

森林総合研究所研究報告

Vol.15 No.4 (No.440)

BULLETIN

of the
Forestry and
Forest Products
Research Institute



December 2016



国立研究開発法人 森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

The Chief Editor

河原 孝行 Takayuki KAWAHARA (Principal Research Director, FFPRI)

The Vice-Chief Editor

小泉 透 Toru KOIZUMI (Principal Research Director, FFPRI)

宮本 基杖 Motoe MIYAMOTO (Public Relations Division, FFPRI)

Editor

韓 慶民 Qingmin HAN (Department of Plant Ecology, FFPRI)

橋田 光 Koh HASHIDA (Department of Forest Resource Chemistry, FFPRI)

伊原 徳子 Tokuko IHARA (Department of Forest Molecular Genetics and Biotechnology, FFPRI)

磯田 圭哉 Keiya ISODA (Forest Tree Breeding Center, FFPRI)

伊藤 崇之 Takayuki ITO (Department of Forest Engineering, FFPRI)

倉本 恵生 Shigeo KURAMOTO (Department of Forest Vegetation, FFPRI)

丸山 温 Yutaka MARUYAMA (College of Bioresource Sciences, Nihon University)

松村 ゆかり Yukari MATSUMURA (Department of Wood Properties and Processing, FFPRI)

野口 享太郎 Kyotaro NOGUCHI (Department of Forest Site Environment, FFPRI)

野口 正二 Shoji NOGUCHI (Disaster Prevention, Meteorology and Hydrology, FFPRI)

岡 輝樹 Teruki OKA (Department of Wildlife Biology, FFPRI)

岡野 通明 Michiaki OKANO (Disaster Prevention, Meteorology and Hydrology, FFPRI)

斎藤 幸恵 Yukie SAITO (Graduate School of Agriculture and Life Sciences, The University of Tokyo)

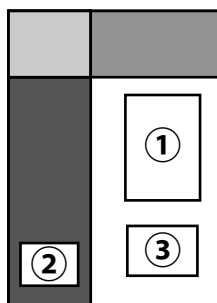
砂川 政英 Masahide SUNAGAWA (Department of Mushroom Science and Forest Microbiology, FFPRI)

高山 範理 Norimasa TAKAYAMA (Department of Forest Management, FFPRI)

上田 明良 Akira UEDA (Kyushu Research Center, FFPRI)

This journal is indexed in CAB Abstracts.

表紙写真 Photograph in Cover



①新緑の針広混交林(宮崎県東臼杵郡)

Mixed evergreen and deciduous forest in Kyushu

②多摩森林科学園のサクラ'楊貴妃'

Cerasus Sato-zakura Group 'Mollis' in Tama Forest Science Garden

③(本文91~102ページ)

遠隔操作機能と自動走行機能によるフォワーダの操作支援技術の開発

Development of operational support technology of a forwarder by remote control and automated travelling function

目 次

論 文

- 遠隔操作機能と自動走行機能によるフォワーダの操作支援技術の開発
毛綱 昌弘、山口 浩和、伊藤 崇之、鈴木 秀典、千坂 修、
高崎 綾信、草野 兼光、北原 成郎 91

- Phanerochaete crassa* WD1694 株によるマンガンペルオキシダーゼ反応の
組織化学的観察
高野 麻理子、服部 力 103

- 内閣府世論調査にみる木材生産に関する国民ニーズ
ー長期推移と 2000 年代の特徴ー
石崎 涼子 111

短 報

- 降水時の気温で配分した雨雪別降水量の算定
竹内 由香里、遠藤 八十一、庭野 昭二 145

- 水溜まりが生じた生育基盤盛土の物理性
ー海岸防災林再生事業初期に造成された盛土の事例ー
篠宮 佳樹、今矢 明宏、高梨 清美、坂本 知己 151

ノ ー ト

- 模擬実験を目的とした樹木からの DNA 抽出方法の改良と実施
上野 真義、大谷 雅人、吉丸 博志 161

CONTENTS

Original article

- Development of operational support technology of a forwarder by remote control and automated travelling function
Masahiro MOZUNA, Hirokazu YAMAGUCHI,
Takayuki ITO, Hidenori SUZUKI, Osamu CHISAKA,
Ayanobu TAKASAKI, Kanemitsu KUSANO
and Shigeo KITAHARA 91
- Histochemical analysis of manganese peroxidase reaction of a white rot fungus *Phanerochaete crassa* WD1694.
Mariko TAKANO and Tsutomu Hattori 103
- Public opinion on wood production clarified via opinion polls conducted by the Japanese cabinet office -Features of the 2000s in long-term trends-
Ryoko ISHIZAKI 111

Short communication

- Estimation of liquid and solid precipitations categorized based on air temperature during rainfall or snowfall
Yukari TAKEUCHI, Yasoichi ENDO and Shoji NIWANO 145
- The physical property of embankment with a rain pool: A case study of embankment built in the early stage of the Coastal Forest Restoration Project
Yoshiki SHINOMIYA, Akihiro IMAYA, Kiyomi TAKANASHI
and Tomoki SAKAMOTO 151

Note

- Modification of DNA extraction protocol and the exhibition for tree species
Saneyoshi Ueno, Masato Ohtani
and Hiroshi Yoshimaru 161

論文 (Original article)

遠隔操作機能と自動走行機能によるフォワーダの操作支援技術の開発

毛綱 昌弘^{1)*}、山口 浩和¹⁾、伊藤 崇之¹⁾、鈴木 秀典¹⁾、千坂 修²⁾、
高崎 綾信²⁾、草野 兼光³⁾、北原 成郎⁴⁾

要旨

フォワーダ運転手の労働負担低減を目的として、運転席に搭乗せずに操作可能な遠隔操作機能を開発した。運転手はフォワーダに搭載されたカメラからの映像情報をモニタで確認しながら、走行および荷役の各種作業が操作可能である。さらに、フォワーダに自動走行機能を付加することで、走行操作時には操作不要となる改造を実施した。運転手が作業道を一度運転操作することで、作業道走行中の運転操作量および作業道の線形を記憶し、自動走行時には記憶した操作量を再現することで自動走行機能を実現している。自動走行時にはスリップ等の外乱によって走行軌跡から外れるため、GNSS 測位情報を用いて操作量を補正している。この試作機を用いて、作業現場における実証試験を実施した。遠隔操作機能については、走行操作および荷役操作ともに、搭乗操作に比べ遠隔操作は作業能率が低下したが、被験者からは快適性および安全性に関して高評価が得られた。自動走行機能に関しては、間伐作業地において、自動走行時の制御誤差を補正するために必要なGNSS 計測精度を確保できず、作業道の作設指針に沿った幅員では走行不可能な制御誤差が確認された。これらの結果から、試作機を用いて作業可能な現場は限定的ではあるが、運転手の労働負担を減らす一手法であることが確認できた。

キーワード：フォワーダ、労働負担、GNSS、自動走行、遠隔操作

1. はじめに

従来の架線集材作業に代わって、森林作業道を開設し先山にプロセッサ等の造材機械を導入し、短幹材をフォワーダで運搬する作業方法が定着してきている。この作業方法では、森林作業道を開設しながら作業を進めるため、作業が進むにつれフォワーダの走行距離が長くなり、作業能率が低下するとともに、フォワーダ運転手の過大な労働負担が問題となってきた。森林作業道は林業専用車両でなければ走行不可能なオフロードであり、路面の凹凸、横断排水溝、勾配等の影響により運転席の振動、騒音等は激しく、フォワーダの長時間運転は過酷な労働である。集材距離が延びることによって運転時間が長くなり、運転手の集中力が低下すれば、作業道からの逸脱、転倒等の危険性が増すことになる。フォワーダ等の積載型集材車両による重大災害は年数件以上発生しており(林業・木材製造業労働災害防止協会 2016)、事故を防ぐためにも作業環境の改善は必須の課題である。

このような作業環境下におけるフォワーダ運転手の労働負担を低減させるため、フォワーダの運転操作を搭乗せずに離れたところから行える遠隔操作機能の開発を行った。本報告において開発した遠隔操作機能では、単に離れたところからフォワーダの操作を行うの

ではなく、運転手からフォワーダが視認できないような状況下においても操作可能となるように、フォワーダに搭載されたカメラからの映像を運転手がモニタで確認しながら操作する機能である。運転手は土場等に設置される遠隔操作室内において、フォワーダの運転席に装備されているジョイスティック等と同じ操作装置を用いて、フォワーダを遠隔操作して走行、荷役等の作業を行うことになる。遠隔操作室内は振動、騒音等が発生せず、空調機器が備えられており、操作環境は快適である。

さらに運転手の労働負担を低減することを目的として、遠隔操作機能付きフォワーダに自動走行機能を付加した。自動走行機能は全球測位衛星システム(Global Navigation Satellite System : GNSS、以降 GNSS と記す)測位情報を利用しているため、森林内では使用可能な場所が限定される。遠隔操作でフォワーダを走行操作中に、自動走行可能な区間ではフォワーダを遠隔操作から自動走行に切り替えて使用する。GNSS 測位情報が十分な精度を確保できないような区間では自動走行が不可能となるため、フォワーダは自動停止するとともに、運転手は自動走行から遠隔操作に切り替えて、フォワーダの走行操作を続けることになる。自動走行機能は、フォワーダ運転手に代わって走行操作を行う

原稿受付：平成 28 年 8 月 10 日 原稿受理：平成 28 年 11 月 28 日

1) 森林総合研究所林業工学研究領域

2) IHI 建機株式会社

3) JMU ディフェンスシステムズ株式会社

4) 株式会社熊谷組

* 森林総合研究所林業工学研究領域 〒 305-8687 茨城県つくば市松の里 1



Fig. 1. 試験機概況
Overview of prototype

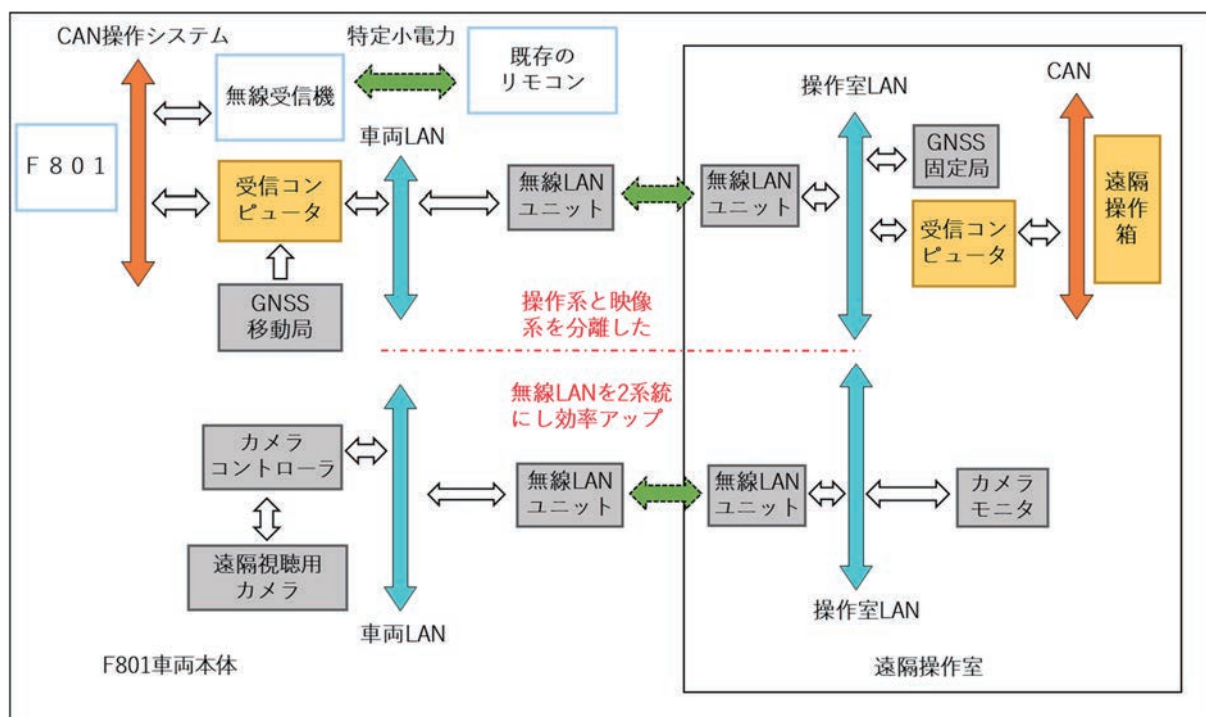


Fig. 2. 試作システム概況
Prototype system overview



Photo 1. ビデオカメラモニタ
Video camera monitors



Photo 2. 遠隔操作箱
Remote control box

補助的な役割を果たす機能であり、完全な無人化として機能するわけではない。

林業機械に関する遠隔操作に関する研究は、筆者らが油圧ショベルにグラップル作業機を装備した機械を用いて試作開発した例がある（森林総合研究所 2006）。また、デッドレコニング方式による林内作業車を用いた自動走行技術の開発例がある（毛綱・山口 2000）が、実用化にまでは至っていない。本課題では完全な無人化を目標とするのではなく、作業の一部だけでも自動化することによって、作業員の労働負担を改善し、林業機械の高度化を目指すことを目的としている。

試作したフォワーダを用いて、遠隔操作機能および自動走行機能に関する実証試験を実施した。試験地には、皆伐施業地および間伐施業地の二か所を設定することで、GNSS 測位精度に影響を与える開空度の影響を調べた。実証試験内容は、搭乗操作および遠隔操作によって集材作業を行うことで、作業能率の比較を行うとともに、被験者に対してアンケート調査による操作性、安全性の調査を行った。また、自動走行機能に関しては、走行速度、積載量、曲率等の各種条件を変更して、自動走行時のフォワーダの走行軌跡を計測することで、制御誤差の検出を行い、森林作業道に求められる幅員、曲率等の検討を行った。

2. 試作機の概要および試験方法

2.1 フォワーダ

試作機には、IHI 建機株式会社製フォワーダ F801 無線機仕様を使用して、各種の改造を実施した。本機はフォワーダの走行操作およびグラップルローダによる荷役操作等、すべての操作を搭乗操作以外に、離れたところから無線機によって操作可能な車両である（藤井 2012）。無線機による操作はオペレータからフォワーダが目視可能な範囲での使用を想定している車両であり、車両の制御は CAN（Controller Area Network）バスを介して行われていることから、無線機からの信号を

CAN バスに伝えることで制御が行われている。本報告において実施した改造も、遠隔操作、自動走行機能とも同様に、CAN バスに制御信号を送ることで実現できることから、本機を選択した。

F801 はアーティキュレート方式の操向機構を採用しているため、前車体と後車体の間の角度をセンサで検出するとともに、自動走行時には、車載コンピュータからの目標角度に追従できるようにフィードバック制御を行っている。遠隔操作用として、車両には 4 台のカメラを車体前後左右方向に装備するとともに、ナックルブーム操作用のカメラをブームの根元に装備している。また、運転席の屋根には GNSS アンテナおよび無線通信用のアンテナを装備している。GNSS 受信機には Applanix 社製 POS LV V5 を使用した。後述する遠隔操作室の GNSS 固定局とともに、RTK（Real Time Kinematic）測位で利用している。

試作機の外観図とともに車載カメラの取付状況を Fig.1 に示す。

2.2 遠隔操作機能

遠隔操作機能のシステム概要図を Fig.2 に示す。遠隔操作室には市販のユニットハウスを利用している。遠隔操作室は、GNSS 固定局、モニタ、遠隔操作箱等から構成される。遠隔操作室では、Photo1 に示すようにカメラモニタを配置し、3 台のカメラに対して、3 台のモニタでフォワーダの周囲環境を確認可能としている。中央のモニタは前進時には前方方向、後進時には後方のカメラ、荷役操作時にはブームに装備したカメラに切り替え可能である。上の 2 台のモニタは固定カメラ用のモニタであり、森林作業道の路肩に複数台のカメラを設置し、切り替え可能としている。無線通信機器には、無線 LAN を使用している。Fig.2 に示すように、カメラ映像通信用とデータ通信用の 2 系統に分けることにより、通信帯域を確保している。

試作した遠隔操作箱を Photo2 に示す。使用している

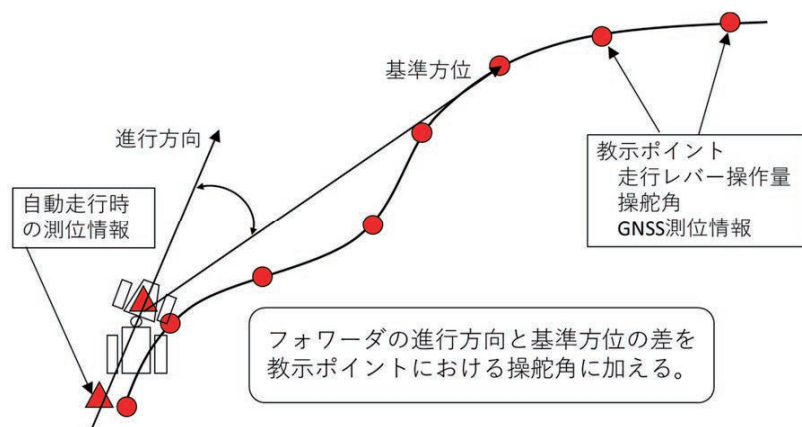


Fig. 3. 自動走行アルゴリズム
Automated traveling algorithm

ジョイスティックには F801 の運転席と同じものを使用しており、この 2 本のジョイスティックで搭乗時と同様の操作が可能となっている。また、自動走行等に関する各種スイッチも本操作箱に装備されている。

2.3 自動走行機能

フォワーダを用いた集材作業においては、一日の作業では同じ作業道を繰り返し往復走行することが一般的であり、横断排水溝、縦断勾配、曲率等に応じて適切な速度で走行することが望ましいことから、自動走行機能は運転手による走行操作方法を模倣する方法とした。最初に、運転手がフォワーダを運転操作して森林作業道を走行させることで、このときの操作情報を車載コンピュータが記憶する。このとき、運転操作は搭乗操作でも遠隔操作でも、どちらでも構わない。この操作を教示走行と呼ぶ。記憶する情報は、車両の走行速度を調整するためのレバーの操作量、車両の操向を調整する操舵角であり、遠隔操作箱のジョイスティックを用いて運転手が入力している情報である。また同時に、GNSS 測位情報の記憶も行う。二回目の走行からは自動走行可能となり、走行開始位置を教示走行時と同じ位置とし、記憶した操作情報を時系列的に再現することによって、自動走行機能を実現している。自動走行時にはスリップ等の外乱等によって、走行軌跡から外れることがあるため、教示走行時の GNSS 測位情報とリアルタイムで比較することで、走行誤差の修正のためのフィードバック情報として利用している。本機能の模式図を Fig.3 に示す。

自動走行時における GNSS 測位情報からフォワーダの進行方位を求めるとともに、現在位置と数点先の教示ポイントから基準方位を求める。この方位角差を、現在位置における操舵角に加えることによって、目標とする操舵角を求めた。教示ポイントは 25ms おきに計測している。何点先の教示ポイントを使用するかに関しては、走行試験を重ねることによって調整を行っ

た。その結果、誤差を最も小さくできる 40 点先のポイントを用いて基準方位としており、現在地から 1 秒後の目標値、走行速度 7.2km/h では 2m 先の目標値を基準方位として使用している。

2.4 試験方法

遠隔操作試験では、走行操作および荷役操作を、同じ作業員で搭乗操作して行う場合と遠隔操作で行う場合の作業時間を計測することで、作業能率の比較を行った。被験者は鹿児島試験地が 2 名（被験者 A、B と表記）、新城試験地が 3 名（被験者 C、D、E と表記）の計 5 名であり、各森林組合の職員である。経験年数は 5 年から 12 年、年齢は 26 歳から 39 歳であった。試験終了後には、アンケート調査を行い、遠隔操作機能に関する評価を集約した。

自動走行試験では、教示走行時と自動走行時の走行軌跡を比較することによって制御誤差の計測を行った。計測には自動追尾式のトータルステーションを用いてフォワーダの走行軌跡を計測した。試験地における実証試験を行う前に、比較試験用として、舗装された駐車場において自動走行試験を実施した。

3. 結果および考察

3.1 試験地設定

試作機の実証試験は、かごしま森林組合および新城森林組合の施業地において実施した。自動走行時の制御誤差修正機能に GNSS 測位情報を使用していることから、かごしま森林組合の現場では開空度が高く GNSS による測位精度が十分に得られる皆伐施業地（以下、鹿児島試験地）を選定し、比較対象として、新城森林組合の現場では伐採率 30% の間伐施業地（以下、新城試験地）を選定した。鹿児島試験地では、自動走行試験用として約 280m の周回路を設定するとともに、遠隔操作試験用として 430m 程度の周回路を設定した。新城試験地では、斜距離約 280m の作業道を使用して

試験を行った。

3.2 遠隔操作試験結果

遠隔操作試験調査地の概要を Table1 に、路線図を Fig.4 および Fig.5 に示す。鹿児島試験地では被験者 A と B の 2 名が走行を 1 回ずつと、被験者 A が積み込み、被験者 B が荷下ろし作業をそれぞれ搭乗操作および遠隔操作で行った。新城試験地では被験者 C と D が登り走行および下り走行ならびに積み込みおよび荷下ろし作業を 1 回ずつ行い、被験者 E が荷下ろし作業を 1 回行った。

結果を Fig.6 に示す。全ての作業における全ての作業で遠隔操作の方が時間を要していた。作業時間倍率は遠隔操作作業時間÷搭乗操作作業時間で計算され、作業による遠隔操作の難しさを表す指標となると考えられる。本指標を用いると、全体的な傾向としては、走行操作より荷役操作の方が難しく、荷役作業の中では荷下ろし操作より積み込み操作の方が難しく、走行の中では上り走行より下り走行の方が難しいという結果となった。

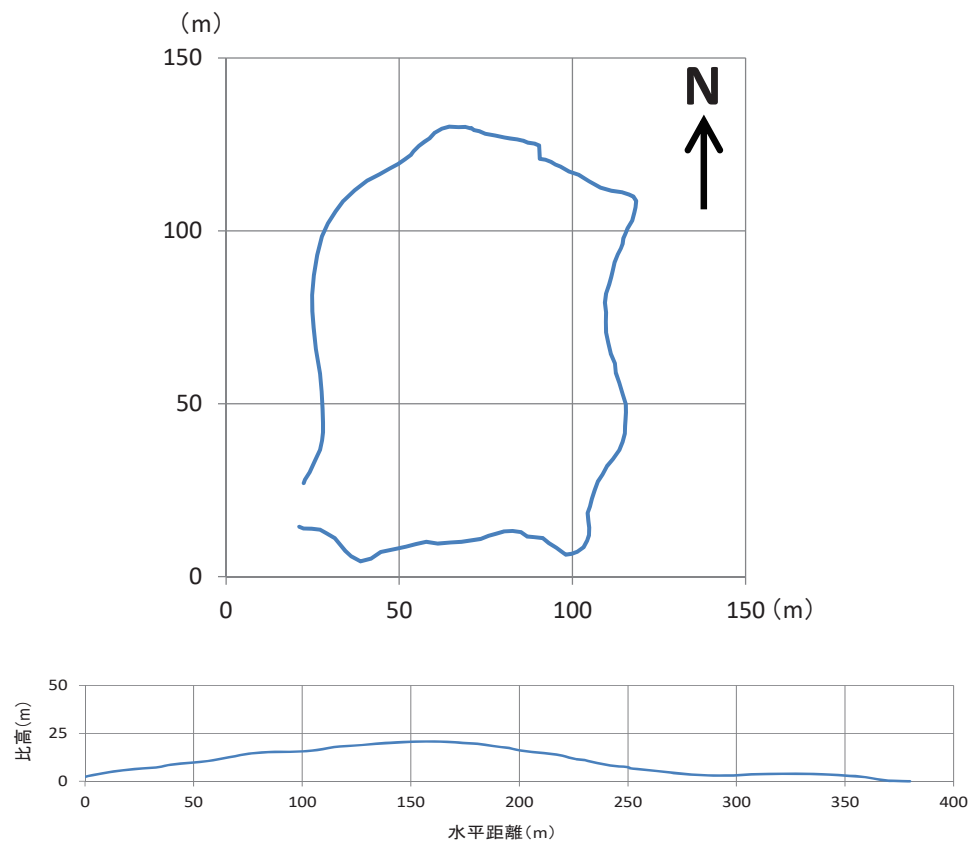
走行操作について (Table2) は、新城試験地の登り走行が作業時間倍率 1.2 ～ 1.3 でそれほど遠隔と搭乗に差が無い結果となった。一方で下り走行は 2.3 ～ 2.4 と倍率が大きく、登りと下りが混在する鹿児島試験地はその中間となった。新城試験地については搭乗操作では登り走行と下り走行の走行速度はほぼ同じであるが、遠隔操作では下り走行の走行速度低下が大きかった。

荷役操作 (Table3) については、遠隔操作は作業時間が長いだけでなくサイクルごとのばらつきも大きく、作業の難しさを示す結果となった。全体的に遠隔操作は搭乗操作に比べて 3 ～ 6 倍時間がかかっていたが、一部では 2 倍以下で行えた場合もあった。1 サイクル当たりの把持本数は全体的には遠隔操作の方が少なくなり、作業完了までのサイクル数は遠隔操作の方が多くなる傾向があった。しかし、把持本数が多くサイクル数が少ない場合もあり、この場合には作業倍率時間が 2 倍以下であった。

最後に、作業者に対するアンケート調査を行い、遠隔操作についての作業者の感覚や評価を集約した。走行作業に関しては被験者 4 名、荷役作業に関しては被験者 5 名に対して、操作性、安全性、生産性、疲労度、快適性に関して 5 段階で評価してもらうとともに、作業の習熟や精度に関して自由記述してもらう方法とした。調査結果を集計すると、機械の操作性、作業精度、疲労度については評価が低く、快適性については高評価となった。安全性については作業者自身に対しては高評価であるが、周囲の人間に対しては低評価であった。評価が高い項目は機械に搭乗することによって起こる振動・騒音や事故リスクから切り離されることに対するものであり、評価の低い項目はモニタを介して対象物を目視することによる状況把握の困難さおよび操作性の悪化、それに伴う心身の疲労に対するものであった。また、自由記述式のアンケートからは、①習熟が難しい②視認性が低い③音情報についての要望、の 3 点について意見が多く見られた。習熟については、

Table 1. 調査地概要
Study site Overview

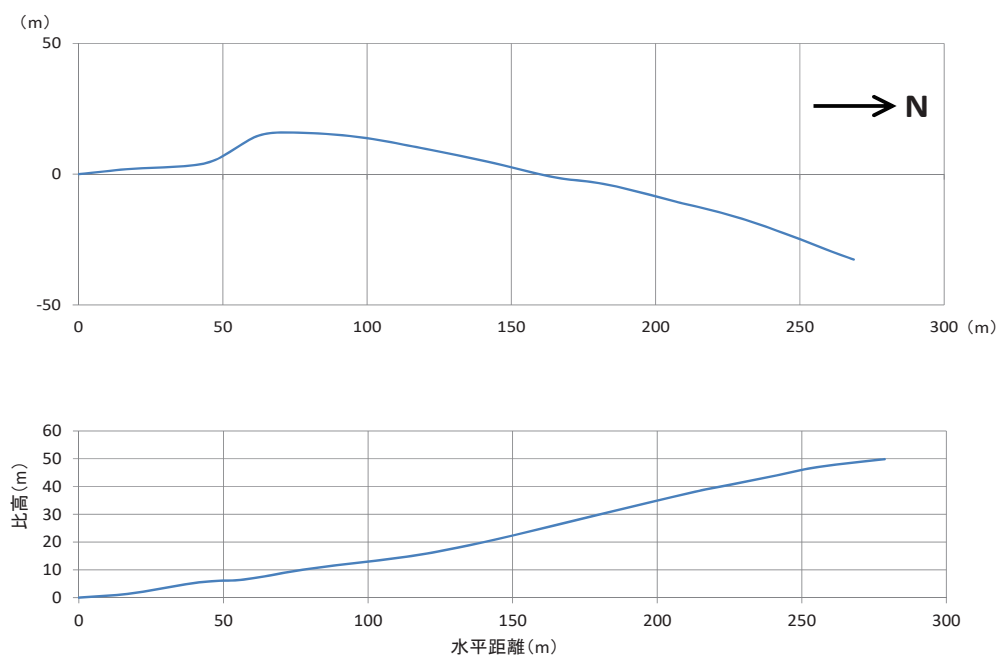
試験地	鹿児島	新城
場所	鹿児島県指宿市開聞十町	愛知県新城市作手清岳
走行距離	1 周約 430m の周回路を 3 周	全長 283m、登り走行と下り走行
高低差 (m)	21	50
最大傾斜	10.8 度 (登り) -13.5 度 (下り)	11.9 度
積載本数	22	38
積載材積 (m ³)	4.16 (末口二乗法)	4.24 (中間断面積×長さ)
伐採方法	皆伐	間伐 (本数伐採率 30%)
作業実施人数	2	3



(上：平面図、下：縦断面図)

注) コースの左下一部欠測

Fig. 4. 鹿児島試験地路線図
Kagoshima test land route map



(上：平面図、下：縦断面図)

Fig. 5. 新城試験地路線図
Shinsiro test land route map

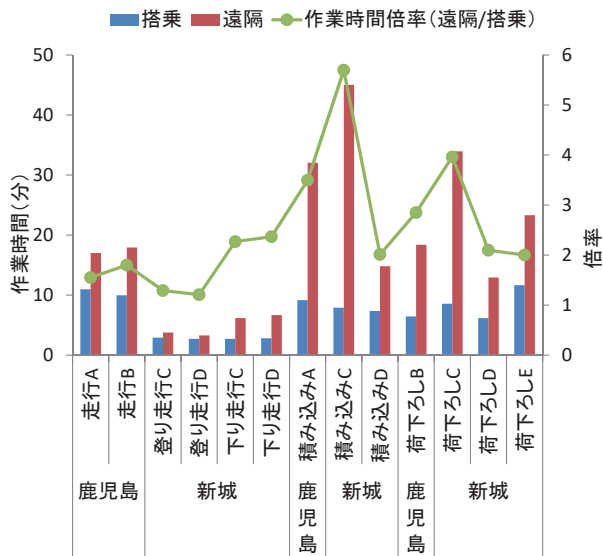


Fig. 6. 遠隔操作および搭乗操作による作業時間および時間倍率

Working time and time magnification by remote control and boarding operation

慣れるまでに相当な時間を要すること、慣れたとしても搭乗操作の作業能率を超えるのは困難ではないかといった意見が寄せられた。視認性については距離感がつかみにくい、死角が多く周囲の状況が分かりにくいといった意見があり、カメラの装備位置、画角、個数等に関して更なる検討が必要である。音情報については、エンジン等周囲の音が作業者の状況判断材料の一つになっているということであり、騒音からの隔離は遠隔操作について高評価を受けた項目ではあるが、ある程度の音は作業者に聞こえるような対策を施す必要がある。

3.3 自動走行試験結果

自動走行の実証試験は、新城試験地では実施できなかった。これは、開空度が低く RTK 測位が不可能であったため、GNSS による測位誤差が大きく、自動走行時の制御誤差を修正するまでの精度で車両位置を検出することが不可能であったためである。このため、自動走行実証試験は鹿児島試験地でのみ行った。

鹿児島試験地における実証試験の前に、開空度が十分に確保されるアスファルト舗装された駐車場において、制御ソフトウェアの調整を行うとともに、走行試験を実施した。Fig.7 に駐車場における試験走行路の形状を示す。試験条件として、曲率を 3 種類（曲線部内側直径 5.0m、7.5m、10.0m）、目標走行速度を 3 種類（高速 7.0km/h、中速 5.0km/h、低速 2.2km/h）、積載量を空荷と最大積載量 4.5t の 2 種類の組み合わせで、走行試験を実施した。試験条件おきに教示走行を行った後、3 回ずつ自動走行を行い、自動追尾式のトータルステーションで教示走行時と自動走行時の走行軌跡を計測し、進行方向に対して横方向の制御誤差の計測を行った。Fig.8、9 に各試験条件時の誤差の最大値と平均値を示す。空荷状態において最も誤差が大きかった走行条件は、直径 10.0m の曲率において低速走行を行った場合であり、最も誤差が少なかった走行条件は、直径 5.0m の曲率において高速走行を行った場合だった。各試験条件時における誤差の傾向は、速度が速くなるほど誤差が少なくなり、カーブの曲率が小さくなるほど誤差が少なくなる傾向を示した。次に満載状態において最も誤差が大きかった走行条件は、空荷の時と同様に、直径 10.0m の小判型走行路において低速走行を行った場合であった。また最も誤差が小さかった走行条件は、直径 7.5m の曲率で高速走行を行った場合で

Table 2. 走行時間と走行速度
Traveling time and traveling velocity

試験地	作業内容および被験者	時間 (分)		作業時間倍率	走行速度 (km/h)	
		搭乗	遠隔		搭乗	遠隔
鹿児島	走行 A	11.0	17.0	1.6	7.1	4.6
	走行 B	10.0	17.9	1.8	7.8	4.3
新城	登り走行 C	2.9	3.8	1.3	5.8	4.5
	登り走行 D	2.7	3.3	1.2	6.3	5.2
	下り走行 C	2.7	6.2	2.3	6.3	2.8
	下り走行 D	2.8	6.7	2.4	6.0	2.6

Table 3. 荷役操作時間とサイクル数、平均把持本数
Handling operation time, the number of cycles and average grip number

試験地	よび被験者	作業内容お		間倍率	サイクル数		平均把持本数	
		遠隔	搭乗		遠隔	搭乗	遠隔	搭乗
鹿児島	荷下ろし B	27.9	6.5	4.27	11	10	2.0	2.2
	積み込み A	32.1	9.2	3.48	13	12	1.6	1.8
新城	荷下ろし C	35.3	8.5	4.14	16	11	2.4	3.5
	荷下ろし D	13.2	6.1	2.15	12	10	3.2	3.8
	荷下ろし E	23.4	12.0	1.95	12	14	3.2	2.7
	積み込み C	45.0	7.9	5.69	15	11	2.5	3.5
	積み込み D	14.8	7.4	1.99	10	13	3.8	2.9

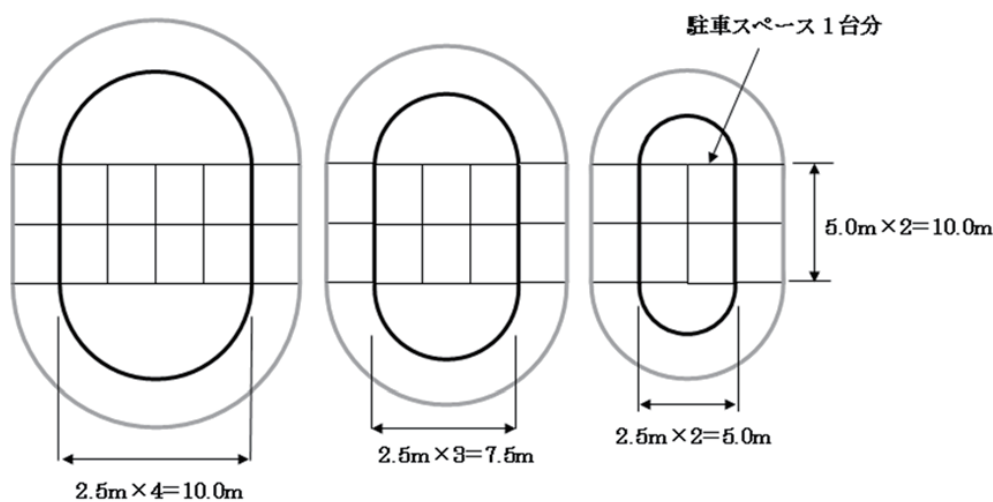


Fig. 7. 自動走行試験路の形状
Route map of the automated traveling test

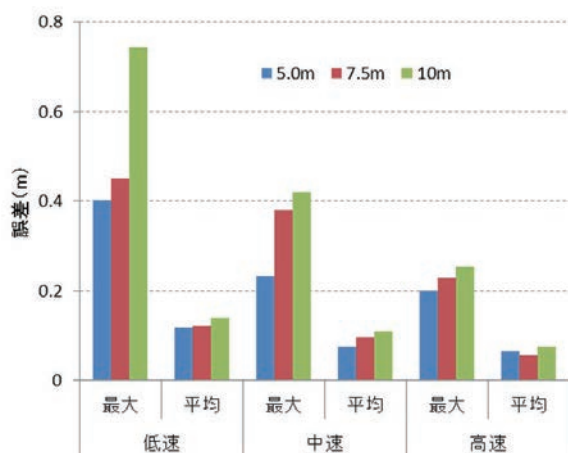


Fig. 8. 舗装路上の自動走行時における道幅方向の軌跡誤差 (空荷)
Trace error of the width direction at the time of the automated traveling on the pavement street (no load)

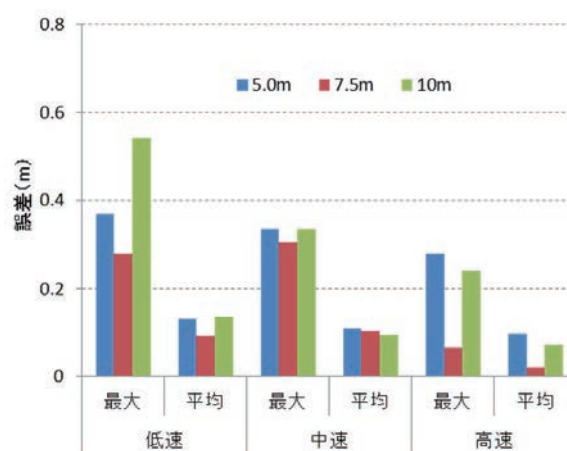


Fig. 9. 舗装路上の自動走行時における道幅方向の軌跡誤差 (最大積載量)
Trace error of the width direction at the time of the automated traveling on the pavement street (max. load)

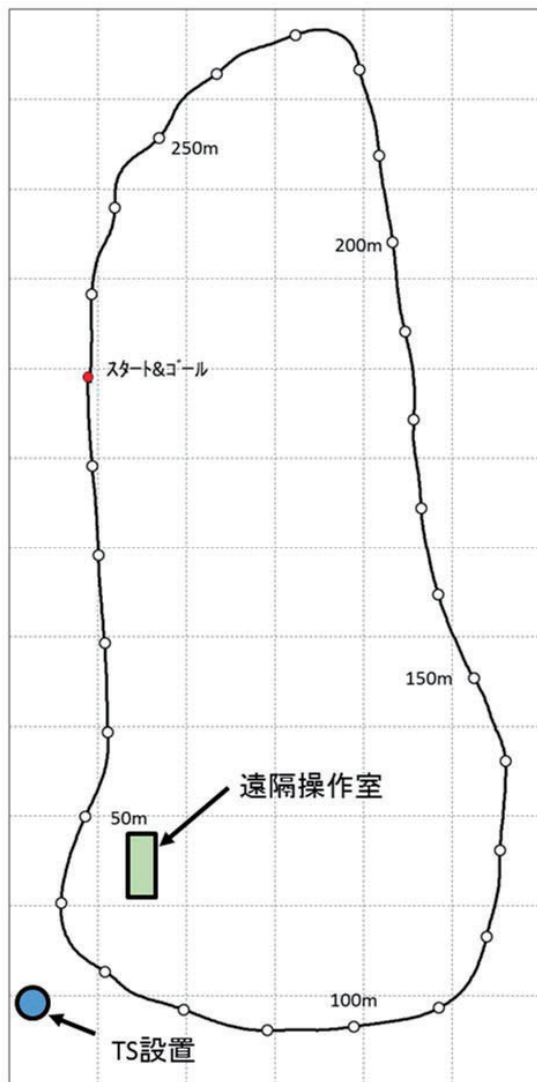


Fig. 10. 鹿児島試験地自動走行試験路線図
Kagoshima test land route map for automated traveling test

