

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
2012 年度年次研究報告会

2012 年 12 月 13 日(木)・14 日(金)

高山市民文化会館

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
2012 年度年次研究報告会

2012 年 12 月 13 日(木)・14 日(金)
高山市民文化会館
(岐阜県高山市昭和町 1-188-1)

目次

プログラム	1
会場案内	3
発表要旨集	5
参加者名簿	129

プログラム

12月13日(木)

- 13:40－14:40 運営委員会
- 13:40－14:40 受付&ポスター掲示
- 14:40－15:35 ポスター発表コアタイム(奇数番号)
- 15:35－15:40 コーヒーブレイク
- 15:40－16:35 ポスター発表コアタイム(偶数番号)
- 16:35－17:00 コーヒーブレイク, ポスター回収※
- ※ パネルの片付けのため、ポスターはこの時間帯に回収お願いします。
- 17:00－18:20 グループミーティング
- 18:50－20:50 懇親会

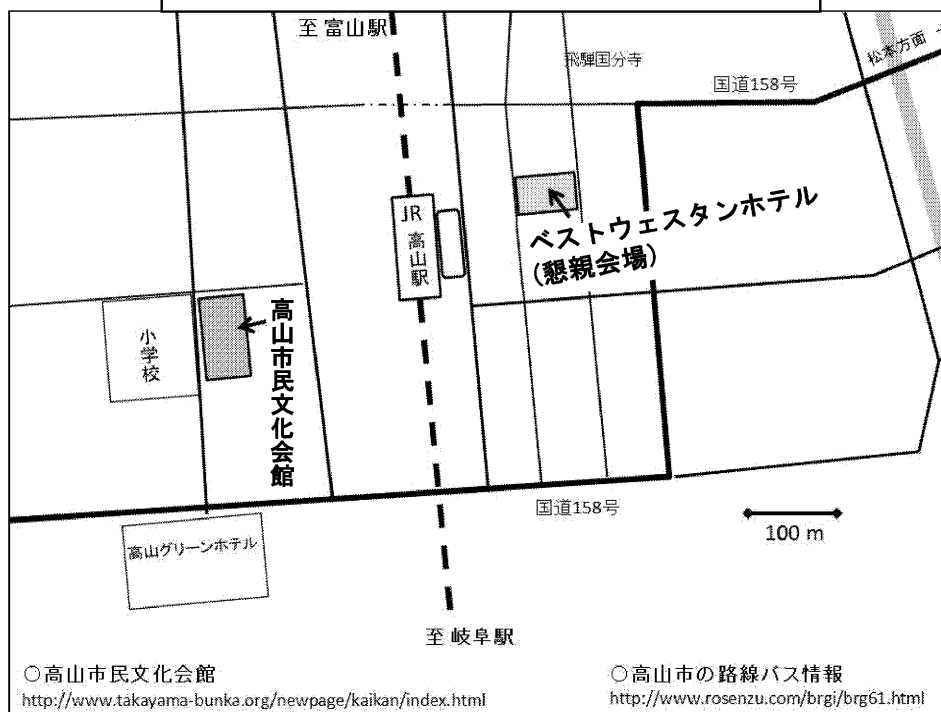
12月14日(金)

- 9:00－11:00 各研究グループからの報告
- 11:00－12:00 全体会議

- 14:00－16:00 一般講演会(入場無料, 事前申込不要)
「私たちの山が教えてくれること」
【会場】飛騨・世界生活文化センター
岐阜県高山市千島町 900-1
TEL: 0577-37-6111

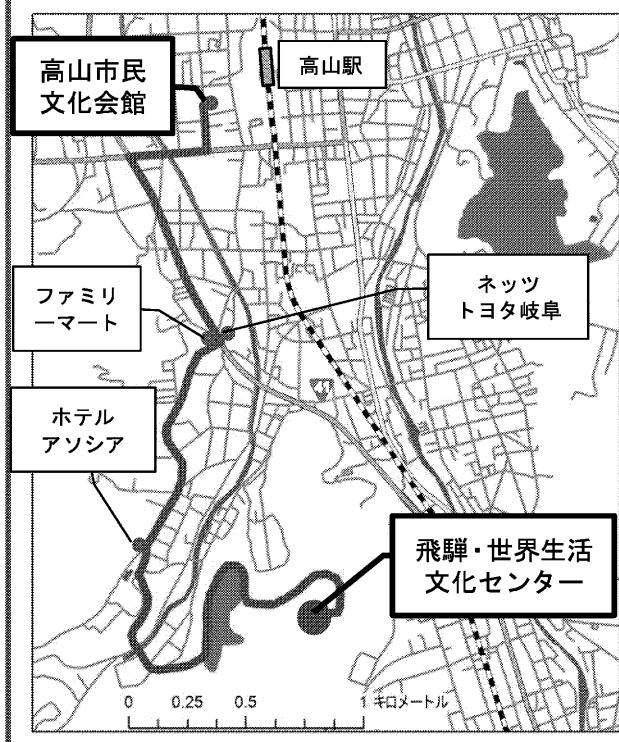
会場周辺図

年次研究報告会場（高山市民文化会館）
懇親会場（ベストウェスタンホテル）



一般講演会場（飛騨・世界生活文化センター）

自家用車で行く場合



バスで行く場合

【無料送迎バス】

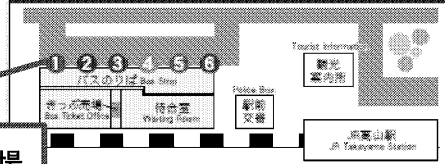
12/14(金)

13:20 高山駅前発 → 飛騨・世界生活文化センター

16:20 飛騨・世界生活文化センター発 → 高山駅前

【市内循環バス】高山駅の高山濃飛バスセンター①
番乗り場より、さるぼぼバスにお乗りください。

高山濃飛バスセンターのりばのご案内
Takayama Nohi Bus Terminal Information

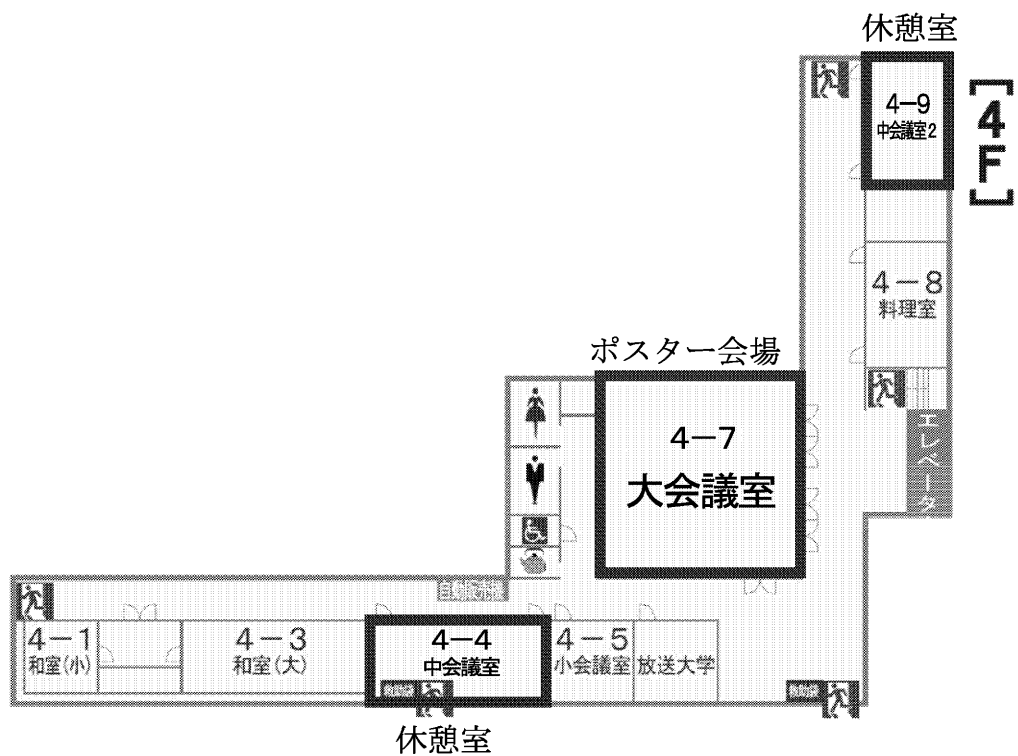


①番乗り場

さるぼぼバス時刻表

濃飛バスセンター（高山駅）	13:00	14:00	15:00	16:00
飛騨・世界生活文化センター	13:18	14:18	15:18	16:18
濃飛バスセンター（高山駅）	13:44	14:44	15:44	16:44

会場案内(高山市民文化会館)



会場タイムテーブル

12月13日（木）

時間	高山市民文化会館					ベストウェスタンホテル	飛騨・世界生活文化センター/飛騨芸術堂
	4-7 大会議室	4-4 中会議室	4-9 中会議室2	3-3 学習室	3-4 学習室		
13:00							
			休憩室				
14:00	受付 ポスター掲示	運営委員会					
	ポスター発表 コアタイム (奇数番号)	休憩室					
15:00	コーヒーブレイク						
	ポスター発表 コアタイム (偶数番号)						
16:00	コーヒーブレイク ポスター回収						
17:00		グループミーティング 生態系	グループミーティング 炭素	グループミーティング 気候	グループミーティング 水・物質		
18:00							
19:00						懇親会	
20:00							

12月14日（金）

時間	高山市民文化会館					ベストウェスタンホテル	飛騨・世界生活文化センター/飛騨芸術堂
	4-7 大会議室	4-4 中会議室	4-9 中会議室2	3-3 学習室	3-4 学習室		
9:00	各研究グループからの 報告						
10:00							
11:00	全体会議						
12:00							
13:00							
14:00							一般講演会
15:00							

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	6
ポスター発表要旨目次	9
気候変動研究グループ	22
水・物質循環変動研究グループ	44
炭素循環変動研究グループ	63
生態系変動研究グループ	89

研究グループ報告

[気候変動研究グループ]

公文富士夫（信州大学）
気候変動グループの2012年度の活動概要

上野健一（筑波大学）ほか
3大学連携による中部山岳地域の気象データ・アーカイブ

村岡裕由（岐阜大学）ほか
中部山岳域の森林生態系を対象とした気象－生態系機能変動のモデル化の提案

[水・物質循環変動研究グループ]

今泉文寿（筑波大学）
グループ活動の要約

鈴木啓助・佐々木明彦（信州大学）
航空機レーザー測量による上高地梓川の積雪水量算出

松岡憲知・今泉文寿・西井稜子（筑波大学）
南アルプスの地形変化と土砂収支－研究の現状と課題－

[炭素循環変動研究グループ]

粟屋善雄（岐阜大学）
グループ活動の要約＋次年度の活動予定

飯村康夫（岐阜大学）
中部山岳地域の冷温帯落葉広葉樹林生態系における土壌炭素貯留：黒色有機物の重要性について考える

粟屋善雄（岐阜大学）
岐阜大学高山試験地における炭素蓄積量の推定に向けて

[生態系変動研究グループ]

中村寛志（信州大学）
生態系変動研究グループの活動報告

田中健太（筑波大学）ほか
西駒演習林・森林限界部における温暖化実験：二年間の植生への影響

加藤正人（信州大学）ほか
リモセンによる高山帯多様性マッピング手法の開発

岐阜大学高山試験地における炭素蓄積量の推定に向けて

○栗屋善雄（岐阜大・流域圏科学研究センター）

1. はじめに

GCM を利用した研究によって地球の気温が上昇している可能性が指摘されて以降、温室効果気体の収支について、精力的に研究が進められてきた。植生が光合成により、大気中の二酸化炭素を利用して炭水化物を固定することから、植生が固定する炭素量（純一次生産量, NPP）と土壌を含めた生態系の炭素の固定量（純生態系生産量, NEP）について様々な研究が実施されている。群落上での渦相関法による二酸化炭素フラックス観測は、時間的には精緻な NEP に関する情報を提供してくれるが、広域で NEP を推定するには、生態的なプロセスを再現できるモデルを利用する必要がある。

岐阜大学流域圏科学研究センターでは、高山試験地において、フラックス観測を実施するとともに、GCM を改良して高山市東部の大八賀川流域の炭素収支を推定した。この結果を森林管理簿に基づいて検証したが、管理簿の精度が十分ではないため、意味のある検証とはなっていない。

一方、1980 年代半ばに航空機によるレーザ観測が始まって久しいが、LiDAR (Light Detection And Ranging) の技術により、高い精度で森林の蓄積などを推定できることが知られている。蓄積の時系列的な変化が分かれば、近似的に NPP を推定することが可能である。また、蓄積情報は、ライフサイクルアセスメントによる木材利用まで含めた炭素収支の評価にも活用できる。

2. LiDAR データによる蓄積推定

LiDAR データによる蓄積推定は、以下のような手順で実施する。

1) 観測された LiDAR データから地盤高(DTM)を算出する。2) LiDAR データから、ファーストリターンと呼ばれる、最初に被覆物に当たって反射されたデータから、表面高を(DSM)を算出する。3) DSM と DTM の差から樹冠の高さデータ(DCHM)を算出する。4) DCHM から林分の平均樹冠高などのパラメータを求める。5) LiDAR 由来のパラメータを用いて蓄積を推定する回帰式を調整する。

平均樹冠高は蓄積と相関が高く、係数を乗ずることで蓄積を推定できる。しかしながら、係数は樹種や林分構造によって差が生じるため、樹種ごとに係数を設定する必要がある。

このため、事前に森林タイプごとの分布を把握しておく必要がある。大八賀川流域では 2 季節の高地上分解能衛星(QuickBird, QB)データを利用して、常緑針葉樹林、落葉針葉樹林(カラマツ)と落葉広葉樹林の 3 タイプに分類している。上述の係数は樹冠の形状に関連するので、針葉樹をスギ、ヒノキやアカマツに細分することが望ましいが、スギとヒノキは混植されている林分が多く、混植の状況は QB データでも分類が難しい。炭素収支評価の観点では、上述の 3 タイプは植生機能区分(Plant Functional Type)と呼ばれる分類体系に沿っている。

大八賀川流域の 30%ほどのエリアについては、2003 年（岐阜県提供）、2005 年と 2011 年にそれぞれ約 1 点/m² の密度で LiDAR 観測を実施した。現在は 2011 年のデータと地上での森林プロット調査のデータを利用して、蓄積推定の回帰モデルを調整して精度検証を行っている。

3. 今後の見通し

LiDAR データを森林解析に利用する場合の最大の問題は、密な森林では全てのレーザビームが樹冠で反射して地面に到達しないため、精度の高い DTM を作成できないことである。上記の 3 つの LiDAR データを利用して DTM を作成し、2003 年データから作成した DTM と比較すると、高密度針葉樹林で 3 カ年のデータで作成した DTM の標高のほうが低かった。間伐や林道開設により地盤面に到達するビームが増えたためと考えられる。DTM の精度に留意しながら、各年での蓄積を推定して NPP の分布図を作成し、NEP 推定結果の検証に貢献していく予定である。

本研究の一部は科学研究費補助金（基盤 A：22248017）で実施した。

西駒演習林・森林限界部における温暖化実験：二年間の植生への影響

田中健太¹・金井隆治¹・正木大祐¹・槇 拓登¹・鈴木智之²・熊田勇斗²・船木 昇²・長澤 亮³・細川奈々枝²・金井日向子²・秋本真宏²・小松快甫²・尾鼻陽介⁴・東 俊太郎⁴・小林 元²

(¹筑波大・菅平セ、²信大・AFC、³筑波大・生物、⁴信大・理)

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 2010 年に開始し、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、2012 年までの二年間の植生への影響について報告する。

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）、土壌動物（信大・福山）、蘚苔類（信大・大石）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。

暫定的な解析によると、樹木優占 3 種（クロウスゴ・コヨウラクツツジ・ミヤマホツツジ）の当年枝成長は、2010-2011 年には対照区よりも温暖化区（通年温暖および夏季温暖）で高い傾向があり特にコヨウラクツツジで顕著だったが、2011-2012 年には処理間の差は小さかった。また、2010-2012 年のミヤマホツツジの生存率が対照区よりも温暖化区で高かった。草本優占 4 種（マイヅルソウ・ミヤマアキノキリンソウ・コガネイチゴ・ゴゼンタチバナ）の個体数は、いずれの種においても 2011-2012 年に減少する傾向があった。これらの結果の詳細を紹介し、その理由を考察したい。

気候変動研究グループ (略語 CM:CliMate)

[CM1] 冷温帯落葉広葉樹林における野外温暖化実験：林冠木の個葉生理生態学的特性への影響	22
村岡裕由・庄司千佳（岐阜大学）・永井 信（JAMSTEC）・野田 響（筑波大学）	
[CM2] 冬季内陸における多降水・多積雪の発現	23
安藤直貴・上野健一（筑波大学）	
[CM3] 山地森林流域における降雨遮断分布の推定	24
児島利治（岐阜大学）	
[CM4] 地域気象モデル WRF の陸面過程の違いが中部山岳域における地上気象要素の再現性にもたらす影響	25
栗林正俊・魯 南賑・斎藤 琢（岐阜大学）・若月泰孝（筑波大学）・ 村岡裕由（岐阜大学）	
[CM5] 上高地の過去 12000 年間の環境変遷	26
河合小百合・原山 智（信州大学）	
[CM6] JALPS 気象データに見られる山岳域での風系の立体構造	27
磯野純平・上野健一（筑波大学）	
[CM7] 国土交通省「解析雨量」と地上観測雨量との比較	28
玉川一郎・杳野誠也（岐阜大学）	
[CM8] 領域気候モデルによる中部山岳域の降雪の検証：多雪年・少雪年の比較	29
吉田 傑・鈴木智恵子・若月泰孝（筑波大学）	
[CM9] 領域気候モデルによる中部山岳域の降水の検証：高解像度化	30
若月泰孝・鈴木智恵子・吉田 傑（筑波大学）	
[CM10] スギ、ヒノキ肥大成長の気候応答	31
安江 恒・平野 優（信州大学）	

[CM11]北海道で生育した産地の異なるブナの年輪幅、年輪内密度値およびその変動と気候応答	32
眞山寿里（信州大学）・田村 明（森林総研）・安江 恒（信州大学）	
[CM12]酸素同位体比をトレーサーに用いたカラマツ年輪に記録された相対湿度の期間の推定	33
宮本悠平・和田鉄平（信州大学）・内海泰弘（九州大学）・中塚 武（名古屋大学）・安江 恒（信州大学）	
[CM13]カラマツ樹幹局所的冷却処理による形成層活動への影響	34
桑山明希・安江 恒（信州大学）	
[CM14]温暖化による生育期間延長を考慮した落葉広葉樹林における炭素収支	35
斎藤 琢（岐阜大学）・永井 信（JAMSTEC）・吉野 純（岐阜大学）・三枝信子（国環研）・玉川一郎・村岡裕由（岐阜大学）	
[CM15]高解像度領域気候モデルを用いた積雪標高依存性の地域差	36
宇野史睦・川瀬宏明・石崎紀子（JAMSTEC）・若月泰孝（筑波大学）・木村富士男（JAMSTEC）	
[CM16]領域気候モデルと衛星画像データを用いた中部山岳域における積雪の再現	37
鈴木智恵子（筑波大学）・飯塚潤平（JR 東日本）・木村富士男（JAMSTEC）・若月泰孝（筑波大学）	
[CM17]日本の冬季降雪を規定する大気循環場 —領域気候モデルを用いた降雪予測—	38
吉田あい・植田宏昭・日下博幸（筑波大学）・足立幸穂（JAMSTEC）	
[CM18]最終間氷期以降の中部山岳地域の気候変動	39
公文富士夫・河合小百合・木越智彦（信州大学）	
[CM19]日本海堆積物における全有機炭素の高時間解像度な測定に基づく第四紀後期の極東アジアの気候変動	40
ト部 輔・公文富士夫（信州大学）	
[CM20]琵琶湖堆積物に含まれる珪藻化石の分析に基づく過去 20 万年間の気候変動	41
永安浩一・公文富士夫（信州大学）	

[CM21] 中部山岳地域での全有機炭素(TOC)・窒素(TN)含有量変動と花粉組成におけるモダンアナログ法を用いた古気候復元	42
木越智彦・公文富士夫・河合小百合（信州大学）	
[CM22] 気候モデルによるミレニアムランについて	43
大城萌美・植田宏昭（筑波大学）	

水・物質循環変動研究グループ
(略語 WM: Water and Material cycle)

[WM1] 中部山岳地域 16 河川の融雪流出特性とその標高依存性	44
山中 勤・脇山義史 (筑波大学)・鈴木啓助 (信州大学)	
[WM2] 上高地梓川流域の航空レーザー測量による積雪深分布	45
鈴木啓助・佐々木明彦 (信州大学)	
[WM3] 南アルプスの地形変化と土砂収支—研究の現状と課題—	46
松岡憲知・今泉文寿・西井稜子 (筑波大学)	
[WM4] Comparative study on potential evapotranspiration (PET) estimation for catchment hydrological simulation: a case of Fuji River Basin	47
Wenchao Ma・Tsutomu Yamanaka (筑波大学)	
[WM5] ハケ岳南麓域における湧水のキャプチャーゾーンと平均滞留時間の推定	48
加納正也・山中 勤 (筑波大学)	
[WM6] 中部山岳における越年性雪溪の分布	49
朝日克彦・鈴木啓助 (信州大学)	
[WM7] 西駒演習林森林限界における温暖化実験—土壌窒素無機化—	50
細川奈々枝・小林 元 (信州大学)・平井敬三 (森林総研)・田中健太 (筑波大学)	
[WM8] 同位体トレーサーを用いた中部山岳地域における水道水の涵養標高の推定	51
山田 侑・山中 勤・牧野裕紀・脇山義史 (筑波大学)	
[WM9] 北アルプス溜沢圏谷における GPS 測量による積雪深観測	52
佐々木明彦・朝日克彦・鈴木啓助 (信州大学)	
[WM10] 中部山岳地域の降雪に含まれる化学成分濃度の空間分布	53
倉元隆之・鈴木大地・佐々木明彦・鈴木啓助 (信州大学)	
[WM11] 中部山岳地域内の森林小流域における冬季降水の流出プロセス	54
脇山義史 (筑波大学)・小野 裕 (信州大学)・山田俊郎 (岐阜大学)・上野健一・山中 勤 (筑波大学)	

[WM12] 上高地におけるエアロゾル中化学成分の季節変動	55
宮原裕一・松尾悠太郎（信州大学）・池盛文数（名古屋市環境科学調査センター）・ 中島大介（国環研）	
[WM13] LP 測量による大規模崩壊地赤崩での土砂生産量の経年変化と季節変化の評価 ...	56
西井稜子・今泉文寿（筑波大学）・大丸裕武・村上 亘・宮前 崇・小川泰浩（森林総研）	
[WM14] 山岳域での森林伐採が土砂移動・微気象へ及ぼす影響	57
今泉文寿・西井稜子・上野健一・黒部皓生（筑波大学）	
[WM15] 山岳域人工林内における土砂移動特性	58
今泉文寿・西井稜子・上野健一・黒部皓生（筑波大学）	
[WM16] カラマツ苗における青変菌 <i>Ceratocystisfujiensis</i> の動態と通水阻害の関係 ...	59
鈴木美南・山岡裕一・柿島 眞・門脇正史・阿部淳一・ピーター（筑波大学）	
[WM17] 高山・亜高山帯における地温観測網の展開	60
池田 敦・田中健太（筑波大学）・小林 元（信州大学）	
[WM18] 山岳森林河川水中の粒径別有機物濃度とその季節変化	61
中鋪美香・加藤慎紹・山田俊郎・李 富生・大塚俊之・飯村康夫・川口倫由・ 魏 永芬（岐阜大学）	
[WM19] 中部山岳地域における降水同位体マッピングとその流域診断への応用	62
牧野裕紀・脇山義史・山中 勤（筑波大学）・鈴木啓助（信州大学）	

炭素循環変動研究グループ

(略語 CC:Carbon Cycle)

- [CC1] 冷温帯放牧シバ草原における牛糞の供給と分解、そして土壌圏への影響…………… 63
吉竹晋平（岐阜大学）・五月女皓海・小泉 博（早稲田大学）
- [CC2] LiDAR データを用いた地盤高 (DEM) 作成方法の検討—高山市大八賀川流域の事例— …… 64
福田夏子・栗屋善雄（岐阜大学）
- [CC3] 高山植物の低圧環境への応答—葉の形態と光合成— ……………… 65
早川恵里奈（筑波大学）・恩田義彦（理研）・富松 元・唐 艶鴻（国環研）・田中健太・
廣田 充（筑波大学）
- [CC4] 中部山岳域における木質材料に関する流通と炭素循環
その 1 長野県における未利用林地残材の利用に関する研究 ……………… 66
渡辺公太・浅野良晴・高村秀紀・角田健一（信州大学）
- [CC5] 中部山岳域における木質材料に関する流通と炭素循環
その 2 長野県と岐阜県における地場産材の LCA 調査 ……………… 67
井戸結貴・浅野良晴・高村秀紀・松葉啓太（信州大学）
- [CC6] Mapping of canopy area of deciduous broad-leaved forest using aerial
orthophotos and LiDAR data…………… 68
Alatannabuqi・Yoshio Awaya（岐阜大学）
- [CC7] 竹林拡大域における植生および地形の特徴抽出 ……………… 69
河合洋人・栗屋善雄・秋山 侃（岐阜大学）
- [CC8] Forest type classification of Gifu Prefecture using Landsat ETM+ data of
different seasons…………… 70
張 鵬飛・栗屋善雄（岐阜大学）
- [CC9] Short-term response of soil respiration to experimental soil warming in a
cool-temperate deciduous broad-leaved forest in Takayama ……………… 71
NamJin Noh（岐阜大学）・Tomoharu Inoue（早稲田大学）・Taku M. Saitoh・
Masatoshi Kuribayashi・Hiroyuki Muraoka（岐阜大学）

[CC10]カラマツ人工林の間伐による土壌呼吸量及び炭素収支の短期的変化 ……………	72
風戸恵津子・東 照雄・茂木もも子・原田 徹・田村憲司・上條隆志（筑波大学）	
[CC11]白山山麓・大白川ブナ原生林における森林動態 ……………	73
大塚俊之・飯村康夫・馬倩・VilaneeSuchewaboripont・吉竹晋平・加藤正吾・ 小見山 章（岐阜大学）	
[CC12]中部山岳地域における土壌炭素動態研究 ―カヤノ平ブナ成熟林の場合― ……………	74
飯村康夫・大塚俊之（岐阜大学）・廣田 充（筑波大学）・井田秀行（信州大学）	
[CC13]Seasonal variation of soil respiration in old-growth forest at Oshirakawa ……	75
VilaneeSuchewaboripont・Yasuolimura・Qiang Ma・ShinpeiYoshitake・ Toshiyuki Otsuka・Shogo Kato・Akira Komiyama（岐阜大学）	
[CC14]Leaching of DOC from different cover in old-growth forest at Oshirakawa ……	76
Qiang Ma・Yasuolimura・VilaneeSuchewaboripont・ShinpeiYoshitake・ Toshiyuki Otsuka・Shogo Kato・Akira Komiyama（岐阜大学）	
[CC15]草原の管理手法の違いで植物の芽生えから定着まではどのように異なるか？ ―散布種子と栄養体からの芽生えに着目した調査― ……………	77
市川美沙紀・鈴木 亮・廣田 充（筑波大学）	
[CC16]木造住宅に使用される越後スギのライフサイクルアセスメント調査 その1 市場を通らない流通経路の場合 ……………	78
櫻庭 瞳・高村秀紀・浅野良晴・井戸結貴・渡辺公太・上田智輝（信州大学）	
[CC17]木造住宅に使用される越後スギのライフサイクルアセスメント調査 その2 市場を通る流通経路の場合 ……………	79
上田智輝・高村秀紀・浅野良晴・櫻庭 瞳（信州大学）	
[CC18]菅平高原での温暖化実験：雪解けと温度の効果 ……………	80
鈴木 亮・金井隆治・正木大祐（筑波大学）	
[CC19]冷温帯成熟林における空間的不均一性に着目した土壌呼吸 ……………	81
西村貴皓（筑波大学）・飯村康夫（岐阜大学）・井田秀行（信州大学）・ 廣田 充（筑波大学）	

[CC20]根内共生菌の増加に伴いレンゲツツジの光合成速度は高まる ー根子岳の標高傾度に伴う変化ー	82
高橋宏瑛（筑波大学）・広瀬 大（日本大学）・廣田 充（筑波大学）	
[CC21]中部山岳全域におけるティーバッグを用いた落葉分解活性の評価	83
鈴木智之・井田秀行・小林 元・高橋耕一（信州大学）・廣田 充・鈴木 亮（筑波大学）・ 飯村康夫（岐阜大学）・広瀬 大（日本大学）	
[CC22]中部山岳地域の3つの成熟林における炭素貯留の場としての粗大有機物（Coarse Woody Debris）	84
廣田 充・早川恵里奈（筑波大学）・飯村康夫・大塚俊之（岐阜大学）・ 井田秀行（信州大学）	
[CC23]カラマツ人工林における切り捨て間伐木ならびに根株の炭素蓄積様式	85
加藤朝陽・上條隆志・清野達之・川田清和（筑波大学）	
[CC24]低密度LiDAR データを用いた高山市大八賀川流域の森林の蓄積推定 ー針葉樹林と広葉樹林の比較ー	86
粟屋善雄・福田夏子（岐阜大学）・高橋與明（森林総研九州）・河合洋人（岐阜大学）	
[CC25]RapidEye 衛星データを用いた岐阜県御嵩町における森林タイプ分類図の作成手 法の検討	87
後藤誠二郎・粟屋善雄（岐阜大学）・神田里喜・園山英昭（岐阜県林政部森林整備課）	
[CC26]LiDAR とオルソ写真を用いたササ型林床植生の分布予測	88
石田 仁（岐阜大学）・芦原雅人（林野庁）・川口泰平（本巣市）	

生態系変動研究グループ (略語 ES:EcoSystem)

[ES1] 人工林における鳥類多様性は天然林より低い？	89
藤岡正博（筑波大学）	
[ES2] 山岳写真データベースの紹介と今後の活用について	90
下野綾子（筑波大学）	
[ES3] 立山の異なる積雪条件下で生育するアオノツガザクラの根内生息菌類の多様性比較 ...	91
広瀬 大（日本大学）・下野綾子・高橋宏瑛（筑波大学）	
[ES4] 絶滅危惧種チャマダラセセリの生息域外保全システムの構築	92
江田慧子・井角恒太（信州大学）・中村康弘（日本チョウ類保全協会）・ 中村寛志（信州大学）	
[ES5] 昆虫類を使った環境変動を評価する方法の再検討	93
中村寛志（信州大学）	
[ES6] ヤマネの日内休眠場所と周辺環境との関連	94
石田 茜・門脇正史・井波明宏（筑波大学）	
[ES7] ヤマネの巣箱観察におけるセンサーカメラの効率	95
宮川景次・門脇正史・杉山昌典（筑波大学）	
[ES8] 中部山岳地域におけるクロナガオサムシ亜属の遺伝的分化 —異なる生息標高帯に生息する 2 種間の比較—	96
小粥隆弘・平尾 章・田中健太（筑波大学）	
[ES9] 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 ～核 ITS 解析と AFLP 解析を用いて～	97
楠目晴花・市野隆雄（信州大学）	
[ES10] ミヤマシジミの休眠卵・非休眠卵の産み分けについて	98
尾崎絵理・江田慧子・中村寛志（信州大学）	

[ES11]GeoEye-1 衛星データを用いた赤沢ヒノキ老齢林バイオマス推定	99
王楠・加藤正人（信州大学）・山本進一（岡山大学）・	
星野大介（国際農林水産業研究センター）・西村尚之（群馬大学）	
[ES12]信州大学農学部構内演習林の鳥類相について	100
成瀬真理生・加藤正人（信州大学）	
[ES13]木曾駒ヶ岳における定点カメラを用いた高山植生の季節変化の解析手法について ...	101
小林竜大・加藤正人（信州大学）・宮下拓也（西駒山荘）	
[ES14]常緑性と落葉性のブナ科実生6種の光合成生産におよぼす温度の影響	102
小林 元・坂東貴興（信州大学）・高瀬雅生（九州大学）・清野達之（筑波大学）・	
高橋耕一（信州大学）	
[ES15]西駒演習林シラビソ・オオシラビソ林における攪乱60年後の標高別林分動態 ...	103
船木 昇・小林 元・鈴木智之（信州大学）	
[ES16]林冠構造の異なる林床におけるサワラの更新動態	104
川谷尚平・小林 元（信州大学）・清野達之（筑波大学）	
[ES17]乗鞍・上高地地域におけるマルハナバチ類の垂直分布と花利用パターンの季節変化 ...	105
江川 信・北沢知明・市野隆雄（信州大学）	
[ES18]ブナ孤立林分におけるブナ種子の豊作年の稔性と発芽率	106
井田秀行（信州大学）・小山泰弘（長野県林務部）	
[ES19]山岳森林限界における温暖化実験装置の温暖化効率と維持管理	107
金井隆治・正木大祐・田中健太（筑波大学）・小林 元（信州大学）	
[ES20]1KITE(1000 昆虫トランスクリプトーム進化プロジェクト)の進捗 —六脚類ベーサルクレードの再構築—	108
町田龍一郎（筑波大学）	

[ES21] 中部山岳地帯の菌寄生性ケカビ目菌

出川洋介（筑波大学）

[ES22] 標高万能植物ミヤマハタザオの環境適応遺伝子：トライコームと光受容体…… 109

平尾 章（筑波大学）・恩田義彦（理研）・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）

[ES23] 担子菌の選択的分離を試みる ―もうひとつの微小菌類の世界―

中島淳志・出川洋介（筑波大学）

[ES24] 上田市におけるコウガイケカビ属菌の垂直分布

陶山 舞・出川洋介（筑波大学）

[ES25] *Urnulacraterium* による材分解の動態

森下奈津子・出川洋介（筑波大学）

[ES26] 菅平高原より分離された新規ロブロミセス目菌（ツボカビ門）について

瀬戸健介・出川洋介（筑波大学）

[ES27] 山岳アリの遺伝的多様性 ―山域間および標高間の遺伝的分化の解析―…… 110

上田昇平・市野隆雄（信州大学）

[ES28] 乗鞍岳におけるウツボグサの花と送粉者相における標高間変異および両者のサイズマッチングが送粉効率に与える影響…… 111

栗谷さと子・市野隆雄（信州大学）

[ES29] 長野県南箕輪村大芝の森におけるラジコンヘリコプターを用いた間伐木の選定について…… 112

近藤大将・加藤正人（信州大学）・小熊宏之（国環研）

[ES30] 中部山岳域におけるシワクシケアリの形態的・化学的・遺伝的分化…… 113

山本剛史・上田昇平・松月哲哉・市野隆雄（信州大学）

[ES31] 温暖化処理による高山植物の葉フェノロジーの変化…… 114

金崎健太（筑波大学）・浜田 崇・尾関雅章（長野県環境保全研究所）・下野綾子・
廣田 充（筑波大学）

[ES32] 中部山岳域におけるハイマツを食害するハバチ類の生態と年次変動 ……………	115
古屋 諒・斉藤雄太・中村寛志（信州大学）	
[ES33] 菅平高原実験センターにおけるアカマツ針葉上の<i>Coleosporium</i>属菌の種構成と分布 ……	116
鈴木浩之・山岡裕一・柿島 眞・出川洋介・岡根 泉（筑波大学）	
[ES34] 長野市鬼無里府成地区における里山の持続的利用を目指した森林の管理方法の検討と予測される採取可能バイオマス量の推定 ……………	117
田中いずみ・井田秀行（信州大学）	
[ES35] チラカゲロウにおける個体群構造と遺伝的構造 —東アジア広域および山地から低地まで幅広く流程分布する広域分布種に着目して— ……	118
斎藤梨絵・東城幸治（信州大学）	
[ES36] 分子系統解析によるオニクマムシ（緩歩動物門；真クマムシ綱）の長距離分散能力の究明 ……………	119
久米あずさ・東城幸治（信州大学）	
[ES37] 山岳形成による移動分散の制限がもたらしたコオイムシ類の遺伝的構造 ……………	120
鈴木智也（信州大学）・北野 忠（東海大学）・東城幸治（信州大学）	
[ES38] 中部山岳域を中心に分布する短翅型スカシシリアゲモドキの進化プロセス究明 ……	121
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）	
[ES39] 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 ……………	122
加藤雄登・東城幸治（信州大学）	
[ES40] 長野県ツキノワグマ個体群における遺伝的構造の究明 ……………	123
早川美波（信州大学）・林 秀剛（信州ツキノワグマ研究会）・岸元良輔（長野県環境保全研究所）・伊藤建夫・東城幸治（信州大学）	
[ES41] 山岳源流棲昆虫・カメノコヒメトビケラ類の分子系統地理学的研究 ……………	124
新井谷梨鈴（信州大学）・伊藤富子（北海道水生生物研究所）・東城幸治（信州大学）	

[ES42] 第四紀の気候変動・地史と深く関わる河川源流棲トゲオトンボ類の分子系統地理学的研究	125
村田拓也・東城幸治（信州大学）	
[ES43] 中部山岳山頂における植物多様性の広域比較	126
尾鼻陽介・佐藤利幸（信州大学）	
[ES44] カラマツ樹幹における生態系エンジニアとしての地衣類	127
池田彬人・大石 武・佐藤利幸（信州大学）	
[ES45] 亜高山帯における樹幹大型地衣群落の構造解析	128
池田彬人・矢久保允也・佐藤利幸（信州大学）	

冷温帯落葉広葉樹林における野外温暖化実験： 林冠木の個葉生理生態学的特性への影響

○村岡裕由（岐阜大・流域圏センター）、庄司千佳（岐阜大・応用生物）、永井信（海洋研究開発機構）、野田響（筑波大・生命環境）

陸域の炭素循環は地球環境調節の重要な機能であり、同時に、生態系そのものの持続性と安定性に深く関わる生態系プロセスである。現在の生態系科学には、気候変動に対する森林生態系機能の応答や脆弱性の実験的解明と予測が強く求められている。

発表者らは、最先端・次世代研究開発プログラムおよび地球環境再生プログラムの研究課題の一環として、冷温帯落葉広葉樹林の炭素吸収・放出過程に対する温度環境の影響解明を目指している。本発表では、岐阜大学・高山試験地（TKY サイト）でミズナラ（*Quercus crispula*）の成木を対象として実施した野外温暖化実験の経過を報告する。

TKY サイトの林冠観測タワーが囲むミズナラ成木の太枝の一部（長さ約 2.5m）を 2011 年 5 月に開放型温室（Open-Top Canopy Chamber：OTCC）で囲い、温度の上昇（晴天時に+5℃）がミズナラ個葉の展葉・黄葉フェノロジー、および光合成・暗呼吸速度の温度反応にもたらす影響の調査を開始した。2012 年には、展葉・黄葉フェノロジーは葉長、クロロフィル含量指標（SPAD：ミノルタ）、自動撮影カメラ（CoolPix4500、ニコン）によりモニタリングし、光合成と暗呼吸速度の温度反応は携帯型光合成蒸散測定装置（LI-6400、Li-Cor）を用いて測定した。

枝葉の加温は展葉開始日と光合成能力の季節的増加を早めた（図 1）。光合成能力は温暖化区で若干高い傾向にあった。また加温処理は葉の生理学的老化を遅らせた。今後は光合成や暗呼吸速度の温度反応や葉内での窒素資源分配の解析を進めるとともに、温度環境の違いが生理生態学的特性への影響を介して林冠スケールでの光合成生産量に及ぼす影響をモデル解析する。

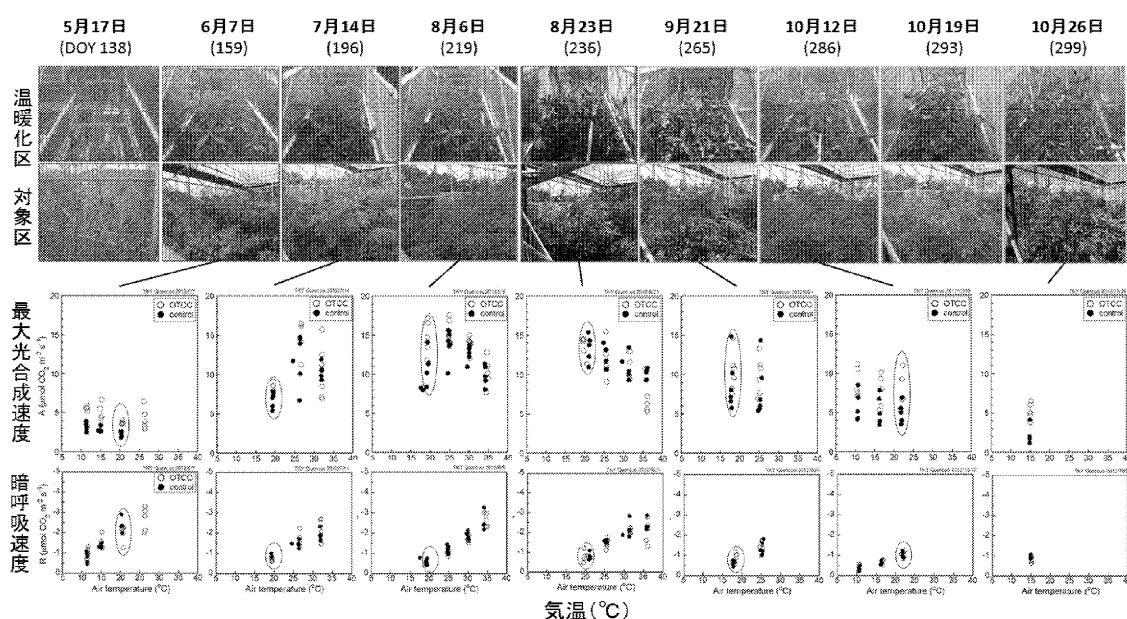


図 1 ミズナラの光合成と暗呼吸速度の温度反応の季節変化。○：温暖化区，●：対象区。
標準気温 20℃での測定値を○で囲った。

冬季内陸における多降水・多降雪の発現

○安藤直貴(筑波大・生命環境学群), 上野健一(筑波大・生命環境系)

日本海側の豪雪や南岸低気圧による太平洋側の降雪に関しては多くの研究がなされている一方、本州内陸での多降水・多降雪の発現に関する研究例は少ない。三村(2000)では冬型気圧配置時における長野県大町市付近の気象の特徴を解析し、気圧傾度や寒気を中心位置の違いによって中部地方内陸部の天気にも明瞭な地域的差異が存在することを明らかにしている。また、内山(1983)は長野県を含む4県で日降雪量に対する主成分分析を行い、複雑な地形による局地的な多降雪が発生することを主成分分析により抽出した。一方で、本州内陸域では温帯低気圧も多降水の一要因と考えられるが、顕著な降水イベントにおける両者の兼ね合いや局地性の要因に不明な点が多い。本研究では本州内陸で相対的に多量の降水・降雪がいつでもたらされたかを調べ、その時の気圧配置型を把握するとともに、事例解析によって降水擾乱の構造を明らかにすることを目的とする。

本研究では東北地方南部から中部地方(図1)を対象とし、累積降雪量平年値と冬季降水量平年値から判断した多雪地域以南を内陸域と設定した。1981年12月～2012年2月の冬季(12-2月)におけるAMeDASデータを用い、個々の地点で日降水量・降雪量が上位10位に入る日を抽出し、その時の気圧配置を冬型気圧配置、南岸低気圧、日本海低気圧、二つ玉低気圧、前線、その他の6つに分類した。分類の結果、これらの気圧配置型が地域によって大きく異なることがわかった。図1は、日降雪量で上位10位に入った日の気圧配置が冬型であった回数を示している。日本海側で多降雪が発生した回数が多いが、太平洋側に近い飯田でも多降雪が発生した事例が確認され、雪雲が内陸深くまで侵入することがわかった。

続いて、日降水量・降雪量それぞれで上位10位に入る観測点が5地点以上存在した日を「多点発生日」、1地点のみであった日を「単独発生日」とし、気圧配置の特徴を調べた(表1)。その結果、南岸低気圧の通過時に多地点で多降水・多降雪が発生しやすく、冬型の気圧配置時に単独で多降水・多降雪が発生しやすいことがわかった。

<参考文献>

三村圭一, 2000: 冬季西高東低気圧配置時における中部地方内陸部の気象の特徴. 天気, 47(12), 821-833.
内山文夫, 1983: 長野県の日降雪の深さの分布の主成分分析. 気象庁研究時報, 35(4), 165-175.

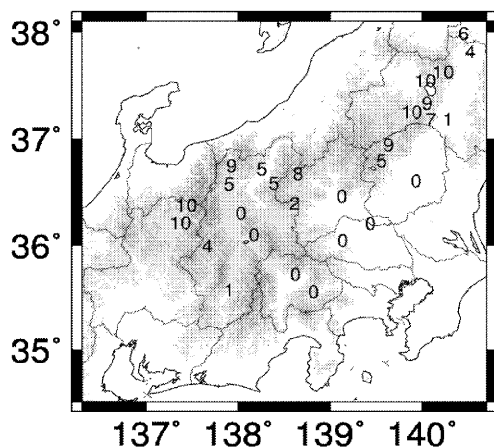


図1: 日降雪量上位10位に入った日の気圧配置が冬型であった回数。地形の陰影は500 m間隔。

	冬型	南岸	日本海	二つ玉
多点・多降水	1	9	1	5
多点・多降雪	3	9	0	0
単独・多降水	24	2	7	1
単独・多降雪	49	13	0	9

表1: 多点または単独で多降水・多降雪が発生した時の気圧配置の事例日数。

山地森林流域における降雨遮断分布の推定

○児島利治(岐阜大・流域圏科学研究センター)

日本の森林域における降雨遮断は 10~50%程度であり、流域スケールの水収支に大きな影響を与えているが、降雨遮断過程の詳細はいまだ解明されていない。本研究では、岐阜県高山市の大八賀川流域において図-1 のような樹冠遮断モデルを 2 次元に配置した分布型遮断モデルを構築し、その精度評価を行った。樹冠遮断モデルでは、林外からの総降雨(r_g ; gross rainfall)は、まず多層の樹冠タンクを通過して直接林床に届く雨滴(直達降雨; r_{dir})と樹冠タンクに入力される雨滴に分割される。樹冠タンクに入力された雨滴は、樹冠に衝突した衝撃により空气中に飛散する雨滴(飛散雨; r_{spl})と樹冠の保水量以上となって樹冠下に滴下する雨滴(滴下雨; r_{drp})及び枝を伝って樹幹(樹幹タンク)へ供給され樹幹流 (r_s ; stemflow)となる水分に分けられる。この r_{dir} , r_{spl} , r_{drp} を合計したものが樹冠下に設置した雨量計で計測できる樹冠通過雨(r_t ; throughfall)と考える。また樹冠表面、空气中に飛散した水滴、樹幹表面からはそれぞれ蒸発による損失(e_{leaf} , e_{spl} , e_{stm})が発生する。蒸発効率などの各モデルパラメタは、岐阜県高山市の TKC サイト(スギ 50 年生)における樹冠通過雨、微気象条件の現地観測データより同定した。蒸発量は分布モデル構築に容易な気温のみをパラメタとして推定した。図-2 に樹幹流下量と樹冠通過雨量を合計した正味林内雨量の観測値と推定値を累積値で示す。降雨強度の強弱に関係なく極めて高精度に推定できていることが分かる。

次に、直達雨の分離に関する樹冠疎密度分布と気温分布、降水分布を分布パラメタとして正味降雨量の推定を行った。2009 年の 10 イベントに対して、流域下端での流量ハイドログラフより算出した直接流出量と降雨分布より算出した総降雨量より観測流出率(=直接流出量/総降雨量)を算出し、推定流出率(=推定正味降雨量/総降雨量)と比較した。直接流出量は、降雨遮断以外に土壌への浸透による損失の影響を大きく受けるため、図-3 のようにあまり明瞭な相関関係は得られなかった。しかし、先行降雨量により降雨イベント进行分类すると、前 3 日間降雨量が 0mm と土壌が乾燥しているほぼ同条件の 4 イベントでは $R=0.80$ という高い相関が得られた。また、前 3 日間降雨量が 12mm 以上の、流域が充分湿った状態である 4 イベントでも $R=0.70$ という比較的高い相関が得られ、土壌水分状態の影響を除けば、降雨遮断モデルによる流域平均遮断量は極めて高精度で推定できていると考えられる。今後は植生タイプの違い、植生季節変動、気温以外の気象条件をモデルに取り込み、降雨時の遮断量の空間分布の推定精度向上に努める。

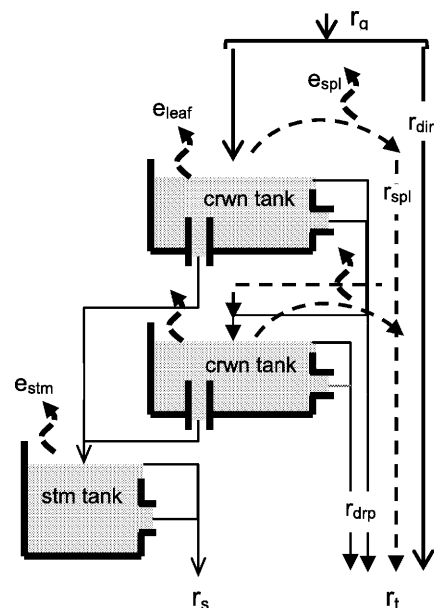


図-1 樹冠遮断モデルの概念図。

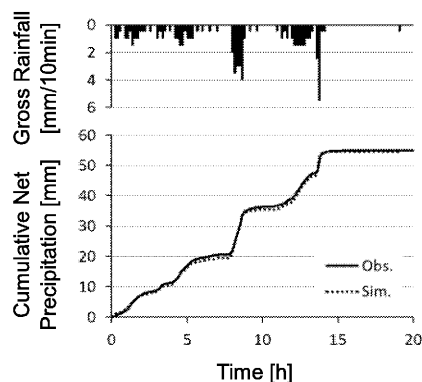


図-2 樹冠遮断シミュレーション

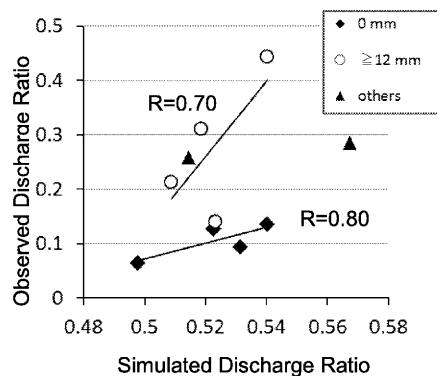


図-3 直接流出率と推定有効降雨率の比較(前3日間降雨量で分類)。

地域気象モデル WRF の陸面過程の違いが中部山岳域における地上気象要素の再現性にもたらす影響

○栗林正俊(岐阜大・流域圏セ), 魯南賑(岐阜大・流域圏セ), 斎藤琢(岐阜大・流域圏セ), 若月泰孝(筑波大・陸域環境), 村岡裕由(岐阜大・流域圏セ)

我が国はアジアモンスーンや台風の影響により、同緯度の他地域と比べると降水量が非常に多く、年平均降水量は約 1700 mm である。これは、世界の年平均降水量(約 810 mm)の 2 倍以上である。しかしながら、国土が狭く人口密度の高い我が国においては、国民 1 人当たりの降水量は約 5000 m³ であり、世界平均(約 16800 m³)の 3 分の 1 に満たず、水資源量としては恵まれていない。また、我が国の地形は急峻であるため、河川の勾配が諸外国の河川に比べて非常に急である。すなわち、暖候期の雨による降水は、ダムなどによる人工的な貯水設備がないと水資源として利用する前に海へ流出しやすい。これらのことから、我が国は降水量が豊富な気候特性を有するものの、人口に対する水資源量は十分ではなく、地形的条件も水資源を利用する上で不利といえる。

我が国の日本海側は世界有数の豪雪地帯であり、山岳域にもたらされた降雪は積雪として蓄えられ徐々に融解して流れ出すことから、利用しやすい貴重な水資源である。JALPS 地球環境再生プログラムにおいて着目している中部山岳域は、遅くまで残雪が残り流域に安定した水資源を供給している。しかし、この積雪による水資源量を正確に見積もることは非常に難しい。降水量を観測する際によく用いられる転倒ます型式雨量計は、山岳地域における観測環境の厳しさゆえに、山の上にはほとんど設置されていない。降水量をリモートセンシングにより広域的に推定するレーダーアメダスも、中部山岳域では地形による遮蔽の影響を受けること、固体降水に対するレーダーの反射強度と降水量との関係性に不確実性が大きいことなどから、山岳域の雪に対しては不向きである。現在の観測データから、中部山岳域の水資源量を見積もる上で、河川流量のデータは最も有効と考えられる。中部山岳域における降水量を地域気象モデル WRF により計算し、各流域の降水量や積雪量の変化から流出量を推定し、これを河川流量と比較することにより、中部山岳域の水資源量を広域的に評価できる可能性がある。

