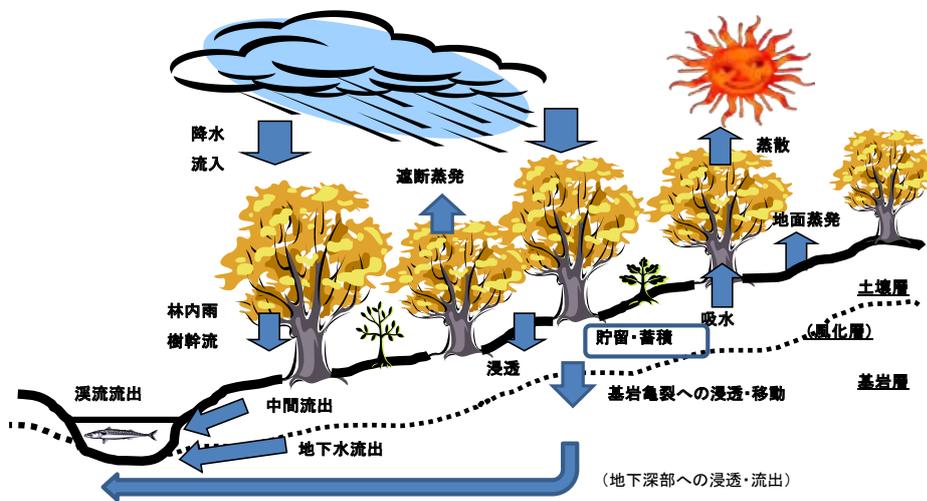


森林総合研究所

第2期中期計画成果集

重点課題イイa 森林生態系における物質動態の解明



森林生態系における水や多様な物資の動態



森林土壌中の水や窒素などの動態、炭素の蓄積



CO₂、エネルギー輸送過程



独立行政法人 森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

第2期中期計画成果集 イイ a

目次

はじめに	3
重点課題イイ a 研究基本計画	4
研究課題群イイ a 1 研究計画	6
研究課題群イイ a 2 研究計画	7
重点課題の研究推進概要図	8
第2期中期計画全体を通じた研究課題一覧	9

主要研究成果

1. イオウを保持する火山灰土 –その仕組みと保持量–	10
日本の火山灰土は遊離酸化物を多く含むため、世界有数のイオウ保持量があることが分かりました。	
2. 森林の持つ環境汚染物質に対するフィルター機能の発揮	12
大気から森林に入ってきた鉛は、森林生態系内に保持され、鉛が渓流水中に流出するのを防いでいます。	
3. 森林土壌の水移動に伴う物質フラックス	14
透水性のある素焼きの円盤（ポーラスプレート）を土壌中に埋めてポンプで水を吸引することにより、森林土壌中の水移動量・物質移動量を明らかにしました。	
4. 森林流域の長期水質モニタリングとデータベースの公開	16
日本全国の代表的森林において降水および渓流水の長期水質モニタリングを実施し、流域における物質の流入流出の実態を明らかにするとともに、水質データベースを作成しウェブサイトを通じて公開しました。	
5. 環境の変化によって大きく変化する樹木細根の成長量と枯死量	18
養分や水分の吸収とともに、土壌炭素の蓄積に強い影響を与える樹木細根の成長量や枯死量について、温度や土壌の乾燥等の環境の変化との関係を明らかにしました。	
6. スギ落葉の分解過程における窒素固定	20
スギ落葉の分解過程における窒素固定活性を他の樹種との間で比較するとともに、窒素固定活性量を推定しました。	
7. 森林の内部を循環する窒素	22
樹木の成長に不可欠な窒素を森林の内部で循環させて保つことの大切さを明らかにしました。	
8. 土壌中への炭素の蓄積は針葉樹林と広葉樹林でどのように違うのか？	24
落葉の分解し易さや土壌に蓄積する炭素の形態は、針葉樹林（スギ人工林）と広葉樹林（ブナ・ミズナラ二次林）で異なること、その違いは落葉に含まれる成分の量や割合によって決まることが分かりました。	
9. 森林の枯死木が地球温暖化防止機能に果たす役割	26
15の道府県で我が国の主要な植栽樹種の枯死木が分解する速さを測定しました。寒い地域では暖かい地域よりも分解する速が遅く、炭素の貯留時間が平均して約2倍ほど長くなることが分かりました。	
10. 森の土にはこうして炭素が溜まる	28
有機物分解過程の不明部分を明らかにして炭素蓄積過程をモデル化し、森林土壌の炭素蓄積量を推定しました。	

11. 森林のせせらぎ、その水はどこをどのように流れてきたのか？	30
森林を流れる水の移動経路や起源を安定同位体比などのトレーサー手法と土壌水分・地下水位などの詳細な観測を通じて明らかにしました	
12. 森林をめぐる水の動き	32
スギ林やヒノキ林を舞台に単木～群落スケールで起きる様々な水の動きを明らかにしました	
13. 森林-大気間のエネルギーのやり取りと収支を明らかにする	34
数値シミュレーションを行い森林と大気間のエネルギーや熱のやり取りに関する現象の一端を明らかにするとともに、観測・解析技術の改良により潜熱観測値の精度を向上させ、高精度なデータベースの公開に繋がりました。	
14. 森林生態系での二酸化炭素 (CO₂) の移動と収支を明らかにする	36
森林生態系での CO ₂ の移動と収支を、タワーによる吸収量と森林構成要素の放出量の連続的な観測から明らかにしました。	
15. 森林のメタンフラックス連続測定を可能に	38
レーザー測器を使った連続観測システムを開発し森林のメタンフラックスの時系列変動を明らかにしました。	
16. フラックス観測ネットワークとデータベース公開	40
国内6か所の森林で行っている大気から吸収する二酸化炭素の量（フラックス）の観測結果をデータベース化し、森林総合研究所のウェブサイトを通じて公開しました。	

研究成果の社会還元

1. 講演会、シンポジウム森林講座等	42
2. パンフレット、マニュアル等の刊行・公開	42
3. ホームページによるデータベース等の公開	43
4. プレスリリース等	43
5. 関連公刊図書等	43

はじめに

独立行政法人森林総合研究所では、農林水産大臣が示した第二期中期目標に基づいて、平成18年度から平成22年度にわたる第二期中期計画を策定して研究を推進してきました。本第二期中期計画では、2重点研究領域と5重点研究分野及びこれらを推進するための12重点研究課題を設定しました。

このうち、開発研究を支える基礎研究として位置付けた重点課題イ（イ）a「森林生態系における物質動態の解明」では、中期計画である「温暖化が森林生態系に与える影響の評価、公益的機能の発揮技術の向上等に資するため、森林生態系における物質動態の生物地球化学的プロセスの解明及び水・二酸化炭素・エネルギー動態の解明を行う。」に対して、重点課題基本計画を策定（平成20年12月改訂）し、以下の研究課題群のもとに計画達成に向けて研究を推進しました。

イ（イ）a1 森林生態系における物質動態の生物地球化学的プロセスの解明

イ（イ）a2 森林生態系における水・二酸化炭素・エネルギー動態の解明

ここでは、第二期中期計画期間中に重点課題イ（イ）aで実施した多数の研究を16の主要な研究成果として取りまとめました。本成果集が広く社会に有効に活用されることを願っています。

平成23年3月

独立行政法人 森林総合研究所
重点課題責任者・研究コーディネータ
加藤正樹

重点課題基本計画（平成 20 年 12 月改訂）

イイ a 森林生態系における物質動態の解明

重点課題責任者：加藤正樹（研究コーディネータ）

1. 研究の必要性と目的

研究の背景と必要性

平成 13 年 6 月に改正された「森林・林業基本法」では、基本理念として「1 森林の有する多面的機能の発揮」、「2 林業の持続的かつ健全な発展」を掲げており、森林の国土保全、地球温暖化防止等の多面的機能の発揮が求められている。

平成 18 年 3 月に閣議決定された第三期「科学技術基本計画」では、科学技術の戦略的重点化として「基礎研究の推進」が掲げられている。

平成 17 年 3 月に策定された「農林水産研究基本計画」では、重点目標 2「未来を切り拓く基礎的・基盤的研究」に「(2) 自然循環機能の発揮に向けた農林水産生態系の構造と機能の解明」を掲げている。

平成 17 年 6 月の「第三次環境基本計画策定に向けた考え方」（中央環境審議会総合政策部会）では、「四、持続可能な社会に向けた重点的な取組」の「3. 個別分野：個別の事象ごとに必要となる具体的な分野」として、「①地球温暖化対策」、「②物質循環の確保と循環型社会の構築のための取組」「④環境保全上健全な水循環の確保に向けた取組」を掲げている。

森林総合研究所の中期目標「第 3 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項」の「1 (2) イ (イ) 森林生態系の構造と機能の解明」では、地球温暖化が生態系に与える影響評価、山地災害及び生物被害の予測・軽減、持続可能な森林管理等に対応する技術開発を効率的に推進するため、森林生態系における物質動態の解明及び森林生態系における生物群集の動態の解明を行うとしている。

こうした背景には、近年特に危惧されている温暖化等の地球環境問題や森林管理の粗放化等に伴う多面的機能への影響評価等の早急に対処すべき諸問題がある。これら緊急に対応すべき技術開発研究を効率的に推進するためには、森林生態系における二酸化炭素を含む多様な物質の移動循環・貯留、並びに物質移動の主要媒体である水・エネルギー等の輸送や収支に関わる基礎的プロセスを解明することが不可欠である。

中期計画

温暖化が森林生態系に与える影響の評価、公益的機能の発揮技術の向上等に資するため、森林生態系における物質動態の生物地球化学的プロセスの解明及び水・二酸化炭素・エネルギー動態の解明を行う。

研究の目的

温暖化等の地球環境問題や森林管理の粗放化等に伴う各種多面的機能への影響等、近年特に危惧されている問題に対応する技術開発研究を支える基礎研究として、

(1) 森林生態系における各種物質の動態に関わる生物地球化学的プロセスを解明するため、物質動態に関わる土壤中での物理-化学的プロセス、植物や微生物に関わる生物-化学的プロセス、有機物の分解や土壌炭素の蓄積変動プロセス等を解明するとともに、渓流水質の広域評価を行う。

(2) 森林生態系における水・二酸化炭素・エネルギーの動態を明らかにするため、森林流域における水の移動・流出、二酸化炭素やエネルギーの輸送・収支に関わる基礎的プロセスの解明を行う。

2. 期待される成果の利活用

(1) 土壌中及び森林生態系内外の物質動態に関わる物理・化学・生物的プロセスを解明するとともに、渓流水質の広域評価を行って水質モニタリングデータベースを公表し、森林の水質保全機能や温暖化防止機能等の多面的機能の変動評価技術の向上に資する。

(2) 森林流域における水・エネルギー・二酸化炭素等の輸送に関わる素過程の解明を通じて、森林生態系における物質動態の解明に寄与するとともに、温暖化が森林生態系に与える影響の評価、森林の持つ多面的機能の変動評価技術の向上に資する。

3. 研究内容と期間内に達成すべき成果

(1) 森林生態系における負荷物質の流入・蓄積・移動や土壌元素の動態に関わる物理・化学的プロセス、土壌養分の供給と植物の吸収・利用、樹木の細根動態や根系共生微生物等の物質動態に関わる生物・化学的プロセス及び有機物分解等の土壌炭素蓄積やその変動に関わるプロセスを解明する。また、渓流水質の広域評価を行うとともに、水質モニタリングデータベースを公表する。

(2) 森林群落における水輸送と森林流域における水流出の変動要因を解明し、水移動過程のモデリングを行う。森林-大気間の二酸化炭素交換量の観測精度を向上させ、二酸化炭素輸送過程と収支を解明する。

4. 研究計画（研究実施年度）

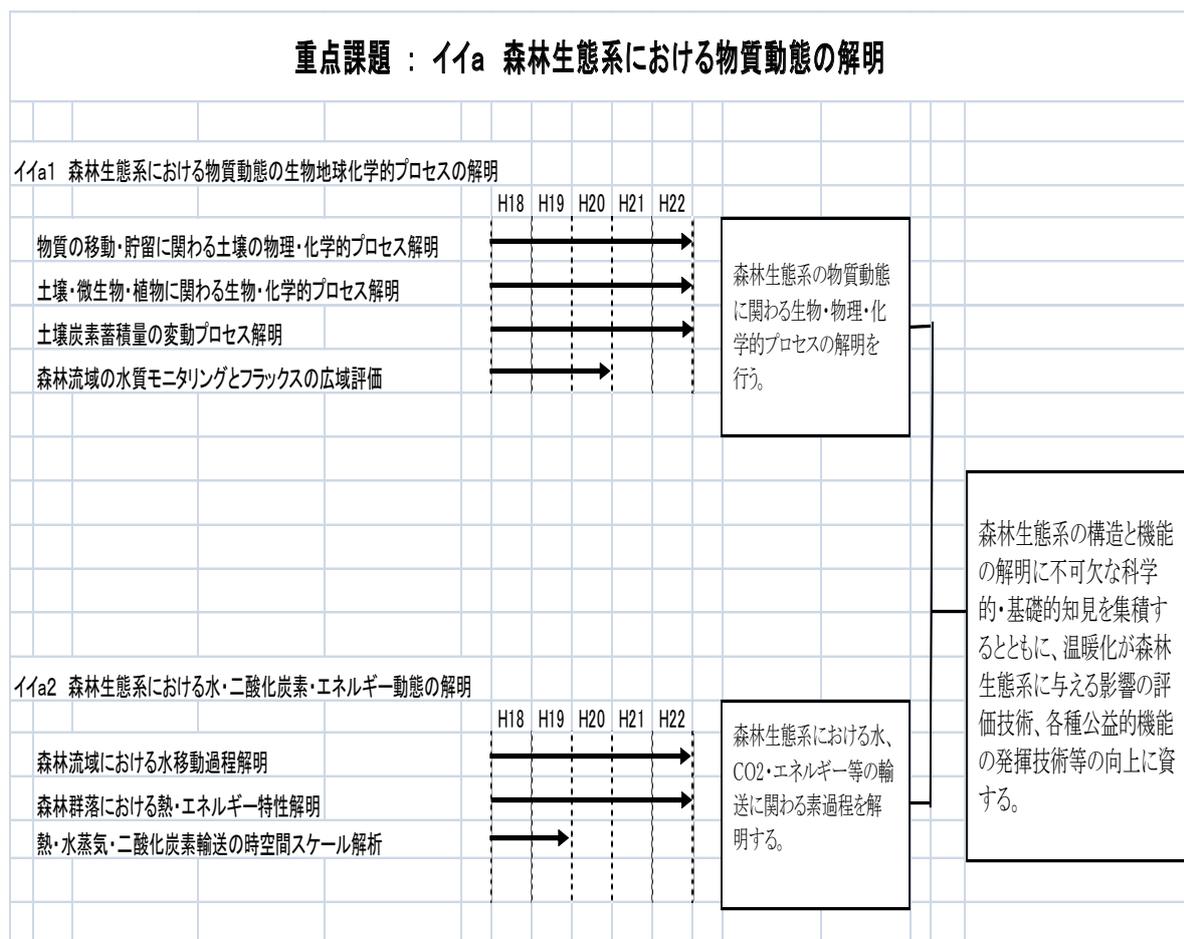
イイa1 研究課題群名：森林生態系における物質動態の生物地球化学的プロセスの解明

責任者：金子真司（立地環境研究領域長）：H18 H19 H20 H21 H22

イイa2 研究課題群名：森林生態系における水・二酸化炭素・エネルギー動態の解明

責任者：大谷義一（気象環境研究領域長）：H18 H19 H20 H21 H22

5. 研究全体のフローチャート



研究課題群研究計画（平成20年12月改訂）

研究課題群名：イイa1 森林生態系における物質動態の生物地球化学的プロセスの解明

責任者：高橋正通（立地環境研究領域長）

重点課題名：イイa 森林生態系における物質動態の解明

1. 概要

背景

温暖化等の地球環境問題や森林管理の粗放化に伴う各種多面的機能への影響が危惧されている。また、持続可能な森林管理に対応する技術の開発が求められている。このような研究開発の進展に資するため、森林生態系の物質動態を定量的に評価するとともに、生態系の物質動態に関する基礎的な知見の集積と解明を行う。

重点課題における位置づけ

温暖化等の地球環境問題や森林が持つ多面的機能の維持向上等に対応する技術開発研究を効率的に推進するためには、森林生態系存立の基盤である物質動態の解明が不可欠である。重点課題「森林生態系における物質動態の解明」において、本研究課題群では、森林の炭素蓄積機能や水質保全等の多面的機能に強く関与する各種物質動態に関わる生物地球化学的プロセスの解明を行う。

達成目標

渓流水質の主要溶存成分の解析・評価手法を構築して広域評価を行う。また、森林土壌の物質動態と土壌特性の変化に関わる物理・化学的プロセス、土壌－微生物－植物を通じた生態系内部循環に関わる生物・化学的プロセス及び土壌炭素蓄積量の変動プロセスを明らかにする。

1) 目的

渓流水質の解析・評価手法を構築するとともに広域評価を行い、森林の水質保全機能等の多面的機能の変動評価技術の向上に資する。また、森林生態系における各種物質の動態に関わる生物地球化学的プロセスの解明を行う。

2) 内容

(1) 降水や渓流水について、既存のモニタリングデータをデータベース化し、主要溶存成分の解析・評価手法を構築するとともに、渓流水質の広域調査を行い溶存成分フラックスの広域評価を行う。

(2) 森林生態系外部からの負荷物質の流入・蓄積・移動や土壌中の元素の動態に関わる物理・化学的プロセス、土壌養分の供給と植物の養分吸収・利用、樹木の根系や根系共生微生物等の物質動態に関わる生物・化学的プロセス及び様々な気候帯における有機物の分解等土壌炭素の蓄積や変動に関わるプロセスを解明する。

3) 達成すべき成果

森林生態系内外及び土壌中の物質動態に関わる生物・物理・化学的プロセスを解析し、渓流水質の形成機構、環境変化や人為影響による土壌変化、土壌養分の有効化、根系共生微生物と樹木との共生や植物の養分吸収、土壌炭素の現存量や有機物分解に伴う化学成分の変化等を解明する。森林生態系の渓流水質について解析手法を確立し、広域評価を行うとともに、降水や渓流水の水質モニタリングデータベースを公表する。これらにより森林の水質保全機能や炭素蓄積機能等の多面的機能の変動評価技術の確立に貢献する。土壌酸性化影響の指標として樹木の根におけるカロール蓄積の有効性を解明する。

2. 研究計画（研究実施年度）

イイa101 研究項目名：森林の物質動態における生物・物理・化学的プロセスの解明（一般研究費）

責任者：高橋正通（立地環境研究領域長）：H18 H19 H20 H21 H22

イイa111 プロジェクト名：森林流域の水質モニタリングとフラックスの広域評価（交付金プロ）

責任者：高橋正通（立地環境研究領域長）：H18 H19 H20

イイa112 プロジェクト名：根の生理指標を用いた土壌酸性化に対する樹木への影響評価（科研費）

責任者：平野恭弘（関西支所・森林環境研究グループ）：H18 H19 H20

3. その他

なし。

研究課題群研究計画（平成20年12月改訂）

研究課題群名：イイa2 森林生態系における水・二酸化炭素・エネルギー動態の解明

責任者：大谷義一（気象環境研究領域）

重点課題名：イイa 森林生態系における物質動態の解明

1. 概要

背景

平成13年6月に改訂された「森林・林業基本法」で、森林の国土保全、地球温暖化防止等の多面的機能の発揮が求められている。平成17年3月に策定された「農林水産研究基本計画」では、自然循環機能の発揮に向けた農林水産生態系の構造と機能の解明が掲げられた。

重点課題における位置づけ

温暖化等の地球環境問題や森林が持つ各種多面的機能の維持向上等に対応する技術開発研究を効率的に推進するためには、森林生態系存立の基盤である物質動態の解明が不可欠である。重点課題「森林生態系における物質動態の解明」において、本研究課題群では、森林生態系における二酸化炭素の動態及び物質移動の主要媒体である水・エネルギーの輸送や収支に関わる基礎的プロセスの解明を行う。

達成目標

森林群落における水輸送過程と森林流域における水流出変動要因の解明、森林-大気間の二酸化炭素・エネルギー輸送過程と収支の解明を通じて森林生態系における物質動態の解明に役立てる。

1) 目的

森林群落における水輸送及び森林流域における水流出変動要因の解明、森林-大気間の二酸化炭素・エネルギー輸送過程と収支の解明を行う。

2) 内容

森林生態系の水動態に関し、森林群落における水輸送特性と安定同位体比の変動特性、森林流域における流出発生域の変動特性、水分布と流出との関係を解明し、水移動過程のモデリングを行う。森林生態系の二酸化炭素輸送とエネルギー交換に関し、微気象要素の乱流変動と群落構成要素の分布との関係を解析し、二酸化炭素・エネルギーフラックスの形成過程と収支を解明するとともに、群落スケールでの森林-大気間の二酸化炭素交換量の観測精度を向上させる。

3) 達成すべき成果

森林流域における水移動の空間的・時間的な変動要因の解明、及びエネルギー収支に影響する要因を解明し、あわせて二酸化炭素輸送量の観測精度を向上させる。これにより、森林生態系における物質動態の解明、温暖化が森林生態系に与える影響の評価技術、及び水資源かん養機能等の森林の多面的機能の発揮技術の向上に役立てる。