あった。走行条件別の誤差の大きさについては、空荷時と同様に、速度が速くなるにしたがって誤差が少なくなった。一方、カーブの曲率では、10.0m が最も誤差が大きく、次いで 5.0m、7.5m の順に誤差が小さかった。曲率が大きくなるほど、あるいは走行速度が遅くなるほど、制御誤差が大きくなる傾向であった。走行速度が速くなるほど、相対的により遠くの教示座標値を参照するため、大きな偏差が生じる。同様に、曲率が小さいほど、相対的に偏差が大きくなる。この大きな偏差に対しても、制御が不安定にならないように、試作機ではゲイン調整を行っている。この結果、走行速度が遅い場合や直線走行時には偏差が小さくなるとともに、操向操作の調節量が小さくなるため、大きな偏差が生じるまで調節量が大きくなり、幅員方向の走行誤差が大きくなったと考えられる。積載量の影響については、空荷の状態、直径 10.0m の小判型走行路を高速走行した試験において大きな誤差を記録したが、その他の最大値、平均値を比較すると大きな差が認められなかった。このことから平坦な舗装路においては、積荷の有無による走行精度への影響は少ないと考えられる。

鹿児島試験地に設定した試験走行路の概要を Fig10 に示す。遠隔操作試験に使用した試験地と同じ場所であるが、走行経路は一周約 280m の周回路となっている。作業道の幅員は約 3.5m であり、火山礫で構成される路面である。コースの形状は南北に長い楕円型であり、一周の高低差は 10.3 m となっている。教示走行時に GNSS を用いて計測した車両の速度と走行路面の高低差を Fig.11 に示す。走行速度は平均 7.2km/h であり、駐車場において試験走行した時の高速設定とほぼ同じ速度であった。試験地は皆伐地であるが、マツの天然更新のための母樹が残されているのと、傾斜の影

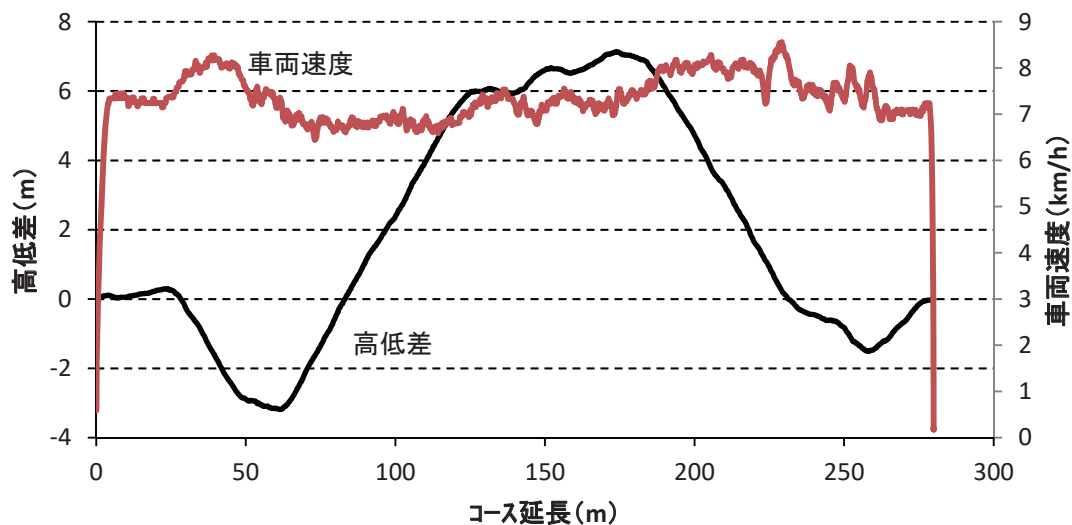


Fig. 11. 試験地高低差および走行速度
Test place difference in height and traveling velocity

響により、トータルステーションで全走行区間を計測することは不可能であった。このため、Fig.10 に示す自動走行のスタート地点からトータルステーションの自動追尾機能が機能しなくなる 100m 付近までの区間の走行軌跡データを用いて、解析を行った。

自動走行時の制御誤差の計測例を Fig.12 に示す。教示走行時の走行軌跡に対する自動走行時の幅員方向の誤差を示したものである。スタート地点において、20cm 程度の誤差が生じているが、自動走行を開始するとともに教示走行時の走行軌跡へ戻そうと機能していることが確認できる。計測できた区間内において、最大誤差が 30cm 程度生じ、左右に蛇行しながら自動走行していることが確認できる。同様の試験を、積載量を空荷、半載、満載と変えて走行試験を行った。その結果を Fig.13 に示す。図には、幅員方向の誤差の最大値と平均値を示している。1 日目の試験では、荷台に満載状態として教示走行を行い、満載で自動走行、材を半分下ろして自動走行、空荷にして自動走行試験を行った。回数は図に示す通り約 10 回ずつである。平均誤差、最大誤差ともに各条件時の差は少なく、アスファルト舗装時の試験と同様に、積載量が自動走行

時の走行軌跡へ与える影響は少ないと考えられた。2 日目には積載量を満載として、再度教示走行を行い、終日同条件で自動走行試験を行った。試験日が変わることによって、GNSS の衛星配置状況が大きく変化している。最大誤差は大きくなっているものの、平均誤差に差はほとんどなく、衛星配置の影響もそれほどないものと考えられる。衛星は常に移動していることから、衛星配置が悪い場合に計測誤差が大きくなり、その結果、制御誤差も大きくなったと考えられる。

駐車場において実施した走行試験では、開空度も確保されており、路肩から車両が逸脱するようなことがないことから、自動走行試験は全区間成功している。しかしながら、鹿児島試験地において実施した自動走行試験では、安全を確保するために非常停止機能进行操作できる運転手が搭乗した状態で実施しており、制御誤差が大きくなりすぎて非常停止せざるを得ない時があった。自動走行時の最大誤差が 1.5m 程度発生する場合があったことを考慮すると、森林作業道の幅員は 5m 以上必要となる。最小回転半径に関しては、試作機の最小回転半径が 4.7m であり、曲率が小さくなると制御誤差が抑えられることを考慮すると、曲線部に

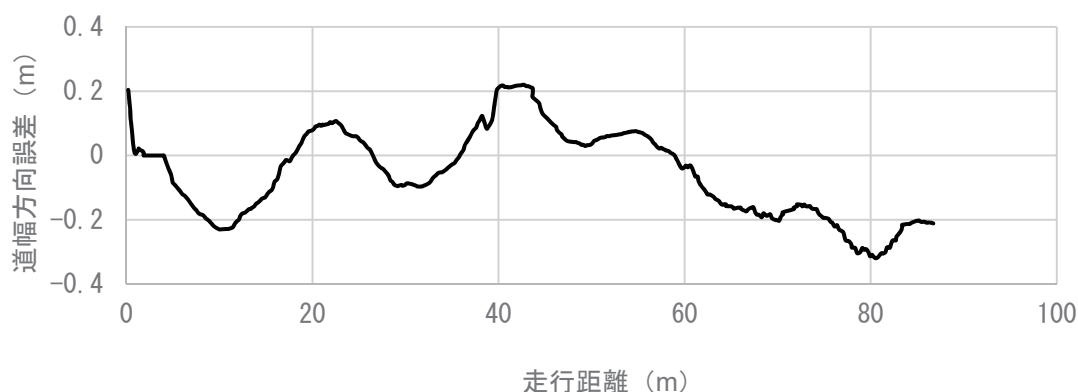


Fig. 12. 自動走行時における道幅方向誤差の計測例

Measurement example of the width direction error at the time of the automated traveling

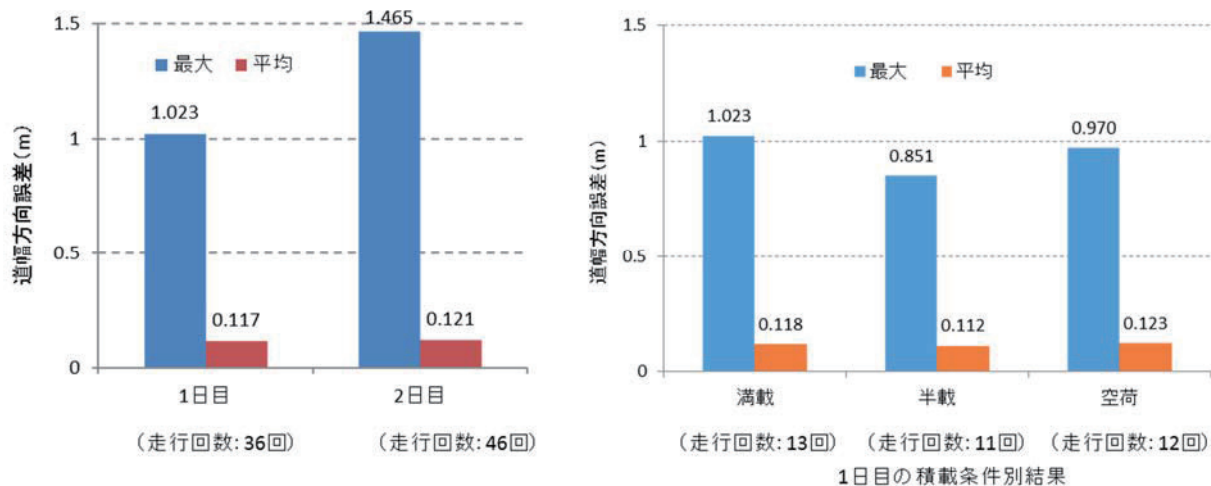


Fig. 13. 鹿児島試験地における道幅方向の軌跡誤差

Trace error of the width direction in the Kagoshima test land

関しては、影響は少ないと考えられる。自動走行試験時において、試験を中断した場所は走行試験路の特定の場所に集中しており、これは GNSS 測位精度が低下する場所であった。皆伐作業地とはいえ、傾斜、母樹等の影響により常に一定の測位精度を保てていたわけではなく、制御誤差が大きくなるところは、ある程度特定できることから、作業道の幅員を部分的に拡張することで対応可能と考えられる。

4. おわりに

遠隔操作試験の結果、走行操作および荷役操作ともに搭乗操作に比べ、遠隔操作は作業能率が劣ることが確認できた。これは、遠隔操作時におけるカメラの装備位置、画角、個数等に関して更なる検討を加えることによって、改善される可能性がある。また、試作機の試用期間が短かったため、作業員の習熟が進むことによって、作業能率の改善が見込まれる。被験者からは、快適性に関して高評価を得ることができたが、安全性に関しては自分以外の作業者に対して問題点が残るとともに、機械の操作性、作業精度、疲労度等については評価が低く、今後の検討課題である。

自動走行試験に関しては、作業道の幅員に影響を与える制御誤差に関して、現行の指針(林野庁 2010)通りの幅員では走行不可能な制御誤差が確認された。制御誤差の修正に GNSS を利用しており、その測位精度が制御誤差に大きく影響することから、適用可能な作業現場は限定的にならざるを得ない。間伐作業地等、GNSS 測位精度が期待できない場所では、自動走行の修正方法に GNSS 以外の方法を考える必要がある。しかしながら、試作機を用いた試験では、搭乗操作時と同じ走行速度で自動走行を達成可能であり、経験豊富

な作業員の運転操作を模倣できるアルゴリズムを構築できた。

これらの試験結果より、遠隔操作および自動走行機能を有するフォワーダは運転手の労働負担を低減させる効果は十分にあるとともに、自動走行機能を利用可能な現場は限定的ではあるが、集材作業に有効活用できると考えられる。

謝辞

本研究では、実証試験を行うにあたり、かごしま森林組合および新城森林組合の協力をいただいた。ここに深謝する。なお、本研究は「農林水産業におけるロボット技術導入実証事業」の補助を受けて実施した成果である。

引用文献

- 藤井 友子 (2012) ドイツ HBC 社製ラジオ無線リモコンを使った林業作業機の安全かつ効率的で快適な操作. 建設機械, 48(8), 41-46.
- 毛綱 昌弘・山口 浩和 (2000) 永久磁石とジャイロの組み合わせによる自律走行運材車の開発. 森林利用学会誌, 15, 197-204.
- 林業・木材製造業労働災害防止協会 (2016) “林業労働災害(死亡災害)速報一覧”, http://www.rinsaibou.or.jp/cont03/03_frm.html, (参照 2016-08-10).
- 林野庁 (2010) 森林作業道作設指針の制定について. 林野庁長官通知 656 号.
- 森林総合研究所 (2006) 林業機械のテレコントロールシステムの開発 交付金プロジェクト研究成果集 10. 森林総合研究所, 53pp.

Development of operational support technology of a forwarder by remote control and automated travelling function

Masahiro MOZUNA^{1)*}, Hirokazu YAMAGUCHI¹⁾, Takayuki ITO¹⁾, Hidenori SUZUKI¹⁾, Osamu CHISAKA²⁾, Ayanobu TAKASAKI²⁾, Kanemitsu KUSANO³⁾ and Shigeo KITAHARA⁴⁾

Abstract

We developed a remote control function for a forwarder to reduce labor burden on the driver. The driver can operate traveling and handling while confirming visual information from the cameras mounted on the forwarder. Furthermore, we added an automated traveling function to the forwarder. After the driver travels once on a strip road, the controller memorizes the linearity of the road and the duration of operation during the trip. At the time of automated travel, the controller reproduces the duration of operation. This duration is revised using global navigation satellite system (GNSS) and pinpointing information from a traveling trace by agitation, such as slips at the time of automated traveling. We conducted a validation test in logging fields using this prototype. With regard to the remote control function, handling and traveling work efficiency decreased when using the remote control in comparison with boarding operation, and drivers confirmed comfort and safety. With regard to the automated traveling function, a control error larger than the width made along the guidelines of the strip road occurred because the traveling function was unable to secure the precise GNSS measurements necessary to revise the control error in a thinning field. These results indicate that locations wherein the device can be used are limited; however, they confirmed a reduced labor burden on the driver.

Key words : forwarder, labor burden, GNSS, automated traveling, remote control

Received 10 August 2016, Accepted 28 November 2016

1) Department of Forest Engineering, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) IHI Construction Machinery Ltd.

3) JMU Defense Systems Co., Ltd.

4) Kumagai Gumi Co., Ltd.

*Department of Forest Engineering, FFPRI, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 JAPAN; e-mail: mozuna@ffpri.affrc.go.jp

論文 (Original article)

***Phanerochaete crassa* WD1694 株による
マンガンペルオキシダーゼ反応の組織化学的観察**高野 麻理子^{1)*}、服部 力²⁾

要旨

パルプ培地で培養した *Phanerochaete crassa* WD1694 株によるマンガンペルオキシダーゼ (MnP) の反応場所を検出するため、MnP の検出試薬としてテトラメチルベンジジン (TMBZ) を用いた顕微鏡観察を行った。*P. crassa* WD1694 株を、広葉樹未晒しクラフトパルプと TMBZ を含む培地で培養したところ、各培養条件下で、*P. crassa* WD1694 株はパルプ菌糸塊を生成し、その表面上に TMBZ の発色沈殿が認められることが判明した。次いで、*P. crassa* WD1694 株を培養したパルプ培地を菌糸染色用のクマシーブルー、スライム染色用のフロキシシン B で染色し、顕微鏡観察した結果、*P. crassa* WD1694 株の菌糸がパルプに絡みつくように生長し、それらをスライム層が覆う様子が観察された。TMBZ の発色沈殿の位置を、パルプ菌糸塊構造と比較検討した結果、TMBZ の発色沈殿は、主に菌糸端部と菌糸上に顕著に認められた。また、TMBZ の発色沈殿の経時変化を観察したところ、スライム層の生産時期と関連して TMBZ の発色沈殿が生じることが示された。これらの結果より、パルプ培地で培養した *P. crassa* WD1694 株には、菌糸とスライムでパルプを凝集した後、菌体上で MnP によるリグニン分解反応を効率よく進行させる組織学的な機構が存在することが示唆された。

キーワード：*Phanerochaete*、マンガンペルオキシダーゼ、ペルオキシダーゼ染色、白色腐朽菌、組織化学、リグニン分解

1. 緒言

クラフトパルプ化は最も代表的な工業パルプ化法として広く用いられている。クラフトパルプのパルプ化工程では、木材チップ中のリグニンの大部分が分解除去されパルプ（未晒しクラフトパルプ）が得られるが、一部のリグニンは残留し、着色原因となる。そのため、高白色度を重視する紙・紙製品を製造する場合、未晒しクラフトパルプをさらに漂白工程に供し、残留リグニンを分解除去して、晒しクラフトパルプが製造されている。一般に、漂白工程は、多段階の漂白段を必要としており、従来、漂白段の一つに塩素段が用いられるのが一般的であったが、ダイオキシン問題（尾鍋 1991）を契機として、全く塩素を用いない漂白工程（TCF 漂白）と塩素段を用いない漂白工程（ECF 漂白）へ移行してきている。TCF 漂白や ECF 漂白に用いられる無塩素漂白の一つとして、オゾン漂白、過酸化水素漂白などの化学的漂白法に平行して、リグニンの微生物分解を模倣したバイオブリーチングが研究されている（桃原・松本 1991, 西田 1992, 坂井 1993, Reid and Paice 1994, Archibald et al. 1997）。

白色腐朽菌は、高いリグニン分解能力を持つため、これまで、バイオブリーチングの研究に供試されて

きた。たとえば、古くは、未晒しクラフトパルプを白色腐朽菌（*Phanerochaete chrysosporium*）処理とアルカリ処理することにより、パルプ中のリグニン含有量が大きく低下することが報告されている（Kirk and Yang 1979）。また、代表的な白色腐朽菌であるカワラタケにも未晒しクラフトパルプの漂白作用のあることが報告されている（Paice et al. 1989）。その後、これらの白色腐朽菌より高い漂白能力を持つ腐朽菌株のスクリーニングが精力的に行われ、IZU-154 株（Nishida et al. 1988）、*P. sordida* YK-624 株（Hirai et al. 1994）、SKB-1152 株（Iimori et al. 1994）などの菌株が選抜されている。当研究グループでも、未晒しクラフトパルプの漂白能力が高い菌として、*Phanerochaete crassa* WD1694 株を選抜し、この菌株が未晒しクラフトパルプのカッパー価を顕著に低下させる際に、高いマンガンペルオキシダーゼ（MnP）活性が検出されることを報告した（Takano et al. 2001）。

一般に、白色腐朽菌は、MnP などのリグニン分解酵素を窒素制限条件の液体培地に分泌することが知られている（割石 2002）。生菌によるパルプ漂白系では、分泌されたリグニン分解酵素が菌体外酵素として単純に作用し、リグニン分解が進行している可能性が

原稿受付：平成 26 年 9 月 14 日 原稿受理：平成 26 年 11 月 28 日

1) 森林総合研究所森林資源化学研究領域微生物工学研究室

2) 森林総合研究所きのこ・森林微生物研究領域森林病理研究室

* 森林総合研究所森林資源化学研究領域微生物工学研究室 〒 305-8687 茨城県つくば市松の里 1

高いものの、一方で、MnP は、触媒サイクルの関係から、過酸化水素の供給を必要とするため (Wariishi et al. 1992, 割石 2002)、任意の場所で、MnP が作用することには無理があるとも考えられる。また、生菌によるパルプ漂白系において、MnP によるリグニン分解反応の反応場所に関する組織学的な知見も乏しいのが現状である。

これまで、MnP 活性の分析には、ABTS やグアヤコールなどの発色性基質が利用されてきた (Gold and Glenn 1988, Paszczyński et al. 1988)。しかしながら、これらの発色性基質の生成物は可溶性であるため、MnP によるリグニン分解反応場所の検出には適していなかった。一方、ジアミノベンジジン (DAB) やアミノエチルカルバゾール (AEC) などのように、ペルオキシダーゼ (PO) 酸化により発色と同時に重合して沈殿を生成し、組織に沈着する発色性基質がある。実際、白色腐朽菌の研究例として、*P. chrysosporium* のリグニン分解 PO 類の分布状態をベンジジン染色によって分析した報告や *Pycnoporus cinnabarinus* のラッカーゼの分布を 2,6-ジメトキシフェノール (2,6-DMP) で分析した報告などがある (Mouhka et al. 1993, Jones and Lonergan 1999)。

そこで、本研究では、パルプ培地で培養した *P. crassa* WD1694 株の生菌が生産した MnP によるリグニン分解反応場所を探るべく、市販のテトラメチルベンジジン (TMBZ) を用いて組織化学的観察を行った。TMBZ は、DAB、AEC、2,6-DMP と同様に重合性の PO 基質であるが、DAB、AEC、2,6-DMP が褐色や赤褐色であるのに対し、TMBZ は青色に発色するため、褐色に着色した未晒しクラフトパルプ培地でも発色が明確に識別できる (Liem et al. 1979, Cattabeo and Luong 1994)。

MnP 反応の検出では、生成した Mn (III) が培地中で拡散する可能性や、反応が微量で短時間では検出できない可能性が想定された。そこで、本研究では、TMBZ を含むパルプ培地で *P. crassa* WD1694 株を培養することで、生じた MnP 反応を即時に検出し、また、培養経過中の MnP 反応を蓄積して検出する条件を設定した。

すでに報告した *P. crassa* WD1694 株の TMBZ 発色試験では、TMBZ を含まないパルプ培地で菌を培養し、菌体試料を試験管に採取後に TMBZ を添加し、MnP 反応を短時間で検出した (Takano 2006, 2009, 2010)。これらの報告は、本研究結果をもとに TMBZ の発色部と MnP 反応の関連性について研究を進めたものである。

2. 実験方法

2.1 菌株

白色腐朽菌 *Phanerochaete crassa* WD1694 株 (*Porostereum crassa*) (和名：カミウロコタケ、農林水産省ジーンバンク登録番号：MAFF420737) は森林総合

研究所腐朽病害研究室より入手した。

2.2 試薬

MnP 反応の検出には、BM Blue POD Substrate, precipitating (沈殿性 3,3',5,5'-テトラメチルベンジジン溶液、ロシュ・ダイアグノスティックス製、TMBZ)、菌体およびスライムの染色には、クマシーブ リリアントブルー (CBB) R250 (フルカ製) およびフロキシシン B (ナカライテスク製) を使用した。

2.3 顕微鏡

顕微鏡観察には、Optiphot 顕微鏡 (ニコン製) または倒立顕微鏡 Nikon Eclipse TE2000-U (ニコン製) を使用した。

2.4 TMBZ 発色の予備試験

P. crassa WD1694 株由来の MnP を、既報に従って得た (Takano et al. 2004)。次いで、MnP 0.1 unit、広葉樹未晒しクラフトパルプ (LUKP) 2 %、2 mM MnSO_4 、0.02 mM 過酸化水素を含むマロン酸緩衝液 (pH3.5, 50mM) を、酵素溶液 (全容量 1.0 ml) として調製した。酵素溶液に TMBZ 0.1 ml を加え、室温で 15 分間反応後、その反応溶液を目視観察および顕微鏡観察に供した。

2.5 *P. crassa* WD1694 株の TMBZ 添加 LUKP 培地での培養

既報に従って (Takano et al. 2004)、*P. crassa* WD1694 株を培養し、ハンディホモジナイザーで粉碎して種菌を得た。3 種類の TMBZ 添加 LUKP 培地 (パルプ濃度 25 %、2.5 %、0.5 %) を調製、滅菌後、種菌を植菌し、Table 1 の条件で、所定期間培養を行った。その後、培地試料を目視観察および顕微鏡観察に供した。

Table 1. *P. crassa* WD1694 株の TMBZ 添加 LUKP 培地の培養条件

培養条件	A	B	C
パルプ濃度 (%)	25	2.5	0.5
TMBZ (ml)	3	2	6
蒸留水 (ml)	1	10	50
種菌量 (ml)	6	10	10
培養温度 (°C)	26	26	34
攪拌条件 (rpm/min)	0 (静置)	0 (静置)	100 (振盪)

2.6 CBB 染色

0.1% CBB R250 染色液（エタノール：25%、酢酸：8%、蒸留水：67%、体積比）を調製した。培養した培地試料を 500 μ l 採取し、染色液（1ml）を加え室温で 30 分間放置した。次いで、培地試料を上清の着色がなくなるまで蒸留水で静かに洗浄し、顕微鏡観察に供した。

2.7 フロキシシン B 染色

20% フロキシシン B 水溶液を調製した。上述の培地試料を 500 μ l 採取し、染色液 1ml を加え室温で 30 分間放置した。菌体試料を上清の着色がなくなるまで蒸留水で静かに洗浄し、顕微鏡観察に供した。

3. 結果と考察

3.1 TMBZ 発色の予備試験

市販の PO 染色用試薬 TMBZ は、PO 類による酸化によって発色と同時に重合沈殿する性質があり、これにより、PO 類の反応場所を特定することが期待される。そこで、培養実験に先立ち、*P. crassa* WD1694 株が分泌する MnP と TMBZ の反応性を検討した。最初に、*P. crassa* WD1694 株から採取した MnP、LUKP、硫酸マンガン、過酸化水素を含むマロン酸緩衝液に TMBZ を加えた反応液を調製し、室温で 15 分間反応させた

ところ、反応液全体が均一に呈色した（Fig.1a）。また、反応液の一部を採取し、顕微鏡観察したところ、パルプが分散している反応液中に、TMBZ の発色した沈殿が多数認められた（Fig.1b）。これにより、TMBZ が、*P. crassa* WD1694 株の MnP により発色沈殿を生じることが確認された。

3.2 TMBZ 発色試験

P. crassa WD1694 株を TMBZ とともに、3 種類の培養条件で 3 日間培養した。なお、培養条件 A はパルプを多く含む固体培地、B は液体培地（静置培養）、C は液体培地（振盪培養）のモデルとして設定した。3 条件の培養結果を Fig. 2 に示す。培養条件 A では、*P. crassa* WD1694 株とパルプが小塊状に固まり、TMBZ の発色沈殿は、その小塊表面に認められた（Fig. 2a）。一方、培養条件 B では、パルプを含む溶液部のほぼ全体がゲル化し、TMBZ の発色沈殿は、ゲル化しなかった少量の溶液部には認められず、ゲルの上部表面に観察された（Fig. 2b）。また、培養条件 C では、直径 1.0 -1.5 mm 程度のパルプ小塊が多数生成し、TMBZ の発色沈殿は、培地溶液中には認められず、その小塊の表面に存在していた。なお、各培養条件において、TMBZ 無添加の系、および、*P. crassa* WD1694 株無添加の系を対照実験として実施したが、培地に発色は認められなかった。

次に、所定日数培養後の TMBZ 発色沈殿を含む菌体試料を採取し、光学顕微鏡で観察した。その結果を Fig. 3 に示す。培養条件 A, B, C の全てにおいて、*P. crassa* WD1694 株とパルプが凝集し、パルプ菌糸塊を生成した様子が観察された。培養条件 A では、培養 1 日目に菌糸端部に顕著な TMBZ の発色沈殿が検出された（Fig. 3a）。培養条件 B の TMBZ 発色沈殿は、培養 2 日後に菌糸端部に、培養 4 日後はパルプ菌糸塊内部の菌糸に沿った菌糸上に認められた（Fig. 3b, c）。培養条件 C の場合、TMBZ の発色沈殿は、パルプ菌糸塊の表面、および菌糸端部に認められた（Fig. 3d）。これらの結果より、TMBZ の発色沈殿は、各培養条件下で、パルプ菌糸塊上、特に菌糸端部と菌糸上に局在して存在する

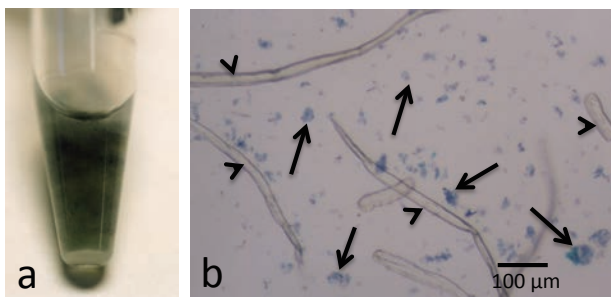


Fig. 1. *P. crassa* WD1694 株から採取した MnP と TMBZ の発色予備試験結果

(a) 反応液全体の様子、(b) 反応液の顕微鏡観察結果

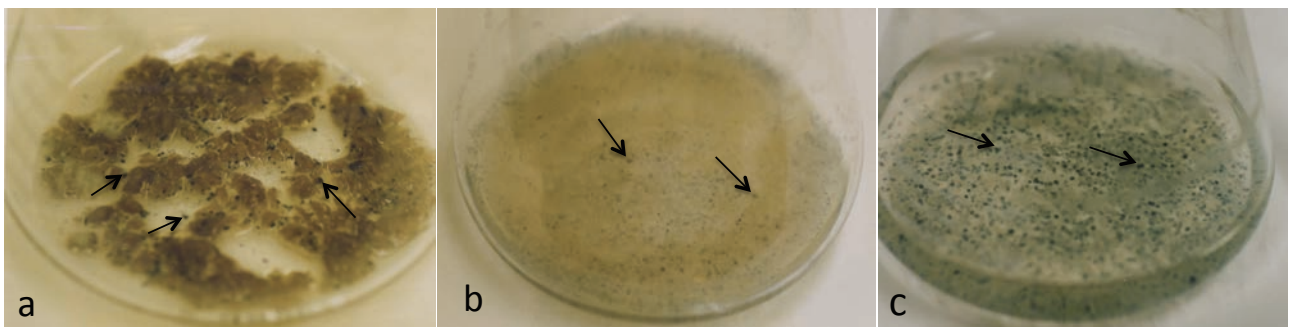


Fig. 2. *P. crassa* WD1694 株の TMBZ 添加 LUKP 培地培養の全体の様子

(a) Table 1-A、培養 3 日目、(b) Table 1-B、培養 2 日目、(c) Table 1-C、培養 3 日目

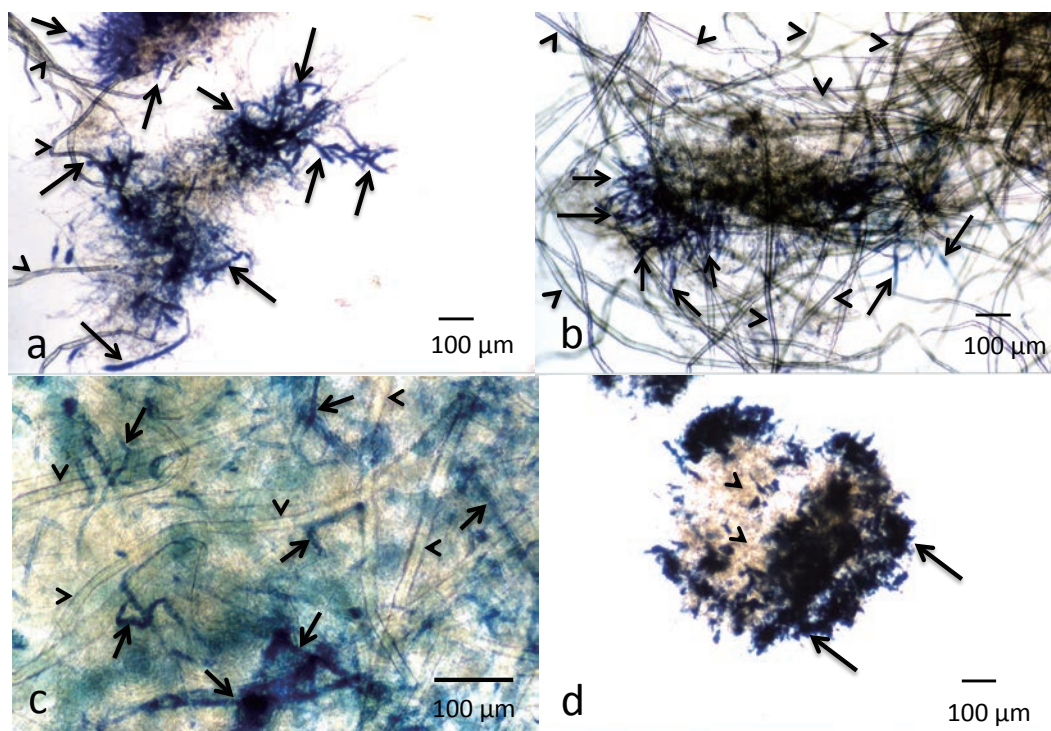


Fig. 3. *P. crassa* WD1694 株の TMBZ 添加 LUKP 培地培養の顕微鏡観察結果
(a) 培養条件 A (1 日目)、(b) 培養条件 B (2 日目)、(c) 培養条件 B (4 日目)、(d) 培養条件 C (3 日目) 図中、矢印は TMBZ の発色沈殿、矢頭はパルプを示す。

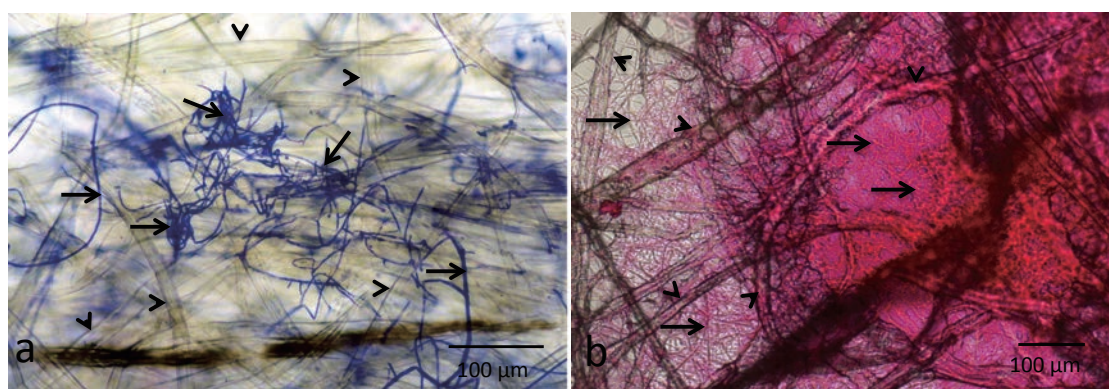


Fig. 4. *P. crassa* WD1694 株の LUKP 培地培養 (培養条件 B、TMBZ 無添加) の顕微鏡観察結果
培養 3 日目。(a) CBB 染色、(b) フロキシシン B 染色。
図中、矢印は TMBZ の発色沈殿、矢頭はパルプを示す。

ことが判明した。この結果は、*P. crassa* WD1694 株によるリグニン分解反応は、分泌された MnP が菌体外酵素として培養液中で均一に働くのではなく、菌体近傍部で局在的に効率よく進行することを示唆した。

3.3 TMBZ 発色と他の染色法の併用

タンパク質の染色法である CBB 染色は、パルプを染色せず、菌糸のみを染色することが可能である。また、筆者らは、*P. crassa* WD1694 株の菌糸表面はスライム層によって覆われており、スライム層の染色にフロキシシン B が有効であることを報告した (Takano et al. 2008)。そ

こで、パルプ菌糸塊中の TMBZ の発色沈殿の場所をより明確に解析するために、最初に、*P. crassa* WD1694 株を培養条件 B で 3 日間培養した培地試料について、パルプ菌糸塊を構成する菌糸を CBB 染色、スライムをフロキシシン B 染色した後、顕微鏡観察した (Fig. 4a, b)。Fig. 4a では、青く染色された菌糸がパルプに絡みつくように生長する様子が観察された。一方、Fig. 4b では、パルプ菌糸塊全体が赤く染色され、スライム層が菌糸とパルプを覆っている様子が観察された。これらのパルプ菌糸塊とスライムの様子は、培養条件 A と C でも認められた。これらの結果より、パルプ培地で培養した *P. crassa*

WD1694 株は、菌糸とスライムでパルプを凝集して、パルプ菌糸塊を生成することが示唆された。スライム層は白色腐朽菌の菌糸表層に存在し、古くから菌体外酵素の保持輸送などの生理機能に関与する可能性が報告されている (Palmer et al. 1983, Ruel and Joseleau 1991)。また一方、LiP, MnP の分布を免疫染色し、電子顕微鏡で観察した結果では、スライム層に菌体外酵素の存在が報告されている (Daniel, 1994)。そのため、白色腐朽菌の菌糸表層のスライム層で MnP によるリグニン分解反応が進行している可能性が考えられた。しかしながら、Fig. 3 と Fig. 4 の比較からは、MnP によるリグニン分解反応を示す TMBZ の発色沈殿が、パルプ菌糸塊全体を覆うスライム層に特異的に生じる明確な結果は得られなかった。

次に、パルプ菌糸塊上に生じた TMBZ の発色沈殿の経時変化を追うために、培養日数の異なる TMBZ 添加 LUKP 培地試料に、フロキシシン B 染色を行った。培養条件 C のパルプ培地試料の染色結果を Fig. 5 に示す。フロキシシン B 由来の赤色染色は、培養 6 時間後には、すでに認められたが、培養 2 日後に変色が起こり、培養 3 日後に退色が認められた。一方、TMBZ 由来の濃青色の発色は、培養 1 日後に検出され、培養 2 日目にも観察されたが、培養 3 日以降には退色が認められた。これらの結果は、スライムの生成と MnP の分泌に関連性があることを示唆していた。試験した A, B, C の全培養条件下で、培養開始後 15 時間以内に菌糸の成長とともにパルプの凝集が生じ、その後培養 1 日以降に TMBZ の発色がパルプ菌糸塊上に検出されることが確認された。

P. chrysosporium のリグニン分解活性は二次代謝であり、窒素源の欠乏によって開始することが知られており、MnP タンパク質も、窒素制限条件下で検出されることが示されている (Keyser et al. 1978, Kirk et al. 1978, Brown et al. 1990)。Keyser らは、*P. chrysosporium* の培養初期に菌体量の増加とともに培地中の窒素量が低下し、その後、菌体量増加の抑制と窒素源欠乏が認められた

時期に、リグニン分解活性が検出されることを示した (Keyser et al. 1978)。同様に、培養初期の菌体量増加が鈍化した時期に、リグニン分解活性と MnP 活性が検出されることが報告されている (Kirk et al. 1978, Brown et al. 1990)。

