

日本の人工林における地理空間情報を用いた 部位別・齢級別木質資源量の推計

山下 奈穂¹・奥岡 桂次郎²・谷川 寛樹³

¹学生会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 学生 (〒464-8601 愛知県名古屋市中種区不老町 D2-1(501))
E-mail: yamashita.naho@e.mbox.nagoya-u.ac.jp

²正会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 助教 (〒464-8601 愛知県名古屋市中種区不老町 D2-1(501))
E-mail: okuoka@nagoya-u.jp

³正会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 教授 (〒464-8601 愛知県名古屋市中種区不老町 D2-1(501))
E-mail: tanikawa@nagoya-u.jp

森林大国である日本において、森林の持つ炭素固定・吸収機能を適切に管理することは重要である。長期的な管理・輸送システムの構築には、未利用資源を含む木質資源量を齢級別に推計し、分布を把握することが有用である。本研究は、2000年から2100年にかけて全国の木質資源量を市町村単位で部位別・齢級別に推計する。推計結果より、日本全体の森林面積はおよそ5.7百万 m^2 で一定であるが、2020年には25.5%である老齢林の割合が、2100年には90%を超えることが明らかになった。特に、北海道、東京都、神奈川県、沖縄県で老齢化の傾向が強く示された。さらに、2020年には5.8億トン、2100年に6.8億トンの未利用資源が賦存することから、木材資源の利用促進施策を講じる上で未利用資源の利用先について同時に検討することが喫緊の課題であることが確認された。

Key Words: wooden resources, GIS estimation, man-made forests, unused resources, carbon fixation

1. はじめに

日本は国土の約7割を森林が占める森林大国であり、私たちの生活は森林の有する様々な機能によって支えられている。森林の機能には生物多様性の保護や水源涵養などが挙げられるが、炭素固定・吸収機能は低炭素社会の実現に向けて重要な役割を果たす。戦後日本において都市再建を目的に拡大造林された人工林が、住宅用木材需要の低下に伴い、未伐採の人工林が増え、森林の炭素蓄積量が増加している。建築資材として国産木材が主流ではなくなった近年、国内の森林は老齢化が進む一方であり、さらに外材の普及による林業採算性の低下や少子高齢化などの社会的要因によって適切な森林管理が行われず、森林の機能が効率的に発揮されなくなっている。

森林の炭素固定・吸収機能は、樹木の成長に伴い行われるため、若齢林は成熟林より盛んである。炭素固定・吸収機能を十分に活かすには、成熟した樹木を回収し新たに植林を行うといった、継続的な植林・成長・主伐のサイクルが必要である。樹木の成熟度を図る指標として、5年ごとに林齢を分ける階級を齢級と呼ぶが、日本の人

工林では13 齢級以上の炭素吸収機能が低下した老齢林の割合が高い。森林の炭素吸収機能を十分に発揮させるため、効率的な伐採・利用システムの構築が喫緊の課題である。幼齢林・若齢林と老齢林のバランスが保たれた適切な炭素循環を促すには、森林の炭素固定量を把握するだけでは不十分であり、部位別・齢級別の木質資源量の定量化を行うことがより包括的な森林管理に繋がる。

(1) 背景

木材の主な用途は建築用材であり、国内の木材総需要量の約4割を占めているが、材木市場における国産材のシェアは約3割に留まっている。近年の国産材の需要減に対し、コンクリートや鉄などの他資材を木材で代替することにより、国産材の需要拡大、利用促進を目的とした施策が講じられている。木材を積極的に住宅や社会基盤に投入し、長期間利用することは、炭素循環の観点から見ると、炭素を社会に固定する重要な役割を果たす。平成22年に施行された「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」(林野庁)は、林業の持続可能な発展に寄与する木材の利用促進を目的としている。具

体的な木材利用促進の方法として、国や地方公共団体が保有する公共性の高い建築物を対象に、国の基準に基づき一定の木材を使用することが推奨されている。建築材に留まらず、柵やガードレール、高速道路の遮音壁など、多方面での木材利用も推奨されている。木材の積極的な利用は、森林における木質資源量の調整と同時に、都市部の炭素固定量の増加に繋がる。

