

スロベニア森林土壌および土壌空気の CO₂ 炭素同位体分析Carbon isotope analyses of CO₂ in forest soil and soil air in Slovenia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 CO₂ の発生源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を行うとともに AMS および IRMS による土壌空気および土壌 CO₂ の炭素同位体分析を行ってきた。平成 21 年度は、これまでに確立した一連の手法をスロベニアの森林域において適用することを試みた。平成 20 年 8 月にスロベニア国内 6 ヶ所の温帯落葉森林帯において採取した土壌試料の一部について炭素同位体分析を行い、同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$, $\Delta^{14}\text{C}$) と土壌特性との関係を考察した。

キーワード : スロベニア、森林土壌、CO₂ 炭素同位体組成、土壌特性

1. 目的 人為的介入の比較的小さい森林域において土壌空気に含まれる二酸化炭素 (CO₂) 濃度の変動およびその発生源を明らかにすることを目的としている。平成 18 年度後半から貴研究所の施設共用利用に採用されて以来、北海道大学構内冷温帯落葉樹林において土壌空気の CO₂ 濃度を連続的に測定するとともに、季節ごとに空気 (土壌空気および森林大気) や土壌を採取して炭素同位体組成 ($\delta^{13}\text{C}$, $\Delta^{14}\text{C}$) を検討してきた。その結果土壌 CO₂ の発生源に関して有用な知見が得られた (Fujiyoshi et al., 2009)。土壌 CO₂ の環境依存性に関する知見を得るため、本研究においては、この手法をスロベニアの森林土壌に適用することを試みる。申請者は、土壌ラドンの研究を通してスロベニアの研究者 (Dr. Janja Vaupotic, Jozef Stefan Institute, Slovenia) と共同研究を継続しており、平成 20 年 8 月にスロベニア国内 6 ヶ所の森林域から採取した土壌試料 (最表層から深さ約 40 cm まで) の一部を検討対象とした。

2. 方法 観測ポイントにおける土壌空気 CO₂ 濃度の測定 - スロベニア国内 6 ヶ所の森林土壌に試坑 (30 cm) を掘削し、CO₂ プローブ (TESTO, Germany) を設置して CO₂ 濃度、地温、地圧および土壌湿度の測定を行った (平成 21 年 11-12 月、Vaupotic)。

土壌試料採取および前処理 - 各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 Jozef Stefan 研究所において 110 °C で乾燥した後、乳鉢で粉碎して粉末化 (<2 mm) した (バルク試料)。また、そ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分解した (熱処理試料)。

AMS 用試料前処理 - 農林水産省により輸入禁止品 (土壌) の輸送が許可されたのち、JAEA むつ事務所において土壌試料の前処理を行った。その際、土壌試料 (バルクおよび熱処理試料) 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 にスロベニアの観測サイトを、表 1 に各観測サイトの地質および植生等基礎データをまとめた。平成 21 年度は図 1 におけるポイント 1 から 3 までを対象とした。ポイント 2 および 3 はドロマイトを含む石灰岩地帯であった。図 2 に土壌有機物 (SOM) の深度分布を示す。ポイント 2 は表層における有機物含量が他のポイントに比較して高かった。採取した土壌試料の一部について炭素同位体分析を行った。得られたデータ ($\delta^{13}\text{C}$, $\Delta^{14}\text{C}$) を表 2 に、各ポイントにおける表層と深層 (~30 cm) の $\delta^{13}\text{C}$ および $\Delta^{14}\text{C}$ の値の比較を図 3a および図 3b にそれぞれ示した。図から、ポイント 1 および 3 は地質学的背景がかなり異なるにもかかわらず最表層と深さ 30 cm 付近の間の炭素同位体組成の変化は類似していることが明らかになった。これに対して、石灰岩地帯のポイント 2 においては、炭素同位体比の変化の様子が他のポイントの場合と著しく異なった。すなわち、表層付近における土壌炭素の $\Delta^{14}\text{C}$ の値は他のポイントに比較してより負の値 (-200 ‰) を与え、深さ 30 cm 付近においては -900 ‰ ときわめて古い炭素を含むことが明らかになった。また、このポイン

トにおける表層土壌を熱処理して有機物を分解させた後の炭素同位体組成は、 $\delta^{13}\text{C}$ および $\Delta^{14}\text{C}$ についてそれぞれ、1.92 および 941‰ と未処理の場合に比較して大きく変化した (表 2)。

4. 結論・考察 スロベニアにおいて地質学背景の異なる温帯落葉樹林帯から採取した土壌試料の炭素同位体分析を行った。その結果、ポイント2のようにドロマイトの露頭を含む石灰岩地帯において、地表付近に存在する植物は、降水や地下水による石灰岩の風化あるいは溶解平衡により生成した極めて古い CO_2 を取り込み固定していた可能性が示唆された。一方、ポイント1および3における $\delta^{13}\text{C}$ の値は土壌表層から深部にかけて SOM の減少とともに減少すること、 $\Delta^{14}\text{C}$ は $\delta^{13}\text{C}$ の場合と逆の傾向を示すことが明らかになった。この結果は、北大半原生林においてこれまでに得られた結果とほぼ一致した。今後さらに多くの炭素同位体データに基づいた詳細な検討が必要である。



図1 スロベニアにおける観測サイト (P1, P2, P3)

