

## 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6月5日現在

機関番号：13701

研究種目：挑戦的萌芽

研究期間：2010～2011

課題番号：22651012

研究課題名（和文） 環境保全・CO2削減・経済性に着目した森林起点型地域づくりデザイン指標の提案

研究課題名（英文） A design index to assess the regional forest ecosystem considering with environmental preservation, CO2 reduction and economic activity

研究代表者

篠田 成郎 (SHINODA SEIROU)

岐阜大学・総合情報メディアセンター・教授

研究者番号：80187369

研究成果の概要（和文）：岐阜県内森林域を対象とした現地観測と流出モデルならびに経済評価モデルを通じて、人工林での間伐などの森林管理による環境影響および木材資源・炭素収支の変化を定量化するための森林施業と水・土壌環境、炭素固定および地域経済の基本的関係を明らかにした。また、これに基づき、地域における森林の価値を客観的に評価するための指標を提案した。

研究成果の概要（英文）：Through field observations at forests and assessment for forestry management policies in the Gifu Prefecture, the fundamental relationship among the forestry management such as a thinning of artificial forests, water and soil environmental conditions, carbon fixations, and a regional economy was investigated. Using the results, an index to assess the total value of regional forest was proposed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,800,000	0	1,800,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
総計	3,100,000	390,000	3,490,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学，環境影響評価・環境政策

キーワード：緑のダム，間伐，森林土壌，炭素収支，環境変動，リモートセンシング，応用一般均衡モデル，便益評価

## 1. 研究開始当初の背景

本研究と同じメンバーで実施した H18～21 年度科研基盤 B「地球温暖化・気候変動下での流域環境変化に対する森林管理の有効性評価」により、間伐による林床土壌保水性や微細粒径土砂流出抑制機能の向上が、流域環境の改善に寄与するものの、森林内生物生息数の増加や切捨間伐木の腐植による CO2 放出量増大のために、森林全体での炭素固定

効果が発揮されないケースがあることが明らかになっていた。また、岐阜県長良川全流域内では、現在の産業構造の下では、間伐される木材のうちの 1 割程度までしか利用できず、木材利用の新たな社会・産業構造の創出が必要不可欠となることも判明していた。これらの研究成果は、補助金を投入して、画一的な間伐実施とこれにより得られる木材資源の利用を進めようとしている現在の森林施策

が、CO<sub>2</sub> 吸収や林業再生に対して必ずしも効果を上げるわけではないことを示していると考えられた。このため、画一的な森林施策を進めるのではなく、地域の森林それぞれが有する特徴を生かした様々な森林施策・木材利用方法の適正配置により、地域全体としてプラスとなるようなデザインが最も重要であると、研究開始当初は考えていた。また、こうしたデザインを可能とするためには、地域全体での総合的な森林活用効果を見積もる必要があり、これを指標化することで、地域づくり戦略立案に寄与できるとともに、さらに、この指標を拠り所とすることで、欧州で活躍するフォレスター（森林官）をわが国でも養成するための学問体系化にもつなげられると期待していた。

## 2. 研究の目的

本研究では、全ての森林に対して定量的な公益性評価に基づく経済価値を与え、この対価として公共資本が適正に投下されることにより地域社会が活性化されるしくみを実現するために、温暖化・気候変動下において、森林管理・木材利用による環境保全・防災・炭素固定の機能変化と地域経済への影響を定量化し、これらの得失を客観的に評価できる新しい指標（森林起点型地域づくりデザイン指標）を提案することを目的とした。

## 3. 研究の方法

まず、森林域での気候変動の影響を気象・水文資料の統計解析から検討にすることにより、本研究の背景を明確にした。その上で、岐阜県郡上市内の市有林において、間伐を実施したスギ人工林と間伐が行われずに放置されたスギ人工林との比較観測を実施し、間伐が降雨流出特性、土砂流出特性、炭素固定機能に及ぼす影響を明らかにした。また、岐阜県高山市内および中津川市内の森林を対象とした現地観測から、降雨遮断特性および長期の流出特性についても検討を行った。さらに、森林施策および木材生産に伴う炭素収支やこれに関連する経済影響を評価するモデルを構築し、地域全体に及ぼす経済効果を推定した。