P. crassa WD1694 株の TMBZ 発色試験では、パルプの凝集は菌体量が増加する培養初期に生じており、TMBZ 発色は菌がパルプを凝集した後に生じていた。以前の報告で、*P. crassa* WD1694 株の菌糸端部に生じる TMBZ 発色は、MnP 反応によることを報告した (Takano et al. 2006)。窒素制限液体培地とパルプ培地で培養した *P. crassa* WD1694 の MnP 活性を経時的に測定した結果では、MnP は培養後 2 日後と 3 日後に検出されることを報告したが (Takano et al. 2001, 2004)、同時期には菌体量増加の停止が観察された。これらの結果は、*P. crassa* WD1694 株の TMBZ 発色試験で検出された MnP 反応は、パルプが菌に凝集された後に生じることを示唆している。

以上の結果より、*P. crassa* WD1694 株は、単純に MnP を培地の溶液中に分泌して、リグニン分解を進行させるのではなく、菌糸とスライムでパルプを凝集した後、菌体上で MnP によるリグニン分解反応を効率よく進行させる組織学的な機構が存在することが示唆された。

引用文献

- Archivald, F. S., Bourbonnais, R., Jurasek, L., Paice, M. G. and Reid, I. D. (1997) Kraft pulp bleaching and delignification by *Trametes versicolor*. *J Biotechnol* 53, 215-236.
- Brown J. A., Glenn J. K. and Gold M. H. (1990) Manganese regulates expression of manganese peroxidase by *Phanerochaete chrysosporium*. *J Bacteriol* 172, 3125-3130.
- Cattaneo, M. V. and Luong, J. H. T. (1994) A stable water-soluble tetramethylbenzidine-2-hydroxypropyl- β

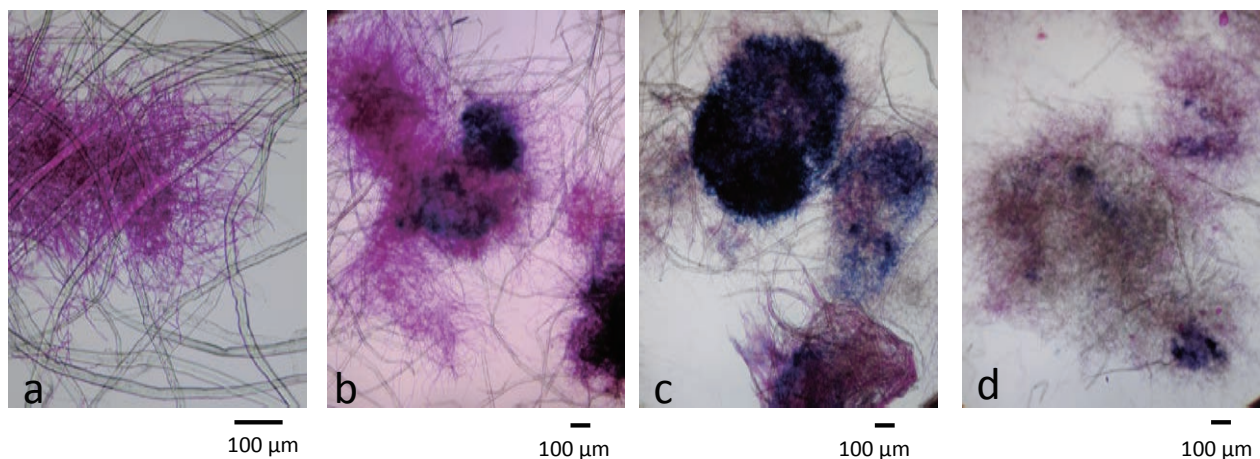


Fig. 5. *P. crassa* WD1694 株の TMBZ 添加 LUKP 培地培養の顕微鏡観察結果 (フロキシシン B 染色併用) 培養条件 C、培養期間 (a) 6 時間後、(b) 1 日目、(c) 2 日目、(d) 3 日目。

- cyclodextrin inclusion complex and its applications in enzyme assays. *Anal Biochem* 223, 313-320.
- Daniel, G. (1994) Use of electron microscopy for aiding our understanding of wood biodegradation. *FEMS Microbial Rev*, 13, 199-233.
- Gold, M. H. and Glenn, J. K. (1988) Manganese peroxidase from *Phanerochaete chrysosporium*. In Wood, W. A. and Kellogg, S. T. (eds.) "Methods in Enzymology Volume 161 Biomass PartB Lignin, Pectin, and Chitin" . Academic Press, 258-264.
- Hirai, H., Kondo, R. and Sakai, K. (1994) Screening of lignin-degrading fungi and their ligninolytic enzyme activities during biological bleaching of kraft pulp. *Mokuzai Gakkaishi* 40, 980-986.
- Iimori, T., Kaneko, R., Yoshihara, H., Machida, M., Yoshioka, H. and Murakami, K. (1994) Screening of pulp-bleaching fungi and bleaching activity of newly isolated fungus SKB-1152. *Mokuzai Gakkaishi* 40, 733-737.
- Jones, C. L. and Lonergan, G. T. (1999) Histochemical detection of laccase in *Pycnoporus cinnabarinus* using microwave-enhanced colloidal gold microcrystallization. *Biotechnol Techniq*, 13, 871-875.
- Keyser, P., Kirk, T. K. and Zeikus, J. G. (1978) Ligninolytic enzyme system of *Phanerochaete chrysosporium*-synthesized in the absence of lignin in response to nitrogen starvation. *J Bacteriol* 135, 790-797.
- Kirk, T. K., Schultz, E., Connors, W. J., Lorenz, L. F. and Zeikus, J. G. (1978) Influence of culture parameters on lignin metabolism by *Phanerochaete chrysosporium*. *Arch Microbiol* 117, 277-285.
- Kirk, T. K. and Yang, H. H. (1979) Partial delignification of unbleached kraft pulp with ligninolytic fungi. *Biotechnol Lett* 1, 347-352.
- Liem, H. H., Cardenas, F., Tavassoli, M., Poh-Fitzpatrick, M. B. and Muller-Eberhard, U. (1979) Quantitative determination of hemoglobin and cytochemical staining for peroxidase using 3,3',5,5'-tetramethylbenzidine dihydrochloride, a safe substitute for benzidine. *Anal Biochem* 98, 388-393.
- 桃原 郁夫、松本 雄二 (1991) パルプ化工程における生物学的プロセスの適用 . 紙パルプ技術協会誌 45, 1297-1315.
- Moukha, S. M., Wösten, H. A. B., Asther, M. and Wessels, J. G. H. (1993) In situ localization of the secretion of lignin peroxidases in colonies of *Phanerochaete chrysosporium* using a sandwiched mode of culture. *J General Microbiol*, 139, 969-978.
- 西田 友昭 (1992) 微生物によるリグニン分解とパルプ漂白 . 木材学会誌 , 38, 811 - 819.
- Nishida, T., Kashino, Y., Mimura, A., and Takahara, Y. (1988) Lignin biodegradation by Wood-rotting fungi I. Screening of lignin-degrading fungi. *Mokuzai Gakkaishi* 34, 530-536.
- 尾鍋 史彦 (1991) 紙・パルプ産業におけるダイオキシン問題の現状と将来の展望 . 紙パルプ技術協会誌 , 45, 462-474.
- Paice, M. G., Jurasek C., Ho, C., Bourbonnais, R. and Archibald, F. (1989) Direct biological bleaching of hardwood kraft pulp with the fungus *Coriolus versicolor*. *Tappi J* 72, 217-221.
- Palmer, J. G., Muranis, L. and Highly, T. L. (1983) Visualization of hyphal sheath in wood-decay hymenomycetes. II. White-rotters. *Mycologia*, 75, 1005-1010.
- Paszczyński, A., Crawford, C. and Huynh, V.B. (1988) Manganese peroxidase of *Phanerochaete chrysosporium*, purification. In Wood, W. A. and Kellogg, S. T. (eds) "Methods in Enzymology Volume 161 Biomass PartB Lignin, Pectin, and Chitin" . Academic Press, 264-270.
- Reid, I. D. and Paice, M. G. (1994) Biological bleaching of kraft pulps by white-rot fungi and their enzymes. *FEMS Microbiol. Rev.* 13, 369-376.
- Ruel, K. and Joseleau, J. P. (1991) Involvement of an extracellular glucan sheath during degradation of *Populus* wood by *Phanerochaete chrysosporium*. *Appl Environ Microbiol*, 57, 374-384.
- 坂井 克己 (1993) パルプ化プロセスへのリグニン分解菌の応用 . 紙パルプ技術協会誌 , 47, 933-943.
- Takano, M., Abe, H., and Hayashi, N. (2006) Extracellular peroxidase activity at the hyphal tips of the white-rot fungus *Phanerochaete crassa* WD1694. *J Wood Sci* 52: 429-435.
- Takano, M., Hayashi, N. and Kuroda, K. (2008) Selective staining and visualization of hyphal sheath of a white-rot fungus *Phanerochaete crassa* WD1694 with Phloxine B. *J Wood Sci*, 54, 76-80.
- Takano, M., Hayashi, N., Nakamura, M. and Yamaguchi, M. (2009) Extracellular peroxidase reaction at hyphal tips of white-rot fungus *Phanerochaete crassa* WD1694 and in fungal slime. *J Wood Sci* 55:302-307.
- Takano, M., Nakamura, M., Nishida, A. and Ishihara, M. (2004) Manganese peroxidase from *Phanerochaete crassa* WD1694. *Bulletin of FFPRI*, 3, 7-13.
- Takano, M., Nakamura, M. and Yamaguchi, M. (2010) Glyoxal oxidase supplies hydrogen peroxide at hyphal tips and on hyphal wall to manganese peroxidase of a white-rot fungus *Phanerochaete crassa* WD1694. *J Wood Sci* 56: 307-313.
- Takano, M., Nishida, A. and Nakamura, M. (2001) Screening of wood-rotting fungi for kraft pulp bleaching by the Poly R decoloration test and biobleaching of hardwood kraft pulp

- by *Phanerochaete crassa* WD1694. J Wood Sci 47, 63-68.
- 割石 博之 (2002) リグニン分解酵素. 穴戸和夫編 “キノコとカビの基礎科学とバイオ技術” アイピーシー, 141-153.
- Wariishi, H., Valli, K. and Gold, M. H. (1992) Manganese (II) oxidation by manganese peroxidase from the Basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*. J. Biol. Chem. 267, 23688-23695.

Histochemical analysis of manganese peroxidase reaction of a white rot fungus *Phanerochaete crassa* WD1694

Mariko TAKANO¹⁾ and Tsutomu HATTORI²⁾

Abstract

Manganese peroxidase reaction of *P. crassa* WD1694 cultivated in pulp culture was detected and visualized with tetra-methylbenzidine (TMBZ), a peroxidase substrate for histochemical detection. *P. crassa* WD1694 was cultivated in fungal media containing unbleached kraft pulp, distilled water and TMBZ. After cultivation for 2 days, flocs including *P. crassa* WD1694 and pulp were generated in each cultivation condition of solid-state fermentation, an agitated suspension of pulp, and a stationary suspension of pulp. TMBZ staining was observed on the flocs in each culture. Fungal hyphae intimately associated with pulp fibers in the flocs were stained with Coomassie Brilliant Blue, and slime layer covered the fungal hyphae and the pulp in the flocs was visualized with Phloxine B. The TMBZ staining observed in each culture was mainly observed on the hyphal end and along the hyphae in the flocs. Time course analysis of TMBZ and Phloxine B staining revealed that fungal hyphae and slime gathered pulp and made flocs, and the TMBZ staining occurred on the flocs. These results suggest a histological system that MnP reaction occurs on the end of hyphae and along the hyphae in the flocs and that could cause efficient and effective degradation of lignin in pulp.

Key words : Phanerochaete, manganese peroxidase, peroxidase staining, white rot, histochemistry, lignin degradation

Received 14 September 2016, Accepted 28 November 2016

1) Department of Forest Resource Chemistry, Microbial Technology Laboratory, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) Department of Mushroom Science and Forest Microbiology, Forest Pathology Laboratory, FFPRI

* Department of Forest Resource Chemistry, Microbial Technology Laboratory, FFPRI, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 JAPAN;
e-mail: marin@ffpri.affrc.go.jp

論文 (Original article)

内閣府世論調査にみる木材生産に関する国民ニーズ ー長期推移と 2000 年代の特徴ー

石崎涼子^{1)*}

要旨

内閣府は 1976 年以来、10 回の森林・林業に関わる世論調査を実施している。いずれも 3,000 もしくは 5,000 人の成人への個別面接を通じたものである。本稿では、この長期にわたる貴重な調査結果を用いて、2000 年代における林業に関する国民ニーズの変化を明らかにした。森林に期待する働きとして木材生産機能をあげる人々の割合は、1980 年代から 1990 年代にかけて大幅に減少したが、2000 年代に入ってから緩やかな増加に転じた。だが、木材供給や利用に関わる行政施策のニーズは、2000 年代を通じてほぼ変化していない。木材生産機能への期待と山村住民の支援のための行政施策のニーズは、次第に農村部の人々よりも都市部の人々で高まるという現象が 2000 年代に生じた。国産材利用が森林整備に役立つと考える人々は 8 割にのぼるが、住宅取得時に国産材の使用を考慮する人々は 3 割ほどにとどまる。住宅取得時に使用される木材が適切な管理がなされている森林から生産されたか否かを考慮する人々は約 15% で推移している。森林整備の実施の判断において経済効率を第一に考える人々が増加しているのも 2000 年代に出現した動向の 1 つである。

キーワード：国民ニーズ、林業、木材生産、木材利用、都市、農山村、世論調査

1. はじめに

日本の人々は、森林から生み出される木材に対して何を求めているのだろうか。木材生産に関わる国民のニーズは、木材に対する消費者ニーズを把握するためのみならず、森林・林業政策を設計し展開するうえでも重要な基礎情報となるが、それを把握し理解することは容易ではない。幅広い人々の意見を把握する手法として、質問紙調査がある。その 1 つである内閣府大臣官房政府広報室¹⁾による世論調査は、全国の 20 歳以上の男女数千人を統計的に抽出し、調査員の訪問面接により結果を得ている国民の意識把握のための調査である。規模、調査手法ともに非常に大がかりで、日本における国民の意識やニーズを把握するうえでの貴重なデータとなっている。

森林・林業に関わっては、1976 年から直近の 2011 年まで計 10 回の世論調査が実施されており (Table 1)、世界的にみても非常に長期間にわたる森林に関する世論のデータ蓄積となっている。この世論調査のなかでこれまで特に注目されてきたのは、人々が森林に期待する働きを問う設問の結果である。なかでも注視されてきたのは、森林がもつ諸機能の間における木材生産機能に対する期待の順位であり、その順位は 1980 年代および 1990 年代を通じてドラスティックに下がった後、2000 年代に入ってから緩やかな上昇に転じてきた (林野庁編 2013)。この動きは一体何を意味して

いるのだろうか。2000 年代において国民の意識やニーズには、どのような変化が起きているのだろうか。これらを把握するためには、より詳細なデータの分析が必要となる。

そこで本稿では、内閣府世論調査における木材生産に関わる様々な設問の回答や回答者の内訳を精査し、2000 年代における木材の生産と利用に対する国民の意識やニーズの変化と特徴について検討したい。森林・林業に関わる世論調査のデータは、長期にわたる貴重な調査結果である一方で、設問の内容や選択肢の表現が度々変更されているうえ、複数の解釈が可能となる表現等も用いられており、時系列での比較やデータの解釈が難しい設問も少なくない。なかでも、上述の森林に期待する働きを問う設問においては、選択肢の数や表現が度々変更されており、時系列での比較やデータの解釈が非常に難しい設問となっている。本稿では、こうしたデータ分析や解釈上の問題に充分留意しながら、内閣府世論調査の結果がもつ意味に迫っていきたい。

2. データの特徴

2.1 調査方法と公表データ

内閣府世論調査は、国民の意識の動向や政府の施策に対する意識などの把握を目的に実施されている調査である。調査テーマは各省庁から応募されたテーマの

原稿受付：平成 28 年 8 月 9 日 原稿受理：平成 28 年 12 月 2 日

1) 森林総合研究所林業経営・政策研究領域

* 森林総合研究所林業経営・政策研究領域 〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1

Table 1. 内閣府による森林に関わる世論調査

調査実施年月	調査名	標本数	有効回収数	有効回収率	回 収 率											
					男 性						女 性					
					20代	30代	40代	50代	60代	70歳～	20代	30代	40代	50代	60代	70歳～
第1回 1976年 9月	森林・林業に関する世論調査	5,000	3,687	74%	55%	71%	71%	77%	79%	72%	75%	85%	81%	81%	81%	65%
第2回 1980年 7月	森林・林業に関する世論調査	3,000	2,388	80%	63%	69%	80%	75%	81%	80%	78%	87%	87%	86%	87%	85%
第3回 1986年 8月	みどりと木に関する世論調査	3,000	2,405	80%	69%	70%	72%	79%	84%	80%	80%	87%	86%	86%	87%	84%
第4回 1989年10月	森林と生活に関する世論調査	3,000	2,358	79%	60%	68%	73%	73%	85%	84%	67%	89%	85%	84%	87%	86%
第5回 1993年 1月	森林とみどりに関する世論調査	3,000	2,166	72%	54%	64%	67%	66%	77%	73%	61%	81%	81%	83%	81%	75%
第6回 1996年 1月	森林・林業に関する世論調査	3,000	2,282	76%	59%	66%	65%	74%	84%	87%	63%	79%	84%	83%	85%	79%
第7回 1999年 7月	森林と生活に関する世論調査	3,000	2,137	71%	46%	56%	65%	67%	80%	83%	53%	76%	79%	78%	85%	83%
第8回 2003年12月	森林と生活に関する世論調査	3,000	2,113	70%	53%	55%	65%	70%	78%	81%	48%	73%	74%	79%	81%	80%
第9回 2007年 5月	森林と生活に関する世論調査	3,000	1,827	61%	37%	43%	53%	59%	69%	69%	49%	59%	76%	72%	70%	69%
第10回 2011年12月	森林と生活に関する世論調査	3,000	1,843	61%	42%	48%	45%	65%	67%	68%	47%	57%	66%	75%	75%	67%

資料：内閣総理大臣官房広報室（1977）森林・林業に関する世論調査（世論調査報告書 昭和51年9月調査）。内閣総理大臣官房広報室、135pp。、内閣総理大臣官房広報室（1980）森林・林業に関する世論調査（世論調査報告書 昭和55年7月調査）。内閣総理大臣官房広報室、121pp。、内閣総理大臣官房広報室（1986）みどりと木に関する世論調査（世論調査報告書 昭和61年8月調査）。内閣総理大臣官房広報室、107pp。、内閣総理大臣官房広報室（1990）森林と生活に関する世論調査（世論調査報告書 平成元年10月調査）。内閣総理大臣官房広報室、114pp。、内閣総理大臣官房広報室（1993）森林とみどりに関する世論調査（世論調査報告書 平成5年1月調査）。内閣総理大臣官房広報室、87pp。、内閣総理大臣官房広報室（1996）森林・林業に関する世論調査（世論調査報告書 平成8年1月調査）。内閣総理大臣官房広報室、143pp。、内閣総理大臣官房広報室（1999）森林と生活に関する世論調査（世論調査報告書 平成11年7月調査）。内閣総理大臣官房広報室、150pp。、内閣府大臣官房政府広報室（2004）森林と生活に関する世論調査（世論調査報告書 平成15年12月調査）。内閣府大臣官房政府広報室、202pp。、内閣府大臣官房政府広報室（2007）森林と生活に関する世論調査（世論調査報告書 平成19年5月調査）。内閣府大臣官房政府広報室、192pp。、内閣府大臣官房政府広報室（2012）森林と生活に関する世論調査（世論調査報告書 平成23年12月調査）。内閣府大臣官房政府広報室、187pp。（以下、内閣府『世論調査報告書』とする）による。

中から選定されており、ほぼ毎月何らかの世論調査が実施されている。全国の日本国籍を有する 20 歳以上 2) の男女から、地域と都市規模を層化基準とした層化二段無作為抽出法によって選ばれた数千人を対象とし、原則として調査員による個別訪問を通じた個別面接聴取法が採用されている。内閣府大臣官房政府広報室（2016）によると、全国で政府や自治体、大学、新聞社、その他団体などが実施する各種世論調査は 2014 年度に 1,573 件実施されているが、その 71% は郵送法による調査である。個別面談聴取法を採用した調査は全世論調査の 4% に過ぎず、個別面談方式は内閣府世論調査の大きな特徴となっている。

政府による世論調査のルーツは、1947 年に当時の総理府官房審議室が実施した「経済実相報告書に対する世論動向調査」に遡る（佐藤 2014）。戦後間もない当時にあって、世論を科学的な調査手法で把握することは、戦後民主化の象徴でもあったという（佐藤 2013b）。調査方法に関しては、GHQ 民間情報教育局職員であった文化人類学者ハーバード・パッシン氏らの指導を受け、単に意見を徴収するだけでなく、対象者をよく観察して本音を聞き出すことが必要との考えから、訪問面接法が採用された。世論調査の開始初期には、回答を選択肢から選択する方式ではなく、自由回答方式が用いられていた（佐藤 2014）。地域の特性を層化基準として用いる層化二段無作為抽出などの調査手法の基礎は、1940 年代のうちに固められ、以後 60 年以上にわたって現在まで引き継がれている。

森林・林業に関する内閣府世論調査は、Table 1 に示した通り、1976 年 9 月に実施された「森林・林業に関する世論調査」から直近の 2011 年に実施された「森林と生活に関する世論調査」まで合計 10 回実施されて

きた（以下、これらの調査を一括して「森林に関する世論調査」、Table 1 に示した各回の調査は調査年を用いて「1976 年（第 1 回）調査」等と記載する）。Fabra Crespo (2014) は、欧州で森林・林業に対する世論の調査がなされるようになったのは 1990 年代前半であり、1993 年から実施されているフィンランドの世論調査は世界で最も長期にわたり実施されている国レベルの世論調査だとしているが、内閣府の森林に関する世論調査はこれよりさらに 20 年近く前から実施されており、世界的にみても希少な長期的な世論の調査といえる。

調査対象者の数は、初回は 5,000 人、他の 9 回は 3,000 人である。回収率は次第に低下しており、2011 年（第 10 回）調査における有効回収率は全体で 61% となっている。残る 39% は調査不能者で、その 7 割は一時不在もしくは調査拒否である。調査員が直接訪問する方式は、かつては直接訪問することで信用を得られ回答率を高める効果もあったが、近年ではプライバシー意識の高まりから逆に調査員と顔を合わせることにへの抵抗も高まっているという（佐藤 2013a）。調査員は、調査対象者に会えない場合には、訪問時間等に配慮工夫を行い、日時を変えて 3 回以上の訪問を行う（岡田 2013）が、それでも回収率が低下しているのが近年の状況である。回収率は若年層ほど低く、女性（2011 年（第 10 回）調査では 66%）より男性（同 57%）が低い。最も回収率が低いのは 20 歳代の男性で、2011 年（第 10 回）調査の回収率は 42%、最も高い 50 歳代、60 歳代の女性の回収率（75%）の半分に近い（Table 1）。2014 年には、ほぼ同内容の調査を個別面談聴取法と郵送法で実施したところ、前者より後者の有効回答率が高くなったとの試行結果も出ているが、回答の質などの問題もあり、調査方法の変更には至っていないとい

う(佐藤 2014)。

世論調査の設問設計は、依頼省庁(森林に関する世論調査の場合は林野庁)の調査原案を元に内閣府との協議の上で作成される(佐藤 2014)。設問項目は、例えば「森林への親しみ」、「森林に期待する働き」など各回で12～21項目が設定されており、これらに加えて性別や年齢、居住地や職業等の属性も調査されている。1980年(第2回)調査以降では、ほぼ全ての設問に選択肢が列記されたカードを示して回答をさせる選択肢方式が用いられているが、1976年(第1回)調査では自由回答形式の設問も少なくない。調査結果は、Web上で公開されている他、冊子体の『世論調査報告書』において各調査の調査票や各質問に対する回答者数と選択肢ごとの回答者の比率、他のいくつかの質問への回答や属性データとのクロス集計表が公表されている。本稿で用いたのは、『世論調査報告書』のデータである。

2.2「国民」を捉える視点

一口に「国民」といっても、その中には様々な人々が含まれる。木材生産に関する国民の意識やニーズを把握するにあたっては、特に以下の視点に注目しながら検討していきたい。

まず、都市の人々と農山村の人々との意識の相違である。一般に都市と農山村では森林・林業と人々との関わり方やその度合いが異なるものと考えられる。実際、過去の森林に関する世論調査の結果におい

ても、都市住民と山村住民の意識の乖離がみられることが指摘されてきた(蒲沼 1977)。世論調査の回答者属性データのなかで都市の人々と農山村の人々との相違をみるにあたり参照できる関連データは、回答者の住む都市規模と居住地によって区分されたデータである(Table 2)。都市規模別の区分は、回答者が住む自治体の人口規模によって東京都区部、政令指定都市、中都市(人口10万人以上の市)、小都市(人口10万人未満の市)、町村の5つに分けたものである。だが、これらは必ずしも全ての回答者を都市の人々と農山村の人々に区別するものではない。実際には山村地域であっても、行政区分では「都市」の自治体に含まれているケースもあるからである。特に2005年前後に大規模に行われた市町村合併(平成の大合併)を通じて、多くの山村地域が都市の一部となった。都市規模別の回答者数をみると(Table 2)、町村の回答者数が2003年(第8回)調査から2011年(第10回)調査の間で大幅に減少しているが、そこには市町村合併の影響も反映されている。政令指定都市や中都市の回答者にも、人口比率としては少ないながらも、農山村の人々が含まれているのである。その点を意識した場合、都市の人々と農山村の人々の相違をみるにあたっては、回答者の居住地にも併せて注目することが重要になってくる。回答者の居住地は、調査員の判断で農山漁村地区(1976年(第1回)調査では、農林漁業地区)と住宅の多い地区(同、住宅地区)、商店その他の事業所の多い地区(同、商業地区)、工場の多い地区(同、工業

Table 2. 森林に関わる世論調査における属性別回答者数の推移

(単位:人)

調査年	1976	1980	1986	1989	1993	1996	1999	2003	2007	2011
総数	3,687	2,388	2,405	2,358	2,166	2,282	2,137	2,113	1,827	1,843
[年齢]										
20-29歳	693	383	319	234	258	244	203	209	170	158
30-39歳	906	537	541	459	407	358	339	315	297	260
40-49歳	886	581	520	610	537	544	411	355	317	262
50-59歳	605	420	500	488	490	470	486	467	390	348
60-69歳	431	292	333	384	343	449	413	446	352	414
70歳以上	166	175	192	183	131	217	285	321	301	401
[都市規模]										
東京都区部	261	165	146	148	124	137	104	135	98	83
政令指定都市	473	320	308	305	310	330	309	328	338	373
	(9市)	(10市)	(10市)	(11市)	(12市)	(12市)	(12市)	(13市)	(17市)	(19市)
中都市	1,199	817	889	832	768	855	785	769	718	774
小都市	813	485	472	475	428	428	428	389	466	415
町村	941	601	590	598	536	532	511	492	207	198
[居住地]										
農山漁村地区	983	624	615	608	545	494	497	376	293	360
それ以外						1,788	1,640	1,737	1,534	1,483
[職業]										
農林漁業職					178	121	112	81	71	48
それ以外						2,161	2,025	2,032	1,756	1,795

資料:内閣府『世論調査報告書』より作成。

地区)の4つに区分されている。農山村の人々は、多くの場合、このうちの農山漁村地区に居住する人々に含まれているものと考えられる。

回答者の住む場所以外で森林・林業との関わり方の強弱をみる指標となりうるのは、職業である。内閣府世論調査では回答者の職業が把握されており、職業の1つに農林漁業職³⁾という区分がある。回答者のなかの農林漁業職の人々は調査の度毎に減少しており、直近の2011年(第10回)調査における農林漁業職の人々は僅かに48名、回答者全体の3%に満たない(Table 2)。さらに農林漁業職の人々のなかで林業に従事する者となると極僅かとなるであろう。

一方、年齢による区分は、世論の今後の推移を推測する上でも非常に重要な情報である。特に若年層は回収率が低いため、現実の人口構成に対して回答者に占める若年層の割合が低くなる。そのため、世論調査の結果にみる「世論」には、若年層の意識やニーズが実際よりも少なくしか反映されていないものと考えられる。

3. 森林がもつ公益的機能と木材生産機能に対する国民の意識

3.1 森林がもつ諸機能のなかでの木材生産機能の相対的な位置づけ

3.1.1 森林がもつ諸機能への期待の推移：1980年～2011年(第2～10回)調査

これまで森林に関する世論調査のなかで特に注目されてきたのは、森林がもつ諸機能のなかでどの機能を重視するか(森林がもつ諸機能への期待)を問う設問である。

森林がもつ諸機能に対する認識や期待を問う設問は、初回の1976年(第1回)調査では2種類、2回目の1980年(第2回)調査では3種類設けられており、当初からの関心の強さがうかがえる。1980年(第2回)調査の設問の1つにあった形式、すなわち森林のもつ諸機能のなかで今後期待する機能を3つまで選択するという形式の設問が、3回目以降、直近の調査まで類似の形で継続して設定されてきた。林野庁の『森林・林業白書』では、この1980年(第2回)調査から2011年(第10回)調査までの結果について、森林のもつ諸機能について回答者の多い順に並べて、各機能の順位の変遷を折れ線グラフで示した図が森林整備の必要性に関する基礎情報として度々示されてきた。

Fig. 1は、同じ設問の結果について各機能を選択した回答者の割合の推移で示したものである。災害防止機能と水源かん養機能の2つの機能、1999年(第7回)調査以降は地球温暖化防止機能を含めた3機能が常に多くの回答者によって選択されてきたことがわかる。一方で、ドラスティックに変動してきたのが木材生産機能を選択した人々の割合である。

だが、この設問は非常に解釈が難しい設問の1つであり、これらのデータをみるにあたっては注意すべき点はいくつかある。

第1に、回答者は選択肢として示された諸機能のなかから3つを選ぶという形式になっている点である。それぞれの回答者が森林のもつ諸機能を期待する度合いの高い順に並べた際に、上位3機能までが期待の強弱にかかわらず「同量の期待」としてカウントされる一方で、4

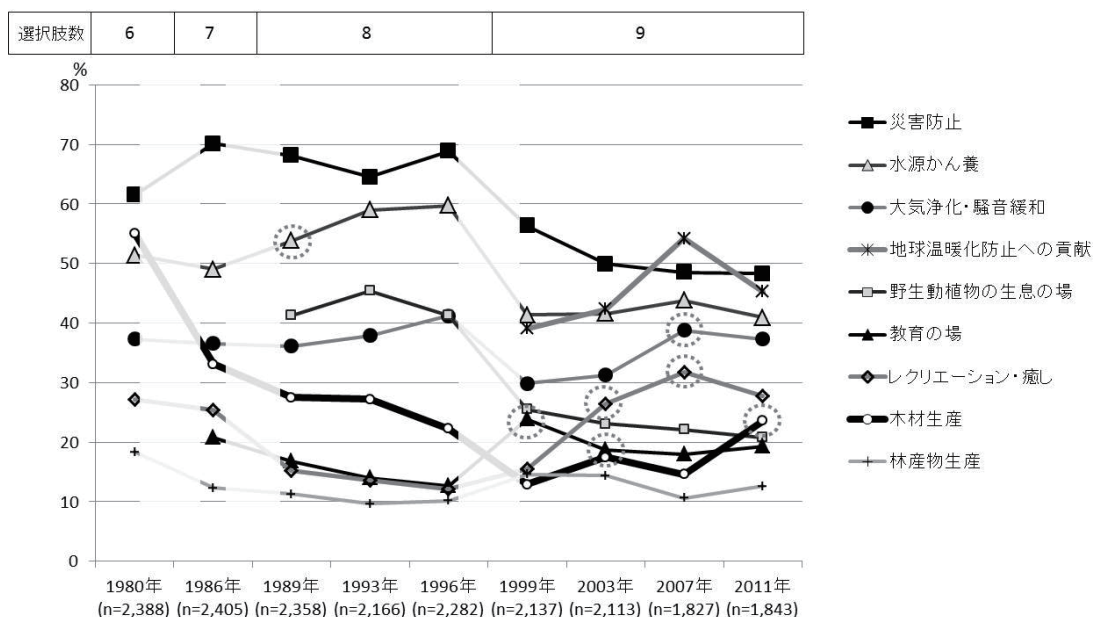


Fig. 1. 森林がもつ諸機能への期待の推移 (3 M. A.)

注1：回答者は選択肢のなかから3つまで選択できる。

注2：図中の点線丸印は、前回調査から表現等に質に関わる変更があった選択肢を指す。

資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

位以下の機能はゼロとカウントされた形で集計結果が示される。したがって、回答者の期待の量(度合い)は、この回答だけで正確に掴みきれているわけではない。

第2に、調査年によって回答者に提供される選択肢の数が異なる点がある。選択肢の数は、1980年(第2回)調査の6機能から次第に増え、1999年(第7回)調査以降は9機能となっている。選択できる機能は3つで固定されているため、たとえ期待する度合いが一定であったとしても、選択肢の数が増えることによって選択した回答者の割合が低下することもある。回答者の割合の増減が必ずしもそのまま回答者にとっての重要性の増減を映し出しているわけではないのである。あくまでも他の選択肢と並べた時の相対的な期待の高低の一部を表したデータである点には十分に注意したい。

第3の留意点として、質問文や選択肢の表現が調査年によって変化する点もある(Appendix Table 1)。例えば、森林のレクリエーション・癒し機能については、当初は「レクリエーションの場」と表現されていたが2003年(第8回)調査では「心身の癒しや安らぎの場」との表現が加わり、2007年(第9回)調査以降は前者が消えて後者のみが示されている。また、質問文も変化している。多くの調査では「今後期待する」働きを尋ねているのに対して、1989年～1996年(第4～6

回)調査では「今後とも守っていくべき」森林がもつ働きを尋ねている。回答者にとっての守るべき機能と期待する機能が異なっていた場合、回答に影響が生じている可能性がある。

また、いずれの設問も「今後」期待する機能を探っている点にも注意が必要かもしれない。回答者によっては現在期待している機能以外の機能をあげ、回答者によっては現在期待している機能も含めてあげている可能性もある。質問文で「今後」望むことを問う設問については、他の設問についても同様の問題があるものと考えられる(本稿で取り上げた各設問の質問文と選択肢の表現は、Appendix Table 1～9に示されている)。

3.1.2 木材生産機能への「期待の低下」：1980年～1999年(第2～7回)調査

2000年代の特徴をみるまえに、木材生産機能を選択した回答者が減少していった1980～90年代の動きについてみていきたい。木材生産機能は、1980年(第2回)調査においては、災害防止機能に次いで多くの回答者に選択されてきた。当時は、調査期間を通じて常に上位に位置している水源かん養機能さえをも上回っていた。農林漁業職の人々(Fig. 2)や農山漁村地区(Fig. 3)の人々で特に多い傾向はあるが、都市規模別(Fig. 4)や年齢別(Fig. 5)の差異は少なく、広く国民一

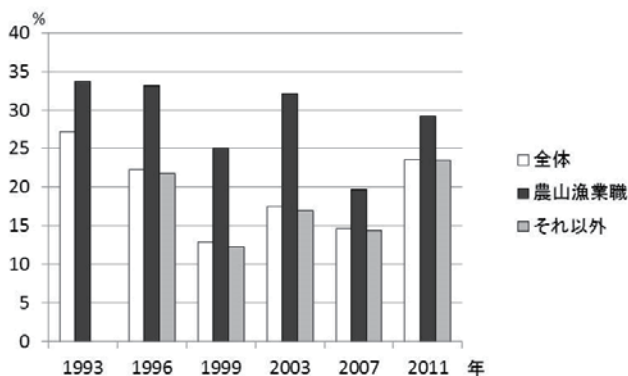


Fig. 2. 木材生産機能に期待する人々(職業別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

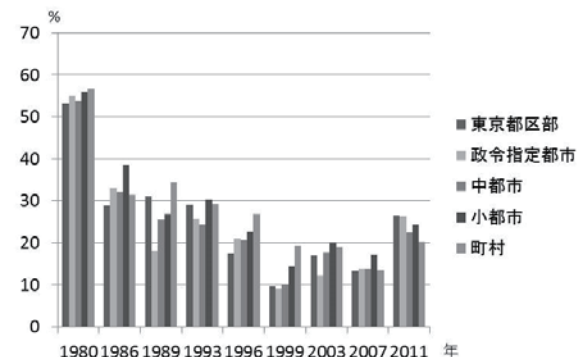


Fig. 4. 木材生産機能に期待する人々(都市規模別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

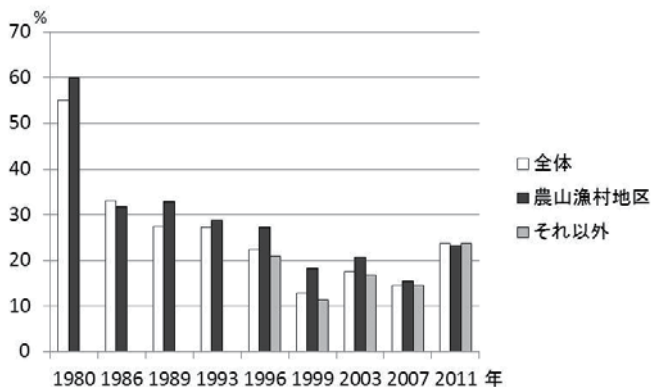


Fig. 3. 木材生産機能に期待する人々(居住地別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

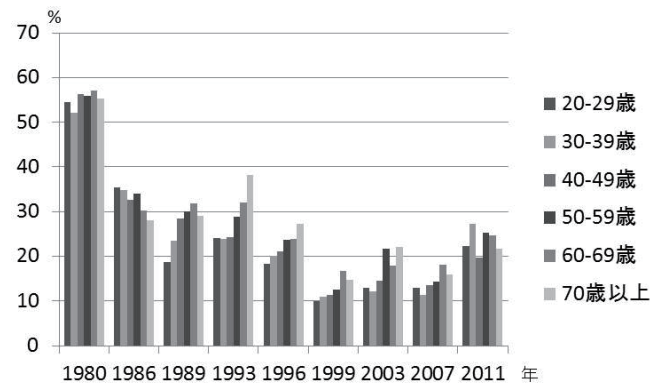


Fig. 5. 木材生産機能に期待する人々(年齢別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

般から他の機能よりも高い期待を集めていたと捉えられる。

水源かん養機能と木材生産機能については、1976年(第1回)調査では回答者が森林の働きとして考えられる機能を全てあげる自由回答形式の設問が設けられていたが、その設問における回答として水源かん養機能をあげた人々(27%)は、木材生産機能をあげた人々(46%)より少なく、全回答者の4分の1にとどまるという結果が出ている。この結果を初期の世論調査では調査されていた学歴別にみると、学歴が低いほど少ない傾向(小卒で22%、中卒で26%、高卒で27%、大卒で29%)がみられる。また、1980年(第2回)調査では類似の設問はないが、森林に期待する機能として水源かん養機能を選択した人々についてみると、選択可能な機能が3つまでと限定されていたにもかかわらず、全回答者の51%が水源かん養機能を選択しており、前回調査と同様に学歴が低いほど少ない傾向(小卒で32%、中卒で50%、高卒で51%、大卒で66%)がみられるものの、最も少ない小卒者においても前回調査で最も高かった大卒者の回答割合を上回っている。これらを合わせて考えると、1976年(第1回)調査当時は、森林のもつ水源かん養機能について認知している人々が多くはなかったが、その後、急速に水源かん養機能の存在と重要性が認識されるようになっていったものと考えられる。そのなかで、1980年(第2回)調査時点では、認知が広がる途上にあった水源かん養機能に対して、以前から認知度の高かった木材生産機能を選択した人々が相対的に多くなったという可能性も考えられる。

