

機関番号：3 2 6 6 3

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009～2010

課題番号：2 1 7 1 0 0 4 6

研究課題名 (和文) 木質資源の炭素ストック効果を考慮した循環共生型住宅システムのエコバリュー評価

研究課題名 (英文) Evaluation of eco-value of sustainable house in consideration of carbon stock effect in wooden material

研究代表者

村野 昭人 (MURANO AKITO)

東洋大学・理工学部・准教授

研究者番号：4 0 3 5 6 0 3 5

研究成果の概要 (和文): 埼玉県における廃木材処理施設について調査し, 施設が有する環境負荷削減ポテンシャルを評価した結果, 年間で 720kt-CO<sub>2</sub> となった. 次に, 埼玉県の森林を対象として, 洪水緩和, 水資源貯蓄, 二酸化炭素吸収機能の貨幣評価を行った結果, それぞれ 430 億円, 362 億円, 96 億円という結果となった. また, 構築した GIS データベースを用いて, 熊本県を対象として水処理技術導入シナリオごとの環境効率を評価した結果, 人口密度 350 人/km<sup>2</sup> 以上の自治体には下水道を導入し, それ以下の自治体には浄化槽を導入した場合, 最も環境負荷が小さくなることが分かった.

研究成果の概要 (英文): In this study, the possibility of recycling facilities for waste wood in Saitama Prefecture is evaluated. As a result the CO<sub>2</sub> reduction potential is 720kt-CO<sub>2</sub> a year. Next, for the forest in Saitama Prefecture its functions of the flood control, water resource stock, and carbon dioxide adsorption are evaluated as 43 billion yen, 36.2 billion yen, and 9.6 billion yen respectively. In addition the GIS database constructed in this study is used for evaluation of the environmental efficiency in scenarios of introducing the water treatment technology system in Kumamoto prefecture. As a result, in the case of introducing sewage system to the area that population density is 350 (person/km<sup>2</sup>) or more and a septic tank to other areas, CO<sub>2</sub> emissions are smallest, 472kt-CO<sub>2</sub> and 17.9t-CO<sub>2</sub>/t-BOD.

交付決定額

(金額単位: 円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

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: 環境マネジメント, 炭素ストック効果, エコバリュー, 木質資源, 循環利用技術, LCA, GIS, 環境効率

## 1. 研究開始当初の背景

京都議定書の発効に伴い, 温室効果ガスの削減が喫緊の課題となる中で, カーボンニュートラルである木質資源の利活用が注目さ

れている. 都市には木質建材の形で膨大な炭素が貯蔵されており, その炭素ストック効果を最大限活用して, 二酸化炭素の発生時期をマネジメントすることが求められる. さらに,

今後、新たに建設される構造物に対しては、一般の工業製品には広く導入されつつある環境配慮型設計の概念を取り入れたリユース技術、マテリアルリサイクル技術の開発・導入が求められる。

しかし、CO<sub>2</sub>排出削減量の算定方法に関する『伐採木材の取り扱い』について、京都議定書における第一約束期間では IPCC デフォルト法を採用している。この方法では、森林からの木材の伐採を温室効果ガス排出とみなしており、木材の炭素ストック効果が考慮されておらず、木材製品の長期使用やマテリアルリサイクルの推進に取り組むインセンティブが見出しにくい状況となっている。

さらに、温室効果ガスを効率的に削減するために、排出量取引の実用化が急務となっている中、木質資源を循環利用した場合の炭素ストック効果や炭素吸収効果を含めた受益分担について、明確な科学的根拠が求められている。

## 2. 研究の目的

本研究課題では、都市内に存在する木質資源ストックの有効利用に向けて、GIS を用いた統合的な木材の空間分布データベースの構築を行う。そして、木材の市場価格に現れない隠れた価値の評価するために、炭素ストック効果を考慮した木質資源の循環利用技術が生み出す付加価値をエコバリューとして定量化するシステムを構築する。

さらに、データベースを活用することで、住宅由来の CO<sub>2</sub> 排出として大きなシェアを占める水処理を対象として、地域に対して処理技術の導入による環境効率を評価する。

## 3. 研究の方法

### (1) 廃木材処理施設の環境負荷削減ポテンシャルの評価

埼玉県における廃木材処理施設の調査

埼玉県庁のホームページに記載されている平成 20 年度埼玉県産業廃棄物中間処理施設一覧の中から廃木材の処理を行っている事業者 174 施設について電話によるヒアリング調査を行った。電話による回答が得られなかった業者については、インターネット等によって状況を確認した。

