

中部山岳地域の環境変動の解明から
環境資源再生をめざす大学間連携事業

—地球環境再生プログラム—



中部山岳地域環境変動研究機構

2011 年度年次研究報告会

2011 年 12 月 16 日(金)・17 日(土)

信州大学理学部大会議室



岐阜大学
GIFU UNIVERSITY



信州大学
SHINSHU UNIVERSITY



筑波大学
University of Tsukuba

中部山岳地域の環境変動の解明から
環境資源再生をめざす大学間連携事業
—地球環境再生プログラム—

中部山岳地域環境変動研究機構
2011 年度年次研究報告会

2011 年 12 月 16 日(金)・17 日(土)

信州大学理学部大会議室

目次

プログラム	・・・・・・・・2
会場案内	・・・・・・・・4
発表要旨集	・・・・・・・・6
参加者名簿	・・・・・・・・128

プログラム

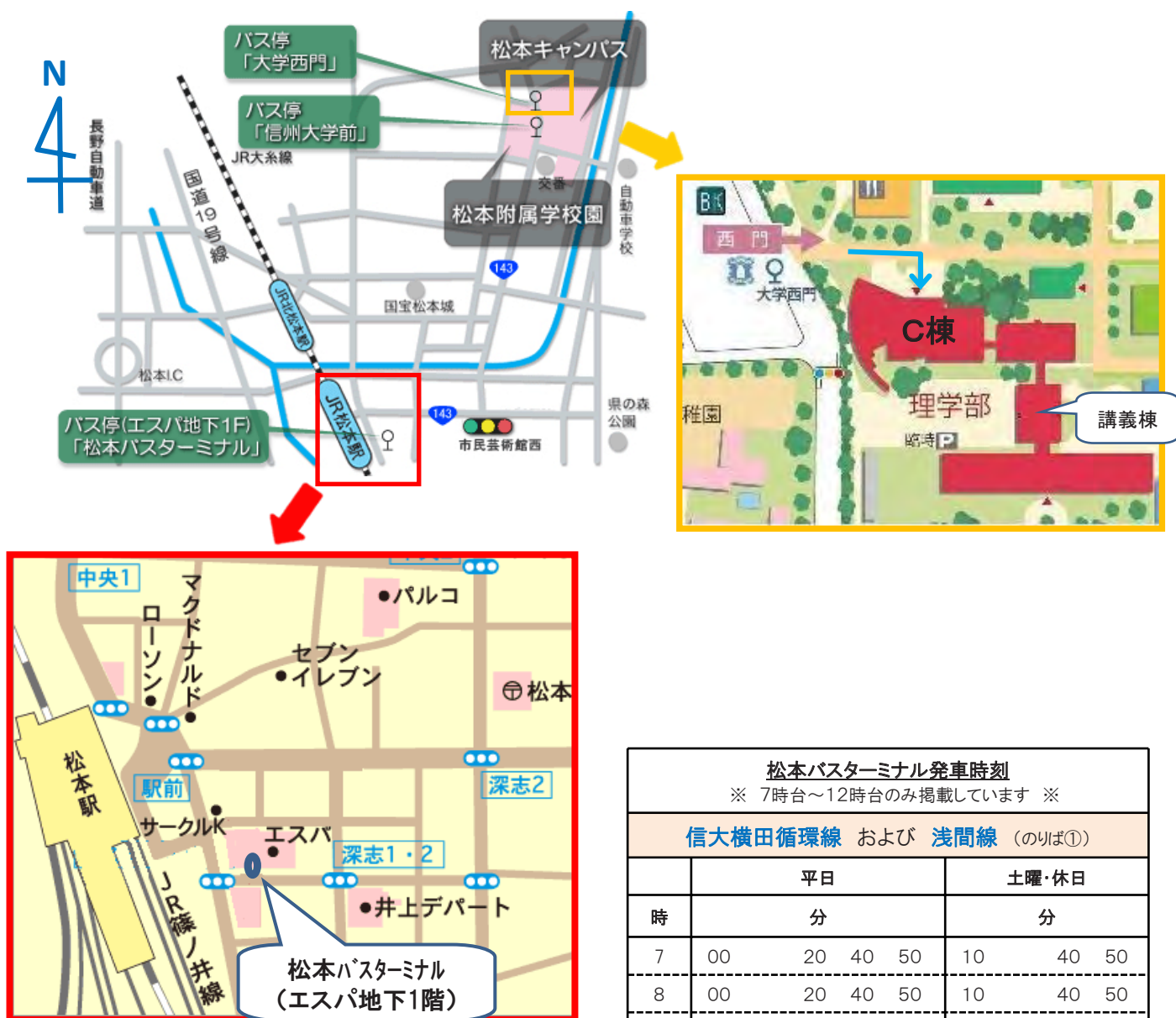
12 月 16 日(金)

- 11:30～12:50 運営委員会
- 12:00～13:00 受付・ポスター掲示
- 13:00～13:10 開会挨拶
- 13:10～14:50 ポスター発表（内容紹介）
- 14:50～15:40 ポスター発表コアタイム（奇数番号）
- 15:40～16:30 ポスター発表コアタイム（偶数番号）
- ポスター撤収
（パネルの使用予定のため、発表終了後は
直ちにポスターをはがしてください。）
- 16:40～18:00 グループミーティング
- 18:00～20:00 懇親会

12 月 17 日(土)

- 9:00～11:40 各研究グループからの報告
- 11:40～12:40 全体会議
- 12:40～ 各委員会のミーティング（随時終了）

松本駅・信州大学松本キャンパス 周辺図



バス

JR松本駅「お城口(東口)」を出て、右前方「エスパ」地下1階にバスターミナルがあります。

以下の路線をお使いいただくと便利です

◆信大横田循環線・浅間線 (のりば①)の場合

「信大西門」下車。片道190円。所要時間 約15分です。

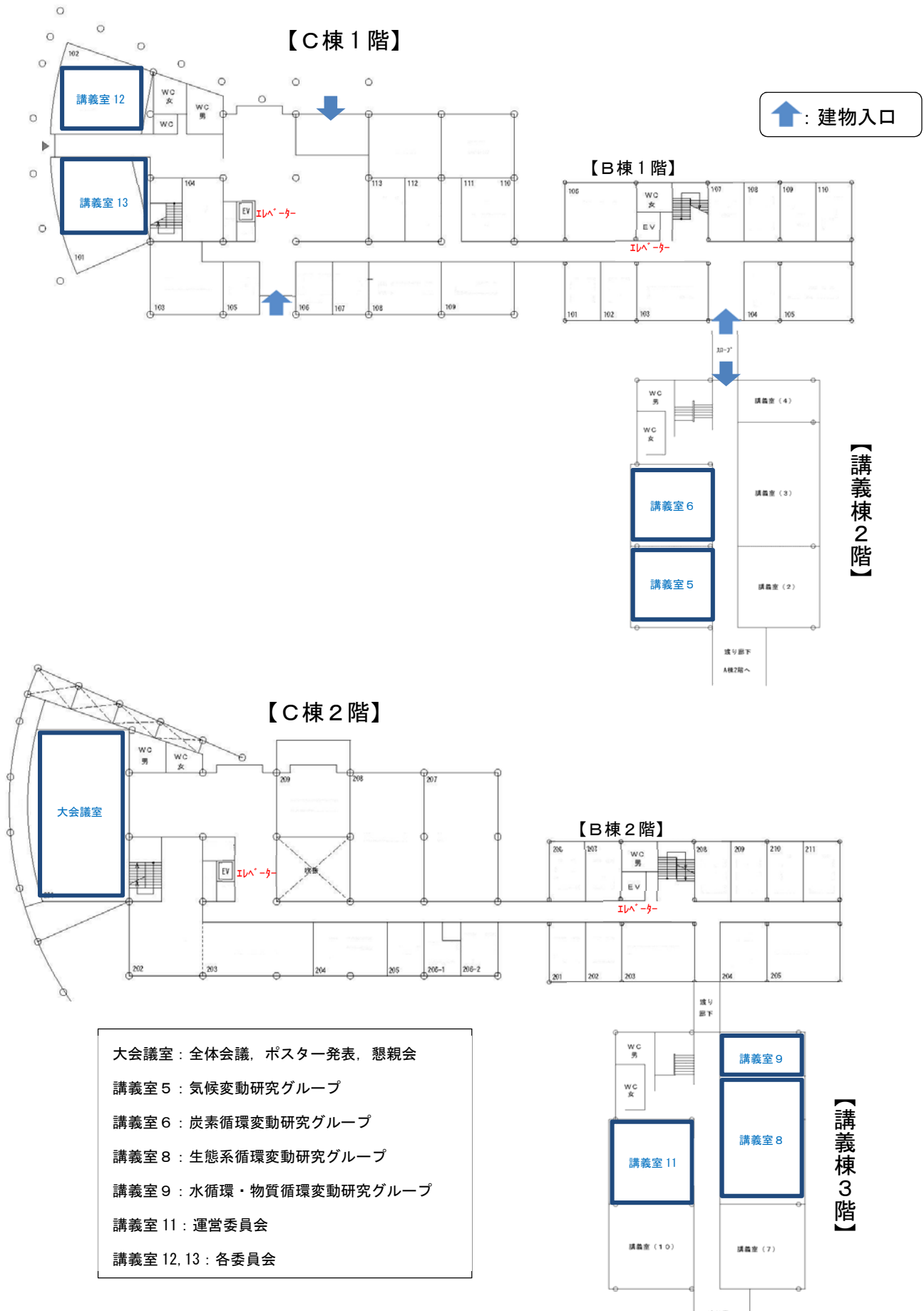
◆横田信大循環線 (のりば②)の場合

「信大西門」下車。片道190円。所要時間 約25分です。

松本バスターミナル発車時刻						
※ 7時台～12時台のみ掲載しています ※						
信大横田循環線 および 浅間線 (のりば①)						
	平日				土曜・休日	
時	分				分	
7	00	20	40	50	10	40 50
8	00	20	40	50	10	40 50
9	00	15	20	40 50	10	15 40 50
10	00	15	20	40 50	10	15 40 50
11	00	20	40	50	10	40 50
12	00	20	40	50	10	40 50
横田信大循環線 (のりば②)						
	平日				土曜・休日	
時	分				分	
7	10	30	50		25	55
8	10	15	30	50	25	55
9	10	30	50		25	55
10	10	30	50		25	55
11	10	30	50		25	55
12	10	30	50		25	55

会場案内

信州大学理学部平面図（B・C棟，講義棟）



会場タイムテーブル

12月16日(金)

時間	C棟 大会議室	講義棟						
		講義室 5	講義室 6	講義室 8	講義室 9	講義室 1 1	講義室 1 2	講義室 1 3
11:00								
12:00	受付 ポスター掲示					運営委員会		
13:00								
14:00	ポスター発表							
15:00	コアタイム (奇数番号)							
16:00	コアタイム (偶数番号)							
	(ポスター撤収)							
17:00		グループ ミーティング 気候	グループ ミーティング 炭素	グループ ミーティング 生態系	グループ ミーティング 水・物質			
18:00								
19:00	懇親会							

12月17日(土)

時間	C棟 大会議室	講義棟						
		講義室 5	講義室 6	講義室 8	講義室 9	講義室 1 1	講義室 1 2	講義室 1 3
9:00								
10:00	各研究グループ からの報告							
11:00								
12:00	全体会議							
13:00							各委員会	各委員会
14:00							随時終了	

年次研究報告会研究発表 発表要旨集

研究グループ報告目次	7
気候変動研究グループ	8
水循環・物質循環変動研究グループ	11
炭素循環変動研究グループ	13
生態系変動研究グループ	15
 ポスター発表要旨目次	 18
気候変動研究グループ	26
水循環・物質循環変動研究グループ	51
炭素循環変動研究グループ	64
生態系変動研究グループ	85

研究グループ報告

[気候変動研究グループ]

公文富士夫

研究活動について

上野健一・磯野純平(筑波大学)

連携事業拠点を活用した中部山岳域の気象データセット構築 8

若月泰孝(筑波大学)

地域スケールの気候変化予測研究の現状と課題 9

公文富士夫・木越智彦・河合小百合(信州大学)

花粉組成を基にした古気候データセットの構築 10

[水循環・物質循環変動研究グループ]

松岡憲知(筑波大学)

水・物質循環研究グループの研究成果と展望

今泉文寿・西井稜子・上野健一(筑波大学)・大塚俊之・八代裕一郎・飯村康夫(岐阜大学)

森林伐採が土砂移動・微気象・土壌呼吸等に及ぼす影響の評価 11

鈴木啓助・佐々木明彦(信州大学)

山岳地域における冬期降水量・積雪量算定の試み 12

[炭素循環変動研究グループ]

栗屋善雄(岐阜大学)

グループ活動の要約

廣田 充(筑波大学)

成熟したブナ林の炭素循環－土壌呼吸を中心として－ 13

八代裕一郎・王連君・大塚俊之(岐阜大学)・小林 元(信州大学)

ヒノキ人工林における林齢に伴う土壌呼吸速度の変動 14

栗屋善雄(岐阜大学)

次年度の活動予定

[生態系変動研究グループ]

中村寛志(信州大学)

グループ活動の要約

加藤正人(信州大学)

JALPS生態系リモートセンシングの取り組み 15

田中健太(筑波大学)・古川桂子・矢久保允也(信州大学)・金井隆治・正木大祐(筑波大学)・高橋一太・川谷尚平(信州大学)・平尾 章(筑波大学)・池田彬人・藪田泰基・古屋諒・板東貴興・小林 元(信州大学)

西駒演習林・森林限界部における温暖化実験：植生調査 16

市野隆雄(信州大学)・平尾 章(筑波大学)

山岳植物の遺伝的多様性、および標高傾度に沿った分化 17

連携事業拠点を活用した中部山岳域の気象データセット構築
上野健一（筑波大学・生命環境系）・磯野純平（筑波大学・地球学類）

中部山岳域で進行する気候環境の実態を把握し、将来予測のためのモデル研究を検証するためには、多地点で日変化も把握できる気象データの取得が不可欠となる。現在可動している気象庁地域気象観測システム（通称アメダス）は主に低標高域の市町村近傍に分布し、高所山岳域や稜線域での継続的な観測地点は非常に少ない。地球環境再生プログラム・気候変動研究グループでは、2010年12月17日に開催されたミニワークショップでの議論を経て、中部山岳地域における山岳気象の素過程研究および気候モデル検証・分析に資する気象データの収集と共有化を図ることが合議された。2011年4月に、観測拠点間でデータポリシーに関する合意がなされ、5月に各大学が管轄・関係する山岳観測拠点での気象観測項目をリストアップし、6月以降に公開可能なデータの収集および部内での公開作業が筑波大学を中心として開始された。10月末時点でデータ公開用のホームページが完成し（図1）、研究グループ内でデータの公開が開始された。6拠点29地点（サイト）で、最長2006-2010年まで時間値データをアーカイブする目標をたて、研究グループへの参加は各大学の主幹で協議する事となっている。複数大学の管轄データを同一フォーマットでアーカイブする試みは画期的であり、サイトマネージャー・観測者の協力・貢献無くしては達成できない成果である。ポスターでも、アーカイブの状況とデータ利用の展望を紹介する。



図1 部内公開用の気象データアーカイブホームページ

地域スケールの気候変化予測研究の現状と課題

若月泰孝（筑波大学・生命環境系／陸域環境研究センター）

人為起源の二酸化炭素排出に伴う地球温暖化によって、地域スケールで環境がどのように変化するかという問題が近年注目されている。JALPS 地球環境再生プログラムにおいては、中部山岳域の環境変化に注目することになる。そこで、本発表では、地域スケールの気候変化予測研究の近年の研究の流れと問題点などについて紹介する。

地球温暖化予測は、一般的に全球の大気海洋結合モデル（GCM）によるシミュレーションで予測する。このモデルには大気の諸物理過程が組み込まれ、人為起源の温室効果ガスが特定の排出シナリオで与えられる。シミュレーションは地球シミュレータや京などのスーパーコンピュータを用いて世界中で計算されるが、それでも高解像度計算は不可能で、大気の水平分解は 100 km 程度になる。これでは、中部山岳などは表現されないため、気候予測の詳細化（ダウンスケーリング）が必要となる。気象庁気象研究所と海洋研究開発機構は、大気だけの全球モデルによるシミュレーションを行っている。さらに、地域スケールだけ詳細化した領域気候モデルによるシミュレーションも実施されている。たとえば、気候変動適応研究推進プログラム（若月も研究メンバー）では、5 km 程度の解像度で気候シミュレーションを試みている。このくらいの解像度になれば、中部山岳域の地形はある程度表現できるが、個々の谷や尾根を表現することはできない。1 km 程度の解像度のシミュレーションは著しく計算コストが大きくなるため、長期間のシミュレーションは難しい。

ここで、解像度の違いによる降水の表現の違いを紹介する。図 1 は強雨のモデル再現性を示す。2 km モデルは山脈に沿った強雨が観られるが、6 km では塊状にしか表現できない。基本的には 2 km の方が再現性はよいはずである。ただし、中部山岳域の観測の雨量分布とは大きく異なる。しかし、この観測雨量は極めて疑わしく、雨量計のない気象庁レーダが山岳域の降水をどの程度表現できているのか注意する必要がある。発表では、冬季の 2 km 実験結果と 6 km 実験結果の比較にも触れる。

最後に、気候変化予測には、大きな不確実性がある。温室効果ガスの排出量の不確実性と GCM の予測の不確実性である。GCM の高精度化研究は精力的に行われているものの、不確実性は依然大きい。昨今では不確実性を定量化し、確率的な気候変化予測を行う試みが研究されている。

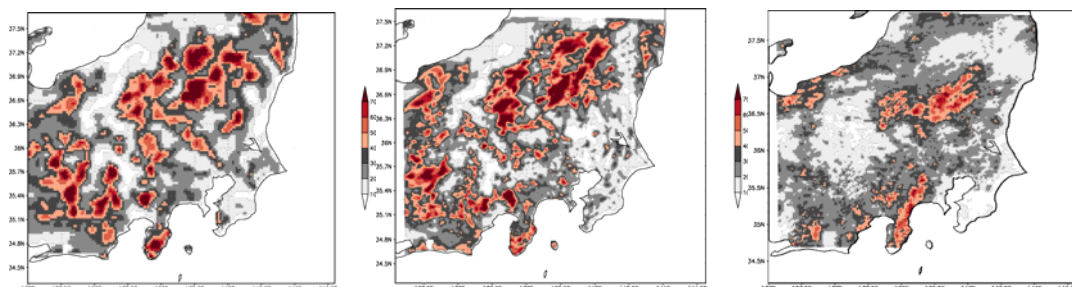


図1 2008年8月の上位3位までの平均降水量(mm/day)。左から6km格子モデル、2km格子モデル、観測（気象庁レーダアメダス）。

謝辞 本発表は、海洋研究開発機構の気候変動適応研究推進プログラム「気候差分ダウンスケーリング法の開発」課題のメンバーの協力を得ている。

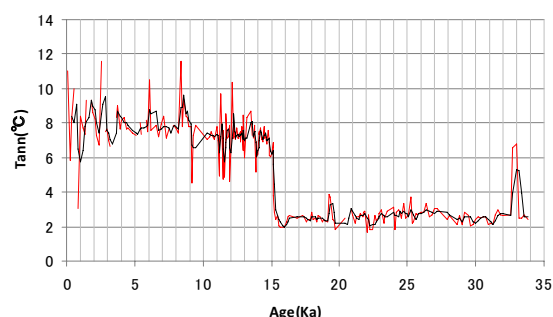
花粉組成を基にした古気候データセットの構築

公文富士夫(信州大・理・物循)・木越智彦(信州大・院・工学系)・

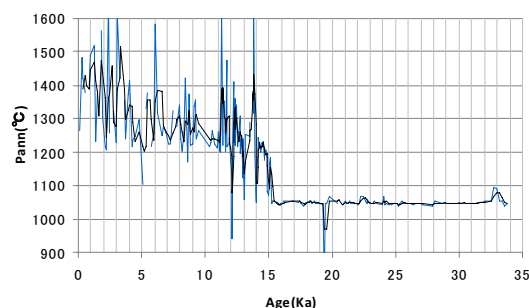
河合小百合(信州大・山岳総研)

中部山岳地域には古くから花粉分析のデータが集積されてきているが、その多くは統合されることなく放置されていることが多かった。一方、このような花粉組成を気温や降水量に変換する試みが欧米では続けられていたが、Nakagawa et al.(2003)は Gotanda et al.(2002)が日本列島で収集した花粉組成と近年の気象資料とをベースにして、PC で使える変換プログラム (Polygon program) を提案した。このプログラムを用いれば、これまで花粉組成の差 (植生の差) として認識していた古気候を、季節毎の気温や降水量、および懸隔差と言った指標で定量的に表し、緯度や高度差も補正して比較することが可能になる。

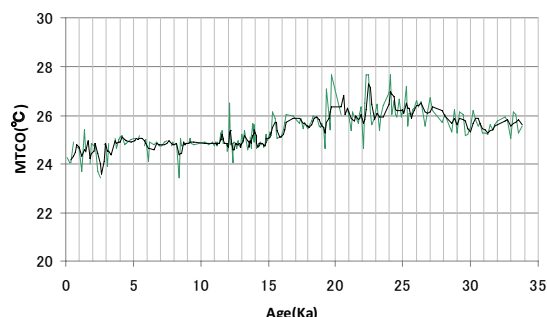
そこで野尻湖、青木湖および木崎湖で掘削された学術ボーリング試料の花粉組成のデータを使い、Polygon 1.5 によって過去の気候指標を求めてみた。これらのコア試料は数万年以上の長い時間幅をカバーしており、また、採取場所が広い湖であるために比較的広範囲の植生を反映している可能性が高い。以下に青木湖 (N36° 31', E137° 51', 標高 823m) の湖底で採取されたコア試料の花粉組成資料に基づく過去 3.5 万年間の古気候復元の例をしめす。なお、花粉分析の間隔は 150~300 年で、測定された組成は数十年間の平均である。グラフの中央にある実線は 3 資料の移動平均を表す。



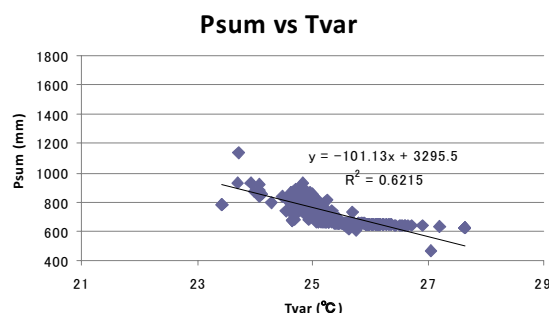
A. 年平均気温の経年変動



B. 年降水量の経年変動



C. 気温の年較差の経年変動



D. 気温較差と夏の降水量との負の相関

図1 青木湖コアの花粉分析結果をモダンアナログ法で気候指標に変換した例
(花粉分析は河合が行い、Polygon による解析は木越が担当した。)

森林伐採が土砂移動・微気象・土壌呼吸等に及ぼす影響の評価

今泉文寿・西井稜子(筑波大・農林技術センター)上野健一(筑波大・生命環境)

大塚俊之・八代裕一郎・飯村康夫(岐阜大・流域圏)

1. はじめに

森林のもつ機能として林内の微気象環境の維持、炭素・窒素循環、土砂移動の抑止などがあげられる。これらの機能はお互いに作用しあっており、気候変動やそれに伴う森林植生の変化、あるいは人為的な作用によりこれらの機能のうちの 하나가影響を受けると、その影響が他の機能に波及していくと考えられる。特に中部山岳域は地形が急峻で物質の移動が起こりやすい環境にあること、物質循環が積雪や土壌の凍結の影響を受けることなどの特徴を持っており、環境変化に対して前述の機能が敏感に反応すると予想される。そこで本研究では、静岡県北部の赤石山脈に位置する筑波大学農林技術センター井川演習林内で、最もインパクトの大きい環境変化ともいえる「森林の伐採」を行い、伐採地において森林の諸機能に関する分野横断的な観測を実施する。そしてその観測結果に基づき、森林の伐採が林内の微気象環境に与える影響や、伐採に伴う炭素・窒素循環や土砂移動の変化を明らかにする。さらにそれをもとに、森林の機能間の相互作用の解明を目指すとともに、気候変動等の環境変化に対する森林の機能の応答を考察する。

2. 研究対象地概要および研究方法

伐採予定地(面積 1 ha ; 以下、伐採区)は井川演習林内に位置する 1974 年植栽ヒノキ人工林である。伐採区内において微気象環境(放射収支、林内雨量、地表面温度、気温)、土層・土砂移動環境(土砂移動量、地中温度、土壌水分量)、炭素・窒素循環(土壌呼吸、無機態窒素動態)の観測を行う。そして伐採の前後の観測値の変化をみることで、伐採が各観測項目に及ぼす影響を評価する。さらに一部の観測項目については、伐採区に隣接し樹種や植栽年、森林施業履歴がまったく同じ「対象区」(面積 1 ha)を設け、そこでも同様に観測を行う。そして伐採後の伐採区と対照区の観測値の比較によっても、伐採の各機能に及ぼす影響の評価を行なう。



写真 伐採区の様子

(手前が土砂トラップ、奥が放射温度計、放射収支計)

3. 研究の進展状況

伐採は 2012 年 3 月に予定している。現在は伐採前の微気象環境、土層・土砂移動環境、炭素・窒素循環の観測を行っているところであり、データが蓄積されつつある。伐採後も継続して観測を行い、前述の目標の達成を目指して生きたい。

山岳地域における冬期降水量・積雪量算定の試み

鈴木啓助・佐々木明彦(信州大学山岳科学総合研究所)

1. はじめに

わが国の年平均降水量は約 1,700mm であり、世界の陸域における年平均降水量の約 800mm の約 2 倍となっており、比較的水資源に恵まれていると言われている。しかしながら、国民 1 人あたりの水量換算では、わが国は世界平均の 1/3 弱に過ぎない。また、暖候期の雨による降水は、わが国の急峻な地形のために、人工的なダム等の構造物なしには安定的な水資源として利用することが困難である。しかしながら、中部山岳地域での寒候期の降水は雪としてもたらされるため、春先まで天然のダムとして水を貯留し続ける。冬期間に数メートルにも達する積雪が広域に観測される地域は、地球上でも稀な場所である。そして、春になるとともに融け出して、降水量の少ない時期の田畑を潤し、生活用水や工業用水としても下流の都市域で重要な存在となっている。しかしながら、実際に、どれほどの雪が山岳地域に降っているのかを量的に議論することは難しい。高標高地点での積雪深観測はほとんど行われておらず、継続的に観測され公表されている気象庁の積雪深観測所の最高地点は奥日光の 1292 m に過ぎない。標高 1000 m 以上でも、菅平、草津、阿蘇山、開田高原の 4 地点を加えた 5ヶ所に過ぎない。このような状況では、山岳地域における積雪深の経年変動はおろか冬季降水量の量的な議論すらできない。そのため、山岳地域における冬季降水量の見積もりは、流域単位で河川の流出高から算定したり、衛星や航空機によって積雪深を測量しそれから降水量を算定したりすることによりなされている。これらの方法では、冬季降水量の、それぞれ空間分布と時間分布が不明であったり、乗り越えるべき課題が多い。そこで、雪氷化学的手法により冬季降水量を見積もる手法および GPS 連続キネマティック測位による雪渓における積雪量・融雪量を見積もる手法を紹介する。

2. 雪氷化学的手法による冬季降水量算定

この方法は、降雪の化学的性質が気象条件によって異なる(鈴木・遠藤、1994; Suzuki and Endo, 1995, 2001)ことを利用して、積雪層ごとに降雪日を同定し、それに基づいて山岳地域における降雪量(冬季降水量)を算出する方法である。降雪とともに沈着した化学物質は、融雪がなければ堆積した層に保存される(Suzuki, 1982)ということが、本手法の前提条件となる。一般には、積雲対流の激しい冬型の気圧配置による降雪では海塩起源物質濃度が高くなり、南岸低気圧時の降雪では人為起源物質濃度が高くなる。また、標高が高く気温が低いことから、融雪が始まる前の山岳地域の積雪中には、これらの化学物質が長期間にわたり保存されている。つまり、積雪を掘削し、積雪層を詳細に調査すれば、初冬から掘削時までの湿性および乾性沈着物が時系列的に復元できることになる。これら積雪層の特徴的な層位に堆積時の日付を入れることができれば、上下のふたつの層位間の積雪水量は、その間の降水量に相当することになる。積雪掘削地点を多くすればするほど、数日間単位の降水量を多くの地点で算出することができる。

3. GPS を用いた積雪量算定

GPS(全地球測位システム)は、軌道半径約 26,500 km の宇宙空間に配置された衛星から送られる電波を地上のアンテナで受信し、アンテナの位置を求める測位方法である。ふたつの受信機を使う干渉測位が最も精度が良く、数 mm 単位での計測も可能であると言われている。干渉測位のひとつである連続キネマティック測位は、基準点に基準局となる受信機を設置し、もうひとつの受信機を移動させながら連続で計測していく方法である。つまり、移動局となる受信機を積雪上で移動させることにより、雪面の 3 次元的位置が精密に測量できることになる。そして、地表面の 3 次元位置データとして国土地理院の基盤地図情報を用いることにより、ふたつの標高データの差分が積雪深となる。受信機を雪面上で縦横に移動させることにより積雪深分布を描くことができ、同時に神室型スノーサンプラーを用いて積雪の平均密度を計測することにより、積雪水量分布を算出することができる。また、この作業を最大積雪深が観測される春季から雪渓の消失する秋季まで定期的に行うことにより、積雪水量減少の空間分布を明らかにすることができる。

成熟したブナ林の炭素循環 土壌呼吸を中心として

廣田 充（筑波大学・生命環境系）

【背景と目的】

1990年代後半から世界中で盛んに行われるようになった森林生態系における CO₂ 交換量観測によって、森林生態系の炭素蓄積量とその分配、および炭素固定量が明らかになりつつある (Yude et al., *Science*, 2011). しかしながら、その全貌が解明されたとはいえず、特に議論的となっているのが成熟林 (old-growth forests) の炭素循環である. これまでの多くの知見をまとめると、成熟林の炭素吸収量は小さく最終的にゼロ (CO₂ 吸収量と CO₂ 放出量がほぼ同量) になると考えられている。しかしながら、最近のいくつかの研究は、成熟林の炭素吸収量はゼロにならず、依然 CO₂ を吸収している可能性を報告している。今日の成熟林の炭素吸収量がゼロとみなされていることを考慮すると、その吸収（あるいは放出）量や吸収機構を解明する必要がある。我々は、成熟林の二つの特徴、1) ギャップ・モザイク構造に依存した multi-aged and multi-layer structure, および 2) 枯死木も含む巨木の存在、つまり難分解性有機物量が多いことが炭素吸収量に関与しているのではないかという仮説を立て、様々な成熟林を対象とした炭素循環研究を展開している。

今回の発表では、主要な成熟林サイトのカヤノ平ブナ二次林と大白川ブナ原生林における土壌呼吸量とその不均一性、およびその不均一性を生む要因について報告する。

【方法】

調査は、カヤノ平ブナ二次林（長野県木島平村）と大白川ブナ原生林（岐阜県大野郡白川村）で行った。カヤノ平ブナ二次林は、信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設カヤノ平分施設（カヤの平自然教育園）内に環境省「モニタリングサイト 1000」のコアサイト（カヤの平ブナ林）として設置された長期モニタリング用の調査地（1ha）で行っている。カヤの平ブナ林は、冷温帯の主な極相種であるブナ (*Fagus crenata* Blume) が優占する成熟林（樹齢約 300 齢、廣田ら未発表データ）である。この周辺で 1900 年代中頃まで炭焼きが行われていたことなどから、当該調査地も二次林と考えられる。大白川ブナ原生林は、1600 年代後半の噴火後に形成された原生林と考えられており、かつて岐阜大学のグループで設置、観測されていた調査区で行っている。両調査地において、10mx10m の格子点（計 121 点）にチャンバーを設置し、各箇所です土壌呼吸と関連する環境要因を測定した。本研究では、多点で同時に土壌呼吸把握のためにソーダライム法を、短時間変動を把握するために小型 CO₂ センサーを用いた自動開閉式チャンバー法を用いた。それぞれの土壌呼吸測定後に地温と土壌水分を測定した。

【結果】

いずれの成熟林においても、土壌呼吸速度の空間不均一性は高く、特にカヤノ平ブナ林の不均一性が極めて高いことが明らかになった（変動係数=0.52）。また、土壌水分の空間不均一性も高く、土壌水分が高いほど土壌呼吸が低くなる傾向が明らかになった。カヤノ平ブナ二次林の植生構造（井田ら、未発表）との関係から、土壌呼吸や土壌水分の空間不均一性は、成熟林のギャップ・モザイク構造が関与していることが示唆され、ギャップ区では土壌水分が高くかつ土壌呼吸が低く、更新区では土壌水分が低くかつ土壌呼吸が高い傾向が見られた。土壌呼吸とその制御要因が極めて高い空間不均一性を示したことから、成熟林生態系の炭素循環の空間不均一性も高いと思われる。このような空間不均一性によって、場合によっては生態系全体としても CO₂ を吸収するケースも出てくると考えられる。

ヒノキ人工林における林齢に伴う土壌呼吸速度の変動

八代裕一郎, 王連君, 大塚俊之(岐阜大学流域圏科学研究センター),
小林元(信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育センター)

森林生態系におけるCO₂収支はしばしば生態系呼吸によりコントロールされており、生態系呼吸の大部分は土壌呼吸によって占められている。地球温暖化に伴う全球レベルでの土壌呼吸量の増加も指摘されるなか、将来的な森林のCO₂収支を予測するためには気候変動が土壌呼吸量に与える影響を明らかにすることが不可欠である。一方で、土壌呼吸量は森林の発達や遷移に伴い自律的にも変化する。したがって、気候変動と土壌呼吸量の関係を検出するためには、森林における土壌呼吸量の自律的な変化パターンを把握する必要がある。

日本の森林の約4割は人工林で占められている。本研究では代表的な人工林であるヒノキ林を対象に、林齢に伴う土壌呼吸速度の変動を明らかにする。調査地として長野県伊那市にある信州大学手良沢山演習林(年平均気温8.5度、降水量1240mm、標高950–1450m)の1年生から86年生のヒノキ人工林12林分を選定し、2010年6月–2011年7月にかけて計6–7回土壌呼吸速度を測定した。

各林分の土壌呼吸速度は明瞭な季節変化を示し、2010年7月末に最大値をとり、その後徐々に減少した。2011年は4月から7月にかけて上昇した。土壌呼吸速度は各林分において5cm深の地温と有意に指数関数的な関係を示した($R^2 > 0.79$, $P < 0.05$)。これらの式を用いて地温20度の土壌呼吸速度(R_{20})と土壌呼吸の温度依存性(Q_{10})を算出した。 R_{20} は1年生林分でもっとも小さく、林齢に伴って増加した(Fig. 1a)。20年生以降では変動はあるものの比較的安定した値をとった。しかし、85年生1林分で大きな値が観測された。 Q_{10} もまた1年生林分において最小値をとったが、その後増加傾向を示した。 R_{20} および Q_{10} は木本同化部と草本の和(ここではGreen biomassと呼ぶ)と正の相関を示した(Fig. 1b)。Green biomassは森林構造に大きく依存するため、本研究結果はヒノキ人工林の発達程度が土壌呼吸速度および温度依存性を決定していることを示唆している。

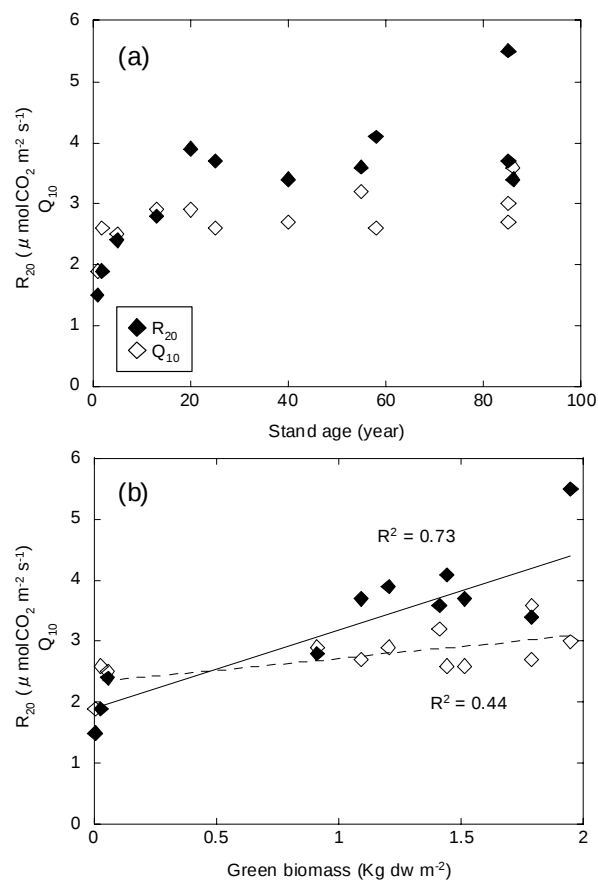


Figure 1. The relationship between soil respiration characteristics (R_{20} , Q_{10}) and stand age (a) and green biomass (b).

JALPS 生態系リモートセンシングの取り組み

加藤正人（信州大学農学部）

要旨

生態系グループでは温暖化実験に関する場所として、アルプス全域、重点調査地区として中央アルプス西駒演習林内に気象観測を含めたサイトを設定し、観測を開始した。三大学の共同研究を進める共通基盤情報として、対象地の人工衛星と航空機によるリモートセンシングデータの購入し、地図利用可能な投影変化を行った（図-1, 2）。また、信州大学で管理している演習林の森林資源データを含む地図情報（図-3）、登山ルートや山小屋などのGPS測定も行い、JALPS 共同研究の基盤情報として登録する（図-4）。

平成 24 年度は、リモートセンシングと地上植生調査との連携を行うため、重点調査地区での高山植生調査や温暖化実験との同時期の航空機観測の要望（別予算）、現地植生情報とリモセンデータとの相関とモデル化、内挿法による人工衛星観測への広域展開を行うことで、アルプス全域での生態系温暖化実験の検証を目指す。

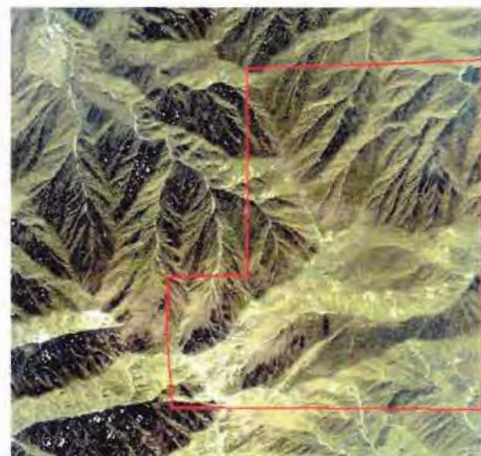


図-1 北アルプスから上高地（利用制限あり） 図-2 西駒演習林衛星データ（共通）



図-3 西駒演習林地図情報（共通）

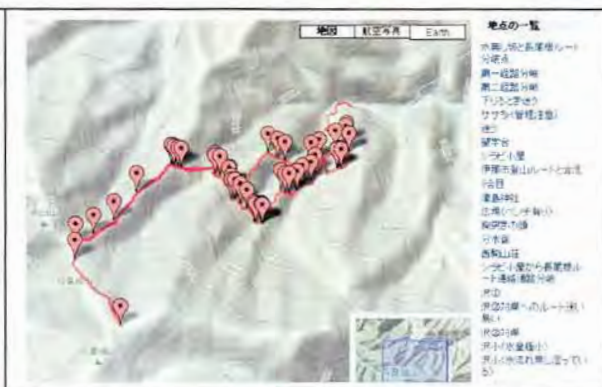


図-4 主な登山ルート（共通）

西駒演習林・森林限界部における温暖化実験：植生調査

田中健太¹・古川桂子²・矢久保允也²・金井隆治¹・正木大祐¹・高橋一太³・川谷尚平³・平尾章¹・池田彬人²・薮田泰基²・古屋諒³・板東貴興³・小林元³(¹筑波大・菅平セ、²信大・理、³信大・AFC)

山岳森林限界部では標高が 100m 上昇しただけで、高木帯から低木帯に植生が劇的に変化する。このような場所は、わずかに温度が上昇するだけで生態系が劇的に変化する、地球温暖化に対する感受性が極めて高い生態系だと考えられている。そこで、地球温暖化の影響を解明して対策を講ずるために、山岳森林限界部を人工的に温暖化する実験を開始し、温暖化による生物多様性と物質循環に与える影響を追跡観測している。この温暖化実験のうち、植生調査について紹介する。

実験地は、中央アルプス将基ノ頭直下の信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学研究センター西駒ステーション演習林内の山岳森林限界部で、標高は約 2600m である。オオシラビソ帯とハイマツ帯の間、樹高 4m 前後のダケカンバの下に低木等が生えている、平均斜度 35 度の急斜面である。2010 年 9 月に、105×105×高さ 210cm のオープントップチャンバー 10 基を設置し、そのうち 5 基は通年温暖化区、残りの 5 基は冬季にポリカーボネート製の壁を外す夏期温暖化区とした。オープントップチャンバーを設置しない対象区も 5 つ設定した。全ての実験・対象区に 55×55cm のコドラートを設置して植生調査を開始した。また、土壌呼吸（筑波大・廣田グループ）、窒素無機化（信大・小林グループ）、セルロース分解・分解菌（日大・広瀬グループ）、腐植（岐阜大・飯村グループ）などの調査も始まり、温暖化が森林限界の生物多様性と生態系に与える影響を追跡観測する体制が構築された。

植生調査では、維管束植物について個体数とサイズを、蘚苔類については種リスト作成した上で分類群ごとの被度を、地衣類についてはパッチ毎の種名・サイズを記録した。2011 年 9 月に、第二回目の植生調査を行った。今回の発表では、これらの調査による実験地における植物相と、温暖化処理が木本植物の成長に与える影響について紹介する。



実験地付近の将基ノ頭（2672m）で、南北アルプス・八ヶ岳に抱かれながらの昼食。西駒山荘特性の焼きうどんで、調査の鋭気を養う。

山岳植物の遺伝的多様性、および標高傾度に沿った分化

市野隆雄（信州大学・山岳科学総合研究所）・平尾章（筑波大学・菅平高原実験センター）

温暖化によって、高山植物は将来的に消失の危機にさらされるだろうといわれている。この消失の危険度を測るバロメーターとして、遺伝的多様性の減少があげられる。本発表の前半では、周北極植物の分布南限地にあたる日本における高山植物の遺伝的多様性の減少について検討した。その結果、日本の高山帯に隔離分布するチョウノスケソウ集団は、北欧などの高緯度地域にくらべて集団内の遺伝的多様性が喪失していることが明らかになった。また日本における集団間の遺伝的分化度は北欧よりも大きく、遺伝的な分断化・近親交配が促進されていた。今後、日本、特に南方山域の高山植物の遺伝的多様性については、地球温暖化の影響を検知するための「炭鉱のカナリヤ」として、その推移に注目していく必要がある。

一方、高山植物だけでなく、広い標高域に分布する山岳植物の種内にみられる「高地型」も、独自の遺伝的固有性をもつ「保全すべき単位」である可能性がある。そこで本発表の後半では、高地型と低地型の間で遺伝的分化があるか、また高地型と低地型の生殖隔離に関与する花形質が生態的に分化しているかどうかについて、3種の草本植物を対象に検討した。その結果、サラシナショウマは、遺伝的にも生態的にも標高間で分化していることが明らかになった。ヤマホタルブクロでは、標高は地理的な距離による隔離ほどは遺伝的分化に寄与しておらず、標高の上下で送粉者が異なっても遺伝子流動は生じていることが判明した。さらにヤマホタルブクロとウツボグサの花サイズは、標高が上がるにつれて小型化しており、この小型化は標高ごとに異なる送粉者サイズに適応した結果であることが示唆された。これらの結果は、標高傾度に沿って植物種内に遺伝的分化がみられる場合（サラシナショウマ）と、標高ごとに異なる送粉者への適応がみられる場合（ヤマホタルブクロとウツボグサ）があることを示しており、温暖化と関連して「保全すべき単位」の見直しが必要であることを示唆している。すなわち、温暖化にあたって保全すべきなのは、これまでひとくくりにされていた植物「種」とは限らず、高地で特異的に遺伝分化している「高地型」、あるいは高地の送粉者相に適応した「高地送粉モルフ」であることが示唆された。

[キーワード] 温暖化、隔離分布、遺伝的固有性、遺伝的分化、保全すべき単位

気候変動研究グループ (略号CM:CliMate)

※[CM1]高山試験地気象観測データの公開	26
玉川一郎 (岐阜大学)	
[CM2]中部山岳域の地域気候変化予測に向けた課題と準備状況	27
若月泰孝(筑波大学)	
[CM3]夏季の中部山岳地域で観測された風の日変化	28
磯野純平・上野健一(筑波大学)	
[CM4]菅平高原の観測データに見る気候変動	29
清水 悟・上野健一(筑波大学)	
[CM5]アジアモンスーンの変動を軸とした古気候研究と温暖化研究の接点	30
植田宏昭(筑波大学)	
[CM6]日本の降雪変動を規定する遠隔強制	31
木部亜有美・植田宏昭・井上知栄(筑波大学)	
[CM7]完新世中期(約6000年前)の夏季アジアモンスーンの変容	32
吉良真由子・植田宏昭(筑波大学)	
[CM8]中部山岳域における総観規模擾乱の変動要因 -領域気候モデルと全球気候モデルの援用-	33
吉田あい・植田宏昭(筑波大学)	
[CM9]樹木年輪に含まれる酸素同位体比を用いた気候復元	34
井田智明(信州大学)・中塚 武・佐野雅規(名古屋大学)・安江 恒(信州大学)	
[CM10]諏訪地域に生育する広葉樹3樹種の気候応答	35
奥田悠史・安江 恒(信州大学)	
[CM11]吉野におけるスギの年輪幅と気候要素との関係	36
平野 優・中堀謙二・安江 恒(信州大学)	
[CM12]北海道、長野、宮崎に生育するカラマツの形成層活動と気温との関係	37
和田鉄平・安江 恒(信州大学)古賀信也・内海泰弘(九州大学)	
[CM13]上高地の過去12000年間の地形と植生の変遷	38
河合小百合・原山 智(信州大学)	
[CM14]木崎湖堆積物中の有機物量は何に支配されているか -気候指標としての有機炭素量の意味の再検討-	39
滝沢侑子・安田佳那子・公文富士夫(信州大学)	
[CM15]全有機炭素を用いた、日本海における過去10万年前までの気候変動の 解析	40
ト部 輔(信州大学)	
[CM16]琵琶湖長浜沖, BIW07-5コアの粒度組成からみた過去4万年間の気候変動 ..	41
藤田順康(信州大学)	
[CM17]琵琶湖湖底堆積物(BIW07コア)の全有機炭素・全窒素含有量変動に基づく 過去4.7万年間の気候変動の解析	42
木越智彦・公文富士夫(信州大学)・栗山学人(名古屋大学)	

[CM18]琵琶湖堆積物BIW08-B のTOC 含有率に基づく24.7 万年前から14.5 万年前までの古気候復元	43
原 勇喜・公文富士夫(信州大学)	
[CM19]琵琶湖湖沼堆積物コア(BIW08-B)に含まれる過去30 万年間の珪藻化石群集変動	44
永安浩一・公文富士夫(信州大学)	
※[CM20]落葉広葉樹林キャノピーの光合成生産力のリモートセンシング	45
村岡裕由(岐阜大学)・野田 響(筑波大学)・永井 信(海洋研究開発機構)・本岡 毅(宇宙航空研究開発機構)・斎藤 琢(岐阜大学)・奈佐原顕郎(筑波大学)・三枝信子(国立環境研究所)	
[CM21]Functional consequences of differences in canopy phenology for the carbon budgets of two cool-temperate forest types: simulations using the NCAR/LSM model and validation using tower flux and biometric data.....	46
SAITOH Taku M. (Gifu Univ.) , NAGAI Shin (JAMSTEC), YOSHINO Jun, MURAOKA Hiroyuki (Gifu Univ.), SAIGUSA Nobuko (NIES), TAMAGAWA Ichiro (Gifu Univ.)	
[CM22]微動アレー探査により判明した上高地の地形発達史	47
原山 智(信州大学)・松岡達郎・林 久夫(ジオックスコンサルタント)・水落幸広(住鉱資源開発)・棚瀬充史(地圏総合コンサルタント)	
[CM23]上高地に存在する活断層について	48
井上 篤・原山 智(信州大学)	
[CM24]境峠断層の焼岳北方延	49
加賀 匠・原山 智(信州大学)	
[CM25]山岳地形を決定づける岩石の風化特性ー北アルプス・剣岳を例にー	50
内記 慧・原山 智(信州大学)	

水循環・物質循環変動研究グループ

(略号WM: Water and Material cycle)

[WM1]上高地および諏訪における大気汚染物質濃度の季節変化	51
松尾悠太郎・山田智哉・宮原裕一・佐々木明彦・鈴木啓助(信州大学)	
[WM2]長野県における化学物質沈着の地域差	52
山田智哉・宮原裕一・山本雅道(信州大学)	
[WM3]中部山岳地域における降水同位体マップとその検証	53
牧野裕紀・脇山義史(筑波大学)・丸山浩輔(山梨県庁)・山中 勤(筑波大学)・鈴木啓助(信州大学)	
[WM4]中部山岳地域における降水安定同位体組成の時空間変動特性	54
脇山義史・牧野裕紀・山中 勤(筑波大学)・鈴木啓助(信州大学)・今泉文寿(筑波大学)・飯村康夫・大塚俊之(岐阜大学)	
※[WM5]中部山岳森林域河川における有機物動態と微生物生息状況	55
山田俊郎・沼田高明・李文燕・中舗美香・鈴木聖世・李富生・大塚俊之・廣岡佳弥子・飯村康夫(岐阜大学)	
[WM6]上高地地域における湧水の水質特性	56
松岡清香・原山 智(信州大学)	
[WM7]上高地における湧水の特性について	57
倉元隆之・佐々木明彦・辻 一成・鈴木啓助(信州大学)	
[WM8]菅平湿地における地表水の硝酸濃度と硝酸性窒素の動態	58
岩上 翔(筑波大学)	
[WM9]キネマティックGPS測量による北アルプス涸沢圏谷における積雪深の観測 ...	59
佐々木明彦・榎 拓登・鈴木啓助(信州大学)	
[WM10]白馬岳高山帯で発生した山火事が地表環境に及ぼす影響	60
佐々木明彦(信州大学)・池田 敦(筑波大学)・苅谷愛彦(専修大学)・鈴木啓助(信州大学)	
[WM11]富士山における永久凍土の直接観測開始	61
池田 敦(筑波大学)・岩花 剛(北海道大学)・末吉哲雄(JAMSTEC)	
[WM12]電気探査を用いた重力性変形地形の内部構造の推定 ー中部山岳域の堆積岩山地を対象としてー	62
西井稜子・池田 敦(筑波大学)	
[WM13]南アルプス高山域での岩盤破碎・土砂生産の観測	63
松岡憲知(筑波大学)	

炭素循環変動研究グループ (略号CC: Carbon Cycle)

