

埼玉県土の炭素貯留と 二酸化炭素排出削減能力の推計*

嶋田 知英**・小川 和雄**
三輪 誠**・米倉 哲志**

キーワード ①埼玉県 ②二酸化炭素 ③温暖化 ④代替エネルギー ⑤GIS

要 旨

埼玉県土の持つ炭素貯留と二酸化炭素排出削減能力の推計を行った。その結果、森林や土壌が主な炭素貯留源であり、貯留量は二酸化炭素換算で2億9473万tと推計され、とくに土壌中炭素が86%を占めていた。また、二酸化炭素排出削減能力については、森林による二酸化炭素吸収と、代替エネルギーである自然エネルギーの賦存量の推計を行った。その結果、二酸化炭素に換算すると、森林による吸収は年間66.3万tと推計され、自然エネルギーの賦存量は、太陽光発電が年間595.4万t、バイオマス利用が年間39.5万tと推計された。

1. はじめに

地球温暖化は現在もっとも深刻な環境問題として認識されており、この問題を回避するための国際的なしくみとして、気候変動枠組条約に基づく京都議定書が2005年に発効し、08年には約束期間がスタートした。京都議定書では、比較的短期的な削減目標として12年までに90年を基準として少なくとも温室効果ガスを5%削減することが定められている。また、現在、12年以降の温室効果ガス削減の枠組みについても議論されているが、日本政府は洞爺湖サミットなどを通じ「2050年までに世界全体の温室効果ガスを半減させる」という長期目標を共有するよう各国に呼び掛けている。

地球温暖化で問題となる人為的に排出される温室効果ガスには、二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素、ハイドロフルオロカーボン類などがあるが、とくに二酸化炭素の温暖化に対する寄与率は高く

60%強と見積もられている(IPCC第3次評価報告書第1作業部資料)。そのため、地球温暖化を防止するためには二酸化炭素排出量を抑制することがもっとも重要である。しかし、2005年における埼玉県の二酸化炭素排出量は4,183万6000tと推定されており、京都議定書の基準年である90年と比べ227万3000t(6.9%)増加している¹⁾。また、日本全体の二酸化炭素排出量も06年には基準年に対し6.2%増加しており²⁾、削減に向け、あらゆる手段を講じる必要が迫られている。

この様な二酸化炭素排出量削減対策としては、カーボンニュートラルな太陽光発電や風力発電、バイオマスエネルギーの利用などが必須であるが、同時に、二酸化炭素の吸収源である森林の管理や保全、二酸化炭素のストックである土壌や湿地の保全も重要だと考えられる。そこで、二酸化炭素排出削減の前提として、埼玉県土の持つ二酸

*Estimate of Carbon Pool and Carbon-Dioxide Emissions Reduction Ability of Saitama Prefecture.

**Tomohide SHIMADA, Kazuo OGAWA, Makoto MIWA, Tetsushi YONEKURA (埼玉県環境科学国際センター) Center for Environmental Science in Saitama

表 1 県土の持つ炭素貯留と二酸化炭素排出削減能力

種別	主要要素
炭素貯留	・ 森林材としての貯留 ・ 土壌中有機物としての貯留 ・ 森林土壌表層堆積物としての貯留
炭素吸収	・ 森林成長による吸収
代替エネルギー利用	・ 風力発電 ・ 太陽光発電 ・ バイオマス発電・熱利用

ha当り炭素貯留量 (t)

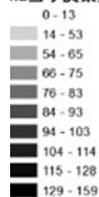


図 1 埼玉県における単位面積当たり森林材炭素貯留量

化炭素排出削減能力を把握するため、森林や土壌の炭素貯留量、森林の二酸化炭素吸収量、バイオマスや自然エネルギーの賦存量を推計する。

2. 方法および結果

埼玉県土に依存する炭素貯留と二酸化炭素排出削減能力を表 1 のように整理した。これに基づき、種別ごとに詳細な統計データや GIS(地理情報システム)データ等を入手し、炭素貯留量、吸収量、賦存量の推計を行った。

2.1 炭素貯留量の推計

2.1.1 森林材炭素貯留量の推計

森林に林材として貯留されている炭素量を、森林管理データベースを用いて推定した。森林管理データベースとしては埼玉県農林部森づくり課が作成し運用している「埼玉県森林簿 GIS」データを用いた。森林簿とは森林区分や樹種、管理状況に関する台帳であり、埼玉県森林簿 GIS では、埼玉県の森林を約30万の小林班ポリゴンとしてデータベース化し、各小林班ポリゴンには面積、樹種、林材積などの属性情報が添付されている。この森林簿データを用い、計算式 1 により小林班ごとの林材としての炭素貯留量を計算した。

