

# 熱帯泥炭地域における土壌呼吸の地温・水位に対する応答解析およびモデル化 Analysis for Soil respiration with Soil temperature and Water level in Tropical Peat Land

○照屋 央\* 大澤 和敏\*\*\*\* 長野 敏英\*\*\*\* 石田 朋靖\*\*\*\*  
○Yo TERUYA\*, Kazutoshi OSAWA\*\*\*\*, Toshihide NAGANO\*\*\*\*, Tomoyasu ISHIDA\*\*\*\*

## 1. 背景および目的

地球温暖化の原因とされる温室効果ガス削減のため、農地管理による CDM 事業の利用が期待できる。CDM 事業の対象地として、東南アジア熱帯泥炭地域が挙げられる。熱帯泥炭湿地では、農地開発に伴う排水事業によって泥炭土壌の好氣的分解が促進され、蓄積されていた炭素の大気への放出が深刻化している。泥炭湿地の保全や適切な農地管理により、炭素放出量の削減が期待できるが、その対象地面積が広大、長期的なモニタリングが必要などの理由から実測による算定が困難である。また、事業による効果の将来予測が必要なことから、熱帯泥炭地域における土壌呼吸量の推定・予測方法が必要である。そこで本研究では、土壌呼吸量長期観測データから、地温、地下水位に対する土壌呼吸量の応答を評価し、得られた結果を基に土壌呼吸モデルを構築することを目的とする。

## 2. 研究方法

【土壌呼吸量長期観測】本研究では、タイ国 Nakhon Si Thammarat 県のオイルパーム園における土壌呼吸量長期観測システムによる観測データを用いた。長期観測システムは 2009 年 8 月に設置され、現在まで観測は続いている。測定項目は土壌呼吸量、雨量、日射量、気温、地下水位、土壌水分量、地温などである。

【長期観測データの解析】2010 年 2 月 28 日~2011 年 9 月 1 日のデータを用い、①地温と土壌呼吸量の関係②地下水位と土壌呼吸量の関係性を評価した。地下水位 0.1m 毎の範囲において、土壌水分量が同程度のデータを抽出し、①では 0.1m 毎の各地下水位区分、②では 1℃毎の各温度区分で、それぞれ関係性を評価した。

【土壌呼吸モデルの構築・検証】長期観測データの解析により得られた結果を基に、2010 年 2 月 28 日~2011 年 3 月 31 日をモデル同定期間、2011 年 4 月 11 日~2011 年 10 月 31 日を検証期間としてモデル構築とその妥当性の検討を行った。また、インドネシア共和国 Riau 州における観測結果と比較し、モデルの適応性を評価した。

## 3. 結果および考察

長期観測の結果を Fig.1 に示す。

【地温と土壌呼吸量】深さ 0, 2.5, 5.0, 10, 25, 50cm の地温と土壌呼吸量の関係性を調

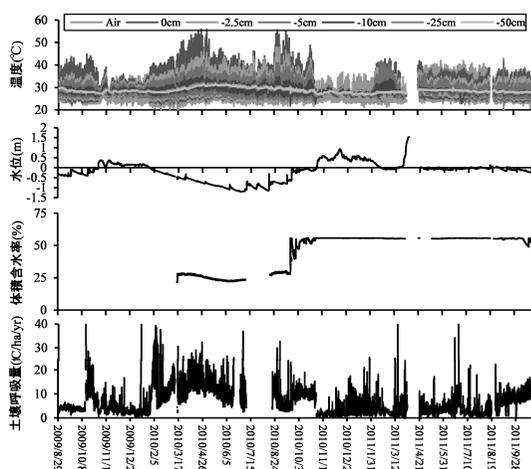


Fig.1 長期観測システムの観測結果  
Results of long term observation

\* 宇都宮大学 大学院農学研究科 (Graduate school of Agriculture, Utsunomiya University)

\*\* 宇都宮大学 農学部 (Faculty of Agriculture, Utsunomiya University)

\*\*\* 独立行政法人科学技術振興機構,CREST (Japan Science and Technology Agency, CREST)

キーワード: 物質循環, 地球温暖化, 熱帯泥炭土壌, 土壌呼吸, CO<sub>2</sub>, タイ

べ、その中で最も相関の高かった深さ 5cm の地温と土壤呼吸量との関係の一部を Fig.2 に示す。地温と土壤呼吸量には相関がみられ、土壤呼吸モデルは地温を説明変数とすることが適切であると考えられる。

【地下水水位と土壤呼吸量】深さ 5cm 地温の温度ごとに、地下水水位と土壤呼吸量の関係の評価した結果を Fig.3 に示す。土壤呼吸量は、湛水状態では小さい値を示した。また、0m 以下では地下水水位の低下に伴い増加し、いったん頭打ちとなったあと、減少する傾向を示した。このことから、地下水水位もまた土壤呼吸モデルにおいて重要な説明変数となり、地下水水位条件の違いによる変化の正確な再現が重要である。