(2) 先行研究

木材の利用促進に伴い検討すべき課題として、林地残材の存在がある。林地残材とは、木材の切り出しの際生じる枝葉や末木であり、多くの場合森林に放置されたまま残されている。都市部において木材の加工の際に生じる端材やおがくずなどの林産バイオマスと区別するため、林業バイオマスとして扱われることが一般的である。林業バイオマス・林産バイオマスのいずれも木材の利用が盛んであるほど発生量が増えるが、林地残材は収集・運搬にかかるコストが高いため、現状では効率的な利用システムが実現されていない。林地残材の賦存量は農林水産省の概算から、およそ 2,000 万 m^3 と推計されているが、具体的な推計手法や部位・樹種などの詳細は不明瞭である。バイオマス活用推進基本計画（農林水産省、2016）では、林地残材が乾燥重量で約 800 万トン、工場残材が約 640 万トン存在すると概算されているが、同様に詳細は明らかではない。林地残材は、木質系バイオマスとして燃料や助燃剤に利用され、クリーンエネルギーとしての潜在能力が有望視されている。木材のみではなく、林地残材をはじめとする未利用材を含む全ての木質系資源の分布及び将来推計を行うことで、資源価値があるにも関わらず現状放置されている資源の有効利用に貢献する。

日本の木質資源量の推計には、滝ら(2015)によって秋田杉を対象にした利用可能な資源量が明らかにされている。しかしながら、スギ人工林のうち一部の齢級のみを対象としていることや、直径5cm及び地上高1.2m以下の部位を一律で扱っている点から、それぞれの部材の性能によって用途・輸送経路が異なることが示されていない。

林地残材については、久保山ら(2014)が岩手県遠野市を対象に、バイオマス資源の把握を行っており、皆伐に伴う対象市における林業・林産バイオマスの発生量を推計している。しかし、木質資源の利用先について、取引の範囲が限られている点が課題である。実際の取引では、都市における需要地点と森林部の供給地点には距離があり、より広域な木質資源循環圏を想定することが望ましい。高位利用材から低位利用材まで、その用途に応じて循環圏の規模は異なるため、部位ごとに適切なフローを想定しておくことが必要である。

本研究では、高位利用材から低位利用材までを含む木質資源量の分布及び将来発生量を推計する。対象は日本

の人工林とし、樹木はスギとヒノキを扱うとした。木質資源の多くは、大都市圏での需要と森林部の供給に基づき取引されることから、今後の利活用に向けた輸送システムの構築に向けて、地理空間情報を用いて資源量を空間的に把握した。

(3) 研究フロー

本研究は、以下の研究フローのうち森林側、木質資源供給側の賦存量及び林地残材の発生予測を行った。将来的な社会構造の変化を組み込むことで、都市側における人口の変動に誘発される住宅需要、材料である木材の需要、必要な樹林地面積を推計した。供給視点である森林側の木質資源の分布を把握することで、都市部の需要地点とを繋ぐ将来的な輸送システムの構築に繋がる。

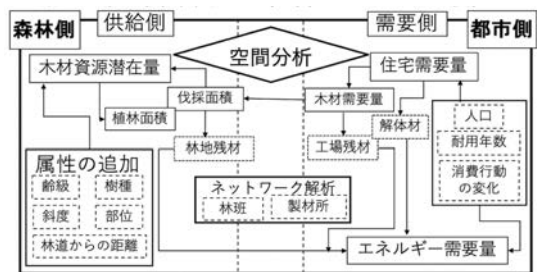


図-1 研究の全体フロー

2. 推計方法

本研究では、日本の人工林における齢級別木質資源量及び将来発生量の全国推計を行った。推計には、農林水産省統計部の農林業センサスを用い、2000年の樹林地面積を基準として5年ごと2100年までを推計対象とした。対象の人工林は、国有以外の林野である私有（緑資源公団、交有、私有からなる）から天然林を除いた樹林地とし、そのうちスギ・ヒノキの占める割合を算出した。

