



低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

日本の木質バイオマスの持続可能なポテンシャル —木質バイオマスの今後の需要と供給可能性—

令和5年3月

Sustainable Potential of Woody Biomass in Japan:
Future Demand and Supply Potential of Woody Biomass

Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies

国立研究開発法人科学技術振興機構
低炭素社会戦略センター

LCS-FY2022-PP-06

概要

日本の最新の森林・林業基本計画（林野庁：2021年6月閣議決定）の目標によると、2017年度の森林の年間総成長量は0.68億 m^3 /年（幹材積：森林資源現況調査）だが、2040年度の目標は0.63億 m^3 /年と減少している。また、2030年の木材自給率の目標は48%であり、最終的な目標は明示されていない。世界有数の森林国である我が国は、適切な計画と管理の下で将来（50～100年後）の木材自給率を100%とすることが可能であろう。本提案では、各地方自治体の最新の調査によるデータをもとに日本の森林の年総成長量を推計することで、少なくとも現在の年総成長量を維持する方法および、今後の森林資源の在り方を提案する。また、今後の木材需要については従来の燃料、パルプ、建築/土木用材に加え、最近研究が進んでいる木質バイオマスのプラスチック化を想定し、2050年以降に必要な木材の供給量を総括的に検討した。

その結果、毎年同じ面積の主伐と再造林を行い、現在の森林面積を維持した場合、長伐期施業を行えば、総年成長量1.1億 t /年を持続的に維持できることが分かった。この場合、木材自給率は100%以上が可能である。さらに、新たな産業として、木質バイオマスをプラスチックの原料として活用する場合は、化石資源由来プラスチックの現在の年間需要量である約0.1億 t /yを賅えるだけの森林資源がある見通しが得られた。さらなるコストダウンが必要であるが、木材の新たな需要源としてプラスチックへの利用は期待できる。各需要への割り当ては、新たな技術開発や需要動向にもよるため、今後の課題である。

Summary

According to the targets in Japan's latest Basic Plan for Forest and Forestry (Forestry Agency: Cabinet decision in June 2021), the total annual growth of forests in FY2017 was 68 million m^3 /year (trunk volume: Forest Resources Status Survey), while the target for FY2040 is 63 million m^3 /year, a decrease. In addition, the target for wood self-sufficiency in 2030 is 48%, with no final target specified. As one of the world's leading forest nations, Japan could achieve 100% wood self-sufficiency in the future (50 to 100 years from now) with proper planning and management. By estimating the total annual growth of Japan's forests based on data from the latest surveys conducted by local governments, this report proposes a method to maintain at least the current annual growth rate, and suggestions for the future state of forest resources. In addition, the future demand of wood is assumed to be for conventional fuels, pulp, and building/civil engineering materials, as well as for plastics made of woody biomass, which have recently been a focus of research, and the supply of wood needed after 2050 has been examined comprehensively.

As a result, it was found that if the current forest area is maintained through the main cutting and reforestation of the same area every year, a total annual growth rate of 110 million tons/year can be maintained sustainably if long-logging operations are carried out. In this case, a wood self-sufficiency rate of more than 100% is possible. Furthermore, if woody biomass is utilized as a raw material for plastics in a new industry, forest resources are expected to be sufficient to cover the current annual demand of about 10 million tons/year for plastics derived from fossil resources. Although further cost reductions will be necessary, the use of wood for plastics as a new source of demand for wood is highly promising. The allocation of wood to each demand will depend on new technological developments and demand trends, and will be an issue to be addressed in the future.

目次

概要

1. 緒言	1
1.1 背景	1
1.2 森林・林業基本計画の目標	1
1.3 資源量の林業統計の状況	1
1.4 本提案の要旨	1
2. 方法	2
2.1 既存の林業統計の比較と検証	2
2.2 新収穫表に基づいた長伐期施業法正林の蓄積と成長の計算	3
2.3 利用可能資源量	5
3. 結果と考察	6
3.1 2つの林業統計の比較	6
3.2 新収穫表による長伐期施業の法正林における持続的な生産	9
3.3 地上部木質バイオマスポテンシャル	12
4. まとめ	14
5. 政策立案のための提案	16
参考文献	16

1. 緒言

1.1 背景

第6次エネルギー基本計画（資源エネルギー庁 2021年10月表明）では2050年カーボンニュートラル、また2030年度において46%削減さらに50%の高みを目標とするエネルギー政策の道筋が示された。2030年度におけるエネルギー需給見通しでは電源構成の再生可能エネルギーの占める割合は36～38%とされ、この中でバイオマスの割合は約5%とされた。旧目標は3.7～4.6%であるため、今回の見通しによる増分はわずかである。

一方、バイオマスの主力である木質バイオマスは発電や熱利用の燃料のみならず、建材/土木用材やパルプ等用途は幅広く、炭素貯留の手段にもなる重要な素材である。しかし、森林資源のポテンシャルや需要/供給の現状や今後の目標などは控えめに設定されている。

1.2 森林・林業基本計画の目標

最新の林野庁の「森林・林業基本計画」（2021年6月閣議決定）[1]では最近の林業の状況を見据えて新たな目標が立てられた。例えば、2017年度（最新）の「森林資源現況調査」[2]によると総蓄積52億 m^3 、年総成長量0.68億 m^3 /年であるのに対し、2040年の目標は総蓄積61.8億 m^3 、年総成長量0.63億 m^3 /年（いずれも幹材積）であり、年総成長量が減少する目標になっている。これでは、森林資源の豊富な我が国としては、持続可能な木質バイオマスの資源を循環的に維持できない。一方、人工林の面積については現状約1000万haであるのを将来は木材生産用として育成単層林を660万ha、公益的機能発揮のため340万haを育成複層林に誘導することとしている。天然林の面積については現状1380万haであるのを将来は天然林として1150万ha、育成複層林として230万haに誘導することとしている。総じて多様な森林の混在状態を指向していると評価できる。しかし、2030年度の木材自給率の目標は48%（2020年実績41.8%）であり、2050年度の目標は示されていない。昨今話題のウッドショック（輸入材の急激な値上がり）を考慮すると将来的な自給率の目標は100%を目指すのが望ましい。

1.3 資源量の林業統計の状況

森林資源の蓄積や成長量については日本では2通りの統計があり一つは上述の「森林資源現況調査」で、これは主に木材生産の状況を調べるものであり、枯損木や侵入木は含めていない。もう一つは「森林生態系多様性基礎調査」[3]によるものであり、枯損木、侵入木も含め、調査方法も異なる。両者には大きな差があり、目的により使い分けられているようであるが、後者によると枯損木等を含む総蓄積は約78億 m^3 、年総成長量は2億 m^3 /年以上である[4]。日本の森林資源を有効に使うには、建築/土木用材、燃料、パルプだけでなく、最近研究が進んでいる木材のプラスチック化の用途も含めることができ、その場合は枯損木、侵入木、枝葉に至るまで活用することができる。それには後者の「森林生態系多様性基礎調査」[3]を中心としたポテンシャルの推定が必要である。また、現状の総蓄積は多いものの齢級別面積分布は11～12齢級に集中した偏った分布になっており、幼齢級や若齢級の面積は少なくこのまま適切な植林等の森林管理を怠れば、20～30年後には総蓄積、年総成長量とも大幅に減少し持続可能な森林ではなくなる恐れがある[5]。

1.4 本提案の要旨

本提案では後者の「森林生態系多様性基礎調査」および各地で更新された林分収穫表（[6]他）などを基に、現状から将来にわたる森林資源の総蓄積および年総成長量を算出し、少なくとも現在の年総成長量を将来にわたり維持できる方法を提案する。さらに、それらの地域分布を分析し、今後の需給の在り方を提案する。今後の需要については従来の発電や熱利用の燃料、パルプ、建

築/土木用材に加え最近研究が進んでいる木質バイオマスのプラスチック化を想定し、2050年以降に必要な木材の供給量可能性を総括的に提案する。木質バイオマス由来のプラスチックの原料については、現在の石油など化石資源由来のプラスチック年需要量約1000万t¹年を満たすだけの森林資源量があると想定されるためこれを確認する。今後の技術開発による量産化やコストダウンが必要ではあるが、木材の新たな需要源としてプラスチックへの利用は大いに期待できる[7]。各需要の配分については、これからの技術開発や各種既存の需要動向にもよるため今後の課題とする。

2. 方法

国内の全森林から適切な管理の下で森林の成長分を木質バイオマスとして収穫することは、森林の多面的機能を発揮しながら森林資源を持続的に利用することと考え、持続できる蓄積量と成長量の計算を行った。

毎年、等量の成長量を得るために、精度の高い収穫表¹⁾で管理しながら法正林²⁾で施業することとし、地域の収穫表を用いて長伐期林業を行うと仮定した。天然林についてもこれに準じるとした。

また、現在の森林蓄積等に関する2種類の統計資料が林野庁から公表されている。「森林資源現況調査」と「森林生態系多様性基礎調査」でありこれらの調査の相違を分析した上で、将来的な蓄積量と成長量のポテンシャルを以下の方法で計算した。森林・林業基本計画[1]は表1のように今後の需給目標を立てているが、2030年までの比較的短期なものである。それ以降に及ぶ長期的な展望を示すことで林業経営に資するものとした。