森林に期待する機能として木材生産機能を選択した人々の割合が最も大幅に減少したのは、1980年(第2回)調査(55%)から1986年(第3回)調査(33%)にかけてである。この間、教育の場という選択肢が追加されており、多くの機能において回答者の割合が低下している。だが、そのなかでも木材生産機能の回答者割合の低下は際立っている。一方、災害防止機能を選択した人々は、この間も増加している(62%→70%)。災害防止機能についても、先述の1976年(第1回)調査の結果をみると、森林の働きとして考えられる機能として災害防止機能をあげた人々の割合は学歴が低いほど少ない傾向(小卒で35%、中卒で48%、高卒で52%、大卒で55%)がみられ、1980年(第2回)調査で森林に期待する機能として災害防止機能を選択した人々の割合にも学歴が低いほど少ない傾向(小卒で46%、中卒で60%、高卒で64%、大卒で66%)がみられる。それに対して1986年(第3回)調査では、災害防止機能を選択した人々の割合に学歴による差異は極僅か(小・中卒で69%、高卒で71%、大卒で72%)しかみられず、この間に災害防止機能に関する認識が幅広い人々へ広がったものと推察できる。同様に、水源

かん養機能を選択した人々の割合も学歴による差が小さくなっており(小・中卒で47%、高卒で48%、大卒で56%)、この間に水源かん養機能に関する認識も幅広い人々へと広がった可能性が高い。したがって、1980年(第2回)調査から1986年(第3回)調査にかけての木材生産機能を選択した人々の割合の低下は、森林のもつ水源かん養機能や国土保全機能に関する認識が広く国民の間に行きわたり期待が高まった結果として、相対的に順位が下がったことによって起こったという側面もあると考えられる。

1989年(第4回)調査には、「野生動植物の生息の場」という選択肢が追加された。この1989年(第4回)調査以降、木材生産機能を選択した人々の割合が若者ほど少ないという傾向が生じている(Fig. 5)。新設された野生動植物の生息の場を選択した人々の割合は若者ほど高い傾向(20歳代から順に56%、49%、46%、36%、33%、20%)にあり、この選択肢の新設が木材生産機能を選択した若者の割合の低下に影響した可能性がある。この木材生産機能を選択した人々の割合が若者ほど低いという傾向は、その後2007年(第9回)調査まで20年近く続いてきたが、2011年(第10回)調査ではその傾向がみられなくなった。

1989年(第4回)調査から1996年(第6回)調査までの3回の調査は、選択肢の数も表現も変更がなく、期待の度合いの変化が概ねそのまま反映されている期間と考えられる。だが、この3回の調査だけは、「期待する」働きではなく、「守るべき」働きを尋ねる設問となっている。そのため、この間の回答者は、森林の利活用に関わる機能よりも「守る」とことに関連する機能を重視して選択しようとする傾向が生じた可能性がある。1993年(第5回)調査から1996年(第6回)調査にかけては、木材生産機能を選択した人々が減る一方で、災害防止機能や水源かん養機能、大気浄化・騒音緩和機能を選択した人々が増えており、この間は木材生産機能よりも生活や生存環境を保全する機能への関心が高まっていったものと捉えることができる。

木材生産機能への「期待の低下」を決定的に示したのは、1999年(第7回)調査の結果である。木材生産機能を選択した人々の割合は、選択肢としてあげられた9つの機能のなかで最下位にまで落ち込んだ。だが、回答者の割合をみると、下位3つの機能(木材生産機能、林産物生産機能、レクリエーションの場)の差異は2~3%と小さい。それでも順位でいえば1996年(第6回)調査から2つ下がったのである。その一因は、1999年(第7回)調査で新設された地球温暖化防止機能という選択肢にある。1986年(第3回)調査以来2位のポジションを維持してきた水源かん養機能とほぼ同率となる39%の回答者が選択しており、その裏で多くの機能が回答者の割合を大きく低下させた。そうしたなかで唯一大きく回答者の割合を伸ばしたのは教育

の場としての機能であり、これが木材生産機能の順位を下げた第2の要因であった。この選択肢は、1996年(第6回)調査までは「林業を通して自然に親しむなど野外における教育の場を提供する働き」と記載されてきたが、1999年(第7回)調査からは冒頭の「林業を通して」が削除されており、広く自然教育一般を含むものに変更されている。選択肢の内容が広がったのであり、回答者の割合が増えるのは当然のようにも思われる。

以上のように、1980～90年代にかけての木材生産機能への「期待の低下」をみていくと、この間に木材生産機能の他機能に対する相対的な「期待の低下」がみられたことは確かであろうが、木材生産機能に対する期待の絶対的な量は、折れ線図が描くほどドラスティックには減少していなかった可能性がある。木材生産機能への期待度が選択肢のなかで3位か4位かのボーダーにあった回答者が、選択肢の追加や表現変更などの影響を受けて他の機能を選択することとなり木材生産機能を選択しなくなった結果として、上位3機能に選択された機能のみを示す折れ線グラフの上では大幅に低下することになったという可能性もある。

3.1.3 木材生産機能への「期待の増加」：2003年～2011年(第8～10回)調査

では、2000年代における木材生産機能を期待する人々の割合の増加傾向は、どのように生じているのだろうか。

1999年(第7回)調査以降、選択肢として新たに地球温暖化防止機能が加わった。その結果、災害防止機能、水源かん養機能、地球温暖化対策機能といった人々の生存条件に関わる機能だけで3つの機能が選択肢に含まれたことになる。そのなかで、回答者が3つまでしか選択できない「期待する機能」として、これら3つの生存条件に関わる機能以外の機能を選択するということは、その回答者は森林がこれらの機能をもつこと自体を認識していないのか、もしくは認識していたとしても回答者がそれ以上に重要な機能だと捉えた機能があったことを意味するものと考えられる。

1999年(第7回)調査から直近の2011年(第10回)調査までの4回の調査は、質問文も選択肢の数にも変更はない。だが、選択肢の表現に変更が加えられており、回答者の割合にも影響を与えている可能性が高い。表現の変更による変化が最も現れていると考えられるのは、2003年(第8回)調査と2007年(第9回)調査におけるレクリエーション・癒しの機能を選択した人々の割合の上昇である。森林のレクリエーション機能については、1999年(第7回)調査までは「レクリエーションの場」と表現されていたが、2003年(第8回)調査ではこれに「心身の癒しや安らぎの場」との表現が加わり、2007年(第9回)調査以降は前者が

消えて後者のみが示されている。レクリエーションは能動的な活動であるが、癒しや安らぎはどちらかといえば受動的に得られるものと考えられる。選択肢として別のものに置き換わったと捉えることもできるかもしれない。この表現の変更を通じて、レクリエーション・癒しの場を選択する回答者の割合は、男性(1999年(第7回)調査から14%→21%→26%)よりも女性(17%→31%→37%)の間で大きく増加してきた。

木材生産機能を選択した人々の割合は、この選択肢の変更によってレクリエーション・癒し機能が増加した1999年(第7回)調査から2003年(第8回)調査の間であっても、13%から18%へと増加している。この間、木材生産機能を選択した人々が特に増えたのは50歳代(13%→22%)であった。また、1996年(第6回)調査や1999年(第7回)調査に端的にみられた大都市ほど少なく町村で高いという傾向が2003年(第8回)調査ではみえにくくなっており、都市部での木材生産機能を選択した人々の割合の伸びが注目される。同時期には地球温暖化防止機能を選択した人々の割合も増加している。この間、特に2001年には、地球温暖化対策を巡る国際交渉が山場を迎え、そのなかで日本は森林による二酸化炭素吸収量の削減枠への参入を強く要求し認められた。その間、新聞やテレビ等のマスコミでも地球温暖化対策としての森林に関わる報道がなされている。また、同じく2001年には、長野県知事による「脱ダム」宣言や和歌山県と三重県の両知事による「緑の公共事業」の提唱を通じて、公共事業削減のなかにも重視すべき例外的な公共事業として間伐等の森林整備事業が取りあげられ主張された時期でもある。こうした森林・林業の役割や意義が脚光を浴びたことに影響を受けて木材生産機能を選択した人々が増加した可能性があるかもしれない。

一方、2007年(第9回)調査では、木材生産機能を選択した人々が15%へと若干減少している。その一方で増加したのが地球温暖化防止機能と大気浄化・騒音緩和機能、レクリエーション・癒し機能であった。このうち大気浄化・騒音緩和機能については、選択肢の表現がそれまで「大気を浄化したり・・・」と記載されていたものが「空気をきれいにしたり・・・」へ変更されている。一般に、空間的に大きなスケールで循環するイメージの強い「大気」という語に対して、「空気」という語は自分自身の呼吸を含めた身近なイメージも含んでいる。そのため、より身近な生活環境に影響する機能として受け止めた人々の間で選択した人々が増えた可能性がある。一方、地球温暖化防止機能については、選択肢の表現にも変更がなく、この間、実際に期待する人々が増えたものと捉えられる。

2000年代の木材生産機能を選択した人々の割合の変化として最も注目されるのは、2011年(第10回)調査における増加(15%→24%)である。だが、ここにも選

択肢の表現の変更があった。それまでは1980年(第2回)調査以来一貫して「木材を生産する働き」とのみ記載されてきたが、2011年(第10回)調査ではその冒頭に「住宅用建材や家具、紙などの原料となる」との説明が加えられている。この変更は、特に指し示す内容を拡大するというものではないが、単に「木材生産」といわれた時には具体的なイメージが沸かない人々に対しては何らかの影響を与えた可能性がある。2011年(第10回)調査で木材生産機能を選択した人々の割合が大きく増加したのは、20歳代(13%→22%)と30歳代(11%→27%)の若者と都市の人々(東京都区部で13%→27%、政令指定都市で14%→26%)の間においてである(Fig. 4, 5)。

若者における割合の増加は、若者ほど木材生産機能を選択した人々の割合が低いという1989年(第4回)調査以来続いてきた傾向を打ち破る新たな動きとして注目される。だが、このデータが本当に木材生産機能への関心の高まりを意味しているのかについては、択肢の表現の変更や他の機能における変化の影響も含めて慎重に判断する必要があると考えられる。

森林に期待する働きに対する若者のニーズにおける近年の特徴として興味深いのは、人々の生存条件に関わる機能の1つである水源かん養機能を選択する人々の割合の極端な低下である。水源かん養機能に期待する人々の割合(Fig. 6)には以前から若者の間で低いという傾向がみられたが、2007年(第9回)調査では水源かん養機能を選択した人々の割合が最も低い20歳代で最も高い60歳代の40%、2011年(第10回)調査では最も低い20歳代で最も高い50歳代の45%まで水源かん養機能への期待が高い世代との間の差が開いている。これを出生年別で表した推計データ(Fig. 7)でみると、1960年代生まれ以降の世代では、若い世代ほど低い割合で推移している。こうした人々の生存条件に関わる機能に対する期待の低下が相対的に若者の間での木材生産機能への期待の上昇に影響している可能性もある。

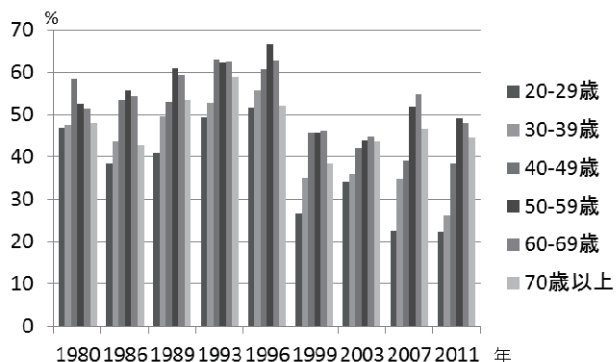


Fig. 6. 水源かん養機能に期待する人々 (年齢別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

一方、都市の人々の間での木材生産機能を選択した人々の割合の増加は、2003年(第8回)調査や2007年(第9回)調査時点から少しずつ始まっており、2000年代を通じた傾向にみえる。都市規模別にみた木材生産機能を選択した人々の割合(Fig. 4)の変化は、先述のように2003年(第8回)調査からみられ、2007年(第9回)調査では都市規模別の差がほぼ無くなり、2011年(第10回)調査では都市部ほど高いという1996年(第6回)調査や1999年(第7回)調査とは逆の傾向に転じている。ここには市町村合併により都市自治体に農村部住民が含まれたことによる影響が出ている可能性があることも否定はできないが、居住地別にみた農山漁村地区とそれ以外の人々の割合(Fig. 3)の差にも類似の傾向がみられることから、2000年代において都市の人々のなかでの木材生産機能への期待が農山村の人々のなかでの期待よりも大きく増加したものと考えられる。

2000年代における木材生産機能を選択した人々の割合の増加について、蔵治(2012)は、「国産木材の住宅の価値が施主や建築業界に少しずつ認められてきたことや、2009年の政権交代後、国の政策が木材生産重視に転換したことがその一因と推測」している。このうち前者については、後段の4.3節でみていきたい。後者については、2009年の政権交代後、林業再生が地域間格差是正の起爆剤として大きく取りあげられたことにより林業関係者以外の人々の間でも林業再生が意識されるようになったことが影響した可能性はあるのかもしれない。

2011年(第10回)調査のデータをみる際に注意すべき点として、この調査が実施された時期が2011年12月という東日本大震災の約9ヶ月後であることがある。震災の経験が森林に関わる国民の意識に何らかの影響を与えている可能性はある。その1つとして考えられるのは、再生可能エネルギーとしての木質バイオマスへの期待であろう。この点については、後に5.2節でみていきたい。

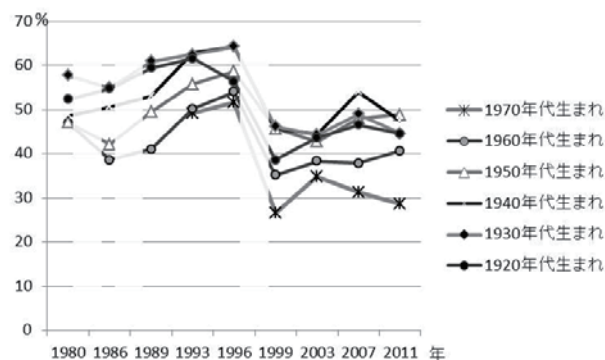


Fig. 7. 水源かん養機能に期待する人々 (出生年別推計)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

以上のように、2011年(第10回)調査における木材生産機能を選択した人々の割合の増加には、選択肢の表現の変更の影響なども考えられ、国民ニーズがどこまで実質的に変化しているかの判断には注意を要する。だが、2000年代において、他の選択肢の表現の変更などの影響を受けて選択した人々の割合が低下した機能も多いなかであっても木材生産機能を選択した人々の割合が増加してきたことは、木材生産機能に対する国民ニーズに何らかの変化が生じていることを意味する可能性が高い。また、木材生産機能に対する都市の人々と農山村の人々との間で期待の高さが逆転し始めていることは、2000年代における木材生産機能に対する期待の増加が1980～90年代における期待の減少を逆に辿る単なる揺り戻し現象なのではなく、木材生産に対する捉え方に質的な変化が生じている可能性を示唆するものと考えられる。

3.2 経済効率と公益的機能の高度発揮のどちらが重要か：1989年～2011年(第4～10回)調査

木材生産機能は国土保全やレクリエーションなどの機能が公益的機能と呼ばれるのに対して経済的機能とも呼ばれるが、木材を生産する行為自体には経済性と公益性の双方が関わっている。経済活動として利益を生み出す行為でもあるが、そのやり方によっては森林のもつ公益的な機能を高める手段ともなりうる。

森林に関する世論調査では、1989年(第4回)調査以降、森林整備を行う際に経済効率と公益的な役割のどちらを優先して考えるかを問う設問が設けられてきた。質問文は、2003年(第8回)調査までの5回の調査では、森林は多くの機能を持つが山村の過疎化などにより適正な手入れがされない森林が増えることが心

配されるといった旨の森林整備に関する現状の説明の後で、「あなたは、これからの森林の整備はどうあるべきだと思いますか」と尋ねる形であり、2007年(第9回)調査と2011年(第10回)調査では、状況説明文は無く、「あなたは、森林の整備はどうあるべきだと思いますか」とシンプルに尋ねている(Appendix Table 2)。回答の選択肢は、森林は経済活動の対象であるから、経済効率を第一に考えて整備すべきとするもの(以下、「経済効率が第一」とする)と、森林はたとえ経済効率に合わなくても国土保全、災害防止などの機能を重視して整備すべきとするもの(以下、「公益的機能を重視」とする)に分かれており、1999年(第7回)調査以降は、そのまま放置する／特に整備を行う必要はないという選択肢(以下、「整備の必要なし」とする)が加わっている。調査年によって質問文や選択肢の表現には変更もみられるが、概ね同様の主旨となっており、回答を強く左右するほどの変化はないものと考えられる。

その結果をみると(Fig. 8)、調査期間を通じて大多数の人々は公益的機能を重視すると回答しているが、経済効率が第一と回答した人々の割合は1999年(第7回)調査までは約10%で横ばいであったのに対して、2003年(第8回)調査以降は増加し続けている。1999年(第7回)調査においては、公益的機能を重視すると回答した人々の割合が「そのまま放置する」という新設された選択肢の回答者割合(4%)に近い分だけ減少しているが、経済効率が第一と回答した人々の割合は1996年(第6回)調査と同率であり、公益的機能を重視する人々と比較した場合、経済効率が第一と回答した人々の割合は相対的には増加している。したがって、2000年前後から経済効率を重視する人々が増加し

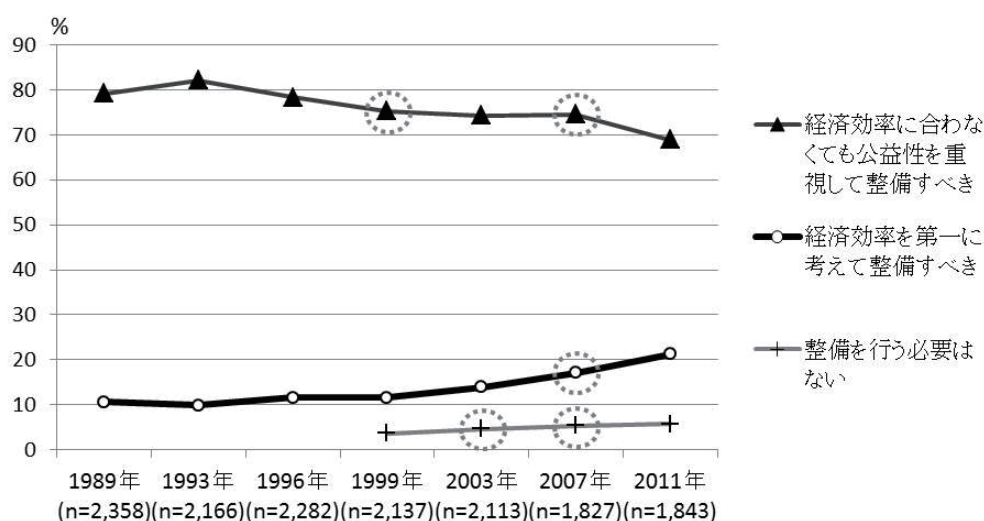


Fig. 8. 森林整備における経済性と公益性に関する考え方の推移 (S. A.)

注：図中の点線丸印は、前回調査から表現等に質に関わる変更があった選択肢を指す。
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

てきていると捉えることができるだろう。

では、こういった人々の間で経済効率重視の傾向が生じているのだろうか。都市規模別 (Fig. 9)、居住地別 (Fig. 10)、職業別 (Fig. 11)、年齢別 (Fig. 12) の推移をみると、2000 年代に入ってから 20 歳代における伸びの大きさと東京都区部における伸びの小ささが目立っている。その他は特定の層に偏った推移などの特徴は掴みにくく、2000 年前後以降の経済効率重視の傾向は、概ね各層で全般的に生じているものと考えられる。

最後に、森林整備における経済効率を重視する人々

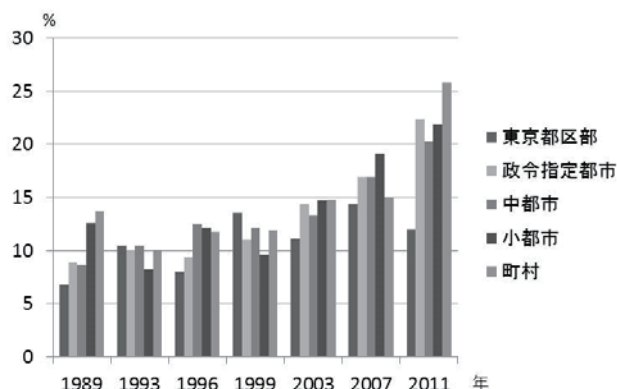


Fig. 9. 経済効率を重視する人々 (都市規模別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

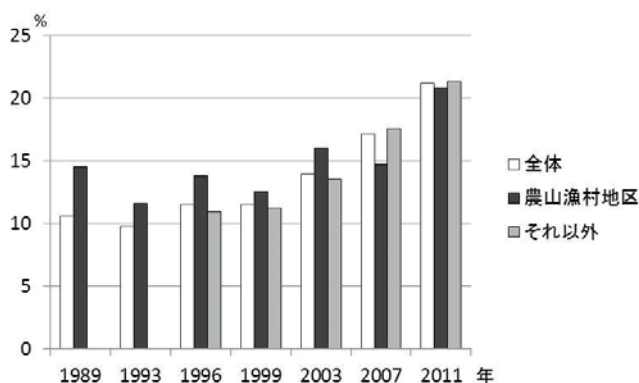


Fig. 10. 経済効率を重視する人々 (居住地別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

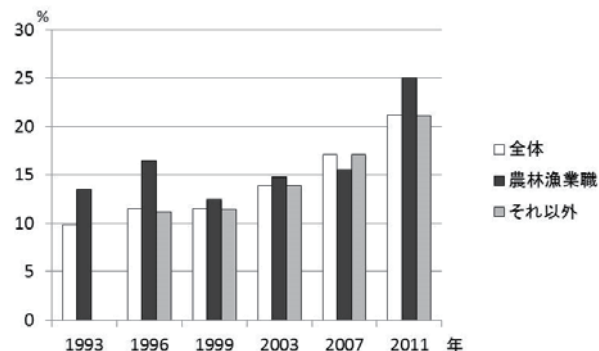


Fig. 11. 経済効率を重視する人々 (職業別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

と森林の諸機能のなかで木材生産機能に期待する人々との関係をみると、木材生産機能に期待する人々のなかでは全体の傾向よりも経済効率が第一と回答した人々が多く (Fig. 13)、経済効率が第一と回答した人々のなかでは全体の傾向よりも木材生産機能に期待する人々が多い (Fig. 14)。したがって、両者の間には関係性があると考えられる。2000 年前後以降、その関係性に何らかの変化が生じているかについては、これらのデータからは把握できない。

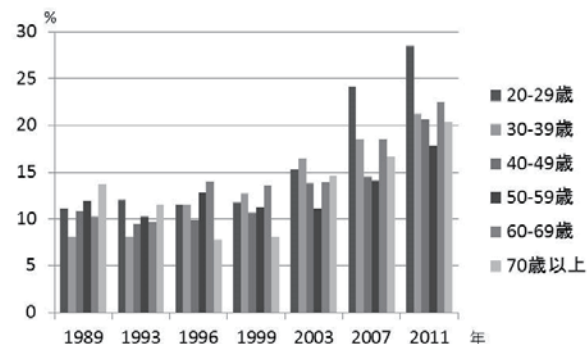


Fig. 12. 経済効率を重視する人々 (年齢別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

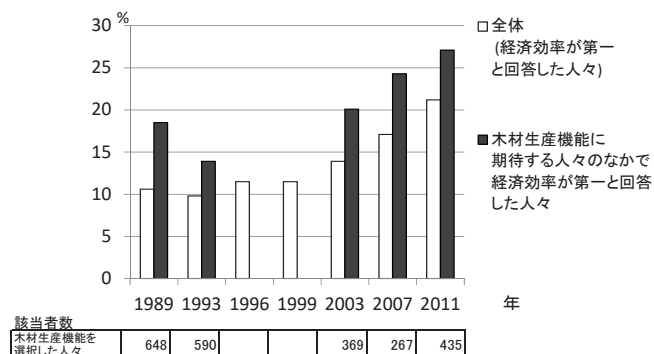


Fig. 13. 木材生産機能に期待する人々のなかで経済効率を重視する人々
注：1996 年 (第 6 回) 調査および 1999 年 (第 7 回) 調査については、当該データが掲載されていない。
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

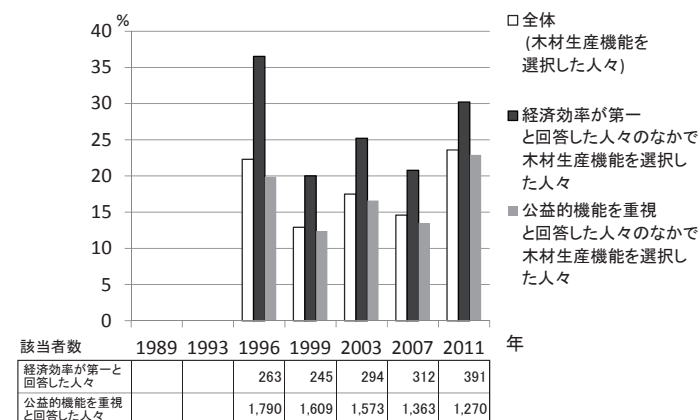


Fig. 14. 経済効率を重視する人々のなかで木材生産機能に期待する人々
注：1989 年 (第 4 回) 調査および 1993 年 (第 5 回) 調査については、当該データが掲載されていない。
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

4. 国産材に関わる国民の認識とニーズ

森林に関する世論調査には、国内の森林から生産された木材、すなわち国産材に対する人々の認識を問う設問もある。1つは木材自給率に関する意見を問う設問であり、もう1つは、国産材利用と森林整備との関係に対する認識を問う設問である。また、木造住宅を愛好する人々に対する選択時に重視する視点を問う設問においては、選択肢の1つとして国産材の使用があげられている。本章では、これらの設問に対する回答から、国産材に関わる国民の認識の特徴や変化を把握したい。

4.1. 木材自給率を高めるべきか：1980年～1996年（第2～6回）調査

木材自給率に対する人々の意識を問う設問は、1980年（第2回）調査から1996年（第6回）調査までの5回の調査で設けられている。いずれも質問文において日本の木材自給率を示したうえで、その自給率をどう思うか、回答者の考え方に近いものを選択する形式となっている（Appendix Table 3）。質問文中に示された自給率は、1980年（第2回）調査から1989年（第4回）調査では「約3割」、1993年（第5回）調査では「約2割5分」、1996年（第6回）調査では「約22.4%」である。選択肢の数は5回の調査を通じて「木材の安定的な供給を確保するため国内での自給率をもっと高める」と「国産材より安ければ、自給率が低下しても輸入材を増やす」の2つであり、選択肢の表現は変わっていない。選択肢の表現をみると、価格の高低を重視するか否か、輸入製品の供給が不安定化するリスクに対する安全保障的な視点を持つか否か、自国産品を愛するナショナリズム的な考え方を持つか否かなどの複数の要素が影響しうる問いのように思われる。また、自給率を高め

る、輸入材を増やすといった時に、具体的に誰が何をすることを想定しているのかも掴みにくい。この設問に対して与えられた選択肢は上記の2つのみであったが、選択肢にはなかった「一概に言えない」という回答する人々が常に13～17%存在しており、これらの選択肢では掴みきれない考え方を持つ回答者も少なくないことがわかる。

このように解釈の難しい設問ではあるが、その回答の推移をみると（Fig. 15）、調査期間を通じて国内での自給率を高めると回答した人々が約半数と多く、輸入材を増やすと回答する人は2割強で、どちらの割合もほぼ横ばいで推移している。前章でみたように、この間は森林に期待する機能として木材生産機能を選択した人々の割合が大きく減少してきたが、その一方で輸入材に対して国産材の供給を重視する人々は国民の多数派で安定していたことが分かる。

都市規模別にみると（Fig. 16）、自給率を高めると回答した人々の割合は1980年代では都市部で低い場合が多いようにみえるが、1990年代に入ると都市規模による差がみえにくくなっているようにみえる。居住地別のデータは1989年（第4回）調査以降の3回分のみが公表されているが（Fig. 17）、自給率を高めると回答した人々の全体割合と農山漁村地区の割合の差は、1989年（第4回）調査以降、9%→8%→3%と推移しており、やはり1990年代に入ってから差が縮小している。両者をみると、1989年（第4回）調査から1996年（第6回）調査にかけて、都市の人々のなかで木材自給率を高めるべきだと考える人々が増えていたものと考えられる。

年齢別にみると（Fig. 18）、自給率を高めると回答した人々の割合は20歳代と70歳以上で他の年齢層より低い傾向がみられる。さらに出生年別の推計データを

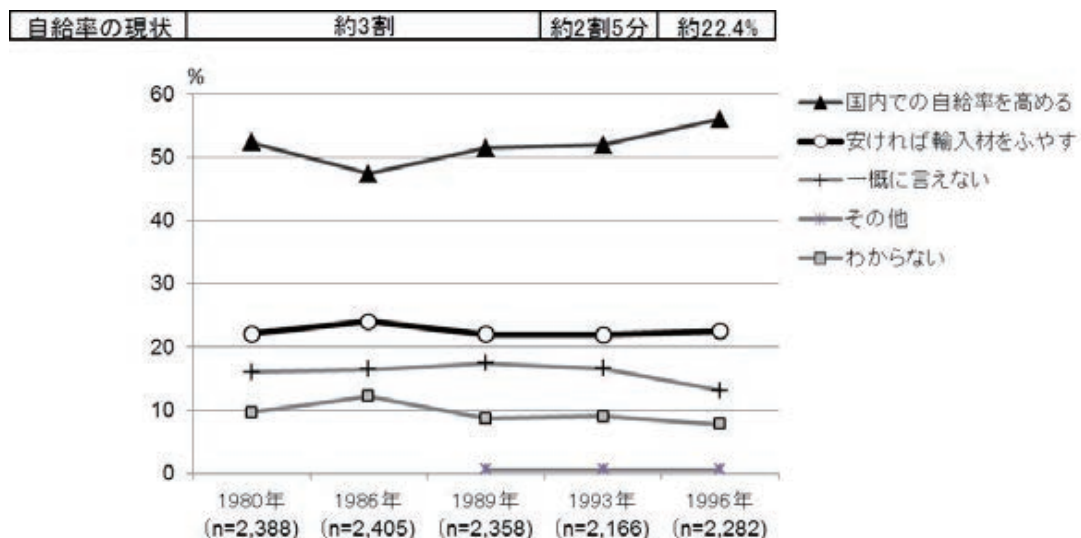


Fig. 15. 木材自給率に対する意識の推移 (S. A.)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

みると (Fig. 19)、1960 年代生まれ以降の世代では他の世代よりも自給率を高めると回答する人々の割合が低くなっており、世代によって木材自給率に対する意識が異なるものと考えられる。

4.2 国産材利用と森林整備との関係に対する認識：2003 年 (第 8 回) 調査、2007 年 (第 9 回) 調査

国産材に関する人々の認識を問う設問は、2003 年 (第 8 回) 調査と 2007 年 (第 9 回) 調査において、少し異なった形で復活している。いずれも国産材利用と森林整備の関係性の認識の有無を問うものであるが、両者では質問文の表現が異なっている (Appendix Table 4)。2003 年 (第 8 回) 調査では、国産材利用の促進が森林整備にとって必要だということを知っていたかを尋ねるものとなっており、国産材利用の促進という誰か (おそらく林野庁などの政府) による方策について、それが森林整備に不可欠だと断定したうえで、その事実を調査前から知っていたか否かを尋ねる形となっている。一方、2007 年 (第 9 回) 調査では、国産材の利用が森林整備に役立つと思うかを尋ねるものとなっ

おり、回答者自身による利用も含みうる国産材の利用について、それが森林整備に役立つかどうかについて、可能性も含めて回答者のその時点での受け止め方を尋ねる形となっている。したがって、2003 年 (第 8 回) 調査と 2007 年 (第 9 回) 調査の結果を単純に比較することはできない。

主題はいずれも国産材の利用と森林整備の関係に対する認識であるが、両者の結びつきをどのように捉えるかには、多様な解釈がありうる。そもそも森林整備とは何かという問題がある。おそらく森林の状態を改善するものと漠然とイメージする人々が多いと思われるが、森林行政で森林整備事業といった場合に間伐ないしはそれに類する事業を指す場合が多いことから、森林整備イコール間伐と捉える人々もいるかもしれない。また、森林整備という語がどこの森林整備を指すかも必ずしも明らかではない。国産材利用と関わることであるから、その木材が生産される国内の森林の整備を指すと捉えるケースが多いと思われるが、人によっては国産材の利用が海外の森林の状態に影響すると考える場合があるかもしれない。さらに、質問文

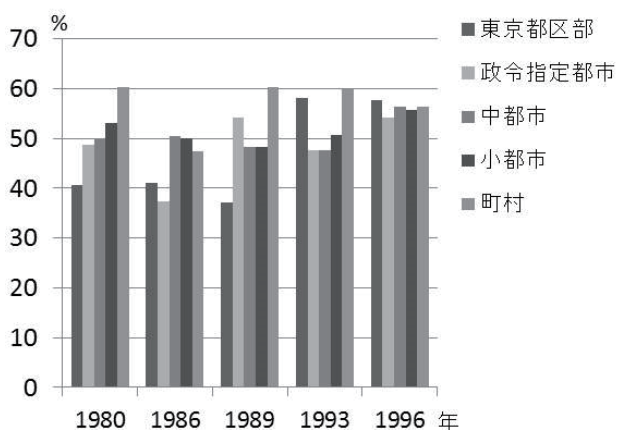


Fig. 16. 木材自給率を高めるべきとした人々 (都市規模別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

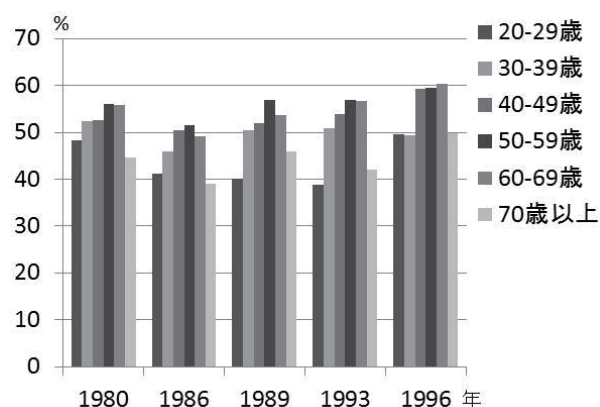


Fig. 18. 木材自給率を高めるべきとした人々 (年齢別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

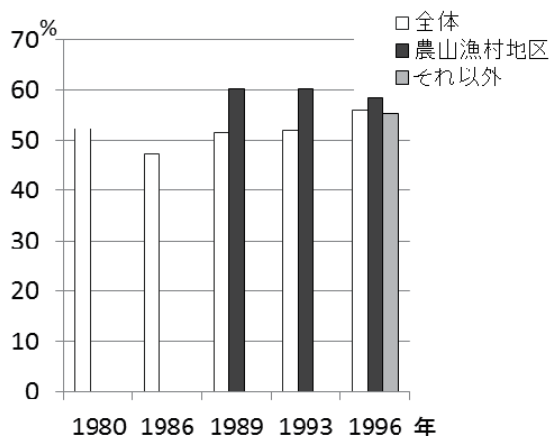


Fig. 17. 木材自給率を高めるべきとした人々 (居住地別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

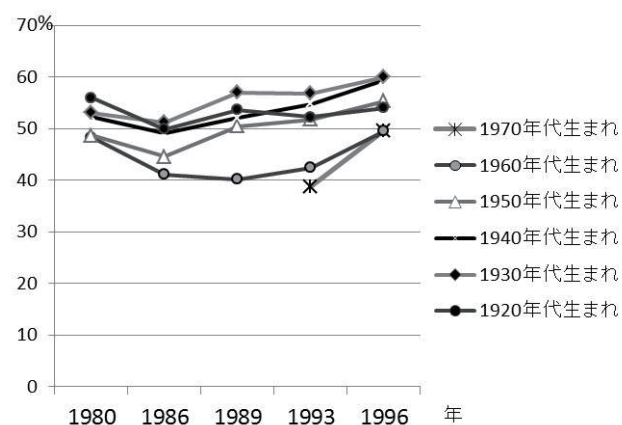


Fig. 19. 木材自給率を高めるべきとした人々 (出生年別推計)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

では国産材の説明として括弧書きで「間伐材を含む」との文言が添えられている。そのため、人によっては間伐材の利用が間伐に不可欠、ないしは役立つかの話だと捉えるかもしれない。

そうした解釈にあたっての難しさはあるが、その回答は両調査とも多数派が国産材利用は森林整備のために不可欠だと知っていた、もしくは役立つと思うと回答しており、2000年代においても国産材利用に対して何らかの肯定的な認識を持っている人々が多いことを意味するものと考えられる。とりわけ2007年(第9回)調査で役立つと思うと回答した人々の割合は81%に及んでおり、国産材利用によって森林整備にプラスの効果がもたらされる可能性があることは、多くの国民の共通認識となっていると捉えることができる。

だが、年齢別の回答者割合をみると(Fig. 20、21)、両調査結果とも20歳代、30歳代の若者の間で知っていた、もしくは役立つと思うと回答した人々が少ないことがわかる。出生年でいうと1960年代以降に生まれた世代である。先にみた自給率に関する設問の結果とも類似している。これらの世代においては国産材に対する肯定的な認識が他の世代と比較すると低いものと考えられる。

4.3 木造住宅に関するニーズ

4.3.1 木造住宅に対する選好：1976年～2011年(第1～10回)調査

住宅建築用の木材は日本の木材需要の多くを占めており、木造住宅を巡る消費者ニーズは林業に大きな影響を与えてきた。住宅が木造か非木造かによって住宅建築に使用される木材の量は大きく異なる(木造住宅は非木造住宅の3～4倍の木材を使用する4))が、さらに木造住宅のうち在来工法か否かによって国産材の使用率が大きく異なるとされてきた。林野庁が編集した平成23年版の『森林・林業白書』(林野庁編2011)は、2010年に示された調査報告書を引用して在来工法の住宅に用いられる木材の約3割は国産材としており、1995年に示された調査報告書を引用して在来工法以外の木造住宅で用いられるのはほとんどが輸入材としている。その後の『森林・林業白書』では、ツーバイフォー工法などの在来工法以外の工法を中心とする住宅メーカーにおいても国産材利用が拡大している旨が報告されている(例えば、林野庁編2012)が、直近の森林に関する世論調査が行われた2011年当時までは、概ね在来工法か否かが国産材を使用した住宅か否かを示していたものと考えられる。住宅を取得する際に在