地域気象モデル WRF による中部山岳域の積雪に関する研究としては、Hara et al. (2008)や Kawase et al. (2012)などがある。Kawase et al. (2012)によると、中部地域における 1980 年代と 1990 年代の最大積雪深を WRF3.2.1 により計算して比較した結果、標高 500 m 以下の低地では最大積雪深が減少しているのに対し、標高 1500 m 以上の高地では最大積雪深がやや増加していることが明らかとなった。また、Hara et al. (2008)によると、WRF2.2 を用いて日本における 2070 年代を想定した疑似温暖化実験と現在気候の再現実験の比較を行った結果、標高 500 m 以下の地域における積雪深の減少が顕著であることを示している。これらの研究は、共に陸面過程に Noah-LSM を採用している。このモデルでは、土壌を 4 層に分割して各層ごとに土壌水分量や土壌温度を計算するなどして、大気陸面過程を考える上で重要な地表面の熱収支・放射収支を高精度に計算する工夫がなされている。また、北米における観測データを基に、地表面状態の違いに応じた熱フラックスの違いをモデルに組み込むなどのバージョンアップがなされ、様々な研究における WRF の陸面過程として広く利用されている。2012 年 4 月にリリースされた WRF3.4 では、Noah-LSM からバージョンアップした Noah-MP(Niu et al., 2011)が新たに陸面過程のオプションとして追加された。この Noah-MP は、植生や土壌水分、熱などに関する物理プロセスを複数の選択肢から対象地域に合ったものを選択できるようになっている。また、植生地域においては各格子内の植生割合に応じてキャノピー層と地表面に分けて放射収支と熱収支を計算していること、積雪を深さに応じて最大 3 層に分割して雪温や積雪水分量を計算していること、は大きな改良点といえる。Noah-MP の導入に伴い世界各地の河川流域における流量の再現性が大きく向上したことが報告されている(Yang et al., 2011)。本研究では、中部山岳域を対象として Noah-MP と Noah-LSM を用いた地上気象要素の再現性の違いを比較し、Noah-MP の有用性について検討することにする。再現性の検証には、AMeDAS に加えて JALPS 気候変動グループの気象観測データや、国土交通省水文水質データベースの積雪深や河川流量の観測データを使用する。

上高地の過去 12000 年の環境変遷

河合小百合・原山 智（信州大学山岳科学総合研究所）

上高地は長野県中部の山間盆地で、北東―南西長 12km、最大幅 2km、標高 1500～1600m、中央に梓川が流れ、周囲に 3000m 級の槍・穂高連峰がそびえる。上高地の最近 12000 年間の環境変遷を、ボーリング調査と微動アレー探査により解明した。

12000 年より少し昔、上高地は植被をほぼ欠く深い峡谷で、谷底の川は西方向（岐阜県側）に流下して高原川に合流していた。

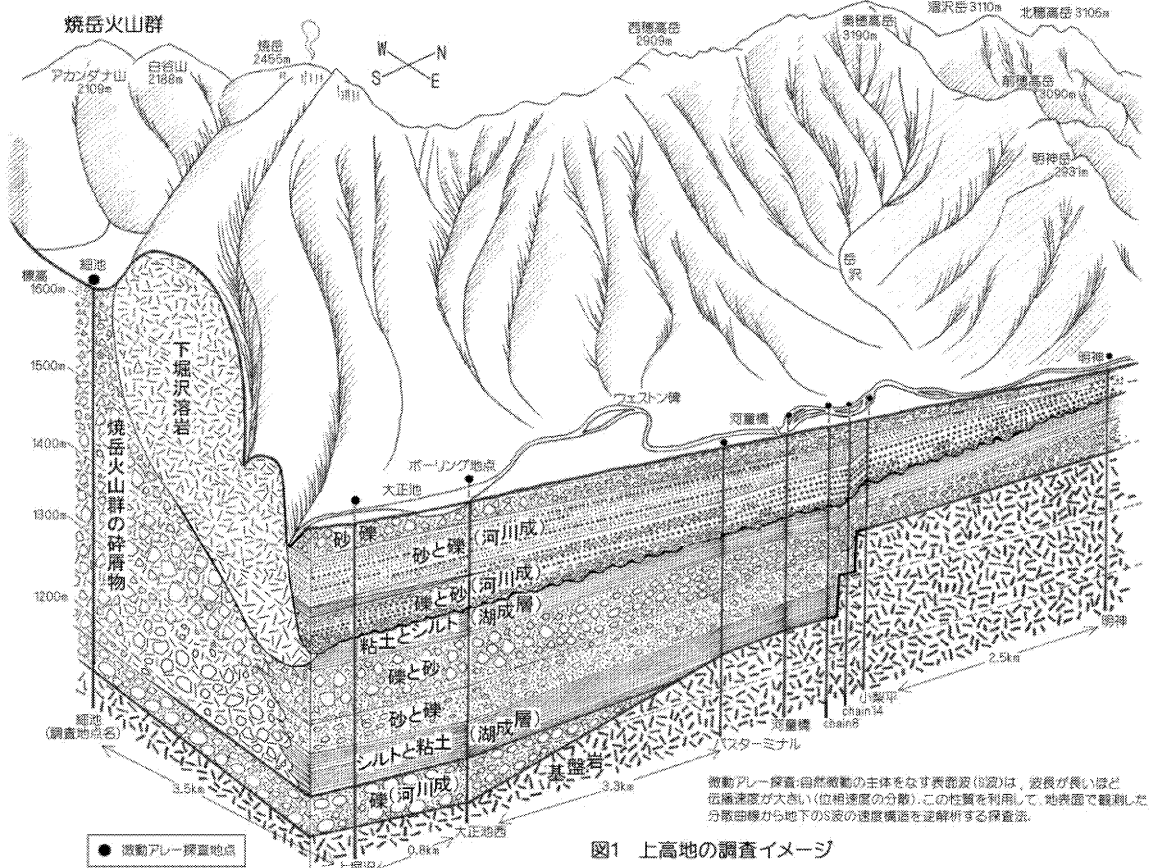
約 12000 年前に焼岳火山群から岩屑なだれ（あるいは溶岩流など）が流下してきて川はせき止められ、上流に深さ 300m、長さ 12km、幅 2km の「古上高地湖」ができた。湖水は東方向（長野県側）に溢れ出して梓川に合流した。

埋積の進行と湖水の流出口の浸食による水位低下の相乗効果で湖の外周に平坦な肥沃地が広がると、約 11000 年前には温暖化のため低標高地から逃避してきた氷期の針葉樹林が成立し、さらなる温暖化のため約 7000 年前にはブナやミズナラの多い落葉広葉樹林に遷移した。

約 5000 年前に古上高地湖は消失した。その原因は、湖水の流出口部を通過する境峠断層の活動である可能性がある。ボーリング試料の湖成層の最上部は浸食され、古上高地湖の決壊に伴う湖底の浸食を示唆する。また下流では約 5000 年前以降の河岸段丘から上高地地域の礫が見出され、それらをトラップしていた古上高地湖が約 5000 年前に消失したことを示唆する。

古上高地湖の消失後、約 4000 年前には焼岳火山の下堀沢溶岩によるせき止め湖が誕生した。この湖も埋積された結果、上高地は平坦な山間盆地となった。

江戸時代に上高地の森林はかなり伐採されて荒廃し、明治時代後半～大正時代に焼岳の活動の活発化でさらに荒廃が進んだ。昭和時代に上高地の自然は保護下におかれた。現在の上高地にはヤナギ類やハンノキ属やカバノキ属の多い遷移初期の自然林やカラマツ植林が多くみられる。



JALPS 気象データに見られる山岳域での風系の立体構造

○磯野純平(筑波大・生命環境), 上野健一(筑波大・生命環境系)

1. はじめに

晴天弱風日の中部山岳域では、大規模な山脈に沿って山谷風・斜面風といった顕著な熱的局地循環が発生する。この循環は熱や水蒸気・汚染物質の輸送を伴い、局地気象や大気汚染の予測を行う上で重要である。清水(1964)は中部日本の地上風系に内陸で収束する気流の存在を指摘し、Kuwagata and Kimura (1995) は大きな谷の断面に沿った斜面風の循環構造を明らかにしている。しかし、高所の観測データは少なく、山岳上空での大気境界層の発達過程や山脈に沿った下層風の日変化などに不明な点が多い。本研究では、高標高で観測された JALPS 気象データも含め中部山岳域における下層風系の立体構造を分析した。

2. 使用データ

本研究では、気候変動研究グループでアーカイブした気象データを使用した。期間は 2006 年～2010 年、データ間隔は 1 時間である。長野県と群馬県の県境に位置する根子岳周辺の領域で、2011・2012 年の暖候期に実施した定点集中観測のデータも使用した。データ間隔は 10 分である。広域場の解析には、気象庁メソ客観解析データと AMeDAS データ、地上天気図を使用した。

3. 結果

2006 年～2010 年の 7・8 月から、地上天気図を用いて低気圧や前線などの擾乱がなく一般風が弱い日を抽出し、アメダスの卓越風向に関する日変化を調べたところ、日中には長野盆地・伊那盆地といった地域で、南北方向の谷に沿った顕著な谷風が発生していた。この谷風は内陸部で収束しており、およそ標高 1000m 以下の低標高域で顕著に見られた。

根子岳を含め、山頂に位置する JALPS 気象観測点で日中に風が弱く夜間に強くなる日変化傾向が観測された。このとき風向の日変化はほとんど見られない。700・800hPa 面高度の客観解析データと比較したところ、風速の時間変化傾向は概ね一致していた(図 1)。山頂の風速変化には、一般風に対する山岳域での混合層形成に伴う乱流応力が影響していると考えられる。

根子岳周辺における風の日変化は標高帯ごとに異なる特徴を示した。低標高地点の長野アメダス(418m)では、10 時ごろに北風成分の谷風が発生し、20 時過ぎには弱い南風となった。一方、西向き斜面の根子岳中腹(1750m)では風速の日変化は不明瞭であるが、風向は夜間に南風が卓越し、12 時ごろには斜面を上昇する西風から北風成分の谷風へと変化した。谷風の出現は低標高地点より 2 時間ほど遅かった。根子岳山頂(2207m)では、1 日を通して南風が卓越し、北風成分の谷風は検知されていない。山谷風・斜面風といった地上風系は、標高 1750m 以下の地域で見られた。夜間には中腹から山頂にかけて風速が増加しており、風速が弱くなる低標高地点とは対照的に一般風が卓越していると考えられた。

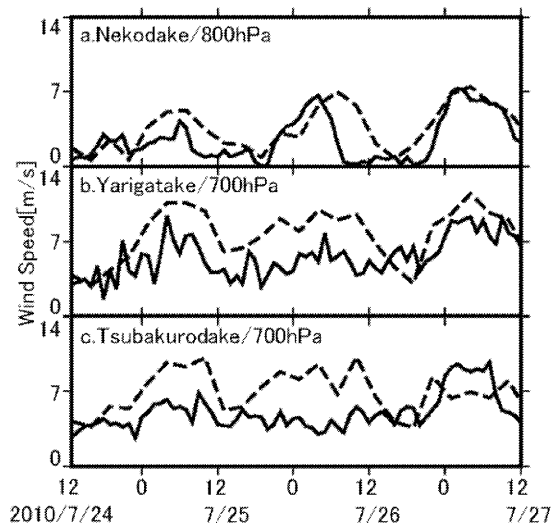


図 1. 山頂における風速の観測値(実線)と客観解析値(破線)との比較

参考文献

- Kuwagata, T. and F. Kimura, 1995: Daytime Boundary Layer Evolution in a Deep Valley. Part I: Observations in the Ina Valley. *J. Appl. Meteor.*, **34**, 549-558.
清水重喜, 1964: 中部日本の熱的高低気圧に伴う風の日変化について. *天気*, **11**, 138-141.

国土交通省「解析雨量」と地上観測雨量との比較

○玉川一郎(岐阜大・流域圏科学研究センター), 空野誠也(岐阜大・工学研究科)

はじめに

気象庁で作成されている国土交通省「解析雨量」は、国土交通省水管理・国土保全局、道路局、気象庁が全国に設置しているレーダーやアメダス等地上の雨量計を組み合わせ、降水量分布を1km格子で解析したものである。2006年の1km格子化、および2008年5月末に国交省のレーダー雨量計を組み込んだことなどにより、その精度は向上し、現在では、雨量計観測に準ずるものとして実用的に使われている。この解析雨量は面的情報として中部山岳域での降水を解析する上で重要な情報になると期待される。しかし、防災を本来の目的にする資料であり、また、国交省の雨量計を組み込んだことで山岳部にも雨量観測点が入ったが、それでも地形の複雑な山岳部での信頼性は確認する必要がある。そこで、今回、解析雨量を作成するのに使われているデータの内、入手が容易な気象庁アメダスの降水量と解析雨量の比較を行い、その上で岐阜大学高山試験地での降水量との比較検討を行う。

結果

解析雨量の分布図を詳細に観察すると、アメダス等の雨量観測点上の格子を中心に、周囲1格子分ほどの大きさで、周囲より年積算降水量の大きくなっている分布がみられる。気象庁予報部予報(1995)によると当時、防災上の観点から、解析雨量が観測された降水量を下回らないように処理されていると記述されているので、同様の処理が現在でも行われているためと考えられる。図1に、愛知・岐阜のアメダス観測点49点に対して、解析雨量2006年から2009年の年平均降水量の東西分布を、アメダス観測点を含む格子を1となるように企画化して平均した分布を示す。アメダスを含む格子を1とした場合周囲は0.8程度の降水量しかないことがわかる。

また、このことは、図2のアメダス高山と解析雨量との1時間降水量の比較でも明瞭に見ることができる。使用したデータは1mm単位であるのでその誤差の範囲で、1:1の線より上にしか、データがプロットされず解析雨量がほとんど常に大きい状態になっている。

しかし、気象庁にオンライン提供されていない高山試験地の降水量を解析雨量と比較すると、図3のように、1:1の線を中心に上下両方にデータがプロットされる。

地上雨量計と解析雨量がともに0を示す時間を除いた比較では、アメダス高山に対して、解析雨量は、0.39mm/hの過大評価、RMSE0.71mm/h、高山試験地では、0.11mm/hの過大評価、RMSE1.08mm/hとなる。この結果をみる限り解析雨量は、山岳部でも比較的良好な結果を示しているようだ。

参考文献

気象庁予報部予報課、レーダーアメダス解析雨量の解析手法と精度、測候時報62.6, pp.279-339, 1995

玉川一郎、空野誠也、佐藤有香、解析雨量を局所的な降水量分布の解析に用いる際の注意点 2011年度水文・水資源学会研究発表会要旨集 P49, pp.206-207, 2011

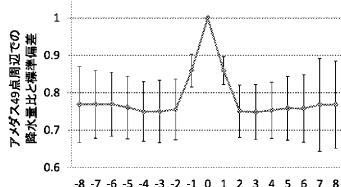


図1 愛知岐阜のアメダス49点の周辺での解析雨量の2006～2009年の平均東西分布。アメダス上を1とした(玉川ら2011 発表ポスターより)

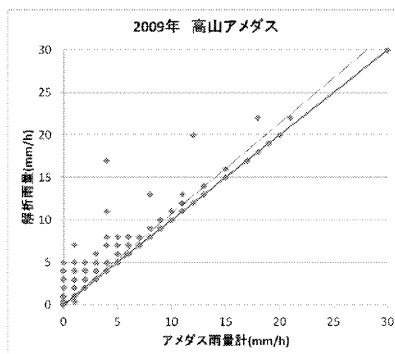


図2 アメダス高山と対応する解析雨量の1時間降水量の比較(2009年)

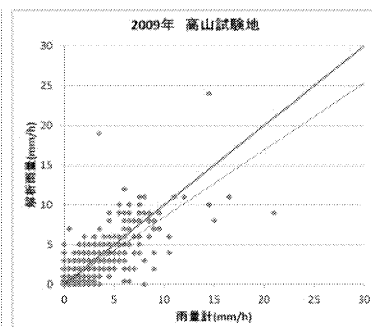


図3 高山試験地と対応する解析雨量の1時間降水量の比較(2009年)

領域気候モデルによる中部山岳域の降雪の検証：多雪年・少雪年の比較

○吉田傑，鈴木智恵子，若月泰孝（筑波大学）

1. はじめに

中部山岳域は急峻で複雑な地形を有しており、そのため、モデルを用いた気候の再現が難しい。先行研究（若月 2011）では、中部山岳域におけるレーダーアメダスデータと領域気候モデル（WRF）での再現シミュレーションとを比較し、捕捉率や地形による遮蔽の影響でレーダーデータは過小評価している点について言及している。また、積雪観測と比較し、高解像度実験が積雪の表現に有益であることを示した。しかし、対象期間が限定的であるという問題点もある。そこで、多雪年や少雪年に着目し、観測データをより拡充し、モデル再現性の検証を行う。

2. 研究手法

本研究では、客観解析（Era-Interim）を側面境界として、領域大気モデル（WRF3.4）による長期積分を行った。24km-6km-2km の3つの解像度で、関東の山岳域を中心に中部山岳域を含めるよう計算領域が設定されている。実験年は、2005-2006（多雪年）、2006-2007（少雪年）とし、9月1日から翌年の10月31日まで積分した。積雪を含む陸面過程は Noah-LSM を利用している。観測データは、主に気象庁アメダスや水文水質データベースを用いる。

3. 解析結果

降雪イベント毎の降雪量が観測値に比べモデルの方が概して多い傾向にある。また、このケースでは積雪深が比較的深い猿倉では 6km、比較的浅い永井では 2km がより観測値に近く、積雪深や地点によって再現の特徴に違いが見られる。消雪時期については、観測値よりモデルの方が遅いが、消雪過程よりも降雪量や最大積雪深の過大評価が大きく影響しているためと考えられる。

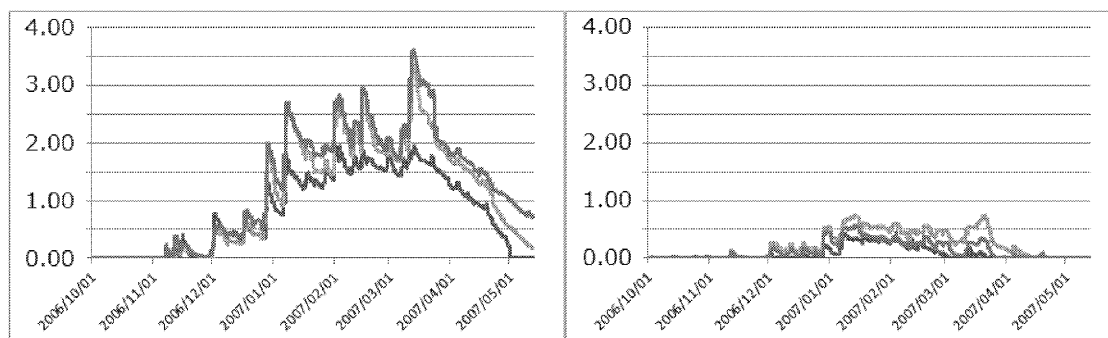


図 2006 年 10 月 1 日－2007 年 5 月 31 日の水文水質データベース 猿倉(左)、永井(右)における積雪深の観測値（黒）と、解像度 6km（淡灰）、2km（濃灰）の WRF による再現結果。縦軸は積雪深（m）を表している。

参考文献

若月泰孝，2011：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．中部山岳地域大学間連携事業 2011 年度年次研究報告会，2011/12/16，信州大学

領域気候モデルによる中部山岳域の降水の検証：高解像度化

若月泰孝, 鈴木智恵子, 吉田傑 (筑波大学)

1. はじめに

地球温暖化に伴う中部山岳域の気候変化, 特に積雪, 気温, 降水量, 日射量の変化は, 中部山岳域の生態系に少なからず影響を与えていると考えられている. 地球温暖化予測は, 一般的に全球気候モデル (GCM) による数値シミュレーションによっている. しかし, 世界中で実施されるこの予測シミュレーションの結果には大きなバラつきがあり, 定量的な予測は非常に難しい. これまでの研究で, 気温が $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 前後上昇し, 雪解けが早まることは確かになってきたものの, 定量的に示すことは非常に難しい. GCM は非常に低解像の情報なので, GCM 側面境界に用いた領域気候モデル (RCM) の長期積分などによって地域スケールの詳細な気候変化予測を行うダウンスケーリングを行う. 中部山岳域の急峻な山岳地形を表現するために高解像度化する場合, RCM による計算であれば, 水平格子間隔を $1/2$ にすると計算時間は 8 倍以上になるため, 高解像度化には限界がある. 本研究は, 解像度依存性と計算負荷の小さい高解像度化手法の開発状況について紹介する.

2. 研究手法

高解像計算結果 (格子間隔 2km) と低解像度結果 (格子間隔 6km) では, 例えば積雪深分布でも図のような違いがある. 現在軽い計算負荷による高解像度化手法を研究して

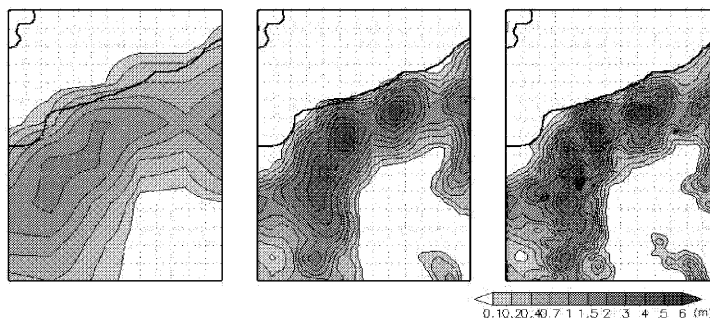


図: 24, 6, 2km 格子間隔の 2006 年 1~3 月の平均積雪深分布

いる. 変換すべき要素は, 積雪深, 降水量, 気温, 日射量である. このうち気温については, ほとんど高度のみに依存する上, 正規分布特性を持つため比較的容易である. しかし, 降水量や積雪深については, 積算量であり積算期間によって統計特性が異なる. 特に短時間雨量は難しく, Wakazuki (2011)に示されるような特殊な分布特性をもつ. 統計的な補正モデルは数多くあるが, その中でも比較的古典的な方法である重回帰型の補正モデルを用いる. 説明変数は, 近傍の低解像度データの変動成分を主成分分析した際のスコア時系列を用いる. この方法で気温の高解像度化を行い, 降水量や積雪深などについても進捗に応じて紹介する.

参考文献

- 若月泰孝, 2011: 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. 中部山岳地域大学
間連携事業 2011 年度年次研究報告会, 2011/12/16, 信州大学
- Wakazuki, Y., 2011: New distribution functions for hourly and daily precipitation intensities during snowless season in Japan. J. Meteor. Soc. Japan, 89, 29-45

スギ、ヒノキ肥大成長の気候応答

安江 恒, 平野 優 (信州大農)

【はじめに】

スギ、ヒノキは我が国における主要造林樹種であり、森林面積のうちスギは 18%、ヒノキは 10%を占める。急激な気候変化は、樹木の生育適地を変えたり、成長や材質を変化させる可能性がある。しかしながら、これまで、野外での実測データに基づいた知見はほとんど得られておらず、我が国の主要樹種の成長や材質の気候応答に関する研究が急務である。そこで本研究では、年輪気候学的手法を適用し、スギ、ヒノキの年輪幅、年輪平均密度と気候要素との関係を解析した。

【方法】

奈良県吉野群川上村神之谷（標高 570m）に生育する約 100 年生のスギ 58 個体、ヒノキ 33 個体を供試木とした。地上高 3～8m より円盤試料を採取し、2 方向よりストリップ試料を採取した。軟 X 線デンシトメトリにより、年輪幅および年輪平均密度を測定した。目視および統計的手法を併用して正確な形成年の照合を行った。得られた実測値時系列に対してフィルター長 32 年のスプライン関数を近似し、実測値との比を算出することにより標準化を行った。標準化時系列を平均し、各樹種の地点を代表する年輪幅または年輪平均密度の時系列であるクロノロジーを作成した。

観測期間の長い津地方気象台と和歌山地方気象台の月平均気温・月最高気温・月最低気温・日照時間・月降水量の時系列変動について、観測地の平均値を算出し、クロノロジーとの単相関係数を算出した。

【結果と考察】

スギは冬期間（1 月を除く）の気温と正の相関を示した。また、7 月の降水と負の相関を示した。ヒノキは前年 5、8、9 月の気温と負の相関を、12、2 月の気温と正の相関を示した。また、当年 5、7 月の気温と正の相関を示した。

両樹種とも、成長開始前の冬季の気温（特に最高気温）が年輪幅に影響を及ぼしていることが明らかになった。両樹種とも冬期間の気温が光合成量に影響し、その結果として引き続く肥大成長量が変動していると推察された。

スギ	前年												当年											
	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			
平均気温										〇〇		〇〇	〇〇											
最高気温										〇〇		〇〇	〇〇											
最低気温										〇		〇	〇											
日照時間																								
降水量																	●							

ヒノキ	前年												当年											
	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			
平均気温						●	●			〇		〇〇												
最高気温			●			●						〇〇												
最低気温							●					〇												
日照時間															〇		〇〇							
降水量																	●							

p<0.01 において有意な正の相関は○○、負の相関は●●、p<0.05 において有意な正の相関は○、負の相関は●で示す。

図 スギおよびヒノキ年輪幅の気候応答

北海道で生育した産地の異なるブナの 年輪幅、年輪内密度値およびその変動と気候応答

眞山寿里（信州大院農），田村 明（森林総研），安江 恒（信州大農）

はじめに

ブナ(*Fagus crenata*)は、日本の冷温帯に北海道から鹿児島県まで広く分布している。日本各地から集められたブナ実生についての産地試験の結果から、葉面積や開芽時期には遺伝的に産地間差があると報告されている（澤田・梶幹 1994、佐々木ら 2002、布川・塚原 2005）。一方、材質指標のひとつであるブナの年輪幅や年輪内密度値について産地比較した報告は少ない。またブナ天然木の年輪幅や年輪内密度の気候応答解析を行った研究では、生育地による違いが報告されているが（涌井 2010）、同一環境下において遺伝的に産地間差が生じるかどうかは明確ではない。そこで本研究では、北海道で生育した産地の異なるブナの年輪幅、年輪内密度における平均値、時系列変動、気候応答について検討した。

方法

試料採取地は、独立行政法人森林総合研究所北海道育種場（江別市）ブナ産地別試験地（1991年設定）である。試料は、2011年10月に成長錐を用いて、1個体2方向から採取した。検討する産地は、日本各地を広く比較できるよう8産地計64個体を選木した。採取した年輪コアは、抽出処理を行い台木に固定し、1.6mm厚に切削した。切削した試料は、軟X線で写真を撮影し、その写真を用いて年輪解析ソフトにより年輪幅および年輪内密度値を測定した。実測値の時系列変動に成長曲線（32年スプライン関数）をあてはめ標準化し、1996年から2011年までの産地を代表する時系列変動であるクロノロジーを構築した。年輪幅、年輪内平均密度の産地内、産地間における①平均値、②時系列変動、③気候応答について検討した。気象データは新篠津気象観測所における1995～2011年（17年分）、前年3月～当年10月までの月平均気温（日平均、日最高、日最低）、降水量の月合計、日照時間の月合計および降雪の月合計を用いた。

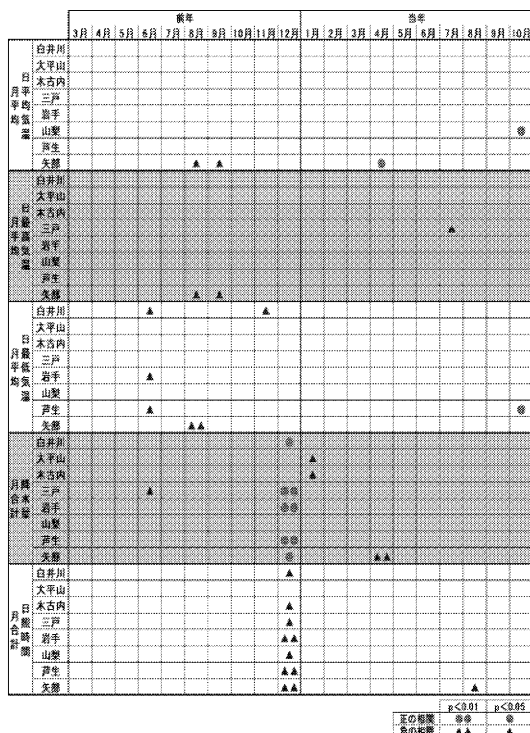


図1. 年輪幅と日平均・最高・最低気温、月合計降水量、日照時間および降雪との相関関係

結果

年輪幅の平均値について、分散分析の結果から産地間において有意差は認められなかった。しかし、年輪内平均密度については、最も低い値である岩手と最も高い値である芦生、矢部の間に有意差($p < 0.05$)が認められた。

年輪幅の気候応答では、大平山、木古内、山梨を除く5産地と前年12月の降水量との間に有意な正の相関が認められ、大平山および木古内と当年1月の降水量との間に有意な負の相関が認められた。また、白井川、岩手、芦生と前年6月の日最低気温との間に有意な負の相関が認められた。これらのことから年輪幅と冬の降水量および前年6月の日最低気温との関係について、産地により異なる可能性が示唆された。また、大平山を除く7産地と前年12月の日照時間との間に有意な負の相関が認められた。このことから年輪幅と前年12月の日照時間との関係は、産地に共通した気候応答であると考えられる。年輪内平均密度では、年輪幅のような顕著な気候応答は認められなかった。

酸素同位体比をトレーサーに用いたカラマツ年輪に記録された相対湿度の期間の推定

○宮本悠平、和田鉄平(信大農)、内海泰弘(九大農)、中塚武(名大環)、安江恒(信大農)

1. はじめに

樹木年輪の酸素同位体比の変動には、成長期間中の相対湿度の変動が反映される。しかし、年輪の酸素同位体比から推定できる相対湿度の具体的な日付に関する研究例は少ない。そこで本研究では、年輪の酸素同位体比の変動にいつの期間の相対湿度の変動が反映されたかを推定した。

2. 試料・採取地

本研究に用いた試料は信州大学農学部構内演習林にて 2012 年 1 月に採取したカラマツの直径 12mm の 2 個体のコア試料(以下 K13, K20 と略)、九州大学宮崎演習林にて 2010 年 4 月に伐倒して採取した 2 個体のカラマツ円盤試料(以下 M2, M5 と略)である。それぞれの試料の最も新しい 4 年分の年輪を解析に用いた。また、信州大学農学部構内演習林においては 2008、2010、2011 年、九州大学宮崎演習林においては 2008、2009 年に年輪形成過程の観測が行われ(和田 2012)、この結果を解析に用いた。

3. 実験・解析方法

M2, M5 については板目断面が 10×10mm になるようにブロックを切り出した。K13, K20 についてはコア試料をそのまま供試した。まず、熱湯・アルコール抽出により抽出物質を除去した。その後、マイクロームにて放射方向に 20 μ m ごと薄片化し、10 枚で 1 組とした。1 組ずつ簡易型ろ過反応器に投入し酢酸による酸性条件下で亜塩素酸ナトリウム溶液にて脱リグニン、水酸化ナトリウム溶液にて脱ヘミセルロースを行い、セルロースを抽出した。セルロース抽出が終わった試料を秤量し、銀カプセルに梱包した後に質量分析計にて酸素同位体比を測定した。

酸素同位体比と同じ時間分解能の相対湿度の時系列データを得るために、木部形成の期間内で試料 1 組の厚さである 200 μ m 分の細胞壁堆積期間を推定した。壁肥厚期間は年輪の始めでは平均で 20 日間、樹皮側に向かうにつれ延長し、年輪の終わりでは平均で 37 日間と推定された。これより、対応する測定点ごとの堆積期間の平均相対湿度を算出した。その際、木部形成の日付に対して 5 日間ずつずらしながら相関係数を算出した。

4. 結果と考察

木部形成期間と同時期の相対湿度とは無相関であった。相関係数は日をずらすほどに高くなり、最も高い相関は K13, K20, M2 については 25 日、M5 では 20 日ずらした際にみられた。その後、相関係数は低くなった。したがって、樹木年輪の酸素同位体比の変動は木部形成より 20~25 日程前の相対湿度の変動を最も反映している。

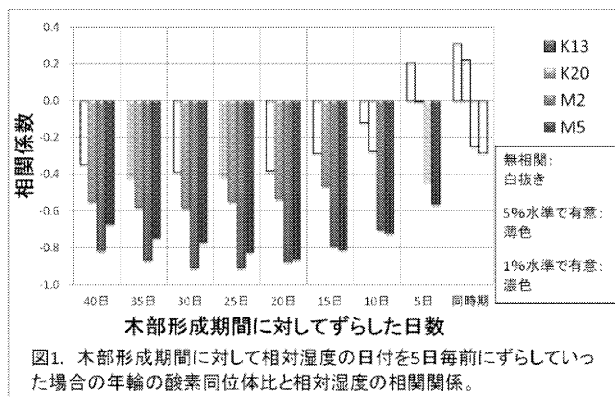


図1. 木部形成期間に対して相対湿度の日付を5日毎前にずらしていった場合の年輪の酸素同位体比と相対湿度の相関関係。

カラマツ樹幹局所的冷却処理による形成層活動への影響

桑山明希・安江恒（信大農）

【はじめに】

現在、樹木は材として利用のほかには植物バイオマス資源としても利用が期待されている。植物バイオマスを有効利用するために、木材の形成過程を十分に理解することが必要である。木材は、形成層が生産する二次木部の集合体であることから、形成層活動の違いが木材の生産量を決定する。また温帯や冷温帯に生育する樹木において、形成層細胞の分裂活動には季節性が認められ、分裂活動期と休眠期という周期性が存在する。分裂活動の再開に気温上昇が関係しているのに対し、分裂活動期から休眠期への移行は気温以外の要因が関係している可能性が報告されている。（和田 2012）本研究では、分裂活動期から休眠期への移行の制御要因を明らかにするため、樹幹の一部を冷却し低温による形成層活動への影響について考察を行う。

【材料と方法】

信州大学農学部構内（長野県上伊那郡南箕輪村、標高 770m）に生育するカラマツ（*Larix kaempferi*(Lamp.)Carr）4 個体（DBH15.5~26.4cm）を供試木とした。未処理個体（以下 Control 個体, No1,2）2 個体、樹幹局所的冷却処理個体（以下 Cooling 個体, No3,4）2 個体で実験を行った。冷却処理は樹幹の胸高部位にホースを巻き、冷却水循環装置 Cool Ace(CCA-1111)により 15℃ に冷却したエチレングリコールを循環させた。冷却処理は 2012 年 9 月 7 日~10 月 31 日まで行った。形成層活動の季節変化を特定するために、各供試木について打ち抜き法（2012 年 5 月~11 月）とナイフマーキング法（2012 年 9 月~11 月）を約 1~2 週間間隔で行った。打ち抜き法は直径 2mm のポンチを用いて形成層を打ち抜いた。（Cooling 個体は処理部分と 30 cm 下の未処理部分の 2 か所で行った）。ナイフマーキング法は刃幅 18 mm のナイフを用いて樹幹に傷をつけた。完全に形成層活動が終了したと思われる 11 月下旬にポンチを用いてすべての傷害部位を採取する。両試料から木口面切片を切り出し、顕微鏡プレパラートを作製し、光学顕微鏡及び偏光顕微鏡を用いて組織を観察し、形成層活動状態を特定した。

【結果と考察】

冷却前の 8 月 31 日の時点で、Cooling 個体 No3 では形成層細胞が 6~7 層確認された。処理開始 7 日後の 9 月 16 日でも同じく 6~7 層確認され分裂中であった。10 月 15 日では 4~5 層確認された。しかし、同一個体の未処理部分でも形成層細胞の細胞数はほとんど変わらず、同じく分裂中であった。1 か月程度の冷却では、形成層細胞の分裂に影響を与えないことが示唆される。今後、Control 個体との比較を行い、形成された早材・晩材別の細胞数、細胞径についても観察する。

温暖化による生育期間延長を考慮した落葉広葉樹林における炭素収支

○斎藤琢(岐阜大学・流域圏科学研究センター), 永井信(海洋研究開発機構),
吉野純(岐阜大学・工学部), 三枝信子(国立環境研究所),
玉川一郎, 村岡裕由(岐阜大学・流域圏科学研究センター)

気候変動が森林生態系炭素収支に及ぼす影響を検討することは、森林生態系機能の維持管理や大気への二酸化炭素フィードバックを評価する上で喫緊の課題である。温帯広範に優占する落葉広葉樹林では、その生育期間が光合成による炭素吸収および呼吸による炭素放出の季節変化に大きな影響を与える可能性をもつ。このため、温暖化が進行する気候変動下における落葉広葉樹林炭素収支を知るためには、温暖化による生育期間延長が落葉広葉樹林の森林生態系炭素収支にどのような影響を与えるのかを評価することが重要となる。本研究では、林床ササ群落を有する冷温帯落葉広葉樹林 (AsiaFlux TKY site; 36°08'N, 137°25'E, 1420 m a.s.l.) を対象として、(1) デジタルカメラ画像による群落フェノロジーと気温データを用いた群落フェノロジーモデルの構築 (2) 観測値に基づいた生態系モデル (改良版 NCAR/LSM) の検証・最適化、(3) CMIP3 Multi-Climates Models を用いた生育期間および炭素収支の将来予測を行い、温暖化の影響によって延長された生育期間が落葉広葉樹林の炭素収支に与える影響について評価した。

まず、高山落葉広葉樹林サイトにおける 2004 年から 2009 年までのデジタルカメラ画像と気温データを用いて、落葉広葉樹林の展葉開始日、紅葉開始日、落葉終了日と気温の関係を調査した。この結果、(1) 展葉開始日は 1 月 1 日からの日積算気温 (基準温度 5 °C) が 140.0 ± 13.5 °C (平均±標準偏差) のとき、(2) 紅葉開始日は 5 日移動平均気温が 10.8 ± 1.3 °C 以下になったとき、(3) 紅葉開始日から落葉終了日までの期間 (落葉期間) は 30.7 ± 4.0 日であることが明らかとなった。これらの気温と群落フェノロジーの関係を CMIP3 Multi-Climates Models の A1B, A2, B1 シナリオの将来予測気温に適用し、展葉開始から落葉終了日 (生育期間) の将来予測 (2046-2065 年) を行い、現在 (2002-2007

年) と比較した。将来予測では現在と比較して、展葉開始が 10~13 日早まり、落葉終了は 7~9 日遅くなった。結果として、落葉広葉樹林の生育期間は 17~22 日延長した。また、融雪終了日が 8~12 日早まり、根雪開始日が 5 日遅くなった結果、下層植生を含む森林生態系全体の光合成可能期間が 13~17 日増加した。この結果、将来の生態系全体の総光合成量、生態系呼吸量、総生態系生産量は、現在と比較して、それぞれ 9~12%, 9~12%, 12~17% 増加した。これらの増加分は主に落葉広葉樹の寄与が主体であり、林床ササ群落の寄与率はほとんどなかった。これらの結果から、気候変動による群落フェノロジーと森林生態系の全体の光合成可能期間の変化が落葉広葉樹および森林生態系全体の炭素動態に大きな影響を与えることが明らかとなり、気候変動下における落葉広葉樹林の炭素収支を広域に評価するために、融雪・根雪のタイミング、群落フェノロジーの時空間分布の高精度な推定とこれらの予測型モデルの高精度化が重要であることが示唆された。

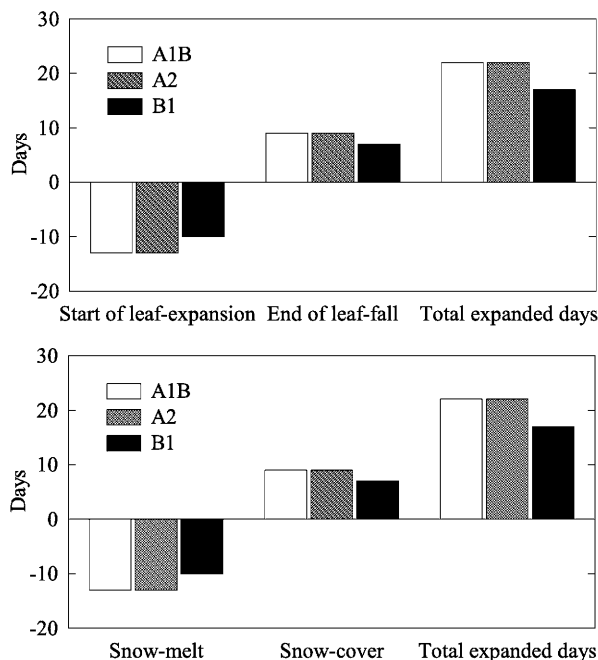


図 1: 展葉開始日・落葉終了日および生育期間の変化日数 (将来予測値－現在値) (上図). 融雪終了日、根雪開始日および光合成可能期間の変化日数 (将来予測－現在値) (下図).

高解像度領域気候モデルを用いた積雪標高依存性の地域差

宇野史睦¹, 川瀬宏明¹, 石崎紀子¹, 若月泰孝^{1,2}, 木村富士男¹

¹海洋研究開発機構, ²筑波大学生命環境系

1. 背景

古くから積雪の標高依存性は多くの観測研究により示されてきたが, その成因の詳細な議論は少ない. これは積雪の観測点が少なく, さらに高標高地域における観測が困難であることが大きな要因である. そこで本研究では, 新潟県を対象に高解像度ダウンスケーリングを行い, 積雪深の標高依存性の要因, 特にその地域差について議論する.

2. 領域気候モデルと地上観測データ

本研究は 2005 年の豪雪年を対象とし, 積雪観測のある AMeDAS の 13 地点を用いた. 領域気候モデルは WRF ver3.4 を使用し, 初期値/境界値, 地表面モデル, 雲微物理はそれぞれ ERA-interim, NoahLSM, WSM6 を用いた. 対流パラメタリゼーションは使用していない. 積雪の再現性は地形解像度に大きく依存することが Leung and Qian (2003) などにより指摘されているため, 1.5km の水平解像度とした.

3. 標高依存性の特徴

WRF による積雪深の再現性を確認すると, 積雪深は過小評価だが, 季節変化はよく再現しており, 相関係数は 0.98 であった. 次に, 積雪の標高依存性の再現性を確認するために, 伊予部 (2007) による広域の観測結果と比較した (図 1a, 1b). モデルは標高に対する積雪深の増加量は小さいものの, 標高依存性が標高約 500m 以上の地域で弱くなる傾向を示した. これは先行研究と同様の傾向であり, モデルは観測の標高依存性の特徴をよく再現している.

4. 地域性の要因

標高依存性の特徴をより詳細に見るため, 上越地方の標高依存性を確認した (図 1c). 緯度が 37.0°N 以北では線形な標高依存性を示し, 37.0°N 以南では先行研究と同様に標高 500m 付近から依存性が弱くなる 2つの傾向が見られた. 37.0°N 以北の地域は, 海岸沿いの山地における風上斜面であり, 37.0°N 以南はその風下斜面と背面の山地を示している. 冬季における雪の混合比の鉛直分布を見ると, 前者の地域で降雪が多く, その山地を超えた後者の地域では降雪が少なくなっている (図省略). これは, 風上側の山地において降雪が多く, その風下への水蒸気輸送量が少なくなるため, 1つの山地を超えた内陸の山地では標高依存性が不明瞭になると考えられる.

つまり, 1つの山の斜面において標高依存性は線形関係だが, その風下斜面やさらに内陸の山地斜面では依存性は弱まり, またバラツキが大きくなる. これは地形に大きく影響を受けた降水分布の地域性が寄与していると考えられる.

本研究では豪雪年を対象としたが, 小雪年など複数の年についても解析する必要がある. また, 1500m 以上の標高においては観測点が不足しているため, 今後はより多くの観測との比較も行う必要がある.

謝辞

本研究は, 気候変動適応研究推進プログラム (RECCA) の支援を受けて実施された. ここに記して御礼申し上げます.

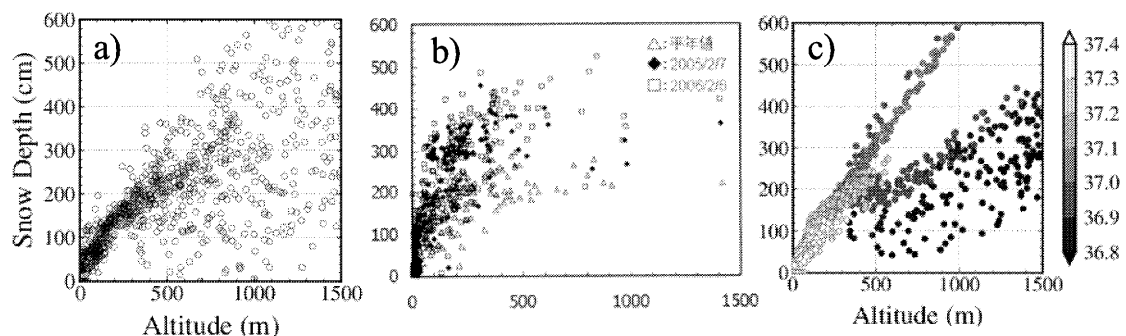


図 1, 新潟における標高依存性. a: WRF の計算領域全体のモデル結果, b) 伊予部(2007)による新潟の標高依存性 (一部改変), c) WRF の新潟の上越地方における標高依存性. c のシェードは緯度を示す.

領域気候モデルと衛星画像データを用いた中部山岳域における積雪の再現

○鈴木智恵子(筑波大), 飯塚潤平(JR 東日本), 木村富士男(JAMSTEC), 若月泰孝(筑波大)

1. はじめに

冬季日本の中部山岳域にもたらされる降積雪は水資源としても重要な役割を持っているが、降積雪現象そのものの年々変動が大きいことに加え、地形が急峻で気候再現実験の検証に使うことのできる地上観測データも比較的標高の低い地域に限られてきた。本研究では、領域気候モデルを用いた気候再現実験と空間解像度の高い衛星画像データの比較を通して積雪分布の再現性を検証することを目的とする。今回は、標高との関係もあわせて報告する。

2. 使用データと解析手法

鈴木ほか(2010)と同様に、領域気候モデルとして WRF ARW-Core V2.2 による再現実験(Hara et al., 2008)の結果を利用した。境界値には NCEP/NCAR 再解析データを使用した。衛星画像データとして、宇宙航空研究開発機構(JAXA)/東海大学(TSIC/TRIC)提供の JASMES/MODIS 積雪マッププロダクトを使用した。本プロダクトは半月単位(各月の 1-15 日および 16 日-各月の最終日)で作成されており、水平解像度は 500m である。解析対象期間は 2005 年と 2006 年の 11 月 1 日から翌年 5 月 31 日、水平解像度は領域気候モデルの実験結果にあわせて 5km とした。積雪面積と標高との関係を調べるため、国土地理院の数値地図 250m メッシュ(標高)を用いて標高の情報を積雪マップに挿入した。地上観測として AMeDAS の気温、降水量、積雪深データを使用した。

3. 結果

中部山岳域の対象領域において 2005 年と 2006 年の 11 月から翌年 5 月まで半月毎に積雪分布を比較した結果を下の図に示す。2005 年の方が積雪面積の拡大時期が早く、最大値の出現時期も半月程度早く、冬季全体を積算した積雪面積もより大きい様子が再現されている。MODIS を基準とした WRF の積雪面積は 5%以内の誤差で一致する時期がある一方、積雪開始時期の 11 月の他にも 20%以上過大または過小となる時期がみられた。過大、過小の時期が 2 つの年で異なっていることから、積雪イベントの再現性も影響していると考えられる。

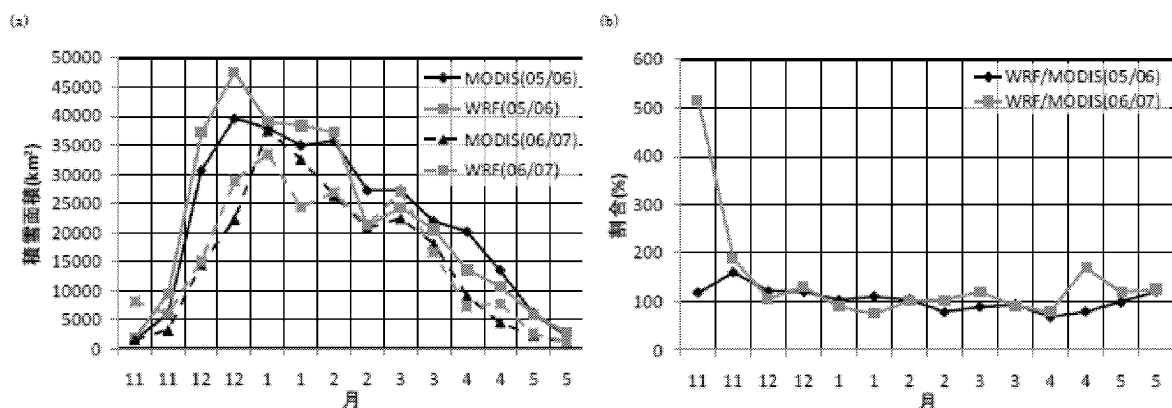


図 中部山岳域の対象領域における (a) 積雪面積 と (b) MODIS を基準とした積雪面積比
2005 年と 2006 年の 11 月から翌年 5 月まで半月毎に領域気候モデル(WRF)と衛星画像データ(MODIS)の積雪分布を比較した結果。

参考文献:

Hara M., T. Yoshikane, H. Kawase, F. Kimura, 2008: Estimation of the impact of global warming on snowdepth in Japan by the Pseudo-Global-Warming method. Hydrol. Res. Lett., 2, 61-64.

