

令和元年6月3日現在

機関番号：12605

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K21023

研究課題名（和文）地域特性を考慮した木材の炭素排出削減効果モデルの開発と将来予測

研究課題名（英文）Development and future projection of a model to assess carbon emission reduction effect of wood use considering regional characteristics in Japan

研究代表者

加用 千裕 (Kayo, Chihiro)

東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：50550183

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：日本全体および各地域を対象とした木材利用による炭素排出削減効果（炭素貯蔵、材料代替、エネルギー代替）および環境影響削減効果（地球温暖化、光化学オキシダント、資源消費、酸性化、廃棄物、オゾン層破壊、富栄養化、生態毒性、土地利用、都市域大気汚染、室内空気汚染、人間毒性、騒音）を総合的に評価するモデルを開発し、国内丸太生産、木材製品利用、エネルギー利用に関わる複数の将来シナリオに基づいて2050年までの将来予測を行った。これにより、長期的かつ効果的な木材利用による温暖化対策および環境対策を提示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、国際的な地球温暖化対策の枠組みにおける日本の木材利用による貢献ポテンシャルを明らかにしたと同時に、国内の林業・木材産業の環境貢献の大きさを明示したことにより、これらの産業や地域の活性化にも寄与できると考えられる。また、日本全体および各地域における炭素排出削減効果および環境影響削減効果を総合的に解明できるモデルを構築したことから、日本政府および地方自治体における木材利用の推進による効果的な政策の立案に貢献できる。

研究成果の概要（英文）：This study constructed a model to assess the overall carbon emission reduction effects (carbon storage, material substitution, and energy substitution) and environmental impact reduction effects (climate change, photochemical oxidant, resource consumption, acidification, waste, ozone layer depletion, eutrophication, ecotoxicity, land use, urban air pollution, indoor air pollution, human toxicity, and noise pollution) of wood use in regions of Japan. The model allowed for projections to 2050 based on multiple future scenarios relating to the domestic forestry, wood product use, and energy use.

研究分野：環境システム工学

キーワード：木材利用 モデリング 炭素排出削減 炭素貯蔵効果 材料代替効果 エネルギー代替効果 環境影響
LCA

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化問題において、森林とそこから伐採される木材は、地球上の炭素循環に大きく寄与しており、特に、木材は、炭素貯蔵、材料代替、エネルギー代替の3つの炭素排出削減効果がある。これまで、世界全体や特定の国・地域を対象として、木材の炭素貯蔵や排出削減効果の研究が行われてきた。日本を対象とした研究については、研究代表者らが、日本全国から都道府県に至るあらゆる地域スケールにおいて、丸太生産・輸入から木材製品利用に至る木材フローの地域間流通を考慮しながら、木材製品ストックと寿命関数を用いて各地域の炭素貯蔵効果を推計するモデルを開発し、将来推計を行ってきた。このモデルのように地域特性を考慮した将来予測を行うことにより、政策決定者は地域ごとに異なる効果や影響を考慮しながら最も効果的かつ現実的な政策立案が可能となる。研究代表者らの開発したモデルは、そのような検討が可能な日本で唯一のツールであり、日本政府の農林水産分野における地球温暖化対策の検討にも貢献した。しかし、このモデルには、大きく分けて3点の残された課題があった。1点目は、木材の3つの炭素排出削減効果において、炭素貯蔵効果しか対象とできておらず、材料代替効果やエネルギー代替効果を考慮した総合的な効果を評価できるモデル構造には至っていなかった。2点目は、木材の炭素貯蔵効果においても、京都議定書第二約束期間では、自国の森林から生産された木材すなわち国産材だけが対象となることが国際的に合意されているが、このモデルで国産材だけを区別して炭素貯蔵効果を推計することはできていなかった。3点目は、同じく炭素貯蔵効果において、廃棄後の木材の最終処分による地中での炭素貯蔵量の長期変化を取り扱うことができていなかった。

2. 研究の目的

そこで、本研究では、上記の課題を解決するために、これまでに開発したモデルを新たに改良・拡張し、木材利用の総合的な炭素排出削減効果を評価できる新モデルを構築する。この新モデルにおいて、日本林業、木材製品利用、エネルギー利用といった多面的な観点から複数の将来シナリオを想定し、総合的な地球温暖化緩和効果を長期的に明らかにするとともに、今後の有効な方策を提示する。さらに、地球温暖化に限らず、木材利用による様々な環境影響・環境影響削減効果を評価できるモデルへの発展を試みる。

