

持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム
平成 21 年度採択研究代表者

H25 年度 実績報告

恩田 裕一

筑波大学 アイソトープ環境動態研究センター
教授

荒廃人工林の管理により流量増加と河川環境の改善を図る革新的な技術の開発

§ 1. 研究実施体制

(1)「筑波大」グループ

- ① 研究代表者: 恩田 裕一 (筑波大学・アイソトープ環境動態研究センター、教授)
- ② 研究項目
 - ・総括および同位体を用いた水循環プロセスの解明

(2)「九州大」グループ

- ① 主たる共同研究者: 大槻 恭一 (九州大学・農学研究院、教授)
- ② 研究項目
 - ・間伐による蒸発散量・水流出量の変化

(3)「名古屋大」グループ

- ① 主たる共同研究者: 竹中 千里 (名古屋大学・大学院生命農学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・水資源の利用効率を最大化する森林管理手法の開発

(4)「東大演習林」グループ

- ① 主たる共同研究者: 蔵治 光一郎 (東京大学・大学院農学生命科学研究科附属演習林、准教授)
- ② 研究項目
 - ・愛知フィールドにおける間伐による水・土砂流出の変化

(5)「農工大」グループ

① 主たる共同研究者:五味 高志 (東京農工大学・共生科学技術研究院、准教授)

② 研究項目

・森林管理、特に作業道と間伐による水・土砂流出の変化の観測

(6)「京都大」グループ

① 主たる共同研究者:小杉 賢一朗 (京都大学・大学院農学研究科、准教授)

② 研究項目

・三重サイトにおける水土砂流出の観測、土壌水分モデリング

(7)「鳥取大」グループ

① 主たる共同研究者:芳賀 弘和 (鳥取大学・農学部、准教授)

② 研究項目

・水環境評価

(8)「三重林研」グループ

① 主たる共同研究者:野々田 稔郎 (三重県林業研究所・森林環境研究課、主幹研究員)

② 研究項目

・水資源の利用効率を最大化する森林管理手法の開発

§ 2. 研究実施の概要

本プロジェクトは、荒廃人工林における森林管理を通じて、水質向上と水供給の安定化を図る画期的な試みである。その方法とは本数間伐率 50-60%の強度間伐である。これにより林床植生回復による表面流発生の減少が望めるだけでなく、水・土砂流出の減少、遮断蒸発による水損失の低下、地下水涵養量の増加、そして最終的には河川流量の安定化が期待されるが、現在のところこのような強度間伐はほとんど行われておらず、実証的検討が必要である。そこで、本プロジェクトでは、環境条件の異なる5つの地域(栃木、愛知、三重、高知、福岡)のスギ・ヒノキ林において、強度間伐を実施し、その前後の水文素過程(遮断蒸発、蒸散、浸透、流出、地下水涵養等)および森林状態(林内光環境、林分成長等)の現地観測を行った。

昨年度までに全ての調査地点において強度間伐が完了しており、本年度の観測によって間伐前後の年単位での比較が可能となった。その結果、強度間伐後には、多くの調査地点で樹冠の遮断蒸発量が減少し水損失が抑えられること、林内雨が空間的に均一化することで地下への浸透がゆっくり進み流出が安定化すること、河川流量はとくに渇水期の増加が見込めること、さらに濁質の少ない「きれいな水」の供給が増えることなどが明らかとなり、水資源利用効率が向上することが示された。また、間伐時の作業道からの土砂流出の実態把握と防止策の検討は昨年度からの課題であったが、本年度の調査によって、作業道へのスギとヒノキの枝条被覆が非常に有効であることが確認された。さらに、これらの観測結果に基づき、各水文素過程のモデル化を行った。その結果、遮断蒸発や植栽木の蒸散などの複雑な観測を必要とするものでも、立木密度や辺材面積と気象条件といった一般的なパラメータで推定可能なモデルが開発された。また、水・土砂流出モデルとして SWAT (Soil and Water Assessment Tool) モデルを用いた解析を進めており、モデルによる結果と観測による水収支を比較すると、一部(土壌水の蓄積量と基底流量)に差異が認められるものの、モデル解析により、流域内の流出コンポーネントのうち、どの部分が変化したのかまで推定することが可能となった。現在、モデルの改良を進めるとともに、栃木サイトについての適用を進めている。