[CC1]硝酸態窒素濃度の異なる2つの小流域での窒素動態の比較	64
内田祐未・小松仁美・國頭 恭・戸田任重(信州大学)	
[CC2]窒素・リン添加が森林土壌の呼吸活性に与える影響	65
國頭 恭・小向由李子・戸田任重(信州大学)	
[CC3]標高傾度にそった森林生態系の炭素収支に関する基礎的研究	66
坂本誠治・高橋耕一(信州大学)	
[CC4]ヒノキ若齢林の土壌窒素無機化に影響をおよぼす要因	67
細川奈々枝(信州大学)・伊東大介(長野森林組合)・小林 元(信州大学)・ 平井敬三(森林総合研究所)	
[CC5]ヒノキ若齢林の斜面上部と下部における土壌呼吸の季節変化	68
高橋一太・細川奈々枝・小林 元(信州大学)・平井敬三(森林総合研究所)	
[CC6]カヤノ平ブナ成熟林における土壌圏有機物動態 ーギャップモザイク構造を考慮してー	69
飯村康夫(岐阜大学)・廣田 充(筑波大学)・井田秀行(信州大学)・大塚俊之(岐阜大学)	
[CC7]Carbon cycling in an old-growth forest: 大白川ブナ原生林	70
大塚俊之・八代裕一郎・飯村康夫・志津庸子・加藤正吾・小見山章(岐阜大学)	
[CC8]スギ人工林における林齢と土壌呼吸量の関係	71
王 連君・八代裕一郎・大塚俊之(岐阜大学)	
[CC9]大白川極相ブナ林における土壌呼吸の空間的変動	72
志津庸子・八代裕一郎・大塚俊之(岐阜大学)	
[CC10]冷温帯落葉広葉樹林における窒素循環	73
森田悠介・飯村康夫・大塚俊之(岐阜大学)	
[CC11]落葉広葉樹成熟林および伐採地におけるササ群落が土壌呼吸速度に 与える影響	74
八代裕一郎・志津庸子・足立龍晴・大塚俊之・飯村康夫(岐阜大学)・李 娜妍(National Park Research Institute)・小泉 博(早稲田大学)	
[CC12]Landsatデータを利用したLAI分布図の試作	75
粟屋善雄(岐阜大学)	
[CC13]NPP estimation of cropland and abandoned cropland using biomass sample field spectra and field meteorological data	76
Hasan Muhammad Abdullah (Gifu University), Tsuyoshi Akiyama (Professor Emeritus), Michio Shibayama (NIAES), Yoshio Awaya (Gifu University)	
[CC14]菅平の草原での温暖化実験: 積雪深、バイオマス、種数の変化	77
鈴木 亮(筑波大学)	
[CC15]中部山岳地域二次林における炭素循環研究 カヤノ平ブナ成熟林における炭素貯留の場としての枯死木について	78
廣田 充(筑波大学)・飯村康夫・八代裕一郎・志津庸子・大塚俊之(岐阜大学)・早川恵里奈 (筑波大学)・井田秀行(信州大学)	

[CC16]標高の違いによるレンゲツツジの植生分布と光合成および共生菌による 菌根形成について	79
高橋宏瑛(筑波大学)・広瀬 大(日本大学)・廣田 充(筑波大学)	
[CC17]常緑針葉樹林と針広混交林の林床植生の群集構造と微環境の比較	80
渡邊希香・廣田 充(筑波大学)	
[CC18]低圧環境下での形態変化による光合成特性の解明	81
早川恵里奈・宮村新一・恩田義彦・田中健太(筑波大学)・富松 元・唐艶鴻(国立環境研 究所)・廣田 充(筑波大学)	
[CC19]菅平のコケ植物相の変遷～40 年前と現在	82
堀 清鷹(首都大学東京)・鈴木 亮・出川洋介(筑波大学)・村上哲明(首都大学東京)	
[CC20]長野県におけるカーボン・オフセットを前提とした未利用林地残材のバイオマスエ ネルギー利用に関する基礎調査 ー中部山岳地域の未利用林地残材によるカーボンストック量の算定ー	83
藤井章吾・浅野良晴・高村秀紀・渡辺公太(信州大学)	
[CC21]長野県産木材のライフサイクルアセスメント調査から俯瞰する炭素循環 その3スギ、カラマツ、アカマツ、ヒノキのカーボンバランスの算出	84
山形龍一・浅野良晴・高村秀紀・井戸結貴(信州大学)	

生態系変動研究グループ (略号ES: Eco System)

[ES1]中部山岳地域におけるシワクシケアリの高度勾配にそった遺伝的系統の すみ分け	85
上田昇平・松月哲也・野沢泰斗・関 諒一・島本晋也・市野隆雄(信州大学)	
[ES2]共生アブラムシによるアリへの化学擬態	86
遠藤真太郎・市野隆雄(信州大学)	
[ES3]上高地におけるマルハナバチ類6種の花利用形態の変異と季節発消長	87
北沢知明・江川 信・市野隆雄(信州大学)	
[ES4]中部山岳域におけるサラシナショウマの3送粉型の遺伝的分化の検証	88
楠目晴花・市野隆雄(信州大学)	
[ES5]山岳域におけるウツボグサの花サイズと訪花マルハナバチ相の場所間変異	89
栗谷さと子・市野隆雄(信州大学)	
[ES6]中部山岳域におけるヤマホタルブクロの標高間で見えた花サイズ変異と 遺伝子流動	90
長野祐介・市野隆雄(信州大学)	
[ES7]血縁認識をもたない真社会性アブラムシにおける社会性維持機構	91
服部 充・市野隆雄(信州大学)	
[ES8]ヨモギハムシ種群の色彩二型の頻度の地理分布とその年次変動	92
大崎順平・藤山静雄(信州大学)	
[ES9]外来植物エゾノギンギシとその近縁在来種ノダイオウとの雑種形成 一形態と分布の比較一	93
羽生将昭・高橋耕一(信州大学)	
[ES10]ヒゲナガカワトビケラ属昆虫の分子系統地理学的研究 -源流域固有の新種「ヤマヒゲナガカワトビケラ」の発見-	94
加藤慎也(信州大学)・倉西良一(千葉中央博物館)・東城幸治(信州大学)	
[ES11]山岳源流域に固有の原始的昆虫類を対象とした分子系統地理学的研究	95
加藤雄登・宮入 健・坂野亜矢菜・東城幸治(信州大学)	
[ES12]東アジア地域におけるタナゴ亜科アブラボテ属魚類の系統地理	96
小林建介・細谷和海(近畿大学)・宮崎淳一(山梨大学)・Kim Chi-Hong(韓国国立水産科学 学院)・東城幸治(信州大学)	
[ES13]チラカゲロウにおける遺伝的構造 一山地から低地まで幅広く流程分布するジェネラリスト種に着目して一	97
斎藤梨絵・東城幸治(信州大学)	
[ES14]コオイムシ <i>Appasus</i> 属2 種の系統地理学的研究 一山岳形成による遺伝子流動分断化の検討一	98
鈴木智也・谷澤 崇・東城幸治(信州大学)	
[ES15]山岳棲昆虫スカシシリヤゲモドキの形態的多型獲得における複雑な進化史 (昆虫綱:シリヤゲムシ目, シリヤゲモドキ科)	99
鈴木智也(信州大学)・鈴木信夫(日本女子体育大学)・町田龍一郎(筑波大学)・東城幸 治(信州大学)	

[ES16]オブジェクトベースを用いた高山植生の分類 ー北アルプス常念岳を事例としてー	100
井澤信太・加藤正人(信州大学)	
[ES17]複数の衛星画像による上高地の植生解析の比較	101
成瀬真理生・加藤正人(信州大学)	
[ES18]ラジコンヘリコプターを用いた信州大学農学部構内演習林林分材積推定 について	102
松尾好高・加藤正人(信州大学)	
[ES19]絶滅危惧シジミチョウ類の個体群導入に関する研究	103
江田慧子・中村寛志(信州大学)	
[ES20]絶滅危惧種ミヤマシジミの餌選択と産卵選好性に関する研究	104
尾崎絵理・江田慧子・中村寛志(信州大学)	
[ES21]信州大学農学部西駒演習林におけるシデムシ群集の垂直分布	105
黒崎孝文・古屋 諒・森谷浩之・中村寛志(信州大学)	
[ES22]南北アルプスの稜線とお花畑のチョウ ーモニタリングサイト1000高山帯調査ー	106
山根 仁・江田慧子・中村寛志(信州大学)	
[ES23]温帯アカマツ林における6年間の外生菌根バイオマス変動と気象因子の関係 ..	107
岡田慶一・山田明義(信州大学)	
[ES24]閉鎖林冠下に生育するヒノキとサワラ後継樹の樹冠形	108
川谷尚平・小林 元(信州大学)・清野達之(筑波大学)	
[ES25]デジタルカメラとスキャナーを用いたヒノキ樹冠のシュートフェノロジーおよび 個葉生理活性の観測	109
増井 僚・小林 元(信州大学)・山本一清(名古屋大学)・井手玲子(国立環境研究所)	
[ES26]西駒演習林における樹幹着生地衣類の種組成と空間分布	110
矢久保允也(信州大学)・田中健太(筑波大学)・池田彬人・佐藤利幸(信州大学)	
[ES27]中部山岳地域の高山植物相における分布型組成	111
平尾 章(筑波大学)	
[ES28]ミヤマハタザオの環境適応を担う遺伝子のスクリーニング	112
平尾 章・恩田義彦(筑波大学)・清水(稲継)理恵(チューリヒ大学)・瀬々 潤(東京工業 大学)・清水健太郎(チューリヒ大学)・田中健太(筑波大学)	
[ES29]西駒演習林・森林限界部における温暖化実験:温暖化装置の現場検証	113
金井隆治・正木大祐・田中健太(筑波大学)・小林 元(信州大学)	
[ES30]木曽駒ヶ岳3年間の植生変化	114
下野綾子(筑波大学)	
[ES31]菅平高原のススキに認められた新病害の病原菌(子囊菌)について	117
出川洋介・鈴木 亮(筑波大学)・鈴木智之(首都大学東京)・細矢 剛(国立科学博物館)	
[ES32]冷温帯二次林における植物群集の空間分布と遷移の数理的アプローチ	118
中河嘉明・廣田 充(筑波大学)・横沢正幸(NIAES)	

[ES33]標高万能植物ミヤマハタザオの適応機構:生態・生理・遺伝子	119
田中健太・恩田義彦・平尾 章(筑波大学)・山田 歩(東邦大学)・永野 惇・山口正樹・ 工藤 洋(京都大学)・小林 元(信州大学)	
[ES34]Web情報に基づく中部山岳域におけるヤマネの目撃状況	120
杉山昌典・門脇正史(筑波大学)	
[ES35]糞分析によるヤマネ <i>Glirulus japonicus</i> の食性	121
落合菜知香・門脇正史・玉木恵理香・杉山昌典(筑波大学)	
[ES36]ヤマネ <i>Glirulus japonicus</i> の休眠場所の選択	122
玉木恵理香・門脇正史・落合菜知香・杉山昌典(筑波大学)	
[ES37]1KITE「1K 昆虫トランスクリプトーム進化プロジェクト」 ー昆虫類の高次系統の解明を目指してー	123
町田龍一郎(筑波大学)	
[ES38]西駒ヶ岳におけるスノキ属植物の根内生息菌群集の標高間比較	124
広瀬 大(日本大学)・出川洋介(筑波大学)	
[ES39]北アルプスにおけるコマクサの生息概数 ー環境変動指標の基礎データ調査ー	125
馬場千香子・北村春歌・森 優美・原山 智(信州大学)	
[ES40]山村集落にたつ民家と里山林利用についての研究 ー長野県北安曇郡白馬村北城青鬼を対象としてー	126
鍋田莉江・土本俊和・井田秀行(信州大学)	

※ポスター掲示のみ

高山試験地気象観測データの公開

岐阜大学流域圏科学研究センター 玉川一郎

岐阜大学流域圏科学研究センター高山試験地（北緯 36 度 8 分、東経 137 度 26 分、岐阜県高山市の乗鞍岳の山腹標高 1342m）では、1980 年以来現地での気象観測を行っている。1 日 1 回の職員による観測結果の手書き記録が現在まで続けられ、1996 年からは自動気象観測装置（旧 AWS）が設置され毎時の観測値がそこに加えられた。更に 21 世紀 COE プログラムにより、2007 年には、新しい自動気象観測装置が追加され、2005 年に現地に整備されたネットワークを利用して、ほぼリアルタイムでの 10 分毎のデータの公開も行われるようになった。新しい自動気象観測装置（新 AWS）は、計測器を追加しながら古いものと平行して観測を行っている。

平成 22 年度から 23 年度にかけて、現地に保存されている紙資料と、現地と関連研究者の元に保存されていた旧 AWS の資料を収集し、若干整理して、WWW を用いて公開する作業を行った。公開 URL は、<http://www.green.gifu-u.ac.jp/takayama/Data.html> である。また一部のデータは気候グループのデータセットにも含まれている。

公開されているデータは表 1 のようなものである。常駐する職員がいるために、天候や積雪に関するデータが 30 年にわたって存在することが大きな特徴である。一例として図 1 に積雪深のデータを示す。職員による観測では 1980 年以降の積雪深の数年単位の変動が捉えられており、今年からは自動計測も加わりもっと細かい変動に関する情報も得られるようになった。図では職員による観測が 2009 年までで切れているが、データ整理の都合であり、実際には観測は継続されている。

今回の作業により、今まで事情を知らないとアクセスできなかったデータが簡単に手に入られるようになった。これらのデータを利用した研究が今後進展することを期待したい。

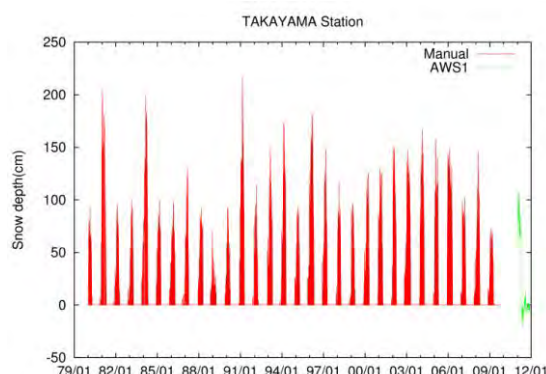


図 1 職員による観測と自動観測による積雪深のデータ

表 1 WWW 公開されている高山試験地での気象観測データ

職員による観測 1980 年～2009 年 平日のみ毎日朝 10 時頃の観測。項目は、天候、地温、気温、最高最低気温、降水量、降雪量、積雪量（ただし、項目は時代とともに減少し、近年は、地温などは省略）
旧 AWS 1996 年～2009 年 毎時の観測（日値、月値あり）。項目は、気温、相対湿度（2009 年 3 月 17 日まで）、地温（10cm、20cm、40cm）、降水量（ヒーター付）、日射（2009 年 12 月 17 日まで、新 AWS へ移行）。
新 AWS 2007 年～ 10 分毎の記録（時間値、日値あり）。項目は、風向風速、気温・相対湿度（2009.12.17 まで自然通風）、日射量、雨量、降水量（ヒーター付）、気圧、積雪深、下向き長波放射量である。2011 年 11 月に、地温と土壌水分（10cm、20cm）が追加される。

中部山岳域の地域気候変化予測に向けた課題と準備状況

若月泰孝（筑波大学・生命環境科学系／陸域環境研究センター）

中部山岳域の降水（含む降雪）の把握とその気候変化予測は、将来の水資源や水災害リスクを推定する上で重要な課題である。しかし、中部山岳域の気象要素の把握と気候変化予測には独特のむずかしさがある。図にある一冬の積算降水量の観測と領域気候モデル（WRF）による再現シミュレーションの結果を示している。観測の降水量は山岳域で極めて少なく不自然である。モデルの再現結果は、山岳域で多量の降水（実際は雪）が降っており、感覚的にむしろ現実に近い。当然、高解像度モデルの結果ほど、地形を詳細に表現できるため降水分布がより細かくなる。通常、モデルの再現性は観測との比較で評価するが、特に中部山岳域の冬季ではその評価は極めて困難になる。レーダアメダスデータはレーダと雨量計の合成データである。雨量計には風による補足率の問題がある上、観測サイトが山の上でない問題がある。レーダには固体降水に対する反射強度と降水フラックスとの関係式に不確実性が大きい上、地形による遮蔽の悪影響がある。他にも衛星（MODIS）による雪被覆データもあるが、精緻な積雪モデルが必要で、実験に使用したWRFには組み込まれていない。唯一有望な観測データは河川流量である。モデルの結果と河川モデルを組み合わせた流量が観測された流量と比較可能となる。そこで、今後の研究方針として、詳細な降水分布を高解像度モデルから求め、それを河川流量検証で補正し、推定分布を得ることを検討している。また、高解像度シミュレーションは計算負荷の関係上、将来予測ができない。ゆえに、低解像度シミュレーションと推定分布の間で統計的関係式を構築し、その統計モデルで詳細な降水の気候変化を予測することを検討している。統計モデルは、現在気候の関係性を将来に適応するものなので、課題も多くあるが、現実的選択肢としては最適と考えられる。現時点ではあくまで計画案であるため、有益な意見を求めている。

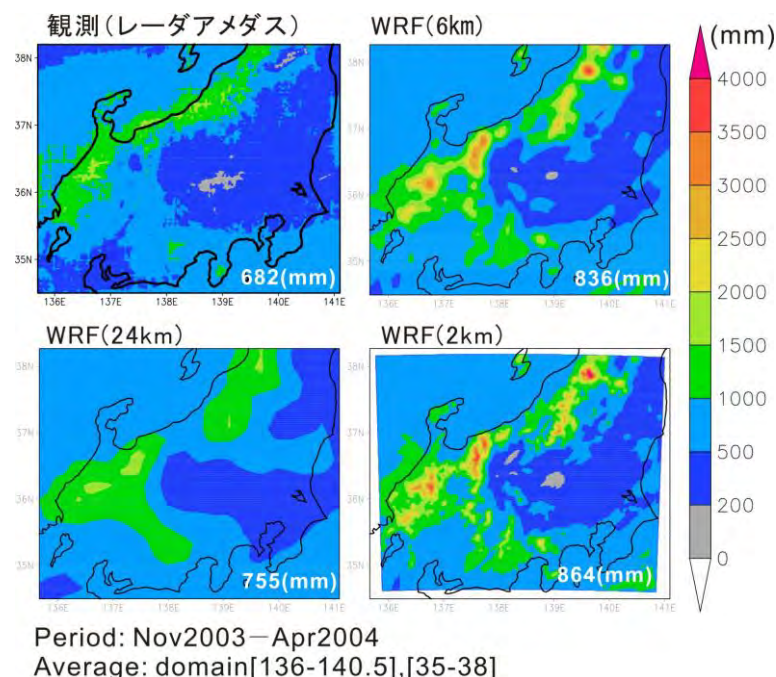


図 2003 年 11 月～2004 年 4 月の平均降水量の分布図。左上がレーダアメダス解析雨量。それ以外は領域気候モデルWRFによる再現結果で、左下が解像度 24km、右上が解像度 6km、右下は解像度 2km となる。各図の右下に平均積算降水量を示す。

謝辞 本発表は、海洋研究開発機構の気候変動適応研究推進プログラム「気候差分ダウンスケーリング法の開発」課題のメンバーの協力を得ている。

夏季の中部山岳地域で観測された風の日変化

磯野純平（筑波大学・生命環境学群）・上野健一（筑波大学・生命環境系）

中部山岳地域には標高が 2000m を越える大規模山脈が存在しており、顕著な熱的局地循環が発生する。鈴木・河村（1987）は、アメダスデータを使い夏型気圧配置下の中部日本における地上風系を 12 個の風系型に分類し、各風系型の出現時刻や総観規模の気圧傾度との関係を示した。一方、萩野谷ほか（1984）は、標高 1500 m 以上の尾根または山頂と 700 hPa 高度の風速変化がよく似ていることを示している。本研究では、JALPS 気候変動研究グループにおいて収集された山岳気象データを用いて、異なる地域・標高帯の風向・風速変動を解析し、山岳域の風系の日変化の特徴を明らかにした。

解析期間は 2006 年から 2010 年の 5 年間の 7・8 月で、低気圧や前線等の擾乱の影響が無く一般風が弱風で陸面加熱が卓越した 200 日を解析した。正午のベクトル平均風から鈴木・河村（1987）が示した日中に山岳域の中心に収束する気流を確認することができた（図 1）。谷間や盆地内などの標高の低い地域では、風に顕著な日変化がみられた。一方、槍ヶ岳・燕岳・乗鞍富士見岳といった山の稜線部の観測点では、多くの日で風向が 1 日を通してほぼ変化せず、一方で風速が夜間に強く日中に弱くなる変化がみられた（図 2）。風速の低下は日の出後に急激に起こるが、風速の増加は比較的緩やかである。この変化は萩野谷ほか（1984）では指摘されていない。この風速の日変化は日中の日射量が多い日に顕著で、上空 700 hPa 面の風速が小さい時に昼夜の風速差が大きかった。これは、標高 3000m 付近の山頂で山岳域上空に生じる混合層と安定成層の影響が検知されている事を示唆している。

<参考文献>

鈴木力英，河村武，1987：夏型気圧配置時の中部日本における地上風系の特徴．天気，34，59 - 66.

萩野谷成徳，近藤純正，森洋介，1984：山岳や谷あいの地上風速に及ぼす地形の影響．天気，31，59 - 67.

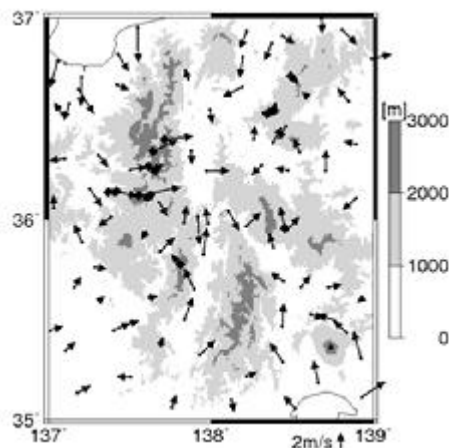


図 1 12 時のベクトル平均風分布

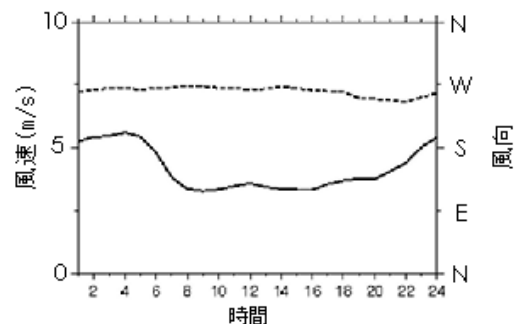


図 2 燕岳山頂の風向風速の平均値
(実線は風速、破線は風向を示す)

菅平高原の観測データに見る気候変動

清水 悟（筑波大学・菅平高原実験センター・退職）・上野 健一（筑波大学・生命環境系）

筑波大学菅平高原実験センター（略称、実験センター）は北緯 36 度 31.424 分、東経 138 度 20.873 分、標高 1324m に位置し、中部山岳域を代表する山岳環境研究の拠点施設として 1934 年から運営されている。清水・峰村(1998)、清水 (2005) は同施設における長期気象観測データに見られる経年変化の特徴をまとめた。気象データの平年値は 10 年ごとに更新される 30 年平均と規定されており、2010 年にこの平年値が改訂された。これを機会に、1971 年～2010 年の 40 年間にわたる気温・降水量の長期変化および近年の風況変化をまとめ、清水 (2005) で示された傾向との比較結果を報告する。

2010 年の平年値更新に伴い、平均気温に変更は見られなかったが最高気温の極値が 2010 年の猛暑発生に伴い更新された（図 1）。気温には有意な昇温は見られないが、降水量の増加傾向は顕著で、主に冬季の降雪版を利用した測定値の増加が寄与している。その結果、降水量の平年値も 12% 増加した。一方で、積算降雪深に有意な増加傾向は見られず、清水 (2004) が指摘している積雪密度の増加傾向を追随している。実験センター屋上で観測されている風は北北西—南南東方向に卓越し、西南西—南西方向からの風は近傍の影響で観測されていない。風速が有意に減少する傾向が明らかとなり、近傍の森林の生長が影響していると考えられる（図 2）。このような高所の有人による気候変動モニタリングは非常に重要かつ貴重である。

<参考文献>

清水 悟, 峰村 紀一, 1998: 長野県菅平における 1970 年から 1997 年 (28 年間) の気温、降水量の経年変化. 筑波大学技術報告, 18, 43-47.

清水 悟, 2005: 筑波大学菅平高原実験センターにおける過去 35 年間の気象観測からみた菅平の気象の傾向. 筑波大学技術報告, 25, 76-82.

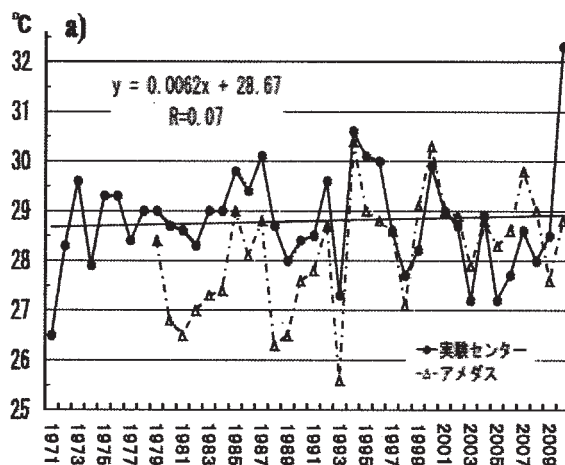


図 1 最高気温極値の経年変化

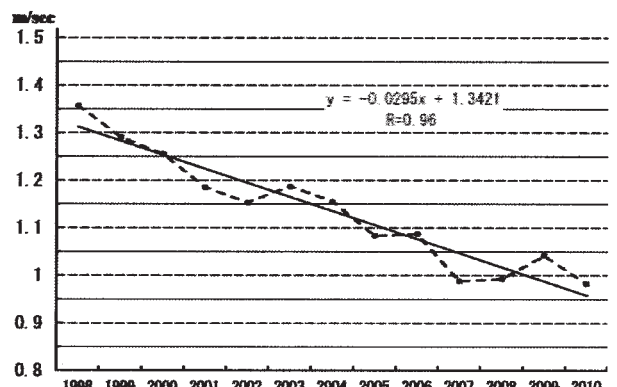


図 2 1998 年以降の年平均風速変化

アジアモンスーンの変動を軸とした古気候研究と温暖化研究の接点

植田宏昭（筑波大学生命環境系）

1. はじめに

地球が過去に経験した様々な気候を数値モデルで再現し、古気候プロキシデータと照合する試みは、当時の気候システムの理解のみならず、温暖化予測に用いられている気候モデルの性能評価という視点からも重要である。

今から 21,000 年前の最終氷期最盛期（LGM: Last Glacial Maximum）は、プロキシデータが比較的豊富に存在することから、GCM を援用した研究が国際的な枠組み（PMIP）の中で行なわれている。

2. 実験設定

本研究では、PMIP のプロトコルに従い、MRI-CGCM 2.3.2 を用いて、地球軌道要素（離心率、歳差、黄道傾斜）、温室効果ガス濃度（二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素）、大陸氷床を変化させることにより、LGM におけるアジアモンスーンの季節進行の特徴を調べた。更に、軌道要素の違いによる効果、氷床効果、SST の効果を分離するために、各種の感度実験を行なった。

3. 結果

LGM のモンスーンは現在と比べ、プレモンスーン期の降水が多く、オンセットが早い。一方、夏季モンスーンの循環と降水は抑制傾向にあり、季節的な非対称性を呈している。

プレモンスーン期の対流圏中上層の南北の気温勾配（通称 MTG: Meridional Temperature Gradient）に着目すると、プレモンスーン期には、夏のモンスーンを特徴付ける南低北高温度勾配が更に強化されている。この理由は、(i) 熱帯における降水量の減少により、凝結熱加熱量が低下し、結果として熱帯の

気温が低下すること、(ii) 北半球の冬から春にかけて、軌道要素の変化に起因して、現在よりも多くの日射がアジア大陸上に降り注ぐことに起因している。一方、夏季モンスーン期には、大陸氷床が残っているため、大陸上の低温偏差は継続する。この低温偏差は、熱帯域の気温低下と釣り合うため、温度勾配は現在とほぼ同じになっている。

4. 温暖化予測との比較

温暖化に伴って夏のアジアモンスーン降水量は増加する一方で、モンスーン循環は弱くなること、複数の気候モデルでシミュレートされている (Ueda et al. 2006; GRL)。上述の「風と降水のパラドックス」を解く鍵は、水蒸気輸送と温度コントラストにある。対流圏の中上層の夏期平均気温は、全ての領域で上昇しているが、赤道付近の昇温量はアジア大陸よりも大きくなっている。このような温暖化時に見られる南高北低の昇温偏差は、駆動力の減少を介した下層の西風モンスーン気流の弱화를整合的に説明する。

モンスーンの駆動力を議論する際には、温度コントラストを決定する熱帯の対流活動と、大陸上の陸面過程を同時に診断する必要がある。とりわけ温暖化と寒冷化は単純に反対の関係にない点が重要である。

参考文献

- (1) Ueda, Iwai, Kuwako, Hori (2006; GRL)
- (2) Ueda, Kuroki, Ohba, Kamae (2011; Clim Dyn)

謝辞 本研究は環境省の環境研究総合推進費 (S-5-2) の支援により実施された。

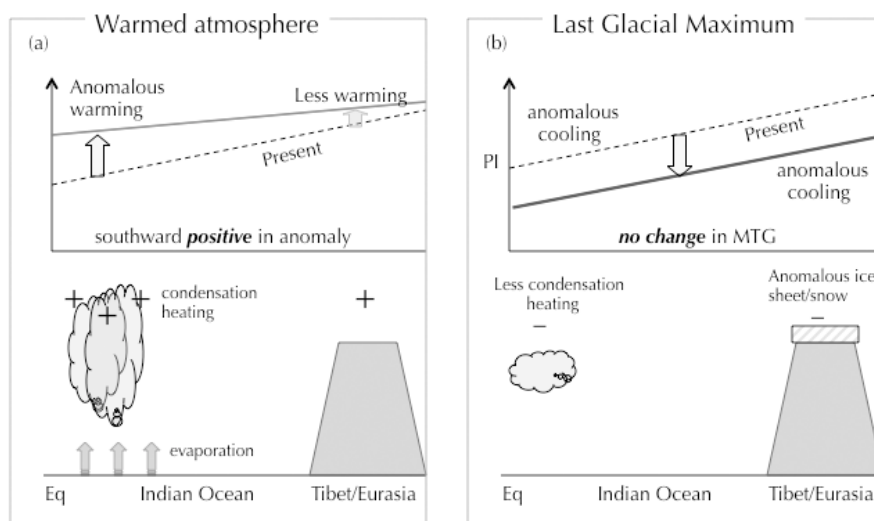


図 夏季アジア・インド洋域における対流圏中上層の夏の温度勾配。

温暖化時（実線）は現在とは反対の「南高北低」の気温勾配偏差になるが、寒冷化時には、熱帯の対流活動が弱まるので、温暖化とは反対に対流圏の中・上層の気温は低下する。同時に、大陸上の気温も熱帯域とほぼ同じだけ低下するため、最終氷期の温度勾配は現在とほとんど変わらない。寒冷化時の夏季モンスーン降水量の低下は、MTG 以外の要因として考えられる CC (Clausius-Clapeyron) 効果で説明される。

日本の降雪変動を規定する遠隔強制

木部亜有美(筑波大学大学院生命環境科学研究科)・植田宏昭・井上知栄(筑波大学生命環境系)

冬季の日本海側は世界でも有数の豪雪地帯として知られている．日本に寒気がもたらされる要因として，大規模場の視点から，中高緯度及び熱帯を起源とする様々な影響（北極振動，中緯度波列パターン， ENSO）が指摘されている．川村・小笠原（2007）では，2005/06 年の豪雪時には La Niña に強制された対流加熱に対する応答として生じた定常ロスビー波によって日本周辺に低気圧偏差が形成されることで冬季東アジアモンスーンが強化することが示されている．また，このときの大気場は，ベンガル湾からフィリピン海付近にかけての対流加熱に対する線形応答として再現されることが確認されている（前田ほか 2007）．冬季日本の降雪は局地性が強い現象であるが，降雪が起こりやすい大規模循環場を調査することはその変動メカニズムを調べる上で重要であり，また日本に多雪をもたらす要因の一つである熱帯の対流加熱の空間分布を調べることは寒冬及び多雪の予測において重要であると考えられる．そこで，本研究では，多雪年と少雪年の大規模場の特徴を調査することと，多雪年の循環パターンに関わる熱源の空間分布を調査することを目的とする．

気象官署地点データの冬季（12～2月）3ヶ月合計降雪深データ（1979/80-2008/09年）を用い，多雪年と少雪年を定義した．続いて，NCEP/NCAR 再解析データを用いて多雪年及び少雪年の冬季の大気場の特徴をそれぞれの合成解析によって調査した．多雪年における 300hPa 流線関数は中国南部で高気圧偏差，日本周辺で低気圧偏差となっている．また，OLR はベンガル湾からフィリピン海にかけて負偏差となり，対流活動が活発となっていることが確認できる（図 1(a)）．

続いて，対流加熱に対する線形応答を LBM (Watanabe and Kimoto 2000) によって調べた．モデルの基本場には解析と同期間の気候値を用いた．水平方向に $20^{\circ} \times 20^{\circ}$ の広がりを持つ円形の熱源を図 1(b)の範囲の全 33 グリッドに 1 グリッドずつ強制する感度実験を行った．図 1(a) から，日本周辺の低気圧偏差発達域を 110°E - 150°E , 30°N - 45°N と定義し，以後 A 領域とする（図 1(b)太枠）．各実験における 500hPa 流線関数の A 領域の領域平均値を算出し，大気への応答と熱源の位置との関係を調査した．図 1(b)は各グリッドの熱源に対する A 領域の低気圧偏差に対する各熱源の寄与度を示す．これを見ると，インド洋から海洋大陸にかけての熱源が日本周辺の低気圧偏差に寄与することがわかる．特に，その寄与率は特に海洋大陸上で大きくなっており，この領域の対流活発化が重要であることがわかる．

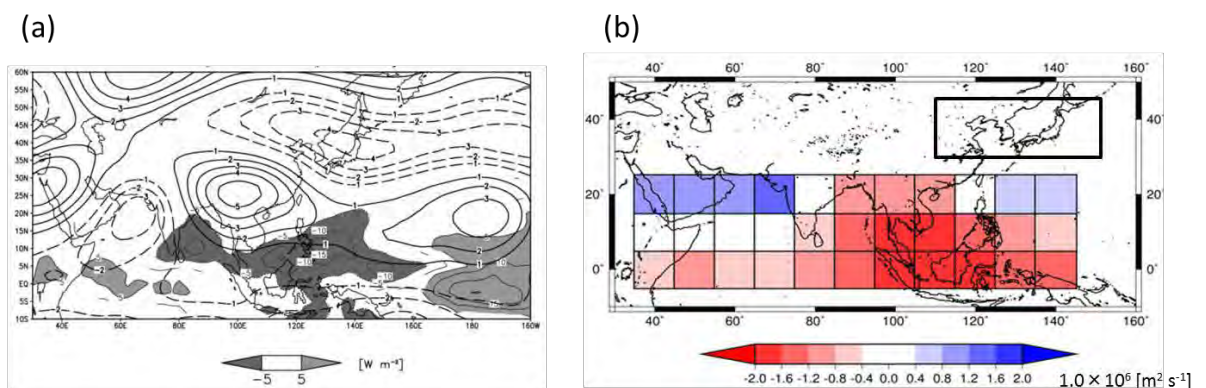


図 1. (a) 多雪年冬季における OLR (陰影と細線) と 300hPa 流線関数 (太線) の 30 年平均からの偏差の合成図. (b) 各熱源格子の熱源応答実験ごとに A 領域の 500hPa 流線関数偏差 ($1.0 \times 10^6 m^2 s^{-1}$) の領域平均値を算出し，同格子に投影した図．

完新世中期(約 6000 年前)の夏季アジアモンスーンの変容

吉良真由子 (筑波大学 地球学類) ・ 植田宏昭 (筑波大学 生命環境系)

モンスーン循環は複雑な気候システムによって形成され、その理解は気候変動予測のさらなる精度向上のために有効である。気候システムの理解とモデルの性能評価が期待される古気候研究のうち、特に約6000年前 (6ka) の完新世中期はヒプシサーマルや気候最適期とも呼ばれ、当時の気候は近未来の温暖期に近いと考えられている (e.g., 吉野 2007)。古気候においても、アジア全体におけるモンスーンのメカニズムを理解するためには、インドから西太平洋に渡るモンスーンの季節進行を明らかにすることが有効である。小太刀 (2011) は、6kaおよび現在 (0ka) の西部北太平洋夏季モンスーン (Western Pacific Northern Summer Monsoon; WPNSM) の変動を明らかにするため、6kaと0kaの気候再現実験を行い、6kaの夏季アジア太平洋モンスーンの年内変動を明らかにした。しかし、6kaでは現在気候に見られるような段階的な季節進行をするのかどうかなど、季節進行の詳細な特徴や内在する大気-海洋相互作用については不明な点が多く残されているそこで本研究では、6kaの夏季アジアモンスーン季節進行の特徴と、0kaとの差異について大気-海洋-陸面相互作用の観点からの調査を目的とする。

本研究では気象研究所大気海洋結合モデル (MRI-CGCM2.3.2; Yukimoto et al. 2006) を用いて現在および当時の気候を再現する。実験設定として、当時の軌道要素 (離心率, 黄道傾斜, 歳差) を与えて再現実験を行う (図 1)。モデルは 150 年間積分を行い、解析には 121 年目以降のデータを用いる。またそのうち 10 年間について再実験を行い、pentad (半月: 5 日平均) 気候値を作成した。

Pentad 気候値を用いて降雨の緯度-時間断面図を作成したところ、インド洋・南シナ海においてプレモンスーン期に降水量の増加量が 6ka で大きくなっていった。3~5 月の降雨と 850hPa 風の 6ka と 0ka の差 (図 2) を見ると、赤道インド洋において降水量が 6ka で増加している。またこの地域では東風偏差となっており、モンスーン循環が弱化している。さらに、海洋大陸上では降水量が 6ka で減少している。

6~8 月の降雨と 850hPa 風の 6ka と 0ka の差を見ると、多くの海洋上において降水量が 6ka で減少、陸上において増加しているが、モンスーン循環が弱化している赤道インド洋上において降水量は増加している。

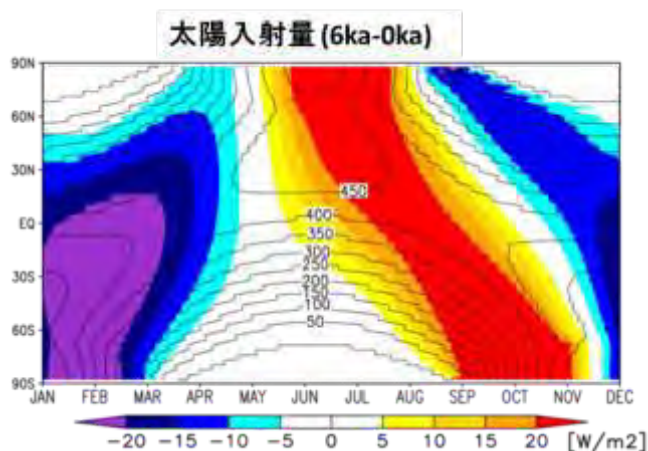


図 1. 大気上端での帯状平均太陽入射量[W/m²]. 陰影は 6ka-0ka, 等値線の値は 0ka.

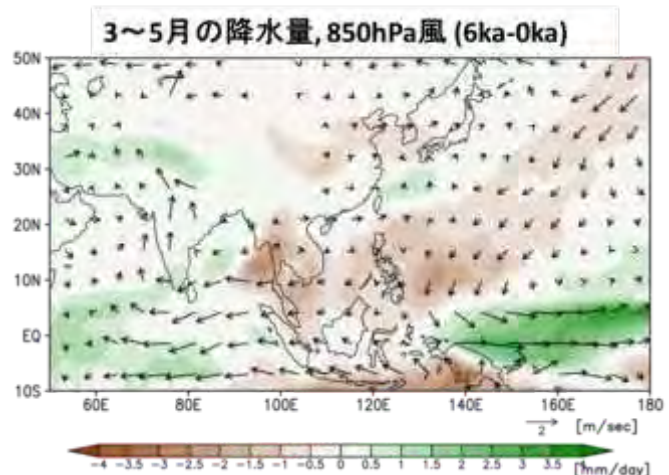


図 2. 3~5 月の降水量[mm/day](陰影), 850hPa 風[m/sec](ベクトル). 値は 6ka-0ka.

中部山岳域における総観規模擾乱の変動要因
—領域気候モデルと全球気候モデルの援用—

吉田あい・植田宏昭(筑波大学大学院生命環境科学研究科)

中部山岳域における降雪・降雨システムが、近未来の地球温暖化に伴ってどのように変容するかを知ることは、この地域の気候変化やそれらによって生じる生態系の変動予測において重要である。日本の高山植生は、近年の地球温暖化に伴う山岳域の氷河の後退や雪渓の縮小により(水野2003)、個体数の減少、種組成の変化などの影響を受けており、地球温暖化による気候変動に対して極めて脆弱である。

高山植生の成長・分布には、積算気温・消雪日などが重要な役割を果たしており、この2つの要素から、温暖化した気候下での高山植生の分布の推定が可能であることが示唆されている(名取(2008);大丸・安田(2009))。中部山岳域にもたらされる降雪の要因として、深い寒冷トラフ・強い寒冷渦の通過に伴う降雪、冬季東アジアモンスーンによる降雪が考えられるため、大気海洋結合モデルでシミュレートされた気候要素を領域気候モデルに境界値として与えるダウンスケーリング手法を用いることにより、中部山岳スケールでの気候変化の議論が可能になる。

このような背景の中で、本研究では気象研究所大気-海洋結合モデルMRI-CGCM2.3.2の結果を領域気候モデルWRF(Weather Research and Forecast, Skamarock et al. 2008; Kusaka 2009)にネストする実験を年々変動の代表例であるENSOに着目して行った。

WRFの再現性を確認するために、標準的な年であった2004年9月～2005年8月の1年間を対象として再現を行った。対象地域は、134°2'E～140°84'E、33°3'N～39°11'Nの範囲で、中部山岳域を中心としている。モデルの解像度は3kmで3段ネスティング(27km,9km,3km)を用い、初期値・境界値にはJRA-25、陸面スキームにNoah land surface model、積雲対流スキームにKain-Fritsch Scheme(27km,9kmのみ)、地形データにGTOPO30を使用している。気温・降水量・積雪深について、WRFによる再現とAMeDAS観測値を比較し、バイアスを明らかにした。

また、エルニーニョ・ラニーニャ現象発生時の海面水温(SST)をMRI-CGCM2.3.2のAGCMに与え、その結果をWRFにネストし総観規模擾乱の変化を通常年と比較した。

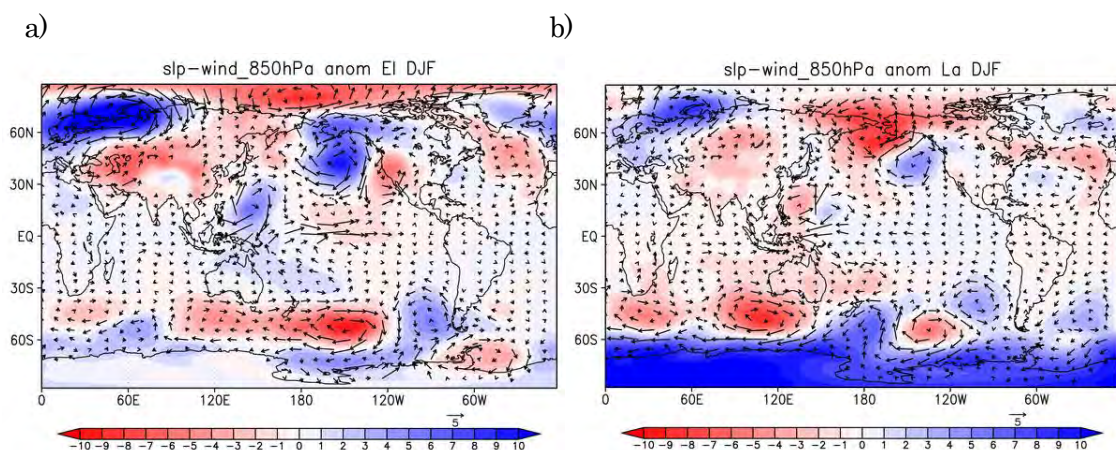


図1:エルニーニョ・ラニーニャ現象発生時のSSTを与えたときの海面更正気圧と850hPa風の通常年からの偏差。エルニーニョ・ラニーニャの発達期である冬季の3ヵ月平均値(DJF)で、シェードが海面更正気圧、ベクトルが850hPa風。a) エルニーニョ現象発生時、b)ラニーニャ現象発生時

樹木年輪に含まれる酸素同位体比を用いた気候復元

井田 智明(信大院農)、中塚武、佐野雅規(名大環)、安江恒(信大農)

【はじめに】現在、地球規模で温暖化や異常気象などが起こっている。そこで将来の気候を予測するための古気候の復元が重要である。樹木年輪は1年の分解能を有するため代替データとして有効である。従来、解析には年輪の幅や密度が用いられてきたが、それらは森林の複雑な生育条件のため気候以外の要因との分離が難しいという問題がある。近年、相対湿度などの気候変動を敏感に反映すると報告されている酸素同位体比¹⁾ ($\delta^{18}\text{O} = \{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{sample}} / (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{standard}} - 1\} \times 1000$) の研究²⁾が行われている。しかし、個体間による差や解析方法の検討の報告は少ない。そこで本研究ではヤクスギ(*Cryptomeria japonica*)年輪に含まれる酸素同位体比について複数個体で解析を行うことを目的とした。また、それによって得られた気候応答からの気候復元も試みた。

【材料と方法】調査地は鹿児島県屋久島の高塚山(1396 m)山頂付近とした。直径12 mm、長さ80 cmの成長錐を用いてヤクスギのコアサンプル採取を2010年7月に行った。まず、サンプルの樹脂やヤニ等を除去するために熱水抽出とアルコール抽出を行い、台木に固定した。その後年輪幅を、実体顕微鏡を用いて計測し、目視および統計的手法を併用してクロスデイティングを行った。クロスデイティングできたサンプルはダイヤモンドホイールソーを用いて樹軸方向に1 mm厚に切り出し、板状にした。その後、1) それら切り分けた年輪を亜塩素酸と酢酸で脱リグニン、さらに水酸化ナトリウムで脱ヘミセルロースを行い、セルロース繊維を抽出した(従来法)。2) 1 mm厚の板ごと亜塩素酸と酢酸で脱リグニン、さらに水酸化ナトリウムで脱ヘミセルロースを行い、デザインナイフを用いて実体顕微鏡の下、1年層ごとにセルロース繊維切り分けた(板ごと法)。セルロース繊維を、質量分析計(TCEA-IRMS)を用いて酸素同位体比を測定した。測定は同一年輪から得られたセルロースを取り分けて2回ずつ測定し、その平均値を算出した。得られた酸素同位体比の経年変化を気象データとの間で単相関分析を行った。さらにその経年変化をARSTANプログラムで直線回帰により標準化し、酸素同位体比クロノロジーを作成した。同様に気象データの間で単相関分析を行った。また、気象データとして鹿児島地方気象台における相対湿度や月平均気温、日照時間、降水量、降雨日数(1 mm以上)など、1950年から2009年までのデータを使用した。それらの気象要素と強い関係が認められた要素を用いて気候復元モデルを作り、気候復元を行った。

【結果と考察】3個体から得られた酸素同位体比の経年変化(図1)は個体間で傾向に違いがあった。特にY6の酸素同位体比はY1、Y8の値に比べて高かった。個体間の相関(表1)は非常に高く、ピークも良く合っていることから傾向の違いは個体差または実験手法による違いが示唆された。また、標準化することで個体間の傾向の差を取り除き、さらに気候との応答解析を図3に示す。酸素同位体比は相対湿度、降水量、降雨日数との間において当年9月で負の相関が認められ、日照時間との間では当年6月に強い正の相関が認められた。復元の検証の結果、標準化を行っていないクロノロジーでは復元が行えなかったが標準化によって個体間の傾向を除くことで、当年6月日照時間の気候復元が可能となった。詳しい結果は現在検討中である。

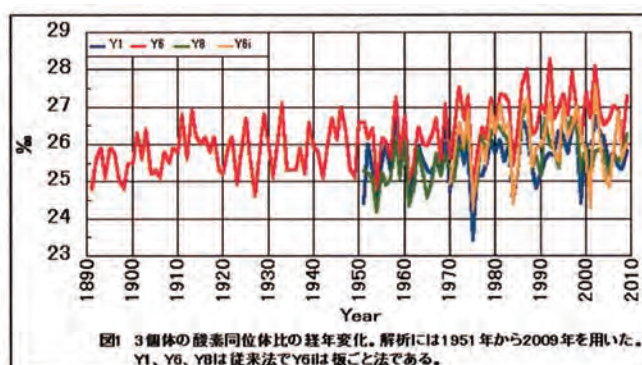


表1 $\delta^{18}\text{O}$ 時系列変動の個体間相関

単相関係数		従来法			板ごと法
		Y1	Y6	Y8	Y6
従来法	Y1	—	0.73	0.65	0.67
	Y6	0.73	—	0.80	0.79
	Y8	0.65	0.80	—	0.78
板ごと法	Y6	0.67	0.79	0.78	—

月	前年												当年									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
相対湿度																						
日平均気温																						
降水量																						
降雨日数*																						
日照時間																						

*降雨日数は1mm以上

図2 酸素同位体比の標準化クロノロジーと気候との相関関係表

引用文献 : 1) Danny McCarroll, Neil J.Loader, 2003, Stable isotopes in tree rings

: 2) 中塚 武, 2006, 樹木年輪セルロースの酸素同位体比による古気候の復元を目指して

諏訪地域に生育する広葉樹3樹種の気候応答

○奥田悠史（信州大農）、安江恒（信州大農）

I. はじめに

日本において、広葉樹の気候応答解析はほとんど行われていない。しかし近年、水源涵養機能や土砂流出防止機能などの効果が期待され、森林整備事業でも広葉樹の植栽や整備が行われている。そのため広葉樹の気候応答、成長特性を知ることは重要である。そこで本研究では、日本の落葉広葉樹林を構成する主要な樹種であるコナラ(*Quercus serrata*)、ケヤキ(*Zelkova serrata*)、クヌギ(*Quercus acutissima*)の年輪幅、孔圏幅、孔圏外幅を対象に気候応答解析を行った。

II. 方法

長野県諏訪郡にある JR の鉄道防備林を試験地に設定した。試験地よりコナラ、ケヤキを 40 個体、クヌギを 31 個体選択し、成長錐を用いて 2 方向からコア試料を採取した。試料は年輪幅測定装置(Velmex Tree Ring System)を使用し、年輪幅、孔圏幅、孔圏外幅を測定した。この際、孔圏と孔圏外幅の境界線は、コナラとクヌギでは、道管長径が 0.2mm 以上のものが見られなくなった箇所からを孔圏外とし、ケヤキは、独立した道管が無くなった箇所からを孔圏外とした。年輪幅を目視と統計的プログラムを用いてクロスデイトイングを行い、未成熟材部を除いた。年輪幅、孔圏幅、孔圏外幅の時系列を標準化し、樹種を代表するクロノロジーを作成した。作成したクロノロジーと気象要素との気候応答解析を行った。気候応答には諏訪特別地域気象観測所の 1945 年~2010 年 (65 年分) の月平均気温、月降水量、月日照時間、月平均最高気温、月平均最低気温、月平均相対湿度を使用した。

III. 結果と考察

【年輪幅、孔圏幅、孔圏外幅の変動】

コナラの測定年数は 76 年~55 年、ケヤキは 56 年~34 年、クヌギは 75 年~46 年であった。これらを標準化した年輪幅の個体間平均相関係数は、コナラが 0.42、ケヤキが 0.23、クヌギが 0.24 であった。これらを標準化し作成されたクロノロジーは、コナラが 68 年、ケヤキが 41 年、クヌギが 67 年であった。

【年輪幅と気候要素】

コナラでは当年 6~8 月の気温と有意な負の相関を示し、8、9 月の降水量との間に有意な正の相関が認められた。それに対してケ

ヤキでは前年の 7 月、10 月の気温と有意な負の相関を示し、クヌギでは前年の 9、10 月の気温と有意な負の相関を示した (図 1)。このことから、コナラの年輪幅には当年の気候要素が強く関与しており、ケヤキ、クヌギの年輪幅には前年の気候要素が関与していることが示唆される。

諏訪地域に生育するコナラ、ケヤキ、クヌギの肥大成長は、夏の高い気温によって抑制されることが分かった。また、降水量や相対湿度といった、水分環境の充実により生育が促進することが示唆された。しかし、諏訪の「暖かさの指数」は 86.5 と 3 樹種の生育にとって高いものではない。諏訪の年間降水量は約 1300mm と全国平均の 1720mm よりも低い値である。このことから、慢性的な水不足により、高温になると樹木に掛かる水ストレスが強くなり成長を抑制していると考えられる。

【孔圏幅と気候要素】孔圏幅では 3 樹種ともに、前年 7 月、8 月の気温との間に有意な負の相関が認められ、8 月の降水量と有意な正の相関が認められた。また、コナラとクヌギでは当年 5 月の日照時間が有意な正の相関を示した。

