大に推定することがわかった。

手動観測など労力的に制約のある条件下で効率よく、かつ、より高い精度で土壌呼吸を推定するためには、適切な測定時間帯を選ぶ必要があるが、その適切な時間帯を知るためには、時間帯によって地温-土壌呼吸の関係が変化する原因を明らかにすることが重要である。

#### 引用文献

- (1) 猪木幸男(編)(1992)日本地質図大系東北地方. 135pp, 朝倉書店. 東京.
- (2) 石塚成宏・坂田匡司(2006)日本の森林土壌に適合するガス拡散係数推定式について-主として黒色土と褐色森林土を対象として-. 森林立地. 48: 9-15.
- (3) LUO, Y. and ZHOU, X. (2006) Soil respiration and the environment. 316pp. Elsevier, Oxford.
- (4) 溝口康子・大谷義一・渡辺力・安田幸生・岡野通明(2003)自動開閉型チャンバーを用いた林床面からのCO<sub>2</sub>放出速度の長期連続測定. 日本生態学会誌. 53: 1-12.

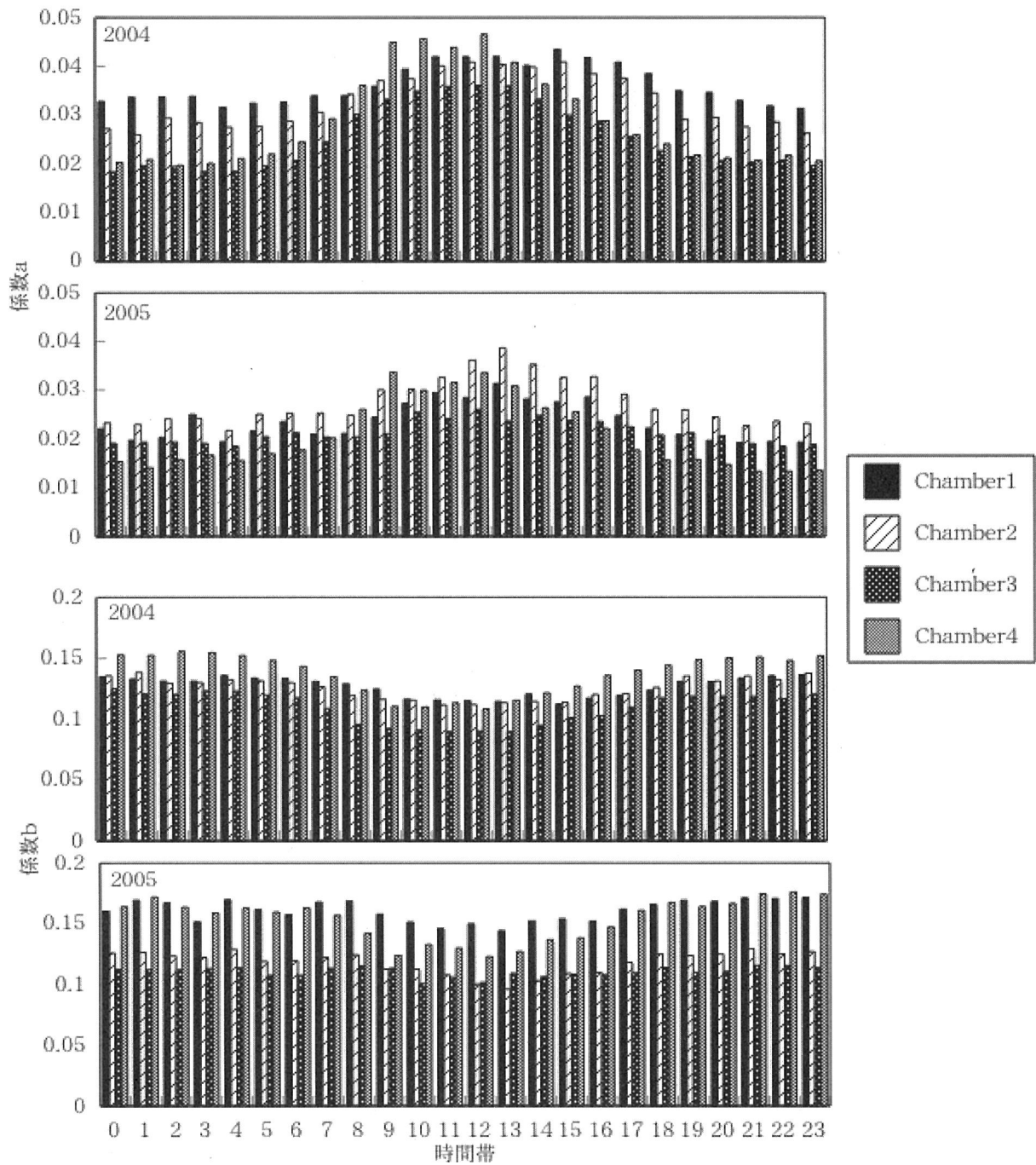


図-1. 地温-土壤呼吸の指数関数係数の時間帯による変化

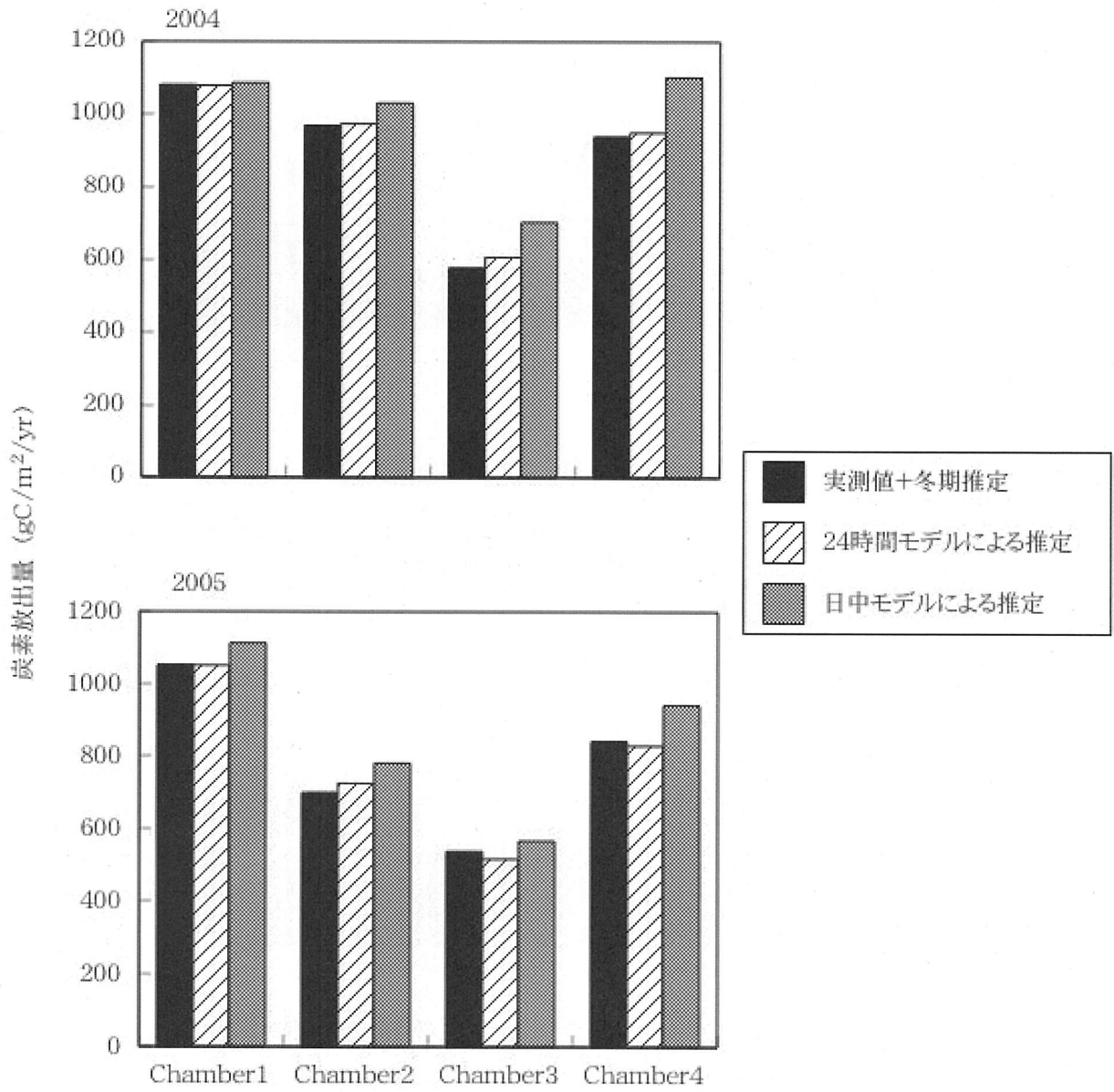


図-2. 推定法による年間炭素放出量の差