2. 研究計画（研究実施年度）

イイa201 研究項目名：森林生態系における水・エネルギー移動プロセスの解明（一般研究費）

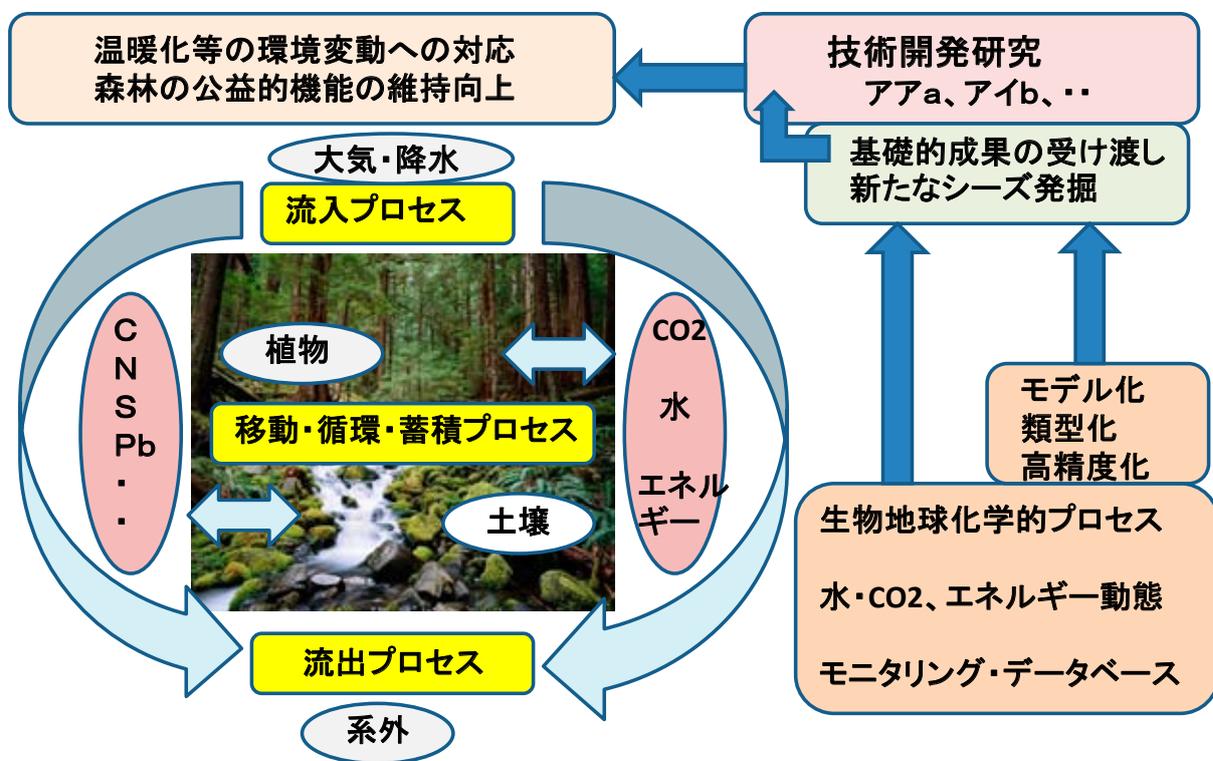
責任者：大谷義一（気象環境研究領域長）：H18 H19 H20 H21 H22

3. その他

なし。

重点課題の概念図

イイa 森林生態系における物質動態の解明



研究課題一覧

課題番号	課題一覧	開始年	終了年	責任者	費目
	森林生物の機能と森林生態系の動態の解明に向けた基礎研究				
イ	重点分野 森林生態系の構造と機能の解明				
イ a	重点課題 森林生態系における物質動態の解明			加藤 正樹	
イ a 1	研究課題群 森林生態系における物質動態の生物地球化学的プロセスの解明			高橋 正通・金子 真司	
イ a 1 0 1	研究項目 森林の物質動態における生物・物理・化学的プロセスの解明	18	22		
イ a 1 0 1 0 1	実行課題 森林の物質動態における土壌の物理・化学的プロセスの解明	18	22	吉永 秀一郎・大貫 皓浩	一般研究費
イ a 1 0 1 0 2	実行課題 土壌・微生物・植物間の物質動態に関わる生物・化学的プロセスの解明	18	22	金子 真司・三浦 寛	一般研究費
イ a 1 0 1 0 3	実行課題 土壌炭素蓄積量の変動プロセスの解明	18	22	松浦 陽次郎	一般研究費
イ a 1 0 1 5 1	小プロ課題 黄砂の森林への影響評価と乾性降下物の起源・寄与率の推定	15	18	酒井 正治	科研費
イ a 1 0 1 5 2	小プロ課題 観測衛星 A LOS による熱帯季節林の土壌水分環境と落葉フェノロジーの関係解析	16	18	伊藤 江利子	科研費
イ a 1 0 1 5 3	小プロ課題 森林土壌におけるエステル硫酸イオウの保持機構の解明	17	20	谷川 東子	科研費
イ a 1 0 1 5 4	小プロ課題 森林における地温の上昇が樹木細根の生産量と枯死量に与える影響の評価	17	19	野口 亨太郎	科研費
イ a 1 0 1 5 5	小プロ課題 界面化学的手法による森林土壌の撥水性発現メカニズムの解明	17	18	小林 政広	科研費
イ a 1 0 1 5 6	小プロ課題 湿润熱帯・マメ科早生樹造林地帯における土壌酸化メカニズムの解明と発現予測	18	18	小田 永晴	科研費(分担)
イ a 1 0 1 5 7	小プロ課題 広葉樹および針葉樹森林生態系の資源獲得量に対する資源利用効率と一次生産の変動予測	18	19	稲垣 善之	科研費(分担)
イ a 1 0 1 5 8	小プロ課題 極東ロシアにおける最終氷期以降の植生変遷	16	18	池田 重人	科研費(分担)
イ a 1 0 1 5 9	小プロ課題 シベリアタイガ永久凍土地帯における環境変動の兆候の広域評価	17	18	松浦 陽次郎	学振先端拠点
イ a 1 0 1 6 0	小プロ課題 シベリア・タイガにおける森林構造発達と窒素動態様式の相互関係	17	19	高橋 正通	科研費(分担)
イ a 1 0 1 6 1	小プロ課題 スギ林「切り捨て間伐」が森林生態系の窒素動態に及ぼす影響の解明	18	20	金子 真司	科研費
イ a 1 0 1 6 2	小プロ課題 森林小流域における土壌及び湧水からの重酸化窒素年間放出量及び生成経路の解明	18	20	森下 智陽	科研費
イ a 1 0 1 6 3	小プロ課題 新しい機器を用いた樹木根系の空間分布及び動態の解明	18	20	平野 恭弘	科研費(分担)
イ a 1 0 1 6 4	小プロ課題 日本版森林生態系土壌モデルの構築と土壌炭素動態の将来予測	18	19	橋本 昌司	科研費
イ a 1 0 1 6 5	小プロ課題 クロノセクス法を用いた森林土壌における有機炭素蓄積速度の評価	19	21	吉永 秀一郎	科研費
イ a 1 0 1 6 6	小プロ課題 放射性炭素を利用した土壌呼吸起源の定量的評価とその変動因子の解明	19	20	石塚 成宏	科研費(分担)
イ a 1 0 1 6 7	小プロ課題 環境傾度に沿った森林土壌の物質循環調整機能の広域評価	19	21	稲垣 善之	科研費(分担)
イ a 1 0 1 6 8	小プロ課題 白色・褐色腐朽等の腐朽様式を考慮した枯死木成分別分解モデルの開発	20	22	石塚 成宏	科研費
イ a 1 0 1 6 9	小プロ課題 土壌攪乱を最小化した細根生産量の新たな評価方法の確立	20	22	平野 恭弘	科研費
イ a 1 0 1 7 0	小プロ課題 展葉の不均一性に着目した季節性熱帯常緑林における乾季蒸散量の時系列推定	20	22	伊藤 江利子	科研費
イ a 1 0 1 7 1	小プロ課題 高精度な古植生復元のための針葉樹を主体とする気孔分析法の確立	20	22	志知 幸治	科研費
イ a 1 0 1 7 2	小プロ課題 難分解性有機物「リグニン」を指標とした、森林土壌における腐植生成プロセスの解析	20	22	小野 賢二	科研費
イ a 1 0 1 7 3	小プロ課題 3次元土壌 CO2 ガス発生・移動シミュレーションモデルの開発	20	22	橋本 昌司	科研費
イ a 1 0 1 7 4	小プロ課題 CO2 付加装置による変動環境下での落葉樹・共生菌系の炭素転流と土壌呼吸評価	20	22	宇都木 玄	科研費(分担)
イ a 1 0 1 7 5	小プロ課題 大気由来の窒素に着目した流域の窒素収支に関する研究	20	21	伊藤 優子	助成金
イ a 1 0 1 7 6	小プロ課題 エアロゾルの樹木への吸収・吸着機構の解明	20	24	黒田 克史	科研費(分担)
イ a 1 0 1 7 7	小プロ課題 樹木に対するエアロゾルの影響とその樹種間差異の解明	20	24	石田 厚	科研費(分担)
イ a 1 0 1 7 8	小プロ課題 エタノール発酵廃液の農地施用が土壌環境に及ぼす影響評価に関する研究	21	24	小林 政広	科研費(分担)
イ a 1 0 1 7 9	小プロ課題 ニホンジカの採食圧の軽減と土壌窒素流出との関係の解明	21	23	古澤 仁美	科研費
イ a 1 0 1 8 0	小プロ課題 逆解析による森林土壌の有効水特性の評価	21	23	小林 政広	科研費
イ a 1 0 1 8 1	小プロ課題 倒木上に成立したヒノキ実生の養分獲得における菌根の寄与の解明	21	23	溝口 岳男	科研費
イ a 1 0 1 8 2	小プロ課題 森林土壌におけるグロマリン現存量と土壌有機物の解明	21	23	谷川 東子	科研費
イ a 1 0 1 8 3	小プロ課題 持続可能な土地利用のための農林土壌の生物多様性指標	21	23	高橋 正通	科研費(分担)
イ a 1 0 1 8 4	小プロ課題 黄砂を含む大気エアロゾルの森林による除去機能に関する研究	21	22	酒井 正治	助成金
イ a 1 0 1 8 5	小プロ課題 窒素安定同位体比を用いた窒素態と現象発生機構の解明	22	24	稲垣 善之	科研費
イ a 1 0 1 8 6	小プロ課題 豪雨・台風による森林域の栄養動態に関する実証的研究	22	24	篠宮 佳樹	科研費
イ a 1 0 1 8 7	小プロ課題 酸性化に伴う森林土壌の重金属保持機能の変化と溶出リスク予測に関する研究	22	24	谷川 東子	科研費
イ a 1 0 1 8 8	小プロ課題 過去の土地利用が生態系の炭素・養分の蓄積及び植物の養分利用に与える影響	22	25	長谷川 元洋	科研費
イ a 1 0 1 8 9	小プロ課題 土を掘らずに地中探査用レーザを用いて樹木根バイオマスを推定する方法の確立	22	26	谷川 東子	科研費(分担)
イ a 1 0 1 9 0	小プロ課題 気候変動による積雪変化が森林土壌の物質循環機能に及ぼす影響	22	24	稲垣 善之	科研費(分担)
イ a 1 0 1 9 1	小プロ課題 窒素飽和森林流域から下流域への有害重金属溶出リスクに関する研究	22	22	伊藤 優子	助成金
イ a 1 0 1 9 2	小プロ課題 陸域結核炭酸塩(鍾乳石とトワファ)からひとと自然の関わりを紐解く	22	24	岡本 透	科研費(分担)
イ a 1 0 1 9 3	小プロ課題 D N A 定置法を用いた新たな細根バイオマス量の測定手法の開発	22	23	鶴川 信	科研費
イ a 1 0 1 9 4	小プロ課題 高エネルギーX線吸収分光法を用いた土壌中イオウ化合物の形態とその分解抵抗性の解明	22	23	谷川 東子	助成金
イ a 1 1 1	プロジェクト課題 森林流域の水質モニタリングとフラックスの広域評価	17	20	高橋 正通	交付金プロ
イ a 1 1 2	プロジェクト課題 根の生理指標を用いた土壌酸性化に対する樹木への影響評価	18	20	平野 恭弘	科研費
イ a 2	研究課題群 森林生態系における水・二酸化炭素・エネルギー動態の解明			大谷 義一	
イ a 2 0 1	研究項目 森林生態系における水・エネルギー移動プロセスの解明	18	22		
イ a 2 0 1 0 1	実行課題 森林生態系における水動態の解明	18	22	大谷 義一	一般研究費
イ a 2 0 1 0 2	実行課題 森林生態系の微気象特性の解明	18	22	坪山 良夫	一般研究費
イ a 2 0 1 5 1	小プロ課題 大気中における熱・水蒸気・二酸化炭素輸送の時空間スケール解析	17	19	中井 裕一・溝口 靖子	科研費(分担)
イ a 2 0 1 5 2	小プロ課題 複雑地形上における森林と大気間における水蒸気・二酸化炭素交換速度の算定手法の開発	17	18	大谷 義一	科研費(分担)
イ a 2 0 1 5 3	小プロ課題 土壌中における二酸化炭素濃度の鉛直・水平分布と時間変動の解明	18	19	清水 貴樹	科研費(分担)
イ a 2 0 1 5 4	小プロ課題 基岩-土壌-植生-大気連続系モデルの開発による未観測山地流域の洪水雨水の変動予測	18	21	安田 幸生	科研費
イ a 2 0 1 5 5	小プロ課題 アジアフラックス活動を機軸としたアジア地域陸域生態系の炭素収支観測に関する標準化と	18	18	細田 育広	科研費(分担)
イ a 2 0 1 5 6	小プロ課題 植物群落における熱・水・炭素循環過程と群落の成長・衰退過程の統合モデル化	19	20	大谷 義一	助成金
イ a 2 0 1 5 7	小プロ課題 渦相関フラックス測定に伴う熱収支インバランス現象の解明	19	21	高梨 聡	科研費
イ a 2 0 1 5 8	小プロ課題 化学輸送モデルとシステム分析の融合による二次粒子排出・生成・影響の包括的評価	19	21	溝口 康子	科研費(分担)
イ a 2 0 1 5 9	小プロ課題 森林の呼吸量推定の高精度化	20	22	小南 裕志	科研費
イ a 2 0 1 6 0	小プロ課題 日本列島における酸性雪の一斉動態調査研究	20	22	小南 裕志	科研費
イ a 2 0 1 6 1	小プロ課題 熱帯落葉林における上層木と下層樹木の蒸散量の個別評価	21	23	竹内 由香里	科研費(分担)
イ a 2 0 1 6 2	小プロ課題 タワー観測のネットワーク化による東南アジアの大気-森林相互作用の解明	21	23	飯田 真一	科研費
イ a 2 0 1 6 3	小プロ課題 炭素安定同位体比観測による可搬型生態系炭素動態評価システムの開発	22	25	高梨 聡	科研費
イ a 2 1 1	プロジェクト課題 日本の落葉広葉樹林における炭素および全炭化水素フラックスの高精度推定	21	22	高梨 聡	科研費(分担)
				深山 貴文	環境総合

イオウを保持する火山灰土 —その仕組みと保持量—

関西支所
立地環境研究領域

谷川東子
今矢明宏

日本には欧米と同程度の酸性雨が降っているが、欧米と異なり著しい土壌酸性化は報告されていません。その理由をさぐるため、日本に広く分布する火山灰土におけるイオウの保持量と保持する仕組みを解析しました。その結果、日本の火山灰土は、酸性雨の被害が早くから報告されたドイツの土壌に比べ数倍のイオウを保持していることが明らかになりました。イオウ保持量は電荷をもつ土壌成分である遊離酸化物の量に依存しており、火山灰土はこの遊離酸化物を多く含むためにイオウを保持する能力が高いと考えられます。土壌がイオウを保持することによって養分やアルミニウムイオンの流出が抑制されることが、日本の土壌の酸性化が進行しない原因の一つであると推察されます。

日本の土壌は酸性化しにくい？

産業革命以降、化石燃料の消費により大量のイオウが大気に放出されてきました。イオウの溶け込んだ酸性雨は、土壌から養分を洗い流し酸性化させます。欧米では、このような「土壌の酸性化」が原因とみられる森林衰退がいくつも報告されてきました。一方、日本の降雨にも欧米と同程度の量のイオウが含まれていますが、深刻な土壌の酸性化は報告されていません。

土壌の酸性化を防ぐ仕組みの一つに、イオウ化合物の保持があります。図1の左図のようにイオウ保持力の弱い土壌にイオウを含んだ雨が降ると、土はイオウを保持しきれずに流亡させます。流亡するイオウは硫酸イオンというマイナスの電気を帯びた形態をしているため、電気的中性を保つようにプラスの電気を帯びた養分（カルシウムなど）や有害なアルミニウムイオンを伴って系外へ流出します。一方、図1の右図のようにイオウ保持力の高い土壌では、同量のイオウが供給されても、土壌がイオウを保持しその流出量を抑えるため、養分やアルミニウムイオンの流出量も抑えられ、土壌の酸性化は進みません。では、酸性化しにくい日本の土壌は、イオウ保持力が高いのでしょうか？

火山灰土には多量のイオウが含まれていた

日本には火山灰の供給を受けて生成した「火山灰土」が広く分布しています。本研究で火山灰土のイオウ現存量を解析したところ、その量は土壌1kgあたり540～2240mgであり、欧米の森林土壌が通常、数十～数百mg程度であるのに対し、はるかに多いことがわかりま

した。1haの林地において表層から1m深までに蓄積しているイオウ量に換算すると、酸性雨による森林被害が最も早く見つかったドイツでは1～4トン程度であるのに対し、関東地方の森林の火山灰土では最大9トンにもなりました（図2）。このように日本の火山灰土は火山灰を含まないドイツの土壌の数倍のイオウを保持していることが明らかになりました。

イオウを保持する土壌の成分

では日本の火山灰土は、どのような仕組みで多量のイオウを保持しているのでしょうか。調査の結果、土壌のイオウ含量は遊離酸化物含量が高いほど高くなることが分かりました（図3）。遊離酸化物は、母岩や火山灰（火山噴出物を含む）から生成されるプラスの電気をもった成分で、火山灰土に豊富に含まれています。従って、火山灰土は他の土壌よりイオウを保持する力が強く、酸性化しにくいと考えられました。しかし、火山の分布の少ない地域の土壌では、遊離酸化物が少ししか含まれていないので、イオウの供給量が増加した場合に土壌が保持しきれずに、養分やアルミニウムが流出する（土壌酸性化が起きる）可能性があります。本研究の結果は、遊離酸化物量が酸性雨に対する土壌の脆弱性の指標として利用できることを示しています。この知見は、渓流水などの酸性化の原因解明や、越境大気汚染の影響予測に役立ちます。

詳細は Tanikawa 他 (2009) Geoderma 151 巻 42-49 頁 をご参照ください。

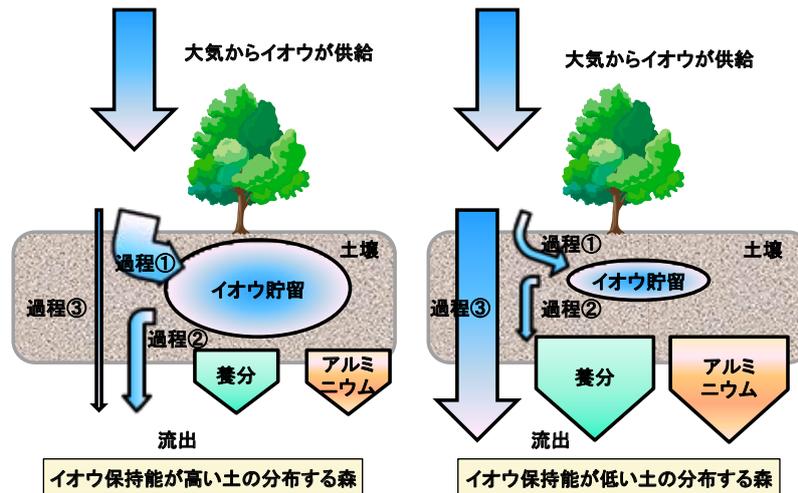


図1. 大気から供給されたイオウに対し、イオウ保持能の異なる2タイプの土壌が示す反応過程
 過程① 硫酸イオンの吸着、生物による有機化等の反応により、土壌にイオウが貯留される。
 過程② 硫酸イオンの脱着、無機化等の反応により、土壌からイオウが溶脱する。
 過程③ 土壌による保持反応を経験せずに、イオウが通過する。
 ②および③の過程で土壌から流出するイオウは、硫酸イオン (SO_4^{2-}) の形態をとるため、電気的中性を保つために陽イオンを随伴します。このため、イオウ貯留が大きいと養分・アルミニウムイオンの流失が少なく、逆に小さいとそれらの流出が多くなります。

