

## 2010 年度 陸域環境研究センターセミナーの記録

2010.5.11 第 104 回セミナー 参加者 11 名

岩上 翔（筑波大学 陸域環境研究センター）

「火山岩からなる山地源流域の降雨流出過程における基盤岩地下水の役割」

降雨流出過程の研究においては、降雨時に斜面に貯留されていた水が流出する際の素早い応答を引き起こすプロセスの解明に重点が置かれ、岩盤内の水流についても考慮されるようになった。しかし、基盤岩内の地下水について直接観測した例は少なく、本研究は基盤岩地下水の役割について浸透から流出までの一連のプロセスを水質とポテンシャルの両面から明らかにすることを目的として行った。

研究対象地域は、九州熊本県宇城市不知火町の源流域である。流域内に深度 25 m, 60 m, 120 m の観測井を設置し、水文観測に加え採水を行って水質の分析を行った。降水・土壌水・基盤岩地下水を 3 成分とした成分分離を行った結果、流出水中の各成分の割合はイベント中に変化し、またイベントの規模によっても異なることが示された。またポテンシャルの結果と照らし合わせてみると、土壌水・基盤岩地下水の流出においては斜面下部における地下水位の位置が重要になると考えられた。

2010.6.29 第 105 回セミナー 参加者 11 名

鈴木智恵子（筑波大学 陸域環境研究センター）

「2007 年 8 月の中部山岳域を対象としたダウンスケールモデリングの基礎実験」

前半、自己紹介を兼ねて、これまで行ってきた研究を簡単に紹介する。その後、中部山岳地域を対象として領域気候モデル（WRF ver 3.1）による力学的ダウンスケールを試みた結果を紹介する。

山岳域における積雪の将来予測を目標としているが、検証用となる冬季の地上観測データが限られることに加えて、地形の影響を受けた降雪積雪現象の局所性、地域性の問題も無視できない。そこで、まずは夏季の現在気候の再現実験を行っている。

今回の基礎実験では顕著な高温を記録した 2007 年 8 月を取り上げ、異なる領域境界条件に対して同じ初期値を与える計算を、27 km, 9 km, 3 km の 3 段ネスティングで行い、結果を比較した。気温と風の水平分布などから、詳細な地形を反映した海陸風循環がみられた。一方降水量を調べると、時別値が観測値と比較して過大なだけでなく、降水イベントの回数も多い結果となった。これらの特徴は、計算領域の条件を変えても共通してみられた。

2010.7.20 第 106 回セミナー 参加者 11 名

松岡憲知（筑波大学 陸域環境研究センター）

「国際極年（2007-2008）期間における周氷河研究の進展」

6 月に世界最北の大学（78°N）で開催された「欧州永久凍土会議」での発表内容を中心に、

会議や巡検の様子も含めて紹介する。国際極年の期間中、国際永久凍土学会主導で、高緯度陸域を中心に地球規模の地温観測網を展開し、温暖化に伴う永久凍土の広域変動を把握・予測するプロジェクトが進められた。同時に、永久凍土変動がさらに周氷河地形の変動に与える影響を調べる研究も進展した。後者に関して、技術や研究対象に、次のような特色と進歩が見られた。

①観測技術：永久凍土帯の指標地形である多角形土、岩石氷河、ソリフラクション・シートのプロセス研究では、高解像度での地形変化、気象・水文要素の総合的な観測により、地形変化発生の詳細な条件がわかるようになった。

②探査技術：地中の可視化技術、特に地下レーダによる氷体や氷層の検出と形状把握や夏期融解層の含水率変化、CT スキャンによる永久凍土コアの構造分析と含水率の測定など、地下細部の状況理解が進んだ。

③永久凍土融解に伴う侵食の激化：気候温暖化に伴って、地中に氷塊ないし含水率の高い層がある地盤で「融解スランプ」が頻発している。特に、河岸、湖岸、海岸など氷塊や波による基部侵食を受ける場所での多発が問題になっている。

④南極から火星へ：近年の火星探査船搭載カメラの解像度向上、高緯度多角形土地帯での着陸船の活動により、火星表面の周氷河地形に関する情報が格段に増えた。特に、地形・凍土・表層物質における地球の南極内陸山地との共通点が、数多く指摘されている。

