

地球温暖化抑止のための長良川流域における森林管理の評価モデル

An Evaluation Model of Forest Management in Nagara River Basin for Mitigation of Global Warming*

杉本達哉**・高木朗義***

By Tatsuya SUGIMOTO**・Akiyoshi TAKAGI***

1. はじめに

地球温暖化の抑止作用として森林における炭素固定の機能が注目されてきている。京都議定書では1990年以降の植林などによるCO₂吸収量を数値目標の達成に利用することが認められている。また、新規植林だけでなく、森林管理、放牧地管理、植生管理を利用することも許容されている。このため、既存の森林でのCO₂吸収量も削減分に算入できるようになった。

一方、輸入木材の影響から生じる木材価格の低下や森林技術者賃金の増加に伴い林業の不振が続いており、森林が持つ地球温暖化防止や環境保全、災害防止といった多くの公益性が損なわれつつある。森林率が82%の岐阜県に位置する長良川流域でも同様のことが言われており、間伐が進んでいないことが表1をみるとわかる。また図1の林齢分布をみると7から10歳級の森林面積に偏っているのがわかる。岐阜県森林づくり30年構想¹⁾によると、環境保全林と木材生産林の量的、質的、面的にバランスある森林づくりを行うためには年齢構造の平準化による森林資源の成熟化が重要とされており、このことを踏まえた森林管理が必要である。

そこで本研究では、地球温暖化抑止のための長良川流域における森林管理の評価モデルを構築することを目的とする。適切な森林管理を行うことによるCO₂固定量と、林業を含めた生産活動全体によるCO₂排出量を算定可能な評価モデルを構築する。その際、森林管理による樹木の成長を捉えることのできる間伐モデルを用いて、森林管理による森林の蓄積の変化を捉える。また、森林管理の強化や木材流通量の増加などの影響を含めた生産活動全体を捉えるために地域間応用一般均衡モデルを用いる。そして、この2つのモデルを用いることで地球温暖化抑止のための森林管理を評価する。なお、時間軸を考慮することにより間伐時期とCO₂吸収や木材出荷の時期などのタイムラグを評価する。

表1 長良川流域における地域別面積 (ha)

	郡上	美濃	関	本巣	岐阜	羽島	計
森林面積	43,020	24,179	7,343	4,590	1,804	51	80,986
間伐面積	2,317	342	438	152	42	2	3,293

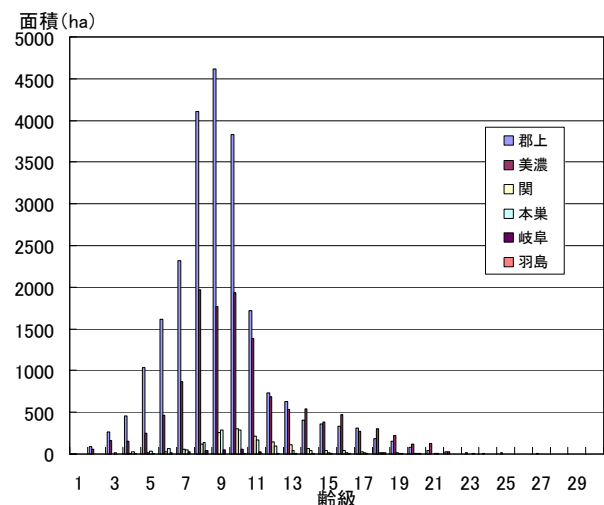


図1 長良川流域における各年齢級森林面積分布 (スギ)