木質資源賦存量の将来推計について、木造住宅用の木材需要に対応する量を森林から切り出すと仮定した。需要地点のある市町村内で十分な供給量があれば自地域内で優先的に回収し、不足分は最近隣の市町村から補充するモデルを仮定した。市町村の座標情報は、各市町村の役所・役場と設定し、座標間距離を参考に、取引の優先度を決定した。ただし、モデルの都合上道府県内での需給のやりとりのみ扱うとする。また、木材の利用を促進する施策を講じることによって、長期的な需要増などの需給構造の変化が見込まれるが、本研究では現状の木材需要レベルを維持し続けるシナリオを採用した。材木以外の木質資源量は、久保山ら(2004)の未利用バイオマ

ス予測表を用いて、年齢別木材資源量をもとに計上した。

(1) 年齢別木質資源量推計

森林から切り出す木材の量は、木造住宅用の木材需要量に対応すると仮定した。木造住宅用の木材需要量の推計には、奥岡ら(2012)の手法を用いた。全国の市町村データベースからコーホート要因法を用いて将来人口推計を行い、人口密度の推移を示した。推計された人口密度から、一世帯あたりの構成員及び延床面積を推計し、建築物延床面積需要量とする。ここで、建築物の耐用年数に応じて、5年ごとの解体量を推計する。その年の解体量を除いた建築物の延床面積残存量から、資材の需要量を満たすように建築物着工量を算出し、構造ごとの資源投入原単位を乗じた。本研究で対象とする木材資源について、丸太換算率1.57を乗じたものを木材需要量とした。なお、木造住宅の耐用年数は小松ら(1992)の木造住宅平均耐用年数39年の値を採用した。

木材の切り出しは、都市部での需要量に応じた森林管理計画に沿って、推計した材積量を供給可能量とする。材積量は以下の式(1)より算出される。

$$V = \sum_{m,j} A_{m,j} * v_{m,j} \quad (1)$$

なお、V:材積(m³)、A:面積(ha)、v:単位面積当たり材積(m³/ha)、m:年齢、j:樹種、とする。

木材は市町村の中にある森林から優先的に回収した上で、超過した需要分を同都道府県内の最近隣の市町村から補充するというモデルを作成した。材木には用途に応じた質や強度があるが、本推計では年齢の高いものから順に切り出すのが適切であるとした。3年齢以下の樹木は材木として十分な質を持たないとし、年齢4年齢以上の森林のみ供給可とした。森林から切り出した面積分には、伐採分と同じだけ翌年に植林を行う。他地域から材木を移入する際には、樹木の成長サイクルを鑑み、9年齢以上の木材のみ取引可能とした。市町村間の距離は、国土数値情報の市町村役場等及び公的集会施設データを用いて、代表地点の座標間直線距離を採用した。

a) 市区町村の統合

推計に用いる樹林地面積の基準年2000年において、全国の市町村数は3383あり、将来世帯数推計に用いられる平成17年国勢調査時点の1720と市町村数に大きく乖離がある。そこで、市町村合併の前後で行政区画が変わった地点については統合もしくは分離させ、本推計では1720市町村に調整した。なお、東京都の特別区部については代表地点には新宿区を採用し、一括に扱った。また、統合した先の市町村との複数の役場もしくは公的集会施設が存在する場合、より規模の大きいものを代表地点として採用した。

表-1 市町村数の統合

	pref	muni_2000	muni_2005		pref	muni_2000	muni_2005
1	北海道	222	179	25	滋賀県	50	19
2	青森県	67	40	26	京都府	55	26
3	岩手県	59	33	27	大阪府	68	43
4	宮城県	76	35	28	兵庫県	97	41
5	秋田県	69	25	29	奈良県	47	39
6	山形県	44	35	30	和歌山県	50	30
7	福島県	90	59	31	鳥取県	39	19
8	茨城県	85	44	32	島根県	59	19
9	栃木県	49	26	33	岡山県	78	27
10	群馬県	70	35	34	広島県	94	23
11	埼玉県	92	63	35	山口県	56	19
12	千葉県	86	54	36	徳島県	50	24
13	東京都	64	40	37	香川県	43	17
14	神奈川県	62	33	38	愛媛県	70	20
15	新潟県	112	30	39	高知県	53	34
16	富山県	35	15	40	福岡県	111	60
17	石川県	41	19	41	佐賀県	49	20
18	福井県	35	17	42	長崎県	81	21
19	山梨県	64	27	43	熊本県	94	45
20	長野県	120	77	44	大分県	58	18
21	岐阜県	99	42	45	宮崎県	44	26
22	静岡県	74	35	46	鹿児島県	96	43
23	愛知県	104	54	47	沖縄県	53	41
24	三重県	69	29	計		3383	1720

