

恩田裕一

筑波大学大学院生命環境科学研究科 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. 研究実施の概要

本年度は、全ての研究サイトにおいて、強度間伐前の水文特性を把握するために、試験流域からの水・土砂流出の観測を行った。また、強度間伐前の樹冠遮断量を推定するために、遮断プロットにおいて林内雨、樹幹流下量を観測した。これらに加えて、上記の観測項目について月ごと、または降雨イベントごとに水サンプルを採取し、イオンクロマトグラフとレーザー式質量分析装置によって水質および安定同位体分析を行った。既存流域の高知サイトと愛知サイト、および福岡サイトの一部では、本数にして約 50%の間伐を行った。その結果、強度間伐によって樹冠通過率が増大し、樹冠遮断率の減少が観測された。また、既に間伐後の観測データが蓄積されている三重サイトにおいては、間伐によって林床への雨水の入水量が増加したことが斜面プロットの観測によって分かった。新規流域の栃木サイトと福岡サイトでは、年度内に撮影された強度間伐前の航空機レーザー測量データを元に、林内の光透過率の推定と森林状態の面的な把握を行った。また、現況の間伐事業制度の利用状況について林業経営者への聞き取り調査を行った。

## §2. 研究実施体制

### (1)「筑波大」グループ

- ① 研究分担グループ長: 恩田 裕一 (筑波大学・大学院生命環境科学研究科 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 研究分担グループ長: 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研究分担グループ長: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研究分担グループ長: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研究分担グループ長: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研究分担グループ長:小杉 賢一郎 (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研究分担グループ長: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研究分担グループ長: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

### §3. 研究実施内容

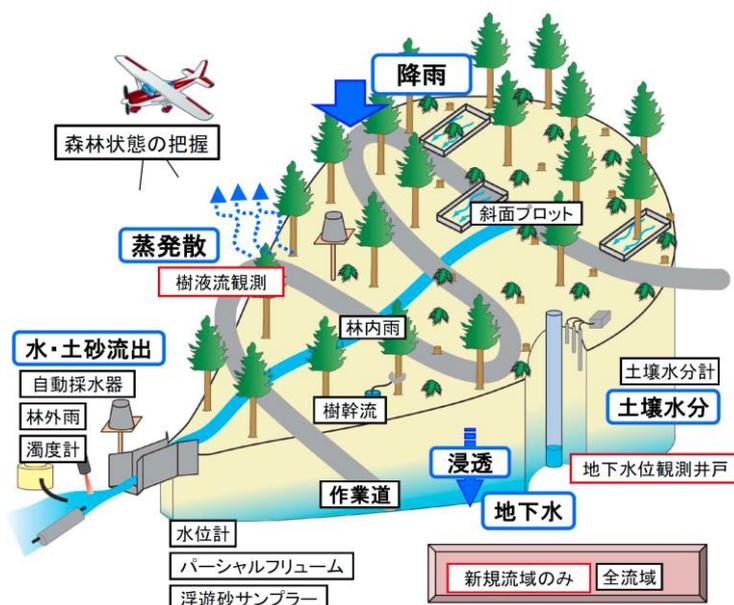
(文中に番号がある場合は(4-1)に対応する)

本年度は、強度間伐前の試験流域の水文特性を把握するために、全ての研究サイトにおいて、各水文素過程の観測を行った。具体的には、試験流域の河川流量を一年を通して観測した。新規流域においては、間伐前後の水涵養量の詳細な比較を行うため、既存流域で行った観測項目に加えて土壌水、地下水の観測を行った。遮断プロットにおいては樹冠通過雨および樹幹流を観測し、樹冠遮断量を算出した。さらに、斜面プロットにおいては、大規模な降雨にともなう表面流出量および土砂流出量を計測した。また、栃木サイト及び福岡サイトでは、Granier (1987)に基づく樹液流観測装置を新たに設置し、雨量計を併用した水収支法によって、蒸散量、遮断蒸発量のより詳細に観測を開始した。本年度の観測によって、試験流域における強度間伐前の水文データが蓄積された。



