Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-01 会場:202 時間:5 月 23 日 08:30-08:45

霞ヶ浦湖心観測所での長期フラックス観測の可能性：観測から得られた知見と課題
Long-term flux observation at Koshin Observatory of Lake Kasumigaura?

杉田 倫明 [1*], 宮野 愛子 [1], 伊倉 宏弥 [1], 魏忠旺 [1]
Michiaki Sugita[1*], Aiko Miyano[1], Hiroya Ikura[1], Wei Zhong Wang[1]

[1] 筑波大・生命環境・地球環境
[1]Life & Environ. Sci., Uni.Tsukuba

霞ヶ浦（西浦）のほぼ中央部に位置する湖心観測所（国土交通省霞ヶ浦河川事務所）において，2007 年 6 月より水蒸気，温度，風速，二酸化炭素の 10Hz データ，関連する気象，水文要素の平均量計測を継続して行っており，これらに渦相関法を適用することで蒸発量等のフラックス推定値が得られている．今回の発表では，渦相関法からの地点でのフラックス推定値と霞ヶ浦全体との関係，バルク係数と風速，湖流，安定度との関係，霞ヶ浦の水収支等に焦点を当てつつ，課題を整理して今後の研究の方向性を探るものとする．

キーワード: 霞ヶ浦, 蒸発, フラックス, バルク係数
Keywords: Lake Kasumigaura, Evaporation, Flux, bulk coefficient

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-02 会場:202 時間:5 月 23 日 08:45-09:00

モンゴル高原試験域での長期水循環観測
A long term monitoring of water cycle in the Mongolian plateau

開發 一郎 [1*], 藤井秀幸 [2], Dambaravjaa Oyunbaatar[3], 小池 俊雄 [4], 山中 勤 [5], 平田昌弘 [6], 白石一晃 [7]
Ichirow Kaihotsu[1*], Hideyuki Fujii[2], Dambaravjaa Oyunbaatar[3], Toshio Koike[4], Tsutomu Yamanaka[5], Masahiro Hirata[6], Kazuaki Shiraishi[7]

[1] 広島大学, [2]JAXA, [3]IMH, [4] 東京大学, [5] 筑波大学, [6] 帯広畜産大学, [7] 広島大学
[1]Hiroshima University, [2]JAXA, [3]IMH, [4]The University of Tokyo, [5]The University of Tsukuba, [6]Obihiro University of Agriculture and Ve, [7]Hiroshima University

地上-地球観測衛星による長期の土壌水分・植生観測は、水循環変動研究や GCM や水循環数値シミュレーションの地表面パラメータの決定のために不可欠であり、特に長期の観測が重要である。本著者らは、2000 年からモンゴル高原試験域において、長期の水文・植生観測を複数の地点で行っており、同時に AMSR-E/SMOS/ALOS の高精度の土壌水分アルゴリズムの検証を行いながら、地上-衛星の統合地表面水文観測を実施している。本発表ではこれらの長期観測で得られた観測方法および水循環変動について興味ある結果を得たので、その成果を示し、今後の展開について述べるものである。

キーワード: ドジョウスイブン, ショクセイ, リモートセンシング, AMSR-E, AWS, ASSH
Keywords: soil moisture, vegetation, remote sensing, AMSR-E, AWS, ASSH

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-03 会場:202 時間:5 月 23 日 09:00-09:15

森林からの蒸発散量と気温の長期変動に関する予備的研究
Preliminary study on long-term evapotranspiration from a forested watershed in relation to ambient air temperature

田中 延亮 [1*], 蔵治光一郎 [1]
Nobuaki Tanaka[1*], Koichiro Kuraji[1]

[1] 東京大学大学院農学生命科学研究科
[1]The University of Tokyo

地球温暖化に代表される気候変動が我が国の森林の蒸発散量に与える影響について，いわゆる気候変動シナリオを利用して調べた予測的な研究事例は数多いが，実測された過去の気候変動に基づいて実証的に解析した研究事例は少ない．そこで，本研究では，1930 年から現在までの約 80 年間，愛知県瀬戸市にある東京大学愛知演習林の白坂流域（88.5 ha）で実測された降水量と流出量を用いて，深部浸透量と流域貯留量変化を無視した水収支式から集計される年蒸発散量，および，同流域内で取得された 1941 年から現在までの約 70 年間の気温の年平均値を用いて，両者の長期変動のパターンを概観した．白坂流域での気温の測定の方法は，過去にたびたび変更されているため，それらの変更を考慮して，実測・公表された値を補正した気温の長期データセットを作成した．補正された気温の長期変動のパターンを調べたところ，白坂流域では，1941 年から 1980 年代後半までは顕著な温暖化や寒冷化の傾向は確認されなかったが，1980 年代後半に気温が一気に上昇し，現在に至るまで，その高いレベルを維持していた．このような白坂流域での近年の高温傾向は，いわゆる我が国のバックグラウンド温暖化量（http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/index.html）の影響を受けたものと考えられる．一方，白坂流域からの年蒸発散量は，近年の高温傾向が起きる前の 1970 年から 1987 年の間の平均値で約 830 mm，近年の高温傾向 1988 年以降の平均は 900 mm 以上と集計された．このような白坂流域における蒸発散量の増加には，この間の森林状態の変化によるところも考えられるが，近年の気温上昇の影響が大きいと考えられる．ただし，特に近年において，集計された年蒸発散量の年々の変動幅が大きいことから，各水収支期間の期首・期末の流域貯留量の違いを考慮に入れて，各年の蒸発散量の量的議論をする必要がある．

キーワード: 森林流域, 気温, 蒸発散量, 長期データセット
Keywords: Forest watershed, Air temperature, Evapotranspiraiton, Long-term data set

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-04 会場:202 時間:5 月 23 日 09:15-09:30

拡張ダルシー式に基づく推定手法による森林土壌中の水フラックス評価
Water flux in forest soil estimated by Buckighum-Darcy Equation

釣田 竜也 [1*], 吉永 秀一郎 [2], 阿部　俊夫 [3]
Tatsuya Tsurita[1*], Shuichiro Yoshinaga[2], Toshio Abe[3]

[1] 森林総合研究所九州支所, [2] 森林総合研究所九州支所, [3] 森林総合研究所北海道支所
[1]FFPRI Kyushu, [2]FFPRI Kyushu, [3]FFPRI Hokkaido

１．はじめに

森林の水源かん養機能に対する関心の高まりから、森林土壌が降雨－流出過程で発揮している流量調節の実態を評価する必要性が大きくなってきている。しかし、野外の森林土壌中における水フラックスの時空間分布は、測定の困難性が要因となり、実態把握が遅れている。本研究では、均質な土壌中を一様に流れる水移動に対して有効な拡張ダルシー則が、土壌が空間的に不均一であることや、選択的なバイパス流が存在するといった問題が介在する野外の森林土壌に対してどの程度有効であるかについて、野外計測の結果に基づいて確認・検証を行った。

２．試験地と方法

茨城県の桂試験地（2.3 ha）内の斜面（長さ約 90 m）の上部地点と下部地点を観測地点とした。試験地の地質は中古生層堆積岩であるが、斜面には火山灰由来の軟らかい（Nc 値 5 以下）土壌層が厚く（1.0～4.3 m）分布している。この観測地点の深さ 30 cm と 90 cm にK-θ 関係を用いた拡張ダルシー式に基づく推定手法（BDE 法）を適用し、観測深度の動水勾配と不飽和透水係数の 20 分間隔の変化に基づき、両者の積から土壌水のフラックスを年間を通じて算出した。

３．結果と考察

BDE 法により算出された、試験斜面の上部地点と下部地点の下層土壌（深さ 90 cm）の土壌水の年フラックスの総量は、上部地点で 530 mm、下部地点で 982 mm で、上部地点では同期間の渓流水の年流出水量（643 mm）の約 8 割、また、下部地点では年流出水量と年降水量（1282 mm）の間の値であった。このことは、蒸発散で消費されたもの以外はほぼ鉛直に浸透していることを示しており、地点間に差異が認められるものの、BDE 法により各地点の深さ 90 cm の土壌水のフラックスを妥当な精度で測定できたと考えられた。さらに、降雨イベント時の表層から下層への土壌水のフラックス動態を解析した結果、先行降水量の多いイベントの方が、少ないイベントよりも土壌水のピークフラックスが大きく、その下層への到達が早い傾向が認められ、降雨時のマトリックポテンシャルの変化の観測結果や数値モデルの予測に基づいたこれまでの不飽和土壌中の水移動についての理解が概ね妥当であることが、土壌水のフラックスの野外観測結果によって裏付けられた。

上部地点では、夏期の土壌乾燥時の降雨に対し、土壌マトリックスが雨水をほとんど保持せず、土壌中をバイパス流となって下方もしくは側方に選択的に移動していると推察されたが、春期や秋期の降雨に対しては選択的な水移動は認められなかった。また、下部地点では選択的な水移動を示唆するような不規則な土壌水分の応答は年間を通じて認められなかった。このように、野外の森林土壌中では、拡張ダルシー則が適用できない選択的なバイパス流が発生しているが、それは森林斜面において時空間的に限定して発生していると考えられた。

キーワード: 森林土壌, 土壌水, 水フラックス, 拡張ダルシー式, K-θ関係
Keywords: forest soil, soil water, water flux, Buckingham-Darcy Equation, K-theta relationship

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-05 会場:202 時間:5 月 23 日 09:30-09:45

気候条件や流域の大きさが異なる森林流域の流出特性の比較
A comparison of flow characteristics of forested watersheds with different climates and catchment sizes

坪山 良夫 [1*], 阿部俊夫 [1], 野口正二 [1], 細田育広 [1], 浅野志穂 [1], 玉井幸治 [1]
Yoshio Tsuboyama[1*], Toshio Abe[1], Shoji Noguchi[1], Ikuhiro Hosoda[1], Shiho Asano[1], Kouji Tamai[1]

[1] 森林総合研究所
[1]Forestry & Forest Products Research Inst

はじめに

山地流域における水の動きは水源地帯の水収支や水流出だけでなく、土砂、養分、化学物質など水が運ぶ様々な物質の移動にも影響を及ぼす。山地流域の水収支や水流出への森林の影響については、これまで主に対照流域法を中心とする流域試験により調べられてきた。そして、伐採、植栽、成長、山火事、病害、林地転用などによる森林の変化が水収支や流出に及ぼす影響について数多くの報告がなされている。しかし、こうした森林変化の影響が気候条件や流域の大きさなど他の因子に比べて相対的にどの程度の重みを持つかは必ずしも十分に把握されていない。そこで本研究では、気候条件や流域の大きさが森林流域の流出特性にどのような影響を与えているか明らかにすることを目的とした。

