

ハカセ喫茶 Vol.18「気候喫茶」

2019年12月7日(土) 芸北文化ホール

放射性炭素を測って 温暖化の将来を予測する!?

日本原子力研究開発機構

小嵐 淳

放射性炭素 (^{14}C)

- ① 自然界のいたるところに存在している。
- ② 原子力エネルギーの平和利用を進めていくうえで、とても重要な放射性核種である。
- ③ 人類が直面している重大な地球環境問題(温暖化)を理解するうえで、とても役に立つ！

炭素の循環と、土(土壌)が果たす役割

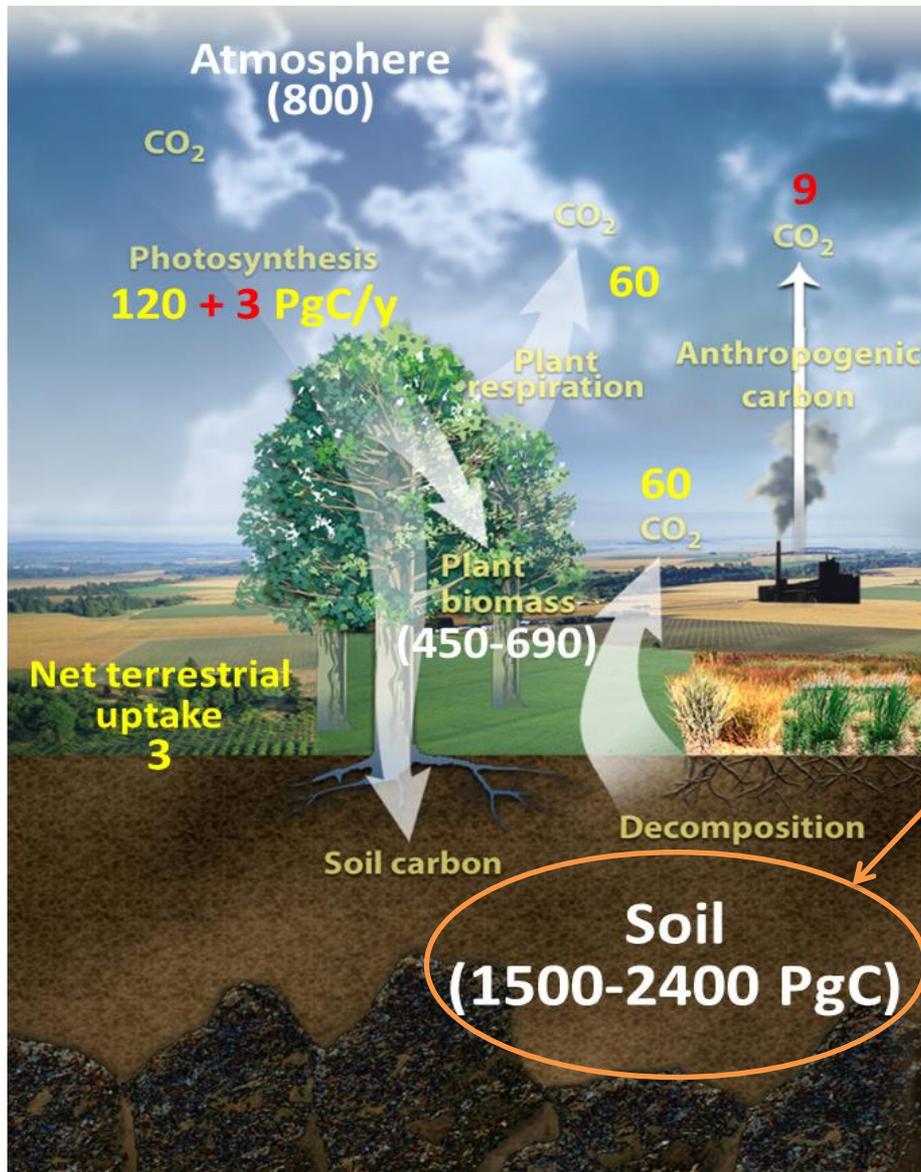


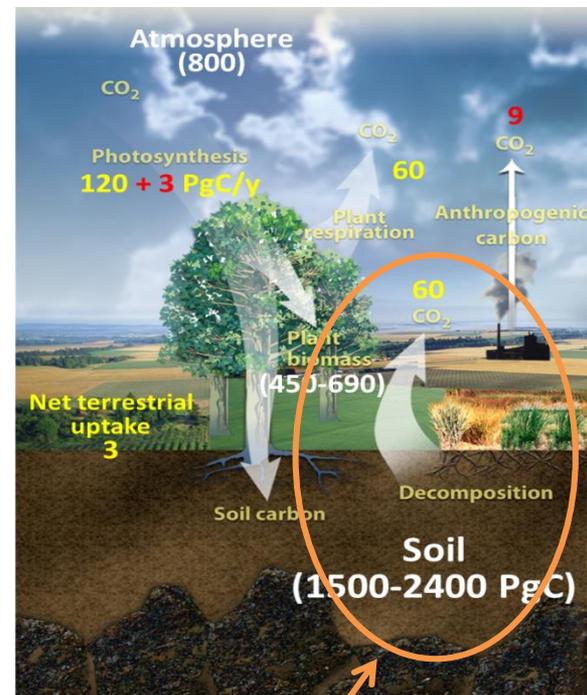
Diagram adapted from U.S. DOE, Office of Science.
Data source: IPCC AR5, Working Group I Report (2013).

土(土壌)

- 1~2兆トン以上もの炭素が有機物として蓄えられている。
- 土壌炭素の量は、大気の2~3倍、植物体の炭素量の3~5倍
- 土壌の有機物は微生物によって分解され、CO₂として絶えず大気中へ放出されている。