鈴木智恵子, 飯塚潤平, 木村富士男, 2010: 中部日本における積雪分布の再現—多雪年と少雪年の比較。中部山岳地域大学間連携事業 2010 年度年次研究報告会, 筑波大学。

日本の冬季降雪を規定する大気循環場

—領域気候モデルを用いた降雪予測—

吉田あい・植田宏昭（筑波大学大学院生命環境科学研究科）・日下博幸（筑波大計算科学）
・足立幸穂（JAMSTEC）

1.はじめに

日本の降雪システムは、冬季東アジアモンスーンがもたらす強い寒気の吹き出しによる山間部の大雪（通称山雪）、強い寒冷渦あるいは深い寒冷トラフによる平野部の大雪（通称里雪）に大別される。

大雪がもたらされるメカニズムとしては諸説ある。その一つとして、La Niña 現象に伴って対流活発域が海洋大陸からフィリピン海付近で活発化し、その対流加熱に対するロスビー応答の結果として、中国南部における対流圏中上層の高気圧性偏差の強化と、アジアジェット下流域にあたる日本付近の低圧偏差・多雪の出現、というような遠隔応答が挙げられる（川村・小笠原 2007; Kibe et al. 2011）。このような日本付近の低圧偏差は、日本域での北西アジアモンスーン気流を、局所的に強化することにより、山雪の増加を引き起こすことが予想される。一方、総観規模擾乱の活発化に伴う増雪効果も考えられる。また、冬型の気圧配置の弱化（日本付近の低圧偏差）は、西風ジェットの高緯度側へのシフトを介して、低気圧活動を活発化させる方向に働くことが知られている（Nishii et al. 2009）。このように、多雪を引き起こすプロセスは、i) 北西モンスーン気流の強化、ii) 低圧偏差内での総観規模擾乱の活発化、そして iii) 偏西風変動に関係した低気圧経路の変調などの要因が考えられる。上記の降雪プロセスの寄与を調べるためには、広域の環境場と総観規模擾乱との関係を、統計的・実験的に調査する必要がある。

2.降雪システムを規定するメカニズム

多雪を引き起こすプロセス ii)、iii)に関連する総観規模擾乱は、温帯地域で発生し中緯度の偏西風帯を東進する。偏西風波動とも呼ばれる低気圧活動は、偏西風の強風軸が現れる冬季の日本上空で顕著であり、しばしば多雪をもたらす。しかし、気候モデルを用いて現在や将来の再現を行う場合、下部境界条件として SST を与えるが、その分布はモデル間で異なる（Murakami et al. 2011）。このよ

うな SST 分布のばらつきは、低気圧活動を再現する際に不確実性を増大させる原因となっている。

本研究では SST 分布や偏西風の変動など、広域の環境場の影響が総観規模擾乱にどのような影響を与えるかについて調査し、多雪を引き起こすプロセスの寄与を解明することを目的とする。

3.解析手法

大循環場の変化が総観規模の現象に与える影響を調査するために、全球気候モデルの結果を領域気候モデルの初期値・境界値とする。SST の不確実性を考慮し、年々変動の代表例である El Niño, La Niña 現象時の SST を MRI-CGCM3.2.2 の AGCM の下部境界条件に与え、その結果を WRF(Weather Research and Forecast)の初期値・境界値とすることで中部山岳域の積雪変化を調査する。今回の発表では El Niño, La Niña 現象時の大気場の特徴を客観解析値 JRA-25/JCDAS を用いて示し、AGCM、WRF の結果について示す。

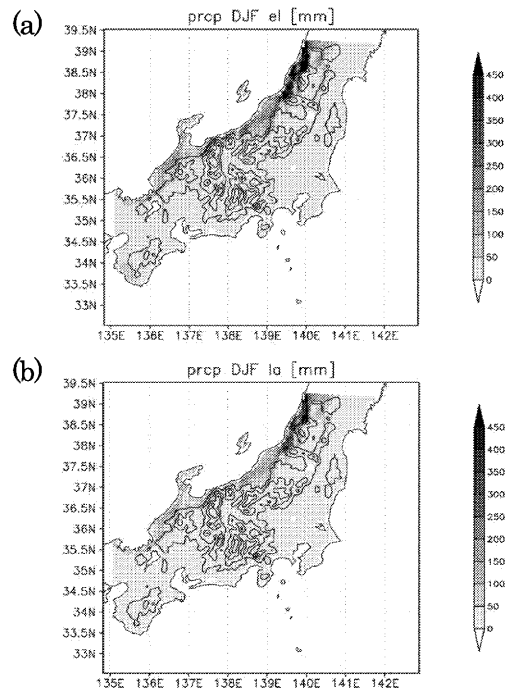


図1:WRFで再現された冬季の降水量変化。(a): El Niño 時、(b): La Niña 時。

最終間氷期以降の中部山岳地域の気候変動

公文富士夫（信州大・理，山岳総研）・河合小百合（信州大・山岳総研）

木越智彦（信州大・院・工学系研究科）

中部山岳地域の湖沼や湿地の堆積物に記録された古気候情報を，第四紀後期のほぼ連続した記録が得られている資料について収集し，有機炭素量の変動を相対的な寒暖変動と見なし，また，花粉組成についてはモダンアナログ法（Nakagawa et al., 2002）を適用して気候パラメーターに変換して，気候変動を解析した．野尻湖や高野層の分布する標高 7～800 mを基準とすると，以下のような経年的な変動が復元された．

海洋酸素同位体比ステージの MIS 6 期（16～13 万年前）には，トウヒやモミを主とする亜寒帯針葉樹が卓越し，最終氷期最盛期と同じ程度（年平均気温 2.5℃）の寒冷な気候であった．最後の間氷期とされる MIS 5e 期にはブナやコナラなどの落葉広葉樹が 80～90%と卓越するが，現在よりは 10%ほど少ない．また，低率ながら亜寒帯針葉樹も連続して残存するので MIS 1 初期の気温（年平均気温 11℃）よりもやや冷涼であったと推定される．なお，この時期の後半にはブナが卓越するので，降水量の多かった可能性がある．MIS 5d～5a 期は亜氷期と亜間氷期との比較的周期の長い繰り返しであるが，亜氷期には亜寒帯針葉樹が卓越し，最終氷期最盛期に近い気温まで低下した可能性が高い．一方，亜間氷期には落葉広葉樹の比率が 70%前後まで増加するので，MIS 1 初期の年平均気温 11℃よりも冷涼で，MIS 3 の最温暖期（年平均 9℃）よりも温暖であったと推定される．

MIS 4 期にはマツ属単維管束亜属とトウヒなどの亜寒帯針葉樹が卓越し，カンバを除いて落葉広葉樹はほとんど消滅する．平均気温 2.5℃ほどと寒冷な気候が続いたと考えられる．MIS 3 期では，亜寒帯針葉樹と落葉広葉樹の比率が数百年程度の短い周期で入れ替わり，平均気温 3℃程度の亜氷期と平均気温 6～9℃の亜間氷期が短周期で繰り返していた．MIS 2 期は最終氷期最盛期に当たり，亜寒帯針葉樹が卓越した寒冷気候（平均気温 2.5℃以下）と考えられる．

MIS 2/1 境界では急激な温暖化とそれに伴う植生の変替があり，MIS 1 初期では落葉広葉樹が 95%以上を安定的に示す．MIS 1 初期には年平均気温が 11℃と高く推定される．一方，暖温帯を示唆するアカガシ亜属が，少量確認されるようになる後半の時期には 9℃まで気温が低下する．この値は現在の気象観測による年平均値に近い．

モダンアナログ法によって，花粉組成を気候パラメーターへの変換する上での課題も明らかになってきた．今後，各地の花粉資料を集成して，気候変動に応じた植生帯境界の分布高度の変化とその広がりを追跡することで空間軸を加え，中部山岳地域の気候変遷を解明していく予定である．

日本海堆積物における全有機炭素の高時間解像度な測定に基づく第四紀後期の 極東アジアの気候変動

ト部 輔（信州大・院・理工学研究科）・公文富士夫（信州大・理、山岳総研）

[はじめに]

本研究では、試料として 2010 年の表層ガスハイドレート研究コンソーシアム MD179 航海によって新潟県上越沖の日本海で採取された 2 本の堆積物コア MD10-3304, MD10-3312 を用い、過去約 13 万年間の全有機炭素 (TOC)、全窒素 (TN) の含有量を 40~100 年間隔という高時間解像度で測定し、北半球の気候変動との比較を行った。

[試料・方法]

コア試料は、主に均質な半遠洋性堆積物で TOC・TN 含有量の測定は、MD10-3304 では 3cm おき、MD10-3312 では 1cm おきに 1cm 分を均質化して行った

[結果・考察]

MD10-3312 の TOC 含有率変動と、北半球における代表的な古気候記録であるグリーンランド氷床コア NGRIP の酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) 変動と比較を行った。完新世(MIS 1)では、温暖な気候を示唆するが、NGRIP よりは明瞭な周期的変動が認められる。最終退氷期 (MIS 1/2 境界) では 13ka 付近に寒の戻り (ヤンガードリアス期) をはさみ、14.7 ka と 11.7 ka に急激に温暖化しており、TOC は、ほぼ同時期に停滞を挟んだ 2 回の急上昇をみせている。最終氷期最盛期 (MIS2) の気候は非常に寒冷で、TOC は 0.9%程度と非常に低い値で比較的安定している。MIS 3における NGRIP の気温は数百年周期の鋸歯状の変動をしているが、TOC も非常によく似た変動を示しており、亜間氷期やそれが減衰する様子まで類似する。MIS 5 では、5a~5e で表される長周期の寒暖変動には良い対応があるが、持続時間が比較的長い亜間氷期については、増加傾向が逆になっている。MIS 5e は、最終間氷期とも呼ばれて温暖であったとされているが、TOC はそれほど高い値を示さない。

このように日本海の生物生産性を支配した気候要因は、日本列島や極東アジアに共通していたと考えられ、中部山岳地域の気候とも連動していたはずである。

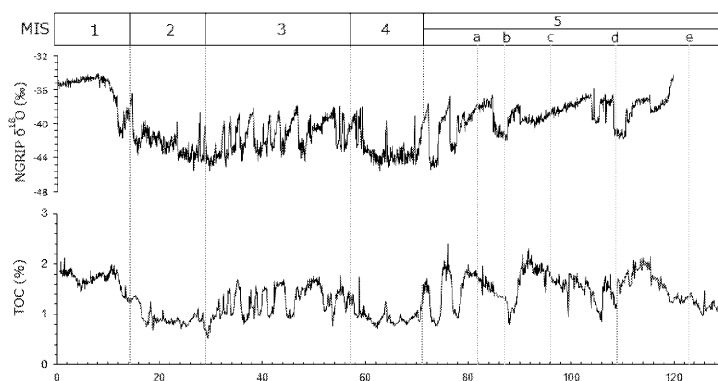


Fig. 1 Temporal change of TOC content from MD10-3312 core in relation to marine isotope stage (Lisiecki and Raymo, 2005) and $\delta^{18}\text{O}$ from NGRIP (NGRIP members, 2004).

琵琶湖堆積物に含まれる珪藻化石の分析に基づく過去 20 万年間の気候変動

永安浩一（信州大・院・工学系研究科）・公文富士夫（信州大・理，山岳総研）

はじめに

琵琶湖の湖底には、過去 43 万年間にわたる均質な細粒堆積物が最大 250m の厚さで発達している。この堆積物は、環境や気候の記録を連続的に保存しており、第四紀後半の地史解明に重要な役割を果たすことが期待されている。

珪藻は生育環境の変化に対して敏感に応答して増減し、群集構成を変える。また、種により形態の異なる珪酸質の被殻を持ち、その被殻は死後も堆積物中に化石として保存される。珪藻化石の堆積量や群集の変動を調べることで、過去から現在までの連続した環境復元が可能となる。

本研究では 2008 年に琵琶湖の中央部（35° 13′ 41.15″ N, 136° 03′ 21.29″ E, 水深 53m）で採られた BIW08-B コアについて珪藻分析を行い、珪藻化石堆積量と珪藻化石群集の経年的変動を明らかにし、その変動要因を検討した。

試料

BIW08-B コアは 100.30m あり、その記録は挟在する指標テフラの情報から過去約 30 万年間に相当する。コア深度 65m から 89m で砂の薄層が挟まり、89m から最下部はデルタ成堆積物で構成されている。珪藻分析においても珪藻殻数が非常に少なく、群集を構成する珪藻化石のほとんどが付着性の珪藻であることから、河川の影響を強く受けていたことが示唆される。そのため、ここでは 65m より上部の過去 20 万年間に相当する試料について、珪藻化石群集変動の要因を検討した。

結果

コア試料中に含まれる珪藻殻数には経年的に顕著な変動が認められた。全層準を通して 0.1 から 5.1×10^8 valves/g の間（平均値 1.1×10^8 valves/g）で変動し、複数のピークが確認できた。本コアに見られる珪藻殻数変動は、加ほか（1997）による琵琶湖高島沖コアにおける珪藻殻数の測定結果と良く一致していた。

本コアから主に産出する珪藻化石は *Stephanodiscus pseudosuzukii*, *Aulacoseira nipponica*, *Cyclostephanos* sp., *Acnathes* spp. および *Fragilalia* spp. であった。これらの 5 分類群で、産出した全珪藻化石の 80% を占めたが、層準によって相対的な量比には大きな変動が認められたため、その特徴から 7 つの珪藻帯に区分することができた。

考察

珪藻殻数の変動を Wang et al., (2008) が石筍の酸素同位体比資料から解明した東アジア夏季モンスーン強度の変動と比較すると、モンスーン強度の強い時代には珪藻殻数が多いという傾向が全体的に見られた。さらに、20ka 付近の 2.8×10^8 valves/g に達するピークや、30ka 付近の 2.6×10^8 valves/g に達するピーク、150~140ka にある 1.5 から 2.3×10^8 valves/g の年代的に幅を持ったピークなど詳細な一致も見られることから、珪藻殻数は、夏季モンスーンの強化に伴う夏の降水量の増減、およびそれに伴う栄養塩の供給に対して強く応答していたものと考えられる。

中部山岳地域での全有機炭素 (TOC)・窒素 (TN) 含有量変動と花粉組成における モダンアナログ法を用いた古気候復元

木越智彦 (信州大・院・工学系)・公文富士夫 (信州大・理, 山岳総研)・

河合小百合 (信州大・山岳総研)

中部山岳地域における第四紀後期の花粉分析は相当多くの地点で実施されてきたが、それらのデータを比較・統合することは十分ではなかった。一方、花粉組成におけるモダンアナログ法が Nakagawa et al. (2002) によって提案された。これは日本列島で収集した花粉組成資料 (Gotanda et al., 2002) とアメダス気象資料とを基礎資料とすることで、過去の花粉組成 (%) をそれに最も近い気象資料と関連づけて、年間や季節ごとの気温や降水量といった気象指標に変換することを可能とする。これには PC で使える変換プログラム (Polygon 1.5) も提案されている。これを利用すれば、個々の地点における花粉分析結果を気象指標に直して比較・統合できるだけでなく、気温較差と言った 2 次的な解析資料を用いて気候・環境変動を考察することができる。そのため、中部山岳地域における花粉分析の資料を順次モダンアナログ法で解析することを進めている。

今回は、野尻湖 (N36° 40' , E138° 13' 標高 657m) と青木湖 (N36° 37' , E137° 51' 標高 823m) で掘削された学術ボーリング試料の花粉組成データを用いて、Polygon 1.5 で過去の定量的な気候指標を求めた結果を報告する。野尻湖、青木湖の試料では共に数十年～数百年の時間分解能で分析が行われており、高時間分解能での解析ができた。表層における解析結果とアメダスによる気象指標とはほぼ同じ気温を示している。また、緯度と標高を考慮に入れて 2 つの解析データを比較したところ、整合的であった (青木湖の方が標高差から約 0.8 °C 低い)。

解析結果は、野尻湖と青木湖において次のような気候変動を示した。MIS 4 および 2 における寒冷期には、野尻湖では年平均気温が 2.5°C と低く、年降水量は 1050mm 程度と少なかった。これは現在の北海道の北部 (阿寒湖) 程度まで寒冷・乾燥していたと考えられる。冬は湖が完全凍結し数か月間氷が張っていたと考えられる。青木湖の資料には MIS 4 が欠けているが、MIS 2 においては青木湖も野尻湖と同様な気候がであった。

MIS 3 における野尻湖周辺の年平均気温は 2.8~9.2°C の範囲で周期的に大きく変動する、年降水量も 1050~1900mm と大きく変動し、温暖期に降水量が増える。気温が高い時期には東北地方や標高の高い内陸部と同程度に暖かであるが、気温の割に降水量がやや多い。MIS 3 では海水準がやや高く、対馬海流が流入していることから冬季の積雪の増加があったと考えられる。気温が低い時期には MIS 4 と同程度まで寒冷であり、降水量も少ない。MIS 3 には数百年スケールで気温変動が認められ、グリーンランド氷床コアが示す D-0 サイクルと対比される。

MIS 2 から MIS 1 にかけての境界期には野尻湖、青木湖共に急激な気温上昇が確認できる。しかしながら、青木湖の気温上昇は 5~6 °C であるのに対し、野尻湖の気温上昇は 11°C も上がっている。この時期の野尻湖では落葉広葉樹が急激に増加しており、過剰な温度変換となった可能性もある。MIS 1 での青木湖は 1~2°C 程度の短周期の気温変動が確認できる。

花粉組成に基づいて変換された気温変動は、湖沼堆積物中の有機炭素量の変動と調和的であり、気候変動復元の確かさが示唆される。

気候モデルによるミレニアムランについて

○大城萌美(筑波大学大学院生命環境科学研究科)・植田宏昭(筑波大学生命環境系)

古気候(Paleoclimate)は、気候変動に関する政府間パネルの第4次評価報告書(IPCC-AR4)において初めて章が設けられ、近年関心が高まってきている。古気候研究は、プロキシによる研究、観測データを用いた解析研究、気候モデルを用いた研究など、さまざまな分野から行われている。その中でも気候モデルを用いた研究は、ミランコビッチ・サイクルといったような仮説の検証、モデルの性能評価、そしてプロキシの気候学的解釈において重要な役割を果たすといえる。

本研究の対象としている過去1000年間は、半球的な平均気温変動の復元から11世紀に温暖であったとされる中世温暖期や、17～19世紀に小氷期と呼ばれる寒冷期があることが知られている(図1)。そしてモデルの結果から、これら産業革命以前の気候変動を規定してきたのは、主に太陽活動の変化と火山活動によってもたられ、20世紀後半の気温上昇は温室効果ガスの増加によって説明できると考えられている(Crowley, 2000; Crowley et al., 2003)。このように全球・半球規模での気候シミュレーションは行われているものの、日本周辺といったような、ある地域に限定した研究は行われておらず、過去1000年間の地域的な変動メカニズムを知るためには地域をしばってシミュレーションを行うことが重要であると考えられる。そこで、本研究はまずモデルの解析データを用いて、日本周辺での過去1000年間における平均気温を復元することを目的とする。

使用するデータは、第5次気候モデル相互比較プロジェクト(CMIP5)に参加している、BCC-CSM1.1、CCSM4、CSIRO-MK3L-1-2、FGOALS-g1、GISS-E2-R、IPSL-CM5A-LR、MIROC-ESM、MPI-ESM-Pの8つのモデルの解析データを用いる。対象領域は中部山岳域を中心とした129°～146°E、26°～46°Nの範囲となっている。当日はこれら8つのモデルの解析データから、850～1850年の1000年間における対象領域の平均気温の時系列を作成し、比較を行った結果を紹介する予定である。

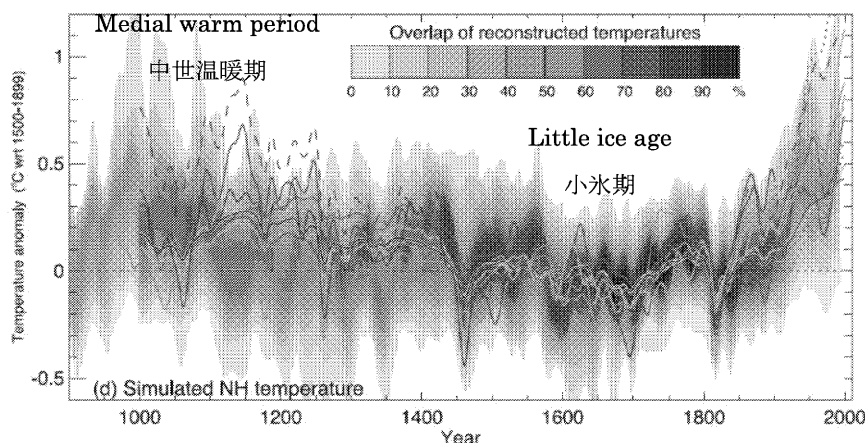


図1: 過去1300年間における、モデルによって計算された北半球の平均気温の変化(IPCC, 2007)。実線および点線はモデルごとの平均気温の時系列を表し、陰影は標準誤差が±1以内に入る割合を示す。

中部山岳地域 16 河川の融雪流出特性とその標高依存性

山中 勤（筑波大学）・脇山義史（筑波大学）・鈴木啓助（信州大学）

山岳地域における気候変動影響の一つとして、温暖化に伴う融雪流出の早期化が挙げられる。現に北米西部ではそうした現象が広域にわたって観測事実として確認されている。我が国においても、黒部川など一部の河川で融雪流出の変化が報告されているが、広域的な動向や河川間の差異については不明な点も多い。そこで本研究では、中部山岳地域全体における融雪流出の動向を把握することを目的として、過去 30 年間（1980～2009 年）にわたる主要 16 河川（図 1）の河川流量データを解析した。

まず、平年的な河川流量の季節変化パターンとして、多雪地域である北陸地方の河川では 2 月から 4 月にかけての流量増加が顕著であるが、流域の標高が高い河川では流量ピークが相対的に遅く出現する傾向が認められた。一方、北陸以外の河川では春季の流量増加傾向が認められるものの、むしろ夏季ないし秋季の流量が大きいことが多い。こうした地域差は、積雪量ならびに融雪水の寄与の差を反映している。また、北陸地方では一部の例外はあるものの、統計的に有意な冬季流量の減少と春季流量の増加が認められた。これらは降水量の変化によるものではなく、温暖化による融雪流出の早期化を反映している。一方、北陸以外の地域でも類似した傾向は認められるが、統計的有意性が認められる河川は少ない。

融雪流出時期の変化を CT (center time of mass of flow) という指標を用いて解析したところ、北陸地方では流域平均標高が高い河川ほど融雪流出の時期が遅く（図 2）、また温暖化に伴うその早期化がより顕著である（図 3）ことが明らかとなった。一方、500～1000 m 程度の標高帯では、融雪流出の早期化トレンドが高標高域よりも小さいものの、冬季気温の年々変動の影響が春季までの融雪流出に反映されやすく、桜開花日といった生物季節との同調性も高いことが示された。

以上のように、中部山岳地域における融雪流出の特徴は、多雪地域である北陸とそれ以外の地域で大きく異なる。ただし、河川流量の解析だけでは検出が困難だとしても、北陸以外の高山帯で融雪水の寄与が皆無というわけではないはずである。それらの特徴や温暖化応答については、今後同位体トレーサーなど他のアプローチを併用しながら明らかにする必要がある。

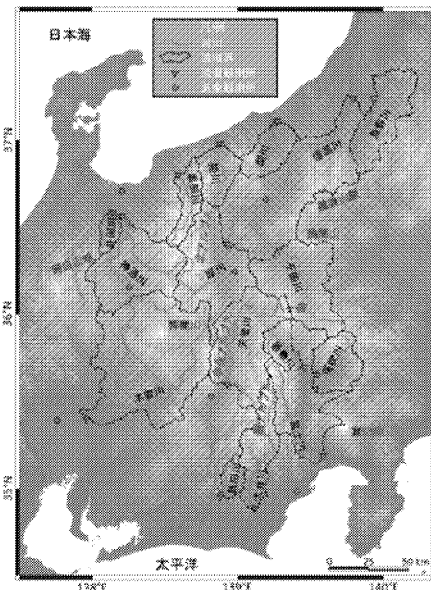


図 1 研究対象地域

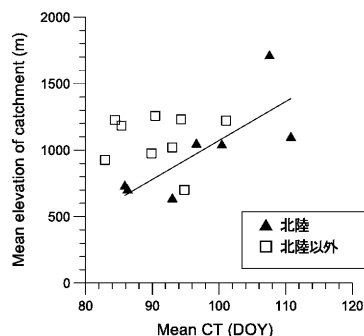


図 2 流域平均標高と平均 CT の関係

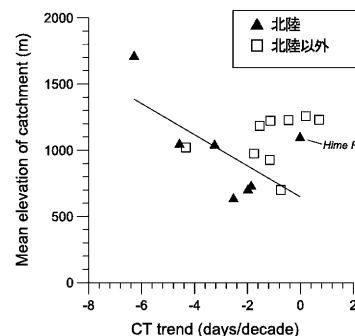


図 3 流域平均標高と CTトレンドの関係

上高地梓川流域の航空レーザー測量による積雪深分布

○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

わが国の日本海側地域のような多雪地域では、降雨にもまして降雪によってもたらされる多量の降水が水資源として極めて重要になる。雪は冬のある一定期間は流域内に堆積することにより、白いダムと呼ばれるように天然のダムとしての役割を果たしている。山岳地域では低地よりも多くの降雪があることは定性的には推定されているが、山岳地域における積雪深分布を量的に検討することは様々な困難を伴う。また、風の強い山岳地域では、降雪粒子の捕捉率が低下するため正確な降水量の測定ができないし、ましてや商用電源が必要な機器ではその設置すら不可能である。山岳地域の積雪深分布を定量的に把握することは、水資源としてのみならず地形形成営力や植生分布の理解にとっても重要なことである。また、わが国における降雪量が、地球温暖化とともに減少するとの予測結果も報告されている。しかしながら、これらは標高の低い地点のデータを用いて行った研究であり、標高の高い山岳域でも同様なことが言えるかどうかは疑問である。標高の高い山岳地域では、降雪量が増加するとも考えられるのである。なぜなら、気温の上昇によって海からの蒸発量は増加するから、それに対応して降水量も増加するし、高標高地点での気温は、多少の温暖化でも氷点下のため降雪粒子が融けて雨になることもないからである。

山岳地域における雪が水資源として重要であることは認識されているが、雪（冬期降水）が今後の地球規模での環境変動に対して如何なる応答をするのかについては、蓄積された観測データに基づいて議論することは困難な状況にある。さらには、今後の地球規模での気候変動に対する地域レベルとしての山岳域での環境変動を予測するための基礎データも用意できない。

このような観測データの不備のために、論理的におかしなことも起きてしまう。年間総流出量がわが国第1位の信濃川における年降水量分布図（国土交通省北陸地方整備局信濃川河川事務所作成）によると、流域内で最も降水量の多いのは小千谷から入広瀬にかけての地域で、年間2600 mm以上となっている。地域気象観測システムの入広瀬の年間降水量の平年値は3050 mmであるから妥当である。しかしながら、信濃川流域の最西端である北アルプス南部の槍穂高連峰や乗鞍岳を含む地域の年間降水量が2200 - 2600 mmの表示であることは直感的にも理解しにくい。乗鞍岳の東側には現在でも大雪渓が形成され、夏場にもスキーを楽しむことができるし、槍穂高連峰の槍沢、涸沢、岳沢にはカルド状地形が認められ、現在でも20 mを超える積雪深が観測されているからである。

これらの地域における通年での降水量の直接測定は難しいが、積雪深分布の測量は可能である。ひとつは、GPS 受信機を雪面上で移動させることによる測量であり、もうひとつは航空レーザー測量による方法である。前者は、機器が比較的安価で小型軽量なため、繰り返し測量に適しているが多大な労力を要するし、広範囲の測量や急斜面などの危険箇所には不向きである。後者は高額な予算を必要とするが、短時間で広範囲の測量が可能であるし、傾斜地などの地形要因に左右されずに測量可能である。本稿では、2012 年春の上高地梓川流域における航空レーザー測量による積雪深分布を報告する。

2. 方法と結果

航空レーザー測量では、GPS により航空機の3次元位置を精確に求め、航空機から地上をレーザー・スキャンすることにより航空機から地上までの距離を計測し、地表面（冬季は積雪表面）の3次元座標を算出する。無積雪期と積雪期に航空レーザー測量を実施することにより、同じ水平座標について地表面高と積雪表面高が得られるので、その差分が積雪深になる。図1には、航空レーザー測量による2012年春の上高地梓川流域における積雪深分布の解析結果を示す。

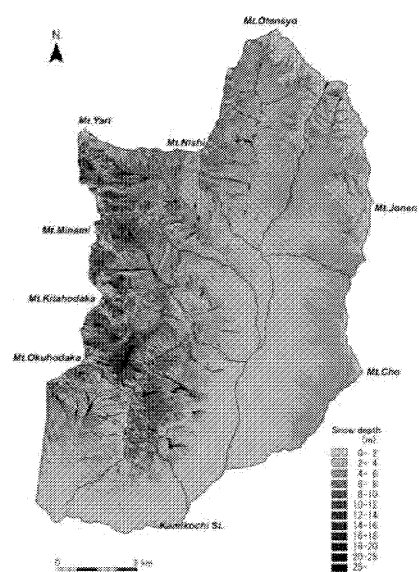


図1. 2012 年春の積雪深分布

南アルプスの地形変化と土砂収支―研究の現状と課題―

○松岡憲知，今泉文寿，西井稜子（筑波大・生命環境）

南アルプスは日本列島において最も地形変化（隆起・削剥）の激しい山地に属する。これは、隆起速度、地震、地盤の破碎・変形等の地質条件、夏の豪雨、冬の凍結―融解等の気象条件、高標高で大起伏の山体、急斜面、深い河谷、急流河川等の地形条件による。一流域をとっても、標高帯や向き、地質構造（堆積岩の走向傾斜）による地形プロセスの種類や規模の違いは大きく、地形変化は多様性に富んでいる。そして、最近では、深層崩壊の発生とその下流への影響も大きな問題となっている。本発表では、大井川流域を中心として、山頂から山麓まで、地形変化や土砂収支の研究の現状について紹介するとともに、将来予測に向けた研究課題について展望する。発表では、インターバルカメラによって記録された地形の動き（凍結融解による表土の移動、岩盤すべりの数年間の進行）を動画で紹介する予定である。

山頂部の風化・侵食・土砂生産

森林限界を超える高山帯では、岩盤や岩壁は深さ 4～5m までの季節的凍結と浅部の日周期的凍結融解を受けて巨礫から細粒岩屑までが生産される。山頂緩斜面では一般に岩屑層は薄いため、表層 15cm 以内の日周期的凍結融解が卓越し、浅くて急速な土層移動が卓越し、小型の周氷河地形が発達する。隆起、谷の下刻、岩盤崩壊に伴う重力性変形によって山頂部で多数の引張破壊が生じ、多重山稜化が進んでいる。間ノ岳では、最近数年で急速に岩盤すべりが進行し、近い将来の崩壊発生が予想される（図 1）。豪雨や融雪の際にすべりは加速する。

山腹～溪流部の土砂生産・移動・堆積

山腹部では、深い V 字谷壁の堆積岩からなる急斜面で、豪雨や地震がトリガーとなり、深層崩壊が数多く発生してきた。深層崩壊地では凍結融解や豪雨により崩壊が継続し、植生回復は遅い。一方、数百年間続いてきた森林伐採により表層崩壊も発生してきたが、最近は減少傾向にある。崩壊や落石で谷底に集積した土砂は豪雨時に土砂濃度の高い土石流となり流下し、下流で土砂の堆積を起こす。そのため、溪流部での河床変動は激しい。再現間隔の長い（数 10 年スケール）集中豪雨や大地震の際には、下流の扇状地・段丘地帯まで達する大規模な土石流が発生し、過去何度も甚大な被害を及ぼしてきた。

展望

土砂災害の予測のためには、年々着実に進行する地形変化、突発性の気象イベントで起こる極端現象としての地形変化、気候変動（進行中の温暖化から氷期―間氷期のスケールまで）に伴う地形変化を識別し、それぞれの発生メカニズムを解明する観測研究を一層充実させる必要がある。

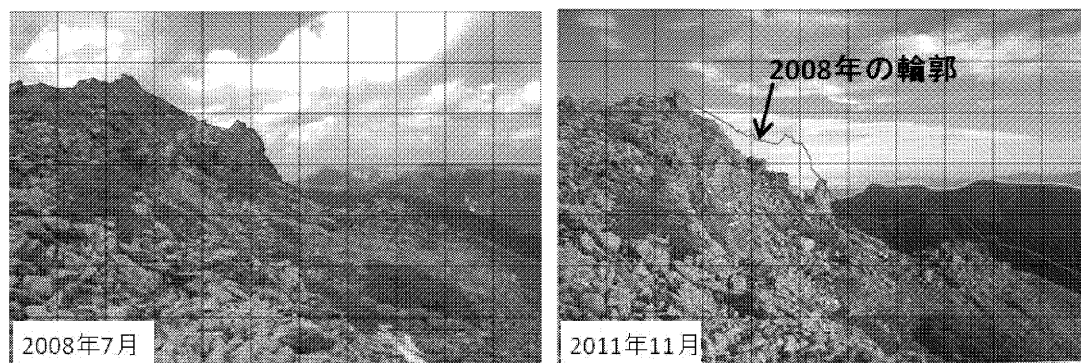


図 1 進む岩盤すべり―間ノ岳アレ沢崩壊地―

Comparative study on Potential Evapotranspiration (PET) estimation for catchment hydrological simulation: a case of Fuji River Basin

OMa Wenchao (University of Tsukuba, Graduate School of Life & Environmental Sciences),
Yamanaka Tsutomu (University of Tsukuba, Terrestrial Environment Research Center (TERC))

Understanding the impact of climate variability on hydrological cycles is critical for water resources management acknowledging the hydrologic process in specific catchment. Within hydrologic process, potential evapotranspiration (PET) through land surface-atmosphere feedback mechanisms, offer an alternative way to investigate the impact of climate variability on hydrological cycles (Horton, 1933; Bouchet, 1963; Budyko, 1974). For attribute the influence caused environmental conditions varied in daily-scale, three classical methods for estimating PET have been combined with SWAT model. SWAT is a complex quasi-physically based water quality model relying on numerous input files and parameters to represent hydrologic, climatic, water quality, management, plant, and soil processes within a watershed. The catchment is divided into sub-catchments in SWAT model, which gives the model the strength to better represent the properties of land uses and/or soils of each sub-catchment that have a significant effect on its hydrology. Three PET calculating models combined with SWAT are the temperature-based Hargreaves method (Hargreaves and Samani, 1985), radiation-based Priestley-Taylor method (Priestley and Taylor, 1972), and combination Penman-Monteith method (Penman, 1956; Monteith, 1965), which is helpful to compare the sub-catchment PET behavior under different methods and the sub-catchment landuse and soil characters.

The model have been calibrated by comparing the simulated reach discharge and observed discharge in different sub-catchments. Within the acceptable simulated result, PET calculated in daily step showed remarkable change among each day and regular change inter-annual. The result of Priestley-Taylor method show relatively lower among the three method results, and most of the result got by the result of Penman-Monteith method looks kind of higher than the others, meanwhile, the result of Hargreaves method among these two method referred above. The results of the PET by three methods have kind of relationship with the landuse and soil distribution, which have been concluded by SWAT as the statistical information.

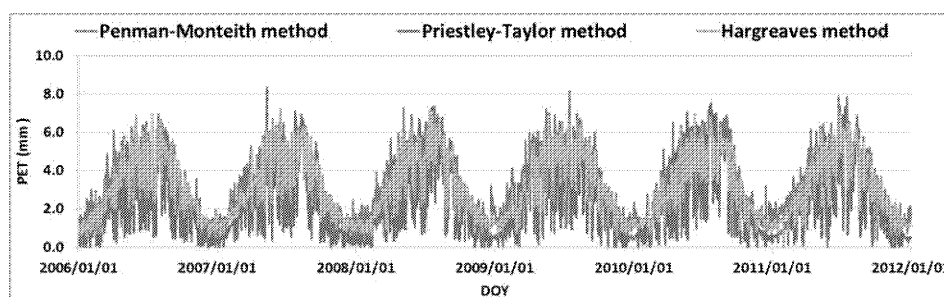


Figure.1 PET compare by using different methods

八ヶ岳南麓域における湧水のキャプチャーゾーンと平均滞留時間の推定

○加納正也（筑波大・院）、山中 勤（筑波大・陸域環境研究センター）

はじめに

日本は温暖湿潤気候に位置し、水資源が豊富であるが、近年では都市化や開発、森林荒廃などの人為的要因のために地下水に影響を及ぼしていることが多く報告されている。特に、地下水は我々の生活に密接に関連しており、地下水保全は重要な課題である。中部山岳地域では起伏が大きいため、地下水が直接地表に流出する湧水が多く存在し、湧水もまた地域住民にとって重要な水資源である。湧水への直接的な影響要因を捉えるためには、湧水に至るまでの地下水流動系や湧水のキャプチャーゾーン・平均滞留時間といった時空間的特徴を把握することが必要である。

本研究では、八ヶ岳南斜面の標高約 1000 m に位置する三分一湧水を対象とし、湧水のキャプチャーゾーンと平均滞留時間を推定することを目的とした。また、湧水の時空間的な特徴を評価することを試みた。

方法

月 1 度、湧水地点にて湧出量の観測を行った。また、週 2 度、湧水と降水の採水を行い、酸素・水素安定同位体比を測定した。数値シミュレーションには 3 次元非定常の地下水流動モデルを構築できる Visual MODFLOW を用いた。モデルに基づいた逆方向粒子追跡法により 3 次元的に描かれた流線を湧水のキャプチャーゾーンとして評価し、粒子輸送時間を平均滞留時間として評価する。酸素・水素安定同位体比の季節変動から滞留時間分布関数を導き、平均滞留時間を算出する。

これまでの結果と考察

既往研究に基づいた地質条件を設定した上で、定常状態にて解析を行ったが、湧出点に至るような地下水流動を再現することができなかった。湧出量が非常に多いことから、深部における大きな被圧帯水層から岩石の亀裂などを經由した、上向きの大きな流動があることが考えられる。

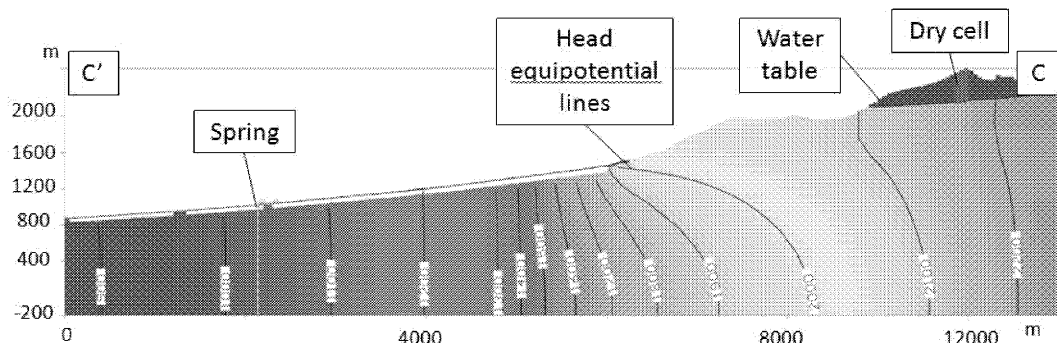


図 1：数値シミュレーションによる等ポテンシャル図（上：水平、下：鉛直）

中部山岳における越年性雪溪の分布

○朝日克彦, 鈴木啓助(信州大・山岳科学総合研究所)

1. はじめに

気候変動が顕在化する中で、中部山岳の雪溪の中長期的な変動は興味深いテーマである。雪溪の大きさは年々変動が大きく、動態を明らかにするのは容易ではない。しかし、半世紀程度の期間の中で5~10年程度の間隔で雪溪分布を明らかにすれば、一定の傾向は明らかになるのではないかと考える。この中長期的な動態を明らかにする目的で、その端緒として1976/77年の中部山岳の雪溪目録の作成に取り組んでいる。この予察結果を報告する。

2. 研究方法

本研究では空中写真を実体視判読し、1:25,000地形図上に雪溪分布を描出する。空中写真は国土地理院撮影の1:15,000、カラー空中写真を用いた。地上解像度は30cm程度である。一方で、空中写真は1度の撮影で中部山岳をカバーできていない。北緯36度40分を境にこれより北部は1976年に、南部は1977年に撮影されている。したがって判読結果を取りまとめた地図は2カ年にまたがる雪溪分布図となる(図1)。

3. 結果

空中写真の実体視判読により、形態的に雪溪と酷似する白くざれた土石流とを確実に識別でき、雪溪のみを抽出することができた。同様に実体視によるメリットとして、雪溪表面の傾斜と、雪溪が載る斜面あるいは谷の傾斜とを比較すれば、ある程度の厚みを伴った雪溪か、斜面に薄く張り付いた雪溪かも判別できる。雪溪が一定の厚みを持っているか否かは本邦の氷河問題とも関わり、本研究による新たな視点である。

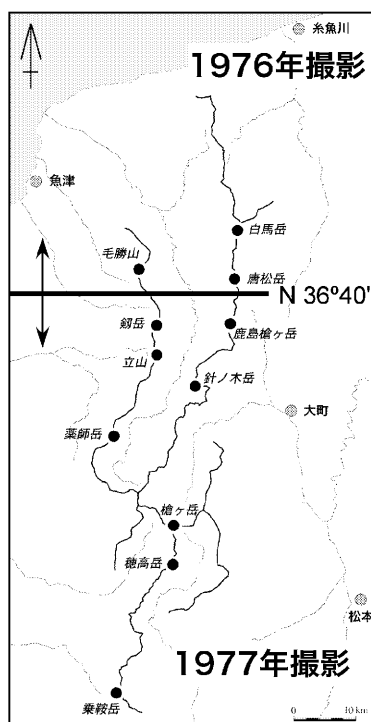


図1 中部山岳における空中写真の撮影年度. 山名は越年性雪溪のある主な山域

空中写真の本判読に先立ち予察を行ったところ、中部山岳では中央アルプスには越年性雪溪は存在せず、乗鞍岳を含む北アルプスにのみ確認できた。

詳細な判読を行い、地形図上に描出した雪溪情報を目録化した。この結果、北緯36°40'以北の朝日岳、白馬岳、唐松岳、毛勝山の山域には1976年秋季に51ヶ所に、以南の鹿島槍ヶ岳、針ノ木岳、剣岳、立山、薬師岳、槍ヶ岳、穂高岳には1977年秋季に174ヶ所に越年性雪溪が存在した。

槍・穂高山域では1977年に18の越年性雪溪を確認した(図2)。小さいものは10アール程度の大きさしかないが、空中写真で十分に識別できた。合計面積は12.25haあった。この中には面積が5haを越す雪溪(涸沢カール)もあるが、氷体の存在を示唆する十分な厚さをともなう雪溪は存在しなかった。

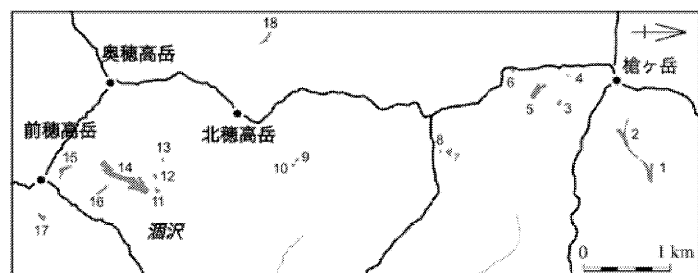


図2 槍・穂高山域の1977年越年性雪溪分布

西駒演習林森林限界における温暖化実験—土壌窒素無機化—

○細川奈々枝（信大院農），小林元（信大 AFC・山総研），

平井敬三（森林総研），田中健太（筑波大菅平）

森林限界は森林を構成する樹種が，高木類から低木類へと変わる生態移行帯である。森林限界においては温度による植物成長の阻害が顕著で，気候変動に対して脆弱な生態系だと考えられている。一方，高標高域においても，窒素は植物の一次生産を制限する元素であり，温暖化に対してどのように窒素循環が変化するかを知ることは重要である。本研究では，信州大学西駒演習林の森林限界において実施されている温暖化試験区において，窒素の無機化を1年間測定した結果を報告する。

試験地は標高約2600mに位置する，ダケカンバやミヤマハンノキ等が生育する森林限界部に位置する。ここに設置された，高さ2.1m，床面積1.25m²の温暖化チャンバー（オープントップチャンバー，図-1）内と対照区内で土壌の培養を行った。チャンバーの設置された2010年に，新鮮リター層を取り除いた表層0~5cmと20~25cmの土壌を採取し，培養に用いた。培養は2010年9月29日から2011年9月30日まで行い，繰り返しは3回とした。培養はレジンコア法を用いて行い，培養カラムの近傍にボタン型温度計（サーモクロンGタイプ，KNラボラトシリーズ）を設置した。

図-2に土壌の培養結果を示す。対照区の窒素無機化速度は表層0~5cm土壌で $0.98 \pm 0.28 \text{ mgN kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$ ，20~25cm土壌で $0.35 \pm 0.10 \text{ mgN kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$ ，温暖化区の窒素無機化速度は表層0~5cm土壌で $1.08 \pm 0.47 \text{ mgN kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$ ，20~25cm土壌で $0.87 \pm 0.50 \text{ mgN kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$ であった。温暖化区と対照区では，0~5cm土壌，20~25cm土壌ともに，窒素無機化速度に差はなかった（0~5cm土壌 $t=0.26$ ， $p=0.80$ 20~25cm土壌 $t=1.46$ ， $p=0.27$ ）。これまで世界中の様々な緯度・標高の生態系において実施された温暖化実験では，0.3~4.8℃の地温上昇では正味の窒素無機化速度に差は見られないことが報告されている（Rustad *et. al.*, 2001）。本調査地においては，地温データの欠測が多く，培養土壌近傍の正確な地温は不明だが，2011年10月~2012年7月までの対照区と温暖化区の平均地温はそれぞれ1.8℃と0.2℃であった。このことから，本研究において，森林限界部で正味窒素無機化速度に処理間の差が見られなかった原因として，地温があまり変わらなかったことが挙げられる。今後は，温暖化処理の年数の増加に伴って，地上部現存量の増加等により窒素循環がどのように変化していくのかを調べていく必要がある。

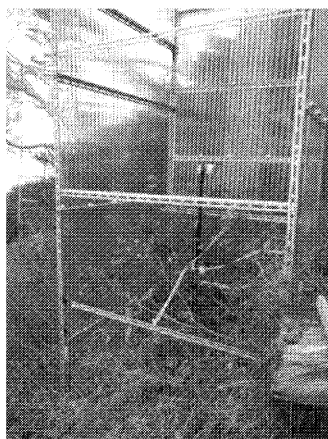


図-1 オープントップチャンバー

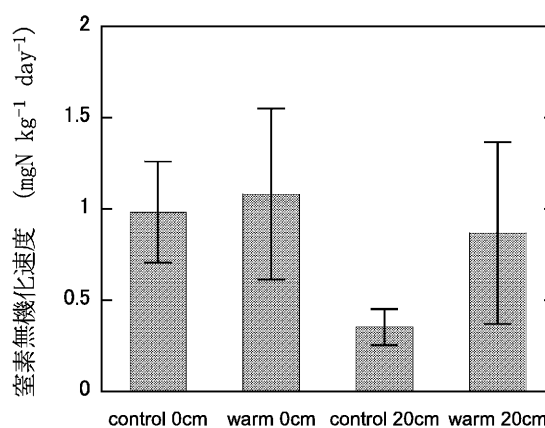


図-2 対照区と温暖化区の窒素無機化速度

同位体トレーサーを用いた中部山岳地域における水道水の涵養標高の推定

○山田 侑(筑波大・生命環境学群), 山中 勤(筑波大・陸域環境研究センター), 牧野 裕紀(筑波大学院・生命環境系), 脇山 義史(筑波大・陸域環境研究センター)

水道水は、人々の生活に最も身近な水である。2008 年内閣府世論調査によれば、地球温暖化による身近な水問題として、河川・湖沼の水質汚濁による上水道の品質悪化を懸念する市民が多いということが報告されている。しかし一方で、水道供給事業者は取水施設の位置や給水範囲は把握しているが、取水施設に到達するまでの水の流動経路や涵養域については把握していない。長期的に安定した水道水供給のためには、水源地域の環境変化と消費者とをつなぐ情報を得ることが必要不可欠である。

そこで本研究の目的は、中部山岳地域における水道水同位体比の空間分布を明らかにし、さらに先行研究による降水・土壌水同位体マップと本研究で得られた水道水同位体比を用いて水道水の涵養標高を推定することである。これにより、温暖化の影響がどのような地域の水道水に及ぶかが把握できると考えられる。

長野県、山梨県において浄水場単位で水道水の同位体分析を行い、同位体マップを作成した。さらに降水・土壌水の同位体マップと比較し涵養標高を求めた。サンプリング地点は水質検査地点 62 か所(長野県 47 か所、山梨県 15 か所)とし、各浄水場に 6ml ガラスバイアルを送り、浄水前後の水を送付してもらう。河川水の同位体は季節変動しにくいことから、サンプリングは 2012 年 5 月、10 月の 2 回とした。今回は、2012 年 5 月のサンプルの分析結果を報告する。分析にはレーザー分光式同位体分析計(Picarro, L1102-i)を用いた。

62 サンプルの δ 値の平均は、 $\delta^{18}\text{O}$ では -11.4‰、 δD では -76.6‰であった。また、 δ 値と標高の単相関係数は、 $\delta^{18}\text{O}$ では -0.50、 δD では -0.40 となった。さらに、涵養標高を求めると、河川水や湧水、ダム水は比較的水源の標高に近いのに対し、井戸水は水源標高よりかなり高い値となった。この要因として、大きな流動系と小さな流動系の存在が考えられる。また、表流水の推定涵養標高についてさらに考察すると、流域平均標高に近い値となったものが多く、流域平均標高と δ 値との単相関係数は、 $\delta^{18}\text{O}$ では 0.593、 δD では 0.581 であった。さらに、気候値メッシュを用いた降水量で重み付けした流域平均標高と δ 値との単相関係数は、 $\delta^{18}\text{O}$ では 0.649、 δD では 0.632 であった。

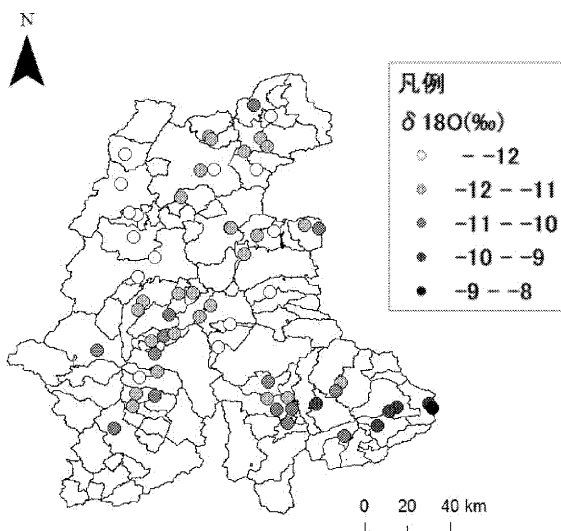


図 1. $\delta^{18}\text{O}$ の空間分布

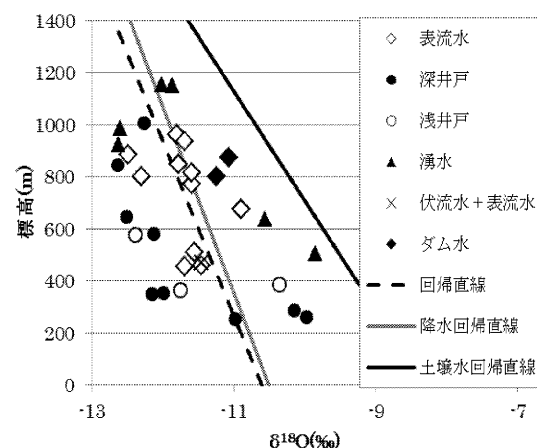


図 2. $\delta^{18}\text{O}$ と標高の関係

北アルプス涸沢圏谷における GPS 測量による積雪深観測

佐々木明彦・朝日克彦・鈴木啓助（信州大）

1. はじめに

中部山岳地域の槍・穂高連峰は、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、横尾本谷、岳沢、槍沢、一ノ俣谷、二ノ俣谷など、圏谷を有する谷が並び、圏谷を中心に多量の積雪がみられる。これらの圏谷における最大積雪深や融雪過程を明らかにすることは、水資源の賦存量を算定するうえで重要である。また、それらの年々変動をとらえることは、山岳域の環境変動を明らかにする基本的な資料になり得る。そこで本研究では、槍・穂高連峰で最大の圏谷である涸沢圏谷において、最大積雪水量となる4月以降に月1回の積雪深実測を行い、積雪深分布とその変動を明らかにする。

2. 方法

多量の積雪がみられる場所では、測深棒などの一般的な機器を用いた積雪深の実測は困難である。本研究ではGPS受信機を用いて積雪面の座標を求め、積雪面標高と地表面標高との差分から積雪深を求める。これを多地点で行うことによって積雪深分布を面的に明らかにできる。測位の方法は、短時間で多地点の位置座標を得られるキネマティックGPS測位とした。基地局GPS受信機と移動局GPS受信機で、それぞれ5秒おきに座標を測位する相対測位によって移動局の誤差を取り除き、精度の高い座標値を得る。移動局は、アンテナを高さ1.8 m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る。したがって、5秒おきに測位される移動局の軌跡がそのまま積雪面の高精度座標となる。得られた積雪面の座標の標高と地表の座標の標高の差分が積雪深となる。

3. 結果

圏谷底を中心に測量を実施して得られた積雪面上の座標を最近隣法で内挿し、平面図を作成した。そして、地表との差分をとって1 mメッシュの積雪深分布図を作成した。図1には2012年4月30日の積雪深分布を示した。

積雪は圏谷底の谷形あるいは凹形を示す部分で厚くなる。また、圏谷壁の直下や尾根状、凸型斜面における積雪は薄いことが明らかとなった。圏谷底における最大積雪深は約23 mと算定された。この地点は、例年10月末まで残雪がみられる。

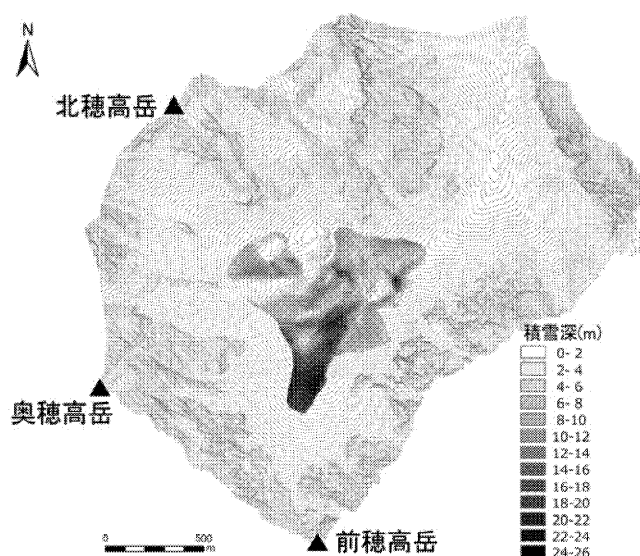


図1 2012年4月30日の積雪深分布

中部山岳地域の降雪に含まれる化学成分濃度の空間分布

倉元隆之、鈴木大地、佐々木明彦、鈴木啓助（信州大学）

1. はじめに

日本の日本海側地域から脊梁山脈である中部山岳地域にかけては、多雪な地域である。この地域の水循環およびそれに伴う物質循環を正しく理解するためには、降雪・積雪の影響を評価することが重要である。また、この地域は多くの地域の水源となっている。積雪を水資源として評価するためにも、冬季降水の現状を把握することは重要である。中部山岳地域では、積雪は主に冬型の気圧配置時と南岸低気圧によってもたらされる。これまでの研究によって、積雪層には降雪時の気象条件により異なる化学特性があることが分かっている。気象条件の違いと採取した積雪に含まれる化学的指標をもとにして、各積雪層の堆積時期を特定することができる。一方で、積雪中に含まれる化学成分は、海からの距離や地形、標高などの影響を受けるため、同一の降水イベントによる積雪であっても観測地点によって異なることが予想される。そのため、少ない調査地点で観測された情報からこの地域全体の積雪の化学特性やその分布を明らかにする事は難しい。そこで、本研究では、中部山岳地域の多地点において積雪試料を採取し、中部山岳地域における積雪中の化学成分濃度の空間分布を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2011年12月、2012年1月、2月のもつた降雪の直後に、新雪試料の採取を行った。松本市から上越市、糸魚川市を結ぶ各経路上のそれぞれ6ヶ所と5ヶ所を観測地点とした。各観測地点とも主要な道路から数十 m 以上離れた人為汚染の少ない場所である。各観測地点では、積雪断面観測を行い、密度と雪温を測定した。その後、化学分析用の雪試料をステンレス製のサンプラーを用いて、表層から 3 cm ごとに連続採取した。試料の採取は、降雪直後で雪が融解などの変質を受ける前の積雪層のみを採取の対象とした。採取した試料は、密閉したサンプル袋に入れ、融解せずに信州大学まで持ち帰り、冷凍保存した。分析時に試料を融解し、pH、電気伝導度の測定を行い、イオンクロマトグラフを用いて主要イオン濃度の測定を行った。

3. 結果と考察

図1に新雪試料の Na^+ 濃度と Cl^- 濃度、 SO_4^{2-} 濃度の関係を示す。 Na^+ 濃度と Cl^- 濃度の関係は、海水中の当量濃度比と良く一致していることから、 Na^+ と Cl^- は、そのほとんどが海塩起源物質であると考えられる。しかし、 SO_4^{2-} 濃度は破線で示した海水中の当量濃度比よりも高い値を示しており、非海塩起源の SO_4^{2-} が多く含まれていることがわかる。

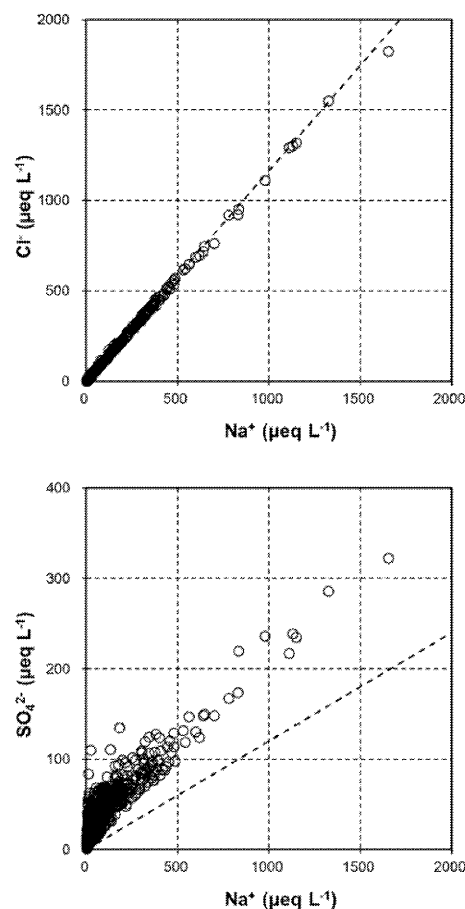


図1 新雪試料の Na^+ 濃度と Cl^- 濃度、 SO_4^{2-} 濃度の関係（図中の破線は海水中の当量濃度比を示す）

中部山岳地域内の森林小流域における冬季降水の流出プロセス

○脇山義史(筑波大・陸域センター), 小野裕(信州大・農学部), 山田俊郎(岐阜大・工学部)
上野健一(筑波大・生命環境), 山中勤(筑波大・陸域センター)

日本には多雪地域が多く存在し、気候変動にともなう冬季降水に依存する水資源の量的・質的な変化を予測することは重要な課題である。気候変動に関する既往研究では、低気圧活動の変調による冬季降水の時空間分布の変化や積雪深減少や融雪の早期化が指摘されており、冬季降水由来の水資源の時空間分布が変化することが示唆される。こうした変化を感知するには、複数地点での水文観測が有効な手段となると考えられる。中部山岳地域内には三大学が保有する水文観測可能な地点が複数あり、気温そのほかの気象要素が観測されている。中部山岳地域には多雪地域が多く存在するが、複雑な地形のため冬季降水の気象条件は地点によって大きく異なっている。こうした気象条件の異なる複数地点に観測地点を設け、冬季降水の地点間比較、年間比較を行っていくことで、水循環の変動予測に資する有意義な知見が得られると考えられる。

本研究では、筑波大学農林技術センター川上演習林（以下、川上）、信州大学農学部附属 AFC 手良沢山ステーション（以下、手良沢山）、岐阜大学流域圏科学研究センター高山試験地（以下、高山）の3地点における2011年12月から2012年5月までの観測データを基にして報告を行う。主な観測項目は、水流出量・降水量・気温・積雪深である。1月中旬から4月上旬にかけて各地点で6回の積雪断面調査を行い、雪質・密度・雪温の積雪の深度ごとに記録し、積雪水当量を測定した。

図1に、各地点における積雪水当量の推移を示した。川上・手良沢山では2月から3月下旬にかけて積雪が見られ、積雪水当量は100 mm以下で推移、3月下旬に最大値を示し、4月上旬以降は消雪した。高山では、川上・手良沢山に比べて積雪水当量が大きく、1月中旬(153 mm)以降、4月上旬(358 mm)まで増加傾向が見られた。

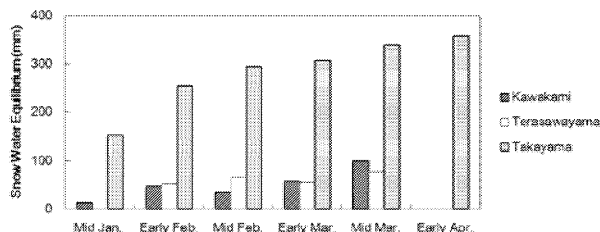


図1. 各地点における積雪水当量の推移.