## 4. 研究成果

### (1) 極値統計解析を用いた降水パターンのトレンド解析

近年の気候変動が降水パターンに及ぼす影響を検討するため、中部日本域での気象・水文データに対する極値統計解析を行った。図1は、観測地点の周囲5kmの平均斜面勾配とイベント降水強度の経年変化トレンドとの関係を示したものである。標高が高いほど降水強度トレンドが大きくなる傾向があるが、図1では、急勾配の地形において、その

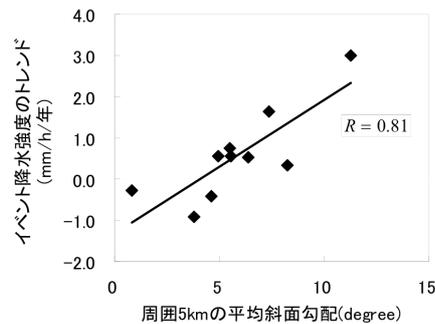


図1 観測地点の周囲5kmの平均斜面勾配とイベント降水強度の経年変化トレンドとの関係

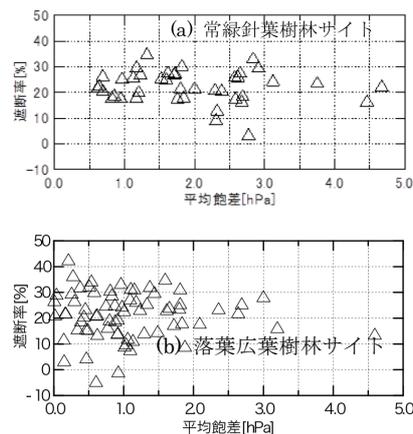


図2 遮断率と平均飽差の関係

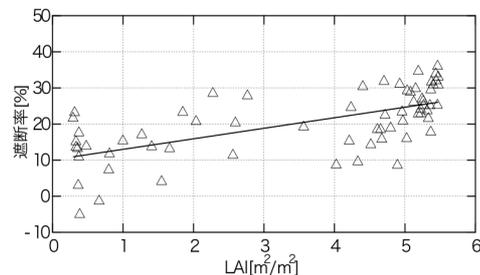


図3 遮断率とLAIの関係(落葉樹林サイト)

傾向がさらに顕著となることが判明した。近年問題となっている放置人工林は標高が高く急峻な森林ほど多く存在していることから、大規模な降水現象の発生がこうした放置人工林においてさらに顕著となることを示唆しており、気候変動の影響を考慮した人工林管理の重要性が示された。

### (2) 森林域の遮断損失に関する検討

森林域での水分状態を定量評価するために、常緑樹林サイトと落葉樹林サイトにおいて、樹冠による降水遮断に関する観測、解析を行った。図2に水分蒸発に影響の高い飽差と遮断率（(林外雨量-林内雨量)/林外雨量）の比較を示す。常緑樹林、落葉樹林の双方で、

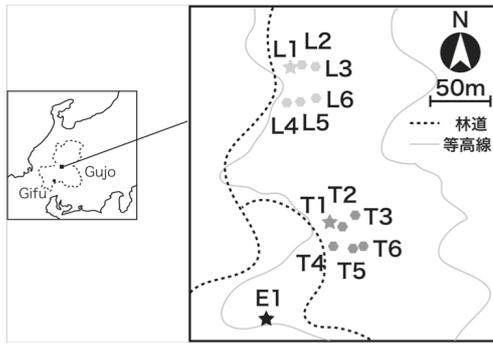


図4 観測林分の位置と測点の配置

表1 間伐実施済林(Site-T)と間伐未実施林(Site-L)との比較

項目	Site-L	Site-T
樹種	スギ	スギ
林齢 (2010年現在)	48年生	40年生
最終間伐年	1993年	2003年
立木密度	0.089本/m <sup>2</sup>	0.053本/m <sup>2</sup>
最高標高	960m	960m
最低標高	800m	800m
斜面方位	西	西
林地傾斜	20° ~ 25°	20° ~ 25°
土壌型	BL	BL
FおよびH層厚	5 ~ 20cm	10 ~ 30cm
A層厚	0 ~ 10cm	0 ~ 10cm
地質型	新第三紀層	新第三紀層