解析対象と方法

本研究では国内 5 箇所にある森林総合研究所森林理水試験地（定山渓、釜淵、宝川、竜ノ口山、去川）の流出特性を比較した。これらの試験地の特徴は、北海道（定山渓）から宮崎県（去川）まで多様な気候条件の下に分布している点と、最小の釜淵 3 号（面積 1.5ha、標高 172～244m）から最大の宝川本流（1905.7ha、816～1945m）まで流域の大きさが幅広く変わることである（詳細：http://www2.ffpri.affrc.go.jp/labs/fwdb/main.htm）。ここでは、1991～2000 年の 10 年間の日流量データ（阿部他、2010；後藤他、2005；細田他、2006；細田・村上、2006、2007；清水他、2008）を用いて、各流域の旬平均日流量と年平均日流量を算出し、各試験地の流出特性を解析した。

結果と考察

旬平均日流量のハイドログラフでは個々の降雨に対する出水の応答は均されてしまう。そのため積雪地域の定山渓、釜淵、宝川では融雪期にピークが現れる。融雪出水のピークは定山渓では 4 月下旬、釜淵では 4 月上旬に現れ、各試験地で流域間の差は見られなかった。これに対して宝川では、1 号沢（6.5ha、816～1075m）では 4 月上旬、初沢（117.9ha、810～1380m）では 4 月下旬、本流（前出）では 5 月上旬と、相対的に大きな流域ほどピークが遅くなり、ピーク流量も大きくなった。これは高標高帯を含む本流では相対的に積雪が多く、また、標高差が大きいことから融雪の時期が分散するためと考えられる。また、宝川では台風や秋雨前線による増水が続く 9～11 月も、本流、初沢、1 号の順に旬平均日流量が大きく、本流の上流部でより多くの雨が降っている可能性を示していた。

一方、非積雪地域の竜ノ口と去川では、旬平均日流量のピークは梅雨の最中（去川では 6 月中旬、竜ノ口山では 7 月上旬）に現れ、その前後 3ヶ月を含む約 6ヶ月余りが、冬期に比べ旬平均日流量が相対的に大きくなっている。ただし、ピークの値は降水量の違いを反映して去川の方が竜ノ口の 4 倍以上となる。

年平均日流量は宝川本流が最大、次いで釜淵の 3 流域、去川の 3 流域、宝川の初沢と 1 号、定山渓の 2 流域、竜ノ口の 2 流域の順になった。年降水量が最も多い去川より 2 番目に多い釜淵の年平均日流量が大きいのは、降水量の差以上に蒸発散量が少ないためと考えられる。また、宝川本流を除くと、年平均日流量の順序は試験地毎にまとまっており、流域サイズに大きな違いがない限り、水収支という点では同じ試験地内の違いより試験地間の差の方が大きいことが判る。

引用文献

阿部他（2010）森林総合研究所研究報告，9(2)，75-102.
後藤他（2005）森林総合研究所研究報告，4(1)，87-133.
細田他（1999）森林総合研究所研究報告，376，1-52.
細田・村上（2006）森林総合研究所研究報告，5(1)，99-118.
細田・村上（2007）森林総合研究所研究報告，6(3)，163-213.
清水他（2008）森林総合研究所研究報告，7(1)，13-65

キーワード: 森林流域, 流出特性, 気象条件, 流域の大きさ
Keywords: forested watershed, flow characteristics, climatic conditions, catchment sizes

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-06 会場:202 時間:5 月 23 日 09:45-10:00

人工林の管理の河川流量および河川環境への影響
Effects of forest plantation plactices on runoff and downstream environment

恩田 裕一 [1*]
Yuichi Onda[1*]

[1] 筑波大学大学院生命環境科学研究科
[1]Sch. Life & Env. Sci. Univ. Tsukuba

森林が国土の 65%以上を占める我が国では，その 4 割以上はスギ・ヒノキ人工林からなる。しかし，近年林業労働力の不足や木材価格の低迷により，適切な管理が行き届かずに荒廃化してしまう人工林が年々増大している。荒廃人工林では，林内が暗く下層植生が消失し，表土流亡や表面流発生が起きるため，健全な水源涵養機能が発揮されない現状がある。これに加え，近年では気候変動に伴い，渇水と短期降雨量の増大が観測されており，山地流域からの安全かつ安定した水供給が脅かされつつある。

最近の研究成果により，荒廃ヒノキ人工林に本数間伐率 50-60%の強度間伐を行うと，林床が下層植生で被覆され浸透能力が上昇し，表面流発生・濁水発生の危険性を減少させることが明らかになった。この一方，間伐は樹冠降雨遮断による蒸発を減少させるため，強度間伐は地表面到達降雨ならびに地下水涵養量を増大させる可能性が大きい。しかしながら，現在の日本における強度間伐は 30%程度のものが多く，50%以上の強度間伐が実際の水・土砂流出に与える影響は不明であった。本発表では，強度間伐による荒廃人工林の管理が，渇水流量や河川の濁質成分に与える効果を実証的に解明する。そして，荒廃人工林の管理によって水供給量の平準化・河川水質の改善を目指した研究の経過について発表する。

キーワード: 水循環, 人工林, 流出
Keywords: Water Cycle, Forest Plantation, Runoff

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-07 会場:202 時間:5 月 23 日 10:00-10:15

硫黄酸化物と樹木の立ち枯れの関係
SOx and the relation of witherring of trees

大森 禎子 [1*]
Teiko Omori[1*]

[1] 元東邦大学理学部化学科
[1]Department of Siennce,Toho University

はじめに

化石燃料の燃焼で発生する二酸化炭素は気候変動を起こし、二酸化炭素の発生量に比例して硫黄酸化物も発生する。二酸化硫黄は同時に発生する窒素酸化物から酸素と大気中から水分を吸収して硫酸になる。雨水の成分は硫酸イオン濃度が最も高く、次に硝酸イオン濃度である。雨は土壌や樹木に水分を供給する唯一の源で、含まれる硫酸の性質を知る必要がある。雨や霧は、付着した場所で水分のみ蒸発して硫酸は 100%近くその場に残る。風により運ばれる硫酸は、通過する風の量に比例して樹木に付着し、濃縮と蓄積で濃度が高くなる。硫酸は、風送塩化ナトリウムと大気中や土壌中に存在する二酸化マンガンの混合物に加わると塩化物イオンは塩素になる。塩素は細胞を破壊し、同時に生成した硫酸マンガンは潮解性で、付着した細胞から水分を吸収して破壊する。雨で根元の土壌に落とされた硫酸は土壌成分のアルミニウムと鉄等を金属硫酸塩にし、水に溶解して樹木に吸収される。吸収した金属イオンは木質層のリン酸と化合して不溶性の金属リン酸塩になり、リン酸を不活性化する。樹木に必須成分のリン酸の不活性化は、樹種に関係なく立ち枯れの原因になる。

測定方法

雨水は降雨量 1～5mm までは 1mm につき 100cm3 採水し、0.45 μ m メンブランフィルターでろ過。土は樹木の根元から 50cm、表層、深さ 10、20cm で採取。樹皮は風上と風下で採取。室内で乾燥後、土は石以外のものは粉砕して孔径 2mm のフルイを通過させた。試料 1 に水 2.5 の割合で加え、60 分間後にろ過。pH は pH メターで、イオンはイオンクロマトグラフィーで、その他の成分は高周波誘導結合プラズマ発光分析で定量。

結果

三宅島の試料は、風送塩と硫酸の発生源の位置が分かり、植林した 3 年生クロマツの周囲には防風網が張られているので、風による硫酸の付着量、風送塩と硫酸の関係を知る事ができる。水による試料の溶出成分のナトリウムイオン濃度を基準に海塩組成に従って算出した塩化物イオン濃度は二酸化マンガンにより酸化されて塩素になるため測定されず、非海塩塩化物イオン濃度はマイナスの値になる。同時に生成した硫酸マンガンは潮解性のため付着した細胞と大気から水分を吸収して流出拡散する。塩化物イオンを塩素に変えるために使用した硫酸はマイナスの塩化物イオン濃度から算出できる。この-濃度から非海塩硫酸イオン濃度を引いた量は流出量になる。非海塩と流出量の合計が汚染量になる。実際の汚染量は非海塩硫酸イオン濃度より非常に高い。防風網の高さは 3m、周囲 10m 角に張られた中に 1m 間隔で 3 年生クロマツが植えられている。防風網は火口付近を通過した風を正面から受けた網の下の土の硫酸イオン濃度は、風の方向と平行に張った網の下の土より 10 倍高い。硫酸は風の接触量に比例して付着量が多くなる。マツの新芽の長さが 16cm の木は、23cm の木より根元の土の硫酸イオン濃度が 9 倍高い。枯れたクロマツは、枯れないクロマツより、葉の根元 1cm の硫酸イオン濃度は 28 倍高い。クロマツの枝に付いていた葉の量は枯れたクロマツ 6.2g/1cm、枯れない方は 2.9g/1cm である。クロマツは土壌の硫酸の量が多いと成長が悪くなり、収集量が多いと枯れる。マツ葉の根元やシラビソの葉の下側は、汚染物の濃縮と蓄積が起こり、変色が見られる。

樹木で集められた硫酸は雨で根元に落とされる。酸性化した土壌からは金属イオンが溶出し、水と樹木に吸収され、樹木のリン酸を奪い、溶解度の低い金属リン酸塩になる。２価の鉄イオンはリン酸と化合してリン酸第一鉄になり、次に、酸素によりリン酸第二鉄になるとき暗青色になる。それは、次に加水分解し、酸化第二鉄になり黄褐色になる。これらの反応は二価の鉄とリン酸の固有のものである。立ち枯れたマツの木質層は、根元から先端近くまで、水の通らない中心を除いて均一に暗青色である。この現象は太田市と可児市で枯れたマツで大量に見られた。土壌には鉄よりアルミニウムの方が多く含まれ溶解しやすく、リン酸アルミニウムは無色であるが、立ち枯れ材には鉄よりアルミニウムの方が約 5 倍多く含まれ、アルミニウムの影響が大きい。リン酸の不活性化は樹種に関係なく、樹木に重大な影響をおよぼす。日本海沿岸はマツもナラも全滅で、三宅島は噴火前の 2000 年 4 月に西海岸のヤシャブシが海側から枯れ、八丈島は 2010 年に西向き斜面の種々の樹木が枯れ、佐渡島は 2010 年に西向き斜面のマツが枯れ、ナラの大木は枯れて小枝を失い、当年枯れた木は紅葉していた。何れも虫とされるが、大気汚染による硫酸の影響を考える必要がある。越境汚染の硫酸の濃度は、以前の 1/10 の濃度でも 10 倍の時間が立てばその場に加わる量は同じで、後、雨で流出拡散しても、樹木の傷害は蓄積されて枯れる原因になる。

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-08 会場:202 時間:5 月 23 日 10:15-10:30

兵庫県生野鉱山周辺と養父市一帯における水生生物内に蓄積される重金属の影響
The influence of heavy metal accumulated in aquatic life in the Hyogo,Ikuno mine outskirts and the Yabu City.