その結果、埼玉県全体の森林に林材として貯留されている炭素量は、1057万 t-C(二酸化炭素換算3875万 t-CO₂)と推計され、森林 1 ha 当たりの平均炭素貯留量は86.6t-C(二酸化炭素換算317t-CO₂)となった。また、単位面積当たりの森林材炭素貯留量の県内分布を見ると(図 1)、比較的林業が盛んで、森林管理が行われている飯能市など県南西部地区の単位面積当たり貯留量が高い傾向が認められた。

[計算式 1]

炭素貯留量 = 小林班別幹材積 × 拡大係数 × 容積密度 × 炭素含有率

拡大係数：枝葉を含めた立木材積に換算する係数、針葉樹1.7、広葉樹1.8

容積密度：針葉樹0.37t/m³、広葉樹0.49t/m³
炭素含有率：0.50

2.1.2 土壌炭素貯留量の推計

多くの土壌中には植物などに由来する有機炭素が貯留されている。そこで、埼玉県全体の土壌中に貯留している炭素量を、既往の調査結果から明らかとなっている土壌区分毎の炭素貯留量の代表値と³⁾⁴⁾、埼玉県の土壌区分図を基に推計した。使用した土壌区分図は、埼玉県温暖化対策課が整備した GIS データである「埼玉県地理環境情報システム」の土壌分類図を用いた⁵⁾。本土壌分類図では埼玉県の土壌を27に区分しているが、森林土壌については「森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集3」³⁾の土壌区分に、農地土壌については杉原他⁴⁾の土壌区分に再分類し(表 2)、それぞれの土壌区分ごとの単位面積当たり炭素貯留量の代表値を基に、埼玉県全体の土壌中炭素貯留量を推計した。

また、土壌中の炭素貯留とは別に、森林については、森林土壌表層に有機物として堆積している炭素量を推計した。推計手法は、既往の調査結果から明らかとなっている林相区分別堆積有機物量代表値⁶⁾を、埼玉県森林簿 GIS データの小林班ごとの代表種から再分類した林相区分に適用し集計した。

その結果、埼玉県全体の土壌中貯留炭素量は、6911万 t-C(二酸化炭素換算 2 億5339万 t-CO₂)、

表2 土壌図区別炭素貯留量

GIS 土壌図区分	炭素貯留量 (kg/m ²)
岩屑性土壌	8.2
湿性ポドゾル化土壌	34.0
褐色森林土壌	14.3
粗粒褐色低地土壌	5.7
粗粒灰色低地土壌	5.6
粗粒グライ土壌	18.9
細粒褐色低地土壌	5.7
風化火山き出物熱土壌	8.2
低地泥炭土壌	34.9
残積性未熟土壌	8.2
乾性ポドゾル化土壌	20.8
細粒灰色低地土壌	5.6
多湿黒ボク土壌	33.0
厚層黒ボク土壌	33.0
褐色低地土壌	5.7
グライ土壌	18.9
黒ボクグライ土壌	33.0
黒泥土壌	34.9
灰色低地土壌	5.6
細粒グライ土壌	18.9
乾性褐色森林土壌	17.2
湿性褐色森林土壌	22.0
低位泥炭土壌	34.9
淡色黒ボク土壌	33.0
褐色森林土壌	19.5
黒ボク土壌	33.0
その他	0.0

森林土壌表層に堆積物として貯留されている炭素量は、70.7万 t-C(二酸化炭素換算259万 t-CO₂)と推計された。

以上の方法で推計した県内の土壌系炭素貯留量の分布を図2に示した。これを見ると、とくに単位面積当たりの炭素貯留量が多い黒ボク土壌が分布する県中央部の入間・武蔵野台地や、県東部の大宮大地、同様に単位面積当たり炭素貯留量の多い泥炭土壌が分布する県東部の低地に土壌系炭素貯留量が多いことが分かった。

2.2 炭素吸収量の推計

埼玉県土の主要な炭素吸収源は森林であり、吸収量の推移は、森林の林材積の増減により推計することができる。「森林・林業と統計 平成17年版」(埼玉県森づくり課)⁷⁾によると、埼玉県の森林材積の蓄積は、1975年頃からほぼ直線的に増加し、75年から03年までの林材蓄積量から回帰直線を求めると、年間増加量は約52万 m³と推定された(図3)。この森林材積の増加量から、計算式2により森林による炭素吸収量を計算すると、年間18.1万 t-C(二酸化炭素換算66.3万 t-CO₂)と推計された。