2. 森林管理評価モデルの構築

(1) 間伐モデル

樹木は成長することによって丸太直径が大きくなり、1本あたりの蓄積量が増加する。それにより二酸化炭素の固定量も増加する。樹木の成長を間伐モデルで推計し、森林管理の違いによる二酸化炭素の変化量を算出する。間伐モデルには京都府立大学の田中和博教授が開発した「シルブの森」²⁾をベースに、岐阜県森林研究所が岐阜県のスギ人工林(一般地域)に合うよう調整したシステム収穫表「シルブの森岐阜県スギ版」を用いる。人工林管理のためには、林分の現況把握と将来の林分における成長量や収穫量の予測が重要である。従来は人工林の収穫量を予測するために、収穫表や密度管理図がよく用いられてきた。しかし、これらから得られる情報は、林分の平均樹高、平均胸高直径や材積などに限られており、直径階別の本数分布を予測することができなかった。このシステムでは、実際の林況に基づいて林分の成長を予測することができ、システム上で間伐の時期や本数を入力すると将来の林分の直径階分布や蓄積量が予測できる。間伐計画を自由に変えることによって、林分の将来の姿

*キーワード: 地球環境問題, 森林管理, 応用一般均衡分析

**学生員, 岐阜大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻

***正員, 博(工), 岐阜大学工学部社会基盤工学科

(岐阜市柳戸1-1, TEL: 058-293-2445, E-mail: a_takagi@gifu-u.ac.jp)

を比較検討することが可能である．この間伐モデルで計算された蓄積量にCO₂吸収量の原単位を乗じることでその時点の森林全体におけるCO₂固定量が算出できる．算出式は以下のようになる．

$$C_{in} = \sum_A \sum_D \sum_k \delta_{in} Q_k^D \quad (1)$$

ここで、 δ_{in} ：CO₂固定量の原単位、 C_{in} ：CO₂固定量、 Q ：材積、 A ：森林面積、 D ：丸太直径、 k ：林齢

(2)地域間応用一般均衡（SCGE）モデル

長良川流域による生産活動におけるCO₂排出量を算出するために SCGE モデルを用いる．SCGE モデルとは地域間産業連関表を利用して、各地域の家計や産業の経済活動や市場機構および地域間取引を数理モデルによって表現したものである．これにより地域間取引効果を明確にした森林管理による他産業への影響を地域ごとに把握することができる．このモデルで算出された各産業の生産額を表 3 に示す．産業部門ごとのCO₂排出量原単位⁴⁾を乗じて長良川流域による経済活動によるCO₂総排出量を計算する．算出式は以下のようになる．

$$C_{out} = \sum_i \delta_{out} P_i \quad (2)$$

ここで、 C_{out} ：CO₂排出量、 δ_{out} ：CO₂排出量原単位、 i ：産業、 P ：生産額

(3)森林管理評価モデル

前節までに示した 2 つのモデルを用いて森林管理評価モデルを構築するために、間伐モデルで算出された生産額と SCGE モデルの生産額を一致させる．この森林管理評価モデルを用いて、長良川流域におけるCO₂の収支を算出し、評価を行う．収支算出式は以下のようになる．

$$C = C_{out} - C_{in} \quad (3)$$

ここで、 C ：長良川流域におけるCO₂収支量

間伐をすることで樹木が成長するのには時間差が生じる．よって森林管理計画を長期的に考える必要がある．本研究では計画年数を 50 年として考え、CO₂収支量の推移を算出する．

3．データセットの構築

(1)地域間産業連関表の作成

森林管理を経済評価するためのデータセットとして、地域間産業連関表を作成する．地域間産業連関表とは表 4に示すような地域内および地域間の産業間および家計

表3 産業ごとのCO₂排出量

項目	単位直接 CO2排出量 (t-C/百万)	項目	単位直接 CO2排出量 (t-C/百万)
農業	0.179	石油・石炭・窯業・土石製品	1.591
育林	0.018	金属	1.298
素材	0.118	機械	0.036
特用林産物(含狩猟業)	0.794	住宅	0.023
海面漁業	1.310	土木・建築	0.062
内水面漁業・養殖業	0.273	電力	6.140
鉱業	0.146	都市ガス・熱供給業	0.188
食料品	0.104	水道	0.292
繊維製品	0.137	廃棄物処理	2.190
製材・合板・チップ	0.046	商業	0.036
その他の木製品	0.062	金融・保険・不動産	0.011
家具・装備品	0.047	運輸	1.154
パルプ	0.586	サービス	0.061
紙	0.434	公務	0.013
その他の製造工業製品	0.071	旅館・その他の宿泊所	0.000
化学製品	0.528	その他	0.078