以上を踏まえ、具体的には、以下の課題を解決することを目的とする。

- ・国産材の炭素貯蔵効果の評価機能を構築する。
国産材と輸入材を区別しながら木材の炭素貯蔵量を推計する機能を新モデルに追加する。
- ・総合的な炭素排出削減効果の評価機能を構築する。
既にモデル開発した炭素貯蔵効果に加え、材料代替効果とエネルギー代替効果を評価する機能を現地調査の結果を用いて新モデルに追加する。
- ・将来シナリオを決定する。

2013年までは実績値を用い、2014～2050年を推計期間とし、関連産業への聞き取り調査の結果を踏まえて、国内丸太生産、木材製品利用、エネルギー利用の観点から将来シナリオを3通り決定する。

- ・木材の総合的・長期的な炭素排出削減効果を解明する。

将来シナリオに沿って、日本全体および各地域における総合的な炭素排出削減効果を2050年まで明らかにし、有効な温暖化対策の方向性を提示する。

- ・木材の総合的な環境影響削減効果を解明する。

地球温暖化以外の複数の環境影響を考慮したモデルへの発展を試み、日本全体および各地域における総合的な環境影響削減効果を2050年まで推計し、木材利用による環境影響および影響削減の両側面を総合的に明らかにする。

3. 研究の方法

(1)モデル開発

国産材の炭素貯蔵効果

丸太生産・輸入から地域間を移動し木材製品（建築・家具・土木・紙・板紙）利用に至る木材フローにおいて、国産丸太由来と輸入丸太由来を区別して追跡し、国産丸太由来の木材製品ストック量とその炭素貯蔵量を明示した。木材製品ストック量の推計には、木材フローと寿命関数を用いたが、1970年以降の長期間に渡る木材フローデータを収集・利用することによりできる限り推定精度を高めた。

材料代替効果

木材製品を非木材製品と代替することによって、製品材料の生産・加工等に伴う化石燃料消費由来の炭素排出削減量を評価した。具体的には、建築分野は非木造から木造、土木分野はセメント杭・金属製防護柵・コンクリート製遮音壁から木杭・木製防護柵・木製遮音壁、家具分野は金属製から木製への代替を想定した。建築、土木、家具に関わる各産業への聞き取り調査と文献調査を行い、各分野における木材・非木材製品使用量および製品材料の生産・加工時の炭素排出量を把握し、材料代替に伴う炭素排出削減量を評価した。

エネルギー代替効果

丸太生産時に発生する林地残材、木材製品加工時に発生する加工残材、木材製品使用後に発生する廃棄木材において、材料への再利用量を確保した上で、エネルギー利用を検討した。さ

らに、重油等の化石燃料と代替することによる化石燃料由来の炭素排出の削減量を評価した。エネルギー利用方法は、木材チップボイラーによる熱供給を行い化石燃料ボイラーと代替することを想定した。熱供給施設への現地調査を行った上で、木材チップと化石燃料の発熱量や熱効率の違いを考慮しながら化石燃料代替量を算定した。さらに、化石燃料の生産・加工時の炭素排出量を把握し、エネルギー代替に伴う炭素排出削減量を評価した。

複数の環境影響削減効果

ライフサイクルアセスメント手法を用いて地球温暖化以外の複数の環境影響削減効果を評価する機能を新たに構築した。考慮した環境影響領域は、光化学オキシダント、資源消費、酸性化、廃棄物、オゾン層破壊、富栄養化、生態毒性(大気)、生態毒性(水圏)、生態毒性(陸域)、土地利用、都市域大気汚染、室内空気汚染、人間毒性(大気)、人間毒性(水圏)、人間毒性(陸域)、騒音とした。

(2)モデル適用

将来シナリオ設定

将来シナリオは、国内丸太生産、木材製品利用、エネルギー利用の観点から設定した。林業、木材産業、建築・土木・家具産業、木質エネルギー産業への聞き取り調査と専門家・有識者との研究会を行った。これらによって得られた情報を参考にして、国内丸太生産は、現状維持、緩やかな伐採増加、日本政府目標の3つのシナリオ、木材製品利用とエネルギー利用は、現状維持、緩やかな利用推進、積極的な利用推進の3つのシナリオを想定し、モデルへ入力するパラメータを決定した。

将来推計

設定した将来シナリオに沿って、日本全体および各地域における木材の炭素貯蔵効果、材料代替効果、エネルギー代替効果を2050年まで推計し、総合的な炭素排出削減効果を定量的に明らかにすると同時に、地球温暖化以外の複数の環境影響削減効果を解明した。これらの結果から、木材利用による効果的な温暖化対策および環境対策を提示した。

