

土壌ガス CO₂ の炭素同位体分析—北大構内半原生林における検討

Carbon isotopic analysis of CO₂ in soil gas – Investigation in the semi-natural woods on the campus of Hokkaido University

藤吉亮子¹⁾ 天野 光²⁾

Ryoko Fujiyoshi Hikaru Amano

¹⁾ 北海道大学 ²⁾ 日本分析センター

森林における土壌空気の原因を明らかにする研究の一環として、北海道大構内半原生林において土壌ガス CO₂ の連続モニタリングおよび AMS および IRMS による CO₂ の炭素同位体分析を行ってきた。平成 20 年度は土壌空気に加えて、土壌の炭素同位体分析を行い、本観測ポイントにおける森林大気および土壌空気の発生源を考察した。

キーワード：森林土壌、土壌空気、CO₂、炭素同位体組成、発生源

1. 目的 北大構内半原生林中に設置した深さ 30cm および 100cm の試坑に CO₂ プローブを埋設し連続測定を行った。また、季節ごとに森林大気（高さ 2m）および土壌空気（深さ 30, 100cm）を捕集して CO₂ 炭素同位体分析を行った。その結果、土壌の深い部分における炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$, $\Delta^{14}\text{C}$) は一貫して大気より低い値を示し、大気以外の CO₂ 供給源の存在が示唆された。平成 20 年度はこれを明らかにするために、深さごとに土壌試料を採取して炭素同位体分析を行った。

2. 方法

土壌空気採取 - 北海道大学構内半原生林中に設置した試坑（径 3cm 深さ 30cm, 100cm）で CO₂ 濃度の連続測定（TESTO 435、TESTO, Germany）を行った。AMS 分析用土壌空気および森林大気は、これまでと同様の手法で捕集した（2008 年 9 月）。土壌試料採取および前処理 - 土壌試料は、観測ポイントにおいて最表層から深さ 40 cm まで 2~5 cm おきに採取した。これらの一部を 110 °C で乾燥した後、乳鉢で粉砕して粉末化 (<2 mm) した（バルク試料）。また、その一部を 1 M HNO₃ で処理することにより酸可溶性土壌成分を溶出させ、残渣を水で洗浄後乾燥してポリ容器に保存した（酸処理試料）。さらに、バルク土壌の一部を電気炉に入れ、550 °C で 2 時間加熱することにより土壌有機物を除去した（熱処理試料）。AMS 用試料前処理 - JAEA むつ事務所において土壌空気および大気試料の前処理を行い、AMS 用ターゲットを作成した。土壌試料（バルクおよび酸処理試料）は石英管に入れて電気炉で熱分解（900°C, 2hrs）したのち真空ライン中で水分除去および CO₂ 精製を行い、空気試料と同様グラファイト化して AMS 用ターゲットを作成した。

3. 研究成果 図 1 に本観測ポイント深さ 30 および 100 cm で得られた土壌空気 CO₂ 濃度の 2008 年 11 月から 2009 年 2 月における継時変化を示した。積雪時を含むこの期間において、CO₂ 濃度は前年度に得られた結果と同様、1000-15000 ppm の間で大きく変動した。この傾向は深さ 30 cm に比較して 100 cm の場合で顕著であった。本観測ポイントにおいて 2008 年春季に採取した土壌試料について炭素同位体分析のデータ ($\delta^{13}\text{C}$, $\Delta^{14}\text{C}$) を土壌の深さに対してプロットした結果を図 2 に示す。図の左側は未処理試料、右は硝酸で酸可溶性成分を除去した土壌試料の結果である。図から明らかのように、 $\delta^{13}\text{C}$ は土壌の深さおよび酸処理に関わらずほぼ一定値（-26 ‰）であるのに対し、 $\Delta^{14}\text{C}$ は土壌の深さとともに大きな負の値を示した。また、酸処理により $\Delta^{14}\text{C}$ 値は明らかに負にシフトした。このことから、本観測ポイントにおける土壌 CO₂ の起源として大きく 2 種類の土壌成分を考慮すべきであることが確認された。

4. 結論・考察 本観測ポイントにおいてこれまで得られた森林空気、土壌空気および土壌の炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$, $\Delta^{14}\text{C}$) のデータを用いて、土壌空気の発生源を考察した結果を図 3 に示す。ここで、オープン大気および地下深部から湧出する古い炭素に関する同位体データは文献値を用いた（Mayorga et al., Nature, 436 (28), 2005）。その結果、土壌空気中の CO₂ には異なる発生源が存在し、その組成は、季節により土壌の深さにより大きく変動する可能性が示唆された。生物活動の低下する冬季積雪時にしばしば出現する CO₂ 濃度の変動が何に起因するかという疑問の解明も含め、今後さらにきめ細かい試料採取および炭素同位体分析が課題であると考えられる。