飽差と遮断率の間にほとんど相関はみられない。一方、樹木の葉の量を示すLAI (Leaf Area Index) と遮断率との関係 (図3) を見ると、明らかに正の相関が見られる。季節ごと、降水イベントごとの遮断蒸発量の違いには、微気象条件よりもLAIや樹冠疎密度のような林分構造が最も影響が高いと考えられ、間伐による森林管理が、森林土壌の水分状態に大きな影響を与えることが示唆された。

### (3) 水・土壌環境に及ぼす間伐の効果に関する現地比較観測

岐阜県郡上市内のスギ人工林を対象とした間伐実施済林分と間伐未実施林分の比較観測を実施した。図4は観測対象林分と測点の配置を示しており、L1~6(Site-L)が間伐未実施林での観測点、T1~6(Site-T)が間伐実施済林での観測点、E1が林外観測点を表し、表1には、Site-TとSite-Lの林況比較を示す。両林分における降雨の浸透・流出過程や林床土壌の粒径分布および土壌微生物生息状況を調べたところ、間伐を実施した林分では、放置された林分に比べて、降雨浸透に伴う土壌水分の変動が小さく、その値も高く維持されており、土壌内に間隙水として降水が保持されやすくなっていることがわかった。

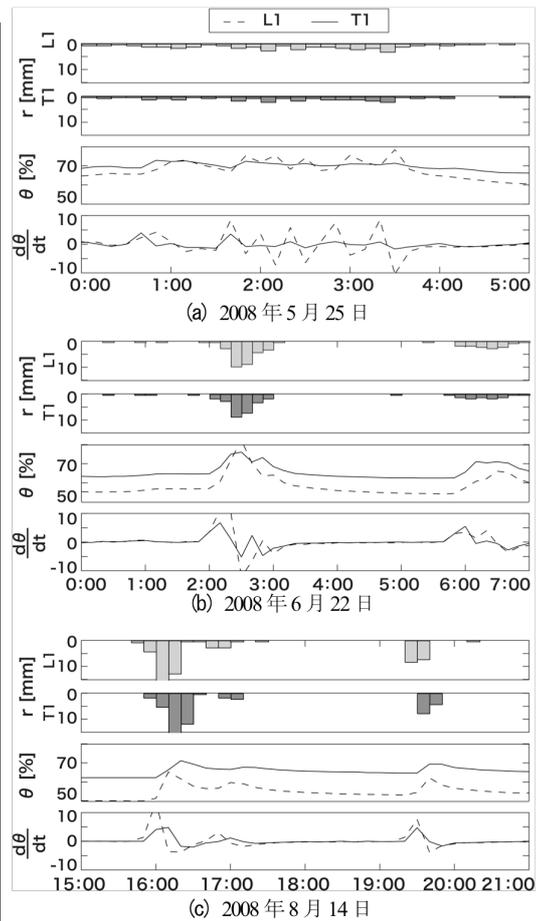


図5 降雨に伴う土壌体積含水率の時間変化

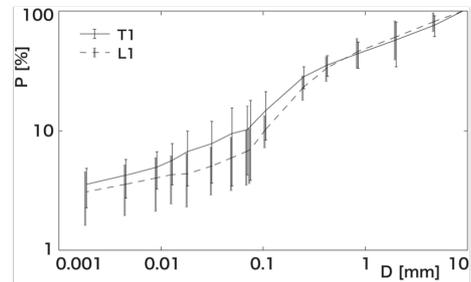


図6 林床土壌の粒径加積曲線

(図5). これは、間伐未実施林では、土壌を構成している土粒子の粒径が相対的に大きく (図6)、微細な土粒子が降水によって流失してしまうために、毛管作用による土壌間隙水が保持されにくい構造となっていることが原因となることも明らかになった。これは、土壌中に生息する微生物数の違いとして明確に現れており、蒸散過多に伴う土壌水分の低下 (乾燥化) によって、有機物の微生物分解が障害を受けることに起因することもわかった。なお、こうした水収支と森林との関係について、26年間に及ぶ長期の森林水文観測データ (岐阜県中津川市) を用いて検討したところ、葉面積増大 (間伐されず放置された状態) と気温上昇が相まって、蒸散量が増