[計算式2]

$$\text{炭素吸収量} = \text{林材積増加量} \times \text{拡大係数} \times \text{容積密度} \times \text{炭素含有率}$$

拡大係数：枝葉を含めた立木材積に換算する係数、針葉樹1.7、広葉樹1.8

容積密度：針葉樹0.37t/m³、広葉樹0.49t/m³

炭素含有率：0.50

針葉樹広葉樹比：森林簿による針葉樹広葉樹林

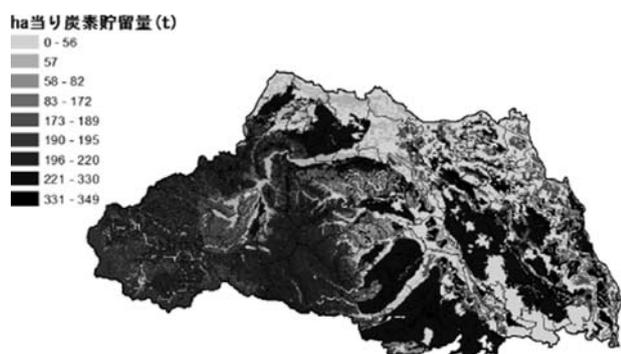


図2 埼玉県における土壌系炭素貯留量の分布

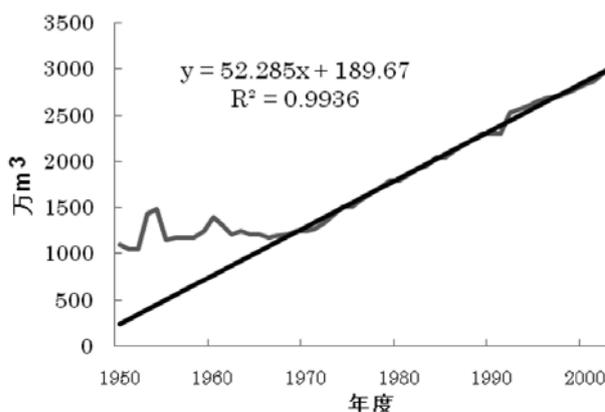


図3 埼玉県における森林蓄積の推移 (埼玉県農林部森づくり課データより作成)

材積比を基に配分(針葉樹：
広葉樹=3.06：1)

2.3 代替エネルギー賦存量の推計

2.3.1 風力発電賦存量

NEDO(独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構)の「風力発電導入ガイドブック」⁸⁾によると、風力発電が経済的に成り立つ条件は、年平均風速が6 m/s以上となる地域であるとしている。NEDOが示した500mメッシュ風況マップを埼玉県と重ねると、年間平均風速が6 m/s以上の地域は、県の南西部山岳地帯に限られる(図4)。この地域の標高は最低425m、最高2471m、平均1390mと高標高であり、風力発電装置建設に必要な道路等のインフラ整備も十分とはいえない。また、この地域の面積は約193km²であり県土全体の5%に過ぎない。以上のとおり、埼玉県の風力発電適地はきわめて限定的であり、かりに風力発電施設の整備を行うとしても山岳地帯のた

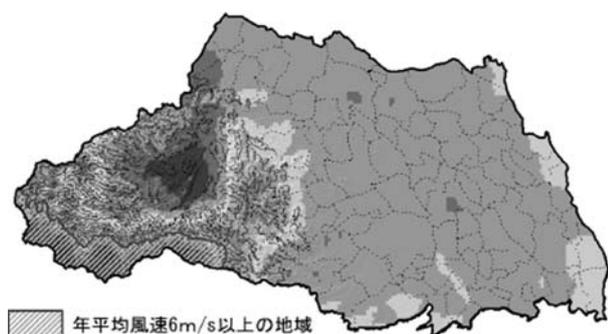


図4 埼玉県内の年平均風速6 m/s以上の地域
(NEDO500mメッシュ風況マップより作成)

め大きなコスト負担を強いられる。したがって、埼玉県における大規模な風力発電の導入は現実的とはいえ、風力発電賦存量はきわめて少ないと考えられる。

2.3.2 太陽光発電賦存量の推計

太陽光発電賦存量の推定は、埼玉県内すべての住宅、店舗に定格出力4 kW、工場、病院、公共施設に定格出力10kWの太陽光発電施設を設置したと想定し発電量を推計した。計算には表3に示した各種統計データを用い、計算式3により埼玉県全体の年間太陽光発電賦存量を算出した。