【孔圏外幅と気候要素】孔圏外幅の気候応答は年輪幅とほぼ同様であった。

	前年										当年									
コナラ 年輪	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月						
平均気温					▲					▲▲	▲▲	▲								
降水量												○	○	○						
日照時間						▲			○		▲	▲	▲							
最高気温					▲					▲	▲	▲	▲							
最低気温					▲					▲	▲	▲								
相対湿度												○	○	○						
ケヤキ 年輪	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月						
平均気温				▲			▲			○										
降水量	○											○								
日照時間	▲																			
最高気温			▲	▲			▲		○											
最低気温				▲						▲										
相対湿度	○	○		▲																
クヌギ 年輪	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月						
平均気温	▲					▲	▲			▲										
降水量																				
日照時間						▲			○											
最高気温						▲	▲			▲										
最低気温	▲				▲	▲	▲			▲										
相対湿度												○								

図 1. 3 樹種の年輪幅と気象要素との相関。○○、▲▲は $p < 0.01$ ○、▲は $p < 0.05$ で有意な相関を示す。○が正の相関 ▲が負の相関を表している。

吉野におけるスギの年輪幅と気候要素との関係

平野 優、中堀 謙二、安江 恒（信州大農）

【はじめに】

日本の森林におけるスギ人工林は約 20%を占めており、日本全土で植栽されている樹種である。日本では古くからスギが利用され、木材生産において重要な役割を担っている。今後予想される気候変動による影響を調べていく事は木材生産だけではなく、日本の森林保全の面においても重要と言えるだろう。そこで、スギ林業が盛んな吉野に着目し、吉野で生育するスギの肥大成長の気候応答を調べ、今後の気候変動がスギに対してどのような影響があるかを予測していく。

【材料と方法】

奈良県吉野郡川上村神之谷足谷（標高 570～650m）で 2011 年 3 月に伐採されたスギ 56 個体の伐根～地上高 8m の部位（主として 4m）より円板 56 個体を採取した。採取した円板試料からあて材や割れを含まない 2 方向を選択し、約 1.6mm 厚に切削し、熱水抽出、トルエンエタノール抽出を行いヤニ等の抽出成分を抽出した。軟 X 線写真により試料を撮影し、年輪解析ソフト（WinDENDRO）によって年輪幅を測定した。実測の年輪幅は個体特有の変動に左右されるため、ARSTAN プログラムを用い、スプライン関数（フィルター長 32 年）を使って標準化を行い、得られた全試料の指数を平均して、時系列変動であるクロノロジーを構築した。気温、降水量、日照時間を気候要素とし、それぞれクロノロジーとの相関を単回帰分析によって求めた。

【結果・考察】

年輪幅の実測値のデータを示したものが図 1、クロノロジーを示したものが図 2 である。クロスデティンキングの結果、欠損輪や不連続輪、全く同調性が見られないコアを除いた 46 個体で年輪幅の変動において同調が見られ、特にほとんどの個体で 1970、1974、1984 年では減少傾向、1939、1959 年では増加傾向を示した。これらの年では気候などの外的要因が年輪形成に働いたと考えられる。クロノロジーは 1911～2010 年（100 年間）46 個体（79 試料）で構築し、個体間平均相関係数は 0.28 となった。

気候応答解析の結果が表 1 である。年輪幅は、前年の 12 月、当年の 2、3 月の気温と正の有意な相関を、当年の 7 月の降水量と有意な負の相関を示した。これらの結果から、スギの年輪幅変動において、形成層活動前の冬季の気温と夏期の降水量の影響が大きいと言える。

現在、中部山岳に生育するスギ、ヒノキについても解析を行っている。

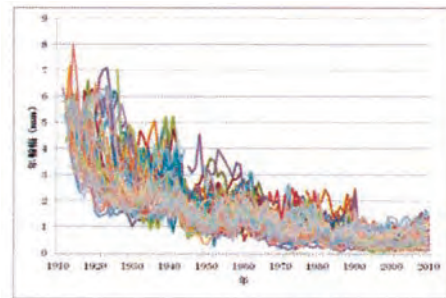


図 1 スギの年輪幅の実測値



図 2 スギの年輪幅のクロノロジー

	前年												当年											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均気温												+		++	++									
日照時間																								
降水量																			-					

図 3 年輪幅と月平均気温、日照時間、降水量との相関。++、--は $p < 0.01$ で有意な相関を、+、-は $p < 0.05$ で有意な相関を示す。

北海道、長野、宮崎に生育するカラマツの形成層活動と気温との関係 ○和田鉄平（信大院農）・安江恒（信大農）・古賀信也（九大農）・内海泰弘（九大農）

はじめに

カラマツは肥大成長量が大きく、優良な二酸化炭素固定源として注目されている。形成層活動状況の調査は、肥大成長期間の特定、細胞分裂の制御機構の解明、環境応答解析などに必要不可欠である。そこで本研究では、北海道、長野、宮崎に生育するカラマツの形成層活動状況および葉のフェノロジーを、ナイフマーキング法と打ち抜き法を用いて調査し、気温との関係性を検討した。

材料と方法

調査地は、信州大学農学部構内演習林（長野県上伊那郡南箕輪村、標高 770m）および信州大学農学部西駒演習林（長野県上伊那郡南箕輪村、標高 1250, 1430, 1650m）、九州大学北海道演習林（北海道足寄郡足寄町、標高 350m）、九州大学宮崎演習林（宮崎県東臼杵郡椎葉村、標高 1100m）とした。調査地に生育している樹齢 44～58 年のカラマツ造林木について、各調査地につき生育良好な 5 個体を供試木とした。各供試木について、ナイフマーキング法（2008 年 4 月～2009 年 11 月）と打ち抜き法（長野のみ、2009 年 3 月～9 月）と樹冠写真撮影（2008 年 4 月～2009 年 11 月）を、約 1～2 週間間隔で行った。ナイフマーキング法には刃幅 18mm のナイフを用い、11 月に直径 15mm のポンチを用いてすべての傷害部位を採取した。打ち抜き法には直径 2mm のポンチを用い、形成層を打ち抜いた。両試料から厚さ 5～25 μ m の木口面切片を切り出し、顕微鏡プレパラートを作成し、光学顕微鏡および偏光顕微鏡を用いて組織を観察し、形成層活動状況を特定した。

ナイフマーキング法では、①二次壁肥厚開始（二次壁肥厚中の変形した仮道管が傷害部位に確認できる）、②見かけの分裂終了（見かけ上分裂活動は終了しているが、マーキングに伴う傷害組織および木部を追加的に形成している）、③分裂完全休止（マーキングに伴う傷害組織および追加木部を形成していない）の三段階に、打ち抜き法では、①分裂開始（形成層帯に新しい分裂面が確認できる）、②二次壁肥厚開始（偏光顕微鏡で複屈折が確認できる）の二段階に分類した。樹冠写真撮影では、各供試木の樹冠の様子を定点固定カメラで撮影し、①開葉（葉の緑色または葉の針状のシルエットの確認）、②黄葉（葉の黄色の確認）、③落葉（8 割以上の葉が落ちている）に注目して観察した。形成層活動フェノロジーと気温との関係解析方法に関しては現在検討中である。

結果と考察

長野では、ナイフマーキング法による二次壁肥厚開始・見かけの分裂終了・分裂完全休止の全てにおいて、標高別の各調査地内でのばらつきは概ね 7 日以内、最大で 14 日であり、標高ごとに同調する傾向を示した。また、打ち抜き法での分裂開始およびナイフマーキング法での二次壁肥厚開始は、標高の上昇にともなって遅れる傾向を示した。開葉も標高の上昇にともなって遅れる傾向を示し、標高が 100m 上昇するごとに、分裂開始時期は 3.0 日、開葉時期は 3.2 日遅くなった。また分裂開始は開葉より 4～5 日遅れる傾向にあった。

宮崎では、二次壁肥厚開始が確認されたのは 2008 年 5 月 26 日と 2009 年 6 月 1 日で、全ての個体で同時に確認された。しかし見かけの分裂終了が確認されたのは、2008 年では 8 月 4 日～9 月 12 日の間、2009 年では 7 月 27 日～8 月 24 日の間であり、個体によるばらつきが最大で 40 日ほどあった。これは、細胞分裂を継続するために必要な光合成産物の生産量が、個体によって差があったために起こったと考えられる。また分裂完全休止については、2008 年には 9 月 28 日に全ての個体で同時に確認されたが、2009 年には確認されない個体があった。この個体はナイフマーキングを終了した 11 月 25 日まで、継続的に追加木部を生産し続けていた。

上高地の過去 12000 年間の地形と植生の変遷 河合小百合・原山 智（信州大学山岳科学総合研究所）

長野県松本市上高地（標高 1500m）は 3000m 級の急峻な山々に囲まれていながら、平坦な土地に恵まれた山間盆地である。全長 300m のボーリング調査や微動アレー探査の結果、上高地の自然は過去 12000 年間で以下のように変遷してきたことが推定された。



かつての梓川（古梓川）は深い谷を流れていたが、約 12000 年前に焼岳火山群の活動でせき止められ、「古上高地湖」となった。



「古上高地湖」は次第に埋め立てられて小さくなり、約 5000 年前に境峠断層の活動によって決壊・消失した。現在、「古上高地湖」の跡は広い河原になっている。



木崎湖堆積物中の有機物量は何に支配されているか

—気候指標としての有機炭素量の意味の再検討—

滝沢侑子・安田佳那子・公文富士夫（信州大学理学部物質循環学科）

約 260 万年前に始まる第四紀以降では、地球球全体に関わる大規模な気候変動が繰り返されてきたことがわかってきた。また IPCC 報告が示す人為的な温暖化に対する危惧が将来の気候変動への予測に関心と呼んでいる。

地球規模の変動について考えるためには、まず我々の住む日本列島のローカルな気候変動を知る必要があると考え、本研究では長野県大町市の木崎湖の堆積物を事例として研究を行った。湖沼の堆積物は人間が多く住む中緯度地域の気候変動の記録媒体として重要である。木崎湖で事例研究を行う利点としては、① 1981 年以降の毎月の湖沼観測資料がある、② 時間面を表す洪水堆積物の存在がある、③ 1983 年の調査資料がある、④ 近傍に気象観測地点（大町）の気象情報がある、ということが挙げられる。堆積物に記録された気候の代理指標として有機炭素量・窒素量が有効であると指摘されているが（公文，2003）、木崎湖を対象とした先行研究（公文ほか，2005）と比較・検証することで再検討しようと考えた。

2011 年 4 月 14 日に木崎湖中央部において、佐竹式柱状採泥器を用いて 2 本のコア試料（A: 16.5 cm, B: 29.2 cm）を採取した。実験室においてそれぞれを縦に半裁し、厚さ 0.5cm ごとに分取して分析に用いた。なお、B コアに対しては半裁の前に水抜きを施して分取時の乱れを小さくするように努めた。半裁した試料については写真撮影とスケッチを行って記録した。0.5cm の分取試料については含水率測定と有機炭素量の測定を行った。

試料の年代については、含水率の低下する（密度が高くなる）層準を見い出して 1995 年 7 月、1983 年 9 月、1969 年 8 月の豪雨による洪水堆積物と認定して時間基準とした。洪水層間については堆積速度を求め、年代グラフを作成した。

堆積物中の有機炭素量は 3.0～7.0 % で、窒素量は 0.2～0.6 % で変動した。C/N 比では 8.5～12.0 であったので、有機物の起源は湖内のプランクトンを主体とするものと考えた。経年的な変動が明確に表れている有機炭素量について湖沼観測結果（クロロフィル *a* の年間存在量）、気象観測データ（降水量、各種の気温、日照時間等）との相関性を検討した。年間クロロフィル量が冬の気温と正の相関を持つことは示されていたが、今回の再検討においても堆積物中の有機炭素量は年間クロロフィル *a* 量と有意な相関をもち、また冬の平均気温とも正の相関をもつ可能性が示された。

これに関して、どのようなプロセスによってこれらの相関が生じているかという点について「冬の暖かさ（短さ）が厳しい寒さの期間の前後に起きる湖水の全循環期を引き延ばし、その期間における冬季の湖水中の生物生産を高め、さらに冬季の前後（晩秋と早春）にも高生物生産が生じて年間を通した生物生産量を増加させるならば、その豊富な生物生産によってより多くの有機物が湖底に沈積し、堆積物中の有機炭素量を増加させるのではないか」という仮説を立てた。木崎湖における春と秋の生物生産の主体は珪藻であることが知られているため、本研究は珪藻を利用し、珪藻殻数を指標として仮説を検証した。そして気候指標としての有機炭素量が有用なものであるか、その意味を再検討した。

全有機炭素を用いた、日本海における過去 10 万年前までの気候変動の解析

ト部 輔（信州大・物質循環学科）

1. はじめに

本試料 MD10-3304 コアは、2010 年に MD179 航海で新潟県上越沖の海鷹海脚で採取された。全長は 34.35m、採取位置は $138^{\circ} 00.35'$, $37^{\circ} 25.85'$, 水深 896m である。本研究では、本コア試料の全有機炭素(TOC)・全窒素(TN)を分析し、日本海における第四紀後期の古環境変動を明らかにすることを目的とした。このサイトはメタン・ガスハイドレートの活動が活発な場であり、本コアはメタン・ガスハイドレートの形成プロセスの解明にも貢献できる。

TOC・TN の研究はこれまで主に湖沼堆積物を対象として行われており、比較的簡単な方法で高い時間分解能な結果を得ることが可能である。先行研究では、TOCやTNの増減が、グリーンランド氷床コアの酸素同位体比や花粉組成、その他の気候指標が示す寒暖変動と同調していることが示されている（公文・田原，2009 など）が、海域での研究は少ない。

2.方法

コアラから現場で 1cm 四角の断面をもつ U 字型チャネルによって試料を採取して持ち帰り、深度 1cm 毎に切り分けた後、湿潤重量、乾燥重量を計測した。そこから含水率、見かけ密度、海塩重量比を求めた。

TOC・TN 分析のために、乾燥試料から 0.数mgを分取し、瑪瑙乳鉢ですり潰し、スクリー管ビンに入れた。乾燥させた後、重量を計測した。無機炭素を含む炭酸塩鉱物を除去するため、試料に 3 %希塩酸を 0.5ml

加えた。乾燥重量を計測したのち、蓋をして保存した。元素分析のため、スズ箔に乾燥試料を約 20 mg詰め、元素分析機（Thermo Fisher SCIENTIFIC 社製 FLASH 2000+）で分析を行った。TOC・TN の分析結果は、塩酸処理補正と海塩重量補正を行った。

本コアに含まれる 4 つの指標テフラ (Jo1, AT, ASO-4, SK) と IntCal09 を使って較正した 3 つの ^{14}C 年代測定値（松本私信）を用いて年代モデルを作成し、深度を年代に変換した。

3. 結果・考察

現状では約 44ka まで分析が終わっており、MIS1~3 までが見て取れる。分析から得た本試料の TOC 変動には、グリーンランド氷床の酸素同位体比 (NGRIP) にみられる数万年オーダーの氷期 - 間氷期サイクルが表れている。さらに、数百年～数千年周期の短い寒暖変動 (D-O サイクル) においてもとてもよい類似性が認められる。このような類似性は、日本海における TOC 変動（≡生物生産性の増減）と北大西洋域の気温変動が同調していることを表す。寒冷期には、日本海域で、水温の低下や海水の拡大などによって生物生産性が縮小し、海底に保存される TOC が減少したと考えられる。このように、日本海はその高い閉鎖性を反映して、堆積物中に明瞭な気候変動の記録が残されていることが明らかとなった。今後の日本海の研究によって、極東地域の局地性を反映した気候変動の実態を解明できるものと期待している。

琵琶湖長浜沖，BIW07-5 コアの粒度組成からみた過去 4 万年間の気候変動

藤田順康(信州大学理学部物質循環学科:古環境変動研究室)

1. 要旨

湖沼堆積物中の粒度組成は気候変動や環境変動と関係しているということが推測される。琵琶湖長浜沖コアの解析より，中央粒径値は $4\sim 12\mu\text{m}$ で推移していた。それらの結果を他の古環境指標と比較することで，粒度組成による古環境復元を試みた。

2. はじめに

本研究では，2007 年に琵琶湖長浜沖で採取されたピストンコア(BIW07-5)を用いて，湖底堆積物の経年的な粒度変化を明らかにし，湖水準の変動とその原因を検討することを目的とした。

深い湖の堆積物の粒度組成は，1)降水量の増加が河川からの粗粒な堆積物の流入を増加させ，粒度組成を粗くする，2)湖水準の上昇に伴って陸からの距離が増加し，粒度が細くなり，また下降するほど粗くなる，という相反する可能性にある。この点を検証し，すでに報告されている同コアの有機炭素量変動(TOC)=気温変動(栗山，2011)と比較することで湖水準の変動要因を考察する。

3. 分析方法

粒度分析の方法としては簡便なレーザー回折散乱粒度分布測定装置(LS230：ベックマン・コールター(社)製)を使用した。

本研究では，すでに 1cm 毎に分取・乾燥されていた試料から，10cm 間隔で $0.09\sim 0.1\text{g}$ ほど分取したものを以下の方法で分析した。

10%の過酸化水素と 1mol/l の塩酸を加え，有機物と炭酸塩を除去し，さらに珪藻殻を溶かすために 2mol/l の炭酸ナトリウム水溶液を加え， 85°C に保った恒温槽で 5 時間かけて処理をした。以上の処理を行った試料を，超音波で

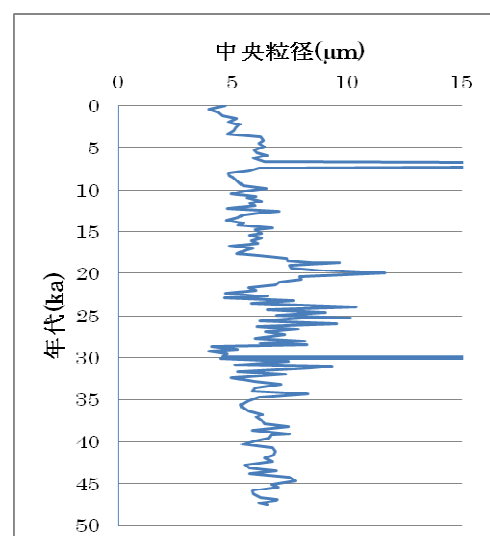
4 分間分散させ，レーザー回折散乱粒度分布測定装置で粒度分析を行い，試料ごとの粒度組成値(中央粒径)を求めた。

4. 結果と考察

これまでの分析から得られた中央粒径値の変動を見ると， $4\sim 12\mu\text{m}$ 当たりで推移しており，多くの試料は単峰性の粒度分布を示す。数個の試料は他の試料の値より大きな値を持ち，双峰性の粒度分布を示した。前者の粒度分布は，間氷期，氷期の堆積環境を示しており，後者は洪水の関係性を示している可能性がある。

$4\sim 12\mu\text{m}$ の範囲で変動している中央粒径を詳しく見ると，現代から 18,000 年前まで，18,000~35,000 年前までと，35,000 年前以降という 3 つのグループに分けられる。つまり，琵琶湖の湖水準が 3 段階に変動したということである。湖水準変動の要因としては，気温変動が主たるものだと考えられるため，中央粒径の変動は気温変動を示していると考えられることができる。

これからは，他の古環境指標と中央粒径値の変動を比較することで，中央粒径値の古環境指標としての有効性を高めていきたい。



琵琶湖湖底堆積物(BIW07 コア)の全有機炭素・全窒素含有量変動に基づく過去 4.7 万年間の気候変動の解析

Climate changes during the past 47 ka deduced from total organic carbon and total nitrogen contents of the sediment core (BIW core) in Lake Biwa, Japan

木越智彦(信州大・工学系研究科)・公文富士夫(信州大・理)・栗山学人(名古屋大・理学研究科)

Kigoshi, T., Kumon, F., Kuriyama, M.

湖沼堆積物中の TOC は湖内の生物生産性を指標の一つとして測定されてきたが、最近では古気候・古環境の指標としても注目され始めた。本研究では 2007 年に琵琶湖、沖ノ島沖で採取された BIW07-6 コア(水深 55m, コア長 18.42m)を使用して有機炭素(TOC)・窒素(TN)含有量を測定した。同コアでは、Kitagawa et al.(2010)が精度の高い ^{14}C 年代値を報告しており、信頼性の高い年代モデルが作成できるという利点がある。琵琶湖で分析された TOC 変動と比較・統合する事で、琵琶湖全体を代表させた解析を試みた。

年代モデルに関しては Kitagawa et al. (2009)によって測定された ^{14}C 年代値と指標テフラの年代値を Intacal09 で校正し、深度と年代の関係を多項式で近似させた。ただし、基準となる年代値が少ない 1.4m 以浅の表層部分では、K-Ah (7250 cal.BP) と表層(深度 0cm)を直線で結んだ。この年代モデルに基づくコアの最下部は約 4.7 万年前となり、厚さ 1cm の試料の分析により平均 28 年の時間分解能で解析できる。

TOC 含有量は、4.7~3.0 万年前はやや高い値をとって短い周期で変動し、3.0~1.4 万年前ではやや低い値をとり、長い周期で変動している。1.4~1.0 万年前では TOC 含有量が急増した。1.0~0.2 万年にかけて高い値を示し、振幅が大きく波長の長い変動周期が認められた。

BIW07-6 コアの TOC 変動とこれまで測定されている BIW07-5, BIW08-B および BIW95-4 コアの TOC 変動とを比較したところ、いずれも良く似た変動を示すことが判明した。本研究で明らかにした TOC・TN 変動は琵琶湖全域の生物生産性を代表するものと見なすことができる。BIW07-6 コアの TOC 変動と BIW95-4 コアに対するモダンアナログ法 (Nakagawa et al., 2002) を用いた定量的な気候復元 (花粉データは Hayashi et al., 2010) と比較すると、TOC が高い時期では気温が高く、TOC がやや低い時期では気温が低くなっている。また、TOC 変動と降水量とは多少の一致はみられるものの全体として似た傾向を示さない。よって、TOC 変動は寒暖変動に調和的であるといえる。これらの検証を踏まえ、BIW07-6 コア試料の TOC・TN 変動から、琵琶湖地域の気温と環境の変化を詳細に、高い確度で復元することができた。

琵琶湖堆積物 BIW08-B の TOC 含有率に基づく 24.7 万年前から
14.5 万年前までの古気候復元
信州大学大学院 原勇喜 公文富士夫

はじめに

湖沼堆積物中の全有機炭素 (TOC) 含有率の変動は、連続的な古気候復元の指標が少ない中緯度地域において有用な指標になり得るとされ、日本では中部山岳地域において過去 16 万年前までの解析がされている(公文ほか, 2006 ; 公文と田原, 2009). しかし、それ以前の解析には手が付いていない.

本研究では、過去 30 万年間の記録をほぼ連続して記録しているとされる琵琶湖湖底堆積物の下部を使用し、堆積物中の TOC 含有率を解析. TOC 含有率に基づいた研究がほぼされていない約 14 万年前以前における古気候の解析を試み、地域的な特徴があるか議論する.

分析試料・分析方法

研究対象にした試料は、竹村らによって 2008 年に琵琶湖、沖島沖北方 1km で掘削された 100.3 m のボーリングコア BIW08-B で、そのうち約 44.35 m から 81.77 m を使用して TOC 含有率の分析を行った. まず試料の一部を、瑪瑙乳鉢を用いて粒感が無くなるまで粉碎する. 重量の測定を行った 6cc のスクリュ管瓶に粉碎した試料を入れて、電子天秤を用いて試料の重量を測定する. 次に、塩酸処理を行い、試料中の無機炭素を除去し、その後元素分析器 FLASH2000 (Thermo Scientific 製)で全有機炭素(TOC)・全窒素(TN)の含有量を測定、及び C/N 比を求めた. また、ボーリングコアに挟在する広域テフラを使用し、長橋ほか (2004)のテフラ年代から各テフラ間の平均堆積速度を求め、深度と対応させて年代値を求めた.

結果・考察

本研究の TOC 含有率変動は 24.7 万年前から 14.5 万年前までを表した. 酸素同位体比曲線の LR04 と比較すると MIS6 から MIS7 に対応し、最後から 2 番目の氷期に相当する. 24.7 万年前から約 19 万年前までは、大きく緩やかな変動がみられる. 一方で LR04 の $\delta^{18}\text{O}$ は低い値を示している. 湖沼の TOC 含有率は、植物プランクトンの生産が基礎であり、気温の影響を受けていることから、約 24 万年前から約 19 万年前の琵琶湖は、氷期でも比較的温暖であった事を示す. 約 18 万年前から 14.5 万年前において、TOC 含有率はかなり低い値が連続している. 一方で $\delta^{18}\text{O}$ は緩やかに増加している. このことから、約 18 万年前から 14.5 万年前の琵琶湖は非常に寒冷であったことを示す. 全体を通して LR04 との良好一致が見られたことから、24.7 万年前から 14.5 万年前の琵琶湖は、全球的な気温変動を反映していると考えられる.

ただし、約 23.5 万年前から約 22.5 万年前、及び約 19 万年前から約 18 万年前では、LR04 が寒冷化を示しているのにも関わらず、TOC 含有率は増加しており、別の要因が影響している可能性がある.

琵琶湖湖沼堆積物コア（BIW08-B）に含まれる過去 30 万年間の 珪藻化石群集変動

永安浩一・公文富士夫（信州大・古環境変動研究室）

1. はじめに

珪藻は海だけでなく、湖沼にも普遍的に分布している。また、珪藻の細胞を包む珪質の殻は、化石として堆積物中に保存されるポテンシャルが高い。特に琵琶湖湖底堆積物には珪藻化石が豊富に存在し、保存状態も良い。以上より、琵琶湖の珪藻化石群集や堆積量の変動を明らかにし、ほかの指標と比較することで、その変動要因を調べることができる。

本研究では、琵琶湖沖ノ島沖（35°13'41.15"N, 136°03'21.29"E）で 2008 年に採られた湖底堆積物コア（BIW08-B）について珪藻分析を行い珪藻化石の種構成と珪藻殻数の経年変化を明らかにし、その変動の要因を検討した。

2. 方法

BIW08-B コアは、コア長が 100.30m あり、そこに挟まる指標テフラの年代をもとに、テフラ間の堆積速度を一定と仮定した深度-年代モデルを作成し、コア深度を年代に読み替えた。

BIW08-B コアは 1cm³ 毎に切り分けられた状態で保存されていた。このコア試料を約 1m ごとに選び出し、珪藻を抽出してプレパラートに封入した。各プレパラートの珪藻の同定と珪藻殻数のカウントを並行して行った。

3. 結果と考察

BIW08-B コアは、およそ過去 30 万年間に相当する堆積物であった。深度-年代モデルより、巨視的にみて堆積速度はほぼ一定（30 年/cm）であった。

今回の試料に含まれる主な珪藻としては、浮遊性珪藻に *Stephanodiscus suzukii*, *Stephanodiscus pseudosuzukii*, *Aulacoseira nipponica*, *Cyclostephanos* sp., *Fragilaria* spp. が見られ、付着性珪藻に *Acnanthos* spp., *Staurosira* spp., *Opephora* spp. などが観察された。そして、試料中の珪藻化石群集の特徴から、7 つの珪藻化石帯に区分できた。愛知川デルタの前進の影響を受けた部分を除き、この結果は琵琶湖でとられた高島沖コアの結果と調和的であった。

群集変動を気温の指標となる海洋の $\delta^{18}\text{O}$ の変動（LR04）と比較したところ、*S. pseudosuzukii* が MIS 5e から多くなることから温暖期に対応している。*A. nipponica* が MIS 7 から MIS 6 への移行直後に優占し、MIS 4-2 にも優占が見られることから寒冷な気候に対応する種であると考えられた。

200ka から表層の珪藻殻数を、海洋酸素同位体比曲線 LR04 と比較した。MIS 5 で珪藻殻数が多い、MIS 2-1 で増加するなど、一部で一致が見られた。一方、古地磁気から復元された降水量変動や、モンスーン強度の指標とされる Fulu 洞窟の石筍の $\delta^{18}\text{O}$ 変動とは良く対応していた。よって珪藻殻数は、寒暖変動に伴うモンスーン強度の変動を記録していると考えられる。

落葉広葉樹林キャノピーの光合成生産力のリモートセンシング

村岡裕由(岐阜大学), 野田響(筑波大学), 永井信(海洋研究開発機構), 本岡毅(宇宙航空研究開発機構), 斎藤琢(岐阜大学), 奈佐原顕郎(筑波大学), 三枝信子(国立環境研究所)

森林生態系は、地球環境調節と生物多様性保全の両面において重要な生態学的機能をもつ。それらの生態学的機能のうち、特に地球規模での気候変動下で注目されるのは、森林生態系による炭素吸収能力の空間分布と時間的変動である。植生の光合成生産力は大気中の二酸化炭素の吸収力を表すだけでなく、従属栄養生物を含む生態系の一次生産の基盤的要素である。そのため広範囲な時空間スケールを対象とした光合成生産力の観測・解析は、生態系および生物多様性の現状診断と、気候変動や人間活動に対する脆弱性評価、および将来予測研究において共通の研究課題である。報告者らはこれまでに植物生理生態学的なアプローチと近接・衛星リモートセンシングの融合により、岐阜県高山市の冷温帯落葉広葉樹林サイト (TKY) において落葉広葉樹林キャノピーの光合成生産力のリモートセンシング観測技術の開発と検証に取り組んできた。本研究の一部はすでに昨年度の報告会にて発表した。本発表ではその後のデータ解析状況と今後の展望について報告する。

本研究ではキャノピーの光合成生産力を葉群の総光合成速度 (Gross Primary Production) で表すこととし、葉群からの光学的反射スペクトルから算出される各種の植生指標 (Vegetation Index) との対応関係を検討することにより衛星観測による VI から GPP の時空間分布を推定する手法の検証を目的とした。GPP は、林冠木の個葉光合成特性 (V_{cmax}) と林冠の葉面積指数 (LAI), および微気象パラメータを入力値として生態系炭素収支モデル (LSM, Bonan 1996) により推定した (Muraoka et al. 2010)。検討すべき VI として、NDVI (normalized difference vegetation index), EVI (enhanced vegetation index), GRVI (green vegetation index), CI (chlorophyll index) を採用した。GPP と各種 VI の対応関係の普遍性を検出すべく、2004 年から 2009 年までの期間について上述の生理生態学的観測とモデル計算およびデータ解析を行った。

各種 VI と GPP との関係は季節を通じて変化することが示された (図 1)。生育期間の前半と後半では同程度の VI 値に対して GPP が大きく異なることが明確になった。また光合成生産の潜在的能力の指標として V_{cmax} と LAI の積と VI を検討したところ、GPP の場合に比してより明瞭な曲線的関係が示された。今後はこれらの知見に基づいて GPP の時空間分布パターンを衛星データにより求めるとともに、他の観測サイトで得られる炭素吸収量との照合による手法検証を行う予定である。

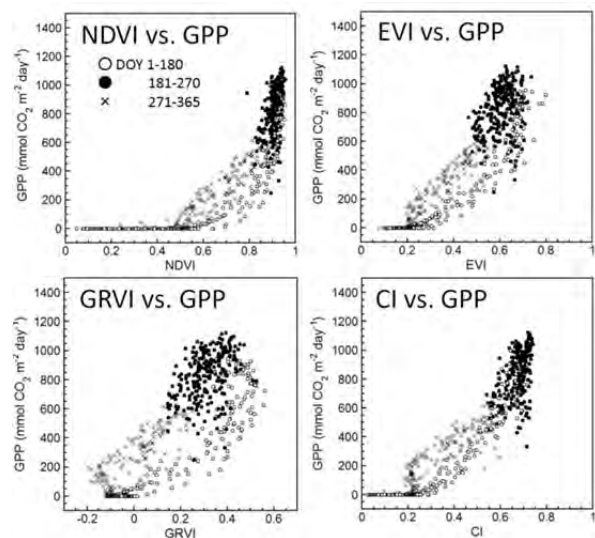


図1 GPPと各種VIとの対応関係。

Functional consequences of differences in canopy phenology for the carbon budgets of two cool-temperate forest types: simulations using the NCAR/LSM model and validation using tower flux and biometric data

SAITOH Taku M. (Gifu Univ.) NAGAI Shin (JAMSTEC), YOSHINO Jun (Gifu Univ.), MURAOKA Hiroyuki (Gifu Univ.), SAIGUSA Nobuko (NIES), TAMAGAWA Ichiro (Gifu Univ.)

Cool-temperate evergreen coniferous and deciduous broad-leaved forests are major Japanese forest types. Because these forests experience broad seasonal and annual environmental fluctuations under a range of geographical conditions, analyses of the functional consequences of their different canopy characteristics for ecosystem carbon gain would provide deeper insights into the possible influence of climate change. We quantified the sensitivity of carbon budgets in two mature forests to variations in microclimate in NCAR/LSM model simulations under two climatic conditions: the relatively warm end of the cool-temperate zone (i.e., 800 m a.s.l., annual average temperature of 9.4 ° C, annual average precipitation of 1700 mm), and the relatively cold end of this zone (i.e., 1420 m a.s.l., 7.2 ° C, and 2400 mm). The model was validated using *in situ* CO₂ flux data such as gross primary production (GPP), ecosystem respiration (RE), net ecosystem production (NEP), and net primary production obtained from tower flux and biometric measurements at two AsiaFlux sites near Takayama City, Japan. The seasonal patterns and annual cumulative values predicted by the model agreed well with field measurements at the two sites. Under both climatic conditions, the NEP peaked between April and June in the evergreen coniferous forest, and between July and September in the deciduous broad-leaved forest (Fig.1 (c, f)). The different seasonal patterns of NEP between the two forest types were determined primarily by differences in GPP from April to June (Fig.1 (a, d)). The annual values of GPP, RE, and light-use efficiency were clearly greater in the evergreen coniferous forest than in the deciduous broad-leaved forest (Fig. 2). Our findings suggest that the mature evergreen coniferous forest has higher metabolic activity than the mature deciduous broad-leaved forest in the cool-temperate regions of Japan.

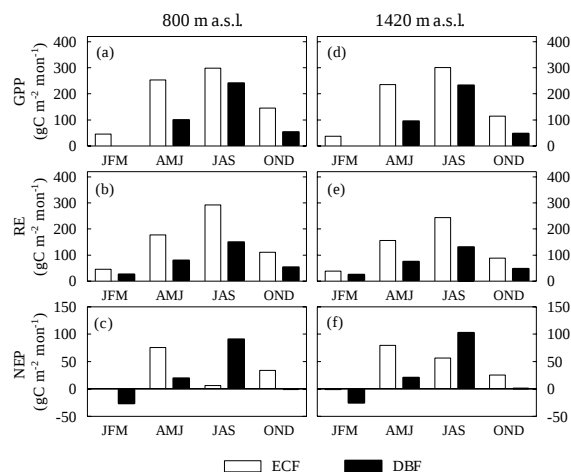


Figure 1: Comparison of the carbon budget between the evergreen coniferous forest (ECF) and the deciduous broad-leaved forest (DBF) under the different meteorological conditions at two altitudes for four periods during the year. GPP is gross primary production, RE is ecosystem respiration, and NEP is net ecosystem production. JFM, AMJ, JAS, and OND indicate the average values from January to March, April to June, July to September, and October to December, respectively.

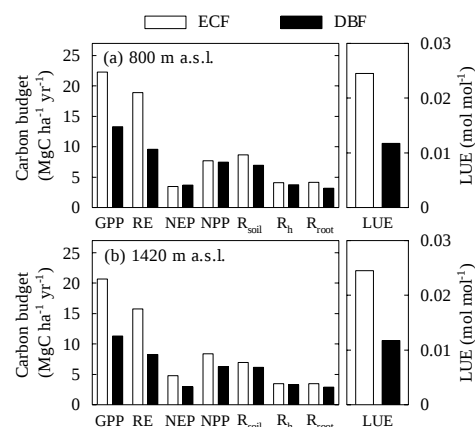


Figure 2: Comparison of the annual carbon budget and light-use efficiency (LUE) between the evergreen coniferous forest (ECF) and the deciduous broad-leaved forest (DBF) under the different meteorological conditions at two altitudes. GPP is gross primary production, RE is ecosystem respiration, NEP is net ecosystem production, NPP is net primary production, R_{soil} is soil respiration, R_h is heterotrophic respiration, and R_{root} is root respiration.

原山 智(信州大・理)・松岡達郎((株)ジオックスコンサルタント)・林 久夫((株)ジオックスコンサルタント)・水落幸広(住鉱資源開発(株))・棚瀬充史((株)地圏総合コンサルタント)

微動アレー探査の結果、上高地明神から河童橋、大正池を経て細池(安房峠東)にいたる地下には、西に向う旧谷地形が埋積されていることが判明した(図1)。また河童橋から小梨平の300m間で旧河床に約100mの落差があることも判明した。両地点間のチェーンアレー方式の精密探査は、垂直に近い落差50mの2ヶ所の段差を示している。明神から小梨平にいたる東西方向の断層活動が旧谷地形を変位させていると考えられる(図1)。上高地地区で1998年に生じている群発地震の震源域もこの東西方向の断層に沿っており、活断層である可能性が高いと判断される。



47

上高地に存在する活断層について

井上 篤・原山 智(信州大学・理学部)

1. はじめに

1998年に飛騨山脈南部で群発地震が発生した。この地震の活動域の一つは上高地付近にあり、その震源は割谷山～明神の範囲で東西に帯状の集中域を示した。本研究ではこの地震の震源集中域に推定される活断層の確認調査を行った。

2. 野外調査

上高地地域の、田代橋～明神の南北に存在する山域の斜面を中心に、野外調査を行った。その結果、善六沢、玄文沢及び外ヶ谷上流において、第四紀滝谷花崗閃緑岩を切る複数の断層露頭が確認された。滝谷花崗閃緑岩は140万年前に固結しており(原山ほか 2003)、これらの断層は第四紀に活動した活断層であるといえる。断層の走向の多くが東西系であり、傾斜は60～90°と高角で、しばしば断層粘土を伴う。また六百沢ではカタクレーサイトが、奥六百沢では断層破碎帯に生じた崩壊地形が確認された。

3. 推定される活断層の位置

2010年度及び2011年度に河童橋と小梨平の間の梓川河原にて微動アレー探査を行った。その結果、地下に埋積された古梓川の旧河床岩盤には落差約50mの段差が2ヶ所存在するというデータが得られた(原山ほか, 本報告)。この変位が断層によるものとする、2本の活断層は河童橋と小梨平の間を通過し、西へは善六沢上流・外ヶ谷上流と、玄文沢中流の二方向へ、東へは黒沢へ延びていると推定される(図1)。

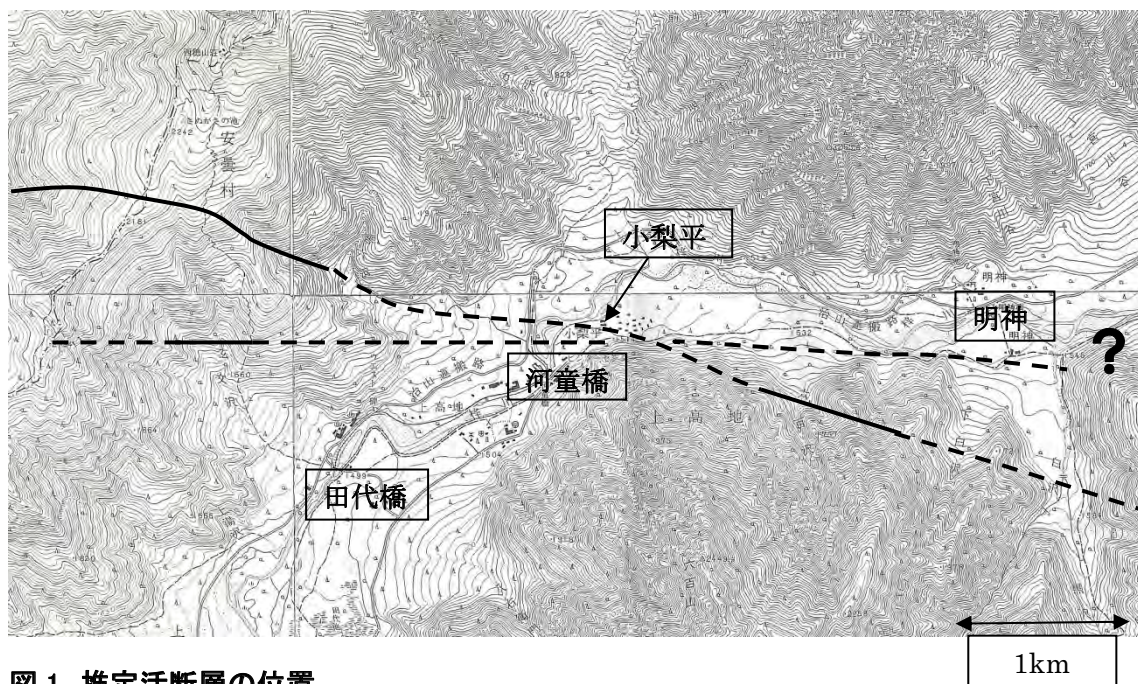


図1 推定活断層の位置

実線は実在する断層、破線部は推定断層を示す。

境峠断層の焼岳北方延長

加賀 匠・原山 智（信州大・理）

○境峠断層とは

境峠断層は長野県西部に位置し、断層の主要部は、長野県松本市安曇地域から松本市奈川を通り、木曽郡木祖村に至る北西-南東ないし北北西-南南東方向の左横ずれ活断層で、全体の長さは約 50km におよぶ。境峠断層の主部にあたる松本市安曇から木曽郡木祖村については盛んに研究が行われている(狩野ほか, 2002)。



○研究内容

北方延長については常木 (2011MS)により境峠断層は安房峠、中の湯温泉まで確認されている(図1実線)が、さらにその北方延長について研究は進んでいない。そのため、本研究は境峠断層の焼岳北方延長について研究した。地表踏査を行った結果、断層や断層粘土、断層活動に伴う破碎帯を発見した(図1 実線)。この断層は境峠断層と同じ左横ずれセンスが卓越し、第四系を切る活断層である。境峠断層が焼岳北方へ延長していることを示すと考えられる。



図1 梓川沿いの境峠断層と焼岳北方への延長

破線部は定断層を表す。
焼岳周辺は火山噴出物に被覆され断層は確認できない。

山岳地形を決定づける岩石の風化特性-北アルプス・劔岳を例に-

内記 慧（信州大学大学院工学系研究科地球生物圏科学専攻）

原山 智（信州大学理学部地質科学科）

地形は岩石の風化と浸食により形成される。風化の形態はその地域の気候条件と岩石の風化特性によって様々な様相を呈する。同一の地域に風化しやすい岩石と風化しにくい岩石が分布している場合、風化しにくい岩石の分布域が地形的に高く残りやすいと推定される。それが山岳地域であれば山頂や稜線として現れるだろう。

北アルプス・劔岳は日本でも指折りの険しい山として知られている。現在の劔岳の姿を作ったのは主に氷河による削剥で、「窓」と呼ばれる稜線が大きく凹んだ部分（図1）は懸垂氷河による削剥とされている。しかし、懸垂氷河は急峻な場所にできるので、氷河期にはすでに険しい山として存在していたはずである。では、険しい山はどのようにできたのであろうか？

劔岳は粗粒花崗岩と細粒閃緑岩によって構成されていることが既存の研究から明らかとなっている。一般的に風化しやすい粗粒花崗岩と風化しにくい細粒で緻密な閃緑岩の風化特性の差が劔岳の形成に大きく関与していると考えられる。そこで花崗岩と閃緑岩の風化特性を明らかにし、地形形成に与えた影響を評価することにした。また、その結果から劔岳の形成モデルを提唱する。（図2）



図1. 劔岳（池ノ平方面より）

結論

- 1) 高山帯では物理的風化の影響が大きい
- 2) 花崗岩より閃緑岩は物理的風化に強い
- 3) 現在の劔岳を形成した要因の1つは、
風化しやすい花崗岩体中に風化耐性のある閃緑岩体が存在していたこと

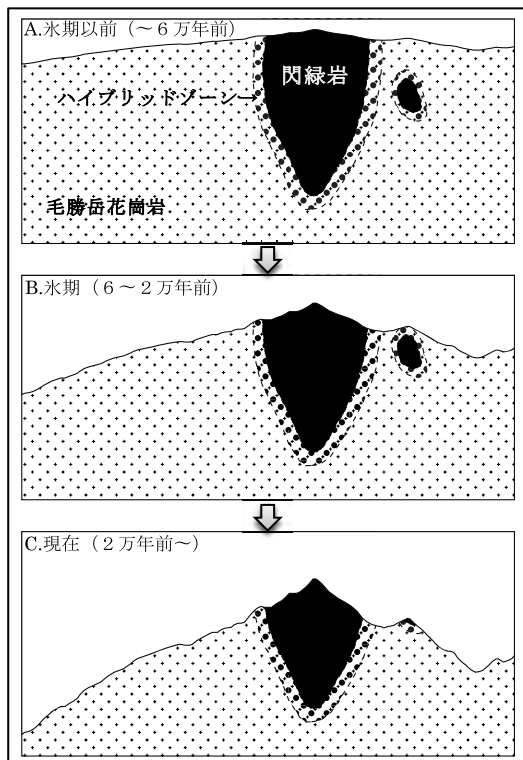


図2. 劔岳形成モデル
差別浸食の結果、風化しにくい閃緑岩体部が地形的高所として残存する。

上高地および諏訪における大気汚染物質濃度の季節変化

○松尾悠太郎¹・山田智哉¹・宮原裕一²・佐々木明彦²・鈴木啓助^{1, 2}

¹信州大学理学部・²信州大学山岳科学総合研究所

はじめに

大気中のエアロゾルは天然起源のものと人為起源のものに大別できる。前者は海塩起源、後者は化石燃料の燃焼起源に代表される。エアロゾルは、地球規模の気候変動にも関与し、また、有害な化学物質も含むため、その起源や動態を把握することは重要な課題である。上述の有害成分としては、多環芳香族炭化水素類（PAHs）が挙げられ、化石燃料やバイオマスの燃焼によって生じることが知られている。

本研究では、長野県諏訪市と松本市上高地において、エアロゾルの水溶性成分と PAHs の季節変動を調査し、両地域の大気汚染の特徴とその起源の解明を試みた。

実験方法

信州大学山岳科学総合研究所上高地ステーションおよび山地水環境教育研究センター（諏訪）において、ハイボリウムエアサンプラーを用いてエアロゾルの捕集を行った。焼き出しした石英フィルターを用い、毎分 700L で 7 日間捕集を行った（約 7,000m³）。採取後、フィルターはアルミ箔で密封し分析時まで冷凍保存した。

フィルターの一部をコルクボーラーで打ち抜き、超純水で抽出し、水溶性成分（イオン・有機炭素）の分析を行った。また、フィルターをアセトンとヘキサンで抽出し、試料中の PAHs を、蛍光検出器付き HPLC で定量した。

結果および考察

上高地では諏訪よりも、ナトリウムイオンが少なく、海塩由来のイオンが少ないことが示された。また、上高地の PAHs の BaP/BeP 比は大きく、光分解が進行していないことが示され、上高地では、ごく近傍の大気汚染の影響が強いと考えられた。これは、上高地ステーションが標高の高い山に囲まれた谷底に位置しており、上空の大気との混合が直接流入しにくいこと、また、林の中にあり、植生のフィルター効果でエアロゾルが除去されやすいことと矛盾しない。一方、大気中での二次生成で生じるシュウ酸の濃度は、両地点で大きな差は見られず、冬期を含めた観測の継続が必要と考えられた。

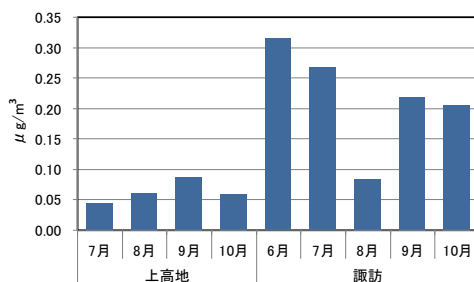


図1 上高地と諏訪における大気中
ナトリウムイオン濃度の変動

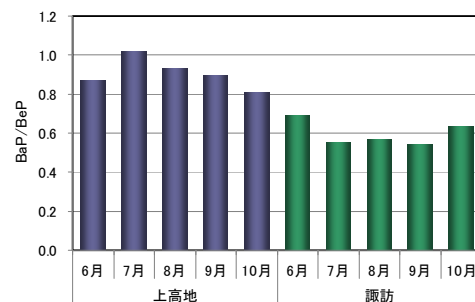


図2 上高地と諏訪における大気中
BaP/BeP 比の変動

長野県における化学物質沈着の地域差

○山田智哉¹・宮原裕一²・山本雅道²

¹信州大学理学部・²信州大学山岳科学総合研究所

はじめに

我々は、長野県諏訪湖および木崎湖、白駒池において、その生態系理解のため、水質調査を長年継続して行っている。その水質は、陸地での人間活動だけでなく、集水域の地質にも大きく左右されているが、大気からの化学物質の沈着も少なからずそれら水質に影響を及ぼしているはずである。

そこで、本研究では、長野県諏訪湖および木崎湖、白駒池の近傍において、降水を採取・分析し、その水溶性成分の季節変動と地域差の解明を試みた。

実験方法

信州大学山岳科学総合研究所・山地水環境教育研究センター（諏訪市）および木崎湖ステーション（大町市）、白駒池白駒荘裏（佐久穂町）において、バルクサンプラーを用いて降水の採取を行った。採取した試料量から降水量を求め、試料水を GF/C でろ過し、イオンクロマトで主要イオン濃度を、有機炭素計で溶存有機物質の濃度を求めた。また、同ろ液について、固相抽出を行い、溶存している燃焼起源物質である多環芳香族炭化水素類についても、蛍光検出器付き HPLC で定量した。

結果および考察

木崎湖の降水には、諏訪湖や白駒池よりも、ナトリウムイオンが多く含まれ、海塩起源物質のフラックスが多いことが示された。この要因として、他の地点と比べ、木崎湖ステーションが日本海に近いことが考えられた。また、9月のナトリウムイオンの割合は、他の時期と比べ高く、台風12号にともなう各地への海塩の供給が考えられた。

一方、主に人為起源と考えられる硝酸イオンと硫酸イオンのフラックスが、白駒池では、7月、9月、10月に3地点の中で最も低かったが、必ずしも、全期間を通じて低くなかった。これは、白駒池近傍では降水量が多いだけでなく、白駒池が八ヶ岳東側斜面に位置するため、関東方面からの大気汚染の影響を他の地域よりも強く受けやすいことが原因と考えられた。なお、紙面の都合で割愛した PAHs の分析結果についてもポスターにて発表する予定である。

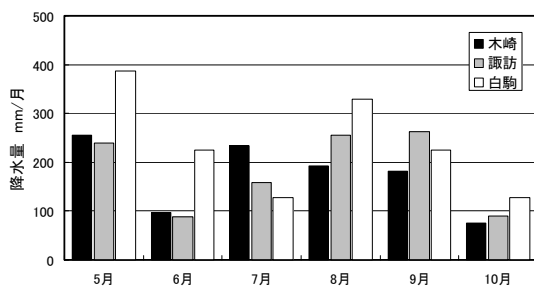


図1 木崎湖、諏訪湖、白駒池近傍での月別降水量の変動

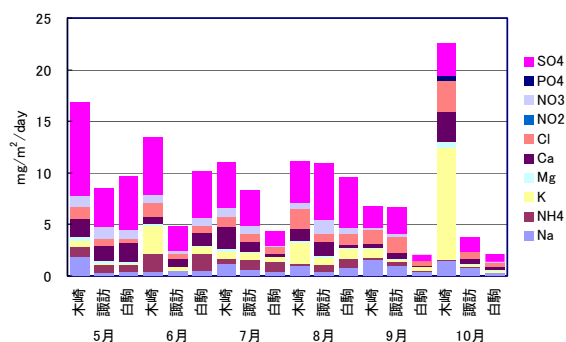


図2 木崎湖、諏訪湖、白駒池近傍での主要イオンフラックスの変動

中部山岳地域における降水同位体マップとその検証

○牧野 裕紀（筑波大・院）・脇山 義史（筑波大・陸域環境研究センター）・丸山 浩輔（山梨県庁）・山中 勤（筑波大・陸域環境研究センター）・鈴木 啓助（信州大・山岳科学総合研究所）