水流出機構をトレースし、地下水涵養プロセスの推定を行うために、筑波大学陸域環境センターにおいて、上記の観測項目について水サンプルを採取し(降雨イベントごと、あるいは月1回の頻度)、イオンクロマトグラフとレーザー式質量分析装置を用いて、水質および安定同位体分析を行った。また、自動採水器を用いて出水時の渓流水を採取し、水質、栄養塩、濁質成分の定量分析を行った。さらに、濁質成分の土砂流出起源の推定を行うために、本年度より導入した井戸型Geガンマ線検出器を用いて土壌と土砂のCs-137とPb-210濃度を測定した。

高知サイト、愛知サイトおよび福岡サイトの一部では、それぞれ最大50%の強度間伐を行った。これらのサイトでは、強度間伐後に樹冠通過率の増大と樹冠遮断の減少が検出された。また、既に間伐後の観測データが蓄積されている三



重サイトにおいては、間伐によって林床への雨水の入水量が増加したことが斜面プロットの観測に

よって分かった<sup>5)</sup>。このことから、強度間伐を行えば林床に到達する雨水が増加することが観測データによって明らかになった。一方で、間伐によって樹冠構造が変化することで、林床からの地表面蒸発が変化する可能性があり、来年度はその観測も含めて行う必要がある。

栃木サイトにおいて、強度間伐前の樹冠通過雨の酸素・水素安定同位体比の詳細な解析を行った結果、樹冠通過雨の $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta\text{D}$ は林外雨よりも大きく、雨水が樹冠を通過する過程で安定同位体比が変化する事が明らかになった。このことから、強度間伐による樹冠遮断蒸発の変化を安定同位体比を用いることで検出できる可能性が示された。来年度は、強度間伐の前後で林内雨の安定同位体比がどのように変化するかを検出するとともに、土壌水、地下水、河川水の安定同位体比の影響についての観測を行う。

新規流域の栃木サイトと福岡サイトでは、年度内に撮影された強度間伐前の航空機レーザー測量データを元に、林内の光透過率の推定と森林状態の面的な把握を行った<sup>16)</sup>。一方で、林業経営者にどのような間伐事業制度を取り入れたかについて聞き取り調査を行った。林業経営者の意識調査に基づいて、持続可能な人工林の経営と水資源対策を行うための方策を検討するとともに、森林管理モデルの改良を行った。

## §4. 成果発表等

### (4-1) 原著論文発表

#### ●論文詳細情報

1. 平岡真合乃, 恩田裕一, 加藤弘亮, 水垣滋, 五味高志, 南光一樹 (2010) ヒノキ人工林における浸透能に対する下層植生の影響, 日本森林学会誌, **92**, 145-150.
2. 高崎 洋子, 竹中千里, 吉田 智弘 (2010) ヒノキ人工林において間伐施業が土壌動物の群集構成と個体数密度に与える影響-三重県度会郡大紀町における事例-, 日本森林学会誌, **92**, 167-170.
3. 南光一樹, 恩田裕一, 深田佳作, 野々田稔郎, 山本一清, 竹中千里, 平岡真合乃 (2010) 荒廃ヒノキ人工林の強度間伐が森林水涵養機能に与える経済効果の試算, 水文・水資源学会誌, **23**, 437-443.
4. Chiwa, M., Maruno, R., Ide, J., Miyano, T., Higashi, N., Otsuki, K. (2010) The role of storm flow in reducing N retention in a suburban forested watershed, western Japan. *Journal of Geophysical Research -Biogeosciences-* **115**, G02004, 11. (DOI: 10.1029/2009JG000944)
5. Dung, B., X., Miyata, S., Gomi, T. (2010) Effect of forest thinning on overland flow generation on hillslopes covered by Japanese cypress, *Ecohydrology* (online). (DOI: 10.1002/eco.135)
6. Fukushima, T., Kamiya, K., Onda, Y., Imai, A., Matsushige, K. (2010) Long-term