4. 研究成果

日本全体における木材利用による炭素貯蔵効果、材料代替効果、エネルギー代替効果およびそれらを合計した炭素排出削減効果の2050年までの推計結果を図1に示した。

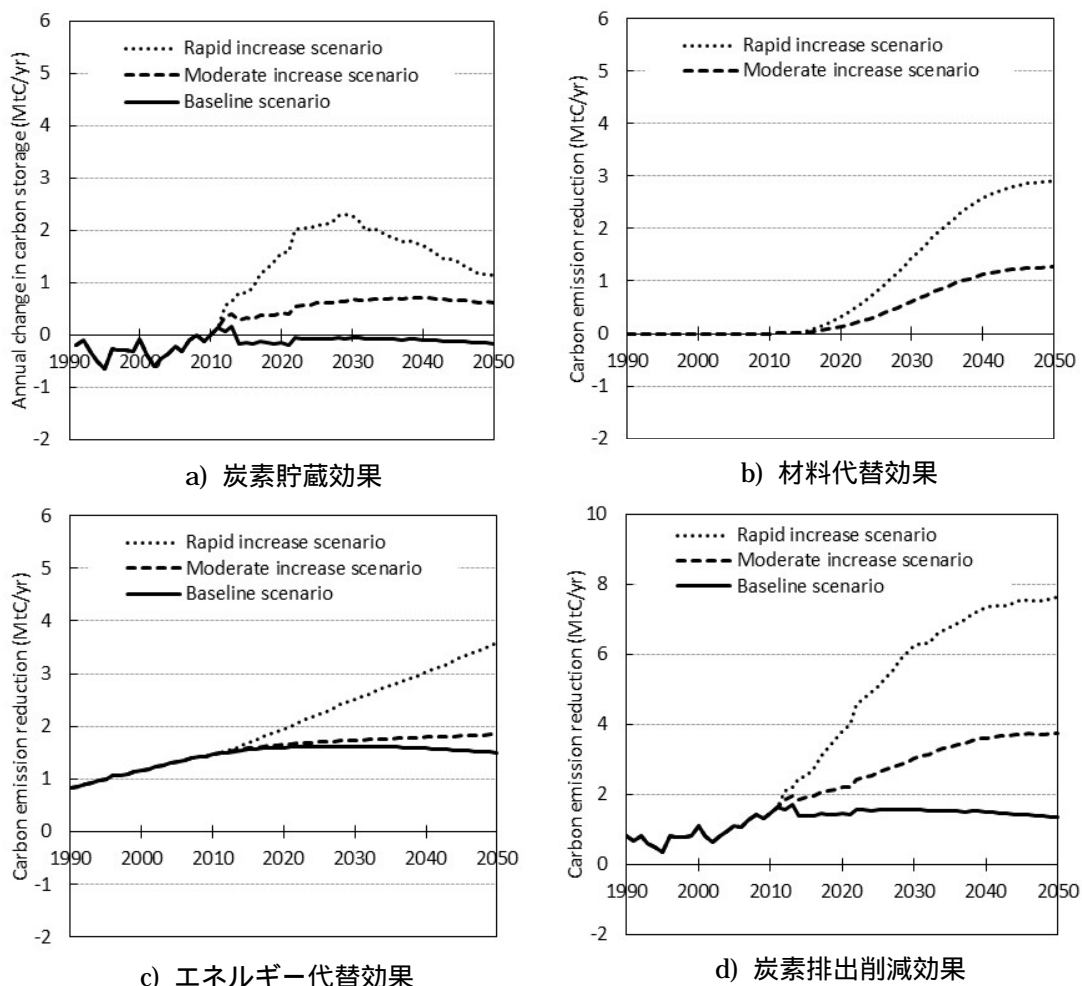
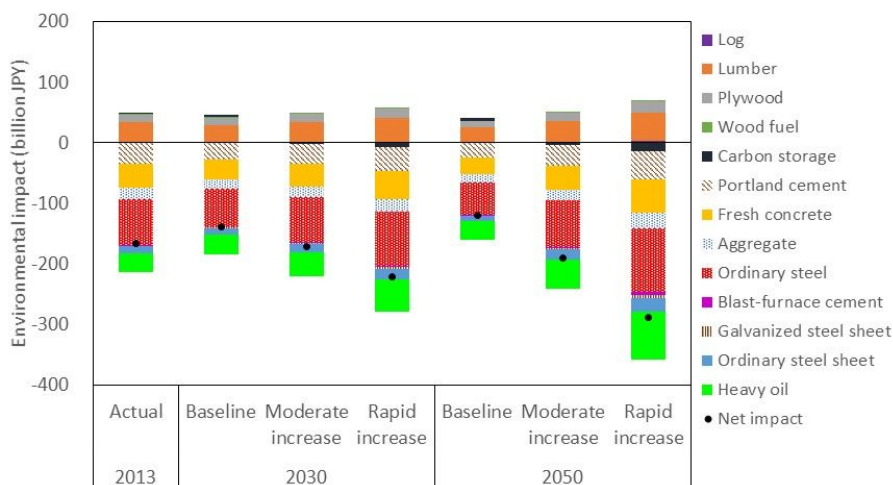


