

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月31日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21380098

研究課題名（和文） 竹林は水資源涵養機能・水土保持機能に悪影響を及ぼすのか？

研究課題名（英文） Does bamboo forest harm the functions of recharging water resources and conserving soil and water?

研究代表者

大槻 恭一（OTSUKI KYOICHI）

九州大学・農学研究院・教授

研究者番号：80183763

研究成果の概要（和文）：

モウソウチク林が、水資源涵養・水土保持・水質浄化機能に及ぼす影響について実測結果から解析した。その結果、モウソウチク林では、1) 針葉樹人工林と比較して遮断蒸発量は約 10%少ないが、蒸散量は約 12%多く、結果として蒸発散量は針葉樹人工林と同程度であること、2) 地表流の発生頻度は高いが地表流出率（0.6～33.5%）は他の森林と比較して少ないこと、3) 樹冠からの  $K^+$ 、 $Cl^-$ 、 $SO_2$  の溶脱が極めて高いことを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

The effects of Moso-Bamboo (*Phyllostachys pubescens*) forest on the functions of recharging water resources, conserving soil and water, and purifying precipitation were analyzed based on the in-situ measurements. The results indicate that comparing with other forests, 1) interception loss was about 10% less but transpiration was about 12% larger and thus evapotranspiration was almost the same, 2) surface runoff frequently occurred but the surface runoff ratios (0.6～35.5%) were relatively small, and 3) leaching of  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_2$  from the canopy was considerably high.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	6,600,000	1,980,000	8,580,000
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
年度			
総計	10,300,000	3,090,000	13,390,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：竹林，水資源，水土保持，環境，生態系

## 1. 研究開始当初の背景

近年、日本では、安価なタケノコの輸入の増加、プラスチック・金属製品等の普及による竹材の需要の減少により、1975～2004年の29年間で、タケノコの生産量は約 63%減少（自給率：約 10%）、竹材の生産量は約 85%減少した。このようなタケノコ・竹材の生産

減に加え、労働力や後継者の不足により、竹林の放置が増加している。その結果、西日本を中心として竹林面積が拡大している。例えば、竹林面積は、福岡県の一部では 30年間で 1.3～1.7 倍、香川県では 1986～2000年の15年間で 1.8 倍、兵庫県淡路島では 2000～2007年の7年間に 5.5 倍に増加している。その竹

林の拡大の大半は、モウソウチクによるものである。

このような背景の下、近年、竹林の分布拡大によって、生物多様性の低下、土砂災害の危険性増大、斜面崩壊の危険性増大など様々な社会的問題が生じることが危惧されている。一方、竹林は防災上有益であるという指摘もあり、『竹林が環境に与える影響』に対する科学的評価が住民や地方自治体から強く求められている。しかし、タケの生産や竹材の利用に関する研究は多く、近年竹林の動態に関する研究は増えつつあるものの、『竹林が環境に与える影響』を定量的に評価した研究はほとんどない。

## 2. 研究の目的

モウソウチク林を対象として、以下の項目を明らかにする。

### (1) 蒸散量について

- ①竹液流速測定用の改良グラニエセンサを作成し、竹液流速測定法を確立する。
- ②吸水法により蒸散量を実測し、竹液流速算定式（修正グラニエ式）のパラメータを決定する。
- ③竹液流速測定値から林分蒸散量へのスケールアップ法を確立する。
- ④竹林用の蒸散量推定式（Priestley-Taylor 式、Penman-Monteith 式）のパラメータを決定する。
- ⑤竹林周辺の樹木の樹液流速を測定し、タケの侵入が樹木の生育に与える影響を評価する。

### (2) 遮断蒸発量について

- ①竹桿密度による竹林の遮断蒸発量推定式を作成する。

### (3) 林内雨量（竹冠通過雨量・竹桿流下量）について

- ①竹桿密度による竹林の竹冠通過雨量式・竹桿流下量推定式を作成する。

### (4) 土壌浸透量について

- ①竹林の林床の撥水性を評価する
- ②竹林のリター・根群密度・大孔隙が土壌浸透に与える影響を評価する。

### (5) 表面流量・土砂流亡量について

- ①竹林の表面流出特性を把握し、竹林の表面流出推定式を作成する。
- ②竹林からの土砂流亡特性を把握する。

### (6) 短期・長期水収支について

- ①短期水収支により、竹林の拡大が水土保持機能に与える影響を評価する。
- ②長期水収支により、竹林の拡大が水資源涵

養機能に与える影響を評価する。

## 3. 研究の方法

### (1) 竹林の動態モニタリング

竹桿密度を定期的に測定するとともに、1ヶ月に1回林冠写真を撮影し、竹冠状況（開空率、葉面積指数、植生面積指数等）をモニタリングする。

### (2) 蒸散量の測定・評価

蒸散量は樹液流速測定法として世界的に適用されているグラニエ法を使用して測定する。ただし、グラニエ法では2cm長さのセンサを使用するが、竹桿の厚さは2cm以下であるため、センサの長さを1cmに改良して樹液流速を測定することによって蒸散量を測定する。

