

【本件リリース先】

10月21日(火)15:00

(資料配布)

文部科学記者会、科学記者会、経済産業記者会  
林政記者クラブ、農林記者会、農政クラブ  
茨城県政記者クラブ、筑波研究学園都市記者会  
青森県政記者会、三沢記者会、むつ市政記者会

平成20年10月21日

独立行政法人日本原子力研究開発機構  
独立行政法人森林総合研究所

放射性炭素を利用して、温暖化が土壌の炭素貯留能力に及ぼす影響を予測  
—より高精度の地球温暖化予測手法の確立に期待—

独立行政法人日本原子力研究開発機構(理事長・岡崎俊雄)原子力基礎工学研究部門の小嵐淳研究員らと独立行政法人森林総合研究所(理事長・鈴木和夫)東北支所の平井敬三グループ長らの研究グループは、アジアフラックスネットワーク<sup>1)</sup>の観測地のひとつである岩手県安比森林気象試験地で、土壌中の有機炭素<sup>2)</sup>に含まれる放射性炭素の割合(同位体比)から冷温帯ブナ林土壌の炭素貯留能力を推定し、地球温暖化により、現在は主要なCO<sub>2</sub>放出源ではない比較的滞留時間の長い土壌有機物からの炭素消失が促進される可能性があることを明らかにしました。

土壌には、大気や地上植物の数倍に及ぶ炭素が蓄積されています。地球温暖化が微生物による土壌中の有機炭素の分解を促進させ、土壌からのより一層のCO<sub>2</sub>放出と、それに伴うさらなる温暖化の加速の可能性が危惧されていますが、長期的な温度上昇に対する土壌の応答については解明されていませんでした。

本研究では、土壌中の滞留時間が数百年～数千年の有機炭素は宇宙線起源の放射性炭素<sup>3)</sup>の同位体比で、また、数年～百年程度のそれは1960年代の核実験起源の放射性炭素<sup>4)</sup>の同位体比で特徴づけられることに着目して土壌有機物の放射性炭素同位体比を測定した結果、冷温帯ブナ林土壌が様々な炭素貯留能力を持つ有機物の複合体であることを解明しました。

さらに、各複合体の温度変化に対する応答の予測結果から、21世紀末までの地球温暖化進行に伴い、全土壌有機炭素の約50%を占める滞留時間が数十年～二百年程度の土壌有機物からの炭素消失が促進され、CO<sub>2</sub>放出量の増大に重要な役割を果たす可能性があることを明らかにしました。

このことは、土壌中での滞留時間が数十年～二百年程度の有機炭素の蓄積量を地球規模で算定すれば、将来の地球温暖化に対する土壌の応答の規模と時期をより正確に予測できることを示唆しています。

本研究成果は、地球変動生物学の学術誌『Global Change Biology』に掲載予定です。

以上

【本件に関する問合せ先】

(研究内容について)

独立行政法人日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究部門

環境・放射線工学ユニット 環境動態研究グループ研究員 小嵐 淳こあらし じゅん TEL:029-282-5843

(報道対応)

独立行政法人日本原子力研究開発機構 広報部報道課長 西川 信一 TEL:029-282-9421

独立行政法人森林総合研究所 企画部研究情報科長 中牟田 潔 TEL:029-829-8130

## 補足説明資料

### 【研究の背景】

現在、地球全体で約 1500 Pg (1 Pg=10 億トン) の炭素が有機物として土壤中に蓄積されています。これは、大気中に CO<sub>2</sub> として存在する炭素量の約 2 倍、陸域の植物が保持する炭素量の約 3 倍に相当します。植物は植物自体の呼吸で放出する分を除いて年間約 60 Pg の大気中 CO<sub>2</sub> を吸収しています。一方で、土壌では微生物が土壌有機物を分解して年間約 55 Pg の CO<sub>2</sub> を大気中へ放出していると推定され、この放出量は化石燃料の消費等、人間が大気中へ放出する CO<sub>2</sub> 量の約 10 倍に相当します。

地球温暖化に伴う温度上昇は、微生物による土壌有機物分解を促進し、土壌からの CO<sub>2</sub> 放出量の増大によって、さらに温暖化を加速させる可能性が危惧されており、土壌に蓄積される炭素の環境変化に対する挙動には大きな関心が寄せられています。しかし、土壌がもつ微生物分解特性の多様性<sup>6)</sup>が、この応答の定量的な予測を大変困難なものにしています。