小川 弘晃 [1*], 井伊 博行 [2], 西田 昭夫 [3]
Hiroaki Ogawa[1*], HIROYUKI II[2], Akio Nishida[3]

[1] 和歌山大学大学院システム工学研究科, [2] 和歌山大学システム工学部環境システム学科, [3] 香美町立香住第二中学校
[1]Graduate school of Wakayama University, [2]Wakayama University, [3]Kasumi 2nd junior high school

本研究は、休廃止鉱山における鉱山廃水の流出や蛇紋岩地質という特殊な地質下といった影響を受けた水環境を扱う。このような環境下における溶存イオン濃度や重金属の挙動を明らかにすることが研究目的である。また、本研究は、ヘビトンボ等の水生生物が捕食を行う際に蓄積する重金属の生物濃縮の状態を明らかにし、水生生物の生息環境の把握に努めた。

研究対象地は、兵庫県生野鉱山周辺地域及び兵庫県養父市一帯に存在する蛇紋岩地質地域を選定した。生野鉱山地域では、鉱山稼働時に最も採掘が盛んであった地点において Ca2+,Mg2+,SO42-,HCO3-の溶存濃度が突出して高い値を示し、Zn 等の重金属で排水基準 ([5.0mg/L]) を超えた地点 (最高で 25.1[mg/L]) も存在した。

こうした結果の要因として、坑内に残るズリやスラヴ集積場の存在からの鉱山廃水の流出が考えられる。現在、休廃止鉱山の廃水処理が全国的に行われているが、依然として排水基準を超過する重金属濃度を示している地点が存在するという事実が本研究で明らかになった。

蛇紋岩地質地域においては、中瀬鉱山や夏梅鉱山といった休廃止鉱山周辺で溶存イオン濃度が高濃度になり、生野鉱山周辺地域と同様に鉱山廃水の影響が考えられる。

蛇紋岩地質は一般的に Ca2+濃度が蛇紋岩化作用によって低くなり、Mg2+及び HCO3-濃度が高濃度で存在しており、本研究でも多くの地点で上述の典型的水質を示し、蛇紋岩化作用の進行が水質面から把握することができる。

しかしながら、休廃止鉱山 (夏梅鉱山) 周辺のみは、Ca2+濃度、M g 2+濃度ともに他地点と比較して突出して高濃度であるという特異性を示した。対して、多くの溶存イオン濃度で他地点よりも突出して低濃度になった地点も存在している。

以上の 2 地点においては、蛇紋岩化作用だけでなく他地質の影響等といった別要因が働いていることが示唆される。

さらに重金属濃度については、蛇紋岩地質地域の湧水において、2010 年 5 月分において Pb 濃度が 0.076[mg/L] を示し排出基準を超え、Cr 濃度が排水基準には満たないが比較的高濃度となったことが特徴として挙げられる。

水生生物内に蓄積される重金属濃度 (乾燥重量当たりの含有量 [mg/kg]) は、生野鉱山周辺地域では、最大 Ni が 2.4[mg/kg]、Cd が 1.2[mg/Kg](ヘビトンボ 1 匹当たり) であり、蛇紋岩地質地域では最大 Ni で 14.6[mg/Kg](ガガンボ 1 匹当たり)、Cr で 0.4[mg/Kg] を示した。

水生生物中の重金属濃度は、生物種及び体長、食性によって異なる。肉食性で体も大きく、生態ピラミッドの上位に位置するガガンボ、ヘビトンボは、重金属を体内に多く蓄積することが予想される。

上述の 2 個体の濃度が地域で最高濃度となったことから、この予想は実証されたと考えられる。

キーワード: 休廃止鉱山, 鉱山廃水, 蛇紋岩地質, 重金属, 水生生物, 生物濃縮
Keywords: Rest abolition mine, Mine waste water, Serpentine geological feature, Heavy metal, Acatic life, Biological magnification

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-09 会場:202 時間:5 月 23 日 10:45-11:00

森林渓流における硝酸濃度の季節変動を制御する要因とは？
Seasonal patterns of nitrate concentration in forest streams: Hydrology or biogeochemistry?

大手 信人 [1*], 徳地 直子 [2], 藤本将光 [3]
Nobuhito Ohte[1*], Naoko Tokuchi[2], Masamitsu Fujimoto[3]

[1] 東京大学大学院農学生命科学研究科, [2] 京都大学フィールド科学教育研究センター, [3] 京都大学大学院農学研究科
[1]School of Agr. & Life Sci., Univ. Tokyo, [2]FSERC, Kyoto University, [3]Grad. School of Agriculture, Kyoto Univ.

In recent two decades, the seasonal variation of nitrate discharge from forested ecosystems has been increasingly focused by ecologists and hydrologists as a diagnostic indicator of the nutrient status of ecosystems. Major factors controlling the seasonal patterns of stream nitrate concentrations include seasonal variations in (i) nutrient demands of plants and microbes, (ii) solute transport capability of the hydrological condition, and (iii) in-stream nutrient usage and supply. In this study, we attempted to show how case studies have helped to elucidate the dominant controlling factors by comparing data from Japanese catchments with previously compiled data from studies in North America and Europe, and explain the different influences of hydrological and biogeochemical controls exert in rainy summer regions (Japanese catchments under the Asian monsoon climate) and dry summer regions (sites in the northeast United States and Europe). The seasonal variation of hydrological conditions is a predominant controlling factor in Japanese forests, whereas it has been considered that nutrient demand may predominate in the northeast United States and Europe. We, ecologists and hydrologists have to recognize that it is important to compare seasonal patterns among different climate regions to obtain more universal explanations of the seasonal variation in stream nitrate concentration. In addition, multi-scale investigations will be strongly needed to provide insight into the relative contribution of hillslope biogeochemical effects and the influences of in-stream biological activities.

キーワード: 森林生態系, 渓流水, 硝酸, 季節変動
Keywords: forest ecosystem, streamwater, nitrate, seasonal variation

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-10 会場:202 時間:5 月 23 日 11:00-11:15

森林流域における平均滞留時間から見た渓流水質長期変動の解析
Meaning of mean residence time for the biogeochemical responses of streamwater in a forested headwater catchment

勝山 正則 [1*]
Masanori Katsuyama[1*]

[1] 京都大学農学研究科
[1]Graduate School of Agriculture, Kyoto Un

過去 20 年以上に渡り渓流水や地下水の水文・水質観測が継続されている森林流域において、降水量などの気象条件の経年変化や、地下水・渓流水の平均滞留時間分布が長期の渓流水質の変化に及ぼす影響を考察した。観測地は滋賀県南部に位置する桐生水文試験地で、流域の基岩地質は風化花崗岩である。1990 年から 2010 年の年平均降水量は 1639.0mm である。

本観測流域では 1980 年代後半からのマツ枯れの発生により、渓流水中の NO3-濃度が上昇したことが報告されている。このマツ枯れでは立ち枯れていたマツが 1994 年 9 月の台風 26 号により一斉に倒れたことが確認されている。一方、渓流水中の NO3-濃度は 1996 年夏期にピークに達し、その後緩やかに低下している。2010 年の時点で濃度はピーク時の約 4 分の 1 であるが、マツ枯れ発生前の濃度までは低下していない。このような時間遅れはマツ枯れによる倒木が微生物により分解され、降水により溶脱した窒素が地下水に入り、渓流に達するまでの時間遅れによると考えられる。本試験地における δ 18O を用いた渓流水の平均滞留時間推定結果は 43ヶ月と報告されている。この計算で最適解を与える重み付け関数 (Weighting function) を見ると、渓流水に対して滞留時間が 1 年の水の寄与が最も大きいものの、滞留時間が 10 年を超えるような水の寄与も存在することが示された。倒木のピークから濃度のピークには約 2 年あるが、倒木が分解を受け窒素が溶脱可能になるまでのタイムラグを含めると、ピークが 2 年遅れ、また現在も完全に濃度が低下していないことが説明される。

一方、保存的トレーサーとしてよく用いられる Cl-濃度の長期変動を見ると、2000 年頃までは濃度が低下傾向にあり、その後はほぼ一定値を保っている。前半の濃度低下は、マツ枯れによる樹冠の減少により、樹冠で補足されてから林内に供給されていた塩素の分だけインプット量が減少したためと考えられる。その後樹冠は回復したものの、地下水が完全に入れ替わるまで時間がかかり、まだ濃度上昇が見られない。

以上のようにマツ枯れや森林伐採などの地上部の攪乱現象は一時的なものであるが、地下水を通じた渓流水質への影響は長期に及ぶ。平均滞留時間はこのような影響の解析には不可欠なものであり、必然的に長期連続観測が重要となる。

キーワード: 森林流域, 平均滞留時間, 渓流水, 水質, 長期観測
Keywords: Forested headwater catchment, Mean residence time, streamwater, hydrochemistry, Long-term observation

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-11 会場:202 時間:5 月 23 日 11:15-11:30

山地源流域における湧水・河川水の滞留時間の時空間変動とその水文学的意味
Spatial and temporal change of average residence time of spring and stream waters and its hydrological interpretation

辻村 真貴[1*], 大原 諒子[1], 藤原 愛[1], 矢野 伸二郎[2], 松本 雄大[2]
Maki Tsujimura[1*], Ryoko Ohara[1], Ai Fujiwara[1], Shinjiro Yano[2], Takehiro Matsumoto[2]

[1] 筑波大学, [2] サントリーホールディングス株式会社
[1]University of Tsukuba, [2]Suntory Holdings Ltd.