2.1 既存の林業統計の比較と検証

「森林資源現況調査」(以下、現況調査)と「森林生態系多様性基礎調査」(以下、基礎調査)を比較した。「3.1 2つの林業統計の比較」で結果を詳細に述べるが、基礎調査の方が現況調査より蓄積量と成長量が大きかった。基礎調査は全国を網羅したモニタリング調査を行っているために、古い収穫表を使っている現況調査よりも精度が高いと考えられ、さらに基礎調査は枯損木や侵入木も含むため利用可能な木質バイオマスポテンシャルを示していると考えられる。そのため将来のポテンシャルについての計算を以下の項目で行うとき、基礎調査を精度の確認の資料として用いることとする。

表1 林産物の供給・利用に関する目標(森林・林業基本計画[1]から著者作成)

用途区分		総需要量(百万m ³)			国産材利用量(百万m ³)		
		(実績)	(見通し)	(見通し)	(実績)	(目標)	(目標)
		令和元年 2019	令和7年 2025	令和12年 2030	令和元年 2019	令和7年 2025	令和12年 2030
建築用材等	製材用材、合板用材	38	40	41	18	25	26
非建築用材等	パルプ・チップ用材、燃料材、その他	44	47	47	13	15	16
合計		82	87	87	31	40	42

¹⁾ 収穫表、林分収穫表とも：特定の樹種についてある地域の同等の環境における1ha当たりの同齢林分で林齢ごとの本数、樹高、材積等についての一覧表。多数の実測調査データから作成している。

²⁾ 法正林：毎年の成長量分を伐採し、その後植林することで持続的経営を行っている森林。本提案書では面積Sの森林でn年伐期の施業を行うために、毎年n齢に達したS/nの面積の林分を伐採して収穫、植林するとした。

2.2 新収穫表に基づいた長伐期施業法正林の蓄積と成長の計算

(1) 林齢ごとの森林面積の決定

毎年等量の成長量を得る法正林とするためには林齢ごとの面積が等しい森林とすることが望ましい。図1に示すように、特に人工林では11齢級にピークのある一山分布であるため、いずれ伐採量が少なくなる時期がある。そのため、一山分布を平滑化して法正林とすることが必要である。

平滑化の方法はここでは論じないが、平滑化して法正林化した後、人工林1000万haでは約100年伐期の施業を行うとして、いずれの林齢の面積も10万haとし、主伐後は再造林するとした。天然林についても長伐期の法正林を形成するとして人工林と同様に計算した。

(2) 人工林の蓄積量と成長量の計算

1990年頃から新しい収穫表が各地で作成されている。これらは、それ以前の収穫表よりも高齢林の成長を高い精度で示し、長伐期施業に適したものである（詳細は「3.1 2つの林業統計の比較」を参照のこと）。本提案書ではこれらを新収穫表と呼ぶこととする。新収穫表は各自治体や林業研究機関などによってウェブ公開されたり、資料としてまとめられたりしている[6, 8-42]。これらを収集し、これらに基づいて法正林で長伐期施業を行った場合の森林蓄積量と年収穫量（年成長量）を以下のように計算した。

a. 森林面積

全国の森林面積は2500万haであるが、そこから無立木地や竹林等を除外して、施業を行う全国の森林面積は2200万haとした。内訳は人工林面積1000万haと天然林面積1200万haである。各県の樹種別森林面積は現況調査[2]の値を用いた（詳細は「3.1 2つの林業統計の比較」と表5を参照）。

$$S = \sum_j S_j$$

j: 樹種（人工林はスギ、ヒノキ、マツ、トドマツ、カラマツ、天然林は広葉樹）

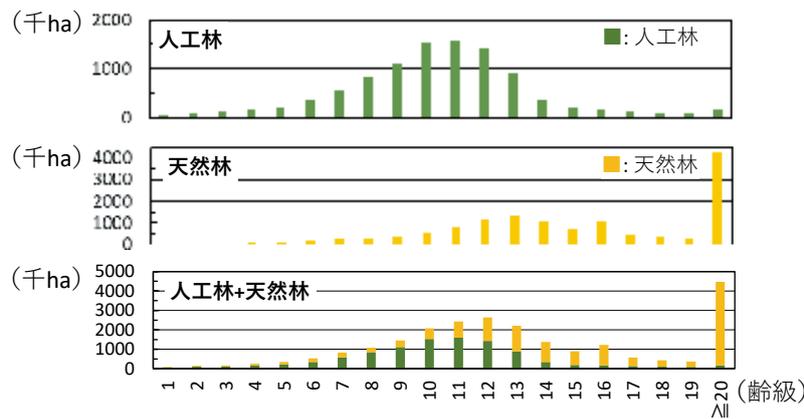


図1 現在の森林面積の齢級³⁾分布（2017年の森林資源現況調査[2]から）

全体では12齢級（56～60林齢）に、人工林は11齢級（61～65林齢）にピークがある。人工林は拡大造林期に集中的に植林されたために一山分布で、若齢級の面積が小さい。11齢級以上の成熟林分を伐採すれば当面は資源が得られるが、いずれ現在の1～6齢級が成熟した時に伐採可能な資源が少ない時期がある[5]。天然林は20齢級以上の高齢林が多く存在する。

³⁾ 齢級：人工林の林齢を5年幅でまとめたもので、苗木を植栽した年を林齢1年とし、林齢1～5年を1齢級、6～10年を2齢級……と数える。

S : 各県の森林面積 (ha)、 S_j は樹種 j の森林面積

b. 人工林の蓄積と成長

各県の人工林樹種の新収穫表にしたがって、法正林で長伐期施業をおこなったときの人工林蓄積および成長を以下のように計算した。図2に示すように、樹種 j の蓄積 V_j (m^3) は、各林齢の幹材量の和である。ここでは、法正林を想定しているので各林齢の面積は S_j/n_j (ha) である。

$$V_j = \sum_{i=1}^{n_j} V_{ij} \cdot \frac{S_j}{n_j}$$

i_j : 樹種 j の林齢 $i_j=1, 2, 3, \dots, n_j$ (n_j は樹種 j の伐期年)

V_{ij} : 樹種 j の林齢 i の幹材積 (m^3/ha)

V_j : 樹種 j の蓄積量 (m^3)

各樹種の蓄積量の和がその県の人工林蓄積 V (m^3) となる。

$$V = \sum_j V_j$$

人工林において成長量は伐採量と考えることができる。伐採は除伐と数回の間伐、最終的に
 行う主伐があり、これらの総和を伐期で除すことで単位森林面積当たりの年間成長が計算でき、
 S_j を乗じてその県の樹種 j の蓄積量とした。

$$C_j = \sum_{m=1}^{m_j} C_{mj} \cdot \frac{S_j}{n_j}$$

m_j : 樹種 j の伐採回数 $m_j=1, 2, 3, \dots, m_j$ (m_j は樹種 j の最終伐採回数、すなわち主伐)

C_{mj} : 樹種 j の m 回目の伐採量 (m^3/ha)

C_j : 樹種 j の年間伐採量すなわち年間成長量 ($m^3/年$)

各樹種の年間成長の和がその県の年間成長 C ($m^3/年$) となる。

$$C = \sum_j C_j$$

各県の蓄積と成長の総和が国内の蓄積と成長である。地位⁴⁾ごとの収穫表を用意している地
 域では、全ての地位を平均して中庸な値とした。伐期は 100 年が多かったが、75 ~ 200 年と県

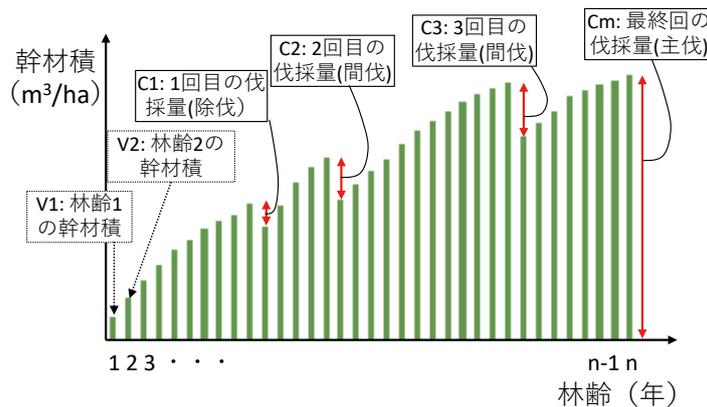


図2 森林蓄積量と成長量の計算方法

収穫表に基づいた林齢に対する幹材積を模式的に示している。幹材積は林齢とともに増加するが、適切なタイミングで
 除伐や間伐を施され、最終伐期に主伐される。幹材積の累積値に施業面積を乗じ、伐期年数で除したものが蓄積量である。
 除伐や主伐を含め、複数回行われる伐採による伐採量(収穫量)の総和に施業面積を乗じ、伐期年数で除したものが年
 間伐採量であり、年間成長量である。

によって異なり、それぞれの県の独自の値を用いた。また、新収穫表の情報がない場合には、近隣県の収穫表を用いた。

(3) 天然林の蓄積量と成長量

天然林は広葉樹林が84%と大部分を占めるため（後述「3.1 2つの林業統計の比較」、表5）、単純化を図り広葉樹林のみの計算を行った。広葉樹林の割合が80%を超える県では全て広葉樹林とし、針葉樹林が20%を超える県では針葉樹林を無視することとし、全国の天然林面積は1200万haとした。天然林の収穫表は見つからなかったため、人工林の広葉樹の収穫表を用いて計算した。広葉樹の収穫表は全国で10か所しかなく、樹種や施業方法、伐期、地位が様々で50のパターンがあった。このうち80年以上の長伐期の40の収穫表の中から、収穫量が最小のもの、最大のもの、樹種と施業方法を全てあわせて平均したものの3区分を設けた上で人工林と同様の計算を行った。