【はじめに】

日本の代表的な山岳地帯の一つであり、首都圏や中京圏の水資源を担っている中部山岳域を対象に水循環を評価することは重要である。水の安定同位体比は、水や物質の挙動を知るうえで有用な情報を与えてくれるものとして多くの研究が行われてきた。また同位体マップは同位体の空間分布の把握や観測されていない地点での推定ができるだけでなく、広範囲における流域特性を評価する上で有効なツールである。同位体マップを作成する上で安定同位体比の時空間変動の把握が必要となるが、降水の同位体観測は空間的に密な観測網が少なく、山岳地域における観測はさらに少ないのが現状である。

本研究では、中部山岳地域を対象とした降水の安定同位体比の時空間変動の把握と精度の高い同位体マップを作成することを目的とした。またマップから推定された降水の予測値と河川水の実測値を比較することで同位体マップの妥当性の検証とともに流域特性の評価を試みた。

【方法】

降水は13地点（図1）において2010年7月から月単位で採水を行い、今回の報告では2011年6月までのデータを用いた。河川水は千曲川流域で24地点、富士川流域で21地点、計45地点において採水を行った。河川水の採水時期は季節を考慮して2010年8月、10月、2011年2月、および5月に行った。水素・酸素安定同位体組成の測定はレーザー分光式同位体分析計（Piccaro, L1102-ib）を用いた。

【結果および考察】

降水同位体比の空間分布は、時期によって差異があるものの標高との関係が強いことがわかった。そのため降水の観測結果を用いて、標高を説明変数とした回帰式を用いたモデル、地球統計モデル、およびハイブリッドモデル（図2）の3つのモデルを用いて空間分布図を作成した。またマップを用いて降水の予測値と河川水の実測値との比較をおこなった。その結果、流域によって適しているモデルが異なることが示唆された。また残差には空間的な違いが表れ（図3）、それぞれの流域特性を反映している可能性が見出された。

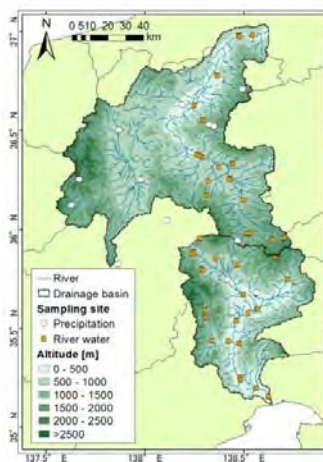


図1：対象地域

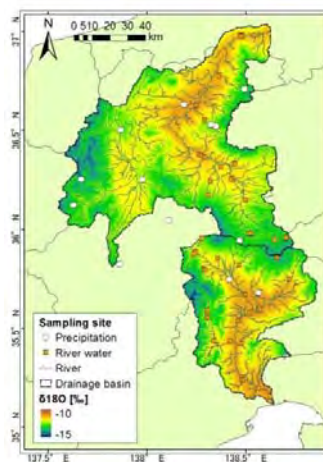


図2：降水同位体マップ

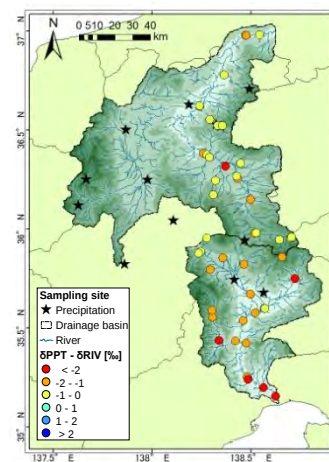


図3：降水と河川水の比較

中部山岳地域における降水安定同位体組成の時空間変動特性

○脇山義史（筑波大），牧野裕紀（筑波大），山中 勤（筑波大），鈴木啓助（信州大）

今泉文寿（筑波大），飯村康夫（岐阜大），大塚俊之（岐阜大）

要旨

水の安定同位体組成 ($\delta^{18}\text{O}$, δD) は，降水起源や水の輸送経路上の環境条件によって変動するため，さまざまな空間スケールにおける水の流動経路や滞留時間の推定に用いられてきた．そのため，中部山岳地域の水循環を解明するための有効な手段となると考えられるが，水の安定同位体組成をトレーサーとして活用するためには，まずインプットである降水の安定同位体組成の時空間分布を把握することが必要である．本研究では，同地域内の複数地点において降水の採集と同位体分析を行い，降水の安定同位体組成の時空間変動特性について考察を行った．

降水のサンプリングは，中部山岳地域内の 17 地点（2010 年度は 14 地点，2011 年度から 3 地点追加）において約 1 カ月間隔で行っている．降水サンプルは実験室に持ち帰り，ろ過後，レーザー分光式同位体分析計 (Piccaro, L1102-ib) により分析を行い， $\delta^{18}\text{O}$, δD を算出する．本稿の解析には 2010 年 7 月から 2011 年 6 月までのデータを使用した．

各地点の年間の積算雨量による加重平均値は $\delta^{18}\text{O}$ で $-11.82 \pm 0.76\text{‰}$ ， δD で $-86.13 \pm 4.94\text{‰}$ ， $d\text{-excess}$ では $10.30 \pm 0.93\text{‰}$ であった． $\delta^{18}\text{O}$ の加重平均値と位置情報（標高・緯度・経度）との相関を見ると，北緯・東経との間では無相関，標高との間に有意な負の相関が見られた．標高と $\delta^{18}\text{O}$ の間には，暖候期に有意な負の相関関係が見られたが，冬季は相関が認められなかった．さらに，各地点における各月の $\delta^{18}\text{O}$ を変数としてクラスター分析を行った結果，標高 1000m 以上の山地（A）と標高 1000m 以下の盆地（B）に大別された．Aは冬季，とくに 1 月に $\delta^{18}\text{O}$ が高いという共通点が見られ，Bでは冬季にかけて $\delta^{18}\text{O}$ が低くなる傾向が共通して見られた．以上の結果から，中部山岳地域の降水同位体組成は，暖候期には主に観測地点の標高に規定される一方で，冬季には，標高 1000m 以上の山地では位置にかかわらず高い $\delta^{18}\text{O}$ を示すことがわかった．

なお，年次研究報告会では 2011 年度に追加した高山・井川・千曲の 3 地点のデータを併せて議論を行う予定である．

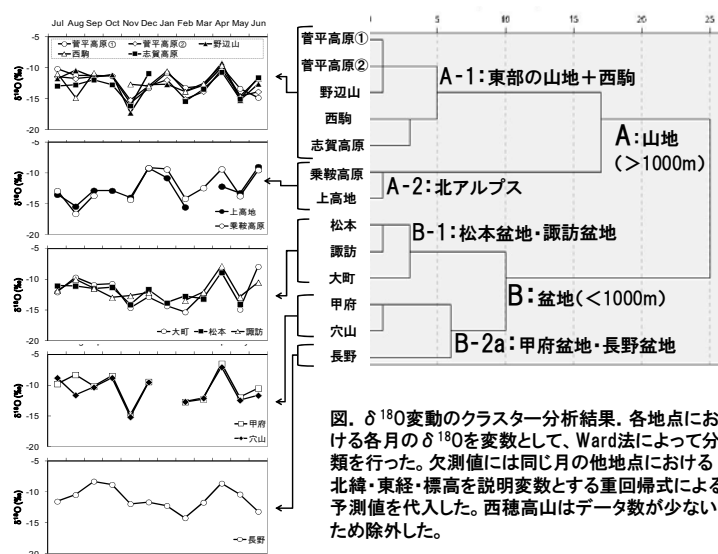


図. $\delta^{18}\text{O}$ 変動のクラスター分析結果. 各地点における各月の $\delta^{18}\text{O}$ を変数として，Ward法によって分類を行った．欠測値には同じ月の他地点における北緯・東経・標高を説明変数とする重回帰式による予測値を代入した．西穂高山はデータ数が少ないため除外した．

中部山岳森林域河川における有機物動態と微生物生息状況

岐阜大学 ○山田俊郎, 沼田高明, 李文燕, 中鋪美香, 鈴木聖世, 李富生, 大塚俊之,
廣岡佳弥子, 飯村康夫

1. はじめに

河川水中の有機物は河川生態系の形成に必要な栄養成分である。特に粒状有機物 (Particulate organic matter : POM) は水中の微生物や生物の主要なエネルギー源であり、河川水中での濃度や組成等の時空間的变化を把握して河川における有機物の挙動や消長を明らかにすることは、河川環境・河川生態系の保全に必要な不可欠である。本研究では、中部山岳森林内河川にて調査を実施し、森林河川水中に含まれる有機物の濃度や組成、起源を明らかにするとともに、水中の有機物を利用する河川微生物に着目してその生息状況や構造を明らかにすることを目的とした。

2. 対象地域および調査方法

岐阜県高山市東部に位置する日影平山を源流にもつ生井川を対象とし、2010年10月から2011年10月の間に計13回の調査を実施した。調査地点は、人為的な汚濁排出源による影響をほとんど受けない上流側3か所 (St. 1, St. 2, St. 3) および流域内に民家や農地等を含む地点 (St. 4) である。現場にて水温, pH, EC, ORPを測定し、河川水採水, 流量観測, 浮遊物質・河床堆積物の採取等を実施した。浮遊物質及び堆積物は、リター (>16mm), 粗大有機物 (CPOM, >1mm), 微細有機物 (FPOM, 1μm~1mm) 及び溶存有機物 (DOM, <1μm) に分画した。浮遊物質および堆積物に含まれるリター及びCPOMは、目視で葉, 枝, 根, 果実・種子, 藻類, 動物に分類しそれぞれ有機炭素濃度を求めた。FPOMの起源を明らかにするため安定同位体とCN比を分析して起源解析を行った。また微生物群集の評価のため調査地点の河床の石の表面に生息している生物付着膜を採取した。この試料から一般細菌密度・従属栄養細菌密度を求めるとともに、リアルタイムPCRによってDNA量を測定した。さらに付着膜の微生物群集を明らかにするため、PCR-DGGE解析を行った。

3. これまでの結果

結果の一例として、St. 2における年間の浮遊物質中の有機態炭素濃度を示す (図1)。この地点における有機物濃度は0.3mg/L~1.2mg/Lであった。溶存態有機物に比べて粒状態有機物の濃度の変化が大きく、粒状態有機物濃度が河川水中の有機物濃度に影響していた。流域からの有機物供給量が多い落葉期において、粒径の大きいリターやCPOMの濃度が他の時期と比べて高い傾向がみられる一方、水中粒状態有機物の大半を占めるFPOMは落葉期、融雪期に濃度が高く、積雪期は濃度が低い傾向が見られた。2月10日は調査地点周辺で30cm程度の積雪が認められたが、河川水に土壤フルボ酸が高い濃度で検出されたことから積雪下部の融雪が考えられ、2月10日の高いFPOM濃度は融雪による河川への供給と考えられた。安定同位体を用いた河川水中の粒状態有機物の起源解析の結果、これらのFPOM成分の大半は他生性有機物であり、落葉期に森林土壌に供給された有機物が積雪・融雪期に分解・流出していると考えられた。河床に付着している微生物は上流域において地点間の顕著な差は見られず、また時期によってもその傾向に大きな変化は見られなかった。群集解析の結果、上流3地点では共通して存在していた種が、下流のSt. 4において見られず、別の種が優占しており、水質への人為的影響が河床微生物環境に影響することが示唆された。

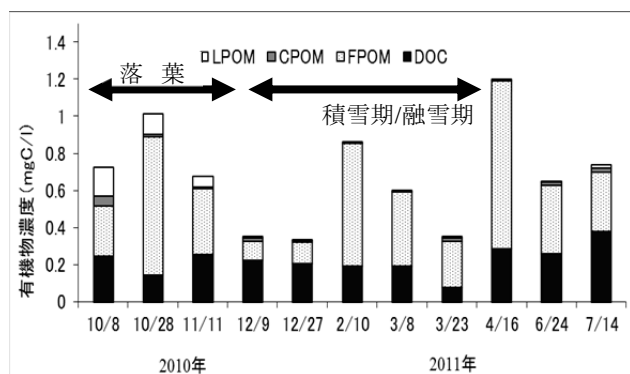


図1 St.2における年間の浮遊物質中のPOM濃度

上高地地域における湧水の水質特性

松岡清香（信州大学理学部）・原山智（信州大学理学部）

湧水には地下水系を構成する岩石から溶け出したイオンが混入している。したがって湧水の水質は、涵養域を構成する地質体の影響を強く受けていると考えられる。

上高地地域に流下する清水川は年間流量が 3000 万トン近くある河川であるが、地形的な集水域の年間降水量はおよそ 20 万トンである。清水川には周辺域から多量の地下水が流入していると考えられる。上高地地域は多様な地質体で形成されており（図 1）、地下水系の流路を特定するには有利な条件がそろっていると考えられる。

清水川に流入する地下水の影響を考察するため、特定の地質体のみを通過してきたと思われる周辺域の湧水と清水川の水質を比較した。その結果、陽イオン($\text{Na} \cdot \text{K} \cdot \text{Mg}$)と陰イオン($\text{NO}_3 \cdot \text{SO}_4 \cdot \text{Cl}$)には大きな差は見出されなかったが、Ca イオン濃度については各地質体ごとの差が認められ、清水川の Ca イオン濃度は美濃帯を通過してきた湧水の Ca 濃度の範囲に含まれていることが判明した。清水川は美濃帯を通過してきた湧水が多量に流入している可能性が大きいと考えられる（図 1）。

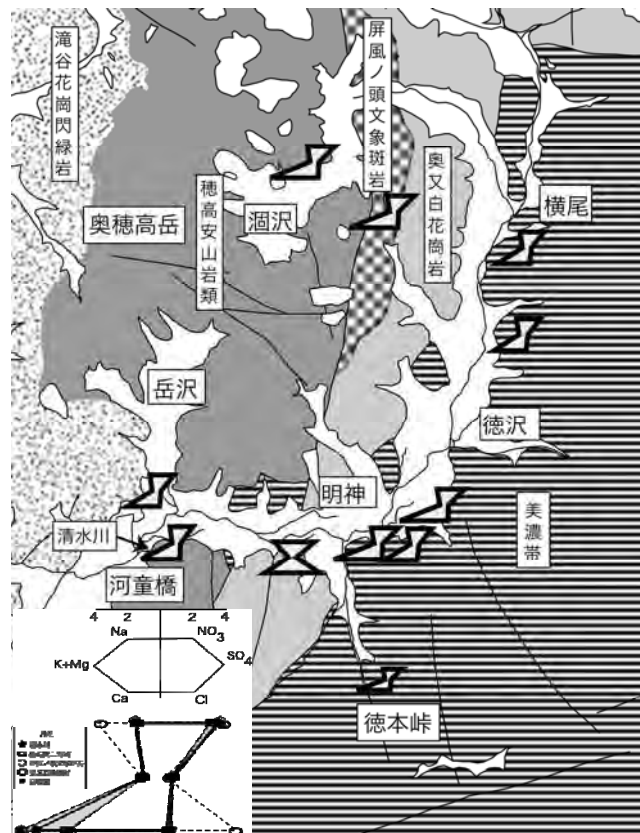


図 1 上高地地域の地質と湧水の水質
地質図は原山（1990）に基づく。

上高地における湧水の特性について

倉元隆之、佐々木明彦、辻一成、鈴木啓助（信州大学）

1. はじめに

上高地を流れる梓川流域には多くの湧水があり、梓川の支流を形成している。これらの湧水は、山の斜面を伏流した水が、上高地の谷底で湧き出しているものと考えられる。また、梓川本流の伏流水が湧出し、支流を形成していることも考えられる。湧水は、地下水流動を反映した特性を示す。よって、上高地地域の水循環を正しく理解するためには、湧水の形成機構を把握することが重要となる。湧水や河川水の水温や湧出量、流量に加えて、溶存成分濃度や水の安定同位体比を測定することで、湧水の水質形成機構や涵養源を推定することができる。そこで、本研究では上高地・明神地域において、梓川の支流を形成する湧水の特性を明らかにする事を目的とした調査を行った。今回は、2011 年夏から行った調査の結果をもとに、上高地の湧水の特性について紹介する。

2. 方法

上高地・明神地域の梓川右岸の支流域を調査対象地とした（図）。湧水温および河川水温の測定のため、データロガー付き水温計を流域の 5 ヶ所に設置した。湧水および河川水の試料採取は、各水温観測地点で行った。採取した試料は実験室に持ち帰り、pH、電気伝導度、主要イオン濃度の測定を行った。河川の水位観測のため、流域の中流部に圧力センサーとデータロガーを設置し、自動観測を行った。

3. 結果

水温観測の結果、湧水温は河川水温より 1～2℃ 高く推移しており、それぞれ季節変化が見られた。河川水温には、午後 2 時頃に最高値となる日変化が見られたが、湧水温には日変化は見られなかった。

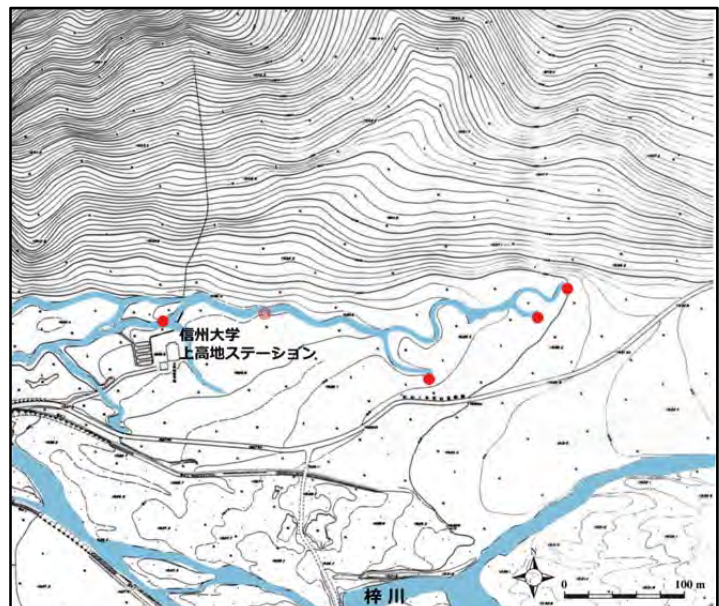


図 調査対象地域

図中の●は水温観測地点、○は水位および水温観測地点を示す。

菅平湿地における地表水の硝酸濃度と硝酸性窒素の動態

岩上 翔・筑波大学水文科学教室（筑波大学）

菅平高原は農地における過剰な施肥や土壌侵食対策を目的とした堆肥の施用によって河川水等の硝酸汚染が問題となっている。一方湿地は特有の物質循環を有し嫌氣的な環境下における浄化作用（脱窒作用）が知られる。菅平湿地においては水質の調査例はあるものの湿地の浄化能力を流量のデータと合わせて示した例は見られない。そこで本調査は、菅平湿地における地表水の硝酸イオン濃度に加え、流量を観測することによって窒素量の動態を明らかにすることを目的として筑波大学生命環境学群地球学類開設・水文科学野外実験 B において 2011 年 8 月 30 日～9 月 1 日に行った。

従来の調査によって示されてきたのと同様に、本調査においても湿地内を流下する河川水の硝酸イオン濃度は湿地を流下するに従って低下することが示された。硝酸イオン濃度が低下する地点では溶存酸素濃度も低下していることなどから、湿地特有の脱窒機能が作用していることが示唆された。また水温が低く変わる地点では地下水の湧出によって硝酸イオン濃度が希釈されている可能性も考えられる。

流量観測によって得られた流量 (L/s) と硝酸性窒素濃度(mg/L)の積から窒素量 (mg/s) を求めた結果 (下図), 支流には流量の増加に関わらず窒素量が減少しており湿地の脱窒機能が効果的に作用している地点があるが、本流では脱窒機能の処理能力以上に流量が増加しているために窒素量としては増加していることが示唆された。

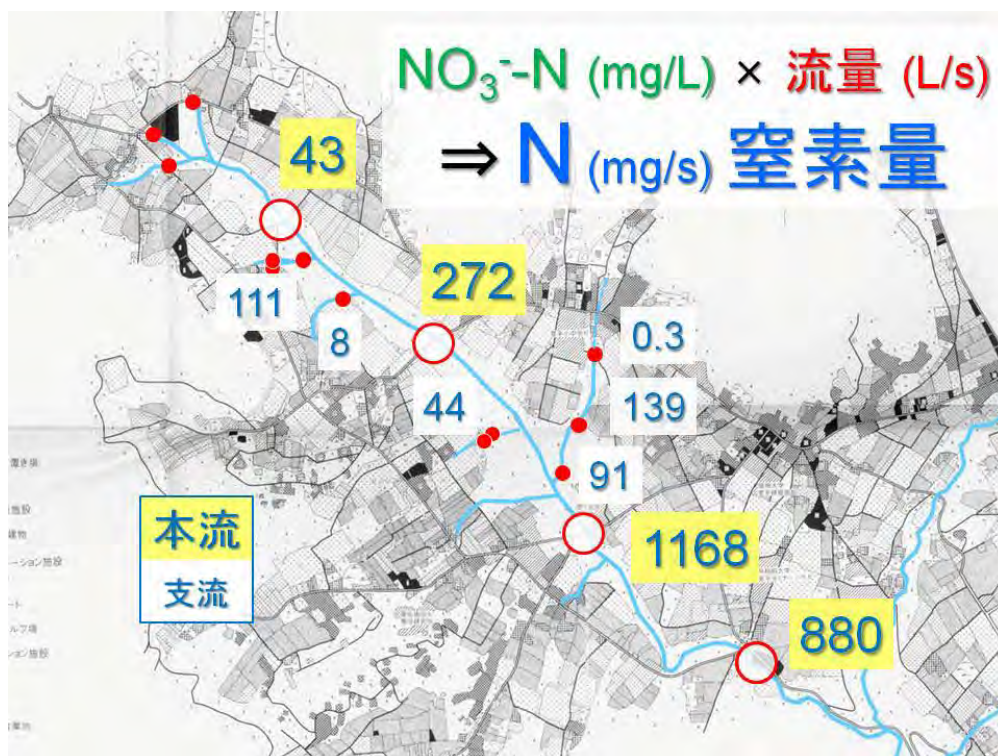


Fig. 菅平湿地の地表水における硝酸性窒素量の空間分布（黄：本流の値，白：支流の値）

キネマティック GPS 測量による北アルプス涸沢圏谷における 積雪深の観測

佐々木明彦・槇 拓登・鈴木啓助（信州大学）

上高地を中心とした槍・穂高連峰の山岳域は、信濃川水系梓川の最上流域に相当する。梓川の源頭部には涸沢、岳沢、槍沢、一ノ俣谷、二ノ俣谷など、圏谷地形を有する谷が並び、圏谷を中心に多量の積雪がみられる。これらの積雪水量の把握は、水資源の賦存量を算定する上で重要であるだけでなく、同流域の積雪水量の年々変動をとらえることは地球環境変動の一端を明らかにすることにつながるであろう。そこで、梓川上流域の各谷頭部における最大積雪水量を見積もり、融雪過程の解析を実施することを当面の目的として、本研究では涸沢圏谷において、最大積雪水量となることが予想される 4 月半ばに積雪深の実測を行った。

GPS 測位により積雪面と地表の標高を求め、積雪面標高と地表標高との差分をもって積雪深とする。GPS 測位は、衛星から発信される L1 帯および L2 帯の電波を 2 地点の GPS 受信機（それぞれ基地局と受信局とする）で受信し、それらの位相観測にもとづいて GPS 受信機間の相対ベクトルを求める。今回の観測では、MAGELLAN 社の ProMark3 を 2 台用い、それぞれを基地局と受信局とした。基地局は電子基準点を用いたスタティック測位により位置決定された。一方、受信局は、アンテナを高さ 1.8m の測量ポールに取り付け、ポールの石突が積雪面に触れるように保持し、徒歩により移動させた。測位のインターバルは 2 秒ないし 5 秒とした。すなわち、観測者はアンテナを一定の高さに保って雪面を移動し、その間連続的に測位をし続けることになる。得られた測位結果は、楕円体高をジオイド高で補正し、標高データに変換する。

2011 年 4 月 15～17 日に積雪面の GPS 測位を実施し、基盤地図情報数値標高モデル (10m メッシュ) を内挿して作成した地表標高データとの差分をとった。その結果、測定した区間での最大積雪深は圏谷底において約 16m と見積もられた。一方、圏谷壁における積雪深は 3m 程度以下であった。

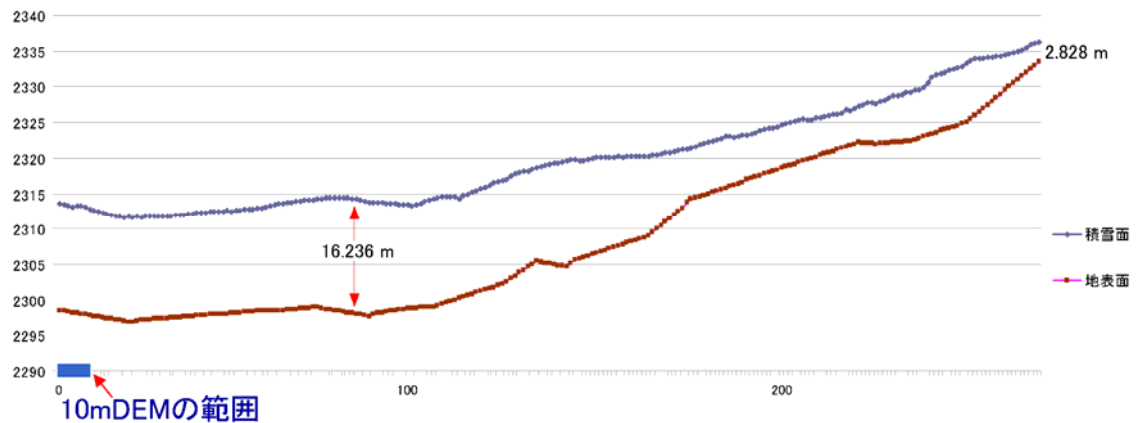


図 1 GPS 測量によって得られた積雪の断面

白馬岳高山帯で発生した山火事が地表環境に及ぼす影響

佐々木明彦(信州大学)・池田 敦(筑波大学)・荻谷愛彦(専修大学)・

鈴木啓助(信州大学)

2009年5月9日の午後1時過ぎ、北アルプス白馬岳の高山帯で山火事が発生した。火はハイマツ群落や高茎草本群落を約0.59ha焼いて2時間ほどで鎮火した。とくにハイマツは葉のみならず樹枝までが焼けた部分も多く、樹枝が焼けたハイマツは直ちに枯死した。一方、葉のみが焼け落ちたハイマツでは葉で作られる栄養が回らなくなり、いずれ全体が枯死することが考えられる。ハイマツが枯死することで、斜面が降雨や積雪の影響を受け易くなり、土砂の流出が顕著になる可能性が考えられる。そこで、山火事後2年間の推移を観察し、山火事が地表に及ぼす影響について考察する。

山火事後、草本類は直ちに回復をみせた。この点から、草本類は大きな影響を受けていないと考えられる。また、山火事後の2年間では、融雪期、梅雨期、秋雨期を通じて極端な土砂流出は生じなかった。しかし、ハイマツの焼失域では、冬季の地温低下量がハイマツ非焼失域に比べて大きくなり、またハイマツ非焼失域では季節凍土層の形成期間がハイマツ非焼失域のそれに比べ1ヶ月以上延長されるようになった。これにはハイマツの枯死によって土壌水分量が増加するようになったことも影響していると考えられる。この結果、ハイマツの焼失域では、凍結融解に伴う土砂移動のポテンシャルが山火事前より明らかに増大していると考えられる。とくに春季の季節凍土融解時にはジェリフラクションが生じる可能性が高い。また、降雪前の秋季や融雪後の春季に凍結融解作用によって緩んだ地表は風の影響を受けやすく、風食による裸地の拡大が生じる可能性も考えられる。

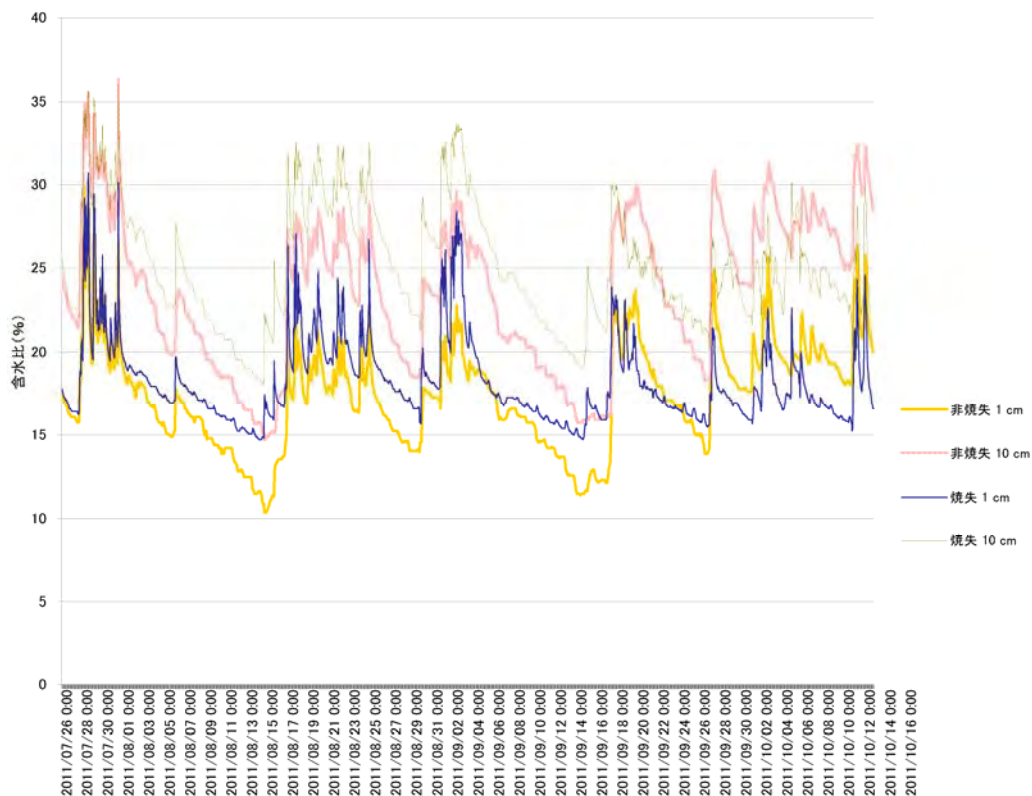


図1 土壌含水比の変化 (2011年7月26日～10月17日)

富士山における永久凍土の直接観測開始

池田 敦（筑波大）・岩花 剛（北海道大）・末吉哲雄（JAMSTEC）

国内随一の寒冷環境（年平均気温が -6°C 前後）である富士山山頂部において、永久凍土が存在することが知られたのはそれほど古くなく、その発見は、中緯度・活火山という発見の「場」の特殊性が評価され 1971 年に *Nature* に掲載された（Higuchi and Fujii, 1971）。同時に当時の研究水準における永久凍土環境の詳細な検討がなされた（藤井・樋口, 1972）が、その後、長らく研究がされていなかった。そのため、現在の永久凍土研究の水準に照らせば、富士山の永久凍土に関しては未解明と言ってよい。そこで、2008 年から富士山山頂の永久凍土の現状を解明し、その地温変化をモニタリングすることで、将来、気候変化と火山活動の評価につなげる研究を開始した。深さ 3 m の観測孔 2 本と 20 地点における表層部（ $<1.2\text{ m}$ ）の地温の通年観測、物理探査、地温の高度変化の数値実験（感度実験）を行い、さらに 2010 年 8 月には深さ 10 m の地温観測孔の掘削に成功した。

2011 年は、これまでに山頂域に設置済みの地温および微気象観測システムをメンテナンスし観測を継続した。自動的に記録されるデータのうち、前年度に掘削した 10 m 深観測孔に関しては 2010 年 11 月 1 日の落雷によって測器が破損していたことが判明し、7 月初旬に補修作業を行った。その他のデータは概ね無事に回収することができ、おおむね前年度までと同様の傾向が得られた。10 m 観測孔の冬季のデータが取得できなかったものの、風衝地の溶結凝灰岩内の地温は 10 m 深において -3°C 前後とかなり低温であり、その凍土は（火山活動に大きな変化がないかぎり）長期的に維持されることが予想された。一方、2008 年から観測を継続している近傍の風衝地あるいは風背地の砂礫層の 3 m 観測孔では、秋季に全層が融点を上回り、その地点に永久凍土が存在しないことが示唆されている。このような極端な地温分布は、地盤の透水性が大きく異なるという素因を反映しているだけでなく、降雨により地盤にもたせる熱が非常に多いという誘因が大きく影響している。その誘因は富士山の永久凍土環境を世界的にみて非常に特徴的なものにしている。

また、20 地点における浅部地温の観測結果からも、富士山では概ね積雪を欠く風衝地において表層地温が低く保たれる傾向が明らかとなり、その風衝地の地表面温度は気温変化に並行に推移していることも確認できた。また、未固結のスコリア層が厚いところでは降雨浸透による地温上昇が顕著に生じ、地温を短期間で大きく変化させ秋季に深部まで融解が進むものの、溶結スコリアが地表付近に露出しているところでは、季節凍土（活動層）の融解過程は緩慢で熱伝導が支配的と考えられた。言い換えれば、富士山において永久凍土帯の下限は、溶結スコリア層が浅い位置に存在するところに現れ、その熱伝導特性がさらに明らかになれば、山頂測候所の気温データから少なくとも永久凍土が化石化する標高（季節的融解深が季節的凍結深を上回る標高）を過去に遡って見積もることが可能と考えられた。

電気探査を用いた重力性変形地形の内部構造の推定

—中部山岳域の堆積岩山地を対象として—

西井稜子（筑波大学井川演習林）・池田 敦（筑波大学生命環境系）

1. はじめに

重力性変形地形は、山地の中～上部斜面に等高線とほぼ平行に伸びる高さ数 m、長さ数 10～100 m の特徴的な溝状の地形であり、長期的な岩盤の自重変形（重力性変形）によって形成される。近年、甚大な被害をもたらす土砂災害として関心が高まっている深層崩壊は、重力性変形の影響を受けている斜面で発生する可能性が高いことが指摘されており、重力性変形地形は深層崩壊の前兆地形として認識されている。しかし、これまでの重力性変形地形に関する研究の多くは地表面形態を対象に行われており、どれくらい崩壊の危険性を包有しているかを判断するための岩盤の内部構造データが欠如していた。そこで、本研究では、2次元電気探査を用いて重力性変形地形の地下構造の可視化に取り組み、その内部構造（破断面の発達程度や走向傾斜）を明らかにすることを目的とする。

2. 調査地概要と方法

調査対象地は、中部山岳域の標高 2600 m～3000 m にかけての主稜線付近 5 地点である（図 1）。いずれも堆積岩類からなり、探査地点の表層は一部にハイマツが生育しているものの大部分は岩屑に覆われた斜面である。2次元電気探査は、地盤が比較的乾燥している 2011 年 8 月～10 月に、重力性変形地形とほぼ直交するように長さ 46.5 m の測線を設け、電極を 1.5 m 間隔で設置し、ウェンナ配置で行った。最大探査深度は約 15 m である。探査機器 Handy-ARM（応用地質社）で取得した見かけ比抵抗値の分布から、解析ソフト RES2DINV ver. 3.54（Geotomo Software 社）を用いて地下の比抵抗分布を求めた。

3. 結果・考察

多くの探査地点から得られた比抵抗分布図は、重力性変形地形下に相対的に低い比抵抗領域の存在を示した。比抵抗値は電気の流れにくさを表す値であり、一般に、岩盤が未風化で破碎されていない場合に高い値を示す。したがって、この低比抵抗領域は、周囲の岩盤に比べ相対的に岩盤が風化し破碎されている状態を反映しており、重力性変形地形下の破断面を捉えていると考えられる。これは、地質構造や重力性変形地形の地表面形態から推定される破断面の位置と低比抵抗領域の位置がほぼ一致することからも支持される。一方、いくつかの重力性変形地形については、前述のような低比抵抗領域は認められない地点もあった。このことは、場所により重力性変形地形下の破断面の発達程度が大きく異なっていることを示唆していると考えられる。

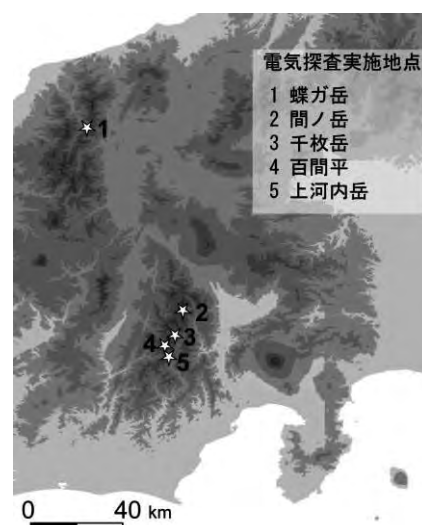


図 1 電気探査の実施地点

南アルプス高山域での岩盤破碎・土砂生産の観測

松岡憲知（筑波大・陸域）

1. 観測目的と手法

高山の岩壁，特に土砂生産の著しい崩壊地を対象に，現在の侵食速度と土砂生産量を定量化し，その制御要因について調べために，2010年8月に南アルプス・間ノ岳のアレ沢崩壊地で観測を開始した。制御要因として，気象条件（凍結融解・融雪・豪雨）と岩盤条件（節理，強度，微地形）に着目する。間ノ岳では気象要素，岩盤すべり（Nishii & Matsuoka, 2010），表土の凍結融解侵食（Matsuoka, 1998）の観測も長期間継続しており，これらのデータと合わせて，地形変化と土砂生産を総合的に評価する。

Matsuoka（1990, 2001）が岩盤剥離量・亀裂変位・岩盤温度・岩石飽和度の計測を行った岩壁で，以下に示すより詳細な観測を企画した。

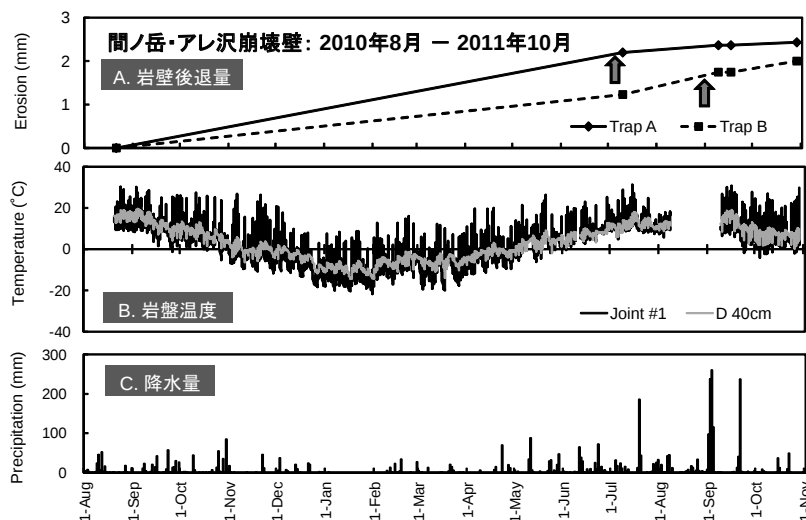
- ・ペンキ塗布と落石トラップによる土砂生産量計測
- ・亀裂変位と岩盤温度の自動計測
- ・インターバルカメラ（毎日撮影：図1）とレーザスキャナ（数年間隔）による地形変化計測

2. 観測結果

2010年8月～2011年10月のデータを取得した。ただし，電池の消耗やインターバルカメラの異常動作による欠測も生じた。冬季でも岩壁表面温度の日変化が大きく（図2），また画像でも確認されるように（図1），岩壁の積雪は限定される。ペンキ塗布岩盤の破碎，トラップへの土砂堆積，カメラの映像を比較したところ，特に2011年7月7日～8日の夜間（降水量約30mm）と2011年9月1日～4日の台風12号通過時（降水量計700mm）に局所的な崩壊と土砂移動が発生したことがわかった。前者はトラップA，後者はトラップBでの土砂堆積量に反映された（図2）。それ以外にも凍結融解期に着実に小規模な岩盤剥離・落石が発生したようである。Matsuoka（1990）によると，通常年は凍結融解期の岩盤剥離量が大半を占めることが示されており，2011年の夏季は例外的に大きい土砂生産が起こったと推測される。



図1. 2010年12月4日正午の観測地



文献

Matsuoka, 1990. Earth Surf. Process. Landf., 15, 73-90.
Matsuoka, 1998. Permafrost Periglac. Process., 9, 397-409.
Matsuoka, 2001. Earth Surf. Process. Landf., 26, 601-614.
Nishii & Matsuoka, 2010. Eng. Geol., 115, 49-57.

研究協力者：西井稜子・池田敦（筑波大），Michael Krautblatter（Univ. Bonn）

図2. A. トラップ堆積量に基づく岩壁後退量
B. 岩盤表面と40cm深温度
C. 日降水量

硝酸態窒素濃度の異なる2つの小流域での窒素動態の比較

内田 祐未・小松 仁美・國頭 恭・戸田 任重（信州大学理学部）

1 はじめに

欧米や国内各地の溪流で、大気窒素沈着量の増加によると思われる、溪流水の硝酸態窒素濃度の上昇が観測されている。

本研究では、溪流水の硝酸態窒素濃度が異なる2つの小流域において、窒素沈着量・溶脱量、降水・土壌水・湧水・溪流水の硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体比を測定した。

2 方法

調査は2011年4月以降、信州大学農学部手良沢山演習林（長野県伊那市）の7林班と3林班で行っている。各林班で2週間ごとに湧水と溪流水を採水し、硝酸態窒素濃度を測定した。また、イオン交換樹脂を用いて林内・林外の窒素沈着量、林床での窒素溶脱量を測定している。林内の窒素沈着量は、各林班の3標高（標高差50m）で各3点の計9点、林外の窒素沈着量は7林班近傍の3点で測定している。窒素溶脱量は、沈着量測点そばで深度約40cmにイオン交換樹脂を埋設して計測中（各林班で3×3=9点）。イオン交換樹脂は4ヶ月後に回収し、1Mの塩化カリウム溶液で抽出し、中和後、比色法で硝酸態とアンモニア態窒素濃度を測定した。

さらに、林外雨、林内雨、土壌水（3標高で深度20cm、50cm、100cmの各1点）、湧水、溪流水を採取し、それらの試水中の硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体比を脱窒菌法（Casciotti *et al.* 2002）により測定した。

3 結果と考察

2011年5月20日～10月14日の湧水・溪流水の硝酸態窒素濃度は、3林班で湧水が平均2.92 mgN/L（sd=0.45）、溪流水が

平均1.67 mgN/L（0.38）、7林班で湧水が平均0.14 mgN/L（0.04）、溪流水が平均0.34 mgN/L（0.16）であり、湧水・溪流水ともに3林班が7林班を常に上回っていた。

窒素沈着量は、3林班で平均0.61 kgN/ha/4month（sd=0.46）、7林班で1.86 kgN/ha/4month（0.55）、林外雨で平均1.37 kgN/ha/4month（0.34）であり、3林班より7林班の方が約3.3倍多かった。窒素沈着量のうちアンモニア態窒素の比率は、林班、林内外による差異は小さく、平均70%であった。

土壌深度40cmにおける窒素溶脱量は、3林班で平均1.85 kgN/ha/4month（sd=0.89）、7林班で平均1.52 kgN/ha/4month（0.92）であり、林班による差異は小さかった。溶脱した窒素のほとんどは硝酸態であった（平均78%）。

硝酸イオンの $\delta^{15}\text{N}\text{-NO}_3^-$ 値は、3林班では林内雨で高く、土壌水では標高の低下とともに減少し、湧水・溪流水ではやや増加した。7林班では、 $^{15}\text{N}\text{-NO}_3^-$ 値が林内雨で一旦上昇し、土壌水では高標高で減少した後、標高の低下に伴い一貫して増加し、湧水・溪流水ではさらに増加していた。硝酸イオンの $\delta^{18}\text{O}\text{-NO}_3^-$ 値は、林外雨で高く（約60‰）、3林班、7林班ともに林内雨・土壌水・湧水・溪流水では低い値（0‰程度）で推移していた。

これまでのところ、7林班では湧水・溪流水の硝酸態窒素濃度が土壌水に比べて大きく低下し、その窒素同位体比が上昇していることから、土壌中での植物による窒素吸収・微生物の有機化が活発であり、集水域末端では脱窒も起きていることが示唆された。一方、3林班ではいずれの活性も低く、生物による窒素利用率が低いことが示唆されている。

窒素・リン添加が森林土壌の呼吸活性に与える影響 國頭 恭・小向由李子・戸田任重（信州大学理学部）

土壌中の炭素循環は、窒素など他の元素の循環と密接な関係を持っていることが知られている。一般に土壌微生物は炭素制限（エネルギー制限）の状態にあるが、環境条件によっては他の元素、とくに窒素やリンにより制限されている可能性がある。本研究では、渓流水中の硝酸濃度が高い森林を対象に、土壌中の有機物分解がリンにより制限されている可能性を、リン添加が土壌呼吸活性に与える影響に着目して検討した。

信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター手良沢山ステーションの3林班と7林班のA層から土壌試料を採取し、実験に供した。3林班では、渓流水中の硝酸濃度が高いことが知られている。また7林班は対照区として用いた。土壌試料は2 mmの篩を通した後、分析まで4℃で保存した。土壌試料をビーカーに秤量した後、22℃で24時間、前培養した。その後、窒素とリンを各々数段階のレベルで土壌に添加し、22℃で72時間静置した。この時、ビーカーは嫌気性微生物培養用の角型ジャーに入れ、発生したCO₂は1M NaOH溶液に吸収させた。なお土壌を入れていない角型ジャーをブランクとして用いた。NaOH溶液に吸収されたCO₂量は、HCl液による滴定により測定した。

3林班では、リン添加量が増加するにつれ、土壌呼吸活性も有意に増大した。しかし、窒素添加による顕著な影響は認められなかった。他方7林班では、リン添加による土壌呼吸活性の増加は見られなかったが、窒素添加により土壌呼吸活性が増加した。このため、3林班の土壌微生物はリン制限であり、7林班では窒素制限であることが示唆された。これらの森林では、リンや窒素により有機物分解、すなわち炭素循環が大きく影響されていると推察される。

標高傾度にそった森林生態系の炭素収支に関する基礎的研究

坂本誠治・高橋耕一（信州大・理・生物）

国連気候変動枠組み条約第三回締約国会議（COP3）以降、森林生態系の二酸化炭素吸収能力の研究が重要視されるようになった。しかし森林生態系の炭素収支に関する各要素は様々な環境条件によって変化する。山岳地帯が多く起伏の激しい日本のような地域では、標高によって気温や植生などが大きく変化する。森林にどの程度の炭素吸収能力があるかを推定するには、炭素収支の各要素が標高傾度によってどう変化するのかを明らかにする必要がある。

そこで本研究では、乗鞍岳の標高 1600m, 1900m, 2300m の亜高山帯針葉樹林と 2500m, 2800m のハイマツ林において調査を行った。調査区内の樹木の周囲長を測定し、相対成長関係式を用いて単位土地面積あたりの現存量を推定し、過去のデータから 1 年間あたりの群落の成長量{(今回の現存量－過去の現存量)/経過年数}を計算した。調査地にリタートラップを設置して落葉・落枝を回収し、リター量を測定した。純生産量は積み上げ法により、群落の成長量+枯死植物体重(リター量+立ち枯れ等の枯死個体総重)で求められる。また乾燥したリター 2g の入ったポリエチレン製のリターバックを設置し、1 年間の有機物分解速度を測定した。さらに金属製のチャンバーを用いて土壌表面の空間を密閉し、その中の二酸化炭素濃度の変化を測定して土壌呼吸速度を計算した。

各標高における森林の現存量は標高の上昇に対しほぼ比例して減少していた。純生産量は亜高山帯針葉樹林の上部(2300m)とハイマツ林(2500m, 2800m)では、それよりも低い標高と比べて低かった。これは主にリター量の減少によるものであった。一方、群落の成長量は標高に対して大きな変化がみられなかった。有機物分解速度は標高 1600m～2500m では大きな変化はなかったが、標高 2800m では大きく減少した。土壌呼吸速度は標高が高くなるほど減少する関係がみられた。今後、生産量・有機分解速度・土壌呼吸速度間での関係や標高間での炭素収支に関する議論を行っていく。

ヒノキ若齢林の土壌窒素無機化に影響をおよぼす要因

○細川奈々枝（信大院農）・伊東大介（長野森林組合）

小林 元（信大 AFC）・平井敬三（森林総研東北）

土壌中の窒素量と植物成長は密接な関係にあることから、土壌窒素無機化速度は林地生産力の有効な指標になると考えられる。窒素の無機化速度は地温と正の相関を示すが、他にも土壌水分や土壌の CN 比、土壌微生物相など様々な要因の影響を受ける。しかしながら、窒素無機化速度の測定はこれまで主に室内培養で行われており、野外の自然条件下で窒素の無機化が実際にどのように進行しているかについては未だ不明な点が多い。本研究では、現地培養法のひとつであるレジソコア法を用いて窒素無機化速度の季節変化を測定し、窒素無機化に影響を及ぼす要因について検討した。

信州大学農学部附属手良沢山ステーションの 26 年生ヒノキ人工林の斜面中腹部と下部に 2008 年から設置されているプロット（以下上部プロットと下部プロット）で調査を行った。それぞれのプロットで 2009 年から 2010 年の間に計 11 回現地培養を行った。それぞれの培養期間は 1 ヶ月から 4 ヶ月である。窒素無機化速度 ($\text{mgN kg}^{-1} \text{day}^{-1}$) は、培養期間中の窒素無機化量を培養日数で除して算出した。窒素無機化量は以下の式を用いて算出した。

$$N_m = S_a + R_a - S_i$$

ここで、 N_m は培養期間中の窒素無機化量、 S_a は培養終了時に土壌カラム内に含まれる無機態窒素量、 R_a は培養期間中にイオン樹脂カラム下に吸着されている無機態窒素量、 S_i は培養開始時に土壌に含まれる無機態窒素量である。

培養期間中の平均地温と土壌の平均水ポテンシャル、および平均降水量と土壌の窒素無機化速度との関係を見たところ、地温と土壌の水ポテンシャル、および降水量はそれぞれ窒素無機化速度と無相関であった（地温： $R^2=0.021$, $p=0.35$, 水ポテンシャル： $R^2=0.027$, $p=0.49$, 降水量： $R^2=0.0038$, $p=0.69$ ）。そこで、地温と降水量、および斜面位置と培養深度を説明変数とし、ステップワイズ法による重回帰分析を試みた。窒素無機化速度は、土壌の最大容水量の 70% 前後をピークに持つことが知られている。そこで、窒素無機化速度を培養期間中の平均降水量と二次曲線で近似し、変曲点の得られた降水量 5.4mm を境に少雨期 ($n=87$) と多雨期 ($n=42$) に分けて分析を行った。斜面位置（上部プロット、下部プロット）および培養深度（0～5 cm, 20～25 cm）は 2 値（0, 1）のダミー変数に変換し、それぞれ上部プロットと 20～25 cm の培養土壌を 0 とした。

得られた少雨期と多雨期の重回帰式を次式に、標準偏回帰係数を表－1 および 2 に示す。

$$\text{少雨期： } Y = 0.28 X_1 - 0.20 X_2 + 0.11 X_3 + 0.12 \quad R^2 = 0.23, p < 0.001$$

$$\text{多雨期： } Y = -0.31 X_1 + 0.29 X_2 + 0.035 X_3 + 2.08 \quad R^2 = 0.39, p < 0.001$$

培養深度が少雨期と多雨期でともに高い標準偏回帰係数を示したことから、本研究のヒノキ林においては、土壌中の有機物量が土壌窒素の無機化に最も強く影響しているといえる。次いで降水量が影響しており、土壌窒素の無機化を少雨期では促進し、多雨期では逆に抑制していた。一方で、斜面位置や地温の土壌窒素無機化におよぼす影響は小さかった。本研究のヒノキ林において、地温と窒素無機化速度との間に明瞭な関係が見られなかった原因として、地温の高い時期は多量の降水によって窒素無機化が抑制されることが挙げられる。

表－1 少雨期の標準偏回帰係数

変数名	標準偏回帰係数	p 値
培養深度 (X_1)	0.40	<0.001
斜面位置 (X_2)	-0.28	<0.01
培養期間中の平均降水量 (X_3)	0.19	0.053

表－2 多雨期の標準偏回帰係数

変数名	標準偏回帰係数	p 値
培養期間中の平均降水量 (X_1)	-0.66	<0.01
培養深度 (X_2)	0.43	<0.01
培養期間内の平均地温 (X_3)	0.35	0.104

ヒノキ若齢林の斜面上部と下部における土壌呼吸の季節変化

○高橋一太（信大農）・細川奈々枝（信大院農）・小林 元（信大AFC）・平井敬三（森林総研東北）

土壌からの二酸化炭素の放出を土壌呼吸という。土壌呼吸量は、生態系純交換量を推定する上で重要なパラメータである。土壌呼吸は植物の根呼吸と土壌中の有機物の分解呼吸から構成され、土壌の物理環境と地上部の植物現存量に大きく影響される。本研究では、植栽後に斜面位置によって成長差の生じたヒノキ林において、土壌呼吸速度の比較することを目的とした。

信州大学農学部附属手良沢山ステーションの26年生ヒノキ人工林（1985年植栽）を対象とした。調査地は平均傾斜35°の東北東向き斜面で、試験研究を目的に本数密度2,600～2,900本/haの高密度で管理されている。2008年4月に斜面中腹部と下部に、それぞれ面積160m²のプロットを設置し、上プロットと下プロットとした。両プロットは斜距離で約90m離れており、樹高と胸高直径は下プロットが上プロットよりも大きい（1）。上プロットの林冠は開けており、コナラ、シラカンバ、クリ等の落葉広葉樹が中・下層に発達している。また、林床はスズタケとイネ科等の草本で覆われている。一方、下プロットは林冠が閉鎖しており、中・下層木はあまり見られず、林床の植生も疎らである。土壌の母材は風化した花崗岩である。土壌の断面形態は上プロットではA₀層が厚く堆積していたが、下プロットではA₀層の発達は見られなかった（1）。A層は下プロットが上プロットより厚く、上プロットの土壌型は偏乾亜型の適潤性褐色森林土（B_{0(d)}型）、下プロットは適潤性褐色森林土（B_D型）に分類されている（1）。

2010年12月に上プロットと下プロットに直径40cm、高さ15cmの鋼鉄製の円筒型チャンバーをそれぞれ4個ずつ設置し、土壌呼吸速度の測定を行った。土壌呼吸速度の測定は、2011年4月から9月まで原則として1週間間隔で行った。測定はチャンバーをプラスチック製の上蓋で約20分間密閉し、その間のCO₂濃度の変化をCO₂センサー（GMM222, ヴァイサラ）を用いて記録した。同時に、チャンバー内の地表温度をサーミスタ温度計（9631-03, 日置）で測定した。また、プロット内の土壌の水ポテンシャルを、地表から深さ20cmの位置でテンシオメータ（KDC-SS, コーナシステム）を用いて記録した。

土壌呼吸速度は4月は低く、5月から7月上旬にかけて増加し、8月下旬まで高い値を維持した後、9月以降緩やかに低下した。測定期間中の土壌呼吸速度は平均して、上プロットでは11.9 gCO₂ m⁻²day⁻¹, 下プロットでは6.79 gCO₂ m⁻²day⁻¹で、上プロットが下プロットより1.8倍高かった。

測定時の地表温度は上プロットが下プロットより常に高く、平均して3.0℃高かった。土壌の水ポテンシャルは5月から6月にかけて高く、7月から9月にかけて低下した。7月から9月の水ポテンシャルは上プロットが下プロットより低く、特に8月には上プロットの水ポテンシャルは-50kPaを下回った。土壌の水ポテンシャルと土壌呼吸速度との相関は、上プロット($r=0.218, p=0.317$), 下プロット($r=0.027, p=0.902$)ともに無相関だった。このことから、本調査地のヒノキ林では、土壌呼吸速度は土壌水分の影響を受けないといえる。

地表温度と土壌呼吸速度との関係から算出された温度係数のQ₁₀は上プロットと下プロットで、それぞれ3.22と1.93で、上プロットが下プロットより1.7倍高かった。

このように、上プロットでは下プロットより地表温度の上昇に伴う土壌呼吸速度の増加が大きいことから、夏季の地表温度の高い季節に上プロットと下プロットの土壌呼吸速度の差は広がったといえる。

引用文献

（1）細川奈々枝・伊東大介・小林 元・平井敬三（2010）ヒノキ若齢林の斜面上部と下部における土壌窒素の年間無機化量. 中部森林研究 59 : 49-50.