- 放出と同等の量の炭素が土壌に供給され、蓄えられることで、大気中のCO₂濃度が安定に保たれている。

1Pg(ペタグラム) = 10億トン

土の中の炭素が温暖化を加速する？



いつ、どのように、どれだけ増大するのか？

温暖化は、微生物による土壌有機物の分解を促進し、土壌からの炭素放出量を増大させ、さらなる温暖化を引き起こす

地球環境の将来を予測するためのカギ

土の中の炭素が、温暖化によってどうなるのか？

温暖化を実際に起こす、画期的な野外実験

自動開閉チャンバーによるCO₂放出量の連続測定

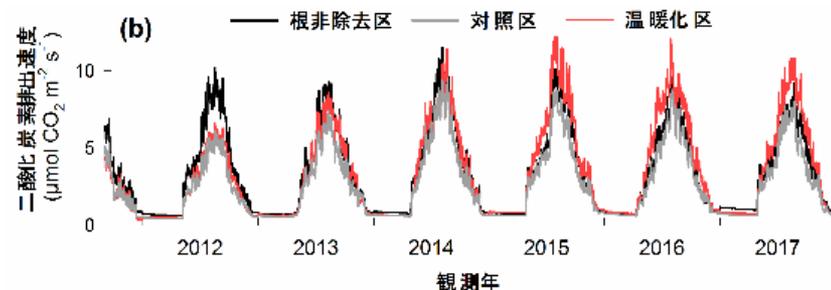
対照区(通常)

温暖化区(加温)



比較

白神における測定結果



すべてのサイトで、温暖化区 > 対照区

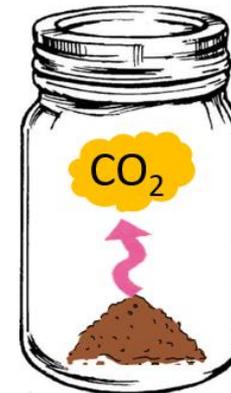
調査地	温暖化開始	温暖化期間	温暖化によるCO ₂ 放出量の増加率(パーセント/1°C)
天塩	2007年8月	約12年	35.4
白神	2011年10月	約8年	11.5
つくば	2006年3月	約14年	2.3
広島	2007年1月	約13年	7.7
宮崎	2009年1月	約11年	5.5