モウソウチクでは樹液流速が測定された前例がないので、放射方向別の樹液流速を測定するとともに、染色実験によって竹桿の通導分布を観測し、樹液流速を測定すべき方向および測定点数を決定する。センサの長さを変えた場合、グラニエ式が適用できないので、吸水法によって樹液流速を実測し、長さ1cmセンサを使用した場合の樹液流速算定用の修正グラニエ式のパラメータを求める。以上の方法によって樹液流速測定方法を確立し、20本程度の個体の樹液流速を測定し、これを林分蒸散量へスケールアップする。その中で、林分蒸散量をモニタリングするために必要最小限の樹液流速測定個体数を求める。

上述の竹林の林分蒸散量を用いて、蒸散量推定式パラメータ（Priestley-Taylor 式の  $\alpha$ 、Penman-Monteith 式の群落コンダクタンス  $G_c$ ）を求め、一般気象データから竹林の林分蒸散量を推定する方法を作成する。

また、竹林周辺の竹林侵入地および未進入地における樹木の蒸散量を一般のグラニエセンサを用いて測定し、タケの侵入が樹木の生育に与える影響を評価する。

### (3) 遮断蒸発量および林内雨量の測定・評価

竹林における雨水配分率（遮断、竹冠通過雨量・竹桿流下量）は、服部ら（1989）の測定結果では12.2%、72.6%、15.2%、申請者らの宗像市における測定結果では10.3%、74.3%、15.4%であり、ほぼ一致している。両者の竹桿密度はそれぞれ7,200本/ha、6,800本/haであることから、竹桿密度約7000本/haの竹林ではこれらの値を一般化しても良さそうである。しかし、この竹桿密度は竹材専用林と放置竹林の中間的な値であり、竹林の密度管理を行った場合の雨水配分率は不明である。したがって、竹桿密度4000本/haの福岡演習林において雨水配分率を測定し、様々な竹桿密度の竹林に適用できる雨水配分率推定式

を作成する。

#### (4) 土壌浸透量・土壌水分動態の測定・評価

竹林林床の浸入能分布を測定するとともに、土壌水分計およびテンシオメータを用いて、土壌水分および土壌水ポテンシャルを多点でモニタリングする。予備調査によれば、最終浸入能は竹林約 90mm/hr、広葉樹林約 70mm/hr であり、有意な差は見られなかった。しかし、竹林の土壌は全般に乾燥しており、地表面近傍が乾燥しているという特徴を有し、逆に深さ 50cm の方が湿潤な場所があった。これは、竹林のリターによる撥水性、密な細根群層による不飽和浸透抑制、タケ・タケノコ枯死跡の大孔隙を通じたパイプ流発生の可能性が示唆された。したがって、これらの諸点を踏まえて土壌浸透量および関連する土壌水分動態を調査する。

#### (5) 表面流量の測定・評価

斜面ライシメータを福岡演習林の竹林に 6 基設置し、表面流出量を測定する。この表面流量測定値と、林外雨量、林内雨量（竹冠通過雨量、竹桿流下量）、土壌水分動態との関係を求め、竹林の表面流出推定式を作成する。また、タンクに流入した土砂量を測定し、竹林からの流亡土砂量も評価する。

### 4. 研究成果

#### (1) 蒸散量について

① 樹液流計測の適用性 (Kume et al., 2010, 論文⑦) 熱消散型樹液流測定法（幹に挿入したヒーター熱拡散の状態を樹液流速に換算する方法）のモウソウチク林分の蒸散量測定への適用性に関して検討した。樹液流測定と切り木法（幹を切断し水に浸け水分消費量を測定する方法）を併用して蒸散量を測定し、熱消散型樹液流測定法はモウソウチクの林分蒸散量測定に適用できることを確認した。また、正確な林分蒸散量を測定するために必要な標本数について検討した結果、タケ辺材面積・樹液流速ともに標本は 11 個必要であることを明らかにした。