カヤノ平ブナ成熟林における土壌圈有機物動態 —ギャップモザイク構造を考慮して—

飯村康夫（岐阜大・流圏セ）、廣田充（筑波大・生命環境）、井田秀行（信大・教）大塚俊之（岐阜大・流圏セ）

・ はじめに

一般に森林生態系は時間の進行と共に炭素の吸収源として機能するものの、徐々に森林全体としてのバイオマス増加量も平衡に達するため、吸収機能が無くなるとされている (Odum 1969; Gower et al. 1996; 2003)。そのため極相林は炭素吸収の面で評価対象外となっている (IPCC 2007)。しかし最近の研究によると、遷移段階のクライマックスである極相林生態系でも、炭素を吸収するといった報告が相次いでいる (Luyssaert et al. 2008; Lewis et al. 2009)。極相林ではバイオマス増加量がほぼゼロになるとされているが、実際はギャップや更新区がスポット状に混在するなど複雑であり (ギャップモザイク構造)、正確なバイオマス増加量の測定は難しいと考えられる。また、このような森林構造の不均一性は炭素収支に深く関与するリターや土壌有機物の分解などの土壌圈有機物動態にも少なからず影響を与えることが予想されるが、これらについてはほとんど明らかにされていない。このようにギャップモザイク構造は極相林生態系の炭素蓄積機能を左右する可能性がある。本研究では極相林におけるリター分解や土壌有機物の質についてギャップモザイク構造を考慮しながら解析し、このような植生構造の不均一性が土壌圈有機物動態に及ぼす影響について考えてみたい。

・ 試料および方法

調査地は信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設カヤノ平分施設に環境省「モニタリング 1000」のコアサイトとして設置されたブナ成熟林 (カヤノ平ブナ林) でおこなった。カヤノ平ブナ林は冷温帯の主な極相種であるブナ (*Fagus crenata* Blume) が有占する極相林 (樹齢 300~500 齢, 廣田ら未発表) である。調査地の植生概況から、典型的なギャップ区 (gap)、更新区 (young)、成熟林区 (mature) を推定し調査区 (各 15m×15m) として設定した。リター分解はリターバック法を用いた。2010 年 11 月 4 日に落葉直後の葉リターおよび FH 層を 2mm メッシュのポリエチレン素材に詰め、各調査区に設置した (n=5)。1 年後の 2011 年 10 月 19 日に回収し、重量変化より分解量とした。土壌 (0-5cm) は各調査区から 2010 年 11 月 4 日に採取した (n=5)。採取した土壌は風乾後根を取り除き 2mm 以下に調整した。土壌有機物 (腐植酸) は国際法に基づき調整土壌から抽出した。土壌有機物の質的評価は光学的手法を用いた。

・ 結果および考察

各調査区における 1 年後のリター残存率 (SD) はギャップ区、更新区、成熟林区でそれぞれ L 層は 86.8 (0.8)、82.1 (0.8)、81.6 (0.4)、FH 層は 96.8 (1.4)、91.2 (0.8)、94.2 (1.4) であり各調査区とも L 層のほうが FH 層に比べ分解率が有意に高かった。また、ギャップ区は特に L 層の分解率が有意に低いことが明らかとなった。土壌有機物の質的特性は成熟林区>更新区>ギャップ区の順に脂肪族炭素量が高く、特にギャップ区との差が顕著であった。脂肪族炭素量は微生物分解の指標になるとも言われる。これらをもとに考えると、ギャップ区ではリターや土壌有機物の分解は他の 2 つの調査区に比べ進行し難い環境下にあるといえる。

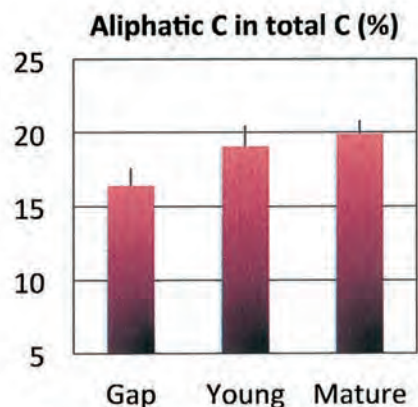


図 ギャップ区 (gap)、更新区 (young)、成熟林区 (mature) における土壌有機物の脂肪族炭素量 (n=5)。

Carbon cycling in an old-growth forest: 大白川ブナ原生林

*大塚俊之, 八代裕一郎, 飯村康夫, 志津庸子(岐阜大・流圏センター),
加藤正吾, 小見山章(岐阜大・応用生物)

1. はじめに

生態系の炭素吸収量を意味する、生態系純生産量(NEP)は森林の林齢に伴って大きく変化する。一般的に攪乱直後の森林は炭素の放出源となるが、植生の発達に伴ってNEPは自律的に増大し、その後生態系の成熟に伴ってGPPと生態系呼吸がほぼ同じになり、NEPが0に近づくと考えられている。例えば、Magnani et al. (2007)は、主に人工林や薪炭林を対象として2回の攪乱間のNEPの平均値を求め、ピークのわずか56%に過ぎないことを明らかにした。一方で、自然の植生遷移と関連したNEPの時間的変動に関する研究は少ないが、最近ではOld-growth forest が炭素の吸収源であるという証拠が増加しつつある。炭素循環グループは、連携事業の開始に伴ってブナ極相林での炭素循環を一つの研究テーマとしている。白山山麓に成立する大白川ブナ原生林は、約350年前の噴火後の一次遷移によって成立し、現在まで直接的な人為的影響をほとんど受けていない日本でも数少ない Old-growth forestと考えられる。本年度から開始した炭素循環研究について、森林構造の記載と調査のプロセスについて紹介する。

2. 調査地と方法

2011年の7月に、白山山麓の標高1330 mの地点(北緯 36° 9'、東経136° 49')に 1 ha(100 m× 100 m)の永久コドラートを設置し、その後樹高1.3 m 以上の全個体について毎木調査を行った。下層には、調査区全体にわたってチシマザサ (*Sasa kurilensis*) が分布していた。調査地付近の気象条件は、夏季と冬季に降水量の多い日本海型気候を示し、一般的に12月から5月には林床は根雪で覆われる。

3. 現在までの結果

毎木調査の結果、1.3 m 以上の幹が7461本出現し、地上部バイオマスは乾重で386 t ha⁻¹にも達した。優占種はブナとミズナラであり、両種でBAの80%以上を占めていた(表1)。下層にはヒナウチワカエデとオオカメノキが高密度で出現した。ブナは、細かい個体ほど多い極相種的な直径階分布を示すのに対して、ミズナラはわずか23本で、最大直径202 cm、平均直径も69.9 cmとほぼ巨大木しか存在せず、ミズナラからブナへの遷移的变化を示していた。

表1 永久コドラート内の主要樹種の組成と直径階分布

今後、純一次生産量の推定と、土壌呼吸量の測定によって、このような Old-growth forest が CO₂ を吸収しているか否かについて検討して行く。

Species	Basal area		DBH (cm)		Number of stems		DBH class distribution (cm)					
	m ² /ha	%	Mean	Max	No./ha	%	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	>100
1 ブナ	22.5	49.3	13.2	100.3	488	6.5	403	21	37	19	6	2
2 ミズナラ	15.7	34.5	69.9	202.4	23	0.3	7	2	2	3	3	6
3 ヒナウチワカエデ	1.6	3.5	3.5	19.8	1078	14.4	1078					
4 シナノキ	1.5	3.4	4.8	80.4	139	1.9	135	1		2	1	
5 オオカメノキ	1.3	2.8	2.1	9.3	2696	36.1	2696					
6 ウワミズナラ	0.7	1.4	2.5	16.9	801	10.7	801					
7 ハリギリ	0.6	1.2	7.6	75.6	26	0.3	24	1		1		
Total	45.6	100.0	3.4	202.4	7461	100.0	7352	26	40	25	10	8

スギ人工林における林齢と土壌呼吸量の関係

王連君, 八代裕一郎, 大塚俊之(岐阜大学流域圏科学研究センター)

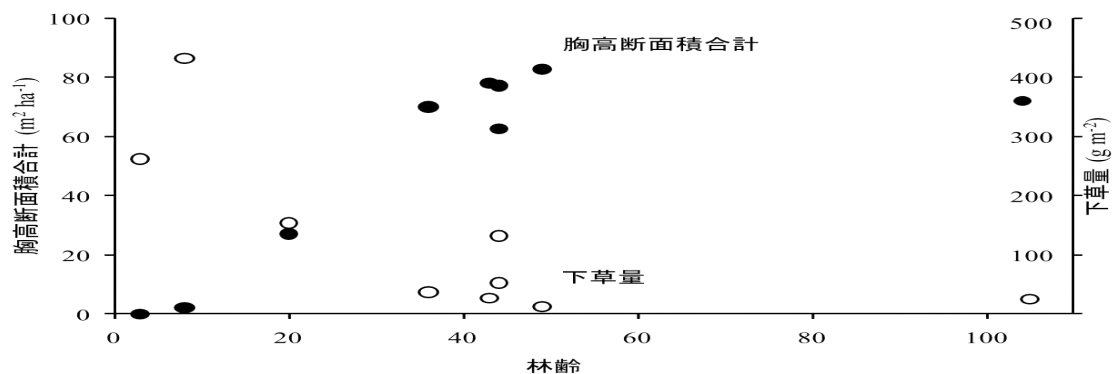
森林生態系の二酸化炭素(CO_2)の吸収源としての役割に大きな注目が集まっている。森林生態系における CO_2 収支はしばしば生態系呼吸によりコントロールされており、生態系呼吸の大部分は土壌呼吸によって占められている。土壌呼吸量は森林の発達や遷移に伴い自律的にも変化することも知られている。したがって、林齢に伴う土壌呼吸量の変化のパターンを明らかにすることは森林生態系の CO_2 収支量の変動メカニズムを理解するうえで不可欠である。そこで、本研究では日本における代表的な森林タイプであるスギ人工林を対象に、林齢と土壌呼吸量の関係性を明らかにすることを目的とする。

調査地として、岐阜県高山市にある岐阜大学流域圏科学研究センター・高山試験地周辺に位置する様々な林齢のスギ人工林9 林分を選定した。調査林分は3 年生から105 年生以上までの林齢幅がある。土壌呼吸速度は毎月1 回10-20 地点で測定を行った。林分構造を把握するために各林分において20m四方の調査枠を設置し、11 月に毎木調査を行った。

表1. 調査林分概況3－105年生まで9林分

林齢 (2010現在)	3	8	20	36	43	44	44	49	105
胸高直径 (cm)	2.9	3.4	18.3	39.3	30.5	27.8	22.1	34.7	41.0
林分密度 (・/ha)	825	2050.0	1000.0	575.0	1020.0	1225.0	1525.0	825.0	425.0
胸高断面積合計 (m^2/ha)	0.1	2.2	27.1	70.0	78.0	77.0	62.5	82.7	71.9
下草地上部分現存量 (g/m^2)	261.8	432.0	154.0	37.0	27.0	53.0	132.0	12.0	25.0
斜面	南	北	南	南	平坦	西南	平坦	平坦	東南
備考					TKC		笹が密		

図1. 林齢と下草地上部分現存量、胸高断面積合計の関係



胸高直径は林齢に伴って徐々に増加する。一方で、林分密度は徐々に減少する。その結果として、胸高断面積合計は40 年生で頭打ちになることが分かる。

大臼川極相ブナ林における土壌呼吸の空間的変動

志津庸子・八代裕一郎・大塚俊之

森林生態系の炭素吸収量である生態系純生産量（NEP）は、植物による二酸化炭素の吸収量と分解者の分解呼吸による放出量によって決定する。極相林のような原生林では炭素の収支が 0 となり、見かけ上二酸化炭素を吸収しなくなると考えられてきた。しかしながら近年の研究において、林齢が 300 年を超えるような森林生態系においても炭素の吸収源として機能しているという報告が増えつつある。分解呼吸を含む土壌から放出される二酸化炭素量（土壌呼吸量）は森林の生態系呼吸量の 63–77% を占め、炭素放出の大きな経路である。土壌呼吸量は時空間的に大きく変動することが知られており、その変動要因を解明することは、森林の NEP を推定する際に重要な課題となっている。

一般に原生林のような生態系では、ギャップ更新が起こり種の分布や個体サイズの空間的なばらつきが大きいことが知られている。本研究の目的はこのような原生林において土壌呼吸速度の時空間的変動と林分構造の関係を明らかにすることである。調査は岐阜県大野郡白川村に位置する落葉広葉樹の原生林に 1ha の永久方形区を設置して行った。調査林分はブナとミズナラが優占し、この 1ha の永久方形区内を 10m 間隔の格子で区切り、格子点付近で土壌呼吸速度を 8 月、9 月、10 月に測定した。土壌呼吸速度の測定は底をくり抜いた透明密閉容器を土中に数 cm 埋め込み、ソーダライム入れて一日放置した後、ソーダライムの重量変化から推定した。土壌呼吸速度の測定と同時に土壌水分の瞬時値をチャンバー横で測定した。

調査林分はブナとミズナラが優占し、樹高 1.3m 以上の本数密度は 7461 本 ha^{-1} 、胸高断面積合計が $45.6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ であった。100 地点で得られた土壌呼吸速度は正規分布を示した。8 月と 9 月、8 月と 10 月の土壌呼吸速度の関係をみると正の相関関係が見られ、土壌呼吸速度は季節を通して高い場所は常に高かった。土壌呼吸速度は 8 月において平均が $4.1 \text{ gC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ であり、2.1 から 7.9 の間で変動した。土壌水分は均が 18.4% であり、9.0 から 38.5 の間で変動した。土壌呼吸速度と土壌水分の間に明瞭な関係は見られなかった。報告会においては、林分構造との関係についても考察する。

冷温帯落葉広葉樹林における窒素循環

森田悠介、飯村康夫、大塚俊之(岐阜大・流圏セ)

○導入

窒素(N)は生物にとって重要な元素であり、森林生態系では不足しているため樹木と微生物がNをめぐる激しい獲得競争をしていると考えられている。(地球環境に挑む生態学)

一方、産業の発達に伴いN施肥量や化石燃料の燃焼量の増加など、大気への人為的なN負荷量が増え、大気から陸上へのN沈着量(大気N沈着量)の増加を引き起こしている。本来不足しているNが大気から多量に供給される事により、土壌内の硝酸生成に伴う土壌酸性化や森林生態系内で蓄えきれなくなったNが河川へ流出し水質が悪化するなど様々な悪影響が起きている。(柴田 2004)

この様な背景からN循環が注目され、異なる気候帯や森林タイプ(針葉樹林や落葉樹林)などの条件でN循環が異なる事が明らかにされてきた。

岐阜県高山市乗鞍岳中腹(標高 1420m)に位置する冷温帯落葉広葉樹林において下層植生として生息して密生しているササは、N循環に大きな影響を与えていると予想される。本研究では、特に林床ササ群落の存在が窒素循環に与える影響について着目してみた。

○方法

N循環量として①林外降水としてのN沈着量(kg/ha)、②林内降水としてのN沈着量、(kg/ha)③樹木によるN吸収量(kg/ha)、④リターとしてのN還元量(kg/ha)、⑤Ao層浸透水、(kg/ha)、⑥N無機化量(kg/ha/5cm depth)、⑦硝化量(kg/ha/5cm depth)を測定した。

①②は森林内外に降水を採集するボトルを設置し、一か月程度でボトルに溜まった水を回収し、その量(mm)とN濃度(mg/L)を測定した。そしてこれらの値をかけてN沈着量(kg/ha)とした。

③は樹木の胸高直径(cm)とアロメトリー式(Ohtsuka et 2005)を用いて樹木の成長量(kg)を算出し、樹木のN含有率(%) (Ohtsuka et により 1998 年に測定)をかけて算出した。⑤はリタートラップ法()により採集したリターの乾物重量(kg)とN濃度(%)を測定し、これらの値をかけてリターとしてのN還元量(kg/ha)とした

⑤⑥⑦の測定はレジンコア法(平井 2006)を用いた。⑥⑦は土壌の深さ別 0-5cm と 5-10cm の土壌の深さ別にコアを設置した。

結果

各月(5-6 月、7-8 月)におけるヘクタール、土壌の深さ 5cm の 1 日あたりの無機化量(g-N/ha・5cm depth/day)と硝化量(g-N/ha・5cm depth/day)はいずれの月もササ有無で有意な差は見られていない。また Ao 層浸透水(g/ha/day)と林内降水としてのN沈着量、(g/ha/day)においても各月(5-6 月、7-8 月)でササ有無による有意な差は見られていない。

落葉広葉樹成熟林および伐採地におけるササ群落が土壤呼吸速度に与える影響

八代裕一郎・志津庸子・安立龍晴・大塚俊之・飯村康夫(岐阜大学流域圏科学研究センター)・
李娜妍 (National Park Research Institute)・小泉博(早稲田大学)

土壤呼吸は森林の生態系呼吸量の 63–77%を占めており、炭素放出の大きな経路である。地球温暖化に伴う全球レベルでの土壤呼吸量の増加も指摘されるなか、将来的な森林の CO_2 収支を予測するためには、気候変動が土壤呼吸量に与える影響を明らかにすることが不可欠である。しかしながら、土壤呼吸量は空間的に大きく変動することが知られており、その変動パターンと要因の解明は重要な課題となっている。

ササ群落は北日本の森林生態系に広く分布し、冷温帯林の代表的な林床植生である。ササはしばしば森林の更新を阻害する。森林の伐採跡地がササ草原になる例も知られており、その存在が森林構造に大きな影響を与えている。近年の研究ではササ群落が森林の炭素循環においても大きな役割を果たしていることが明らかとなっている。例えば、森林の純一次生産量や総一次生産量の 20%前後をササが占めており、伐採後の生態系純生産量の変化はササ群落の発達速度に依存することが報告されている。これらのことからササ群落の存在は森林の土壤呼吸量にも大きな影響を与えと考えられる。そこで本研究では落葉広葉樹成熟林(約 50 年生)および伐採地において、クマイザサ(*Sasa senanensis*)が群生している調査区としていない区を選定し土壤呼吸速度を比較した。

成熟林及び伐採地においてササ群落は地温を低下させる一方、土壤呼吸速度を増加させていた。また、土壤呼吸速度は各調査区において 5cm 深の地温と有意に指数関数的な関係を示した (Fig. 1, $R^2 > 0.87$)。この関係式より算出した地温 15 度の土壤呼吸速度の期待値 (R_{15}) もまたササ群落の存在により増加していた。ササの群生する調査区ではしない区に比べて地下部現存量が大きく、ササの地下茎や細根が大きく貢献していた。成熟林においてはササ群落によりリター量が 17% 程度増加していた。これらのことがササ群落における土壤呼吸速度を増加させたと考えられる。一方、成熟林および伐採地の比較から、ササ群落の有無に関わらず伐採は土壤呼吸速度を低下させることが示唆された。成熟林に比べて伐採地では細根量が減少していたため、伐採による細根量の減少が土壤呼吸速度を低下させたと考えられる。このように、ササ群落の分布様式は土壤呼吸量の景観レベルの空間的変動に大きな影響を与えていることが明らかとなった。

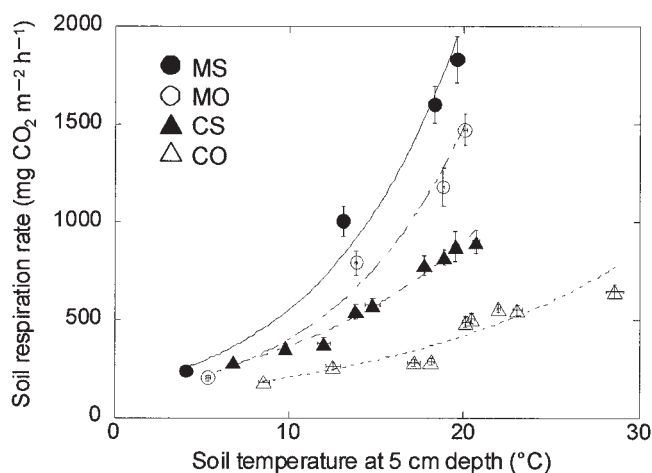


Figure 1. The response of soil respiration to temperature at each site. MS: Mature forest site with *Sasa* understory; MO: Mature forest site with no *Sasa* understory; CS: Clearcut site with *Sasa* understory; CO: Clearcut site with no *Sasa* understory.

Landsat データを利用した LAI 分布図の試作

栗屋善雄（岐阜大学流域圏科学研究センター）

中部山岳域は海岸から 3000m を超える山岳地までの間に、様々なタイプの植生が存在する。植生群落の炭素収支を推定するために葉面積指数（LAI）は重要な生物物理的なパラメータであり、群落タイプごとに LAI の季節変化を把握することが必要である。広域の植生情報を解析するにはリモートセンシングは有効な手段とされるが、雲が障害となり、Terra 衛星 MODIS のように連日、同じ場所を観測するセンサでも影響を受ける。一方、MODIS の地上分解能が粗いため LAI の推定精度を検証することが難しい。

今年度は、直下観測により 30m の地上分解能で観測している Landsat/ETM+（以下、ETM）のデータを利用して LAI 分布図を試作し、利点と問題点を検証することを目的とする。

MODIS データと ETM データの違いは以下のように要約できる。

- 1) 観測頻度： ETM 1 回/16 日、MODIS 1 回/1 日程度
- 2) 視野角： ETM $\pm 7.5^\circ$ 、MODIS $\pm 55^\circ$
- 3) 地上分解能：ETM 30m、MODIS 250m（赤、近赤外）、500m（その他）
- 4) 観測波長： ETM 6 チャンネル、MODIS 7 チャンネル（可視～短波長赤外）
- 5) 量子化レベル： ETM 256 段階、MODIS 4096 段階

MODIS は地表をほぼ毎日観測するため、雲無しデータを観測するチャンスが多いものの、視野角が広いと斜め観測になることが多く、その影響を受ける。加えて地上分解能が粗いため、モザイクされた各画素の重なりが悪い。ただし MODIS データは反射係数で提供されること、量子化レベルが 4096 段階で、明るさに関する分解能が高いというメリットがある。ETM は 30m 分解能の直下観測データであるため、斜め観測の影響はわずかで、プロットデータで精度を検証できる利点がある。輝度値(DN)として提供されるため、反射係数に変換してから物理量推定を行う必要がある。なお、Terra と Landsat 7 号が 15 分ほどの時間差で同じ軌道を飛行しているので、ETM が観測する時は、MODIS はその範囲を直下観測している。また、ETM の 6 つのチャンネルは MODIS のチャンネルと波長が重なっている。

以上の点を念頭において、今年度は以下の手順で、MODIS 用に開発した LAI 推定アルゴリズムを ETM データに適用して LAI の分布をマッピングした。

- 1) 2000/6/15、2001/6/18、2001/11/25 の ETM と MODIS のデータの同一点の画素を選択し、回帰式により ETM の DN を MODIS の反射係数にマッチングさせる。
- 2) ETM の反射係数から NDVI を計算し、陸域部分を抜き出す。
- 3) 2000/6/15 と 2001/11/25 の NDVI を利用して、レベルスライスによって、常緑林、常緑-落葉林、落葉-常緑林、落葉林および非森林に分類する。
- 4) ETM データの ch1～ch3 の平均値を算出して、可視域の反射係数とする。
- 5) 2000/6/15 の反射係数と NDVI、分類結果を利用して LAI をマッピングする。

その結果、a) ETM は完全な雲無しデータがなく、雲によって解析が阻害される部分が生じ、b) 広域で一様な地表物が少なく、マッチングを精度良く行うことが難しく、c) 11 月データでは太陽高度が低いため、山岳地で影が深すぎて反射係数を算出できなかった。以上のような問題が生じたが、MODIS 用に開発したアルゴリズムを ETM データに適用して LAI を推定することができた。

NPP estimation of cropland and abandoned cropland using biomass sample field spectra and field meteorological data

Hasan Muhammad Abdullah (Gifu University), Tsuyoshi Akiyama (Professor Emeritus), Michio Shibayama (NIAES) and Yoshio Awaya (Gifu University)

1. Introduction: Net primary productivity (NPP) is a quantitative measure of the carbon absorption by plants per unit time and space. Japan is a mountainous country in which managed farmland occupies only 10% of the land area (ca.3, 868,000 ha) (Odagiri 2008). In Gifu prefecture, the abandoned area was 3,803 ha in 2000 and increased to 5,528 ha in 2005 (Gifu Prefecture, 2009). Such land abandonment activities is crucial for any study linked to landuse. Land use is a critical factor in the carbon cycle, but land-use effects on carbon distribution are poorly understood in mountainous agroecosystem, where land-use intensity decrease substantially due to politico-socio-economic reasons. However effects of farmland abandonment on carbon cycle/ carbon distribution are unclear. Our objective is to estimate and mapped NPP of cropland and abandoned cropland over our study site.

2. Materials and method: Incident PAR (PAR_0), PAR reflectance (PAR_{ref}), PAR transmittance (PAR_{Trans}) and PAR background (PAR_{back}) were measured in the field using LI190SA sensor. fAPAR was calculated by the following equations (1&2)

$$fAPAR = APAR / PAR_0 \text{ ----- (1) and } APAR = PAR_0 - PAR_{ref} - PAR_{Trans} + PAR_{back} \text{ ----- (2)}$$

Spectral reflectance was measured in the fields by handheld spectroradiometer (MS 720, version 1.3, EKO Instruments, and Japan 2004 and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was calculated. Regression analysis was done between fAPAR and field NDVI. 08 July NPP map were produced by QB image after atmospheric correction by Dark Object Subtraction (DOS) method (Chavez 1988). NDVI of QB was incorporated by fAPAR to get the spatial NPP distribution of our study site using the equation (3) $NPP = \sum LUE_i \times fAPAR_i \times PAR_i$ (3)

Here, LUE= Light Use Efficiency, fAPAR= Fraction of Photosynthetic Active Radiation, PAR_i =Photosynthetic Active Radiation and i=growing season, LUE was calculated for crop and non crop vegetation by the following equation (4) $LUE = NPP / APAR$ ---- (4)

3. Results and discussion: NDVI had linear relationship with fAPAR in our study site which includes cropland and abandoned cropland. A scatter plot and regression equation for ground measured NDVI and fAPAR is given Figure 1. We originally calculated LUE value for different crop and non crop vegetation in our study site. Using LUE value, ground fAPAR (simulated from ground NDVI), PAR (Asia Flux site TKY) data we estimated NPP of our study site. Spatial distribution NPP map of 8 July 2007 was also produced. This suggested that ground based NPP estimation model can be applied to the July image. Darker areas represent higher NPP.

4. Conclusions: Our study showed the possibility of NPP estimation and mapping of cropland and abandoned cropland using field spectra, metrological data and satellite imagery.

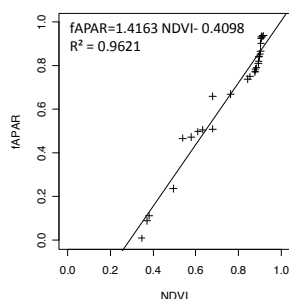


Fig1. Relationship between NDVI and fAPAR (n=36)

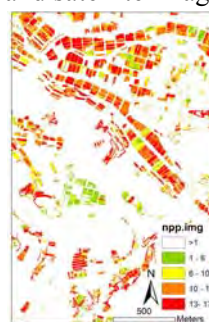


Fig2. NPP map ($g.m^2$) of 08 July 2007

菅平の草原での温暖化実験：積雪深、バイオマス、種数の変化

鈴木 亮（筑波大学菅平高原実験センター）

目的： 地球温暖化に伴う雪解けの早期化は、植物の生育期間の変化を招き、降雪地帯の植生に重大な影響を与える可能性がある。そこで本研究は、寒冷地の菅平高原に成立するススキ草原を対象に、温暖化に伴う雪解けの早期化が植生の発達と種多様性に与える影響を、谷貝温暖化実験によって調べた。

方法： 調査対象とする草原は、筑波大学菅平高原実験センターの敷地内にあり、広さは約 6ha、75 年以上毎年秋の草刈によって草原として維持してきた。菅平高原の気候は、年平均気温 6.5℃、8 月の平均気温 19.4℃、2 月の平均気温 -5.6℃、平均年降水量 1226 mm である。菅平高原の初雪は 11 月初旬、12 月下旬には昼夜を通して積雪している。雪解け時期は 4 月中旬ごろである。

調査は、草原内で 1 m x 1 m の温暖化実験区と対照区を各 5 か所ずつ設置した。温暖化実験区には、高さ約 2m の透明プラスチックパネルで四方を覆い上部は空いた状態にした Open top chamber (OTC) を設置した。各実験区内の積雪深、地上 1m の気温を記録した。また、雪解け直後から出現植物種相、植被度を 1 週間から 1 カ月間隔で記録した。さらに、地上部植物バイオマスが最大となる 9 月に、各実験区内の植物地上部をすべて刈り取りし、種ごとに重量を測定した。

結果： 対照区と比べて温暖化区では、調査期間を通して平均 1.4℃ 気温が高かった。また、積雪深は 33cm 低く、実験区内の全ての雪が解けた雪解け日は、22 日早かった。このような気温と雪解けの変化は、その後の植物の成長にも影響を及ぼした。対照区、温暖化区共に雪解けと同時に植物の成長が開始されたため、必然的に温暖化区の方が植物の生育期間が延びた。一方で、対照区の方が短期間に被度が増加した。その結果、雪解け後 2 カ月以上たった時期には（温暖化区では雪解け後 74 日後、対照区では 52 日後）、植被度や種数に有意な差は見られなくなった。しかしながら、最終的なバイオマスは温暖化区が高く、種数も多かった。

考察： 温暖化実験区では、気温が高まり雪解け日が早まった。そのため植物の成長も早期化し、最終的な面積当たりのバイオマスや種数が温暖化区で高い傾向が見いだされた。しかし、対照区では雪解け後短期間に急速に植物が成長したため、温暖化区との差は縮まる傾向があった。これらの結果は、温暖化によって雪解けが早期化すると、単純に植物の成長も早期化するわけではなく、植物の成長は遅れを伴った反応を示すことが分かった。

表 1 温暖化区と対照区での比較

測定項目	温暖化区	対照区	差
年平均気温 (°C)	9.5	8.1	1.4
平均積雪深 (cm)	22	55	33
雪解け日	3 月 25 日	4 月 16 日	22 日
植被度が急激に増すまでの期間	32 日	24 日	12 日
最終バイオマス (9 月, g・m ⁻²)	1072	781	291
種数 (9 月, m ⁻²)	23	16	6

中部山岳地域二次林における炭素循環研究 カヤノ平ブナ成熟林における炭素貯留の場としての枯死木について

廣田充（筑波大・生命環境系）、飯村康夫、八代裕一郎、志津庸子、大塚俊之（岐阜大・流域圏科学セ）、早川恵里奈（筑波大学・生命環境科学研究科）、井田秀行（信州大・教育学部）

【背景と目的】

森林は、植物体や土壌中に有機炭素を大量に蓄積することから、海洋に次ぐ CO₂ 吸収源と考えられておりその炭素吸収機能が注目されている。1990 年代後半から世界中で森林の炭素吸収機能、特に炭素蓄積量と CO₂ フラックスに関する研究が行われており、炭素蓄積量とその分配、および炭素固定量が明らかになりつつある（Yude et al., *Science*, 2011）。そんな中、議論の的となっているのが成熟林の炭素吸収機能である。近年、成熟林の炭素吸収機能は、これまで考えられていた以上に大きい可能性を示唆する報告が相次いでいるが、未だに明らかにされていない。その主な理由として、他の森林に比べてギャップモザイク構造に代表される不均一性が高く正確な推定が難しいことや、枯死部を含む巨大な植物体や土壌に有機物の形で貯留される炭素の分解過程があまり理解されていないことが考えられる。

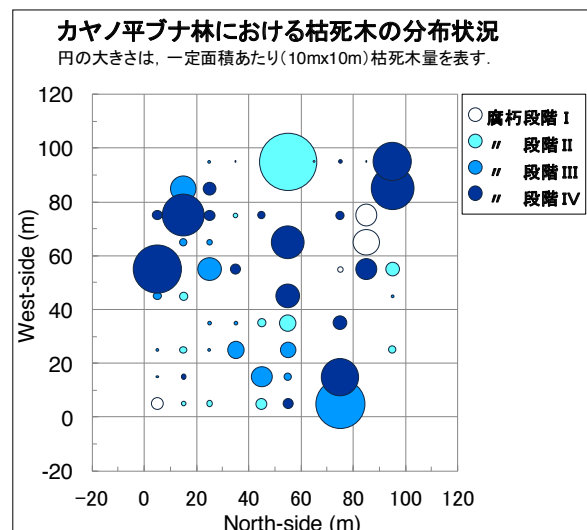
そこで我々は、中部山岳地域にも多く存在する成熟林の炭素吸収機能を把握することを目的として、様々な成熟林を対象とした炭素循環研究を展開している。今回の発表では、その中でも主要な研究サイトであるカヤノ平ブナ林における炭素貯留の場としての植物体、特に枯死木量やその分布について発表する。

【方法】

調査は、2010 年に信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設カヤノ平分施設（カヤノ平自然教育園）内に環境省「モニタリングサイト 1000」のコアサイト（カヤノ平ブナ林）として設置された長期モニタリング用の調査地（1ha）で行った。カヤノ平ブナ林は、冷温帯の主な極相種であるブナ（*Fagus crenata* Blume）が優占する成熟林（樹齢約 300 齢、廣田ら未発表データ）である。この周辺で 1900 年代中頃まで炭焼きが行われていたことなどから、当該調査地は二次林と考えられる。同調査地において、最大直径が 10cm 以上の枯死木にナンバーテープを付けて、それぞれの枯死木の長さ、直径（最低 3ヶ所）、腐朽段階、形状（樹皮の有無や凹凸等）、調査区内の場所、さらに判別できる場合は種の記載を行った。

【結果と考察】

調査地における枯死木量（地上部）は、15.9 ton d.w. ha⁻¹であり、生きている植物地上部量（177.6 ton d.w. ha⁻¹）の一割弱に相当することが分かった。さらに、枯死木の 6 割以上は腐朽の進んだ状態（腐朽段階 III から IV）である一方、腐朽が進んでいない比較的新しい枯死木は 6%程度しか存在しないことや、枯死木の過半数は倒木として存在することが明らかになった。また、枯死木の分布の空間不均一性は極めて大きいことが明らかになった。



標高の違いによるレンゲツツジの植生分布と光合成および共生菌による 菌根形成について

高橋 宏瑛(筑波大学、生物科学専攻)、広瀬 大(日本大薬学部)、廣田 充(筑波大学、生命環境系)

【背景および目的】

生態系における植物の 85–90%には菌根菌と呼ばれる菌が感染して菌根を形成し、互いに資源を供給する共生関係を結んでいる。このような共生関係は不変ではなく、環境によって変化する可能性が高い。最近の報告によると、温暖化によって植物と菌根菌間で資源のやり取り量が変化し、両者の共生関係が崩れる可能性が示唆されている。このような知見を考慮すると、温暖化に伴う植生分布の変化を理解するには、共生関係にある菌根菌とその相互作用にも着目しなくてはならない。本研究では、様々な標高に分布するツツジ科のレンゲツツジ (*Rhododendron japonicum*) と共生菌に着目し、標高間でレンゲツツジの分布、光合成特性および菌根菌による菌根形成がどのように変化するかを調査した。

【調査植物および方法】

長野県上田市菅平高原の根子岳に生息するレンゲツツジおよびその根に生息する共生菌を調査対象とした。標高の違いによる植生変化を調べるため、根子岳の 1700m から 2100m の間で標高 50m ずつ植生調査を行い、レンゲツツジの大きさを測定した。次に、標高間での光合成特性の違いを調べるため、標高 1700m から 2000m の間で標高 100m ごとに閉鎖式チャンバー法によって、レンゲツツジの光合成速度、蒸散速度および気孔コンダクタンスを測定した。さらに、標高の違いによる菌根形成率の違いをみるため、根子岳周辺の 1750m と 1500m からレンゲツツジの根をサンプリングした後、hair root のみ選別しトリパンブルー染色法によって hair root を染色し、位相差顕微鏡で共生菌による菌根化率を算出した。

【結果および考察】

根子岳の各標高におけるレンゲツツジの大きさは、1850m までは大きいサイズの個体が多数を占めたが、1900m 以降ではサイズが小さい個体が多くなった。光合成は標高が高くなるにつれ CO_2 吸収速度が増加し、2000m で光合成速度は最大になった(表 1)。同様に、蒸散速度や気孔コンダクタンスも標高が高くなるにつれ増加した。これらの結果より、標高が高い場所に生息するレンゲツツジの方が単位葉面積あたりの光合成能力が高い可能性がある。hair root の観察からはいずれの標高でもツツジ科植物に特異的に感染するエリコイド菌が確認でき、内生菌も同様に確認することができた。これらの共生菌による菌根化率は現在解析中であり、植物側の結果と比較することで両者の関係性を検証する予定である。

表1 統計解析ソフトRによる光合成能力の推定値

標高 (m)	最大 CO_2 吸収 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	光利用効率 ($\mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol}^{-1} \text{ photons}$)	呼吸 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
1700	23.79	0.042	-7.45
1800	30.14	0.092	-12.31
1900	35.87	0.099	-11.80
2000	57.04	0.245	-19.25

「常緑針葉樹林と針広混交林の林床植生の群集構造と微環境の比較」

渡邊希香 (筑波大学 生命環境学群生物学類)、廣田充 (筑波大学 生命環境系)

【背景と目的】

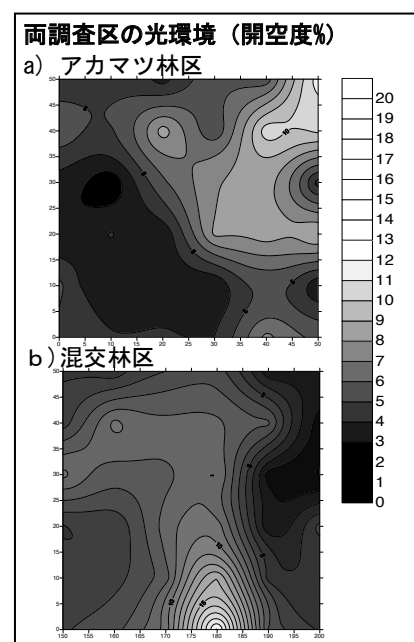
林床の環境は、林冠木によって形成される森林構造の影響を強く受ける。その結果、林床植物にとって重要な光や水分等の環境要因の不均一性が高い。したがって、林床植生の分布や各林床植物の適応を理解するには、森林構造の影響を強く受ける林床環境の実態の把握が欠かせない。しかし、不均一性が高いと考えられる林床環境と林床植物の分布を網羅的に調べた知見は少ない。そこで私は、森林構造が異なる常緑針葉樹林と針広混交林を対象として、光と水分等の林床環境と林床植生の関係を明らかにすることを目的とした。

【調査地と方法】

調査は筑波大学菅平高原実験センターの固定調査区で行った。固定調査区には、アカマツが優占する林(アカマツ林区)とアカマツに加えてミズナラやシラカバが優占する林(広混交林区)があり、各林内に本研究の調査区(50m x 50m)を設置した。各調査区において 2011 年 7 月と 9 月に 5(あるいは 10)m 毎に、50cm x 50cm の方形枠を置き枠内の出現種 (3cm 以上)とその個体数、自然高を記録した。同時に各方形枠の中心で光環境と土壤水分を測定した。光環境は、地上高 1m (ササがある場合はササ上部) で撮影した全天写真を用いて、解析プログラム CanOpon 2 (<http://takenaka-akio.cool.ne.jp/etc/canopon2/>) によって開空度を求めた。土壤水分は、各地点の表層土壌をリター除去後に 100ml 採土管で採取し、湿重量と乾燥重量をそれぞれ測定し、重量含水率を求めた。

【結果】

アカマツ林区は、特に出現種数と草本が多い領域とそれらが少ない領域の 2 パターンに、混交林区は、ササの有無によって林床植生が異なる 2 パターンに分かれた。各林内の環境は、光と土壤水分ともに不均一でそのパターンも異なっていた。草本の分布はアカマツ林内では開空度が 1~5%の領域に集中したが、混交林区では開空度が 5~8%の領域に集中し種組成も異なることが明らかになった。これらの結果から、光環境が群集構造形成に関わることが示唆された。



低圧環境下での形態変化による光合成特性の解明

早川恵里奈（筑波大・生命環境）、宮村新一（筑波大・生命環境）、恩田義彦、田中健太（筑波大・菅平セ）、富松元、唐艶鴻（国環研・生物）、廣田充（筑波大・生命環境系）

【背景と目的】

高山特有の環境に適応している高山植物は、近年の環境変動によってその存在が危ぶまれており、個々の環境要因に対する植物の応答機構を解明することが重要である。ところが、高山では温度や気圧などの様々な環境要因が標高とともに変化しているため、個々の環境要因の影響を分けて評価することは難しい。特に高標高域に特徴的な低圧環境は、温度と連動して変化するため、その影響についてあまり理解されていないのが現状である。

低圧環境下では大気中の CO_2 や O_2 分圧も低下するため、植物の光合成を中心とする生理特性に影響を及ぼしている可能性がある。さらに植物は、環境に適するよう形態を変化させて、光合成量を変化させているかもしれない。このような気圧の影響を明らかにすることは、共変している温度が植物に及ぼす影響の解明にもつながる。したがって、高山特有の低圧環境が植物に及ぼす影響を解明することは極めて重要である。

そこで本研究では、生育気圧を調整できる減圧チャンバーにて植物を栽培した。低圧環境が植物の生理特性にどのような影響を及ぼすかを調べるために、 CO_2 の取り込み口である気孔の形態に着目して測定を行った。

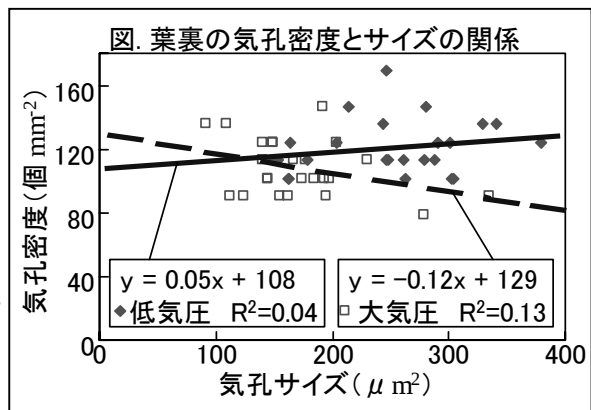
【方法】

実験で用いたグロースチャンバーは、ポンプで内部の空気を連続して引きつつ外気を導入することで低圧環境を維持している。本研究では、0.7 気圧（標高約 3000m を想定）に設定した減圧チャンバーと 1.0 気圧（標高 0m を想定）に設定した対照チャンバー内で、3 種のシロイヌナズナ（*Arabidopsis thaliana*）と、分布標高が異なる 13 種のミヤマハタザオ（*Arabidopsis kamchatica* ssp. *Kamchatica*）（野外採取種子を実験室で 1-2 世代栽培した個体から採取した種子）を各チャンバーで約 40 日間栽培した。その後、光合成特性と気孔の形態を測定した。現状では減圧チャンバー内での作業が不可能なため、光合成特性の測定は大気圧下で行った。

【結果と考察】

1. シロイヌナズナ

低圧環境下で栽培したナズナのうち、2 種類で気孔サイズの増加がみられた。また、気孔の密度とサイズの間関係を調べたところ、大気圧環境では負の相関がみられたが、低圧環境では相関がなかった（右図）。低圧環境下では CO_2 分圧が低いいため、気孔のサイズが大きくなるように順応している可能性がある。



しかし、気孔の面積増加から期待される気孔コンダクタンスの増加率をポワズイユの法則により計算すると、実際のコンダクタンス増加率の約 1.3 倍となり、理論値の方が高くなった。これは、気孔の形態以外で気孔コンダクタンスが制限されていることを示唆している。

2. ミヤマハタザオ

分布標高別に光合成や気孔の形態をみたところ、標高が高いほど気孔密度が高くなる傾向があった。一方、光合成特性や気孔の形態を大気圧環境下と比べて低圧環境下でどのくらい変化したかをみたところ、標高によらずほぼ一定だった。この結果より、気孔の形態順応の程度は分布していた標高によらない可能性が高い。

菅平のコケ植物相の変遷～40年前と現在

堀 清鷹*・鈴木 亮**・出川洋介**・村上哲明*

*首都大学東京牧野標本館 **筑波大学菅平高原実験センター

長野県上田市菅平のコケ植物相は齊藤亀三博士が 1968～1974 年に広範囲で網羅的な調査を行い、ミズゴケ属や希少種、亜高山性の種を含む 330 種余りが確認された。一方近年、多くの高山植物の生育場所が温暖化により高標高な地域に後退している事が観察されている。中部山岳地域は高山性の植物種が多く、特に温暖化の影響が顕著に表れる可能性が指摘されている。菅平地区では最低平均気温が上昇し、冬季の降水量が増加している。また、菅平湿原は周辺地域の開発に伴い縮小し、さらに土砂が流入する等して環境が悪化している。また、唐沢の滝周辺についても、カラマツを中心とした落葉針葉樹林からスギ・ヒノキ等の常緑針葉樹林に変化した。

そこで本研究では、菅平地域での現在のコケ植物相について 2011 年 9 月～2011 年 7 月に再調査を行い、40 年前の記録と比較することにより、どの程度現在のコケ植物相が変化又は衰退したかを分析した。

我々の調査結果を見ると、亜高山性の種の多くが現在でも生育しており、気候変動の影響は少なくとも明確には見られなかった。一方、菅平湿原では水分の多い環境に生育する種が減少していた。湿原の樹幹着生種についても、一部の種が入れ替わっていた。唐沢の滝では比較的暗い環境に生育する種が増加し、人為的な影響を受ける環境に多いゼニゴケが新たに確認された。

齊藤亀三博士は 1968-69 年の調査の時点で、菅平地区のコケ植物相が開発の影響を受けている事を指摘していたが、今回の調査では湿原を中心に、さらにその影響が拡大している事が分かった。

長野県におけるカーボン・オフセットを前提とした未利用林地残材の バイオマスエネルギー利用に関する基礎調査

—中部山岳地域の未利用林地残材によるカーボンストック量の算定—

藤井章吾(信州大学大学院工学系研究科)、浅野良晴(信州大学山岳科学総合研究所・教授)

高村秀紀(信州大学山岳科学総合研究所・准教授)、渡辺公太(信州大学大学院工学系研究科)

1. はじめに

木材生産において、搬出が困難な場所の立木や、小径木、及び搬出材の造材時に発生する枝葉や梢端などは、伐採したまま林地に放置されているのが現状である。このような切り捨て間伐材や林地残材などの未利用材を有効利用することは、資源循環および炭素循環へとつながる。

近年、長野県では木質バイオマスを利用したカーボン・オフセットのシステム構築に取り組んでおり、CO₂ 排出量の削減とともに、森林資源の有効活用を通じて健全な森林づくりを目指している。しかし、現状では、切り捨て間伐を主とする未利用材の量的把握は行われておらず、それらに貯蔵されているカーボン量も不明な状況である。そこで本研究では、未利用間伐材をカーボン・オフセットした場合の CO₂ 削減量の算定を前提とした基礎調査として、長野県の中部山岳地域を対象に、切り捨て間伐材の量的把握を行い、森林に放置されている未利用材によるカーボンストック量の算定を行った。

2. 調査概要

調査対象である長野県中部山岳地域は、平成 13 年度初～平成 22 年度末までが第 11 期森林計画期間(11)と定められている。本論文では、第 11 期の後期(18 年度初～22 年度末)を対象期間とし、民有林と国有林を含めた森林資源量と間伐実績量の把握を行った。また、切り捨て間伐材のスギ、アカマツ、カラマツの実測調査を行い、全乾比重を明らかにした上で、未利用材におけるカーボンストック量の算出を行った。

3. 調査結果

18 年度初～22 年度末までの中部山岳地域における総伐採量は、搬出材が 141,119m³、切り捨て材が 525,121m³であり、搬出率は 21.2%であった。搬出・切り捨て別カーボンストック量を図 2 に示す。搬出間伐材に貯蔵されたカーボン量の総計は、およそ 27,800t-C、切り捨て間伐材によるカーボン量は、およそ 101,600t-C であった。