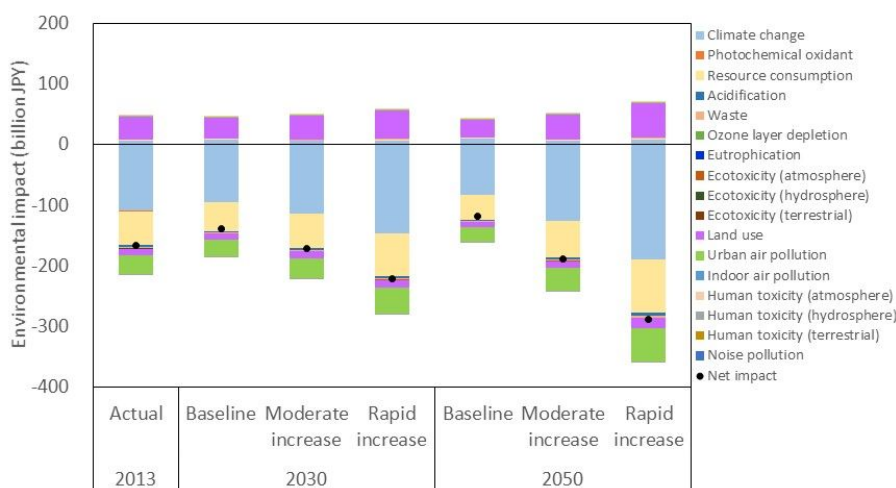
図1 日本全体における木材利用による炭素排出削減効果の推計結果(単位:百万炭素トン/年)

現状の国産材利用状況が今後も維持されると(図1 a) Baseline scenario)、2050年まで将来に渡って炭素貯蔵効果は得られないことが分かった。一方、今後積極的に国産材の生産および利用を促進することにより(図1 a) Rapid increase scenario)、2050年まで長きに渡って炭素貯蔵効果が期待できることが明らかになった。材料代替効果(図1 b))では、非木造建築を木造建築へ代替することによる削減効果が大きかった。また、エネルギー代替効果(図1 c))においては、林地残材の熱利用による削減効果が最も寄与していた。これら3効果を合計した炭素排出削減効果(図1 d))は、2050年に最大で約763万炭素トンと推計され、現状の日本全体の化石燃料・工業プロセス由来炭素排出量の約2.1%に相当していた。

日本全体における木材利用による環境影響・環境影響削減効果の2013年現在、2030年、2050年の推計結果を図2に示した。木材製品・代替製品ごとにみると(図2 a)、現状維持シナリオ(Baseline)における2030年や2050年の環境影響削減は、2013年現在よりも小さくなり、人口減少による木材利用量および非木材代替量の減少が影響していた。一方、木材利用を推進するシナリオ(Moderate increase, Rapid increase)では、木材利用量および非木材代替量の増加により、2030年や2050年の環境影響削減は2013年現在よりも大きくなった。特に、積極的推進シナリオ(Rapid increase)における2050年の削減量は3572億円と推定され、その内訳は炭素貯蔵効果が4%、材料代替効果が74%、エネルギー代替効果が22%となり、建築における材料代替が大きく寄与することが分かった。また、環境影響領域ごとにみると(図2 b)、全ての将来シナリオにおいて、地球温暖化(Climate change)、資源消費(Resource consumption)、都市域大気汚染(Urban air pollution)への影響削減が大きく、木材の非木材代替によってそのライフサイクルにおける化石燃料消費量が減少することが寄与していると考えられる。しかしながら、木材利用量が増加することによって土地利用(Land use)への影響は大きくなることが明らかになった。森林における木材伐採に伴う土地改変が影響していると考えられる。すなわち、将来に渡って木材利用を推進することは、その環境影響よりも環境影響削減の効果の方が大きくなるが、同時に土地利用への影響を最小化していくことが重要課題となる。



a) 木材製品・代替製品ごと



b) 環境影響領域ごと

図2 日本全体における木材利用による環境影響(正值)・環境影響削減(負値)の2013年現在、2030年、2050年の推計結果(単位:10億円)

