

Rnを援用した地表面CO₂フラックス推定手法

○太田 雅和 (エネルギー環境工学講座 D2, 指導教員 山澤 弘実)



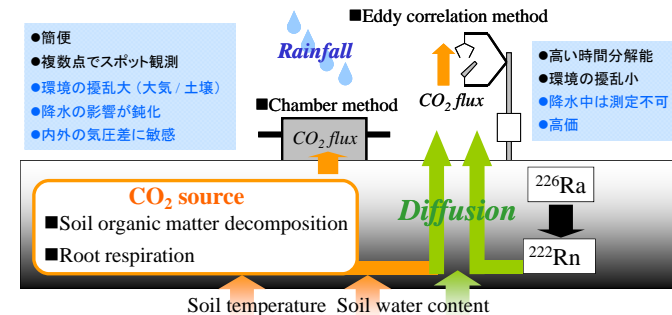
1. 背景 / 目的

■森林及び森林土壌

CO₂の吸収・放出源。化石燃料の燃焼によるCO₂放出量の約20倍の移行量⁽¹⁾
 ◇地球温暖化の予測には森林内炭素循環の定量評価が重要
 ◇核燃料再処理施設から放出される¹⁴Cの動態解明

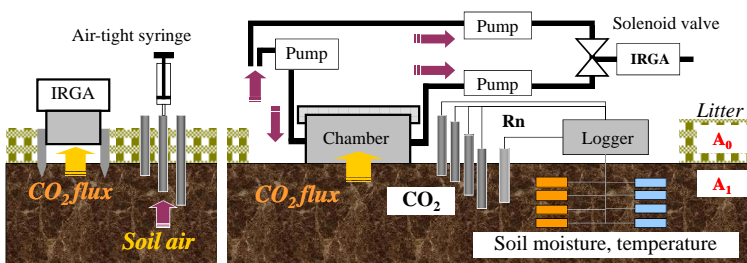
■地表面CO₂フラックスJ_C (mol m⁻² s⁻¹): 森林生態呼吸の40 - 80 %

単位時間単位面積土壌当りに大気中に放出されるCO₂の量 (mol m⁻² s⁻¹)



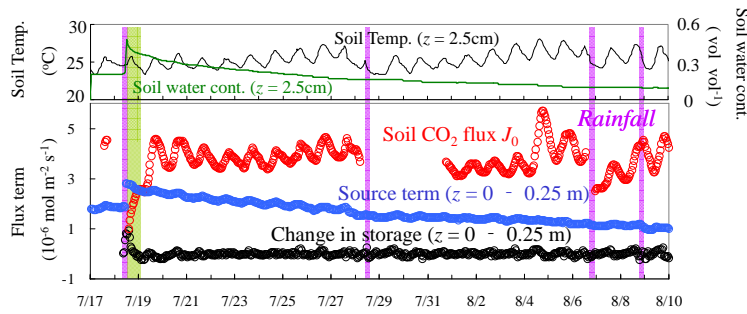
²²²Rnを援用し、土壌中Rn/CO₂濃度から地表面CO₂フラックスを推定する手法を考案
 実環境中での観測により有用性を評価

3. 観測の概要



	(1) スポット観測	(2) 連続観測
サイト	名大付属演習林 (愛知県豊田市)	名古屋大学構内森林 (愛知県名古屋市)
植生 / 土壌	カラマツ林	コナラ, アベマキ林 / 直径約3 mの裸地面を設定
測定項目	<ul style="list-style-type: none"> ■地表面CO₂フラックス (裸地, 蓄積法) ■土壌空気中CO₂/Rn濃度 (z = 10, 20, 40, 60, 80 cm, Grab sampling) 	<ul style="list-style-type: none"> ■地表面CO₂フラックス (裸地, 通気チャンバ法) ◇降水中はチャンバの蓋を開放して降水を導入 ■土壌中CO₂濃度 (IR CO₂センサー, z = 2.5, 5.0, 10, 20 cm) ■土壌中Rn濃度 (シンチレーション型Rn検出器⁽²⁾, z = 10 cm) ■土壌水分量・地温 (z = 2.5, 5.0, 10, 20 cm)
観測期間	2008/5/1, 6/10, 7/29	2008 Feb - Aug