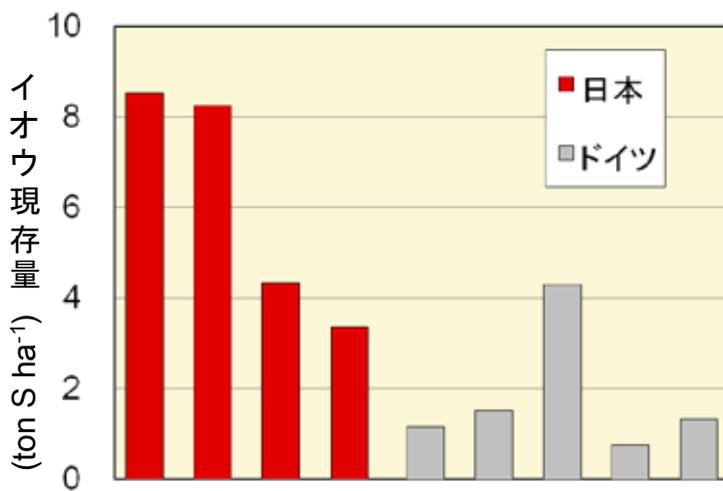


図2. 火山灰土（日本）とドイツの土壌のイオウ現存量
 (1haあたり表層から約1m深まで)

ドイツの数値は Zucker and Zech (1985)、Prietz et al. (2001) より引用もしくは算出しました。日本の火山灰土は、ドイツの土の数倍の量のイオウを蓄積しています。

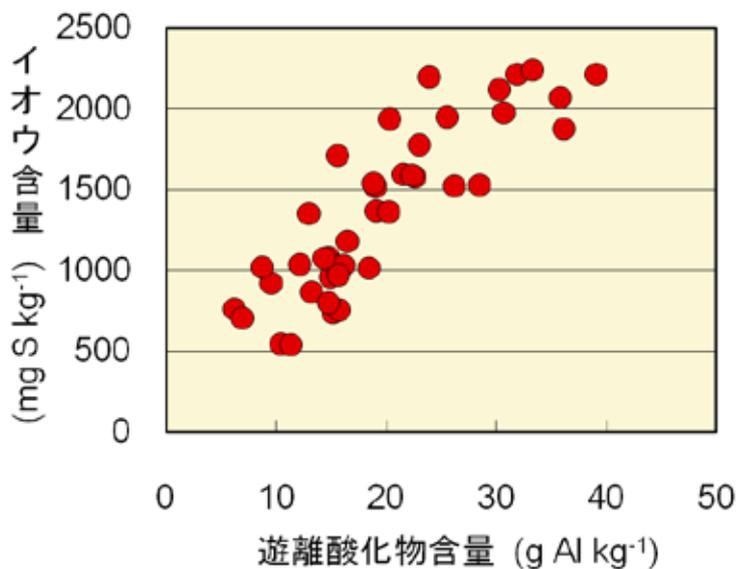


図3. 火山灰土における遊離酸化物含量*とイオウ含量の関係

*ここではジチオナイト抽出アルミニウム含量を用いました。遊離酸化物含量が多ければイオウ含量も多いことが分かります。

森林の持つ環境汚染物質に対するフィルター機能の発揮

立地環境研究領域
四国支所
木曾試験地
九州支所

伊藤優子
野口享太郎
岡本 透
吉永秀一郎

鉛は二十世紀後半にガソリンのアンチノック剤として大量に使用され、排気ガスとともに大量に大気中に排出されました。ガソリンの無鉛化対策の実施により国内での排出量は減少しましたが、現在でも様々な人間活動に由来する鉛が大気中に排出され続けています。鉛は少量でも生物にとって有害な物質です。大気中に排出された鉛は広い範囲に広がり、また、環境中に長期間とどまります。そのため、大気から森林に流入した環境汚染物質である鉛の動きを調べるため、鉛の同位体分析を行った結果、鉛は土壌表層部に蓄積し、樹木との間で循環していることが明らかになりました。森林は大気中の鉛を保持し、鉛が外部へ流出することを防ぎ、環境を浄化する働きをしています。

鉛は古代ローマ時代には既に水道管や酒器などに使われていました。また、二十世紀後半にはガソリンのアンチノック剤として使用され、排気ガスとともに大量に大気中に排出されました。日本はいち早くガソリンの無鉛化の対策を実施しました。しかし、国内での排出量は減少しましたが、現在でも様々な人間活動に由来する鉛が大気中に排出され続けています。鉛は少量でも生物にとって有害な物質です。大気中に排出された鉛は広い範囲に広がり、また、環境中に長期間とどまります。そこで、私たちは、大気から流入した鉛が、森林生態系の中でどのように分布しているかを明らかにするために、関東地方のスギ林で降水、土壌、樹木中に含まれる鉛の同位体の割合を分析しました。

同じ様で違う鉛、鉛の同位体

鉛は質量数の異なる複数の同位体を持ち、含まれている同位体の割合の違いにより起源や発生源の違いを推定できます。例えば、大気中のエアロゾルに含まれる鉛と、土壌の母材（岩石鉱物）に含まれる鉛の同位体の割合が異なる場合、このことを利用して、樹木中の鉛が大気からもたらされたものか、その場所の土壌から吸収されたものかを区別することができます。

森林のフィルター効果

分析の結果、森林の樹木および土壌の浅い部分（表層から10～15センチ位まで）の同位体の割合（同位体比）

は土壌下層と大きく異なり、大気から入る鉛（降水中の鉛）に近い値になりました（図1）。このことは、大気中の鉛が、森林の土壌表層に蓄積していること、また、樹木が土壌中の鉛を吸収していること、さらに、再び落ち葉が林床に落ちることにより、鉛が森林内で循環していることを示しています（図2）。すなわち、森林は大気から流入した鉛を捕捉するフィルターの効果をもち、大気環境を浄化し、かつ水質を良好に保つ機能を発揮していることが明らかになりました。

このような森林の大気や水をきれいにするフィルター効果は私たちの生活にとってはかかせない機能です。このような機能を十分に発揮できるよう健全な森林を維持していく必要があります。しかし、これまでに森林の樹木や土壌に蓄積した汚染物質が将来、環境変動に伴い河川へ流出し水質を悪化させたりする可能性も考えられます。今後は、森林に蓄積した鉛などの重金属がどのように移動したり、広がったりしていくのか、また、森林生態系の生き物におよぼす影響などについての研究が必要です。

参考文献

- Yuko Itoh et al(2006) Journal of Forest Research . 11: 137-142
Yuko Itoh et al(2007) Applied Geochemistry. 22(6): 1223-1228

森林土壌の水移動に伴う物質フラックス

立地環境研究領域
立地環境研究領域
立地環境研究領域
九州支所
九州支所

大貫靖浩
小林政広
篠宮佳樹
釣田竜也
吉永秀一郎

森林生態系内の物質動態を明らかにするためには、土壌中における水溶性物質のフラックス（単位面積を単位時間に通過する物質の量）を明らかにする必要があります。しかし、森林土壌中の水移動量の測定が難しかったため、測定例がほとんどないのが実情でした。この課題では、ポラスプレート（透水性のある素焼きの円盤）を土壌中に埋設して周囲の土壌の湿り具合に応じて吸引する方法（ポラスプレートライシメータ法）を用いて、森林土壌中における水移動量、物質移動量を明らかにしました。

森林生態系では多くの物質が水に溶けた形で移動しています。一般に、森林に流入する水と森林から流出する水では物質組成（水質）が大きく異なります。この水質変化の多くは土壌中で起きているため、土壌中での物質フラックスを明らかにして、より詳しい物質収支を求める必要があります。しかし、森林土壌中の水フラックスの測定は難しく、物質フラックスを測定した例は極めて少ないのが実情でした。この課題では、以下に述べるポラスプレートライシメータ法を適用して森林土壌中における水フラックス、物質フラックスを明らかにしました。

方法

茨城県内の落葉広葉樹林の土層に、ポラスプレート（透水性のある素焼きの円盤：写真1）を埋設し、周囲の土壌の湿り具合に応じて吸引して土壌中を下向きに移動する水を採水しました（この方法をポラスプレートライシメータ法と呼びます）。ポラスプレートは、樹木の吸水などの影響が小さいと考えられる深さ90cmに設置しました。吸引圧は、ポラスプレート付近の土壌の水分張力（土壌の湿り具合）よりやや高くなるように設定し、20分に一回の頻度で調整しました（図1）。

結果

2009年の1年間に1295mmの林内雨（林の中で測った雨）が観測されました。これに対して土壌の深さ90cmの水フラックスは、積算値で938mmでした。データを3ヶ月ごとに区切って表すと（図2）、冬の落葉期には林内雨と水フラックスがほぼ同じになりました。一方、夏の着葉期には水フラックスは林内雨を大幅に下回

りました。これは、落葉期には樹木が土壌から水を吸収せず、着葉期には盛んに吸収していることの影響と考えられます。

この期間に採取した土壌水に含まれるケイ素の濃度の変化に着目すると（図3）、冬季に低く夏季に高くなる傾向が明らかです。ケイ素は雨には含まれない成分であり、土壌を構成する鉱物の風化により溶け出します。風化の速度は温度が高いときほど大きくなるので、気温の高い夏季にケイ素の濃度が上昇したと考えられます。水フラックスと物質濃度を掛け合わせて積算することにより物質フラックスが計算できます（図4）。深度90cmの期間ごとのケイ素の積算フラックスは、水フラックスと同じように変化していました。これは、ケイ素のフラックスが水の通過量（移動量）にほぼ比例していることを示しています。

以上のように、ポラスプレートライシメータ法により、これまで難しかった土壌中の水と物質のフラックスの測定が可能となりました。この成果は、森林での物質動態における土壌中の生物的・化学的過程の影響の評価に役立ちます。さらに、気候変動や森林管理の変化などが森林生態系に与える影響を把握するための水質変化や物質動態のモニタリングを高度化することにもつながります。

参考文献

篠宮佳樹ほか(2007) 水文・水資源学会誌、21：126-139
釣田竜也ほか(2009) 日本森林学会誌 91：151-158

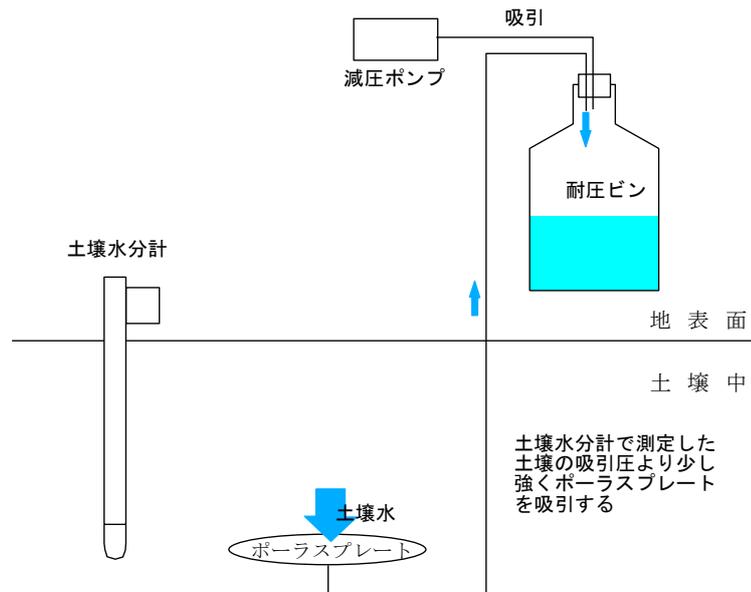


図1 ポラスプレートライシメータ周囲の土壌の湿り具合に応じて吸引し、下向きに移動する土壌水を採取する。一定面積を一定時間に流れる水と物質の量が測れる。

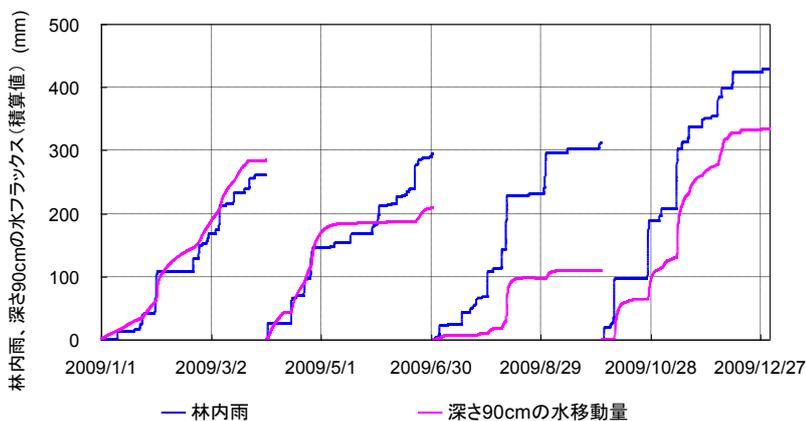


図2 期間ごとの林内雨と深さ90cmの水フラックス(積算)
落葉期は樹木による吸水がないので林内雨と土壌中の水フラックスはほぼ同じになるが、着葉期は樹木が盛んに吸水するため、土壌中の下向きの水フラックスが少なくなる。

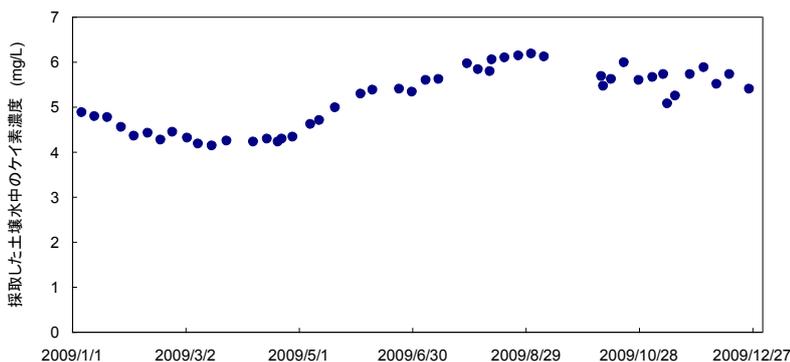


図3 採水した土壌水中のケイ素濃度
気温の高い夏季は土壌中の鉱物の風化速度が大きくなるため高濃度になる。

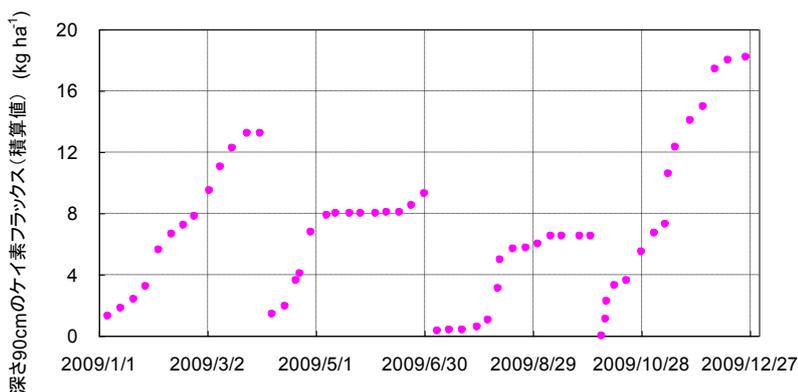


図4 期間ごとの土壌の深さ90cmにおけるケイ素フラックス
水フラックスと同じように変動する。

森林流域の長期水質モニタリングとデータベースの公開

立地環境研究領域	金子真司、池田重人、田中永晴、稲垣昌宏、志知幸治、大貫靖浩、篠宮佳樹
木曾試験地	岡本 透
北海道支所	相澤州平
関西支所	鳥居厚志、溝口岳男
九州支所	吉永秀一郎、釣田竜也

森林総合研究所では、1990年代から全国の7地域に設定したモニタリング調査地で、降水や渓流水の水質観測を行ってきました。森林域でもpH5以下の雨は普通にみられましたが、長期的な酸性化の傾向は認められていません。また、森林流域で多くの溶存物質は流入量よりも流出量が多い結果でしたが、窒素ではほとんどの流域で流入量より流出量が少なく、流域内に保持されていることなどが明らかになりました。これまでの長期モニタリングで蓄積してきた水質データはデータベースとして整備し、森林総合研究所のウェブサイトを通じて公開しました。これにより、森林域での長期の水質データが利用しやすくなり、経時的あるいは広域的な解析が容易になりました。

森林流域における降水と渓流水の水質モニタリング

森林総合研究所では、森林への酸性雨の影響を明らかにするために、1990年代から森林に降る雨の性質の調査を開始し、これまでに全国の7地域に設定したモニタリング調査地において、林外雨や林内雨の水質などの観測をはじめとして、樹木の衰退状況や土壌酸性度など、さまざまな調査を行ってきました。現在は、降水とともに渓流水の水質観測をあわせて行い、森林流域における物質の流入と流出を監視しています。

都市域で酸性雨が降っていることは知られていましたが、この調査により森林域でもpH5以下の雨がふつうにみられることを確認しました。しかし、長期的に酸性化しているような傾向は認められませんでした(図1)。森林流域における主要溶存物質の流入・流出の収支は、ナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ケイ素などでは流入量よりも流出量が多く、風化により流域から流出していると考えられました。これに対して窒素は、ほとんどの流域で流入量より流出量が少なく、大気から負荷された窒素は流域内に保持されていましたが、京都府の山城流域では窒素流出量が流入量を上回っていました(図2)。今後も監視を続け、その原因を究明していく必要があります。

水質データベースの概要とその利用

長期のモニタリング調査により蓄積してきた降水や渓流水の水質データは、データベース(森林降水渓流水質データベース:FASC-DB)として整備し、一般に公開しました(図3)。データベースを利用すれば、各調査地点における任意のデータを得ることができるので、経時的解析や広域的解析を行うことが容易になりました。データベースには、核となる水質データとして、降水(林外雨、林内雨、樹幹流)及び渓流水のpH、EC(電気伝導度)や、ナトリウム、カルシウム、硝酸、硫酸など主要物質の濃度を記載しています。このほか、水質調査地点の情報や公表した関連の文献一覧などを収録しています。

このデータベースは、日本各地の代表的森林流域における長期モニタリングの結果を中心としたもので、森林生態系の物質循環や水問題に関心のある人にとって、森林域の水質に関する情報を提供するものとして有用です。また、今後もモニタリング調査を継続してデータベースを更新することにより、森林流域の水質変化についての短期的な現象や長期的な傾向をとらえることが期待されます。

詳しくは、FASC-DBのページ <http://fasc.ffpri.affrc.go.jp/> をご覧ください。

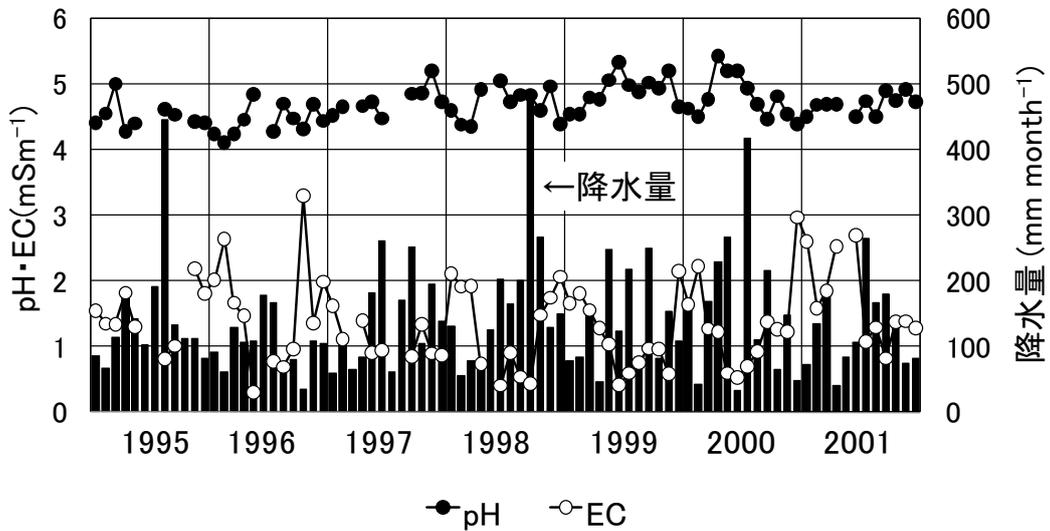


図1 岩手県姫神における1995～2001年の降水量と降水のpH・EC（電気伝導度）の変動（相澤ほか2003）

岩手県姫神におけるpHの変化をみると、月ごとの変動はあるもののおおむね4～5の間で推移し、長期的な低下の傾向は認められません。

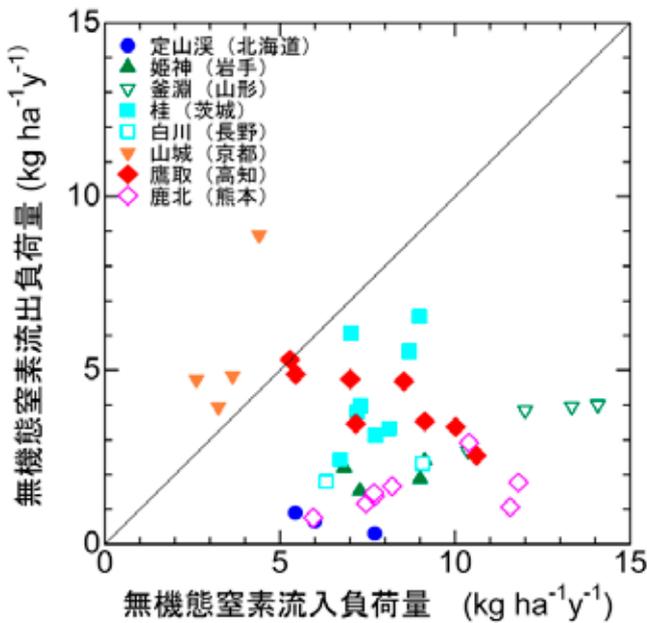


図2 モニタリング流域における無機態窒素の収支

無機態窒素の収支では、ほとんどの調査流域で流入量より流出量が少ない一方で、京都府の山城では流出量が流入量を上回っていました。



図3 データベースのトップページ

作成したデータベースのトップページからは、地図に示した本支所名をクリックするとそれぞれの調査地情報のページが開くほか、データ利用申請や発表文献一覧のページなどに移動することができます。