温暖化の影響を調べるための一般的な方法

① 土を採取



② 土を容器に入れる



③ 一定の温度で保管

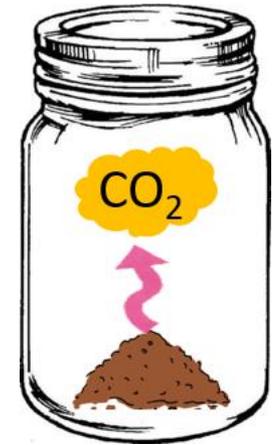
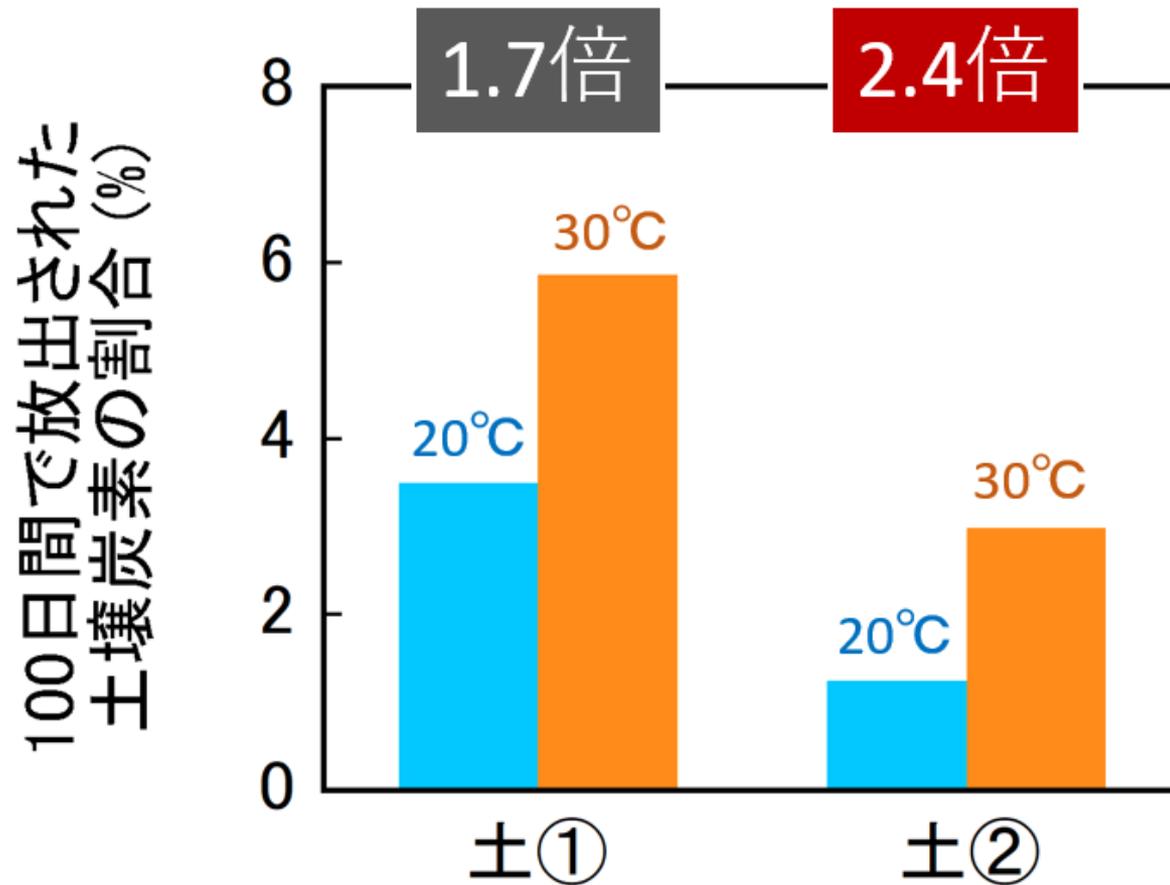