埼玉県における廃木材処理施設の分布

GIS を用いて、埼玉県における廃木材処理施設の分布を把握する。

廃木材処理施設の CO<sub>2</sub> 削減ポテンシャルの評価

埼玉県におけるチップ化を行う破砕処理施設を対象として、環境負荷削減効果の分析を行う。本研究では、燃料用チップを発電に利用することを想定する。チップ化による CO<sub>2</sub> 削減効果の算出フローを図 1 に示す。このフローは、チップ化の際のエネルギー消費によ

る CO<sub>2</sub> 排出量を算出するプロセスと、廃木材をチップ燃料とすることによる化石燃料代替効果を算出するプロセスに大別される。次に、木材をチップ燃料とすることによる化石燃料代替効果の算出方法について説明する。まず廃木材を原料とするチップを燃焼させた際の発熱量を、含水率を考慮して算出する。そして発熱量にボイラーの発電効率を乗じて、発電した電力の熱量を算出する。さらに、チップを用いた発電量と等しい量の電力を、火力発電によって発電する際の重油使用量を求める。発電する電力の熱量を、火力発電の発電効率および A 重油の発熱量で割ることで、重油消費量を算出する。この時、火力発電の燃料はすべて A 重油と仮定した。最後に、重油消費量の値に、重油の CO<sub>2</sub> 排出量原単位を乗じることで、燃料代替による CO<sub>2</sub> 削減効果を算出する。

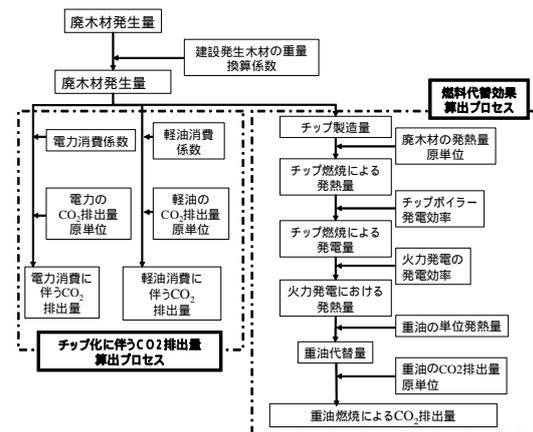


図 1 チップ化による CO<sub>2</sub> 削減効果の算出フロー

### (2) 森林の公益的機能の貨幣評価

森林が持つ公益的機能の中から注目度の高い洪水緩和、水資源貯蓄、二酸化炭素吸収機能について着目し、埼玉県の森林を対象として機能の貨幣評価を行った。評価方法として代替法を用い、各機能の代替財として、洪水緩和機能は治水ダム経費、水資源貯蓄機能は利水ダム経費、二酸化炭素吸収機能は二酸化炭素回収経費を用いた。森林の公益的機能の評価フローを図 2 に示す。

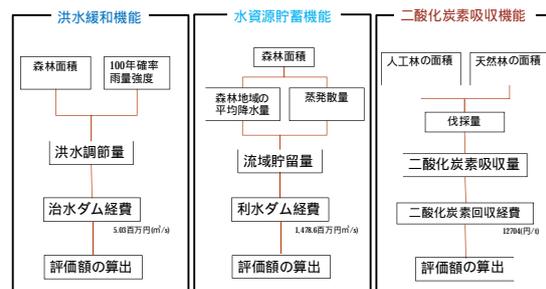


図 2 森林の公益的機能の算出フロー図

(3) 水処理技術導入による環境効率の評価  
 下水道の管渠の建設段階のCO<sub>2</sub>排出量を算出は、管渠延長に原単位を乗じて行う。管渠延長の推定には、管渠延長と処理区域面積との相関関係を用いる。次に、求めた管渠延長の値を基に、環境省が作成しているマニュアルを用いて、下水道の管渠の建設費を算出する。算出した建設費を、工事種類別の費用割合で按分した上で、各々の産業分類に応じたCO<sub>2</sub>排出量原単位を乗じ、耐用年数で除して一年当たりのCO<sub>2</sub>排出量を求める。

下水処理場の建設段階についても、管渠建設段階と同様に、環境省のマニュアルを用いて建設費を算出し、工事種類別の費用割合、産業分類別のCO<sub>2</sub>排出量原単位、耐用年数を考慮して、年間CO<sub>2</sub>排出量を求める。

下水処理場の運用段階については、使用実績データを基にして、下水処理量当たりの電気使用量、油・ガス系燃料使用量、薬品使用量、汚泥処理量を求め、それらの値に環境負荷原単位を乗じて算出する。