b) 地理空間情報を用いた年齢別木質資源の分布

木質資源について、林地での散材性や枝葉など体積が大きく搬出が難しい部位があることから、有効利用に向けた輸送システムの構築が求められている。前項の記載と関連して、木質資源の発生分布を地図上で表すことが今後供給地点の優先度を設定する上で有用である。本研究では、国土数値情報の全国市町村会データより、推計された年齢別の木質資源量の分布を(株)ESRIジャパン ArcGIS10.4を使用して地図上に示した。なお、森林の老齢度を示す上で、7年齢以下を幼齢林、8年齢以上12年齢以下を若齢林、13年齢以上を老齢林とした。

(2) 未利用バイオマス予測表による木質バイオマス量推計

年齢別木材資源量に基づき、久保山ら(2004)による未利用バイオマス予測表をもとに一単位あたりの樹木の切り出しに応じた各部位の発生量を推計した。各部位は伐採に伴い生じる根株、根曲り不適材、幹曲がり不適材、末木、小径木、枝、葉量に分類される林業バイオマスと、木材加工の過程で生じるバーク、チップ、鋸屑・端材の林産バイオマスに区分される。

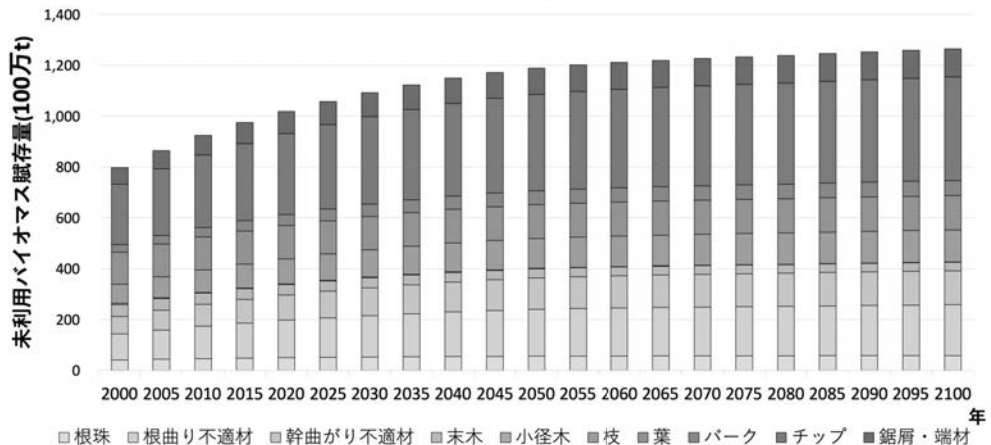
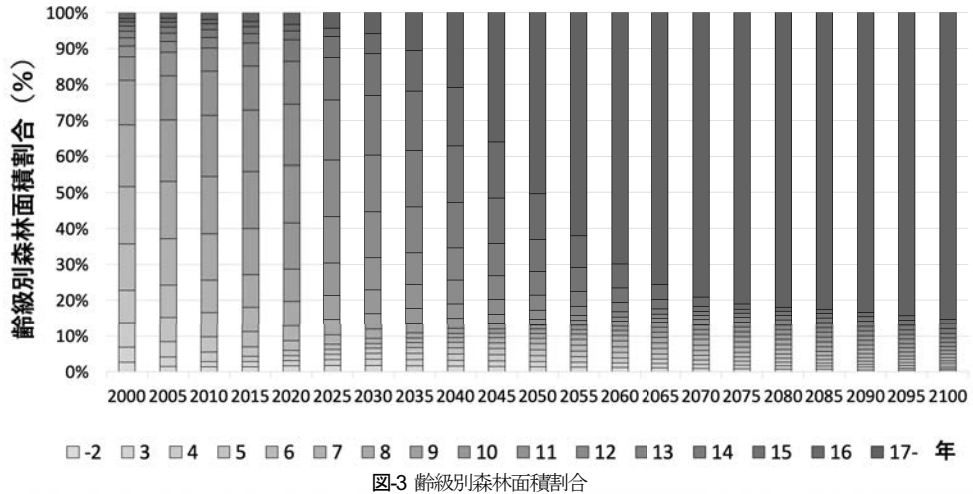
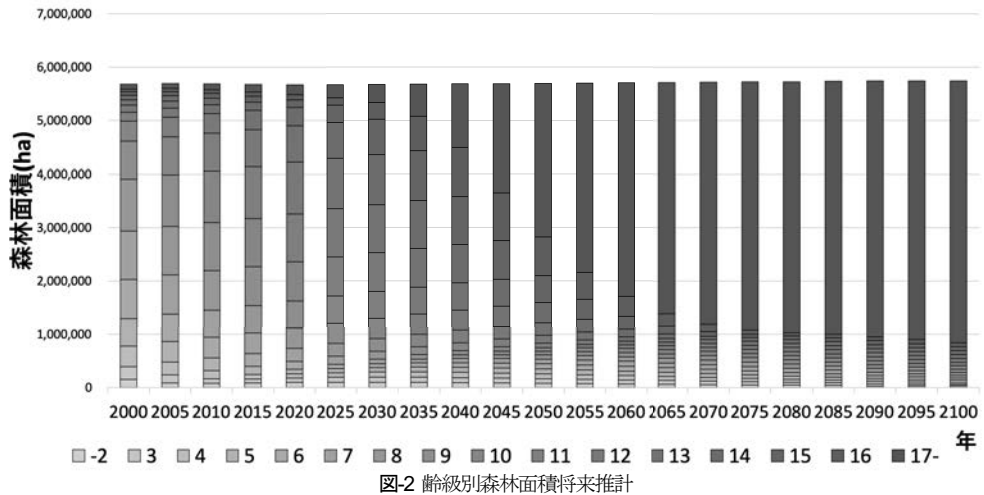
3. 推計結果及び考察