④ 土から出てきたCO₂の量を測定



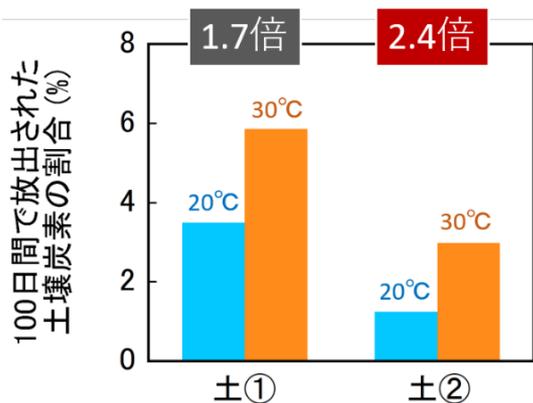
2種類の温度で比較することで温暖化の影響を見ることができる

温度が上がると、土からのCO₂放出が増える



- 温度が上がるとCO₂の放出量が増える(有機物の分解が速くなる)
- 温度上昇の影響を受けやすさは、土によって違う

温暖化の将来を予測するために必要なこと



これを、いろいろな土で調べていけば、何十年も何百年も先の温暖化の影響を予測できるようになるんだね！

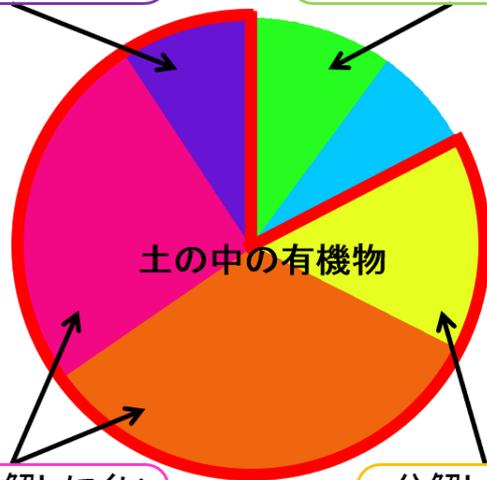


いやあ、これではダメなんだ・・・この方法で見ているのは、土の中の炭素のわずか数%なんだ。

土の中の有機物の実態

すごく分解しにくい
(1000年以上滞留)

分解しやすい
(10年未満滞留)



かなり分解しにくい
(100-1000年滞留)

分解しにくい
(20-100年滞留)

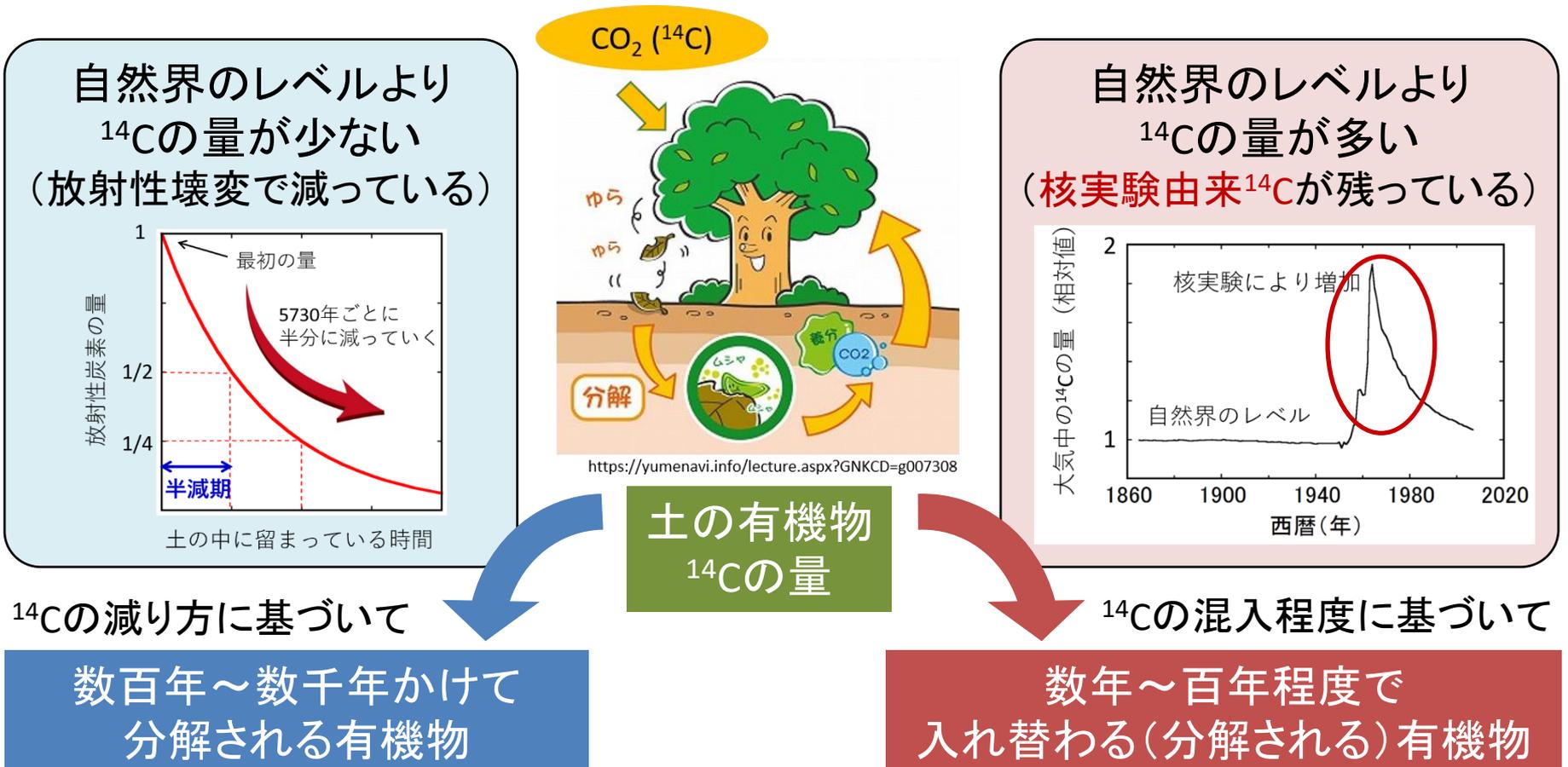
土の中には、分解のしやすさが違う様々な有機物が混在し、多くが「分解しにくい有機物」