図2に川上演習林（鞍骨流域：14 ha）と手良沢山ステーション（野田ヶ沢流域：38 ha）における2011年12月～2012年5月の降水量・気温・水流出量の時系列変化を示す。この期間の合計の積算降水量、積算水流出量、平均気温に両試験地における大きな差は見られなかった。水流出量の時系列変化を見ると、川上では4月上旬から全体的に流量が高くなり、流量が高い状態が5月中旬まで継続した。手良沢山では4月上旬に1回の大きな水流出が観測され、その後の水流出量が積雪以前と同等の値で安定していた。両試験地において、2月上旬、3月上旬に水流出のピークが見られた。2月上旬の水流出ピーク時は、前線の通過に伴う気温上昇が観測されており、降雨によって水流出が発生したと考えられる。このように積雪量、気温が同等の流域においても、融雪の時期が異なっていることがわかった。年次報告会では、高山試験地の観測結果を含めて報告を行う。

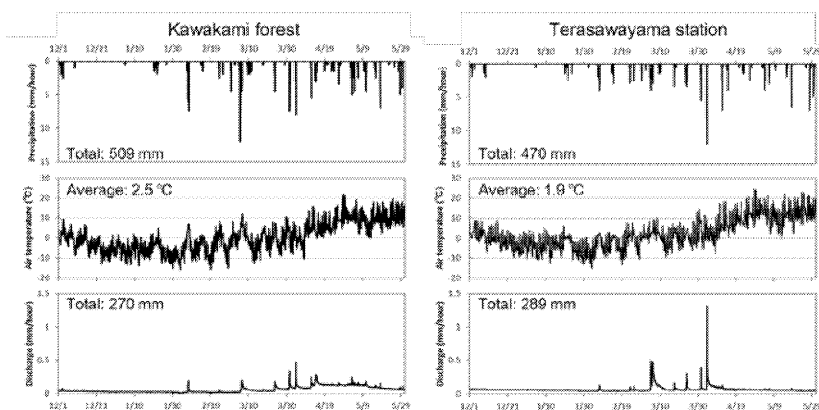


図2. 川上演習林（右）、手良沢山ステーション（左）における2011年12月から2012年5月までの降水量、気温、水流出量の時系列変化.

上高地におけるエアロゾル中化学成分の季節変動

宮原 裕一¹・松尾 悠太郎¹・池盛 文数²・中島 大介³

¹信州大学・²名古屋市環境科学調査センター・³国立環境研究所

はじめに

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、後者は化石燃料等の燃焼起源に代表される。また、エアロゾルは、大気中での光化学反応などによって、二次生成されることも知られている。一方、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。

本研究では、長野県松本市上高地において、エアロゾルを構成する炭素成分と水溶性成分の季節変動を調査し、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。

採取を行ったフィルターの一部を切り取り、炭素分析装置により、元素状炭素 (EC) と有機炭素 (OC) の分別定量を行った。また、同様にフィルターの一部を超純水で抽出し、イオンクロマトグラフおよび有機炭素計を用い、水溶性成分 (イオン・水溶性有機炭素 (WSOC)) の分析も行った。

結果および考察

大気中の炭素濃度は冬期に大きく減少した (図 1)。特に、有機炭素 (OC) の減少が著しく、その元となる樹木等からの揮発性有機物質の放出量の減少と、日射の低下にともなう二次生成反応の低下が、その原因と考えられた。また、冬期には、元素状炭素 (EC) も減少し、上高地における人間活動 (化石燃料の使用) の低下が原因と考えられた。

一方、冬季から春季にかけてエアロゾル中の陽イオン総量は陰イオン総量よりも少なく (比が小さく)、この間のエアロゾルの酸性度が強いことが示された。一方、2011 年秋期と 2012 年夏期の陽イオンと陰イオンの量はほぼ等しくなっていた (図 2)。

陽イオンではアンモニウムイオンの寄与が常に高かった。また、期間を通じ、陰イオンの主成分は硫酸イオンであり、塩化物イオンや硝酸イオンはほとんど含まれていなかった。特に、共存するナトリウムイオンよりも塩化物イオンが少なく、これは硫酸酸性が強く、塩化水素がエアロゾルから気化して抜けたことが原因と考えられた。

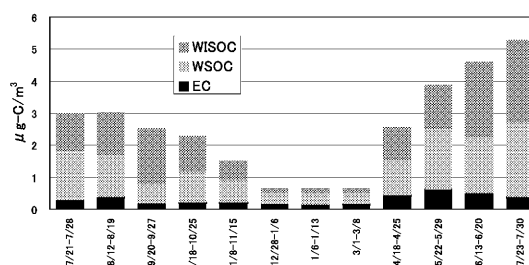


図1 上高地における炭素濃度の季節変化

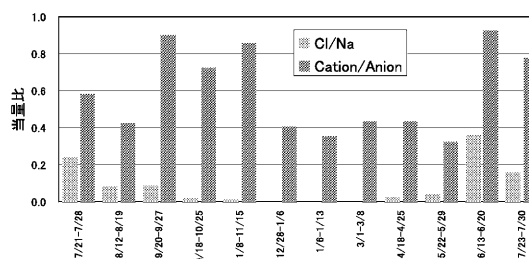


図2 上高地におけるエアロゾルのイオンバランス

LP 測量による大規模崩壊地赤崩での土砂生産量の経年変化と季節変化の評価

○西井稜子・今泉文寿(筑波大・井川演習林),
大丸裕武・村上 亘・宮前 崇・小川泰浩(森林総合研究所)

はじめに

中部山岳域には数多くの大規模崩壊地が分布しており、現在でも活発に土砂生産が生じていることが予想される。しかし、実際にどの程度の土砂が生産されているかはダムの堆砂量などから推定されているに過ぎず、個々の崩壊地からの土砂生産量は十分に検討されていない。崩壊地での土砂生産量は、降水量や凍結融解頻度といった気象要素の影響を受けていることが予想される。したがって、今後の気候変動に伴う土砂生産量の変化を考えていく上で、現地観測に基づく現在の土砂生産量とそのプロセスの評価は重要であると考ええる。そこで、本研究では大井川上流域に位置する赤崩を対象に、航空レーザ測量と地上レーザ測量を組み合わせることで、2003 年～2011 年の土砂生産量を検討した。

調査地・方法

大井川上流域の左岸に位置する赤崩は、高さ 700 m (1200-1900 m a.s.l.), 幅 700 m, 面積 $4 \times 10^5 \text{ m}^2$ をもつ、南アルプスの典型的な大規模崩壊地の一つである。地質は、四万十帯の砂岩・頁岩の互層からなり、岩盤変形によって地表付近は受け盤構造を示す。崩壊地内の露岩域(平均傾斜約 40°) はほぼ無植生であることから、現在も土砂生産が活発に生じていることが伺える。初生的な崩壊の発生年代は明らかになっていないが、明治時代に測量された地形図には赤崩が記載されていることから、少なくとも明治末期には存在していたようだ。これまでに赤崩から流出した土砂量は約 $27 \times 10^6 \text{ m}^3$ と推定されている。航空レーザ測量は、赤崩全域を対象に 2003 年(大井川治山センター実施)と 2007 年(筑波大学実施)に行われた。一方、地上レーザ測量は赤崩上部 (ca. $4 \times 10^4 \text{ m}^2$) を対象に、2010 年秋、2011 年春、秋の計 3 回実施された。また、崩壊地縁の 2 地点において 2010 年秋から地表面温度の観測を開始した。

結果

多時期のレーザ測量(標高)データの差分結果は、2003～2007 年の侵食深が 0.89 m (0.22 m/yr), 2007～2010 年が 0.55 m (0.18 m/yr)を示した。特徴として、崩壊地の縁が大きく後退するような崩壊は発生しておらず、前述の侵食は崩壊地内で発生していた。そのような侵食は、侵食深とその面的な広がりによって次の 3 タイプに分けることができる。まず、5 m 以上の深いブロック状の崩壊である。このタイプは、測量期間中に少なくとも 5 箇所が発生しており、崩壊後の斜面形から 30° 以上のすべり面を持っていたと考えられた。2 つ目は、地層の走向と平行に筋状に崩れるタイプである。そして、3 つ目は、崩壊地内の岩盤斜面が全体的に侵食(深さ方向に 1 m)されるタイプである。また、崩壊地の一部では、夏(2011 年 6 月～11 月)に比べ冬の侵食速度(2010 年 10 月～2011 年 6 月)が約 3 倍大きい傾向を示した。今後、降水や凍結融解といった気象要素が侵食速度の季節変化にどのような影響を及ぼしているか検討していく予定である。



調査地域



赤崩の全景

山岳域での森林伐採が土砂移動・微気象へ及ぼす影響

○今泉文寿，西井稜子（筑波大・農林技術センター井川演習林）

上野健一（筑波大・生命環境系），黒部皓生（筑波大・生命環境科学研究科）

はじめに

山腹の土砂は，冬季の土壌水分の凍結融解現象や，強雨時の地表流により引き起こされる表面侵食など，気象条件に大きく依存した現象によって移動をする。そのため，気象条件の変化は山腹での土砂移動量の変化を引き起こす可能性がある。山岳域は地形が急峻であることから，地形がゆるやかな丘陵地と比較して土砂が移動しやすい状況にあり，気象条件の変化に対して土砂移動量が敏感に応答する可能性がある。そこで本研究では山岳地の森林を伐採し，山腹の微気象の人工的な改変を行う。微気象の変化を観測によって明らかにするとともに，伐採にともなう土砂移動量の変化をあわせて観測し，山岳域で微気象の変化が土砂移動に及ぼす影響を検討する。

調査地と調査方法

調査地は静岡県北部，南アルプスに位置する筑波大学農林技術センター井川演習林内の 38 年生のヒノキ林（面積約 2 ha）である。標高は 1180～1310 m，西向き斜面となっている。このヒノキ林のうち，約 1 ha を「皆伐区」とし，2012 年 4 月から 9 月にかけてすべての立木を伐採した。また調査地内のそれ以外の森林を「非伐採区」とした。両地区では気象観測（気温，放射量，積雪等）を行っており，伐採前後での皆伐区の微気象の対比，あるいは伐採後の皆伐区と非伐採区の微気象の対比より，伐採が山腹上の微気象に与える影響を検討する。また皆伐区と非伐採区それぞれにおいて，斜面形の異なる 3 箇所（直線型斜面，谷型斜面，尾根型斜面）に土砂トラップを設置し，伐採前後での土砂移動量の変化を明らかにする。微気象の観測結果と土砂移動量の観測結果を対比させることで，微気象が土砂移動に及ぼす影響を検討する。

現在までの進行状況

2012 年 3 月までに伐採前の気象観測，土砂移動量観測を行った。皆伐区では，伐採作業に伴う観測機器の破損のリスクを避けるため，2012 年 3 月にいちどすべての観測機器の撤去を行い，伐採後の 2012 年 9 月に機器の再設置を行った。現在は伐採後の観測データを蓄積しているところである。データの蓄積がみられしだい解析を行い，伐採が微気象に及ぼす影響，さらには微気象と土砂移動の関わりについて明らかにしていきたい。



皆伐区（伐採後）の様子（2012 年 10 月撮影）

山岳域人工林内における土砂移動特性

○今泉文寿，西井稜子（筑波大・農林技術センター井川演習林）

上野健一（筑波大・生命環境系） 黒部皓生（筑波大・生命環境科学研究科）

はじめに

これまで森林内での土砂移動現象に関する研究は，丘陵地や低山を中心になされており，山岳域の森林での研究事例は乏しい。山岳域は丘陵地，低山と比較して地形が急峻であり，また気候が冷涼であると考えられるが，これらの特徴が土砂移動のタイプの違い，あるいはタイミングなどにどのように寄与するのかは未解明である。そこで，静岡県北部，南アルプスに位置する筑波大学農林技術センター井川演習林内において現地観測を行い，山岳域の人工林内における土砂移動特性の解明を試みている。

調査地および調査手法

調査地は井川演習林内の 38 年生ヒノキ林（面積約 2 ha）である。標高は 1180～1310 m，西向き斜面となっている。このヒノキ林に凸型斜面 2 箇所，直線型斜面 2 箇所，凹型斜面 2 箇所の計 6 箇所に土砂トラップを設け，斜面上方から移動してくる土砂の捕捉を行った。観測期間は 2011 年 6 月から 2012 年 3 月である。捕捉された土砂は 1 ヶ月に 1 度程度の頻度で回収し，乾燥重量の計測と粒度分析を行った。さらに土砂移動に影響を及ぼしていると考えられる気象条件（気温，放射量，降水量等）や土壌水分の観測もあわせて行った。

観測結果

観測の結果，土砂トラップごとで捕捉される土砂量に大きな違いがみられ，全期間での合計の土砂量は最小のもので 3 kg，最大のもので 250 kg であった。このことは，2 ha という限られたエリアの中でも土砂量が空間的に大きくばらつくことを示している。その原因として，斜面形状の違いや土層を構成する土砂の粒度の違いなどが考えられる。多くのトラップで観測される傾向として，夏季を中心に，日雨量 50 mm を超える降雨を含んだ期間に多くの土砂が回収された。このことは，土砂移動に降雨が大きな影響を及ぼすことを示している。また，土壌水分の凍結融解がおきる冬季（2 月）においても土砂移動が確認された。捕捉される土砂の粒度分布は時期による違いがみられた。

今後について

観測を引き続き行い，データの蓄積につとめる。地形や気象因子をもとに，土砂移動量の空間的なばらつきや土砂移動のタイミングの説明を試みたい。また，山岳域における土砂移動の特徴を明らかにしていきたい。



調査地の様子（2011 年 8 月撮影）

カラマツ苗における青変菌 *Ceratocystis fujensis* の動態と通水阻害の関係

○鈴木美南, 山岡裕一, 柿島眞, 門脇正史, 阿部淳一ピーター (筑波大・生命環境)

商業的にも重要な樹種であるカラマツ (*Larix kaempferi*) を加害するカラマツヤツバキクイムシ (*Ips subelongatus*) は、樹皮下に侵入する際に青変菌 *Ceratocystis fujensis* をもちこむ。*C. fujensis* はカラマツに対して強い病原性をもち、30 年生のカラマツ生立木を枯死させることが証明されている。このときカラマツの幹の辺材部には青変部と乾燥部が形成され、通水が阻害されることによって枯死に至る可能性が高いとされているが、詳しいメカニズムはわかっていない。そこで本研究では、菌の動態とそれに伴いどのように通水が阻害されるのか明らかにすることを目的とした。

供試植物は南佐久南部森林組合で購入し、グロースチャンバーで育てたポット植えの 3 年生カラマツ苗を用いた。供試菌は、接種試験により 30 年生のカラマツを枯死させた *C. fujensis* YCC-285 菌株を用い、麦芽エキス・エビオス寒天培地上で培養したコロニーにカラマツ樹皮片を移植してさらに培養したものを接種源とした。コルクボーラーを用いてカラマツ苗の茎直径 1.1 cm のところに直径 8 mm の穴をあけ、樹皮円板をとり除いたのちに接種源を材に押しつけ、その上に樹皮円板を戻してパラフィルムで覆った。接種後 2, 3, 4, 5 日目に地際部で切り、切り口を 0.05%酸性フクシン水溶液に一晩つけた後、1.5 cm 間隔で茎を輪切りにして横断面を観察した。赤く染まったところを通水部とした。観察後、接種部付近（上下 1.5~3.0 cm）の茎断片を FAA で固定し、凍結ミクロトームを用いて厚さ約 17 μ m の切片を作製したのちに 0.05 %トルイジンブルー液で染色して光学顕微鏡で観察した。

縦断面において、菌糸は接種後 2 日目に放射柔組織を髄に向かって接種部から約 3 mm のところまで観察され、3 日目には髄付近（約 4mm）まで到達した。侵入された放射柔組織は菌糸が充満し、破壊されていた。2, 3 日目では、放射柔組織近くの仮導管にも菌糸が観察された。接種後 4, 5 日目にはより広範囲の仮導管で菌糸が観察された。非通水部は接種後 3 日目まではほとんど見られなかったが、4 日目には菌糸が観察された範囲とほぼ同じ範囲に、接種部から中心部に向かって楔形に形成された。5 日目には接線方向に茎断面積の約 1/2 を覆うまでに広がった。また、4, 5 日目では髄のまわりの木部にも非通水部が見られた。

以上の結果より、菌の接種後、放射柔組織を使って菌糸が侵入した後に仮導管に広がっていると思われる。非通水部は、放射柔組織が破壊された直後ではなく、仮導管内で菌糸の密度がある程度高くなったのちに形成されることが明らかになった。それとは別に髄の周辺にも非通水部が形成されることが明らかになった。

高山・亜高山帯における地温観測網の展開

池田 敦（筑波大），田中健太（筑波大），小林 元（信州大）

地表面付近の地温は、地盤の凍結融解状況の直接的な指標値であり、凍結融解による表層の水文特性の変化や、土砂移動、土壌中の微生物活動、植生の生育環境などを議論する基礎データになる。また、地表面温度は、無雪期には気温変化とともに日射量の大小をよく反映し、積雪期には、積雪期間や、積雪深、積雪の構造（乾雪 or 湿雪）を反映する。さらに土層中の地温は凍結融解期には土層の乾湿を潜熱として反映する。1990年代のとくに後半以降、野外での使用に耐える小型温度ロガーが低価格で入手できるようになり、アクセスの悪い高山・亜高山帯での地温の通年観測が容易になった。温度以外の気象水文要素の測器は、低価格化が進んだとはいえ、まだ十分に安くはないため、多地点における地温の連続記録は、観測地点間の気象・水文条件の違いや変動を議論するための有効なツールになると思われる。しかし、実際に標高傾度に沿って密に地温観測網が展開されている例はまれである。本稿では、2008年から継続している富士山の高山帯（無植被）における地温観測結果を概観し、今年度から信州大学の西駒演習林の亜高山帯（針葉樹林帯）で始めた地温観測について紹介する。

富士山（標高 3776 m）では、標高 2800 m 以上の南北斜面、および標高 3700 m 前後の山頂火口一帯の合計 22 地点において、浅部地温を通年で観測している。ほとんどの場所では地表面（1~3 cm 深）と 50 cm 深の地温を観測しているのみだが、山頂部の一部では深さ 3 m まで観測している。

地形的な凸部においては、地温は気温にほぼ並行に推移するが、詳しくみると、晴れた日の日中の昇温が著しく、日最高値には同一方位で標高による差が少なかった。年平均地表面温度を比べると、同一標高で北向き斜面が南向き斜面よりも地温が 2.5℃低いことが明らかになった。これらのことは日中の地温が気温よりも日射の影響を強く受けており、また、北斜面の日射量は南斜面のおよそ 60%しかないことを反映している。気温変化と地表面温度が同期することから、地形的な凸部では積雪が薄いと考えられた。一方、地形的な凹部において冬季、積雪による地温低下の抑制が顕著であった。それらの結果から、例えば富士山においては、永久凍土分布は地形的な凸部（風衝地）に限られており、さらに南北斜面ではその下限高度に 400 m の差が見込まれた。

西駒演習林では、標高 2670 m の稜線上と、北向き斜面の標高 2600~2000 m の標高差 100 m おきに、地表面（2 cm 深および 5 cm 深）と 50 cm 深の地温を観測した。稜線上は裸地、標高 2600 m 地点はハイマツ帯であり、それ以下は針葉樹林帯内である。現時点では 2012 年 9 月の 2 週間分のデータしか得られていない。針葉樹林帯では、各深度ともに 0.6℃/100 m の地温逡減率が観測された。一方、ハイマツ帯では標高差 300 m 下方と同じ地温、さらに日当たりのよい稜線上では、2000 m 地点よりもさらにわずかに高い温度が観測された。今後、年間を通して高山帯から亜高山帯の移行部でどのように地温が変動するのか、検討に足る基礎データが得られると見込まれた。

山岳森林河川水中の粒径別有機物濃度とその季節変化

○中鋪美香, 加藤慎紹, 山田俊郎 (岐阜大学 工学部)

李富生, 大塚俊之, 飯村康夫, 川口倫由, 魏永芬 (岐阜大学 流域圏科学研究センター)

1. はじめに

山岳森林域河川において、流域内の森林から供給される有機物は水生生物へのエネルギー供給や生息場の形成、下流への物質輸送といった役割がある。河畔林に覆われた河川上流部では、樹冠が河床に到達する日射を遮り、河川内での一次生産が著しく制限されるため、河川内で生産される有機物が少ない。そのため、上流に生息する水生生物群集はそのエネルギーを河畔林から供給される外来性有機物に依存していると言われている(Cummins, 1974)。したがって、森林から供給される有機物の動態を把握することは中上流域における河川生態系の保全に重要であると考えられる。河川中の有機物には溶存態有機物(DOM)と粒状態有機物(POM)があり、形態によってその流出の特徴が異なると考えられる。そこで本研究では森林河川水中の有機物を粒径別に分離し、その濃度の季節変化について検討した。

2. 対象地域および調査方法

調査は日影平山を源流部に持つ神通川水系一級河川の大八賀川の支川である生井川の標高 989m地点において実施した。調査期間は2010年10月から2012年9月まで、計25回の調査を行った。現地では水温、pH、電気伝導度、酸化還元電位を測定し、同時に流量観測を行った。河川水試料として、現地で孔径1mmのメッシュで通水したものを採取した。浮遊物質試料は、メッシュサイズ250 μ mのドリフトネットを河川内に設置して採取し、現地で粒径によってリター(LPOM, >16mm)と粗大有機物(CPOM, 1mm~16mm)とに分画した。実験室に持ち帰った河川水試料は孔径1 μ mのガラス繊維製フィルターでろ過し、微細有機物(FPOM, 1 μ m~1mm)と溶存有機物(DOM, <1 μ m)とに分画した。フィルター上のFPOMは、105℃で12時間以上乾燥させた後、塩酸蒸気に12時間以上曝露させて炭酸塩を除き有機元素分析装置により有機炭素含有量を測定した。DOM濃度は全有機炭素計で測定を行った。

3. これまでの主な結果

図1に粒径別の有機物濃度の季節変化を示す。調査期間中の全有機物濃度は平水時において0.33~1.2 mg-C/L(以降mg/Lとする)、降水時は0.34~1.5 mg/Lであった。春季~夏季(5月から9月)は0.33~0.79 mg/L、落葉期(10月から11月)は0.62~1.0 mg/L、冬季(12月~4月)は積雪期が0.34~0.70 mg/L、融雪期は0.40~3.5 mg/Lの間であった。落葉期は春季~夏季と比べてLPOM及びCPOM濃度の割合が上昇したが、FPOM濃度は減少した。このLPOMおよびCPOMの濃度の上昇は、流域内における森林からの落葉による有機物供給が盛んになったことが反映されたためと考えられる。積雪期は落葉期と比べて全有機物濃度が低かった。LPOM、CPOM濃度の割合も下がっていることから、流域内からの河川への粗大な有機物供給が少なくなったと考えられる。融雪期は他の期間と比べて濃度が高かった。最も高い濃度を観測したのは、2012年3月31日であった。この日は流量が多く河川は白く濁っており、懸濁物質濃度は平水時の10倍程度高かった。このことから、融雪による出水が河川近傍の土壌と同時に土壌表層にある有機物を流出させ、河川内の全有機物濃度が高くなったと考えられる。融雪期の高い有機物濃度は融雪の出水に強く影響を受けていることが示唆された。しかし、同じ融雪期内であっても有機物濃度が他の時期と同等の濃度レベルが観測されたときがあった。このときの河川流量は平水時レベルであり、融雪の影響があまりないと考えられた。以上のように、POMは季節及び出水によって濃度が変化していたが、DOCは調査期間中季節や降雨の影響に関係なくほぼ同程度の濃度であり、調査対象の森林河川においてDOCは季節や出水の影響を受けにくいことが示唆された。今後はこれまでの調査で採取してきた試料の測定及び解析を進め、融雪及び降雨それぞれで、出水時の有機物の形態及び流出特性と起源を明らかにする。本研究は流域圏科学研究センター高山試験地、車戸憲二氏及び吉竹晋平氏のご協力の下実施した。記して謝意を表します。

参考文献

Cummins, K.W., Structure and function of stream ecosystems(1974) Bio Science 24:631-641

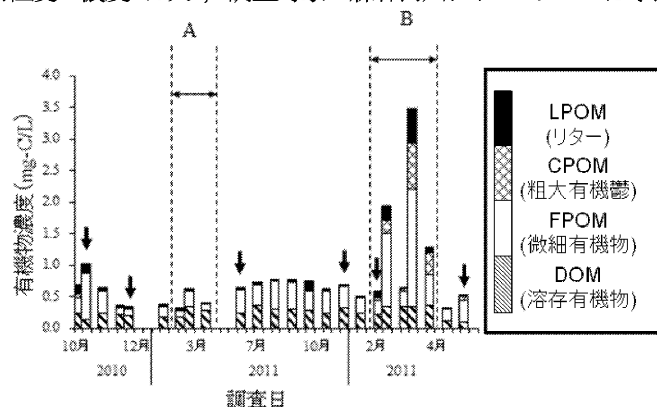


図1 有機物の粒径サイズ別の季節変化
範囲Aは2010年、範囲Bは2011年の融雪期に当たる期間。↓は降雨時である。

中部山岳地域における降水同位体マッピングとその流域診断への応用

○牧野裕紀（筑波大学生命環境科学研究科）・脇山義史（筑波大学陸域環境研究センター）・

山中勤（筑波大学陸域環境研究センター）・鈴木啓助（信州大学山岳科学総合研究所）

【はじめに】

水の安定同位体組成 ($\delta^{18}\text{O}$, δD) は、水循環を把握するのに有効である。例えば Dutton *et al.* (2006) は、アメリカ合衆国全土における降水と河川水の安定同位体の空間分布図を作成したうえで、両者の残差から、河川での雪解け水の影響など、広域の流域特性の評価をした。日本においてもさまざまな時空間スケールで観測がおこなわれているが、山岳地域を含む広域かつ通年で観測を行われた例は少ない。

そこで本研究は、中部山岳地域を対象とした降水の安定同位体比の空間分布の把握と重回帰式を用いて同位体比の分布特性を予測すること（降水同位体マップの作成）を目的とした。また、降水同位体マップを用いて河川水の実測値と比較することで、流域特性の評価を試みた。

【方法】

降水は 13 地点において 2010 年 7 月から月単位で採水を行った。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い、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 (Figure 1)。観測された同位体データは降水量で加重平均して、地点ごとに年加重平均値を求めた。

【結果】

複数の気象学的・地理学的パラメータを説明変数とし、 $\delta^{18}\text{O}$ 値を目的変数とする重回帰分析をおこなった。さらに空間分布を決定する要因を把握するために、変数減少法を用いた結果、降水の、 $\delta^{18}\text{O}$ 値は、標高との関係がもっとも強い ($R^2=0.53$) ことがわかった (Table 1)。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。また残差には空間的な違いが表れ、流域特性を反映している可能性が見出された。

Table 1. Partial regression coefficients of multiple regression lines for $\delta^{18}\text{O}_{\text{ppt}}$: 2010.07~2011.06

n	切片	標高	日照時間	全天日射量	経度	起伏量	曲率	傾斜方向 (南北)	傾斜角	降水量	気温	日本海からの距離	緯度	R2	R2*
13	-11	-0.013	-0.007	1.52	19.144	0.009	-0.031	0.329	0.751	-0.005	-1.852	-0.475	-51.904	1	
13	-8	-0.004	-0.01	2.442	1.404	0.002	-0.093	0.276	-0.72	0	0.023	0		0.99	0.882
13	-18	-0.004	-0.011	2.512	1.412	0.002	-0.092	0.276	-0.714	0	0.027			0.99	0.941
13	-233	-0.004	-0.01	2.422	1.371	0.002	-0.094	0.282	-0.732	0				0.99	0.96
13	-240	-0.004	-0.009	2.231	1.067	0.004	-0.132	0.33	-1.124					0.983	0.948
13	-200	-0.005	-0.011	3.109	1.304	0.002	-0.043	0.18						0.934	0.842
13	-209	-0.004	-0.01	2.795	1.253	0.002	-0.037							0.906	0.812
13	-168	-0.005	-0.012	3.379	1.521	0								0.88	0.795
13	-211	-0.005	-0.013	3.382	1.475									0.876	0.814
13	-218	-0.003	-0.005	1.378										0.723	0.631
13	-216	-0.001	-0.001											0.593	0.511
13	-704	-0.001												0.526	0.483

[m]

[h]

[MJ/m²]

[°]

[m]

[mm]

[°C]

[km]

[°]

R²*自由度
調整済み
決定係数

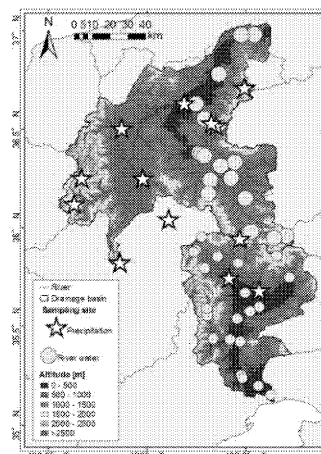


Figure 1. Study area

冷温帯放牧シバ草原における牛糞の供給と分解、そして土壌圏への影響

吉竹晋平（岐阜大）・五月女皓海・小泉博（早稲田大）

我が国の山岳域では、冷涼な気候を利用して酪農や畜産を行うための冷温帯放牧草原が存在する。このような草原では、家畜による踏圧や被食に加えて家畜排泄物が、草原に存在する植物体や土壌、そして炭素・窒素のような重要元素の循環プロセスに多大な影響を及ぼすと考えられる。特に家畜排泄物はそれ自身が炭素・窒素の重要なフラックスであると同時に、生産者である植物や分解者である微生物の諸特性を改変することで、間接的にも炭素や窒素の循環に影響を及ぼしていると考えられる。しかしながら、冷温帯放牧草原における家畜排泄物の供給・分解そして生態系への影響という一連の現象を、炭素または窒素の循環という視点で体系的、定量的に捉えた例は少ない。そこで本研究では、冷温帯放牧草原における家畜排泄物（特に糞）に着目し、その供給・分解、そしてそれらが植物体や土壌圏におよぼす影響を明らかにすることを目的とした。

本研究は、岐阜大学高山試験地に隣接しており、肉牛の放牧がおこなわれている冷温帯放牧シバ草原で実施した。草原内に 30 m×100 m のコドラートを設置し、毎月新たに供給された牛糞の位置、重量を記録して年間の牛糞供給量（乾燥重量、炭素・窒素量）を算出した。供給された牛糞の分解過程を明らかにするため、放牧期間の初めに供給された牛糞の重量および呼吸速度を毎月測定した。また、牛糞が植物体および土壌圏に及ぼす影響を調べるために、放牧エリア外のシバ区画に草原で採取した牛糞を計量・成形して設置した。設置した牛糞の直下および周辺の植物体と土壌を牛糞からの距離に沿って毎月採取し、植物体バイオマス、土壌有機物量、土壌全炭素・窒素量、無機態（硝酸態・アンモニア態）窒素濃度を既存の方法に従って測定した。

牛糞によるシバ草原への炭素および窒素の供給量はそれぞれ $4.0\text{--}9.7 \text{ gC m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ と $0.4\text{--}1.0 \text{ gN m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ であった。供給された牛糞の重量は供給後 1 か月で 30%程度にまで減少した。牛糞の温度・水分および呼吸速度をもとに、この期間に二酸化炭素として牛糞から放出された炭素量を推定したところ、牛糞の全炭素量の約 50%に達した。これらの結果から、シバ草原に供給された牛糞中の炭素の大部分は好氣的分解によって無機化され、二酸化炭素として大気中に戻されることが明らかとなった。牛糞を設置したシバ区画においては、土壌中アンモニア態窒素濃度の上昇が見られたことから、牛糞の好氣的な無機化によって生じたアンモニア態窒素が土壌に供給されたと考えられた。その後、土壌中での硝化の進行により土壌中アンモニア態窒素濃度は減少し、硝酸態窒素濃度が増加した。また、牛糞を設置したシバ区画ではこれらの無機窒素濃度の上昇と同時期に、植物体バイオマスの増加が認められた。上記のような牛糞設置による土壌栄養塩類濃度および植物体バイオマスの著しい変化は、時間的（牛糞設置後 1–2 か月程度）および空間的（牛糞から 15 cm 程度）に限られたものであった。このことは、放牧シバ草原において牛糞が及ぼす影響が限定的なことを意味しているが、その範囲においては土壌や植物体に対して非常に大きな影響を及ぼすため、草原生態系の炭素・窒素循環の重要な要素であると同時に、草原生態系における植物・土壌の不均一性の一因となっていることが示唆された。

LiDAR データを用いた地盤高 (DEM) 作成方法の検討-高山市大八賀川流域の事例-

福田夏子・栗屋善雄 (岐大)

岐阜大学流域圏科学研究センターでは、炭素収支の解明に向けて、大八賀川流域で LiDAR データによる森林蓄積推定に関する研究を行っている。森林蓄積を把握するためには、1m 単位の高精度の樹冠高が必要だが、これまで用いてきた地盤高は点密度が 1 点/1m² の LiDAR データで作成したため精度が低い。本研究では、2003 年に岐阜県、2005 年と 2011 年に岐阜大学が計測した LiDAR データを統合し、点密度を向上させることにより、地盤高を改善できるのかを検討した。対象地は、高山市東部の大八賀川流域 (約 61.4km²) のうち、2011 年 LiDAR 計測範囲の約 43km² である。標高 570~1600m、山地部は 30~40 度の斜面が多く急峻で、針葉樹人工林と落葉広葉樹二次林が分布する。

方法は、1) Terra Scan により、ブロックごとに岐阜県 2003、岐阜大 2005、2011 の 3 つの LiDAR 点群データを統合した後、仮想地盤面より低い点を削除する low points 処理と、起点からの角度と距離を指定して地盤高を抽出する ground 処理を行うことで地盤高 A を作成した。ground points 探索条件 (角度と距離) は平地、斜面、尾根で異なるため、各々適切な基準値を検討して設定した。2) 点密度向上による効果を検討するため、ブロック毎に、Arc Map (ESRI, USA) により、「地盤高 2003」(岐阜県が LiDAR 点群データから作成した 2m メッシュデータ) から地盤高 A を差し引いたメッシュデータを作成した。そして、メッシュデータの差分が高い場所と低い場所について、空中写真 (2003、2008) 及び QuickBird 画像 (2007 年 4 月 12 日) から植生の違い、TerraScan 断面図から地盤点分布の違い、slope 画像 (地盤高 2003 より作成) から傾斜の違いを確認した。

研究の結果、全域で、差分は平均値が 0.17m、標準偏差が 2.0m、山地部では差分 2m 以上のエリアが点在し、地盤高 A が地盤高 2003 より低いエリアが多く点在していた。ブロック毎にみると、空中写真から、地盤高 2003 より地盤高 A が低いエリアは主に針葉樹林 (若くて密)、高いエリアは主に広葉樹林であった。

Terra Scan により断面図で地盤点密度を確認したところ、地盤高 A では、針葉樹林で地盤高 2003 より地盤点が良く抽出されたが、広葉樹林では抽出されなかった。このように針葉樹林で地盤点が良く抽出された理由として、LiDAR データの点密度の増加に加えて、間伐により樹冠が粗密になったことで地盤点が増加したことが考えられる。一方、広葉樹林で地盤点が抽出されにくかった理由として、傾斜と樹冠サイズ毎にサンプル (1ヶ所 1200m²) をとり傾向を調べたところ、傾斜が急、樹冠サイズが大きいほど、地盤点が落ちにくい傾向が見られた。この傾向の理由として、樹冠が大きい林では鬱閉しており、レーザービームが地面に落ちにくいことが考えられる。

まとめとして、地盤点密度の向上による効果を検討したところ、土地被覆だけでなく、人の管理や植生の違いが地盤高処理に影響したと考えられた。今回のように樹冠サイズが大きく急傾斜地の広葉樹林では慣例通り手動で処理する必要がある。或いは点密度が高い LiDAR データを利用する必要がある。しかし、全域に多く点在する針葉樹林では地盤点がよく抽出できたため、地盤高 2003 に比べて精度が概ね向上したと推察される。

高山植物の低圧環境への応答 ―葉の形態と光合成―

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

【背景と目的】

高山植物は、様々な厳しい環境（低圧、低温、強光、強風）に適応し、独特な形態や機能を有することが古くから知られている。特に生産器官である葉については非常に多くの研究があり、低地植物と比べて、葉が厚く小さい、気孔の密度や長径が大きい、葉の窒素含有率が高い、光合成能力が高いといった特徴が報告されている。

このような独特な適応を引き起こす様々な要因のうち、低温や強光の影響は個別に検証されているが、高山環境で最も基本的な低圧環境の影響はほとんど知られていない。しかし低圧の影響を明らかにすることは、他の環境要因の影響を検証する上でも不可欠である。そこで本研究では、高山植物に対する気圧のみの影響を調べることを目的として、気圧のみを下げるができるグローブチャンバー内で栽培実験を行っている。

これまでの研究では、狭い緯度範囲で様々な標高に広く分布しているミヤマハタザオ (*Arabidopsis kamchatica*) を対照とした実験を行い、気孔の密度や長径の増大、葉の窒素含有率の減少を明らかにしてきた (Jalps 年次報告会, 2011 年)。本研究ではこれらの結果を基に、葉の形態に加えて光合成特性を測定することで、低圧環境が植物の葉の形態と光合成に及ぼす影響の検証を行った。

【材料と方法】

本研究ではミヤマハタザオの近縁種であるシロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*) の 3 つのエコタイプ (col, ler, ws) を、0.7 気圧 (標高約 3000m) および 0.5 気圧 (標高約 5500m) に設定した減圧チャンバーと、1.0 気圧 (標高 0m) に設定した対照チャンバー内で約 50 日間栽培した。その後、葉の解剖構造、気孔の形態、化学組成、光合成特性を測定した。現状では減圧チャンバー内での作業が不可能なため、光合成測定は 1.0 気圧下で行った。

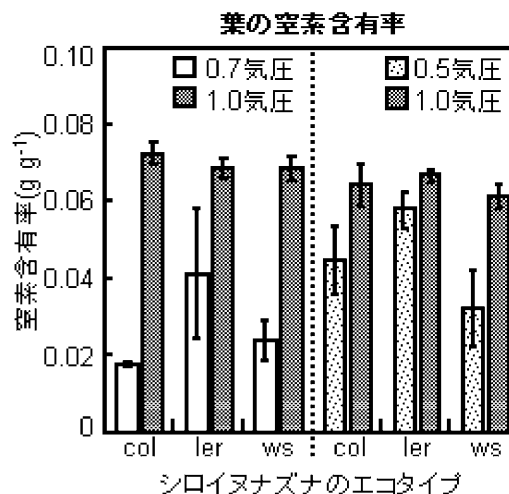
【結果と考察】

低圧環境で生育したシロイヌナズナは、葉の形態や気孔の形態において、生育標高の違いを利用した野外での先行研究と結果が一致した。葉の厚さの増大、葉面積の減少、気孔長径の増大、気孔密度の増大は、0.7 気圧および 0.5 気圧の両方で確認された。

一方、先行研究と異なる結果も得た。葉の窒素含有率は、野外では標高に伴い増加するのに対し、低圧環境では有意に減少した (右図)。さらに、低圧環境では光合成能力も低下する傾向がみられ、これは窒素含有率の低下と関連している可能性が示唆された。このように、野外

での先行研究と矛盾した結果が得られた理由として、実際の高山環境は低圧も含む複合的な環境であり、低圧のみの影響が覆い隠され見えにくくなっている可能性が考えられる。

低圧環境が葉に及ぼす直接的な影響として、大気重量および CO_2 分圧の減少が挙げられる。本研究では、これらの要因によって野外での先行研究と異なる結果や、野外での特徴をより強める結果が生じたと考えられる。今回の実験により、高山植物に低圧特有の応答があることが確認された。



中部山岳域における木質材料に関する流通と炭素循環 その1 長野県における未利用林地残材の利用に関する研究

○渡辺公太(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), 角田健一(信州大学工学部)

長野県は平成32年までに、素材生産量を現状のおよそ30万m³から75万m³へ、およそ2.5倍に増加させる目標を掲げている(表1参照)¹⁾。特にチップ・バイオマス用素材出荷量は、現状の6万m³から22万m³への増加を目指しており、大きな増加量が見込まれている。

また林地においては、間伐実施時に大量の林地残材が発生していることが、昨年度までの研究で明らかになっている²⁾。林地残材も本来は搬出が望ましいが、小径木や歪みのある木、搬出が困難でコストがかかる木は流通させても採算がとれず、林地に放置されている。

前述した平成32年までの目標達成のためには伐採量の増加が予想されるが、同時に大量の林地残材が発生することも考えられる。長野県では手入れの行き届いていない森林の整備(間伐作業)と併せて、建築用を主とした木質素材生産が行われており、間伐と建材は密接に関わっていると言える。

建材生産の最上流で発生している林地残材を木質資源流通の中に組み込み、流通経路が確立されれば、円滑な資源循環や森林整備が期待できると考え、本研究では、林地残材の木質バイオマスエネルギーとしての積極的な利用に向けて、林地残材の賦存量算定、木材流通の現状把握、搬出効率を向上させる手法の検討を行う。

本研究では、林地残材の賦存量把握および林地における素材丸太の含水率変化実測調査について、調査手法と結果を示す。

林地残材の賦存量把握では、長野県内を5つに分割した森林計画区の民有林・国有林を対象に、近年の間伐実施による搬出材と切り捨て材の発生バランスを樹種別に把握するとともに、一年あたりの平均年間素材生産量を試算した。表2に長野県における樹種別平均素材生産量を示す。また、林地残材を木質バイオマス燃料として化石燃料と代替した場合のCO₂排出削減量を試算した。

林地における素材丸太の含水率変化実測調査では、切り捨て材を搬出するにあたり、林地で含水率を低下させることができれば、搬出効率化や、乾燥段階の短縮、乾燥段階自体の削減が期待できるという考えのもと、伐採した丸太を林地に放置したときの含水率の経過変化を明らかにした。放置場所・土台の有無・樹種によって12種の系統を用意し、各系統ごと5本の試験体について重量の経過変化を記録した。

表2 長野県における樹種別平均素材生産量

平均樹種別 素材生産量[m ³ /年]	スギ		ヒノキ		アカマツ		カラマツ		その他針		広葉樹		小計	
	切捨	搬出	切捨	搬出	切捨	搬出	切捨	搬出	切捨	搬出	切捨	搬出	切捨	搬出
中部山岳域	32009	3661	4687	2484	33350	3007	48728	17310	7431	1225	5684	1697	131888	29383
千曲川下流域	160386	25340	1941	519	9667	440	40463	21884	3541	951	8577	872	224575	50006
千曲川上流域	9827	1457	4763	722	32938	3139	143887	80722	5009	1930	11154	2587	207578	90556
木曽谷地域	6101	2656	41257	52034	5543	244	54215	16489	16918	10656	4641	1366	128675	83445
伊那谷地域	42169	12967	72710	13430	56253	8377	131392	38964	5777	2156	5432	1739	313733	77632
小計	250492	46081	125358	69187	137751	15206	418685	175369	38677	16919	35487	8259	1006449	331022
計		296573		194545		152957		594054		55596		43746		1337471
切捨・搬出割合[%]	84.5	15.5	64.4	35.6	90.1	9.9	70.5	29.5	69.6	30.4	81.1	18.9	75.3	24.7
対全体比[%]		22.2		14.5		11.4		44.4		4.2		3.3		100.0

- 1) 長野県林務部: “長野県森林づくり指針”, 長野県公式 HP, (pdf), <<http://www.pref.nagano.jp/>>, (2012-4-11)
- 2) 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研究 -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-, 藤井ら, JALPS2011 年度年次報告会

中部山岳域における木質材料に関する流通と炭素循環

その2 長野県と岐阜県における地場産材のLCA調査

○井戸結貴(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), 松場啓太(信州大学工学部)

1. 調査目的

我が国では戦後に造成された人工林が、育林する段階から資源を利用する段階にある¹⁾。資源の循環的な利用によって、持続的な森林経営を確立していくことが求められる。そこで、国産材の供給体制の整備と国産材の需要を拡大することが重要である。需要拡大に向け、炭素収支面における国産材の付加価値の根拠を明確にする必要がある。

昨年度まで当研究室では、長野県産木材のLCA調査を実施し、カーボンバランスの算出を行うことで、炭素放出の少ない材を選択する指標の一つとして手法を確立した²⁾。しかし、長野県産材の活用を拡大させる点から考えると、乾燥機や製材機の保有状況に依る生産能力の問題から、製材工場がボトルネックとなっていることが問題点として挙げられる。長野県の隣県である岐阜県も同様に製材工場がボトルネックである。岐阜県は「A材戦略加工プラン」を掲げ、複数の中小規模製材工場から乾燥センターへグリーン材(人工乾燥を行っていない製材)を持ち込むことで、製材品の供給量の増加を計画している³⁾。

そこで本研究では、岐阜県においてLCA調査を実施する。炭素収支の観点から、林地や製材工場の各工程における県(産地)による違い、製材経路・システムの供給体制による違いを調査し、比較検討を行う。また、製材工場を中心とした木材の流れを把握し、木材需要拡大による供給体制を見据えた木材流通について検討するための現状把握を行うことを目的とする。

2. 調査内容

岐阜県において、木材が立木の状態から製材品に至るまでの各工程における歩留りの実測調査及び、燃料消費量の聞き取り調査を実施し、炭素収支の算出を行う。(LCA調査)調査対象樹種はスギとヒノキの2樹種である。

また、県内製材工場へ出荷量・仕入れ量・端材発生量についてのアンケート調査及び聞き取り調査を実施し、岐阜県内の木材流通の現状把握を行う。(木材流通調査)

3. 調査結果

岐阜県郡上市明宝の林地における歩留りの実測結果を表1に示す。また、既往の長野県の結果と比較するため、同樹種の既往データを表2に示す。

表1 岐阜県の歩留り結果

	枝払い重量歩留り	造材重量歩留り	造材材積歩留り
岐阜ヒノキ	0.7	0.74	0.73
岐阜スギ	0.87	0.95	0.96

表2 長野県の歩留り結果

	枝払い重量歩留り	造材重量歩留り	造材材積歩留り
南信ヒノキ	0.80	0.89	0.94
北信スギ(H20)	0.93	0.92	0.93
北信スギ(H23)	0.86	0.90	0.89

既往データと比較すると、スギの歩留りに差はみられなかったが、ヒノキの歩留りには大きな差がみられた。岐阜県郡上市は長野県南信地域(木曽谷)と比べ豪雪地域であり、ヒノキが育ちにくいことが原因として挙げられる。根元の直径に比べて長さの短いものや、曲がりの大きいものがみられた。よってLCAの観点からみると、県(産地)による違いが林地残材の多さに影響することが言える。

製材工場や乾燥センターの各工程での調査分析を実施し、供給体制の違いが炭素収支にどれほど影響するのか、比較検討を実施する。その結果についてはポスター発表にて示す。

1) 林野庁 H22 森林・林業白書

2) 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、山形ら、JALPS 2011 年度年次研究報告会

3) 岐阜県庁林政部

Mapping of canopy area of deciduous broad-leaved forest using aerial orthophotos and LiDAR data

Alatannabuqi, Yoshio Awaya (Gifu University)

The study site was selected at an old growth beech forest in Oshirakawa, Gifu Prefecture. The high resolution aerial orthophotos provide us forest canopy images in a large area. The airborne LiDAR (Light Detection and Ranging), also provides fast, accurate and 3 dimensional canopy height information. Resolution of aerial orthophotos 2003 (summer) and 2008 (autumn) was 50cm pixel and point density of LiDAR data (2003) was 1 point per square meter. We aimed at understanding of usefulness of aerial orthophotos by canopy area interpretation and LiDAR data through level slicing. We used software ERDAS ver.2010 and ArcMap ver.10 for data processing, and conducted ground measurements to validate the accuracy of canopy area interpretation of the aerial orthophotos. The canopy area increased 418.4 m² from 2003 to 2008 in interpretation of aerial orthophotos with accuracy around 80%. The canopy area within shadow and the number of trees were not identifiable on aerial orthophotos, and the individual canopy area by interpretation was smaller than that of ground measurements. However, the individual canopy area appeared larger in the DCHM than corresponding canopy area of ground measurements. The DCHM projected the bottom branches and small trees well which were shaded by higher trees on the aerial orthophotos. We feel that the aerial photos are a better choice than LiDAR data, if we consider accuracy, time and cost.