今後は、これらの木質バイオマスをエネルギー資源としてサーマルリサイクルした場合のエネルギー賦存量を明らかにし、運搬工程、エネルギー生産工程での CO₂ 排出量を踏まえた上で、化石燃料と代替した場合の正味の CO₂ 削減量を算出する。

本調査は、中部山岳域を対象としたが、今後は調査対象を拡大し、長野県全域で評価することが必要であると考ええる。

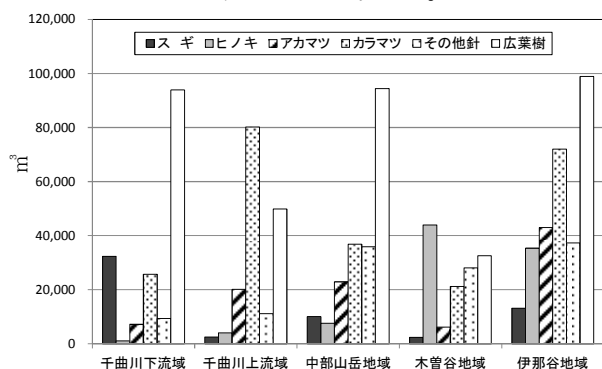


図1 森林計画区別森林資源量

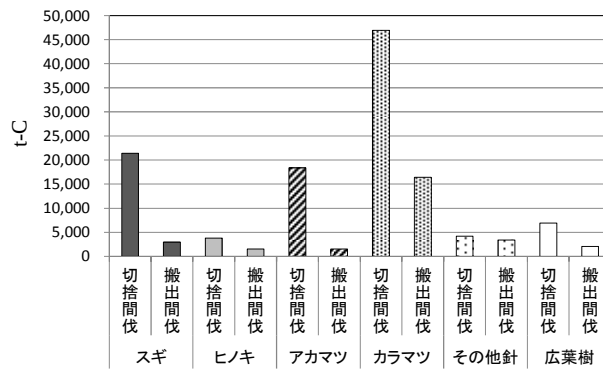


図2 中部山岳域におけるカーボンストック量

長野県産木材のライフサイクルアセスメント調査から俯瞰する炭素循環 その3 スギ、カラマツ、アカマツ、ヒノキのカーボンバランスの算出

山形龍一(信州大学大学院工学系研究科)、浅野良晴(信州大学山岳科学総合研究所・教授)

高村秀紀(信州大学山岳科学総合研究所・准教授)、井戸結貴(信州大学大学院工学系研究科)

1. はじめに

近年住み心地の良さや健康維持などから自然の素材である木材の良さが見直されている¹⁾。一方で長野県内の森林資源は成熟が進み、その有効な利活用が待たれているのが現状である²⁾。長野県産木材が伐採されてから建築用木材として製材品に至るまでの各工程において、重量・材積量の実測調査、燃料消費量・取り扱い材積量の聞き取り調査に加えて用途別端材発生量の聞き取り調査を実施し、製材工場出荷時の木材 1 m³を単位物量として算出した。

2. 調査結果

各工程において木材が加工される前後の重量・材積量・含水率の実測調査と、年間の取扱い材積量と燃料消費量および用途別端材発生量の聞き取り調査を実施した。北信においてスギ、東信においてカラマツ（人工乾燥に木質バイオマスボイラを用いている K 工場、重油を用いている E 工場の 2 工場）、中信においてアカマツ、南信においてヒノキを対象とした。以下に各樹種の各工程における材積量、重量、含水率の変動を示す。

	状態						
	工程	伐採	造材	保管	製材	乾燥	仕上げ
樹種	補足	倒木直後	枝払い後	梢端、根元を除いた樹皮込みの原木の状態	製材後	乾燥後	モルダーによる仕上げ後
スギ	材積量m ³	-	1.89	1.76	1.12	1.12	1.00
	生重量t	1.71	1.59	1.47	0.80	0.49	0.44
	含水率%	115.2	115.2	87.1	87.1	23.4	23.4
カラマツ(K工場)	材積量m ³	-	-	3.75	1.95	1.95	1.00
	生重量t	-	-	3.15	1.23	0.56	0.48
	含水率%	-	-	39.4	39.4	5.8	5.8
カラマツ(E工場)	材積量m ³	-	3.36	3.13	1.47	1.47	1.00
	生重量t	3.54	2.89	2.63	1.12	0.71	0.50
	含水率%	73.0	73.0	44.5	44.5	17.4	17.4
アカマツ	材積量m ³	-	1.98	1.78	1.39	1.39	1.00
	生重量t	1.86	1.58	1.51	1.10	0.71	0.47
	含水率%	99.4	99.4	78.9	78.9	15.3	15.3
ヒノキ	材積量m ³	-	2.31	2.17	1.55	1.47	1.00
	生重量t	1.65	1.62	1.46	0.93	0.66	-
	含水率%	98.6	98.6	54.5	54.5	12.3	-

3. 算出結果

仕上げ後の木材 1m³を単位物量と設定し、各樹種のカーボンバランスを算出した³⁾⁴⁾⁵⁾。スギが+495kg-CO₂/m³、カラマツ(K 工場)が+750 kg-CO₂/m³、カラマツ(E 工場)が+788 kg-CO₂/m³、アカマツが+488 kg-CO₂/m³、ヒノキが+520 kg-CO₂/m³であった。以下にカーボンバランスの算出結果を示す。

北信:スギ	排出量・固定量 (kg-CO ₂ /m ³)	東信:カラマツ (K工場)	排出量・固定量 (kg-CO ₂ /m ³)	東信:カラマツ (E工場)	排出量・固定量 (kg-CO ₂ /m ³)	中信:アカマツ	排出量・固定量 (kg-CO ₂ /m ³)	南信:ヒノキ	排出量・固定量 (kg-CO ₂ /m ³)
製材品の炭素固定量		製材品の炭素固定量		製材品の炭素固定量		製材品の炭素固定量		製材品の炭素固定量	
炭素固定量	642	炭素固定量	917	炭素固定量	917	炭素固定量	660	炭素固定量	697
燃料や電気消費による炭素放出量		燃料や電気消費による炭素放出量		燃料や電気消費による炭素放出量		燃料や電気消費による炭素放出量		燃料や電気消費による炭素放出量	
林地	-16	林地	-16	林地	-10	林地	-7	林地	-14
輸送	-7	輸送	-10	輸送	-4	輸送	-2	輸送	-3
原木市場	-1	原木市場	-2	原木市場	-1	原木市場	-1	原木市場	-1
輸送	-6	輸送	-5	輸送	-3	輸送	-4	輸送	-5
製材工場	-67	製材工場	-36	製材工場	-43	製材工場	-65	製材工場	-56
端材となる木材による炭素放出量		端材となる木材による炭素放出量		端材となる木材による炭素放出量		端材となる木材による炭素放出量		端材となる木材による炭素放出量	
林地	-46	林地	-97	林地	-68	林地	-73	林地	-97
製材工場	-3	製材工場	0	製材工場	0	製材工場	-20	製材工場	0
排出量合計	-147	排出量合計	-166	排出量合計	-129	排出量合計	-172	排出量合計	-177
カーボンバランス	495	カーボンバランス	750	カーボンバランス	788	カーボンバランス	488	カーボンバランス	520

1) 林野庁 HP：木材利用、木づかい運動

2) 信州木材認証製品センター：県産材のライフサイクルアセスメント調査,2011 年 3 月

3) ウッドマイルズ研究会：ウッドマイルズ関連指標算出マニュアル Ver2006-02, 2006 年 9 月 5 日

4) CO₂ 排出原単位は環境省のデータベース(2010/04/01)を用いた。電気は中部電力の値を用いた。

5) Athena Sustainable Materials Institute：A Cradle-Gate LCA of Canadian Softwood Lumber, 2009

中部山岳地域におけるシワクシケアリの高度勾配にそった遺伝的系統のすみ分け

上田昇平¹, 松月哲也², 野沢泰斗², 関諒一², 島本晋也², 市野隆雄^{1,2}

(¹信州大学・山岳科学総合研究所, ²信州大学・理学部・生物科学科)

近年, DNA 解析の技術がめざましい進歩をとげたことによって, これまで形態的にみて単一と考えられていた「種」のなかに遺伝的に大きく離れた多数の隠れた種(隠蔽種)が含まれる場合があることが明らかになってきた. 隠蔽種の発見は生物多様性の正確な評価には必須であり, その地理的な分布調査は生物地理学的・保全生物学的に重要である.

日本においてシワクシケアリ *Myrmica kotokui* (クシケアリ属, フタフシアリ亜科) は普通種であり, 北海道から屋久島まで広く分布している. 本種は北方系の種と考えられており, 北海道では平地にみられるが, 南下するにしたがい標高の高い場所でみられる傾向がある. この分布様式から, シワクシケアリは中部山岳地域において「山域ごと」に特化した複数の隠蔽種に分かれるのではないかと我々は考えた.

この仮説を検証するために, 我々は長野県内の5山域(標高 900m~1800m) から採集したシワクシケアリを用いてミトコンドリア DNA の分子系統樹を作成した. 系統樹においてシワクシケアリは大きく4つの遺伝的系統に分かれ(図1), この結果は, 形態的に単一種とされてきたシワクシケアリには複数の隠蔽種が存在することを示している.

シワクシケアリ系統の水平分布を調べたところ, 基本的にすべての系統が前山域に共通して広く分布することが明らかになった(Mk-4は八ヶ岳地域に固有;図2). その一方で, シワクシケアリ系統の垂直分布には

一定の傾向が得られた. すなわち, Mk-3 はより高い標高に, それ以外(Mk-1, Mk-2 と Mk-4) はより低い標高に分布するというパターンである(図3). つまり, シワクシケアリの種内系統は「山域ごと」に特化しているのではなく, 「標高ごと」にすみ分けているということになる.

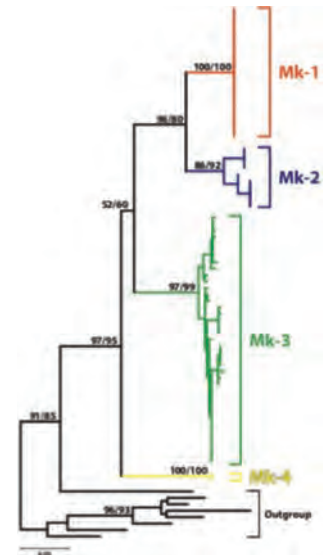


図1. シワクシケアリのミトコンドリア系統樹

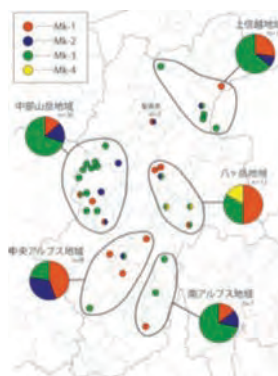


図2. シワクシケアリ系統の水平分布

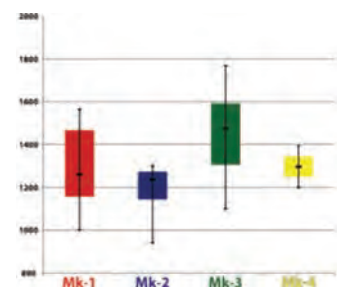


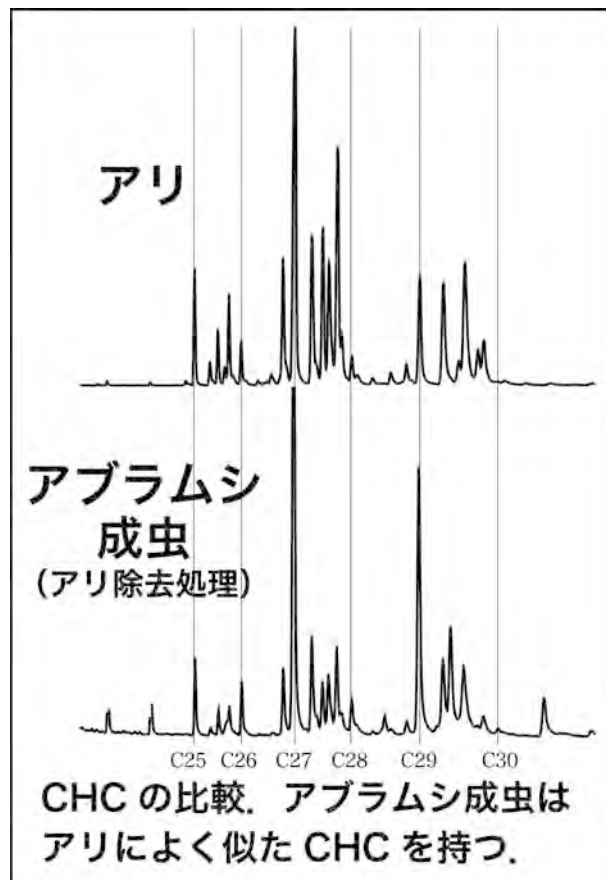
図3. シワクシケアリ系統の垂直分布

共生アブラムシによるアリへの化学擬態

遠藤真太郎（信州大院・総工・山岳）・市野隆雄（信州大・理・生物）

アリとアブラムシは相利共生の代表例として非常によく知られている。アブラムシはアリに糖質に富んだ排泄物である甘露を提供し、アリはその見返りとしてアブラムシを寄生蜂などの天敵から防衛する。一方で、アリは時に共生するアブラムシを捕食してしまうことも知られている。アリがなぜ、どのようにして、アブラムシを捕食しているかについて、Sakata (1994) は、「目印」仮説を提唱した。これは、アリが、甘露を提供したアブラムシに目印を付け、目印の付いていない個体を選択的に捕食することで、「良いアブラムシ」を残し、そうではないアブラムシを間引いているというものである。しかし、この目印の実態については明らかにされていなかった。我々のこれまでの研究から、クロクサアリーヤノクチナガオオアブラムシ系では、アリの巣仲間認識物質である体表炭化水素（CHC）が目印として働いていることが明らかになった（Endo & Itino 投稿中）。

これに対して、アブラムシがアリの捕食を回避するためには、たくさんの甘露を提供する必要があるが、過剰な甘露生産はコストになる。このことから、もう一つの捕食回避戦略として、アリの目印を自ら作り出してア리를騙す「化学擬態」をしている可能性がある。本研究では、アリ除去処理下で脱皮させて体表のアリ CHC を排除したアブラムシの CHC を、GC-MS で分析した。その結果、成虫のアブラムシではアリによく似た CHC を持つことが明らかになった。また、脱皮させることで本当にアリ由来の CHC が排除されるかを確認するために、人為的に炭化水素を塗布したアブラムシを脱皮させ、そのアブラムシと脱皮殻の CHC を分析した。その結果、体表に塗布された炭化水素は脱皮することで脱皮殻とともに消失することがわかり、たしかにアブラムシ自身がアリに似た CHC を作っているということが明らかになった。



上高地におけるマルハナバチ類 6 種の花利用形態の変異と季節発生活消長

北沢 知明(信州大院・工・生物)・江川 信・市野 隆雄(信州大・理・生物)

マルハナバチ類 *Bombus* (ミツバチ科) は世界に広くみられ大部分が冷涼な地方や山地に分布している一年性の真社会性昆虫である。ミツバチ科の他のグループに比べ長い中舌をもち、花筒の長い花からも吸蜜することができる。また、体は毛で覆われておりよく花粉が付着するため、特に高標高地帯の虫媒花にとっては双翅目と並ぶ重要な送粉者となる。日本産のマルハナバチ類は 16 種で、本州には 11 種が存在する。そのうち中部山岳地域には 10 種が分布し、本州において最も種数の多い地域である。

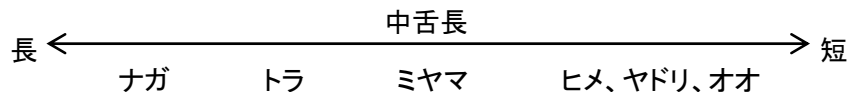
しかし、日本の亜高山帯におけるマルハナバチ群集の基礎情報に関する調査はほとんど行われておらず、どの種が、どのように花を利用して共存しているのかははっきりしない。本研究では比較的人的攪乱の少ないと考えられる上高地(標高約 1500m~2400m、主に 2400m の高茎草原)において、マルハナバチ類の構成種、形態、季節発生活消長を調査した。

《種構成》

上高地におけるマルハナバチ群集はヒメマルハナバチ(以下ヒメ: 個体数比 48%)、ナガマルハナバチ(以下ナガ: 29%)、ミヤママルハナバチ(以下ミヤマ: 11%)、オオマルハナバチ(以下オオ: 5%)、トラマルハナバチ(以下トラ: 5%)、ヒメに労働寄生するニッポンヤドリマルハナバチ(以下ヤドリ: 2%) の 6 種で構成されていた。

《形態》

吸蜜する際に重要な役割を果たすと考えられる中舌長、下唇前基節長、頭部長、頭部最大幅、頭部下端幅、胸部最大幅の 6 形質を測定した。6 形質を用いた主成分分析の結果、ハチは種ごとにまとまり、最も大きさの近い種間においてわずかな重複がみられた。また、特に重要な形質である中舌長は多くの種間で有意な差が見られた。



《季節発生活消長》

季節発生活消長については 6 月から 9 月まで調査を行った。越冬女王は 6 月上旬にはヒメ、ナガ、ミヤマで確認された。ヒメ、ミヤマの越冬女王は 7 月上旬には観察されなくなったのに対し、ナガは 9 月まで観察された。ヤドリの雌は 6 月中旬から確認された。ワーカーは 8 月下旬まではヒメの個体数が最も多く、8 月下旬以降はヒメが減少しナガ、ミヤマが増加した。また、越冬女王を確認できなかったオオ、トラもワーカーは確認された。雄については、ヒメ、ナガ、ミヤマ、オオ、ヤドリで確認されたが、トラでは確認されなかった。

以上を過去に山梨県の櫛形山(標高約 1900m~2000m)で行われた研究(Kato et al. 1993)と比較すると、種構成はある程度類似していたが、ナガとミヤマの個体数比が逆転していた。また、一般に高山帯になるとヒメとオオのみが観察されるが、亜高山帯での種構成は高山帯と全く異なることが判明した。

中部山岳域におけるサラシナショウマの3送粉型の遺伝的分化の検証

楠目晴花（信州大院・工・生物）、市野隆雄（信州大・理）

サラシナショウマ *Cimicifuga simplex*（キンポウゲ科）は生態的な特徴（分布、花期、花の香りなど）から Type I、Type II、Type III の 3 つのタイプに分けられる (Pellmyr 1986)。Type I は高標高地に生育する大型のタイプで、マルハナバチ類を主な送粉者としている。Type II は中標高地以下の林縁に生育する大型のタイプで、花は強い芳香を放ちチョウ類を送粉者としている。Type III は低～中標高地の暗い林床に生育する小型のタイプで、マルハナバチ類を送粉者としている。生殖隔離をもたらすようなこれらの形質における差異はタイプごとの遺伝的分化を示唆する。しかし、これまで遺伝的分化の実態については明らかにされていなかった。そこで昨年、核リボソーム DNA の ITS 領域の変異に基づいて系統解析を行ったところ、Type II は独立した系統となり、遺伝的に分化していることがわかった。一方で、Type I と Type III の間の分化についてははっきりとしなかった。

今回、美ヶ原山系と乗鞍山系における 3 タイプの分布を調査するとともに、より鋭敏な遺伝的手法である AFLP 解析を用いてサラシナショウマの 3 タイプの遺伝的分化について検証した。

その結果、(1) 分布調査では 2 つの山系で全タイプが確認され、特に美ヶ原山系では Type I と Type II、Type II と Type III が同所的に分布する地点が複数見つかった（図 1）。(2) AFLP 解析では、Type II が遺伝的に大きな分化を遂げていることが再び支持された。一方で Type I と Type III の遺伝的分化についてははっきりしなかった。(3) Type III はタイプ内での遺伝的変異が極めて大きいことがわかった。

(4) Type II と Type III が同所的に分布する地点のサンプルにおいて両者の中間的な遺伝的パターンをもつ個体は見られなかった。

以上のことから、Type II と他のタイプの間で高いレベルで遺伝的に分化していることが結論づけられた。一方で、Type III のうち Type I との境界域にある集団では AFLP のパターンが Type I に似ていたため、Type I と Type III の境界域では両者の間で交雑が起きている可能性が示唆された。

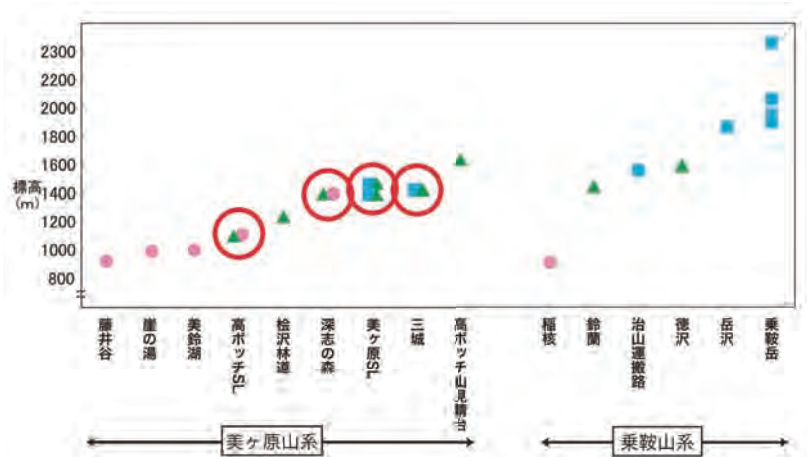


図 1. 美ヶ原山系と乗鞍山系のサラシナショウマの 3 タイプの標高分布。青が Type I を、緑が Type II を、ピンクが Type III をそれぞれ示している。赤丸は複数のタイプが同所的に分布していることを示す。

山岳域におけるウツボグサの花サイズと訪花マルハナバチ相の場所間変異

栗谷さと子（信州大院・工・生物）・市野隆雄（信州大・理・生物）

植物の花形質と送粉者の関係に着目した研究はこれまで多く行われてきており、複数の研究によって送粉者を介した淘汰が花冠サイズなどの花形質の進化を推進する力となることが裏付けられている。このような研究の多くは、1 集団内での花形質への送粉者を介した淘汰を調査しているが、花の集団間変異や送粉者の地理的相違との関係に着目した研究は少ない。植物は集団間で異なる送粉者種に適応している可能性があり、局所適応に関係する重要な花形質を明らかにすることは、生態型の形成や送粉者を介した淘汰に影響を及ぼすメカニズムを理解する上で重要なステップである。

ウツボグサ *Prunella vulgaris* は、低標高から高標高にかけて分布する植物である。また、その送粉者であるマルハナバチ属 *Bumbus* spp. は、標高によって分布する種類相が異なっており、また、種ごとに口吻長や体サイズが異なっている。このことから、山岳域では標高ごとに異なるマルハナバチ種に適応して、ウツボグサの花サイズが変異していることが考えられる。もしこの適応を示すことができれば、地理的に狭い範囲内でも、“標高”という送粉者の分布を制限する要因が存在することで、植物の局所的な適応が起こり得る可能性が示唆され、花の多様化のメカニズムの一例となるだろう。本研究では、乗鞍岳の標高 1150m～2050m の 7 地点において、ウツボグサの花サイズと訪花したマルハナバチの種構成を調査し、以下の結果を得た。

- 1) 送粉者種ごとの訪花割合は地点ごとに異なっていた (図 1)。低標高ではウスリーマルハナバチが主な訪花者であり、高標高では地点によって、ナガマルハナバチまたはヒメマルハナバチが主な訪花者であった。
 - 2) 花のサイズは地点ごとに異なっていた。主な送粉者ごとに地点を分類し花サイズを比較したところ、送粉者の体サイズの大小関係と一致するサイズ変異が見られた (図 2)。
- 以上の結果から、ウツボグサの花サイズは単純に標高に沿って変化しているのではなく、送粉者種のサイズに対応して変異していることが示唆された。

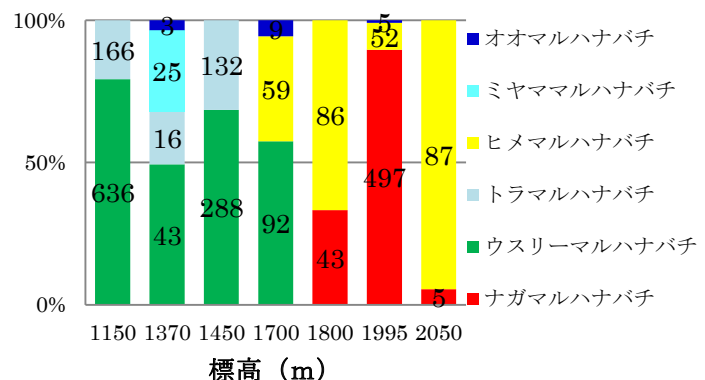


図1. 各地点の訪花マルハナバチ種の割合

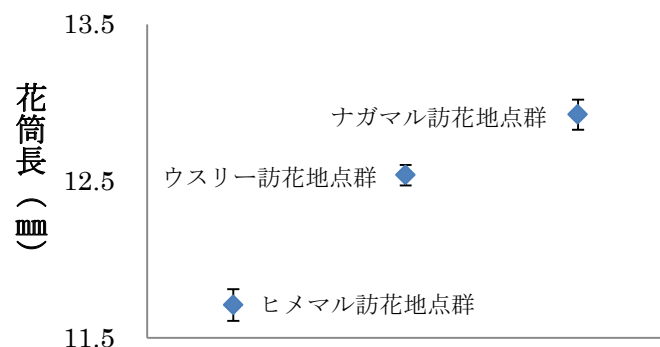


図2. 各種送粉者ごとの地点群の花筒長の平均

中部山岳域におけるヤマホタルブクロの標高間で見た花サイズ変異と遺伝子流動

長野祐介(信州大院・工・生物), 市野隆雄(信州大・理)

標高による環境変化は生物分布及び各器官形質に大きな影響を与える要因である。植物においては植物サイズの減少が最も顕著な標高傾度に沿った構造的変化として知られている。花サイズもこのような非生物的な環境変化の影響で変異を生じているかもしれない。しかし、一方で花サイズの地理的変異は送粉者による選択圧の地理的な変異によってもたらされているとされてきた。本研究では標高傾度に沿った花サイズの分化が送粉者の影響によるものかを検証した。

ヤマホタルブクロ *Campanula punctata* var. *hondoensis* は中部山岳域の幅広い標高帯にわたって分布している。大きな釣鐘状の花冠を持ち、主にマルハナバチ類 (*Bombus* spp.) によって花粉を媒介される。マルハナバチ類は標高によって種組成が変化することが知られている。そのため、幅広い標高帯に分布するヤマホタルブクロのような植物の花形質に対して標高ごとに異なった淘汰圧を与えていることが考えられる。阿部(未発表)によって花とハチのサイズマッチングによって送粉効率に影響があることが示されており、異なる淘汰圧によって花形質の分化が生じている可能性がある。

中部山岳域においてヤマホタルブクロの花サイズの形態的分化及び遺伝的分化が標高間で生じているかの調査を行なった。まず、3山域(乗鞍、美ヶ原、八ヶ岳)計12地点で花サイズ及び植物体サイズを計測した。同時にその地点で訪花したマルハナバチの種組成及び体サイズの測定を行なった。また、標高上下間で遺伝的分化が生じているかを明らかにするために4山域(乗鞍:長野県側・岐阜県側、美ヶ原、八ヶ岳)の標高上下2地点(その他1地点を含め計9地点)でサンプルを採取しDNA解析を行った。マイクロサテライト3遺伝子座を用いて集団間の遺伝的分化度を推定した。

ヤマホタルブクロの花サイズは標高によって変化しており、一部を除いて高標高では小型化していた(図1)。植物体のサイズ変異との相関は見られなかったことから非生物環境によって可塑的に変化している可能性は低いと考えられる。訪花マルハナバチの種組成も標高と共に変化しており、低標高域では大型種が高標高域では小型種が主に訪花していた。花サイズの変異は一部を除いて送粉者種組成の変異と対応していた。

同山域の標高上下間では遺伝的な分化はほとんど見られなかった(距離による隔離: Isolation by distance の影響の方が大きかった、図2)。標高の違いは遺伝子流動に対する障壁とはなっていないと考えられる。ただし、山頂をはさんだ長野県側と岐阜県側では比較的大きな分化が見られ、山岳環境が植物の遺伝的分化に寄与していることは示唆された。

以上のことから標高は遺伝子流動が存在していても、送粉者への適応を通して局所的に花形質の分化を導いていることが示唆された。

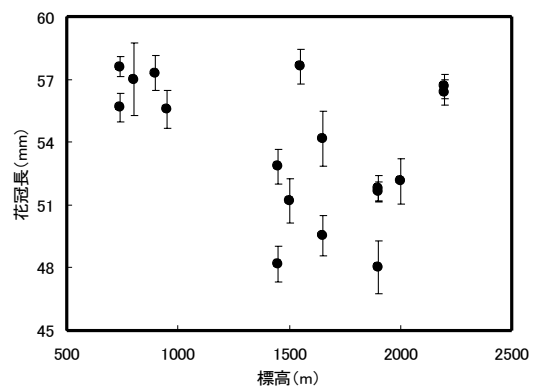


図1 標高による花サイズ(花冠長)の変化。

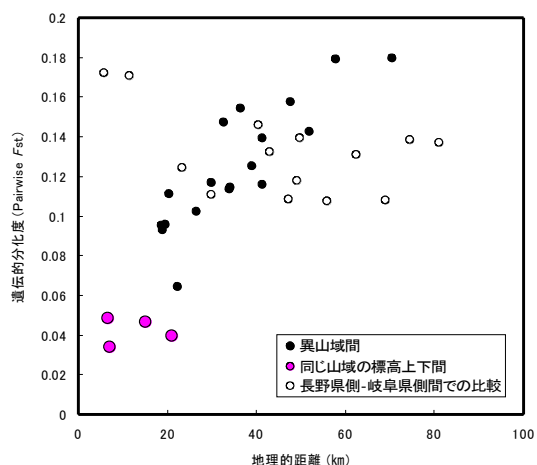


図2 集団間の地理的な距離と遺伝的分化度(Pairwise F_{st})の関係。

血縁認識をもたない真社会性アブラムシにおける社会性維持機構

服部 充(信大院・総工)、市野隆 雄(信大・理・生)

生物の持つ様々な特徴(形質)は、自然選択によって維持されていると考えられている。自然選択は、適応度(次世代にどれだけ子供を残せたかの指標)の高い個体を選択し、集団中にその個体の持つ遺伝子を広めていく。しかし、アリやハチといった社会性を持つ生物において自身は子供を産まず、他個体の世話をする個体が存在する。このような自身の適応度を犠牲にして協力行動をとる個体は、当初の自然選択の理論からは維持されず、集団中から消失すると考えられていた。

Hamilton W. D. は、自然選択を拡張し「協力行動は、協力行動の担い手と受け手が遺伝子を共有するほど維持されやすい」という血縁選択を提唱した。この血縁選択は、以下の2つの機構により促進されると考えられている：①遺伝子を共有している個体を認識できる(血縁認識)、②個体の移動が少ない(血縁個体以外が周りにいない)。確かに血縁選択は、アリやハチといった外部からの非血縁個体(潜在的な社会性をもたない“裏切り者”)の侵入を防ぐことのできる巣をもち、血縁認識できる生物の社会性の維持をよく説明する。一方で、他個体を捕食者から守る兵隊と呼ばれる不妊個体を産出する真社会性アブラムシ(図1)は、血縁個体を認識することができず、さらにオープンコロニー(図2)を作る期間がある。そのため、非血縁個体がコロニーに侵入しやすく、従来の社会性維持機構では真社会性アブラムシにおける社会性の維持を説明することは難しい。

本研究は、主に中部山岳域の常念岳における真社会性アブラムシのササコナフキツノアブラムシ個体群を用いて、真社会性アブラムシにおける社会性がどのように維持されているのかを防衛戦略と集団遺伝学の視点から理解しようか試みた。その結果、高い捕食圧がコロニー単位でかかるため、ササコナフキツノアブラムシは血縁個体以外の個体とも互いに協力してコロニーの防衛をする必要があることが示唆された。このことは、ササコナフキツノアブラムシにおける社会性が、捕食者の社会性をもたない“裏切り者”の発生を抑制させる効果により維持されていることを意味する。



図 1：ササコナフキツノアブラムシ(左=兵隊、右=生殖若齢個体)



図 2：クマイザサ上のササコナフキツノアブラムシのオープンコロニー

ヨモギハムシ種群の色彩二型の頻度の地理分布とその年次変動

大崎順平（信州大院工学系研究科）・藤山静雄（信州大理・山岳総研）

ヨモギハムシには青黒型と銅金型の色彩二型(図1)があり、青黒型が銅金型に優性のメンデル遺伝をすることがわかっている。本種の2色彩型の地理的分布についてはこれまで広範に研究が行われている。2型の頻度の地理分布は非常に複雑な様相を呈している。このことに加え藤山らは、1種とされていた本種に染色体数の♂31、♂41と大きく異なる2型(以後両者を31型、41型と呼ぶ)が存在することを明らかにした(図2)。そして両者の関係は、核型の大きな違いにもかかわらず遺伝的分化の程度は小さく、ヨモギハムシ種群として扱われている。今回は、本種群の地理分布と、それぞれに見られる2色彩型の頻度分布、及び20年間以上にわたり行なってきた頻度調査の結果について報告する。

中部山岳地帯の山岳域には基本的に41型が分布し、平野部には31型が広く分布する傾向がある。前者では銅金型の頻度が高く、後者では青黒型の頻度が高い傾向がある。両型はある境界を境に急激に入れ替わるのが一般的である。山岳域、平野部いずれにおいても2色彩型の頻度はかなり安定している。しかし、一部の山岳域では集落周辺の地域に31型がみられる。これは41型の分布地域に31型が侵入した結果と考えられる。こうした山岳域における31型分布域は、しばしば見られ、それらは41型分布域に島状に見られる。これは、人為的な影響により31型が侵入したためと考えられる。また、山岳域のこうした31型の2色彩型の頻度は、隣接する平野部よりも高い傾向にあるようだ。ここでは美ヶ原山系、松本平、乗鞍山系を中心にした調査結果を紹介するが、中部地方を中心にした地理分布の現状も紹介する予定である。



図1 ヨモギハムシの2色彩型。銅金型(左)と青黒型(右)。上は♀下は♂。

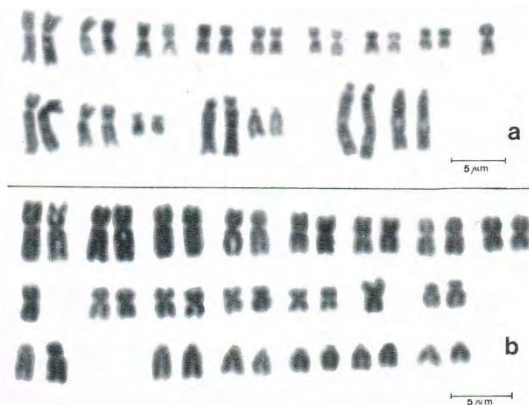


図2 ヨモギハムシの31型(上)、41型(下)の染色体の核型。

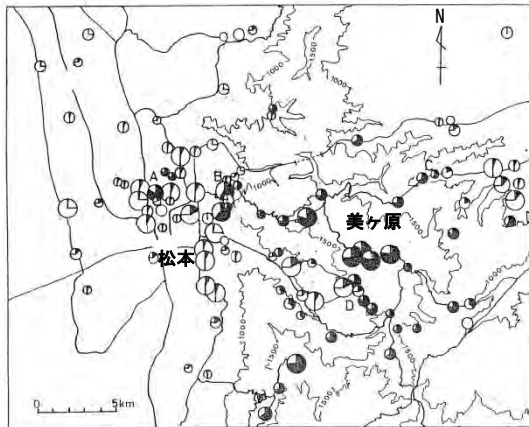
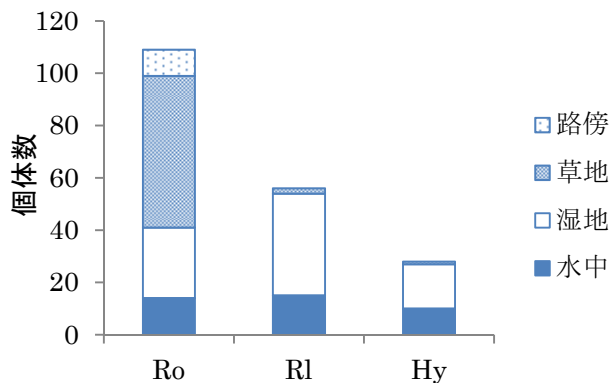


図3 ヨモギハムシ種群の2色彩型頻度の、美ヶ原周辺における調査結果例。円グラフの黒色部分は銅金型、白色部分は青黒型の割合を示す。円の直径は、採集数に比例(最低20個体)。銅金型が過半数を占める地点は41型の分布を、それ以外は31型の分布を示す。数字は標高。

外来植物エゾノギシギシとその近縁在来種ノダイオウとの雑種形成 —形態と分布の比較—

羽生将昭・高橋耕一（信州大学）

大規模輸送手段が増えた近年、人間活動とともに外来種が侵入する機会が増えてきており、それらが在来種との間に雑種を形成している事例が報告されている。さらに、雑種が両親種と交雑することにより浸透性交雑による遺伝子汚染が引き起こされている。タデ科ギシギシ属の外来植物であるエゾノギシギシ *Rumex obtusifolius* L.と、近縁な在来種であるノダイオウ *Rumex longifolius* DC.の間には雑種が形成される。両種とも北半球に広く分布しており、エゾノギシギシは乾燥地、ノダイオウは湿地に分布している。上高地ではこの2種がどちらも存在しており、その雑種と思われる個体が見られた。この研究ではこの2種の雑種形を明らかにするために、雑種の特徴を形態的、生態的な面から調査した。エゾノギシギシは花被に尖った鋸歯があり、瘤状の突起を生じる。茎や葉に赤みを帯び、葉の裏に短い毛があるという特徴を持つ。ノダイオウは花被の縁が丸みを帯びており、鋸歯はなく、瘤も存在しない。ノダイオウの植物体は赤みを帯びず、葉の裏の毛はない。この研究ではこれら2種とその雑種については、花被の形態を主な判別要因とした。形態の点で雑種は、茎高、葉の大きさ、および花被の形態において2種の間中間的な形質を示していた。これらが分布する環境としては、ノダイオウと雑種はほとんどが湿地や水中に分布していたのに対し、エゾノギシギシは乾燥地や草地にも広く分布していた。雑種の稔性は花粉(2.0~4.2%)、種子(0.5~6.6%)ともに低かった。雑種は茎高と葉の大きさに関して中間的な形質を示していたこと、そして雑種は常にエゾノギシギシとノダイオウの近くに分布していたことから、観察された雑種のほとんどはF1雑種であると考えられた。今回は形態形質で判別できる雑種について調査したが、水際近くに分布するエゾノギシギシが比較的茎高が大きいことに加えて、同じ水際からの距離に生育するノダイオウに匹敵する大きさを持つ個体が存在するため、ノダイオウの遺伝子がエゾノギシギシに流入している可能性も示唆される。そのため今後は形態に表れにくい潜在的な遺伝子の流入を調べるために、分子レベルでの比較をしていくことが必要と思われる。



3種の分布する微環境の頻度分布
Ro:エゾノギシギシ Rl:ノダイオウ
Hy:雑種

ヒゲナガカワトビケラ属昆虫の分子系統地理学的研究 -源流域固有の新種「ヤマヒゲナガカワトビケラ」の発見-

○加藤 慎也（信州大院・工学系）・倉西 良一（千葉中央博）・東城 幸治（信州大・山岳研）

トビケラ（毛翅）目昆虫類は、世界から 46 科 約 12,000 種が記載され、このうち、日本からは 29 科 約 400 種が記録されている多様な分類群である (de Moor & Ivanov, 2008)。ほとんどのトビケラ種群は幼虫期を河川や湖池沼などの水中で過ごし、あらゆる淡水域に何れかの種群が棲息している。このトビケラ目の中で、ヒゲナガカワトビケラ科 Stenopsychidae は 3 属 約 90 種から構成される比較的小さな科である (Horzenthall *et al.*, 2007)。このヒゲナガカワトビケラ科は、ユーラシア大陸の極東域を除くと、基本的には南半球、そしてインド亜大陸域に分布するため、このような現在の分布からゴンドワナ大陸起源の種群であると考えられている (Weaver, 1987)。東アジア地域が分布の北端にあたり、かつ「ゴンドワナ起源のヒゲナガカワトビケラ種群がどのように分布域を北上させたのか」といった議論において、東アジア地域は本種群の系統進化・系統地理学上、たいへん興味深い地域と言える。

本研究では、日本を中心に、ロシア沿海州、樺太、韓国、台湾、中国、タイ、ミャンマーなどといったアジア地域のヒゲナガカワトビケラ科昆虫を対象に遺伝子解析を行うことで、これらの地域でのヒゲナガカワトビケラ科の種群がいかにして種分化・放散し、現在のような分布をもつに至ったのかを、生物地理学的な観点から追究することを目的としている。

東南アジア地域から 9 種のヒゲナガカワトビケラ類（ヒゲナガカワトビケラ *Stenopsyche marmorata*、チャバネヒゲナガカワトビケラ *S. sauteri*、シロアシヒゲナガカワトビケラ *S. pallens*、オキナワヒゲナガカワトビケラ *S. schmidi*、*S. bergeri*、*S. formosana*、*S. banksi*、*S. siamensis*、*Stenopsyche* sp.）をできる限り広域から採集し、mtDNA COI 領域での遺伝子解析を実施し、NJ 法、ML 法、MP 法により分岐図を作成した。得られた分岐図からは、アジア地域におけるヒゲナガカワトビケラ属内の遺伝的類縁関係が明らかとなった他、従来ヒゲナガカワトビケラとして扱われてきた種内において、遺伝的に大きく分化したクレードの存在が明らかとなった。このクレードに属する個体は、中部山岳地域をはじめとする山梨・福島・岐阜・兵庫県域の山地渓流域（山岳源流域）から採集されたものであることから、高標高域の低水温環境に適応しているのではないかと考え、「ヤマヒゲナガカワトビケラ（仮称）」と称して区別することとした。また、この「ヤマヒゲナガカワトビケラ」はフェロモンの 1 つとして種間や個体群間での分化がよく知られている体表炭化水素（CHC）組成のパターンや外部形態においてもヒゲナガカワトビケラとは異なるものであると評価された。また、生活史においてもヒゲナガカワトビケラとは異なる傾向がみられた。すなわち、新種「ヤマヒゲナガカワトビケラ」の存在の妥当性が、分子・形態・化学的性質といった多角的アプローチにより強く示唆されたと言える。

また、従来はオキナワヒゲナガカワトビケラであるとして扱われてきた、八重山諸島（西表島）の個体や奄美大島・徳之島の個体に関しても遺伝子解析や形態の再比較を行ったところ、オキナワヒゲナガカワトビケラや台湾産の *S. formosana* のいずれからでも、それぞれが遺伝的に大きく分化したクレードを形成すること、繁殖に関わる交尾器形態などにも大きな相違点が認められ、八重山諸島産の個体、および奄美大島・徳之島の個体は、それぞれが独立種（新種）である可能性が示唆された。

山岳源流域に固有の原始的昆虫類を対象とした分子系統地理学的研究

加藤雄登（信州大・理）・宮入健（信州大院・工学系）・坂野亜矢菜（信州大・理）
東城幸治（信州大・山岳研）

カゲロウ目 Ephemeroptera の昆虫類は、約 4 億年前から化石が産出される極めて起源の古い最も原始的な昆虫一群あるとされ、42 科約 3,000 種から構成される。また、カワゲラ目 Plecoptera の昆虫類は、南極大陸を除く全ての大陸から 16 科約 3,500 種が記録されている。カワゲラ目最古の化石が約 3 億年前の初期ペルム紀層から発見されたことから、カワゲラ目昆虫はそれより少し古い石炭紀後期に起源すると推定されている。

対象とするカゲロウ類、カワゲラ類は、河川などの流水域を主なるハビタットとして、湖沼などの止水域や汽水域にも、さらには源流域の飛沫帯など、様々な陸水環境下で幼生期を過ごし、羽化後、陸上生活をする。カゲロウ類、カワゲラ類ともに有翅昆虫であり、飛翔できる成虫期があるとは言え、成虫期は極めて短期間である。また、その中でも特に源流域の飛沫帯などといった特殊なハビタットに適応して生息している種群は、各ハビタットのサイズが小さく、また、ハビタットの連続性も弱いため、分布そのものが散在的に孤立しがちとなる。つまり、遺伝子流動が生じる範囲も孤立・散在的であり、非常に限定的なパッチ状の個体群構造をとるものと考えられる。このように散在・孤立分布し、かつ移動分散能力の低い種群を対象とした個体群レベルでの遺伝的構造は、地史や系統進化史を大きく反映している可能性が高く、本研究ではこれらの源流棲水生昆虫種群を対象に、地域個体群間の遺伝的構造の究明に着手した。源流域の飛沫帯に生息する昆虫として、カゲロウ目ヒラタカゲロウ科 Heptageniidae のオビカゲロウ *Bleptus* 属、および、カワゲラ目ヒロムネカワゲラ科 Peltoperlidae のノギカワゲラ類（ノギカワゲラ *Cryptoperla* 属及びミヤマノギカワゲラ *Yoraperla* 属）を研究対象とした。これまで、オビカゲロウに関しては、種の分布域をほぼ網羅する日本列島（本州・四国・九州）および朝鮮半島（韓国）の広域から採集し、ミトコンドリア遺伝子の COI、16S rRNA 領域で遺伝子解析を行った。また、ノギカワゲラ類に関しては、2 属 8 種を対象に日本列島（本州・四国・九州・沖縄）および朝鮮半島（韓国）や台湾から採集し、ミトコンドリア遺伝子の COI、16S rRNA 領域、及び核遺伝子の Histone 3 領域を対象に遺伝的類縁関係の比較検討を行った。この結果、予想されたような地域個体群レベルでの大きな遺伝的分化が認められるとともに、日本列島の形成史とも深く関連するような興味深い結果が得られた。

東アジア地域におけるタナゴ亜科アブラボテ属魚類の系統地理

小林建介・細谷和海（近畿大）・宮崎淳一（山梨大）・Kim Chi-Hong（韓国国立水産科学院）・東城幸治（信州大・山岳研）

タナゴ類は、コイ科タナゴ亜科に属する小型の淡水魚であり、東アジア地域を中心に世界に3属約40種・亜種が知られている。アブラボテ *Tanakia* 属は、タナゴ亜科3属のうちの1属で、タナゴ類のなかでは系統的に原始的なグループである。本属の魚類は東アジアに少なくとも8（亜）種が生息している。

本研究ではアブラボテ属魚類の種間・種内の遺伝的類縁関係を究明し、本属魚類の系統進化史を推定することで、東アジアの淡水生物相形成史解明の一旦となることを目的とする。また、各種の種内系統や各個体群の遺伝的多様性を推定・比較することで、保全単位および進化的に重要な単位を明らかにし、アブラボテ属タナゴ類の今後の保全に寄与することを目的とする。

まず、日本・韓国・台湾産のアブラボテ属魚類のミトコンドリア DNA のシトクローム *b* 領域および D-loop 領域の解析を行った。解析したデータおよびデータバンクのデータを用いてアブラボテ属魚類の種間・種内の系統関係の推定を行った。その結果、アブラボテ属魚類は2つの大きなクレードに分かれることがわかった。第一のクレード（「ミヤコ・台湾」クレード）は関東地方、台湾、中国大陆の種から構成され、第二のクレード（「ボテ・ヤリ」クレード）は西日本、朝鮮半島を中心に生息する種から構成された。先行研究（Okazaki *et al.*, 2001）では、「ミヤコ・台湾」クレードに属する種がより祖先的であることが示唆されている。そのため、かつて「ミヤコ・台湾」クレードの祖先種が東アジアに広く分布し、その後朝鮮半島付近で分岐した「ボテ・ヤリ」クレードの祖先種が、「ミヤコ・台湾」クレードの祖先種に競争置換しながら拡散・分化を果たしたと推測している。

また、種内系統についてもいくつかの興味深い結果が得られた。まず、朝鮮半島に生息する *T. koreensis* は隣接する水系間で非常に高レベルの遺伝的分化が見られた。次に、朝鮮半島南部に局所分布する *T. somjinensis* は日本のアブラボテの内群として位置づけられた。このことから *T. somjinensis* はアブラボテと朝鮮半島南部の姉妹種 *T. koreensis* が異所的種分化を果たした後、氷期の地理的イベントにより九州と朝鮮半島の水系が合体した際に、九州から朝鮮半島に進入したアブラボテに由来する遺存集団だと考えられる。

また、アブラボテとヤリタナゴで種内系統の推定を行ったところ、アブラボテにおいては西九州・島根西部・東瀬戸内・西瀬戸内・琵琶の主要5ハプロ・グループに大別された。一方、ヤリタナゴではアブラボテに比べ種内の変異レベルは小さかった。特に関東地方のヤリタナゴは、3水系5集団24個体を解析したものの互いに1塩基置換のみの3遺伝子型だけが検出され、これらのうち3集団の全遺伝子型は琵琶湖・岡山県産ヤリタナゴの遺伝子型と一致した。また、東北太平洋側では過去のヤリタナゴの記録が極端に乏しいことが指摘されている。このことから、関東をはじめ東日本太平洋側のヤリタナゴは、進入してからの歴史が浅いか、在来集団が移入集団に置き換わった、あるいは非在来である可能性が考えられる。

チラカゲロウにおける遺伝的構造

－ 山地から低地まで幅広く流程分布するジェネラリスト種に着目して－

○斎藤 梨絵（信州大院・工学系）・東城 幸治（信州大・山岳研）

チラカゲロウ *Isonychia* (*Isonychia*) *japonica* は、チラカゲロウ科 *Isonychiidae* に属する大型のカゲロウである（図 1; Ishiwata and Takemon, 2005). 体長 18 mm 程で、幼生の背部には正中線上に特徴的な黄白線がみられる。日本広域（北海道，本州，四国，九州）に分布するほか，朝鮮半島，中国，ロシアからも記録されている。河川の上流から下流までの比較的広い流程に分布している（Ishiwata and Takemon, 2005). チラカゲロウは，国交省による「河川水辺の国勢調査」においても高い出現率であることが認められている，いわゆる「普通種 ジェネラリスト」である。



図 1. チラカゲロウ
Isonychia japonica (♂)

河川源流域に生息する生物種群は孤立・散在型の個体群構造をとることに伴い，パッチ状化した各個体群内での遺伝的固定化が進むものと考えられる (e.g., Tojo, 2010). 一方，チラカゲロウのように，上流域から下流域にまでわたり広域分布するジェネラリスト種群は，卵期や幼生期における受動的流下や，幼生期における餌や好適な環境を求めての能動的流下，そしてこれらを補償するための成虫期における遡上行動 (i.e., 産卵のための遡上飛翔; 伊藤, 1984)，さらには支流との合流などで生じる生息環境の複雑さにより，遺伝子流動が生じる流域規模は大きくなると考えられる (Wright, 1978; Tojo, 2010; Ogitali et al., 2011). 本研究では，河川広域に分布する水生昆虫のジェネラリスト種であるチラカゲロウを対象に，個体群構造・遺伝的構造の特徴を追究することを目的とした。

1. 水系内のスケールに応じた個体群構造と遺伝的構造

千曲川（信濃川）水系を対象に，リーチ・セグメント・ベイスンの各スケールで比較検討した mtDNA COI 領域の遺伝子解析に基づく遺伝的構造の解析結果を報告する。

2. 水系よりも大きなスケールでの個体群構造と遺伝的構造（分子系統地理学的研究）

日本国内で採集したチラカゲロウについて，mtDNA 16S rRNA 領域の遺伝子解析を行い，塩基配列に基づく分岐図を作成したところ，近隣結合(NJ)法，最尤 (ML)法 のいずれにおいても各々が単系統である 2 つの大きなクレード (Type1 と Type2) から構成されることが明らかとなった。さらに，分布や生態の知見が乏しい同属の（別亜属）別種である，シマチラカゲロウ *Isonychia* (*Prionoides*) *shima* についても解析に加え，チラカゲロウおよびシマチラカゲロウの 2 種における種分化・系統的位置関係についても追究した。また，宮城県大崎市で採集された，形態学的にシマチラカゲロウと思われる個体 *Isonychia* sp. (図 2) について解析を行ったところ，興味深い結果が得られたため報告する。