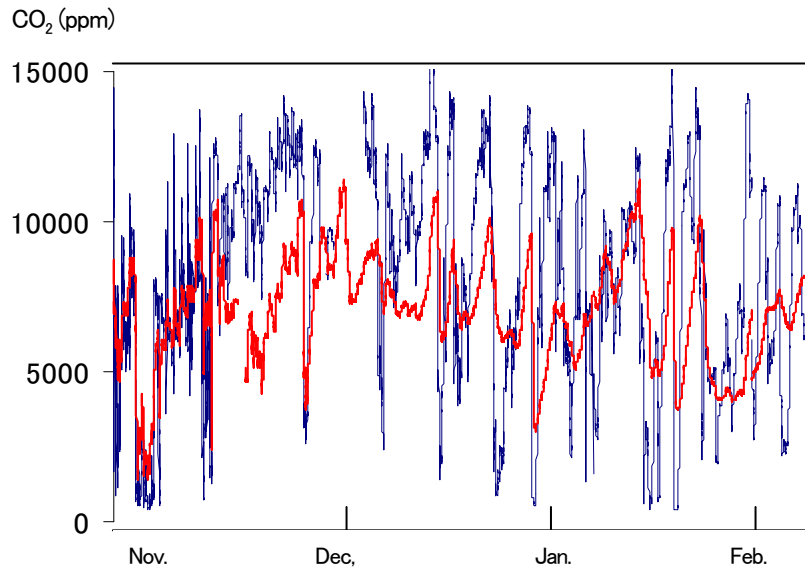


Figure 1 Time series plots of CO₂ concentration in soil air at 30 (—) and 100 cm (—) in depth under cool temperate deciduous woods in winter (November 3 2008 – February 11 2009)

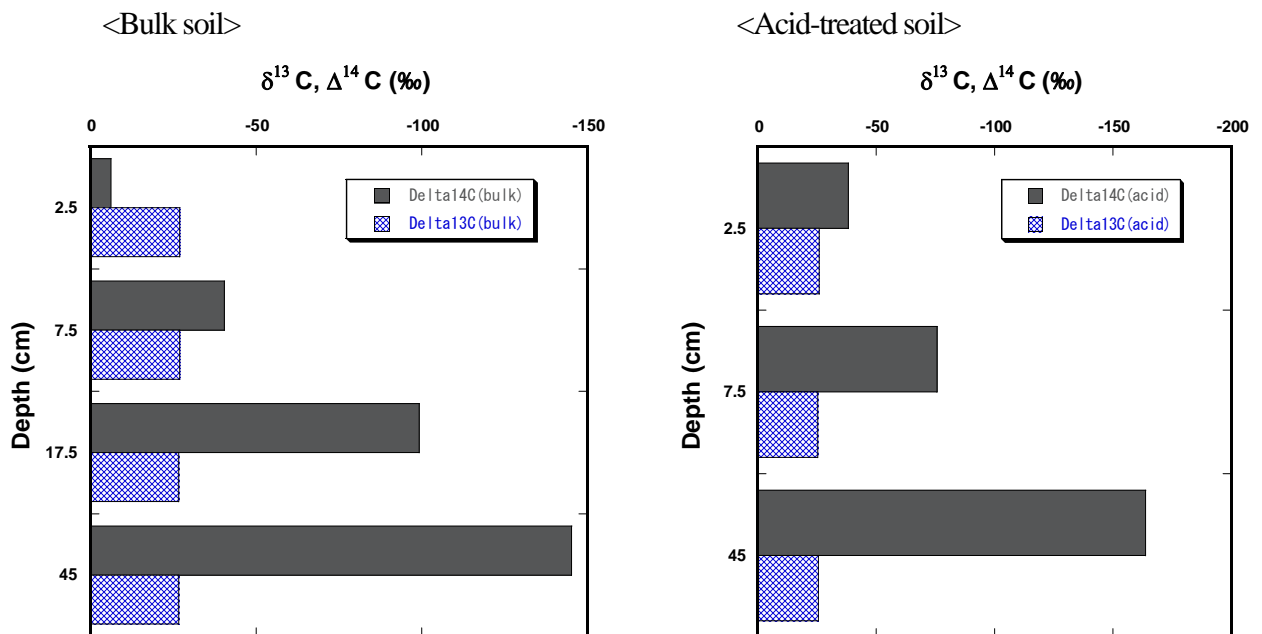
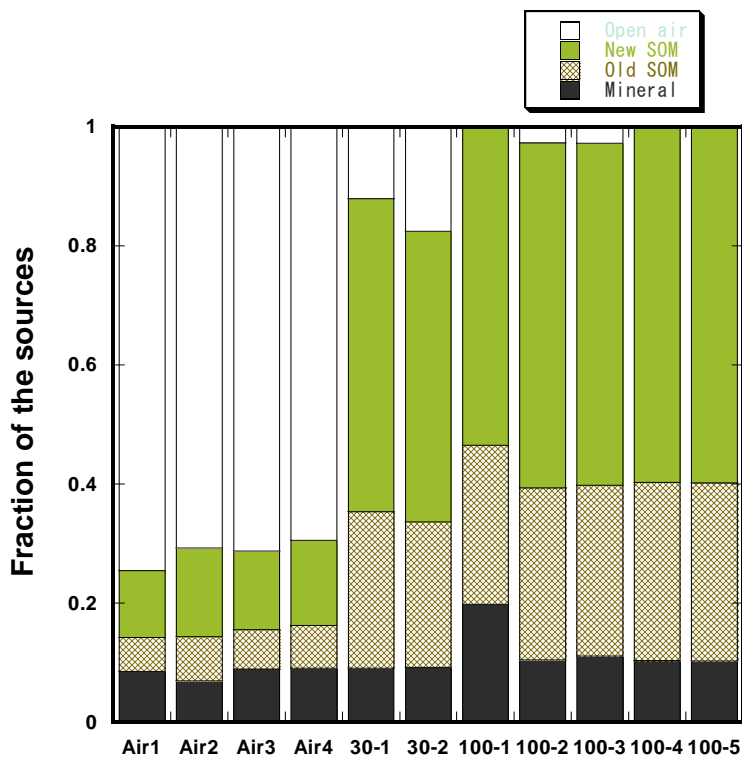