環境の変化によって大きく変化する樹木細根の成長量と枯死量

四国支所
スロバキア森林研究所

野口享太郎
Bohdan Konôpka

樹木の細根(直径1~2mm以下の根)は土壌から水分や養分を吸収する機能を持ちますが、枯死すると落葉と同様に森林土壌への炭素や養分の供給源となります。そのため、環境の変化が森林の炭素・養分動態に与える影響について知るためには、細根の応答について明らかにする必要があります。本研究では、スギ人工林において細根の成長量と枯死量について調査を行い、細根の成長が温度の高い夏季に大きいことや、土壌が乾燥すると細根の成長が抑えられ、枯死する細根の量が大幅に増えることを明らかにしました。これらの結果は、細根が環境条件の変化に敏感に反応することを示しています。本研究の成果は、環境の変化に対する森林の生産性や炭素・養分動態の応答を予測する研究に役立てられます。

細根研究の必要性

細根(直径2mm以下の根)は、樹木の生育に必要な水分や養分を土壌から吸収する大切な役割を担っています。細根の重量は樹木の全重量の数%にすぎませんが、光合成で生産された炭水化物の数%を消費し、土壌への主要な有機物供給源になっています。これは、細根が枯死しやすく、新たな細根の更新を短時間に繰り返しているためと考えられます(図1)。そのため、温暖化などの環境条件の変化が森林の炭素・養分動態に与える影響を知るには、細根の成長量や枯死量への影響について明らかにする必要があります。しかし、土壌中に隠れた細根を調べるのは技術的に難しく、これまであまり研究が進んでいませんでした。

樹木細根の成長量と枯死量

本研究では、茨城県の28年生スギ人工林において細根の成長量と枯死量について調査を行いました。その結果、このスギ人工林では、深さ35cmまでの土壌中における1年間の細根成長量が約72 g m⁻²、枯死量が約82 g m⁻²と推定されました。この結果は、1年間の細根成長量とほぼ同じ量の細根が有機物として土壌に供給されることを示しています。また、細根の成長量を季節毎に比較すると、土壌温度の高い夏季の細根成長量が他の季節より大きいことが分かりました(図2)。この結果は、温度環境の変化が細根の成長に影響を及ぼすことを示しています。一方、細根の枯死量は秋に大きいことが分かりました。この仕組みの解明にはさらなる調査が必要ですが、細根も地上部の葉と同じような季節性を持っているのか

もしれません。また、このスギ人工林において6ヶ月間(4月~9月)にわたり雨を遮断して土壌を乾燥させた結果、直径1mm未満の細根の成長量が約3分の1に減少し、逆に枯死量が2.5倍に増えました(図3、図4)。これらの結果は、細根が土壌の水分条件の変化に対しても敏感に反応することを示しています。

以上のように、細根の成長量や枯死量は温度や水分などの環境条件の変化によって大きく変化することが明らかになりました。細根は養分・水分吸収の担い手であるとともに、土壌への有機物供給源でもあることから、本研究の成果は、地球温暖化対策のためのプロジェクトなどにおいて、環境の変化に対する森林の生産性や炭素・養分動態の応答を予測することに役立てられます。

参考文献

- Konôpka et al. 2006 Fine root dynamics in a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) plantation throughout the growing season. *Forest Ecology and Management* 225: 278-286
- Konôpka et al. 2007 Effects of simulated drought stress on the fine roots of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) in a plantation forest on the Kanto Plain, eastern Japan. *Journal of Forest Research* 12: 143-151
- Noguchi et al. 2007 Biomass and production of fine roots in Japanese forests. *Journal of Forest Research* 12: 83-95



図1. スギ細根が成長する様子. ミニライゾトロン法^{*}による2006年4月から10月までの追跡写真。画像のサイズは1.4 cm × 1.8 cm。8月と10月に新たな細根の成長がみられた。また、6月に白色であった細根(写真右下)が8月には褐色化している。

^{*}地中に埋設した透明管の表面に出現する根の成長を観察する方法

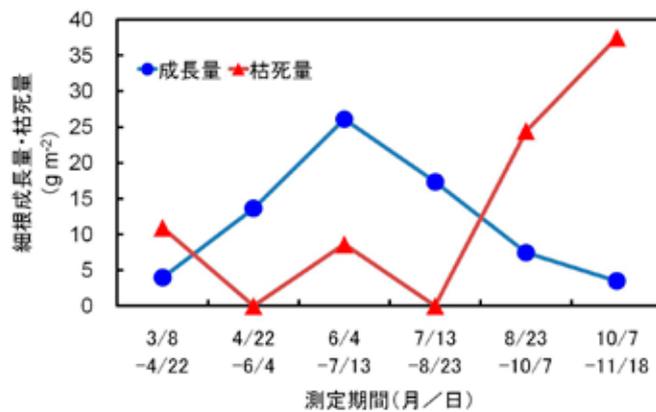


図2. スギ人工林の深さ0 - 35 cmの土壤中における細根成長量および枯死量の季節変化. 成長量(青線)は春季から夏季(3月~7月)にかけて増加し、それ以降は減少した。枯死量(赤線)は秋季(8月~11月)に増加した。



図3. 降雨遮断処理の様子. 広さ3.5 m × 3.5 m、高さ1.2 m ~ 1.7 mの雨よけ屋根をスギ林内に設置し、4月~9月の6ヶ月間にわたり雨を遮断して土壌を乾燥させた。1つの屋根が3本のスギの下の地表を覆っている。

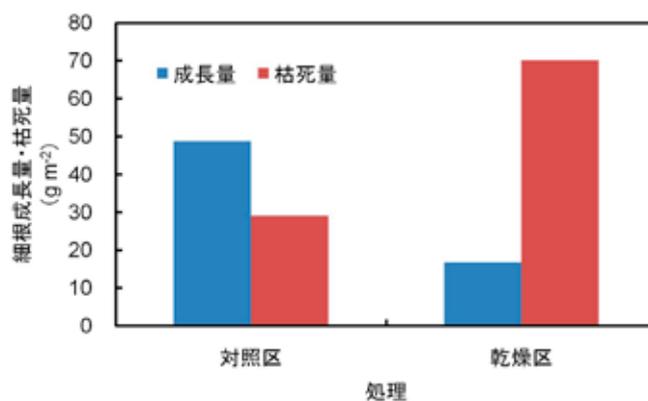


図4. 6ヶ月間(4月~9月)の降雨遮断処理による土壌の乾燥がスギの細根成長量および枯死量に与える影響. 成長量(青)は乾燥により3分の1に減少し、枯死量は2.5倍に増加した。

スギ落葉の分解過程における生物窒素固定

森林微生物研究領域
東北支所

山中高史
平井敬三

スギの落ち葉は、分解すると一時的に大気中の窒素を固定する活性が高くなり、スギ林における窒素の流入経路の一つとなります。スギの窒素固定活性の特徴を明らかにするため、スギの落葉のほか、低山帯で普通に見られるアカマツおよびコナラの落葉における窒素固定活性を測定しました。その結果、コナラやアカマツの落葉に比べ、スギ落葉の窒素固定活性は、50倍以上あることを明らかにしました。スギ林施業における間伐に伴い、大量の枝葉が林地に残された場合、その分解によってスギ林内への窒素供給が大きく変化することが示唆されます。

わが国の人工林面積の約43%にはスギが植栽されています。これはわが国の森林面積（2510万ヘクタール）の17.8%に当たります。そのスギの落葉は、分解のある段階で大気中の窒素を固定する能力が顕著に高くなり、スギ林における窒素の流入経路の一つとなることが知られています。これは、分解するスギの落葉で窒素固定菌が増加することによります。しかし、他の樹種の落葉については、窒素固定活性が高いということは報告されていません。そこで、我が国の低山帯地域で普通に見られるアカマツおよびコナラの落葉についても窒素固定活性を測定して、スギ落葉と比較しました。

スギ落葉の窒素固定

まずスギ人工林および落葉広葉樹林の地表にアカマツ、コナラ、スギの落葉を置き（写真1）、その後定期的に採取して、窒素固定活性を測定しました。その結果、いずれの場合も、設置後2年目に窒素固定活性が上昇しましたが、スギ落葉の活性量は、コナラやアカマツ落葉の活性量に比べて、50倍以上でした（図1）。また、スギ落葉における窒素固定活性は、スギ林に置いた時だけでなく落葉広葉樹林に置いた時でも同様に上昇したことから、窒素固定菌はスギ落葉に特異的に増殖することが判りま

した。

窒素固定量の推定

次に、落葉の堆積量と、窒素固定活性量と温度との関係（図2）、地温のデータにより、スギ人工林の年間窒素固定量を推定しました。その結果、調査区においては、窒素固定活性により、年間2.5kgN/haの窒素が固定（供給）されていることがわかりました。この量は、調査区において、降雨に含まれる窒素量の31%～27%でした。

今回、自然状態での落葉の分解過程での窒素固定を測定しています。森林施業における間伐は、自然落下に比べ、一度に多量の枝葉を林地に蓄積させます。その結果、分解による窒素固定量が大きくなって窒素循環を変化させる可能性が考えられます。今後、間伐によるスギ枝葉の堆積がもたらす窒素供給プロセスを解明して、効率的なスギ人工林の管理手法の開発に活用していきます。

参考文献

Yamanaka, T. et al. (2011) Nitrogen-fixing activity in decomposing litter of three tree species at a watershed in eastern Japan. Journal of Forest Research (in press)

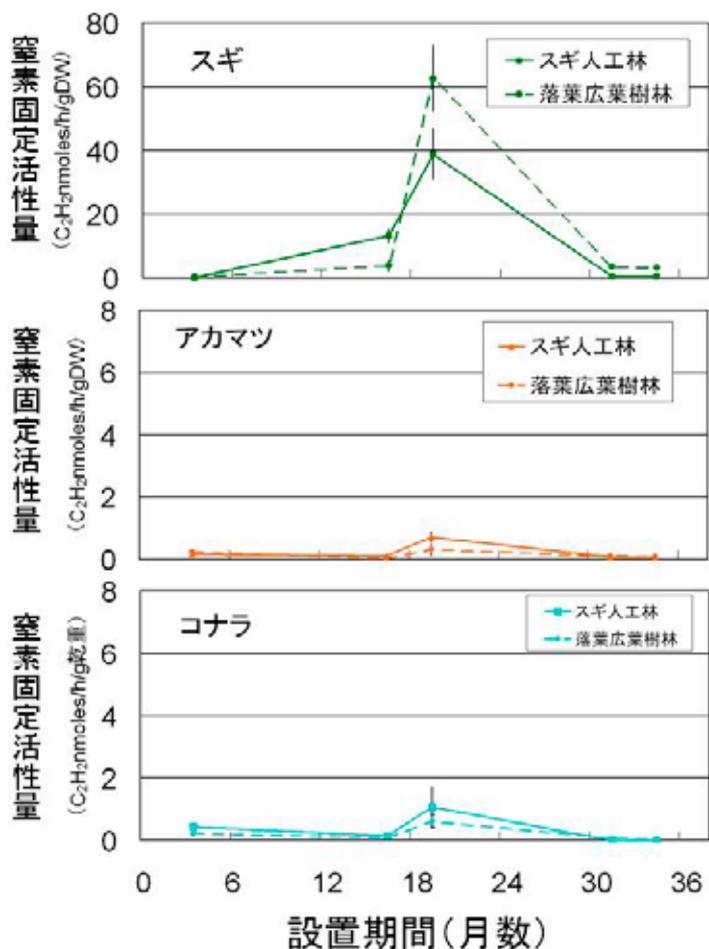


写真1. 落葉広葉樹林に設置した、スギ、コナラ、アカマツの落葉を入れたリターバック

図1. スギ、コナラ、アカマツの落葉の窒素固定活性 (コナラやアカマツには、スギにおけるような明瞭な活性上昇が認められなかった)

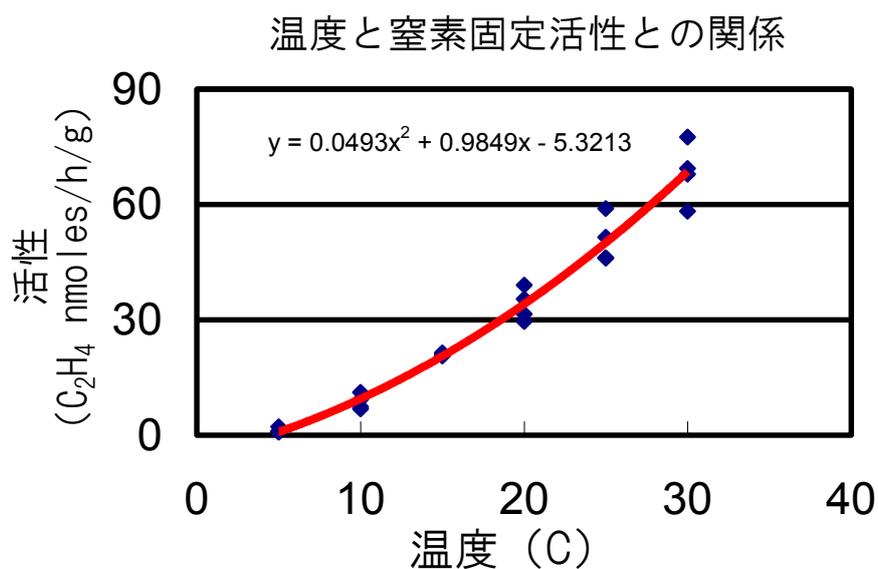


図2. 温度と窒素固定活性との関係. 5~30℃の範囲では、温度の上昇に伴って窒素固定活性は上昇した

森林の内部を循環する窒素

立地環境研究領域
東北支所

三浦 覚。稲垣善之、長倉淳子
平井敬三

窒素は植物の成長に欠かせない主要な養分のひとつで、森林生態系の内部で循環しながらくり返し利用されています。その機能を高めて森林生態系内部に保たれる窒素を増やすことができれば、森林資源を長期間持続的に利用することができます。本研究では、森林の落葉量が多いほど窒素の循環量が増えること、植物が利用可能な無機態窒素は深さ 20～50cm の下層土でも全体の 3～4 割が発生していること、過剰な窒素負荷によってすぐには森林衰退はおこらないものの土壌の酸性化が進むことなどを明らかにしました。このような森林生態系内部での窒素循環の解明は、健全な森林を維持する施業方法の開発に役立てられています。

窒素は植物の成長に欠かせない主要な養分のひとつです。森林では、森林の外部から流入する量よりも多くの窒素が内部を循環し、くり返し利用されています（図1）。ところが、近年の産業活動の拡大により、大気から森林への窒素降下物量が増大して森林に悪影響を及ぼすことが懸念されています。本研究では、落葉量と窒素の循環量の関係、土壌中での樹木が利用可能な窒素の生成、窒素負荷がスギ林と土壌におよぼす影響などを調べて、森林生態系内部の窒素循環の特徴を明らかにすることを目的としました。

落葉量と窒素循環量

森林の生産力の指標である落葉量を全国各地のヒノキ林で比較したところ、落葉量の多い森林は窒素の循環量も大きいことが明らかになりました（図2）。この結果は、従来から言われているように、窒素が森林の生産力を決める重要な養分であることを示しています。

土壌の窒素無機化量

土壌に供給された落葉落枝や枯死根を、樹木はそのまま利用することができません。分解して生成される無機態窒素を利用します。これまで無機態窒素の大半は深さ 10cm くらいの土壌表層で生成していると考えられていましたが、実は全体の 3～4 割は深さ 20～50cm の下層土で生成していることがわかりました（図3）。下層土での無機化は、渓流水の水質形成や樹木の窒素吸収メカニズムの解明などに新たな視点を示しました。

長期窒素負荷実験

土壌中で生成される無機態窒素のほかに、自動車の排気ガスや農業での窒素肥料がもとになった窒素化合物が大気を通して森林土壌に入ってきます。最近の森林への窒素の過剰な負荷によって、樹木による無機態窒素利用のバランスがくずれ、樹木の成長を悪くさせる可能性が指摘されています。これを確かめるために、20年生スギ林を対象に7年間にわたって多量の窒素を与える実験を行いました。その結果、スギの生育に変化はみられませんでした。土壌の酸性化や植物に有害なアルミニウムの増加が観測されました（図4、5）。窒素負荷が続くと、まず土壌の悪化が先行して起こることがわかりました。窒素負荷による森林への影響を明らかにし適切な森林管理の方法を開発するために、森林総研では平成20年度から「窒素飽和の発現機構の解明」についての研究を始めています。

このように窒素は森林生態系において重要なはたらきをしています。森林資源を持続的に利用するには、窒素循環の仕組みを明らかにして、生態系内を循環する窒素の量を維持していくことが大切です。これらの研究成果は、健全で持続可能な森林管理に役立つものです。

詳しくは、稲垣善之ら (2010) 関東森林研究 175-178、平井敬三ら (2007) 森林立地 49:51-59、Nagakura et al. (2006) Journal of Forest Research 11:299-304 をご覧ください。

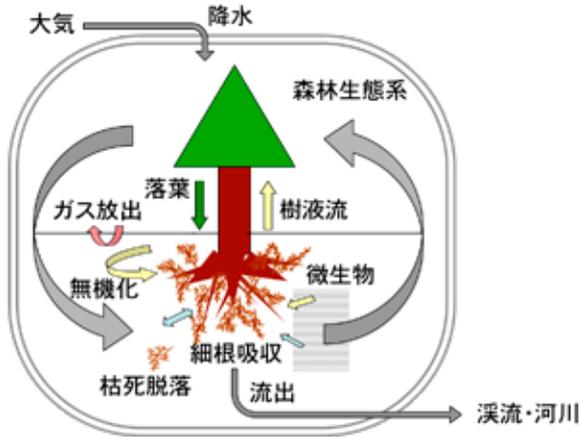


図1. 森林生態系内部の窒素の循環。降水で流入する窒素や渓流水に流出する窒素よりも多くの窒素が森林の内部で循環し、くり返し利用されています。

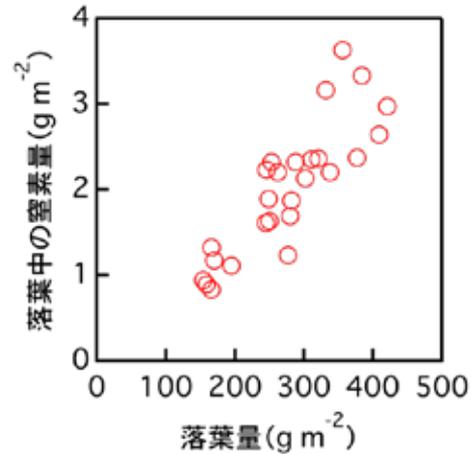


図2. ヒノキ林の落葉量と落葉中の窒素量の関係。落葉量が多いほど落葉中の窒素量が多くなり、窒素の循環量が増加します。

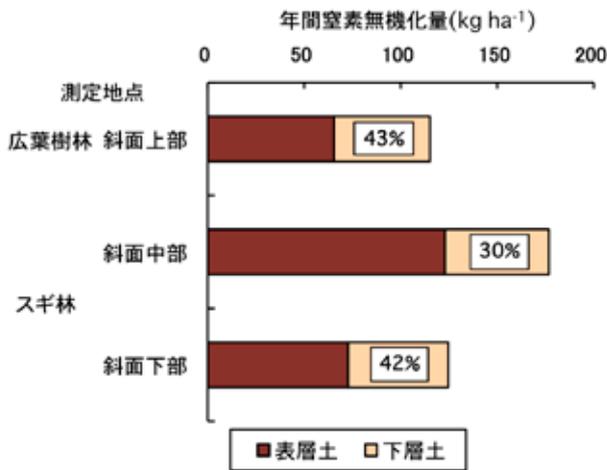


図3. 土壌中の窒素無機化量の深さによるちがい。窒素の無機化は、深さ 20～50cm の下層土でも全体の 30～43% を占めていました。



図4. 窒素負荷試験地のスギの樹冠。7年間にわたって多量の窒素（1ヘクタール当たり 336kg、年間の窒素流入量の 24 倍）を与えたスギ林と与えなかったスギ林の成長にちがいはみられませんでした。

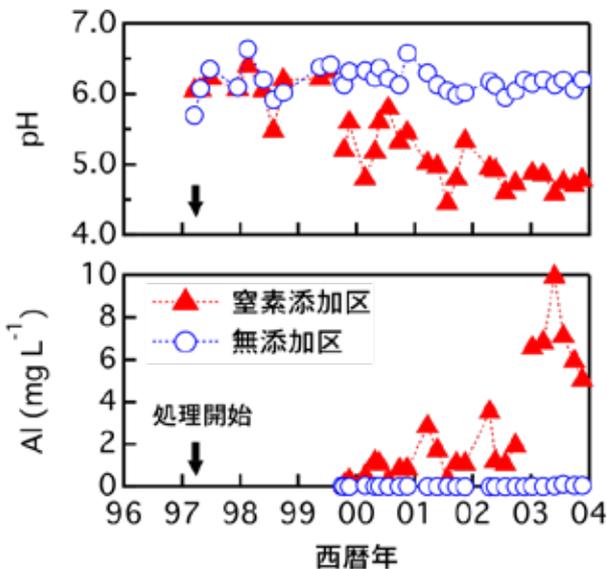


図5. 窒素負荷試験地の土壌溶液の pH とアルミニウム濃度の変化。多量の窒素を与えたスギ林では、7年間で pH が 6 から 4.5 まで下がり、植物の生育に有害なアルミニウムの濃度が大きく上昇しました。