(1) 年齢別森林面積の推移

森林全体の面積は2020年から2100年までおよそ5.7百万m²を推移している。2025年から2030年にかけては、

13 歳以上の老齢林の割合が半数を超え、需要不足による森林の急速な老齢化が進むことが確認された。また、全国を北海道地方、東北地方、関東地方、中部地方、関

西地方、中国地方、四国地方、九州・沖縄の8区分に分けた推計では、住宅需要の多い都市が集中する関東地方を除き、一様に老齢化が進むことが示された。



(2) 将来の未利用バイオマス賦存量推計

木材の供給に伴って発生する林業バイオマスの量は年々増加し、2050年に6.5億トン、2100年に6.8億トン推計された。都市部において端材やおがくずなどの加工工程で発生する林産バイオマスを含めると2100年に12.5億トンもの未利用バイオマス賦存量が確認された。特に、根株や不適材など、葉などに比べ腐敗が遅く、バイオマスとしての活用法が検討されている部位について、一定の発生量が見込まれた。

(3) 齢級別木質資源量の分布

2100年の木質資源量について、森林を幼齢林、若齢林、老齢林に三区分した。幼齢林は東京、愛知、大阪、福岡など住宅需要の高い大都市域において多く見られた。関東地域では、大都市の需要を満たすために近隣の地域から木材を供給するため、成熟した森林が不足することが確認された。一方で、豊富な森林資源を持つ中部流域圏、九州、四国を始め、全国的に供給過剰による森林の老齢化が確認された。