今後は、中緯度高山地域を含めた周氷河地形変動の広域観測網の展開、気候指標としての周氷河現象の高精度化等が望まれる。

## 2010.8.30 第 107 回セミナー 参加者 18 名

池田 敦（信州大学 山岳科学総合研究所）

### 「岩石氷河の研究とその後の山岳永久凍土研究の展開」

山岳永久凍土帯の指標地形である岩石氷河について、発表者が行った研究のうち、とくに注目を集めた 2 例について概説し、さらに 2008 年から開始した富士山の永久凍土調査について紹介した。

急峻な高山帯には岩石氷河と呼ばれる角礫に覆われた舌状の地形が発達する。岩石氷河は地中の氷層（永久凍土層）の変形によって、年間数 cm ～数 m の地表面流速を伴い発達する地形である。1990 年代後半から岩石氷河の流速の年々変化や季節変化が、永久凍土層内の温度変化と関連付けられて議論されてきた。とくに近年の温暖化を反映し岩石氷河が加速していることが注目されている。発表者らはスイスアルプスにおいて、永久凍土層が融点にあって地温の季節変化がない岩石氷河を発見し、そこで地表面流速の年々変化と、永久凍土層の変形の季節変化を観測した。融雪期に変形が急加速し、冬季に緩やかに減速するパターンが繰り返され、そのような現象を説明するために、永久凍土中に水が浸透し斜面が急激に不安定化するモデルを提示した。

日本第 4 位の高峰である間ノ岳周辺において、化石化（永久凍土が完全に融解）した岩石氷河の停止時期を示す年代試料の採取に成功した。得られた年代値は晩氷期末から完新世初頭（約 1 万年前）であり、晩氷期には一帯が永久凍土環境下にあったことが明らかになった。

同様の地形は日本アルプス各地に存在するが、晩氷期の氷河地形と誤認されていることが多く、今後、従来の古環境復元を見直す必要があることを指摘した。

富士山では 1970 年代初頭の研究によって永久凍土が存在するとされたが、その後、研究が進展していない。現在、発表者らの調査によって、積雪による冬季の寒気遮断と夏季の降雨による熱伝達が富士山において永久凍土の発達を抑制していることが明らかになりつつある。2010 年 8 月には、山頂稜線部で深さ約 10 m の観測孔掘削に成功し、今後は永久凍土の地温が直接観測できる見通しが立った。

#### 2010.10.12 第 108 回セミナー 参加者 9 名

若狭 幸（筑波大学 陸域環境研究センター）

##### 「山岳地域における岩盤の風化・侵食に関するいくつかの研究例」

地表面に露出した岩盤は、物理・化学的に風化・侵食される。そのプロセスやその結果の産物などは、地形や地形プロセス、他の環境要素に影響をもたらす。はじめに、これまで調査したチャート、花崗岩、石灰岩質の露出岩盤地形における研究例を簡単に紹介する。次に、中部山岳連携事業の中の研究の一端として近頃開始した、山頂部で見られる落雷による岩盤破壊現象の研究について紹介する。雷のエネルギーは強大で、大きな被害をもたらすことで知られている。山頂部は周囲より標高が高いため落雷することが多く、中部山岳地域などでは、落雷で破壊されたとされる雷岩が存在する。また、熊本県には雷によって空いた穴であると紹介されたナマ地形も存在している。本研究は落雷の地表面への影響やその規模や頻度、地球温暖化との関係について解明することを目的に、室内に設置された落雷発生装置を用いて、落雷の規模と破壊される岩石の物性や状態の関係を調べている。本セミナーではその途中経過と、今後の方針について紹介する。

#### 2010.11.24 第 109 回セミナー 参加者 9 名

脇山義史（筑波大学 陸域環境研究センター）

##### 「ヒノキ人工林における土壌侵食

ー信州大学農学部附属 AFC 手良沢山ステーションにおける研究事例ー」

本セミナーでは、発表者が信州大学農学部附属 AFC 手良沢山ステーションで行ったヒノキ人工林の土壌侵食に関する研究 2 件を紹介する。

国土の 3 分の 2 が森林で覆われたわが国では、管理放棄された人工林の荒廃が問題視されてきた。中でも、ヒノキ人工林では林床が裸地化しやすく、土壌侵食が進行しやすいことが知られている。土壌侵食の進行は、河川水質の悪化、土壌の生産性低下や土壌物理性悪化の原因となると考えられており、近年求められている森林の有する多面的な機能を維持・活用のためにも、適切な管理が求められている。