何十年、何百年も先を予測するためには

分解しにくい有機物が、どれだけあって、それらが温暖化に伴って炭素(CO₂)をどのように、どのくらい放出し続けるのか、を知ることが重要

放射性炭素で「分解しにくい有機物」を調べる

- 自然界では炭素原子1兆個あたり1個程度の割合で存在
- 放射性壊変によってだんだん減っていく(半減期5730年で半分に)
- 1950～60年代前半に行われた核実験によっても作られた



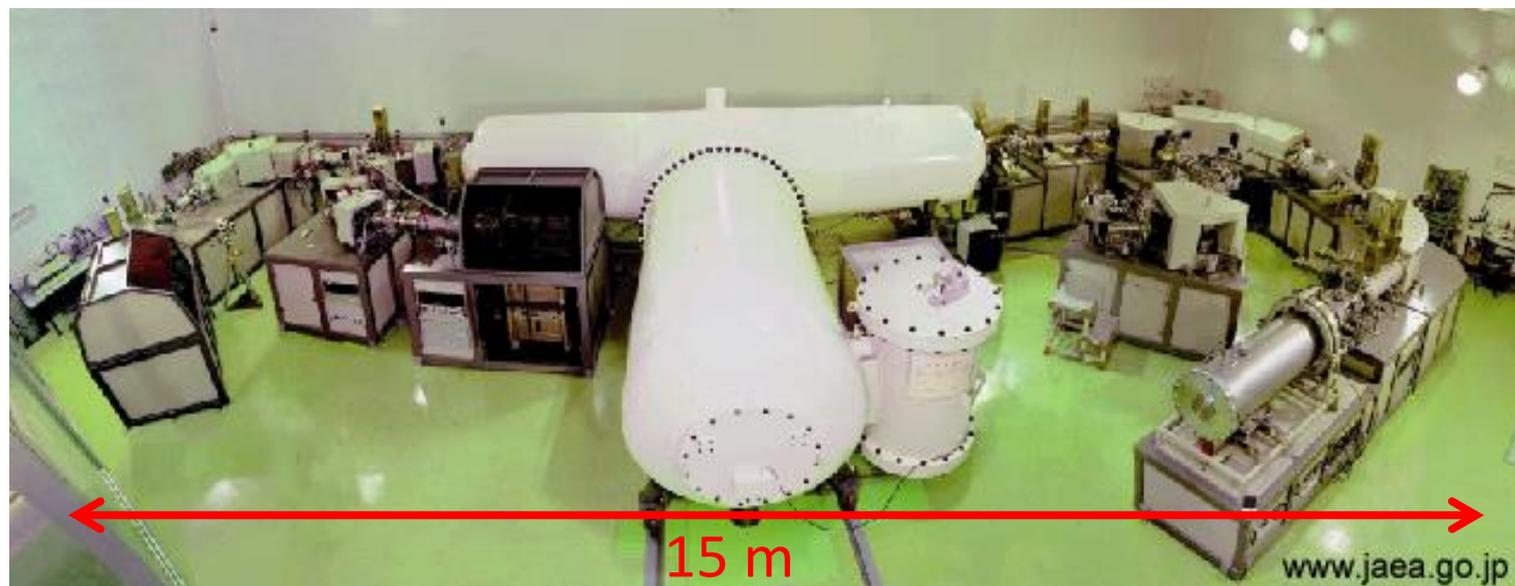
1兆個に1個の放射性炭素を測定する方法