山梨県白州にある花崗岩からなる山地源流域を対象に、フロン類、安定同位体、無機溶存成分等のマルチ・トレーサーを用い、湧水、河川水の滞留時間における時空間変動を明らかにした。
その結果、高水期における湧水の滞留時間は 7〜16 年、支流のそれは 7〜19 年、本流のそれは 7〜13 年を示したのに対し、低水期における湧水のそれは 14〜20 年、支流のそれは 10〜17 年、本流は 7〜19 年を示し、全体として高水期の滞留時間は低水期に比べ短く、また高水期、低水期とも湧水、支流、本流と流域面積が大きくなるほど、平均滞留時間が短くなる傾向がみられた。
高水期においては、山体の地下水位が相対的に高く動水勾配が大きいため、滞留時間の相対的に短い浅層地下水の寄与が大きくなるため、このような特徴がみられるものと考えられる。また、湧水に比較し、本流の河川水は高い標高にもたらされた降水等が、比較的速やかに流出した水の寄与が大きいため、相対的に短い滞留時間を示すものと推定される。このように、山地源流域の湧水や河川水は、山体における動的な水文プロセスの変動に伴い、その平均滞留時間が時空間的に変動していることが、示された。

キーワード: 山地源流域, 滞留時間, 湧水, 渓流水
Keywords: Headwater, Residence time, Spring, Stream

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-12 会場:202 時間:5 月 23 日 11:30-11:45

東シベリア・ヤクーツク近郊の永久凍土帯に分布する湧水の地下水年代
Residence time of permafrost groundwater at Yakutsk region, Eastern Siberia

檜山 哲哉 [1*], 浅井 和由 [2], アレキサンダー コレスニコフ [3], レオニド ガガーリン [3], ビクター シェペレフ [3]
Tetsuya Hiyama[1*], Kazuyoshi Asai[2], Alexander Kolesnikov[3], Leonid Gagarin[3], Victor Shepelev[3]

[1] 総合地球環境学研究所, [2] 株式会社 地球科学研究所, [3] ロシア科学アカデミー 永久凍土研究所
[1]RIHN, Japan, [2]Geo-Science Laboratory, Japan, [3]Melnikov Permafrost Institute, Russia

ユーラシア大陸から北極海に注ぐ河川流量のうち、冬季の日最低河川流量が 1980 年代以降徐々に増加してきている。その原因として流域内降水量の増加が考えられる一方、地球温暖化によって引き起こされた凍土や地下氷の融解が融解水の増加をもたらし、冬季河川流量が増加したとの推測もある。このような背景から、東シベリア永久凍土帯に分布する湧水群の地下水系を詳細に調査し、気候変動や水循環変動との関わりを探るのは興味深い。東シベリア・ヤクーツク近郊のレナ川東岸には複数の湧水群が存在し、湧水量が降水量に比較的良く応答する湧水や、湧水量と降水量との間に相関の無い湧水群など、多様である。これらの差異には水文地質構造の他、永久凍土内の氷の存在量やサーモカルスト（凍土内の氷の融解による地盤の劣化現象）などが関わっているようである。これらの湧水群に対し、フロン類や六フッ化硫黄を水文トレーサーとして地下水年代推定を行った結果、みかけの涵養年代は 1950 年代以降 2007 年以前であった。また湧水のトリチウム濃度から推定されたみかけの涵養年代も、同様の結果を得た。以上の結果から、凍土上地下水と凍土内地下水（タリク水）がそれぞれの湧水ごとにある一定の割合で混合したものと考えられた。今後は、凍土上地下水が凍結している冬季に同様の分析を行い、凍土上地下水と凍土内地下水の混合割合を見積もる必要がある。

キーワード: 永久凍土, サーモカルスト, 凍土上地下水, 凍土内地下水, 湖沼ー タリクー 地下水系
Keywords: permafrost, thermokarst, supra-permafrost groundwater, intra-permafrost groundwater, lake-talik-groundwater system

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-13 会場:202 時間:5 月 23 日 11:45-12:00

インドネシアにおける降水同位体の長期観測
Long-term observation of stable isotopes in precipitation over Indonesia

一柳 錦平 [1*], Rusmawan Suwarman[1], 山中大学 [2]
Kimpei Ichiyanagi[1*], Rusmawan Suwarman[1], Manaba D. Yamanaka[2]

[1] 熊本大学, [2] 海洋研究開発機構
[1]Kumamoto Universit, [2]JAMSTEC

Daily rainfall and rain water stable isotopes (Oxygen-18 and Deuterium) were observed from 2001 at six stations over maritime continent. There are Kotatabang, Jambi, Denpasar, Makasar, and Manado in Indonesia, and Peleliu Island in Palau. The daily rainfall amount and stable isotopes shows temporal characteristics with larges differences. Rainy season is almost occurred in December to February while dry season is July to August in each station except over Palau with occurred during May to June. The range of isotopic content is about -15 permil to 7 permil for daily Oxygen-18 over these local stations. The correlation coefficient between daily rainfall amount and isotopic content is not significant. However, there are three stations where have significant correlations in monthly rainfall and stable isotopic content (Kotatabang, Denpasar, and Makasar). Furthermore, we found clearly negative trend in relationships between monthly precipitation amount and isotopic content. It is suggested that seasonality rainfall is more related than individual rainfall. Seasonal variation of stable isotopes in precipitation as a response to Australian monsoon also is considered. The significant correlation between monthly stable isotopic content and Australian monsoon index is found on Denpasar, Makasar, and Palau, where Denpasar and Makasar have negative correlation and Palau positive correlation. It is suggested that these three stations have a relation with easterly and westerly wind over Australian monsoon region.

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-14 会場:202 時間:5 月 23 日 12:00-12:15

アジアモンスーン域における降水量・降雨特性の長期変動
Long-term variations of rainfall and rainfall characteristics in Asian monsoon region

松本 淳[1*], 遠藤 伸彦[2], 浜田 純一[2], 久保田 尚之[2], 赤坂 郁美[2], 上米良 秀行[2], 増田 耕一[2], 山中 大学[2], 森　修一[2], 林 泰一[3], 寺尾 徹[4], 村田 文絵[5], 木口雅司[6], 山根 悠介[7], 財城 真寿美[8], 平野淳平[1]
Jun Matsumoto[1*], Nobuhiko Endo[2], Jun-Ichi Hamada[2], Hisayuki Kubota[2], Ikumi Akasaka[2], Hideyuki Kamimera[2], Kooiti Masuda[2], Manabu D. Yamanaka[2], Shuichi Mori[2], Taiichi Hayashi[3], Toru Terao[4], Fumie Murata[5], Masashi Kiguchi[6], Yusuke Yamane[7], Masumi Zaiki[8], Junpei Hirano[1]

[1] 首都大学東京, [2] 海洋研究開発機構, [3] 京都大学, [4] 香川大学, [5] 高知大学, [6] 東京大学, [7] 常葉学園大学, [8] 成蹊大学
[1]Tokyo Metropolitan Univetsity, [2]JAMSTEC, [3]Kyoto University, [4]Kagawa University, [5]Kochi University, [6]University of Tokyo, [7]Tokoha Gakuen University, [8]Seikei University

アジアモンスーンの長期変動に関しては、全インドモンスーン降水量が有名で、130 年以上の期間での変動が解明されている。しかし、他のアジアモンスーン域の国々においては、第二次世界大戦以前の植民地時代におけるデータや第二次世界大戦中や直後におけるデータはきわめて限られており、100 年の時間スケールでの変動は十分に解明されていなかった。WCRP/GEWEX/MAHASRI では、アジアモンスーン地域の陸域における降水量や降雨特性・水循環の長期変化を観測データから解明すべく、独自の長期観測網の展開や紙媒体でのデータのデジタル化によるデータレスキューを含むデータ収集活動などを実施してきた。本発表では、JAMSTEC が受託した文部科学省「データ統合・解析システム」(DIAS) 経費、首都大学東京が受託した環境省地球環境総合推進費（B-061・A-0902）や発表者が受けた日本学術振興会科学研究費補助金、JAMSTEC 地球環境変動領域などの経費を得て、アジアモンスーン域における降水量や降雨特性の長期変動に関係するデータ解析の成果について紹介する。

キーワード: アジアモンスーン, 降水量, 降雨特性, 長期変動
Keywords: Asian monsoon, Precipitation, Rainfall characteristics, Long-term variations

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-15 会場:202 時間:5 月 23 日 12:15-12:30

樹冠遮断で蒸発した水はどこへ行くのか？－大陸規模降水を支配している可能性
Where does the evaporated water of canopy interception go? A possibility of dictating continental-scale precipitation

村上 茂樹 [1*]
Shigeki Murakami[1*]

[1]（独）森林総合研究所　十日町試験地
[1]Forestry and Forest Prod. Res. Inst.

1. Introduction

In the early 20th century forest hydrologists presumed that forest could feed rain that implies stream flow from the forested areas is higher than that from the other land uses. However, in the late 20th century this assumption has been proved to be incorrect based on the results of the catchment experiments. Nowadays, few forest hydrologists study on the effect of rain increase by forest, and rainfall (R) is regarded as an independent variable to explain the partitioning of rainwater. Nevertheless, the idea of rain increase by forest has not yet been denied. Canopy interception (CI) occupies some 20% of R, but you do not know where it goes after evaporation. CI can be a major source of rain above forest and can affect rainfall distribution on a continental-scale. It is expected that the hypotheses described in the next section would be a breakthrough of this issue. This study presents one of the hydrological approaches to prove this new concept.

2. Hypotheses and scenario of an R-CI interaction

First and foremost, the reason why an enormous quantity of water evaporates by CI has not yet been clarified. For instance, Hashino et al. (2005; Proceedings of Annual Conference Japan Society of Hydrology and Water Resources; In Japanese) observed evaporation rate of 13 mm hour^{-1} for rainfall intensity of 59 mm hour^{-1} with the total rainfall of 420.5 mm brought by a typhoon. Splash droplet evaporation (SDE) can explain a huge amount of evaporation during rainfall (Murakami, 2006; J. Hyrol.) but, the SDE hypothesis gives no information on how water vapor is removed, where it goes and the source of the latent heat. One of the promising solutions for this is evaporative force (EF) proposed by Makarieva and Gorshkov (MG 2007; HESS). This theory states buoyancy works for water vapor in the air since the molar weight of water is lighter than that of air. The more humid the air gets, the stronger buoyancy becomes. Accordingly, EF explains effective evaporation during a rain event under high relative humidity.

MG has proposed another important theory, the Biotic Pump Theory. They advocate that in a forested area water vapor is sucked into the inland from the coastal area due to EF under the condition of high evaporation by forest, and this keeps R constant through the coast to the inland a couple of thousands km away from the ocean.