ヒノキ人工林では、雨滴による表層土壌の剥離と輸送が主要な侵食プロセスと考えられている。また、土壌侵食に関する既往研究では、表面流の発生によって、土壌の剥離量が増減することが報告されている。しかし、ヒノキ人工林における雨滴侵食と表面流の関係を明らかとした研究はない。そこで、本研究では林齢の異なるヒノキ人工林において、雨滴エネル

ギーと土砂剥離量を観測し、土砂剥離・表面流の時間変動を調べ、林分間での比較を行った。これら一連の調査の結果、ヒノキ人工林ではヒノキの加齢にともない林内雨の雨滴エネルギーが大きくなること、表面流の発生によって土砂剥離が助長されることがわかった。

また、上述のように管理放棄ヒノキ人工林では土壌侵食の加速が土壌の性質を変化させると考えられてきた。しかし、表層における土砂の剥離などの物理的な現象がいかにして土壌の性質を変化させるか、そのプロセスについて調べた研究は少ない。本研究では、土壌侵食が土壌内部にあたえる影響を明らかにすることを目的として、広葉樹林とヒノキ人工林で土壌中の  $\text{CO}_2$  濃度および土壌浸透水の水質の日変動を調べ、比較を行った。その結果、ヒノキ人工林では、広葉樹林にくらべ、土壌中の  $\text{CO}_2$  濃度が高く、土壌浸透中の硝酸濃度が高いことがわかった。また、ヒノキ人工林で土壌  $\text{CO}_2$  濃度が高い原因について、降雨中の雨滴衝撃により Soil seal が形成され、大気とのガス交換が阻害されたためであるという可能性が示唆された。

#### 2010.12.21 第 110 回セミナー 参加者 10 名

斎藤 琢（岐阜大学 流域圏科学研究センター）

##### 「山岳域の森林生態系における炭素・水・熱循環研究」

岐阜県高山市の山岳地域を対象に 2005 年から継続的に行っている炭素・水・熱循環研究の紹介を行った。とくに、気象～水文～生態学視点で、生態系の環境応答、観測の推定精度、観測の簡略化に関する次のようないくつかのトピックについて概説した。①タワーフラックス観測データを用いた常緑針葉樹林における生態系の環境応答、②流域スケールの炭素・水・熱循環推定のための生態系モデルの検証・最適化、③急斜面地におけるタワーフラックス観測の観測精度、④森林における光合成・呼吸に伴う貯熱量、⑤葉面積指数の推定精度、⑥タワーフラックス観測を基にした炭素収支評価における  $\text{CO}_2$  貯留変化量の影響、⑦植生指標を用いた生態系光合成能力の評価。

#### 2010.12.22 第 111 回セミナー 参加者 18 名

若月泰孝（海洋研究開発機構）

##### 「降水の地域・領域気候変化予測に関する研究」

降水量の地域・領域スケールの気候変化予測に関する研究を紹介した。2002 年から 5 年間行われた共生プロジェクトで、非静力領域気候モデルによる気候変化予測シミュレーションが実施され、梅雨期の強雨化が予測された。同時に降水の極値の増加も予測された。時間雨量と日雨量では変化比の特徴が異なっており、時間雨量では成層不安定化に対応した広域の増加となっていたが、日雨量の極値は循環場の変化に関連して西日本太平洋岸に局在化した増加傾向が見られた。しかし、この予測は気象研究所の全球気候モデル（GCM）による予測の詳細化結果に過ぎないため、現実の予測精度については不確実性が残る。

そこで、複数の GCM による気候予測結果を用いた領域スケールの確率論的気候変化予測手法を開発している。統計モデルによる予測と領域気候モデルによる予測の両方を開発しており、開発の途中経過を紹介した。統計モデルでは、短時間雨量の確率分布関数の母数目的



変数とし、GCM の格子情報を説明変数とする重回帰モデルを構築している。その際、全く新しい確率分布関数を開発した。これは、層状性降水と対流性降水が同一母集団として扱えないことを考慮し、指数分布と Weibull 分布を混合して作成したものである。ただし、重回帰モデルの完成度はまだ高くないため今後の開発が期待される。この統計手法は計算が軽いので、全ての GCM について詳細化計算が行えるため、それを用いて確率論的予測に結びつけることができると期待される。一方、領域気候モデルによる予測では、GCM の気候差分情報のみを用いる気候差分ダウンスケーリング法を開発している。GCM の平均気候差分と年々変動の気候変化分を客観解析に上乗せし、それを領域気候モデルの側面境界条件に用いる。この時、複数の GCM を詳細化の前に統計解析する。統計情報をもった気候差分を用いることで、全ての GCM を少ない実験数でカバーすることが可能になる。これも今後の発展が期待される手法開発となる。