2.3 利用可能資源量

(1) 地上部全体の資源量

ここまでの蓄積量と成長量は幹材積で示してきた。これまでは建築用材生産が林業生産の大きな目的であったので幹材積は収穫の重要な指標であった。しかし、木質バイオマスの利用は燃料やパルプなど非建築用材など多岐にわたり、幹材の形状やサイズにこだわる必要がない。さらにプラスチック原料として化石資源の代替となり得る。その際、幹材だけでなく、枝葉も有効な資源である。また、現実の森林では枯損木や侵入木⁵⁾がある程度の割合で生じる。これらも、利用可能な資源である。そこで、地上部全体の乾重ポテンシャルを計算した。

表2に示す各樹種の拡大係数を幹材積に乗じて地上部全体の体積を計算した[43]。さらに、容積密度を乗じて重量を計算した。枯損木と侵入木の割合は、基礎調査から求め、全3期分を平均したものを扱い、按分することで全幹材積を計算した。

(2) 施業森林面積の変更

木質バイオマス生産以外の森林の多様な公益的機能を発揮するために、施業を行う森林面積を以下のように縮小した場合の木質バイオマスポテンシャルについて計算した。

表2 バイオマス重量を算出する係数[44]

		拡大係数		地上部・ 地下部比	容積密度 (kg/m ³)
		20年生 以下	21年生 以上		
針葉樹	スギ	1.57	1.23	0.25	314
	ヒノキ	1.55	1.24	0.26	407
	アカマツ	1.63	1.23	0.26	451
	カラマツ	1.5	1.15	0.29	404
	トドマツ	1.88	1.38	0.21	318
広葉樹		1.43	1.3	0.26	647

地上部バイオマス重量 (kg) = 幹材積 (m³) × 拡大係数 × 容積密度 (kg/m³) によって計算できる。さらに、(1+地上部・地下部比) を乗じることで地下部も含めた全体重量が算出でき、炭素含有量 0.5 を乗じて炭素蓄積量も計算できる。広葉樹は、クヌギ、ナラ、その他の平均値。

⁴⁾ 地位：地域の林地の生産力を示す指数で、土壌や斜面向きなどいくつかの地況要因により、樹高によって地位を決定する。3段階、あるいは5段階に設定している地域が多い。

⁵⁾ 枯損木や侵入木：枯損木は立木の枯死木で倒木は含まない。侵入木は人工林において施業の対象としている樹種以外に林内に出現した樹木。林齢の上昇とともに出現頻度が高くなる。両者を基礎調査で測定している。

a. 人工林面積を3分の2に縮小

森林・林業基本計画 [1] によると、人工林（育成単層林）を現状の約 1000 万 ha から徐々に減らしていき、将来的には 660 万 ha とすることを目指している。拡大造林期に、広大な面積に植林を行ったが、その後、管理放棄や経済的に成立しないことで、人工林としての存続が難しい林分があり、それらを天然林に戻すとしているものである。これらは、急斜面やアクセスが困難な奥山、地位が低く成長が悪い土地などを含んでいる。広葉樹林へ誘導することで、木材生産ではなく公益的な機能の発揮を目指しており、妥当な目標と考えられる。

そこで、人工林を現状の 2/3 の 660 万 ha とした時の蓄積と成長を計算した。地位が低いところは施業を放棄し、地位が高い方から 3 分の 2 の面積で施業をするとして、「2.2 新収穫表に基づいた長伐期施業法正林の蓄積と成長の計算」にしたがって地位別収穫表と按分した面積から再計算した。さらに、上述 (1) 「地上部全体の資源量」にしたがい、地上部量を計算した。

b. 天然林面積を4分の3に縮小

自然公園の特別地域は生物多様性や景観の保全のために、林業活動の制限が敷かれている。天然林内に自然公園があるとみなし、これらの地域を除いた場合のポテンシャルを計算した。自然公園の面積は 560 万 ha、うち特別地区は 65% の 370 万 ha である [44]。各県において、天然林から自然公園面積の 65% を減じた。

3. 結果と考察

3.1 2つの林業統計の比較

表 3 に「森林資源現況調査」（現況調査）と「森林生態系多様性基礎調査」（基礎調査）の調査方法を示した。現況調査は収穫表に基づく森林資源量の計算値を累積している。一方、基礎調査は、実測の標本調査を繰り返している。

表 4 (1) に示すように森林面積は両調査ともほぼ同じ値で約 2500 万 ha、うち人工林約 1000 万 ha、天然林約 1500 万 ha であった。現況調査は森林簿（国有林は森林調査簿）に基づき、基礎調査はモニタリング調査に基づいて、それぞれの面積がほぼ一致することから測定精度は高いと考えられる。表 5 の現況調査で示される人工林・天然林の樹種別の面積を、2.2 「新収穫表に基づいた長伐期施業法正林の蓄積と成長の計算」で用いることとした。

表 4 (2) (3) と図 3 に示すように蓄積量と成長量はともに、両調査の結果が異なった。現況調査は木材生産量の把握を目的としているために、枯損木等は含まず、成長した幹材積のみを示している。一方、基礎調査は枯損木や侵入木も含んでいる。幹材積のみで比較したところ、蓄積量は両調査と

表 3 森林資源現況調査と森林生態系多様性基礎調査の調査方法

<p>森林資源現況調査</p>	<p>国有林では森林調査簿をもとに、民有林では森林簿をもとにして、5年ごとに各地域の森林計画を作成する際に積み上げていくことで資源量を計算するものである。1966年(昭和41)の標本調査によって全国の森林蓄積量を計算し、その後に各地の収穫表によって成長量を積み上げて計算している。1976年(昭和51)に開始、以降5年ごとにデータを更新して公表している。林業生産の収穫量を示すことを目的とした調査で枯損木や侵入木を含まない。</p>
<p>森林生態系多様性基礎調査</p>	<p>持続可能な森林経営に役立てるために、森林の状態と変化を全国で統一的な手法で測定。全国土に4km格子点を設置し、格子点が森林である場合には格子点を中心とした半径18m、面積0.1haの円内の毎木調査を行うモニタリング調査である。格子点は全国に約23,000点があり、そのうち約16,000点が森林で調査対象となっている。全国の対象格子点を調査するのに5年を要し、1999-2003年に第1期調査を行い、現在、第4期調査が終了し、第3期調査までの結果が公表されている。2009年度まで森林資源モニタリング調査という名称であった。</p>

森林資源に係る調査の詳細については吉田 [46]、白井・今富 [47] を参照のこと。

表4 2つの調査による森林面積・蓄積・成長

(1) 面積 (千ha)

	調査時	人工林	天然林(等)	合計
森林資源現況調査	H14 (2002)	10,360	14,760	25,120
	H19 (2007)	10,310	14,750	25,100
	H24 (2012)	10,280	14,790	25,080
	H29 (2017)	10,210	14,830	25,050
森林生態系多様性 基礎調査	第1期 (1999~2003)	10,747	14,640	25,388
	第2期 (2004~2008)	10,882	14,851	25,733
	第3期 (2009~2013)	10,858	15,003	25,861

(2) 蓄積 (百万m³)

	調査時	人工林	天然林(等)	合計
森林資源現況調査	H14 (2002)	2,338	1,702	4,040
	H19 (2007)	2,651	1,781	4,432
	H24 (2012)	3,042	1,859	4,901
	H29 (2017)	3,309	1,933	5,242
森林生態系多様性 基礎調査	第1期 (1999~2003)	2,454	2,469	4,923
	第2期 (2004~2008)	2,848	2,757	5,606
	第3期 (2009~2013)	3,339	3,319	6,658

(3) 成長 (百万m³/年)

	調査期間	人工林	天然林(等)	合計
森林資源現況調査	H14-H19 (2002~2007)	63	16	78
	H19-H24 (2007~2012)	78	16	94
	H24-H29 (2012~2017)	53	15	68
	H14-H29 (2002~2017)	65	15	80
森林生態系多様性 基礎調査	第1期-第2期	79	58	137
	第2期-第3期	98	113	210
	第1期-第3期	89	85	174

(4) 森林生態系多様性基礎調査 * 枯損木・侵入木を含んだ場合

	調査期間	人工林	天然林(等)	合計
蓄積 (百万m ³)	第1期 (1999~2003)	2,998	2,568	5,567
	第2期 (2004~2008)	3,569	2,888	6,457
	第3期 (2009~2013)	4,280	3,534	7,815
成長 (百万m ³ /年)	第1期-第2期	114	64	178
	第2期-第3期	142	129	272
	第1期-第3期	128	97	225