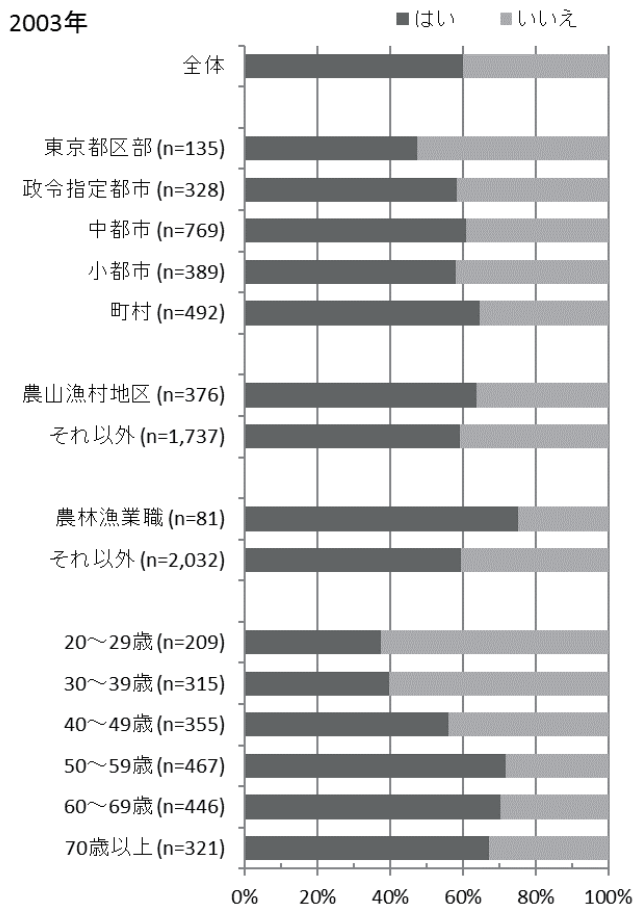


Fig. 20. 国産材利用の促進は森林整備に必要なだと知っていたか (S.A.)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

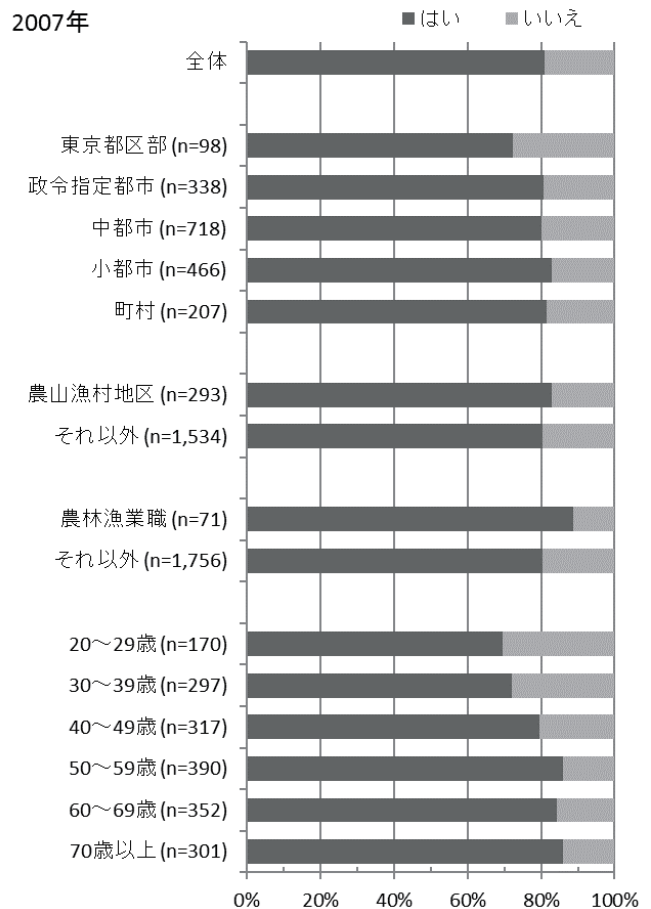


Fig. 21. 国産材利用は森林整備に役立つと思うか (S.A.)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

来工法の木造住宅、非在来工法の木造住宅、非木造住宅のいずれを選択するかを問う設問は、1976年（第1回）調査以降、全10回の調査を通じて設定され続けてきた設問であり、木造住宅に関する人々の選好に対する世論調査設計者の関心の高さを映し出している。

質問文と選択肢の数は、1976年（第1回）調査以来ほぼ同じである（Appendix Table 5）。回答者が仮に新築や購入で住宅を得る際にどんな住宅を選びたいかを問う形で、選択肢は在来工法の木造住宅、在来工法以外の木造住宅、非木造住宅の3種である。だが、注意すべき変更点が1つある。在来工法以外の木造住宅として、1996年（第6回）調査までは「プレハブ住宅」が例示されていたが、1999年（第7回）調査以降は「ツーバイフォー住宅」に置き換わっている。プレハブ住宅というと「安かろう悪かろう」といったネガティブなイメージが持たれることも多く、この例示の変更によって回答者が受ける印象も変化したものと予想される。実際、1996年（第6回）調査から1999年（第7回）調査にかけて、在来工法以外の木造住宅を選択する人々の割合は全10回の調査の中で最も大きく増加しており（Fig. 22）、この増加には選択肢の例示の変更が影響していた可能性が高い。

1976年（第1回）調査以降の推移をみると（Fig. 22）、全10回の調査を通じて在来工法の木造住宅を 선호する人々が最も多いが、その割合は1990年代前半まで7割以上であったのに対して、1996年（第6回）調査頃から減少してきた。その一方で増加してきたのが在来工法以外の木造住宅を 선호する人々である。在来工法以外の住宅を選択する人々が増加する1つの大きな契機となったのは、1995年の阪神淡路大震災であろう。ツーバイフォー工法などの大壁構造の住宅に被害が少なかったとの報道がなされ、消費者の在来工法離れを生む要因となったと考えられる。そこに先述の選択肢における例示の変更が加わり、1990年代後半における

在来工法以外の木造住宅の選好を高めたものと思われる。

一方、非木造住宅を 선호する人々の割合は、1999年（第7回）調査を除くと15%前後で推移しており、大多数の人々が木造住宅を 선호するという特徴自体は35年間ほぼ変わらず維持されてきたと捉えることができる。この間、都市化が大幅に進展するとともに、木材生産機能に期待する人々の割合は先にみた通りドラスティックに変化してきたが、回答者を全体としてみた時の非木造住宅に対する木造住宅の選好には、それらとは無縁とも思える安定感があるかのようにみえる。

在来工法を 선호する人々の割合を都市規模別（Fig. 23）、居住地別（Fig. 24）にみると、都市より農山村で在来工法を 선호する人々が多いという傾向が長期にわたってみられる。また、職業別（Fig. 25）にみると、農林漁業職の人々で高くなっている。

一方、年齢別にみると（Fig. 26）、調査期間を通じて年齢が若いほど在来工法を 선호する人々の割合が低い傾向がみられる。年齢による差は次第に拡大しており、1999年（第7回）調査以降は20歳代が60歳代、70歳代の人々の3分の1近くまで下がっている。20歳代および30歳代においては、1999年（第7回）調査以降、在来工法を 선호する人々と在来工法以外の木造住宅を 선호する人々の割合がほぼ同程度となっている。出生年別にみた割合を推計すると（Fig. 27）、1950年代以前に生まれた世代においては、この35年間ほぼ一定割合を維持してきたのに対して、1960年代以降に生まれた世代では、後に生まれた世代ほど在来工法を 선호する人々の割合が少なくなっている。

年齢別、出生年別の選好を在来工法以外の木造住宅と非木造住宅についても同様にみたのがFig. 28～31である。在来工法以外の木造住宅、非木造住宅とも若い世代ほど選好する人々の割合が高いことがわかる。回答者を全体としてみたときには、1976年（第1回）

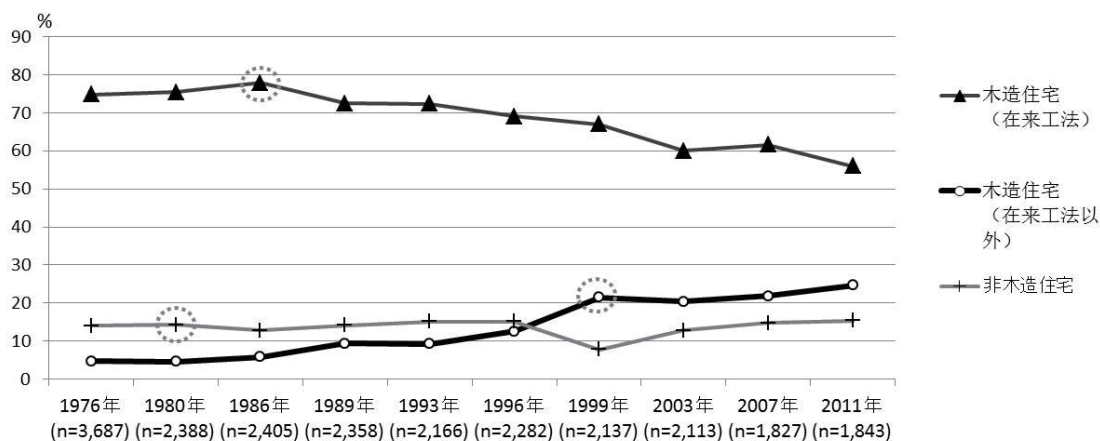


Fig. 22. 木造住宅に関する選好の推移 (S. A.)

注：図中の点線丸印は、前回調査から表現等に質に関わる変更があった選択肢を指す。

資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

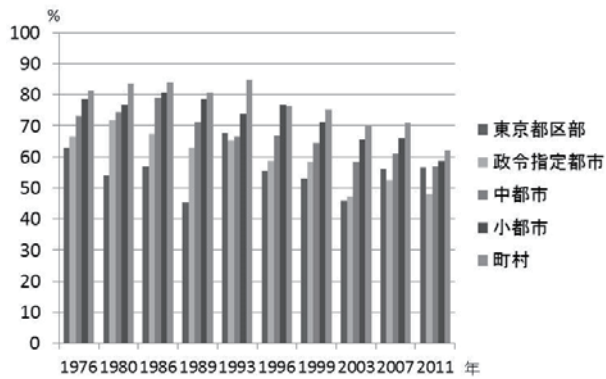


Fig. 23. 在来工法の木造住宅を愛好する人々 (都市規模別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

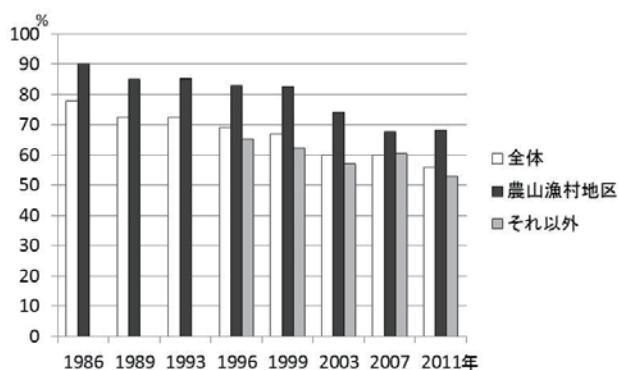


Fig. 24. 在来工法の木造住宅を愛好する人々 (居住地別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

調査以来ほぼ一定のまま推移してきたと思われた非木造住宅を愛好する人々の割合は、実は若い世代ほど高くなっている。その影響が回答者を全体としてみたときに目立たないのは、常に回答者の多数を占めてきた1940年代生まれの世代においては非木造住宅を愛好する人々の割合が緩やかに減少していたこと、その一方で非木造住宅を選択する人々が多い1960年代生まれ以降の世代 (例えば、1989年 (第4回) 調査時では20歳代、1999年 (第7回) 調査時では30歳代以下) では、回収率が低い (Table 2) ことも重なって全回答者に占める当該世代の回答者の割合が実際の人口比よりも低いことが影響しているものと考えられる。

住宅を取得する主な契機となるのは子育て初期および退職時期と考えられる。宮本・藤掛 (2012) によると、住宅取得者の年齢層には30歳代と60歳代の2つのピークがあるが、近年、30歳代の層が増加し、50歳代以降の層が減少する傾向があり若年化が進んでいるという。2010年度現在では、住宅取得者の47%を30歳代が占めている。既に在来工法の愛好が高い世代は住宅取得期を過ぎており、主要な住宅取得者層は、在来工法と在来工法以外の木造住宅の愛好がほぼ等しく、非

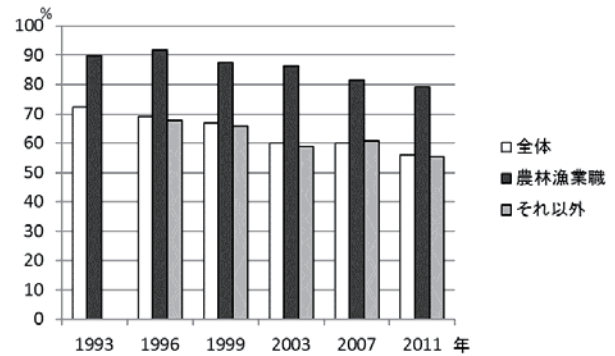


Fig. 25. 在来工法の木造住宅を愛好する人々 (職業別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

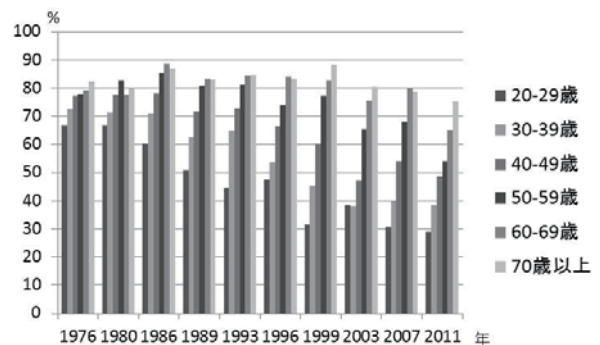


Fig. 26. 在来工法の木造住宅を愛好する人々 (年齢別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

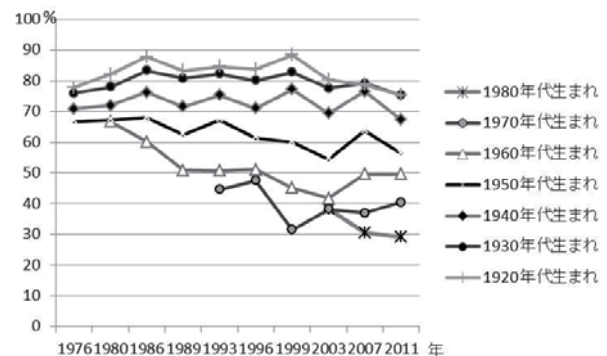


Fig. 27. 在来工法の木造住宅を愛好する人々 (出生年別推計)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

木造住宅の愛好も比較的高い世代に移っており、在来工法離れは今後一層進展する可能性が高いと考えられる。

最後に、木造住宅の選好と木材生産機能に期待する人々の関係をみたい。住宅の選好別にみた木材生産機能に期待する人々の割合を示したのが Fig. 32 である。『世論調査報告書』からデータが把握できるのは、1989年 (第4回) 調査、1993年 (第5回) 調査、2003年～2011年 (第8～10回) 調査の5つの調査である。これらをみると、1990年前後の2回の調査では在来

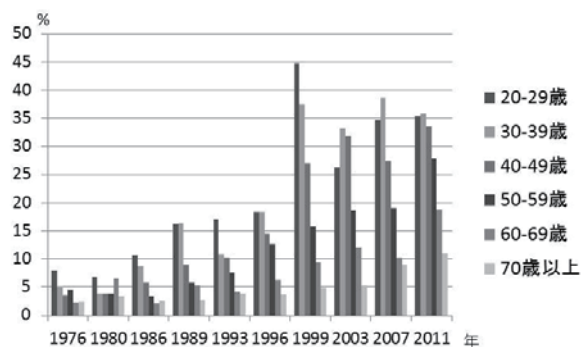


Fig. 28. 在来工法以外の木造住宅を愛好する人々（年齢別）
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

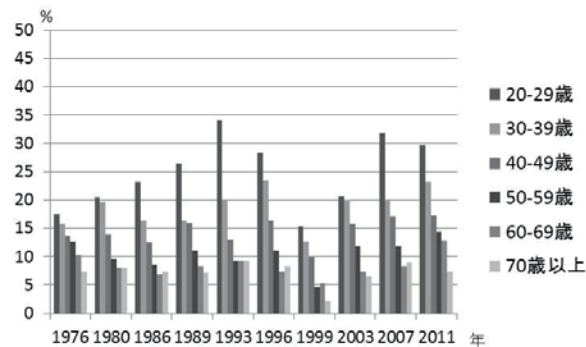


Fig. 30. 非木造住宅を愛好する人々（年齢別）
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

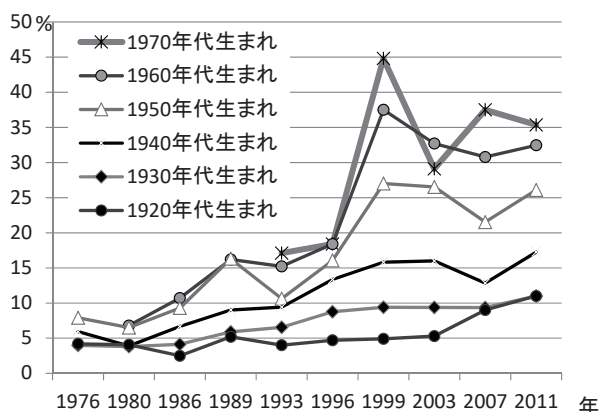


Fig. 29. 在来工法以外の木造住宅を愛好する人々
（出生年別推計）
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

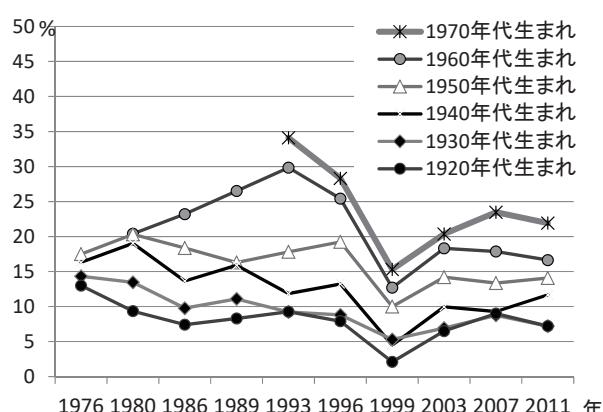
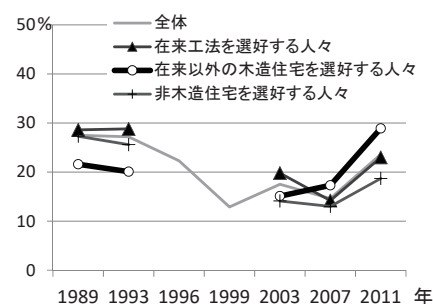


Fig. 31. 非木造住宅を愛好する人々（出生年別推計）
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

工法以外の木造住宅を愛好する人々の間では木材生産機能に期待する人々の割合が低いという状況がみられるのに対して、直近の2回の調査では逆に在来工法以外の木造住宅を愛好する人々の間で木材生産機能に期待する人々の割合が高いという状況が生じている。少なくとも2010年頃までは在来工法以外の木造住宅における国産材使用率が低いという点と合わせて考えると、近年の木材生産機能に対する期待の高まりは、住宅構造材における国産材利用に必ずしも直結するものではないと考えられる。

4.3.2 木造住宅を選ぶ際に何を重視するか：1976年（第1回）、1986年～1996年（第3～6回）、2003年～2011年（第8～10回）調査

若い人ほど在来工法の木造住宅を愛好する人々が少なく非木造住宅を愛好する人々が多いことについて、蔵治（2012）は、「若い人の中に、生まれてから木造住宅に住んだことが無い人が増えていること」が一因として考えられると指摘している。また、住宅を選ぶ際に利便性や価格、耐震性能などが最も重視され、建てる家が木造かどうか、使う木材が国産材かどうか



該当者数

全体
在来工法を愛好する人々
在来以外の木造住宅を愛好する
非木造住宅を愛好する人々

2,358	2,166	2,282	2,137	2,113	1,827	1,843
1,709	1,569			1,268	1,125	1,033
222	199			431	398	456
333	328			270	269	284

Fig. 32. 木造住宅に関する選好別にみた木材生産機能を重視する人々の推移

資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

どの点には関心が払われなくなったことにも触れている。これらに関わるデータを提供しているのが、木造住宅を選好する人々を対象として住宅を選ぶ際に重視する点を尋ねた設問である。この設問が設けられたのは2003年（第8回）調査以降であるが、1976年（第1回）調査と1986年～1996年（第3～6回）調査においては在来工法を選好する人々に対してその理由を尋ねる設問が設けられていることから、両者を比較することで在来工法を選択する際の視点の変化を若干把握することができる（Appendix Table 6）。

1976年（第1回）調査における設問は、在来工法を選好する人々と在来工法以外の木造住宅を選好する人々の両者に対して、それぞれ理由を選択肢の提示をせずに自由回答形式で尋ねている。その結果、在来工法を選好する理由としては、住み慣れているから（51%）が最も多く、次いで他に比べて居住性が優れているから（35%）が多くあげられた。この両者は1986年～1996年（第3～6回）調査まで一貫して上位を占め続けている（Fig. 33）。一方、在来工法以外の木造住宅を選好する人々に対して理由を尋ねているのは、1976年（第1回）調査のみである。その理由としては、価格が安いから（35%）が最も多く、見本を見て建てることのできるから（26%）がそれに続いている。その次に多いのが特に理由はない（18%）と工期が短いから（16%）などがあげられた。これらを見る限り、少なくとも1976年当時においては、在来工法以外の木造住宅は、住み心地や性能に対する関心が薄く住宅に対するこだわりの少ない人々が早く安く入手できる木造住宅として選好していたものと考えられる。

2003年～2011年（第8～10回）調査では、木造住宅を選好する人々に対して、木造住宅を選ぶ際に重視することを尋ねている。3回の調査を通じて選択肢には変更がないが、質問文は2003年以降の調査において重視することの前に「価格以外で」との文言が追加されている（Appendix Table 7）。

2003年～2011年（第8～10回）の3回の調査を通じて優先順位に大きな変動はみられず、価値観はほぼ安定的に推移していると捉えることができる（Fig. 34）。このデータにおいては、国産材の使用を重視する人々の割合は増加しておらず、3.1.3で引用した蔵治（2012）による仮説、すなわち「国産木材の住宅の価値が施主や建築業界に少しずつ認められてきた」という傾向はみることができない。重視する人々の割合が高いのは品質や性能、耐久性と健康に配慮した材料の使用の2点で、共に7割程度の回答者が重視する点として選択しており、これに約4割の回答者が選択した国産材の使用が続いている（Fig. 34）。これを在来工法の選好者と在来工法以外の木造住宅の選好者にわけてみると（Fig. 35）、国産材の使用を重視する人々の割合が在来工法の選択者と非在来工法の選好者の間で1.8～3.3倍と大幅に異なる点が顕著な特徴として把握できる。

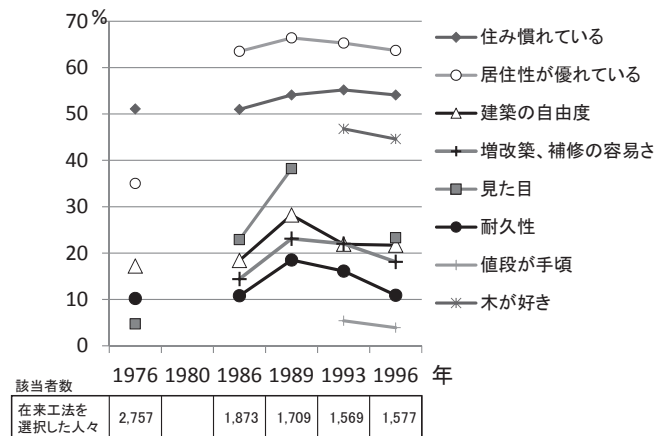


Fig. 33. 在来工法を選択した理由の推移 (M. A.)

注1：図中の点線丸印は、前回調査から表現等に質に関わる変更があった選択肢を指す。

注2：1980年（第2回）調査では、当該設問が設けられていない。

資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

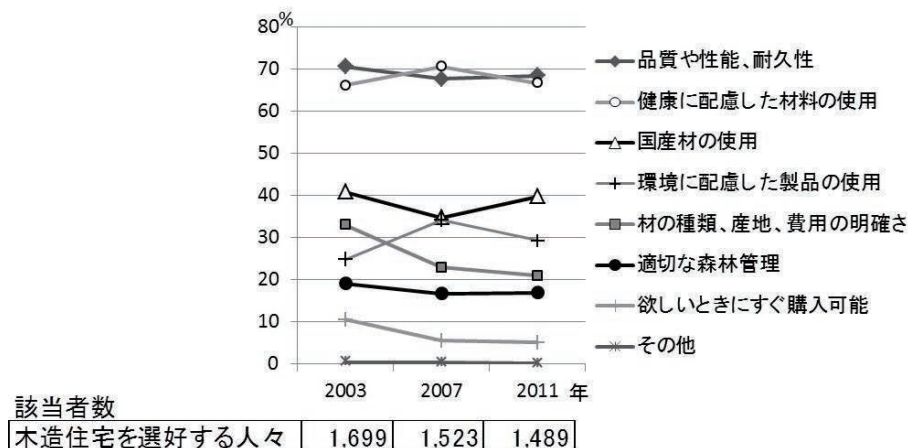


Fig. 34. 木造住宅を選好した人々が重視する点の推移 (M. A.)

資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

それぞれの該当者数を踏まえると、木造住宅の選好者のなかで住宅取得時に国産材の使用を重視する人々の8～9割は、在来工法を選好する人々ということになる。非木造住宅を選好する人々やわからないと回答した人々は国産材の使用を重視しないものと考え、住宅選択時に国産材の使用を重視する人々の割合は、回答者全体の3割弱と考えられる。

さらに細かくみると、木造住宅を選好する人々のなかで国産材の使用を重視する人々の割合は、都市より農山村で多く (Fig.36、37)、職業別にみると農林漁業職の人々の間で目立って高い (Fig. 38) ことが分かる。年齢別にみた差異 (Fig. 39) は更に大きく、20歳代で国産材の使用を重視する人々の割合は70歳代以上の割合に対して半分未満、最も差が大きい2007年(第9回)調査では70歳代以上の22%にとどまっている。ここにも若い人々ほど国産材に対する関心が低い傾向が明瞭に現れている。これらとは逆に、品質や性能、耐久性と健康に配慮した材料の使用という視点は、若い人々、

都市部の人々ほど重視する人々の割合が高くなっている。こうした住宅取得に際して若者が重視する点の特徴は、先述の蔵治(2012)の指摘を裏付けるものとなっている。

なお、先に国産材利用が森林整備に役立つと考える人々が国民の大多数を占めているというデータを示したが、住宅取得時に選択の基準として使用される木材が生産された森林において植林や手入れが適切に行われているか否か(適切な森林管理)を重視する人々がどの程度いるかをFig. 34でみると、2割弱と低位であることがわかる。この2割弱という割合は木造住宅を選好する人々のなかでの割合だが、ここに含まれない非木造住宅を選好する人々やわからないと回答した人々は住宅取得時に森林管理の適切さを重視しないものと考え、住宅選択時に森林管理の適切さを重視する人々の割合は、回答者全体の15%ほどと推察される。

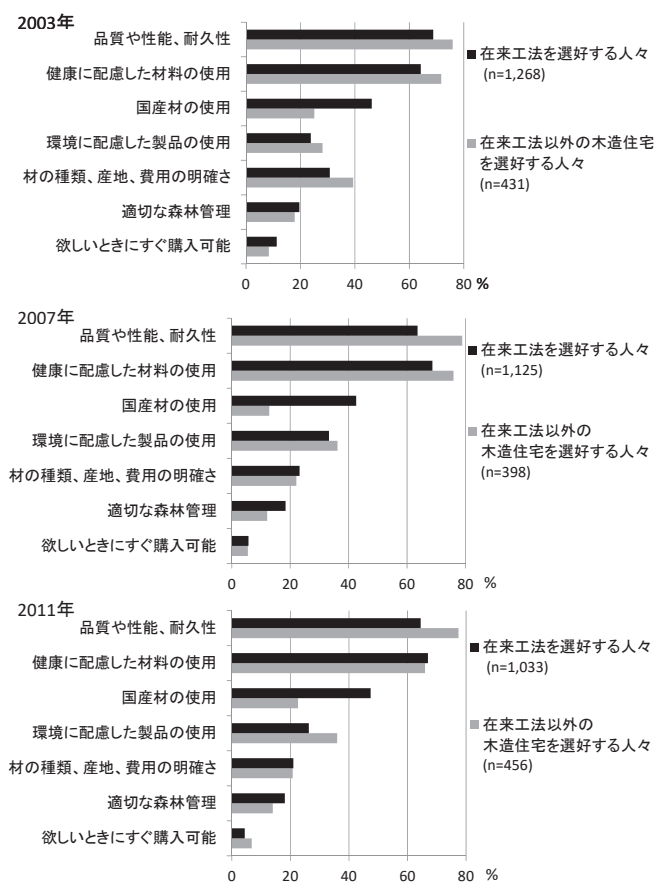


Fig. 35. 木造住宅を選択した人々が重視する点の推移 (在来工法を選択する人々と非在来工法を選択する人々)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

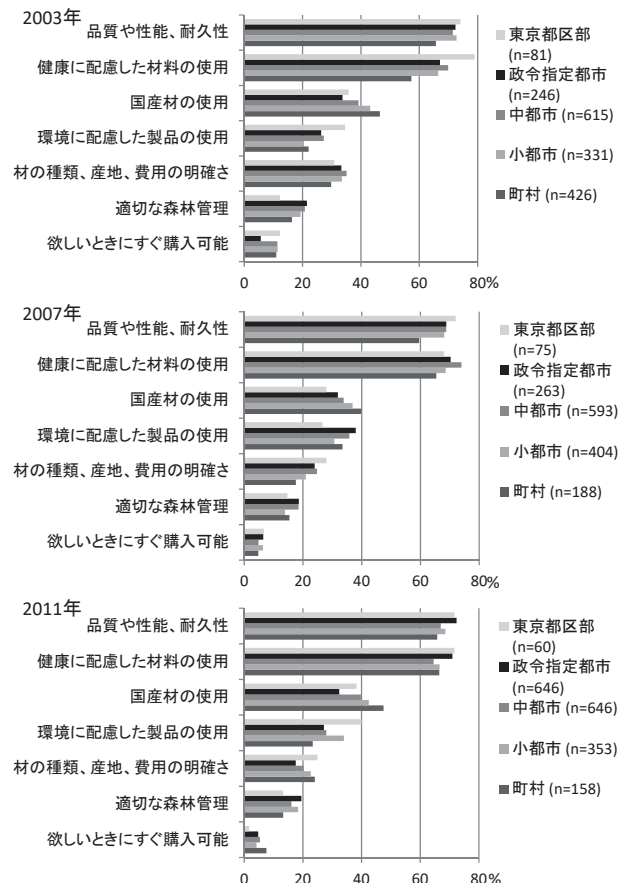


Fig. 36. 木造住宅を選択した人々が重視する点の推移 (都市規模別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

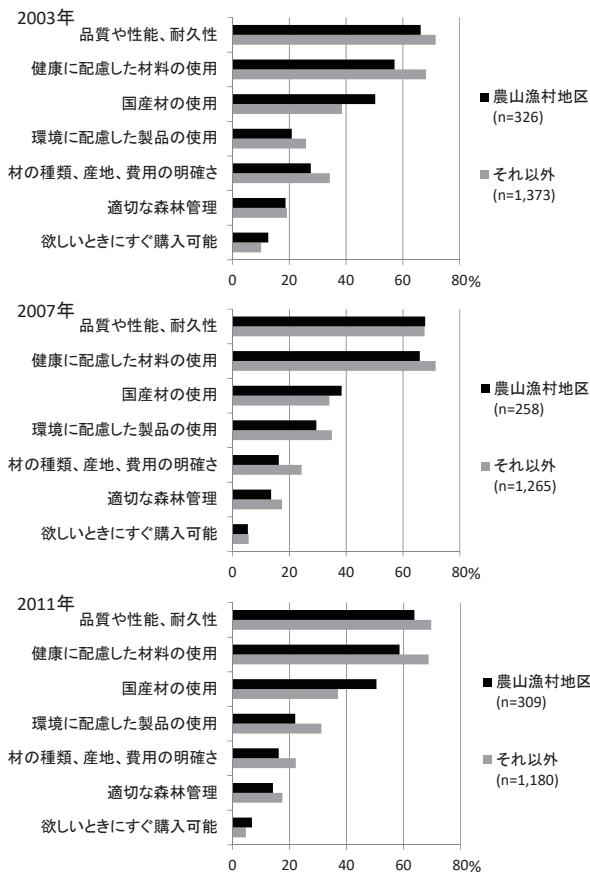


Fig. 37. 木造住宅を選択した人々が重視する点の推移
(居住地別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

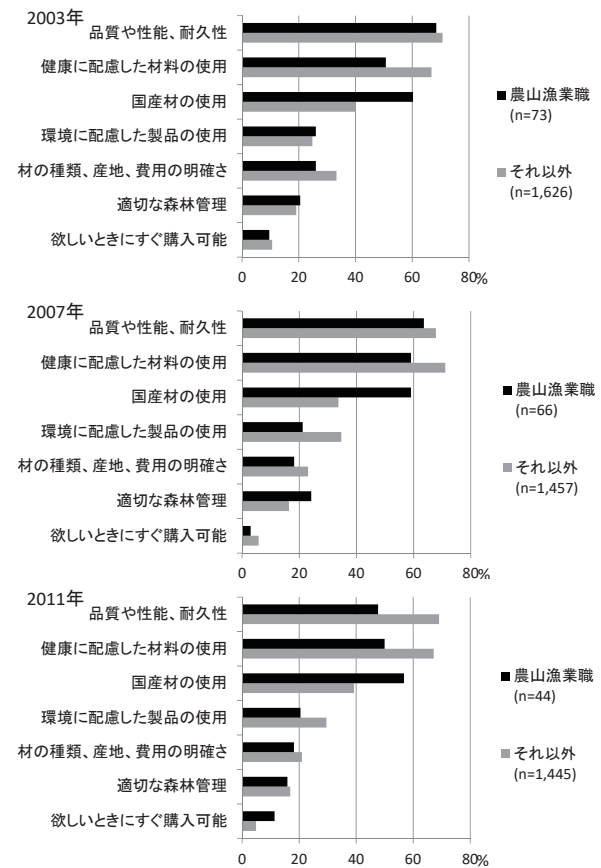


Fig. 38. 木造住宅を選択した人々が重視する点の推移
(職業別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

5. 木材の生産と利用に関わる施策に対するニーズ

5.1 森林・林業に関わる施策ニーズの推移：1976年（第1回）、1999年～2011年（第7～10回）調査

最後に、木材生産に関わる施策に対する人々のニーズをみていきたい。森林に関する世論調査において、森林・林業に関わる施策のニーズを問う設問が設けられているのは、1976年（第1回）調査と1999年～2011年（第7～10回）調査である（Appendix Table 8）。

1976年（第1回）調査においては、今後の森林・林業行政に関する施策について国に望むことがあるかと尋ねたうえで、あると答えた50%の人々に対して、その具体的内容を自由回答形式で尋ねている。その際に多くの人があげたのは、計画的な伐採と植林の実施（44%）、森林の乱開発の防止（30%）、天然林の保護（30%）、山地崩壊や洪水の防止（24%）であり、これに続くのが水源確保のための森林の整備（15%）、木材価格の安定化（14%）であった。自由回答であるにもかかわらず、特に林業に関わっては、計画的な植伐や木材価格の安定化など非常に具体的な内容があげられており、当時の回答者の林業問題への関心の高さがうかが

える。

一方、1999年以降の調査では、今後の森林・林業行政において特に力を入れて欲しいと思うこととして9つの選択肢が設けられている。そのうち選択した人々が多い施策と木材関連施策の推移をあげたのが Fig. 40 である。選択肢の多くは、例えば林業に関わる選択肢であれば森林整備や木材供給・利用の推進などとされており、1976年（第1回）調査であげられた回答と比較すると抽象的な表現となっている。選択肢のなかで特に注意が必要なのは、森林整備施策の選択肢における表現の変更である。森林整備施策については、1999年（第7回）調査では選択肢において「多くの機能を持つ森林の整備」と記載されていたが、2003年（第8回）調査では「水源のかん養、国土や自然環境の保全、地球温暖化防止などの様々な役割を果たす多様で健全な森林の整備」と森林整備の効果を示す説明が大幅に追加された。その後の2回の調査では、「森林の整備」と極シンプルに記載されている。こうした変遷があるなかで、2003年（第8回）調査の結果では、他の調査と比較して飛び抜けて森林整備施策を選択した人々の

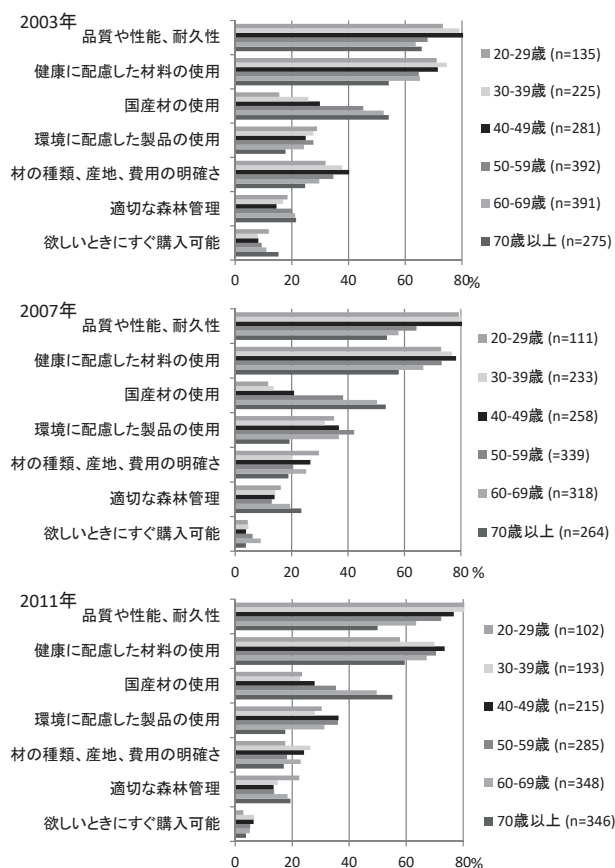


Fig. 39. 木造住宅を選択した人々が重視する点の推移 (年齢別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