間における財・サービスの取引関係をまとめた表である．経済活動を財貨・サービスの取引関係という側面から捉えており、ある地域における一定期間（通常 1 年間）の経済活動の実態をわかりやすく 1 つの表にまとめられている．本研究では図 2 に示すように岐阜県を長良川流域の 6 地域と流域外という計 7 地域に区分した地域間産業連関表を 2000 年の岐阜県産業連関表⁵⁾から作成した．このとき、森林管理の影響を分析するために林業関連部門を細分化するとともに、林業との関連性の強さで部門を抽出、統合して、表 2 に示す 35 部門に整理した．これにより森林管理による他産業への影響を詳細に評価することが可能となった．岐阜県産業連関表から地域間産業連関表を作成する手順を以下に示す．

岐阜県産業連関表と各市町村の産業別生産額をもとに、これを各地域の産業連関表に分割する．

道路交通センサスに基づいて地域間取引係数を推計する．これにより、岐阜県内の地域ごとの移入と自地域への供給の大きさが推計できる．

で推計した地域別の産業連関と地域間取引係数より、地域ごとの中間投入を求める．

地域間取引係数とは、当該地域の地域内生産額のうち、どの地域で生産された額を表した割合である．地域間取引係数をみると自給率や当該地域からの移入出がわかる．しかし、産業ごとに地域間取引を推定することは、膨大な物流データが必要であり、さらに県単位より小さな地域で地域間取引を推定するためデータの入手は困難であ

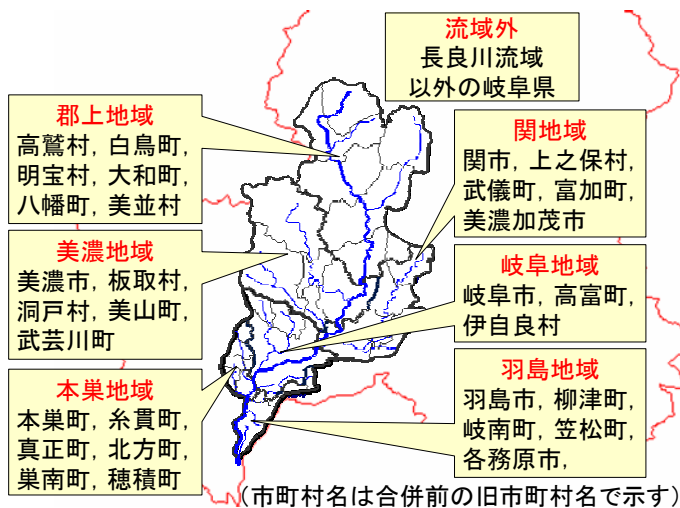


図2 長良川流域と本研究の地域区分

地域	産業	郡上		美濃		生産額
		1	2	1	2	
郡上	1 農業	農業	育林	農業	育林	農業
	2 育林	農業	育林	農業	育林	育林
美濃	1 農業	農業	育林	農業	育林	農業
	2 育林	農業	育林	農業	育林	育林
生産額		農業	育林	農業	育林	生産額

表5 評価対象産業部門（35部門）

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

表4 地域間産業連関表の概念図

表6 地域間交易係数

	郡上	美濃	関	岐阜	本巣	羽島	流域外	計
郡上	0.903	0.012	0.010	0.003	0.003	0.002	0.002	0.031
美濃	0.006	0.632	0.053	0.015	0.002	0.001	0.001	0.021
関	0.031	0.189	0.698	0.026	0.007	0.016	0.016	0.073
岐阜	0.011	0.111	0.053	0.698	0.201	0.017	0.017	0.150
本巣	0.004	0.005	0.004	0.050	0.582	0.010	0.010	0.039
羽島	0.009	0.018	0.057	0.140	0.069	0.016	0.016	0.117
流域外	0.036	0.033	0.124	0.067	0.136	0.938	0.938	0.569
計	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