森林資源現況調査 [2] と森林生態系多様性基礎調査 [3] による (1) 森林面積、(2) 蓄積、(3) 成長と (4) 基礎調査の枯損木と侵入木を含んだ時の蓄積と成長を示す。(2) 蓄積と (3) 成長は生木の幹材積を示しており両調査の比較が容易である。(3) 成長は前後する2回の調査期間の蓄積量の差を調査期間年数で除して年成長量とし、全期間は最初の調査と最後の調査の結果を用いたものである。「天然林(等)」は、現況調査では天然林のほかに無立木地と竹林を含み、基礎調査では天然林のほかにその他を含んでいる。森林面積は両調査で同等であり、蓄積と成長は基礎調査の方が大きい。また、枯損木・侵入木を含むことで蓄積の10~20%、成長のおよそ30%増加する。

も次第に増加していることから、現状、国内の森林は成長を続けている。蓄積量は現況調査52億m³、基礎調査67億m³(いずれも直近の結果)で基礎調査の方が大きかった。表4と図3に示した範囲で一貫して基礎調査の蓄積量の方が大きく、人工林では1.05~1.1倍、天然林では1.5~1.8倍、

表5 森林資源現況調査の樹種別森林面積

人工林樹種別面積（千ha）

針葉樹							広葉樹		
スギ	ヒノキ	マツ類	カラマツ	トドマツ	エゾマツ	その他針葉樹	クヌギ	ナラ類	その他広葉樹
4,438	2,595	818	977	776	11	252	64	16	238
43.6%	25.5%	8.0%	9.6%	7.6%	0.1%	2.5%	0.6%	0.2%	2.3%

天然林面積内訳（千ha）

針葉樹	広葉樹
2,167	11,234
16.2%	83.8%

人工林はほとんど針葉樹によって形成され、スギ、ヒノキ、マツ類、カラマツ、トドマツが全体の94%を占める。「2.2 新収獲表に基づいた長伐期施業法正林の蓄積と成長の計算」(2) 人工林の蓄積量と成長量の計算では、人工林の樹種別面積をこれら5種の面積比で按分したものをを用いて単純化した。天然林は竹林や無立木地（伐採跡地、未立木地）を含まないため、表2の約1500万haより小さく約1200万haで、広葉樹林の面積が大半を占める。「2.2 新収獲表に基づいた長伐期施業法正林の蓄積と成長の計算」(3) 天然林の蓄積量と成長量の計算では、広葉樹林を多様な樹種の混交林として扱い、面積は下表の天然林の広葉樹面積を用いた。平成29年版の森林資源現況調査[2]の樹種別年齢別面積から著者作成。

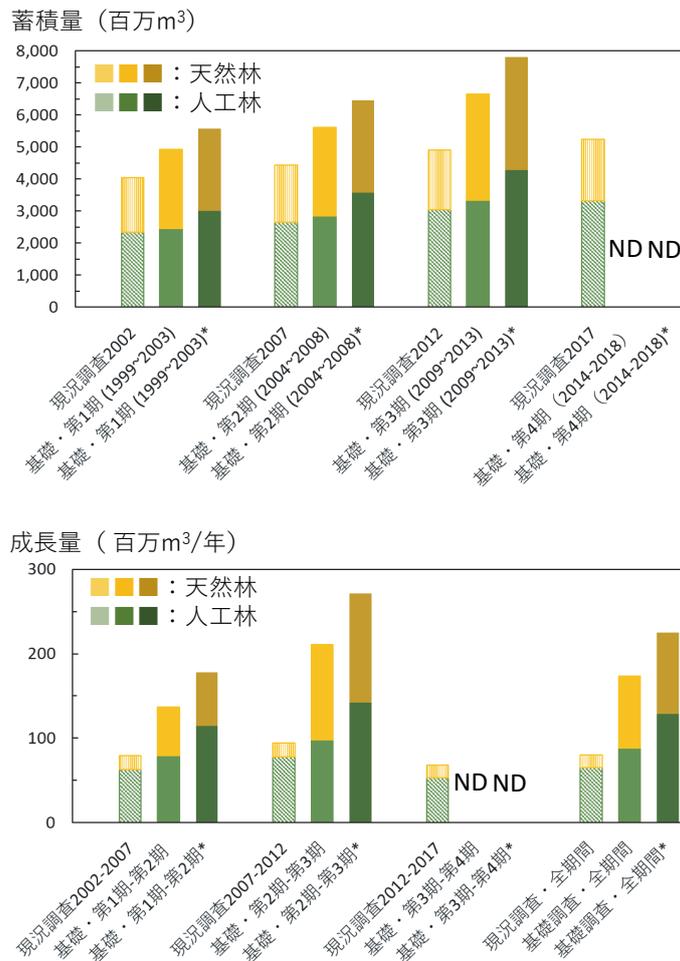


図3 森林蓄積と成長

森林資源現況調査と森林生態系多様性基礎調査の蓄積と成長をほぼ同時期の調査結果と比較した。基礎調査は枯損木と侵入木も含めた場合も示している（*付き）。成長は2回の調査期間の蓄積の差を調査期間年数で除して年成長量とし、全期間とは表2に示すそれぞれ最初の調査と最後の調査の結果を用いたものである。ND: データ未公表（2022/10/26 現在）

全体で1.2～1.4倍の開きがあった。成長量も基礎調査1.7億 m^3 /年で現況調査0.8億 m^3 /年よりも大きく（全期間）、人工林では1.3～1.4倍、天然林では3.6～7.1倍、全体で1.7～2.2倍の違いがあった。

基礎調査では、枯損木と侵入木の測定をしている。表4（4）と図3に示すように、枯損木と侵入木を含めた森林蓄積78億 m^3 （直近）、成長2.3億 m^3 /年（全期間）であった。蓄積に占める枯損木と侵入木は人工林では25%、天然林では5%（3期分の平均）であった。

現況調査と基礎調査の大きな相違について、Egusa et al. [45]は、現況調査が1966年の古いモニタリング調査による森林の蓄積量に1970年頃に作られた収穫表の値を累積していることで過小評価になっていることを指摘している。このことは多くの地域で確認されている。収穫表作成のための悉皆調査が行われた当時、高齢木が少なかったために50林齢以降の精度が低かった。その後、林業の低迷が続き、植林から50年過ぎた人工林で主伐が行われず、長伐期林業に移行している林分が多い。50年齢以降の植林木がこれまでの予測を超えて成長していることが各地で確認されている。これらを受けて新しい収穫表が1990年以降に各地で作られ、地域によっては現在作成中のところもある。初期の収穫表と異なり、これらの新しい収穫表は高齢木の情報が十分に集積されており、現状の森林をよりよく示している。「2.2 新収穫表に基づいた長伐期施業法正林の蓄積と成長の計算」では、1990年以降の新しい収穫表から計算を行うこととした。

さらに、基礎調査は、森林の状態とその変化をとらえるために枯損木や侵入木を調査している。一方、現況調査は従来の林業生産の把握を目的としており、枯損しなかった生きた植林木から得た幹材のみの量を把握しているため、両者の差は大きい。枯損木や侵入木は資源として有用であり木質バイオマスとして利用できる⁶⁾。

3.2 新収穫表による長伐期施業の法正林における持続的な生産

(1) 蓄積と成長

各地で1990年頃以降に作成された新収穫表の成長を反映させた約100年の長伐期施業の法正林が、50～100年後に成立した場合の蓄積と成長を表6に示し、現況調査および基礎調査との比較を図4に示す。蓄積は人工林で42億 m^3 となり基礎調査の結果を上回った。天然林では15～40億 m^3 の範囲となり、平均では23億 m^3 であった。これは、基礎調査の第1期と同等の値である。合計で57～82億 m^3 、平均66億 m^3 となり、基礎調査の合計と同等かそれ以上の値であった。

成長は人工林約1億 m^3 /年、天然林0.6億 m^3 /年（平均）、合計で1.6億 m^3 /年となった。いずれも基礎調査と同等の値となった。天然林は最小と最大の幅は広がった。広葉樹林施業に関する情報が少なく今後の精度の向上が必要である。森林全体として長伐期施業の法正林を確立するこ

表6 新収穫表による長伐期法正林の将来の森林の蓄積と成長

	人工林	天然林(等)	合計
蓄積 (百万 m^3)	4,215	2,338 (1,485～3,974)	6,553 (5,700～8,189)
成長 (百万 m^3 /年)	99	58 (33～103)	157 (132～202)

天然林と合計は平均値とともに、カッコ内に最小値と最大値を示している。

⁶⁾ 従来の林業では建築物の柱や板を生産するために幹材の大きさと質への制約が大きかった。しかし、CLT技術（Cross Laminated Timber 直交集積板：挽き板の繊維方向が直交するように接着した合板）の開発でその制約は小さくなり、幹材の利用可能な部分が増えて、CLTによる大規模木造建築が可能となった。一方、端材、樹皮、枝葉などと枯損木は単位重量当たりの熱量は幹材と変わらないため燃料としての利用が可能であるとともに、バイオマス・プラスチックの原料としての利用が可能である。木質バイオマスの使い道は多様化している。