竹林拡大域における植生および地形の特徴抽出

○河合洋人(岐阜大・流域圏科学研究センター), 栗屋善雄(岐阜大・流域圏科学研究センター),
秋山侃(岐阜大)

1. はじめに

1990年代後半より我が国における竹林の拡大現象が報告されている。西日本での報告事例が多く、放置された竹林が拡大しており、竹材代替資材の普及やタケノコ輸入の増加が放置の原因と指摘されている。しかし、中部地方での研究事例が少なく、また立地環境との関係についても知見が十分ではないと思われる。そこで空中写真の目視判読により竹林の分布域を明らかにし、空中写真の目視判読による植生タイプと LiDAR データより得られた地形データを用いて、竹林の拡大域の地形および植生の特徴を把握することとした。

2. 研究対象域と方法

研究対象地は岐阜市北部の東西 3.8 km・南北 5.6 kmの地域である。1990 年と 2004 年の空中写真を目視判読して、研究対象地全域の竹林の分布域を抽出し、立地環境に基づく竹林タイプの分類によって、市街地・河川敷・里山の三タイプに分けて、河川敷タイプと里山タイプについて解析を行った。二タイプの 1990 年の竹林の分布域と 2004 年の竹林の分布域を重ね合わせて、竹林の拡大域を抽出した。一方 2004 年に取得された LiDAR データを用いて、研究対象地の 2m メッシュデジタル地形モデル (DTM) を作成し、この DTM から傾斜度マップを作成した。作成した傾斜度マップと竹林の拡大域を重ね合わせて、拡大域における地形の特徴を抽出した。植生タイプは 1990 年の空中写真を目視判読して、竹林拡大域の植生を無立木地・低木地・広葉樹林地・針葉樹林地の 4 つに分類した。最後に竹林の拡大域の植生タイプと傾斜角でクロス集計とコレスポンデンス分析を行った。

3. 結果と考察

対象域の竹林は研究対象域の総面積の 1%程度であるが、14 年間で 3.8 ha 増加したことが明らかとなった。クロス集計から、河川敷タイプの竹林は、拡大域のピクセルうち、植生が無立木地であるピクセルが 9 割を占めていることが分かった。また無立木地と広葉樹林地は 15°までの傾斜度に 8~9 割が集中していることも明らかとなった。しかし、コレスポンデンス分析では広葉樹林地はどの傾斜度クラスとも関係が薄く、逆に無立木地は多くの傾斜度クラスとの関係があると示された。一方、里山タイプの竹林ではクロス集計の結果、広葉樹林地は 45°までのクラスの分散しており、無立木地と針葉樹林地は 10~15°のクラスに集中していることが分かった。コレスポンデンス分析では、無立木地と広葉樹林地、針葉樹林地ともに 40°までのクラスと関係が強いことが分かった。しかし 40°以上の傾斜度クラスから徐々に関係が薄くなると示された。以上から、河川敷タイプの竹林の拡大域は、傾斜度に関わらず植生が無立木地であることが大きな特徴であり、里山タイプの竹林の拡大域は、植生が無立木地や広葉樹林地、針葉樹林地で傾斜が 40°までという特徴を持っていると考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたって、LiDAR データを提供して頂きました岐阜県に感謝致します。

Forest type classification of Gifu Prefecture using

ETM+ data of different seasons

Pengfei Zhang, Yoshio Awaya (Gifu University)

Forest type classification is a basis of the research of forest phenology. Satellite data record the earth surface information in large areas at the same time. The color and leaf status of deciduous forest are different in different seasons, which is beneficial to the forest type classification.

Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) images in early summer (2001/6/18) and late autumn (2001/11/25) were used for forest type classification over Gifu Prefecture. Forest and non-forest areas were classified by the maximum likelihood method using the summer image, which recorded the leaf-on stage of deciduous species. Then deciduous forests and evergreen forests were separated by thresholding of the normalized difference vegetation index using the late autumn image which recorded the leaf-off stage of deciduous forests showing difference from evergreen forests. The classification accuracy was validated using aerial ortho photos. Non-forest area which was classified using the summer image showed low classification accuracy. Crop lands where crops grow in June were miss-classified to forest. The autumn image, which showed evergreen forest clearly, was useful to improve forest type classification. The overall accuracy was 82.2% in Gifu Prefecture.

Short-term response of soil respiration to experimental soil warming in a cool-temperate deciduous broad-leaved forest in Takayama

○NamJin Noh (岐阜大・流域圏センター), Tomoharu Inoue (早稲田大学・先進理工学研究科), Taku M. Saitoh, Masatoshi Kuribayashi, Hiroyuki Muraoka (岐阜大・流域圏センター)

Global warming has the potential to increase soil respiration as one of the major fluxes in the global carbon cycle. However, more experimental studies are required in various forest ecosystems in order to quantify and understand the global warming effect on belowground carbon cycles. Therefore, this study was conducted to investigate the response of soil respiration to experimental soil warming in a cool-temperate deciduous broadleaved forest dominated by *Quercus crispula* in Takayama (TKY, 36°08'N, 137°25'E, 1,420 m a.s.l.). To investigate warming the effect on soil respiration, we established experimental soil warming system in November 2011 with heating cables at the 5 cm soil depth and started warming up soil temperature by 3°C from May 7, 2012. In both control and warmed plots, monthly measurements of soil respiration were made by portable IRGA CO₂ sensors (GMP343, Vaisala CARBOCAP, Finland) during growing season, and simultaneously, continuous measurements of soil respiration were conducted by two automatic CO₂ measurement systems (Li-8100, Licor Inc., USA).

The soil warming treatment enhanced average daily mean soil temperatures by 2.8°C (Fig. 1a) and decreased average daily mean soil moisture contents by 6.4%. Soil warming tended to increase or decrease soil respiration partially (Fig. 1b). Soil warming increased the soil respiration by 11.5% over the growing season (from May 7 to November 9) and by 0.8 t C ha⁻¹ yr⁻¹ considering annual mean soil respiration rate (7.3 t C ha⁻¹ yr⁻¹) reported by previous study. The Q₁₀ values as temperature sensitivity of soil respiration were 3.21 in control plot and 2.23 in warmed plot. This preliminary study demonstrated that experimental warming significantly increased soil respiration in a cool-temperate forest ecosystem. Differently derived Q₁₀ values will be used to model and predict future carbon budget in cool-temperate forest in Japan. Long-term responses of soil warming on soil respiration as well as autotrophic and heterotrophic respiration will be revealed by further monitoring.

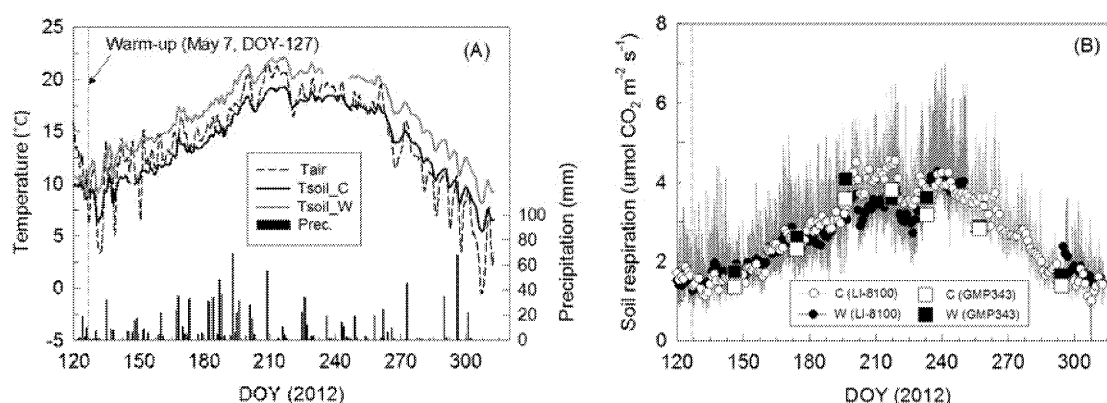


Figure 1. (a) Seasonal patterns of daily mean air and soil temperature (°C) and precipitation (mm) and (b) soil respiration ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) measured using portable CO₂ sensors and automatic measurement systems in control and warmed plot of a cool-temperate deciduous broadleaved forest (TKY). Circles and squares in figure b indicate the daily mean values of soil respiration rates. Vertical bars indicate the errors of means (n=3). Soil warming-up started on May 7, 2012.

カラマツ人工林の間伐による土壌呼吸量及び炭素収支の短期的変化

○風戸恵津子¹(筑波大・生命環境科学)、東照雄¹、茂木もも子¹、原田徹¹、田村憲司¹、上條隆志¹

【背景・目的】

地球温暖化の対策として京都議定書が1997年12月に制定され、日本では二酸化炭素を基準年(1990年)比の6%削減する目標が立てられている。この達成に向けて、二酸化炭素の森林による吸収促進のため2007年からの6年間で330万haの間伐の実施が目標とされている。しかしながら、既存研究では地温の上昇に伴う土壌呼吸量の増加が確認されており、間伐を行った際の急激な林内環境の変化によって森林が炭素吸収源ではなく炭素放出源となることが懸念されている。そこで、本研究では日本の冷温帯の代表樹種であるカラマツ林において、間伐施業直後の土壌呼吸をはじめとする炭素収支の変化を明らかにすることを目的とした。

【方法】

長野県に位置する筑波大学川上演習林の40年生カラマツ林(立木個体数129本、林床植生はミヤコザサ)を研究対象地とした。2011年9月に斜面上部(20×35m)にて間伐を実施した(材積間伐率35%)。調査区内の10地点(間伐区、非間伐区それぞれ5地点)を選定し、ACEステーション(Bioscientific, co. LTD)を用いて5分間の土壌呼吸量と土壌温度の測定を2009年11月より行った。また、同地点におんどとりjrを埋設し、1時間ごとの地温データを測定した。2009年、2011年にカラマツの毎木調査を行い、炭素固定量を算出した。

【結果と考察】

森林の炭素収支は、土壌呼吸を炭素放出フラックス、カラマツ・ミヤコザサによる固定を炭素吸収フラックスとして、その差から求めることができる。

本調査地でも既存研究と同様に、呼吸量が地温と正の相関を持ち、以下の式で表された。

$$SR = A \exp(BT)$$

SR: 土壌呼吸量($\text{mgCO}_2/\text{m}^2/\text{hour}$)

A, B: 定数 T: 地温($^{\circ}\text{C}$)

間伐前の年間の土壌呼吸量を2009年11月～2010年10月を間伐2年前、2010年11月～2011年10月を間伐1年前として計算すると、それ

ぞれ3.67～4.84t-C/ha/year, 3.17～4.14t-C/ha/yearとなった。一方、カラマツによる固定は毎木調査の結果から1.45～1.5t-C/ha/year、ミヤコザサによる固定は西村の実験(1999)より1.18t-C/ha/yearであり、間伐前の炭素収支は、間伐2年前で-2.04～-1.00t-C/ha/year、間伐1年前で-1.36～-0.72t-C/ha/yearと計算された。

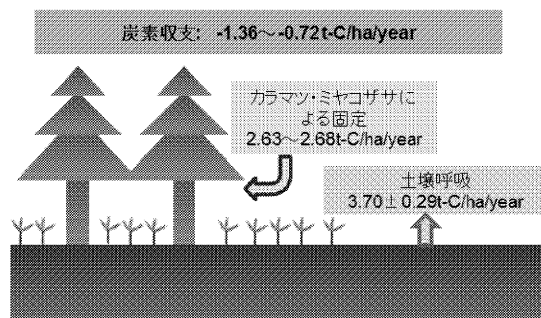
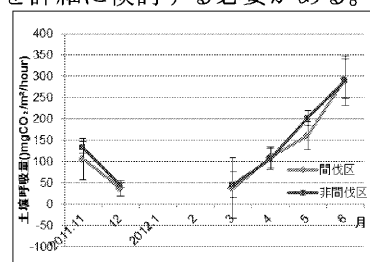
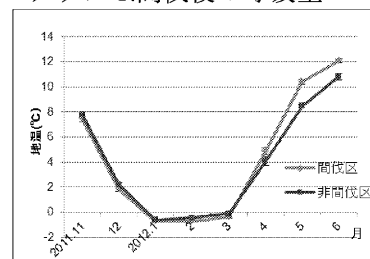


図1: 間伐1年前の炭素収支

間伐後、間伐区と非間伐区を比較した場合、土壌呼吸量には現在までのところ有意な差は認められなかった。一方、地温では5月、6月の測定で間伐区のほうが非間伐区と比較して高くなった($p < 0.05$)。これはカラマツの出葉による光環境の差異が表れたためと考えられる。土壌呼吸量に及ぼす間伐の短期的影響については、今後得られる夏期のデータなどを詳細に検討する必要がある。



グラフ1: 間伐後の呼吸量



グラフ2: 間伐後の地温

白山山麓・大白川ブナ原生林における森林動態

大塚俊之・飯村康夫・馬倩・Vilane Suchewaboripont・吉竹晋平(岐阜大学流域圏科学研究センター)・加藤正吾・小見山章(岐阜大学・応用生物科学部)

白山山麓に位置する岐阜県大野郡白川村大白川流域には、ブナ・ミズナラを中心とする冷温帯性落葉広葉樹林が広く分布している。白山は最近では 16 世紀中頃の噴火が知られ(日本火山総覧)、土壌断面の深さ約 30-50 cm に明確な火山灰層が存在した。この地域は 20 世紀末にダム建設が行われるまでは、ほぼ人手が入っていないと言われ、最大直径が 2 m を超えるミズナラが散在することから、火山噴火後に成立した樹齢 300-400 年程度の原生林であろう。小見山らは、1995 年にこの地域の標高 1,330 m 地点に 1 ha の方形区を設置して植生調査を行った。その結果、直径 5 cm 以上の基底面積(BA)はトータルで $43.8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ に達する成熟林であり、ブナが $20.0 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ 、ミズナラが $19.4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ と、この二種で BA の 90% を占めていた(加藤・小見山 1999)。本研究では、この方形区を 16 年後の 2011 年に再生して毎木調査を行う事により、特にブナとミズナラの動態について解析した。2011 年に引き続き 2012 年秋の調査の結果、直径 5 cm 以上の BA は $43.2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ で 1995 年に比べてわずかに減少した。ブナの BA は $22.7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ であり 17 年間で着実に増加したが、ミズナラの BA は $15.7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ と大きく減少した。1995 年時点で林冠構成個体はブナが 76 本(平均 DBH 50 cm)、ミズナラが 18 本(平均 DBH 111 cm)、その他が 4 本であった(図 1)。17 年間で、ブナの林冠木は 2 本枯死する一方ギャップ内に新たな個体が加入したが、ミズナラは大径木 5 本が枯死して個体数が減少した(図 1)。また、ブナは極相種に典型的な逆 J 字型直径階分布を持つが、ミズナラは巨大な林冠木以外の個体はほとんど存在しなかった。豪雪地帯であるこのサイトでは、噴火後の一次遷移に伴って現段階ではミズナラ・ブナ混交林からブナ純林に移行する過程にあると考えられる。一方で、長寿命で最大サイズが大きくなるミズナラは一度侵入すると数百年間に渡って存在できることから、大規模な攪乱依存的に更新してブナと共存していると考えられる事もある。

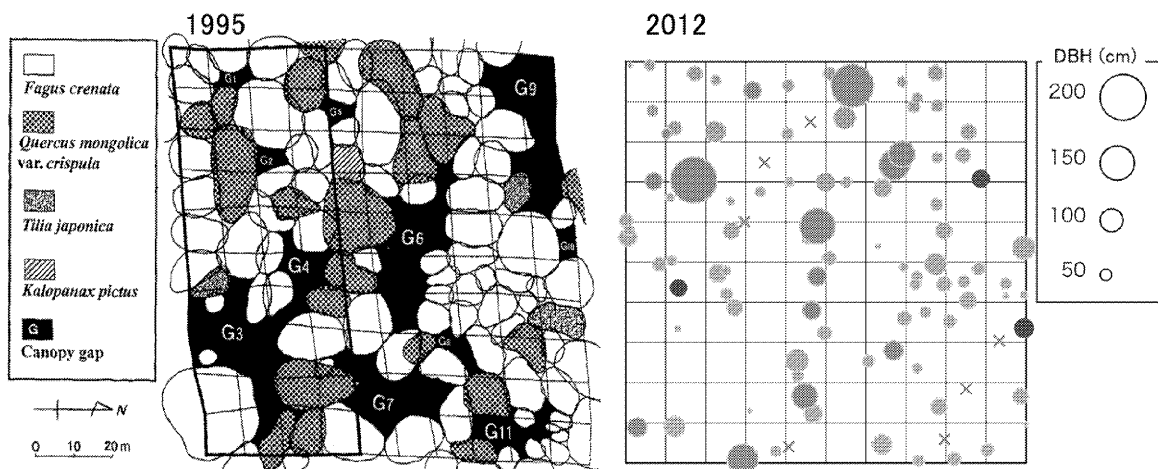


図 1. 1995 年の林冠木の樹幹投影図と、2012 年の林冠木の位置図。2012 年の位置図は、林冠木の直径に比例した円で示されており、×は 1995 年からの枯死個体を示す。両者の方形区は、完全には一致しなかったため、1995 年に枠内にあった個体の一部は 2012 年では枠外になっている。

中部山岳地域における土壤炭素動態研究 カヤノ平ブナ成熟林の場合

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

・ 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)。そのため成熟林（極相林）は炭素吸収の面で評価対象外となっている (IPCC 2007)。しかし近年の研究では、樹齢が 300 年を超えるような成熟林生態系でも、炭素を吸収するといった報告が相次いでおり (Luyssaert et al. 2008; Lewis et al. 2009)、成熟林生態系が炭素のソースとなるのか、あるいはシンクとなるのかは現在も論争中である。実際の成熟林はギャップや比較的若い森林、典型的な成熟林といった生育段階の異なる構造がモザイク上に混在するなど極めて複雑である。したがって、成熟林の正確なバイオマス増加量の把握にはこのような森林構造の空間的な不均一性を考慮する必要があるだろう。また、成熟林が持つ森林構造の不均一性は炭素収支に深く関与する土壤炭素の分解や蓄積（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おらず、ブラックボックスとってよい。本研究ではカヤノ平ブナ成熟林を対象に、地上部森林構造の違い、特にギャップや典型的成熟林が土壤炭素動態に及ぼす影響について土壤炭素の量および質の面から解析した。

・ 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 1ha のブナ成熟林サイト（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。調査地を 20 m×20 m プロットに 25 分画し、各プロットの 2010 年における植生概況（Basal area）から、典型的なギャップ区 (n=3) および成熟林区 (n=7) を推定し調査区として設定した。リターフォール量（2005 年～2011 年）はリタートラップ法から推定した。なお、2005～2009 年のデータは環境省のモニタリング 1000 データベースを利用した。土壤試料（0-10 cm）は各調査区において 5 地点から 2010 年 6 月にランダムに採取し、それらを合わせたものを用いた。各調査区の土壤炭素量は CN アナライザー、土壤炭素の質は既報の ^{13}C 核磁気共鳴 (NMR) スペクトルから算出された各種官能基炭素割合と黒色度 (A_{600}/C) の関係式 (Ikeya et al., 2004) を用いて推定した。

・ 結果および考察

リターフォール量は fine（葉）と coarse（葉以外）で傾向が異なり、特に fine は成熟林区で常に多い傾向が認められた。土壤炭素量は成熟林区で有意に高い結果を示した。また、CN 比も成熟林区で有意に高い結果が示された。土壤炭素の質は成熟林区で芳香族炭素割合やカルボニル炭素割合が有意に高い結果が示された。さらに、成熟林区の土壤炭素は脂肪族炭素：炭水化物炭素比が有意に低い結果を示したことから、リター起源の炭水化物炭素がより多く残存していることが示唆された。以上より、典型的な成熟林構造を地上部に有する場所ではギャップ構造を有する場所と比べ、地上部からのリター供給量（特に葉）が多く、直下の土壤中に芳香族炭素や炭水化物炭素として残存しやすい特徴が認められた。

Seasonal Variation of Soil Respiration in Old-Growth Forest at Oshirakawa

Vilanee Suchewaboripont, Yasuo Iimura, Ma Qian, Shinpei Yoshitake, Toshiyuki Ohtsuka (River basin research center, Gifu university), Seigo Kato, Akira Komiyama (Applied biology, Gifu university)

Introduction

Soil respiration is a major component of carbon efflux from the forest to the atmosphere. Some studies of soil respiration in old-growth forest reported that varied and seasonal soil respiration mainly depends upon the environmental factors, such as soil temperature and soil water content. Due to no information of soil respiration in old-growth forest at Oshirakawa, this work aims to study the seasonal soil respiration using soda-lime method in old-growth forest at Oshirakawa. Total soil CO₂ efflux during growing season was calculated and evaluated.

Study Site and Methodology

The study plot was located in more than 300-year-old beech forest at Oshirakawa, Gifu. A plot of sized 100x100 m² was dominated by *Fagus crenata* and *Quercus mongolica* var. *crispula*. The understory was crowned by dwarf bamboo (*Sasa kurilensis*).

The soil respiration was observed using soda lime technique every month during the growing season (June 2012 to November 2012). Soil temperature was measured at a 1-cm and 5-cm soil depth near the chamber. Soil respiration rate was calculated from the gain weight and duration of exposure with the equation proposed by Keith and Wong (2006). The regression model of the soil CO₂ efflux was fitted to the soil temperature to estimate total soil CO₂ efflux from soil respiration in growing season. Q₁₀ was also calculated.

Result and discussion

The highest rate of soil respiration was found in August (2.5576±0.9158 g C m⁻² d⁻¹). Although the daily soil temperature in September was the highest, the soil CO₂ efflux was lower than that in August due to the limiting activity by daily soil water content (Figure 1). Soil CO₂ efflux from soil respiration was significantly fitted to the daily soil temperature at 1-cm soil depth in the exponential regression ($y=0.5566e^{0.0513T}$, $R^2=0.2569$, $p<0.01$; figure 2). Total soil CO₂ efflux during growing season was 201.95 g C m⁻² and Q₁₀ was 1.67 which was lower than that in temperate deciduous broad-leaved forest at Takayama, Gifu.

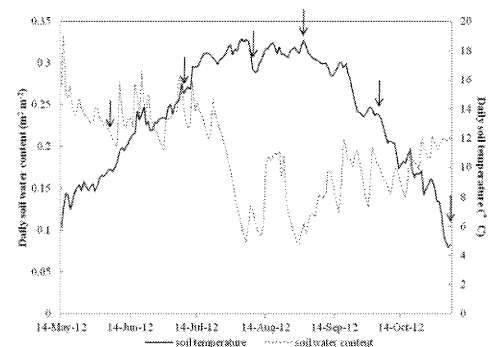


Figure 1 Daily soil temperature and daily soil water content during the experiment.

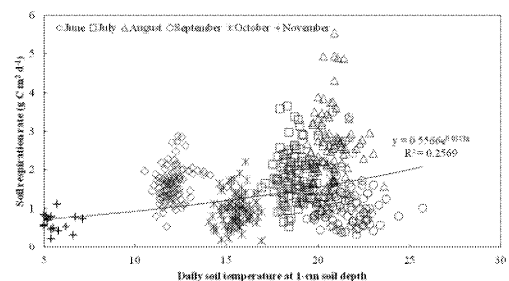


Figure 2 The exponential regression between soil CO₂ efflux from soil respiration and daily soil temperature at 1-cm soil depth.

Leaching of DOC from different cover in old-growth forest at Oshirakawa

馬情（岐大・流圏センター）・飯村康夫・Vilanee Suchewaboripont・吉竹晋平・大塚俊之（岐大・流圏センター）・加藤正吾・小見山章（岐大・応用生物）

Introduction

Coarse woody debris (CWD) is a significant component of forest ecosystems, often accounting for 7% to 20% of the total forest carbon(C) in mature forests (Harmon et al., 1990; Delaney et al., 1998; Alberti et al., 2008). It affects soil cycling through the dissolution of organic C (Spears et al., 2003; Hafner and Groffman, 2005). Accurate estimates of CWD quantity and quality is crucial for the assessment of the multiple functions of CWD in forest ecosystems. DOC's crucial function in the belowground carbon cycle is also being recognized (Jandl and Sollins, 1997 ; Moore, 1997). Numerous studies have shown that the largest increase in the flux of DOM occurs when percolating water passes through the forest floor (McDowell and Likens, 1988; Qualls et al., 1991;Currie et al., 1996;Michalzik et al., 2001).This research is to estimate CWD quantity and quality and explore whether leaching DOC from CWD may strongly effect the soil carbon sequestration.

Materials and Methods

Experiments were carried out in old-growth deciduous broad-leaved forest at Oshirakawa, Gifu, Japan (36°9'N,136°49'E,1330m a.s.l.). It was more 300 years old forest and the vegetation was dominated by *Fagus crenata* and *Quercus mongolica* var.*crispula*. We measured the length plus two diameters of each piece of CWD in 1ha plot, distributed it for different decay classes from I to IV under visible conditions, and mapped them. Soil solution was collected using a tension-free lysimeter in three replicates under the several CWD and litter floors, respectively, beneath 0 and 25 cm depths. Throughfall was collected using a precipitation collector in twelve replicates. Samples were collected once per month. The concentrations of DOC were determined using a TOC analyzer.

Results

CWD was estimated for 30.3 Mg C ha⁻¹, distributed in 355 pieces with a total volume of 75.8 m³ ha⁻¹.The area covered of CWD was 602.5 m² ha⁻¹. CWD decay class is almost in classIII and classIV (Fig.1). The leaching DOC concentration which under CWD decay classIV layer is higher than under litters and CWD decay class II layers (Table 1). So the DOC concentration is not only depend on the forest floor but also depend on the CWD decay class.

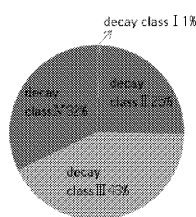


Fig.1 The ratio of different decay class

Table1 The concentration of DOC in different soil depths from different forest floor

Soil depth (cm)	CWD decay class II C concentration (ppm)	LitterC concentration (ppm)	CWD decay classIV C concentration (ppm)	LitterC concentration (ppm)
0cm	28.3	40.2	68.8±10.5	45.6±1.1
25cm	13.9±1.2	19.9±6.7	28.0±5.5	28.7±10.1

草原の管理手法の違いで植物の芽生えから定着はどのように異なるか？

—散布種子と栄養体からの芽生えに着目した調査—

市川美沙紀（筑波大・生物学類），鈴木亮（筑波大・菅平セ），廣田充（筑波大・生命環境系）

【背景・目的】

日本で草原を維持するには定期的な刈り取りや火入れなど、人による管理が必要である。管理にはいくつかの手法があるが、いずれの管理も土壌水分、光条件、栄養状態などの劇的な変化（攪乱）を引き起こす。その結果、植物の出現種、個体数、成長量が変化し、草原が維持されると考えられている。植生の成立プロセスには芽生え・成長・定着という段階があり、段階ごとに攪乱の影響の受けやすさが異なる可能性がある。管理手法の違いによって植生が変化するという知見はあるものの、最も脆弱でかつ重要な定着までのプロセスに管理手法の違いがどのような影響を与えるかを明らかにしたものは少ない。

そこで本研究では、芽生えから定着までの段階に焦点をあて、管理手法の違いが植生を変えるメカニズムを理解することを目的とした。特に成長段階の中でも、管理の影響を受けやすいと考えられる芽生え期に着目した。

【調査地と方法】

調査地として、菅平高原実験センター内の半自然草地を用いた。ここでは2010年に刈草残置、火入れ、耕起の3種の管理区を設け、その後一切管理を行っていない。近接する対照区では、年1回秋に地上部植生の刈取りと運び出しを行っている。本研究では2012年5月から以下の調査を行った。

- ・芽生えの由来…5月、9月：植物体を引き抜き、種子由来か栄養体由来かの判定
- ・植生の追跡…5月～9月：各月、20 cm×20 cmのコドラート内の植物種と個体数の追跡調査
- ・散布種子…6月～11月：各月、シードトラップを設置し、地表に散布された種子を回収

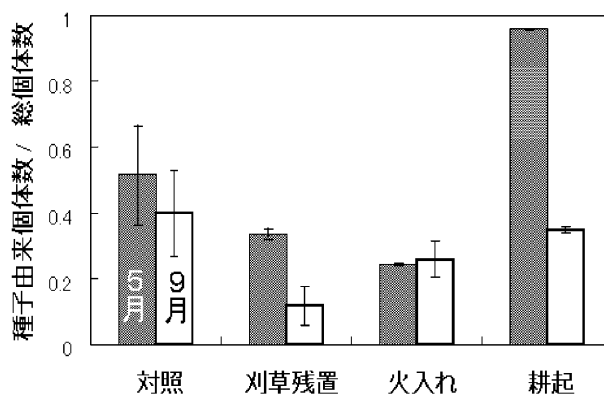
植物種ごとの種子数の調査

- ・土壌表層水分含有率、硬度・土壌三相
- ・土壌CN比、代表的な種（ススキ・ワラビ・ヨモギ・ヤマハギ）の葉のCN比

【結果】

右図に5月と9月の芽生え由来調査の結果を示す。対照区と比較すると5月の耕起では種子由来個体の割合が増え、刈草残置と火入れでは減った。一方9月には全ての管理区が対照区よりも種子由来個体の割合が少なくなることが明らかになった。

今後は散布種子結果や追跡植生調査の結果と合わせた段階ごとの違いを明らかにしていく。



木造住宅に使用される越後スギのライフサイクルアセスメント調査

その1 市場を通らない流通経路の場合

○櫻庭瞳(信州大・理工学系研究科), 高村秀紀(信州大・山岳科学総合研究科・准教授), 浅野良晴(信州大・山岳科学総合研究科・教授), 井戸結貴(信州大・工学系研究科), 渡辺公太(信州大・工学系研究科), 上田智輝(信州大・工学部)

1. はじめに

地場産材の環境負荷は明らかとなっていないため、定量化することを目的として、本研究では越後スギの製材を対象としたライフサイクルアセスメント調査を行う。地場産材の環境負荷は、地域や樹種、乾燥方法によって大きく異なるため、いくつかの事例について調査する必要がある。本報では、図1に示すように市場を通らない流通経路において原木の伐採から製材の製造までを調査範囲とした。さらに、新潟県内の製材工場等を対象として端材の利活用状況についてアンケート調査を行い、建築用材として適切な越後スギのカーボンバランスを算出した。

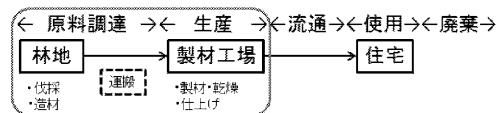


図1 調査範囲

2. 伐採工程における調査

調査は関川村の林地で行った。玉切りされた2本の原木の重量、末口と元口の直径、長さを計測し、伐採時の歩留まりを算出した。また年間の出荷量と伐採時の燃料消費量について聞き取り調査を行った。そして、林地における伐採時の出荷材積量当りの燃料消費量を算出した。結果を表1及び表2に示す。

表1 各工程における燃料消費量

工程	伐採	運搬	製材
電気使用量	kWh/m ³	-	253.3
ガソリン消費量	L/m ³	0.8	-
軽油消費量	L/m ³	8.3	6.3
灯油消費量	L/m ³	-	0.9
輸送トンキロ	ton・km	56.4	-

表2 各工程における歩留まりと製材1m³を得るために必要となる材積量

	枝払い	造材	製材	乾燥	仕上げ	総歩留り
重量歩留り	0.91	0.87	0.40	0.66	0.79	0.16
材積量歩留り	-	0.89	0.47	0.96	0.76	0.31
製材1m ³ を得るために必要となる材積量(m ³)	-	3.27	2.90	1.36	1.32	1.00

3. 製材工程における調査

調査は加茂市の製材工場で行った。製材前の丸太の重量、直径、長さ及び木材の重量、厚さ、巾、長さを計測し、皮剥、製材、乾燥、仕上げにおける歩留まりを算出した。また製材工場の年間の建築用材の出荷材積量と燃料消費量について聞き取り調査を行った。そして製材工場における出荷材積量当りの燃料消費量を算出した。結果を表1及び表2に示す。

4. 伐採工程から製材工程におけるCO₂排出量

製材1m³を得るための各工程における木材の重量・材積量を把握し、燃料ごとのCO₂排出量原単位²⁾³⁾を用いて各工程におけるCO₂排出量を算出した。また運搬工程においてはウッドマイルズ関連指標算出マニュアル¹⁾によりCO₂排出量を算出した。伐採工程では68.4 kg-CO₂/m³、運搬工程では40.9 kg-CO₂/m³、製材工程では137.1 kg-CO₂/m³となり、合計246.4 kg-CO₂/m³となった。

5. カーボンバランスの算出

木材のCO₂固定量をプラス、CO₂排出量をマイナスとして差引するカーボンバランスを算出した。結果を表3に示す。その際、建築用材として適切に評価するため、県内製材工場における端材の発生量及び利活用状況のアンケート調査を行った。結果、端材の98%が他産業で再利用され、2%は焼却処分されていた。これを考慮し、建築用材が負担すべき生産工程におけるCO₂排出量を算出すると215.4 kg-CO₂/m³となり、カーボンバランスは444.6 kg-CO₂/m³となった。

表3 カーボンバランス

項目	排出量・固定量 (kg-CO ₂ /m ³)
製材品のCO ₂ 固定量	660.0
越後スギのCO ₂ 固定量	660.0
燃料によるCO ₂ 排出量	
林地	-28.7
輸送	-17.3
製材工場	-58.0
端材によるCO ₂ 放出量	
林地	-103.3
製材工場	-8.1
CO ₂ 排出量合計	-215.4
カーボンバランス	444.6

参考文献 1)算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧、環境省 2)東北電力 HP <http://www.tohoku-epco.co.jp> 3)ウッドマイルズ関連指標算出マニュアル Ver.2008-01、ウッドマイルズ研究会

木造住宅に使用される越後スギのライフサイクルアセスメント調査 その2 市場を通る流通経路の場合

○上田智輝(信州大・工学部)、高村秀紀(信州大・山岳科学総合研究科・准教授)、浅野良晴(信州大・山岳科学総合研究所・教授)、櫻庭瞳(信州大・理工学系研究科)

1. はじめに

前報では市場を通らない事例の調査を行った。本報では事例を増やすことを目的として市場を通る事例の調査を行う。

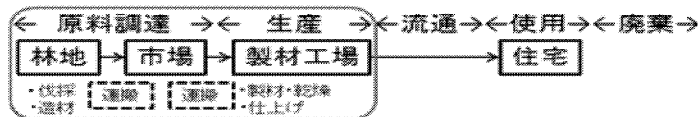


図1 調査範囲

2. 伐採工程における調査

調査は関川村の林地で前報と同様に行った。

3. 市場における調査

調査は新潟市の原木市場で行った。取り扱い材積量及び燃料消費量の聞き取り調査を行い、取り扱い材積量当りの燃料消費量を算出した。

なお本来の流通経路では村松木材共販市場を通るが、データを得ることができなかった為、新潟木材共販市場のデータを使用した。その結果本来の流通経路より運搬距離が27.7km長くなった。

4. 製材工場における調査

調査は加茂市の製材工場で前報と同様に行った。

5. 原料調達段階から生産段階までにおけるCO₂排出量

各工程で製材1m³を得るのに必要となる木材の重量・材積量を把握し、出荷材積量当りの燃料消費量、さらに各燃料のCO₂排出量

表2 各工程における歩留まりと製材1m³を得るために必要となる材積量

工程	林地	運搬	市場	運搬	製材工場
電気消費量 kWh/m ³	—	—	1.23	—	253.3
ガソリン消費量 L/m ³	0.8	—	—	—	—
軽油消費量 L/m ³	8.3	—	1.13	—	6.3
灯油消費量 L/m ³	—	—	—	—	0.9
輸送トンキロ ton・km	—	39.4	—	19.6	—

量原単位を用いて各工程におけるCO₂排出量を算出した。またにウッドマイルズ関連指標算出マニュアルにより運搬工程のCO₂排出量を算出した。伐採工程では68.4kg-CO₂/m³、運搬工程では66.8kg-CO₂/m³市場では10.1kg-CO₂/m³、製材工程では137.1kg-CO₂/m³となり、合計262.3kg-CO₂/m³となった。

6. カーボンバランスの算出

前報と同様に、カーボンバランスを算出した。結果を表3に示す。

7. 前報の結果との比較

市場を通る流通経路の場合と市場を通らない流通経路の場合でのCO₂排出量の結果の比較を行った。その結果運搬距離が長くなったことで、CO₂排出量に差が生じた。

表3 カーボンバランス

項目	排出量・固定量 (kg-CO ₂ /m ³)
製材品の炭素固定量	
越後スギのCO ₂ 固定量	660.0
燃料による二酸化炭素排出量	
林地	-28.7
輸送	-12.1
原木市場	-4.3
輸送	-6.0
製材工場	-58.0
端材による二酸化炭素放出量	
林地	-103.3
製材工場	-8.1
CO ₂ 排出量合計	-220.5
カーボンバランス	439.5

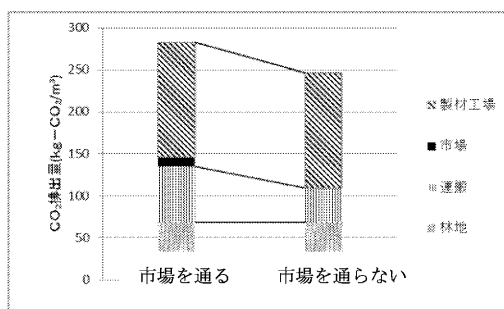


図2 CO₂排出量の比較

菅平高原での温暖化実験：雪解けと温度の効果

○鈴木亮, 金井隆治, 正木大祐 (筑波大・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、植物の生育期間に変化をもたらす、降雪地帯の自然植生に重大な影響を与える。しかし、雪解けの早期化の影響を調べた先行研究は少ない。温暖化の影響を実験的に検証する方法として、オープントップチャンバー（OTC）を用いた温暖化実験が数多く実施されている。しかし、OTCは、気温の上昇と雪解けの早期化を同時に引き起こすため、どちらの効果がより重要なのか評価することが難しい問題がある。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、気温上昇と雪解け早期化それぞれの効果を検出する野外温暖化実験を実施した。

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1226mm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1m x 1mの温暖化実験区、対照区、除雪区を各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。除雪区は、温暖化区内の雪がすべて解けた日と同時に、人為的に雪を除去した。対照区は、温暖化も除雪も行わない自然の状態に保った。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。

予測：種数、被度、バイオマスなど測定項目の値が、他の2処理区とくらべて温暖化区だけあるいは除雪区だけが異なっていれば、温度の効果が重要といえる。一方、対照区だけが異なれば、雪どけの効果が重要といえる。3処理がそれぞれ異なっていれば、気温と温度の相互作用効果が重要といえる。

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、根雪期間中の積雪深は平均30cm低く、実験区内の全ての雪が解けた日は、27日早かった。種数と植被度は、温暖化区が常に高かった。一方、除雪区は対照区より27日早く雪を除去したにもかかわらず、種数と植被度は、両区ではほぼ同じ値で推移した。最終的なバイオマスは温暖化区、対照区、除雪区の順に高かった。また、出現種の中の外来種の割合を比較すると、意外にも対照区が最も高く、除雪区が最も低かった。さらに、除雪区は在来種の種数が最も高く、除雪区だけに出現した在来種の種数も高かった。

考察：本研究の結果は、菅平高原の草原植生の発達には、雪解けよりも雪解け時の気温の効果が大きい可能性が示唆された。除雪区のように早期に雪がなくなっても、低温の外気温にさらされると植物はほとんど生長することが出来ない。さらに、低温状況は、外来種の定着を阻害し在来種の出現を促進する可能性もある。一方、温暖化による雪解けの早期化は、雪解け時の外気温が暖かいため、在来植生の維持が期待できない。

冷温帯成熟林における空間的不均一性に着目した土壌呼吸

西村貴皓(筑波大・生物学類), 飯村康夫(岐阜大・流域圏), 井田秀行(信州大・教育)
廣田充(筑波大・生命環境系)

【背景と目的】

遷移の最後に形成される成熟林は、CO₂の吸収源ではないと考えられている (IPCC 2007)。しかし近年、成熟林も依然としてCO₂の吸収源であるという報告が相次いでおり (Luyssaert et al. 2008)、その真偽を確認すべく成熟林での炭素循環研究が注目を浴びつつある。

成熟林においては、大径木が倒れてできたギャップや更新区が混在している。そのため同一林内においても環境が大きく異なり炭素循環も林内で大きく異なる可能性がある。実際に、炭素循環の中で重要な要素である土壌呼吸をブナ成熟林で測定した先行研究において、同一林内における土壌呼吸の不均一性が極めて大きいことが報告されている (廣田ら, 2010)。しかしながら、土壌呼吸の不均一性を生む要因について明らかにされておらず、成熟林における土壌呼吸、さらには土壌呼吸を含む炭素循環の不均一性の実態とその要因の解明には至っていない。そこで、私は成熟林に顕著な植生のギャップ-モザイク構造に注目した炭素循環の不均一性の解明を目的とした。そして炭素循環を特徴付ける土壌呼吸の不均一性とその要因解明を目的として研究を開始した。土壌呼吸とは、植物体地下部の呼吸と土壌中の従属栄養生物の呼吸を合計したものであり、森林生態系からのCO₂放出量の約半分を占めるとされる重要なCO₂フラックスである。

【方法】

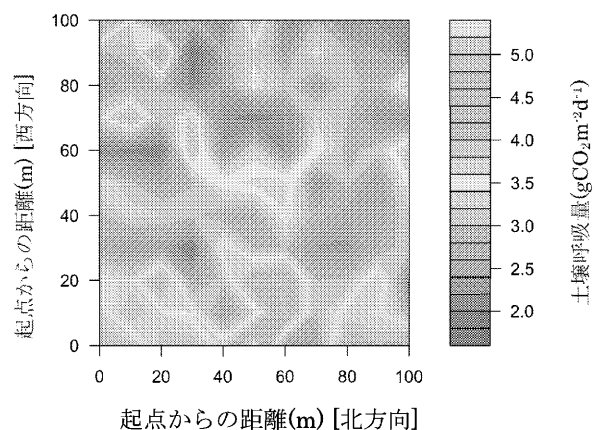
調査は長野県志賀高原カヤノ平で行なった。調査地の森林はブナ (*Fagus crenata*) が優占する成熟林であり、林内には大径木が倒れたことで林冠の空いたギャップと呼ばれる構造など点状に存在している。この林内に既に設置してある固定調査区 (100 m 四方, 1ha) を対象として、密閉できる直径約30 cmの円筒を10 m間隔に格子状に計121個設置し、土壌呼吸速度の多点同時測定を行なった。土壌呼吸の測定法はソーダライムを用いたアルカリ吸収法を用いた (木部&鞠子 2004)。調査は7月から10月まで毎月1回の頻度で行った。土壌呼吸速度の測定と同時に、土壌微環境の不均一性も調べるため土壌温度と土壌含水率の測定も行なった。

【結果と考察】

測定の結果、植物の成長期間での121地点の土壌呼吸速度の平均は3.09 gCO₂m⁻²d⁻¹、測定値からは正規分布に近い頻度分布が得られた。下図は、調査地内の土壌呼吸速度の空間的なばらつきを示している。また、地点毎に7月と8月に得られた呼吸量を比較したところ、有意な関係が見られた。このことから、地点毎に土壌呼吸速度の大小が特徴づけられていると考えられる。

土壌呼吸速度と各地点の土壌微環境の関係であるが、土壌温度 (地表, 地表下 5 cm)、土壌含水率ともに、回帰分析により有意な関係は示されなかった。

地点毎の土壌呼吸速度の特徴は植生や光環境、土壌の組成などとの関係が考えられるため、それらの要素の不均一性との比較を検討中である。



調査地内の土壌呼吸の空間的不均一性

根内共生菌の増加に伴いレンゲツツジの光合成速度は高まる —根子岳の標高傾度に伴う変化—

○高橋 宏瑛(筑波大・生物科学専攻)、広瀬 大(日大・薬学部)、廣田 充(筑波大・生命環境系)

【背景および目的】

陸上植物の 85–90%には菌根菌が感染し、植物と菌根菌は互いに資源を供給する等の共生関係を持つ。植物側からの視点でみると、植物は菌根菌の様々な影響を受けていると考えられており、環境ストレス下における植物の生理機能は、菌根菌によって高められるといった報告がある。しかし、これまでの知見の多くは室内での実験結果に基づいており、野外環境で検証した例はほとんどない。実際の野外環境における植物の生理機能に及ぼす菌根菌の影響検証は、変化が激しい生態系において植物が菌根菌と共生している理由を理解するために重要である。そこで本研究では、低温等の厳しい環境ストレスがかかる高山を調査地とし、実際の野外環境で菌根菌が宿主植物の生理機能に与える影響を検証することを目的とした。本研究ではツツジ科植物の光合成特性と、ツツジ科植物の細根 (hair root) に感染する菌根菌を含む根内共生菌の感染率に焦点を当て、(1) 標高傾度に伴う光合成特性と根内共生菌感染率の変化の調査、(2) 光合成特性と根内共生菌感染率との関係性の検証を行った。

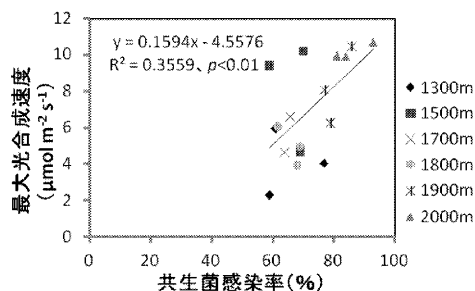


【調査地と調査対象および方法】

菅平高原 (平均気温 6.4℃、降水量 1219.2mm) の中央に位置する根子岳 (標高 2207m) 山麓に分布するツツジ科植物のレンゲツツジ (*Rhododendron japonicum*; 写真) および根内共生菌を調査対象とした。2012 年 7 月に携帯型光合成蒸散測定装置 LCPPro+ (ADC BioScientific 社製) を用い、1300m から 2000m の 6 つの標高でレンゲツツジの光合成速度、蒸散速度、気孔コンダクタンスを測定した。また、同年 8 月に各標高のレンゲツツジの根を採取した後、hair root を選別した。hair root は 0.03% クロラゾールブラックで染色し、位相差顕微鏡で根内共生菌が感染した根の断片数を数えた。その後、「感染率 = (感染を確認した断片数 / 観察した 100 断片) × 100」の式から根内共生菌の感染率を算出した。

【結果および考察】

最大光合成速度は 1900m と 2000m で特に高く、顕著に高かった 1500m 地点のデータを除くと、標高が高くなるにつれ最大光合成速度は高くなる傾向がみられた。同様に、根内共生菌による感染率も標高が高くなるにつれ増加し、1900m と 2000m は他標高よりも有意に高いことが明らかになった。最大光合成速度と感染率の関係性を調べたところ、両者の間には有意な相関関係が確認された(上図)。これらの正の相関関係がみられた理由は明らかにできなかったが、根内共生菌の感染率増加によって、植物側への窒素供給量が増え、光合成能力が高くなった可能性がある。今回の結果から、特に高標高のレンゲツツジは、根内共生菌による窒素供給の恩恵を受け、その結果、葉の窒素濃度に依存する光合成能力が増加した可能性が示唆された。



中部山岳全域におけるティーバッグを用いた落葉分解活性の評価

○鈴木智之、井田秀行、小林元、高橋耕一（信州大学）、廣田充、鈴木亮（筑波大学）、
飯村康夫（岐阜大学）、広瀬大（日大）

気候変動に対して陸上生態系の土壌の炭素蓄積がどのように反応するかは、将来の二酸化炭素濃度変化とそれに伴う気候変動、気候と生態系の相互作用を理解する上で非常に重要である。リター層（落葉落枝）の分解は土壌の炭素循環の主要プロセスのひとつであるが、その気候変動に対する反応についてはいまだ議論が続いている。なぜならば、野外における土壌の有機物分解は、基質の質、温度、水分条件、土壌成分、土壌微生物群集の量・活性などが複雑に関係しており、室内実験や限られた地点における調査・実験から一般化し、その知見を広域に拡張して適用することが難しいためである。そこで、本研究では、既製品の茶のティーバッグを標準試料として用いて、広域的かつ多様な環境条件のもとでその分解率を調べた。これによって、土壌中の落葉分解速度の多地点比較および分解速度に与える環境要因の影響を検証する。

ティーバッグには Lipton 社製のルイボスティー（R）とグリーンティー（G）の 2 種類を用いた。なお、同じティーバッグを用いた実験が世界各地で行われている。西駒ヶ岳（標高 1400-2600m の 8 地点）、北八ヶ岳（1350-2400m の 6 地点）、乗鞍岳（1600-2800m の 5 地点）、根子岳（1600-2000m の 5 地点）、筑波大学菅平高原実験センター（異なる植生タイプに 4 地点）、信州大学構内演習林（3 地点）、演習林手良沢（2 地点）、筑波大学川上演習林（2 地点）、岐阜大学高山試験地（2 地点）、飯山周辺（計 3 地点）・大白川・カヤの平・牛伏寺のブナ林の計 46 地点に埋設した（図 1）。西駒 2600m 地点と菅平の草原では、それぞれオープントップチャンバーによる温暖化処理区でも行なった。各地点にティーバッグを各種類 6-10 個ずつ埋設した。ほとんどの地点で、地下 5cm の地温を記録した。2012 年 6 月上旬-7 月下旬に埋設し、90 日後に回収した。埋設前後の茶葉の重量変化から分解率（1-埋設後重量/埋設前重量）を求めた。

これまでの予備的な解析の結果（2012 年 11 月 12 日現在、一部サイトは未測定）、ティーバッグの分解率は、R より G で約 2 倍高かった。基本的に、高標高ほど分解率は低く、標高 1000m 上がるに連れ 7-10% 分解率が低下した（図 2）。しかし、標高の割に、分解率が異常に高かったり低かったりしたサイトもあった。基本的に、地温は標高と高い相関があったことから、地温以外の要因（土壌含水率、土壌 pH 等）が分解に大きく影響した可能性がある。

今後、土壌の化学特性やティーバッグ中の菌類相の分析を進め、中部山岳における落葉分解と環境要因の関係を明らかにしていく。

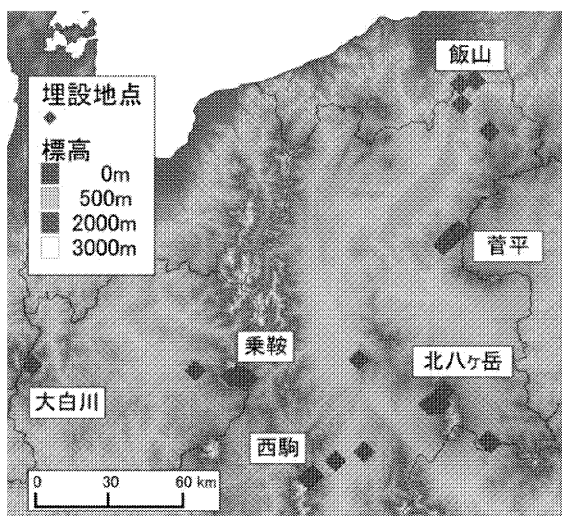


図 1 ティーバッグ埋設地点

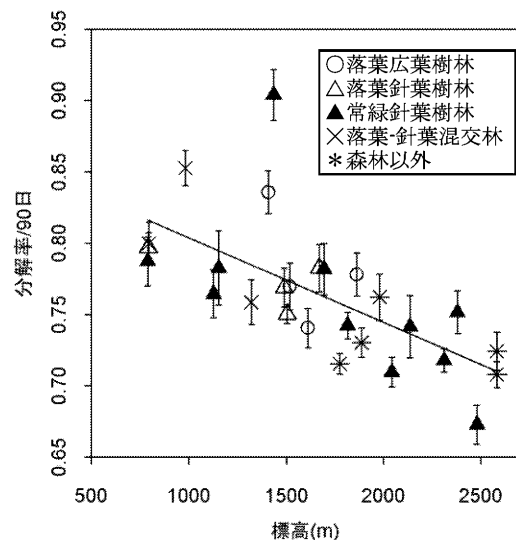


図 2 ティーバッグ（G）の分解率

中部山岳地域の3つの成熟林における炭素貯留の場としての 粗大有機物 (Coarse Woody Debris)