加し、その結果として、降雨量に対する流出量の割合（流出率）が経年的に減少していることも明らかにしている。一方、郡上市の両林分におけるCO<sub>2</sub>収支も観測したところ、間伐実施済林の方が、土壌微生物による分解に伴うCO<sub>2</sub>放出量は大きくなるものの、間伐実施に伴う樹木の成長やリター量増大によって、CO<sub>2</sub>固定量が大きくなることにより、トータルとしては間伐実施済林と間伐未実施林との相違はそれほど大きくないことが明らかになった。このことは、間伐などの森林管理によって森林内の炭素固定量が増大するとは必ずしも言えず、むしろ木材の利用によって、森林で生産される木材によって炭素を長期固定しておくことの方が有効なることを示唆している。

#### (4) 出水時における土砂移動および粒度分布変化と水理量との対応関係の調査

出水イベント前後の河道内の地形および粒度分布調査によって、出水前後の堆砂状況が大きく変化する様子を記録することができた。また、画像処理粒度分布調査によって調査効率が飛躍的に上がったことで流路の調査点数を増やすことが可能になった。砂防堰堤堆砂区間における出水ピーク時の流量を与えた水面形の計算を経て求めて移動限界粒径と実際の平均粒径との比較下結果を図-6に示す。実測の粒度分布は、上流から順に堆積を伴う為、水理計算によって推定された限界粒径より縦断的に滑らかに変化していることが明らかになった。

#### (5) CO<sub>2</sub>収支量と地域経済効果の両側面からみた森林管理施策の評価

地球温暖化抑止に効果的な森林管理を考える場合、森林管理評価は森林内だけではなく社会全体を捉えた広域的な評価に加え、CO<sub>2</sub>収支量や地域経済効果といった多面的な評価も必要とされる。本研究では、森林管理施

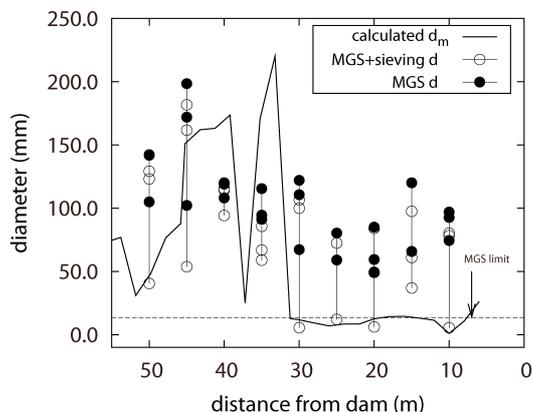


図-7 移動限界粒径  $d_c$  と計測された平均粒径  $d_m$  との比較。移動限界粒径  $d_c$  は、出水ピーク時の水面形を計算し、そのときの河床底面摩擦速度から求めている。