Figure 2 Results of carbon isotope analyses ($\Delta^{14}\text{C}$ and $\delta^{13}\text{C}$) in bulk (left) and acid-treated (right) soil samples collected from different depths (0–50 cm)



Sample	Date
Forest Air	
Air 1	Feb.22 pm 07
Air 2	Sep. 6 am 07
Air 3	Sep.6 pm 07
Air 4	Mar.7 am 08
Soil air	
30-1 (30 cm)	Feb.22 pm 07
30-2 (30 cm)	Sep.6 pm 07
100-1 (100cm)	Feb.20 pm 07
100-2 (100cm)	Sep.6 am 07
100-3 (100cm)	Sep. 6 pm 07
100-4 (100cm)	Mar.7 am 08
100-5 (100cm)	Mar.7pm 08

Forest air (Air 1, 2, 3 and 4) and soil air collected at 30 cm (30-1 and 2) and 100 cm (100-1, 2, 3, 4 and 5) in depth

Figure 3 Estimated fraction of CO₂ potential sources in soil air and atmospheric air in the woods (2 m above the ground surface) of the test site. Collecting date of individual air samples were listed in the right side of the figure.

Table 1 Results of carbon isotopic data on soil samples

Sample (cm in depth)	$\delta^{13}\text{C}$ (vs PDB)	$^{14}\text{C}/^{12}\text{C} \pm \text{error}$
Soil B0 (0 – 5)	-27.00	$9.8591 \times 10^{-13} \quad 3.2 \times 10^{-15}$
Soil A0 (0 - 5)	-26.98	9.5420 3.2
Soil B5 (5 - 10)	-26.60	9.5206 3.3
Soil A5 (5 – 10))	-26.63	9.1708 3.2
Soil B15 (15 – 20)	-25.95	8.9371 3.1
Soil B40 (40 - 50)	-25.30	8.4806 3.1
Soil A 40 (40 – 50)	-25.57	8.2971 3.1
Reference materials	Date: Nov.11-13 2008 Background $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$: $1.7083 \times 10^{-15} \pm 1.439 \times 10^{-16}$ Modern $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$: $9.9212 \times 10^{-12} \pm 2.0 \times 10^{-15}$ Reference materials: pMC $\delta^{13}\text{C}$ (vs PDB) IAEA-C1 0.14 ± 0.02 2.55 IAEA-C6 148.56 ± 0.52 -10.33 IAEA-C6 148.81 ± 0.51 -10.31 IAEA-C6 148.90 ± 0.51 -10.30	