浄化槽の設置段階については、製造・輸送・施工の各プロセスにおけるエネルギー使用量データを積み上げた上で、環境負荷原単位を乗じ、耐用年数で除することで一年当たりのCO<sub>2</sub>排出量を算出する。本研究では5人槽の値を採用し、平均世帯人数を3人とする。

浄化槽の使用段階については、浄化槽の運転実績データを基に、浄化槽の運転に必要な電気使用量の値を算出し、環境負荷原単位を乗じてCO<sub>2</sub>排出量を求める。

#### 4. 研究成果

##### (1) 廃木材処理施設の環境負荷削減ポテンシャルの評価

###### 埼玉県における廃木材処理施設の調査

埼玉県における廃木材処理施設の調査結果を表1に示す。174施設のうち30施設は、廃木材処理の許可証は所持しているが処理を行っていない、木くずの処理をやめた、既に倒産した木くずの処理はしていないなどの理由で処理をしておらず、未稼働の状態であった。

稼働中の廃木材処理施設144施設の中で最も多いのはチップ化を行う破碎施設であり、76施設あった。それらの処理能力の合計値は1日あたり4118トンであり、1施設あたりの平均値は1日あたり54トンであった。原料となる廃木材の収集範囲は、最も近いところで半径10km、遠いところでは関東地方全域であった。廃木材の種類は、多くが建築解体廃木材と新築時に発生する廃木材であった。

破碎施設の中には、チップ化はせずに粗破碎とRPFの前処理を行う施設がそれぞれ9施設、8施設存在した。粗破碎は重機を用いて、ある程度の大きさに細かく破碎するだけであり、粗破碎されたチップは県内外のチップ

化を行っている破碎施設や破碎・減容施設、焼却施設へ輸送され処理されている。処理対象となる廃木材の種類は家具などが中心で、建築解体廃木材などは受け入れていなかった。収集範囲は埼玉県内としている施設が多かった。1施設あたりの平均処理能力は1日あたり4.5トンと、チップ化施設と比較して小規模の施設が多かった。

RPFの前処理施設では、RPFを製造する際に投入する木くずをチップ化している。この施設はRPFに投入する木くずのみを受け入れるため、1施設あたりの平均処理能力は1日あたり17トンと、チップ化施設と比較して少なかった。

表1 埼玉県における廃木材処理施設数

		施設数	処理能力 合計 (t/day)	処理能力 平均値 (t/day)	
稼働中	破碎	破碎(チップ化)	76	4,118	54
		破碎(非チップ化)	9	41	4.5
		RPF前処理	8	138	17
		小計	93	4,297	46
	焼却	リサイクルあり	32	1,137	35
		リサイクルなし	3	30	10
		小計	35	1,167	33
	破碎・減容	RPF製造	13	251	20
		その他 発酵など	3	74	25
	倒産・処理していない		30		

##### 埼玉県における廃木材処理施設の分布

チップを製造している破碎処理施設の分布を図3に、リサイクルを行っている焼却処理施設の分布を図4に示す。チップ化施設は埼玉県全域に広く分布しているが、原料および製品の輸送の便がいい主要道路沿線に多くの施設が立地している傾向がある。また、東京に近いエリアにも多くの施設が立地している。この原因として、人口密度が高く住宅が密集していることから、解体廃木材の供給量が多いこと、土地利用規制によって東京都内に処理施設を建設することが難しかったことによる影響が考えられる。

一方、焼却施設については、埼玉県の中央部から北西部にかけて、山間部に近い地域に多く分布している。チップ化施設と同様に主要道路沿線に多くの施設が立地している傾向はあるが、東京に近いエリアには施設数が少ない。ヒアリング調査によると、かつての所沢周辺でのダイオキシン騒動をきっかけとして、焼却処理施設の規制が強化され、埼玉県南部に立地していた多くの業者が廃業したとのことであった。