土壌中への炭素の蓄積は 針葉樹林と広葉樹林でどのように違うのか？

東北支所

小野賢二

森林生態系におけるCO₂排出・吸収量の定量的把握、温暖化など地球規模での環境問題への対応を目的に、森林における土壌炭素の分解や蓄積のプロセスを定量的に評価する必要性が高まっています。そこで本研究では、針葉樹林（スギ人工林）と広葉樹林（ブナ・ミズナラ二次林）で落葉が分解し、土壌有機物ができる過程がどのように異なるのかを明らかにしました。その結果、落葉に含まれる成分の分解速度や土壌有機物の蓄積は針葉樹と広葉樹で異なること、それは土壌有機物の材料である落葉の化学的性質が影響していることが分かりました。

針葉樹と広葉樹で異なる落葉の分解

土壌が植物の生育に影響することは良く知られています。しかし、植物もまた土壌の形成や発達に影響を与えます。そのため、生育する植物の種類によって林床に貯まる落葉層やその下の土壌の状態は異なると考えられます。この研究では、その違いを探るために常緑針葉樹林（スギ人工林）と落葉広葉樹林（ブナ・ミズナラ二次林）の落葉と土壌を採取し、それらに含まれる有機物の成分濃度と分解速度を定量分析することで、落葉が分解して土壌有機物ができる過程を明らかにしました。

落葉中の有機物は炭素の結合様式の違いから表1に示す4つの成分に区分されます。樹木から落ちた直後の新鮮な落葉には、針葉樹、広葉樹ともに細胞壁をつくる多糖類が最も多く含まれていました（図1a, b）。大きな違いは、針葉樹は「ヤニ」成分である脂質を広葉樹より約4割も多い30%も含んでいることでした。

新鮮な落葉に最も多く含まれる多糖類は分解も最も早く進みましたが、僅かにしか含まれていないカルボニルの分解は最も遅いことが分かりました（図2）。植物細胞の骨格を形成するリグニンと脂質の分解は多糖類とカルボニルの中間的な速さでしたが、リグニンは広葉樹で、脂質は針葉樹で早くなっていました。このように落葉に含まれる成分の量と分解のし易さは針葉樹と広葉樹で異なり、それは「リグニン」と「脂質」ではっきり異なっていました。

土壌に残る落葉の性質

分解された落葉は細かく碎かれ土壌中へ移動し、土壌有機物となって貯まっています。したがって落葉層の

下の土壌に蓄積される有機物の質や量も、その供給源である落葉の性質の影響を受けると考えられます。針葉樹林では落葉層の下にできるA層土壌の脂質の割合が40%と広葉樹林より高く、リグニンは15%と低くなっていました。これは土壌有機物の供給源である落葉中の脂質含有量が高く、さらにその分解速度も遅いため、土壌へ供給される脂質の量が多いことがその理由です。逆に、リグニンは分解速度が遅く、土壌への供給量が少ないことを反映していました。つまり、土壌の性質は、その材料である落葉の成分量や組成が樹種により違っていることが影響しているのです。

このように、針葉樹林と広葉樹林の土壌では分解のし易さが異なる有機物が違った割合で土壌有機物となって貯まっていることが明らかとなりました。これらのデータは森林生態系におけるCO₂排出・吸収量の定量的把握、温暖化など地球規模での環境問題への対応を考える際に、森林土壌から放出、あるいは土壌へ蓄積される炭素の動態を樹種ごとに評価することが可能となり、より正確に予測することに役立ちます。

本研究は、森林総合研究所交付金プロジェクト「森林生態系における物質動態の生物地球化学的プロセスの解明」、および文部科学省科学研究費「難分解性有機物「リグニン」を指標とした、森林土壌における腐植生成プロセスの解析」（20780122）による成果です。

詳しくは：Ono et al. (2009) Geoderma, 151, 351-356、およびOno et al. (2010) Plant Soil, DOI 10.1007/s11104-010-0397-z をご覧下さい。

表1. 落ち葉や枯れ枝を構成している有機物*

種類	有機物の構成
多糖類	植物体内の細胞壁を構成する成分。セルロースやヘミセルロースなど。
リグニン	植物体内の細胞骨格を構成する成分。ベンゼン環を有する。
脂質	細胞膜内に存在するリン脂質や植物色素、樹脂を構成する直鎖状炭素。
カルボニル	カルボニル基(>C=O)に由来する炭素。有機物の分解に伴う酸化反応によって生成される。

*この研究では固体¹³C核磁気共鳴法を用いて、組成分析を行った。

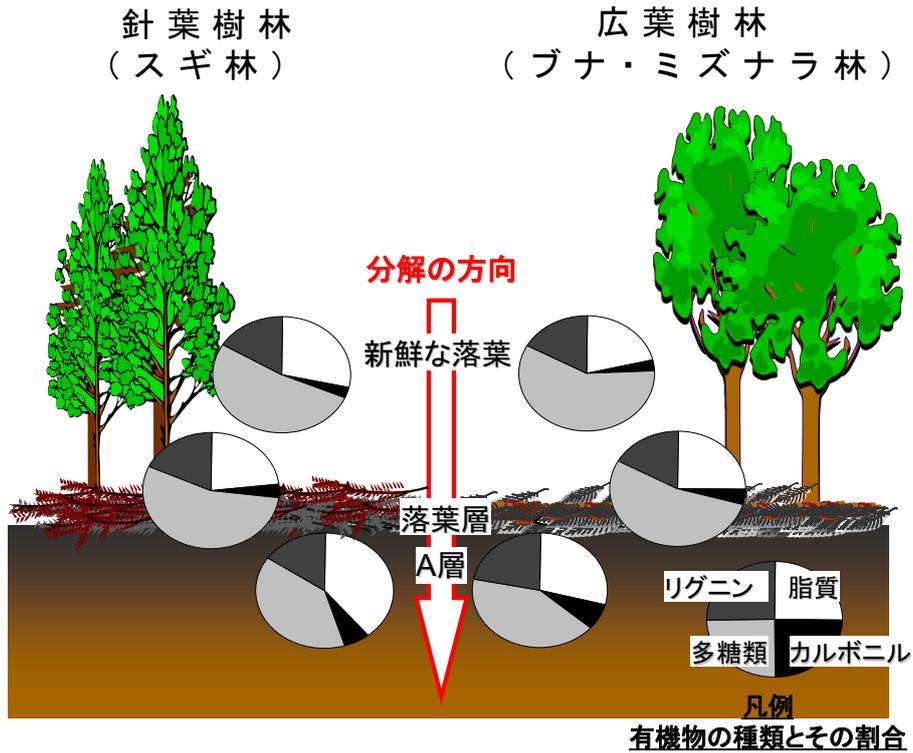


図1. 落葉分解・腐植生成の進行に伴う有機物の成分組成の変化

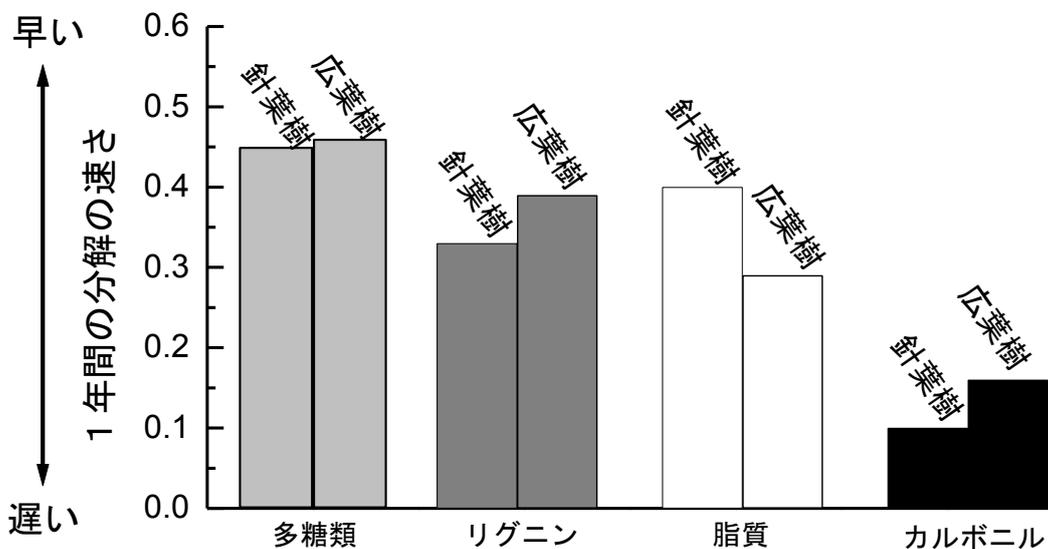


図2. 落葉中有機物の成分別の分解の速さ同じ成分でも、針葉樹と広葉樹とでは、分解の速さが異なる。

森林の枯死木が地球温暖化防止機能に果たす役割

立地環境研究領域

酒井佳美

北海道から九州までの15道府県のスギ、ヒノキ、カラマツ、トドマツ、アカエゾマツについて間伐によって伐倒し林地に放置された材が林床にどのくらいの年数残るかを解析しました。この解析によって針葉樹の枯死木の分解速度を明らかにしました。森林の枯死木は林床に長く残って炭素を貯留し続けるため、地球温暖化防止機能を担っていることが知られています。南北に長い日本の場合、寒い地域では暖かい地域よりも分解する速さが遅く炭素の貯留時間が平均して約2倍ほど長くなることがわかりました。同時に、枯死木の重量がはじめの重量の半分になるまでには10年以上かかることを明らかにしました。

森林の枯死木は、「地球温暖化」や「生物多様性」と言ったキーワードに関連して近年注目されています。森林の枯死木は、そこを「すみか」や「えさ場」として利用する多様な生物が生息する場です。つまり、森林の生物多様性を維持する場所のひとつになります。その多様な生物の中には生活の場である枯死木を分解する分解者がいます。分解者の仲間には穴をあけたり潜り込んだりすることで枯死木を砕いていく生物や枯死木を食べて栄養とする生物が含まれます。これらの分解者は樹木が生きている間に蓄えた養分を分解しているのです。この分解過程には長い時間がかかるため、枯死木は森林に長く残り続けることとなります。特に樹木の約半分は炭素でできているため、地球温暖化防止の観点から、枯死木には炭素を長期間貯留する機能があると注目されています。

枯死木の分解速度を全国で調査

枯死木が分解されるにはどれくらいの年数がかかるのでしょうか？まずは倒れている樹木が枯死した時期を知ることが必要です。そこで、私たちは人工林で樹木が伐倒された年、つまり、その樹木が枯死した年が特定できる材を用いることにしました。北海道から九州までの15道府県のスギ、ヒノキ、カラマツ、トドマツ、アカエゾマツの17の人工林で間伐で伐倒された年が異なる林を選び、伐倒された樹木が分解する速さを測定しました(図1)。

寒冷地で枯死木由来の炭素が留まる年数は暖地の2倍

直径10cm程度の樹木が伐倒されて地面に倒れて枯死木となり、分解されて重さが半分にまで減少するには、

寒冷地に生育するカラマツとトドマツ、アカエゾマツでは平均すると30年程度かかりますが、本州以南のスギやヒノキはおおよそその半分の年数でした。

分解にかかる年数は樹種によって違うのでしょうか？それとも、気候の違いでしょうか？5樹種を調査した地域は南北に異なっています。そこで、材が分解される速さと、その樹木が生育していた地域の月平均気温が0℃以上の気温の合計値である「積算気温」とを比べました。枯死木が分解される速さは、寒冷な気候であるほど遅いことが明らかになりました(図2)。つまり、枯死木が炭素を貯留する年数は寒い地域ほど長期になることがわかりました。

地球温暖化と枯死木

本研究から、枯死木の重量が半分になるまでには、10年以上かかることがわかりました。我が国でも枯死木は重要な炭素貯留の場として機能し、森林の地球温暖化防止の役割を担っていることがわかりました。

本成果によって、日本の気候を網羅した主要な人工林樹種の枯死木分解速度データが蓄積できました。これらのデータは、森林の炭素循環モデル開発に活用されています。

本研究は、林野庁・森林吸収源計測・活用体制整備強化事業による成果です。

参考文献

酒井佳美ら(2008)森林立地50(2):153-165



写真 スギ人工林での伐倒木
人工林には間伐をしたときに利用されずに放置されたままの伐倒木があります。これらの伐倒木は、いつ切られたかが分かるので、枯死してからの経過年数の推定に使用することが出来ます。

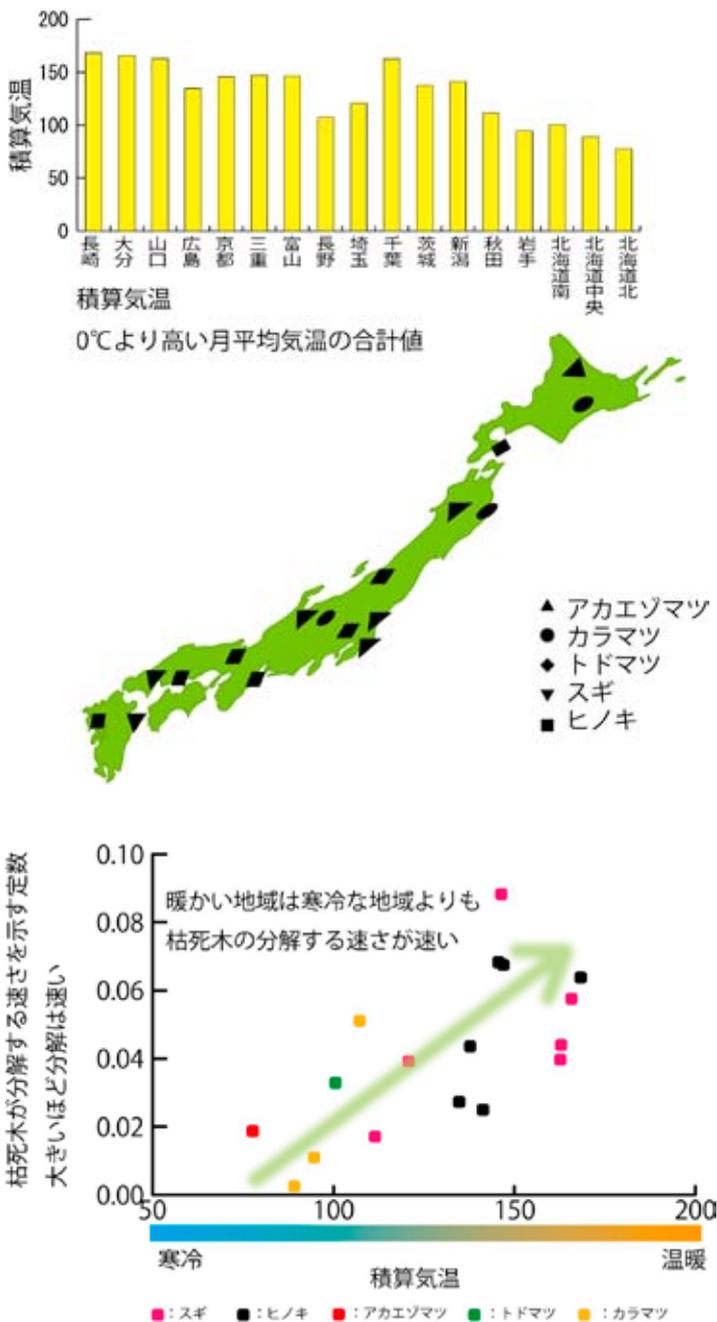


図1 調査地の位置図と各地の積算気温
枯死木の調査は日本の南北を縦断するように広域で実施しました。調査地の気候を表す指標として「積算気温」を使用しています。「積算気温」は北の地域の方が低い傾向です。

図2 積算気温と枯死木が分解する速さの関係
枯死木が分解する速さを示す定数は、矢印が示すように積算気温が高いほど高くなる傾向を示しています。つまり、暖かい地域は寒冷な地域よりも枯死木の分解が速いことを意味しています。

森の土にはこうして炭素が溜まる

立地環境研究領域
九州支所
立地環境研究領域

松浦陽次郎
石塚成宏
橋本昌司

森林では、落葉落枝と枯死した根が分解され、ある部分は二酸化炭素として大気に戻り、残った部分が土壌有機物として蓄積します。落葉分解が進む際に、気候条件や樹木の種類ごとに特有な化学的性質の変化が起こり、林床に溜まる腐植層は、その森林が成立する環境に特有な形態を形成します。森林が発達する過程で、土壌の炭素蓄積は比較的初期の間に急激に増加し、数十年から百数十年で表層の土壌の炭素蓄積量は、天然の森林と同じレベルになります。この様な蓄積の様子をモデル化し、日本の森林の表層土壌に蓄積する炭素量を推定しました。

森林の土壌に炭素がどれくらい溜まっているかについて研究を進めてきました。天然の落葉広葉樹林とスギなどの人工林を例にとりて説明しましょう。

森林土壌の炭素の釣り合い

図1に示すように、落葉落枝や枯死根は、微生物の働きで分解されます。ある部分はCO₂として大気へ放出されますが、分解されにくい部分は土壌有機物として蓄積していきます。成熟した森林では、土壌中に入ってくる有機物と分解される有機物の量は、ほぼ釣り合っているのがわかります。つまり成熟した森林の土壌では、炭素蓄積量に大きな変化は生じていません。

落葉分解と腐植層

落葉にも様々な化学的特徴があり、分解が進むにつれて化学的性質に変化が起こります。ある樹種の落葉では分解されにくい部分（おもにリグニンという物質）が大部分を占めるようになっていたり、別の樹種の落葉ではもともとリグニン成分が比較的少なかったりします。その森林が成立している気候条件や優占している樹種によって、その森林に特有の腐植層が形成されるのです。

森林土壌の炭素蓄積

森林が成熟するまで、日本の気候条件では数十年から百数十年の時間がかかります。その間に、土壌には有機物の形で炭素が蓄積します。スギなどを新に植えた林地では、植栽後の20年程の間に、表層土壌の炭素蓄積量が増加します。また、泥流で表土が失われた場所に再生した森林で調べたところ、森林の再生スタートから20年程で、表層土壌（深さ0～30cm）には1haあたり30トン程度の炭素が蓄積していました。これは天然の森林土壌の表層の約1/3に相当します。

日本の森林土壌の炭素

日本の森林における優占植生の分布、樹木の蓄積量や落葉落枝量、土壌有機物に関する様々な測定結果をもとにモデルを構築し（図2）、十分に成熟した日本の森林で、土壌に炭素がどれくらい溜まるかについて推定しました。モデルの予測では、東日本と北海道で高い蓄積予測となっています（図3）。これらのモデル構築のノウハウは、地球温暖化問題や京都議定書に関する様々なプロジェクト研究に活かされています。