5. 結果 (2) 連続観測: 定常状態の確認



Surface soil CO₂ flux: Observation
 ■チャンバ法による地表面CO₂フラックスの実測値

z = 0 - 25 cmのバルク土壌
 Integrated form (z: z₀ - z₁):

$$\int_{z_0}^{z_1} \frac{\partial \varepsilon C_c}{\partial t} dz = -(J_{z_1} - J_{z_0}) + \int_{z_0}^{z_1} S_c dz$$
 ε: Air-filled porosity

Change in CO₂ storage: Observation
 ■ z = 0 - 25 cm間の4深度に設置したCO₂センサーによる濃度の観測値から決定

Source term: Calculation
 ■ CO₂生成率の経験モデル
 ■ 地温, 水分量, CO₂濃度の観測値から計算

- 降水の無い期間: CO₂貯蔵量の変化速度は小さく, 定常状態に近い
- 降水中/直後: CO₂貯蔵量 vs フラックス / Source termがコンバラ: 非定常状態
- 降水中/直後: J₀が見かけ上鉛直下向き: 土壌水に溶解したCO₂の移流

強い降水の無い期間は定常状態が予想され, 推定手法を適用可

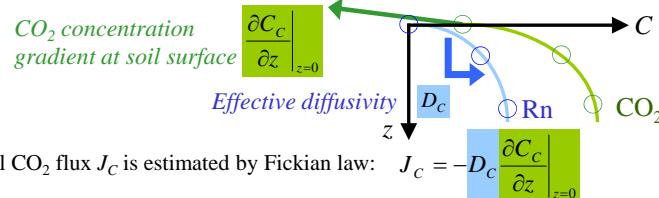
2. 土壌中濃度を用いたフラックスの推定方法

(1) 1d. diffusion equation: $\frac{\partial C_i}{\partial t} = D_i \frac{\partial^2 C_i}{\partial z^2} + S_i - \lambda_i C_i$ (i = Rn or CO₂)
 C_i: Concentration (mol m⁻³)
 D_i: Effective diffusivity (m² s⁻¹)
 S_i: Source strength (mol m⁻³ s⁻¹)
 Diffusion Source Decay (λ_i = 0 for CO₂)

(2) Under steady state conditions, the solutions for C are:

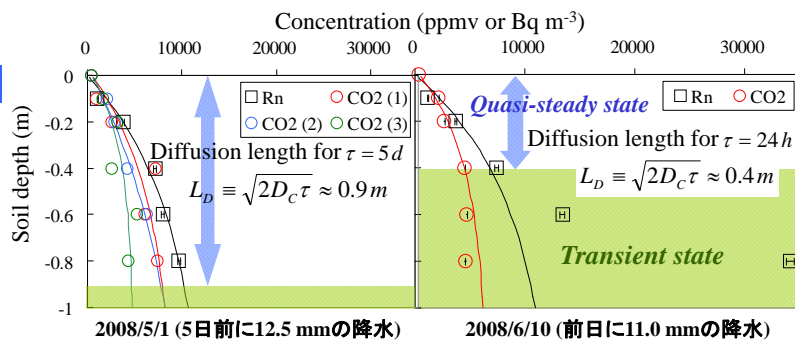
Rn $C_R(z) = \frac{S_R}{\lambda} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{z}{\sqrt{D_R/\lambda}}\right) \right\}$
CO₂ $C_C(z) = \frac{S_0}{D_C d_c^2} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{z}{d_c}\right) \right\} + C_{atm}$

(3) 濃度分布にフィッティングして実効拡散係数と地表面濃度勾配を決定



(4) Soil CO₂ flux J_C is estimated by Fickian law: $J_C = -D_C \frac{\partial C_C}{\partial z} \Big|_{z=0}$