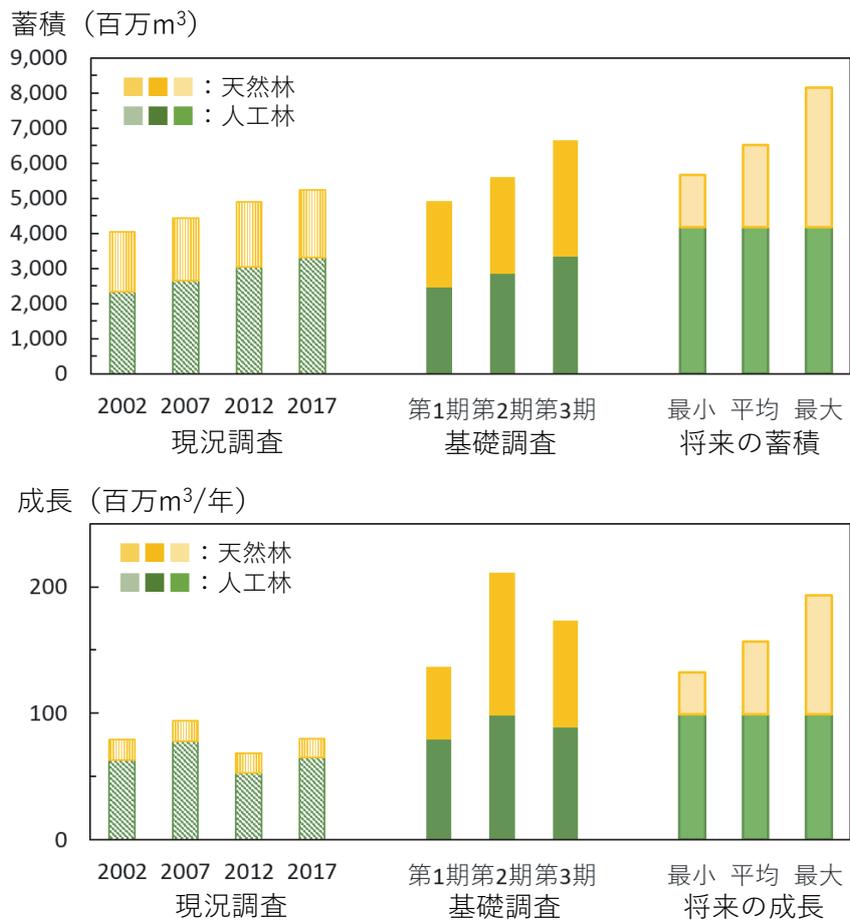


図4 新収穫表による長伐期施業法正林の将来の森林蓄積と成長とこれまでの2つの調査の比較
 現況調査は2002年から2017年までの4回、基礎調査は第1期から第3期までの蓄積と成長を示した。新収穫表による将来の森林蓄積と成長は天然林について最小、平均、最大の3通りの結果を示した。

とで、基礎調査が示す最近の成長量と同等の1.6億m³/年の資源を持続的に得ることができ、これは現在の需要の0.82億m³/年 [1] のおよそ2倍にあたる。

(2) 全国の分布

図5に新収穫表による長伐期施業法正林の将来の蓄積と成長の全国分布を示した。都道府県別では、北海道の森林面積は全国の森林面積の22%を占めるため、蓄積と成長が全国で格段に大きかった。8地方で比較すると蓄積・成長ともに東北地方が最大で、ついで中部地方が続く、北海道と九州が同等であり、近畿・中国・四国が続く、関東地方が最も小さかった。北海道は天然林の割合が大きく、人工林はカラマツとトドマツからなる。東日本は人工林の大半はスギが占めることと、天然林の割合が西日本より大きいという特徴があった。西日本の人工林はスギとヒノキからなり、天然林の割合は小さかった。地域ごとの森林構成の情報は今後の管理のために重要である。特に、天然林の蓄積と成長は今後の精査が必要であり、天然林の割合が多い地域では、どのような管理と利用を進めるか検討が必要である。

(1) 樹種別の蓄積と成長の都道府県分布

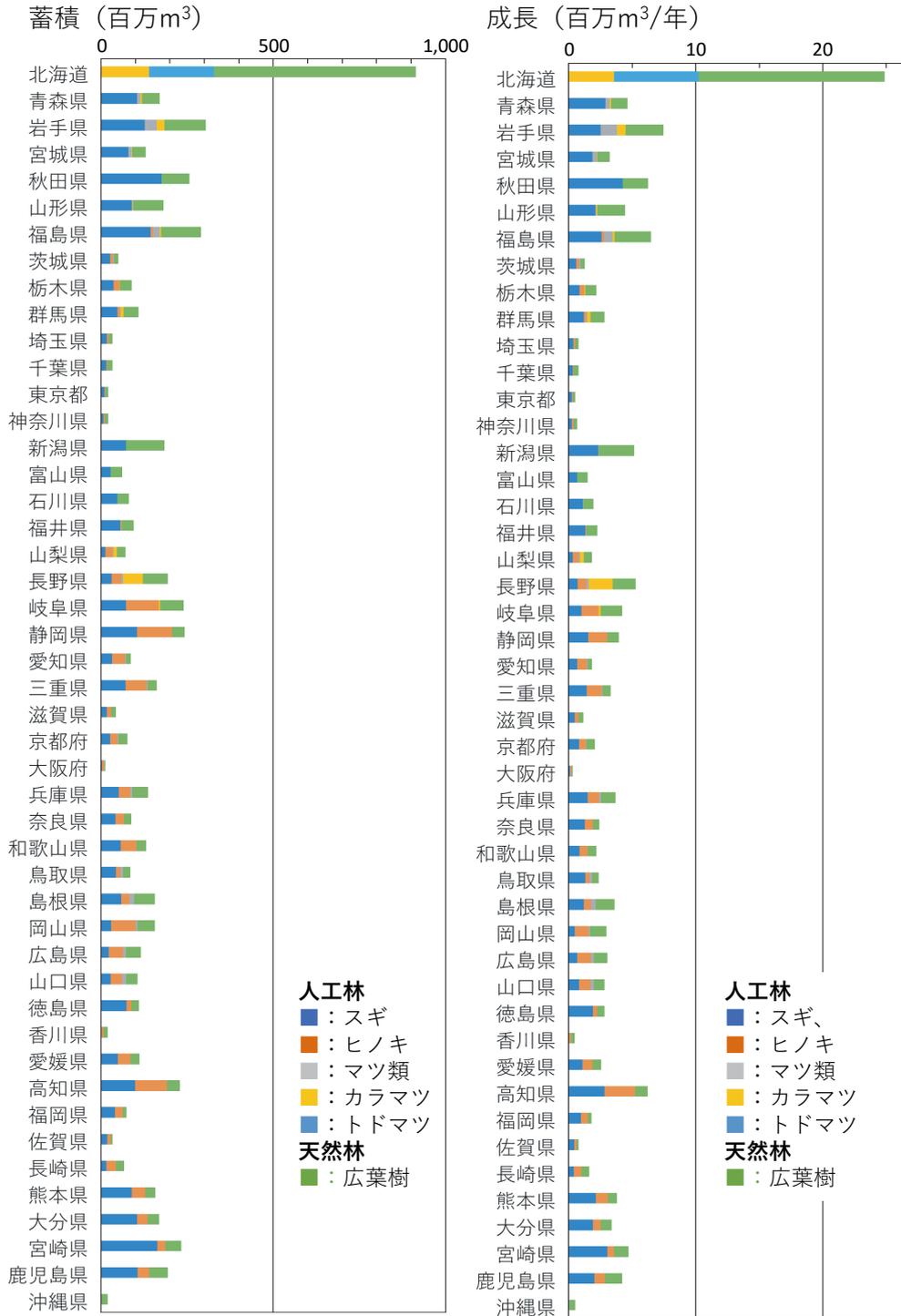
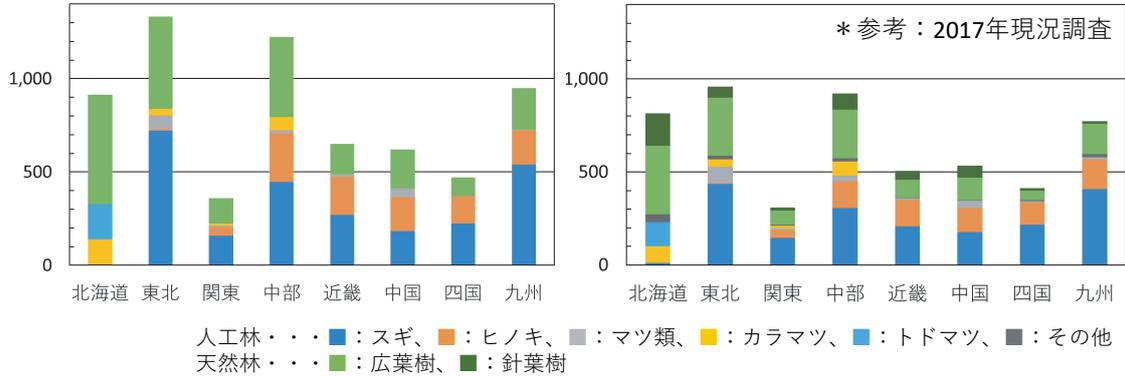


図5 新収穫表による長伐期施業法正林の将来の森林の蓄積と成長

(1) 樹種別の蓄積と成長の都道府県分布 (次ページにつづく)

(2) 樹種別の蓄積と成長の地方分布

蓄積 (百万m³)



成長 (百万m³/年)