Murakami (2009; Forest Canopies, NOVA Pub.) integrated the idea of SDE and the theory of EF to hypothecate that water vapor generated by CI is transported back up to cloud due to EF and at the same time the latent heat released in the cloud gets back down to forest canopy that makes up for latent heat of vaporization. This hypothesis can make both ends meet in terms of the water vapor and the latent heat during rainfall.

3. Direction of the studies

To estimate CI using meteorological data hydrologists utilize a conventional boundary-layer theory. However, obviously, it underestimates CI and do not elucidate high evaporation rate, e.g. $>$10 mm hour^{-1} (Murakami, 2007; J. Hyrol.) and you need to clarify the observational facts, i.e. an enormous amount of evaporation, whether the scenario in the previous section is correct or not. A simple experiment can reveal a part of the essences of this phenomenon. Some studies showed that agricultural crops have an equivalent amount of CI with forests, and it is needed to clarify the minimum height of the vegetation that CI begins to decrease with diminishing height. Other studies reported that LAI is insensitive to CI, but there exists the minimum LAI from which CI decrease. These approaches enable the parameterization of CI with respect to vegetation structures. Feeding back these hydrological approaches, though it is a plot scale, to the atmospheric sciences considering the hypotheses in the previous section, we might scale them up to the continental, and could prove the effect of rain increase by forest.

キーワード: 樹冠遮断, 蒸発力, 生物ポンプ, 増雨
Keywords: canopy interception, evaporative force, Biotic Pump, rain increase

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-16 会場:202 時間:5 月 23 日 12:30-12:45

陸上生態系の水・物質循環を通じた環境維持作用：総合討論
Future perspectives in hydrological and biogeochemical researches in terrestrial ecosystems

谷 誠 [1*], 杉田 倫明 [2], 窪田 順平 [3]
Makoto Tani[1*], Michiaki Sugita[2], Jumpei Kubota[3]

[1] 京都大学, [2] 筑波大学, [3] 総合地球環境学研究所
[1]Kyoto University, [2]University of Tsukuba, [3]Research Inst. for Humanity and Nature

人間による自然への働きかけが地球規模の環境劣化を招いて人間社会の存続を難しくしているという２１世紀最大の課題に対して、地球科学が果たす役割は大きく、日本では、統括的な学術情報交換が日本地球惑星連合において行われてきた。その中で、陸上生態系における水・物質循環に関するフィールド研究は、人間の直接的な働きかけが環境をどのように変えるかを評価・予測するうえでとりわけ重要な研究分野であり、将来予測成否の一切が観測検証にかかっていると言っても過言でない。

陸上生態系の水・物質循環に及ぼす影響は地球上の位置によってきわめて多様である。例えば、アマゾンやシベリアのような安定大陸を覆う生態系では、陸面・大気間の相互交換を通じて内陸の湿潤気候を維持する効果が強いのに対し、日本のような湿潤変動帯をおおう生態系では、山岳隆起と豪雨による強い浸食力を緩和する効果が強く現れる。こうした生態系の効果は、個体生命にみられるのと同様の健全性維持機能（ホメオスタシス）によってもたらされると言う点で共通しており、人間による働きかけはその攪乱要因となると考えられる。これらの機能を解明し評価するには、機能が長年にわたる生態系の遷移を通じて熟成され、超過確率の小さい少雨や豪雨のある場合に顕在化することから、長期間の調査がとりわけ重要・不可欠である。

現在では、幸いにも先人の努力によっていくつかの水文観測試験地における数十年にわたる精度の高い水循環に関するデータを手にすることができる。また、アジア各地などに場所を広げて、水・物質循環・フラックスの観測が開始され、数年程度のデータが得られつつある。しかしながら、組織として観測を維持するに十分な環境にあるとは言えず、個人的な努力に依存している部分も多く、今後長期に観測継続してゆく体制を築く必要がある。

ここでは、生態系の水・物質循環、生態系とそれを取り巻く環境との相互作用について、最新のフィールド観測から得られる知見をとりまとめることによって、今後の陸上生態系に関する水・物質循環研究の方向性を議論するとともに、長期観測研究の意義を明らかにする。

キーワード: 陸上生態系, 水循環, 物質循環, 長期観測
Keywords: terrestrial ecosystems, hydrological cycle, biogeochemical cycle, long-term monitering

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-17 会場:202 時間:5 月 23 日 14:15-14:30

アジア陸域炭素循環の長期・広域評価における地上観測の役割
Role of ground observation networks for long-term and continental scale carbon budget estimations in East Asia

三枝 信子 [1*]
Nobuko Saigusa[1*]

[1] 国立環境研究所
[1]Natl Inst Environ Studies

Recent studies using flux measurement networks in Asia have shown that the year-to-year changes in annual net ecosystem CO2 exchanges are controlled by different key factors in different biomes. In humid temperate forests, the key factors are the temperature and solar radiation during the growing season, which vary year-to-year in response to the timing of the early summer rainy seasons. In tropical forests in Southeast Asia, the keys are the length and strength of the dry season, and the El Nino/Southern Oscillation (ENSO)-related dry weather and smoke from fires.

In order to improve future climate change predictions, more synthetic knowledge of how ecosystem functions on carbon and water cycles respond to large-scale meteorological phenomena, such as year-to-year changes in Asian monsoon circulations would be desirable. This is because ongoing global warming has the potential to increase the frequency and magnitude of many extreme climatic events, including floods, droughts, storms, and anomalous temperatures in the global scale as well as in the Asian monsoon region. Another reason is that any of the recent climate prediction models needs to incorporate the biological feedback of terrestrial ecosystems that may play important roles in the global carbon and water cycles. However, we still do not understand the magnitude of the feedback, and the models have enormous uncertainties in the estimation of that feedback.

Since there is a potential that the frequency of anomalous weather conditions increases in the future affecting productivity in the Asian forests, further studies are necessary to gain a more accurate understanding of the response of Asian ecosystems to the meteorological patterns. As a case study, responses of East Asian forest productivity to large-scale meteorological anomalous pattern will be presented and the role of ground observational network for detecting long-term and continental scale terrestrial ecosystem responses will be discussed. The results lead to an understanding of the spatial distribution of ecosystem responses to large-scale meteorological phenomena and serve as a verification dataset for the development of forest carbon monitoring, accounting and reporting system.

キーワード: 炭素循環, 陸域生態系, 地上観測, AsiaFlux
Keywords: carbon cycle, terrestrial ecosystem, ground observation, AsiaFlux

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-18 会場:202 時間:5 月 23 日 14:30-14:45

微気象観測ネットワークによる日本の森林における炭素吸収量の長期モニタリング
A long-term monitoring of the carbon uptake by Japanese forests via micrometeorological observation network

山野井克己 [1], 大谷 義一 [1*], 溝口康子 [1], 安田幸生 [1], 中井裕一郎 [1], 北村兼三 [1], 高梨聡 [1], 小南裕志 [1], 深山貴文 [1], 荻野裕章 [1], 清水貴範 [1], 玉井幸治 [1], 中野隆志 [2]
Katsumi YAMANOI[1], Yoshikazu OHTANI[1*], Yasuko MIZOGUCHI[1], Yukio YASUDA[1], Yuichiro NAKAI[1], Kenzo KITAMURA[1], Satoru TAKANASHI[1], Yuji KOMINAMI[1], Takafumi MIYAMA[1], Hiroaki HAGINO[1], Takanori SHIMIZU[1], Koji TAMAI[1], Takashi NAKANO[2]

[1] 森林総合研究所, [2] 山梨県環境科学研究所
[1]Forestry and Forest Products Res. Inst., [2]Yamanashi Inst. of Environmental Sci.

1. はじめに

世界各国で行われている地球温暖化緩和の取り組みでは，陸上の生態系，とくに森林における二酸化炭素吸収量の把握が重要な課題となっており，さまざまな気候，地域や森林タイプに対応した森林の炭素循環のメカニズム解明が急がれている。森林による CO_2 吸収量を評価し，気候変動を予測するモデルに正しく森林の効果を盛り込むためには，観測によって森林と大気間のエネルギーや CO_2 の交換過程に関する理解を深め，モデルのパラメタリゼーションの向上，モデルの検証やリモートセンシング手法による炭素収支推定の比較検証などに必要なデータを収集・蓄積する必要がある。このような課題に取り組むため，欧米を中心に陸域生態系の炭素吸収量を長期にモニタリングする観測ネットワーク (FLUXNET) が構築され，我が国を中心にアジア地域にも観測ネットワーク (AsiaFlux) が展開された。ここに紹介するのは，このような森林生態系の炭素吸収量とそれに関わる過程を総合的に解明することを目的に設置された観測ネットワーク「森林総合研究所フラックス観測ネットワーク」による観測成果の一部である。

2. 観測の概要

観測ネットワークに属する試験地は，札幌 (SAP: 落葉広葉樹林，北海道札幌市)，安比 (API: 落葉広葉樹林，岩手県八幡平市)，川越 (KWG: 落葉広葉樹林，埼玉県川越市)，富士吉田 (FJY: 常緑針葉樹林，山梨県富士吉田市)，山城 (YMS: 常緑・落葉広葉樹林，京都府木津川市)，鹿北 (KHW: 常緑針葉樹林，熊本県山鹿市) の日本の森林 6 箇所に設定されている。試験地には共通のプラットフォームとして樹冠上に達する観測タワーを設置し，群落上で風速, 気温，水蒸気量，二酸化炭素濃度等の乱流変動値や解析に必要となる各種微気象要素を継続的に観測している。観測システムとしての特徴は，二酸化炭素濃度変動測定にクローズド型の赤外線ガス分析計を用いていること，赤外線ガス分析計に導入する大気は除湿していること，代わりにセラミック湿度センサと白金温度計を用いて潜熱フラックスを測定していること，などである。各種の乱流フラックスは渦相関法によって求め，計算の単位時間は 30 分で，通常行われる生データに対する品質管理等を共通に行い，データの精度を管理しつつデータベースを構築し，生態系純生産量 (NEP) やそれから推定される生態系呼吸量 (RE)，生態系総生産量 (GPP) と主要な微気象要素などについて公開を行っている (URL 参照)。