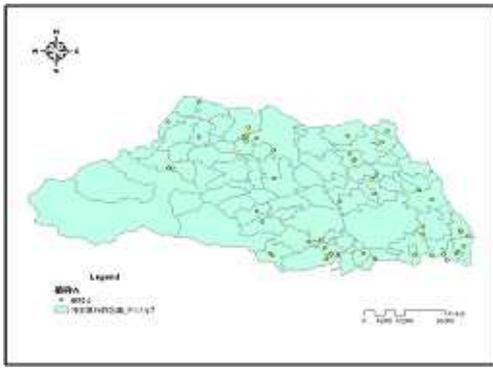


図3 埼玉県における破碎処理施設（チップ化）の分布

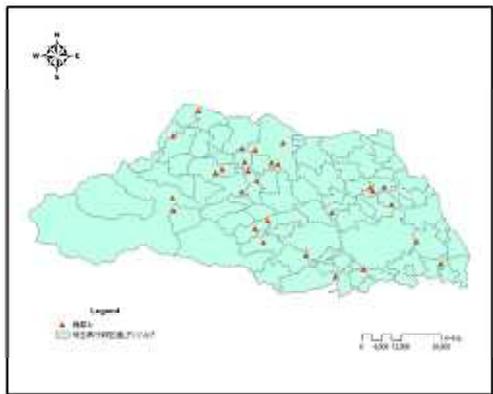


図4 埼玉県における焼却処理施設（リサイクルあり）の分布

#### 廃木材処理施設のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャルの評価

埼玉県におけるチップ化を目的とした破碎処理施設のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャルを評価する。評価対象年度を平成15年度と平成22年度とする。平成15年度の埼玉県における建設廃木材の再資源化率は70%であり、すべてチップ化によるものである。残りの30%は焼却処理されている。そして、埼玉県では、平成22年度の建設廃木材の再資源化率の目標値を95%としている。そこで、この95%をすべてチップ化によって達成した場合のCO<sub>2</sub>削減効果を算出する。さらに、埼玉県のチップ化施設の処理能力を最大限に活用した場合の環境負荷削減ポテンシャルを評価する。その際、チップ化施設の年間稼働日数を300日とする。算出結果を図5に示す。重油代替効果と比較して、チップ化に伴う電力消費、軽油消費によるCO<sub>2</sub>排出量はごくわずかという結果となった。重油代替効果からチップ化に伴うCO<sub>2</sub>排出量を差し引いたところ、平成15年度には109kt-CO<sub>2</sub>の削減、平成22年度には202kt-CO<sub>2</sub>の削減、そしてチップ化施設の環境負荷削減ポテンシャルは720kt-CO<sub>2</sub>という結

果となった。このポテンシャル値は、平成18年度における埼玉県全体のCO<sub>2</sub>排出量4,122万トンの約1.7%に相当する。

次に、仮にチップ化する廃木材を焼却した場合に放出されるCO<sub>2</sub>量を木材の乾燥重量中における炭素が占める割合を50%として算出する。その結果、平成15年度には325kt-CO<sub>2</sub>の放出、平成22年度には510kt-CO<sub>2</sub>の放出、そしてチップ化施設の処理能力に相当する廃木材量を焼却した場合には、1819kt-CO<sub>2</sub>の放出となり、CO<sub>2</sub>削減効果を大きく上回る結果となった。木材はバイオマスであるため、カーボンニュートラルの性質を有し、焼却した際の炭素放出量は一般的にはCO<sub>2</sub>排出量としてカウントされない。しかし、CO<sub>2</sub>排出量の算定基準をめぐる国際的な協議次第によっては、カーボンニュートラルの取扱いが変更される可能性もあり、木材が有する炭素固定効果が注目されることも考えられる。すなわち、廃木材のリサイクル方法としてサーマルリサイクルのみに頼るのではなく、炭素固定効果を維持できるマテリアルリサイクルの技術開発を行うことが、今後重要になると考えられる。

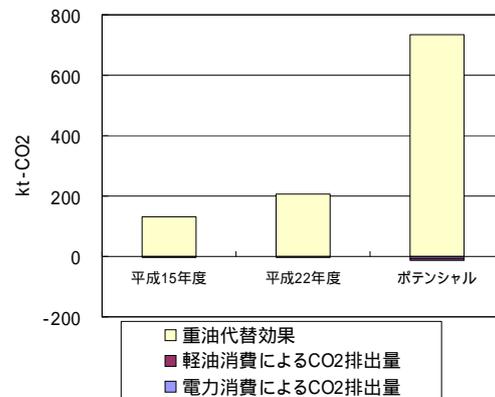


図5 埼玉県内の破碎処理施設（チップ化）によるCO<sub>2</sub>削減効果

#### (2) 森林の公益的機能の貨幣評価

森林の公益的機能の評価結果を表2に示す。さらに、森林を維持・管理することの重要性を検討するために、同様な機能を持つ構造物であるダムと費用対効果を比較した。年間便益は、ディスカウント・キャッシュフロー法によって算出した。比較した結果を表3に示す。埼玉の森林の費用対効果は8.4となりダムと比較するとかなり高い値となった。また、年間便益もダムの約2倍という結果となった。