② 林分蒸散量の比較 (Komatsu et al., 2010, 論文⑥) 樹液流速測定結果に基づいてモウソウチク林分の蒸散量を推定した結果、年間蒸散量は 567mm であり、スギ・ヒノキ等の針葉樹人工林の林分蒸散量と比較すると、年降水量比で 12%多い。ただし、モウソウチク林の遮断蒸発量はこれら針葉樹人工林樹種に比べて、年降水量比で 10%少ない。したがって、蒸散量と遮断蒸発量の和である蒸発散量は、モウソウチク林と針葉樹人工林で大差ないことを明らかにした。

③ 群落コンダクタンスの比較 (Komatsu et al., 2012, 論文②) 西日本の生育期におけるモ

ウソウチク林の群落コンダクタンスを針葉樹人工林の群落コンダクタンスと比較した。モウソウチク林の群落コンダクタンスは、他の森林の群落コンダクタンスと同様に、主として飽差（飽和水蒸気圧と水蒸気圧の差）、副次的に日射量に依存することを明らかにした。また、光飽和条件下では、モウソウチク林は葉面積指数 LAI（単位地表面積当たりの葉面積比）が針葉樹人工林より少ないにも関わらず、群落コンダクタンスは針葉樹人工林の群落コンダクタンスの 2 倍程度であることを示し、モウソウチク林の拡大によって水・炭素循環が変化する可能性を示唆した。

④ 竹林の侵入が蒸散量に及ぼす影響（投稿準備中）隣接する竹林（タケ：9000 本/ha）、竹林が侵入しつつあるスギ林（タケ：4200 本/本、スギ：300 本/ha）、スギ林（1300 本/ha）において蒸散量を測定した結果、4~5 月には蒸散量は竹林とスギ林はほぼ同程度で、タケ侵入林が若干少ないが、7 月下旬には竹林の蒸散量はスギ林の蒸散量の約 2 倍になり、竹侵入林の蒸散量はスギ林の蒸散量の約 1.5 倍になった。これは、7 月に入りタケが新葉に変わった後には竹林の蒸散量が増加したことに起因すると考えられた。

#### (2) 遮断蒸発量について

① 樹冠遮断量の特性 (Shinohara et al., 2012, 論文①) 立木密度 3611 本/ha のモウソウチク林で、樹冠通過雨量、樹幹流量、林外雨量の測定を 1 年継続して行った。この結果を立木密度約 7000 本/ha のモウソウチク林における従来の測定結果と比較し、年降水量比で、樹冠通過雨量（86%）は約 10%多く、樹幹流量（4%）は約 10%少なく、立木密度がモウソウチク林の雨水配分に大きな影響を及ぼすこと、ただし樹冠遮断量（10%）は立木密度に依存しないことを示した。

#### (3) 林内雨量（竹冠通過雨量・竹桿流下量）について

① 樹冠通過雨量の空間的変動性 (Shinohara et al., 2010, 論文⑧) モウソウチク林分において、LAI の測定を月 1 回、樹冠通過雨量の測定を 25 地点で週 1 回、1 年間継続して行った。その結果、樹冠通過雨量は林外雨量に強く依存し、LAI の影響をほとんど受けないことを明らかにした。また、樹冠通過雨量の標本は 8 個あれば、誤差 10%以内で林分樹冠通過雨量を測定できることを明らかにした。

#### (4) 土壌浸透量について

① 透水係数の特徴 (Ide et al., 2010, 論文⑤) モウソウチク林の 10,30,50cm 深さの飽和透水係数は、隣接する広葉樹林の値と同等あるいは大きいことを示した。

#### (5) 表面流量・土砂流出量について

①地表流の特徴 (Ide et al., 2010, 論文□) 14の降雨イベントにおいて地表流出が7回発生した。降雨に対する地表流の応答は早く、地表流出率は降水量が多いほど大きく、その範囲は19~33%であった。

②バイオマットフローの寄与 (蔵本ら, 2011, 論文③) 地表流とバイオマット (根群) フローの測定を行った。その結果、地表流出率は0.6~35.5で、ヒノキ林と比較して明確に小さく、スギ林・広葉樹林と比較しても小さい部類に属すること、バイオマットフローはほとんど発生しないことを明らかにした。