3. 観測結果の例

NEP の季節変化のパターンは，サイトごとにかなり異なっていた。落葉広葉樹林で積雪寒冷地域に位置する SAP と API は類似した季節変化を示し，冬期はほぼ一定値で炭素を放出 (負の NEP が連続) し，5 月から 8 月の着葉期に大きな炭素吸収量 (正の NEP) を示した。一方，常緑針葉樹である FJY や KHW はほぼ一年を通じて炭素を吸収していた。KHW では，高温と梅雨の影響で 6 月から 8 月に NEP が小さくなった。YMS は森林の成長があまり良くない里山の混交林であるため NEP は小さく，冬期はわずかな放出となった。SAP は 2004 年の台風による大規模な風倒被害により，夏期の NEP は被害前に比べて半分になったが，冬期の NEP はほとんど変化が無かった。API は 2007 年 8 月にブナアオシャチホコによる虫害を受け，ブナが葉を失った。そのため 8 月以後は NEP が負 (炭素の放出) となり，NEP の季節変化に大きな影響が見られた。

年炭素収支には大きな年々変動が見られた。観測した NEP の変動が大きいほど GPP，RE の変動も大きくなる傾向が認められた。FJY では NEP の変動はわずかで，GPP と RE の変動傾向は同じでその変動幅も比較的少なかった。2007 年に虫害の被害を受けた API では，RE はほとんど変化せず GPP のみが減少することにより NEP が 1/3 に減少した。しかし，翌年の炭素収支への影響は見られなかった。台風による森林被害を経験した SAP で被害前後の炭素収支を比較した結果，樹冠の被害が大きかった (タワー周辺で 50 %以上の樹木が幹折れや根返りを起こした) が，GPP の減少は少なかった。しかし RE の増加が顕著であった。被害後の NEP は負となり，森林は炭素の放出源となった。各サイトの年炭素

収支の比較を行った結果，YMS の混交林を除き，気候や樹種の違いが大きいにも関わらず，NEP は 3〜4.5t[C]ha^{-1}y^{-1} の範囲であった。森林は GPP として大気から吸収した炭素のうち 74〜88 %を RE として放出しており，残りの 12〜26 %を NEP として吸収していた。

今後は群落微気象モデルや生態系個別要素の収支との比較など，異なる手法間での収支比較などを充実させ，森林生態系の炭素収支の測定精度向上につなげて行きたい。

(URL:http://www2.ffpri.affrc.go.jp/labs/flux/)

キーワード: タワーフラックス観測, 生態系純生産量, 生態系呼吸量, 生態系総生産量
Keywords: tower flux observation, NEP, Ecosystem respiration, GPP

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-19 会場:202 時間:5 月 23 日 14:45-15:00

真瀬水田フラックス観測点の 10 年－何年間観測すれば十分なのか－
A decade of studies at Mase paddy flux site: how long is long enough?

宮田 明 [1*]
Akira Miyata[1*]

[1] 農業環境技術研究所
[1]Natl. Inst. Agro-Environ. Sci.

茨城県つくば市真瀬の水田（真瀬水田フラックスサイト）で、いわゆるタワーフラックス観測が開始された 1999 年 7 月から数えると今年は 13 年目、観測初期の試行錯誤の期間を経て長期観測態勢が整った 2002 年から数えても、今年は 10 年目となる。AsiaFlux がまとめた観測サイトに関する情報によれば、農地のモニタリングサイトは概して観測期間が短い（Mizoguchi et al., 2009）ので、10 年という観測期間は農地サイトとしては長い方と言えるだろう。森林や草原とは異なり、毎年、同じように移植（田植え）と収穫（稲刈り）が繰り返される水田で、長きにわたって観測を継続する意義は何だろうか、という点は常々指摘されることであるし、何よりも観測を行っている我々自身が自問自答し続けていることでもある。何年やれば十分なのか、という形で問われることもある。この質問に対する回答は研究の対象によって異なるとは思うが、この予稿を書いている時点ではうまく答えることができない。ここでは、フラックスの年々変動から考えてみる。

真瀬サイトでは、副業的農家がイネを栽培している一筆水田の片隅に機材を設置して、観測を続けている。水田の栽培管理は、基本的に農家任せである。農家はわが国でもっとも一般的な水稲品種であるコシヒカリを栽培し、この地域の平均的な収量を得ており、2002～2010 年の 9 年間の収量の変動係数は 7 %である（同じ期間の栽培期間積算日射量の変動係数は 9%、平均気温の標準偏差は 0.9 度）。イネの栽培期間について積算した二酸化炭素フラックス（NEE）と水蒸気フラックス（蒸発散量）の変動係数は、いずれも 10%であった。NEE から推定した総光合成量（GPP）の変動係数は 5%だが、夏季に高温多照で GPP が特異的に大きかった 2004 年を除くと、わずか 2%であった。このような GPP の小さな年々変動は、高い技術と安定した気候に支えられたわが国の稲作の現状を反映している。現在のところ、これらのフラックスに長期的なトレンドを検出することはできず、現状を明らかにするという点では、10 年という期間は十分と言えそうである。

しかし、この 10 年の間に明らかな変化がみられた要素もある。たとえば、メタンフラックスは 2006 年以降、大きく減少した。これは、2004 年まではイネの収穫後に稲わらを土壌中に鋤き込んでいたのに対し、2005 年以降は稲わらの一部を焼却するようになったことが影響した可能性がある。稲わら処理の違いは、年間の 2/3 を占める真瀬サイトの休耕期間の二酸化炭素フラックスにも影響を及ぼしているはずなので、その解析を進めている。水田に限らず、農地は圃場管理（農作業）という人為的な影響を強く受ける生態系ではあるが、農作業は農地生態系の一要素として考えるべきものであり、「人為攪乱」とよぶことには抵抗がある。しかし、稲わら処理のような農作業の変化は「人為攪乱」と言っていいかもしれない。管理方法の変化は、気温上昇や二酸化炭素濃度の増加とともに、水田の二酸化炭素フラックスや蒸発散量に影響を及ぼすだろう。それを観測で実証するには 10 年間の観測期間は不十分だが、別のアプローチがあるかもしれない。そこで、当面は真瀬サイトの観測を極小化し、考える時間をとることにした。

キーワード: フラックス, 水田, 二酸化炭素, メタン, 蒸発散量, アジアフラックス
Keywords: flux, rice paddy, carbon dioxide, methane, evapotranspiration, AsiaFlux

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-20 会場:202 時間:5 月 23 日 15:00-15:15

飛騨高山冷温帯落葉広葉樹林サイトにおける大気中CO2濃度及び安定同位体比の長期観測
Long-term measurements of atmospheric CO2 concentration and its isotopes at a cool-temperate deciduous forest in Japan

村山 昌平[1*], 近藤 裕昭[1], 三枝 信子[2], 山本　晋[3], 高村　近子[4], 森本 真司[4], 石戸谷 重之[1], 宇佐美　哲之[1]
Shohei Murayama[1*], Hiroaki Kondo[1], Nobuko Saigusa[2], Susumu Yamamoto[3], Chikako Takamura[4], Shinji Morimoto[4], Shigeyuki Ishidoya[1], Tetsuyuki Usami[1]

[1] 産総研, [2] 国環研, [3] 岡山大学, [4] 極地研
[1]AIST, [2]NIES, [3]Okayama University, [4]NIPR

For a better understanding of the global carbon cycle, worldwide systematic measurements of CO_2 concentration are being made. Its carbon and oxygen isotopic measurements that give us useful information about the relative contributions of the terrestrial biosphere and the ocean in the carbon cycle and those of the photosynthetic and respiratory CO_2 components in the biospheric flux, have also been made at some stations. However, systematic measurements at sites influenced strongly by terrestrial biospheric activities are still insufficient, especially in the monsoon Asian region. Therefore, we have been measuring atmospheric $CO_2$and its isotopic ratios at the Takayama site in a cool-temperate deciduous forest in central Japan since 1993 and 1994, respectively, together with the oxygen isotopic ratio in precipitation since 2002. In this paper, we will present secular trends and year-to-year variations of the concentration and the isotopic ratios obtained from the long-term measurements at the site, and discuss factors governing these variations.

キーワード: 長期観測, 二酸化炭素, 安定同位体, 森林生態系, 炭素循環
Keywords: long-term measurement, CO2, stable isotope, forest ecosystem, carbon cycle

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-21 会場:202 時間:5 月 23 日 15:15-15:30

東シベリア・２つのカラマツ林の水・エネルギー・炭素循環
Water/Energy/CO2 exchanges on the twe larch forests in easten Siberia

太田 岳史 [1*], 小谷 亜由美 [1]
Takeshi Ohta[1*], Ayumi Kotani[1]

[1] 名古屋大学
[1]Nagoya University

東シベリア，ヤクーツク近隣の森林地域（YLF）にて，1998 年に開始した気象水文観測の結果より，北方カラマツ林での水循環の特性と 10 年間の変動が明らかになった．さらに最近は，土壌水分増加とカラマツ群落への影響が観測され，本地域の森林の環境応答についての新たな知見が得られつつある．また，降水環境の異なるエレゲイの森林（ELF）での観測を 2009 年に開始し，東シベリアのカラマツ林での水・炭素循環の環境応答についての地域性を明らかにする計画である．

１． 9 年間の水収支

1998-2006 年の YLF では，降水量の変動は 111-347mm であるのに対して，蒸発散量は 169-220mm と変動幅が小さく安定していた．凍土地域を含まない世界各地の観測結果では年降水量 500mm 以下の乾燥地域では年降水量と年蒸発散量は強い正の相関があるが（Zhang et al 2001），本結果は従来の結果とは異なる水循環の特徴を示すものであった．

この期間での気温，日射等の気象条件に明確なトレンドはみられないが，土壌水分と地温は 2005 年頃より増加傾向にあった．活動層の深さ（最大融解深度）は 2003 年までは約 120cm でほぼ一定であったのに対して，2004 年以降は年ごとに増加した．これにあわせて表層土壌中貯留量が増加したが，この増加は降水量の変動では説明できず，より深層の凍土融解水が表層土壌に流入していることが示唆された．

２．群落蒸発散の年変動に対する影響因子

同期間において，6 － 8 月平均の実蒸発散量をポテンシャル蒸発量で除した蒸発係数は 0.30 － 0.45 で変動し，大気の蒸発要求よりも地表面による制御の影響が大きいことを示された．蒸発係数の年々変動は土壌水分量の変動と正の相関があり，日射，気温，大気飽差など気象要素との関係はみられなかった．土壌水分の年平均値は前年の年降水量の増減と正の相関があり，その年の夏季に浸透した土壌水は冬季に凍結して翌年に持ち越されることを表している．