図 2. *Isonychia* sp. (♀)
宮城県大崎市産

コオイムシ *Appasus* 属 2 種の系統地理学的研究

-山岳形成による遺伝子流動分断化の検討-

○鈴木 智也 (信大院・総合工学系)・谷澤 崇 (信大院・工学系)・東城 幸治 (信大・山岳研)

日本国内において、これまでに 2 亜科 3 属 5 種のコオイムシ科 Belostomatidae 昆虫が記録されている。このうち、タガメ亜科 Lethocerinae からは、タガメ *Lethocerus deyrolli* およびタイワンタガメ *Lethocerus indicus* の 1 属 2 種が記録されており、コオイムシ亜科 Belostomatinae からは、コオイムシ *Appasus japonicus*、オオコオイムシ *Appasus major*、そしてタイワンコオイムシ *Diplonychus rusticus* の 2 属 3 種が記録されている (林・宮本, 2005)。これらのコオイムシ科昆虫の種群は、環境省版レッドリストやいくつかの都道府県版レッドリストにおいて希少種として掲載されている (e.g., 環境省自然環境局野生生物課, 2006)。しかしながら、学術的にも保全生物学的にも重要な分類群であるとされるコオイムシ科昆虫であるにもかかわらず、特にコオイムシ亜科昆虫は日本産コオイムシ科昆虫の中でも極めて分類が難解であると言える。

コオイムシやオオコオイムシとは別属にあたるタイワンコオイムシについては、精子構造 (Lee and Lee, 1992) や触角の分節様式などの頭部形態形質 (Polhemus, 1995; 林・宮本, 2005) により識別が比較的容易であるほか、分布についても、日本国内におけるタイワンコオイムシの記録は沖縄県 (八重山地域) のみであり、九州以北に生息する他のコオイムシ亜科種群とは分布域がオーバーラップしないことから、誤同定は少ないものと考えられる。しかしながら、本邦に広域分布するコオイムシとオオコオイムシの識別については、非常に難解である。

このような状況から、北海道・本州・四国・九州までの日本広域のコオイムシ類、さらには韓国産のコオイムシ類を採集し、形態的比較検討、および分子系統解析をおこなった。まず、コオイムシとオオコオイムシの種としての独立性についての検証したところ、形態の総合的評価でコオイムシとオオコオイムシとに識別された種間において、ミトコンドリア遺伝子 16S rRNA 領域 (432 bp)、COI 領域 (658 bp) および核遺伝子 Histone 3 領域 (328 bp) のいずれの塩基配列の比較からも、大きな遺伝的差異が認められた。さらに、韓国で採集されたコオイムシおよびオオコオイムシも追加して、形態学的研究、および分子系統地理学的研究をおこなった。

日本広域および韓国のコオイムシ (122 個体/64 地点) およびオオコオイムシ (56 個体/34 地点) について、ミトコンドリア遺伝子 COI 領域を解析した結果、コオイムシについては 3 つの主要クレードから、オオコオイムシについては 4 つの主要クレードから構成されることが明らかになった。さらに、分布域が広くオーバーラップし、同定が困難であるほどに形態が酷似し、かつニッチもかなり重複する同属の近縁な 2 種間において、それらの遺伝的構造は全く異なるものであることが私たちの研究から明らかとなった。これは、互いに異なる、対照的な進化史を経ながら、現在のような分布や形態、生態をもつに至ったことを示すたいへん興味深いものである。そして、遺伝的構造が大きく異なる種内クレードのうちのいくつかにおいては、山岳形成が遺伝的構造の分化 (i.e., 遺伝子流動の分断化) に大きく関与していることが示唆された。

山岳棲昆虫スカシシリアゲモドキの形態的多型獲得における複雑な進化史
(昆虫綱: シリアゲムシ目, シリアゲモドキ科)

○鈴木 智也 (信大院・総合工学系)・鈴木 信夫 (日本女子体育大)・町田 龍一郎 (筑波大・菅平センター)・東城 幸治 (信大・山岳研)

日本の山岳域に生息するシリアゲムシ目昆虫の一種、スカシシリアゲモドキ *Panorpodes paradoxus* (シリアゲモドキ科) は、体色やメスの翅の模様にたいへん多様なパターンがあることが知られている。さらに、中部山岳域や東北 (青森県) の個体群では、高標高域においてメスの翅が短くなる「短翅型」の存在が知られている。これらの「短翅型」スカシシリアゲモドキは翅の長さが短いことに加えて、「長翅型」よりも (1) オスの触角が長いこと、(2) 下付器 hypandrium 上縁の黒化した部分が丸みを帯びること、(3) メスの体色が濃褐色であること (長翅型では黄色が一般的)、(4) メスの翅には斑紋があり、その斑紋パターンが長翅型とやや異なること (長翅型のメスでは無斑紋タイプも多く存在するが、短翅型では必ず斑紋がある)、(5) オスの翅にも若干の斑紋があること (翅に斑紋がある長翅型のオスは極めて稀) など、翅形質以外にも多くの形態形質が異なることから、「短翅型」は高標高域に適応した別種である可能性も示唆されてきた (市田, 1990)。以上のことから、スカシシリアゲモドキの長翅-短翅型個体間には遺伝的な差異があるのか否か、そして他の様々な形質を有する個体間においても遺伝的な差異があるのか否かを確かめるため、遺伝子解析を行った。

この結果、長翅型-短翅型がそれぞれ単系統群を構成することにはならなかった。また、体色や翅の模様パターンがよく似た個体同士が単系統群を構成することもなかった。さらに、同地域の長翅型と短翅型がそれぞれ別々に単系統を構成することはあるものの、同地域の長翅-短翅型で単系統を構成することはなかった。

以上のように、スカシシリアゲモドキに認められる形態多型は複雑な進化史をもつことが明らかとなった。本種においては翅長に多型が認められるが、シリアゲムシ目全般には長翅型が一般的であるため、本種における短翅型が派生的形質であると推察されるが、これらのタイプが系統進化において多系統的に分化していること、また同時に、短翅型においては長翅型よりも体色が濃く、翅斑が多い傾向がみられること、これら派生的タイプは高標高域において認められることから、寒さや強風、強い紫外線などに対して適応的な種内の「エコモルフ ecomorph」と言えるかも知れない。

オブジェクトベースを用いた高山植生の分類

—北アルプス常念岳を事例として—

井澤信太（信州大学農学部森林計測・計画学研究室）

・加藤正人（信州大学農学部森林計測・計画学研究室）

I 背景と目的

オブジェクトベース分類は、画像の高分解能にともなって発生したノイズを抑えるほか、より人間が認識したような分類が可能とされている。これらの特徴から、植生図作成や林相区分に特に有効な手法とされている。しかしながら、segmentationにおけるパラメータの設定によって分類結果が大きく変化すること、これまでの研究事例は少なく特に高山植生を対象としたものはほとんどないことも利用への大きな課題となっている。

そこで本研究では、オブジェクトベース分類によって高山植生の分布を把握することを目的とした。この際パラメータの設定と分類結果にどのような関係性がみられるのかを検証した。

II 材料と研究方法

調査地は長野県西部、北アルプス東端に位置する常念岳(2857m)とした。画像は2008年林野庁撮影の3バンド・分解能50cmの航空写真、画像分類ソフトはDefiniens Professional5を使用した。

segmentationでは、SP・shape・compactnessの各パラメータにおける違いを検証するため、3パターンずつ変化させた。SPは50・150・250、shapeは0.1・0.5・0.9、compactnessは0.1・0.5・0.9にそれぞれ設定した。これらの画像に教師として現地踏査データを用い、教師付き分類であるNearest neighbor classificationによって植生分類画像を作成した。

III 結果と考察

総合精度は、shape0.5が76%と最も高く、SP250が57%と最も低い結果であった。他の設定では総合精度はほとんど変化せず64~69%であった。植生別の分類精度とパラメータの関係性を見ると、ハイマツはSP、高山草本はSP及びshapeと関係性がみられた。いずれもパラメータの値が大きくなるにつれて精度が低下していた。compactnessにおいてはいずれも精度が変わらず、影響が小さいことがわかった。しかし精度が同一であった場合でも、分類画像に差異がみられた。これらの原因はスペクトル特徴量をオブジェクト内で平均化していることによって、わずかな形状の変化でも結果に差異が現れてしまったためである。そのため、結果を正當に評価するためには、精度の算出を群落単位でおこなうことが可能なこれまでとは違った方法が必要である。これによって適切なパラメータの設定が行え、さらなる精度の向上が期待できる。

またスペクトル特徴量の平均化によって、従来の分類手法にはなかったような誤分類が発生した。例えば、ハイマツと草本が混合したオブジェクトの輝度値が、広葉樹のオブジェクトの輝度値と近似してしまい、広葉樹として分類されるといったことが発生した。さらに、群落の小さい植生は周囲の他の植生群落のオブジェクトに取り込まれやすく、特に常念岳においては群落の小さい草本に対しては分類が困難であった。反対に、一つの群落の大きいハイマツに対しては良好な結果を得る事ができた。

IV 課題と展望

今後は、パラメータの設定パターンを本研究より増加させることでより最適な設定値を求めていくこと、現存植生図などを利用した面的な精度評価方法を新たに開発することが必要である。また、従来の解析手法との分類結果の比較もおこなっていきたい。

複数の衛星画像による上高地の植生解析の比較

成瀬真理生（信州大学森林計測・計画学研究室）

・加藤正人（信州大学森林計測・計画学研究室）

I 背景・目的

山岳地域において現地調査を行い、植生を把握することは、規模・急傾斜・調査地までの道のりなど、多くの時間と労力を要する。このような負担を軽減するツールとして、上空から調査地を撮影するリモートセンシング技術がある。近年では多くの地球観測衛星が打ち上げられており、その技術の発展に伴い、より高解像度で多様な情報を取得できるようになっている。そこで本研究では、山岳地域の上高地において、高解像度の衛星画像を用い、どのスケールで植生を把握することができるのかを解析した。また、複数の画像を比較することにより、植生分類に有効な画像について考察を行った。

II 材料・方法

本研究の調査地は上高地の大正池・焼岳・西穂高岳・霞沢岳を結んだ範囲で、標高は約1500mから3000mである。解析に使用した画像は2009年11月17日に衛星Geo-eye1によって撮影されたもので、解像度は青・緑・赤・近赤外の各バンドが1.64m、パンクロマティックが0.41mとなっている。

解析に使用したデータは青・緑・赤・近赤外画像を合成した4バンド画像、ERDAS IMAGINE 8.6を用いて4バンド画像とパンクロ画像から作成したIHSパンシャープン画像、4バンド画像を引き伸ばしパンクロ画像と合成した5バンド画像の3種類である。これらの画像を現地踏査で得た植生情報を元に、MultispecWin32によって教師付き分類を行い、解析結果を考察した。

III 結果・考察

解析の結果を表1に示す。まず、4バンド画像の結果では個々の群落でも計7群落で分類精度が90%以上と良好であったが、カラマツ・亜高山林・幼齢カラマツは80%前後と、7つの群落に比べて分類精度が低かった。これは今回使用した画像が、落葉期に撮影されたものであり、この3群落は共に落葉樹であることから、互いに誤分類を起こしているためと考えられた。また、3群落と同様にダケカンバも落葉しているが、こちらの分類精度は高かった。上高地の山腹では、下層植生としてササが繁茂しており、ダケカンバ林もササに覆われている。そのためダケカンバの幹枝とササが合成された輝度値となり、落葉性群落と分けることができたものと考えられた。

3つの画像のKappa係数を比較した結果、4バンド・5バンド画像に比べ、パンシャープン画像の値が低いことがわかった。IHSパンシャープン画像は、画像を合成する際に、元の画像の輝度値が書き換えられ、特に影となっていた北向き斜面は輝度値の変化量が他の場所に比べ多かったためである。分類スケールとしては、パンシャープン画像・5バンド画像は解像度が0.41mと4バンド画像の1.64m対して高解像度であるが、どちらの画像も単木単位での植生分類はできなかった。この理由として、樹種を分類する際に有効とされている近赤外線輝度値が、解像度1.64mに由来するものであるためと考えられた。

表1 植生分類結果

精度(%)	針葉樹	カラマツ	ダケカンバ	亜高山林	幼齢カラマツ	溪畔林	ササ	草本	湿性植物	Kappa係数
4バンド	96.4	79.8	96.8	81.0	80.0	91.6	98.2	96.4	95.0	88.9
パンシャープン	70.2	69.6	80.1	69.8	69.6	98.1	95.8	93.1	93.3	78.3
5バンド	97.5	74.9	96.3	75.8	75.7	86.9	97.4	96.0	88.5	85.8

ラジコンヘリコプターを用いた信州大学農学部構内演習林林分材積推定について

○松尾好高・加藤正人（信州大学農）

I 背景・目的

ラジコンヘリコプターには高機動性・高解像度画像の容易な取得といった長所がある。さらに、今回使用した Falcon は自律飛行が可能で、急傾斜地や災害地で作業者の安全を考慮した調査が行える。しかしながら現在、Falcon で森林材積を推定した前例は無い。

本研究では、Falcon で撮影した高解像度画像を用いて、現地データが十分に存在しない林分を対象に、現地調査の省力化を考慮して、現地調査データを極力利用しない高精度な材積推定を行うことを目的とした。

II 研究方法

信州大学農学部構内演習林のカラマツとヒノキの純林に対して、プロットを設置し Falcon で撮影した高分解能画像と、それを元にした DSM 画像を用いて材積推定を行った。

ラジコンヘリコプターにより撮影された画像は分解能 5 cm の可視光のものである。この画像から、高さ情報を含んだ DSM データを取得した。これらを用いて、以下の 2 種類の方法で推定した。一つ目は、森林簿から得た林齢と、リモートセンシングにより得た立木密度と樹高データを密度管理図に通して材積を算出する方法。二つ目は、現地調査で DBH と樹高の回帰式を求め、リモートセンシングから得た樹高データをその回帰式を用いて全立木の DBH と樹高を幹材式に通して、材積を算出する方法である。このどちらの推定方法がより現地調査の値に近づくか検証した。

III まとめ・考察

現地調査データで求めた材積と、上記の方式の推定により算出された 2 つの材積推定値をそれぞれ比較し、表-1 に示した。結果として、95%以上の値を示す箇所も見られたが、その中でもヒノキプロット 1 は、92.6%という結果となった。ここは、樹高と上層木立木密度の RS 抽出精度が他のプロットより低かった。推定方法 1 ではこれら二項目を回帰式に代入するため、材積推定精度に影響したものと考えられる。推定方法 2 の中では、ヒノキプロット 2 が最低の値を示した。この原因として、人工林密度管理図に上手く適合しなかったためと考えられる。人工林密度管理図は、林齢と樹高を用いて、合致する地位級のものを探し、適合させて利用する。この際、適合された条件の樹高と RS 樹高に他のプロットより大きな差が生じた。それにより、密度管理図を用いた推定値と真値に差が生じたと考えられる。今回使用した人工林密度管理図は長野県内の全域を対象とした樹種別のものであるため、地域によって異なる気象や土壌組成を考慮されていない。尚、ヒノキプロット 2 における RS 樹高は真値に対して 99.5%の精度を示しており、RS 樹高の値に問題があるとは考えられない。また、本研究は 2010 年に行われた、同一プロットを対象として行われた従来の航空機レーザーによる推定と比較しても良い精度が出すことができた。

表-1

プロット	現地調査	リモートセンシング		航空機レーザー
		推定方法 1	推定方法 2	
カラマツ 1	23.73	24.27(97.7%)	24.06(98.6%)	29.83(74.3%)
カラマツ 2	30.41	29.49(96.9%)	28.69(94.3%)	40.66(66.3%)
ヒノキ 1	25.38	27.24 (92.6%)	25.69(98.8%)	
ヒノキ 2	32.15	33.33(96.2%)	28.56(88.9%)	

絶滅危惧シジミチョウ類の個体群導入に関する研究

江田慧子・中村寛志（信州大学農学部 AFC）

信州大学農学部 AFC 昆虫生態学研究室では絶滅危惧種シジミチョウ類であるオオルリシジミとミヤマシジミの再導入を行い、個体群が回復したのでその経緯を報告する。

オオルリシジミは環境省 RDB で絶滅危惧Ⅰ類に指定され、長野県内では安曇野市・東御市・飯山市の 3 ヶ所にしか生息していない。安曇野では 1995 年から保護団体が国営アルプスあづみの公園の用地内で毎年約 400 の蛹を放蝶していたが、定着せずに次世代で絶えてしまっていた。そこで 2006 年に生命表調査を行った結果、卵期の死亡率が最も高くその中でもメアカタマゴバチによる卵寄生が 60% 以上であることが明らかになった。このメアカタマゴバチの発生を抑制する手段として野焼きを提案した。オオルリシジミが回復している東御市では野焼きを行っているが、安曇野では国有地であるため野焼きを行われていなかった。また野焼きを行う春は、メアカタマゴバチは他の鱗翅目の卵に寄生した状態で越冬しており、野焼きは鱗翅目の卵ごと焼き、メアカタマゴバチの個体数を減少できると考えらる。オオルリシジミは土の中で越冬しているので野焼きの影響を受けない。以上のことから安曇野でも 2008 年から春先の野焼きを行い、生息環境の改善を試みた。すると、2010 年の幼虫調査で 24 個体の終齢幼虫が確認されたため、2011 年は初めて放蝶を行わないことにした。その結果、15 年ぶりにオオルリシジミの自然発生が安曇野保護区で確認された。終齢幼虫も 26 個体が確認されたため来年も放蝶する必要はないと考えられる。



自然発生したオオルリシジミ



越冬明けのミヤマシジミ幼虫

一方ミヤマシジミは環境省 RDB で絶滅危惧Ⅱ類に指定されているが、長野県内では安定した産地が存在する。2004 年まで信大農学部構内に生息していたが、過度な草刈りにより食草であるコマツナギが減りミヤマシジミは絶滅した。そこで 2007 年から構内に 3 ヶ所の保護区を設定し、コマツナギの植栽などの生息環境の整備を行った。コマツナギが成育してきたため 2010 年にメス成虫を人工産卵させて個体群回復実験を行った。1 化目は 176 卵を産卵させ、成虫発生（2 化目）が 4 個体確認されたが、交尾・産卵行動が見られず、その後卵や幼虫も確認できなかった。そこで 2 化目では 1 化目の時よりも多い 702 卵を産卵させ、その後 20 個体の成虫発生（3 化目）が確認された。2011 年には個体群を導入せずに越冬した幼虫が発見され、無事 1 化目の成虫を確認することができた。さらに成虫の交尾・産卵も確認され 2・3 化目と順調に発生したことから個体群が定着したといえる。

絶滅危惧種ミヤマシジミの餌選択と産卵選好性に関する研究

尾崎絵理・江田慧子・中村寛志（信州大学農学部 AFC）

ミヤマシジミ *Lycaeides argyrognomon* は、鱗翅目シジミチョウ科に分類される開翅長 2～3cm のシジミチョウである。環境省 RDB では絶滅危惧Ⅱ類に指定されている。絶滅危惧種化してしまった背景の一つとして、農業形態の変化によって食草であるマメ科のコマツナギが急激に減少してしまったことが挙げられる。本研究はミヤマシジミの保護活動を行う上で、その基礎的データとなる生態学知見を得ることを目的として食草に関する室内実験を行った。

① ミヤマシジミ幼虫の餌選択実験

ミヤマシジミ幼虫の食草はコマツナギのみとされている。現在までにコマツナギ以外の植物を摂食するという報告がいくつかあるが、明確ではない。そこで、本研究では食草がコマツナギのみかを確かめるために 10 種のマメ科植物を幼虫に与えた。その結果を表 1 に示した。シロツメクサ、エダマメの葉、ナヨクサフジ、クサフジは摂食し、成虫まで成長することができた。しかし、蛹体重と前翅長を見ると、エダマメの葉以外はコマツナギと比べて有意に小さくなった。次にエダマメの実、ツルフジバカマ、メドハギ、ヤマハギは摂食するものの、成虫まで成長することができなかった。ネムノキ、アカツメクサ、インゲンマメは全く摂食しなかった。

② ミヤマシジミ母蝶の産卵選好性実験

幼虫の餌選択実験により、コマツナギ以外の植物も摂食することが明らかになった。また本研究は外来コマツナギで正常に成長することを明らかにしている。しかし、野外ではこちらの植物を幼虫が利用している例は見られない。そこで、母蝶が食草選択を行っているという仮説のもと（実験 1）同一個体の母蝶が在来コマツナギと外来コマツナギとクサフジに産卵するか。（実験 2）在来コマツナギと外来コマツナギを同じ空間にいとどちらに多く産卵するかという 2 種類の産卵選好性実験を行った。その結果実験 1 ではクサフジには全く産卵しなかった。外来コマツナギには産卵したものの、在来コマツナギに比べ産卵数は少なかった。実験 2 では外来コマツナギ(12.3%)より在来コマツナギ(87.7%)に多く産卵することが明らかになった。よって、母蝶が在来コマツナギのみを選好して産卵していることが示唆された。

表 1 植物別の蛹化数・羽化数・生存率

植物名	供試数	蛹化数	羽化数	生存率
メドハギ	26	0	－	0.0%
ハギ	32	0	－	0.0%
クサフジ	22	12	10	45.5%
ナヨクサフジ	32	20	19	59.4%
ツルフジバカマ	30	0	－	0.0%
エダマメ(葉)	18	8	8	44.4%
エダマメ(実)	19	0	－	0.0%
ネムノキ	12	0	－	0.0%
シロツメクサ	24	0	5	20.8%
アカツメクサ	30	0	－	0.0%
インゲンマメ	40	0	－	0.0%

信州大学農学部西駒演習林におけるシデムシ群集の垂直分布 黒崎孝文・古屋諒・森谷浩之・中村寛志(信州大学農学部 AFC)

【はじめに】

シデムシ類は、コウチュウ目 (Coleoptera) シデムシ科 (Shilpidae) に属する昆虫で、地表性昆虫の中でも動物の死骸を食べる腐食性である。飛翔による長距離移動を頻繁に行わない地表性昆虫では、地理的隔離による種分化が起こりやすく、それぞれの種は特定の環境に依存している。そのため森林管理と地表性昆虫相の比較など、その生息地域の環境を評価する指標生物として用いられている。本研究はシデムシを指標種とした山岳域の環境モニタリングの基礎データとして利用するため、西駒演習林を中心とした地域について、標高別のシデムシ相を調査した。

【材料と方法】

長野県伊那市内の萱にある
小黒川キャンプ場 (標高
1050m) から信州大学農学部
附属アルプス圏フィールド科学
教育研究センター西駒ステー
ション演習林 (以下西駒演習
林) の標高 2100m 地点までの



範囲で、標高 200m ごとに全 6 ヶ所の調査地点を設けた (上図)。調査期間は 2008 年と 2011 年の 6 月から 10 月にかけて、各年 5 回の調査を実施した。シデムシの捕獲には、プラスチックカップ大 (直径 8.3cm, 深さ 11cm) と小 (直径 8cm, 深さ 8.5cm) を重ねたものをトラップとして、それぞれの調査地点に 5 個ずつ設置した。トラップには誘引用のベイトとして鶏肉を使用した。

【結果】

今回の調査でモンシデムシ亜科 8 種、ヒラタシデムシ亜科 5 種、ツヤシデムシ亜科 1 種の 14 種が確認され、2008 年は 447 個体、2011 年は 307 個体が採集された。また長野県レッドデータブックの絶滅危惧Ⅱ類が 2 種 (ビロウドヒラタシデムシ、ベッコウヒラタシデムシ)、準絶滅危惧種が 3 種 (ツノグロモンシデムシ、ヒロオビモンシデムシ、マエモンシデムシ、ヒメモンシデムシ) 確認された。垂直分布は表 1 のようになり、2008 年と 2011 年ともに確認した種を広範囲、高標高、中標高、低標高の 4 つの分布型に分類することができた。

西駒演習林における標高別のシデムシ捕獲数 (2008 年)

種名	分布 区分	捕 獲 数						
		ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	計
ヨツボシモンシデムシ	広範囲	16	29	13	7	1	0	66
ビロウドヒラタシデムシ	広範囲	13	50	9	1	9	0	82
ヒロオビモンシデムシ	広範囲	2	8	20	9	8	1	48
マエモンシデムシ	広範囲	0	1	16	2	5	11	35
ホノヒラタシデムシ	広範囲	1	0	12	8	36	20	77
ヒメクロシデムシ	広範囲	0	0	2	10	16	36	64
ツノグロモンシデムシ	高標高	0	0	0	0	7	13	20
ヒメモンシデムシ	中標高	0	2	3	4	0	0	9
オサシデムシ	中標高	0	0	0	1	0	0	1
オオヒラタシデムシ	低標高	24	0	0	0	0	0	24
クロボシヒラタシデムシ	低標高	7	0	0	0	0	0	7
ベッコウヒラタシデムシ	低標高	2	0	0	0	0	0	2
コクロシデムシ	低標高	7	0	0	0	0	0	7
クロシデムシ	低標高	0	5	0	0	0	0	5
合計		72	95	75	42	82	81	447

南北アルプスの稜線とお花畑のチョウーモニタリングサイト 1000 高山帯調査ー 山根 仁・江田慧子・中村寛志(信州大学農学部 AFC)

日本列島には緯度や標高、四季によって様々な環境で育まれた多くの動植物が生息している。しかし近年では、地球温暖化や人間の生活様式の変化によって生態系が大きな影響を受けている。種の絶滅や南方系種の分布域北上などが代表的である。そこで環境省がこれらの自然環境の変化をいち早く捉え、保全施策へ反映させる目的で環境調査プロジェクトが「モニタリングサイト 1000」を実施している。本研究室では高山帯チョウ類群集調査を担当している。

調査地として北アルプス蝶ヶ岳と南アルプス北岳を設定した。蝶ヶ岳は長野県安曇野市に位置する標高 2677m の高山で、春の雪形がアゲハチョウに見えることからその名がついた。一方北岳は山梨県南アルプス市に位置する日本百名山の一つで、富士山に次ぐ標高 3193m の高峰である。キタダケソウなどの固有の高山植物が見られ、ライチョウも生息している。調査は両地域ともにお花畑で定点観測、稜線沿いでトランセクト調査を実施して、チョウの種名と個体数を記録した。蝶ヶ岳の定点観測は午前8時から1時間ごとに15分間、北岳では午前7時から1時間ごとに30分かけてお花畑を往復して調査した。また同時に天候、気温、照度、風速を測定した。調査は蝶ヶ岳で2010、2011年の7月と8月に、北岳では2009～2011年にかけて8月に行った。

調査の結果、蝶ヶ岳では6科15種162個体、北岳では5科16種895個体が確認された。両地域で高山チョウが確認され、2010年7月の蝶ヶ岳のトランセクトではタカネヒカゲが全個体数の68.8%、北岳のトランセクトでは毎年ベニヒカゲが90%前後を占めていた。そのため多様度は低くなっていた。また、出現生息区分別(図1)、分布型別(表1)、科別(表2)に見ると北方系であるシベリア型種やタテハチョウ科、高原性種が多く見られたため、今後は温暖化によって高山・高原性のチョウおよび北方系種の種数・個体数がどのように変化するかをモニタリングしていく必要がある。さらに、1日のうちでも気候条件がめまぐるしく変化する山岳域において効率的な調査手法を検討する必要がある。

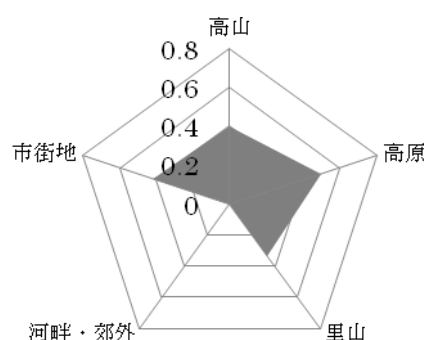


図1 北岳の生息区分別
RI 指数レーダーチャート

表1 分布型別種数割合

分布型	種数	%
シベリア	9	45
ウスリー	2	10
日本	1	5
マレー	4	20
ヒマラヤ	1	5
未分類	3	15
合計	20	100

表2 科別種数割合

科名	種数	%
アゲハチョウ	2	10
シロチョウ	3	15
テングチョウ	0	0
マダラチョウ	1	5
シジミチョウ	1	5
タテハチョウ	9	45
ジャノメチョウ	3	15
セセリチョウ	1	5
合計	20	100

温帯アカマツ林における6年間の外生菌根バイオマス変動と気象因子の関係

岡田慶一(信大農)・山田明義(信大農)

はじめに

森林の地下部における炭素循環については未だに不明な点が多く残されている。近年の土壌呼吸量や炭素同位体比の解析から、樹木根と共生する外生菌根菌が、地上部と地下部をつなぐ炭素動態に大きな役割を果たすことが示唆されているが、外生菌根バイオマスについては既知の情報が少なく、数年に渡る長期的な調査例は世界的にも皆無である。また、外生菌根バイオマス動態と気温や降水量などの気象因子との関係を明らかにすることは、森林の地下部における炭素循環メカニズムの解明や炭素動態の予測に貢献すると期待される。本研究では、アジア温帯域における典型的な外生菌根性樹種であるアカマツの林分において、外生菌根バイオマスを6年間継続調査し、その変動パターンと気象因子との関係を解析することを目的とした。

方法

外生菌根バイオマスの経時変動調査は、信州大学農学部構内の40-50年生アカマツ林で行い、20m×20mプロットを設定した。2003年5月から2009年6月まで調査を行い、月ごとにプロット内のランダムな位置から土壌コア(5×5×10cm)を7つ採取した。各土壌コアの中からアカマツの生きた菌根と細根(直径<2mm)を全て採取し、乾燥重量を測定した。宿主樹木の年生長量を評価するため、プロット内のアカマツの年輪幅を測定した。気象データは、調査地近隣の気象庁伊那観測所における月降水量、月平均気温、月日照時間の各データを参照し(気象庁: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>), 各年の平均バイオマスと同年および前年の気象因子との相関関係を解析した。

結果と考察

6年間の調査における傾向として、温帯マツ林における外生菌根バイオマスは年スケールで大きく変動することが示された(図参照)。また、菌根バイオマスの年平均値は、アカマツ地上部の成長期や光合成生産量の最盛期にあたる当年の春から夏(4~9月)にかけての降水量と正の相関を示し、地上部の成長期から休眠期への移行期である前年の秋(8~11月)の降水量と負の相関を示した。対照的に、年輪幅は調査期間を通じて安定していた。これより、外生菌根バイオマスの変動は主に降水量の影響を受けていることが示唆された。この変動のメカニズムとして、降水量の変動が宿主樹木から菌根への炭素配分を減少させたことと、土壌環境因子に反応して菌根菌の根外菌糸バイオマス生産が低下したため菌根バイオマスも生産が低下したことが仮定された。

(連絡先: 岡田慶一
okei117.829@gmail.com)

キーワード

外生菌根バイオマス, 降水量, 経時変動, 炭素動態, アカマツ

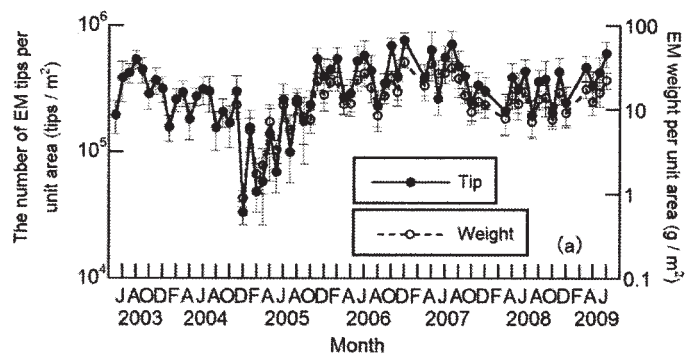


図. 調査プロットにおける6年間の外生菌根チップ数と重量の推移

閉鎖林冠下に生育するヒノキとサワラ後継樹の樹冠形

川谷尚平 (信大院農)・小林 元 (信大AFC)・清野達之 (筑波大・生命環境)

ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) とサワラ (*Chamaecyparis pisiifera*) は同じヒノキ属に属する近縁種であるが、その更新様式には違いがある。ヒノキは実生でのみ更新するが、サワラは実生以外にも伏条枝による栄養繁殖が可能である (1)。(2) は老齢の天然林において、ヒノキとサワラ後継樹の樹冠形を閉鎖林冠下とギャップ下で比較した。その結果、サワラ後継樹はヒノキ後継樹と比べて生枝下高が低く、閉鎖林冠下では枝の角度を下げて伏条更新に適した樹冠形を示すことを明らかにした。本研究では、このようなヒノキとサワラ後継樹の樹冠形の違いが壮齢の人工林でも観察出来るか検討した。

本研究は、信州大学農学部附属構内演習林1～7林班で行った。調査地は、ほぼ水平な平地林である。2011年6月に、樹高1m以上4m以下のヒノキとサワラ後継樹を62～67年生のヒノキ・サワラ人工林と、その周囲のスギおよびカラマツ人工林から選定した(ヒノキ後継樹167本、サワラ後継樹63本)。ヒノキ・サワラ人工林は間伐後十数年を経過しており、林分は閉鎖していた。後継樹の樹高、生枝下高、地際直径、樹冠直径および枝角度を測定した。樹冠直径は、最大直径とそれに直行する2方向を測定し、平均値を求めた。枝角度は主幹から分岐する枝の下側の角度とし、最下端の枝を含む3本の枝で測定した。主幹頂端および枝角度の測定を行った枝の先端において、光量子束密度を測定した。同時に林外の開けた場所で全天の光量子束密度を測定し、相対光量子束密度を求めた。光量子束密度の測定は8月の曇天日に行った。

樹高と生枝下高は、ヒノキがサワラより有意に大きかったが ($p<0.001$)、地際直径と樹冠直径には両樹種で有意差は認められなかった。枝角度はサワラがヒノキより有意に大きく ($p<0.001$)、(2)の報告と逆の結果となった。樹冠の形状比(樹冠直径を樹高で除した値)は、サワラがヒノキより有意に大きく ($p<0.001$)、サワラはヒノキより横広りの樹冠形を示した。樹冠長率(樹高から生枝下高を差し引いた値を樹高で除した値)は、サワラがヒノキより有意に大きかった ($p<0.001$)。

生枝下高および樹冠直径を樹高と回帰し、樹高が大きくなるにしたがって樹冠形がどのように変化するか調べた。生枝下高はヒノキ、サワラともに樹高と正の相関を示し、両樹種とも樹高が大きくなるにしたがって生枝下高が高くなる傾向を示した。共分散分析では、サワラの直線式の傾きがヒノキより有意に小さかった ($p<0.001$)。このことは、サワラはヒノキと比べて樹高が増加しても下枝の枯れ上がりが進まず、樹冠の下層に枝を残すことを意味している。サワラ後継樹の生枝下高がヒノキ後継樹より低い本研究の結果は、(2)の天然林における報告と一致している。樹冠直径はヒノキ、サワラとも樹高と正の相関を示し、両樹種とも樹高が大きくなるにしたがって樹冠の幅が横に大きく広がる傾向を示した。共分散分析では、サワラの直線式の傾きがヒノキより有意に大きく ($p<0.05$)、サワラはヒノキと比べてより大きく樹冠が横に広がる傾向を示した。

本研究においては、サワラ後継樹は樹高が大きくなっても下枝の枯れ上がりが進まず、樹冠下層にいつまでも枝を残していた。このように樹冠下層に古い大きな枝を残すことによって、サワラ後継樹の樹冠の形状比はヒノキより大きくなったといえる。樹冠下層に枝を残す戦略は、実生更新が困難な閉鎖林冠下においては伏条更新による栄養繁殖の機会を高める上で有利に働くと考えられる(2)。しかしながら、暗い環境下で枝を枯らさず保持し続けることは、個体全体としての光合成生産には不利であると考えられる。実生による更新を期待することの困難な閉鎖林冠下では、サワラ後継樹は光合成生産の効率を犠牲にして伏条枝による更新の機会を高めていると考えられる。

引用文献

- (1) MORIYAMA, Y. and YAMAMOTO, S. (1994) Occurrence pattern and size structure of clonal patches of *Chamaecyparis pisiifera* under a closed canopy and a canopy gap in an old-growth *C. pisiifera* forest. J. Jpn. For. Soc. 76: 426-432.
- (2) YAMAMOTO, S. and MORIYAMA, Y. (1995) A comparative analysis of sapling architecture of *Chamaecyparis obtusa* and *C. pisiifera* under closed canopies and in canopy gaps. J. Jpn. For. Soc. 77: 257-278.

デジタルカメラとスキャナーを用いた ヒノキ樹冠のシュートフェノロジーおよび個葉生理活性の観測

○増井 僚(信大院農)・小林 元(信大 AFC)
山本一清(名大院生命農)・井手玲子(国環研)

植物の葉に含まれるクロロフィル(以下, chl) の濃度は光学的手法により定量が可能であり, 植物の二酸化炭素吸収能を評価する上で重要な指標となる。本研究ではヒノキシュートの chl 濃度と光合成速度を, フラットヘッドスキャナーおよびデジタルカメラで得られた画像から算出した R (赤), G (緑), B (青) 値と比較し, フラットヘッドスキャナーおよびデジタルカメラで chl 濃度と光合成速度を簡便に推定できるかどうか検討した。

信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター手良沢山演習林の4林班に植栽された26年生ヒノキ人工林を対象とし, 本調査地の斜面中腹(以下, 上部と記す)と下部に設置された林冠アクセスタワーに囲まれた3個体を供試木とした($n=3$)。斜面上部と下部における供試木の平均樹高と平均胸高直径は, それぞれ9.1mと10.93cm, および11.54mと12.8cmで, 斜面下部の個体サイズが上部より大きいことが明らかになっている。各測定は2011年5月から10月にかけて行った。供試木の陽樹冠に着生する1次シュートと3次シュートの基部から先端までの長さを, 週1回から2回の頻度で測定した。携帯型光合成蒸散測定装置(LI-6400, ライカー)を用いて, 陽樹冠における3次シュートの光飽和下の最大光合成速度を着葉状態で, 月2回の頻度で測定した($n=3$)。光合成を測定した3次シュートのフルカラーデジタル画像を, フラットヘッドスキャナー(GT-F520, エプソン)で取り込み, LiA32(フリーソフト, 山本一清作成)を用いてRGBのデジタル値を算出した。光合成を測定したシュートに隣接する3次シュートを採取して, chl 濃度の定量に供した。鱗片葉を剃刀を用いて長さ1mm程度に裁断した後, 分光光度計(V-530, 日本分光)を用いて, DMSO 法により chl 濃度を定量した。なお, 5月から6月までの chl 濃度は試料の抽出に失敗したため欠測した。試験地の遠景画像をデジタル一眼レフカメラ(EOS KISS X3, キヤノン)を用いてフルカラーデジタルで撮影した。撮影は月2回の頻度で行った。得られた画像から, タワー周辺部のデジタルRGB値をLiA32を用いて算出した。RGB値から次式を用いて2G_Rbi値を算出した。

$$2G_Rbi = (2G - R - B) / (R + G + B)$$

ここで, RとGおよびBは, それぞれ, 赤と緑および青のデジタル値である。

1次シュートは5月中旬から8月下旬にかけて, 3次シュートは5月中旬から8月上旬にかけて大きく伸長した。両シュートともに斜面下部が上部より大きく伸長した。光合成速度は, シュート伸長の旺盛な6月に大きく低下した。7月以降は増加に転じ, 10月まで高い値を示した。光合成速度もまた, 斜面下部が上部より高い値を示した。Chl 濃度も同様に, 斜面下部が上部より高い値を示した。シュートのRおよびG値は明瞭な季節変化を示し, 6月に大きく低下し, 7月に増加した後, 10月まで高い値を維持した。B値には明瞭な季節変化は見られなかった。RGBの値は0から255の範囲にあり, この値が小さいほど濃い色を示す(0は黒色, 255は白色)。本研究においては, RおよびG値はchl濃度が高く光合成速度も高い斜面下部が上部より低い値を示し, 斜面位置による光合成能力の違いを良く反映していた。一方, シュート伸長の旺盛な6月は淡い色の当年生鱗片葉が展葉するにも関わらず, RおよびG値は増加せず逆に低下した。これは, この時期にシュートの当年生以外の鱗片葉が濃緑色に変色したためであった。このように, 光合成速度が低下するシュート伸長期にRおよびG値は低下することから, RおよびG値から光合成速度の季節変化を評価することは難しいと考えられる。2G_Rbi値は5月下旬から6月下旬にかけて低下し, その後7月に増加した。以降, 9月まで高い値を維持した後, 10月に黄葉を反映して大きく低下した。2G_Rbi値もまた, 斜面下部が上部よりも高い値を示した。2G_Rbi値は総生産量(GPP)と相関を持つことが知られているが, 本研究においても斜面位置や季節による光合成速度の変動と良く一致しており, ヒノキ林の光合成能力を推定する有効な指標となると考えられる。

西駒演習林における 樹幹着生地衣類の種組成と空間分布

矢久保允也(信大・理)・田中健太(筑波大・菅平セ)・池田彬人(信大・理)・佐藤利幸(信大・理)

背景

中部山岳域は日本の中でも標高傾度が広い地域であり、そこには温帯から高山帯まで様々な気候帯に適応した生物が生育している。地衣類も例外ではなく、この地域が日本における北方系または南方系地衣類との分布の境界となっており、原色日本地衣植物図鑑の掲載種のうち5.6%ほどは中部山岳域などの制限された区域にのみ分布している。このように中部山岳域が地衣類の分布にとっても重要な地域ではあるのだが、そこに生育する地衣類についての基礎的な研究はまだ成されていない。そこで本研究は、中部山岳域に生育する樹幹着生地衣類の種組成とその空間分布がどのように変化するかを探ることを目的とした。

方法

今回の調査は信州大学農学部附属演習林である西駒演習林にて行った。演習林における植生調査、土壌調査などの先行研究が信州大学農学部演習林報告書に掲載されているために、地衣類だけでなく、他の生物種や土壌、その他の気候的要因を合わせての考察ができることが期待される。

西駒演習林には複数の登山ルートがあるが、その中でも今回の調査は桂小場～大樽小屋～西駒山荘へと抜ける一般登山道にて、標高およそ1600m～2600mの区間にわたり11のサイトを取り調査を行った。

調査は1つのサイトにて、最大で7本の樹木×2つの部位（胸高と基部）×4方位（東西南北）＝56のプロットに対し一辺10cmのコドラートをあてて着生していた種を採集し記録した。調査したプロットの合計は591であった。

結果

今回の調査の結果、ヤリノホゴケやヒメリボンゴケのように広い標高傾度で生育できる種がある一方で、ゴヘイゴケモドキやフクレセンシゴケのようにある程度限られた標高に着生する種も確認された。標高が着生地衣類の種組成に影響することは先行研究でも示されている(S. A. Pirintsos *et al.* 1995, Şule Öztürk *et al.* 2010)。

樹幹に着生する地衣類はその着生する位置が胸高と基部かで種組成が大きく変わり、基部においては特にハナゴケ属が優占していた。このことはマツ科のマツ属を用いた先行研究でも示唆されていた通りである(S. A. Pirintsos *et al.* 1993)。

また、着生地衣類のホストとなる樹種に焦点を当てたとき、ハリガネキノリやフクレセンシゴケ、センシゴケなどはホストを選び好みする傾向があるように思われた。

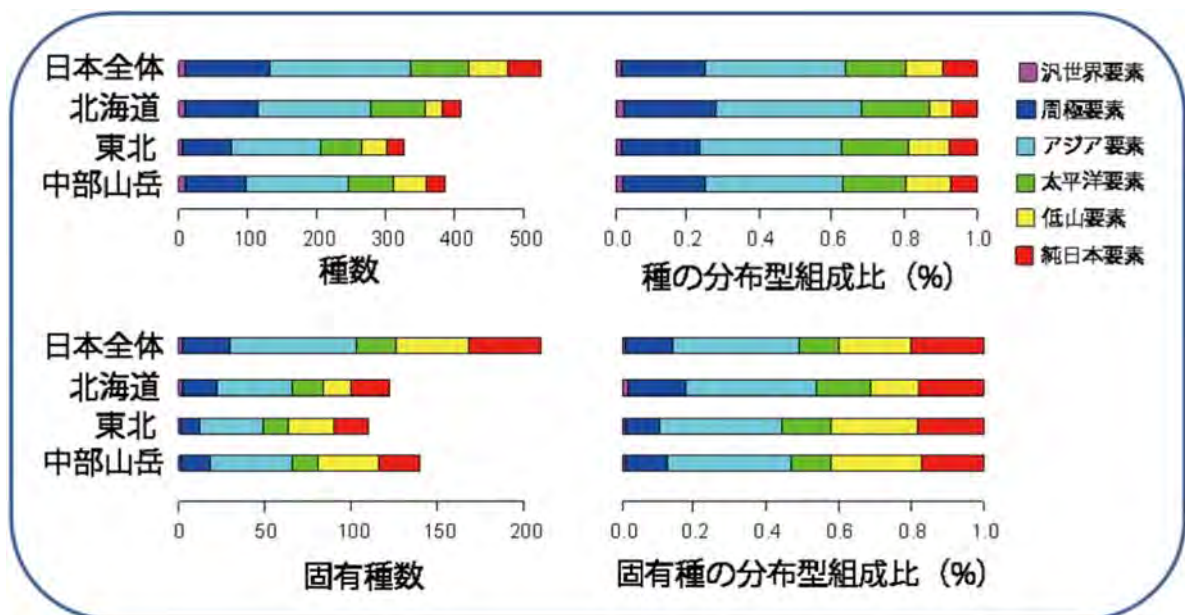
中部山岳地域の高山植物相における分布型組成

平尾章(筑波大学菅平高原実験センター)

日本列島の高山植物相は、単に北方地域に起源する植物種だけではなく、さまざまな地理的な分布パターンを背景にもった種から構成されている。清水(1983)の分布型組成分析に基づくと、日本の高山植物相は1)汎世界要素、2)周極要素、3)アジア要素、4)太平洋要素、5)低山要素、6)純日本要素に大別される。本研究では、被子植物を対象として、近年の植物分類学や植物地理学の知見に基づいて、分布型組成リストを見直した上で、北海道、東北、中部山岳の3地域および中部山岳内の主要な4山系(飛騨山脈、木曽山脈、赤石山脈、八ヶ岳)毎に出現する種および固有種の分布型組成を新たにまとめ、比較検討をおこなった。

植物種のリストは清水(1983)および清水(2002)にリストアップされたものに、近年あらたに同定された種を加え、Y-List(米倉・梶田 2003-)に基づいて、種・亜種・変種などの見直しをおこなった。次に植生誌などの各種文献に基づいて、北海道、東北、中部山岳の3地域および中部山岳内の主要な4山系別に出現する種の有無を調査した。要素区分については、GBIF(Global Biodiversity Information Facility)やPAF(PanArctic Flora)などのデータベースを用いて、国外の分布パターンの見直しをおこなった。

その結果、日本全体では 525 種の被子植物が高山植物としてリストアップされ、その約 7 割の 387 種が中部山岳地域に出現した。分布型組成比を、中部山岳、東北、北海道の3地域で比較すると、より南方の地域ほど低山要素が増加する傾向が認められた。また北方地域に起源をもつと考えられている周極要素は、北海道が他の地域に比べて若干割合が高い傾向を示した。これらの分布型組成比の傾向は、温暖化が進んだ場合の高山植物の群集構造の変化の方向性を示唆している可能性がある。



ミヤマハタザオの環境適応を担う遺伝子のスクリーニング

平尾章・恩田義彦(筑波大)・清水(稲継) 理恵(チューリヒ大)・

瀬々潤(東工大)・清水健太郎(チューリヒ大)・田中健太(筑波大)

シロイヌナズナ属野生植物であるミヤマハタザオ(*Arabidopsis kamchatica* ssp. *kamchatica*)は、標高 30m から 3000m までの極めて幅広い標高傾度に沿った分布パターンを示す。本研究では、幅広い環境傾度への適応メカニズムを遺伝的背景から明らかにするために、第二世代シーケンサーを用いて、自然選択の影響を受けた可能性のある塩基多型サイトのスクリーニングを行った。

中部山岳地域に分布する 19 の野生集団を対象とし、各集団において 20 個体から抽出したゲノム DNA を均等に含むようなプール DNA 試料を調整した。開花および被食防衛に関連する 7 つの候補遺伝子 (*GLI*, *HEN2*, *DFL2*, *GL1*, *MAMI*, *TTGI*) をピックアップし、各候補遺伝子の約 400–500bp 領域についてアンプリコン(PCR 産物)を作成し、第二世代シーケンサー (GS Junior, Roche) を用いて塩基配列を解析した。出力された塩基配列データをマッピングする際には、異質倍数体であるミヤマハタザオの 2 つの親種オウシュウミヤマハタザオ (*A. halleri*) およびハクサンハタザオ (*A. lyrata*) をリファレンスとして用い、異なる交雑親に由来する遺伝子を判別した。またアンプリコンに付加したタグ配列によって集団の識別をおこなった。

その結果、132 箇所の塩基多型サイトが検出された。非中立的な挙動を示す塩基多型サイトを。ゲノム・スキャン法を用いて探索したところ、*GL1* (ハクサンハタザオに由来するオルソログ) および *MAMI* (オウシュウミヤマハタザオに由来するオルソログ) の塩基多型サイトにおいて分断化選択の強い影響が示唆された。*GL1* はトリコームの形成、*MAMI* はカラシ油配糖体の生合成を通して、いずれも被食防衛に関与していると考えられている。今後、野外集団や移植集団を用いて、適応度と遺伝子型の関係を検証する予定である。

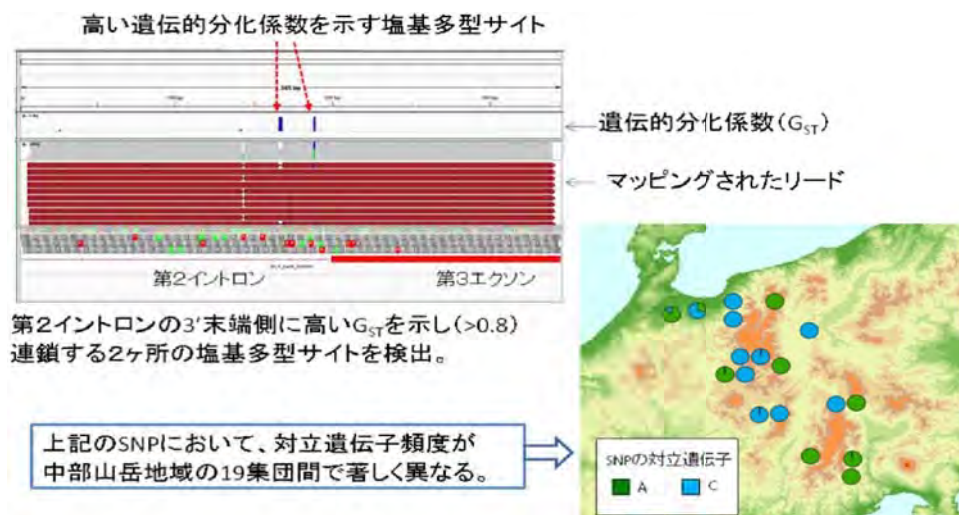


図 被食防衛に関わる *GL1* 遺伝子 (ハクサンハタザオに由来するオルソログ) における塩基多型サイト

西駒演習林・森林限界部における温暖化実験：温暖化装置の現場検証

金井 隆治・正木 大祐・田中健太（筑波大学菅平高原実験センター）

小林元（信州大学 AFC）

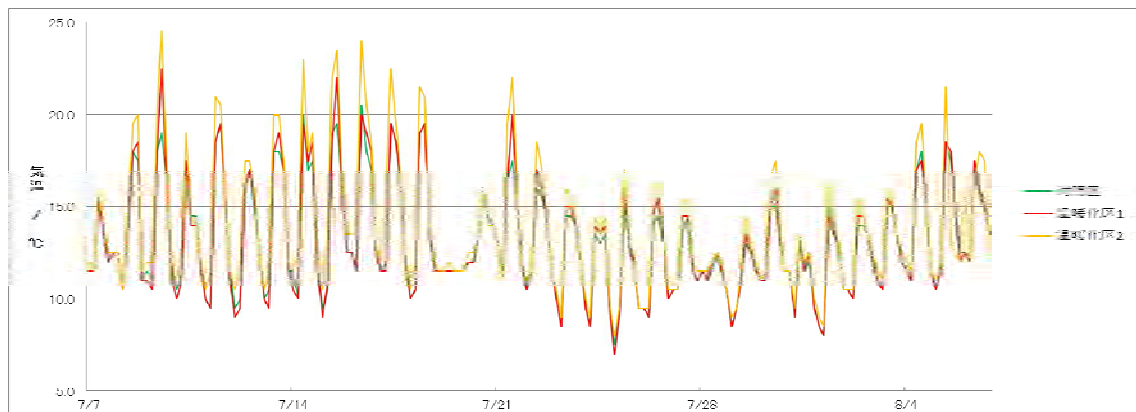
山岳森林限界部では標高が 100m 上昇しただけで、高木帯から低木帯に植生が劇的に変化する。このような場所は、わずかに温度が上昇するだけで生態系が劇的に変化する、地球温暖化に対する感受性が極めて高い生態系だと考えられている。そこで、地球温暖化の影響を解明して対策を講ずるために、山岳森林限界部での人工の温暖化実験を開始し、温暖化による生物多様性と物質循環に与える影響を追跡観測している。この温暖化実験について紹介する。