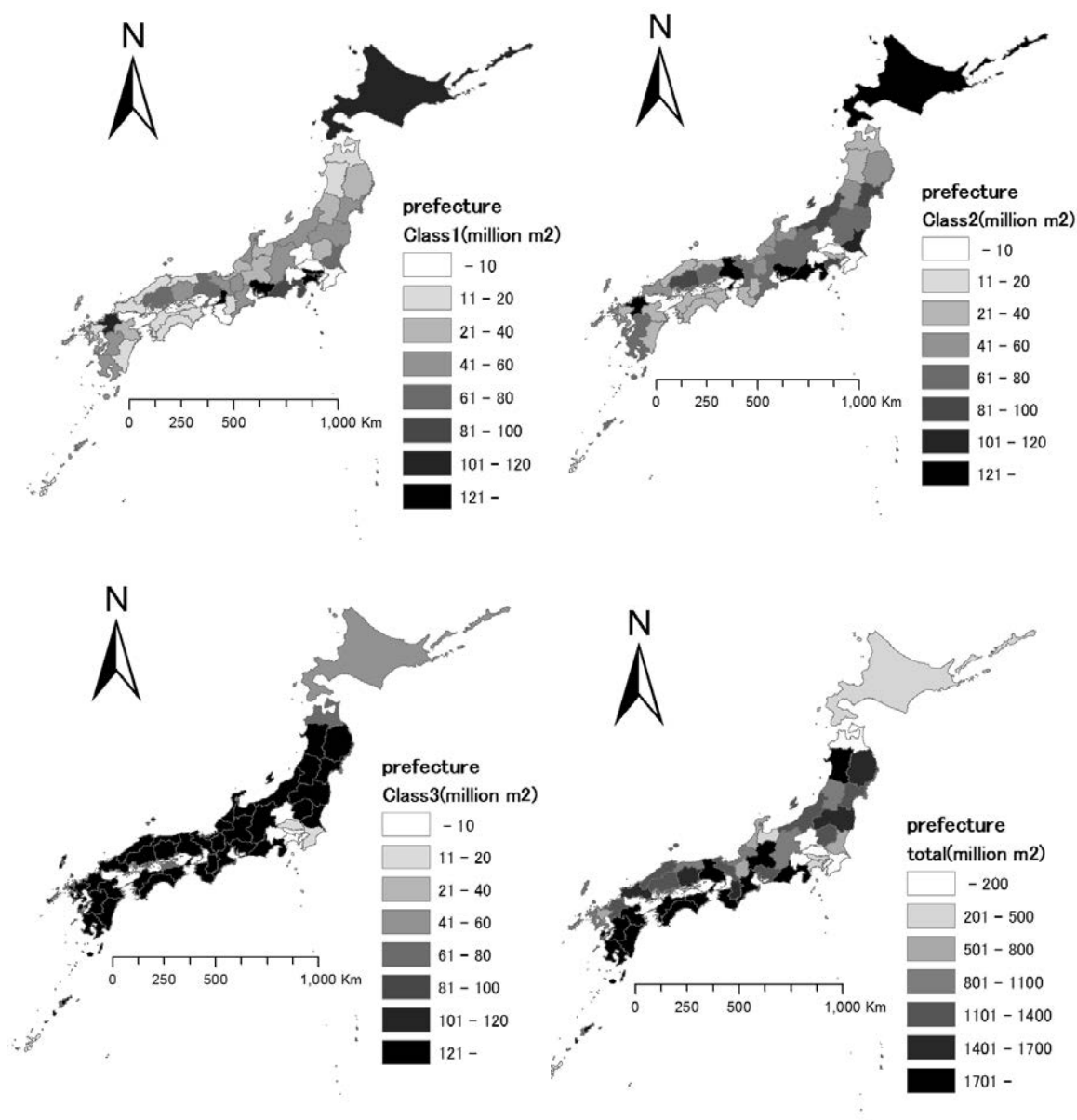


図-5 齢級別森林面積の分布

4. 終わりに

本研究では、未利用資源を含む齢級別木質資源量を2100年まで5年ごとに推計し、その分布を地図上に表した。その結果、日本の森林では2100年に90%を越す勢いで老齢化が進み、健全な炭素循環を促すためにも積極的な森林管理が喫緊の課題であることが確かめられた。また、木材の利用促進に伴い発生が予想される未利用バイオマスについても、森林部で発生する林業バイオマスと都市部で発生する林産バイオマスを合わせて、2100年に12.5億トンもの未利用バイオマス賦存量が確認された。森林の有する炭素固定・吸収機能を鑑みると、老齢林の集中する森林が分布する地域において積極的な木材利用促進を行うべきであり、同時に、伐採に伴い生じる未利用資源の賦存量から、それぞれ部位に即した利用システムの検討も重要な課題であることが確認された。