- ① 有機物を燃やす ② CO₂を取り出し、グラファイトに ③ 測定準備



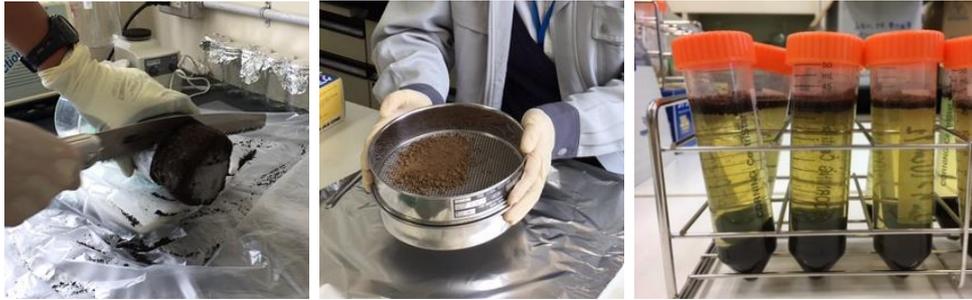
先端にグラファイト(約1000分の1g程度)を詰める

- ④ 日本原子力研究開発機構の**加速器質量分析装置(AMS)**で測定



土の中の有機物の実態をとらえる

① 有機物を様々な方法で分ける

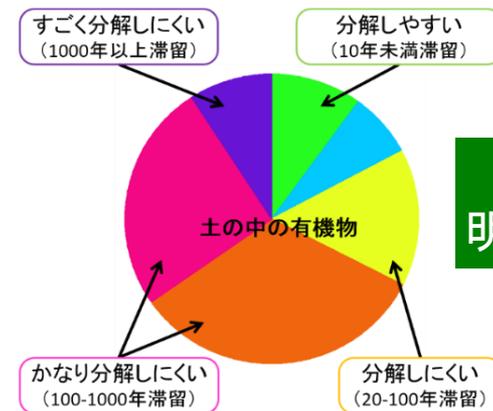
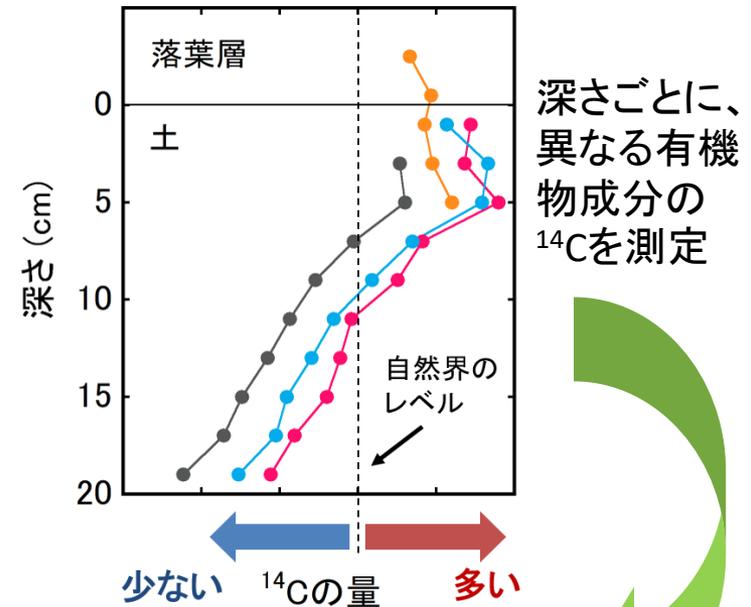