実験地は、中央アルプス将基ノ頭直下の信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学研究センター西駒ステーション演習林内の山岳森林限界部で、標高は約 2600m である。オオシラビソ帯とハイマツ帯の間、樹高 4m 前後のダケカンバの下に低木等が生えている、平均斜度 35 度の急斜面である。当初、ビニールハウス方式の温暖化装置を考えていたが、下見を行い、試作を繰り返した結果、ポリカーボネート製波板で囲い、天井に覆いのない天井開放方式の温暖化装置が完成した。2010 年 9 月に約 1 週間、実験地近くの山小屋に泊まり込み装置の設置作業を行った。1 年中波板で覆う通年温暖化区と積雪期に波板を取り外してしまう夏季温暖化区、それぞれ 5 基計 10 基の装置を設置した。

2011 年 7 月、通年温暖化区の装置の状況確認と夏季温暖化区の装置への波板を取り付けのために実験地に向かった。担当研究者との日程調整が難航し、当センターの技術職員 2 名での作業となった。倒壊している装置、上部が損傷している装置などもあったが、無傷の装置もあり、予想していた雪圧には十分耐えたが、想定外の出来事により損傷した装置もあった。通年温暖化区は 1 基、夏季温暖化区は 2 基の装置の損傷が大きく、修復が不可能なためそのまま放置、もしくは撤去した。

2011 年 9 月、積雪への対策と夏季温暖化区の装置の波板の取り外しのために実験地に向かった。冬季の雪圧や強風によりボルトの脱落やローガーフードの破損などの被害があった。ボルトの脱落はコスト面からボルト用接着剤を使用し、ローガーフードは塩ビパイプを加工・着色し使用した。他にも張り綱の強化・装置上部の枝打ちなどの改良作業を行った。同時に、撤去した装置の部品を使用し、上部が破損した装置の修復作業も行った。完全には修復できなかったが、実験地でできる限りの修復は行った。3 日間、昨年同様の山小屋に宿泊し、作業を行った。無事に回収できた温度ロガーのデータによると、装置の中では温暖化の効果があることが確認できた。

温暖化装置の開発と山岳森林限界部への設置に成功し、生物多様性と物質循環に関する様々な追跡観測を立ち上げた。初年度の冬季に装置と温度ロガーに被害が出たため、その対策を講じ、装置と温度ロガーのほとんどを復旧できた。装置によって数度の温度上昇が起きていると考えられるため、今後の追跡観測によって温暖化が山岳森林限界の生態系に与える影響が解明できると期待される。



温暖化装置の中と外の気温 高さ 1m (2011/7/7～2011/8/6)

木曽駒ヶ岳 3 年間の植生変化

下野綾子（筑波大学 遺伝子実験センター）

はじめに

1992 年に「新・生物多様性国家戦略」が策定され、日本各地の様々な生態系を長期的にモニタリングする重要性が広く認識されるようになった。環境省は全国で 1000 箇所ものモニタリングサイト設置に取り組んでいるが、アクセスの困難な高山帯サイトはいまだ 5 箇所に留まっている。本研究は、山岳地域における定量的なモニタリングデータを蓄積することを目的とし、NPO 法人山の自然学クラブ (<http://shizen.or.jp/>) との連携のもとで 2008 年に中央アルプスにおいて長期を見据えた植生モニタリングを開始した。本研究では 2008 年から 2011 年の植生変化について解析した。

方法

植生調査の方法は世界的な高山植生モニタリングプロジェクト Gloria (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments) を参考にした。

日本を代表する高山帯の 1 つである中央アルプスの三沢岳および駒ヶ岳周辺で 6 つの調査区を設置した (図 1)。①-③は高山特有の多様な植物群落を含むよう選定し 1 m×1 m の調査区を 4 つ設置した。調査区の④-⑥は、Gloria を参考に標高の異なる 3 つの山頂 (2840 m、2740 m、2700 m) に設置した。そして山頂付近の東西南北 4 方向に 1 m×1 m の方形区 4 個を設置した (図 2)。ただし、地形が急峻で調査区を設置できない斜面もあった。



図 1. 調査地の様子

1m 四方の調査区では、i) 植物の種名と被度、ii) 1 m×1 m の方形区をさらに 0.1 m きざみに区分し、その中出现する植物の種名、を記載した。あわせて調査区の 1 時間毎の地温を自記式温度計により記録した。

結果および考察

各調査方形区では 4-25 種出現し、合計 69 種記録された (表 1)。最も種多様性が高かったのは、雪解けが遅く湿性草原となっている⑤の南東斜面だった。

表 1 各調査区の概要

サイト 斜面の向き	雪どけ 時期	総種数 (H') (2008 年)	出現頻度の高い種
① 平坦	5 月 初旬	18 (2.3)	ヒメクロマメノキ、ヒメスゲ、ミヤマキンバイ、ヒメウスユキソウ、オヤマノエンドウ
② 平坦	5 月 初旬	22 (2.1)	コメバツガザクラ、ヒメスゲ、ミヤマキンバイ、ムカゴトラオノ、トウヤクリンドウ
③ 平坦	6 月 下旬	15 (1.9)	ガンコウラン、ヒメクロマメノキ、ミネズオウ、コメバツガザクラ、コケモモ、ハイマツ
④ 南東	6 月 下旬	12 (1.6)	ガンコウラン、ハイマツ、コケモモ、オオバスノキ
北東	6 月 下旬	14 (1.4)	コケモモ、ハイマツ、ハクサンシャクナゲ、オオバスノキ
南西	6 月 下旬	12 (1.5)	ガンコウラン、コケモモ、イワカガミ、オオバスノキ、ハクサンシャクナゲ、ツマトリソウ
⑤ 南東	7 月 中旬	28 (2.7)	ムカゴトラノオ、オノエスゲ、ガンコウラン、ハクサンイチゲ、キバナノコマノツメ、チングルマ
北東	7 月 初旬	13 (1.7)	ガンコウラン、アオノツガザクラ、チングルマ、イワカガミ、コケモモ
南西	6 月 初旬	12 (1.5)	ハイマツ、コケモモ、イワスゲ、ミヤマウスノケグサ、ハクサンシャクナゲ
北西	6 月 初旬	16 (1.6)	イワカガミ、コケモモ、ガンコウラン、ミヤマホツツジ、ハクサンシャクナゲ
⑥ 南東	5 月 中旬	20 (2.0)	ヒメクロマメノキ、ウラシマツツジ、イワスゲ、ヒナガリヤス、コケコゴメグサ
北東	5 月 初旬	16 (1.6)	コケモモ、ハイマツ、ヒメクロマメノキ、シラタマノキ
南西	5 月 初旬	25 (2.3)	ヒメクロマメノキ、ヒメスゲ、コメバツガザクラ、ヒメウスユキソウ、イワヒゲ
北西	5 月 初旬	21 (2.0)	ヒメクロマメノキ、ウラシマツツジ、コメバツガザクラ、イワウメ、コケモモ

1 m 調査区における出現種数は 2008 年 11.7、2011 年 12.1 と微増傾向が見られた ($p = 0.03$ 、 t 検定 図 2)。1 m 方形区における種の総出現数 (0.1 m 小方形区 100 個の各種の出現回数を足したもの) は有意に増加している傾向が認められた ($p = 0.002$ 、 t 検定 図 3)。これと相応して植比率も増加している傾向が検出された (図 4)。

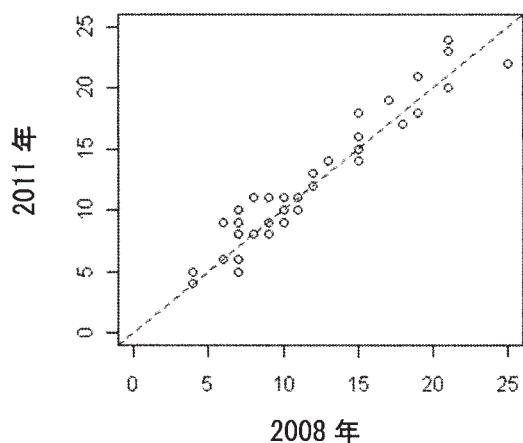


図 2. 各方形区の種数の変化

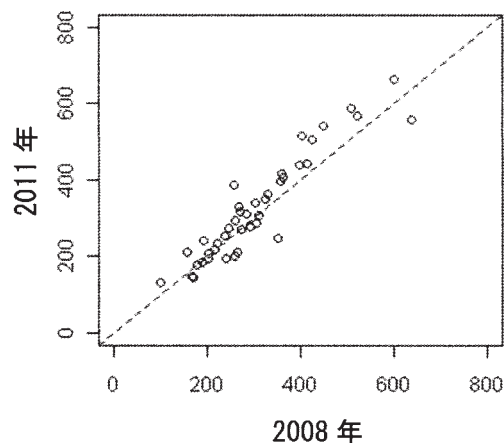


図 3. 各方形区の種出現数の変化



図 4. 各方形区の比較例。左は 2008 年 8 月 3 日、右は 2011 年 8 月 6 日 撮影

植比率が増加した原因の 1 つとして 2010 年の猛暑が考えられる。調査区の最寄りの観測所である飯田の気温データについて平年値からの差を算出したところ、2010 年 6-10 月の平均気温は平年値を 1-2 度上回る状態が続いていた (図 5)。特に 8 月後半および 9 月前半が暑く、高山植物の成長が促されたと考えられる。

3 年間という調査期間は短期の変動を見ているに過ぎない。今後の植生変化も引き続きモニタリングし、気象条件が高山植生に及ぼす影響について検討していく予定である。

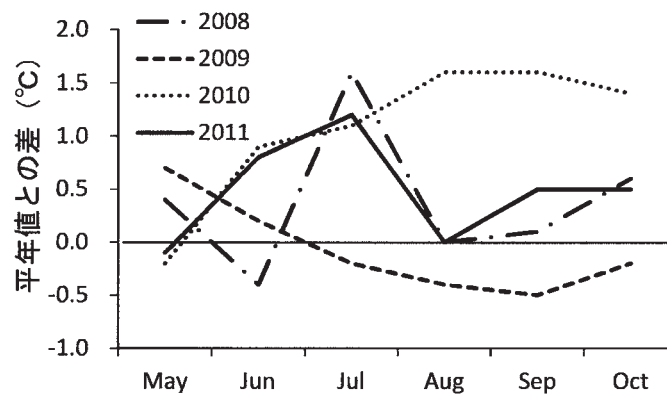


図 5. 各月の日平均気温の平年値との差

菅平高原のススキに認められた新病害の病原菌(子囊菌)について

出川洋介・鈴木亮(筑波大菅平)・鈴木智之(首都大理工学部)・細矢剛(科博植物研究部)

筑波大学菅平高原実験センター(長野県上田市、標高約1300m)では、75年にわたり敷地内の6haの区画(200×300m)で毎年秋に刈り取りを行い、実験的に草原を維持している。草原の優占種であるススキには様々な植物病原菌が寄生するが、2010年初夏、既知のいずれにも一致しない新たな病害が高頻度で確認されたことから病原菌の解明に着手した。

本病害はススキの葉の中央部、中肋沿いから周辺に向けて葉を白く枯らす点で特徴的である。白斑は6月上旬より出現し、はじめ縁や周辺部に赤い線状の病斑も伴うが、やがて葉全体が白化する。病徴は上位葉へと進展し株が矮小化することもあるが株全体を枯死させることは少ない。2011年6-7月、草原内の60×100mのエリアに1m²の6000プロットを設け、罹病頻度を調査した結果、ススキの認められた5729プロット中、2708プロット

(47.3%)において本病害が確認された。罹病葉の裏面には6月下旬から7月にかけて微小な子嚢果が現れ、8月にかけて成熟し、胞子を分散した。

子嚢果(ヒステロセシウム)は、はじめ葉の表皮下に発達し、褐色の微細な点として群生、次第に緩く隆起し、裂開して唇形に子実層を露出する。成熟にともない、子実層は盛り上がり直径1mm未満の盤状をなし、表面は灰白色で粉を吹いたようにみえる。殻皮はなく、子実層の基部には透明な多角菌糸組織が発達。子嚢は長円形で8孢子性、子嚢胞子は細い紡錘形で両端が尖り、無色、2細胞、複数の油滴を含む。側糸は先端で不規則に分枝し不定形の結晶を被る。子嚢胞子はMEA培地上で発芽し、培地に暗色の色素を浸出して腐生的に生育。培養下での分生子の形成は無かった。

以上の形態観察および培養菌株による分子系統解析の結果、本菌は、子囊菌門ズキンタケ綱(目・科所属未定)の*Naemacylus*属と同定された。本属は針葉樹、イネ科やチョウノスケソウ属等を宿主とする植物寄生菌で世界から6種が知られるが、日本からはマツ属の針葉に寄生するネマキクルス葉ふるい病菌(*N. niveus*)1種が知られている。本種は、北米より記載されたキビ属を宿主とする*N. culmigenus*に類似するが、本属の分類、生態学的検討は十分ではなく、今後、更に詳細な検討が必要である。

現段階では、本菌は上記草原以外からは未確認だが、気象条件が類似する中部山岳地帯には広く分布している可能性があり、類似の病害に気づかれた方は情報を寄せられたい。



中肋より周辺に向けて発達する特徴的な病斑(7月)



白化した罹病葉裏面に群生する成熟した子嚢果(8月)

冷温帯二次林における 植物群集の空間分布と遷移の数理的アプローチ 中河嘉明¹(筑波大学大学院)・廣田充(筑波大 生命環境)・横沢正幸(NIAES)

【導入】遷移ダイナミクスにおいて局所的な植物個体の空間分布は重要な働きをしている。しかし、遷移過程における個体の空間分布に関する従来の研究は、対象群集内の種数は少数(2~3種)である。また、同所的に複数の遷移段階の空間分布を比較した研究も少ない。そこで本研究では、まず、複数(6種)の樹木種が存在する、2つの遷移段階において、個体の空間分布を(種別に)調べた。次に、シミュレーションによって、観察されたような空間分布の形成の仕組みを個体間競争から説明すると共に、この空間分布の遷移ダイナミクスへの影響を調べた。

【方法】使用したデータは筑波大学菅平高原実験センターに設けられた調査区にて2008年に毎木調査されたものである。この調査区は針葉樹林と、より遷移の進行した針広混交林の2つの区分に分けられる。主な構成種は、アカマツ、シラカバ、ズミ、ヤマウルシ、ヤマザクラ、ミズナラである。個体の空間分布の時間変化を調べるために、クロス・ペア・コリレーション関数を使用した。観察された個体の空間分布を説明するために、シミュレーション実験を行った。

【結果&考察】両遷移段階において、ほとんどの種で種内集中分布が見られた。また、針葉樹林ではレア種ほど複数の異種間で集中分布した。針広混交林ではレア種は先駆のCOMMON種に集中分布した。シミュレーションによって、レア種の異種間集中分布とともに、針葉樹林と針広混交林におけるレア種の異種間集中分布の違いも再現できた。従来、遷移過程における個体の異種間集中分布はファシリテーションなどが原因とされてきたが、このシミュレーション結果は個体間競争を原因と考える事もまた演繹的に妥当であることを意味する。これは従来、全く考慮されてこなかった結果であるが、他の想定しうる原因(ファシリテーション、種特異的な捕食者や病原菌、種子散布、種ごとの非生物的環境の嗜好性の違い)よりも観察された空間分布を上手く説明できると考えられる。また、Getzin et al. (2006)の遷移過程において importance of competition が高いほど集中分布が見られたという報告とも整合的である。さらに、シミュレーションはレア種ほど異種間で集中分布することが、実生の定着率や生存率を高めること、群落構成種の交替を促進することも示した。このことから、観察された空間分布は遷移を促進する働きがあると考えられる。

参考文献

Getzin, S., Dean, C., He, F., A Trofymow, J., Wiegand, K. & Wiegand, T. (2006). *Ecography*, **29**, 671-682.

¹ nrj59355@nifty.com

標高万能植物ミヤマハタザオの適応機構：生態・生理・遺伝子

田中健太・恩田義彦・平尾章(筑波大・菅平セ)・山田歩(東邦大)・永野惇・山口正樹・
工藤洋(京大・生態セ)・小林元(信大・AFC)



ミヤマハタザオ(図、*Arabidopsis kamchatica* ssp. *kamchatica*、アブラナ科)は中部山岳地域の標高 30～3000m に分布する「標高万能」な多年草である。しかし、その亜種であるタチスズシロソウ(ssp. *kawasakiana*)は標高 100m 以下だけに分布する一年草である。ミヤマハタザオがどのように広い標高に適応しているのか、亜種間の標高・生活史がなぜこれほど違うのかを調べることで、植物の標高に対する適応機構と、地球温暖化が植物に与える影響に対する理解が進むだろう。また、両亜種はモデル植物シロイヌナズナと同属であり、遺伝学的研究が行いやすい。この利点を活かして、(1)野外集団における生活史と自然淘汰、(2)栽培実験による、生活史・防衛・ストレス耐性形質の遺伝的分化、(3)移植実験による局所適応の検証、(4)適応遺伝子の探索、を行っている。

(1) 中部山岳地域の 5 つの山塊で 28 のミヤマハタザオ集団にコードラートを設置し、全個体を個体識別して三年間追跡調査した。生存・成長・繁殖・食害など生活史パラメーターが標高に沿って変化しており、自然淘汰と集団維持機構が標高によって変わることが明らかになった。また、低地では一年草型の生活史を持っているのに対し、高地では典型的な多年草型の生活史となっており、同じ亜種の中でも標高によって生活史が変化していた。

(2) 集団間で形質が遺伝的に分化しているか調べるため、ミヤマハタザオ 29 集団・タチスズシロソウ 9 集団で種子を採り、共通の実験室で栽培し、生活史形質(開花タイミング・発芽タイミング・成長・個体サイズ)、防衛形質(トライコーム、カラシ油配糖体、炭疽病抵抗性)、ストレス耐性(耐寒性・耐熱性)を測定している。多くの形質が、採種地の標高に沿って遺伝的に分化していることが分かった。

(3) 形質分化が適応進化の結果なのかを検証するために、ミヤマハタザオ 12 集団・タチスズシロソウ 4 集団を大津(標高 150m)、菅平(1300m)、西駒(2700m)の三圃場に移植し、生存・繁殖・被食を二年間追跡した。西駒では、最初の冬に全個体が死亡してしまったが、残る二圃場では、圃場の標高が低いと低地出身の植物の適応度が高く、圃場の標高の高いと高地出身の植物の適応度が高いというホームサイトアドバンテージの傾向があり、適応進化が起きていたと考えられる。

(4) 亜種間、および、ミヤマハタザオの集団間で多型になるゲノムワイドに遺伝子を探索するため、ミヤマハタザオ 8 集団・タチスズシロソウ 4 集団を用いて、ゲノム・タイリング・アレイによる解析を行った。亜種間・集団間で多型になる遺伝子が 3000 以上検出され、病原抵抗性、低温誘導性、高温誘導性の遺伝子が特に多型になりやすいことが分かった。

Web 情報に基づく中部山岳域におけるヤマネの目撃状況

国立大学法人筑波大学農林技術センターハケ岳演習林 杉山昌典・門脇正史

【目的】

国の天然記念物・準絶滅危惧種であるヤマネは本州・四国・九州の山間部に生息している。詳細な分布域は環境省（2002）が聞き取り調査を基に生息分布図を公表し、中島（2006）も文献等や自身の調査資料を基に分布域を明らかにしている。また、各都道府県もレッドデータブックとして分布図を公表している。しかしその後の広域的な分布状況は調査されていない。本研究では近年 Web 上で見られるヤマネの目撃情報を検索機能で収集し、「Google マイマップ」上にシェイプ描写機能で表示した Web 情報に基づくヤマネ分布状況と、既存のヤマネ分布状況の比較を行なった。

【材料及び方法】

Web 情報は主に Google 等のインターネット検索エンジンでキーワードを複数（例：ヤマネ、冬眠）入力し検索した結果、ヤマネの写真が明瞭で他者がヤマネと断定できる個人の情報や新聞社等の報道機関が情報発信したもの、発表文献で公表している目撃情報等、確実性のある情報を集めた。上記の方法で集めた情報を発見年月日・発見状況・発見地域（住所・標高）等に区分し集計した。分布図の作成においては生物多様性センターの図化手法に習い、地域メッシュ（2次）にし表記した。

【結果および考察】

発見事例は 1995 年以降で Web 情報 607 件（個人による情報 546 件、報道・文献情報 61 件）を基に集計した。

年別では 2005 年までは年間 30 件未満に留まっていたが、2006 年から約 2 倍の 60 件以上の情報があった。これは総務省の「情報通信白書」によると、2004 年から 2006 年にかけて個人でも容易かつ気軽にブログを立ち上げることが可能になった無料ブログ数が急増し、個人による情報発信数の増加によるものと思われる。

発見状況では家屋内での目撃が 41%、野外目撃が 53%の割合になった。

月別の情報数変化では家屋内・野外共に 8 月の目撃が多くなっている。

地域別では中部地方が最も多く、その中では長野県が最も多かった。その要因の一つとして中部山岳域にはヤマネが多く棲むことが考えられる。またハケ岳・軽井沢等の別荘地や上高地等の観光地があり、多くの人がヤマネ生息地に立ち入る等人との接触の機会が多く、人の目に付きやすい場所にいたヤマネが目撃される事例が多いことが考えられる。

標高別では中部地方が 1100～1500m にかけての目撃が多く、東北・関東地方では 600～1000m、近畿・中国・四国・九州地方では 0～500m の低山帯でも目撃されている。

ヤマネは高山に棲み夜行性で昼間は日内休眠をする事が知られ、一般的に目に付きにくい動物である。Web 上でのヤマネ目撃情報を集積し活用するヤマネの分布調査は有効だと考えられる。更にデータを集積することにより、ヤマネを中部山岳域の環境変動の指標とすることが可能となるかもしれない。

糞分析によるヤマネ *Glirulus japonicus* の食性

落合菜知香（筑波大・生物資源）、門脇正史（筑波大・農技セ）

玉木恵理香（筑波大・生命環境）、杉山昌典（筑波大・農技セ）

ニホンヤマネ *Glirulus japonicus*（以下、ヤマネ）は、齧歯目ヤマネ科に分類される小型哺乳類である。一属一種の日本固有種で、国の天然記念物、準絶滅危惧種（NT）に指定されている。冬眠中は採食を断ち、排泄もほとんどしない脂肪蓄積型の冬眠動物であることが知られている。そのため、活動期における採餌は、ヤマネにとって非常に重要であると考えられる。しかしながら、ヤマネは小型で夜行性であるためその生態調査は難しい。特に食性について野外で定量的に観察した例は少なく、ヤマネの季節的食性は十分判明していない。そこで本研究では、糞分析を用いてヤマネの活動期の食性の季節変化を明らかにすることを目的とした。

本調査は長野県にある筑波大学農林技術センター川上演習林で行った。演習林内の林道・歩道沿いに設置された塩ビ管巣箱（164 個）によって個体を捕獲し、個体がいなくても糞が残っている場合は糞を回収した。採集した糞は全てポリ袋に入れて冷凍保存し、後日分析した。巣箱調査は 2011 年 5 月 31 日から 10 月 12 日まで、約 10 日間隔になるように計 16 回行った。糞分析では 60%エタノールに糞サンプルを浸して十分に解し、シャーレ上に均一に広がるようにした。10×10 の格子法にて、方眼の交点 100 ポイントに出現する内容を実体顕微鏡下で分類した。分類項目は、動物質、植物質、幼虫、花粉、種子、不明とした。季節的变化を検証するために、分類したそれぞれの項目について月ごとの出現ポイント数を比較した。

糞分析では、節足動物の脚・口器・翅、甲虫の外殻などを動物質、果皮などを植物質に分けた。また、幼虫は皮部分が残っていて識別しやすかったため「動物質」とは別項目にした。糞からは全ての期間で動物質、植物質、幼虫が出現した。限定的に出現したのは、5 月から 7 月下旬までの花粉、8 月から 10 月までの種子である。また、5 月にのみマツ属とされる特徴的な花粉が出現しており、冬眠からの覚醒直後にはマツの雄花を採食していると考えられる。動物質の量は 6、7 月にかけて増加しており、昆虫の発生量と関係していると考えられる。幼虫は今回の調査期間中の糞からはどの季節も一定量以上出現した。また、保管中のヤマネにガの幼虫を数種与えたところ、ほとんど残さずに採食したことから、幼虫類はヤマネの餌資源の中でも重要な要素になっていると考えられる。

ヤマネ *Glirulus japonicus* の休眠場所の選択

玉木恵理香（筑波大・生命環境）、門脇正史（筑波大・農技セ）

落合菜知香（筑波大・生物資源）、杉山昌典（筑波大・農技セ）

ヤマネ *Glirulus japonicus* (国の天然記念物, 準絶滅危惧種) は森林に依存した種であるため、開発による森林の減少・分断化の影響を受けていることが懸念される。ヤマネの生息地保全が必要であるが、夜行性で発見・捕獲が容易でないため野外での生態情報が少ない。ヤマネは主に樹上で採餌・日内休眠・繁殖を行うことが知られる。日内休眠に同じ場所を連続して利用することが少ないので、日内休眠場所が空間利用の上で重要だと考えられる。しかし、日内休眠場所周辺環境については十分な知見が得られていない。本研究では特に樹木に着目してヤマネの日中の休眠場所の選択性を調査した。

本調査は長野県にある筑波大学農林技術センター川上演習林（約 190ha）で行った。人工林（カラマツ等）が約 7 割、天然林が 3 割で構成されている。調査は 2010 年 6 月～10 月と 2011 年 6 月～11 月に行った。林道・歩道沿いに設置した巣箱（447 個）で捕獲し、個体識別用標識タグを取り付けて小型発信機（約 0.37g）を装着した後に捕獲した場所へ放獣した。八木アンテナと受信機でヤマネの日中の休眠場所を特定して、その特徴と位置を記録した。休眠場所を中心とする周囲樹木（ $\leq$ 半径 10m 円内）の胸高直径（DBH $\geq$ 5cm）、樹種、状態（生木または枯死木）、樹洞数を周辺環境の項目として調べた。そしてヤマネが利用した樹木と利用しなかった周囲樹木の上記項目（DBH、針葉樹・広葉樹の割合、生木・枯死木の割合、樹洞の保有率）を人工林と天然林ごとに比較した。

2010 年に 28 個体、2011 年に 24 個体のヤマネを捕獲した。2 年間で 22 個体のヤマネに発信機を取り付け、追跡できた 13 個体は延べ 52 ヶ所を利用していた（表 1）。人工林と天然林ともにヤマネは樹上と巣箱をよく利用しており、地面の利用はほとんど見られなかった。ヤマネの休眠場所としての利用と、DBH、樹洞の保有率にはそれぞれ関係があり、太い木と樹洞のある木がより利用されていた（DBH：人工林と天然林 $P < 0.01$ 、樹洞：人工林 $P < 0.0001$ 、天然林 $P = 0.04$ ）。しかし針葉樹と広葉樹の割合、生木と枯死木の割合には関係性がみられなかった。巣箱の存在も人工の樹洞とみなすと、樹洞の存在がヤマネの休眠する樹木の選択に関係していると考えられる。

表 1 ヤマネの日内休眠場所

	人工林				天然林				
	樹上 ($\geq 2m$)	樹上 ($< 2m$)	根元	巣箱	樹上 ($\geq 2m$)	樹上 ($< 2m$)	根元	丸太	巣箱
2010 オス(2)	9	1	0	3	1	0	0	0	0
メス(4)	4	0	1	1	5	1	0	0	2
2011 オス(4)	3	1	0	4	3	0	1	0	1
メス(3)	3	0	0	4	2	0	0	1	1
合計(13)	19	2	1	12	11	1	1	1	4

1 KITE 「1K 昆虫トランスクリプトーム進化プロジェクト」

ー昆虫類の高次系統の解明を目指してー

町田龍一郎（筑波大学菅平高原実験センター）

昆虫類は地球上で最も繁栄した動物群である。しかしながら、多くの研究にもかかわらず、昆虫類の高次系統に関しては議論の定まることがない。近年さかんに行われている分子系統解析においても混迷を深めている。トランスクリプトーム解析は生物を理解するうえで非常に有効であるが、脊椎動物にくらべ昆虫類のトランスクリプトーム解析はたいへんたちおけている。

このような背景から、EST 解析により昆虫類の高次系統を明らかにすることを目指す、世界 15 研究機関（ドイツ 5 機関、アメリカ 3 機関、オーストリア 2 機関、日本 2 機関、オーストラリア 1 機関、中国 1 機関、メキシコ 1 機関）による国際プロジェクト、1 KITE 「1 K 昆虫トランスクリプトーム進化プロジェクト 1KITE - 1K Insect Transcriptome Evolution」 (<https://1kite.wikispaces.com/>) がスタートした。筑波大学菅平高原実験センター（昆虫比較発生学研究室）は、ドイツ 4 機関、オーストリア 1 機関、アメリカ 1 機関、中国 1 機関とともに、プロジェクトのコーディネートを行う 8 コア研究拠点の一つである。

筑波大学菅平高原実験センターはトランスクリプトーム解析から得られた系統樹を比較発生学の立場から検証するとともに、BasalHexapods（原始昆虫類）、TransOdonata（汎トンボ類）、Polyneoptera（多新翅類）サブプロジェクトも遂行する。

本プロジェクトは、祖先的な無翅昆虫類から完全変態類までの主要系統群を網羅、モデル生物、環境・経済・医学の面からも重要なものを含めつつ、特に系統学的な混乱を解決するのに鍵となるであろう重要な種群 1 K（1000）種を厳選し、トランスクリプトーム解析を行おうとする壮大なプロジェクトである。本プロジェクトはトランスクリプトーム解析に基づくしっかりした昆虫類の高次系統をもたらすであろうことが大いに期待される。

西駒ケ岳におけるスノキ属植物の根内生息菌群集の標高間比較

広瀬大（日本大学薬学部）・出川洋介（筑波大学菅平センター）

演者らは西駒ケ岳において、植物共生菌、ヒト病原性真菌及び落葉生息菌を対象とした個体群もしくは群集レベルでの標高間比較に関する研究を進めている。今回は、植物共生菌である根内生息菌に関する研究成果を報告する。

ツツジ科ツツジ亜科植物は、hair root と呼ばれる非常に細かい根を発達させ、その根圏に生息する菌類と共生関係を築いていることが知られている。ツツジ亜科植物はこの共生関係を獲得したことにより貧栄養な土壤環境においても生育することが可能になったと考えられている。本邦にはツツジ亜科植物が緯度・標高問わず様々な土壤環境に幅広く分布しているが、これまで根内生息菌の生物多様性調査は殆ど行われてこなかった。この様な状況を打破するために、2009 年から様々な植生帯における多様性調査を進めてきた。これまでの解析結果から、同一の植生帯では菌群集が類似している傾向がみえてきた。本研究では、西駒ケ岳という限られた地域内の異なる植生帯間での菌群集の変化を評価することを目的とした。

2010 年 9 月に西駒ケ岳の標高約 1600m、2000m、2300m、2700m の地点においてスノキ属植物根を採取した。標高 2700m においては、ハイマツ林下と裸地に生育するコケモモを分けて採取した。各採取地点で 5 個体の細根を約 10 cm 採取し、実験室に持ち帰った。持ち帰った根は、界面活性剤による洗浄、塩化水銀による表面殺菌を行った。CMA 培地入りのマイクロプレート上に細分化した根を静置し培養、根から培地上に成長してきた菌糸を新たな培地上に移植することで菌株を確立した。得られた菌株について、形態的特徴と rDNA ITS2 領域と 28S rDNA D1-D2 領域の塩基配列から種同定を行った。

全採取地点から 235 菌株が分離され、これらは合計 27 種に同定された。このうち 21 種はズキンタケ綱 (Leotiomycetes) に属していた。1600m で種数が最も多く、14 種が分離された。5 個体あたりの菌種の出現頻度を算出した結果、Helotiales sp. 13、*Phialocephala fortinii*、*Rhizoscyphus ericae* は標高を問わず出現し、多くの標高で出現頻度が高い傾向がみられた (表)。一方、Helotiales sp. 7、sp. 11、及び *Oidiodendron maius* は標高が高くなると出現頻度が低くなる傾向がみられた (表)。2700m の裸地ではこの地点でのみ出現した種が高頻度種になる割合が高い結果が得られた。これらの結果から、標高と共に根内生息菌群集が変化していることが示唆された。さらに、同一標高においても周辺植生の違いにより種構成が異なる可能性も示唆された。

表 西駒ケ岳の各採取地点における根内生息菌の分離頻度

	標高				
	1600m	2000m	2300m	2700m	2700m (裸地)
Helotiales sp. 13	80	20	60	40	80
<i>Phialocephala fortinii</i>	80	60	40	20	80
Helotiales sp. 7	60	20			
<i>Rhizoscyphus ericae</i>	40	80	40	80	60
<i>Oidiodendron maius</i>	40	40	20		
Helotiales sp. 11	40	20			
Helotiales sp. 10	20	40	20		
<i>Cryptosporiopsis ericae</i>	20		40		
<i>Capronia</i> sp.1	20				
<i>Capronia</i> sp.2	20				
<i>Cylindrocarpon</i> sp.	20				
<i>Umbelopsis ramanniana</i>	20				
<i>Umbelopsis nana</i>	20				
<i>Microdochium</i> sp.	20				
Helotiales sp. 1		60		40	
Helotiales sp. 14			60		
Leotiomycetes sp.			20		
Helotiales sp. 9			20		
Helotiales sp. 12				20	
Helotiales sp. 5				20	
Helotiales sp. 4				20	
Helotiales sp. 2					80
<i>Drechslera</i> sp.					60
Helotiales sp. 3					60
Pleosporales sp.					40
Helotiales sp. 6					20
Helotiales sp. 8					20

北アルプスにおけるコマクサの生息概数—環境変動指標の基礎データ調査—

馬場千香子(工学系研究科地球生物圏科学専攻)・北村春歌(理学部地質科学科)・

森 優美(理学部地質科学科)・原山 智(理学部地質科学科)

温暖化の影響で高山植物の生息数が減少するのではないかという議論がしばしばなされるが、その基礎となる生息数データはほとんど無い。我々は高山植物の生息数の増減を議論するための基礎データとして、高山植物を代表するコマクサの生息概数を北アルプスで求めた。特に、生息数の多い白馬岳、蓮華岳、燕岳、乗鞍岳では精密な調査をおこなった。北アルプス全域での現時点での生息数は約4万株である。



・調査方法 1 (ライン調査)

白馬岳、蓮華岳、燕岳、乗鞍岳で実施

- ①コマクサの生息斜面において最大傾斜および等高線方向にラインを設定.
- ②ラインに沿って1m×1mのコドラートを設置.
- ③コドラート内のコマクサおよび他の植物生息株数をカウント.

・調査方法 2 (5m×5m コドラート調査)

乗鞍岳で実施

- ①コマクサ生息斜面で複数の観測地点をランダムに選び、5m×5mのコドラートを設置.
- ②コドラート内のコマクサ株数をカウント.

単位面積あたりの平均生息株数と、航空写真および現地調査でもとめたコマクサ生息地面積を基に生息概数(株数)を算出した(図1).

今後はラジコンヘリ空撮やリモセン技術の導入により、生息数把握の迅速化と精密化を図りたい。

図1. 北アルプスにおけるコマクサの生息概数

白馬岳周辺、蓮華岳周辺、燕岳、乗鞍岳以外のデータについて：塗りつぶしの円は現地観察したもの、白抜きの円は未調査・未観察だが、コマクサ生息数情報があるところ。

山村集落にたつ民家と里山林利用についての研究

—長野県北安曇郡白馬村北城青鬼を対象として—

鍋田莉江（信州大学工学部建築学科）、土本俊和（信州大学工学部建築学科・教授）、
井田秀行（信州大学教育学部・准教授）

はじめに

民家と里山には、風土にあった相互関係が存在する。伝統的な民家の構造材に用いられる樹種の種類を把握することにより、その地域と民家の建設時の周辺の山との関係を捉えることができる。

これまで井田秀行による「豪雪地帯における伝統的な民家と里山林の構成樹種にみられる対応関係」^{注1)}や中尾七重・布谷知夫による『民家は何の木でできているか』^{注2)}など、地域性を示す民家の構造材と里山の関係性についての研究がなされてきた。

今回、長野県北安曇郡白馬村の北東の山腹に位置し、平成12年（2000）に重要伝統的建造物群保存地区に選定された青鬼集落にたつ民家を対象とした民家建築と里山林の利用について研究する。青鬼は江戸時代後期から明治時代後期にたてられた伝統的な民家群が集落を形成している。調査をおこなったH.E家住宅は、弘化4年（1847）の善光寺大地震の際に屋根の檼首が外れたと伝えられている。そのため建築年代は、江戸時代後期まで遡る可能性がある^{注3)}。

また、青鬼の位置する白馬村は、火災・台風・積雪・地震といった自然災害が多い土地である。白馬村山中の厳しい自然環境のなか、青鬼集落が伝統的な姿をのこし続けているのは、民家をたてる際に、各部材の使い道にあった樹種選定がおこなわれたためと考えられる。樹種判定をすることで、青鬼の風土にあった部材の樹種を把握し、民家がたてられたと思われる200年前の民家と里山の相互関係について考察する。そして、現在の青鬼集落周辺の植生環境下において伝統的な青鬼民家の建築が可能であるかを検討する。

研究方法

まず、民家調査をおこなう。H.E家住宅において、実測調査、部材寸法計測、樹種判定をおこなう。樹種判定の手法^{注4)}は、まず、2mm角のサイコロ状に切り取った部材切片を柔らかくなるまで湯がき、その後、カミソリで木口・柃目・板目の三断面に薄く削り取り、顕微鏡で観察する。観察対象である切片組織は、細胞組織による分類と、サンプル写真との比較により樹種の判定をおこなう。

次に、周辺調査をおこなう。民家を構成する樹種と青鬼の植生図から当時の里山林利用の考察をする。また、現在の青鬼集落周辺の樹木の直径と建材に使える可能長を計測する。

【注】

1) 井田秀行・庄司貴弘・後藤彩・池田千加・土本俊和「豪雪地帯における伝統的な民家と里山林の構成樹種にみられる対応関係」（『日本森林学会誌』92(3)、139-144頁、2010年）

2) 中尾七重・布谷知夫『民家は何の木でできているか』（川崎市立日本民家園、2011年）

3) 宮澤智士『長野県北安曇郡白馬村白馬桃源郷青鬼の集落』（財団法人日本ナショナルトラスト、1997年）参照

4) 伊東隆夫・島地謙『日本の遺跡出土木製品総覧』（雄山閣出版、1988年）参照

参加者名簿

氏 名	所 属	メールアドレス
浅野良晴	信州大学 工学部	yasanol@shinshu-u.ac.jp
栗屋善雄	岐阜大学 流域圏科学研究センター	awayaa@green.gifu-u.ac.jp
飯村康夫	岐阜大学 流域圏科学研究センター	iimura@green.gifu-u.ac.jp
池田 敦	筑波大学 生命環境系	aikeda@geoenv.tsukuba.ac.jp
井澤信太	信州大学 農学部	a082003@shinshu-u.ac.jp
磯野純平	筑波大学 地球学類	s0810783@u.tsukuba.ac.jp
井田智明	信州大学 大学院農学研究科	10aa201c@shinshu-u.ac.jp
市野隆雄	信州大学 山岳科学総合研究所	itinot@shinshu-u.ac.jp
井戸結貴	信州大学	11ta304c@shinshu-u.ac.jp
井上 篤	信州大学 理学部地質科学科	s084003@shinshu-u.ac.jp
今泉文寿	筑波大学 農林技術センター井川演習林	imaizumi.fumitosh.gm@u.tsukuba.ac.jp
岩上 翔	筑波大学 生命環境科学研究科等支援室（陸域環境研究センター）	shgami@suiri.tsukuba.ac.jp
上田昇平	信州大学 山岳科学総合研究所	ueda32@shinshu-u.ac.jp
植田宏昭	筑波大学 生命環境系	hued@sakura.cc.tsukuba.ac.jp
上野健一	筑波大学 生命環境系	kenueno@sakura.cc.tsukuba.ac.jp
卜部 輔	信州大学 理学部物質循環学科	s086008@shinshu-u.ac.jp
遠藤真太郎	信州大学 大学院総合工学系研究科山岳地域環境科学専攻	s07t404@shinshu-u.ac.jp
王 連君	岐阜大学 流域圏科学研究センター	wljl23520@126.com
大城萌美	信州大学 理学部地質科学科	ovo.mg1980@gmail.com
大塚俊之	岐阜大学 流域圏科学研究センター	toshi@green.gifu-u.ac.jp
大崎順平	信州大学 大学院工学系研究科	
岡田慶一	信州大学 農学部	okei117.829@gmail.com
奥田悠史	信州大学 農学部森林科学科	yuji.alpenglow@gmail.com
尾崎絵理	信州大学 農学部AFC	a081013@shinshu-u.ac.jp
落合菜知香	筑波大学 生物資源学類	nck_chocolat@yahoo.co.jp
加賀 匠	信州大学 理学部地質科学科	s084009@shinshu-u.ac.jp
加藤慎也	信州大学 大学院修士課程工学系研究科地球生物圏科学専攻	11sa513f@shinshu-u.ac.jp
加藤雄登	信州大学 大学院修士課程工学系研究科地球生物圏科学専攻	s075009@shinshu-u.ac.jp
門脇正史	筑波大学 農林技術センターハケ岳演習林	iindica@sakura.cc.tsukuba.ac.jp
金井隆治	筑波大学 菅平高原実験センター	kanai.ryuji.ge@un.tsukuba.ac.jp
河合小百合	信州大学 山岳科学総合研究所	kawai@rice.ocn.ne.jp
川谷尚平	信州大学 大学院農学研究科森林科学専攻	11aa217k@shinshu-u.ac.jp
木越智彦	信州大学 大学院工学系研究科地球生物圏科学専攻	11sa608f@shinshu-u.ac.jp
北沢 知明	信州大学 大学院工学系研究科地球生物圏科学専攻	11sa501b@shinshu-u.ac.jp
木部亜有美	筑波大学 大学院生命環境科学研究科	s1021051@u.tsukuba.ac.jp
吉良真由子	筑波大学 生命環境学群地球学類	s0810796@u.tsukuba.ac.jp
楠目晴花	信州大学 大学院工学系研究科地球生物圏科学専攻	11sa512h@shinshu-u.ac.jp
國頭 恭	信州大学 理学部物質循環学科	kunito@shinshu-u.ac.jp
公文富士夫	信州大学 理学部	shkumon@shinshu-u.ac.jp
倉元隆之	信州大学 山岳科学総合研究所	kuramoto@shinshu-u.ac.jp
栗谷さと子	信州大学 大学院工学系研究科地球生物圏科学専攻	11sa508k@shinshu-u.ac.jp
黒崎孝文	信州大学 農学部附属AFC	a082019@shinshu-u.ac.jp
江田慧子	信州大学 農学部附属AFC	10st403a@shinshu-u.ac.jp
小林建介	信州大学 大学院修士課程工学系研究科地球生物圏科学専攻	10sa506k@shinshu-u.ac.jp
小林 元	信州大学 農学部附属AFC	kobaafc@shinshu-u.ac.jp
斎藤 琢	岐阜大学	taku@green.gifu-u.ac.jp
斎藤梨絵	信州大学 大学院修士課程工学系研究科地球生物圏科学専攻	11sa515b@shinshu-u.ac.jp
坂本誠治	信州大学 理学部生物科学科	s085019@shinshu-u.ac.jp
櫻庭 瞳	信州大学	t087020@shinshu-u.ac.jp
佐々木明彦	信州大学 山岳科学総合研究所	akihiko@shinshu-u.ac.jp
志津庸子	岐阜大学 流域圏科学研究センター	shizu@green.gifu-u.ac.jp
下野綾子	筑波大学 遺伝子実験センター	shimonoa@gene.tsukuba.ac.jp
杉山昌典	筑波大学 農林技術センターハケ岳演習林	sugiyama.masanori.gu@un.tsukuba.ac.jp
鈴木啓助	信州大学 山岳科学総合研究所	kei@shinshu-u.ac.jp
鈴木 亮	筑波大学 菅平高原実験センター	rsuzuki@sugadaira.tsukuba.ac.jp
鈴木智也	信州大学 大学院博士課程総合工学系研究科山岳地域環境科学専攻	11st402g@shinshu-u.ac.jp
清野達之	筑波大学 生命環境系農林技術センター筑波実験林	seino@sakura.cc.tsukuba.ac.jp
高橋一太	信州大学 農学部	a082025@shinshu-u.ac.jp
高橋宏瑛	筑波大学 生命環境科学研究科生物科学専攻	wright.a.dlanor@gmail.com
高橋耕一	信州大学 理学部	koichit@shinshu-u.ac.jp
高村秀紀	信州大学 工学部	takam@shinshu-u.ac.jp
滝沢侑子	信州大学 理学部物質循環学科	s096017@shinshu-u.ac.jp

氏 名	所 属	メールアドレス
田中健太	筑波大学 菅平高原実験センター	kenta@sugadaira.tsukuba.ac.jp
玉川一郎	岐阜大学 流域圏科学研究センター	tama@green.gifu-u.ac.jp
玉木恵理香	筑波大学 生命環境科学研究科	ko.tama.tama517@gmail.com
土本俊和	信州大学 工学部建築学科	tsuch01@shinshu-u.ac.jp
出川洋介	筑波大学 菅平高原実験センター	degawa@sugadaira.tsukuba.ac.jp
東城幸治	信州大学 山岳科学総合研究所	ktojo@shinshu-u.ac.jp
戸田任重	信州大学 理学部	h-toda@shinshu-u.ac.jp
内記 慧	信州大学 大学院理工学系研究科地球生物圏科学専攻	10sa411k@shinshu-u.ac.jp
中河嘉明	筑波大学 大学院生命環境科学研究科構造生物科学専攻	nrj59355@nifty.com
長野祐介	信州大学 大学院工学系研究科地球生物圏科学専攻	10sa508f@shinshu-u.ac.jp
中村寛志	信州大学 農学部附属AFC	insect2@shinshu-u.ac.jp
永安浩一	信州大学 大学院工学系研究科地球生物圏科学専攻	11sa602g@shinshu-u.ac.jp
鍋田莉江	信州大学 工学部建築学科	t087032@shinshu-u.ac.jp
成瀬真理生	信州大学 農学部森林計測計画学研究室	creature_nature_future@yahoo.co.jp
西井稜子	筑波大学 農林技術センター	nishii.ryoko.ga@un.tsukuba.ac.jp
沼田 治	筑波大学 菅平高原実験センター	numata@biol.tsukuba.ac.jp
服部 充	信州大学 大学院総合工学系研究科	mtr.hattori@gmail.com
羽生将昭	信州大学 大学院	lily_rose_heaven@yahoo.co.jp
馬場千香子	信州大学 工学系研究科地球生物圏科学専攻	11sa406g@shinshu-u.ac.jp
早川恵里奈	筑波大学 生命環境科学研究科生物科学専攻	s1121083@u.tsukuba.ac.jp
原 勇喜	信州大学 大学院工学系研究科地球生物圏科学専攻	11sa607h@shinshu-u.ac.jp
原山 智	信州大学 理学部地質科学科	shara@shinshu-u.ac.jp
平尾 章	筑波大学 菅平高原実験センター	akihi rao@sugadaira.tsukuba.ac.jp
平野 優	信州大学 農学部	a082044@shinshu-u.ac.jp
広瀬 大	日本大学 薬学部	hirose.dai@nihon-u.ac.jp
廣田 充	筑波大学 生命環境系	hirota@biol.tsukuba.ac.jp
藤井章吾	信州大学	10ta336h@shinshu-u.ac.jp
藤田順康	信州大学 理学部物質循環学科	s086019@shinshu-u.ac.jp
藤山静雄	信州大学 理学部生物科学科・山岳科学総合研究所	sfujiya@shinshu-u.ac.jp
古川桂子	信州大学 大学院工学系研究科地球生物圏科学専攻	10sa510h@shinshu-u.ac.jp
古屋 諒	信州大学 農学部AFC	a082047@shinshu-u.ac.jp
細川奈々枝	信州大学 大学院農学研究科森林科学専攻	10aa217k@shinshu-u.ac.jp
堀 清鷹	首都大学東京	yoshiharu@galaxy.ocn.ne.jp
牧野裕紀	筑波大学 生命環境科学研究科	s1121027@u.tsukuba.ac.jp
正木大祐	筑波大学 菅平高原実験センター	masaki.daisuke.gb@un.tsukuba.ac.jp
増井 僚	信州大学 大学院農学研究科森林科学専攻	11aa202e@shinshu-u.ac.jp
町田龍一郎	筑波大学 菅平高原実験センター	machida@sugadaira.tsukuba.ac.jp
松尾好高	信州大学 農学部森林計測計画学研究室	a082051@shinshu-u.ac.jp
松尾悠太郎	信州大学 山岳科学総合研究所	
松岡 清香	信州大学 理学部地質科学科	s084029@shinshu-u.ac.jp
松岡憲知	筑波大学 陸域環境研究センター	matsuoka@geoenv.tsukuba.ac.jp
松島直弘	信州大学	t087041@shinshu-u.ac.jp
宮原裕一	信州大学 山岳科学総合研究所	miyabar@shinshu-u.ac.jp
村岡裕由	岐阜大学 流域圏科学研究センター	muraoka@green.gifu-u.ac.jp
森田悠介	岐阜大学 岐阜大学流域圏科学研究センター	yusuke.morita.3525@gmail.com
森谷浩之	信州大学 農学部AFC	tyokokorone_omochi_unyo_n@yahoo.co.jp
矢久保允也	信州大学 理学部	10sa511f@shinshu-u.ac.jp
八代裕一郎	岐阜大学 流域圏科学研究センター	yashiro@green.gifu-u.ac.jp
安江 恒	信州大学 農学部・山岳科学総合研究所	yasue@shinshu-u.ac.jp
山形龍一	信州大学	10ta340f@shinshu-u.ac.jp
山田俊郎	岐阜大学 工学部	ymd@gifu-u.ac.jp
山田明義	信州大学 農学部応用生命科学科	akiyosh@shinshu-u.ac.jp
山田智也	信州大学 山岳科学総合研究所	
山中 勤	筑波大学 陸域環境研究センター	tyam@sui ri.tsukuba.ac.jp
山根 仁	信州大学 農学部AFC	10aa118a@shinshu-u.ac.jp
山本 航平	信州大学 農学部応用生命科学科応用真菌学研究室	kohei081@yahoo.co.jp
吉田あい	筑波大学 大学院生命環境科学研究科	s1121039@u.tsukuba.ac.jp
若月泰孝	筑波大学 陸域環境研究センター	ywakazki@gmail.com
脇山義史	筑波大学 陸域環境研究センター	wakiyama@sui ri.tsukuba.ac.jp
和田鉄平	信州大学 大学院農学研究科森林科学専攻2年	ginjiban2332@yahoo.co.jp
渡辺公太	信州大学	11ta346j@shinshu-u.ac.jp
渡邊希香	筑波大学 生命環境学群生物学類（陸域生態学研究室）	jazz.candy-643@kzd.biglobe.ne.jp
Hasan Muhammad Abdul lah	岐阜大学 流域圏科学研究センター	hasan@green.gifu-u.ac.jp