森林状態については、広域的な航空機 LiDAR と精密な 3D レーザースキャナによる評価を行った。LiDAR データによって林内相対照度の推定が可能であること、また下層植生が回復していない愛知 A3 サイトでは本数間伐率約 50%であっても相対照度が 11%程度であり、成長不良木の多い荒廃人工林においては、本数間伐率で光環境の改善効果を判断することが難しいことが明らかとなった。さらに、既存研究と本プロジェクトの結果を取りまとめたところ、水資源利用効率を最大化させるには、林内相対照度が少なくとも 10%以上であること、さらに、これを達成するには木材の体積である材積間伐率で 30%以上、あるいは収量比数 0.6-0.7 の密度管理が必要であることが示された。今後はこれらの知見と観測結果から、間伐後の樹冠成長および林内相対照度の変化を考慮した水資源利用効率の向上を図る森林管理モデルの検討を行う。

本年度で各水文素過程および森林管理のほぼ全ての各モデルコンポーネントが開発された。現在、各モデルを統合し、間伐による水・土砂流出と森林状況の変化を予測し、かつ水資源の量的・質的な向上を持続させる森林管理指針が得られる統合モデルの開発を進めている。プロジェクトの最終年度である来年度では、得られた統合モデルが森林政策あるいは水管理政策決定の指

標として実際に使えるよう、現状の森林政策や間伐コスト、さらに河川流量増加がもたらす便益を考慮し、その実現可能性について検討する。その上で、本プロジェクトで得られた成果を、水供給を増加させる革新的な森林管理技術として提示する。

§ 3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

論文詳細情報(国内)

- 1 久留景吾, 恩田裕一, 河守歩, 加藤弘亮 (2013) 落葉広葉樹-アカマツ混交林およびスギ人工林における落葉に伴う放射性セシウムの移行, 日本森林学会誌 **95**, 267-279.
- 2 五味高志, 宮田秀介, Sidle Roy C., 小杉賢一朗, 恩田裕一, 平岡真合乃, 古市剛久 (2013) 分布型流出モデルを用いたヒノキ人工林流域における地表流の発生と降雨流出解析, 日本森林学会誌, **95**, 23-31. (DOI:10.4005/jjfs.95.23)
- 3 五名美江, 蔵治光一郎 (2013) 過去の年降水量トレンドの年数依存性と地域代表性との相互関係 -名古屋とその周辺地域を事例として-, 水文・水資源学会誌, **26**(4), 212-216.
- 4 小杉賢一朗, 藤本将光, 山川陽祐, 正岡直也, 糸数哲, 水山高久, 木下篤彦 (2013) 山体基岩内部の地下水位変動を解析するための実効雨量に基づく関数モデル, 砂防学会誌, **66**(4), 21-32.
- 5 佐野貴洋, 遠藤祐子, 井手淳一郎, 芳賀弘和 (2014) 中国山地中部の源流域河川における出水時の窒素濃度と流量の関係, 水工学論文集, **58**. (in press)
- 6 佐野貴洋, 遠藤祐子, 林文音, 芳賀弘和 (2014) 中国山地中部の源流域河川における融雪期の栄養塩濃度の特徴-1年間を通じた週に1度の採水に基づく無雪期と融雪期の比較-, 水環境学会誌. (in press)
- 7 恩田裕一 (2013) 森林における放射性物質の影響と現状. 学術の動向, **18**(6), 72-77.
- 8 恩田裕一, 加藤弘亮 (2013) 山林域の放射能汚染の実態と回復過程, 水環境学会誌, **36A**(3), 84-86.
- 9 渡邊祐介, 五味高志, 布川雅典, 境優 (2013) スギ・ヒノキ人工林溪流における水生昆虫の生息状況: 東京農工大フィールドミュージアム唐沢山における事例, フィールドサイエンス, **11**, 31-40.
- 10 小松義隆, 恩田裕一, 小倉 晃 (2014) スギおよびアテ人工林における浸透能と林床被覆および透水係数の関係, 水文水資源学会誌. (in press)
- 11 鶴田健二・野方麻里・篠原慶規・小松光・大槻恭一 (2014) 光学的手法を用いた葉面積指数の計測-スギ人工林における補正係数の算出-, 九州大学農学部演習林報告. (in press)
- 12 篠原慶規・大崎繁・井上一信・壁村勇二・山内康平・古賀信也・大槻恭一 (2014) アベマキ、ミズナラ混交林における遮断蒸発量の観測, 九州大学農学部演習林報告. (in press)
[proceedings(査読審査の入るものに限る)]
- 13 加藤弘亮, 恩田裕一, 河守歩, 久留景吾 (2013) 森林樹冠から林床への放射性セシウム移行量の時間変化, 第14回「環境放射能」研究会プロシーディングス, 294-299.