○廣田 充（筑波大・生命環境系）、早川 恵里奈（筑波大・生物科学専攻）、飯村 康夫（岐阜大・流圏セ）、大塚 俊之（岐阜大・流圏セ）、井田 秀行（信州大・教育）

森林生態系が有する様々な多面的機能の一つに、地球環境保全機能がある。特に、森林を構成する植物が光合成によって CO_2 を吸収し有機物として生態系内に貯め込むことで発揮される地球温暖化緩和機能は非常に大きく、その貨幣価値は1兆2千億円／年を超えると試算されている（日本学術会議答申「地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について」2001年）。

このような森林の地球温暖化緩和機能を明らかにすべく、様々な森林生態系における炭素循環が研究されてきた。これまでの研究によって、森林生態系の CO_2 吸収能力は、林齢が若い、あるいは陽樹で構成される森林で大きい一方で、林齢が進むにつれて、徐々にその能力は小さくなる傾向が知られている。最近になって、非常に古く十分に成熟した森林でも依然として CO_2 吸収能力があることが報告されているものの（Luyssaert et al. 2008）、一般的には成熟林に近づくほど CO_2 吸収能力は低くなる傾向にある（Peckham et al. 2012）。一方で炭素蓄積量は、若い森林よりも成熟した森林の方が大きい傾向にある（Wirth et al. 2009）。成熟した森林では、若い森林に比べて非常に大きな木が存在することから、これらが重要な炭素貯留の場となっている可能性が高い。さらに、大きな木が何らかの理由で枯死した際にできる粗大有機物（Coarse Woody Debris, CWD）も重要な炭素貯留の場になっている可能性がある。しかしながら、生木（いわゆる植物バイオマス）に比べて枯死木等の CWD に関する知見は乏しく、炭素蓄積における役割を正しく理解するには至っていない。そこで我々は、中部山岳地域で見られる様々な森林において、通常の植物バイオマスと合わせて CWD に関する調査を行っている。今回の発表では、タイプの異なる3つの成熟林（写真）における CWD 量やその腐朽段階や存在形態について発表する。



調査地の様子。左から大白川ブナ林（岐阜県）、カヤノ平ブナ林（長野県）、おたの申す亜高山帯林（長野県）

カラマツ人工林における切り捨て間伐木ならびに根株の炭素蓄積様式

○加藤朝陽(筑波大学生物資源学類)、上條隆志(筑波大学生命環境系)、清野達之(筑波大学生命環境系)、川田清和(筑波大学生命環境系)

1. 背景と目的

京都議定書では、地上部バイオマス、地下部バイオマス、リター、土壌、枯死木が報告義務のある森林の5つの炭素プールとして定められている。しかし、このうち、枯死木プールは森林の施業タイプごと、地下部バイオマスプールは樹種ごとに、それぞれ推定値で算出されているに過ぎない。本研究の対象とするカラマツ人工林では、搬出コストがかかることから、林地内に間伐材を放置する切り捨て間伐が行われているが、これら間伐木やその根株の炭素蓄積量についても、研究例は少ない。そこで、本研究では、切り捨て間伐がされているカラマツ人工林で、地下部（枯死根）と間伐木（枯死木）を含めた炭素蓄積量を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

調査は長野県関東山地の最西端（N35° 55'、E138° 30'）に位置する筑波大学川上演習林で行った。カラマツを主体とする人工林が70%を占める。標高1350～1790m、年平均気温6.9℃、最高・最低気温の年平均値はそれぞれ11.7℃、2.8℃である。1975年に新植され、1995年と2010年に間伐が行われたカラマツ林において、20m×20mのプロットを設置した。プロット内に存在するカラマツについて、生立木のDBH・高さ、間伐木の直径・長さ・腐朽度、切り株の直径を記録し、生立木、直径10cm以上の間伐木、切り株の位置をマッピングした。また、炭素蓄積量を見積もるために、間伐木ではそれぞれの年代について円盤を20ずつ切り出した。切り株では1995年に間伐されたもの8個、2010年に間伐されたもの5個を、できるだけ細根まで掘り出した。

3. 結果と今後の予定

間伐木、生立木、切り株の分布を図1に示す。2年代の捨て間伐木が間伐後、2年および17年経過した現在も残存していることがわかる。また、体積で比較すると、2010年切り捨て間伐木が30.1m³/ha、1995年切り捨て間伐木が75.8m³/haで、計105.9m³/haであった。これに対して、生立木の材積は、187m³/haであり、切り捨て間伐

木の占める割合（体積）が大きいことがわかる。今後、間伐木の円盤レベルの密度と切り株の密度を求め、調査地内の炭素蓄積量とその存在割合を見積もる予定である。

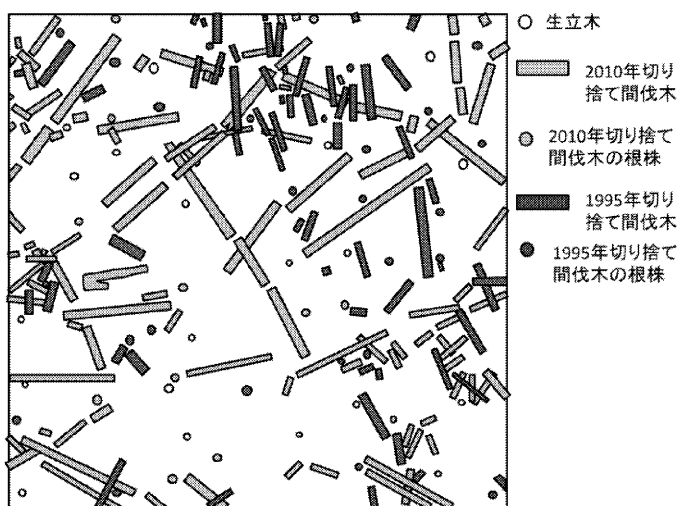


図1 カラマツ人工林に設置したプロット内における、生立木および切り捨て間伐木とその根株の分布

低密度 LiDAR データを用いた高山市大八賀川流域の森林の蓄積推定 ー針葉樹林と広葉樹林の比較ー

○栗屋善雄, 福田夏子 (岐阜大・流域圏科学研究センター),
高橋與明 (森林総合研究所九州支所), 河合洋人 (岐阜大学流域圏科学研究センター)

1. はじめに

森林簿情報が現実林分と乖離していることが長く指摘されており、既存の森林情報を補完するデータが必要とされている。1980 年代半ばに航空機によるレーザ観測が始まって久しいが、LiDAR (Light Detection And Ranging) の技術により、高い精度で森林の蓄積などを推定できることが知られている。

岐阜大学流域圏科学研究センターでは、大八賀川流域を対象に、気候モデルを改良して純生態系生産量をマッピングしてきたが、広域で検証するには資料が不十分だったため、LiDAR データの活用を模索している。

このような背景から、広域で蓄積を推定することを目指し、低密度の LiDAR データを利用して針葉樹林と広葉樹林の蓄積を推定し、精度を検証するとともに、蓄積推定のモデルについて森林タイプによる違いを検討した結果を報告する。

2. 対象地、データと方法

岐阜県高山市大八賀川の北緯 36.147°、東経 137.389°を中心とする東西約 12km、南北約 3.3km を研究対象地とした。対象地の標高は約 650~1600m で、地形はやや急峻である。標高 1000m 未満ではスギとヒノキの人工林が多く、ヒノキの純林かヒノキとスギの混交林が主体である。標高 1000m 以上では落葉広葉樹林の比率が高く、遷移段階により主要樹種が変わるが、ミズナラあるいはカンバ類が優占している林が多い。標高約 1200m 以上にカラマツ人工林が出現する。

LiDAR データは点密度約 1 点/m²で観測された 2003 年 10 月のデータから作成された 2m メッシュの地盤高データ(DTM、岐阜県提供)と、2011 年 8 月 12 日に対地高度約 600m、パルスレート 50,000Hz、ビーム径 0.5mrad で観測された約 1 点/m²のデータを用いた。2011 年のデータは前処理として、ファーストリターンなど表面からの反射パルスを選択するフィルタリング処理を施した表面高データ(DSM)を用いた。

プロット調査を 2010~2012 年に実施し、広葉樹 55 カ所、針葉樹 16 カ所の林分で毎木の胸高直径と樹高を測定し、材積表(名古屋営林局調整)を利用して毎木の材積を算出した。この結果に基づいて、各林分の蓄積(m³/ha)を求めた。

2011 年の LiDAR-DSM と 2003 年の LiDAR-DTM の差を計算し、樹冠高データ(DCHM)を作成した。森林プロットのエリアについて、DCHM から平均樹冠高、樹冠のパーセンタイル高さ、および樹冠高の変動係数を計算して、蓄積との関係を回帰分析で検証した。針葉樹と広葉樹について、90 パーセンタイル高と変動係数を利用して 2 変数式と、蓄積と最大の相関係数を示す変数を用いて 1 変数式を調整した。得られた回帰式による蓄積の推定精度を検証した。

3. 結果と考察

相関係数については、針葉樹では 90 パーセンタイル高、広葉樹では樹冠高に関する諸パラメータと蓄積の相関が高いことが明らかになった。1 変数式では針葉樹では過大推定、広葉樹では高蓄積林分で残差が大きくなった。同様に 2 変数式について蓄積を推定し、1 変数式の場合と比較したところ、蓄積の推定値は針葉樹と広葉樹のいずれのケースでも差は僅かで、変動係数を追加した効果は小さかった。他の研究例では変動係数が有効な場合があるが、本研究では針葉樹と広葉樹のいずれでも変動係数は効果的ではなかった。蓄積と樹冠高パラメータの相関が非常に高いこと、疎密度などの樹冠高以外のパラメータが蓄積に及ぼす効果は林分構造によって変化が大きいことが、変動係数が効果的ではなかった理由と考えられた。

本研究の一部は科学研究費補助金(基盤 A : 22248017) で実施した。

RapidEye 衛星データを用いた岐阜県御嵩町における 森林タイプ分類図の作成手法の検討

○後藤誠二郎・栗屋善雄(岐阜大学)・神田里喜・園山英昭(岐阜県林政部森林整備課)

1. はじめに

衛星データを用いたリモートセンシングによる土地被覆分類図や森林タイプ分類図の作成は、植生モニタリングやバイオマス推定などの基礎的な情報であり、誤分類の少ない高い精度が要求される。RapidEye 衛星は 2008 年に打ち上げられた比較的新しい衛星であり、可視域の青、緑、赤の 3 バンドと 800nm 付近の近赤外の波長に、さらに Rededge と呼ばれる 700nm 付近の近赤外の波長を観測することができるセンサーを搭載している。そこで本研究では、この新しい衛星データを用いて様々な分類手法で森林の植生タイプの分類を行い、その精度について検証を行った。

2. 対象地域、使用データおよび解析方法

岐阜県御嵩町を中心とした東西約 16km、南北約 13km の約 200km² の範囲を解析対象地とした。2011 年 7 月 6 日(着葉期)と 2011 年 11 月 30 日(落葉期)に撮影された RapidEye 衛星データについて、オルソ補正済みの空中写真を用いて幾何補正を行った。次に LiDAR データより作成した DSM を用いて地形・大気補正を行った。雲およびその影になる部分については、解析から除外した。解析前処理および解析には Erdas Imagine と ATCOR3(ERDAS, Inc. USA)を用いた。Rededge を含まない 4 バンドで作成した画像セットを作成し、オリジナルの 5 バンドすべてを含む画像セットとのそれぞれについて ISODATA 法による教師なし分類と最尤法による教師つき分類を行い、精度検証を行った。分類クラスはヒノキ、スギおよびアカマツとナラ類を主体とした広葉樹 (A)と他の広葉樹種が多く占める広葉樹 (B)に分類した。非森林および非植生域については纏めて対象外とした。また、トレーニングエリアのスペクトル情報を比較すると同時に植生指数(NDVI、NDRE、ND-RER)を求めた。各植生指数について分類に用いる閾値を推定し、針葉樹とその他の植生の 2 クラスに分類を行い、その精度について検証を行った。

3. 結果および考察

2011 年 7 月 6 日撮影画像の 4 バンド画像と 5 バンド画像それぞれの分類結果の精度についてみると、全体の Kappa 係数はそれぞれ 0.5360 と 0.6417 であり、5 バンド画像の方が若干分類精度が高かったが、スギやアカマツはどちらの画像セットでも分類精度は非常に低く、広葉樹の分類精度も 0.6 前後であった。最尤法による教師つき分類では、全体の Kappa 係数はそれぞれ 0.4830 と 0.4931 と教師なし分類より低かったが、広葉樹 A は高い精度で分類されており、アカマツの分類精度も教師なし分類より向上していた。各植生指数の 7 月と 11 月の値の差分を比較すると、広葉樹とアカマツについては減少しマイナスの値をとり、スギとヒノキは増加しプラスの値を示した。この植生指数を用いた分類結果の精度を比較すると、いずれの植生指数でも総合精度が 0.8 以上、Kappa 係数も 0.75 から 0.81 の値であったことから、高い精度で常緑針葉樹(スギ、ヒノキ)を分類することができた。

しかし、いずれの手法を用いてもアカマツ林が誤分類の大きな要因となっていた。今後、分類精度を上げると同時に、分類項目は増やしていくためには、他の時期の衛星画像の使用や DEM などの地理情報を併用した分類方法を検討する必要がある。

謝辞

本研究の現地調査を行うにあたりご協力いただいた岐阜県森林研究所の古川邦明様と可茂森林組合の河方智之様に感謝いたします。また、本研究は農林水産省の実用技術開発事業の課題「高精度資源情報を活用した森林経営計画策定支援システムの構築と検証」の一環として行われた

LiDAR とオルソ写真を用いたササ型林床植生の分布予測

○石田 仁(岐阜大・フィールドセンター), 芦原雅人(林野庁), 川口泰平(本巣市)

はじめに

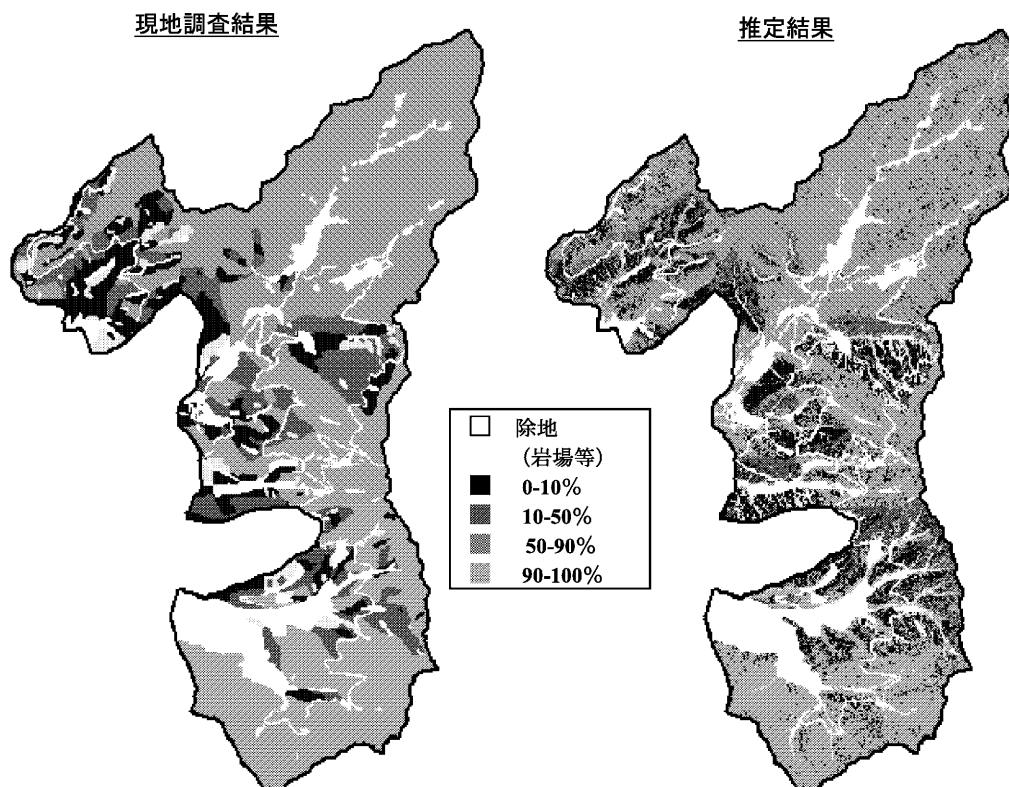
ササは、しばしば高密度で林床を覆うため、森林管理を行う上で特に森林更新を妨げることが問題になっている。適切な森林管理を行うためには、ササの分布と環境要因の関係について解明することが重要である。ササの分布に関するこれまでの研究は小面積での例が多く、異なる森林タイプが混在するような大面積での研究例は少ない。そこで本研究は、多様な森林タイプが存在する位山演習林(553ha)を対象としてササの被度調査を行い、ササの分布に影響を与えている環境因子について検討した。

方 法

位山演習林全域を踏査し、目視によりササの被度を 0-10%, 10-50%, 50-90%, 90-100% の 4 段階に分類した。ササの分布に影響を与えている環境因子として、立地環境(傾斜, 斜面方位, Topographic Index)と林冠層の状態(林冠の疎密度, 林冠の構成種)について検討した。林冠の疎密度(林床の明るさの指標)には DSM の標準偏差を, 林冠の構成種(落葉樹か常緑樹かの指標)の指標としてオルソ写真の輝度(R/G 比)を使用した。8m×8m メッシュを単位として, ササの被度および環境因子の資料を作成した。

結果と考察

環境因子を説明変数, ササの被度階級を目的変数として, ステップワイズ法による判別分析を行った。判別分析の結果, すべての説明変数が有意であり, DSM の標準偏差が最も重要な変数として選択された。DSM の標準偏差または R/G 比が大きくなるとササの被度は有意に増加した。これはササの被度が林冠層の状態に大きく依存していることを示している。一方, Topographic Index とササの被度には負の相関が見られた。これらの結果をもとにより適合する判別モデルを作成したところ, その正解率は 6 割を上回った。本研究の結果から, 航空レーザー測量によるデータとオルソ写真があれば, 高い確率でササの分布予測が可能であることが分かった。



人工林における鳥類多様性は天然林より低いのか？

○藤岡正博（筑波大・生命環境・農林技術センター）

【はじめに】

人工林では生物多様性が低いというのが半ば常識化している。しかし、中部山岳地域でよく見られるカラマツ林は、人工林としてふつう思い浮かべるスギ・ヒノキ林と違って落葉性であり、夏期も含めて林内は明るく、低木や下層植生が繁茂しやすい。筑波大学井川演習林には樹齢約 50 年のスギ・ヒノキ人工林、カラマツ人工林、天然林（広葉樹二次林）がそろっている。そこで、つぎの 2 つの疑問に答えることを目的として、これら 3 タイプの森林を含む調査コースを設けて鳥類相を比較した。

- 1) カラマツ人工林とスギ・ヒノキ林、天然林では鳥類多様性が違うか？
- 2) 天然林の樹齢は鳥類多様性に影響するか？

【調査地および方法】

調査地は井川演習林と周辺の山林である。井川演習林は標高 950～2,406m、総面積 1,760ha で、1960 年代に大部分が伐採され、17%が人工造林地、77%が天然更新した二次林となっている。演習林内に樹齢が約 50 年生でほぼ同じ 4 カ所の調査ルート（＋林道ルート）を設けるとともに、天然林の樹齢による鳥類相の違いを確認するため、周辺山林にあった 100 年生以上の天然林 2 カ所にも調査ルートを設定した。標高はすべての調査ルートでそろえた。調査ルートの長さは約 2km で、左右両側の森林タイプとその境界位置をあらかじめ踏査して地図化した。

鳥類の越冬期の調査期間を 12 月、繁殖期の調査期間を 5 月後半から 6 月上旬とし、3 年間で各調査ルートを各シーズンに 1 回ずつ調査した。記録項目は、時刻・種・個体数・行動・確認方法（視認したか音声のみか）・ルートからの距離・標高・森林タイプとした。

【結果および考察】

3 年間 7 ルート、越冬期と繁殖期に 21 回ずつのカウント調査で計 44 種 1,292 羽の鳥類が記録された。越冬期 26 種に比べて繁殖期には 38 種と 12 種多かったが、個体数はそれぞれ 624 羽と 668 羽でほとんど変わらなかった。越冬期の個体数は年次変動が大きかった。優占種群はカラ類 6 種で、越冬期には全個体数の 75.6%、繁殖期には 40.0%を占めた。

予備解析の結果では、個体数密度は越冬期・繁殖期ともカラマツ人工林で天然林よりも高く、スギ・ヒノキ人工林でもっとも低かった。種数については、越冬期には天然林、カラマツ林、スギ・ヒノキ林の順に少なくなったが、繁殖期にはカラマツ林、天然林、スギ・ヒノキ林の順となった。

天然林での個体数密度と種数は、越冬期・繁殖期とも、壮齢期（樹齢約 50 年）の天然林である演習林内よりも、成熟期の周辺山林（樹齢 100 年以上）で高い（多い）傾向があった。

以上の結果から、鳥類多様性の観点からは、同じ人工林とはいえ、カラマツ林はスギ・ヒノキ林とはまったく異なり、天然林並みかそれ以上の役割を果たしていると考えられる。ただし、カラマツそのものの効果か、林内の低木・下層植生の効果かは今後の課題である。いっぽう、一斉更新した天然林では樹齢 50 年程度でも森林構造が単純で、鳥類多様性はまだ低いことから、さらに長期間伐採を控えて保全を図ることが望ましい。

山岳写真データベースの紹介と今後の活用について

○下野綾子（筑波大・遺伝子実験センター）

極地である高山帯は、将来の温暖化の影響が最も出やすい生態系の1つだとされている。実際に世界各地で種組成の変化あるいは動植物の分布標高の上昇等が報告されるようになった。日本のように互いに隔離し、ごく限られた高山帯を生育地とする植物は、逃げ場が無く、その存続が危ぶまれている。

例えば、アポイ岳ではハイマツの面積が広がり希少種が生育するお花畑が急速に減少した。南アルプスでは高山帯にまで登ってくるようになった鹿の食害で植生が変化している。大雪山五色ヶ原ではチシマザサの分布が拡大しており、融雪時期の早期化に伴う乾燥化が一因だとされている。

これらの変化は過去の記録があるからこそ検出できるのであり、多くの高山地域では変化の有無を判断する科学的な調査が不足している。この不足を補える記録は唯一あり、それは過去に撮影された写真である。写真は調査記録に代わる客観的な記録となりえ、過去に撮った写真と最近撮った写真の比較ができれば、植生の変化を検討することが可能となる。高山帯は昔から登山を楽しむ人々によって写真が撮られてきた場所である。山岳写真の多くは絶景とされるポイントで撮影されていること、映っている山がランドマークになりえることから、昔の写真でも比較的撮影場所が特定しやすい。つまり同じポイントから最新写真を撮影することが可能である。

そこで、日本山岳会自然保護委員会との協働で、登山家の方が撮影された過去の山岳写真を収集し、デジタル化し、データベースを作成した（<http://mountain-photo.org/>）。昔の記録として活用できるよう、撮影年月日の分かる写真を掲載している。写真を山岳名や地図上で検索できるほか、閲覧者が写真を投稿できる機能もある。このデータベースにより植生変化の有無を検討する基盤を整えたいと考えている。

収集された写真のうち、中央アルプス駒ヶ岳で撮影された写真を例に紹介する。発表者はこの木曽駒ヶ岳で2008年より植生調査を行ってきたが、近年風衝草原の植被率が増えている傾向が見えてきた。この傾向が短期的なものなのか長期的なものなのかを検討するために、39年前に撮影された写真と同じものを撮り直し比較してみた（写真1、2）。岩の割れ目や岩石の積み重なり方など同じだが、植被率は増えている傾向が見てとれる。



写真の比較から生態的な因果を結論づけることは出来ないが、自然現象の傾向をとらえる手段として活用したいと考えている。

今後は、画像の歪みを取り除く正射投影（オルソ化）によって写真の定量的な比較を試みる。オルソ化によりリモートセンシングデータの1つとして利用できるものにしていきたいと考えている。またマスメディア（山岳雑誌の1つ）と連携し、誌上で過去および現在の写真を募集する予定で、広く市民の協力を得ながら山岳環境をモニタリングしていける方策を検討している。

立山の異なる積雪条件下で生育するアオノツガザクラの 根内生息菌類の多様性比較

○広瀬大(日大・薬), 下野綾子(筑波大・遺伝子実験センター), 高橋宏瑛(筑波大・生命環境)

ツツジ科植物(ドウダンツツジ亜科, シャクゾウソウ亜科, イチゴノキ亜科を除く)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のエリコイド菌根菌や根内生菌(根内生息菌類)と共生関係を築いている. 本邦にはツツジ科植物が緯度・標高問わず様々な土壤環境に幅広く生育しているが, これまで生育環境の違いと根内生息菌類の多様性との関係は 殆ど明らかにされてこなかった. そこで本邦におけるツツジ科植物の根内生息菌類の多様性にみられるパターンを明らかにすることを最終的な目的とした研究を進めている. 本研究プロジェクトにおいては, 高山帯に生育するツツジ科植物を対象とした多様性研究を進めている. 本報告会では, 異なる積雪条件下で生育するアオノツガザクラ (*Phyllodoce aleutica*) を材料とした研究を報告する.

2011 年 9 月に富山県立山の室堂付近(標高 2540-2590m)のアオノツガザクラ自生地で根の採取を行った. 積雪条件が異なる 2 箇所(岩礫地と雪田跡地)で各 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. これらの根に生息する菌類の検出は, 分離培養法と環境 DNA 法により行った. 分離培養法では, CMA 培地入りのマイクロプレート(24 穴)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 の ITS 領域と 28S rDNA D1-D2 領域の塩基配列から種同定を行った. 環境 DNA 法においては, 表面殺菌を行った根から DNA 抽出を行い, rDNA の ITS1 領域と ITS2 領域, 28S rDNA D1-D2 領域の合計 3 領域を対象とした PCR 後, 第二世代シーケンサー(ロシユ GS Jr.)を用いた分析を行った. また, 洗浄した根の一部は, 軟化, 脱色, 染色を行った後, 光学顕微鏡下でエリコイド菌根菌と根内生菌の定着の有無を確認し, それぞれの菌の感染率を算出した.

分離培養法により, 根内から合計 151 株が分離された. 岩礫地と雪田跡地の間で分離頻度に有意な差はみられなかった. 分離株の多くは子囊菌のビョウタケ目に属する菌であった. 環境 DNA 法では, いずれの領域においても培養法では検出されなかった担子菌が確認されたが, 高頻度で検出された種の多くは培養法と同様にビョウタケ目に属する菌であった. 岩礫地と雪田跡地での種構成を比較した結果, *Oidiodendron maius* や *Phialocephala fortinii* のように両サイトで高頻度に出現する種がいる一方, 岩礫地で高頻度に出現する *Helotiales* 13 や雪田跡地で高頻度に出現する *Helotiales* 1 がいることが検出方法によらず明らかになった. 菌の感染率を算出した結果, 根内生菌の感染率は両サイトで有意な差はみられなかったが, エリコイド菌根菌の感染率は岩礫地で有意に高かった. これらの結果から, 積雪条件により異なる根内生息菌類群集が成立している可能性が示唆された.

絶滅危惧種チャマダラセセリの生息域外保全システムの構築

○江田慧子（信州大学山岳科学総合研究所）・井角恒太（信州大学農 AFC）・

中村康弘（日本チョウ類保全協会）・中村寛志（信州大学農 AFC）

チャマダラセセリは開翅長 25～30mm の小さなセセリチョウ科の蝶である。キジムシロとミツバツチグリを主な食草としている。かつては北海道から四国にかけて広く分布したが、現在はほとんどの地域で絶滅してしまった。おもに採草地や放牧地などの人為的に維持されてきた半自然草原に生息していたが、人為的な管理の放棄や農地環境の変化、各種開発などによって急激に減少したと考えられている。よって環境省のレッドデータブックでは絶滅危惧ⅠB 類に指定されている。また 12 もの県が絶滅危惧Ⅰ類に指定しており、一刻も早く保全する必要があるチョウの一種である。長野県内では木曽町開田高原にしか生息しておらず、個体数が激減していることから、長野県指定希少野生動植物に指定されている。

絶滅危惧種を保全する方法として累代飼育した個体群を野外へ放す方法がある。そのためには効率のよい飼育方法を確立する必要がある。しかし、チャマダラセセリの飼育に関する知見はほとんどない。そこで、本研究ではチャマダラセセリの効率的な飼育方法を確立するために 3 つの方法を試みた。

【野外飼育】

2011 年 5 月 17 日に開田高原で発見されたチャマダラセセリの卵 36 個体にネットをかけて、野外ケージ内で飼育した。その結果、6 月 1 日に 15 個体の孵化が確認されたが、7 月 14 日に 4 令として確認されたのはわずか 2 個体であり、その後行方不明となった。チャマダラセセリは食草で営巣として生活することが知られているため、餌資源がなくなると、他の食草へ移動し、営巣してからまた摂食をはじめる。ネットをかけたことで移動範囲が狭くなり、移動したものの移動先に食草がなく、死亡してしまったと考えられる。よって、チャマダラセセリには野外飼育は不向きであることが分かった。

【プランター飼育】

2011 年 8 月 17 日に長野県の許可を得て、チャマダラセセリのメス成虫を 1 個体捕獲した。その後、メス成虫から人工産卵により 110 卵を確保した。孵化した幼虫をミツバツチグリのプランターへ移動させて飼育を行った。若令時は室内飼育を行い、4 令になったときに 1 プランターに 5 個体ほどを入れて、野外で飼育を行った。その結果、幼虫はプランター内のミツバツチグリ上で蛹となり、45 個体が越冬した。越冬した個体は 2012 年 4 月 2 日に 1 個体が羽化したために、残りの 44 個体の蛹を開田高原へ放蝶した。生存率は 40.9% であった。1 個体のメス成虫から 45 個体の蛹を得られたために、野外の生息数へのダメージが少ないと考えられる。しかし、越冬個体が 4 月 2 日に羽化した、開田高原では 4 月中旬から羽化が始まるために、越冬環境を整備することが今後の課題である。

【個別飼育】

2012 年 5 月 13・14 日に野外で確認された卵 32 個体を研究室に持ち帰り、個別飼育を行った。その結果 26 個体が孵化した。幼虫は営巣するために、直方体シャーレにミツバツチグリを植えて、飼育した。餌がなくなったら、新しくミツバツチグリを植えたシャーレを準備して、巣を切り、新しいミツバツチグリの上に置いた。4 令までで死亡した個体のほとんどが脱皮不全であった。

昆虫類を使った環境変動を評価する方法の再検討

中村寛志（信州大学農 AFC）

【昆虫群集を使った評価手法】

現在では生物の調査から環境変動を測定する手法は、物理化学的測定法と並んで、いろいろな目的に沿って、様々な生物種や種群を利用して実施されている。昆虫は地球上に存在する生物の中で最も種類が多い上に、それぞれ食性や化性などの生活様式や生息する環境が異なっているため、その地域に生息する昆虫類は、その自然環境を正確に反映する指標種（indicator species）として利用できる。

【2つの評価手法】

昆虫類の群集構造から環境評価を行う方法は、大きく分けて 2 つある。1 つは昆虫の環境指標性を利用して、種名目録、指標生物、種の指標値など種構成を主体に環境を評価する方法である。もう 1 つの方法は、種数と個体数を基にして群集の複雑さを示す多様度指数や地域間の種構成の重複度を表現する類似度指数などを使う方法である。2 つの方法論を比較すると、後者は群集構造を解析する精度の高い物差しであるが、前者のような環境指標性を利用することはできない。最近ではこの 2 つの手法をミックスした評価方法が考案されている。

【チョウ類群集による環境評価手法の再検討】

チョウ類は生活史や食草など生態的知見が豊富であるため、その群集の調査データをもとに、環境や自然度を評価するさまざまな手法が開発され、妥当性と有効性が議論されてきた。

演者はチョウ類群集の構造を解析し、環境評価を行う 2 つの手法を提案した。1 つは、定量的にとらえにくいデータを数量化して多様度を表現するための RI 指数で、これは個体数データを順位に変換して計算する多様度指数で、調査時期や調査ルートおよび気候など、条件のばらつきがマスクできる汎用性の高い指数である。2 つ目はチョウの環境指標性を組み込んだグループ別 RI 指数法である。

この指数と今まで提示されてきた多くの環境評価方法について、第 1 表に示したようなモデル群集を使ってそれら指数の妥当性と有効性を評価したので報告する。

種名	モデル群集の個体数			
	A	B	C	D
アゲハ	30	3	180	0
モンシロチョウ	30	3	100	0
ヤマトシジミ	30	3	30	0
イチモンジセセリ	30	3	20	0
アサマイチモンシチョウ	30	3	10	0
ミズイロオナガシジミ	30	3	10	10
ミドリヒョウモン	30	3	10	10
ルリタテハ	30	3	0	10
ミヤマカラスアゲハ	30	3	0	20
クロヒカゲ	30	3	0	30
コチャバネセセリ	30	3	0	100
オオチャバネセセリ	30	3	0	180
個体数合計	360	36	360	360
種数	12	12	7	7
Simpson の多様度指数(1/A)	12.38	17.50	2.96	2.96
Shannon-Weaver 関数の H'	2.48	2.48	1.37	1.37
Pielou の均衡性指数(J')	1.00	1.00	0.55	0.55
森下の繁栄指数	4457	630	1036	1036
RI 指数*	1.00	0.33	0.47	0.47
環境階級存在比 (E R)**	22	22	10	16
グループ別 RI 指数				
RI (I) 指数 (市街種)	1.00	0.33	0.92	0.00
RI (II) 指数 (里山種)	1.00	0.33	0.50	0.50
RI (III) 指数 (高原種)	1.00	0.33	0.00	0.92
環境階級存在比 (E R)**				
E R (ps) 原始段階	2.35	2.35	1.09	3.37
E R (as) 非定住利用段階	5.23	5.23	3.09	4.91
E R (rs) 農村段階	2.04	2.04	4.19	1.72
E R (us) 都市段階	0.38	0.38	1.62	0.00
一次元化した環境階級度 (ER')	65.13	65.13	45.53	72.17
人為擾乱指数 (HI)	74.19	74.19	25.74	100.00
遷移ランク (SR) のチョウの密度				
SR1	60	6	130	0
SR2	0	0	0	0
SR3	30	3	20	0
SR4	0	0	0	0
SR5	150	12	200	60
SR6	90	9	10	300
SR7	0	0	0	0
SR8	0	0	0	0
一次元化した遷移ランク値 (SR')	4.42	4.42	3.47	5.17

*: 対数種 S=12, ランク数 M=4, (ランク 0=0 個体, ランク 1=1~5 個体, ランク 2=6~20 個体, ランク 3=21 個体以上) として計算

**: 与えられたデータを年間補正総個体数と見なして計算

ヤマネの日内休眠場所と周辺環境との関連

○石田茜(筑波大・生物資源), 門脇正史(筑波大・ハヶ岳演習林), 井波明宏(筑波大・ハヶ岳演習林)

1. 背景と目的

ヤマネは日内休眠をすることが知られているが、その場所は定まったものでなく、頻繁に変えていると考えられている。日内休眠の場所には巣箱も利用されていることが報告されているが、巣箱の利用場所にもばらつきがみられた。そこで本研究では巣箱周辺の低層木を中心とした周辺環境に焦点を当て、ヤマネの利用した巣箱と利用していない巣箱の周辺環境を比較することで、ヤマネが日内休眠に選択する環境との関連を明らかにすることを目的とする。

2. 調査地および方法

調査は6月から9月にかけて行った。調査地である筑波大学農林技術センター川上演習林は、標高1,350~1,790m、面積約190haの山林地で、約70%がカラマツを主とした人工林で、残りの森林はミズナラ、カンバ類やカエデ類を主とする天然林で構成されている。巣箱は林道や歩道沿いの樹木の地上から1.2m辺りに約20m間隔で取り付けられている。

調査対象となる巣箱は、ヤマネ捕獲データ(玉木 未発表、落合 未発表)を用いて、過去に2回以上利用が確認された巣箱25個を【利用巣箱】とした。【利用されていない巣箱】として1回も利用されたことのない巣箱からランダムに25個選定した。

巣箱周辺の低木については、巣箱の設置された樹木を中心とした半径3mの円形プロット内にある高さ60cm以上の低木にナンバリングし、種、高さ、1/10高さ直径を記録した。巣箱から30m以内に沢がある所は沢までの距離も記録した。

3. 結果と考察

利用巣箱では272本、利用されていない巣箱では857本の低木が記録され本数には大きな差が見られた。低木の高さや1/10高さ断面積も解析中である。

また表1より利用巣箱は沢に近いものが多いことがわかる。よって沢までの距離も巣箱選択に影響しているかもしれない。

表1 巣箱から沢までの距離

巣箱No.	巣箱の利用	沢までの距離(m)
217	○	6.62
218	○	1.91
225	○	8
226	○	2.97
227	○	0.273
230	○	1.04
232	○	15.08
233	○	17.83
344	○	12.68
346	○	5.12
387	○	11.79
389	○	3.95
391	○	14.02
414	○	22.27
415	○	17.72
427	○	6.72
437	○	8.4
439	○	3.3
371	×	29.93
374	×	23.53
423	×	2.73

ヤマネの巣箱観察におけるセンサーカメラの効率

○宮川景次（筑波大・生物資源学類），門脇正史（筑波大学・ハヶ岳演習林），杉山昌典（筑波大学・ハヶ岳演習林）

<背景・目的>

ニホンヤマネ *Glirulus japonicus*（以下、ヤマネ）は齧歯目ヤマネ科の小型哺乳類である。一属一種の日本固有種で国の天然記念物に指定されている。

ヤマネは主に樹上生活をする夜行性の哺乳類である。日中は樹洞などで休息している。このためヤマネの行動を目視で観察することは非常に困難である。そこで人工の巣箱を利用してヤマネを捕獲し、その後の追跡調査などを行ってきた。しかし、巣箱の中に巣材等の痕跡のみがある巣箱をヤマネがどのように利用したのかという研究はあまりなされていない。ヤマネがどのような時期、時間帯に巣箱を利用しているかというデータは生態的知見を得ることや捕獲効率の向上、など今後のヤマネの保全計画を立てる上で重要な情報となる。

本研究ではセンサーカメラをヤマネの巣箱の前に設置し、ヤマネの巣箱とその架設木の利用状況を撮影した。そこからヤマネの巣箱とその架設木の利用頻度と利用日数、時期、時間帯を観察し、保全のための基礎情報を得ることを目的とする。

<方法>

調査は筑波大学農林技術センター川上演習林で行った。標高 1360～1790m、年間平均気温 6.9℃、面積は約 190ha の山林地である。面積の 70%はカラマツの人工林でミズナラ、カンパ類、カエデ類を主とする天然林から構成される。巣箱は 2009 年から林道や沢沿い等の樹木に 448 個設置されている。

センサーカメラは赤外線式 HyperfireHC600 (Reconyx) とストロボ式 FieldNoteDUO (麻里府商事) を使用し、玉木 (未発表) と落合 (未発表) の調査データから (1) ヤマネが利用したことがある巣箱 6 つと (2) 巣材のみ観察された巣箱 4 つと (3) ヤマネが観察されたことがない巣箱で付近の巣箱の利用がないものと、(4) 付近の巣箱にはいたことがあるがその巣箱の利用はなかったものを 4 つずつ合計 18 個選んだ。(1)～(4) のカテゴリーの巣箱に対して、2 タイプのカメラをそれぞれ 3、2、2、2 個ずつ配置した。設置期間は 2012 年 7 月から 2012 年 10 月で、カメラは巣箱から 40～100 cm 離して杭や樹木に設置した。

<経過>

赤外線式カメラの設置日数 (実際にカメラが稼働していた日数) は、89～118 カメラ日だった。ヤマネは合計で 863 枚撮影された。同時刻に撮影されたものを 1 枚とした撮影枚数は 297 枚だった。設置した巣箱間で撮影された枚数には大きな開きが出た (0～121 枚)。各月間でも差があった (49～107 枚)。ストロボ式カメラではヤマネが合計で 230 枚撮影された。同時刻に撮影されたものを 1 枚とした撮影枚数は 122 枚だった。現在さらにデータを解析中である。

中部山岳地域におけるクロナガオサムシ亜属の遺伝的分化

—異なる生息標高帯に生息する2種間の比較—

○小粥隆弘（筑波大生命環境），平尾章，田中健太（筑波大・菅平高原実験センター）

日本は世界有数の生物多様性ホットスポットである。高い多様性が維持される主要因の一つに、幅広い標高方向の地形が挙げられる。高山帯では、固着性の植物で数多くの固有種が知られ、分子系統地理学的研究がなされてきた。しかし、元来の研究は、調査地点間の系統関係や、分布変遷を推定することに留まり、山岳地形が遺伝的分化に与える影響を定量的に明らかにしていない。また、全生物種数の過半数を占め、生物多様性を理解する上で最も重要な分類群の一つである昆虫類において、高山帯での分子系統学的研究はほとんど行われていない。そこで本研究では、地形の起伏が激しい中部山岳地域において、生息標高帯の異なるクロナガオサムシ亜属2種を用い、山岳地形が生物の遺伝的分化へ与える影響を定量的に明らかにする。

中部山岳地域において、オサムシ属クロナガオサムシ亜属 (*Carabus: Leptocarabus*) 2種：キタクロナガオサムシ (*C. (L.) arboreus*)、クロナガオサムシ (*C. (L.) procerulus*) を対象に、地形が集団内・間の遺伝的構造へ与える影響に着目した (図1)。2種は分子系統学的に近縁だが、生息標高帯が異なり、キタクロナガオサムシは高標高帯、クロナガオサムシは低標高帯に分布する。種間で生息標高帯が異なる場合、高標高種のほうが低標高種よりも地形の影響を受け、集団間の遺伝的交流が小さく、遺伝的分化が大きくなることが予想される。2種について、山域間における遺伝的分化の程度を比較し、鞍部（山域間で最も標高の高い場所）の標高との関係性を調べることで、山岳地形が遺伝的分化に与える影響を定量的に示すことができる。また、中部山岳地域において、キタクロナガオサムシは形態学的視点から7亜種記載されているが、その遺伝学的な検証はなされていない。

本研究では上記のクロナガオサムシ亜属2種を用いて、(1) 高標高種の方が山域間で遺伝的に分化している、(2) 山岳地形として特に集団間の鞍部標高が遺伝的分化に効いている、という作業仮説を検証した。また、(3) 形態亜種の遺伝的な再検討を試みた。

中部山岳地域の北・中央・南アルプス山系、八ヶ岳山系など主要8山域で各2地点以上、計28地点で採集したキタクロナガオサムシ7亜種・37個体とクロナガオサムシ36個体からDNA抽出し、オサムシの系統解析によく用いられる核遺伝28s rDNA遺伝子、*Wingless* 遺伝子の配列を決定して系統樹を作成した。同種個体間総当たりの水平距離（捕獲地点間の距離）と標高距離（各捕獲地点と中間鞍部との標高差の絶対値の和）が、遺伝距離（個体間の総塩基変異数）に与える影響を重回帰分析で調べた。

その結果、(1) クロナガオサムシもよりもキタクロナガオサムシの方が山域間でハプロタイプが異なる傾向があり、水平距離による遺伝的分化の程度も強く ($Mantel P < 0.001$)、高標高種の方が、遺伝的分化が進んでいた (図2)。(2) 高標高種でのみ、標高距離が離れるほど遺伝的に分化しており (図2; $Mantel P < 0.05$)、特に鞍部標高が1000m以下の場合にはそれが顕著で、山岳地形による高標高種の地理的隔離効果を定量的に明らかにすることができた。(3) 約半数の亜種が亜種固有のハプロタイプによって構成されており、形態亜種が遺伝学的に支持された。

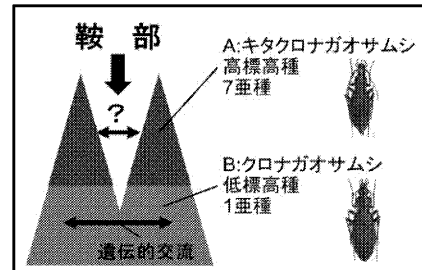


図1 中部山岳地域に生息する生息標高帯の異なるクロナガオサムシ亜属2種。Aはキタクロナガオサムシ、Bはクロナガオサムシ。

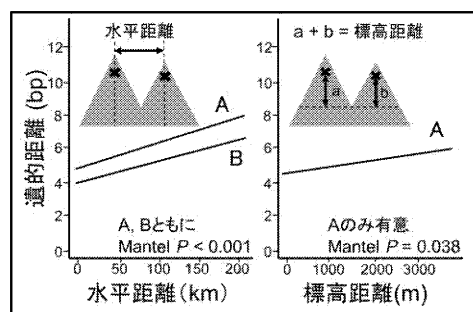


図2 同種個体間総当たりの水平距離と標高距離が、遺伝距離に与える影響。Aは高標高種、Bは低標高種、×印は採集地点を示す。

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 ～核 ITS 解析と AFLP 解析を用いて～

楠目晴花（信州大院・工・生物），市野隆雄（信州大・理，信州大・山岳総研）

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 TypeI, TypeII, TypeIII の3つの送粉型に分けられる (Pellmyr 1986). TypeI 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. TypeII 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. TypeIII 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, TypeII 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, TypeI と TypeIII の間の分化についてははっきりとしなかった.

今回, より鋭敏な遺伝的手法であるAFLP法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. また, 小葉の周縁の毛の有無についてタイプ間で比較した. 調査は各タイプの単独域と混生域において行った. その結果, 以下のことが明らかになった. (1) AFLP解析から, 3タイプの間に遺伝的分化がみられた. (2) TypeII は小葉の周縁の毛が密に生えているが, TypeI と TypeIII では毛はほとんど無かった (図1). (3) 3タイプの混生域において, 形態とAFLP解析からTypeI と TypeIII, およびTypeII と TypeIII の交雑個体と考えられる個体が確認された. これらの結果から, サラシナショウマの種内3送粉型は遺伝的な分化を遂げているものの, 他のタイプと接触すると交雑し得ることが示唆された.

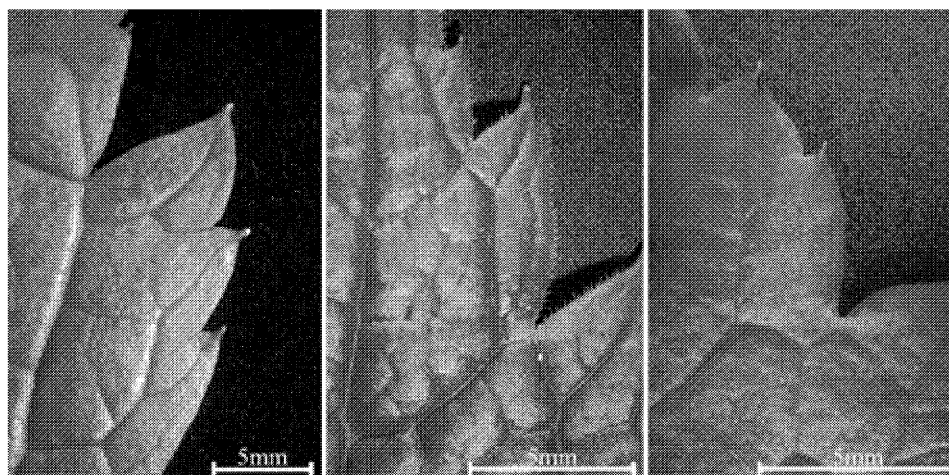


図1 サラシナショウマの3送粉型の小葉の周縁の毛の有無. 左からTypeI, TypeII, TypeIII.