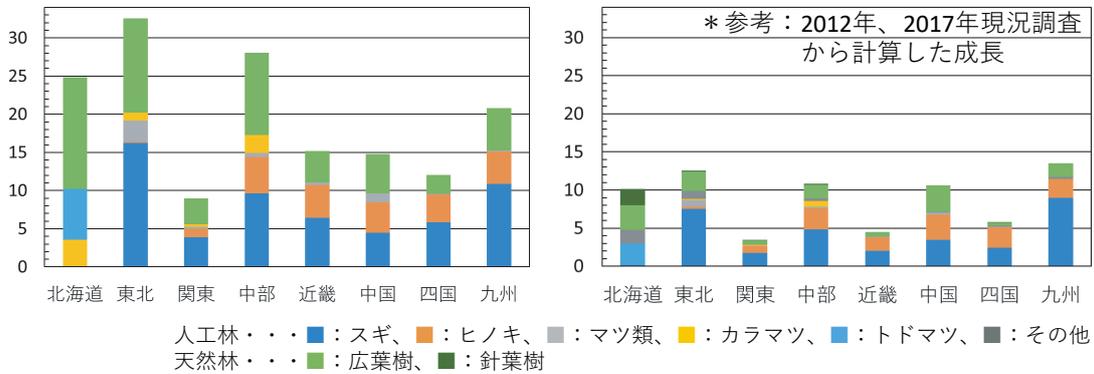


図5 新収穫表による長伐期施業法正林の将来の森林の蓄積と成長

(前ページからつづき) (2) 樹種別の蓄積と成長の地方分布。都道府県分布を8つの地方にまとめたものである。天然林は平均値を示した。また、参考として現況調査 [2] の2017年の蓄積と2012-2017年の成長を並記した。将来の森林は面積の少ない部分を割愛しているために、人工林にその他の樹種と天然林の針葉樹を含んでいない。将来の森林の方が蓄積・成長とも多い。また、将来の森林と現況調査では成長の地方分布パターンが異なる。

3.3 地上部木質バイオマスポテンシャル

(1) 地上部木質バイオマス

前項では、蓄積と成長を幹材積で示した。ここでは、将来、森林総面積2300万haで新収穫表のもとで長伐期法正林が形成された場合の地上部の森林バイオマスの蓄積と成長を表7に重量で示し、その地方分布を図6に示す。これらは、枝葉や枯死木、侵入木を含んでいて何らかの用途に使えるものである。人工林と天然林で、容積密度や枯損木割合等が異なるため、幹材積ベースでは人工林の量が大きかったが、地上部重量バイオマスでは人工林23億トン、天然林21億トンとその差は小さくなり、合計で43億トンとなった。成長量も両者はほぼ等しく0.5億トン/年で、合計で約1億トン/年となった。蓄積と成長の地方分布は図5に示した幹材分布のパターンと同じで、東北地方が最も多く、中部・北海道・九州が続いた。樹種内訳は異なり天然林(広葉樹)は容積密度が人工林樹種よりも大きいため、天然林の占める割合が大きくなった。

(2) 森林施業面積の変更

森林・林業基本計画 [1] に沿って森林の多面的機能を発揮するために人工林の施業面積を660万haに、自然公園特別地区を保全するために天然林施業面積を820万haに縮小し合計1420万haで生産を行った場合に蓄積30億トン、成長0.74億トン/年となる。ただし、この場合は施

業していない森林の蓄積と成長を考慮していない。

(3) 将来の供給と需要

現在の木質バイオマスの需要 0.82 億 m^3 (表 1) は約 0.41 億トンと推定できる (様々な樹種を含んでおり、表 2 より容積密度 500 kg/m^3 とした)。森林面積 2300 万 ha から 1 億トン/年の供給がある場合、需要 0.41 億トンは十分に賄える。新たな需要として木質バイオマスを用いたプラスチック製造は需要の有力な候補である。現在、化石資源由来のプラスチックの需要は約 0.1 億トン/年である。木質バイオマス由来のプラスチック合成とリサイクルの技術が進んだ場合、プラスチックの原料として毎年 0.32 億トンの木質バイオマスが必要となる ([7] をもとに著者換算)。現在の需要とプラスチック原料としての需要を合わせて 0.73 億トンで、その他の用途にも利用可能であり、熱・電気のエネルギー利用などが考えられる。

一方、施業面積を縮小した場合の供給量 0.75 億トン/年は現在の需要 0.41 億トンとプラスチック原料分 0.32 億トンを合わせたものとほぼ等しくなる。今後の木質バイオマスの利用技術の開発と需要の動向を見極めながら、供給の分配を柔軟に変化させることとなる。

本提案書では天然林の蓄積と成長が基礎調査の結果よりやや下回り、過小評価の可能性はある。天然林は多種混生であり、一つの収穫表の当てはめによる推計は精度が低いと思われる。また、80～100年伐期の施業を想定したもとの計算であるが、20 齢級 (100 林齢) よりも高齢な森林が多いことが関係するかもしれない (図 1)。天然林ないし広葉樹林施業のデータは次第に蓄積されつつあり [48]、今後これらの知見に基づいたポテンシャル計算の更新が必要であろう。

気候変動下において、世界の森林の分布は変化し、これまでの森林地帯から森林が消失するという予測がある中で、日本の森林分布は持続する可能性が高い [49]。森林国でありながら、過去数十年にわたって森林のアンダー・ユースが問題となっていた。今後、適切な管理と資源の有効利用をすることで、森林の多面的機能の発揮を促進することで、森林のアンダー・ユースを解消できる。

(4) 二酸化炭素の吸収量

森林の多面的機能の中でも重要な機能は二酸化炭素の吸収機能である。環境省が示す全森林を対象としたときの直近の森林吸収量は 0.55 億トン CO_2 /年である [50]。これに対し、長伐期法正林施業が全森林で行われた場合に、表 2 の係数を用いて地下部も含めた二酸化炭素吸収量は 2.44 億トン CO_2 /年であり、Egusa et al. [45] が森林生態系多様性基礎調査から導いた現状の吸収量 1.78 億トンと同等以上である。将来の森林が吸収源として果たす機能は大きいと考えられる。これは、伐採後の再植林をはじめとして、一連の施用を通して適切な管理が重要である。

二酸化炭素吸収をはじめとする森林の様々な機能の発揮は、資源の持続的生産とそれにとまらう森林の保全と表裏一体であり、速やかに木質バイオマスの自給率 100%を目指すのが望ましい。

(5) 木質バイオマス産業への経済効果

表 8 に国内で木質バイオマス 1 億トン/年 (体積換算 2 億万 m^3) を持続的に生産可能で自給率 100%となった場合の周辺産業に与える影響と経済効果を例示する。1 億トンの分配を、現在の需要に 0.41 億トン、木質バイオマス由来のプラスチック製造に 0.32 億トン、残りの 0.27 億トンを熱・電気エネルギー利用することを前提とした。

まず、林業の国内総生産は現状 2327 億円から 15000 億円へと 6.5 倍増加、製材・木製品製造業も取り扱う木材量の増加で 1.8 倍となる。プラスチック製造量は現在と変わらないとし、プラスチック製品製造業の国内総生産は変わらない。一方、原料をナフサから木質バイオマスに変更することでナフサの輸入が不要となる。また、現状では 6 割の木材を輸入しているが、これも不要となる。これらにより、国内総生産から輸入額を相殺したものは 10 兆円から 23 兆円へ増加する。また、製造品出荷額でみると木材・木製品製造業は 2.8 兆円から 5 倍の 14 兆円となる。

林業従事者は 2.7 倍の 12 万人となると同時に現状の 2 倍の労働生産性が必要である。木材・木製品製造業者は 2.7 倍の 24 倍となる。

表7 将来の森林の地上部バイオマスの蓄積と成長

(1) 現在の全森林で施業

	人工林	天然林(等)	合計
面積	1000万ha	1200万ha	2200万ha
地上部蓄積 (百万t)	2,293	2,079	4,372
地上部成長 (百万t/年)	54	52	106

(2) 縮小した面積で施業

	人工林	天然林(等)	合計
面積	660万ha	820万ha	1480万ha
地上部蓄積 (百万t)	1,633	1,432	3,065
地上部成長 (百万t/年)	39	36	75

長伐期施業法正林のもとでの将来の地上部バイオマスの蓄積と成長を、(1) 現在の全森林で施業した場合、(2) 縮小した面積で施業した場合について地方分布を示した。森林・林業基本計画では将来の人工林を2/3にしている。また、自然公園特別地域では林業は制約されている。縮小した場合は現状のおよそ6割の面積で施業するとした。*注：施業面積を縮小した場合の蓄積は施業面積部分のみであり、それ以外の部分の蓄積と成長は含まない。