しかしながら、対象樹種がスギ・ヒノキであることから、マツやクヌギなど他樹種が考慮されておらず、マツの分布を多い北海道など一部の地域において現実と乖離した推計結果となった。さらに、本研究では現状維持シナリオを採用しており、木材利用促進施策によってもたらされる需要増の効果を加味しておらず、将来の需給構造の変化を考慮できていない。従って、樹種及びシナリオを拡張することで、より現実に即した推計精度の向上が見込まれ、今後の課題としたい。

謝辞：本研究の一部は、環境省環境研究総合推進費(3-1902)、環境省第IV期 環境経済の政策研究の助成を受けて行われたものである。ここに感謝の意を記す。

参考文献

- 1) 林野庁：逐次解説 公共建築物等木材利用促進法公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律、2010。
- 2) 全国林業改良普及協会：林業改良普及双書 No.181 林地残材を集めるしくみ、pp.14, 2016
- 3) 日本エネルギー学会：バイオマスハンドブック、pp.422, 2002。
- 4) 農林水産省：バイオマス活用推進基本計画、pp.9, 2016。
- 5) 瀧誠志郎、高田克彦：マーケットインを志向した資源管理手法の構築—GIS 支援による秋田スギ (*Cryptomeria japonica* D.Don) 人工林における供給・利用可能な資源量の推定—、日林誌、Vol.97, pp.282-289, 2015。
- 6) 久保山裕史、西園朋広、家原敏郎、奥田裕規：林業・林産バイオマスのエネルギー利用の可能性について—岩手県遠野市を事例として—、日林誌、Vol.86(2), pp.112-120, 2004。
- 7) 農林水産省統計情報部：2000 年世界農林業センサス統計書(林業編)、第1巻~第47巻、2002。
- 8) 小松幸夫、加藤裕久、吉田俣郎、野城智也：我が国における各種住宅の寿命分布に関する調査報告 1987 年固定資産台帳に基づく推計、No.439, pp.101-110, 1992。
- 9) 国土交通省国土制作局国土情報課：国土数値情報ダウンロードサービス、市町村役場及び公的集会施設データ、<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/jpgis/datalist/KsjTmplt-P05.html> (2019.8.22 閲覧)
- 10) 奥岡桂次郎、三宅悠介、大西暁生、韓驥、白川博章、谷川寛樹：東海三県における建設系廃棄物の地域循環圏に関する基礎的研究、土木学会論文集 G (環境)、Vol.68, No.6 (環境システム研究論文集第40巻)、II_147-II_154, 2012。
- 11) 総務省統計局：平成17年国勢調査、2005。

(Received June 19, 2019)

A GIS ESTIMATION OF POTENTIAL WOODEN RESOURCES IN JAPAN'S MAN-MADE FORESTS

Naho YAMASHITA, Keijiro OKUOKA and Hiroki TANIKAWA

Japan has an abundant resources of wood and it is very important to keep the functions of carbon absorption and fixation properly in order to realize the low-carbon society. To establish the long-term maintenance/transportation system of wooden materials can be necessary for utilizing them sustainably. The future estimation of wooden resources including logging waste with each age class and grasp the distribution of those materials enable us to achieve an optimization of use system. How to utilize not only timbers but also unused resources like branches, leaves and roots left in forests is an important issue to be addressed. Building regional recycling and symbiosis in consideration of distribution of wooden resources can be useful for sustainable resource use. In this paper, we estimated the amount of wooden resources of Japan in municipality level, with each age class and part. Also, we estimated potential weight of logging waste induced by logging. As the results, although the total forest area of Japan will have been kept around 5.7 million m² constantly, the ratio of old forests exceeds more than 90% in 2100. Especially, in Hokkaido, Tokyo, Kanagawa, Okinawa, it seemed to have stronger tendency of aging in comparison with other areas. Furthermore, there will be 0.6 billion tons of unused wooden resources in 2020 and 0.7 billion tons in 2100. Since there will be a large amount of wooden resources, to promote the active use of timbers, it seemed urgent to think of application of unused resources simultaneously.