ミヤマシジミの休眠卵・非休眠卵の産み分けについて

○尾崎絵理・江田慧子（信州大学山岳科学総合研究所）・中村寛志（信州大学農 AFC）

ミヤマシジミ *Lycaeides argyrognomon* は、環境省のレッドデータブックでは絶滅危惧 I B 類、長野県版では準絶滅危惧に指定されている。開翅長は 2.7~3cm の草原性のシジミチョウである。食草はマメ科のコマツナギ *Indigofera pseudo-tinctoria* のみとされている。年多化性で、長野県伊那市では成虫が年 3 回発生する。1 化目と 2 化目の成虫が産卵した卵は、その年のうちに幼虫が孵化し(非休眠卵)、3 化目の成虫が産卵した卵はそのまま越冬する(休眠卵)。非休眠卵と休眠卵の外部形態の違いを観測し、さらに卵を産み分けるメカニズムを明らかにするために室内実験を行ったので報告する。

【実験 1】成虫期と日長条件

長野県駒ヶ根市大田切川で 1 化目のメス成虫を 6 個体捕獲した。捕獲したメス成虫を短日条件(20℃12L:12D)のインキュベータで管理した。捕獲した翌日から週 4 回、リシャル法により強制産卵させた。産卵された卵が休眠卵か非休眠卵か判別した。産卵された卵は一部未受精卵も見られたが、ほとんどの卵から幼虫が孵化したため、非休眠卵と判断した。成虫を短日条件で管理した日数は 10~16 日であったが、休眠卵を産卵する個体はいなかった。

【実験 2】幼虫・蛹期と日長条件

実験 1 と同様に長野県駒ヶ根市大田切川で 2 化目のメス成虫を捕獲した。そのメス成虫をリシャル法により、産卵させ、孵化した幼虫を表 1 に示した実験区 1~8 の日長条件で飼育した。飼育温度はすべての実験区で 22℃と一定にした。成虫になったら交尾をさせ、リシャル法により産卵させ、卵の大きさを測定した。その結果、幼虫期を長日条件で管理した個体は非休眠卵、幼虫期を短日条件で管理した個体は休眠卵を産卵した。つまり、幼虫期の日長条件が影響しているということが明らかになった。

【卵の測定】卵サイズの違い

卵の測定結果により、非休眠卵より休眠卵の方が約 0.1mm 大きく、卵サイズで休眠卵・非休眠卵が判別できることが分かった。

表 1 成虫が産卵した卵の種類と卵の大きさ(mm)±SD

実験区	幼虫期	蛹期	成虫期	交尾成立数	卵の種類	卵の大きさ (mm)±SD
1	長日	長日	長日	0	-	-
2	長日	長日	短日	0	-	-
3	長日	短日	長日	1	非休眠卵	0.65 ± 0.02
4	長日	短日	短日	1	非休眠卵	0.64 ± 0.02
5	短日	長日	長日	2	休眠卵	0.78 ± 0.02
6	短日	長日	短日	1	休眠卵	0.78 ± 0.03
7	短日	短日	長日	2	休眠卵	0.79 ± 0.02
8	短日	短日	短日	2	休眠卵	0.73 ± 0.05

長日：16L8D 短日：8L16D

GeoEye-1 衛星データを用いた赤沢ヒノキ老齢林バイオマス推定
○王楠・加藤正人（信大院農），山本進一（岡山大） 星野大介（国際農林水産業研究センター） 西村尚之（群馬大）

I はじめに

炭素貯留は森林のひとつの重要な機能である。しかし、開発途上国における、森林伐採と劣化などの原因により、森林バイオマスは失われ、地球の気候変動にマイナスの影響を与えている。負の影響を抑えるため、森林バイオマスの計測とモニタリングが必要である。従来の単木レベル実測法では一般に単木データしか得られないため、林分レベルのバイオマスの推定誤差は大きい。また、広範囲の森林バイオマスの計測は地上調査では困難である。一方、リモートセンシングは広範囲の森林バイオマスの計測やモニタリングに適している。本研究では、高分解能の衛星データを用い、広範囲で高精度な森林バイオマスの推定を行った。

II 方法

1. 試験地と使用データ

設置された試験地は、長野県木曽郡上松町に位置する赤沢自然休養林にある。試験地はほぼ平坦地形で 200m×200m (4ha) の大きさであり、標高は 1080-1558m である。本研究では、試験地内 5cm 以上の生立木は 5481 本であり、ヒノキが 788 本であり、サワラが 308 本であった。ヒバは 3862 本であり、ヒノキとサワラの下層にヒバが生育している。また、他の樹種はミズナラ、ホオノキ、シロモジなどの広葉樹であり、ヒバと同様にヒノキとサワラの下層にある。そのうち、ヒノキ、サワラ、ヒバ、ミズナラとホオノキは上層木に優占する樹種であった。使用したデータは名古屋大学が 1988 年、1998 年、2003 年、2008 年に毎木調査したデータである。今回の研究では 2008 年の調査データのみを使用した。使用した衛星データは 2011 年 10 月 27 日に撮影された高分解能の GeoEye-1 データである。マルチスペクトルデータの分解能は 2.0m であり、パンクロマティックデータの分解能は 0.5m である。画像解析ソフトは ITC (Individual Tree Crown) Suite と MultiSpecWin32 である。

2. 研究方法

本研究では、現地調査データから樹木の材積を算出した。また、現地調査データを利用し、樹高と DBH、樹冠直径と DBH の回帰計算を行い、回帰式を求めた。一方、ITC で樹冠の樹種分類、樹種ごとの樹冠抽出と樹冠面積の算出を行った。算出した樹冠面積と現地調査から得られた回帰式を用い、単木の DBH と樹高を推定した。推定した単木の DBH と樹高を用い、バイオマス拡大係数法を利用し、材積とバイオマスを推定した。また、MultiSpecWin32 でトレーニングエリアの画素を用いた教師付き分類を行った。樹冠の樹種分類と樹種ごとの画素分類の解析精度、バイオマスの推定精度を考察した。

III 結果・考察

1. 画像の解析

ITC を用いて、衛星画像から樹頂点を 52 個抽出し、樹冠を 282 個抽出した。樹頂点と樹冠数に対応しなかった原因は高密度の森林では樹冠が重なって、複数の樹冠はひとつ樹冠をとして誤抽出した結果と考えている。教師付きの樹冠の樹種分類の結果では、サワラ、ヒバと広葉樹に分類した。ヒノキの分類精度は 91.5% と最も高く、サワラの分類精度が 72.7% と最も低い結果であった。教師付きの画素分類の結果では、同様にヒノキ、サワラ、ヒバと広葉樹に分類した。ヒノキの分類精度は 98.1% と最も高く、サワラの分類精度が 73.3% と最も低かった。サワラとヒノキが同じヒノキ科に属し、同様の反射特性を示すことから、サワラをヒノキに誤分類したと考える。

2. バイオマスの推定精度検討

現地調査データから得られた立木位置図、教師付き画素分類結果と樹冠樹種の分類結果を用い、樹木の同定を行った。各樹種 5 本ずつ樹木を抽出し、バイオマス推定の平均精度を検討した。推定精度の結果、ヒノキの推定精度は 95.02% と最も高く、広葉樹の分類精度が 79.2% と最も低い結果であった。高密度森林では広葉樹が他の針葉樹より、樹冠の面積が小さいため、バイオマスの推定精度が低かった。

信州大学農学部構内演習林の鳥類相について

成瀬真理生（信州大学総合工学研究科）・加藤正人（信州大学農学部）

I 背景・目的

鳥類はその大きさ・さえずりなど音を発するという特徴から比較的調査が行い易く、調査方法も確立されていることから、環境指標生物としての期待が大きい。そこで本研究では信州大学農学部構内演習林において鳥類相の調査をし、生息環境との関係性について考察した。

II 材料・方法

鳥類相の調査は、ルートセンサス法を参考に、2007年5月から2010年4月の間に行った。調査時間は6時～8時の間の1時間で、定期的（月平均約2.7回）に計98回行った。調査項目は、鳥の出現位置・種名・羽数・行動・天気・特記事項である。得られたデータをArcGIS9.1を用いてデータベース化した。

III 結果・考察

全98回の調査で観察された鳥類59種、7410羽であった（表-1）。生息環境で見ると、シジュウカラやヒヨドリといった市街地から森林まで幅広い生息域を持つ種から、アカゲラやカケスといった森林性の鳥類、スズメやムクドリといった草地性の鳥類が観察されている。また、森林面積と観察できる鳥類の種数の関係式に構内演習林の面積である14.97haを代入したところ、11.46種が観察できるという結果となった。本研究の調査では樋口らと調査期間や手法が異なるものの、観察種は57種と5倍以上の種が観察されたこととなる。これは、農学部キャンパスは演習林の林地、グラウンドや畑といった草地、講義棟・生協・教職員住居といった人間の生活空間で構成されており、大学周辺にも農耕地や住宅地が広がっている。このように様々な環境が周囲に存在するため、多くの種類の鳥類が観察できたと考えられる。

表 - 1 調査結果

種	羽数	出現率	種	羽数	出現率	種	羽数	出現率	種	羽数	出現率
トビ	14	14%	ビンズイ	91	27%	センダイムシクイ	7	3%	アトリ	64	5%
ノスリ	34	32%	サンショウクイ	1	1%	キビタキ	25	25%	カワラヒワ	632	95%
サシバ	2	3%	ヒヨドリ	999	99%	オオルリ	8	7%	マヒワ	27	3%
ハヤブサ	1	1%	モズ	62	48%	コサメビタキ	9	8%	ベニマシコ	2	1%
キジバト	190	84%	ヒレンジャク	14	1%	エナガ	293	62%	ウソ	1	1%
アオバト	38	18%	ルリビタキ	13	18%	コガラ	5	4%	イカル	64	37%
カッコウ	27	25%	ジョウビタキ	17	11%	ヒガラ	20	15%	シメ	22	8%
アカゲラ	220	86%	クロツグミ	171	56%	ヤマガラ	215	82%	スズメ	419	90%
コゲラ	169	86%	アカハラ	21	15%	シジュウカラ	1814	100%	コムクドリ	76	33%
ヒバリ	4	5%	シロハラ	21	11%	ゴジュウカラ	7	8%	ムクドリ	214	32%
ツバメ	80	29%	ツグミ	85	23%	メジロ	194	67%	カケス	144	73%
イワツバメ	7	3%	ウグイス	26	29%	ホオジロ	233	86%	オナガ	30	8%
キセキレイ	67	45%	オオヨシキリ	2	3%	カシラダカ	178	32%	ハシボソガラス	115	41%
ハクセキレイ	63	48%	メボソムシクイ	4	4%	ミヤマホオジロ	27	8%	ハシブトガラス	95	55%
セグロセキレイ	10	8%	エソムシクイ	10	7%	アオジ	7	8%			

木曽駒ヶ岳における定点カメラを用いた高山植生の季節変化の解析手法について

○小林竜大・加藤正人（信大院農）・宮下拓也（西駒山荘）

I 背景・目的

地球温暖化など環境変動の影響を強く受けるものに高山植物がある。そのため、高山植物の現状の把握は地球環境の状態を知るための一つの指標になる。植物の生育には光や温度などの季節的变化に強く影響を受けており、その生活史を理解するためには季節変化の把握が重要である。そこで本研究では定点カメラを用いて高山植生の空間的、時間的な変化を把握することを目的とした。定点カメラは特定の場所を定期的に長時間撮影することができ、生活史を調べるのに有効である。また、環境変動による影響は高山植物の生育数に現れやすいため、撮影画像から株数把握を行なった。こちらは定点カメラに写っているコマクサの株が小さく、株の検出が難しかったため、デジタルカメラで撮影した画像を使用した。

II 研究方法

本研究では大きく二つの解析を行った。図-1に研究方法のフローを示す。定点カメラは1日1回、お花畑は13時に、コマクサ群落は12時に、7月31日から9月25日まで撮影し、それぞれ計57枚の画像を取得した。この取得したお花畑とコマクサ群落の2ヶ所の画像から植生指数の一つであるGR (Green Ratio) を算出して、季節変化の把握を行った。コマクサ群落において、設置した3箇所の株数の異なるコードラートを上からデジタルカメラで撮影した画像を用いて株数の把握を行った。これと現地調査によって作成した株の位置図と比較した。

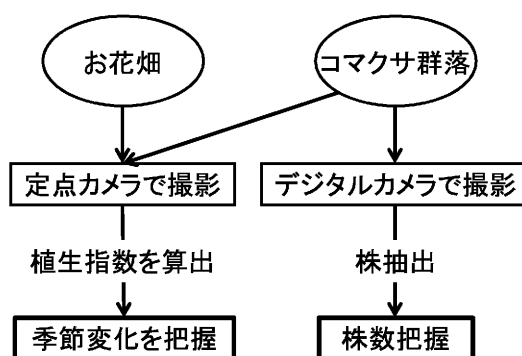


図-1 研究方法のフロー

III 結果・考察

お花畑における定点カメラ画像の植生指数は季節が夏から秋になるにつれて、下がっていた。しかし、コマクサ群落における定点カメラ画像の植生指数で季節変化が見られなかった。これはコマクサ群落の画像内の植生の比率が低かったためだと考えられた。このことから、撮影範囲内の植生の比率の高い画像においては、定点カメラを用いた季節変化の把握は有効であることがわかった。また、画像内の植生の比率が低かった場合、撮影時にカメラを被写体に近づける、または植生部分を切り取ったものを解析することで精度の向上が図れる。デジタルカメラ画像からの株数の把握は、株が密着していない場所から、画像に写っている株が20~30ピクセル以上のもので高い確率で検出が可能であることがわかった。

常緑性と落葉性のブナ科実生 6 種の光合成生産におよぼす温度の影響

○小林 元 (信大 AFC・山総研), 板東貴興 (信大農), 高瀬雅生 (九大院)

清野達之 (筑波大生命環境), 高橋耕一 (信大理・山総研)

近年, 地球温暖化による植生変化の進行が予想されている。例として, 長野県内では常緑性広葉樹のシラカシが更新し, 分布を北上させていることが報告されている。植物はその種子が移動, 発芽し実生が成長することによって, 分布域を変える。本研究では気温の異なる 3 地点において常緑性と落葉性のブナ科 6 種の種子を用いて野外での播種実験をおこない, 当年生実生の成長と光合成におよぼす温度環境の影響を調べた。

実験は信州大学農学部南箕輪村キャンパス (以下, 伊那), 筑波大学筑波キャンパス (以下, 筑波), 九州大学箱崎キャンパス (以下, 福岡) の 3 試験地でおこなった。3 試験地の 2011 年の年平均気温は, それぞれ 11.4℃, 14.4℃, 16.7℃であった。実験はブナ科の落葉樹のミズナラ, コナラ, クヌギと常緑樹のシラカシ, アラカシ, マテバシイの計 6 種を対象とした。種子を 1 鉢に 4 個ずつ播種し, これを各樹種 20 鉢, 合計 120 鉢をそれぞれの試験地で用意し, 遮光率 20%の寒冷紗で覆った。播種は 2011 年 3 月下旬に行った。実生の開葉後, 樹高, 地際直径, 葉の枚数の測定を原則として 10 日間隔で成長が停止した 10 月末まで行った。光飽和下の最大光合成速度を, 葉が成熟した 8 月と 9 月に測定した。測定は平均的な大きさの 3 個体でおこなった。なお, 伊那試験地のマテバシイは 8 月時点で葉が未成熟だったため, 9 月のみ測定した。光合成測定と同時に, 葉のクロロフィル蛍光 (F_v/F_m) を測定した。 F_v/F_m は葉が健全な状態にある場合 0.8 以上の値をとり, 光阻害によって光化学反応系に異常をきたすと低下する。 F_v/F_m は 10 月以降は原則として 7 日間隔で 12 月いっぱいまで測定した。開葉日から F_v/F_m が 0.7 を下回った日までを有効光合成日数と定義した。

福岡試験地では, コナラとクヌギの D^2H が他の試験地より 10 倍程度大きかった。 D^2H が大きい値を示すには, 光合成速度か有効光合成日数のどちらかあるいは両方が大きい必要がある。福岡試験地のコナラとクヌギの光合成速度は他の試験地より 2 倍程度大きく, 有効光合成日数も 100 日程度長かった。福岡試験地ではコナラとクヌギ以外の樹種の D^2H も他の試験地より大きかったが, その差はコナラやクヌギと比べると小さかった。シラカシとアラカシには光合成速度に試験地間差が認められなかった。また, マテバシイの有効光合成日数の試験地間差は最大で 50 日程度と, 他の樹種と比べると小さかった。

今後, 温暖化によって中部山岳地域の気温が上昇した場合, コナラやクヌギでは有効光合成日数と光合成速度が増加して実生の樹高と直径成長が大きく増大することが予想される。一方, 光合成速度の増加が期待できないシラカシやアラカシでは, 樹高と直径成長の増大は小さいと予想される。本研究では, ミズナラの光合成速度と有効光合成日数にも明瞭な試験地間差が認められたが, D^2H の試験地間差は小さかった。今後, D^2H 以外にもバイオマス等の成長データを比較する必要がある。また, 播種 2 年目以降の成長についても引き続いて調査する必要がある。

西駒演習林シラビソ・オオシラビソ林における攪乱 60 年後の標高別林分動態

○船木 昇(信大農), 小林 元(信大 AFC・山総研), 鈴木智之(信大・山総研)

森林生態系は、その構成・構造・機能が絶えず変動するものである。森林生態系の一部が破壊されることを攪乱という。攪乱体制や攪乱後の林分動態を明らかにすることは、森林生態系を正しく認識するうえで非常に重要である。亜高山帯モミ属林は中央日本の山岳環境を代表する林分であり、山岳環境を定義するうえで重要な要素を多く持っている。本研究では、択伐による攪乱が発生した亜高山帯モミ属林において、標高 2000m～2400m の林分を調査し、攪乱後の林分動態を標高別に明らかにすることを目的とした。

調査地は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演習林、丸尾根上の標高 2000m～2400m の平均傾斜 28.6°，北東向き斜面、オオシラビソおよびシラビソが優先する常緑針葉樹林で行った。西駒演習林は過去に 1920 年代～1940 年代にかけてと、1950 年代初頭の 2 回択伐が行われたことが年輪解析から推察されており、2 回目の択伐による攪乱から約 60 年経過している。2012 年に標高 2000m, 2200m, 2400m の各地点にある 30m×30m の固定試験地内において、樹高 1.5m 以上の全個体の胸高直径(地上高 1.2m)と、優占種であるシラビソ、オオシラビソ、コメツガは全個体、他の樹種は 5cm の直径階ごとに 5 個体ずつの樹高および枝下高を測定し、2008 年のプロット設置時に測定したデータと比較した。

針葉樹の本数密度は 2000m プロットでは 2311 本/ha で、2008 年から 0 個体の新規加入と 18 個体の枯死が見られた。2200m プロットでは 3378 本/ha で、3 個体の新規加入と 29 個体の枯死、2400m プロットでは 6222 個体/ha で、18 個体の新規加入と 19 個体の枯死が見られた。枯死個体数は 2200m プロットで最も多く、2400m プロットでは新規加入個体数と枯死個体数がほぼ等しい結果となった。針葉樹の胸高直径分布は、どのプロットも胸高直径が大きくなるにしたがって個体数が減少する分布型を示したが、2000m プロットでは直径 5cm 以下の個体数よりも直径 5～10cm 以下の個体数が多く、また 2400m プロットでは直径 5cm 以下の個体数が非常に多く、標高が高くなるにつれて小径木の個体数が増加した(図-1)。

これらプロットによる個体数の増減や胸高直径分布の違いは、攪乱後の林分発達の程度が標高によって異なることを示している。すなわち、標高が高く気温も低い 2400m プロットでは、大径木が少なく林冠の閉鎖が進んでいないために稚樹の生存率が高く、未だ攪乱後の時間経過の短い状態にある。一方、2000m プロットでは新規加入個体がなく、直径 5cm 以下の個体も少ないことから林冠閉鎖後長い時間が経過しており、林分は攪乱後十分に発達した状態にあるといえる。枯死個体数の最も多い 2200m プロットは、林冠閉鎖後間もない状態にあるといえよう。今後時間の経過と共に、2200m プロットの林分構造は 2000m プロットの林分構造に近づくことが予想される。一方、2400m プロットは林分発達の程度が特に遅れていることや、個体成長に時間がかかること、幹折れによる枯死個体が多いこと等を考慮すると、2000m および 2200m プロットとは異なる林分動態を示すことが予想される。

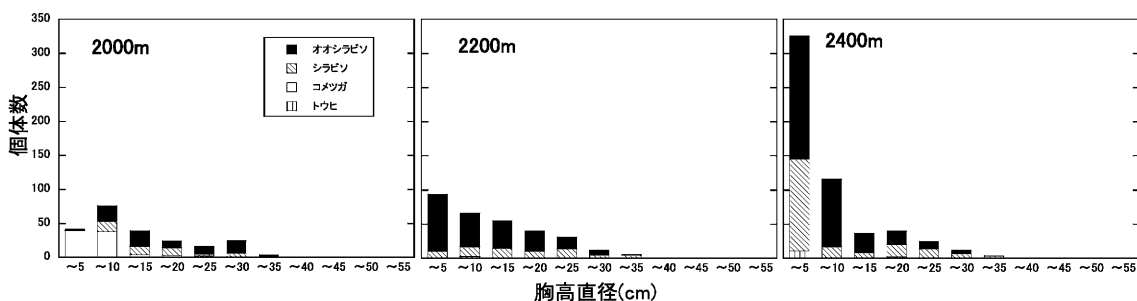


図-1. 標高別の胸高直径分布

林冠構造の異なる林床におけるサワラの更新動態

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

サワラ（*Chamaecyparis pisifera*）は、ヒノキと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、サワラは実生以外でも伏条枝による栄養繁殖が可能であり林床に伏条稚樹群を形成することが知られている。本研究では林冠構造の異なる林床において、サワラ後継樹の2年間の動態を比較し、光環境による更新様式の違いが個体群の動態に与える影響について明らかにした。

調査は、信州大学農学部附属 AFC 構内演習林 5 林班(南箕輪試験地)と、筑波大学川上演習林 3 林班(川上試験地)で行った。南箕輪試験地は傾斜 1° のほぼ水平な南向き斜面で、間伐後 10 数年が経過したアカマツと広葉樹の混じる 59～64 年生のヒノキ・サワラ人工林である。川上試験地は傾斜 7° の緩やかな北向き斜面で、36 年生カラマツ人工林内の沢沿いに、孤立的に残されたサワラ天然林である。南箕輪試験地には 2008 年に、2 辺が林道に接する 50m×50m のプロットを、川上試験地には 2010 年に、天然サワラ個体群を囲うように 40m×80m のプロットを設定した。南箕輪試験地では 2008 年と 2010 年に、川上試験地では 2010 年と 2012 年に樹高、地際直径、胸高直径、定着基質、更新様式、座標位置、枯死率を測定した。また、プロット内の 10m 毎のグリッド交点において、地上高 1 m で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両プロットとも 2012 年 8 月末に行った。

両試験地の平均相対光量子束密度は、南箕輪試験地が 2.1%，川上試験地が 14% と、川上試験地が南箕輪試験地より明るかった。樹高 5 cm 以上、胸高直径 5 cm 未満の後継樹個体数は、南箕輪試験地では 4,560 本/ha、川上試験地では 5,513 本/ha であった。その内、南箕輪試験地では 99% の 4,516 本/ha が伏条個体であり、林床の暗い南箕輪試験地では主に伏条枝によって更新していた。一方、川上試験地では 8.1% の 447 本/ha が伏条個体であり、林床の明るい川上試験地では主に実生によって更新していた。このように、両試験地の更新様式は大きく異なっていた。これらの更新様式の違いは後継樹個体群のサイズ分布にも表れ、南箕輪試験地では樹高 20cm～30cm の階級にピークを持つ一山型を、川上試験地では 10cm 以下にピークを持つ逆 J 字型の分布型を示した(図-1)。後継樹の平均枯死率は、南箕輪試験地が 1.8%/year で、川上試験地の 22%/year と比べて低かった。両試験地とも樹高が高くなるにつれて枯死率が低下したが、南箕輪試験地の樹高 20cm 以上の階級では枯死率は 4% 以下と低かった(図-2)。個体の生き残りが困難な暗い環境下において、伏条によって大きな個体サイズで定着することは、枯死率を低く抑え、後継樹の繁殖および生存率を高めることに大きく寄与していると考えられる。サワラは、明るい光環境下においては主に実生によって更新することで多産多死型を、暗い光環境下では主に伏条枝によって更新することで少産少死型の繁殖戦略を取ると考えられる。

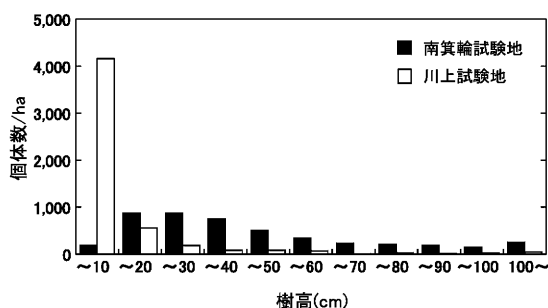


図-1. 2010 年における後継樹の樹高ヒストグラム

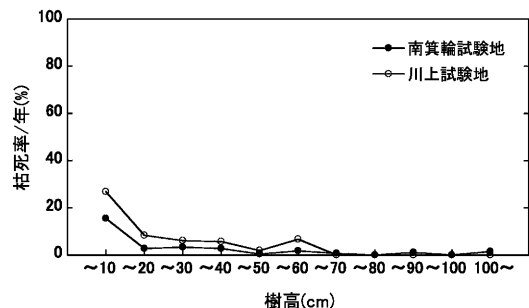


図-2. 後継樹の樹高階別の枯死率

乗鞍・上高地地域におけるマルハナバチ類の垂直分布と 花利用パターンの季節変化

江川信（信州大・理）北沢知明（信州大・理）

市野隆雄（信州大・理、信州大・山岳総研）

マルハナバチ類は北半球の温帯地域に広く分布し、日本ではマルハナバチ属 5 亜属 14 種とヤドリマルハナバチ属 1 種が生息しており、中部地方ではあわせて 10 種が生息する。マルハナバチ類はすべて花蜜と花粉を餌とし、生活様式が種間で類似している。このことから、餌資源をめぐる競争や、すみ分けについて広く研究されてきた。例えば、ロッキー山脈ではマルハナバチ類が標高ですみわけており、長舌、中舌、短舌そして盗蜜の 4 タイプから各一種が同一標高に分布する傾向が見られ、花資源をめぐる競争が生じていることが示唆された(Pyke, 1982)。一方、日本においてもマルハナバチ類の標高分布が種間で異なる傾向が知られている。しかし、山地帯から高山帯にかけての広い標高全体を網羅し、季節を通して行われた研究は例が少ない。分布を決める要因を探るためには、広く網羅的な観察が不可欠である。そこで、本研究ではマルハナバチ類の分布と利用植物のパターンを探るため、乗鞍・上高地地域の標高 700m から 2500m にかけての地域において、2012 年 6 月下旬から 9 月下旬までの間、マルハナバチ類の分布と訪花した植物を記録した。

調査の結果、マルハナバチ属 7 種とヤドリマルハナバチ属 1 種が観察され、それぞれの種は特定の標高に分布する傾向が認められた。高標高にはヒメマルハナバチ（以下ヒメマル）とヤドリマルハナバチ（1400m～2500m）、中から高標高にはナガマルハナバチ（以下ナガマル）（700m～2200m）が分布し、低から中標高にはコマルハナバチ（以下コマル）、ミヤママルハナバチ、ウスリーマルハナバチ、トラマルハナバチ（以下トラマル）（700m～1700m）が分布していた。オオマルハナバチ（以下オオマル）は低標高から高標高まで（700m～2500m）分布した。

マルハナバチ類は種ごとに異なる植物に訪花する傾向が見られた。トリカブト類やツリフネソウ類など花筒が長い花には口吻の長いナガマルやトラマルがおもに訪花した。一方で、口吻長の短いヒメマル、オオマル、コマルは多くの植物種を訪れ、短花筒の花からは吸蜜し、長花筒の花からは盗蜜する傾向がみられた。

季節によってナガマルの標高分布は変化した。6 月から 7 月には 700m～1700m に分布していたが、8 月から 9 月にかけて徐々に分布標高を上げ、9 月には 1500m～2200m に多く見られた。

本研究で見られたマルハナバチ種ごとの分布標高の違いに関わる要因については今後、種ごとの営巣場所、営巣時期、訪花植物についてさらに詳しく調査し、その影響を明らかにしていく必要がある。

ブナ孤立林分におけるブナ種子の豊作年の稔性と発芽率

○井田秀行（信州大・山岳総研／志賀自然教育研）・小山泰弘（長野県林務部）

【研究の背景と目的】

日本に広く分布するブナ *Fagus crenata* は、日本海側と太平洋側で群落組成が異なり、日本海側では純林を形成し、太平洋側では混交林となる場合が多い。本州中部に位置する長野県では、日本海側にあたる北部で広範にブナが生育し、中南部では孤立林分が多い。

ブナの種子散布距離は 12m と短く、花粉散布距離も 79m 程度 (Oddou-Muratorio et al. 2010) と長くないため、孤立林分では近親交配や自家受粉が増え、健全な種子生産が困難となっている可能性が高い。しかし、その実態は不明である。本研究では、ブナ孤立林分の保全に向けた基礎資料とするため、豊作年における孤立林分の種子の稔性と発芽率の実態把握を行った。

【調査地】

2011 年は長野県の中部以北全域でブナの豊作が観測された。調査地はこの長野県中北部域で、周囲数 km の範囲にまとまったブナ林のない 1ha 以下の小面積の 3 林分（小サイト：飯山大深、聖山、牛伏寺）、100ha 以上の大面積でブナが優占する 2 林分（大サイト：鍋倉山、カヤの平）、両者の中間程度の 2 林分（中サイト：飯山柄山、大洞）の計 7 サイトであり、林分の大きさによる種子の生産量・稔性・発芽率の違いを比較した。

【方法】

各サイトでは、ブナ群落の樹冠下に開口面積 0.5 m² の種子トラップを 4～9 基（カヤの平は 27 基）設置し、開花期（4～5 月）から種子落下期（10～11 月）まで 1～2 ヶ月ごとにブナの繁殖器官を回収した。研究室に持ち帰った種子は“充実”、“鳥獣害”、“虫害”、“未熟”、“菌害”、“シイナ”の 6 つに分別し、サイトごとに単位面積（m²）当たりの数に換算した。

このうち充実種子のみを用いたブナの発芽試験は、シャーレに湿らせた濾紙を敷き、その上に種子を並べ、5℃の冷蔵庫内で行った。試験は 2011 年 11 月 11 日から翌年 3 月 30 日まで計 140 日間実施した（ただし 3 月 12～30 日は 20℃条件下で実施）。なお本研究では、幼根が屈地性を示し種子よりも長くなった状態を“発芽”とした。

【結果と考察】

充実種子数は、小サイトで少ない傾向が観察され（4.3～164 個/m²）、充実率（総種子数に対する充実種子の割合）も小サイトで 3 割未満と、約 5～6 割の中・大サイトよりも低くなっていた。未充実種子では、全サイトで虫害とシイナがその大半を占めたが牛伏寺の虫害率は約 4 割と特に高く、シイナ率では中・大サイトが 1～2 割であったのに対し、小サイトが 4～7 割と概して高くなっていた。

充実種子の発芽率は、小サイトの飯山真宗寺（発芽率 42%）と牛伏寺（同 51%）を除くサイトでいずれも 60% を上回り、豊作年の一般的な発芽率（横山，1999）と同程度となった。

以上、種子豊作年であっても、ブナ孤立林分では大面積林分に比べ、シイナ率が高まることで充実率が低下し、さらに発芽率もやや低くなる傾向が示唆された。このことから孤立林分では、少ない花粉流動が近親交配や自家受粉をより多く発生させている可能性が考えられた。

【謝辞】

本研究の実施にあたり、井浦和子さんと原田佳一さんには現地調査で、折橋睦子さんには発芽試験において多大なご協力をいただきました。この場をお借りして感謝申し上げます。

山岳森林限界における温暖化実験装置の温暖化効率と維持管理

○金井隆治・正木大祐・田中健太(筑波大菅平高原実験センター)

・小林元(信大アルプス圏フィールド科学教育研究センター)

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山岳森林限界において温暖化が生物多様性や生態系に及ぼす影響を解明するためには、人工の温暖化実験が有効である。これまでに我々は、高さ 2m の低木までを含めることのできる天井開放（オープントップチャンバー）方式による温暖化装置を開発し、現地で温暖化実験を実施している。本発表では実験を遂行しながら明らかになってきた本装置の温暖化効率と、山岳地域において温度データを安定的に取得するための方法、および装置の維持管理方策を報告する。

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にあり、標高は約 2600m である。実験地周辺はオオシラビソ帯とハイマツ帯の間で、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、この実験地の調査区のうち 10 ヶ所に温暖化装置を設置した。1 年中波板で覆う通年温暖区が 5 カ所、積雪期に波板を取り外してしまう夏季温暖区が 5 ヶ所である。2011 年の 7 月と 9 月に実験地に行き、温暖化装置の維持管理・波板の取り付け・取り外しなどの作業を行った。2012 年 6 月の作業では場所によって 2m 以上の積雪がある中、波板の取り付けや倒壊した温暖化装置の再建などを行った。2012 年 9 月の作業では破損した波板の交換・ボルトの締め直し・波板の取り外しなどを行った。

温暖化装置設置から 2 年経過した時点では、通年温暖区と夏季温暖区の処理間では破損状況に大きな差は見られなかったが、設置場所により差があった。破損の多くは冬季の積雪によるもので、融雪期の破損はほとんど確認されなかった。2010-2011 年の冬季より 2011-2012 年の冬季の方が被害は大きかった。これは積雪状況の違いによるものだと考えられる。また、2010-2011 年の冬季には実験地に設置した多くの気温用ロガーが故障してしまったが、2011-2012 年の冬季にはほとんど故障せずにデータを回収することができた。これは、ロガーのフードや設置方法を改良したことが奏功したと考えられる。回収したデータから、装置による温暖化効果を確認して発表する。菅平高原実験センター内の同型の装置でも温暖化効果が確認されている。

破損した温暖化装置から判明したことは、積雪から生じる力は非常に強大だということである。装置の補強作業と材料の運搬の労力や費用を考えると補強作業は得策ではない。むしろ、冬季を経て破損が大きい装置に関しては再建し、破損の小さな装置は材料の交換を行ういうように、破損後速やかに適切な処置を施すことで、途切れなく温暖化処理を継続させていくことが効率的な運用方法だろう。このような維持管理方法で今後も温暖化実験の継続に尽力したい。



2012 年 6 月の作業の様子



左の装置の 2012 年 9 月の様子

1KITE (1000 昆虫トランスクリプトーム進化プロジェクト)の進捗

ー六脚類ベーサルクレードの再構築ー

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は深まるばかりである。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、脊椎動物に比べ昆虫類のトランスクリプトーム解析はたいへん立ち遅れている。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、8 カ国世界 22 研究機関 (ドイツ 8 機関、アメリカ 4 機関、オーストリア 2 機関、日本 3 機関、オーストラリア 1 機関、中国 2 機関、メキシコ 1 機関、ニュージーランド 1 機関) による国際プロジェクト、1 K I T E 「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」 (<http://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、Basal Hexapods (原始昆虫類)、TransOdonata (汎トンボ類)、Polyneoptera (多新翅類)、Dictyoptera (網翅類) サブプロジェクトも遂行している。

本プロジェクトで特筆すべきは、1 K (1000 種類) を対象とした大規模なトランスクリプトーム解析、ならびに、得られた系統樹を多岐にわたる分野から批判することにより信頼度の高い体系を提出しようとするところにある。

現在までに 700 種群のサンプルが蓄積され、順次、解析が進んでいる。これを受け、本年8月19日～25日、韓国で開催された第24回国際昆虫学会議において、Basal Hexapods サブプロジェクトでの成果を総括するシンポジウム “Origin and Early Splits in Hexapoda” が開かれ、トランスクリプトーム解析からの最も確度の高い六脚類 (広義の昆虫類) の高次系統として「欠尾類 (= カマアシムシ目 + トビムシ目) + 【コムシ目 + 外顎類 (= イシノミ目 + 双関節丘類 (= シミ目 + 有翅昆虫類))】」との新たな体系が提出された。この体系は、六脚類ベーサル・クレードの再構築を目指す私たちの比較発生学的研究によっても、強く支持されるものであった (要旨として “A Multidisciplinary Approach within the International Initiative 1 KITE Subproject: Basal Hexapods”)。

標高万能植物ミヤマハタザオの環境適応遺伝子：トライコームと光受容体

○平尾章（筑波大・菅平セ）・恩田義彦（理研）・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・菅平セ）

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 30-3000m まで極めて幅広い標高帯に生息する。本研究では、幅広い環境への適応メカニズムの遺伝的背景を明らかにするために、自然選択の影響を受けた可能性のある機能遺伝子の塩基多型サイトを探索した。ミヤマハタザオは、ハクサンハタザオ (*A. halleri*) とオウシュウミヤマハタザオ (*A. lyrata*) の交雑に由来する異質倍数体であるため、2つの交雑親種に由来する相同遺伝子（ホメオロガス遺伝子）を1個体の中にペア・セットとして持つ。したがって集団内・間の塩基多型を同定するためには、似て異なるホメオロガス遺伝子のペアを判別する必要がある。そこで、まず第二世代シーケンサーを用いて並列的に解読した塩基配列リードを用いてホメオロガス遺伝子を判別するパイプラインを構築し、次いで塩基多型解析を試みた。

中部山岳地域の24野外集団を対象に、開花および被食防衛に関連する8つの候補遺伝子 (*GLI*, *HEN2*, *DFL2*, *GLI*, *MAM1*, *TTG1*, *CRY1*, *PHYB*) をピックアップして、各遺伝子の400bp前後の塩基配列を解読し、ホメオロガス遺伝子を判別した上で、集団内・外の塩基多型を検出した。その結果、光受容体の遺伝子 *CRY1*, *PHYB* において、集団間で著しく塩基頻度が異なる多型サイトを検出した（図1, 図2）。これらの多型サイトの塩基頻度は集団の標高と相関しており、*CRY1* および *PHYB* 遺伝子の塩基多型は標高適応を担っている可能性が高い。

加えて、トライコーム（葉や茎に生じる毛状突起）の形成を制御する遺伝子 *GLI* においても、集団間で著しく塩基頻度が異なる塩基多型サイトを2つ見出した。これらの2つの塩基多型サイトは互いに連鎖しているだけでなく、その対立遺伝子頻度と実験室第二世代の表現型（トライコームの有無）との間には有意な相関が生じていた。しかしながら、中部山岳地域に分布する集団のトライコーム頻度および *GLI* の対立遺伝子頻度と標高の間には相関は認められなかった。植物に生えるトライコームについては、一般的に、強い光に対する防御や、水分の蒸散を和らげて乾燥を防ぐ役割、植食昆虫に対する物理的な防御などが指摘されている。このような何らかの自然淘汰圧が、高度勾配とは無関係ながらも *GLI* 遺伝子に作用した結果、集団間のトライコーム変異が地理的モザイクのように生じた可能性が示唆された。

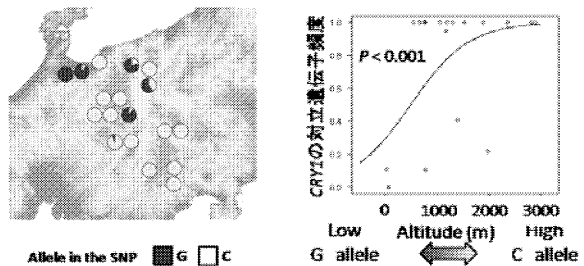


図1. 中部山岳地域のミヤマハタザオ野外集団における青色光受容体遺伝子 *CRY1* の対立遺伝子頻度
左：集団間で対立遺伝子頻度が大きく異なる。
右：対立遺伝子頻度と標高が相関する。

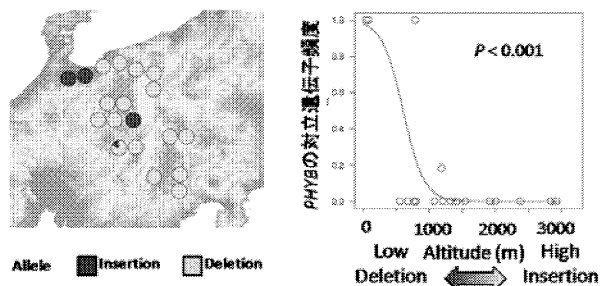


図2. 中部山岳地域のミヤマハタザオ野外集団における赤色・近赤色光受容体遺伝子 *PHYB* の対立遺伝子頻度
左：集団間で対立遺伝子頻度が大きく異なる。
右：対立遺伝子頻度と標高が相関する。

山岳アリの遺伝的多様性—山域間および標高間の遺伝的分化の解析

上田昇平（信大・山岳総研）・市野隆雄（信大・理，信大・山岳総研）

最終氷期が終わってから、日本の山岳生物は山域ごとに隔離され、それぞれ独自の進化を歩み、山域ごとに固有な遺伝的分化を引き起こしたと考えられる。実際、近年めざましい発展を遂げた DNA 解析の手法によって、複数分類群の山岳生物が山域ごとに遺伝的分化を引き起こしていることが報告されている。

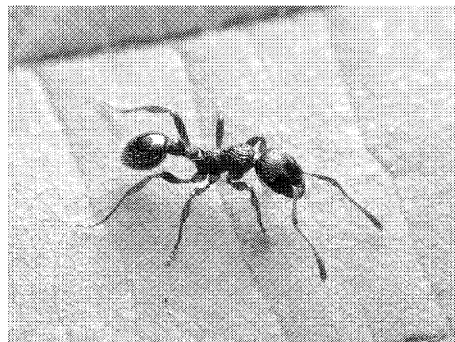


図 1. シワクシケアリの働きアリ。

一方、水平方向だけではなく垂直方向に沿った劇的な環境の変化も、山岳生物の分布および適応進化に影響を与え、標高上下間での遺伝的分化を引き起こす可能性が指摘されている。しかし、先行研究は「水平方向の遺伝的分化」に焦点を絞ったものがほとんどであり、「垂直分布の遺伝的分化」についての詳細を検証した研究はない。

そこで、我々は、中部山岳地域の幅広い標高に分布するシワクシケアリ (*Myrmica kotokui*) を材料として (図 1)、山岳生物の山域間および標高間の遺伝的分化の実体を探ることを目標として研究をスタートさせた。我々は、中部山岳地域の 6 山域 (中央アルプス、北アルプス、南アルプス、妙高高原、菅平高原、八ヶ岳) の標高 900–2200m において、シワクシケアリの採集を標高傾度に沿っておこない (図 2)、ミトコンドリア DNA を用いて、シワクシケアリの山域間・標高間の遺伝的分化の程度、および、集団内 (山域内および山域内の標高集団内) の遺伝的多様性を検証した。

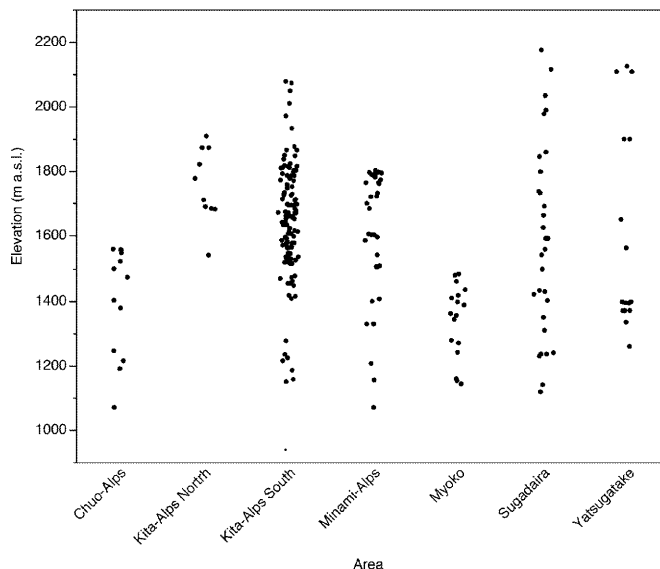


図 2. 採集したシワクシケアリの標高分布

発表では、1) 標高傾度がシワクシケアリ遺伝的分化を引き起こしえるのか、および、2) シワクシケアリ遺伝的多様性のホットスポットはどの山岳域・標高域に分布しているかに関して検証し、報告する。

乗鞍岳におけるウツボグサの花と送粉者相における標高間変異および 両者のサイズマッチングが送粉効率に与える影響

○栗谷さと子（信州大院・工・生物）， 市野隆雄（信州大・理， 信州大・山岳総研）

動物媒植物の送粉者は植物の花形質に有効な選択圧を与え、植物はその送粉者の訪花頻度や送粉効率を高めるように適応する。ある植物の有効な送粉者種が場所によって異なり、それぞれの送粉者の送粉に関わる形質サイズが異なる場合、花形質のサイズに異なる選択圧がかけられることがある。そのような場合、同一植物種内であっても送粉者が異なる植物集団間では送粉に関わる花サイズが淘汰の結果、異なると予測される。このことを示せば、生態型の形成や送粉者を介した種分化のプロセスを理解するための重要なステップとなる。

本研究の材料であるウツボグサ *Prunella vulgaris* は、低標高から高標高にかけて広く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 *Bombus* spp. は、標高によって分布する種組成が異なっており、また、種ごとに口吻長などの形質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、これまであまり着目されてこなかった地理的に狭い範囲内での局所適応が起こり得る可能性を示唆し、“標高”という送粉者の分布を制限する要因が存在する山岳域での植物の多様化のメカニズムの一例を示すことができる。これまでに行った乗鞍岳での調査から、標高 1150m～2050m の間の 7 地点間で、ウツボグサの花筒長に変異があることがわかっている。また、その送粉者相についても、低標高と高標高では全く異なる種が分布しており、高標高地点間でも場所によって異なる種が優占していることが明らかになっている（JALPS 2011 で報告）。この花筒長の変異が異なる送粉者への適応の結果であることを示すために、今年度は 2 つのことに着目して調査を行った。

（1）花サイズの標高間変異に対する遺伝的要因の影響：野外で観察された花サイズの標高間変異が遺伝的要因によって生じているのかどうかを検証するために、花サイズを調べた 7 集団から種子を採集し、それらを共通環境下で栽培した。開花した個体の花サイズと植物体サイズを測定し、親集団の形質サイズと比較して、花サイズが環境が変わっても維持されているかどうかを調べた。

（2）花と送粉者のサイズマッチングと送粉効率の関係：3 種のマルハナバチが訪花に訪れる地点において、1 回訪花の柱頭付着花粉数と葯からの花粉持ち去り率を調べた。同時に、訪花された花の花筒長と、訪花したマルハナバチの送粉に関わる口吻などのサイズを測定し、両者のサイズマッチングと送粉効率の関係を検証した。

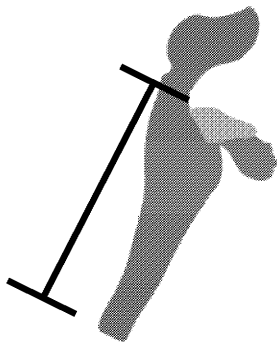


図 1. ウツボグサの小花。黒線は花筒長を示す。



図 2. 送粉者であるマルハナバチの一種。

長野県南箕輪村大芝の森におけるラジコンヘリコプターを用いた間伐木の選定について

○近藤大将・加藤正人（信州大学農）・小熊宏之（国立環境研究所）

I 背景・目的

間伐木の選定には、現地において選定を行う人物に経験や高度な技術が必要となり、人物によって選定される立木に差が出る事も起こり得る。そのような現状の中、定性的な間伐を行う手法として、リモートセンシングデータを利用した間伐木選定は有用であると考えられる。さらに、画像の取得にラジコンヘリコプターを利用することで、超高分解能画像が個人でも迅速かつ容易に取得する事が可能である。

そこで本研究では、ラジコンヘリコプターで撮影した超高分解能画像を利用し、間伐木選定を行うことを目的とした。

II 研究方法

長野県上伊那郡南箕輪村大芝の森において、ヒノキ林、ヒノキ・アカマツ林内にプロットを設置し、ラジコンヘリコプター撮影した画像を用いて間伐木の選定を行った。撮影した画像は、分解能2.5cmの可視光の画像である。この画像を用いて、以下の2種類の方法で間伐木を選定した。

一つ目は、DBH20cm以上の樹木に対し、現地で測定した形状、被圧、樹冠面積の3要素を利用した立木本数4割の間伐計画を作成する方法。二つ目は、リモートセンシングで抽出した立木に対し、抽出されたデータから算出した形状、被圧、樹冠面積の3要素を利用して立木本数4割の間伐計画を作成する方法である。ここでは、形状の悪い立木として樹冠の形が崩れた立木を、被圧木として抽出された樹冠が他の立木の樹冠と結合している立木を選択した。

また、現地、リモートセンシングによる両選木ともに、段階1では形状、段階2では形状・被圧、段階3では被圧・樹冠面積、段階4では樹冠面積と各段階の選定方法が現地とリモートセンシング両方に対応するよう選木基準を考案した。その後、一つ目の方法の結果を真値とし、後者の結果と比較、考察した。

III 結果・考察

解析の結果を表一1に示す。結果として全体の適合率は30～40%と低い値となった。精度が低くなった原因として、現地とリモートセンシングで算出した幹の曲がりが一致しなかったことが考えられた。そのため、今後違う幹の曲がりの推定方法を検討する必要があると考えられた。

この結果に対し段階3で選定した結果では、目的の樹冠面積の小さい被圧木を多く選定することができたため、適合本数が多かった。このことから、段階3の選定は、現地における不良木選定と一定の相関関係があると思われた。また、適合した立木の中には、現地において形状・被圧を理由として選定した立木も見られたことから、段階3による選定は形状・被圧による選定も包括していると考えられた。また、樹冠面積から選定を行った結果でも多くの適合が見られたことから、今後は幹の曲がりを示す要素を発見することによって段階1、2の精度向上を図り、全体の精度を向上させていきたい。また他の手法として、最終的に現地における選木結果と適合させるようなリモートセンシング解析を行うことも考えられた。

表一1. 各段階における適合本数

	段階1:形状	段階2:段階1+ 形状+被圧	段階3:段階2+ 被圧+樹冠面積	段階4:段階3+ 樹冠面積	適合率
混交林 適合本数	0本	1本	4本	5本	31%
ヒノキ林 適合本数	0本	0本	2本	6本	40%

中部山岳域におけるシワクシケアリの形態的・化学的・遺伝的分化

山本剛史（信州大院・理工・生物），上田昇平（信州大・山岳総研），
松月哲哉（信州大・理），市野隆雄（信州大・理，信州大・山岳総研）

日本においてシワクシケアリは北海道から屋久島まで広く分布している普通種である。シワクシケアリはこれまで外部形態を用いた分類により一種とされてきた。しかし、中部山岳域に分布するシワクシケアリについてミトコンドリア DNA (mtDNA) の cytochrome oxidase subunit I (COI) 遺伝子を用いた分子系統解析を行ったところ、単一とされていたシワクシケアリ内に 4 つの遺伝的に異なる系統が存在していることが明らかになった（上田ら 2011）。

しかし mtDNA は異種間で浸透交雑が起こりやすいため、種の系統を反映しない場合があるという問題点がある。したがって、mtDNA を用いて識別された 4 つのシワクシケアリの系統が生殖的に隔離している種かどうかを確かめるためには別の形質も調べる必要がある。そこで今回私たちは、mtDNA の解析がすでに行われたサンプルを用いて、核遺伝子を用いた分子系統解析、体表面炭化水素 (CHC) を用いた化学分析、及び形態計測を行った。

まず、核遺伝子の 28S リボソーム遺伝子 176 塩基対を用いて分子系統解析を行った。両性遺伝する核 DNA は父方と母方の両方から遺伝子が伝達される。したがって、mtDNA で問題であった異種間の交雑によって遺伝子が浸透する影響を受けにくいため、核 DNA はより種の系統を反映すると考えられる。さらに、CHC を用いた化学分析を行った。CHC は節足動物において、防水や保水の役割を担っている。特にアリでは巣仲間認識物質として用いられ、交配相手を認識するときにも重要であり、また CHC は種特異的であると言われていることから、分類形質として有用であると考えられている。最後に、外部の形態形質を用いてシワクシケアリが形態的に異なるかどうかを調べた。これまで、シワクシケアリの分類は定性的であり、特定の形質について定量的な解析は行われていない。したがって、働きアリのサンプルについて外部の 12 形態形質について計測を行った。

今回の発表では、核遺伝子による分子系統解析、CHC による化学分析、及び形態計測によって得られた結果と mtDNA による分子系統解析とを比較して、mtDNA を用いて識別したシワクシケアリの 4 つの系統が生殖的に隔離した種かどうかを検証し、報告する。

温暖化処理による高山植物の葉フェノロジーの変化

金崎 健太（筑波大・生物学類）、浜田 崇（長野県環境保全研究所）、尾関 雅章（長野県環境保全研究所）、下野 綾子（筑波大・遺伝子実験セ）、廣田 充（筑波大・生命環境系）

背景および目的

地球温暖化は現在も進行中の現象であり、様々な生物への影響が懸念されている。特に高山植物はその影響を強く受けるといわれており、実際にフェノロジー（生物季節）の変化などが世界各地で確認されている。フェノロジー変化は高山植物の繁殖や物質生産に大きな影響を与えると考えられており、変化に至るメカニズムの解明も含めて注意深く観察する必要がある。しかし、遠隔地に生育する高山植物を対象とした観測は、目視や写真撮影による断続的なものになりやすいという問題点を抱える。高山植物は生育期間が短く、短期間でも植物が劇的に変化することが考えられるため、できるだけ連続して観測する必要がある。そこで本研究では、自動連続撮影が可能な小型カメラを用いることで、温暖化処理区内外に生育する高山植物を連続的に撮影し、温暖化処理によるフェノロジーの変化を明らかにすることを目的とした。同時に、フェノロジーの変化に加えて植物の形態の変化も明らかにするために、温暖化処理区内外の葉の解剖構造についても調べた。

実験概要

木曽駒ヶ岳山頂付近に設置されている温暖化実験区の内外に見られるツツジ科高山植物を対象に観察を行った。この温暖化実験区にはオープン・トップ・チャンバー（Open Top Chamber、以下 OTC）が設置されており、OTC 内外で約 2℃の温度差がある。この OTC は 1995 年に設置されて以降、温暖化処理が継続して行われている。OTC の内外に連続撮影用の定点カメラ「ガーデンウォッチカム（バイコム社製）」を動かさないように固定し、2012 年 6 月 21 日より 4 時間に 1 枚の間隔を設定して撮影を開始した（図 1）。データは 8 月 2 日、9 月 28 日に回収した（現在も撮影は継続中である）。撮影した画像は、画像解析ソフト（Adobe Photoshop Elements 5.0）を用いて処理した後、フェノロジー解析を行った。葉の解剖構造に関しては、OTC 内外で見られるツツジ科低木 3 種（ヒメクロマメノキ *Vaccinium uliginosum* var. *alpinum*、ウラシマツツジ *Arctous alpina*、ガンコウラン *Empetrum nigrum*）を選び、それぞれの葉を OTC 内外から採取した。採取した葉をすぐに固定液に浸してから、光学顕微鏡で断面構造を観察した。

結果・考察

図 2 に実際に撮影された画像の一例を示す（2012 年 6 月 23 日撮影）。これらの画像から、ヒメクロマメノキの展葉や紅葉の時期が OTC 内外で異なることが明らかになった。本発表では、展葉と紅葉の二つのプロセスに着目して、OTC 内外での差異を明確にするとともに、葉の解剖構造の違いについても明らかにしていく。

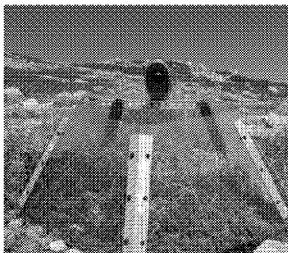


図 1. OTC とカメラ

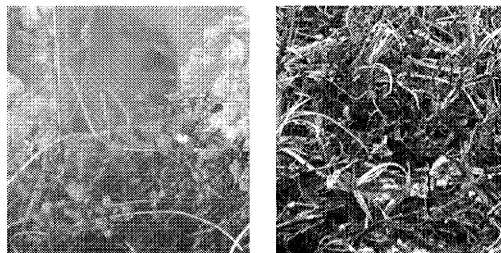


図 2. OTC 内部（左）と外部（右）の様子。

中部山岳域におけるハイマツを食害するハバチ類の生態と年次変動

古屋諒・斉藤雄太・中村寛志（信州大学農学部 AFC）

ハバチ類による食害はハイマツの枯損要因の一つとして挙げられ、風障害などの環境要因とも密接に関係している。ハイマツを食害するハバチ類に関する研究は北海道で多く行われていた。本州では 2001 年から木曽駒ヶ岳でハイマツを加害するハバチが大発生していることが確認され、その後の調査で、このハイマツを加害するハバチとしてタカネヒラタハバチ *Cephalcia variegata* とマツハバチの一種 *Gilpinia* sp. であることが明らかになった。しかし、*Gilpinia* sp. は種まで同定するには到っていない。また、*Gilpinia* sp. は北岳においてもハイマツを食害していることが確認された。しかしながら、中部山岳地帯のハイマツを食害するハバチに関する研究は非常に少ないのが現状である。