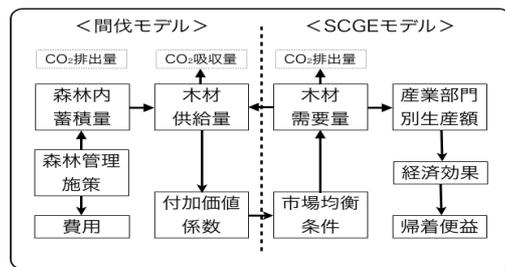


図8 総合評価モデルの全体概略図

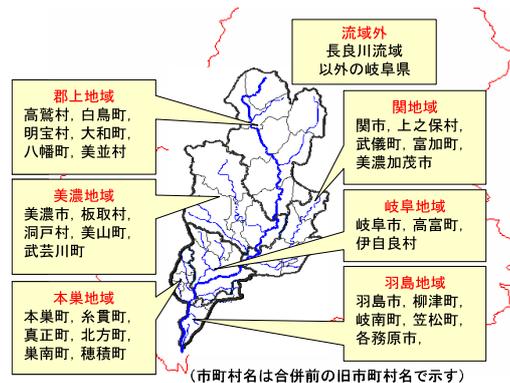


図9 対象地域とその区分

表2 産業部門分類

評価対象部門 (35部門)			
1	農業	19	化学製品
2	育林	20	石油・石炭・炭素・土石製品
3	スギ	21	金属
4	マツ	22	機械
5	ヒノキ	23	住宅
6	それ以外の素材	24	土木・建築
7	特用林産物	25	電力
8	海面漁業	26	都市ガス・熱供給業
9	内水面漁業	27	水道
10	鉱業	28	廃棄物処理
11	食料品	29	商業
12	繊維製品	30	金融・保険・不動産
13	製材・合板・チップ	31	運輸
14	その他の木製品	32	サービス
15	家具・装飾品	33	公務
16	パルプ	34	旅館・その他の宿泊所
17	紙	35	その他
18	その他の製造工業製品		

策を CO<sub>2</sub>収支量および地域経済効果が評価可能なモデルとして、間伐モデル（シルブの森岐阜改良版）と地域間応用一般均衡モデル（SCGEモデル；Spatial Computable General Equilibrium Model）を組み合わせた総合評価モデルを構築した（図8）。そして、長良川流域（郡上、美濃、関、岐阜、本巢、羽島地域）を対象地域（図9）とし、7地域35部門に分割分類した地域間産業連関表（表2）を用いて、現行の間伐計画に準拠したシミュレーションを行うことで将来の森林状況（図10）を捉えるとともに、間伐材の市場拡大を見据えた森林管理施策を検討した。その結果、石油を原材料とした製品の代替材として間伐材を用いることが、CO<sub>2</sub>収支量（図11）、地域経済効果（図12）の両側面で実現性が有用性が高いことがわかった。

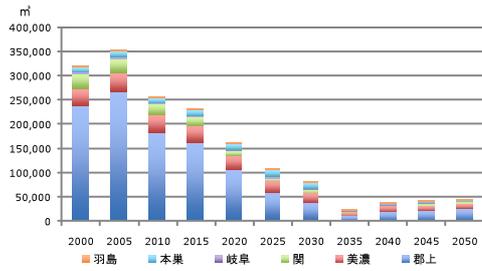


図 10 地域別間伐材蓄積量の推移

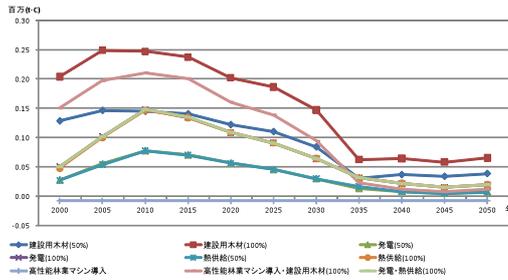


図 11 各施策オプションでの CO<sub>2</sub> 収支量減少分

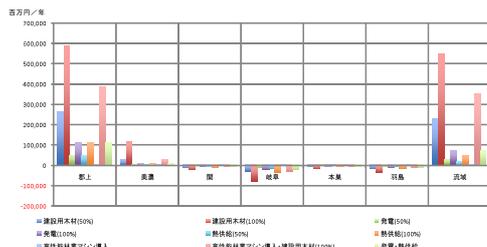


図 12 各施策オプションでの社会的純便益 (プロジェクトライフ 50 年)

(6) 森林起点型地域づくりデザイン指標の提案

上述の研究成果を総合化することにより地域における森林の価値を評価する指標  $I_k$  を次のように提案することが出来た。

$$I_k = \Delta \varphi_{ki} A_i = (\varphi_{ki} - \varphi'_{ki}) A_i$$

ここに、 $k$ : 森林機能種別 ( $k=E$ : 環境保全機能,  $k=C$ : 炭素固定機能,  $k=W$ : 木材生産機能),  $i$ : 対象林分の番号,  $A_i$ : 対象林分  $i$  の面積であり,  $\varphi_{ki}$ : 経済モデルから推定される森林施策実施前の森林機能原単位,  $\varphi'_{ki}$ : 経済モデルから推定される森林施策実施後の森林機能原単位である。すなわち, 対象林分ごとに機能別評価を実施することにより, その差分として施策効果を指標として表現することが可能になる。また, この指標は, 林分の空間分布と対応した分布情報として求められるため, 地域特性に応じた評価も出来る。今後は, この指標を現実の地域に適用す