### 【研究の内容】

土壌有機物の中には、宇宙線を起源とする放射性炭素<sup>3)</sup>と、近年の核実験を起源とする放射性炭素<sup>4)</sup>が存在します。土壌中の安定炭素に対する放射性炭素の存在比(放射性炭素同位体比)の変化は、炭素が土壌に蓄積されてからの経過時間を反映し、宇宙線起源の放射性炭素同位体比は数百年から数千年の、核実験起源の放射性炭素同位体比は数年から百年程度の滞留時間の推定に利用できます。

今回、アジアフラックスネットワーク<sup>1)</sup>の観測地のひとつ岩手県安比森林気象試験地の冷温帯ブナ林(写真 1)の土壌(表層リター<sup>7)</sup>と表層鉱物土壌 20cm: 写真 2)を化学処理、さらに加速器質量分析装置<sup>8)</sup>(原子力機構青森研究開発センターむつ事務所: 写真 3)にて放射性炭素同位体比を測定し、放射性炭素同位体比が大きく異なる土壌有機物の分別に成功しました(図 1)。

分別した土壌有機物の放射性炭素同位体比から、宇宙線起源と核実験起源のいずれの放射性炭素の存在が支配的であるかを見出し、各土壌有機物の平均滞留時間、炭素蓄積量及び個別滞留時間から、微生物による有機物の分解・CO<sub>2</sub> 放出速度を推定しました。



写真 1. 安比森林気象試験地  
(冷温帯ブナ林)



写真 2. 土壌の採取風景

その結果、安比森林気象試験地のブナ林土壌を、数年から千年以上にわたり異なる滞留時間を有する6つの炭素貯蔵庫の複合体として捉えることに成功し、このブナ林土壌が蓄積する炭素の約70%が100年以上の時間をかけて形成・分解されたことが明らかになりました。一方、土壌有機物の微生物分解による大気へのCO<sub>2</sub>放出の70%以上を担うのは、全土壌有機物のうちの僅か10%程度を占める平均滞留時間が10年未満の有機物であり、これは土壌鉱物と未結合の植物残渣であることが明らかになりました。

一方、数十年から二百年程度の比較的長い滞留時間をもつ炭素貯蔵庫からのCO<sub>2</sub>放出は、全体の約12%にとどまることが明らかになりました。

しかしながら、土壌の微生物分解特性の多様性を考慮して行った温暖化に対する土壌応答の予測計算結果は、1年当たり0.05℃温度上昇した場合、今世紀末までに、約12%の土壌炭素蓄積量の減少を引き起こし、そのうち数十年から二百年程度の滞留時間をもつ炭素貯蔵庫からの炭素消失が50%超を占め、その後も消失が促進され長期にわたって炭素放出量の増大に大きく寄与する可能性を提示しました。

### 【成果の意義と波及効果】

本研究の結果、土壌の微生物分解特性の多様性を定量的に表現可能となり、特に数十年から200年程度の滞留時間を持つ土壌有機炭素の地球規模での蓄積量を解明することで、将来の地球温暖化に対する土壌の応答の規模と時期を正確に予測できることが示唆されました。

また、本手法を異なる気候帯・生態系の土壌に適用することで、様々な生態系での土壌炭素放出の温暖化応答メカニズムの解明や、現在及び将来の炭素吸収・固定システムにおける森林生態系の役割に対する定量評価への貢献が期待できます。



写真3. 加速器質量分析装置 (原子力機構むつ事務所)