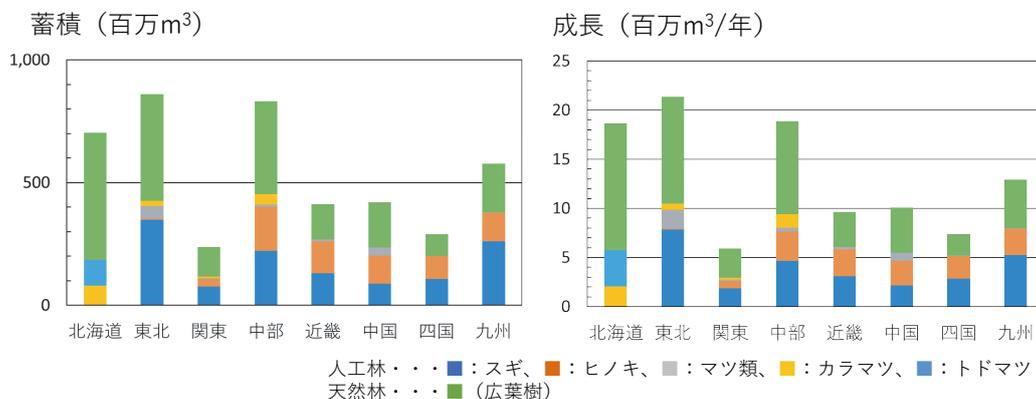


図6 将来の地上部バイオマスの蓄積と成長の地方分布

新収穫表による長伐期施業法正林の将来の森林における地上部バイオマスの樹種別の蓄積と成長の地方分布。天然林は平均値を用いた。

全森林での適切な管理下での施業は大量のCO₂を吸収する。また、プラスチックは木質バイオマスと回収した廃プラスチックを原料とするリサイクル製品を製造する技術が開発された場合、製造時の排出は大幅に削減できる [7]。全体としてCO₂は吸収となる。

現在の国内総生産約540兆円のうち、林業と製材・木製品製造業の国内総生産は現状では約9兆円で2%に満たない [51]。将来、林業と製材・木製品製造業の国内総生産が2倍増加して約18兆円となっても、全体に対する影響は小さいと思われる。しかし、木質バイオマス産業が自立的・持続的な産業となることで、森林の環境を保全しながら国内資源を有効に利用でき、他の産業のモデルとなる。また、木質バイオマスをプラスチックの原料とする例を示したが、このような技術開発によって、化石資源依存から脱却できるであろう。

木質バイオマス産業は、これまで抱えてきた多くの課題を解決して発展することが必要である。

4. まとめ

- (1) 林業が長伐期施業に移行しつつあることと、高齢木の成長の情報が蓄積されてきたことで、各地で新しい収穫表が作られ、以前よりも収穫表の精度が高くなってきた。将来、これら新

表8 将来の木質バイオマス産業

		単位	現在	将来 2050年以降	備考
木材総需要		百万m ³	74	200	2020年[52]。将来の需要・供給は幹材積成長157
木材国内供給		百万m ³	31	200	百万m ³ に表2の拡大係数を乗じた
自給率		%	42	100	
利用構成比 (体積比)	木材・木製品製造用	%	83	40	2020年の構成比[52]
	燃料等	%	17	30	
	プラスチック合成用	%	0	30	
	労働生産性	m ³ /人・日	2.3	5.4	現在の生産性は国内供給を林業従事者数で、将来は現在の需要を林業事業者で除した
国内総生産	林業	億円	2,327	15,000	林業と製材・木製品製造業は[53]から、将来は量で按分。プラスチック製品製造業は原料のみの変更と考え現在値を使用[54]
	木材・木製品製造業	億円	86,336	160,000	
	プラスチック製品製造業	億円	54,000	54,000	
	合計	億円	142,663	230,000	
輸入額	木材	億円	12,290	0	木材需給表[52]
	ナフサ	億円	26,478	0	原油類輸入額[51]のうちナフサは26.5%[55]、すべて輸入とした
	合計	億円	38,768	0	
国内総生産と輸入額を相殺		億円	103,895	230,000	
製造品出荷額	木材・木製品製造業	億円	28,107	140,000	[54]。国内総生産と計算方法は同様
	プラスチック製品製造業	億円	130,000	130,000	
	合計	億円	158,107	270,000	
就労者	林業	人	45,430	120,000	[54]。国内総生産と計算方法は同様
	木材・木製品製造業	人	87,554	240,000	
	プラスチック製品製造業	人	450,000	450,000	
	合計	人	582,984	810,000	
CO₂排出	プラスチック製造時排出量	百万tCO ₂ /年	60	3	[6]
	森林の吸収源機能	百万tCO ₂ /年	-55	-244	[50]、全森林を対象にしたもの
	合計	百万tCO₂/年	5	-241	

将来、持続的に木質バイオマス生産が1億トン/年となった場合の木質バイオマス産業の変化と国内総生産、製造品出荷額などを示した。国内の木質バイオマスの自給率は100%で、現在の需要を満たし、さらに、燃料やプラスチックの原料として用いられる例を示す。プラスチックの原料は、化石資源から木質バイオマスに完全に切り替えたとした。

- 収穫表に基づいた長伐期施業を法正林で行った場合、地上部蓄積が44億トンの森林から約1億トン/年（成長量約2億m³/年）の木質バイオマスを持続的に収穫できることが分かった。
- (2) これは、最新の森林資源現況調査結果（幹材積成長）約0.4億トン/年（約0.8億m³/年）を上回る。内訳は人工林1000万haから地上部蓄積23億トンで成長0.54億トン/年、天然林1300万haから地上部蓄積20億トンで成長0.52億トン/年である。
 - (3) 現在の木質バイオマスの需要0.82億m³/年（約0.41億トン/年）の2倍以上にあたり、自給率100%とできる上、新たな需要にも応じられるポテンシャルがある。
 - (4) 新たな需要として木質バイオマスのプラスチック化があり、現在の化石資源由来のプラスチックの需要量約0.1億トン/年に対し、木質バイオマス0.32億トン/年で賄えると試算できる（廃プラスチック約0.1億トン/年も必要）[7]。上記の自給率100%と合わせて0.73億トン/年の需要に対し十分な供給ポテンシャル（約1億トン/年）がある。木質バイオマス生産が増加することと、それをプラスチック製造において循環的に利用することで、全体として二酸化炭素は排出から吸収に転じる。
 - (5) 最新の森林・林業基本計画に沿って木質バイオマス生産を行う森林面積を縮小し人工林660万haとし、天然林から自然公園などの特別地域を除いて820万haとした場合でも現在の需

要を超えるポテンシャル（約0.74億トン/年）がある。

- (6) 木質バイオマスの蓄積や成長のポテンシャルは東北、中部、北海道、九州などが特に大きい、全国に遍在する。地域の森林の特性に合わせた森林の活用が可能である。
- (7) 国内産業全体への影響は小さいが、木質バイオマス産業は供給が拡大し国内総生産は9兆円から18兆円へ2倍増加する可能性がある。
- (8) 今後の課題として
 - ①具体的な法正林化と長伐期施業の方法の確立と、林業の低コスト化の検討が必要。
 - ②木質バイオマスのプラスチック化のコストダウンと量産方法の確立が必要。
 - ③他の主要需要として上記自給率100%化、プラスチック化に加え、木質バイオマス発電および熱利用などがあるが、これらへのポテンシャルの配分については新たな技術開発や、需要のトレンドにもよるため今後の課題とする。

5. 政策立案のための提案

- (1) **自給率100%を目指す林業計画作成** 適切な施業で年1億トン/年の収穫が持続的に得る体制を速やかに作る。現状、森林の齢級分布に大きな偏りがあり、それを平滑化することなどの課題はあるが、目標を上昇修正し自給率100%を速やかに達成する中長期的なロードマップを作ることが必要。
- (2) **木質バイオマス利用技術の開発** 毎年1億トンの供給に備えた需要探索は必須である。木質バイオマスは構造物として炭素固定能力を発揮することだけでなく、化石資源の代替原料やバイオマス燃料など多様な利用ができる。現在、年間約1000万トンの需要があるプラスチックの原料としての利用は有望である。木質バイオマスのプラスチック化のプロセス開発および量産化技術開発の推進が必要。
- (3) **林業の低コスト化** 木質バイオマスを持続可能に自給できる体制づくりのため、林業のコスト低減策と生産性向上策に加え、各工程の運用・管理組織の構築が必要。
- (4) **林業統計の整備** 森林資源の統計資料は重要である。精度の高いデータが速やかに公開され、森林の状態の変化が林業政策や林業経営に速やかに反映される体制作りが必要。
- (5) **支援体制** 上述の(2)技術開発と(3)林業コスト低減と生産性向上は、木質バイオマス関連産業を自立的で持続的であり、環境を保全する産業へ発展させるために重要であり、(4)林業統計はそれらを支える。それぞれに効果的な支援が必要。

参考文献

- [1] 林野庁，“森林・林業基本計画 関係資料”，<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/plan/attach/pdf/index-4.pdf>，（アクセス日 2022年10月19日）。
- [2] 林野庁，“森林資源の現況”，平成29年3月31日現在およびそれ以前の森林資源現況総括表，樹種別齢級別面積など，<https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/index1.html>，（アクセス日 2022年7月27日）。
- [3] 林野庁，“森林生態系多様性基礎調査”，森林蓄積の状況（第3期）など，<https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/tayouseichousa/>，（アクセス日 2022年7月27日）。
- [4] 加藤鐵夫，“我が国の木材需給と蓄積の推移”，In：一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会，https://i.unu.edu/media/ias.unu.edu-en/news/17217/S1_Kato.pdf，（アクセス日 2022年10月19日）。
- [5] 高口洋人，“森林と建築をつなぐ”，In：“森林列島再生論”，小原隆，日経BP，p.57-75，2022年。
- [6] 森林総合研究所北海道支所，“北海道地方版カラマツ人工林収穫予想表”，2005年。