論文詳細情報(国際)

- I Shinohara Y, Tsuruta K, Ogura A, Noto F, Komatsu H, Otsuki K, Maruyama T. (2013) Azimuthal and radial variations in sap flux density and effects on stand-scale transpiration estimates in a Japanese cedar forest, *Tree Physiology*, **33**, 550-558. (DOI:10.1093/treephys/tpt029)
- II Komatsu, H., Shinohara, Y., Nogata, M., Tsuruta, K., Otsuki, K., (2013) Changes in canopy transpiration due to thinning of a *Cryptomeria japonica* plantation, *Hydrological Research Letters*, **7**, 60-65. (DOI: org/10.3178/hrl.7.60).
- III Kato, H., Onda, Y. (2013) Temporal changes in the transfer of accidentally released ¹³⁷Cs from tree crown to the forest floor after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident, *Progress in Nuclear Science and Technology*. (in press)
- IV Komatsu H, Kume T, Otsuki K. (2013) Sensitivity of annual runoff to interannual precipitation variations for forested catchments in Japan, *Hydrological Research Letters*, **7**, 42-47. (DOI: 10.3178/hrl.7.42)
- V T., Saito, H., Matsuda, M., Komatsu, Y., Xiang, A., Takahashi, Y., Shinohara, K., Otsuki. (2013) Forest canopy interception loss exceeds wet canopy evaporation in Japanese cypress (Hinoki) and Japanese cedar (Sugi) plantations, *Journal of Hydrology*, **507**, 287-299.(DOI:org/10.1016/j.jhydrol.2013.09.053)
- VI Kato, H., Onda, Y., Nanko, K., Gomi, T., Yamanaka, T., and Kawaguchi, S. (2013) Effect of canopy interception on spatial variability and isotopic composition of throughfall in Japanese cypress plantations, *Journal of Hydrology*, **504**(11), 1-11. (DOI: 10.1016/j.jhydrol.2013.09.028)
- VII Sun, X., Onda, Y., Kato, H., Otsuki, K., and Gomi, T. (2013) Partitioning of the total evapotranspiration in a Japanese cypress plantation during the growing season, *Ecohydrology*. (DOI: 10.1002/eco.1428)
- VIII Sun, X., Onda, Y., and Kato, H. (2013) Incident rainfall partitioning and canopy interception modeling for an abandoned Japanese cypress stand. *Journal of Forest Research*, 1-12. (DOI: 10.1007/s10310-013-0421-2)
- IX Suryatmojo, H., M. Fujimoto, K. Kosugi, and T. Mizuyama (2013) Effects of selective logging methods on runoff characteristics in paired small headwater catchment, *Procedia Environmental Sciences*, **17**, 221-229.(DOI: 10.1016/j.proenv.2013.02.032, 2013.)
- X Guenther S M, Gomi T., Moore R.D. (2013) Stream and bed temperature variability in a coastal headwater catchment: influences of surface-subsurface interactions and partial-retention forest harvesting, *Hydrological Processes*, **28**, 1238-1249. (DOI: 10.1002/hyp.9673)
- XI Shinohara Y, Komatsu H, Kuramoto K and Otsuki K. (2012) Characteristics of canopy interception loss in Moso bamboo forests of Japan. *Hydrological Processes* [proceedings(査読審査の入るものに限る)]

XII Chiu, C., Han, T., Wey, T., Kume, T., Otsuki, K. (2013) Seasonal variation of stand-scale transpiration estimates in *Cryptomeria japonica* forest in Taiwan. 9th International Workshop on Sap Flow, *Ghent Belgium*, 4-7 June 2013.

(3-2) 知財出願

- ① 平成 25 年度特許出願件数(国内 0 件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 0 件)