本研究は中部山岳域（北アルプス、中央アルプス、南アルプス）において、タカネヒラタハバチと *Gilpinia* sp. の分布状況の把握し、いまだ不明な点の多い 2 種のハバチ類の生態的知見を得る事を目的として行った。

調査地は以前から継続している中央アルプスの中岳と、南アルプスの北岳～中白根山に加え、北アルプスの常念岳～蝶ヶ岳を設定した。調査項目は、GPS (GARMIN GPSMAP 60CSx) を用いたタカネヒラタハバチと *Gilpinia* sp. が発生している場所のマーク、個体数のカウント、被害程度などである。その結果、2011 年に北アルプスの常念岳と蝶ヶ岳で初めてハバチ 2 種の分布が確認された。一方、中央アルプスと南アルプスで生息している *Gilpinia* sp. の個体数は 2005 年の調査よりも減少した。中央アルプスでは、*Gilpinia* sp. の大発生が収斂してきたと言える。一方、南アルプスでは、*Gilpinia* sp. の代わりにタカネヒラタハバチの大発生が見られた。2005～2011 年の間に、ハイマツを食害するハバチの優占種が *Gilpinia* sp. からタカネヒラタハバチに変わったことが分かった。これは両種間で、餌資源をめぐる競争があったのか、単なる発生周期のずれによるものかは今後の研究の課題である。

本年度も同様の調査を行った結果、ハバチ 2 種の分布域と個体数が両種共に減少する傾向がみられた。原因は依然として不明のままであるが、ハバチ 2 種の減少が中部山岳域全体で起こったため、仮定として気象による原因が考えられる。飼育による実験である程度の要因がつかめるかもしれない。今回は 2005、2011、2012 年の 3 回にわたる調査によって判明したハバチ 2 種の個体数変動の傾向と分布エリアの変化を述べる。また、観察によるハバチ 2 種の生態に関する知見もあわせて報告する。



Gilpinia sp. 成虫のオス (2006 年 7 月 3 日)



Gilpinia sp. の集団幼虫 (2011 年 8 月 28 日)

菅平高原実験センターにおけるアカマツ針葉上の *Coleosporium* 属菌の種構成と分布

○鈴木浩之, 山岡裕一, 柿 真, 出川洋介, 岡根 泉(筑波大・生命環境科学研究科)

Coleosporium 属菌はサビキン目に属する植物寄生菌であり、マツの重要病害の一つである葉さび病を引き起こす。多くの種は異種寄生性を有しており、精子・さび孢子世代はマツ属植物に、夏孢子・冬孢子世代は種によって様々な植物（中間宿主）に特異的に寄生する。アカマツに寄生する *Coleosporium* 属菌は数多く存在するが、さび孢子世代の形態は種間で類似しており、形態のみで全ての種を同定することはできない。そのため、これまでアカマツ針葉上の *Coleosporium* 属菌の動態はほとんど明らかにされていなかった。そこで本研究では、中間宿主上で *Coleosporium* 属菌 5 種の存在が確認されている筑波大学菅平高原実験センターをモデルとし、センター内におけるアカマツ針葉上の *Coleosporium* 属菌の種構成と分布の解明を試みた。

2011 年 6 月にセンター内のアカマツ林縁から 9 本、林内から 17 本のアカマツの枝先を無作為に切り取り、さび孢子堆の見られる針葉を採取した。そのとき、可能な場合は 1 本のアカマツから 1 m 間隔で異なる高さ（2.5 m～6.5 m）の枝を 1 本ずつ切り落とした。得られた針葉 1 組から 1 つのさび孢子堆を無作為に選び、改変 CTAB 法によって DNA を抽出したのちに PCR-RFLP 法を用いて種を同定した。また、2011 年 7 月から 10 月にかけて月に 1 度ずつ、センターを中心に中間宿主上の *Coleosporium* 属菌の感染状態を調査した。

RFLP 解析によってさび孢子堆 334 サンプルが種同定され、キハダを中間宿主とする *C. phellodendri*、ツリガネニンジン（*C. lycopi*）を中間宿主とする *C. lycopi*、ゴマナを中間宿主とする *C. asterum*（以下 *C. asterum*1）、ユウガギクを中間宿主とする *C. asterum*（以下、*C. asterum*2）、ボタンヅルを中間宿主とする *C. clematidis-apiifoliae* がアカマツ針葉上から検出された。334 サンプルのうち 290 サンプルが *C. phellodendri* であり、他種に比べ圧倒的に高い頻度で検出された。*C. phellodendri* と *C. lycopi* はススキ草原と接するアカマツ林縁全域から検出されたのに対し、*C. asterum* 1、*C. asterum* 2、*C. clematidis-apiifoliae* は林縁の南西側からのみ検出された。また林縁において、*C. phellodendri* や *C. lycopi* は全ての高さから検出されたのに対し、*C. asterum* 1、*C. asterum* 2、*C. clematidis-apiifoliae* は 3.5～4.5 m と限定された範囲で検出された（Table 1）。

キハダは検出された *Coleosporium* 属菌の中間宿主の中で唯一の高木であり、センター付近に多くの植物体が存在する。広範囲に多量の孢子を飛散させられることが、センター内のアカマツ林で *C. phellodendri* が圧倒的に優占している要因であると考えられる。ツリガネニジンはススキ草原に広く分布しており、ユウガギクやボタンヅルはセンター内の南西側に偏って分布していた。これらを中間宿主とする *Coleosporium* 属菌が検出されたアカマツの位置とそれぞれの中間宿主の分布傾向には関連性が見られた。

以上の結果から、アカマツ針葉上での *Coleosporium* 属菌はそれぞれの種で異なる分布パターンを有していることが本研究で初めて明らかとなり、中間宿主の分布がこの分布パターンに強く影響していることが示唆された。

Table 1 林縁におけるアカマツ針葉上から検出された *Coleosporium* 属菌の高さ別出現率

高さ (m)	枝数 (本)	出現率 ¹⁾				
		<i>C. phellodendri</i>	<i>C. lycopi</i>	<i>C. clematidis-apiifoliae</i>	<i>C. asterum</i> 1	<i>C. asterum</i> 2
6.5	6	83	22	0	0	0
5.5	4	50	50	0	0	0
4.5	9	89	22	22	11	33
3.5	7	86	67	14	14	14
2.5	2	50	50	0	0	0

¹⁾ 出現率 = *Coleosporium* 属菌が検出された枝数 / 切り落とした枝数 × 100

長野市鬼無里府成地区における里山の持続的利用を目指した森林の管理方法の検討と予測される採取可能バイオマス量の推定

○田中いずみ（信州大）・井田秀行（信州大・山岳総研／志賀自然教育研）

【研究の背景と目的】

里山の荒廃が問題とされている一方で、里山の利用を考える動きがある。また電力不足などが叫ばれているなかで再生可能エネルギーやバイオマスエネルギーを利用しようという意識も高まってきている。このような現状を踏まえ放棄された里山から薪を切り出し再び利用しようという動きもある。

計算ではどのくらいのバイオマスが採取可能かといった研究結果（例えば上石津町木質バイオマス導入基礎調査報告書，2008）はあるが、実際の山はパッチ状に樹種が入り混じっており、実践的な利用を考慮した研究結果はない。

そこで、本研究では持続的に里山を利用することを目的とした場合、樹種・周辺環境・伐採方法を考慮した際に得ることのできるバイオマス量を推定することにした。

【調査地】

長野市鬼無里府成地区において聞き込みによって共有区を特定し、植生調査を踏まえ、各樹種400 m²の範囲で毎木調査を行った。

【方法】

植生タイプごとに2カ所ずつ20m×20m(400 m²)の範囲で毎木調査を行う。対象樹種は高木樹種に絞りに、コナラ、ミズナラ、クリ、クルミ、スギ、カラマツとした。得られたデータを基に木質バイオマス利用ポテンシャル評価モデルを使用して各樹種からの利用可能バイオマス量を推定する。

【文献】

田端英雄ほか；上石津町木質バイオマス導入基礎調査報告書，上石津町，2003

チラカゲロウにおける個体群構造と遺伝的構造 -東アジア広域および山地から 低地まで幅広く流程分布する広域分布種に着目して- 斎藤 梨絵（信州大院・工学系）・〇東城 幸治（信州大・山岳総研）

チラカゲロウ（昆虫綱，カゲロウ目）は日本列島を含む東アジアに広域分布し，さらには河川水系内においても上流から下流まで広く流程分布する．本研究ではチラカゲロウを対象に，東アジア広域における多数の水系を対象とする「水平方向（平面）」的視点，および水系内の流程を対象とした「垂直方向（断面）」的視点から，河川広域分布種（i. e., ジェネラリスト種）の個体群構造と遺伝的構造を追究する．

【水平方向（平面的）視点での検討】

116 地点から採集した 205 個体のチラカゲロウについて，mtDNA COI 領域および 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，チラカゲロウは，近隣結合（NJ）法，最尤（ML）法のいずれにおいても各々の単系統性が強く支持される 2 つのクレードから構成されることが明らかとなった：日本列島クレード（クレード J），大陸クレード（クレード C）．さらに日本列島クレードは，2 つのサブクレード（クレード J-A，J-B）から構成されることが示された．クレード J-A は北海道・本州・四国・九州から採集されたチラカゲロウ個体，クレード J-B は北海道を除く，本州・四国・九州から採集されたチラカゲロウ個体により構成された．

また，クレード J-A は河川の中流・下流域で採集された個体，クレード J-B は河川の上流域で採集された個体により構成される傾向にあった．この傾向を検証するため，チラカゲロウが採集された地点における，河川次数，および集水域の面積を計測し，河川規模の相対評価を行った．結果，クレード J-A に比べ，クレード J-B を構成するチラカゲロウが採集された地点は，より河川次数が低く，かつ集水域の面積が小さい傾向にあることが明らかとなった．さらに，岡山県の旭川水系で採集されたチラカゲロウの遺伝子解析の結果，河川上流域ではクレード J-B，河川中・下流域ではクレード J-A に位置するハプロタイプが検出され，両クレードを構成するチラカゲロウは，1 つの河川水系内においても，上・下流域間での空間的な棲み分けをしていることが示唆された．

【垂直方向（断面的）視点での検討】

次に，信濃川水系を対象に，水系内におけるチラカゲロウの個体群構造・遺伝的構造を追究した．信濃川本川と主要支川に約 10km 間隔の調査地を設け，個体群構造の究明として定量調査（5 分間×3／地点）を行い，地点間の相対的な個体密度および現存量を計測，比較した．さらに，各地点で採集されたチラカゲロウ個体について，mtDNA COI 領域の遺伝子解析に基づく遺伝的構造を解析した．その結果，水系内におけるチラカゲロウは，各地点の個体密度によらず，いずれの生息地点においても比較的高い遺伝的多様性を有することや，日本列島最大級の河川規模である信濃川水系において広域的な遺伝子流動が生じていることが示唆された．

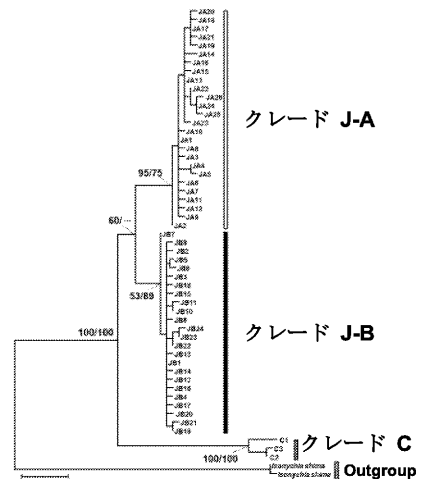


図 1. チラカゲロウの mtDNA 16S rRNA 領域の部分塩基配列（386-bp）に基づくハプロタイプ間の ML 樹．主要ノード部に付した数値はブートストラップ値（ML 法/NJ 法）．

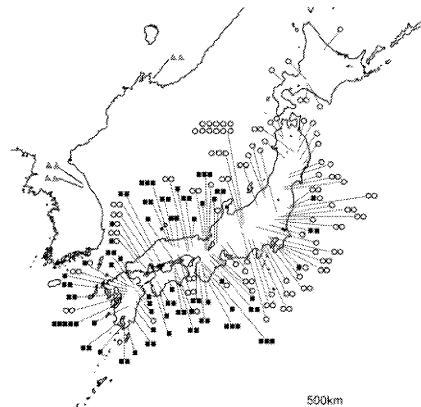


図 2. チラカゲロウの採集地点と検出されたハプロタイプが属するクレード（○：クレード J-A ■：クレード J-B ▲：クレード C）を示している

分子系統解析によるオニクマムシ(緩歩動物門; 真クマムシ綱)の 長距離分散能力の究明

久米あずさ (信州大院・工学系), ○東城幸治 (信州大・山岳総研)

クマムシ類 Tardigrada は、体長 0.1 - 1.2mm の小さな後生動物で、海水域や陸域(陸上や陸水)の様々な環境に適応して生活している。このうち陸生クマムシ類が生息するコケ植物や地衣類などの植物体間隙は、乾燥と湿潤、あるいは凍結と融解などを繰り返す極めて不安定な環境である。このようなハビタットにおいて、クマムシ類は自ら「乾く」ことにより無代謝休眠(クリプトビオシス cryptobiosis)に入り、生存に不適な状況を回避することが知られている。クリプトビオシス時のクマムシ類は、その付属肢を縮めて体を丸める「tun 状態(樽状態)」となるが、これは風を介した分散にたいへん都合の良い形状でもあると考えられる。このように、陸生クマムシ類はクリプトビオシス状態で風媒輸送されることによる高い受動的な分散能力があると考えられているが、クマムシ類の風分散に関する直接的証拠となるような知見は得られていない。

本研究では、オニクマムシ *Milnesium cf. tardigradum* を対象として分子系統解析を行い、地域個体群内-地域個体群間での遺伝的構造の比較からその遺伝的分化の程度を検討した。日本列島、朝鮮半島およびヨーロッパの 50 の地域個体群から採集したオニクマムシ 276 個体について、ミトコンドリア DNA COI 領域と核 DNA ITS2 領域を解析したところ、解析個体の 78%から同一遺伝子型が検出された。この遺伝子型は直線距離で 1,300km を超える地域を両端とする 36 個体群で共有されていた。互いに大きく分化する 5 つの遺伝的系統が確認されたが、各系統内の遺伝的多様度は低く、遺伝的分化における地域的傾向は認められなかった。これはオニクマムシ個体の長距離分散に起因するものと考えられ、tun 状態時における高い受動的分散能力によるものと推察できる。さらに、北海道と山形県のオニクマムシ個体群からともに検出された遺伝子型はドイツ・チュービンゲン産オニクマムシの遺伝子配列と完全に一致したことから、極めて稀には大陸を跨ぐような長距離分散が生じている可能性も示唆された。

また、本研究から長距離分散が生じている状況証拠は得られたものの、人為的影響が生じていることは十分考えられる。実際に風による分散が生じているか否かを明らかにするため、1 分間に 700 リットルの空気を吸引できるエアースンプラーを用い、風媒分散するクマムシ類や他の風により分散する微生物をエアースンプラーのフィルタ面に捉えることを試みている。

山岳形成による移動分散の制限がもたらしたコオイムシ類の遺伝的構造

○鈴木智也（信州大院・総合工），北野 忠（東海大・教養），東城幸治（信州大・理・生物）

東アジア地域にはコオイムシ *Appasus japonicus* およびオオコオイムシ *Appasus major* という 2 種のコオイムシ属昆虫が生息している。両種は形態的に酷似しているほか、分布域についても東アジアの広範囲でオーバーラップしている。このため、種間交雑の可能性についても示唆されてきた（星川, 2001）。しかしながら、両種は遺伝的には大きく分化しており、種間交雑の可能性も低いことが、ミトコンドリア遺伝子（COI, 16S rRNA 領域）および核遺伝子（Histone 3 領域）を用いたこれまでの我々の研究で明らかとなってきた。本研究では、コオイムシ属 2 種間における遺伝的構造および系統地理的パターンを比較するため、北海道から九州までの日本広域、韓国およびロシアにおいてコオイムシ（67 地点, 143 個体）およびオオコオイムシ（51 地点, 98 個体）を採集し、ミトコンドリア遺伝子 COI 領域（658 bp）、および 16S rRNA 領域（435 bp）の遺伝子解析を行った。

系統解析の結果、コオイムシについては韓国産の個体が単系統群を構成し、日本国内においても大きく 2 つの系統群から構成されることが明らかとなった。さらに、韓国系統と日本の九州地方などを含む系統が単系統群として評価され、日本産コオイムシは側系統の関係にある（*i.e.*, 非単系統群）と評価された。

一方、オオコオイムシについては、日本産および韓国・ロシア産の個体がそれぞれ単系統群を構成し、日本国内のオオコオイムシは 3 つの系統群から構成される結果となった。

両種における系統解析結果を比較したところ、系統地理的な遺伝的構造は 2 種間で大きく異なることが明らかとなった。また、昆虫類において適用されるミトコンドリア遺伝子 COI および 16S rRNA 領域を結合させた際の塩基置換率（100 万年あたり 2.39%）を当てはめ、分岐年代推定を試みた。それぞれの種内における各系統群間の分岐年代推定は、個体群の分断要因と考えられる海峡や山脈の形成時期といった地史と深く関連していることが示唆された。さらに、系統群ごとにミスマッチ分布解析を行ったところ、コオイムシ種内における各系統は、いずれも安定維持型であると評価されたのに対し、オオコオイムシについては、いくつかの種内系統においてボトルネックが生じたことを示唆する結果が得られた。このように、形態や生態、ハビタットの選好性（*i.e.*, 生態的ニッチ）は種内で酷似しており、かつ分布域も大きくオーバーラップしている同属の 2 種であるにもかかわらず、その遺伝的構造および系統地理的パターンには差異がみられることが、本研究において明らかとなった。これらの結果は、両種間における移動分散能力や過去の分散プロセスに差があることを示唆するものであると考えられる。

中部山岳域を中心に分布する短翅型スカシシリアゲモドキの進化プロセス究明

○鈴木智也（信州大院・総合工）、鈴木信夫（日本女子体育大・運動）、

町田龍一郎（筑波大・菅平センター）、東城幸治（信州大・理・生物）

日本（本州・四国・九州）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 pattern 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か否かを確かめるため、ミトコンドリア遺伝子 COI 領域（658 bp）および 16S rRNA 領域（855 bp）、および核遺伝子 EF1- α 領域（658 bp）を用いて遺伝子解析を行った。

この結果、ミトコンドリアおよび核遺伝子のいずれの領域においても、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ず、系統的類縁関係を推定する分岐図においてモザイク的に位置づけられる結果となった。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。

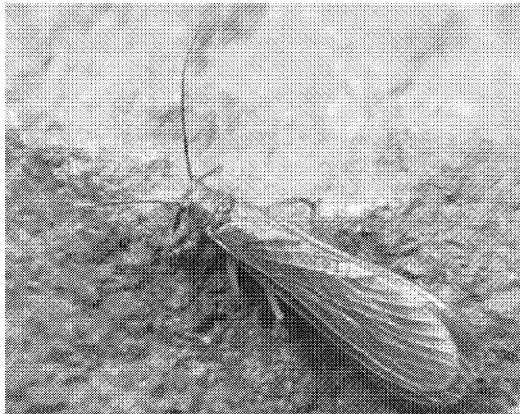
以上のように、スカシシリアゲモドキに認められる形態多型は複雑な進化史をもつことが明らかとなった。本種においては翅長に多型が認められるが、シリアゲムシ目全般においては長翅型が一般的であるため、本種における短翅型が派生的形質であると推察されるが、これらのタイプが系統進化において多系統的に分化・派生してきたものと考えられる。同時に、短翅型個体は長翅型個体よりも体色が濃く、黒褐色の翅斑が多いこと、これらの派生的と考えられる短翅タイプは高標高域において認められることから、寒さや強風、強い紫外線、低い空気抵抗などに対して適応的であるが故に複数の系統において平行的に獲得された種内「エコモルフ ecomorph」と言えるかも知れない。

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(信州大院・理工学系), 東城 幸治(信州大・山岳総研)

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最も原始的な有翅昆虫群であるとされ、42 科約 3,000 種から構成される。また、16 科約 3,500 種が記録されているカワゲラ目 Plecoptera の昆虫類も、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、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。

本研究で対象とするカゲロウ類とカワゲラ類は、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、個体群が局所・散在的となり、孤立しがちな個体群構造をとる。つまり、遺伝子流動が生じる範囲も孤立・散在的とな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。



ノギカワゲラ類 (成虫)



オビカゲロウ (成虫)

源流域の飛沫帯に生息する昆虫として、ヒラタカゲロウ科 Heptageniidae のオビカゲロウ *Bleptus* 属、および、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、およびミヤマノギカワゲラ *Yoraperla* 属) を主な研究対象とした。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、4 属 12 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)、台湾、中国、マレーシアから採集し、ミトコンドリア遺伝子の COI、16S rRNA 領域、および核遺伝子の 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。

長野県ツキノワグマ个体群における遺伝的構造の究明

早川美波（信州大院・理工学系），林秀剛（NPO 法人信州ツキノワグマ研究会），岸元良輔（長野県・環境保全研），伊藤建夫（信州大・理学部），東城幸治（信州大・山岳総合研）

ツキノワグマ *Ursus thibetanus* は、アジア広域に生息する中型のクマで、生息地域ごとに7亜種に区分されている。日本国内には、本州および四国にニホンツキノワグマ *U. t. japonicus* が生息している（九州では絶滅）。これら地域のうち、中部山岳域はツキノワグマの個体密度が比較的高く、長野県におけるツキノワグマの推定生息数は約3,600頭（2011年、長野県による推定値）と重要な生息地の一つと考えられる。一方で、農林漁業被害や人里への出没、人身事故など、人とツキノワグマとの軋轢が生じているため、長野県特定鳥獣保護管理計画（長野県）では、狩猟と個体数調整による捕殺数を年間約150頭に制限し、対応しているものの、ツキノワグマの大量出没年には150頭を大きく上回る個体が捕殺されている（例えば、2006年には558頭、2010年には361頭のツキノワグマが捕殺されている）。本研究では、長野県広域から採取されたツキノワグマ約170個体を対象に、mtDNA制御領域約626-bpの塩基配列を解析し、長野県ツキノワグマ個体群における遺伝的構造について考察した。

本研究から、長野県ツキノワグマ個体群は、先行研究よりも比較的高い遺伝的多様性をもつことが示され、長野県北部で特に遺伝的多様性が高いことが示された。長野県の特定鳥獣保護管理計画において8区分される地域個体群のうち、「南アルプス」、「中央アルプス」、「北アルプス南部」では、静岡・山梨の個体と同じハプロタイプが、「長野北部」、「越後・三国」では、新潟・群馬・栃木の個体と同じハプロタイプが検出された。分子分散分析（AMOVA）では長野県北部、中部、南部それぞれの地域個体群間で遺伝子流動が起きていることが示された。特に「長野北部」と「越後・三国」との間では、共通ハプロタイプが多く検出されたことから、これら地域個体群は、遺伝的流動が認められるメタ個体群構造が維持されていると考えられる。一方で、長野県南部地域（「南アルプス」、「中央アルプス」、「北アルプス南部」）と長野県北部地域（「長野県北部」、「越後・三国」）間では、東日本に広域に分布する祖先的な1つのハプロタイプを除くと、検出されたハプロタイプ組成が大きく異なることから、これらの地域間での遺伝子流動（すなわちツキノワグマの移動）は極めて少ないものと考えられる。



ニホンツキノワグマ（成獣）

山岳源流棲昆虫・カメノコヒメトビケラ類の分子系統地理学的研究

○新井谷梨鈴（信州大・理），伊藤富子（北海道水生生物研究所），
東城幸治（信州大・山岳総研）

【背景】

カメノコヒメトビケラ *Palaeagapetus* 属（トビケラ目，ヒメトビケラ科）は湧水や河川源流域の細流に生息する小型のトビケラで、北米大陸に2種、東アジアに7種が確認されている。日本国内には、マガリカメノコトビケラ *P. flexus*（サハリン～北海道中部）、カメノコヒメトビケラ *P. ovatus* とフクイカメノコヒメトビケラ *P. fukuensis*（北海道南部～本州中部）、コガタカメノコヒメトビケラ *P. parvus*（本州中～南西部）、シコクカメノコヒメトビケラ *P. shikokuensis*（四国）、キュウシュウカメノコヒメトビケラ *P. kyushuensis*（九州）がほぼ側所的に分布している（図1）。トビケラ目には、幼虫期に絹糸を利用して巣を作る種が多いが、本種群は5齢幼虫になると餌であるフジウロコゴケ（ウロコゴケ目，ウロコゴケ科）の葉を用いて営巣する。フジウロコゴケは北半球の温帯に広く分布し、水中に大きな群落をつくる種である。この水苔の巣の中で蛹に変態し、羽化した成虫は交尾後フジウロコゴケに産卵する。このようにカメノコヒメトビケラ類は、一生を通してフジウロコゴケに依存した生活史をもつ。本種群は、特殊なハビタット嗜好によってその分布は局在的となり、移動分散も制限されると考えられる。日本列島には広域分布するものの、種あるいは個体群レベルでの遺伝的分化が地史をよく反映している可能性が高く、系統解析や系統地理学的研究に適した生物種群であると考えられ、本研究では分子系統地理学的な検討を試みた。

【方法・結果】

国内・国外産カメノコヒメトビケラ属の全9種について遺伝子解析を行った。

国内40地点・海外3地点から得られた計124サンプルを用いてミトコンドリアDNA COI 領域、および核DNA Histone 3 領域を解析し、得られた塩基配列からML法により分岐図を作成した。

この結果、カメノコヒメトビケラ類は大きく2つの系統群（①北米+ロシア+東日本、②西日本）から構成されることが明らかとなった。そして、この2大系統の境界が中部山岳地域にあることが明らかとなった。

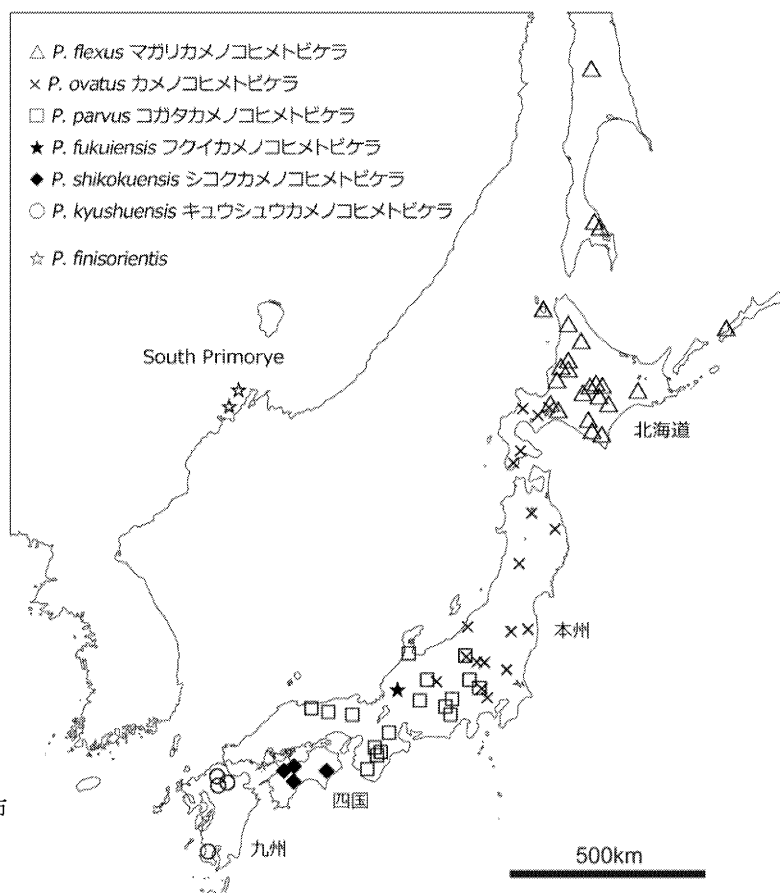


図1.
東アジアにおける
カメノコヒメトビケラ属の分布

第四紀の気候変動・地史と深く関わる 河川源流棲トゲオトンボ類の分子系統地理学的研究

○村田拓也, 東城幸治(信州大・理学部)

トゲオトンボ属 *Rhipidolestes* は、ヤマイトトンボ科 Megapodagrionidae に属するトンボで、日本産ヤマイトトンボ科はトゲオトンボ属 1 属 (7 種 1 亜種) のみが記録されている。トゲオトンボ類は、四国・九州・屋久島・甕列島・奄美大島・徳之島・沖縄島 (2 種)・渡嘉敷島・八重山諸島の他、台湾やユーラシア大陸にも生息している。山岳源流域や細流の飛沫帯や滴りといった特殊なハビタットに依存・適応し、生息域は極めて限定的である。加えて、飛翔力はトンボ目の中では極めて弱く、移動分散が生じ難い種群であるため、局所・散在分布をする。一方、属レベルでは西南日本から大陸にかけて広域に分布するため、これら広い地域の形成史を強く反映するような種群・個体群構造、遺伝的構造を有すると考えられる。

このような背景から、本種群の分子系統地理的解析を行ったところ、(1) 四国・九州・甕島の種群が 1 つのクレードを形成し、(2) 石垣・西表・台湾の種群が 1 つのクレードを形成した。また、これら (1)・(2) のクレードが互いに姉妹群となることが明らかとなった。また、地理的にはこれらの間に位置する、中琉球地域 (奄美大島・徳之島・沖縄島) の種群が (1)・(2) から構成されるクレードの外に位置づけられる結果となり、中琉球地域のトゲオトンボ類の異質性を示すような結果となった。

(1)・(2) のクレードと中琉球地域の種群との間には、トカラギャップとケラマギャップという 2 つの大きな分布境界線によって隔てられている。逆に、(1)・(2) のクレードは、現在の東シナ海に存在する浅い大陸棚を考慮すれば、水位が低下した氷期においてはむしろ連続的となり、現在の地理的距離ではなく、地史 (特に更新世初期~中期) を参照すればリーズナブルな結果であると考えられる。

基本的には 1 島に 1 種ずつが分布をするトゲオトンボ類の中で、沖縄島のみ、1 島に 2 種 (オキナワトゲオトンボ *R. okinawanus* とヤンバルトゲオトンボ *R. shozoi*) が生息している。これら 2 種は mtDNA および nDNA の両解析結果のいずれにおいても、互いに遺伝的に大きく分化すること、かつ、他種群も含めた系統解析の結果は、これら 2 種が単系統クレードを形成しない結果が得られた (姉妹群でさえもない可能性が高い)。すなわち、沖縄島内では起源を異にする 2 つのトゲオトンボ種群が二次的に一つの島内で接触し、何らかの干渉 (e.g., 繁殖干渉) を伴いながら側所的分布を維持しているものと考えられる。

オキナワトゲオトンボとヤンバルトゲオトンボの混生地である源河川では、上流域にヤンバルトゲオトンボが、そして下流域にはオキナワトゲオトンボが生息するという垂直分布をしており、これらの間の中流域においては両種が混生する地点が認められた。また、汀間川とテーマダ川においてはわずかながらではあるが、mtDNA と nDNA の結果に食い違いが認められる個体も確認できており、わずかな割合ではあるが両種間には浸透交雑が生じていることが示唆された。

今後は、解析数をさらに増やし、より精度の高い系統解析と解析結果からの分岐年代推定を行う予定である。また、種レベルでの形態形質にも着目し、分子系統解析の結果と比較しながらより深く考察していく予定である。

中部山岳山頂における植物多様性の広域比較

○尾鼻陽介, 佐藤利幸(信州大・理学部)

気候変動による植生の変遷を山岳山頂部でモニタリングする GLORIA プロジェクト (Global Observation Research Initiatives In Alpine Environments) が世界中で展開する中、2009 年より乗鞍岳地域における参画を目指してきた。しかし、その方法は日本の山岳特性・登山文化などの条件からも広く展開するのは不可能に近い事を突き付けられた。

中部山岳は日本海から太平洋にかけて連なっているため、多雪地域や比較的乾燥した地域など、気候は山岳・地域によって異なる。従って、気候変動の影響は中部山岳地域内でも異なる事が予想され、中部山岳における気候変動の影響を検出・議論するには広域的な検証も必要であると考えられる。しかし、山岳植生の広域的な比較・変化の検証を行うには、地理的条件の統一や調査地点の保存が課題となってくる。その点で「山頂」は全方位を含み、地点保存のために操作を加える必要もないため、簡便な調査で広域的な比較を可能にする有効な調査地点と考えられる。また、山岳域における長期的な植生変化の検出が可能なデータが少ない事も事実である。本研究では山頂の植物相に注目して、山岳における植物多様性の広域的な特性を把握する事と、再調査可能な植物相データの蓄積を目的として行っている。また、連携事業で取り組んでいる、GIS による中部山岳植物多様性広域マッピングのピンポイントデータとして貢献できれば幸いである。

2010, 2011 年までに北アルプス・八ヶ岳・南アルプスを含む 24 峰の山頂植物相を記録した。調査範囲は、立ち入りが極めて困難な個所を除いた山頂直下 10m の全方位とした。24 峰で確認された種は 138 種で、平均種数は 27.7 種であった。後立山連峰北部の朝日岳・雪倉岳、南部の燕岳、八ヶ岳の横岳では高い多様性 (40 種以上) を確認したのに対し、白馬鎗ヶ岳・乗鞍岳の植物相は 20 種以下であった。出現頻度の低い種の豊富さと種数概しては比例している。しかし、白馬鎗ヶ岳と仙丈ヶ岳は少ない種数に対して、低出現種数を比較的多く含むという特徴を示した。また、白馬鎗ヶ岳は固有種を多く含むという特徴もあった。一方で、乗鞍岳は非常に「ありきたり」な種で構成されていた。

八ヶ岳では 4 峰を調査しており、どの峰でも 30 種以上を確認し、多様性は高い山岳であった。同時期に形成された火山である乗鞍岳とは対照的な結果だった。八ヶ岳は主に岩稜で構成された山岳で、少ない降雪量もあって雪田が形成されない、乾燥した環境でもあり、多様性の高さは以外な結果であった。また、八ヶ岳の山頂には絶滅危惧種が比較的多く含まれる事も注目すべき特徴である。



カラマツ樹幹における生態系エンジニアとしての地衣類

池田彬人（信州大学工学系研究科地球生物圏科学専攻）

大石武（信州大学理学部）

佐藤利幸（信州大学理学部）

生態系エンジニアとは、ハビタットを改変または創出する生物のことである（Jones et al., 1994）。生態系エンジニアの例として、森林の木本類やビーバーなどが挙げられる。樹木は、成長に伴って樹冠を発達させる過程で、幹や枝が様々な生物の生育場所となる。このように、生態系エンジニアが自分自身を変化させる過程に伴った作用を Autogenic エンジニアリングと呼ぶ。ビーバーは、周囲の樹木を切り倒してダムを形成する過程で、林床やダム下流の環境を物理的に大きく変化させ、様々な種類のハビタットを形成する。このように、生態系エンジニアが周囲の環境に対して物理的な変化を与える作用を Allogenic エンジニアリングと呼ぶ。

地衣類は、藻類との共生により地衣体とよばれる植物体を形成する菌類の一群である。地衣体内において、共生藻類は菌類に対して光合成産物を与え、菌類は共生藻類に対して安定した生息場所を提供するといった相利共生の関係にある（Ahmadjian, 1993）。地衣体内における菌類と藻類の共生は高度に一体化しており、地衣体は見かけ上単一の生物のようにふるまう（柏谷, 2009）。地衣類はこの特性により、外界からの栄養分をほとんど必要とせず、樹皮の表面や高山風衝地など、他の生物が定着しにくい環境において優先的に侵入できることから、山岳域の着生植物のなかで主要な分類群となっている（vittoz et al., 2010）。

着生植物の形態は、分類群ごとに、水や光などに対する生態的な要求を基準にして、いくつかの生活形に分類されている。地衣類の生活形には、匍匐形、斜上形、懸垂形、直立形の主要4タイプがあるとされ、各タイプはさらに細分化されて、全体としては25種類の生活形が示されている。（Nakanishi, 1962）。

樹幹着生地衣群落の中にはクモ類やムカデ類、昆虫類などの小型節足動物がよく見つかる。これらの節足動物は地衣体と樹皮との隙間などの空間に生息している様子が観察できる。このことは、地衣体の立体的な構造が、これらの動物にとっての生育場所や退避場所となり、地衣類が Autogenic エンジニアとしての機能を果たしている可能性を示している。もしそうであれば、地衣体上に生息する動物の種類や個体数が、地衣体の生活形によって異なるパターンを示すと考えられる。これが解明されれば森林における生物間ネットワークを理解するうえで役立つと期待される。

地衣群落内に生息する動物についての研究は、Somerén (1924)、Asahina (1938)、Baba (1954) 等によるウスバカゲロウ科昆虫についての記述や、Asama (2012) によるコケオニグモ *Araneus seminiger* に関するものがあるが、これらはすべて個々の動物に的を絞った個体生態学的な研究であり、地衣群落中の動物相がどのようになっているかという問題に対する生態学的な研究は全く行われていない。

本研究では、樹幹着生地衣群落における生態系エンジニアリング能力を明らかにするために、地衣群落内の動物相の調査を行い、地衣類におけるどのような形態的特性が生態系エンジニアとして機能しうるかということについて、地衣類の生活形と、群落内部の小型節足動物の種類と個体数の関係に着目して検証した。

その結果、捕食者（クモ類とムカデ類）の個体数は、斜上形や懸垂形などの立体的な構造を持つ地衣類の被度と正の相関が見られた。このうち、カラクサゴケ型地衣類（匍匐形）および大型葉状地衣類（斜上形）はムカデ類と、サルオガセ型地衣類およびハリガネキノリ型地衣類（懸垂型）はクモ類と正の相関を示した。また、ハナゴケ型地衣類（直立形）は、群落内の捕食者数との負の相関が示唆された。

これらの結果は、地衣類における様々なタイプの立体的構造が、特定のタイプの捕食者の生態に合致したためと考えられた。

亜高山帯における樹幹大型地衣群落の構造解析

池田彬人（信州大学工学系研究科地球生物圏科学専攻）

矢久保允也（同上）

佐藤利幸（信州大学理学部）

着生植物とは、岩石や樹皮の表面、もしくはその亀裂や窪みに溜まった堆積物などを生育場所とする植物の総称である。着生植物として、地衣類、癭苔類のほか、ラン科やシダ類などの維管束植物が知られているが、高標高になるにつれて、地衣癭苔類の多様性は他の維管束植物に比べて相対的に高くなることが示されたことから、地衣類は山岳環境における主要な着生植物群であると考えられている。これは、乾燥や低温に対して、これらの生物群が高い耐性をもっているためであると考えられる（vittoz et al., 2010）。

着生植物の生育形にはさまざまなものがあり、Nakanishi (1981) は、地衣類、癭苔類、維管束植物の3つの生物群について、水や光などの生態的な要求と表皮系組織の発達具合をもとに、いくつかの生育形に分類した。これによると、地衣類は最も多様な生育形をもつ生物群であるとされた。

地衣類は日本に1,500種が分布しており（柏谷 2009）、原色日本地衣植物図鑑（吉村 1974）の掲載種のうち45%が樹幹を主なハビタットとしている。

地衣類について、単一の樹木内のようなスケールから、森林や地域といったスケールまで様々な研究が行われているが、樹幹性地衣類の生育形と環境要因との関係については、Nakanishi (1981) の示したような細分化された生育形と環境要因との関わりを研究した例はまだ非常に少ない。

そこで、本研究では中部山岳域に位置する西駒演習林において、中西 (1981) により提案された生育形をもとに、大型地衣の分布について調査を行った。本研究において、大型地衣の分布が標高というメソスケールでの非生物的環境要因や、樹幹上の高さ・胸高直径（DBH）・方位などのマイクロスケールでの非生物的環境要因とどのように関係しているのかを調べた。それにより、生態学における生物の分布形式の過程を理解する上で、より多くのスケールにおける生物的要因と非生物的要因との対応を示すことを目的とした。

今回の研究では、信州大学農学部付属の西駒演習林において調査地点を設け、1つの地点につき7本の樹木に着生していた大型地衣を採集し、以下の点に着目して調査を行った。

- (1) 標高と着生地衣の生活形の対応
- (2) 樹種と着生地衣の対応
- (3) 同一樹幹上で胸高と基部の高さによる生育形の違い

調査の結果、西駒演習林内では地衣類の各生育形の出現するパターンは標高に応じて、1830mでカラクサゴケ形・大型葉状地衣・サルオガセ形・樹枝状地衣が、その後1900mでフクロゴケ形とハリガネキノリ形が多くなり、2300m付近で密着葉状地衣が多くなる傾向が見られた。また、同一樹幹上の胸高では各生育形の被度に差はないものの、基部ではジョウゴゴケ形が優占した。なお、最も地衣類の種数が多かったのは1730mであり、着生地衣の種数は標高が上昇するに伴って減少した。

参加者名簿

No	氏名	所属	メールアドレス
1	朝日克彦	信州大学 山岳科学総合研究所	asahi@shinshu-u.ac.jp
2	新井谷梨鈴	信州大学 理学部生物科学科	s095002@shinshu-u.ac.jp
3	Alatannabuqi	岐阜大学 大学院連合農学研究科	r6102001@edu.gifu-u.ac.jp
4	粟屋善雄	岐阜大学 流域圏科学研究センター	awayaa@green.gifu-u.ac.jp
5	安藤直貴	筑波大学 生命環境学群地球学類	s0910791@u.tsukuba.ac.jp
6	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
7	池田彬人	信州大学 理学部	11sa505e@shinshu-u.ac.jp
8	池田 敦	筑波大学 生命環境系	aikeda@geoenvironment.tsukuba.ac.jp
9	石田 仁	岐阜大学 フィールド科学教育センター	ishidam@gifu-u.ac.jp
10	石田 茜	筑波大学 生物資源学類	s0910659@u.tsukuba.ac.jp
11	磯野純平	筑波大学 大学院生命環境科学研究	s1220933@u.tsukuba.ac.jp
12	市川美沙紀	筑波大学 生命環境学群 生物学類 陸域生態学研究室	s0910620@u.tsukuba.ac.jp
13	市野隆雄	信州大学 山岳総研	itinot@shinshu-u.ac.jp
14	井田秀行	信州大学 山岳科学総合研究所 志賀自然教育園	pida@shinshu-u.ac.jp
15	井戸結貴	信州大学 大学院工学系研究科	11ta304c@shinshu-u.ac.jp
16	今泉文寿	筑波大学 農林技術センター井川演習林	imaizumi.mj@gmail.com
17	上田昇平	信州大学 山岳科学総合研究所	ueda32@shinshu-u.ac.jp
18	上田智輝	信州大学 工学部建築学科高村研究室	t087009@shinshu-u.ac.jp
19	上野健一	筑波大学 生命環境系	kenueno@sakura.cc.tsukuba.ac.jp
20	上野昂幹	筑波大学 大学院生命環境科学研究科地球科学専攻	jackal.cycle06@gmail.com
21	宇野史睦	海洋研究 開発機構 地球環境変動領域	f.uno@jamstec.go.jp
22	江川 信	信州大学 大学院理工学系研究科	12sm502h@shinshu-u.ac.jp
23	江田慧子	信州大学 山岳科学総合研究所	kkeiko12@shinshu-u.ac.jp
24	王楠	信州大学 農学部	wnbadinin@yahoo.co.jp
25	大城萌美	筑波大学 大学院 生命環境科学研究科	s1220940@u.tsukuba.ac.jp
26	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
27	岡根 泉	筑波大学 生命環境系	okane.izumi.fw@u.tsukuba.ac.jp
28	小粥隆弘	筑波大学 大学院生命環境科学研究科	s1230224@u.tsukuba.ac.jp
29	尾崎絵理	信州大学 農学部AFC	12aa106e@shinshu-u.ac.jp
30	尾鼻陽介	信州大学 理学部	10st401e@shinshu-u.ac.jp
31	角田健一	信州大学	beathondaguitar@gmail.com
32	風戸恵津子	筑波大学 生命環境科学研究科	e2co.w.g@gmail.com
33	加藤慎紹	岐阜大学 工学部	o3021014@edu.gifu-u.ac.jp
34	加藤雄登	信州大学 大学院理工学系研究科	12sm503f@shinshu-u.ac.jp
35	加藤朝陽	筑波大学 生命環境学群 生物資源学類	s0910685@u.tsukuba.ac.jp
36	門脇正史	筑波大学 農林技術センターハケ岳演習林	kadowaki.seishi.gf@u.tsukuba.ac.jp
37	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
38	金崎健太	筑波大学 生命環境学群 生物学類	s0910588@u.tsukuba.ac.jp
39	加納正也	筑波大学 大学院 生命環境科学研究科	kano@suiri.tsukuba.ac.jp
40	河合洋人	岐阜大学 流域圏科学研究センター	kawai@green.gifu-u.ac.jp
41	河合小百合	信州大学 山岳科学総合研究所	skawai@shinshu-u.ac.jp
42	木越智彦	信州大学 大学院工学系研究科	
43	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
44	倉元隆之	信州大学 山岳科学総合研究所	kuramoto@shinshu-u.ac.jp
45	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
46	栗林正俊	岐阜大学 流域圏科学研究センター	masatoshi@green.gifu-u.ac.jp
47	桑山明希	信州大学 農学部	a092019@shinshu-u.ac.jp
48	公文富士夫	信州大学 理学部	shkumon@shinshu-u.ac.jp
49	児島利治	岐阜大学 流域圏科学研究センター	kojima@green.gifu-u.ac.jp
50	後藤誠二郎	岐阜大学 流域圏科学研究センター	sei@green.gifu-u.ac.jp
51	小林 元	信州大学 農学部AFC 山総研	kobaafc@shinshu-u.ac.jp
52	小林竜大	信州大学 農学部附属AFC 森林計測・計画学研究室	12aa202j@shinshu-u.ac.jp
53	近藤大將	信州大学 山岳科学総合研究所	kondotaiho@yahoo.co.jp
54	斎藤 琢	岐阜大学 流域圏科学研究センター	taku@green.gifu-u.ac.jp
55	櫻庭 瞳	信州大学 大学院理工学系研究科建築学専攻高村研究室	12tm710a@shinshu-u.ac.jp
56	佐々木明彦	信州大学 山岳科学総合研究所	akihiko@shinshu-u.ac.jp
57	下野綾子	筑波大学 遺伝子実験センター	shimonoa@gene.tsukuba.ac.jp
58	鈴木啓助	信州大学 山岳科学総合研究所	kei@shinshu-u.ac.jp
59	鈴木智恵子	筑波大学 陸域環境研究センター	chiekos@suiri.tsukuba.ac.jp
60	鈴木智也	信州大学 大学院総合工学系研究科	11st402g@shinsyu-u.ac.jp

No	氏名	所属	メールアドレス
61	鈴木智之	信州大学 山岳科学総合研究所	satosuzuki@shinshu-u.ac.jp
62	鈴木浩之	筑波大学 生命環境科学研究科	s1221073@u.tsukuba.ac.jp
63	鈴木美南	筑波大学 大学院生命環境科学研究科 生物資源科学専攻	s1221074@u.tsukuba.ac.jp
64	鈴木 亮	筑波大学 菅平高原実験センター	rsuzuki@sugadaira.tsukuba.ac.jp
65	瀬戸健介	筑波大学 大学院 生命環境科学研究科	s1221000@u.tsukuba.ac.jp
66	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
67	高村秀紀	信州大学 工学部建築学科 山岳科学総合研究所	takam@shinshu-u.ac.jp
68	田中健太	筑波大学 菅平高原実験センター	kenta@sugadaira.tsukuba.ac.jp
69	田中いづみ	信州大学 教育学部	e091619@shinshu-u.ac.jp
70	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
71	張 鵬飛	岐阜大学 応用生物科学研究科	q8102026@edu.gifu-u.ac.jp
72	出川洋介	筑波大学 菅平高原実験センター	degawa@sugadaira.tsukuba.ac.jp
73	東城幸治	信州大学 山岳科学総合研究所（信州大学理学部）	ktojo@shinshu-u.ac.jp
74	陶山 舞	筑波大学 大学院 生命環境科学研究科 生物科学専攻	s1220998@u.tsukuba.ac.jp
75	戸田任重	信州大学 理学部 山岳科学総合研究所	h-toda@shinshu-u.ac.jp
76	卜部 輔	信州大学 大学院理工学系研究科	
77	永安浩一	信州大学 大学院工学系研究科	
78	中舗美香	岐阜大学 工学研究科	q3121021@edu.gifu-u.ac.jp
79	中島淳志	筑波大学 大学院 生命環境科学研究科 生物科学専攻	s1121078@u.tsukuba.ac.jp
80	中村寛志	信州大学 農学部AFC	insect2@shinshu-u.ac.jp
81	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
82	西井稜子	筑波大学 井川演習林	nishii.ryoko.ga@un.tsukuba.ac.jp
83	西村貴皓	筑波大学 生物学類	takahiro.dragonfly@gmail.com
84	沼田 治	筑波大学 生命環境系 菅平高原実験センター	numata@biol.tsukuba.ac.jp
85	魯 南賑 (Noh NamJin)	岐阜大学 流域圏科学研究センター	treeworld@green.gifu-u.ac.jp
86	早川恵里奈	筑波大学 大学院 生命環境科学研究科 生物科学専攻	s1121083@u.tsukuba.ac.jp
87	早川美波	信州大学 大学院理工学系研究科	12sm507j@shinshu-u.ac.jp
88	平尾 章	筑波大学 菅平高原実験センター	akihirao@sugadaira.tsukuba.ac.jp
89	Vilane Suchewaboripont	岐阜大学 流域圏科学研究センター	vilanee.s@hotmail.com
90	広瀬 大	日本大学 薬学部	hirose.dai@nihon-u.ac.jp
91	廣田 充	筑波大学 生命環境系	hirota@biol.tsukuba.ac.jp
92	福田夏子	岐阜大学 流域圏科学研究センター	natsukof@green.gifu-u.ac.jp
93	福山研二	信州大学 農学部	fuku_ken@nifty.com
94	藤岡正博	筑波大学 農林技術センター ハケ岳演習林	egretta@sakura.cc.tsukuba.ac.jp
95	古屋 諒	信州大学 農学部AFC	12aa121j@shinshu-u.ac.jp
96	馬倩	岐阜大学 流域圏科学研究センター	maqian7766@126.com
97	馬 文超	筑波大学	yixisi.1984@gmail.com
98	牧野裕紀	筑波大学 生命環境科学研究科地球科学専攻	s1121027@u.tsukuba.ac.jp
99	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
100	町田龍一郎	筑波大学 菅平高原実験センター	machida@sugadaira.tsukuba.ac.jp
101	松岡憲知	筑波大学 陸域環境	matsuoka@geoenv.tsukuba.ac.jp
102	松場啓太	信州大学	keita.matsuba@gmail.com
103	眞山寿里	信州大学 農学部	11aa205k@shinshu-u.ac.jp
104	宮川景次	筑波大学 生物資源学類	s0910769@u.tsukuba.ac.jp
105	宮原裕一	信州大学 山岳科学総合研究所	miyabar@shinshu-u.ac.jp
106	宮本悠平	信州大学 農学部	a092057@shinshu-u.ac.jp
107	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
108	村田拓也	信州大学 理学部生物科学科	s095027@shinshu-u.ac.jp
109	森下奈津子	筑波大学 大学院 生命環境科学研究科 生物科学専攻	spica7252@hotmail.co.jp
110	安江 恒	信州大学 農学部	yasue@shinsyu-u.ac.jp
111	山田 侑	筑波大学 生命環境学群地球学類4年	s0910841@u.tsukuba.ac.jp
112	山中 勤	筑波大学 陸域環境研究センター	tyam@suii.tsukuba.ac.jp
113	山本剛史	信州大学 理工学系研究科地球生物圏科学専攻	12sm508g@shinshu-u.ac.jp
114	吉田あい	筑波大学 大学院生命環境科学研究科地球科学専攻	s1121039@u.tsukuba.ac.jp
115	吉田 傑	筑波大学 大学院 生命環境科学研究科 環境科学専攻	s1121306@u.tsukuba.ac.jp
116	吉竹彩子	岐阜大学 流域圏科学研究センター	yayako@green.gifu-u.ac.jp
117	吉竹晋平	岐阜大学 流域圏科学研究センター	syoshi@green.gifu-u.ac.jp
118	若月泰孝	筑波大学 陸域環境研究センター	ywakazki@gmail.com
119	脇山義史	筑波大学 陸域環境研究 センター	wakiyama@suii.tsukuba.ac.jp
120	渡辺公太	信州大学 大学院工学系研究科	11ta346j@shinshu-u.ac.jp