- [7] 2021年度低炭素社会戦略センターシンポジウム講演（2021年12月3日），“2030年政府案の実現性と2050年明るいゼロカーボン(ZC)社会”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，<https://www.jst.go.jp/lcs/sympo20211203/index.html>，（アクセス日 2022年10月19日）。
- [8] 北海道林業試験場，“トドマツ人工林施業の手引き”，2015年。
- [9] 青森県農林部林政課，“青森県民有林スギ・アカマツ・カラマツ・広葉樹収穫予想表林分材積表，平成9年3月”，1997年。
- [10] 青森県農林総合研究センター林業試験場，“里山・広葉樹等管理マニュアル，平成16年3月”，2004年。
- [11] 木戸口沙織，栗野義之，“岩手県民有林におけるスギ高齢林の現状と収穫予想表の作成”，岩手県林業技術センター研究報告 No 15，p.1-8，2007年。
- [12] 秋田県森林技術センター，“秋田県民有林スギ林分収穫予想表1999-2012年”，2013年。
- [13] 森林総合研究所，“里山広葉樹二次林の形成過程の解明と管理手法の開発”，公立林業試験研究機関研究成果選集，山形県森林研究研修センター，No.9，p.9，2012年。
- [14] 福島県林業研究センター森林環境部，“高齢林分の立地環境特性と施業技術の確立 平成15年6月”，2003年。
- [15] 福島県農地林務部，“ヒノキ人工林収穫予想表等作成に関する基礎調査書平成2年”，1990年。
- [16] 浅野浩之，“スギ・ヒノキ人工林の現実林分材積表の精度向上に資する研究”，群馬県林業試験場業務報告，2007年。
- [17] 千葉県，千葉県農林水産技術会議，“農林水産技術会議技術指導資料，長伐期施業の進め方，平成25年3月”，2013年。
- [18] 千葉県，“美しいちばの森林づくり・森林整備によるCO₂吸収量認証制度2022年3月11日”，<https://www.pref.chiba.lg.jp/shinrin/kyuusyuu/index.html>，（アクセス日 2022年7月27日）。
- [19] 神奈川県，“神奈川県簡易林分収穫予想表について”，<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/xp8/kanirinbunsyukakuyousouhyouunituite.html>，（アクセス日 2022年7月27日）。
- [20] 神奈川県農政部林務課，“簡易林分収穫予想表，昭和38年3月”，1963年。
- [21] 新潟県治山課，“現実林分材積（蓄積）表”，2010年。
- [22] 富山県農林水産総合技術センター森林研究所，“とやま森林研究所だより No 8，広葉樹二次林の収穫予測”，2012年。
- [23] 石川県林業試験場，“よくわかる石川の森林・林業技術 No 5，ミズナラ林の育成技術”，2004年。
- [24] 石川県林業試験場，“よくわかる石川の森林・林業技術 No 3，ケヤキ林の育成技術”，2003年。
- [25] 片倉正幸，山内仁人，古川仁，“ヒノキおよびカラマツ人工林の長伐期施業に関する研究”，長野県林業総合センター研究報告第19号，p.1-16，2005年。
- [26] 岐阜県林政部，“スギ人工林林分材積表，林分収穫予想表（積雪1m未満地域）”，1992年。
- [27] 岐阜県林政部，“ヒノキ人工林林分材積表，林分収穫予想表（積雪1m未満地域）”，1992年。
- [28] 岐阜県林政部，“カラマツ人工林林分材積表，林分収穫予想表”，1985年。
- [29] 岐阜県林政部，“広葉樹林分材積表”，1992年。
- [30] 静岡県農林水産部，“新しい林業技術 No 329，長伐期施業に対応する密度管理と収穫予測のシステム化，平成10年度”，1998年。
- [31] 三重県林業研究所，“三重県スギ・ヒノキ人工林林分材積表（長伐期施業対応版）平成22（2010）年3月”，2010年。
- [32] 滋賀県，“オスソメの長伐期施業モデル”，滋賀県 湖北地域振興局 提案 積極的長伐期施業技術モデル（スギ：1等地），2016年3月31日，<https://www.pref.shiga.lg.jp/ippan/kankyoshizen/shinrinhozen/21758.html>，（アクセス日 2022年7月27日）。
- [33] 山下由美子，近藤洋史，“和歌山県スギ・ヒノキ人工林の地位指数曲線と林分材積表の改訂およびシステム収穫表の作成”，和歌山県農林水産試験研究機関研究報告5号，p.115-132，

- 2017年.
- [34] 鳥取県農林水産部, “鳥取県民有林 スギ人工林収穫予想表等 作成に関する基礎調査書 昭和57年1月”, 1982年.
- [35] 鳥取県農林水産部林務課, “鳥取県民有林 ヒノキ人工林収穫予想表等及び材積表, 昭和60年3月”, 1985年.
- [36] 鳥取県林政企画部, “森林簿の材積の改訂について”, In: 農林水産商工常任委員会提出資料(平成27年12月17日), 鳥取県農林水産部, p.5-6, 2015年.
- [37] 岡山県農林水産部林政課, “21世紀おかやまの新しい森育成指針—長伐期施業をめざして—平成14年3月”, 2002年.
- [38] 福岡県農林水産部農山漁村振興課, “福岡県材積表・福岡県施業体系図”, 監修福岡県森林林業技術センター, 2014年.
- [39] 夏井雄一郎, “簡易収穫表の作成に関する調査”, 令和元年度 佐賀県林業試験場業務報告書, pp.70-74, 2019年.
- [40] 大分県, “大分県収穫表改訂調査報告書平成31年3月”, 2019年.
- [41] 宮崎県環境森林部, “宮崎県長伐期施業技術指針, 平成20年3月”, 2008年.
- [42] 長濱孝行, 近藤洋史, “長伐期施業に対応した鹿児島県スギ人工林収穫予測”, 日本森林学会誌, 88(2):71-78, 2006年.
- [43] 森林総合研究所, “森林による炭素吸収量をどのようにとらえるか 京都議定書報告に必要な森林吸収量の算定・報告体制の開発” から “木1本に固定されている炭素の量”, <http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/dept/22climate/kyuushuuryou/>, (アクセス日 2022年10月27日).
- [44] 環境省, “日本の国立公園, 法令・各種資料, 自然保護各種データ”, 自然公園面積総括表と自然公園都道府県別面積総括など, <https://www.env.go.jp/park/doc/data.html>, (アクセス日 2022年7月27日).
- [45] Tomohiro Egusa, Tomo'omi Kumagai, Norihiko Shiraishi, “Carbon stock in Japanese forests has been greatly underestimated.”, *Scientific Reports* 10: 7895, 2020年.
- [46] 吉田茂二郎, “現行の全国森林資源モニタリング調査と戦後の我が国の森林資源調査について”, 日本林学会誌, 90(4):283-290, 2008年.
- [47] 白井裕子, 今富裕樹, “我が国に眠る莫大な資源, その把握と情報管理”, 電子情報通信学会, Vol. 100, No. 11, pp.1236-1241, 2017年11月.
- [48] 森林総合研究所関西支所, “中山間地で広葉樹林を循環利用するためのハンドブック”, 2019年.
- [49] Akiko Hirata, Yuji Kominami, Haruka Ohashi, Ikutaro Tsuyama, Nobuyuki Tanaka, Katsuhiko Nakao, Yasuaki Hijioka, Tetsuya Matsui, “Global estimates of stress-reflecting indices reveal key climatic drivers of climate-induced forest range shifts.”, *Science of the Total Environment* 824 (2020) 153697, 2020年.
- [50] 環境省資料, “森林吸収源について, 令和4年3月”, <https://www.env.go.jp/content/900446213.pdf>, (アクセス日 2022年11月24日).
- [51] 財務省貿易統計, “報道発表, 令和3年度分(確報)2022年5月27日”, https://www.customs.go.jp/toukei/shinbun/trade-st/2021/2021_216.pdf, (アクセス日 2022年11月24日).
- [52] 林野庁企画課, “令和2年(2020年)木材需給表, 令和3年9月”, 2021年.
- [53] 林野庁, “森林・林業統計要覧2020 令和4年9月30日”, https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/toukei/youran_mokuzi2022.html, (アクセス日 2022年10月27日).
- [54] 経済産業省, “工業統計調査, 2020年確報 産業別統計表” から従業者数, 製造人出荷額など, <https://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/result-2/r02/kakuho/sangyo/index.html>, (アクセス日 2022年11月24日).
- [55] 石油化学工業協会, “石油化学用原料ナフサ, 年次統計資料”, <https://www.jpca.or.jp/statistics/annual/nafusa.html>, (アクセス日 2022年11月24日).

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

日本の木質バイオマスの持続可能なポテンシャル

—木質バイオマスの今後の需要と供給可能性—

令和5年3月

Sustainable Potential of Woody Biomass in Japan:
Future Demand and Supply Potential of Woody Biomass

Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies,
Center for Low Carbon Society Strategy,
Japan Science and Technology Agency,
2023.3

国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター

本提案書に関するお問い合わせ先

- 提案内容について・・・低炭素社会戦略センター 研究員 河原崎 里子 (KAWARASAKI Satoko)
主任研究員 浅田 龍造 (ASADA Ryuzo)
- 低炭素社会戦略センターの取り組みについて・・・低炭素社会戦略センター 企画運営室

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ 8階
TEL : 03-6272-9270 FAX : 03-6272-9273
<https://www.jst.go.jp/lcs/>

© 2023 JST/LCS

許可無く複写・複製することを禁じます。
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