#### (6) 短期・長期水収支について

竹林試験流域を確保できず、本研究は実施できなかった。

#### (7) 樹冠通過雨と樹幹流下雨の化学特性

(Chiwa et al., 2010, 論文□) モウソウチク林の樹冠通過雨と樹幹流下雨を週1回採水し、pH, 主要イオン, 二酸化ケイ素 (SiO<sub>2</sub>) を測定した。その結果、無機態 N (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) フラックスおよび S (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) フラックスは降水のそれぞれ1~6倍、1~3倍と多く、樹幹流の寄与が高かった。他の森林の溶脱と比較すると、モウソウチク林では K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SiO<sub>2</sub> の溶脱が特に高かった。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計8件)

- ①Shinohara, Y., Komatsu, H., Kuramoto, K. and Otsuki, K. (2012): Characteristics of canopy interception loss in Moso bamboo forests of Japan, *Hydrological Processes*, accepted, (査読あり) DOI: 10.1002/hyp.9359
- ②Komatsu, H., Onozawa, Y., Kume, T., Tsuruta, K., Shinohara, Y. and Otsuki, K. (2012): Canopy conductance for a Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) forest in western Japan, *Agricultural and Forest Meteorology*, **156**, 111-120 (査読あり) DOI:10.1016/j.agrformet.2012.01.004
- ③蔵本康平, 篠原慶規, 小松光, 井手淳一郎, 大槻恭一 (2011): モウソウチク (*Phyllostachys pubescens*) 林における降雨流出過程の解明に向けて—地表流とバイオマットフローの観測—, 水文・水資源学会誌, **24**, 360-368 (査読あり)
- ④Chiwa M., Onozawa Y. and Otsuki, K. (2010): Hydrochemical characteristics of throughfall and stemflow in a Moso-bamboo (*Phyllostachys pubescens*) forest, *Hydrological Processes*, **24**, 2924-2933 (査読あり) DOI:

10.1002/hyp.7706

- ⑤Ide, J., Shinohara, Y., Higashi, N., Komatsu, H., Kuramoto, K., and Otsuki, K. (2010): A preliminary investigation of surface runoff and soil properties in a moso-bamboo (*Phyllostachys pubescens*) forest in western Japan. *Hydrological Research Letters*, **4**, 80-84 (査読あり) DOI: 10.3178/HRL.4.80
- ⑥Komatsu, H., Onozawa, Y., Kume, T., Tsuruta, K., Kumagai, T., Shinohara Y. and Otsuki, K. (2010): Stand-scale transpiration estimates in a Moso bamboo forest: (II) Comparison with coniferous forests. *Forest Ecology and Management*, **260**(8), 1295-1302 (査読あり) DOI:10.1016/j.foreco.2010.06.040
- ⑦Kume, T., Onozawa, Y., Komatsu, H., Tsuruta, K., Shinohara, Y., Umebayashi, T. and Otsuki, K. (2010): Stand-scale transpiration estimates in a Moso bamboo forest: (I) Applicability of sap flux measurements. *Forest Ecology and Management*, **260**(8), 1287-1294 (査読あり) DOI:10.1016/j.foreco.2010.07.012
- ⑧Shinohara, Y., Onozawa, Y., Chiwa, M., Kume, T., Komatsu, H. and Otsuki, K. (2010): Spatial variations of throughfall in a Moso bamboo forest: sampling design for the estimates of stand-scale throughfall, *Hydrological Processes*, **24**, 253-259 (査読あり) DOI: 10.1002/hyp.7657

[学会発表] (計3件)

- ①篠原慶規, 蔵本康平, 小松光, 井手淳一郎, 大槻恭一: モウソウチク林における地表流とバイオマットフローの観測, 第122回日本森林学会大会, 2012年3月27日, 栃木県宇都宮市, 宇都宮大学
- ②篠原慶規, 蔵本康平, 小野澤郁佳, 小松光, 大槻恭一: モウソウチク林と隣接する広葉樹林における水循環の違い, 第121回日本森林学会大会, 2010年4月3日, 茨城県つくば市, 筑波大学
- ③蔵本康平, 篠原慶規, 井手淳一郎, 小松光, 大槻恭一: モウソウチク林における地表流の観測について, 2009年度水文・水資源学会大会, 2009年8月20日, 石川県金沢市, 石川県文教会館

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

大槻恭一 (OTSUKI KYOICHI)  
九州大学・大学院農学研究院・教授  
研究者番号: 80183763

#### (2) 研究分担者

小松光 (KOMATSU HIKARU)  
九州大学・大学院農学研究院・助教  
研究者番号: 70432953