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計8件)

Kayo Chihiro, Dente Sebastien M.R., Aoki-Suzuki Chika, Tanaka Daisuke, Murakami Shinsuke, Hashimoto Seiji, Environmental Impact Assessment of Wood Use in Japan through 2050 Using Material Flow Analysis and Life Cycle Assessment, Journal of Industrial Ecology, 査読有, Vol.23, No.3, 2019, pp.635-648

DOI: 10.1111/jieec.12766

Dente Sebastien M.R., Aoki-Suzuki Chika, Tanaka Daisuke, Kayo Chihiro, Murakami Shinsuke, Hashimoto Seiji, Effects of a new supply chain decomposition framework on the material life cycle greenhouse gas emissions - the Japanese case, Resources, Conservation and Recycling, 査読有, Vol.143, 2019, pp.273-281

DOI: 10.1016/j.resconrec.2018.09.027

Kayo Chihiro, Noda Ryu, Climate change mitigation potential of wood use in civil engineering in Japan based on life-cycle assessment, Sustainability, 査読有, Vol.10, No.2, 2018, pp.561-561

DOI:10.3390/su100205612018

加用千裕, 野田龍, 山内仁人, 柴田直明, 木材および森林の炭素貯蔵量を考慮した木製遮音壁の温室効果ガス収支, 木材利用研究論文報告集, 査読有, Vol.16, 2017, pp.31-38

野田龍, 町田初男, 加用千裕, 群馬県における木製遮音壁のライフサイクル GHG 排出量, 木材利用研究論文報告集, 査読有, Vol.16, 2017, pp.23-30

Chiba Taiyo, Oka Hiroyasu, Kayo Chihiro, Socioeconomic factors influencing global paper and paperboard demand, Journal of Wood Science, 査読有, Vol.63, No.5, 2017, pp.539-547

DOI: 10.1007/s10086-017-1648-x

野田龍, 加用千裕, 山内仁人, 柴田直明, 長野県における木製遮音壁のライフサイクル GHG 排出量, 木材学会誌, 査読有, Vol.63, No.1, 2017, pp.41-53

Matsumoto Mitsuo, Oka Hiroyasu, Mitsuda Yasushi, Hashimoto Shoji, Kayo Chihiro, Tsunetsugu Yuko, Tonosaki Mario, Potential contributions of forestry and wood use to climate change mitigation in Japan, Journal of Forest Research, 査読有, Vol.21, No.5, 2016, pp.211-222

〔学会発表〕(計8件)

Kayo Chihiro, Climate Change Mitigation Potential of Wood Use in Civil Engineering in Japan through 2050, Civil Engineering Conference in the Asian Region CECAR 8, 2019 須鎗秋桜子, 加用千裕, 減衰関数に着目した世界全体の木材における炭素貯蔵量の将来予測, 第69回日本木材学会大会, 2019

岩瀬鉄也, 佐々木貴信, 橋本征二, 加用千裕, 直交集成板を用いた木橋のライフサイクルアセスメント, 第14回日本 LCA 学会研究発表会, 2019

Dente Sebastien M. R. Dente, Aoki-Suzuki Chika, Kayo Chihiro, Tanaka Daisuke, Murakami Shinsuke, Hashimoto Seiji, Life cycle environmental Impact Assessment of biomass materials in Japan: A 1990 - 2010 perspective, The 13th Biennial International Conference on EcoBalance, 2018

加用千裕, Dente Sebastien M.R., 粟生木千佳, 田中大介, 村上進亮, 橋本征二, MFA および LCA を用いた日本の木材利用による環境影響の将来予測, 第13回日本 LCA 学会研究発表会, 2018

加用千裕, 野田龍, 山内仁人, 柴田直明, 木材および森林の炭素貯蔵量を考慮した木製遮音壁の温室効果ガス収支, 第16回木材利用研究発表会, 2017

野田龍, 町田初男, 加用千裕, 群馬県における木製遮音壁のライフサイクル GHG 排出量, 第16回木材利用研究発表会, 2017

Aoki-Suzuki Chika, Tanaka Daisuke, Dente Sebastien M.R., Murakami Shinsuke, Kayo Chihiro, Hashimoto Seiji, Developing methodology to evaluate decoupling economic growth from environmental impacts of materials use in Japan, The 9th biennial conference of the International Society for Industrial Ecology, 2017

〔図書〕(計1件)

加用千裕, 丸善出版, 土木分野への木材利用による二酸化炭素排出削減効果, 土木技術者のための木材工学入門 (編集代表者: 本田秀行), 2017, pp.31-42