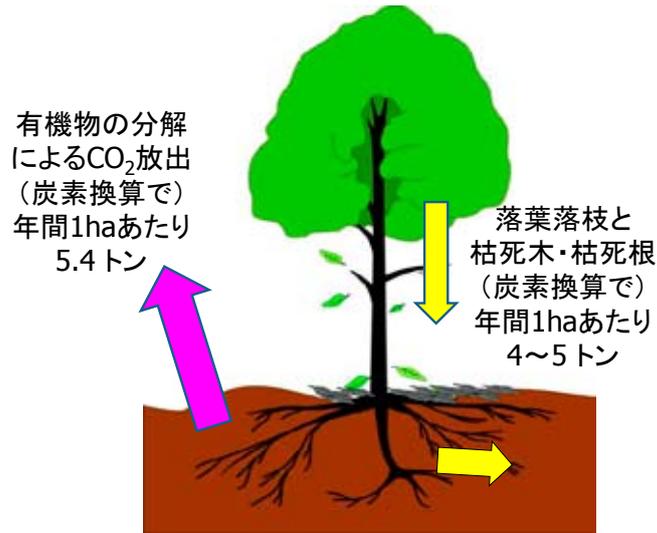


図1 成熟した森林の土壌炭素量の釣り合い

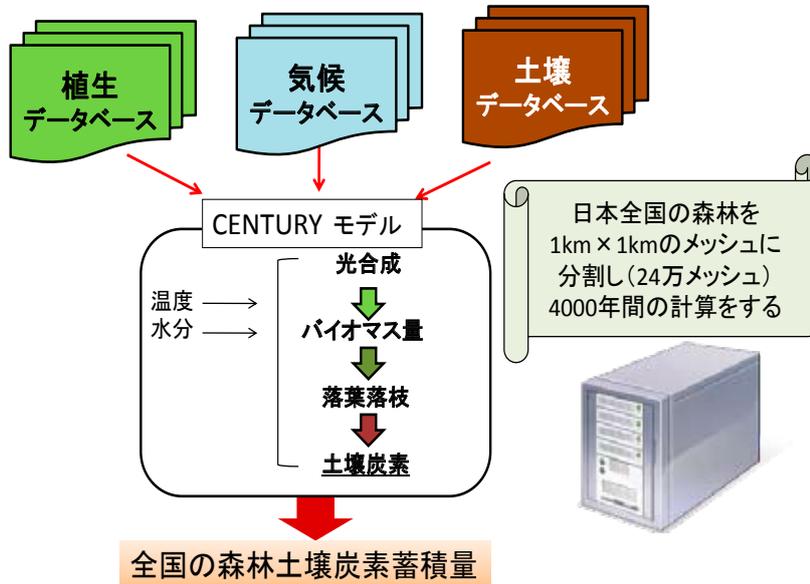


図2 モデルによる土壌炭素量予測

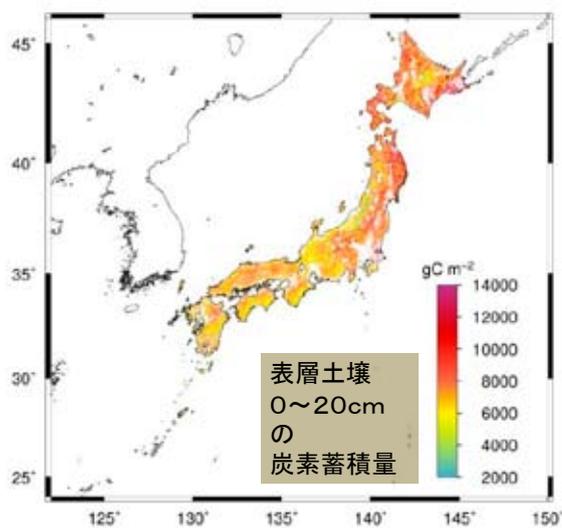


図3 成熟した森林の土壌に溜まる炭素量予測

森林のせせらぎ、その水はどこをどのように流れてきたのか？

水土保持研究領域

坪山良夫、清水貴範、久保田多余子、飯田真一、
延廣竜彦、玉井幸治、村上 亘

北海道支所

阿部俊夫

東北支所

野口正二

関西支所

細田育広

九州支所

清水 晃、壁谷直記

森林を流れる水の経路や起源を安定同位体比などのトレーサー手法と土壌水分・地下水位などの詳細な観測を通じて調べました。その結果、厚い土層と風化層で覆われた小流域では雨水が湧水や渓流水として再び地表に現れるのに平均して1～3年かかること、少量の雨の時には流出のほとんどが地下水起源である一方、多量の雨の時には流出に占める土壌水の割合が高くなること、堆積岩流域では降雨に対する流出の応答が表層土壌の水分状態によって大きく変わることや土層や基岩層での排水が早いために高い基底流出を維持できないことを明らかにしました。

はじめに

雨の降らない日が続いても川の流れが絶えないのは、過去にふった雨が色々なタイミングで流出していることを示しています。それでは、森林のせせらぎを流れる水はどこをどれくらいの時間をかけて動いてきたのでしょうか。この研究では、安定同位体比などのトレーサー手法と土壌水分・地下水位などの詳細な観測を通じて、平時時と出水時の地中における水の動きを明らかにしました。

地中の水移動をさぐる — 新たなトレーサー手法の開発

森林流域にもたらされた降水が流出するのに要する時間（滞留時間）は、水が運ぶ物質の動きにも関わる重要な情報です。そこで、水の安定同位体比を用いて平均滞留時間を推定する新たな方法を開発し、茨城県南部の厚い土層・風化層で覆われた森林小流域に適用しました。その結果、流域内の湧水・渓流水は1～3年程度かけて地上に湧き出していることを明らかにしました（図1）。この方法の特徴は、水素と酸素の安定同位体比の関係を示すd値（ $=\delta D - \delta 18O$ ）を用いることで、降水や渓流水における同位体比の季節変化をより明確に捉えられるようにした点で、降水の起源となる水蒸気の発生場所と発生環境が季節的に大きく変化するアジアモンスーン地域をはじめ世界各地で活用できる成果です。

出水時の水移動 — 増水はどこから来たのか？

雨で溪流が増水している時は、地中で水の動きも普段以上に活発になります。そこで、茨城県北部のスギ・ヒノキ林流域を対象に、安定同位体比及び溶存イオン濃度をトレーサーとして地中で水の動きと流出との関係を調べました。その結果、降雨中は土壌と基岩の境界において水が速やかに動いていることを明らかにしました（図2）。また、少量の雨の時は流出の大部分を地下水が占める一方、多量の雨の時は流出の大部分を土壌水が占めていたことから、前者では地下水の押し出し、後者では土層中の大きな孔隙を通じた排水が流出の仕組みとして重要であると考えられました（図3）。

先行水分の影響 — 堆積岩流域の基底流出量が少ないのはなぜか？

森林流域の流出特性は地質の影響を受け、特に古生層堆積岩の流域では無降雨日の基底流出量が他の地質の流域に比べ少ないことが知られています。その原因を探るため、岡山県内の古生層堆積岩流域において、流出量と斜面表層の土壌水分および風化基岩層の地下水位との関係を調べました（図4）。その結果、表層土壌が乾燥している時は空隙に雨水が捕捉されるため地下水位が変動しても流出量の変動に結びつかないこと、一方、湿潤な時は降雨により地下水位と流出量は大きく変動するものの、出水後の地下水位の低下は速やかであることを明らかにしました（図5）。このことから、風化基岩層を含めた土層中の水移動の速さが基底流出を維持できない理由と考えられました。

むすび

森林を流れる水の経路や速さは、水が運ぶ様々な溶存物質の循環や土砂移動の引き金となる表面流や間隙水圧の発生にも影響を及ぼします。以上の成果をもとに、様々な地質や森林の流域での知見を蓄積し、水土保持に関わる森林の機能をより明確にするために研究を進展させています。

参考文献

- Hosoda, I. 2010 The Runoff Characteristics and Fluctuation of the Groundwater Levels in the Hillslope of a Watershed Underlain by Sedimentary Rocks. Eos Transactions of AGU, 91(26), Western Pacific Geophysical Meeting Supplement, Abstract H21A-154
- KABEYA Naoki, SHIMIZU Akira, TSUBOYAMA Yoshio, NOBUHIRO Tatsuhiko, ZHANG Jianjun. (2009) Mean residence times of stream and spring water in a small forested watershed with a thick weathered layer. In: Miranda Franko R, Bernard Luc M, (eds) Lake Pollution Research Progress. NOVA Science, New York, pp 289-309
- 久保田多余子・坪山良夫・阿部俊夫・壁谷直記・延廣竜彦・清水晃 (2008) 土層と基岩の境界面付近における降雨と地中水の混合過程. 水利科学 302:1-17.

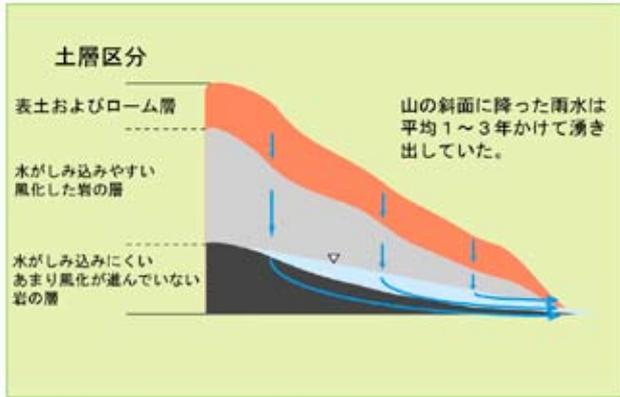


図1 厚い土層および風化層に覆われた小流域における地下水流出機構の概念図
 ※厚い土層および風化層に覆われた小流域を対象に、流域内の湧水・渓流水の平均滞留時間をしらべたところ1~3年でした。

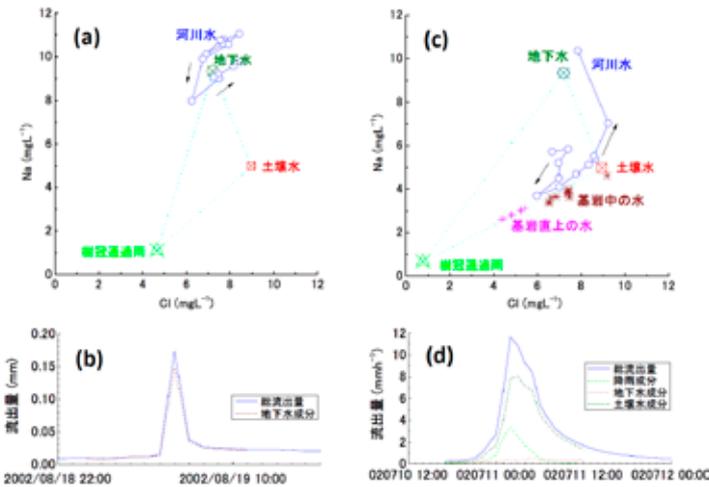


図3 樹冠通過雨、土壌水及び地下水のミキシングダイヤグラム（上段）と流出成分分離の結果（下段）
 ※小規模な出水（a, b）では流出の大部分が地下水成分であるのに対して、大規模な出水（c, d）では土壌水の割合が高くなることを示しています。

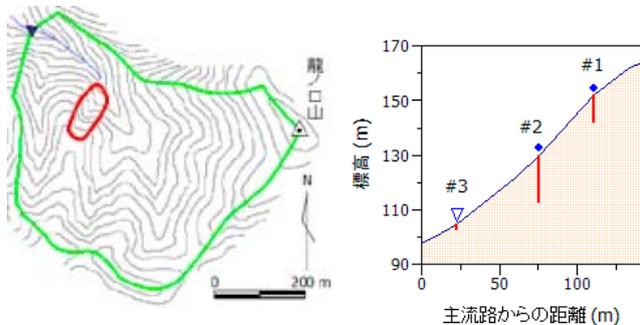


図4 観測位置と地下水位観測井の配置（竜ノ口山森林水理試験地南谷）
 ※緑枠線は流域界、赤枠線は地下水位観測斜面、▼は流出量観測点、▽は雨量観測点、●は土壌水分観測点、|は地下水位観測点および井戸の深さをそれぞれ表します。

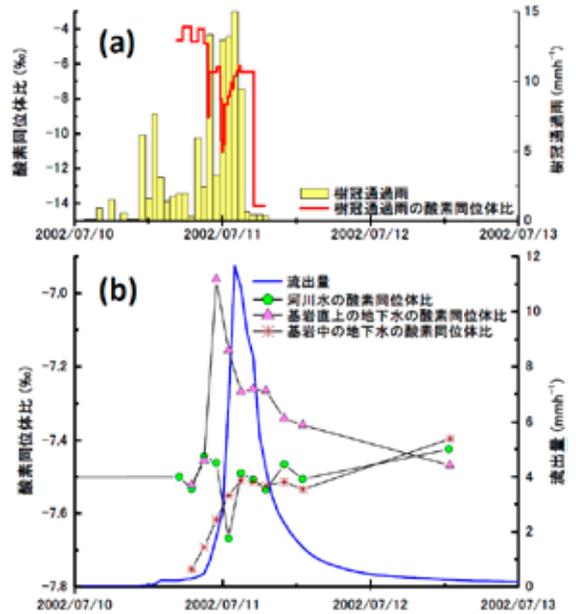


図2 出水時における(a)樹冠通過雨および(b)井戸水及び渓流水の $\delta 18O$ の経時変化
 ※基岩直上の地下水(▲)と基岩中の地下水(*)の $\delta 18O$ の変化から、土壌と基岩の境界で水が速やかに動いていることを示しています。

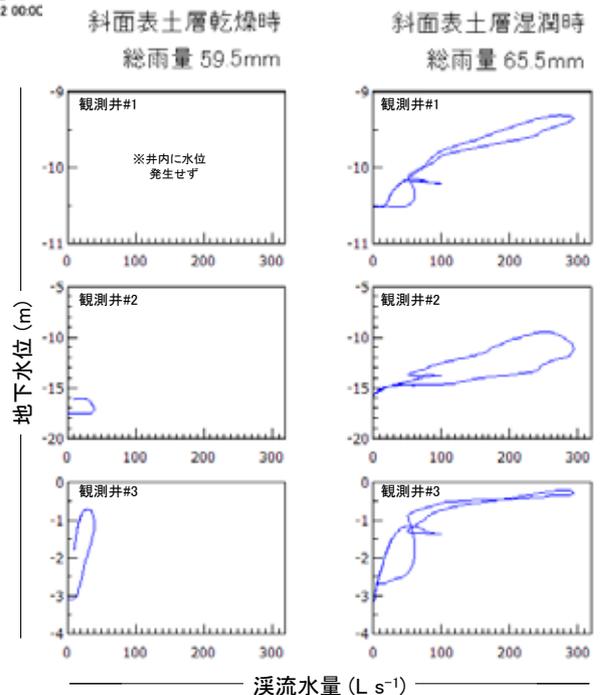


図5 渓流水量(q)と地下水位(GWL)の経時変動
 ※約60mmの降雨に対し、湿潤時は乾燥時に比べ、斜面上部も含めた地下水位変動が大きく、流出量も大きく変動しますが、出水後は元の水位に戻ってしまいます。

森林をめぐる水の動き

水土保持研究領域 坪山良夫、清水貴範、久保田多余子、飯田真一、延廣竜彦、玉井幸治、村上 亘
 北海道支所 阿部俊夫
 東北支所 野口正二
 関西支所 細田育広
 九州支所 清水 晃、壁谷直記

森林をめぐる水の動きは気象条件により大きく変わりますが、森林自体もまた水の動きに影響を与えます。この研究では、気候や立地条件の異なるスギやヒノキの林を主な対象地として、単木～群落スケールで起きる様々な水の動き—蒸発散、根系の吸水、樹幹流、林内への降雪—を調べました。その結果、地形や林相が細かく分布する山地の森林では蒸発散量の推定時に風向の影響を考慮する必要があること、土壌水と樹液の安定同位体比の季節変化を比べることで根系の吸水深度を推定できること、樹冠長の大きなスギは樹幹流量も多くなること、開空度の大きな森林の方が樹冠を通過して林内に降る雪の量が増えることを明らかにしました。

はじめに

雨、雪、渓流水、水蒸気など、水は固体、液体、気体と姿を変えながら森林の内外を移動しています。その動きは気象条件により大きく変わりますが、森林自体もまた水の動きに影響を与えます。そこで、森林で起きている様々な水の動きと森林状態との関わりを調べました。

森林から上空へ輸送される水蒸気 — 風向きによって量が変わる？

森林から大気への水蒸気輸送量の推定法の一つに、観測タワーを用いて森林上空の水蒸気量と風の変化量を直に測定する方法がありますが、地形や林相が細かく分布する山地の森林では風向によって風上側の樹種や斜面の向きが入れ替わるため、その影響を考慮しなければなりません。そこで、タワー周辺の地況・林相に応じて風向を分類しながら蒸発散量を計算する方法を開発し、九州北部のスギ・ヒノキ林のタワー観測データに適用しました。その結果、春から初夏の蒸発散量の推定値が、風向を分類しない場合の値に比べ、8%程度小さくなりました。風向きは季節によって大きく変わるため、この方法は蒸発散量の季節変化を精度よく推定するための有効な手段となることが期待されます。この結果から、蒸発散量の季節変化を精度よく推定するには、季節によって変わる風向の影響を考慮する必要があることを明らかにしました。

樹木が利用する水 — どの深さの水を使っているか？

樹木は他の植物に比べ深くまで根を張り、水を吸い上げています。吸水の深さは樹木の水利効率や水ストレスの受けやすさに関わるとともに、地中の物質輸送にも影響を及ぼします。そこで、茨城県北部のヒノキ・スギ林において吸水深度を推定するために、土壌水と樹液の安定同位体比の季節変化を調べました。その結果、ヒノキでもスギでも、樹液の同位体比は深さ100cm以内の土壌水の同位体比とよく似た季節変化を示し、この範囲で吸水が起きていることがわかりました。

樹幹に集まる水 — その量は何によって変わるか？

森林にふる雨の一部は樹幹の表面を流下して地上に達

します。林内全体の雨量に占める割合は大きくありませんが、樹幹を流下する水（樹幹流）は根元に集中するため、樹木が利用する水の起源や地下水の涵養源として注目されています。そこで、筑波山のスギ林を対象に樹幹流量と樹体サイズ（胸高直径、樹高、樹冠投影面積及び樹冠長）の関係を調べた結果、樹冠長との相関が最も高いことを明らかにしました。これは樹冠長の大きな木は枝の数が多く、雨滴を捕捉しやすいためと考えられます。

森林の中こもりつる雪 — その割合は何によって変わるか？

森こぶる雪の一部は樹木の枝葉（樹冠）に足えられるため、林床ごとく雪の量は樹冠の状態によって変わります。そこで多雪地帯である山形県北部の森林を対象に樹冠開空度と積雪期の樹冠通過降水量の関係を調べました。その結果、両者の間には対数曲線に近い相関関係があること、落葉広葉樹林（タニガワハンノキ）では常緑針葉樹林（スギ）よりも積雪期の樹冠通過降水量が2割～4割程度多いことを明らかにしました。

むすび

水はそれ自体が生命の営みに必須の物質であると同時に、森林をめぐる様々な物質を運ぶ役割も担っています。以上の知見は、環境変動や森林施業が水流出に及ぼす影響の評価や森林生態系における物質動態の解明に大きく役に立つことが期待されます。以上の成果をもとに、森林生態系における物質動態の解明や環境変動や森林施業が水流出に及ぼす影響の評価に活用するため研究を進展させています。

参考文献

飯田真一・清水晃・壁谷直記・延廣竜彦・玉井幸治・清水貴範 (2010) 筑波森林水文試験地のスギ林分における樹幹流量の個体間差、関東森林研究 61: 207-210
 久保田多余子・坪山良夫・壁谷直記 (2010) 安定同位体比を用いてスギおよびヒノキの吸水深度を推定する試み、日本森林学会大会発表データベース 121 pp.754
 野口正二・西園朋広 (2010) 積雪期の常緑針葉樹林と落葉広葉樹林における樹冠通過降水量の比較、日林誌 92: 29-34.

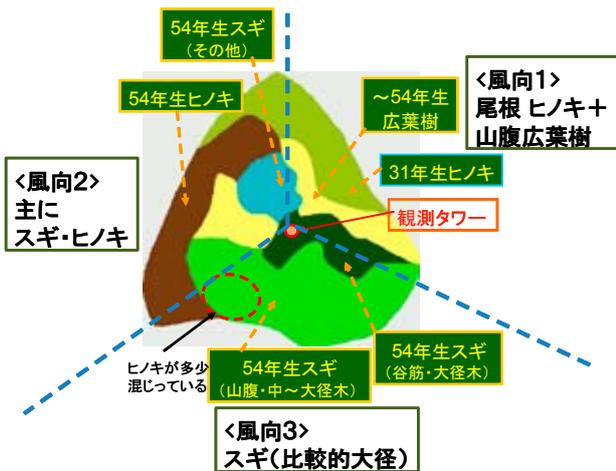


図1 九州北部のスギ・ヒノキ林流域を3つの風向で分割した例。

※タワー周辺の地形や林相に応じて、風向を3つのグループに分類しました。

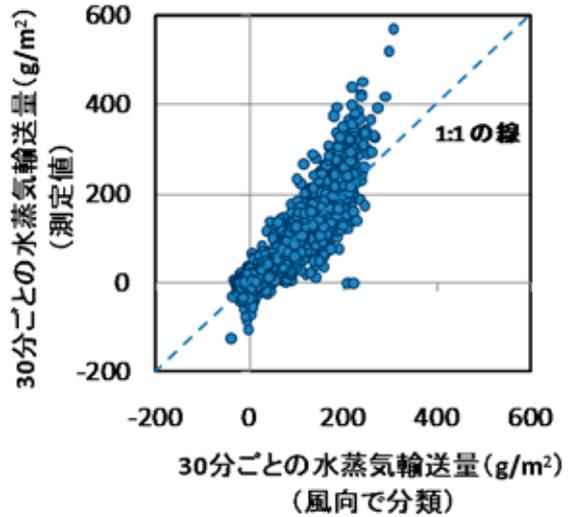


図2 水蒸気輸送量九州北部のスギ・ヒノキ林からの水蒸気輸送量。

※風向で分類した値の方が、計測値（風向で分類せずに従来の方法で計算した値）よりも小さくなります。

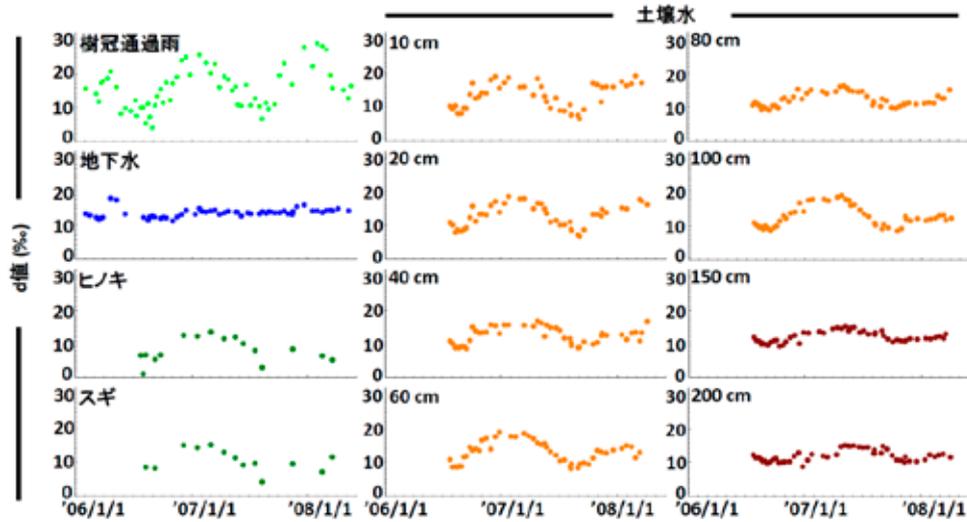


図3 樹冠通過雨、渓流水、樹液（ヒノキ・スギ）及び土壌水の δ 値の季節変化

※樹冠通過雨（左上）に見られた δ 値 (= δ D-δ 180) の季節変化が、土壌水（中央及び右列）では深くなるにつれ次第に小さくなること、樹木の水（左列3番目と4番目）では深さ 100cm 以内の土壌水と同程度の季節変化が見られること等を示しています。