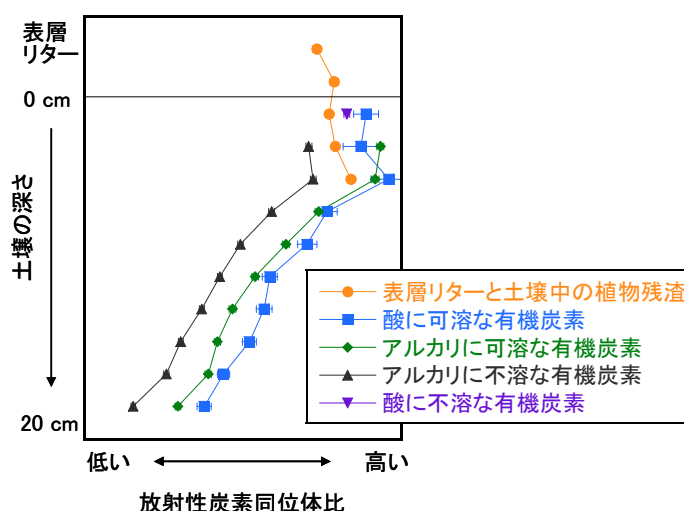


図1. 土壌有機物の放射性炭素同位体比

## 用語解説

### 1) アジアフラックスネットワーク

アジアの陸域生態系(森林、草原、農耕地などを含む)と大気の間で交換される CO<sub>2</sub>、水蒸気量、熱量などを長期モニタリングすることを目的とし、技術情報やデータの交換及び研究交流の促進をめざして 1999 年に設立された観測ネットワーク。

### 2) 有機炭素

炭素を含む有機化合物であり、植物遺体等を起源としています。これに対して、CO<sub>2</sub>や炭酸塩、重炭酸などは無機炭素に分類されます。森林土壌では、ほとんどの炭素が有機炭素として蓄積されています。

### 3) 宇宙線起源の放射性炭素

宇宙線起源の放射性炭素は、宇宙から降り注ぐ中性子と窒素原子との相互作用によって上層大気中で恒常的に生成されています。人為起源の擾乱がない時代では、放射性炭素の宇宙線による生成速度と放射壊変による壊変速度はほぼ平衡に達しており、大気中の放射性炭素同位体比はほぼ一定でした。植物は大気中の炭素を光合成によって取込み、枯死する際に土壌に有機物として供給されます。その後は、有機物への放射性炭素の供給が絶たれ、枯死後の土壌への蓄積時間に応じて半減期に従い放射性炭素同位体比が減少していきます。この減少の程度から、土壌有機物の数百年～数千年程度の長い滞留時間を推定することが可能になります。

### 4) 核実験起源の放射性炭素

核実験起源の放射性炭素は、1950 年～1960 年代前半の大気圏核実験によって断続的に生成されました。その後、この放射性炭素は海洋や陸域生態系に移行して現在も地球上に普遍的に存在しています。当時最大で 2 倍程度に上昇した大気中の放射性同位体比は、現在では核実験以前のレベルまで戻りつつあります。核実験の影響が残る大気を固定して放射性炭素同位体比が高められた植物体を出発物質とする有機物が、現在もなお極微量ながら土壌中に残っています。この放射性炭素同位体比を目印にすることによって、簡単なモデルを用いて、数年～100 年程度の滞留時間を推定することが可能になります。

### 5) 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)

IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)は国連環境計画(UNEP)と世界気象機関(WMO)が 1988 年に、気候変動に関する科学的研究結果などの情報を各国の政策決定者に提供するために設立した国際組織です。科学、影響、緩和策を扱う 3 つの作業部会によって構成されています。

#### 6) 土壌がもつ微生物分解特性の多様性

土壌微生物は、土壌に供給された植物遺体を分解し、その一部を  $\text{CO}_2$  に変換してエネルギーを得るため、その分解残渣は様々な形態の土壌有機物となります。分解されやすい土壌有機物は、さらに微生物による分解を受けるため、より分解されにくい安定な構造の土壌有機物が残ります。結果として、土壌には分解程度や分解に対する安定性の大きく異なる有機物が混在することになります。気候、植生、土壌の物理的・化学的性質なども、土壌有機物の安定性を左右する要因となり、土壌有機物の微生物分解特性をより複雑かつ多様なものにしていきます。

#### 7) 表層リター

地表面に集積した分解されていない落葉落枝や、植物組織が識別できる程度に分解を受けた落葉落枝のことを指します。

#### 8) 加速器質量分析装置(AMS)

加速器質量分析装置(AMS: Accelerator Mass Spectrometer)は、イオン源、イオン入射部、タンデム型加速器部及び質量分析部から構成されています。この装置は、イオン源で試料を原子の負イオンの状態に変換し、それを高エネルギーに加速してエネルギー分析及び質量分析を行い、重イオン検出器などで目的とする原子イオンを計測し、同位体比を測定するものです。この装置は、少量の試料で極微量の同位体元素の検出及び同位体比 ( $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 、 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  等)を短時間で高精度に測定できる特長を有しています。