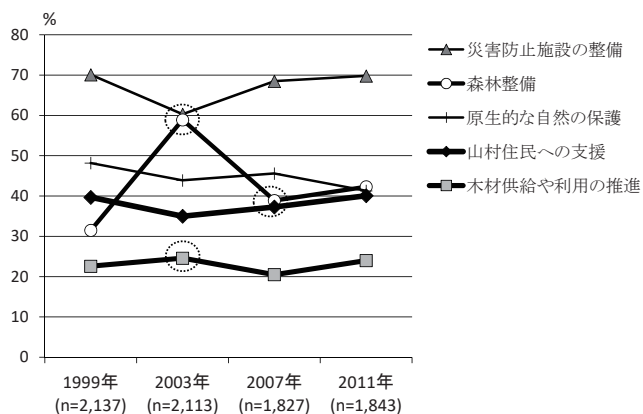


Fig. 40. 今後力を入れて欲しい森林・林業施策の推移 (M. A.)
注：図中の点線丸印は、前回調査から表現等に質に関わる変更があった選択肢を指す。
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

割合が高くなっている。この間は先述のように地球温暖化対策や公共事業を巡る議論のなかで森林整備が注目された時期であり、一時的に森林整備に対する関心が高まって森林整備施策のニーズが高まった可能性もある。だが、表現がシンプルになった4年後の調査で急激に回答者の割合が減少していることを合わせて考えると、2003年(第8回)調査では森林整備による具体的な効果が例示されたことによって、回答者にとって森林整備の効果が幅広くイメージされたために森林整備施策のニーズが高まった可能性も充分にある。一方、木材関連施策(木材供給や利用の推進)が指す内容も1999年(第7回)調査とそれ以降の調査とでは変化している。1999年(第7回)調査においては、「木材の安定的な供給」とのみ記載されており、それとは別に「製材工場などへの木材産業への支援」という選択肢が設けられていた。2003年(第8回)調査以降の3回の調査では、後者の選択肢が無くなり、前者は「木材の安定的な供給や木材利用の推進」へと表現が変わった。Fig. 40に示したのは、前者のみの割合(「製材工場などへの木材産業への支援」を含まない)の推移である。

1999年(第7回)調査以降の4回の調査を通じて最も多くの人々が選択した施策は、「災害防止施設の整備」である。これに「原生的な森林の貴重な動植物の保護(原生的な自然の保護)」と「森林を守り育てている山村住民に対しての支援(山村住民への支援)」、森林整備が続き、他の3つの選択肢を挟んで最後から2番目に選択されたのが木材関連施策である。

ここで森林のもつ諸機能への期待の推移を示したFig. 1を思い出していただきたい。Fig. 1における諸機能への期待の変動は、必ずしも上記の施策ニーズの変動と一致してはいない。木材生産機能への期待と木材関連施策に対するニーズもその1つである。3.1.2でみたように、木材生産機能に期待する人々は2000年代において増加傾向をみせた。だが、木材生産に関連した施策に対する人々のニーズは、2000年代において横ばいで推移している。機能への期待の変化と施策ニーズの変化が異なる要因の1つには、諸機能への期待を問う設問が上位3つのみを選択する方式であるのに対して、施策ニーズを問う設問が制限無しの複数回答方式であることが考えられる。また、期待する機能が民間の活動等を通じて発揮される可能性があるかと捉える場合には、特段の公的な施策を講じる必要はないと考えることもできる。3.2節においてみた2000年代における経済効率重視の傾向を踏まると、行政施策を通じてではなく、民間の活動を通じた木材生産機能の発揮を期待する人々が増加している可能性は高い。

木材関連施策を選択した人々を都市規模別(Fig. 41)、居住地別(Fig. 42)にみると、都市と農山村の人々の差がほとんどみられない年が多いが、木材生産機能に期

待する人々の中でみられたような都市の人々と農山村の人々の回答割合が徐々に逆転していく傾向まではみられない。また、年齢別にみると (Fig. 43)、2011 年における木材生産機能に期待する人々を特徴づけていた若者層 (20 歳代および 30 歳代) における選択者の割合の増加は、2007 年 (第 9 回) 調査と 2011 年 (第 10 回) 調査を比較すると若干はみられるが、年齢が高い人々ほど木材関連施策に対するニーズが高いという傾向は変わっていない。以上をみる限り、木材関連施策に対するニーズの質的な変化は、木材生産機能への期待の変化ほどには生じていないと考えられる。

一方、2000 年代において都市の人々と若者の間で相対的に増加したという木材生産機能に期待する人々の

中でみられた動向と比較的近い動向がみられるのは、山村住民への支援策に対する行政ニーズの推移である。山村住民への支援策を選択した人々は、回答者全体に占める割合はほとんど増加していないものの、都市規模別 (Fig. 44)、居住地別 (Fig. 45) にみると、かつては農山村の人々の間で高かったものが都市の人々の間で高くなるといった農山村から都市への選択者のシフトがみられる。一方、年齢別にみた割合 (Fig. 46) には、2011 年 (第 10 回) 調査においては 20 歳代の割合が大きく伸びているが、年齢が高い人々ほど施策ニーズが高いという傾向はみられず、木材生産機能への期待においてみられたような若者層における相対的な増加が起こったとは言い切れない。

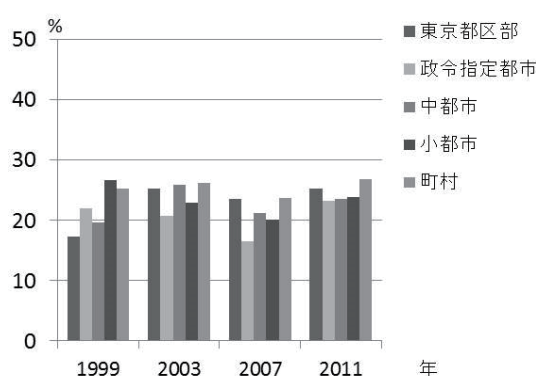


Fig. 41. 木材関連施策を選択した人々 (都市規模別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

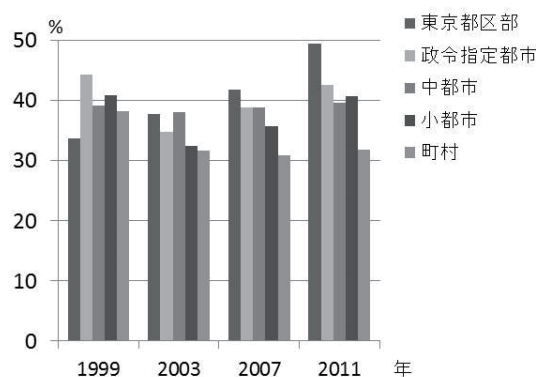


Fig. 44. 山村住民への支援策を選択した人々 (都市規模別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

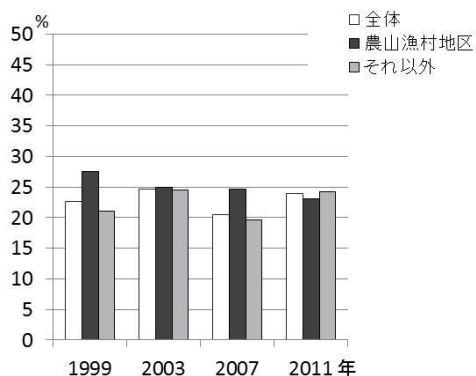


Fig. 42. 木材関連施策を選択した人々 (居住地別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

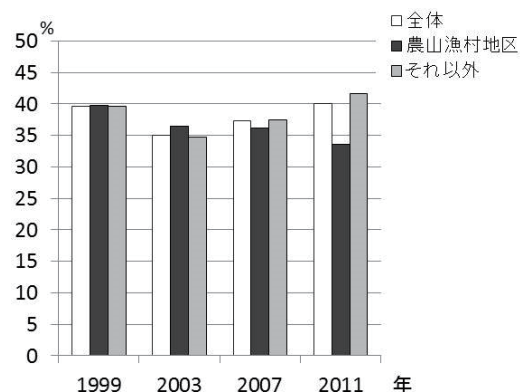


Fig. 45. 山村住民への支援策を選択した人々 (居住地別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

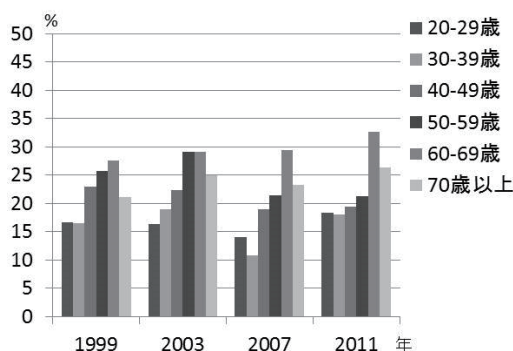


Fig. 43. 木材関連施策を選択した人々 (年齢別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

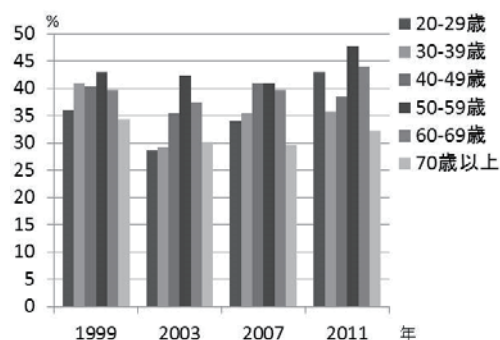


Fig. 46. 山村住民への支援策を選択した人々 (年齢別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

5.2 木質バイオマスの利活用に関わる施策ニーズ：2003年～2011年（第8～10回）調査

2000年代に入ってから実施された3回の調査においては、今後、取り組むべき木質バイオマスの利活用方策を問う設問が設けられている。回答者には最初に木質バイオマスとは何かを説明するカードが示され（Appendix Table 9における〈カード1〉もしくは〈資料1〉）、その上で例示されるいくつかの方策のなかで、今後、取り組むべき方策を全て選択する方式である。選択肢の内容は、2003年（第8回）調査と2007年（第9回）調査の間で大きく変更されている（Appendix Table 9）。エネルギー利用については、2003年（第8回）調査では発電だけが例示されていたのに対して、2007年（第9回）調査からはボイラーでの熱利用が例示に加えられている。また、2003年（第8回）調査では「成分を抽出して新たな木質材料やアルコールの生産としての利活用の推進」とされていた選択肢が、

2007年（第9回）調査以降は「燃料用エタノールに加工するなどの燃料としての利活用の推進」へと変更されている。

特に2003年（第8回）調査とそれ以後の2回の調査とでは選択肢の変化が大きく単純な比較はできないが、エネルギー利用については、2003年（第8回）調査から2007年（第9回）調査までの間には選択肢が例示する内容の拡大がみられたにもかかわらず選択した人々の割合には変化がなかったのに対して、2011年（第10回）調査では選択肢に変更がないにもかかわらず2007年（第9回）調査の48%から2011年（第10回）調査の61%まで大きく増加している（Fig. 47）。この間、木質バイオマスのエネルギー利用の推進へのニーズが高まったことがうかがえる。2011年（第10回）調査の9ヶ月前には東日本大震災が発生し、原子力発電事故が起きたことを受けて、再生可能エネルギーへの関心が急速に高まっていた。こうした時期的な要因がエネルギー利用の推進への関心の高まりに強く影響した可能性がある。

取り組むべき方策として、木質バイオマスのエネルギー利用の推進を選択した人々の割合を都市規模別（Fig. 48）、居住地別（Fig. 49）、年齢別（Fig. 50）にみると、2011年において東京都区部の人々における割合の伸びが比較的大きいことを除いて大きな差異はみられず、エネルギー利用の推進へのニーズは概ね各層で一般的に生じたものと捉えることができる。一方、職業別（Fig. 51）にみると、それまで相対的に低かった農林漁業職の人々においてエネルギー利用の推進を選択した人々の割合が高まっていることから、この間に農林漁業においてエネルギー源としての木質バイオマス利用に対する期待が高まった可能性もある。

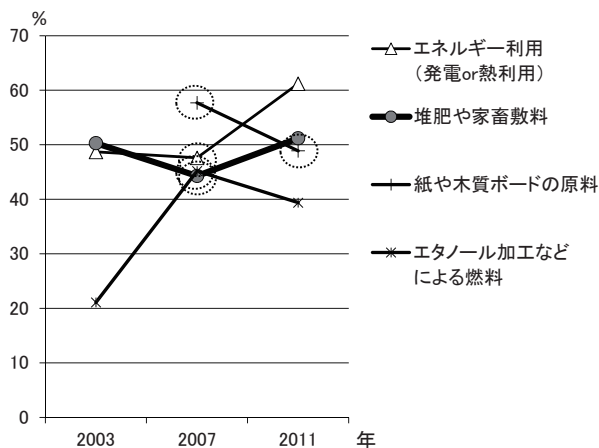


Fig. 47. 今後、取り組むべき木質バイオマス利活用方策の推移 (M. A.)

注：図中の点線丸印は、前回調査から表現等に質に関わる変更があった選択肢を指す。

資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

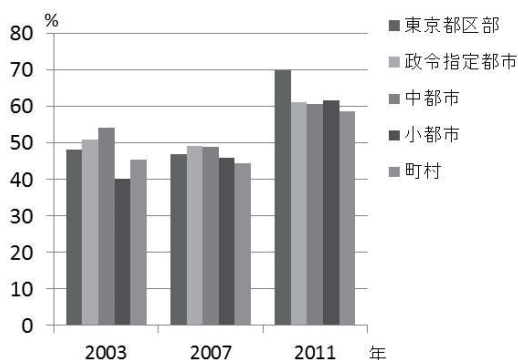


Fig. 48. エネルギー利用を選択した人々 (都市規模別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

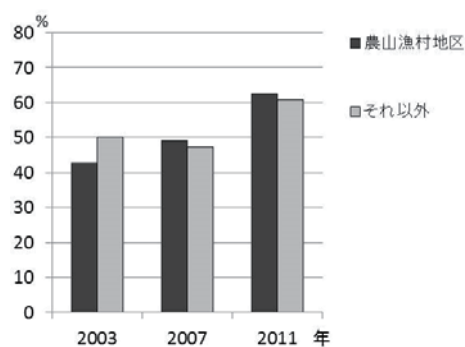


Fig. 49. エネルギー利用を選択した人々 (居住地別)
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

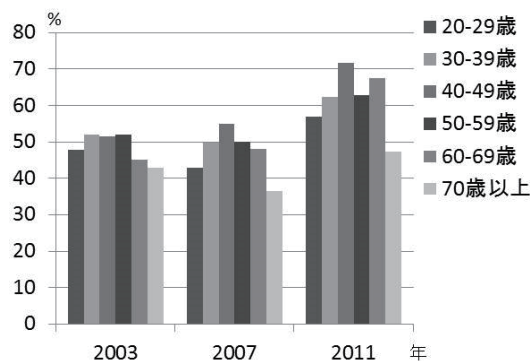


Fig. 50. エネルギー利用を選択した人々（年齢別）
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

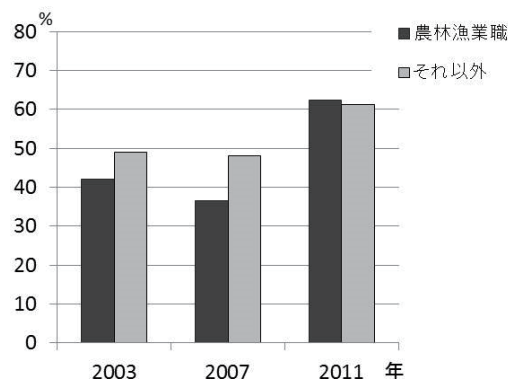


Fig. 51. エネルギー利用を選択した人々（職業別）
資料：内閣府『世論調査報告書』より作成。

6. 結論

以上みてきたように、森林に期待する働きとして木材生産機能をあげる人々の割合は、1980年代から1990年代にかけて大幅に減少したが、2000年代に入ってから緩やかな増加に転じている。この2000年代における木材生産機能への期待の高まりは、1980～90年代における期待の減少を逆に辿る単なる揺戻し現象ではなく、木材生産に対する捉え方に質的な変化が生じていることを示唆するものと考えられる。その1つが木材生産機能への期待が農山村より都市で高まるという木材生産機能への期待の都市化傾向である。類似の傾向は山村住民への支援施策のニーズにも生じている可能性がある。その一方で、この間、木材関連施策に対するニーズにはほとんど変化がみられず、また国民各層を通じて経済効率を重視する人々が増えてきていることから、近年木材生産機能に注目している人々は、木材の生産や利用を主に経済的な観点から捉え、民間の経済活動として行われるべきものと認識している可能性がある。

1980年代から2000年代にかけて期待する機能として木材生産機能を選択する人々の割合が大きく変動するなかであって、国産材の利用に対するポジティブな受け止め方は、回答者を全体としてみると概ね維持されてきたように思われる。だが、概ね1960年代以降生まれの若い世代の人々の間では国産材に対する関心は低く、住宅取得時に国産材の使用を意識する人々も少ない傾向がある。今後、国産材だからというだけの理由で優先的に消費しようとする人々は減るものと考えられ、国産材の利用拡大を図るにあたっては、機能面での価値などを高めていくことがより強く求められてくると思われる。

国産材利用が森林整備に役立つと捉える人々は、相対的に少ない若者層（20～30歳代）でも7割ほどを占めており、多くの国民の共通認識となっていると捉えられる。だが、住宅取得時に使用される木材が生産された森林の管理の適切さを考慮する人々は、現時点では15%程度と少数派であり、一般論としての認識と回答者自身の消費行動との間にはギャップがみられる。

2000年以前の森林政策においては、林業生産活動を産業政策の観点から助長していけば適切な森林整備が行われ、森林のもつ公益的機能は自ずと確保されるという考え方があったとされる（林政審議会 2000）。こうした経済性を高めようとするのが公益性を高めることになるという考え方は、「予定調和論」と呼ばれてきた（筒井 1983）。この従来の「予定調和論」に対して、泉（2003）は、森林整備を通じて二酸化炭素固定を推進するとともに森林資源の利活用を通じて石油等の代替を促進することは循環型社会への構築へ寄与するものであり、林業が循環型社会の構築に寄与することは新たな「林業における予定調和論」になるとした。それから10年ほどが経過したが、森林に関する世論調査の結果からは、この間、木材生産に関わる意識の変化は生じつつあるものの、循環型社会に組み込まれるほどには人々の意識や行動選択に浸透していないものと捉えることができるだろう。今後、日本において持続可能な森林経営を実現するにあたっては、上記のような人々の意識やニーズがあるなかで、森林経営の持続可能性に対する人々の認識や理解、行動を如何に高めていくか、また、次世代を担う世代における意識やニーズの変化にどのように対応していけるかが大きな課題となるものと考えられる。

注

- 1) 政府広報室は 2001 年の中央省庁再編以前は総理府に置かれていたが、本稿では一括して「内閣府世論調査」と表記している。
- 2) 調査のテーマによっては 18 歳以上を対象とするなど、調査対象年齢が変更されることもある (佐藤 2013a)。
- 3) 「自営業主 (農林漁業、商工サービス業、自由業)」のうちの農林漁業および「家族従業者 (同)」のうちの農林漁業の合計を指しており、「雇用者 (管理職、専門技術職、事務職、労務職)」と「無職 (主婦、学生、その他無職)」の者は含まれていない。
- 4) 住居専用の木造建築工事 (住居専用の建築工事のうち着工床面積で 59% を占める) に使用された木材の総量は着工床面積 1m^2 あたり 0.18m^3 であるのに対して、住居専用の鉄骨造 (同 20%) および住宅専用の鉄筋コンクリート造 (同 18%) に使用された木材の総量は着工床面積 1m^2 あたり共に 0.05m^3 と報告されている (日本木材総合情報センター 1995)。

引用文献

- Fabra Crespo M., Saastamoinen O., Matero J., Mäntyranta H. (2014) Perceptions and realities: public opinion on forests and forestry in Finland, 1993–2012. *Silva Fennica*, 48(5) article id 1140. 1-19.
- 泉 英二 (2003) 今般の「林政改革」と森林組合. 林業経済研究, 49(1), 23-34.
- 蒲沼 満 (1977) 都市と山村と森林・林業 森林・林業に関する総理府の世論調査にみる. 林業技術, 423, 7-10.
- 蔵治 光一郎 (2012) 森の「恵み」は幻想か 科学者が考える森と人の関係. 化学同人, 169-171.
- 宮本 基杖・藤掛 一郎 (2012) 住宅産業の動向と木造住宅着工数の将来予測. 森林総合研究所編 “改訂 森林・林業・木材産業の将来予測”. 日本林業調査会, 221-252.
- 内閣府大臣官房政府広報室編 (2016) 平成 27 年版 全国世論調査の現況. 内閣府大臣官房政府広報室, 27.
- 日本木材総合情報センター (1995) 木材需要動向分析調査, 13.
- 岡田 恵子 (2013) 国民の意識の変化の的確な把握に向けて: 内閣府の世論調査から. 社会と調査, 10, 87-96.
- 林政審議会 (2000) 新たな林政の展開方向. 2.
- 林野庁編 (2011) 平成 23 年版 森林・林業白書. 農林統計協会, 15.
- 林野庁編 (2012) 平成 24 年版 森林・林業白書. 農林統計協会, 158.
- 林野庁編 (2013) 平成 25 年版 森林・林業白書. 農林統計協会, 84-85.
- 佐藤 寧 (2013a) 内閣府政府広報室の世論調査. 中央調査報, 671, 5899-5905.
- 佐藤 寧 (2013b) 戦後初期に実施された政府世論調査報告書から (1). 日本世論調査協会報, 112, 12-19.
- 佐藤 寧 (2014) 内閣府政府広報室世論調査の概要と課題. 社会と調査, 13, 70-79.
- 筒井 迪夫 (1983) 林業政策論 (思想) と制度. 筒井 迪夫編 “林政学”. 地球社, 9-11.

Appendix Table 1. 内閣府世論調査における「森林に期待する働き」を問う質問文と選択肢の変遷		
調査年	質問文と選択肢	
1980	Q. あなたは、森林について今後どのような役割を期待しますか。この中から3つまで選んで下さい。(3M. A)	
	55.1 (ア) 木材を生産する働き 18.4 (イ) しいたげなどのきのこ類や山菜などの特用林産物を生産する働き 51.4 (ウ) 水資源を確保する働き 61.5 (エ) 山崩れや洪水などの災害を防止する働き 37.3 (オ) 大気を浄化したり、騒音をやわらげたりする働き 27.2 (カ) 保健休養などのレクリエーションの場を提供する働き 2.7 (キ) 期待することは何もない 0.3 その他 4.1 わからない	n=2,388
1986	Q. あなたは、森林について今後どのような役割を期待しますか。この中から3つまで選んで下さい。(3M. A)	
	33.1 (ア) 木材を生産する働き 12.3 (イ) しいたげなどのきのこ類や山菜などの特用林産物を生産する働き 49.0 (ウ) 水資源を確保する働き 70.1 (エ) 山崩れや洪水などの災害を防止する働き 36.6 (オ) 大気を浄化したり、騒音をやわらげたりする働き 25.4 (カ) 保健休養などのレクリエーションの場を提供する働き 20.8 (キ) 林業を通して自然に親しみ、森林と人とのかかわりにおける教育の場としての働き 0.0 その他 2.9 期待することはない 3.1 わからない	n=2,405
1989	Q. あなたは、森林の中で特に今後とも守っていくべきなのはどのような働きを持つ森林だと思いますか。この中から3つまであげて下さい。(3M. A)	
	27.5 (ア) 木材を生産する働き 11.3 (イ) しいたげなどのきのこ類や山菜などの林産物を生産する働き 53.8 (ウ) 水資源をたくわえる働き 68.1 (エ) 山崩れや洪水などの災害を防止する働き 36.1 (オ) 大気を浄化したり、騒音をやわらげたりする働き 15.2 (カ) 保健休養などのレクリエーションの場を提供する働き 16.8 (キ) 林業を通して自然に親しみ、森林と人とのかかわりにおける教育の場としての働き 41.3 (ク) 貴重な野生動物植物の生息の場としての働き 0.2 その他 1.3 (ケ) 特にならない 2.0 わからない	n=2,113
1993	Q. あなたは、森林の中で特に今後とも守っていくべきなのはどのような働きを持つ森林だと思いますか。この中から3つまであげて下さい。(3M. A)	
	27.2 (ア) 木材を生産する働き 9.7 (イ) しいたげなどのきのこ類や山菜などの林産物を生産する働き 59.0 (ウ) 水資源をたくわえる働き 64.5 (エ) 山崩れや洪水などの災害を防止する働き 37.9 (オ) 大気を浄化したり、騒音をやわらげたりする働き 13.6 (カ) 保健休養などのレクリエーションの場を提供する働き 14.0 (キ) 林業を通して自然に親しみ、森林と人とのかかわりにおける教育の場としての働き 45.4 (ク) 貴重な野生動物植物の生息の場としての働き 0.3 その他 1.7 (ケ) 特にならない 1.1 わからない	n=2,166
1996	Q. あなたは、森林の中で特に今後とも守っていくべきなのはどのような働きを持つ森林だと思いますか。この中から3つまであげて下さい。(3M. A)	
	22.3 (ア) 木材を生産する働き 10.2 (イ) しいたげなどのきのこ類や山菜などの林産物を生産する働き 59.7 (ウ) 水資源をたくわえる働き 68.9 (エ) 山崩れや洪水などの災害を防止する働き 41.2 (オ) 大気を浄化したり、騒音をやわらげたりする働き 12.2 (カ) 保健休養などのレクリエーションの場を提供する働き 12.7 (キ) 林業を通して自然に親しみ、森林と人とのかかわりにおける教育の場としての働き 41.3 (ク) 貴重な野生動物植物の生息の場としての働き 0.0 その他 1.8 (ケ) 特にならない 1.4 わからない	n=2,282

調査年 質問文と選択肢		
調査年 質問文と選択肢		
1989	Q. あなたは、今後、森林の働きに何を期待しますか。この中から3つまであげて下さい。(3M. A)	
	12.9 (ア) 木材を生産する働き 14.6 (イ) きこのこや山菜などの林産物を生産する働き 41.4 (ウ) 水資源を蓄える働き 56.3 (エ) 山崩れや洪水などの災害を防止する働き 29.9 (オ) 大気を浄化したり、騒音をやわらげる働き 39.1 (カ) 二酸化炭素を吸収することにより、地球温暖化防止に貢献する働き 15.5 (キ) 保健休養などのレクリエーションの場を提供する働き 23.9 (ク) 自然に親しみ、森林と人とのかかわりにおける教育の場としての働き 25.5 (ケ) 貴重な野生動物植物の生息の場としての働き 3.9 (コ) 特にならない 0.2 その他 1.2 わからない	n=2,137
2003	Q. あなたは、今後、森林の働きに何を期待しますか。この中から3つまであげて下さい。(3M. A)	
	17.5 (ア) 木材を生産する働き 14.4 (イ) きこのこや山菜などの林産物を生産する働き 41.6 (ウ) 水資源を蓄える働き 49.9 (エ) 山崩れや洪水などの災害を防止する働き 31.3 (オ) 大気を浄化したり、騒音をやわらげる働き 42.3 (カ) 二酸化炭素を吸収することにより、地球温暖化防止に貢献する働き 26.4 (キ) 心身の癒しや安らぎ、レクリエーションの場を提供する働き 18.7 (ク) 自然に親しみ、森林と人とのかかわりにおける教育の場としての働き 23.1 (ケ) 貴重な野生動物植物の生息の場としての働き 0.3 その他 2.1 特にならない 1.0 わからない	n=2,113
2007	Q. あなたは、今後、森林のどのような働きに期待しますか。この中から3つまであげて下さい。(3M. A)	
	14.6 (ア) 木材を生産する働き 10.6 (イ) きこのこや山菜などの林産物を生産する働き 43.8 (ウ) 水資源を蓄える働き 48.5 (エ) 山崩れや洪水などの災害を防止する働き 38.8 (オ) 空気をきれいにしたり、騒音をやわらげる働き 54.2 (カ) 二酸化炭素を吸収することにより、地球温暖化防止に貢献する働き 31.8 (キ) 心身の癒しや安らぎの場を提供する働き 18.0 (ク) 自然に親しみ、森林と人とのかかわりにおける教育の場としての働き 22.1 (ケ) 貴重な野生動物植物の生息の場としての働き 0.2 その他 0.9 特にならない 0.4 わからない	n=1,827
2011	Q. あなたは、今後、森林のどのような働きに期待しますか。この中から3つまであげて下さい。(3M. A)	
	23.6 (ア) 住宅用建材や家具、紙などの原材料となる木材を生産する働き 12.6 (イ) きこのこや山菜などの林産物を生産する働き 40.9 (ウ) 水資源を蓄える働き 48.3 (エ) 山崩れや洪水などの災害を防止する働き 37.3 (オ) 空気をきれいにしたり、騒音をやわらげる働き 45.3 (カ) 二酸化炭素を吸収することにより、地球温暖化防止に貢献する働き 27.7 (キ) 心身の癒しや安らぎの場を提供する働き 19.3 (ク) 自然に親しみ、森林と人とのかかわりにおける教育の場としての働き 20.8 (ケ) 貴重な野生動物植物の生息の場としての働き 0.2 その他 1.7 特にならない 0.9 わからない	n=1,843

注1: 本字は、前回調査から変更のあった箇所を示す。
注2: (ア) 等の選択肢番号は、質問時に回答の選択肢を列記したカードを提示して、その中から選択させたものについて、内閣府「世論調査報告書」より作成。

Appendix Table 2. 内閣府世論調査における「森林整備における公益性と効率性」を問う質問文と選択肢の変遷

調査年	質問文と選択肢	回答者の割合
1989	Q: 近年、我が国では林業の不振、山林の過疎化などで手入れが行き届かず森林の荒廃が心配されていますが、これからの森林の整備はどうあるべきだと思いますか。この中ではどうですか。(S. A)	n=2,358
	10.6 (ア) 森林は経済活動の対象であるから、経済効率を第一に考えて整備すべき	
	79.3 (イ) 森林はたとえ経済効率に合わなくても、国土保全、災害防止などの役割を重視して整備すべき	
	0.2 その他	
	9.8 わからない	
1993	Q: 近年、我が国では林業の不振、山林の過疎化などで手入れが行き届かず、森林の荒廃が心配されていますが、これからの森林の整備はどうあるべきだと思いますか。この中ではどうでしょうか。(S. A)	n=2,166
	9.8 (ア) 森林は経済活動の対象であるから、経済効率を第一に考えて整備すべき	
	82.2 (イ) 森林はたとえ経済効率に合わなくても、国土保全、災害防止などの役割を重視して整備すべき	
	0.6 その他	
	7.4 わからない	
1996	Q: 近年、 地球的な規模で森林の減少が進んでおり 、我が国でも林業の不振、山村の過疎化などで手入れが行き届かず、森林の荒廃が心配されています。 あなたは 、これからの森林の整備はどうあるべきだと思いますか。この中ではどうでしょうか。(S. A)	n=2,282
	11.5 (ア) 森林は経済活動の対象であるから、経済効率を第一に考えて整備すべき	
	78.4 (イ) 森林はたとえ経済効率に合わなくても、国土保全、災害防止などの役割を重視して整備すべき	
	0.4 その他	
	9.6 わからない	
1999	Q: わが国の森林は、多くの機能をもっているものの、山村の過疎化や林業の不振などにより、適正な手入れがされない森林が増えることが心配されています。 あなたは、これからの森林の整備はどうあるべきだと思いますか。この中から1つだけお答えください。(S. A)	n=2,137
	11.5 (ア) 森林では木材を生産するなど経済活動の対象であるから、経済効率を第一に考えて整備すべき	
	75.3 (イ) 森林はたとえ経済効率に合わなくても、国土保全、災害防止など 公益的機能 を重視して整備すべき	
	3.6 (ウ) そのまま放置する	
	0.2 その他	
	9.4 わからない	
2003	Q: わが国の森林は、多くの機能をもっているものの、山村の過疎化や林業の不振などにより、適正な手入れがされない森林が増えることが心配されています。あなたは、これからの森林の整備はどうあるべきだと思いますか。この中から1つだけお答えください。(S. A)	n=2,113
	13.9 (ア) 森林は、木材を生産するなど経済活動の対象であるから、経済効率を第一に考えて整備すべき	
	74.4 (イ) 森林はたとえ経済効率に合わなくても、国土保全、災害防止などの公益的機能を重視して整備すべき	
	4.6 (ウ) 特に整備しない	
	0.4 その他	
	6.6 わからない	
2007	Q: あなたは、 森林の整備はどうあるべきだと思いますか。 この中から1つだけお答えください。(S. A)	n=1,827
	74.6 (ア) 森林は、国土保全、災害防止などの公益的機能が 高度に発揮されるよう 、たとえ経済効率が低くても整備すべき	
	17.1 (イ) 森林は、木材を生産するなど経済活動の対象であるから、経済効率を第一に考えて、 整備を行うかどうか判断すべき	
	5.3 (ウ) 特に整備を行う必要はない	
	0.3 その他	
	2.8 わからない	
2011	Q: あなたは、森林の整備はどうあるべきだと思いますか。この中から1つだけお答えください。(S. A)	n=1,843
	68.9 (ア) 森林は、国土保全、災害防止などの公益的機能が高度に発揮されるよう、たとえ経済効率が低くても整備すべき	
	21.2 (イ) 森林は、木材を生産するなど経済活動の対象であるから、経済効率を第一に考えて、整備を行うかどうか判断すべき	
	5.7 (ウ) 特に整備を行う必要はない	
	0.2 その他	
	4.0 わからない	

注1: 太字は、前回調査から変更のあった箇所を示す。

注2: (ア) 等の選択肢番号は、質問時に回答の選択肢を列記したカードを提示して、その中から選択させたものについている。

資料: 内閣府『世論調査報告書』より作成。

Appendix Table 3. 内閣府世論調査における「木材自給率」についての質問文と選択肢の変遷

調査年	質問文と選択肢	回答者の割合
1980	Q: では、わが国の木材生産の自給率は約3割にすぎませんが、このような自給率についてあなたの考え方は、この中のどちらの意見に近いでしょうか。(S. A.) 52.3 (ア) 木材の安定的な供給を確保するため国内での自給率をもっと高める 22.1 (イ) 国産材より安ければ、自給率が低下してもいいから輸入材をふやす 16 一概に言えない 9.7 わからない	n=2,388
1986	Q: では、我が国の木材生産の自給率は、森林資源の蓄積が増えてはいるものの、まだ成育途上のものが多いことなどのため外国材にたより、約3割となっています。あなたはこのことについてどう思われますか。この中であなたのお考えに近いものを1つだけあげてください。(S. A.) 47.4 (ア) 木材の安定的な供給を確保するため国内での自給率をもっと高める 24.0 (イ) 国産材より安ければ、自給率が低下しても輸入材をふやす 16.4 一概に言えない 12.2 わからない	n=2,405
1989	Q: 我が国の木材の自給率は、現在約3割となっています。あなたは、このことについてどう思いますか。この中からあなたのお考えに近いものを1つだけお答えください。(S. A.) 51.4 (ア) 木材の安定的な供給を確保するため国内での自給率をもっと高める 22.0 (イ) 国産材より安ければ、自給率が低下しても輸入材を増やす 0.6 その他 17.4 一概に言えない 8.7 わからない	n=2,358
1993	Q: 我が国の木材の自給率は、現在約2割5分となっています。あなたは、このことについてどう思いますか。この中からあなたのお考えに近いものを1つだけお答えください。(S. A.) 51.9 (ア) 木材の安定的な供給を確保するため、国内での自給率をもっと高める 21.9 (イ) 国産材より安ければ、自給率が低下しても輸入材を増やす 0.6 その他 16.6 一概に言えない 9.0 わからない	n=2,166
1996	Q: 我が国の木材の自給率は、現在約22.4%となっています。あなたは、このことについてどう思いますか。この中ではどうでしょうか。(S. A.) 56.0 (ア) 木材の安定的な供給を確保するため、国内での自給率をもっと高める 22.5 (イ) 国産材より安ければ、自給率が低下しても輸入材を増やす 0.6 その他 13.1 一概に言えない 7.8 わからない	n=2,282

注1: 太字は、前回調査から変更のあった箇所を示す。

注2: (ア) 等の選択肢番号は、質問時に回答の選択肢を列記したカードを提示して、その中から選択させたものについている。

資料: 内閣府『世論調査報告書』より作成。

Appendix Table 4. 内閣府世論調査における「国産材利用と森林整備の関係」についての質問文と選択肢の変遷

調査年	質問文と選択肢	回答者の割合
2003	Q: あなたは、国内の森林から生産される木材(間伐材を含む)の利用を促進することが、森林の整備にとって必要だということをご存知でしたか。(S. A.) 60.0 (ア) はい 40.0 (イ) いいえ	n=2,113
2007	Q: あなたは、国内の森林から生産される木材(間伐材を含む)を利用することが、森林の整備に役立つと思いますか。(S. A.) 80.7 (ア) はい 19.3 (イ) いいえ	n=1,827