#### 大久保晋治郎（北海道農業研究センター）

##### 「温帯林、熱帯林、寒冷農地における CO<sub>2</sub> ガス交換」

温帯林、熱帯林、寒冷農地それぞれにおいて大気との CO<sub>2</sub> 交換量を測定し、その他微気象観測も同時に行った。生態系呼吸による大気への放出量と光合成による吸収量のバランスで、森林一大気間の CO<sub>2</sub> 交換量が決定するわけだが、温帯林においてその日変動幅は夏に大きく冬に小さくなる季節変化を持ち、森林空間内の貯留変化量の変動幅も夏期に最大となった。生態系呼吸を構成する土壌や葉群の呼吸量は温度との強い相関をもち、幹からの呼吸に関しては肥大型に大きな呼吸量を示した。樹高が高く CO<sub>2</sub> のシンク/ソースが大きい熱帯林の貯留変化量は温帯林のものよりも大きく、正味の CO<sub>2</sub> 交換量を見積もる上で、その重要性が明らかになった。また、傾斜地に位置する温帯林において樹冠上で観測された CO<sub>2</sub> 交換量と、チャンバーを用いて直接測定した生態系総呼吸量を比較すると大気混合効率が低い夜間に両者の差が大きくなった。このことより生態系呼吸により放出された CO<sub>2</sub> が樹冠上から出て行かず（あるいは森林空間内にとどまらず）移流により流域外に運ばれている可能性が示唆された。

寒冷地における裸地圃場において地表面からの CO<sub>2</sub> 放出量をチャンバー法を用いて観測した結果、その放出量は一般に報告されているように地温に依存した。外気との断熱の役割を果たす積雪層を伴う冬期において地温は 0℃ に保たれ、除雪を行い土壌凍結を促進した区では地温は氷点下を記録したが、いずれにおいても地表面放出がほとんど観測されなかった。土壌凍結が発達した区では地中の CO<sub>2</sub> 濃度が上昇し、土壌凍結層の大気へのガス拡散の阻害が示唆された。

#### 2011.1.5 第 112 回セミナー 参加者 15 名

##### 川瀬宏明（国立環境研究所）

##### 「種々の人間活動が雲・降水・水循環に及ぼす影響

##### ～地表面改変、エアロゾル、温室効果ガスの効果～」

近年、温室効果ガスの増加による地球温暖化が注目されている。IPCC 第四次報告書では、

近年の急速な気温上昇は人為的な温室効果ガスの増加による地球温暖化の表れであり、将来にさらなる気温上昇をもたらすことが指摘されている。また、地球温暖化は気温上昇だけでなく、降水にも影響を及ぼすと言われている。最近の研究によると、地球温暖化は現在降水の多い地域で降水量を増加させ、少ない地域では降水量を減少させると言われている。これはつまり、干ばつや洪水の頻度が増加しうることを示唆している。

しかし、降水に変化をもたらす人為的要因は、温室効果ガスの増加に伴う地球温暖化だけではない。例えば、産業や農業活動によって大気中に排出される微粒子（エアロゾル）、都市化や農業、植林による土地改変なども、降水に影響を及ぼすといわれている。エアロゾルは、太陽からの放射を吸収・散乱することで地表に届く放射量を減少させ、さらに雲粒の核としても働くことで、雲や降水を変化させる。一方土地改変は、局所的な気象状態を変化させることが指摘される。例えば、緑地を開拓した都市や乾燥域の灌漑地などの異なる土地利用が隣接する地域では、局所的な大気の循環が励起され、雲の発生や降水の発生に影響を及ぼす。

このように、地球温暖化をはじめとした人為的要因による降水の変化は、将来の水循環の変化を考える上で重要な不確定要素となる。本発表では、人間活動が引き起こす「温室効果ガスの増加」、「エアロゾルの増加」、「土地利用改変」の3つに着目して、それぞれが雲・降水・水循環の変化に及ぼす影響を、時空間スケールを意識しながらお話しする。