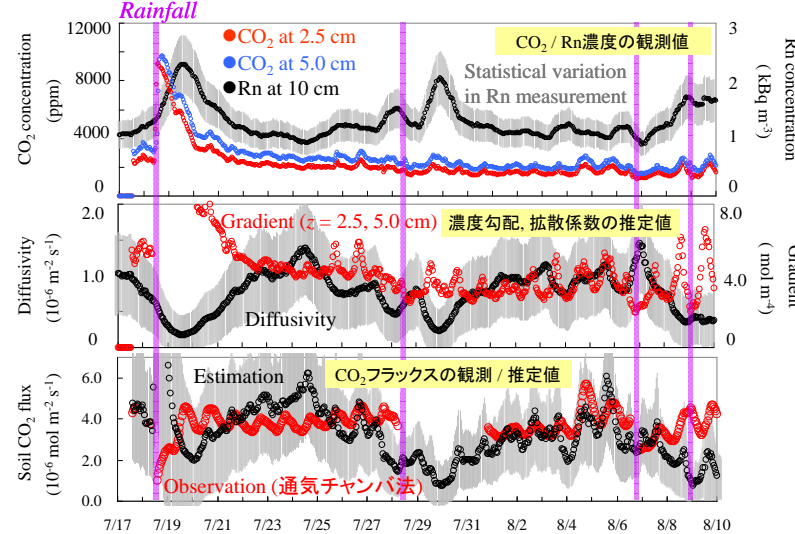
4. 結果 (1) スポット観測: フラックスの推定結果



Observation date	2008/5/1	2008/6/10
Adopted concentration profile	z = 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 m	z = 0.1, 0.2, 0.4 m
Diffusivity D _c (10 ⁻⁶ m ² s ⁻¹)	0.93	0.78
Gradient (∂C _c /∂z) _{z=0} (mol m ⁻⁴)	0.57 ± 0.10	0.63
Estimated J _C (10 ⁻⁶ mol m ⁻² s ⁻¹)	0.53 ± 0.09 (AVE. and STDEV. for 3 measurements)	0.49
Observed J _C (10 ⁻⁶ mol m ⁻² s ⁻¹)	0.40 ± 0.11 (AVE. and STDEV. for 14 measurements)	0.47 ± 0.27 (AVE. and STDEV. for 9 measurements)

定常状態が予想される深さを考慮し, 局所性によるばらつき範囲内でフラックスを推定

6. 結果 (3) 連続観測: フラックスの推定結果



- 地表面濃度勾配: 水分量起因の大きな変動 + 地温起因の日内変動
- 強い降水の無い期間: AVE (実測) = 3.8 × 10⁻⁶ mol m⁻² s⁻¹, AVE (推定) = 3.4 × 10⁻⁶ mol m⁻² s⁻¹
- 強い降水中 / 直後は推定値が過大: Gradient >> Diffusivity: 推定方法を適用できない可能性

結論・今後の課題

結論

■ スポット観測: 定常状態が予想される分布を採用し, 推定値は実測値を局所性のばらつき範囲内で再現

■ 連続観測: フラックスの平均値: 実測 = 3.8 × 10⁻⁶ mol m⁻² s⁻¹, 推定 = 3.4 × 10⁻⁶ mol m⁻² s⁻¹

■ 降水中 / 直後は推定手法を直接には適用できない可能性

今後の課題

■ 降水中 / 直後の土壌水の移流に伴うCO₂輸送が推定手法に及ぼす影響の評価

■ 気圧変動が推定手法に及ぼす影響の評価

参考文献

- (1) IPCC report, Climate Change (2007)
- (2) Yamamoto et al., "Development of an underground radon detector using an optical fiber", IEEE Trans. Nucl. Sci., 50 (2003)

学会発表

- (1) 第5回同位体科学研究会, Mar 2008, 名古屋
- (2) 日本原子力学会, 秋の大会, Sept. 2008, 高知