注1: 太字は、前回調査から変更のあった箇所を示す。

注2: (ア) 等の選択肢番号は、質問時に回答の選択肢を列記したカードを提示して、その中から選択させたものについている。

資料: 内閣府『世論調査報告書』より作成。

Appendix Table 5. 内閣府世論調査における「木造住宅の選好」を問う質問文と選択肢の変遷

調査年	質問文と選択肢	回答者の割合
1976	Q: 次に住宅について伺います。あなたが仮りに、今後新たに住宅を建てたり、買ったりする場合にこの中のどんな住宅を選びたいと思いますか。(S. A.)	n=3,687
	74.8 (ア) 木造住宅(在来工法のもの)	
	4.7 (イ) " (プレハブ工法等在来工法以外のもの)	
	14.0 (ウ) 非木造住宅	
	6.5 わからない	
1980	Q: 次に住宅についてお伺いします。あなたが仮りに、今後新たに住宅を建てたり、買ったりするときにこの中のどんな住宅を選びたいと思いますか。(S. A.)	n=2,388
	75.5 (ア) 木造住宅(在来工法のもの)	
	4.6 (イ) 木造住宅(プレハブ工法等在来工法以外のもの)	
	14.3 (ウ) 非木造住宅(鉄筋、鉄骨、コンクリート造りのもの)	
	5.6 わからない	
1986	Q: 次に住宅についてお伺いします。あなたが仮に、今後新たに住宅を建てたり、買ったりするときにこの中のどんな住宅を選びたいと思いますか。(S. A.)	n=2,405
	77.9 (ア) 木造住宅(昔から日本にある在来工法のもの)	
	5.8 (イ) 木造住宅(プレハブ工法等在来工法以外のもの)	
	12.8 (ウ) 非木造住宅(鉄筋、鉄骨、コンクリート造りのもの)	
	3.5 わからない	
1989	Q: ところで仮に、今後新たに住宅を建てたり、買ったりするときにこの中のどんな住宅を選びたいと思いますか。(S. A.)	n=2,358
	72.5 (ア) 木造住宅(昔から日本にある在来工法のもの)	
	9.4 (イ) 木造住宅(プレハブ工法等在来工法以外のもの)	
	14.1 (ウ) 非木造住宅(鉄筋、鉄骨、コンクリート造りのもの)	
	4.0 わからない	
1993	Q: ところで仮に、今後新たに住宅を建てたり、買ったりするときに、この中のどんな住宅を選びたいと思いますか。(S. A.)	n=2,166
	72.4 (ア) 木造住宅(昔から日本にある在来工法のもの)	
	9.2 (イ) 木造住宅(プレハブ工法等在来工法以外のもの)	
	15.1 (ウ) 非木造住宅(鉄筋、鉄骨、コンクリート造りのもの)	
	3.2 わからない	
1996	Q: ところで仮に、今後新たに住宅を建てたり、買ったりするときに、この中のどんな住宅を選びたいと思いますか。この中から1つだけお答えください。(S. A.)	n=2,282
	69.1 (ア) 木造住宅(昔から日本にある在来工法のもの)	
	12.5 (イ) 木造住宅(プレハブ工法等在来工法以外のもの)	
	15.1 (ウ) 非木造住宅(鉄筋、鉄骨、コンクリート造りのもの)	
	3.3 わからない	
1999	Q: 仮に、あなたが今後、新たに住宅を建てたり、買ったりする場合、どんな住宅を選びたいと思いますか。この中から1つだけお答えください。(S. A.)	n=2,137
	67.0 (ア) 木造住宅(昔から日本にある在来工法のもの)	
	21.5 (イ) 木造住宅(ツーバイフォー工法等在来工法以外のもの)	
	7.7 (ウ) 非木造住宅(鉄筋、鉄骨、コンクリート造りのもの)	
	3.8 わからない	
2003	Q: 仮に、あなたが今後、新たに住宅を建てたり、買ったりする場合、どんな住宅を選びたいと思いますか。この中から1つだけお答えください。(S. A.)	n=2,113
	60.0 (ア) 木造住宅(昔から日本にある在来工法のもの)	
	20.4 (イ) 木造住宅(ツーバイフォー工法等在来工法以外のもの)	
	12.8 (ウ) 非木造住宅(鉄筋、鉄骨、コンクリート造りのもの)	
	6.8 わからない	
2007	Q: 仮に、あなたが今後、住宅を建てたり、買ったりする場合、どんな住宅を選びたいと思いますか。この中から1つだけお答えください。(S. A.)	n=1,827
	61.6 (ア) 木造住宅(昔から日本にある在来工法のもの)	
	21.8 (イ) 木造住宅(ツーバイフォー工法等在来工法以外のもの)	
	14.7 (ウ) 非木造住宅(鉄筋、鉄骨、コンクリート造りのもの)	
	1.9 わからない	
2011	Q: 仮に、あなたが今後、住宅を建てたり、買ったりする場合、どんな住宅を選びたいと思いますか。この中から1つだけお答えください。(S. A.)	n=1,843
	56.0 (ア) 木造住宅(昔から日本にある在来工法のもの)	
	24.7 (イ) 木造住宅(ツーバイフォー工法等在来工法以外のもの)	
	15.4 (ウ) 非木造住宅(鉄筋、鉄骨、コンクリート造りのもの)	
	3.8 わからない	

注1: 太字は、前回調査から変更のあった箇所を示す。

注2: (ア)等の選択肢番号は、質問時に回答の選択肢を列記したカードを提示して、その中から選択させたものについている。

資料: 内閣府『世論調査報告書』より作成。

Appendix Table 6. 内閣府世論調査における「在来工法の木造住宅を選択する理由」を問う質問文と選択肢の変遷

調査年	質問文と選択肢	回答者の割合
1976	Q: それはどのような理由からでしょうか。(M. A.) ※自由回答形式	
	51.1 住みなれているから	
	35.0 ほかに比べて居住性がすぐれているから	
	17.2 好みに合わせて建てることのできるから	
	10.2 耐久性があるから	
	4.7 ほかに比べてみためがよいから	
	9.7 その他	
	4.1 特に理由はない	
		n=2,757
1986	Q: それはどのような理由からでしょうか。(M. A.)	
	51.0 (ア) 昔から住みなれているから	
	63.5 (イ) 通気・保温性など居住性にすぐれているから	
	10.8 (ウ) 耐久性があるから	
	18.4 (エ) 好みに合わせて建てることのできるから	
	22.9 (オ) 木目や木の色などみためがよいから	
	14.4 (カ) 増改築や補修が容易だから	
	1.5 その他	
	0.9 特に理由はない	
		n=1,873
1989	Q: それはどのような理由からですか。次の中からいくつでもあげてください。(M. A.)	
	54.1 (ア) 昔から住みなれているから	
	66.4 (イ) 通気・保温性など居住性にすぐれているから	
	18.5 (ウ) 耐久性があるから	
	28.2 (エ) 好みに合わせて建てることのできるから	
	38.2 (オ) 木目や木の色など、見た目が良いから	
	23.1 (カ) 増改築や補修が容易だから	
	1.0 その他	
	0.9 特に理由はない	
	0.2 わからない	
		n=1,709
1993	Q: それはどのような理由からでしょうか。この中からいくつでもあげてください。(M. A.)	
	55.2 (ア) 昔から住み慣れているから	
	65.3 (イ) 我が国の気候・風土に適し、通気・保温性など居住性にすぐれているから	
	16.1 (ウ) 耐久性があるから	
	22.0 (エ) 増改築や補修が容易だから	
	21.9 (オ) 好みに合わせて建てることのできるから	
	5.4 (カ) 値段が手頃だから	
	46.8 (キ) 木が好きだから	
	22.4 (ク) 木目や木の色など、見た目が良いから	
	0.7 その他	
	0.8 特に理由はない	
		n=1,569
1996	Q: それはどのような理由からでしょうか。この中からいくつでもあげてください。(M. A.)	
	54.1 (ア) 昔から住み慣れているから	
	63.7 (イ) 我が国の気候・風土に適し、通気・保温性など居住性にすぐれているから	
	10.9 (ウ) 耐久性があるから	
	18.1 (エ) 増改築や補修が容易だから	
	21.7 (オ) 好みに合わせて建てることのできるから	
	3.9 (カ) 値段が手頃だから	
	44.6 (キ) 木が好きだから	
	23.3 (ク) 木目や木の色など、見た目が良いから	
	1.5 その他	
	0.6 特に理由はない	
		n=1,577

注1: 太字は、前回調査から変更のあった箇所を示す。

注2: (ア) 等の選択肢番号は、質問時に回答の選択肢を列記したカードを提示して、その中から選択させたものについている。

資料: 内閣府『世論調査報告書』より作成。

Appendix Table 7. 内閣府世論調査における「木造住宅の選択基準」を問う質問文と選択肢の変遷

調査年 質問文と選択肢

回答者の割合	
2003	Q: それでは、木材を利用した住宅を選ぶ時に、あなたが重視することを次の中からいくつかもあげてください。(M. A.)
40.8	(ア) 国産材が用いられていること
70.6	(イ) 品質や性能が良く、耐久性に優れていること
66.1	(ウ) 健康に配慮した材料が用いられていること
33.0	(エ) 使用する木材の種類や産地、費用が明らかであること
19.1	(オ) 植林や手入れが適切に行われている森林から生産された木材が用いられていること
24.9	(カ) リサイクルしやすいなど環境に配慮した製品であること
10.5	(キ) 欲しいときにすぐに購入できること
0.4	その他
1.6	わからない
n=1,699	
2007	Q: それでは、 木造住宅 を選ぶ時に、 価格以外 であなたが重視することを次の中からいくつかもあげてください。(M. A.)
34.8	(ア) 国産材が用いられていること
67.6	(イ) 品質や性能が良く、耐久性に優れていること
70.6	(ウ) 健康に配慮した材料が用いられていること
22.9	(エ) 使用する木材の種類や産地、費用が明らかであること
16.7	(オ) 植林や手入れが適切に行われている森林から生産された木材が用いられていること
34.1	(カ) リサイクルしやすいなど環境に配慮した製品が 用いられていること
5.6	(キ) 欲しいときにすぐに購入できること
0.3	その他
1.2	わからない
n=1,523	
2011	Q: それでは、木造住宅を選ぶ時に、価格以外であなたが重視することを次の中からいくつかもあげてください。(M. A.)
39.8	(ア) 国産材が用いられていること
68.4	(イ) 品質や性能が良く、耐久性に優れていること
66.7	(ウ) 健康に配慮した材料が用いられていること
21.0	(エ) 使用する木材の種類や産地、費用が明らかであること
16.9	(オ) 植林や手入れが適切に行われている森林から生産された木材が用いられていること
29.3	(カ) リサイクルしやすいなど環境に配慮した製品が用いられていること
5.1	(キ) 欲しいときにすぐに購入できること
0.1	その他
1.0	わからない
n=1,489	

注1: 太字は、前回調査から変更のあった箇所を示す。

注2: (ア) 等の選択肢番号は、質問時に回答の選択肢を列記したカードを提示して、その中から選択させたものについている。

資料: 内閣府『世論調査報告書』より作成。

Appendix Table 8. 内閣府世論調査における「行政ニーズ」を問う質問文と選択肢の変遷

調査年	質問文と選択肢	回答者の割合
1976	Q: あなたは、今後の森林・林業に関する施策について、国に望むことがありますか。(S. A.)	
	50.1 ある →SQへ	
	49.9 ない	
		n=3,687
	Q: それはどのようなことでしょうか。(M. A.) ※選択肢を示した回答票なし	
	43.6 計画的な伐採と植林の実施	
	24.1 山地崩壊や洪水の防止	
	14.8 水源確保のための森林の整備	
	29.8 天然林の保護	
	11.2 都市林の保護造成	
	13.5 木材価格の安定化	
	1.8 新しい林業機械の開発	
	3.8 林業労働者の確保	
	2.7 振動病などに対する対策	
	4.7 マツクイムシなど森林病害虫の防除	
	7.5 森林レクリエーション施設の充実	
	30.1 森林の乱開発の防止	
	8.6 農山村の生活条件の向上	
	6.3 その他	
		n=1,846
1999	Q: あなたは、今後、森林・林業行政に何を望みますか。特に力を入れて欲しいと思うことをこの中からいくつか挙げてください。(M. A.)	
	22.6 (ア) 木材の安定的な供給	
	31.5 (イ) 多くの機能を持つ森林の整備	
	70.1 (ウ) 土砂崩れなどの災害を防ぐ施設の整備	
	48.2 (エ) 原生的な森林の貴重な動植物の保護	
	36.0 (オ) 森林とのふれあいの場の提供	
	23.9 (カ) 森林・林業に関する学校教育の充実	
	39.7 (キ) 森林を守り育てている山村住民に対する支援	
	11.2 (ク) 製材工場などの木材産業への支援	
	19.0 (ケ) 海外への植林などの森林・林業協力	
	3.3 (コ) 特にない	
	0.7 その他	
	3.2 わからない	
		n=2,137
2003	Q: あなたは、今後、森林・林業行政に何を望みますか。特に力を入れて欲しいと思うことを、この中からいくつか挙げてください。(M. A.)	
	58.9 (ア) 水源のかん養、国土や自然環境の保全、地球温暖化防止などの様々な役割を果たす多様で健全な森林の整備	
	60.3 (イ) 土砂崩れなどの災害を防ぐ施設の整備	
	43.9 (ウ) 原生的な森林の貴重な動植物の保護	
	24.6 (エ) 木材の安定的な供給や 木材利用の推進	
	35.9 (オ) 森林とのふれあいの場の提供	
	23.5 (カ) 森林・林業に関する学校教育の充実	
	35.0 (キ) 森林を守り育てている山村住民に対する支援	
	25.5 (ク) ボランティア活動への支援など国民が森林づくりに参加しやすい仕組みの充実	
	24.3 (ケ) 海外での植林への支援など森林・林業分野の国際協力	
	0.6 その他	
	2.5 特にない	
	1.8 わからない	
		n=2,113
2007	Q: あなたは、今後、森林・林業行政に何を望みますか。 力を入れて欲しい と思うことを、この中からいくつか挙げてください。(M. A.)	
	38.9 (ア) 森林の整備	
	68.5 (イ) 土砂崩れなどの災害を防ぐ施設の整備	
	45.6 (ウ) 原生的な森林や貴重な動植物の保護	
	20.5 (エ) 木材の安定的な供給や木材利用の推進	
	30.1 (オ) 遊歩道やキャンプ場の整備など森林とのふれあいの場の提供	
	25.7 (カ) 森林・林業に関する 教育 の充実	
	37.3 (キ) 森林を守り育てている山村住民に対する支援	
	28.1 (ク) ボランティア活動への支援など国民が森林づくりに参加しやすい仕組みの充実	
	21.5 (ケ) 海外での植林への支援など森林・林業分野の国際協力	
	0.3 その他	
	1.5 特にない	
	1.3 わからない	
		n=1,827
2011	Q: あなたは、今後、森林・林業行政に何を望みますか。力を入れて欲しいと思うことを、この中からいくつか挙げてください。(M. A.)	
	42.3 (ア) 森林の整備	
	69.8 (イ) 土砂崩れなどの災害を防ぐ施設の整備	
	41.3 (ウ) 原生的な森林や貴重な動植物の保護	
	24.0 (エ) 木材の安定的な供給や木材利用の推進	
	31.7 (オ) 遊歩道やキャンプ場の整備など森林とのふれあいの場の提供	
	25.4 (カ) 森林・林業・ 木材利用 に関する教育の充実	
	40.1 (キ) 森林を守り育てている山村住民に対する支援	
	29.0 (ク) ボランティア活動への支援など国民が森林づくりに参加しやすい仕組みの充実	
	19.8 (ケ) 海外での植林への支援など森林・林業分野の国際協力	
	0.5 その他	
	2.7 特にない	
	1.1 わからない	
		n=1,843

注1: 太字は、前回調査から変更のあった箇所を示す。

注2: (ア) 等の選択肢番号は、質問時に回答の選択肢を列記したカードを提示して、その中から選択させたものについている。

資料: 内閣府『世論調査報告書』より作成。

Appendix Table 9. 内閣府世論調査における「木質バイオマス利活用方策のニーズ」を問う質問文と選択肢の変遷

調査年 質問文と選択肢

回答者の割合	
＜カード1＞「木質バイオマス」とは、主に 1.未利用の間伐材や枝葉、2.製材工場のおがくずや樹皮、3.住宅の解体に伴って発生する廃材 などが、これまで利用されていなかった木質資源のこと	
2003	Q:間伐などの森林の手入れや木材を生産する過程で発生する樹皮や木くずなどの木質バイオマスを利用していくことは、石油などの使用を減らし、地球温暖化防止に貢献します。木質バイオマスの利活用について、今後、取り組むべき方策は何だと思われますか。この中からいくつかもあげてください。(M. A.) 48.7 (ア) 燃やして発電するなどエネルギーとしての利活用の推進 50.3 (イ) 細かくして堆肥や家畜の敷料としての利活用の推進 21.1 (ウ) 成分を抽出して新たな木質材料やアルコールの生産としての利活用の推進 19.0 (エ) 木質バイオマスの利活用に取り組むNPO等の民間団体への活動支援 25.2 (オ) 林道の整備や収集機械の導入など、原材料を集荷しやすい条件の整備 1.7 (カ) 使用せずに、そのままにしておく 0.0 その他 15.0 わからない
n=2,113	
＜資料1＞「木質バイオマス」とは、主に 1.林内に放置された間伐材や枝葉、2.製材工場から発生する木くずや樹皮、3.住宅の解体に伴って発生する廃材 などの木質資源のこと	
2007	Q: 木質バイオマスの利活用について、今後、取り組むべき方策は何だと思われますか。この中からいくつかもあげてください。(M. A.) 47.6 (ア) 燃やして発電する、またはボイラーで熱を利用するなどのエネルギー源としての利活用の推進 45.2 (イ) 燃料用エタノールに加工するなどの燃料としての利活用の推進 57.7 (ウ) 紙やボード類の原料としての利活用の推進 44.3 (エ) 細かくして堆肥や家畜の飼育舎に敷く敷料としての利活用の推進 0.3 その他 1.5 (オ) 特に利活用する必要はない 5.3 わからない
n=1,827	
＜資料1＞「木質バイオマス」とは、主に (1)森林内に放置された間伐材や枝葉、(2).製材工場で発生する木くずや樹皮、(3).住宅の解体に伴って発生する廃材 などの木質資源のことです。	
2011	Q: 木質バイオマスの利活用について、今後、取り組むべき方策は何だと思われますか。この中からいくつかもあげてください。(M. A.) 61.2 (ア) 燃やして発電する、またはボイラーで熱を利用するなどのエネルギー源としての利活用の推進 39.4 (イ) 燃料用エタノールに加工するなどの燃料としての利活用の推進 48.9 (ウ) 紙や木質ボードの原料としての利活用の推進 51.2 (エ) 細かくして堆肥や家畜の飼育舎に敷く敷料としての利活用の推進 0.1 その他 1.7 (オ) 特に利活用する必要はない 5.3 わからない
n=1,843	

注1: 太字は、前回調査から変更のあった箇所を示す。

注2: (ア) 等の選択肢番号は、質問時に回答の選択肢を列記したカードを提示して、その中から選択させたものについている

注3: <カード1>もしくは<資料1>を回答者にみせてから設問を示す。

資料: 内閣府『世論調査報告書』より作成。

Public opinion on wood production clarified via opinion polls conducted by the Japanese cabinet office -Features of the 2000s in long-term trends-

Ryoko ISHIZAKI^{1)*}

Abstract

Since 1976 the Japanese cabinet office has conducted 10 opinion polls on forestry in which answers were collected through face-to-face interviews with 3,000 or 5,000 adults. Here changes in the Japanese public opinion on forestry in the 2000s were clarified via the results of long sequence labor-needed surveys. The percentage of people who had high expectation for the wood production service of forests altered from a drastic decline in the 1980s and 1990s to a moderate increase in the 2000s. On the other hand, the need for forest policy measures on the promotion of wood supply and use remained the same in the 2000s. In the 2000s, a contradictory relationship emerged between the expectation for the wood production service of forests and the need for forest policy measures to support the mountain villagers because the need was higher among urban people than among rural people. More than 80% of people thought that the use of domestic woods helps forest improvement, but only approximately 30% people evaluated the use of domestic woods when deciding on the kind of houses to live. In the 2000s, approximately 15% people considered whether the woods came from adequately managed forests. The trend in which people increasingly prioritize economic efficiency in the decision of the operation of forest improvement activities also emerged in the 2000s.

Key words : public opinion, forestry, wood production, wood use, urban area, rural area, opinion polls

Received 9 August 2016, Accepted 2 December 2016

1)Department of Forest Policy and Economics, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

* Department of Forest Policy and Economics, FFPRI, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 JAPAN; e-mail: ryokoi@ffpri.affrc.go.jp

短 報 (Short communication)

降水時の気温で配分した雨雪別降水量の算定

竹内 由香里^{1)*}、遠藤 八十一²⁾、庭野 昭二²⁾

要 旨

降雪と降雨では気候や自然環境、人の生活に及ぼす影響が大きく異なるため、雨雪別の降水量データは様々な分野で必要性が高い。森林総合研究所十日町試験地では、1922年～1987年の冬期降水量は、自記降水量計の記録から月ごとに雨雪別降水量を集計していた。これまで雨雪別降水量を集計していない1988年以降についても、雨雪別に降水量を求めて長期間のデータを得ることが望ましい。そこで、十日町における降水時の気温と、降水が雪になる降雪頻度の関係を求め、気温により降水量を降雪量と降雨量に配分した。降水の温度は気温より湿球温度に近いが、両者を比較した結果は大差がなかったため、本研究では、気温により降雪頻度を求め、1988年～2016年冬期の雨雪別降水量を算定した。

キーワード：雨雪別降水量、気温、十日町

1. はじめに

森林総合研究所十日町試験地では1917年3月に創設されて以来、雪氷災害防止や雪氷学、気象学などの研究の基礎データとするために気象観測が継続されてきて、そのデータは10年ごとにとりまとめて公表されてきた(最新の報告は竹内ら2008)。この中で1922年～1987年については、11月～4月の月ごとの降水量が雨雪別に掲載されている。当初はヘルマン型自記雪量計、その後も自記降水量計の記録紙より、降雨や降雪があった時間の各々の降水量を読み取り、集計されたものである(根津1948, 森林総合研究所十日町試験地1990)。しかし、1988年以降では時間降水量は測定されているが、雨雪別の降水量は求められていない。

降雪と降雨とは気候や自然環境、人の生活に及ぼす影響が大きく異なるため、雨雪別の降水量データは様々な分野で必要性が高い。しかし、現在においても降水量を雨雪別に観測できる装置は普及していないため、雨雪別の降水量が必要な時には、地上気温により降水を雨雪判別する手法が早くから様々な研究や実用において用いられてきた(太田1989 小川・野上1994 井上・横山1998 水津2001, 2010 熊倉ら2004)。降水が雪になるか雨になるかは、降雪粒子が地上に達するまでの熱収支によるので、上空から地上までの気温や湿度などの気象条件を反映すると考えられる。地上気温だけで決まるわけではないが、地上気温(以下、気温)だけを用いる方法が実用であるため、気温と降雪発生確率(以下、降雪頻度)の関係を求めて、降雪量を推定することが多い。一方、降水の温度は気温より湿球温度に近いので、湿球温度を用いて降水を雨雪判別する方法が推奨されてきた(菅谷1991 近藤1994 山崎1998)。また、長谷美

(1991)は全国の主要な気象官署のデータを解析し、降水が雪である確率(降雪頻度)と気温との関係は、地域により異なることを示した。

そこで本研究では、十日町試験地において観測した天気に基づいて、降水時の気温と降雪頻度の関係を求め、1988～2016年冬期の降水量を雪と雨に配分して月ごとに集計した。また、気温ではなく湿球温度を用いた場合についても降水量を雨雪別に集計し、比較を行なった。目的は、既存の1922年～1987年の雨雪別降水量のデータと合わせて過去95年間の降雪量の変動を明らかにすること、および、将来、冬期の気温が変動した場合の降雪量の変化を予測する際の基礎データに資することである。なお本報告では、例えば2015年11月～2016年4月の冬期間を2016年冬期と記した。

2. 方法

2.1 気象観測

新潟県十日町市にある当試験地(北緯37°08'、東経138°46'、標高200m)の露場で観測した気象データを対象として解析を行なった。気象データの項目と観測方法の一覧をTable 1に示した。天気は毎日9時に目視観測し、気温、湿度、降水量は自動の連続観測で1時間ごとに記録した。気温および相対湿度は1988年～2007年冬期までは、白金測温抵抗温度計と塩化リチウム露点計を百葉箱に設置して自然通風で測定した。その後、気温は通風筒を使用し強制通風で測定した。相対湿度は、2008年～2012年は静電容量式センサーを使用し、その後は露点式センサーを使用している。降水量は通常は風除け付の溢水式降水量計を使用した。故障時には転倒ます型雨量計(ヒーター付、風除けなし)の測定値を使用し

原稿受付：平成28年8月9日 原稿受理：平成28年10月21日

1) 森林総合研究所十日町試験地

2) 元森林総合研究所十日町試験地

* 森林総合研究所十日町試験地 〒948-0013 新潟県十日町市川原町614

Table 1. 気象観測の方法

項 目	方 法	観測時刻
天気	目視観測 (2012年冬期以降は12-3月のみ)	9時
気温	白金測温抵抗体温温度計. 高さ 2.4 m (1988-2007年), 4.0 m (2008年～)	毎正時
相対湿度	塩化リチウム露点計. 高さ 2.4 m (1988-2007年), 4.0 m (2012年～) 静電容量式湿度計. 高さ 4.0 m (2008-2011年)	毎正時
降水量	溢水式降水量計 (受水口の高さ3.5 m) 転倒ます型雨量計 (ヒーター付) (受水口の高さ3.9 m) *1	毎正時

*1 2009/11/01～2010/02/10, 2012/01/08～24, 2014年冬期, 2016/02/29～03/03に使用

た。いずれの場合も、本報告では降水量の捕捉率補正は行っていない。

2.2 降雪頻度および雨雪別降水量の算出

1988 年～ 2016 年冬期の毎日 9 時の気温と天気に基づいて、降水が雪であった頻度 (降雪頻度) を気温 0.1℃ごとに調べた。この結果に基づいて、降水時の気温と降雪頻度の関係式を求め、1988 年～ 2016 年の 11 月～ 4 月の 1 時間降水量を正時の気温により雪と雨に配分し、雨雪別降水量を月ごとに集計した。比較のため、気温の代わりに湿球温度を用いた場合についても同様に、降水時の湿球温度と降雪頻度の関係式を求めて、1 時間降水量を湿球温度により雪と雨に配分し、雨雪別降水量を月ごとに集計した。湿球温度 t_w (℃) は、Sprung の乾湿計公式 (式 (1)) を逆に解いて求めた。ここで t (℃) は気温、 e_{sw} (hPa) は湿球温度 t_w (℃) における飽和水蒸気圧を表わす。水蒸気圧 e (hPa) は、地上気象常用表 (気象庁 1973) に基づいて式 (2) で算出した飽和水蒸気圧 e_s (hPa) に相対湿度観測値を乗じて求めた。気圧 P (hPa) は湿球温度の計算値へほとんど影響しないので、十日町の冬期の平

均值に近い 1000 hPa で一定とした。

$$e = e_{sw} - 6.62 \times 10^{-4} (t - t_w) P \quad (1)$$

$$\log_{10} e_s = 10.79574 (1 - T_0/T) - 5.02800 \log_{10} (T/T_0) + 1.50475 \times 10^{-4} \{1 - 10^{-8.2969(T/T_0 - 1)}\} + 0.42873 \times 10^{-3} \{10^{4.76955(1 - T_0/T) - 1}\} + 0.78614 \quad (2)$$

ここで、 T_0 は水の三重点の温度 ($T_0 = 273.16\text{K}$)、 T (K) は絶対目盛で表した気温 ($T = t + 273.15$) である。

3. 結果と考察

1988 月～ 2016 年冬期において 9 時の天気が雪の日は 1122 日、雨の日は 734 日で合わせて 1856 日であった。雪の日の 61 % (680 日) は降水時の気温が氷点下、雨の日の 79% (581 日) は 2.4℃以上であり、雪または雨が観測されて気温が 0.1℃～ 2.3℃であった日は全体の 32% (586 日) であった。降水時の気温と降雪頻度の関係は Fig. 1 の黒丸のようになった。この結果から、気温と降雪頻度の関係を図中の直線のように近似した。すなわち

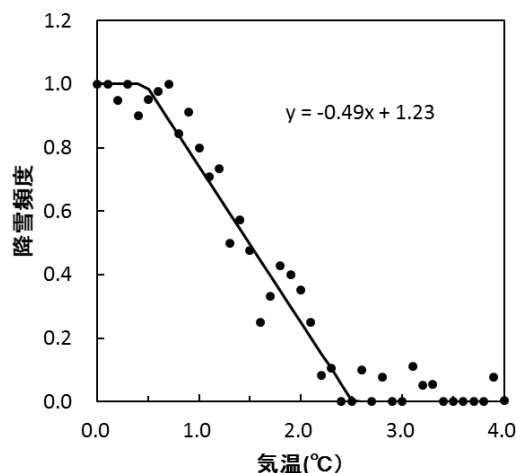


Fig. 1. 気温と降雪頻度の関係

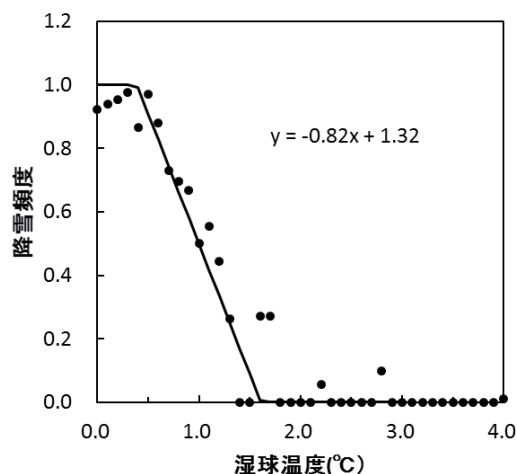


Fig. 2. 湿球温度と降雪頻度の関係

降雪頻度 (y) は、気温が 0.4°C 以下では 100%、 2.6°C 以上では 0% (100% 雨) とし、 $0.5^{\circ}\text{C} \sim 2.5^{\circ}\text{C}$ では気温 (x) の 1 次式 ($y = -0.49x + 1.23$) で近似した。降雪頻度が 50% となる気温は 1.5°C となった。同様に、湿球温度と降雪頻度の関係は Fig. 2 に示した。すなわち、 0.3°C 以下では降雪頻度が 100%、 1.7°C 以上では 0% であり、 $0.4^{\circ}\text{C} \sim 1.6^{\circ}\text{C}$ では湿球温度 x の 1 次式 ($y = -0.82x + 1.32$) で近似した。降雪頻度が 50% となる湿球温度は 1.0°C であった。

湿球温度のデータがある 1991 年冬期以降について、気温と湿球温度それぞれで求めた降雪頻度に従って雨雪配分した結果を、月ごとの降雪量として比較した (Fig.3)。それぞれの方法で求めた冬期降雪量の差は冬期降水量の 2% 程度におさまった。降雪頻度が 100% でも 0% でもない限られた温度範囲で降る降水量は冬期降水量に比べるとわずかであるためといえる。

以上の結果から本研究では、湿球温度ではなく気温により降雪頻度を求めて、降水量を雪と雨に配分する方法を採用した。算出した 1988 年～2016 年冬期 (11 月～4 月) の雨雪別降水量は Table2 のとおりである。今後、このデータを既存の 1922 年～1987 年のデータとあわせて、長期に渡る降雪量や冬期降雨量の変動傾向、さらに気温変動との関係を明らかにする予定である。

4. まとめ

十日町試験地で観測した 1988 年以降の冬期降水量を雨雪別に集計し、既存の 1922 年～1987 年のデータと合わせて長期にわたる降雪量の変動を知る基礎データに資するため、雨雪別降水量を算定する方法を検討した。十日町試験地において目視観測した天気に基づいて、降水時の気温または湿球温度と、降水が雪になる降雪頻度の関係を各々求めた。降雪頻度 (y) は、気温が 0.4°C 以下では 100%、 2.6°C 以上では 0% (100% 雨)、 $0.5^{\circ}\text{C} \sim 2.5^{\circ}\text{C}$ では気温 (x) の 1 次式 ($y = -0.49x + 1.23$) で近似することができた。降水の温度は気温より湿球温度に近いが、気温または湿球温度に基づいて冬期降水量を雪と雨に配分して月ごとに集計した結果、両者にはほとんど差がなかった。そこで、気温により降雪頻度を求める方法を採用し、1988 年～2016 年冬期の雨雪別降水量を算定した。今後は、このデータを活用して長期に渡る降雪量や冬期降雨量の変動傾向、さらに気温変動との関係を明らかにする予定である。

謝 辞

森林総合研究所十日町試験地における気象観測は、長年に渡り多くの職員により継続されてきた。観測およびデータの整理と保管に尽力された職員の方々に心からの敬意と謝意を表します。本報告の観測の一部は、森林総合研究所基盤事業費 (事項番号: Ua 113、K13、キ 103、事項名: 多雪地帯積雪観測) により行なった。

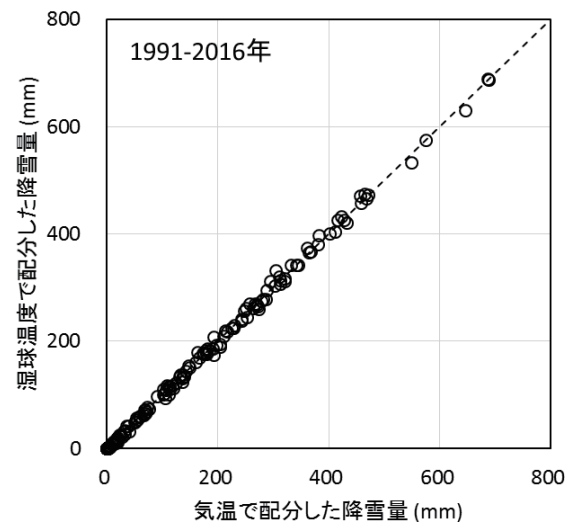


Fig. 3. 気温と湿球温度で判別した月ごとの降雪量の比較

引用文献

- 長谷美 達雄 (1991) 冬季降水における降雪の発生割合と地上気温の関係 (1) - 発生割合の地域性と雨雪判別の的中率について - . 雪氷, 53, 33-43.
- 井上 聡・横山 宏太郎 (1998) 地球環境変化時における降積雪の変動予測. 雪氷, 60, 367-378.
- 気象庁 (1973) 地上気象常用表. 気象庁, 144pp.
- 熊倉 俊郎・山野井 克己・早川 典生 (2004) 積雪の多層圧密モデルを用いた北陸地方の降積雪現象の解析. 雪氷, 66, 35-50.
- 近藤 純正 (1994) 水環境の気象学, 朝倉書店, 348pp.
- 根津 誠一 (1948) 冬期間の降雪量及び降雨量の割合に就て. 雪, 1, 32-35.
- 小川 真由美・野上 道男 (1997) 温暖化が冬季の降雪量に与える影響. 水文・水資源学会誌, 10, 79-86.
- 太田 岳史 (1989) 気温及び降水量による山地積雪水量の経時変化の推定. 雪氷, 51, 37-48.
- 森林総合研究所十日町試験地 (1990) 新潟県十日町市の気象 70 年報 1918～1987 年 (大正 7 年～昭和 62 年), 森林総合研究所研究報告, 357, 161-230.
- 水津 重雄 (2001) 簡易熱収支法による融雪・積雪水量モデル. 雪氷, 63, 307-318.
- 水津 重雄 (2010) 気温上昇が多雪山地流域の降雪, 融雪, 積雪水量に及ぼす影響. 雪氷, 72, 13-22.
- 菅谷 博 (1991) 寒候期降水中の雨・雪の判別 (その 3) - 湿球温度による推定. 平成 3 年度日本雪氷学会全国大会講演予稿集, 48.
- 竹内 由香里・庭野 昭二・村上 茂樹・山野井 克己・遠藤 八十一・小南 裕志 (2008) 新潟県十日町市の気象 90 年報 (1918 年～2007 年). 森林総合研究所研究報告, 7, 187-244.
- 山崎 剛 (1998) 厳寒地に適用可能な積雪多層熱収支モデル. 雪氷, 60, 131-141.

Table 2. 月降雨量と月降雪量 (降水量の雨雪別積算値)

年 (冬期)	11 月			12 月			1 月			2 月			3 月			4 月			冬期間 (11~4月)		
	雨	雪	合計	雨	雪	合計	雨	雪	合計	雨	雪	合計	雨	雪	合計	雨	雪	合計	雨	雪	合計
1988	149.3	33.7	183.0	76.7	125.3	202.0	59.2	332.3	391.5	23.3	327.2	350.5	36.6	110.9	147.5	49.5	18.0	67.5	394.6	947.4	1342.0
1989	227.5	42.5	270.0	60.9	180.1	241.0	81.3	138.2	219.5	80.2	144.3	224.5	95.6	52.9	148.5	131.5	0.0	131.5	677.0	558.0	1235.0
1990	189.8	24.2	214.0	144.4	174.1	318.5	44.5	355.0	399.5	80.8	34.2	115.0	20.3	21.2	41.5	112.0	13.0	125.0	561.8	621.7	1183.5
1991	120.6	0.4	121.0	139.6	111.4	251.0	51.4	432.1	483.5	57.0	368.0	425.0	75.1	59.9	135.0	49.9	1.6	51.5	493.6	973.4	1467.0
1992	146.0	10.0	156.0	145.5	66.0	211.5	65.8	270.7	336.5	52.4	266.6	319.0	91.1	49.9	141.0	130.4	0.1	130.5	631.2	663.3	1294.5
1993	134.3	31.2	165.5	97.2	263.3	360.5	83.0	175.0	258.0	65.5	288.5	354.0	60.5	112.0	172.5	56.3	12.7	69.0	496.8	882.7	1379.5
1994	104.6	10.4	115.0	84.4	217.1	301.5	52.5	224.0	276.5	47.8	310.7	358.5	63.8	108.2	172.0	31.8	1.2	33.0	384.9	871.6	1256.5
1995	111.2	9.8	121.0	184.9	257.6	442.5	46.8	471.2	518.0	43.3	251.2	294.5	74.6	90.9	165.5	105.8	32.2	138.0	566.6	1112.9	1679.5
1996	229.7	40.3	270.0	151.1	273.4	424.5	50.5	363.5	414.0	8.3	312.7	321.0	76.6	149.4	226.0	42.2	69.3	111.5	558.4	1208.6	1767.0
1997	228.8	24.7	253.5	84.0	132.0	216.0	46.8	360.2	407.0	39.8	213.7	253.5	85.7	22.8	108.5	125.5	0.0	125.5	610.6	753.4	1364.0
1998	164.5	0.0	164.5	98.6	72.4	171.0	42.8	456.7	499.5	67.7	146.8	214.5	69.7	67.3	137.0	81.2	19.3	100.5	524.5	762.5	1287.0
1999	192.0	38.0	230.0	160.7	102.3	263.0	51.3	422.2	473.5	52.5	332.5	385.0	88.5	53.0	141.5	99.6	13.4	113.0	644.6	961.4	1606.0
2000	200.6	5.9	206.5	188.2	304.3	492.5	104.1	159.9	264.0	33.7	415.8	449.5	117.0	193.0	310.0	88.9	0.6	89.5	732.5	1079.5	1812.0
2001	192.0	0.0	192.0	127.6	247.4	375.0	38.6	463.9	502.5	57.2	173.8	231.0	68.5	162.5	231.0	41.1	17.9	59.0	525.0	1065.5	1590.5
2002	160.1	23.4	183.5	94.3	294.7	389.0	114.7	381.8	496.5	24.3	181.7	206.0	93.3	35.7	129.0	80.7	0.3	81.0	567.4	917.6	1485.0
2003	249.3	135.2	384.5	55.0	209.5	264.5	23.6	302.4	326.0	34.8	101.2	136.0	90.3	103.7	194.0	161.0	0.5	161.5	614.0	852.5	1466.5
2004	205.0	0.0	205.0	175.9	192.6	368.5	43.2	277.8	321.0	81.0	227.5	308.5	31.0	76.5	107.5	82.8	0.7	83.5	618.9	775.1	1394.0
2005	179.8	0.2	180.0	126.3	166.7	293.0	33.4	574.6	608.0	35.3	379.7	415.0	80.8	173.7	254.5	54.6	0.9	55.5	510.2	1295.8	1806.0
2006	212.5	32.5	245.0	64.3	685.7	750.0	40.3	426.7	467.0	57.2	191.3	248.5	75.8	112.7	188.5	135.3	4.2	139.5	585.4	1453.1	2038.5
2007	188.0	0.0	188.0	185.2	230.3	415.5	66.2	142.8	209.0	56.7	112.3	169.0	93.4	130.6	224.0	62.0	1.0	63.0	651.5	617.0	1268.5
2008	179.2	58.3	237.5	139.5	204.0	343.5	35.9	345.1	381.0	13.8	342.2	356.0	99.3	71.2	170.5	58.6	6.9	65.5	526.3	1027.7	1554.0
2009	153.8	58.7	212.5	132.3	124.2	256.5	81.4	178.1	259.5	78.5	118.0	196.5	93.8	107.2	201.0	91.6	23.4	115.0	631.4	609.6	1241.0
2010	175.4	16.1	191.5	71.1	251.9	323.0	55.9	549.1	605.0	47.7	179.3	227.0	105.6	105.4	211.0	140.3	5.2	145.5	596.0	1107.0	1703.0
2011	192.9	0.1	193.0	191.0	203.5	394.5	7.7	687.3	695.0	30.2	120.3	150.5	33.3	242.7	276.0	123.2	2.8	126.0	578.3	1256.7	1835.0
2012	229.2	27.3	256.5	137.6	320.9	458.5	10.0	467.5	477.5	43.5	320.5	364.0	90.0	137.0	227.0	87.8	54.7	142.5	598.1	1327.9	1926.0
2013	334.2	18.8	353.0	82.6	458.4	541.0	12.6	401.4	414.0	32.8	285.7	318.5	34.1	51.9	86.0	148.0	18.5	166.5	644.3	1234.7	1879.0
2014	179.8	68.2	248.0	94.7	271.3	366.0	39.6	312.9	352.5	19.6	183.9	203.5	145.3	139.2	284.5	50.7	9.8	60.5	529.7	985.3	1515.0
2015	236.5	0.0	236.5	100.1	645.9	746.0	35.7	411.3	447.0	32.3	282.2	314.5	62.5	136.5	199.0	146.4	1.1	147.5	613.5	1477.0	2090.5
2016	251.5	0.0	251.5	160.8	180.2	341.0	58.0	242.0	300.0	43.9	196.6	240.5	41.7	69.8	111.5	136.8	1.7	138.5	692.7	690.3	1383.0

Estimation of solid and liquid precipitations categorized based on air temperature during snowfall or rainfall

Yukari TAKEUCHI¹⁾*, Yasoichi ENDO¹⁾ and Shoji NIWANO¹⁾

Abstract

The categorization of winter precipitations into solid and liquid is important because the effects of snowfall and rainfall on climate, environment, and human life differ significantly. The monthly solid and liquid precipitations were calculated by reading the automatic precipitation gauge chart since the winters of 1922–1987 at the Tohkamachi Experimental Station, FFPRI. It is desired that the solid and liquid precipitations be calculated since 1988 and longtime data be obtained. Therefore, the correlation between air temperature and the ratio of snowfall during precipitation was investigated and solid and liquid precipitations were calculated. Although the precipitation particle temperature should be more similar to the wet-bulb temperature than the air temperature, there is little difference between the calculated results using these two temperatures. Accordingly, in this study, winter precipitations from 1988 to 2016 were categorized into solid and liquid precipitations using the snowfall ratio based on the air temperature.