ることにより, 地域森林の目標設定や施策効果評価に応用していくことを目指したい。

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 10 件)

- ① E. Zainal, K. Ohashi, M. Sakurai, T. Kojima, S. Shinoda, Long Term Variable Properties of Runoff Process in a Mountainous Forested Catchment, Advanced in River Engineering, JSCE, 査読有, Vol.18, 2012(in printing).
- ② 児島利治, 篠田成郎, M. Golam Mahboob, 大橋慶介, 降雨遮断モデルによる実時間洪水予測精度の高度化に関する検討, 土木学会河川技術論文集, 査読有, 第 18 巻, 2012 (印刷中)。
- ③ 渡邊信剛, 児島利治, 篠田成郎, 大橋慶介, 玉川一郎, 斎藤琢, 常緑樹林及び落葉樹林における樹冠遮断現象の現地観測とそのモデル化, 土木学会論文集 B1(水工学), 査読有, Vol.68(2), 2012, I\_1759-I\_1764.
- ④ 稲山孝典, 高木朗義, 北浦康嗣, CO<sub>2</sub> 収支量と地域経済効果の両側面からみた森林管理施策の評価, 土木学会論文集 D3(土木計画学), 査読有, Vol.67(5), 2011, I\_117-I\_128.
- ⑤ 児島利治, 篠田成郎, 鈴木貴幸, 極値統計解析を用いた山地と平野部の降水パターンのトレンド解析, 土木学会論文集 G(環境), 査読有, Vol.67(5), 2011, I\_231-I\_238.
- ⑥ 鈴木貴幸, 篠田成郎, 児島利治, 渡邊信剛, 神谷浩二, スギ人工林の土壌水分保持特性に及ぼす間伐の効果に関する現地比較観測, 土木学会論文集 G(環境), 査読有, Vol.67(5), 2011, I\_223-I\_230.
- ⑦ 大橋慶介, 伊原一樹, 安田真悟, 画像処理による河床粒度分布情報の高空間解像度化, 土木学会論文集 F3, 査読有, Vol.67(2), 2011, I\_111-I\_118.
- ⑧ M. Golam Mahboob, S. Kuniyoshi, T. Kojima and S. Shinoda, Forest Types Classification using Multi-seasonal High Resolution Satellite Images, Proc. of Int. Conf. on Environmental Aspects of Bangladesh (ICEAB 2011), 査読有, 2011, 58-62.
- ⑨ 大橋慶介, 安田真悟, 伊原一樹, 斜め画像を使った河床粒度分布調査における撮影俯角推定技術と精度検証, 土木学会河川技術論文集, 査読有, 第 17 巻, 2011, 47-52.
- ⑩ 篠田成郎, 木曾川水系における治水の歴史-山地森林域の影響に着目して-, 土木学会誌, 査読無, Vol.96(1), 2011, 56-58.

〔学会発表〕(計 16 件)