② 各成分に含まれる ^{14}C の量を測定



^{14}C を測ることによって、土の中に、どのくらい分解しにくい有機物が、どれだけの量あるのかがわかる

③ ^{14}C の量から、各成分の分解のしにくさを決定

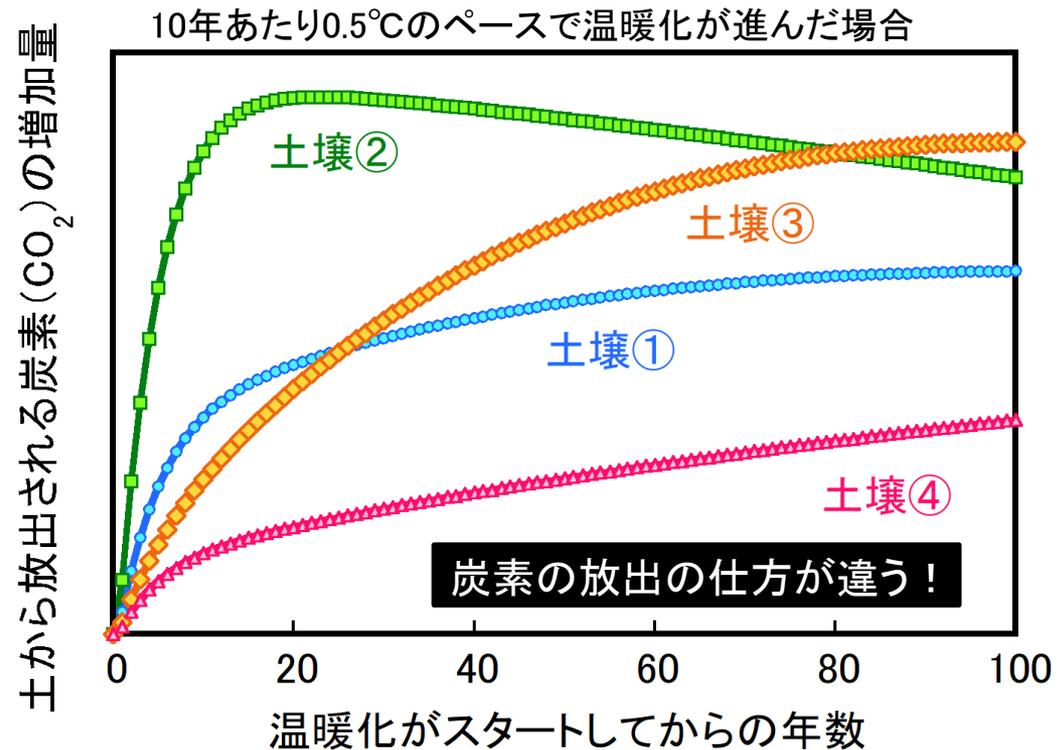


初めて明らかに!