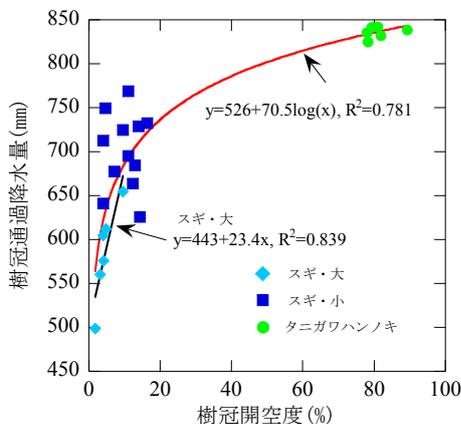


図4 筑波森林水文試験地のスギ壮齢林分で計測された樹幹流量と樹冠長との関係。

※計測期間は2007年7月～2008年12月。樹冠長が大きいほど樹幹流が多くなります。

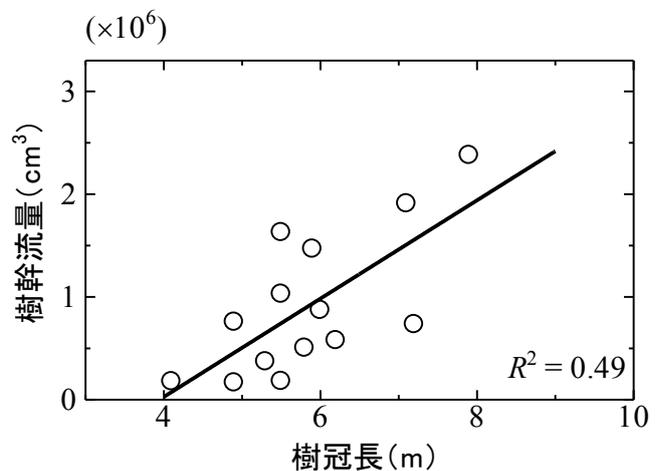


図5 開空度と樹冠通過降水量の関係

※樹冠開空度が大きいほど樹冠を通過する降水量が増加します。

森林－大気間のエネルギーのやり取りと収支を明らかにする

東北支所
北海道大学
気象環境研究領域

安田幸生
渡辺 力
大谷義一

森林と大気との間のエネルギーや熱のやり取りを明らかにすることは、森林やその周辺の気候がどのように形成されるかを知る上で非常に重要です。この研究では数値シミュレーションにより、大気温度分布の空間的ばらつきがエネルギー収支の不均衡をもたらす原因の一つであることを明らかにしました。また、観測での不確実性を取り除き観測精度を高めるため、湿度センサ出力の時間変動における気温低下・湿度増加にともなう特性劣化を、潜熱の計算過程で補正する解析方法を開発しました。この方法を適用した結果、適用前に比べて潜熱は約 20% 増加してエネルギー収支の不均衡は改善に向かいました。埼玉県川越にある落葉広葉樹林での観測データに補正を適用すると、開葉と共に潜熱の割合が増加し、夏の間は顕熱よりも高い値を示すことが分かりました。現象の理解の向上とともに、観測・解析技術の改良によって潜熱観測値の精度を向上させ、高精度なデータベースの公開に繋がりました。

森林のエネルギー収支とインバランス問題

森林やその周辺の気候がどのように形成されるかを知る上で、森林と大気との間のエネルギーや熱のやり取りを明らかにすることが重要です。森林では、森林が受け取る正味放射エネルギー (Rn) から森林群落内の空気・樹木・土壌の温度変化に使われるエネルギー (G) を引いたもの (Rn-G、有効放射) が、森林上の大気を暖める顕熱 (H) と蒸発の熱量 (潜熱、IE) に使われます。森林が受け取るエネルギーとその配分のことをエネルギー収支といい、理想的には顕熱 (H) と潜熱 (IE) の和が有効放射量に等しくなります。ところが実際に森林でこれらの要素を測定すると、顕熱と潜熱の和が有効放射量に満たないことが普通に観測されます。このようなエネルギー収支の不均衡をインバランスと呼び、この現象の解明は森林微気象における大きな課題となっています。

エネルギー収支インバランス現象の解明と解決に向けた取り組み

これまでの研究からインバランスを生じる主な原因は、主に顕熱・潜熱の過小評価にあるのではないかと考えられています。そこで、まず大気中の渦の動きを計算する乱流シミュレーションモデルを用いて、顕熱・潜熱と密接に関係する大気温度 (空気塊の温度ポテンシャル) の空間分布を調べました (図 1)。その結果、温度には空間的に偏りを持ったばらつきがあり、そのような状態が持続しやすいことが分かりました。このような温度の空間分布の下では、エネルギー収支を過小評価しやすい場所が過大評価しやすい場所より広い面積を占めることによって、エネルギー収支のインバランスの原因がつけられることを明らかにしました。

一方、エネルギー収支のインバランスが生ずる原因として、観測上の不確実性から生ずる見かけの現象として、観測上の問題点も指摘されています。観測上の問題点は、観測精度を落とし真の現象の理解を妨げるので排除する必要があります。そこで、埼玉県川越市にある落葉広葉樹林におけるエネルギー輸送観測 (タワー観測) で得られたデータを用いて、潜熱観測用湿度センサ出力の時間変動における気温低下・湿度増加にともなう特性劣化を、潜熱の計算過程で補正する解析法を開発しました。その結果、潜熱は約 20% 増加し、「顕熱と潜熱の和」の有効放射に対する割合は、補正適用後に約 5% 改善できました (図 2)。この解析法開発によって、降雨による欠測が生じやすく高価で保守が難しい応答速度の速い湿度センサを用いることなく、比較的安価な湿度センサ観測値から正確な潜熱観測値を得ることを可能にしました。補正適用後の顕熱、潜熱の季節変化 (図 3) では、開葉と共に潜熱の割合が増加し、夏の間は顕熱よりも高い値を示すことが分かりました。

この課題では数値シミュレーションによって、森林と大気との間のエネルギーや熱のやり取りに関する現象の一端を明らかにするとともに、観測・解析技術の改良によって経常的なタワー観測による潜熱観測値の精度を向上させることで、高精度なデータベースの公開に繋がりました。

参考文献

安田幸生、間野正美、大谷義一、宮田 明 (2006) フラックス観測評価の問題と解決へのアプローチ—研究動向、問題の整理とその解決に向けて—。生物と気象 6:41-44

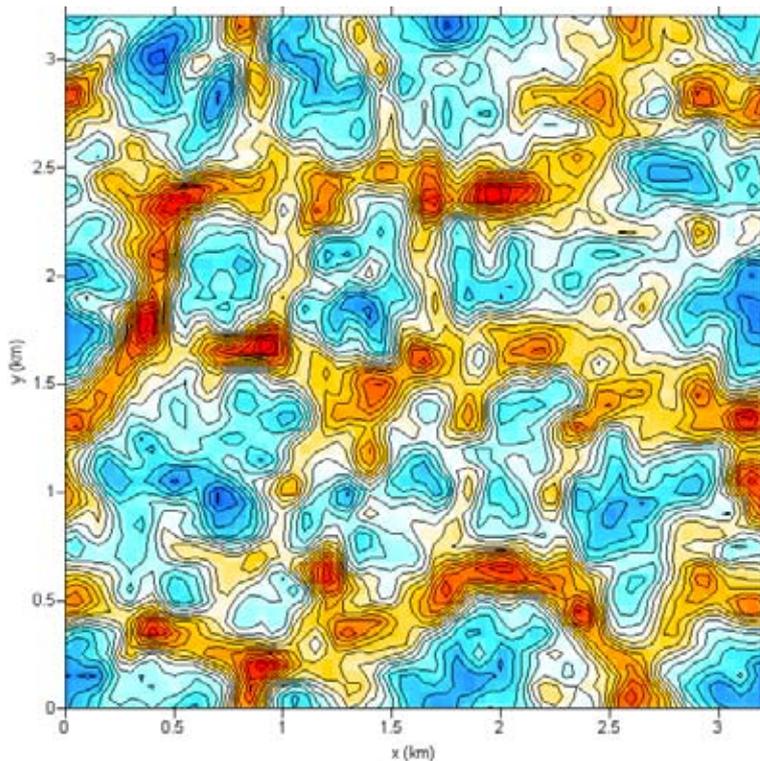


図1 大気乱流シミュレーションモデル (LES) によって再現された水平面の温位の差

自然対流条件において 4000 秒間を時間平均した温位の、水平面平均値からの偏差の空間分布 (赤: 高温域、青: 低温域) を調べました。このような偏りを持った大気空間構造が系統的なエネルギー収支の不均衡をもたらすことがわかりました。

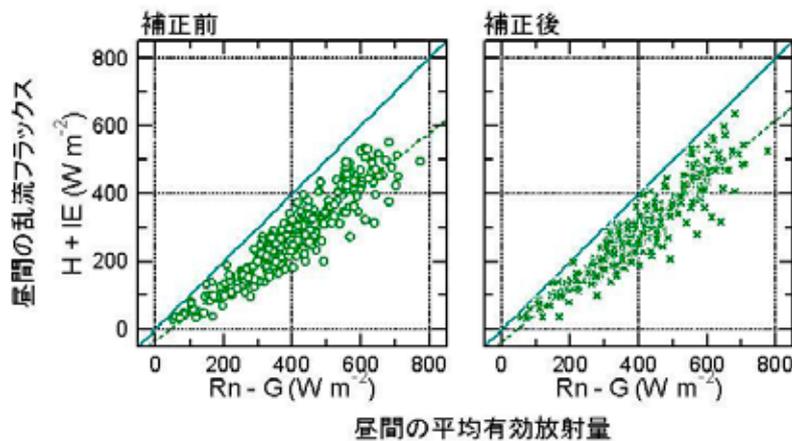


図2 日中の森林の有効放射量と「顕熱と潜熱の和」との関係

有効放射量 (Rn-G) は理想的には「顕熱 (H) と潜熱 (IE) の和」に等しくなりますが、実際の測定では「顕熱 (H) と潜熱 (IE) の和」は有効放射量より小さくなることが多く、湿度センサの時間変動特性の気温・湿度依存性を潜熱の計算過程で補正する解析法を開発し、潜熱計算に適用することによって、「顕熱と潜熱の和」と有効放射量のインバランスが改善されました。

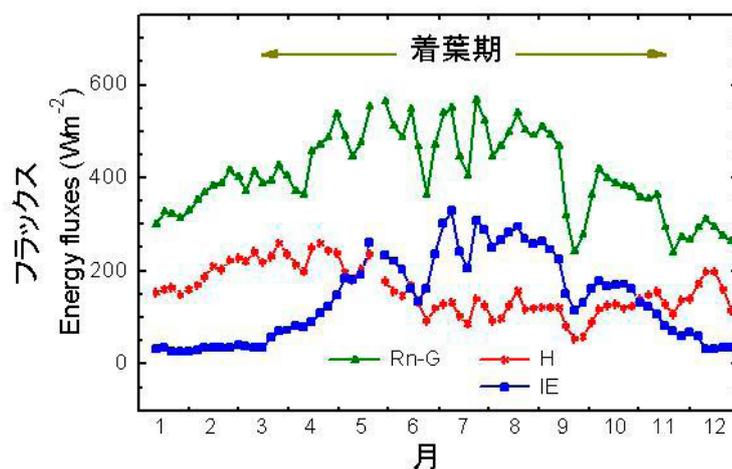


図3 落葉広葉樹林における有効放射量、顕熱および潜熱の季節変化

新しい解析法を潜熱計算に適用した結果、川越にある落葉広葉樹林では、開葉と共に潜熱が増加し、夏の間は顕熱よりも高い値を示すことがわかりました。新しい解析法を用いることにより、応答速度は速いものの降雨による欠測が生じやすい湿度センサが不要となり長期連続測定が容易となりました。

森林生態系での二酸化炭素 (CO₂) の移動と収支を明らかにする

関西支所	小南裕志、深山貴文
東北支所	安田幸生
水土保持研究領域	玉井幸治
現京都大学	壇浦正子
現日本大学	上村真由子

森林は二酸化炭素 (CO₂) を光合成によって吸収し、一部は呼吸によって大気へ放出、残りを炭素として森林の中に蓄積します。このような森林の CO₂ 収支は環境要因や森林の状態によって変動するため、これを連続的に観測する技術を開発するとともに、京都府の落葉広葉樹林にこのような連続観測システムを集中的に配置し、森林での CO₂ の移動と収支を明らかにしました。その結果、森林の樹木は、光合成による CO₂ 吸収と呼吸による CO₂ 放出の結果として、炭素換算でヘクタールあたり毎年約 5 トンを大気から取り込んでおり、そのうち約 7 割が落葉の分解で、さらに 1 割が枯死木の分解で再び大気へと放出され、残りの 2 割が森林に蓄積されたことが分かりました。

森林での二酸化炭素の移動を連続的に測定する

森林生態系では、葉の光合成によって大気から二酸化炭素 (CO₂) を吸収しますが、同時に樹木などの呼吸や有機物の分解によって大気へ CO₂ を放出し、残りを炭素あるいは有機物として蓄積します (図 1)。このような CO₂ の移動はさまざまな環境要因による変動をとともなうため、連続的な測定によって CO₂ 移動を明らかにする必要があります。そのため、森林群落上で大気から森林が吸収する CO₂ を連続測定する微気象学的方法 (タワー観測) に加え、葉群の光合成による吸収と樹木の呼吸による放出、土壌有機物、落葉や枯死木の分解による放出など、群落内で吸収・放出される CO₂ の挙動を群落内の環境とともに連続的に測定する方法を開発・適用することで、森林群落内の CO₂ の移動や収支を明らかにしました (図 2、図 3)。

落葉広葉樹林における二酸化炭素の移動と収支の解明

京都府の落葉広葉樹林にこのような連続観測システムを集中的に配置するとともに、樹木の高さや幹の成長などから樹木の炭素蓄積量を推定する生産生態学的方法や、土壌への炭素蓄積量を推定するモデルなどを用いて、対象とする落葉広葉樹林における CO₂ 移動と収支、森林群落を構成する各部からの CO₂ 放出量と蓄積量を見積もりました。

森林の樹木は、光合成による CO₂ 吸収と呼吸による CO₂ 放出の結果として、炭素換算でヘクタールあたり毎年約 5 トン (5 tCha⁻¹y⁻¹) を大気から取り込んでいました。そのうち約 7 割が落葉の分解で、さらに 1 割が枯死木の分解で再び大気へと放出され、残りの 2 割が森林に蓄積されたことが分かりました。この森林が蓄積した炭素量は、推定手法の違いによって 1 tCha⁻¹y⁻¹ から 2 tCha⁻¹y⁻¹ の間と見積もられ、また蓄積量については、植物体へ約 7 割、残りが落葉や枯死木として蓄積していることが分

かりました (図 4)。

このような成果は、森林生態系の二酸化炭素収支の変動を予測するモデル等の高度化に活用しました。今後は、効率的な二酸化炭素吸収を目指す森林管理技術の確立に繋がります。

参考文献

- Kominami Y., Jomura M., Dannoura M., Goto Y., Tamai K., Miyama T., Kanazawa Y., Kaneko S., Okumura M., Misawa N., Hamada S., Sakai T., Kimura H., Ohtani Y. (2008) Biometric and eddy-covariance-based estimates of carbon balance for a warm-temperate mixed forest in Japan. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(5):723-737
- Jomura M., Kominami Y., Tamai K., Miyama T., Goto Y., Dannoura M., Kanazawa Y. (2007) The carbon budget of coarse woody debris in a temperate broad-leaved secondary forest in Japan. *Tellus B*, 59(2):211-222
- Dannoura M., Kominami Y., Tamai K., Jomura M., Miyama T., Goto Y., Kanazawa Y. (2006) Development of an automatic chamber system for long-term measurements of CO₂ flux from roots. *Tellus B*, 58(5):502-512
- Miyama T., Kominami Y., Tamai K., Goto Y., Kawahara T., Jomura M., Dannoura M. (2006) Components and seasonal variation of nighttime total ecosystem respiration in a Japanese broadleaved secondary forest. *Tellus B*, 58:550-559
- Yasuda Y., Ohtani Y., Mizoguchi Y., Nakamura T., Mihara H. (2008) Development of a CO₂ gas analyzer for monitoring soil CO₂ concentrations. *Journal of Forest Research*, 13(5):320-325

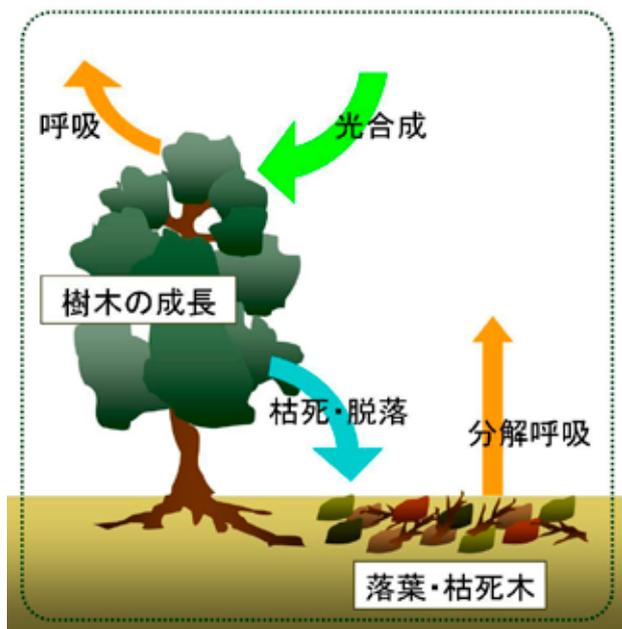


図1 森林生態系におけるCO₂の吸収と放出
森林生態系では、葉の光合成によって大気から二酸化炭素(CO₂)を吸収しますが、同時に樹木などの呼吸や有機物の分解によって大気へCO₂を放出し、残りを炭素あるいは有機物として蓄積します。

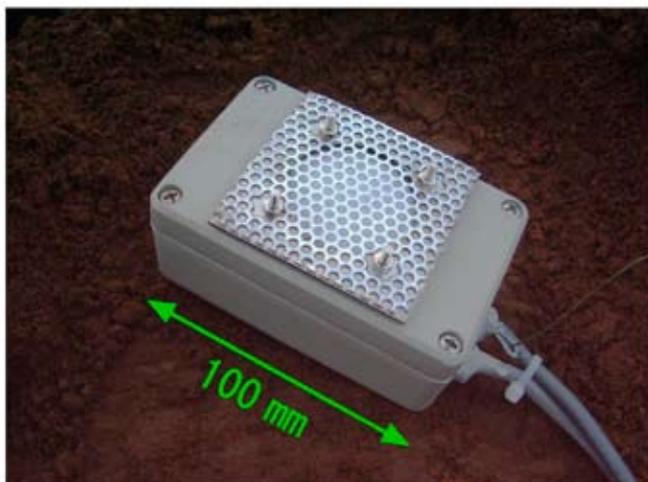


図2 開発した土壌埋設用CO₂濃度計
小型で耐久性の高いセンサの開発により、土壌内CO₂濃度分布の長期連続測定を可能にしました。

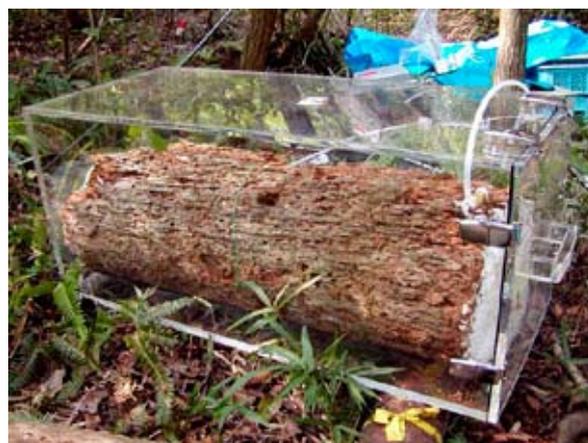


図3 開発した枯死木からのCO₂放出量測定チャンバー

新しく開発した枯死木分解測定用チャンバーを用いることで、CO₂放出量の連続測定が可能となり、分解に影響する要因とその影響のモデル化を可能にしました。

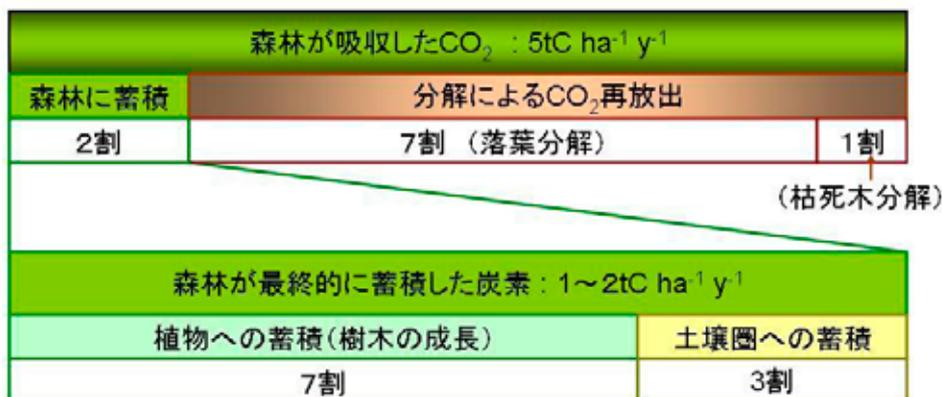


図4 落葉広葉樹林(山城水文試験地)における炭素蓄積量の内訳
光合成により吸収したCO₂のうち一部を呼吸として大気へ放出し、対象とした森林では約5tC ha⁻¹ y⁻¹の炭素を取り込んでいました。そのうち、約7割が落葉の分解、1割が枯死木の分解で再度大気へと放出され、残りの2割が純粋に森林に蓄積されていました。森林が蓄積した炭素の量は、1~2tC ha⁻¹ y⁻¹と見積もられました。蓄積は植物体へ約7割、残りが落葉や枯死木として蓄積されていることがわかりました。