３．土壌水分増加に対する植物の反応－塑性的ストレスと弾性的ストレス

YLF 周辺の森林では，2007 － 2008 年にかけて列状にカラマツが枯死する現象が起こっていた．上記のとおり，ヤクーツクでは 2005 年より土壌水分が増加し 2004 年以前より体積含水率が 10 － 20 %高い状態が続いている．蒸発散量および蒸発散係数は 2006 年までは土壌水分の増加に伴って増加していたが，2007，2008 年では低下している．群落コンダクタンスも 2005 年までは増加したが，2006-2008 年には減少した．しかし下層群落のコンダクタンスには変化が見られず，上層群落すなわちカラマツのみで蒸散能力が低下していた．観測サイト周辺の下層植生はコケモモが中心であったが，最近数年の間に耐湿性のある草本が侵入してきていることからも，下層では土壌水分の増加に対応していると考えられる．

土壌水分の増加開始とコンダクタンス低下やカラマツ枯死の発生との間に時間遅れがみられることから，植物がストレス（この場合は土壌の過湿状態）を受ける過程において，短期間の機能低下ののちに回復可能なもの（弾性的ストレス）から，長期間のストレスを受け続けて回復不可能になるもの（塑性的ストレス）に変わる閾値が存在すると考えられる．このような長期的なストレスの影響を考慮したコンダクタンスモデルを考案する必要がある．

４．水・炭素循環の地域性

YLF より南東 300km に位置する ELF で 2009 年より同項目の観測を開始した．5 － 9 月において，ELF における気象環境や群落蒸発散量は YLF と同程度であったが，正味の二酸化炭素吸収（NEE）は 1.8 倍の違いを示した．30 分平均値の蒸発散量と日射量との関係は２サイトで違いがみられなかったが，NEE は日射量の大小にかかわらず ELF で YLF よりも吸収が大きかった．強日射条件での NEE と大気飽差の関係をみると，YLF では大気飽差増加に伴い NEE は抑制されていたが，ELF では NEE も増加する傾向がみられた．すなわち，これまでの東シベリアでの観測結果で得られているように大気の乾燥が必ずしも抑制要因となっていない可能性がある．

キーワード: 水循環, エネルギー循環, 炭素循環, 塑性的ストレス, 弾性的ストレス
Keywords: water balance, energy balance, CO2 balance, plastic stress, elastic stress

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-22 会場:202 時間:5 月 23 日 15:30-15:45

大気陸面相互作用の長期観測に向けた挑戦
Challenges for the long-term observation of land-atmosphere interactions

上野 健一[1*]
KENICHI UENO[1*]

[1] 筑波大学
[1]University of Tsukuba

広域の気候変動と陸上生態系・水物質循環の連動を定量的に把握するためには、メソ領域（流域）内にて面的な水文・気象データを取得する必要がある。しかし、遠隔地で多地点での観測拠点を維持し、長期データを取得するためには多くの困難を克服しなければならない。本発表では、“ ネパール・ヒマラヤ ”および“ つくば市周辺 ”にて実施してきた気象観測およびデータアーカイブ作業を通して得られたサブグリッドスケールでの気象の年々変動と不均一性に関する観測成果を紹介し、今後の課題を議論する。

前者の研究は、1994 年に地球温暖化のモニタリングを目指して 1 台の自動気象観測システム (AWS) を設置したことから始まる。予算を工面して 10 年以上にわたり複数要素の気象データを蓄積し、ヒマラヤ特有の局地循環と積雪の発生に関する実況を、衛星データや客観解析データとも比較しつつ診断した。その結果、同地域の冬期の降積雪の有無（乾湿）は、まず熱帯からの熱源応答に支配され (Ueno and Aryal, 2008)、その後の積雪の発生に伴い山谷風循環が顕著に弱化し、局地的な山岳気象が改変する事が明らかとなった。一方で、暖候期には対流活動の始動と降雨の始動には時間差があり、ヒマラヤでのモンスーンオンセットが段階的に進行する事を明らかにした (Ueno et al., 2008a)。AWS を設置した流域ではイタリア EV-K2-CNR 研究グループも異なる標高帯で複数の AWS を稼働させており (http://www.evk2cnr.org/cms/en)、同グループと共同で同時に取得された複数地点のデータを解析したことが成果につながっている。

後者の研究は、科研費（データベース）の支援を受けて 2007 年から 4 年間、つくば市を中心とする 7 機関 8 地点の気象データを収集し、同時に補完観測を実施することで、陸面状態の季節変化に伴うサブグリッドスケールでの気象要素の不均一性の発生要因を明らかにすることを目指している (Ueno et al., 2008b)。2011 年 1 月の時点で 2010 年上半期までのデータを同一フォーマットに変化し、ホームページよりデータ公開を実施している (http://www.geoenv.tsukuba.ac.jp/~ceoptsukuba/)。気温の地点差を分析すると、圃場における草刈りや水田での灌漑といった人為的影響が検出されており（柏浦、他、2010）、季節進行する陸面熱収支と日々の混合層発達との関係を、フラックスデータとライダー・ゾンデデータと比較する事により評価できると期待している。補完観測により超音波積雪深計を利用して草丈の生長をモニタリングしたり、筑波山を利用して境界層の風の日変化を異なる標高で把握する課題にも取り組んでいる。

何れの研究対象地域も WCRP/CEOP プロジェクト (http://www.ceop.net/) のリファレンスサイトに登録されており、現業気象官署の予報モデルと衛星データも同時にアーカイブされている。これらのデータは国際的に公開され、異なる気候・陸面状態での地域間比較研究や、数値モデルによるダウンスケール研究の検証データに活用される事が期待されている。自前で複合要素を長期観測することが困難な事を考えると、多機関・プロジェクトでフィールドを共有し、大気・水文・陸面・生態系を繋ぐ統合的な観測態勢を構築していく事が、今後ますます重要となるであろう。

参考文献

Ueno K. and R. Aryal, 2008: Impact of tropical convective activity on monthly temperature variability during non-monsoon season in the Nepal Himalayas. J. Geophys. Res., 113, D18112, doi:10.1029/2007JD009524.

Ueno K., K. Toyotsu, L. Bertolani and G. Tartari, 2008a: Stepwise onset of monsoon weather observed in the Nepal Himalayas. Mon. Wea. Rev., 136, 2507-2522.

Ueno K., T. Morimoto, S. Sugimoto, J. Asanuma, S. Haginoya, K. Takahashi, N. Okawara, A. Shimizu, K. Dairaku, M. Mano, and A. Miyata, 2008b: Establishment of CEOP Tsukuba reference site. Tsukuba Geoenvironmental Sciences, 4, 17-20.

柏浦徹、高齋祥孝、上野健一、宮田明：つくば市内の複数地点で観測された気象要素の季節進行と JMA-GSM 出力値との比較、日本気象学会、京都、2010 年 10 月、341pp.

キーワード: 山岳気象, 局地循環, 大気陸面相互作用, 降水システム, 陸面熱収支, 長期観測
Keywords: Mountain meteorology, local circulation, land-atmophsere interaction, precipitation system, energy budget, long-term observation

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-P01 会場:コンベンションホール 時間:5 月 23 日 16:15-18:45

日本３地域における落葉層含水率の予測
The estimation for temporal and spatial fluctuations of litter moisture in three forested areas, Japan

玉井 幸治 [1*], 後藤義明 [1]
Koji Tamai[1*], Yoshiaki GOTO[1]

[1] 森林総合研究所
[1]Forestry & Forest Products Res. Inst.

Mapped estimates of the risk of forest fire would benefit forest management, and could be used to decide restrictions on the public use of forest areas.

In this study, the litter moisture contents were predicted with the tank model and the degrees of hazards of forest fire hazard were estimated at each 8-9 forest stands in three forested areas, Tatsunokuchi-yama Okayama, Tatsuta-yama Kumamoto, and Tsukuba-san Ibaraki, in Japan. Model was adapted to 8-9 forest stands in each area.

Fuel moisture decreased with each speed for each forest stand among simulated days depending the solar radiation on the each forest floor. Litter moisture was less than 0.2g g-1 and fire risk is judged to be highest in almost forest stands on the day after long drought period. On the other hand, spatial variation of litter moisture was widest to be 0.19 - 0.80g g-1 on the day during the drying process. This means that litter drying speed and fire risk is different between forest stands. Thus, it is significant to construct the system to warn forest fires for each forest stand to manage the people’s activities in this public forested area for preventions of the forest fire.

The data of precipitation and net radiation in Tsukuba-san is provided by Dr. Shin’ichi Iida. We appreciate his work for this study.

キーワード: タンクモデル, 林床面日射量
Keywords: Tank model, Solar radiation on the forest floor

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-P02 会場:コンベンションホール 時間:5 月 23 日 16:15-18:45

アカマツからシラカシへの植生遷移で計測された蒸発散量のホメオスタシス
Homeostasis of evapotranspiration measured during the succession from Japanese red pine to evergreen oak

飯田 真一 [1*], 田中 正 [2], 杉田 倫明 [3]
Shin'ichi Iida[1*], Tadashi Tanaka[2], Michiaki Sugita[3]

[1] 森林総合研究所水土保全研究領域, [2] 筑波大学国際部, [3] 筑波大学生命環境科学研究科
[1]FFPRI, [2]Univ. Tsukuba, [3]Univ. Tsukuba

はじめに

かつて国内に薪炭林として広く存在したアカマツ二次林は，燃料革命後に放置され衰退しつつある．この理由として，アカマツが典型的な陽樹であるために，林冠が閉鎖すると天然更新が進みにくいことや，松枯れ病が挙げられる。このため，極相である陰樹のシラカシ等の常緑広葉樹への植生遷移が生じている（山下・林，1987）．こうした林分では上層にアカマツが，下層にシラカシが存在する複層林の様相を呈し，蒸発散過程は変化することが推察される．一方，Delzon and Loustau (2005) は林齢の増加に伴い上層木の蒸散量は減少するが，蒸発散量は変化しない，いわゆる蒸発散のホメオスタシスを報告している．したがって，植生遷移によって林分構造が変化する間も，同様に蒸発散量のホメオスタシスが保たれる可能性がある．そこで，本研究では同一林分が 17 年の間にアカマツ単純林からアカマツ・シラカシ複層林へ変化した場合の蒸発散量の変化を計測に基づいて把握し，その要因について検討した．