る．そこで，全産業で統一の地域間交易係数を用いることとする．本研究では地域間交易の推定に用いるデータとして平成11年度道路交通センサス⁷⁾より，貨物ODデータを用いる．

ここで貨物ODデータを用いた理由として，岐阜県における物流を考えると自動車を用いた貨物運輸が圧倒的な割合を占めること，およびデータの入手が比較的容易であることが挙げられる．地域ごとの地域間交易を把握するために市町ごとの貨物ODデータを地域ごとにまとめた．小型貨物と普通貨物の積載量を考慮するために小型貨物：普通貨物＝1：2として，地域間交易係数を求めた．表6に作成した地域間交易係数を示す．

(2) 森林管理シナリオの設定

本研究ではスギとヒノキの2種類の樹種に対しての森林管理を対象とする．森林管理は間伐と植栽を対象とする．間伐とは森林が込みあってしまうと樹木の生長が抑制されてしまうため，適当に間引くことで成長を促すことが出来る作業のことをいう．間伐対象林齢は長良川森林計画区計画書⁸⁾の標準的な施業を参考にしてスギでは林齢が15，25，35年のときに，ヒノキでは15，20，

30年での林齢のときに間伐を行うこととする．また，林齢が60年になった樹木に対し主伐を行う．主伐を行った森林面積に対して植栽を行うこととする．

現状の森林管理が行われた場合と間伐投資額を増やした場合とでの計算を行い比較する．間伐を行うときの間伐率は共に30%として間伐モデルで計算する．

4. 試算結果

森林管理を実施した場合の長良川流域におけるCO₂収支量の推計結果を図3と図4に示す．森林管理計画を50年間としたことで間伐により徐々に現れるCO₂吸収量の推移がわかる．樹種ごとの比較から，ヒノキよりもスギのCO₂吸収量が多いことがわかる．これは長良川流域の特性として森林面積がスギの方が広いことが理由として挙げられる．次に経過年数ごとの各地域のCO₂収支割合を表7と表8に示す．スギについて見てみると長良川流域全体ではCO₂排出量の10%程度のCO₂吸収しかされていないことがわかる．しかし，郡上地域のみに着目すると経過年数が25年以降ではCO₂吸収量がCO₂排出量を超えていることがわかった．また，森林面積が多い