森林のメタンフラックス連続測定を可能に

関西支所

深山貴文

メタンは地球温暖化に大きな影響を及ぼすため、その森林における放出・吸収の実態把握が急がれています。本研究では、波長可変ダイオードレーザー分光法 (TDL) メタン計という高精度の分析計を野外観測に応用し、森林-大気間および林床土壌でメタンフラックスを連続観測するシステムを開発し、京都府の落葉広葉樹林で観測を行いました。その結果、森林-大気間のメタンフラックスは非常に小さく、その時系列変動は不明瞭でした。一方、一般の林床土壌では概ね一定のメタン吸収を、また、溪流沿いの嫌氣的な環境の土壌ではメタン放出が降雨によって中断して降雨終了後に再開する様子をそれぞれ観測することができました。

メタンフラックス自動観測システムの開発

メタンは地球温暖化に対して二酸化炭素の21倍もの影響を持つ温室効果気体で、森林内では溪流沿いの嫌氣的環境にある土壌で集中的に発生し、広い面積を占めるそれ以外の林床土壌では吸収されることが分かっていますが、これらの変動や森林全体での収支（吸収なのか放出なのか）はまだ明らかにされていません。本研究では、近年新たに開発されたTDLメタン計（図-1）という高精度の分析計を野外観測に応用し、森林-大気間および林床土壌でメタンフラックス（放出・吸収の速度）を連続観測可能なシステム（図-2）を開発しました。このシステムでは、2カ所の林床土壌（溪流沿いの嫌氣的環境とそうでない場所）および森林樹冠上の計3カ所でメタンフラックスを同時に連続観測することができます。林床土壌での観測には自動開閉式のチャンバー法を用いました。これはチャンバー（図-3）を土壌にさして上部の蓋を自動開閉し、閉鎖中のメタン濃度変化速度からフラックスを求める方法です。一方、森林-大気間フラックスの観測には簡易渦集積法（REA法）という微気象学的手法を用いました。これは超音波風速計を用いて上向きと下向きに吹く風の空気塊を分けて容器に採取し、両容器中に貯まった大気中の僅かなメタン濃度差からフラックスを求める方法です。

観測されたメタンフラックス

京都府の落葉広葉樹林で観測を行った結果、森林内で広い面積を占める一般の林床土壌ではほぼ一定のメタン

吸収が持続しました。また、溪流沿いの嫌氣的な環境の土壌では、メタン放出が降雨によって中断し降雨終了後に再開することにより大きな経時変動を持つこと（図-4）を観測で明らかにすることができました。

一方、森林-大気間のメタンフラックスは非常に小さく、その変動傾向も不明瞭でした。このフラックスを検出するためにはREA法での濃度差の分析により高精度な測器を用いる必要があり、また、タワー上で観測されたメタン濃度の日変化（図-5）には森林側の要因では説明できない夜間における短時間の濃度上昇が見られるため、今後は森林周辺の大気の動きの影響も含めて検討していく必要があることが分かりました。

本研究では、森林内微気象の特性を明らかにする視点から温室効果気体の一つであるメタンの森林群落内外の挙動を検出するシステムを開発し、森林のメタン吸収・放出特性の一端を明らかにしました。今後は森林の炭素収支解明と地球温暖化緩和技術の開発に繋がります。

本研究は、環境省の地球環境研究総合推進費（RF-0903）の支援によって実施されました。詳しくは下記の発表文献をご覧ください。

参考文献

Miyama Takafumi ほか（印刷中）CH₄ emissions from litter-covered sandbars and the edges of a mountain stream in a secondary deciduous broadleaf forest, Journal of Agricultural Meteorology



図-1 波長可変ダイオードレーザー分光法 (TDLS) メタン計
(従来メタン濃度の分析に用いられた測器より、安全で可搬性に優れた高精度の測器で、これによりメタンフラックスの野外連続測定が可能になりました)



図-3 自動開閉式土壌チャンバー
(銀色の回転式エアシリンダーによって蓋が自動開閉し、林床土壌メタンフラックスを連続観測します。)

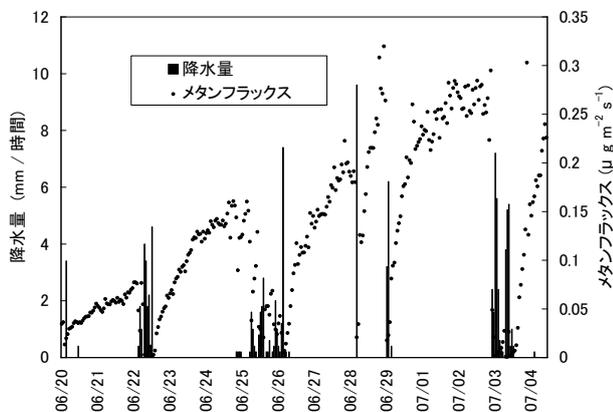


図-4 溪流沿いの林床土壌メタンフラックスの経時変化
(メタンの放出量には降雨で急減し、その後回復する経時変動特性がありました。)

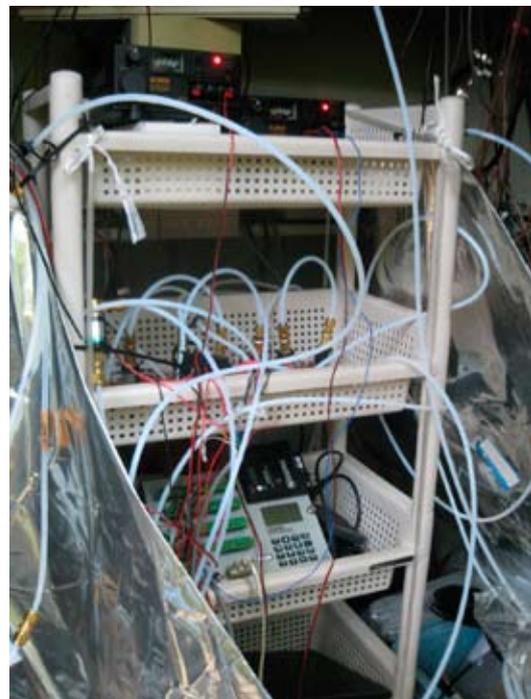


図-2 メタンフラックス自動観測システム
(2つの銀色の袋の中の空気に含まれるメタンや二酸化炭素の濃度差を測定してフラックスを求めます。定期的に電磁弁で流路を切り替えてチャンバー法による観測も行います。)

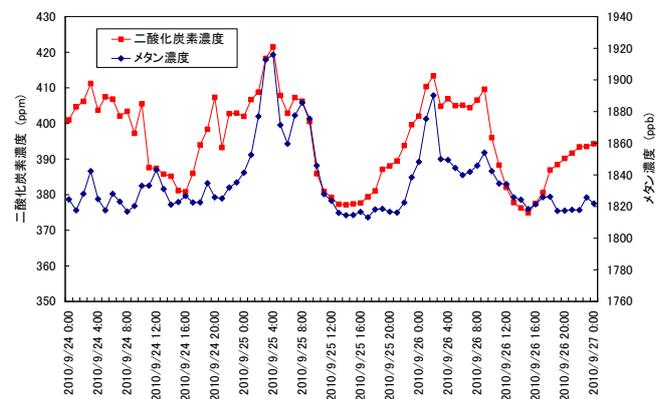


図-5 タワーの上で観測された二酸化炭素とメタン濃度の日変化
(メタン濃度の日変化は概ね 100ppb 以下の範囲で小さく、夜間の高濃度の時間帯は二酸化炭素に比べて短い特徴がありました。)

フラックス観測ネットワークとデータベース公開

北海道支所
東北支所
気象環境研究領域
水土保持研究領域
関西支所
九州支所

山野井克己、溝口康子
安田幸生
大谷義一、中井裕一郎、北村兼三、高梨聡
玉井幸治、清水貴範
小南裕志、深山貴文
萩野裕章

森林を非破壊で長期・連続観測できる微気象学的手法と呼ばれる方法を用いて、国内6か所で森林が大気から吸収する二酸化炭素の量（フラックス）の観測を行っています。観測を通じて、森林タイプや気候の違いによる吸収量やその季節変化の違いを明らかにしました。これらの観測データは、森林と大気間の二酸化炭素のやりとりを推定するさまざまなモデルの構築や検証に不可欠なことから、データベースの構築と公開を行いました。幅広い研究分野における観測データ利用が期待され、これら関連研究分野との連携によって、森林の炭素循環メカニズムおよび炭素収支変動の解明に繋がります。

森林総合研究所フラックス観測ネットワーク

ブナ・シラカンバなどの落葉広葉樹林やスギ・ヒノキなどの常緑針葉樹林といった日本の各地域を代表する森林6ヶ所に試験地を設置し、森林の二酸化炭素吸収量とその変動の把握を主な目的とした長期観測を行っています。このような観測データを集約し、精度管理されたデータベースを構築してきました。これらの観測結果から、落葉広葉樹林は夏の二酸化炭素吸収強度が高いものの吸収期間が短く、常緑針葉樹林は夏の吸収強度はあまり高くありませんが吸収期間が長いなど、さまざまなタイプの森林の二酸化炭素吸収量の特徴がわかってきました(図1)。観測データは、森林と大気間の二酸化炭素のやりとりを推定するさまざまなモデルの構築や検証に不可欠なことから、幅広い研究分野の研究者が利用できるようデータベースの公開を行いました。

データベースの概要

収録されている森林サイトは北海道から九州にまたがる札幌（北海道）、安比（岩手県）、川越（埼玉県）、富士吉田（山梨県）、山城（京都府）、鹿北（熊本県）の6ヶ所です(図2、3)。このデータベースは数値データと観測地の概要やフラックス計算方法などのファイル（メタ情報）により構成され、それぞれ1年1ファイルにまとめられています。数値データは、降水量、気温、日射量などの一般気象データと、顕熱、潜熱、二酸化炭素など

のフラックスデータの19要素が収録されています(図4)。メタ情報には、試験地の位置・植生・土壌の情報、測器・測定高度、フラックスの計算方法などの情報が含まれています。

データベース公開の意義

観測データの提供は、これまでも共同研究者の間で行われてきました。しかし、各研究者それぞれの方法でデータを整理していたため、複数のサイトのデータを直接比較しにくい欠点がありました。今回、データの形式を統一してデータベースを公開したことにより、観測データを必要とする人が容易にデータを利用できるようになりました。その結果、観測データは国内外の陸域炭素循環モデルやリモートセンシング分野の研究者にも利用されています。

森林総合研究所のデータベースは、各サイトが共通のシステムで観測を行っていること、観測を行っている研究者自身がデータベース運用に関わっていることから、データ品質の維持、データユーザへのメタ情報の提供等を十分円滑に行えるという利点があり、このような信頼性の高いデータの提供と、関連する研究分野との連携によって、今後は国内森林の二酸化炭素吸収量などのより精度の高い評価と変動予測に繋がります。

情報源 <http://www2.ffpri.affrc.go.jp/labs/flux/>

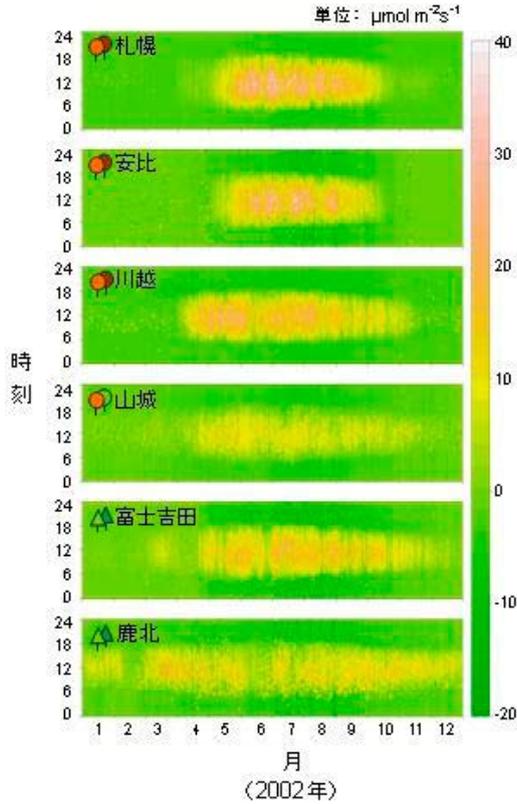


図2 データ収録サイトの位置

図1 データベースを利用した解析の一例
森林の二酸化炭素吸収量の季節変化を示しています。オレンジ色が濃いほど吸収量が多く、オレンジ色の期間が長いほど、二酸化炭素の吸収期間が長いことを示しています。森林タイプや気候帯によって、吸収量や吸収期間に違いがあることがわかりました。



図3 各データ収録サイトの様子



図4 データベースの収録要素を示すホームページ

重点課題イイ a の研究成果の社会的還元

1. 講演会、シンポジウム、森林講座等

題名	年月、開催場所	関連課題番号
多摩森林科学園 森林講座「渓流水質で環境の健康診断」	平成 20 年 9 月 東京都八王子市 森林総合研究所 多摩森林科学園	イイ a 1 0 1 0 1
「ジオネットワークつくば」主催 第 2 回野外観察会	平成 21 年 11 月 森林総合研究所筑波共同試験地 (茨城県かすみがうら市)	イイ a 1 アイ b 1
森林総合研究所 森と人をつなぐ談話会 第 5 回「山の土の話」	平成 21 年 10 月 茨城県つくば市 筑波西武百貨店 つくば西武ホール	イイ a 1
「ジオネットワークつくば」主催 第 2 回サイエンスカフェ 「森もメタボに? -筑波山周辺の森林が危ない-」	平成 21 年 10 月 茨城県つくば市 つくばエキスポ センター	イイ a 1
森林総合研究所関西支所公開講演会「里山の二酸化炭素 吸収量をはかる」	平成 21 年 10 月 京都府京都市 アバンティホール	イイ a 2 0 1 0 2 アア a 2 1 1
「ジオネットワークつくば」主催 つくばアースデー市民 講演会「つくば市周辺の森林土壌」	平成 22 年 2 月 茨城県つくば市 つくばエキスポ センター	イイ a 1
森林総合研究所 北海道地域 研究成果発表会「風倒被 害で森林生態系の炭素吸収量はどうか? その 1 気象観測からみた炭素吸収量」	平成 22 年 3 月 北海道札幌市 教育文化会館	イイ a 2 0 1 0 2 アア a 1 1 9、アア a 2 1 1
「水の週間」親子森林体験 ～水(みず)から知ろう森の 大切さ～	平成 22 年 8 月 東京都八王子市 森林総合研究所 多摩森林科学園	イイ a 2、アイ b 1 研究の基盤となる情報 の収集と整備の推進(ウ a 1 1 2)
「Integrated water sciences and management: 8. Forest Hydrology and Management」(水に関する科学と管理の 統合 8 森林水文と管理)	平成 22 年 11 月 茨城県つくば市 筑波大学 EDL (環境ディプロマティックリー ダーの育成拠点)	イイ a 2、アイ b 1 研究の基盤となる情報 の収集と整備の推進(ウ a 1 1 2)

2. パンフレット、マニュアル等の刊行・公開

題名	刊行・公開日	関連課題番号
森の土のはたらき 第 1 回 森の土は、水をきれいにす る	平成 21 年 4 月	イイ a 1
森の土のはたらき 第 2 回 森の土には炭素がたくさん	平成 21 年 4 月	イイ a 1
森の土のはたらき 第 3 回 森の土は温室効果ガスを 吸ったり、はいたり	平成 21 年 4 月	イイ a 1
森の土のはたらき 第 4 回 森の土はタイムカプセル	平成 21 年 4 月	イイ a 1
タワーフラックス観測ネットワーク	平成 22 年 3 月	イイ a 2
森林はどのようにして二酸化炭素を吸収するかー新しい 測定システムの開発と研究からわかってきたことー	平成 22 年 3 月	イイ a 2

3. ホームページによるデータベース等の公開

題名、アドレス	公開日	関連課題番号
森林土壌博物館 http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/soiltype/soilmuse_index.html		イイ a 1
F A S C - D B (森林降水渓流水データベース) http://fasc.ffpri.affrc.go.jp/	平成 20 年 5 月	イイ a 1 1 1
フラックス観測ネットワークデータベース (FFPRI FluxNet Database) http://www2.ffpri.affrc.go.jp/labs/flux/data_j.html	平成 22 年 3 月	イイ a 2 研究の基盤となる情報の収集と整備の推進(ウ a 1 1 5、ウ b 1 2 2)
森林理水試験地データベース (F W D B) http://www2.ffpri.affrc.go.jp/labs/fwdb/main.htm	平成 22 年 10 月	イイ a 2 0 1 0 1、アイ b 1 研究の基盤となる情報の収集と整備の推進(ウ a 1 1 2)
十日町試験地の気象観測データ (1996++) http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/tkmcs/index.html	毎月更新	イイ a 2 0 1 0 2 研究の基盤となる情報の収集と整備の推進(ウ)

4. プレスリリース等

題名	年月	関連番号
化石花粉で過去 35 万年間のシベリアタイガの変遷が明らかに ～地球温暖化の影響予測に貢献～	平成 19 年 7 月	イイ a 1 0 1 0 3
わが国における樹木の根の研究成果を特集化 ～森林の持つ機能を根から解明へ～	平成 19 年 8 月	イイ a 1 0 1 0 2
森林は大気中の鉛を捕捉するフィルターの効果を持っている	平成 19 年 10 月	イイ a 1 0 1 0 1
森林降水渓流水水質データベース (F A S C - D B) を公開	平成 20 年 5 月	イイ a 1 1 1
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・森林総合研究所)	平成 20 年 10 月	イイ a 1 0 1 0 3
火山灰土はイオウを捕らえ、貯めている	平成 21 年 5 月	イイ a 1 0 1 0 1
落葉が土壌有機物に変化する過程を「固体 13 C NMR 法」により解明	平成 21 年 9 月	イイ a 1 0 1 0 3
スギの落葉はコナラやマツより、大気中の窒素をたくさん固定する –スギ林の生産性の持続的発揮に重要–	平成 22 年 11 月	イイ a 1 0 1 0 2
森林理水試験地データベース (F W D B) を公開 –森林と水の関わりを知るために–	平成 22 年 11 月	イイ a 2 0 1 0 1、アイ b 1 研究の基盤となる情報の収集と整備の推進(ウ a 1 1 2)

5. 公刊図書等

書籍名	発行年月、発行所	関連課題番号
森林大百科事典	平成 21 年 8 月 朝倉書店	イイ a、アイ b 研究の基盤となる情報の収集と整備の推進(ウ a 1 1 2)
Permafrost Ecosystems: Siberian Larch Forests (凍土の生態系: シベリアのカラマツ林) Ecological Studies 209 Springer-Verlag, 331-345	平成 22 年 1 月、Springer-Verlag	イイ a 1 0 1 0 3
森林立地調査法 –改訂版–	平成 22 年 6 月、博友社	イイ a

Memo.

森林総合研究所

第2期中期計画成果集

発行日	平成23年3月
編集・発行	独立行政法人 森林総合研究所 茨城県つくば市松の里1 電話 029(873)3211 (代表)
お問い合わせ	企画部研究情報科
メールアドレス	kanko@ffpri.affrc.go.jp
ホームページ	http://www.ffpri.affrc.go.jp
印刷所	大成印刷株式会社 茨城県日立市東多賀町 4-11-7 電話 0294(36)1837 (代表)

本誌から転載・複製する場合は、森林総合研究所の許可を得て下さい。

森林総合研究所

第2期中期計画成果集

独立行政法人 森林総合研究所

茨城県つくば市松の里1 URL <http://www.ffpri.affrc.go.jp/>

リサイクル適性の表示:紙へリサイクル可