その結果、県全体の太陽光発電による利用可能エネルギー量は8630GWh/年となり、このエネルギー量を計算式4により火力発電に置き換えた場合の二酸化炭素排出量に換算すると、太陽光発電による二酸化炭素排出削減効果は、最大年間595.4万tと推定された。

[計算式3]

$$\begin{aligned} & \text{埼玉県全体の年間太陽光発電賦存量 [kWh/年]} \\ & = \text{全戸に太陽光発電装置を設置した場合の発電出力 [kW]} \quad (10343790) \\ & \times \text{単位出力当たり必要面積 [m}^2/\text{kW]} \quad (9) \\ & \times \text{最適角平均日射量 [kWh/m}^2\text{/日]} \quad (3.907) \\ & \times \text{補正係数} \quad (0.065) \\ & \times 365 \text{ [日/年]} \end{aligned}$$

[計算式4]

$$\begin{aligned} & \text{年間太陽光発電賦存量を二酸化炭素排出削減量に変換} \\ & \text{二酸化炭素排出削減量 (kg)} \end{aligned}$$

表3 埼玉県の太陽光発電賦存量推計に用いた統計データ

設置箇所	統計データ	箇所数	想定太陽光発電装置出力
専用住宅	H15総務省住宅土地統計調査	2459300	定格出力4 kW
店舗その他の併用住宅	H15総務省住宅土地統計調査	73100	定格出力4 kW
工場	H17埼玉県工業統計調査製造業事業所	15815	定格出力10kW
病院	H16厚生労働省医療施設調査	363	定格出力10kW
老人福祉施設	H16厚生労働省	351	定格出力10kW
宿泊施設	H16厚生労働省	909	定格出力10kW
公衆浴場	H16厚生労働省	689	定格出力10kW
学校	H18埼玉県教育局	2366	定格出力10kW
公共文化施設	H14文部科学省	926	定格出力10kW

=年間発電可能量(kW)×0.69(kg:kW 当たり削減 CO₂量(火力平均排出係数))

2.3.3 バイオマスエネルギー賦存量の推計

「バイオマス賦存量・利用可能量の推計 ～GISデータベース～」(NEDO)⁹⁾を基に、埼玉県内で再生産可能なバイオマスとして、稲わら、もみ殻、麦わら、果樹剪定枝、公園剪定枝、製材所廃材、

表 4 埼玉県で再生産可能なバイオマスと利用可能熱量の推計値

種別	利用可能熱量(GJ/年)	構成比
稲わら	1,754,881	85.1%
麦わら	93,649	4.5%
もみ殻	89,449	4.3%
果樹剪定枝	51,121	2.5%
公園剪定枝	34,777	1.7%
製材所廃材	21,653	1.1%
林地残材	15,426	0.7%
合計	2060957 (約2.1PJ)	

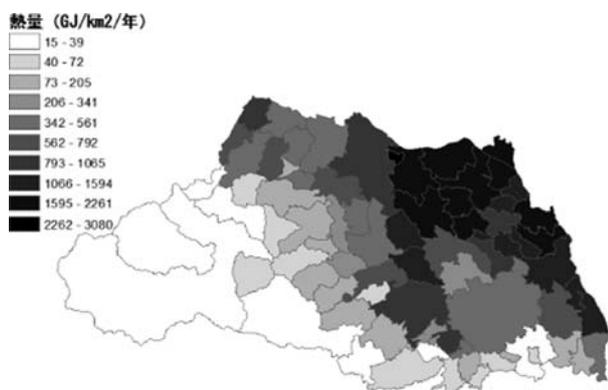


図 5 埼玉県における利用可能バイオマスの分布

伐採時に林地に残される残材を抽出し、埼玉県全体のバイオマス賦存量を集計した。その結果、これらのバイオマスから得られる熱量の合計は、年間2060957GJと推定され、とくに水田から得られるバイオマス(稲わら・もみ殻)が全体の約90%を占めた(表4)。そのため、バイオマスの分布は水田面積の多い県東北部が高かった(図5)。このエネルギー量を計算式5により二酸化炭素排出量に変換し、バイオマスを化石燃料の代わりに用いた場合の二酸化炭素排出削減効果を計算した。その結果、二酸化炭素排出削減効果は最大年間39.5万tと推定された。

[計算式5]

年間太陽光発電賦存量を二酸化炭素排出削減量に変換

二酸化炭素排出削減量(kg)=バイオマスエネルギー量(GJ)×278(GJ→kW 換算係数)×0.69(kg:kW 当たり削減 CO₂量(火力平均排出係数))