表2 埼玉県における森林の公益的機能の評価額（億円）

	洪水緩和機能	水資源貯蓄機能	CO2 吸収機能
埼玉	430	362	96

表3 ダムと森林の費用対効果の比較

	総費用 (C)	総便益 (B)	B/C	年間便益
八ツ場ダム	2470	9114	3.7	424
埼玉の森林	3309	27880	8.4	792

(3) 水処理技術導入による環境効率の評価  
 熊本県を対象として、人口密度 1000 人/km<sup>2</sup> 以上の自治体のエリアに下水道システム、それ以外の自治体に浄化槽を導入した場合をシナリオ 1、システム導入の分岐点を 500 人/km<sup>2</sup> 以上とした場合をシナリオ 2、分岐点を 100 人/km<sup>2</sup> 以上とした場合をシナリオ 3 とする。そして、全てのエリアに浄化槽を導入した場合をシナリオ 4 とする。

それぞれのシナリオについて一人当たりの年間 CO<sub>2</sub> 排出量を算出した結果、シナリオ 1 では年間 522kt-CO<sub>2</sub>、シナリオ 2 では年間 480kt-CO<sub>2</sub>、シナリオ 3 では年間 617 kt-CO<sub>2</sub> の排出、シナリオ 4 では年間 798 kt-CO<sub>2</sub> の排出となった。さらに、汚濁負荷除去量あたりの CO<sub>2</sub> 排出量を算出した結果、シナリオ 1 で 19.8t-CO<sub>2</sub>/t、シナリオ 2 で 18.2t-CO<sub>2</sub>/t、シナリオ 3 で 23.5t-CO<sub>2</sub>/t、シナリオ 4 で 30.1t-CO<sub>2</sub>/t となり、500 人を分岐点としたシナリオが最少となることが分かった。

次に、年間の CO<sub>2</sub> 排出量が最少となるシナリオを探るために、分岐点となる人口密度を 100 人/km<sup>2</sup> から 500 人/km<sup>2</sup> の間で変化させて分析した。その結果、350 人/km<sup>2</sup> を分岐点とする場合(シナリオ 5)の CO<sub>2</sub> 排出量が最も少なく、年間 472kt-CO<sub>2</sub>、汚濁負荷除去量あたりでは 17.9t-CO<sub>2</sub>/t という結果となった(図 6)。

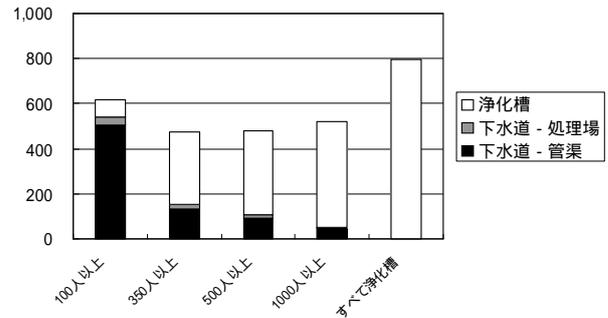


図6 熊本県を対象とした水処理技術システム導入によるCO<sub>2</sub>排出量 (kt-CO<sub>2</sub>/year)

### 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3件)

村野昭人, 滝川清: 熊本県を対象とした水処理技術導入シナリオの環境効率の評価, 海洋開発論文集, Vol. 26, pp. 651-656, 2010, 査読有

村野昭人, 松野浩一: 埼玉県における廃木材処理施設の CO<sub>2</sub> 削減ポテンシャルの評価, 第 25 回建築生産シンポジウム論文集, pp. 241-246, 2009, 査読有

村野昭人, 滝川清, 園田吉弘: 熊本県沿岸域を対象とした水処理技術システムの評価, 海洋開発論文集, Vol. 25, pp. 503-507, 2009, 査読有

[学会発表](計4件)

轟真人, 村野昭人: 関東におけるバイオマスの資源循環による CO<sub>2</sub> 削減効果の算定, 第 38 回土木学会関東支部技術研究発表会, -050, 2011 (2011年3月11日, 東京)

轟真人, 村野昭人: 関東における未利用バイオマスのバイオエタノール化による環境負荷削減量の評価, 第 65 回土木学会年次学術講演会第 7 部門, -082, 2010 (2010年9月1日, 札幌)

村野昭人, 滝川清: 水処理技術システム導入による環境効率の評価 - 熊本県を対象としたケーススタディ -, 第 5 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集, pp. 294-295 (2010年3月6日, 横浜)

外崎真理雄, 橋本征二, 沼田淳紀, 池田穰, 加用千裕, 村野昭人: 地球温暖化対策にお

ける土木木材利用の課題と展望,第17回地球環境シンポジウム講演集, pp.179-184  
(2009年9月11日:那覇市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村野 昭人 (MURANO AKITO)

東洋大学・理工学部・准教授

研究者番号: 40356035

(2) 研究分担者 (0)

(3) 連携研究者 (0)