# 放射性炭素を利用して、温暖化が土壌の炭素貯留能力に及ぼす影響を予測

—より高精度の地球温暖化予測手法の確立に期待—

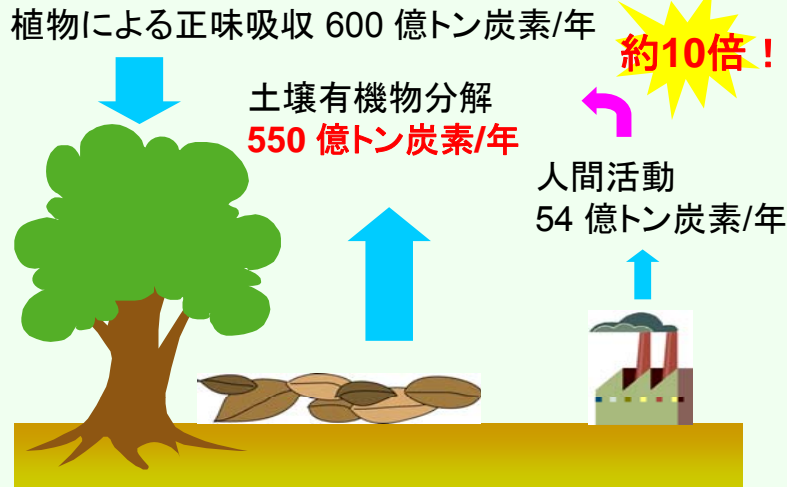


日本原子力研究開発機構  
原子力基礎工学研究部門  
環境動態研究グループ  
研究員・小嵐 淳



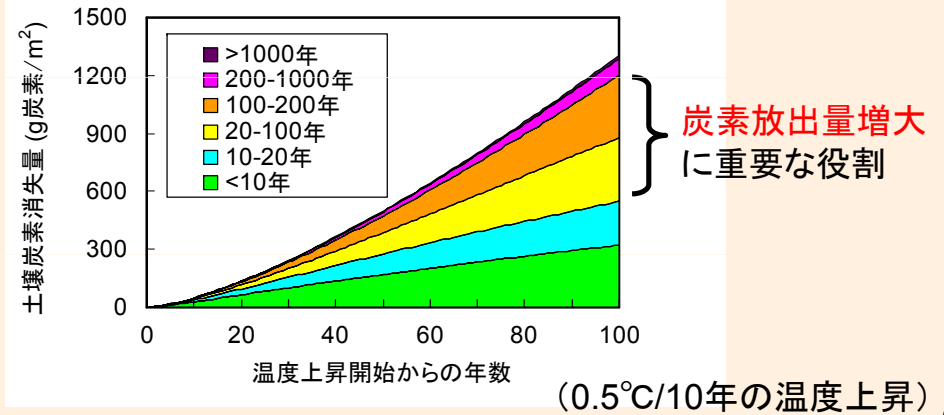
森林総合研究所  
東北支所  
森林環境研究グループ  
グループ長・平井敬三

## 地球上での陸域と大気との炭素のやりとり



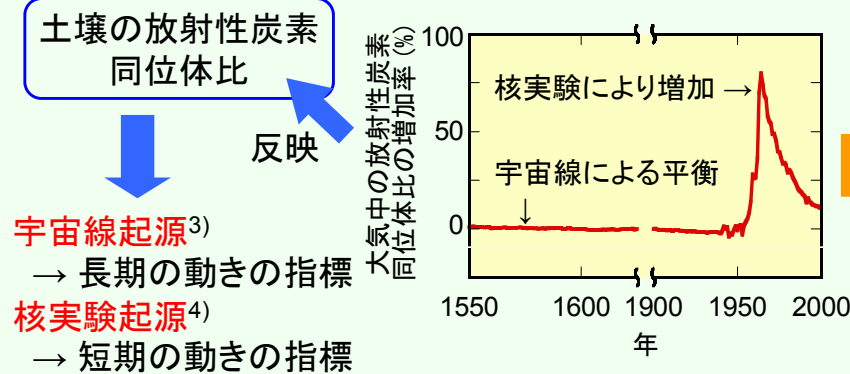
出典：気候変動に関する政府間パネル IPCC<sup>5)</sup> (2001)

## 温暖化に対する土壌の長期的応答を予測



土壌の炭素貯留能力の解明が、温暖化の影響予測の鍵

## 放射性炭素の利用



## 土壌がもつ微生物分解特性の多様性<sup>6)</sup>を定量的に表現