- changes in lake sediments and their influences on lake water quality in Japanese shallow lakes, *Fundam. Appl. Limnol., Arch. Hydrobiol*, **177(3)**, 177–188. (10.1127/1863-9135/2010/0177-0177)
7. Komatsu, H., Kume, T. and Otsuki, K. (2010) A simple model to estimate monthly forest evapotranspiration in Japan from monthly temperature, *Hydrological Processes*, **24**, 1896-1911.
  8. Komatsu, H., Kume, T., Shinohara, Y., Miyazawa, Y. and Otsuki, K. (2010) Did annual runoff and low flow decrease with reduced forestry practices in Japan?, *Hydrological Processes*, **24**, 2440-2451. (DOI:10.1002/hyp.7657)
  9. Subehi, L., Fukushima, T., Onda, Y., Mizugaki, S., Gomi, T., Kosugi, K., Hiramatsu, S., Kitahara, H., Kuraji, K., Terajima, T. (2010) Analysis of stream water temperature changes during rainfall events in forested watersheds, *Limnology*, **11**, 115–124. (DOI 10.1007/s10201-009-0296-2)
  10. Tsuruta, K., Kume, T., Komatsu, H., Higashi, N., Umebayashi, T., Kumagai, T. and Otsuki K. (2010) Azimuthal variations of sap flux density within Japanese cypress xylem trunks and their effects on tree transpiration estimates, *Journal of Forest Research*, **15**, 398-403. (DOI: 10.1007/s10310-010-0202-0)
  11. Wakiyama, Y., Onda, Y., Mizugaki, S., Asai, H., Hiramatsu, S. (2010) Soil erosion rates on forested mountain hillslopes estimated using <sup>137</sup>Cs and <sup>210</sup>Pbex, *Geoderma*, **159**, 39-52. (DOI:10.1016/j.geoderma.2010.06.012)
  12. Wakiyama, Y., Onda, Y., Nanko, K., Mizugaki, S., Kim, Y., Kitahara, H., Ono, H. (2010) Estimation of temporal variation in splash detachment in two Japanese cypress plantations of contrasting age, *Earth Surface Processes and Landforms*, **35(9)**, 993-1005. (DOI: 10.1002/esp.1844)
  13. Yamamoto, K., Kobayashi, K., Nonoda, T., Inoue, A., Mizoue, N. (2010) Effect of setting of digital fisheye photography to estimate relative illuminance within forest under low light conditions, *J. Forest Res.*, **15**, 283-288.
  14. Zhang, Z., Tao, F., Shi, P., Xu, W., Sun, Y., Fukushima, T., Onda, Y. (2010) Characterizing the flush stream chemical runoff from forested watersheds, *Hydrological Process*, **24(20)**, 2960-2970. (DOI: 10.1002/hyp.7717)
  15. Komatsu, H., Kume, T. and Otsuki, K. (2011) Increasing annual runoff-broadleaf or coniferous forests?, *Hydrological Processes*, **25**, 302-318. (DOI: 10.1002/hyp.7898)
  16. Yamamoto, K., Takahashi, T., Miyachi, Y., Kondo, N., Morita, S., Nakao, M., Shibayama, T., Takaichi, Y., Tsuzuku, M. and Murate, N. (**in press**) Estimation of mean tree height using small-footprint airborne LiDAR without a digital terrain model, *Journal of Forest Research*. (DOI: 10.1007/s10310-010-0234-5)

17. 井手淳一郎, 森寸志, 大槻恭一 (受理) ヒノキ人工林を主体とする御手洗水試験流域における土壌の潜在的な撥水性について, 九州大学演習林報告.
18. 納富大介, 小松光, 井手淳一郎, 大槻恭一 (受理) 森林流域からの流出水における全窒素濃度の長期変動—日本全国の 48 流域を対象として—, 水利科学.
19. Komatsu, H., Shinohara, Y., Kume, T. and Otsuki, K. (accepted) Changes in peak flow with decreased forestry practices: analysis using watershed runoff data, Journal of Environmental Management.

#### (4-2) 知財出願

- ① 平成22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)