- ① 稲山孝典, 高木朗義, 地球温暖化抑止のための森林起点型地域社会システムに対する評価手法の開発, 平成 23 年度土木学会中部支部研究発表会, 2012 年 3 月 8 日, 信州大学.
- ② 大橋慶介, 画像処理による河床粒度分布情報の高空間解像度化, 土木学会第 36 回情報利用技術シンポジウム, 2011 年 9 月 30 日, 土木学会(東京都).
- ③ 大橋慶介, 安田真悟, 伊原一樹, 河床粒度分布調査における画像処理法と全表面抽出法との比較, 土木学会第 66 回年次学術講演会, 2011 年 9 月 9 日, 愛媛大学.
- ④ T. Inayama, A. Takagi, and K. Kitaura, Assessment for Forestry Management Policies referring to Effect of CO2 Balance and Regional Economy, 22nd Pacific Conf. of Regional Science Assoc. Int. (RSAD), 2011 年 7 月 3-5 日, Seoul, Korea.
- ⑤ 大橋慶介, 安田真悟, 伊原一樹, 斜め撮影による画像処理粒度分布調査, 平成 23 年度砂防学会研究発表会, 2011 年 5 月 19 日, 神奈川県民ホール(横浜市).
- ⑥ 清水宏紀, 鈴木貴幸, 篠田成郎, 児島利治, 李富生, 土壤微生物生息数を計測するための蛍光顕微鏡画像の処理手法について, 平成 22 年度土木学会中部支部研究発表会, 2011 年 3 月 4 日, 中部大学.
- ⑦ 國吉真司, 児島利治, 篠田成郎, 河合洋人, 高分解能衛星画像を用いた森林の植生タイプ分類, 平成 22 年度土木学会中部支部研究発表会, 2011 年 3 月 4 日, 中部大学.
- ⑧ 西山恭平, 児島利治, 八代裕一郎, 齊藤琢, 篠田成郎, 鈴木貴幸, 三輪祐介, 間伐の有無による森林内炭素収支の相違とその観測手法に関する考察, 平成 22 年度土木学会中部支部研究発表会, 2011 年 3 月 4 日, 中部大学.
- ⑨ 渡邊信剛, 児島利治, 篠田成郎, 林内雨の現地観測と樹冠遮断モデルの構築, 平成 22 年度土木学会中部支部研究発表会, 2011 年 3 月 4 日, 中部大学.
- ⑩ 広田はとみ, 児島利治, 篠田成郎, 樹冠遮断の計測における林内雨量計の必要設置数に関する検討, 平成 22 年度土木学会中部支部研究発表会, 2011 年 3 月 4 日, 中部大学.
- ⑪ 宮内貴正, 鈴木貴幸, 渡邊信剛, 篠田成郎, 児島利治, 神谷浩二, 森林土壌の水分浸透特性に及ぼす土壌粒径の影響に関する検討, 平成 22 年度土木学会中部支部研究発表会, 2011 年 3 月 4 日, 中部大学.
- ⑫ 原田彩, 鈴木貴幸, 児島利治, 篠田成郎, 高分解能 DEM を用いた分布型流出モデ

ルの山地渓流域への適用, 平成 22 年度土木学会中部支部研究発表会, 2011 年 3 月 4 日, 中部大学.

- ⑬ 黒川貴啓, 高木朗義, 北浦康嗣, 倉内文孝, 出村嘉史, 中山間地域を対象とした交流による地域づくりに関する進化ゲーム論的分析, 平成 22 年度土木学会中部支部研究発表会, 2011 年 3 月 4 日, 中部大学.
- ⑭ 高木朗義, 佐藤慶和, 倉内文孝, 北浦康嗣, 進化ゲーム理論を用いた行動変容モデルに基づく CO2 排出削減促進策の評価, 第 24 回応用地域学会 (ARSC) 研究発表大会, 2010 年 12 月 4-5 日, 名古屋大学.
- ⑮ 稲山孝典, 高木朗義, 北浦康嗣, 地球温暖化抑止のための森林管理システムに対する総合評価モデルの開発, 第 42 回土木計画学研究発表会, 2010 年 11 月 21-23 日, 山梨大学.
- ⑯ 篠田成郎, 流域環境に及ぼす森林の影響-温暖化・気候変動と森林管理に着目して-, 綾部市制施行 60 周年記念事業「川と水を考えるシンポジウム」基調講演, 2010 年 9 月 23 日, 綾部市観光センター.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

(なし)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

篠田 成郎 (SHINODA SEIROU)

岐阜大学・総合情報メディアセンター・教授

研究者番号: 80187369

### (2) 研究分担者

高木 朗義 (TAKAGI AKIYOSHI)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号: 30322134

児島 利治 (KOJIMA TOSHIHARU)

岐阜大学・流域圏科学研究センター・准教授

研究者番号: 90346057

大橋 慶介 (OHASHI KEISUKE)

岐阜大学・工学部・助教

研究者番号: 20452170