【土壤呼吸モデルの構築】以上の結果を基に、2 つのロジスティック曲線を組み合わせた土壤呼吸モデルを以下のように構築した。

$$R_s = \frac{\alpha_{i1}}{1 + \alpha_{i2}e^{\alpha_{i3}h}} + \beta_i \quad (1)$$

なお、 $R_s$  : 土壤呼吸量 (tC/ha/yr),  $h$  : 地下水水位 (m),  $\alpha_{ij} = a_{ij}T_s^{b_{ij}}$ ,  $T_s$  : 5cm 地温 (°C),  $a_{ij}, b_{ij}$  : 定数,  $\beta_i$  : 定数,  $i$  :  $h > -0.65$  のとき  $i=1$ ,  $h \leq -0.65$  のとき  $i=2$  である。 $\alpha_{ij}$  は最小二乗法により定め、 $\beta_i$  は実測値より定めた。同定されたパラメタを Table 1 に示す。

モデルの適用結果を Fig.4 に示す。湛水期間における誤差が大きくなっているが、適合性は概ね良好であった。総量は同定期間では+2%の誤差、検証期間では+14%の誤差であり、Nash-Sutcliffe 係数は同定期間では 0.56、検証期間では 0.46 となり、本モデルは概ね妥当であると評価できる。

【他地域へのモデルの適用】2010 年 8 月に測定したインドネシア泥炭地に本モデルを適用した結果を Fig.5 に示す。なお、実測値は根呼吸量を 3.3tC/ha/yr として差し引いてある。モデルによる推定値は、観測が行われた 4 地点のうち 2 地点では同程度の値をとったが、残りの 2 地点では実測値を下回った。

#### 4. 結論

長期観測データを解析した結果、土壤呼吸モデルの変数として、地温と地下水水位が適切であると確認できた。また、解析結果を基にモデルを構築した結果、実測値との適合性も概ね良好であった。今後、土壤の乾燥密度や有機物成分等の影響もモデルに組み込んだ形でモデルを改良し、更なる検証を重ねることが必要である。

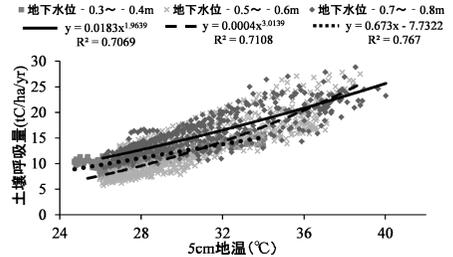


Fig.2 5cm 地温と土壤呼吸量の関係  
Relationship between Soil respiration rate with soil temperature

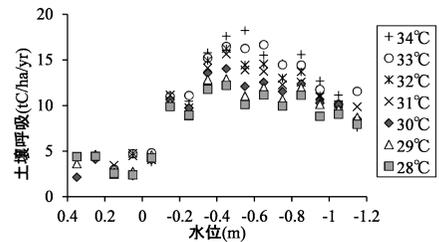


Fig.3 地下水水位と土壤呼吸量の関係  
Relationship between Soil respiration rate with ground water level

Table 1 土壤呼吸モデルのパラメタ  
Parameters of the soil respiration model

|           |                    |           |                    |          |        |
|-----------|--------------------|-----------|--------------------|----------|--------|
| $a_{11}$  | 0.0029             | $a_{12}$  | $2 \times 10^{-5}$ | $a_{13}$ | 2.3901 |
| $a_{21}$  | $3 \times 10^{10}$ | $a_{22}$  | $5 \times 10^6$    | $a_{23}$ | -6.299 |
| $b_{11}$  | $7 \times 10^6$    | $b_{12}$  | -0.2953            | $b_{13}$ | -3.677 |
| $b_{21}$  | 3.6769             | $b_{22}$  | -9.538             | $b_{23}$ | 1.1032 |
| $\beta_1$ | 2.87               | $\beta_2$ | 6.64               |          |        |

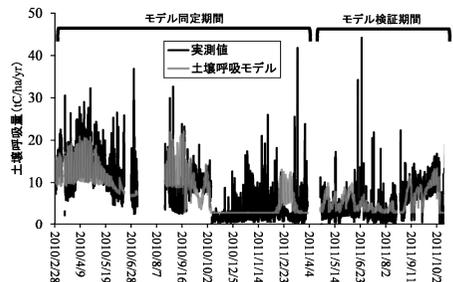
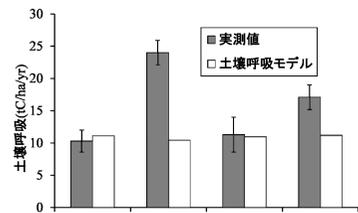


Fig.4 土壤呼吸モデルの適用結果  
Application result of the model



|            |            |            |         |         |
|------------|------------|------------|---------|---------|
| 植生         | Melaleuca林 | Melaleuca林 | Acacia林 | Acacia林 |
| 5cm地温 (°C) | 27.9       | 27.5       | 27.7    | 28      |
| 地下水水位 (m)  | -0.46      | -0.73      | -0.5    | -0.51   |

Fig.5 他地域へのモデルの適用  
Application result of the model in Indonesia