3. ま と め

推計した埼玉県土の炭素貯留量と二酸化炭素排出削減能力をまとめ表5に示した。

埼玉県の森林や土壌に貯留する全炭素量は、二酸化炭素換算で2億9473万tと推計され、土壌中炭素がもっとも多く86%占めていた。この全貯留炭素量を二酸化炭素に換算すると、埼玉県の2005年における二酸化炭素排出量の約7倍に相当した。

推計した森林による二酸化炭素吸収量および、太陽光発電、バイオマス利用による二酸化炭素排出削減可能量の最大値を合計すると、年間701.3

表 5 埼玉県土の持つ炭素貯留と二酸化炭素排出削減能力の推計値

種別	主な要素		二酸化炭素換算-CO ₂
二酸化炭素貯留	炭素貯留	森林材としての貯留	3875万 t
		土壌中有機物としての貯留	2 億5339万 t
		森林土壌表層堆積物としての貯留	259万 t
	二酸化炭素貯留合計		2 億9473万 t
二酸化炭素排出削減能力	炭素吸収	森林成長による吸収	66.3万 t/年
	代替エネルギー	風力発電	—
		太陽光発電	595.4万 t/年
		バイオマス発電・熱利用	39.5万 t/年
	二酸化炭素排出削減能力合計		701.3万 t/年

万tと推計され、太陽光発電がもっとも多く85%を占めていた。この二酸化炭素排出削減可能量の最大値は、埼玉県の2005年における二酸化炭素排出量の16.8%に相当する。したがって、仮に太陽光発電やバイオマスなどの資源をすべて利用できたと仮定すると、京都議定書による埼玉県の二酸化炭素排出量目標値(3667万t)を約5%下回ることとなる。

以上のように埼玉県土の持つ炭素貯留や、潜在的な二酸化炭素排出削減能力は決して低くはなく、太陽光発電や、バイオマス利用により二酸化炭素排出量削減をある程度進めることができると考えられるが、現在の埼玉県における二酸化炭素総排出量と比較すると大きな差があり、低炭素社会を実現するには、再生可能エネルギーへの変換を推進するとともに、エネルギー使用量の抜本的な削減も不可欠だと考えられる。また、炭素貯留の保全にも配慮する必要があると考えられる。

—引用文献—

- 1) 埼玉県環境部温暖化対策課：埼玉県における2005年温室効果ガス排出量，<http://www.pref.saitama.lg.jp/A09/BE00/ondanka/CO2/h17haishutsu.pdf>
- 2) (独)国立環境研究所：日本国温室効果ガスインベントリ報告書2008年5月，2008.
- 3) 独立行政法人 森林総合研究所：森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集3「森林、海洋等におけるCO₂収支の評価の高度化」，p30，2004
- 4) 杉原弘恭，生駒依子，山下潤．日本列島のカーボンプール：森林・森林土壌・湿地・農地土壌に関する研究，地域政策研究，11，日本政策投資銀行，2004
- 5) 「e(エ)～コバトン環境マップ」(埼玉県地理環境情報WebGIS)：<http://www.pref.saitama.lg.jp/A09/BE00/gisportal/top.html>
- 6) 小野賢二，鹿又秀聡，森貞和：日本の森林における堆積有機物量の評価手法の検討，第53回日本林学会関東支部大会論文集，143-144，2002
- 7) 埼玉県農林部森づくり課：森林・林業と統計，<http://www.pref.saitama.lg.jp/A01/BP00/b1033/menu1.html>
- 8) 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構：風力発電導入ガイドブック(2005年5月改訂第8版)，新エネルギー・産業技術総合開発機構，2005
- 9) 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構：バイオマス賦存量・利用可能量の推計，2006

■ 支部 だ よ り ■

関東・甲信・静支部のうごき

平成21年度および平成22年度は、川崎市公害研究所が支部長機関として事務局を担当します。また、平成21年度における他の役員は、副支部長(茨城県霞ヶ浦環境科学センター長，浜松市保健環境研究所長)，大気専門部会長(山梨県衛生公害研究所長)，水質専門部会長(栃木県保健環境センター長)および騒音振動専門部会長(さいたま市健康科学研究センター長)となります。

なお、次のとおり騒音振動研究連絡会が開催されました。

騒音振動研究連絡会

開催日時：平成21年3月23日(月)13時30分～17時

開催場所：東京都環境科学研究所

内 容：特別講演(環境省)

一般講演(川崎市，東京都，長野県)