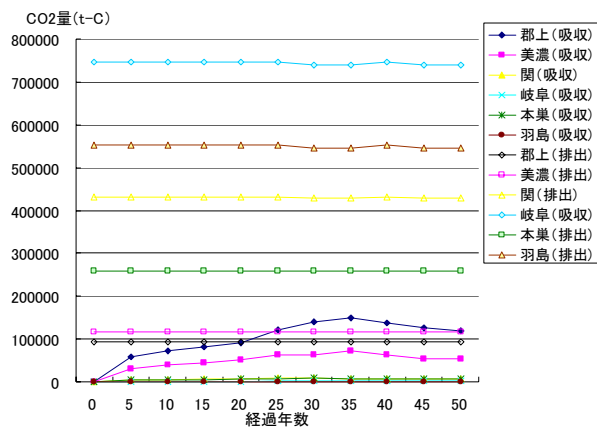


図3 長良川流域におけるCO₂収支量の推移（スギ）

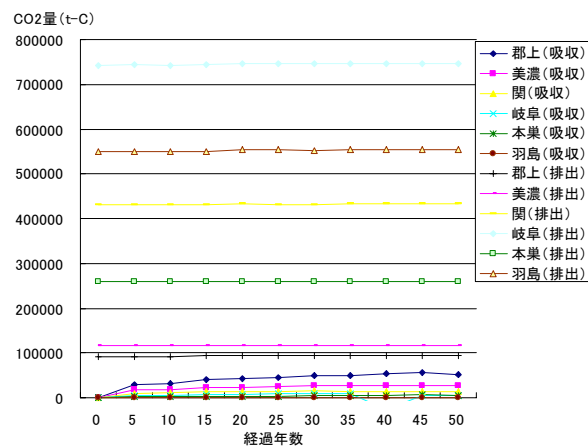


図4 長良川流域におけるCO₂収支量の推移（ヒノキ）

表7 経過年数ごとの各地域のCO₂収支割合（％）（スギ）

	現在	5年後	10年後	15年後	20年後	25年後	30年後	35年後	40年後	45年後	50年後
郡上	0.0%	62.6%	78.6%	89.2%	97.6%	131.1%	150.3%	161.9%	147.3%	135.1%	129.5%
美濃	0.0%	25.3%	33.6%	38.7%	43.8%	54.6%	54.4%	62.1%	52.9%	46.6%	46.6%
関	0.0%	1.0%	1.3%	1.5%	1.6%	2.0%	2.0%	1.9%	1.5%	1.4%	1.4%
岐阜	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%
本巣	0.0%	1.5%	1.8%	2.0%	2.2%	2.9%	3.3%	3.0%	2.6%	2.4%	2.3%
羽島	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
流域全体	0.0%	4.4%	5.6%	6.4%	7.1%	9.2%	10.1%	11.0%	9.7%	8.8%	8.6%

表8 経過年数ごとの各地域のCO₂収支割合（％）（ヒノキ）

	現在	5年後	10年後	15年後	20年後	25年後	30年後	35年後	40年後	45年後	50年後
郡上	0.0%	31.7%	34.9%	42.7%	46.8%	49.2%	53.4%	53.0%	57.6%	60.7%	55.4%
美濃	0.0%	14.4%	15.9%	18.7%	20.0%	20.5%	22.1%	22.5%	23.7%	23.7%	22.3%
関	0.0%	2.3%	2.5%	2.9%	3.0%	3.0%	3.4%	3.3%	3.2%	3.3%	3.1%
岐阜	0.0%	0.5%	0.6%	0.8%	0.9%	1.1%	1.3%	1.2%	-3.5%	0.6%	0.7%
本巣	0.0%	0.9%	0.6%	1.0%	1.2%	1.2%	1.5%	1.6%	1.4%	2.4%	1.9%
羽島	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
流域全体	0.0%	2.8%	3.1%	3.8%	4.1%	4.3%	4.7%	4.7%	3.3%	4.9%	4.6%

美濃地域でも 25 年以降では 50%を越えている。一方、ヒノキについて見てみると郡上地域で 25 年目以降に 50%を超えていることがわかる。

5. おわりに

本研究では、間伐モデルとSCGEモデルを用いることで地球温暖化抑止のための森林管理評価モデルを構築した。また、森林管理を実施した場合でのCO₂固定量、CO₂排出量を算出し長良川流域全体のCO₂の収支量を試算した。それにより、CO₂吸収量は年数が経つにつれて多くなっていることがわかった。今後の課題としては、様々な森林管理シナリオの設定をすることや、間伐モデルでの森林の再現性を高くするために詳細なデータを取り入れることが挙げられる。また、SCGEモデルと間伐モデルとの整合の取り方の精度を上げることが挙げられる。

謝辞：本研究の一部は、平成19年度科学研究費補助金（基盤研究(B)、課題番号：18310021、研究課題名：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）によるものである。ここに記して感謝の意を表する。

【参考文献】

- 1) 岐阜県：岐阜県森林づくり 30 年構想，2003
- 2) 岐阜県森林科学研究所：シルブの森岐阜県，2006
- 3) 武藤慎一：環境政策評価への計量厚生分析の適用，1999
- 4) 北海道水産林務部森林計画課：森林機能評価基準，2004
- 5) 岐阜県統計局調査課：岐阜県産業連関表，2000
- 6) 農林水産省：農林水産関係市町村別データ(年産)（農林水産業），2000。
- 7) 国土交通省道路局：平成 11 年度道路交通センサス
- 8) 岐阜県：長良川森林計画区計画書