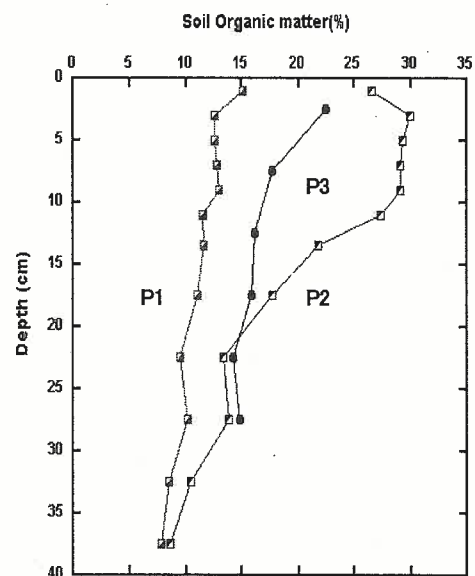


図2 土壌有機物 (SOM) の深度分布

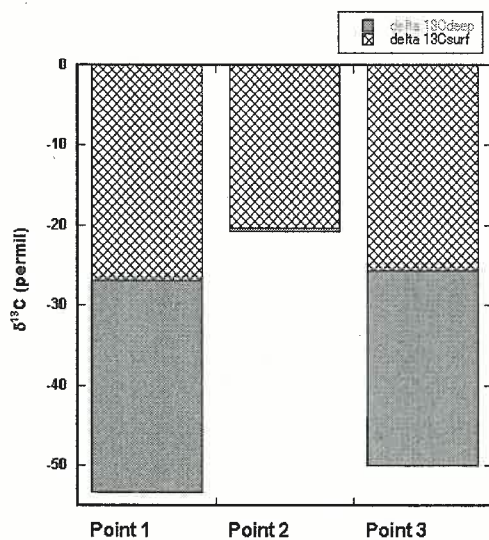


図3a 観測サイト (P1, P2, P3) における土壌の安定炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$): 最表層部 (メッシュ) と深さ 30cm (ぬりつぶし) の値比較

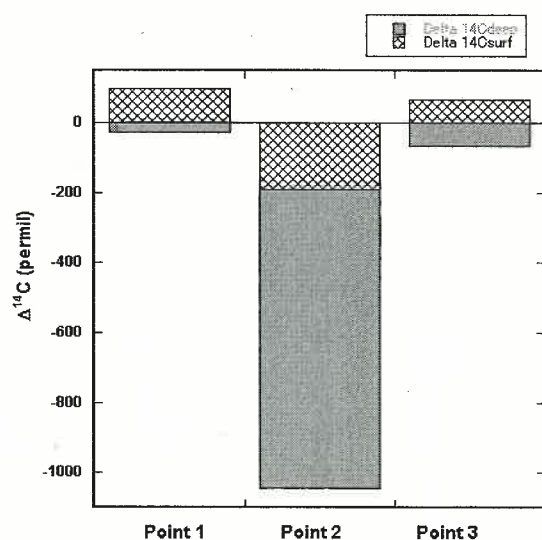


図3b 観測サイト (P1, P2, P3) における土壌の放射性炭素同位体比 ($\Delta^{14}\text{C}$): 最表層部 (メッシュ) と深さ 30cm (ぬりつぶし) の値比較

表1 スロベニアにおける観測サイトの地質、位置および植生

サイト名	地名	位置	表層地質	植生	CO ₂ (ppm)*
P1	ZIROVSKI VRH	46° 00' N 14° 30' E 482 m asl	シリカ破砕片、赤色砂岩	樅 (90%)、 ブナ(10%)	896
P2	IDRIJA	45° 55' N 14° 00' E 584 m asl	ドロマイト、石灰岩	ブナ	1889
P3	KOCEVSKI ROG	45° 40' N 15° 00' E 855 m asl	ドロマイト、石灰岩	ブナ天然林	1972

* 深さ 30 cm における土壌空気中の CO₂ 濃度 (2009 年 11 月 24 - 29 日測定) .

表2 土壌炭素同位体分析結果

試料	$\delta^{13}\text{C}$ (vs PDB) (‰)	$^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\times 10^{-14}$) \pm error ($\times 10^{-15}$)
P1-0b	-26.94	110.37 3.5
P1-35b	-26.30	97.873 3.3
P2-0b	-20.35	81.502 3.0
P2-0h	1.92	5.9267 0.85
P2-35b	-0.42	14.384 1.3
P3-0b	-25.64	106.98 3.4
P3-25b	-24.47	95.043 3.3
バックグラウンド	測定日: 2010 年 4 月 26 - 28 日 Background $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$: $1.7746 \times 10^{-15} \pm 1.494 \times 10^{-16}$ Modern $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比: $1.0044 \times 10^{-12} \pm 2.3 \times 10^{-15}$	
標準物質	標準物質: pMC $\delta^{13}\text{C}$ (vs PDB)	
	IAEA-C1-AM	0.08 \pm 0.02 2.56
	IAEA-C6-DO	150.11 \pm 0.54 -10.33
	IAEA-C6-DP	148.67 \pm 0.53 -10.32
	IAEA-C6-DQ	148.88 \pm 0.54 -10.30

5. 引用文献

Fujiyoshi R., Haraki Y., Sumiyoshi T., Amano H., Kobal I. and Vaupotic J., Tracing the sources of gaseous components (^{222}Rn , CO₂ and its carbon isotopes) in soil air under a cool-temperate deciduous stand in Sapporo, Japan, Environmen. Geochem. Health, 32(1), 73-83 (2010).