土からのCO₂放出の将来を予測する

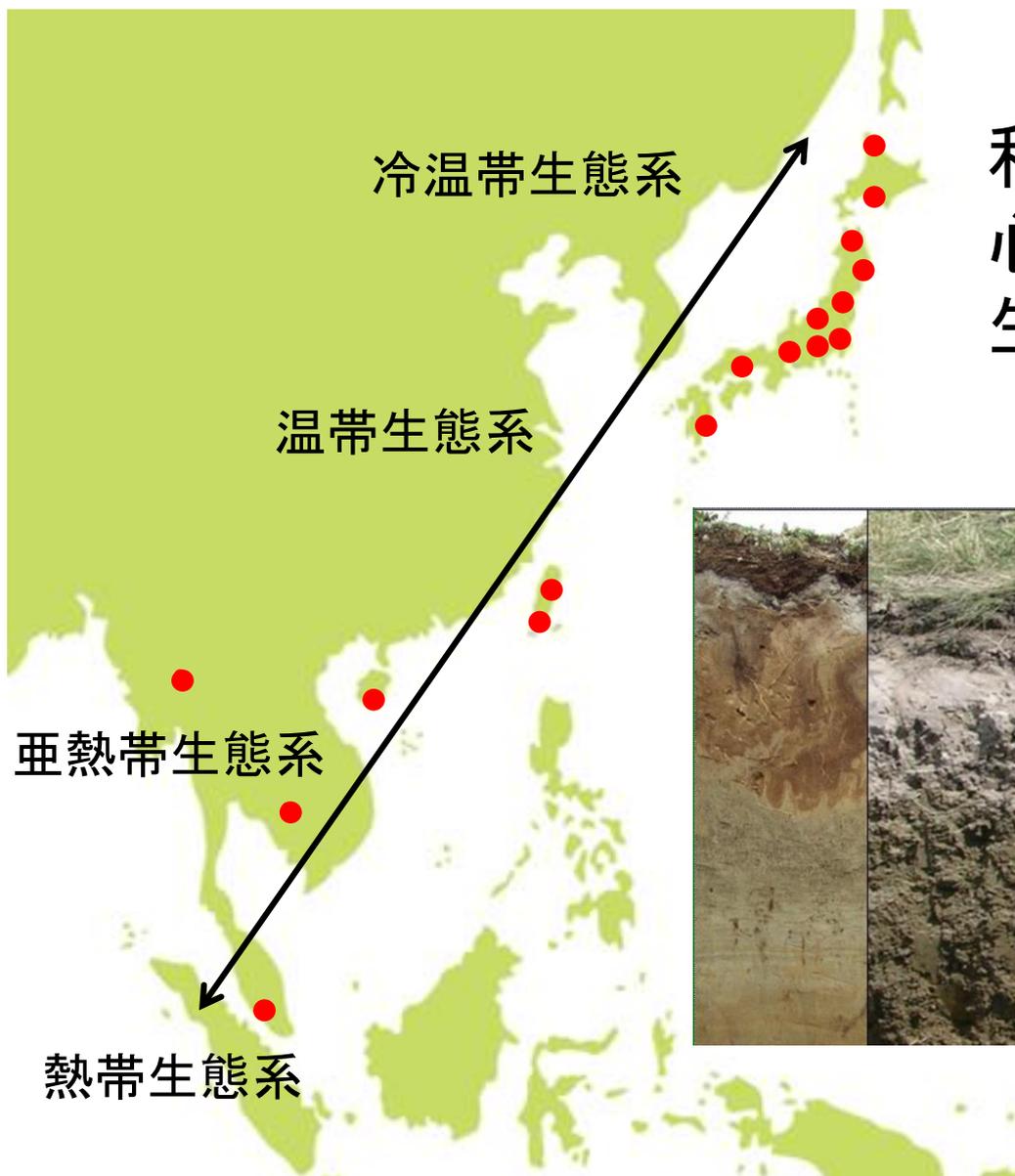
$$\text{将来の予測} = \left(\text{分解しやすい有機物} + \text{分解しにくい有機物} \right) \times \text{温度上昇に対する応答}$$

有機物の実態が違う4つの土壌



私たちの方法で、「いろいろな土が温暖化の進行に伴い炭素をどのように放出するのか」を予測できる

研究の展開



私たちの方法を、日本を中心としたアジア域の多様な生態系の土壌に適用



まとめ

- **放射性炭素 (^{14}C)**を測定することで、土の中の有機物の実態(分解の「しやすさ」や「しにくさ」)を詳しく知ることができる。
- 土の中の有機物の実態がわかることで、地球温暖化の将来を予測のために必要な情報が得られる。

放射性核種が、意外なところで、意外な方法で、役に立つ！

協力することで、科学は進歩する！



研究プロジェクト「アジアの森林土壌有機炭素放出の温暖化影響とフィードバック効果に関する包括的研究」は、独立行政法人環境再生保全機構／環境省の支援を受けて実施しています。