方法

筑波大学陸域環境研究センターのアカマツ二次林において一般微気象および熱収支・渦相関法による蒸発散量（ET）の計測を行った。隣接する円形草地圃場で林外雨量（P）を計測し，樹冠通過雨（TF）と樹幹流（SF）の測定に基づいて遮断蒸発量（I）を得た．計測は，同林分がアカマツ単純林であった 1985 年，アカマツとシラカシの複層林であった 2002 年に行った．2002 年において，グラニエ法による樹液流速計測に基づいてアカマツの蒸散量（TR_P）とシラカシを主体とする下層木の蒸散量（TR_L）を評価した．樹木の吸水深度の把握を目的として，アカマツおよびシラカシの各 1 個体の周囲にテンシオメータネストを設置し，土壌の圧力水頭（SWP）を 2004 年に計測した．なお，林分構造の詳細については飯田ほか（2001，2003）を，微気象および水文観測については Iida et al. (2005, 2006) および飯田ほか（2008）を参照されたい．

結果と考察

これ以降，ET，TR_P，TR_L，I 等の水収支の構成要素を P に対する割合（%）で示す．アカマツの衰退に伴い TR_P は 1985 年の 28%から 2002 年の 10%へと大きく減少し，I も 17%から 9%へ減少したが，1985 年の ET は 53%，2002 年では 52%であり，変化しないことが明らかとなった．ET のホメオスタシスが保たれた理由は，1985 年には存在しなかった TR_L が，TR_P と I の減少をあたかも補うように発生したためである．

TF は不変であるため，I の減少の原因は SF が 1%から 9%へと顕著に増大したことである．この SF の増加は，下層木の鉛直に近い枝の角度や樹皮の平滑さが SF の発生を促すことに起因している．SF は樹木地際周辺に集中的に流下し土壌水を涵養するため，アカマツと下層木の SF の差異は，両者の利用可能な水資源量に差があることを示唆する．アカマツとシラカシの地際周辺で観測された SWP から，シラカシと比較してアカマツは降雨後において根系周辺の水分量が少なく，夏季においてより深部の土壌水を吸水する傾向が観測された．これは，山中ほか（2006）の結果と一致する．

以上のことから，下層木は水資源を自らの根系付近に集中させ，それを大量に消費することでアカマツとの生存競争において優勢である可能性が示唆される．一方，蒸発散のホメオスタシスが成立する理由として，2002 年においてシラカシはアカマツに被陰され放射環境が劣悪であったため，豊富な水資源を使いきれていないことが考えられる．このため，遷移が完了し，シラカシを主体とする常緑広葉樹のみで閉鎖した林冠を形成したのちも蒸発散のホメオスタシスが成立するか予測することは難しい．常緑広葉樹が閉鎖した林冠を形成すれば，それ同士での放射量と水資源の獲得競争が激化すると考えられ，一方的に ET が増大し続ける可能性は低いものと考えられる．遷移完了後も ET のホメオスタシスは保たれるのか，今後の計測が必要である．

引用文献

Delzon and Loustau (2005) Agric. For. Met., 129: 105-119.
飯田ほか（2001）筑大陸セ報，2：1-6.

飯田ほか（2003）筑大陸セ報，4：1-9.
Iida et al. (2005) J. Hydrol., 315: 154-166.
Iida et al. (2006) J. Hydrol., 326: 166-180.
飯田ほか（2008）関東森林研究，59：265-268.
山中ほか（2006）：水水学会誌，18：458-464.
山下・林（1987）：筑大演報，3：59-82.

キーワード: 植生遷移, 蒸発散, ホメオスタシス, 蒸散, 吸水
Keywords: succession, evapotranspiration, homeostasis, transpiration, water uptake by root system

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-P03 会場:コンベンションホール 時間:5 月 23 日 16:15-18:45

60 年間放置された里山広葉樹林流域の流出変化
Runoff change in a catchment of decisuous forest without any treatment for sixty years

谷 誠 [1*], 細田 育広 [2]
Makoto Tani[1*], Ikuhiro Hosoda[2]

[1] 京都大学農学研究科, [2] 森林総合研究所関西支所
[1]Grad. School. Agric., Kyoto University, [2]Kansai Br., For. & For. Prod. Res. Inst.

1960 年頃の燃料革命以降里山ではコナラを主体とした二次林が長く放置されてきた。森林成長とともに流出がどのように変化したのかは、洪水・水資源にかかわる流域管理において、社会的に大きな関心を持たれている。わが国では、戦前から現在まで観測が続けられている森林小流域試験地がいくつかあり、植生が放置されている流域も含まれていることから、この観点に基づく解析が可能かつ重要である。

本発表では、そのような植生放置経過をたどった森林総合研究所竜ノ口山北谷流域（岡山市郊外：17.3ha、古生層主体）での 60 年間のデータをその観点から解析した。年降水量は約 1236mm、年平均気温は 13.5 ℃である。

まず、年水収支を調べると、年単位の大きな貯留変動があり、年蒸発散量は年平均気温によって制御されると考えられたが、1990 年以降はさらに大きくなる傾向もみられた。

求めた年蒸発散量を Hamon 式で月量に配分し（谷・阿部、林試研報 1987）、流出モデル（HYCYMODEL）によって（Tani et al., Hydrological Processes in press）60 年間の流出応答特性の再現を試みた。日データでの解析であるため、詳細な解析をさらに必要とするが、流出平準化にかかわるような変化は、少なくとも明瞭にはみられなかった。花崗岩のはげ山の緑化では、地表面流を土壌内に誘導する流出機構の変化があり流出平準化が達成されるが、堆積岩のこの流域での 60 年の放置による森林成長は土壌発達には年月が短かすぎ、影響がみられなかったと推察される。

この流域では、降雨 300mm 程度の大出水時には、十分に流域が湿潤になった時点以降 、洪水量が降雨量にほぼ等しくなる（Tani., J. Hydrology 1997）。こうした出水のひとつに対して時間データと HYCYMODEL を適用して検討した結果、大出水条件でも流域の洪水流出緩和機能（Tani, J. Hydrology 2008）が維持されることが示された。

結論として、年最低降水量 622mm（1939）の記録のあるこの地域で、近年、森林蒸発散量が増加傾向にある結果を考慮すると、積極的な森林伐採が水利用目的では望ましいが、土壌の洪水緩和機能は大出水時でも維持されることから、浸食を招くような大面積伐採を避けるべきであることが提案できる。

キーワード: 流出応答, 蒸発散, 広葉樹林, 長期変化, 水資源, 里山
Keywords: Runoff response, Evapotranspiration, Deciduous forest, Long-term change, Water resource, Satoyama

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

AHW027-P04 会場:コンベンションホール 時間:5 月 23 日 16:15-18:45

流域保留量の変動と森林の変遷―竜ノ口山における経過
Variation of basin retention and changes of vegetation - transit in Tatsunokuchi-yama

細田 育広 [1*]
Ikuhiro Hosoda[1*]

[1] 森林総合研究所関西支所
[1]Kansai Research Center, FFPRI

森林は樹冠遮断により降雨総量を減らし、森林土壌の高い浸透性は流出を遅延させる効果がある。この二つの作用により、森林は洪水流出を軽減すると考えられている。局所的な豪雨が増す傾向にある今日、この機能の重要性は増しているといえよう。ただし、森林の状態によりその機能には差があるものと考えられるが、十分明らかにはされていない。そこで、森林総合研究所関西支所竜ノ口山森林理水試験地北谷・南谷における過去 70 年間の保留量曲線の変動を解析し、森林状態の変遷との関係を調べた。

保留量曲線は、降雨量 (P) と直接流出量の差で表される損失雨量 (L) と P との関係で表される。いくつかある近似式のうち本研究では L=S{1-exp(-KP)} を用いた。P が∞のとき、L=S となるため、S は最大流域貯留量と呼ばれる（藤枝, 2007）。しかし、L は基底流出量の一部、流域の貯留変化量、および蒸発散量で構成されると考えられ、必ずしも流域に貯留されるとはいえないため、本研究では L の極限である S を流域最大保留量と呼ぶことにする。極限値 S に至るまでの L の変化の様子は K によって表される。S が同じであれば K が大きいほど、L はより少ない雨量で S に接近する。

ピーク日流出量 1mm 以上の出水イベントを対象に、図解法により直接流出量を計算し、直接流出期間の P との差を求めて L とした。年による降雨条件の差を均すため、5 年単位で 1 年づつ移動しながら P-L 関係を上式で回帰した。回帰式の相関係数は 2005-2009 年の北谷で 0.7 だったほかは 0.8 を上回った。こうして得られた回帰定数 S と K の変動経過は、保留量曲線の 5 年移動平均と考えられるが、さらに各回帰定数の 5 年移動中央値を求めて年々の傾向を明らかにした。

S は概ね 50～400mm の範囲で変動した。この変動経過は、降雨の経年変動とは異なるとともに、流域毎に異なる経過を示した。森林状態との関係をみると、S は森林が繁茂しているとき大きくなり、マツ枯れや山火事、伐採により小さくなる傾向が認められた。北谷と南谷を比較すると、南谷の方が大きな変動幅を示した。この違いは地質や地形に由来する流域固有の流出特性の違いのほかに、北谷は自然再生の二次林、南谷は針葉樹の人工林植栽が行われたという履歴の違いを反映していると考えられる。S が森林の繁茂により増大する傾向からは、蒸発散の影響の増大がうかがえる。

一方、K は概ね 0.002～0.018 の範囲で変動し、S とは逆位相の経過を示した。S-K 関係は北谷・南谷の区別無く、ひとつのべき乗式に回帰させることができた（r>0.97）。K は S の増加に伴って急激に減少し、概ね S が 200mm を超えるとほとんど一定となった。森林が繁茂しているときは K が小さいものの、S が大きいために、K が大きいときよりも P に対する L の増加は大きい傾向がある。

以上のように、直接流出期間において、S は森林の繁茂に伴い増加し、森林の衰退に伴い減少する傾向が認められた。このことから森林の繁茂が洪水流出を抑制することは明らかといえる。ただし、S が特に大きくなったのは流域全体でアカマツ・クロマツが繁茂した時期に一致する。それに比べて広葉樹主体の二次林やヒノキの部分的な植栽が S に与える影響は緩やかであった。繁茂する森林の林相によって S への影響に差があるといえよう。生物多様性の観点から混交林化が進められつつあるが、局所的な豪雨が増える傾向にある中で都市の保全を考えるとき、都市近郊山林に針葉樹を適宜配置することも効果的な洪水対策となりうることが示唆される。

参考文献

藤枝基久（2007）森林流域の保水容量と流域貯留量. 森林総合研究所研究報告, 6(2), 101-110.

キーワード: 保留量曲線, 林況, 長期変動, 竜ノ口山森林理水試験地, 洪水緩和
Keywords: retention curve, forest condition, long-term variation, Tatsunokuchi-yama forested experimental watershed, flood mitigation