Key words : solid and liquid precipitations, air temperature, Tohkamachi

Received 9 August 2016, Accepted 21 October 2016

1) Tohkamachi Experimental Station, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

* Tohkamachi Experimental Station, FFPRI, Kawahara-cho 614, Tohkamachi, 948-0013, Japan; e-mail: yukarit@affrc.go.jp

短 報 (Short communication)

水溜まりが生じた生育基盤盛土の物理性
—海岸防災林再生事業初期に造成された盛土の事例—篠宮佳樹^{1)*}、今矢明宏^{2)、3)}、高梨清美⁴⁾、坂本知己¹⁾

要 旨

東日本大震災後の海岸防災林再生事業初期に造成された盛土の一部で、地表に水溜まりが発生し植栽木の生育への影響が懸念されている。重機走行は盛土を締固める傾向があり、水溜まりの発生を誘引した可能性がある。海岸防災林再生事業で造成された盛土において締固めが起きているか確認するため、宮城県仙台市荒浜に造成された盛土の物理性を調査した。深さ 10 ~ 40 cm を中心として深さ 75 cm 以浅で、山中式硬度指数は 20 mm、容積重は 1.5 Mg m³ を超え、かつ粗間隙率が 20 % 未満を示す箇所が多かった。盛土は硬く、密に詰まっており、粗間隙が少なく、締固められた状態にあると考えられた。

キーワード：海岸林再生、盛土、土壌物理性、容積重、粗間隙、締固め

1. はじめに

平成 23 年東北地方太平洋沖地震で発生した津波により、東北地方太平洋岸にある海岸林が壊滅的被害を受けた(星野 2012, 田村 2012)。そのうち根返りの被害について、地下水位が高いところでは直根が発達せず扁平な根系になるため、根返りしやすかったことが報告されている(渡部ら 2014)。そのため、海岸防災林の再生に際しては、地下水位から 2 ~ 3 m 程度の地盤高を確保しつつ植栽木の生育基盤として盛土が造成されている(林野庁 2013, 坂本 2015)。しかしながら、造成された一部の盛土表面で、わずかな雨でも水溜まりがつくられ(伊藤 2015)、植栽木の成長への影響が懸念される状況が生じている。

重機で造成された植栽基盤では固結や通気通水不良により根の伸長阻害などが起きやすいことが指摘されている(長谷川ら 1984, 長谷川・猪俣 2015)。農耕地や樹園地でも機械走行により硬盤が形成されること(ヒレル 1998b)や林地においても林業用機械が走行した作業道や林地土壌で締固めが起ること(猪内 2001)が知られている。このように機械が走行すると土は締固められる傾向がある。土が締め固められたことにより透水性が低下し、水溜まりが発生することが考えられる。

海岸防災林再生事業における生育基盤盛土も重機によって造成されているため、締固められた可能性がある。そこで、盛土において締固めが起きているか、締固めが生じた箇所で飽和透水係数が低下しているか、同様の箇所で気相率が低下しているかの 3 点について確認するため、水溜まりの発生した生育基盤盛土の物理性の実態を

明らかにすることにした。

2. 研究方法

調査地は宮城県仙台市若林区の松林国有林および仙台市有林において、2013 ~ 2014 年に完成した盛土である。近隣の気象観測所(仙台)での 1981 年 ~ 2010 年の平均の年降水量は 1254.1 mm、年平均気温は 12.4 °C である(気象庁 2016)。盛土の材料は山砂(宮城県大和町、大郷町で採取された、海成または非海成の未固結堆積物)で、運ばれてきた山砂をブルドーザー(小松製作所製 D51PX 等)で、地下水位から 2.4 m の高さになるまで

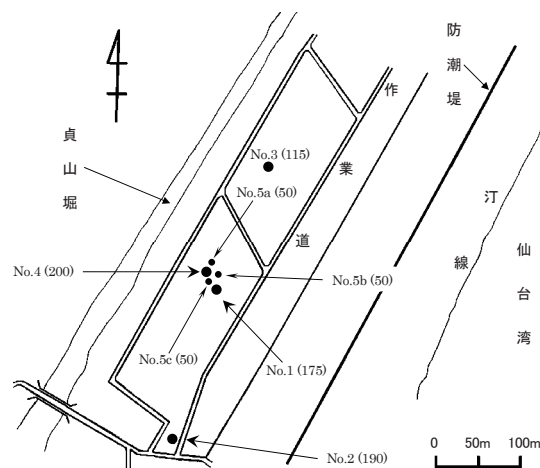


Fig.1. 試験地の位置
()内の数値はその調査試孔の最底部の深さ(cm)を示す。
The location of research site
The numbers in parentheses represent the depth (cm) of bottom in each pit.

原稿受付：平成 28 年 6 月 20 日 原稿受理：平成 28 年 11 月 15 日

1) 森林総合研究所東北支所

2) 森林総合研究所

3) 現所属 国際農林水産業研究センター

4) 東北森林管理局仙台森林管理署

* 森林総合研究所東北支所 〒 020-0123 岩手県盛岡市下厨川字鍋屋敷 92-25

4 層程度に分けて敷均しを繰り返し、地表面を平坦に整地して盛土が造成された。調査地付近一帯の盛土では水溜まりの発生が観察されている。盛土断面調査を 2014 年 5 月から 7 月にかけて 4 か所 (調査日は No.1 が 2014 年 5 月 8 日、No.2 が 6 月 3 日、No.3 が 6 月 4 日、No.4 が 7 月 15 日) で実施した (Fig.1)。各調査地点において、深さ 1 m 以深の断面を作成し、その形態的特徴を記載した。各層位において硬度を山中式土壌硬度計により測定 (5 回計測の平均) し、粒径分析試料及び円筒試料を採取した。円筒試料 (400 mL 採土円筒; $A=100\text{ cm}^2$; $h=4\text{ cm}$) は各層位より 1 個ずつ非攪乱状態で採取した。水溜まりの発生状況について連続観察するため、インターバルカメラ (Brinno 製 GardenWatchCam) 1 台を 2014 年 9 月 17 日から同年 12 月 15 日まで調査地点 No.4 に設置し、周辺を日中 3 時間間隔で撮影した。

No.1 および No.4 付近の比較的浅い土層 (深さ 50 cm 程度まで) の硬度や物理性の傾向を追認するため、2014 年 9 月 17 日に No.1 および No.4 近くの 3 試孔 (No.5a、No.5b、No.5c) で、深さ 5 ~ 45 cm を鉛直方向に 5 cm 間隔で山中式土壌硬度計により硬度を測定 (5 回計測の平均) するとともに、深さ 15 cm、30 cm より 1 個ずつ合計 6 個の円筒試料を非攪乱状態で採取した。

円筒試料 ($n=34$) について、河田・小島 (1979) に従って容積重、気相率、粗間隙率、飽和透水係数を測定した。今回の試料はほぼ砂で構成されていたので、石英や長石の真比重に相当する値 2.65 を土粒子の比重に用いた。飽和透水係数の測定には定水位法を、粗間隙率の測定には素焼板を用いた。全間隙率から粗間隙率を減じたものを細間隙率とした。なお、締固められているかどうかの比較対象として、風乾させた盛土材料をゆるく詰めた時の容積重 ($n=3$)、山砂の採取現場 (宮城県大和町、大郷町) の容積重 ($n=5$) を 100 mL 円筒を用いて測定した。日本造園学会 (2000) では、植栽基盤としての透水性の「良」、「不良」の境界について飽和透水係数 $10^{-3}\text{ cm s}^{-1} = 36\text{ mm h}^{-1}$ を基準にしており、本稿でもこれを参考にした。山中式土壌硬度計の硬度指数は 20 mm を超すと「根系発達阻害樹種あり」、24 mm を超す場合に「根系発達阻害あり」と判断されている (長谷川・猪俣 2015)。粒度分析をピペット法にて行い、各層位の土性を国際土壌学会法に基づいて決定した。粗間隙率と飽和透水係数との関係における Spearman 順位相関係数は、統計解析ソフトウェア JMP12 (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA) を使用して求めた。

3. 結果

3.1 断面の形態的特徴

Table1 に断面の形態的特徴と断面写真を示す。盛土厚は No.1 では 158 cm、No.4 では 200 cm で、No.1、No.4 の盛土の下には被災前の地表面である海砂が出現した。No.2 および No.3 は、それぞれ試孔を作成した深さ 190 cm および 115 cm までには、被災前の地表面である海砂が

現れなかった。No.3、No.4 では山砂を材料とした盛土の下に津波堆積物由来の再生資材が投入されていた。再生資材は、No.3 では深さ 105 cm より下で、No.4 では深さ 120 ~ 200 cm で観察された。いずれの地点にも共通する特徴として、被害木由来のウッドチップが 5 ~ 10 cm 程度の厚さで地表に散布されていた (但し No.1 を除く)。盛土は緻密で、構造発達がみられなかった。盛土には石礫が含まれており、そのほとんどが腐朽礫であった。

盛土土層の大部分において土性は砂土または壤質砂土で、山砂を材料とする盛土のほとんどは砂 (粒径 2 ~ 0.02 mm) を主とするが、シルト (粒径 0.02 ~ 0.002 mm) 及び粘土 (粒径 0.002 mm 未満) を 5 ~ 15% 含んでいた。一方、No.1 の深さ 165 cm から採取された海砂のシルト及び粘土含有率は 5% 未満であった。各断面においてシルトや粘土のような細粒成分が集積した層位は肉眼では観察されなかった。No.3 の深さ 40 ~ 105 cm は他の地点や層位に比して明らかに粗粒であった。円筒試料の解析によれば、当該層位の礫 (2 mm 以上) の体積含有率は 18 ~ 22% であるのに対し、他の試料は平均 1.4% (最大で 4.2%) であった。なお、インターバルカメラによる水溜まりの連続観察の結果、総雨量 10 mm 程度の降雨で水溜まりが発生し、降雨後も 2 日程度水溜まりが残存したことが確認された。

3.2 硬度

山中式土壌硬度計による硬度指数の鉛直分布は、No.1 で深さ 20 ~ 80 cm にかけて 20 mm を超え、深さ 20 ~ 50 cm においてその断面の最大値 26 mm を示し、深さ 50 cm 以深は徐々に低下した (Fig.2a)。No.2 は他地点に比べて硬度指数が低い傾向があり、深さ 20 cm 付近で最大値 15 mm を示した。No.3 では材料が礫質である深さ 40 cm 以深では 20 ~ 22 mm を示し、深さ 40 cm 以浅では深さ 20 cm 付近で最大値 21 mm を示した。No.4 も深さ 20 cm 付近で最大値の 25 mm となった。No.5a でも深さ 15 及び 20 cm で最大の硬度指数 19 mm を示した。No.5b の深さ 5 ~ 15 cm、No.5c の深さ 5 ~ 35 cm で 20 mm を超えていた (Fig.2b)。以上のように、硬度指数で 20 mm を超す硬い土層が比較的浅い深さ 10 ~ 40 cm の範囲を中心に出現し、土壌硬度は下層へ向かって漸減していた。

3.3 容積重

容積重は、No.1 の深さ 20 ~ 50 cm と No.3 の深さ 15 ~ 30 cm で 1.6 Mg m^{-3} を超え、各断面の最大であった (Fig.3)。No.2 では深さ 15 ~ 80 cm で $1.5 \sim 1.6\text{ Mg m}^{-3}$ を示した。No.4 の最表層 (深さ 4 cm) で 1.8 Mg m^{-3} と、本調査の試料のなかで最大を示した。No.5a ~ 5c では、深さ 15 cm ($n=3$) では $1.6 \pm 0.0\text{ Mg m}^{-3}$ (平均 ± 標準偏差、以下同じ)、深さ 30 cm ($n=3$) では $1.5 \pm 0.1\text{ Mg m}^{-3}$ であった。No.2 を除いて、いずれの地点でも 40 cm より浅い

Table 1. 調査地点 No.1 ～ 4 の盛土断面と形態的特徴
The morphological properties of profile in the embankment in plot No.1 ～ 4

調査地点	層位	深さ cm	形態的特徴 土色	硬度	土壌構造	石礫	水湿状態	備考	断面写真
No.1	C1	0 ～ 4	7.5YR 5 / 4	鬆	無し	無し	乾	ウッドチップ無し	
	C2	4 ～ 10	5YR 5 / 4	堅	無し	無し	乾		
	C3	10 ～ 40	10YR 4 / 4	固結	無し	腐朽円中礫あり	乾～潤		
	C4	40 ～ 60	10YR 4 / 4	固結	無し	腐朽円大礫あり 腐朽円中礫あり 腐朽垂角大礫乏し	乾～潤		
	C5	60 ～ 80	10YR 4 / 4	頗る堅	無し	腐朽円大礫あり 腐朽円中礫あり 腐朽垂角大礫乏し	乾～潤		
	C6	80 ～ 100	5Y 5 / 4	堅	無し	腐朽円中礫乏し	潤		
	C7	100 ～ 130	2.5Y 5 / 4	堅	無し	無し	潤		
	C8	130 ～ 158	5Y 4 / 4	軟	無し	腐朽円大礫乏し	潤		
	II C	158 ～ 175 +	2.5Y 6 / 2	軟	無し	無し	潤	元の海砂	

調査地点	層位	深さ cm	形態的特徴 土色	硬度	土壌構造	石礫	水湿状態	備考	断面写真
No.2	L	5						ウッドチップ敷設	
	C1	0 ～ 8	2.5Y 4 / 4	鬆	無し	無し	—		
	C2	8 ～ 25	2.5Y 5 / 3	堅	無し	無し	—		
	C3	25 ～ 70	2.5Y 5 / 3	軟	無し	無し	—		
	C4	70 ～ 90	2.5Y 6 / 3	軟	無し	無し	—		
	C5	90 ～ 130	10YR 5 / 4	軟	無し	無し	—		
	C6	130 ～ 190 +	2.5Y 5 / 4	鬆	無し	未風化角中礫乏し*	—		

*震災関連の瓦礫と思われる

調査地点	層位	深さ cm	形態的特徴 土色	硬度	土壌構造	石礫	水湿状態	備考	断面写真
No.3	L	厚さ記載なし						ウッドチップ敷設	
	C1	0 ～ 5	10YR 8 / 3	鬆	無し	無し	乾～潤		
	C2	5 ～ 25	2.5Y 6 / 3	堅	無し	腐朽円小礫含む 腐朽半角小礫含む 腐朽円細礫あり 腐朽半角細礫あり	潤		
	C3	25 ～ 40	2.5Y 5 / 4	やや堅	無し	腐朽円小礫含む 腐朽半角小礫含む 腐朽円細礫あり 腐朽半角細礫あり	湿		
	II C1	40 ～ 67	2.5Y 4 / 2	頗る堅	無し	腐朽半角小礫富む 半腐朽半角細礫富む	潤		
	II C2	67 ～ 85	2.5Y 4 / 2	堅	無し	腐朽半角小礫富む 半腐朽半角細礫富む	潤		
	II C3	85 ～ 105	2.5Y 3 / 2	堅	無し	半腐朽半角細礫富む	湿～多湿		
	III C	105 ～ 115 +	N 1.5 / 0	—	無し	無し	多湿	再生資材	

調査地点	層位	深さ cm	形態的特徴 土色	硬度	土壌構造	石礫	水湿状態	備考	断面写真
No.4	L	11						ウッドチップ敷設	
	C1	0 ～ 8	7.5Y 5 / 1	軟	板状**	無し	潤～湿		
	C2	8 ～ 27	2.5Y 4 / 6	固結	無し	無し	潤		
	C3	27 ～ 45	2.5Y 4 / 4	堅	無し	無し	潤		
	C4	45 ～ 78	10YR 4 / 4	堅	無し	無し	潤		
	C5	78 ～ 120	2.5Y 4 / 3	堅	無し	風化垂角大礫乏し	潤		
	C6	120 ～ 200	10YR 1.7 / 1	堅	無し	無し	潤～湿	再生資材	
	II C	200 +	—	—	—	—	—	元の海砂	

**板状の不連続な膠結面に酸化鉄の集積(10YR4/6 褐色)が5層程度あり

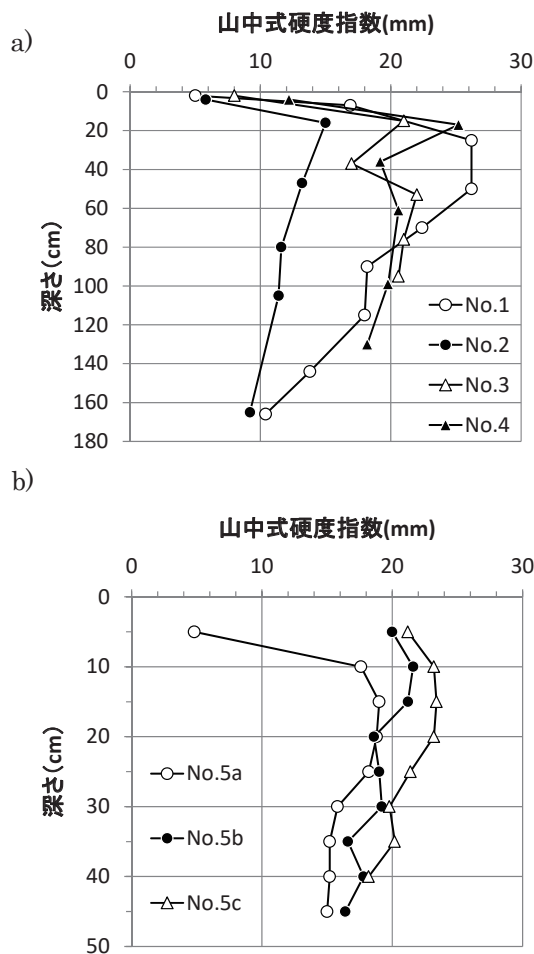


Fig. 2. 盛土の硬度指数 (山中式土壌硬度計) の鉛直変化
(a)No.1 ~ 4 (b)No.5a ~ 5c
The vertical variation in the index of soil hardness in embankment measured by a Yamanaka-type soil hardness tester
(a)No.1 ~ 4 (b)No.5a ~ 5c

土層で容積重が大きかった。風乾させた盛土材料をゆるく詰めた場合の容積重は $1.2 \pm 0.0 \text{ Mg m}^{-3}$ 、山砂の採取現場の容積重は $1.3 \pm 0.1 \text{ Mg m}^{-3}$ であった。比重 2.65 の球体が立方充填された場合 (均一な粒子を粗く充填する場合に理論的に最小の容積重が得られる) の容積重は 1.4 Mg m^{-3} である (ヒレル 1998a)。

3.4 気相率

近隣の気象観測所 (仙台) によれば、No.1 は調査 7 日前に 14.0 mm d^{-1} 、No.2 は調査 7 日前に 6.5 mm d^{-1} 、No.3 は調査 8 日前に 6.5 mm d^{-1} の降雨があった。No.4 は調査の 2、5、6 日前にそれぞれ 4.5 、 18.5 、 19.5 mm d^{-1} 、No.5a ~ c は調査の 4、6 日前にそれぞれ 8.0 、 57.5 mm d^{-1} の降雨があった (気象庁 2016)。気相率は全般的には $0 \sim 30\%$ の範囲にあって、No.1 の深さ $20 \sim 80 \text{ cm}$ では $4 \sim 7\%$ であった (Fig.4)。No.4 の最表層 (深さ 4 cm) で

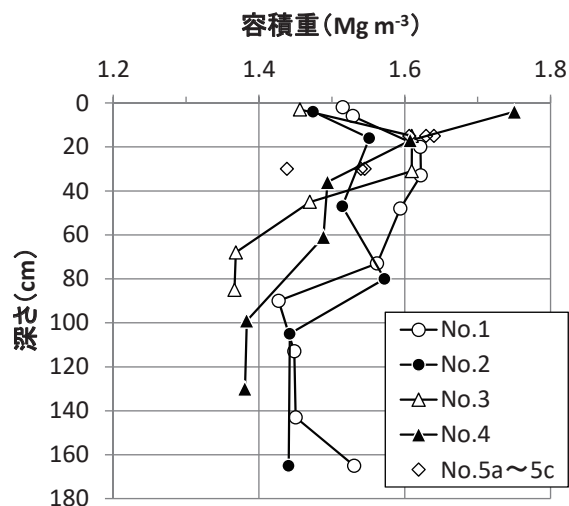


Fig.3. 盛土の容積重の鉛直変化
The vertical variation of bulk density in the embankment

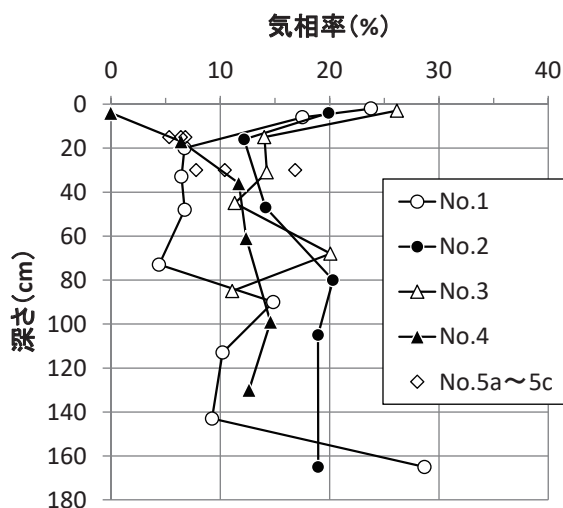


Fig. 4. 盛土の気相率の鉛直変化
The vertical variation of air content in the embankment

は 0% を示した。No.5a ~ 5c の深さ 15 cm で $5 \sim 7\%$ 、深さ 30 cm で $8 \sim 17\%$ と、No.1、No.4、No.5a ~ c で特に気相が少ない傾向であった。日本の森林土壌の気相率は $5 \sim 50\%$ (河田 1989) とされ、そのうちの低い気相率をもつ、湿性な森林土壌 (湿性褐色森林土、湿性黒色土) の気相率は $5 \sim 30\%$ であり、今回の盛土の気相率は湿性な森林土壌と同等であった。

3.5 粗間隙率

No.1 の深さ 165 cm の海砂 (粗間隙率 36% 、細間隙率 6%) を除けば、粗間隙率は $5 \sim 30\%$ 、細間隙率は $15 \sim 30\%$ の範囲にあった。No.1 の深さ $20 \sim 75 \text{ cm}$ 、No.2 の深さ 16 cm 、No.3 の深さ 15 cm 、 45 cm では粗間隙率が 20% 未満であった (Fig.5)。No.4 は深さ 99 cm から採取された 1 試料を除き、No.5a ~ 5c も No.5a の深さ 30 cm から採取された 1 試料を除き粗間隙率は 20% 未満であっ

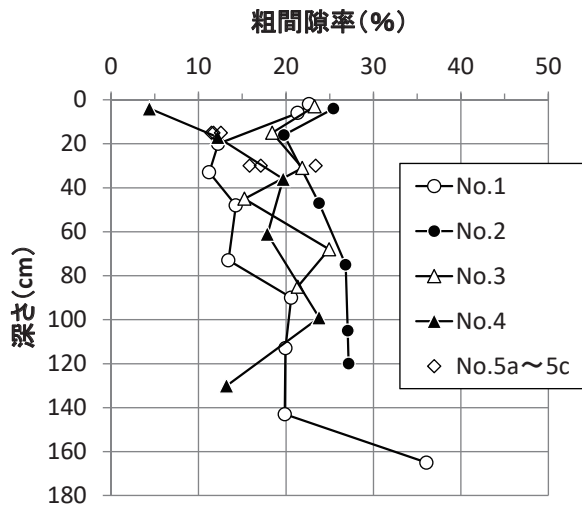


Fig. 5. 盛土の粗間隙率の鉛直変化
The vertical variation of coarse porosity in the embankment

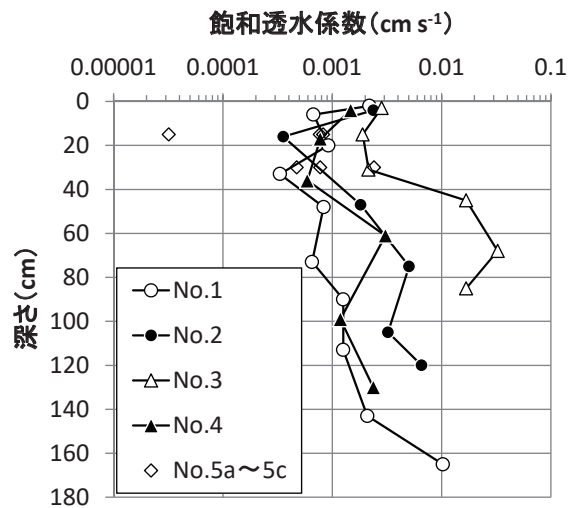


Fig. 6. 盛土の飽和透水係数の鉛直変化
The vertical variation of saturated hydraulic conductivity in the embankment

た。特に No.4 の深さ 4 cm の粗間隙率は 5% と非常に小さい値であった。盛土では、20% 未満の粗間隙率が概ね深さ 10 ~ 30 cm を中心とした深さ 75 cm 以浅で多く観察された。この粗間隙率の値は砂丘地の海岸林下層土の粗間隙率 20 ~ 45% (後藤ら 1987a, 1987b, 森貞ら 1987) より小さいものであった。

3.6 飽和透水係数

盛土試料が示した飽和透水係数は $3 \times 10^{-5} \sim 3 \times 10^{-2} \text{ cm s}^{-1}$ の範囲にあった。No.1 の深さ 5 ~ 75 cm、No.2 の深さ 16 cm、No.4 の深さ 15 ~ 40 cm より採取された試料の飽和透水係数は $10^{-4} \text{ cm s}^{-1}$ オーダーを示した (Fig.6)。No.5a ~ 5c の 6 試料のうち、No.5a の深さ 30 cm から採取された 1 試料以外は $10^{-5} \sim 10^{-4} \text{ cm s}^{-1}$ オーダーであった。なお、No.1 の深さ 165 cm の海砂および No.3 の深さ

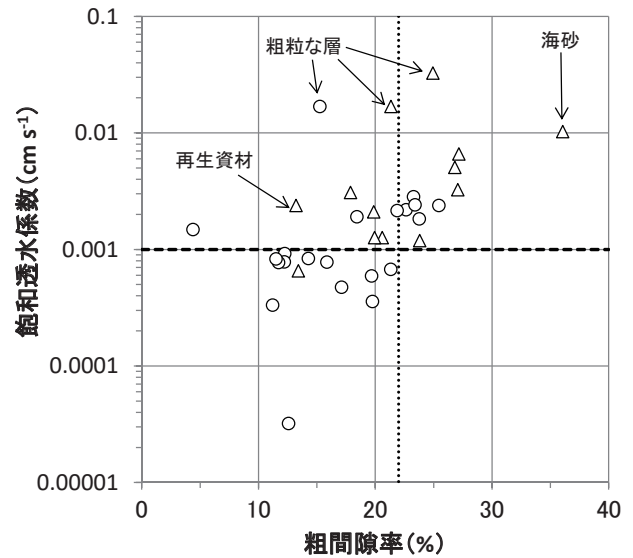


Fig. 7. 飽和透水係数と粗間隙率の関係
縦方向の点線は粗間隙率が 22%、横方向の点線は飽和透水係数が $10^{-3} \text{ cm s}^{-1}$ を示す。
The relationship between the coarse porosity and the saturated hydraulic conductivity
Vertical and horizontal dotted lines represent 22% in coarse porosity and $10^{-3} \text{ cm s}^{-1}$ in saturated hydraulic conductivity, respectively.

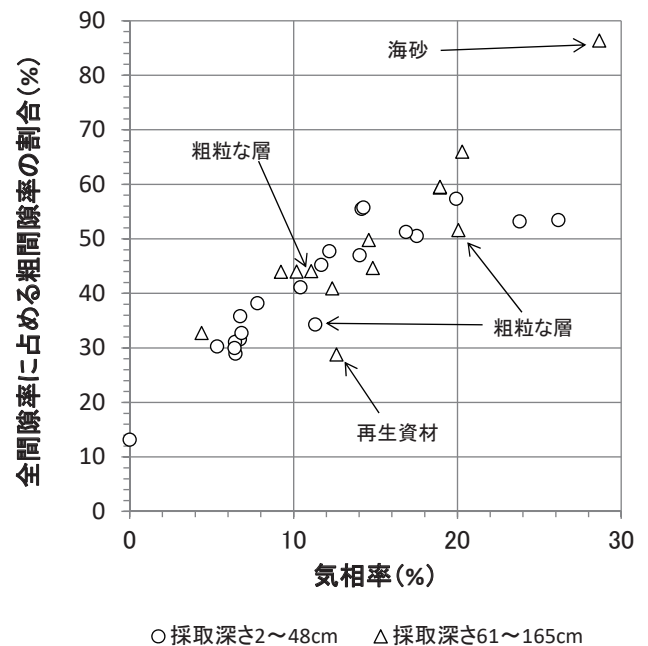


Fig. 8. 気相率と全間隙率に占める粗間隙率の割合との関係
The relationship between the air content and the percentage of coarse porosity to total porosity

40 ~ 105 cm の粗粒な層の飽和透水係数は $10^{-2} \text{ cm s}^{-1}$ オーダーであった。 $10^{-4} \text{ cm s}^{-1}$ オーダーの飽和透水係数が深さ 10 ~ 20 cm を中心に多数存在していることは盛土の透水性が不良であることを示している。

3.7 粗間隙率と飽和透水係数との関係

Fig.7 に粗間隙率と飽和透水係数との関係を示す。材料が異なる試料 (No.1 の海砂、No.3 の粗粒な層、No.4 の再生資材) を除いた場合の粗間隙率と飽和透水係数との関係に有意な正の相関 ($r_s=0.68$ 、 $P<0.001$ 、 $n=29$) が認められた。粗間隙率が 22% を上回れば、飽和透水係数は $10^{-3} \text{ cm s}^{-1}$ 以上となっていた。

3.8 気相率と間隙組成の関係

Fig.8 に気相率と全間隙率に占める粗間隙率の割合との関係を示す。気相率が 29% と高かった No.1 の海砂は、間隙組成について粗間隙：細間隙の比率がおおよそ 9:1 であった。気相率が 0% であった、No.4 の最表層 (深さ 4 cm) の全間隙率に占める粗間隙率の割合は 13% と、全間隙のうちほとんどが細間隙により構成されていた。材料が異なる試料 (No.1 の海砂、No.3 の粗粒な層、No.4 の再生資材) を除いた場合、気相率の低い試料は全間隙に占める粗間隙の割合が小さい傾向がみられた。

4. 考察

4.1 生育基盤盛土の物理性

今回調査した生育基盤盛土では、根の侵入を妨げる 20 mm 以上の硬度指数が深さ 10 ~ 40 cm の範囲を中心に観察された (Fig.2)。風乾させた盛土材料をゆるく詰めた場合の容積重、山砂の採取現場の容積重、比重 2.65 の球体を粗く充填して得られる最小容積重より大きい 1.5 Mg m^{-3} 以上の容積重が、深さ 40 cm より浅い範囲を中心に観察された (Fig.3)。粗間隙率について 20% を下回る試料は概ね深さ 10 ~ 30 cm を中心とした深さ 75 cm 以浅で多く観察された。測定項目間、調査地点間で鉛直変化の傾向は全て一致しているわけではないが、硬度指数 20 mm 以上で容積重 1.5 Mg m^{-3} 以上、かつ粗間隙率 20% 未満を示す深さは、10 ~ 30 cm を中心とした 75 cm 以浅であった。これらの結果から、深さ 10 ~ 40 cm を中心に概ね 75 cm 以浅で、盛土は密に詰まっていて、締固められた状態にあると考えられた。

締固めの際、細粒分 (JIS では、粒径 74 μm 以下) を含むほど容積重が大きくなること、最適含水比付近で締固めると、同じエネルギーで締固めても容積重が大きくなる、あるいは同じ容積重に少ないエネルギーで達することが知られている (吉岡ら 1973, 矢橋・金光 1985)。これらの報告は、砂 (2000 ~ 75 μm) を 80 ~ 90%、74 μm 以下の細粒分を 10 ~ 20% 含む、“稻城砂”と呼ばれる材料を対象にしたものである。今回用いられた盛土材料も砂を主成分としてシルト及び粘土を 5 ~ 15% 含んでおり、“稻城砂”と同様の特性をもっていた。これらのことから、材料の粒径組成が締固めを促進した可能性もある。なお、硬く密度の高い層は雨滴衝撃やスレーキングなどで分散した細粒成分が集積して乾燥した場合にも形成されるが、断面観察では細粒成分が集積した層位は肉眼で

は観察されなかった。このような集積層は薄い膜状として形成されたり、砂粒子の間隙を埋めたりする可能性があるため、微細形態の観察などにより詳細に検討する必要がある。

4.2 生育基盤盛土の飽和透水係数

粗間隙率と飽和透水係数との関係について、粗間隙率が 20% 未満の 17 試料 (山砂を材料とする) のうち 12 試料で $10^{-4} \text{ cm s}^{-1}$ のオーダーの飽和透水係数を示し、透水性が不良であった。透水性不良を示したのは深さ 50 cm 以浅の試料がほとんどであった。粗間隙率が小さいと飽和透水係数も低いことは、頻繁に機械走行があった林地作業道跡で報告されている (阿部ら 2015)。この事例では、未攪乱林地の粗間隙率は 20 ~ 33%、飽和透水係数は $10^{-3} \sim 10^{-2} \text{ cm s}^{-1}$ オーダーであったが、作業道跡の粗間隙率は 5 ~ 12%、飽和透水係数は $10^{-5} \sim 10^{-4} \text{ cm s}^{-1}$ オーダーとなっていた。本報の結果 (Fig.7) のように粗間隙率が小さいと飽和透水係数が低い傾向がみられたのは、ヒレル (1998b) でも示されているように、圧力が加わって土が締固められ、通気通水に寄与する比較的大きな間隙の体積が減少し、同時に間隙の連続性も低下したためと考えられる。以上のことから、締固められたことにより、飽和透水係数が低下し、水溜まりができるようになったと考えられる。

4.3 造成された盛土の生育基盤としての適性

気相が少ないと、土壌中の通気が不良となり酸素が不足することによって、根の呼吸障害、養分吸収が妨げられるほか、根の伸長、活力低下に伴う根腐れの発生および微生物活性の低下をもたらす。植物の根が伸長できる限界の気相率は 5 ~ 20% の範囲で変動するが、平均すると 10% と言われている (ヒレル 1998a)。本調査で採集した 34 円筒試料のうち 28 試料が気相率 20% 未満であり、No.1、No.4、No.5a ~ 5c で 10% 未満もみられるなど、気相率は低い傾向にあった。また、気相率 10% 未満である 11 試料のうち、(No.1 の深さ 143 cm から採取された 1 試料を除く) 10 試料は容積重が 1.5 Mg m^{-3} 以上、かつ粗間隙率が 20% 未満で、採取深さは 73 cm 以浅であり、気相率が低い箇所と締固められた箇所とは概ね一致していた。なお、最後の降雨から 24 時間以上経過していること、No.4 と No.5a ~ c は No.1 ~ 3 に比べて先行降雨が多いのに No.1 の深さ 20 ~ 73 cm は No.4 及び No.5a ~ c と同じかそれより低い気相率であることから、降雨による土壌水分の増加が気相率を低くさせた主因とは考えにくかった。Fig.8 に示されているように気相率の低い試料は全間隙に占める粗間隙の割合が小さかった。気相率低下の理由について、締固めにより単に固相率が増加しただけでなく、締固めに伴い粗間隙の減少と細間隙の増加といった間隙組成の変化が起こり、細間隙のような水分移動に寄与しない間隙が増えたことも挙げられる。

本報で調査した盛土は、“根系発達阻害樹種あり”(長谷川・猪俣 2015)とされる山中式土壌硬度計の硬度指数で 20 mm を超す値が頻繁に認められ、一部では“根系発達阻害あり”とされる 24 mm を超す値も観察された(Fig.2a 及び 2b)。千葉県九十九里浜に造成された盛土のうち深耕が未実施の地点(山中式土壌硬度計で 23 mm を超える値が頻繁にみられた)では、植栽から 10 年経過したクロマツの地上部の成長は良好であったものの、根系が深部まで発達したものがみられなかったと報告されている(野原・高橋 2007)。このことから、気相率や硬度の測定結果から判断して、本報で調査した盛土においても土層の固結や通気不良により根の伸長が阻害される可能性がある。

5. まとめ

水溜まりが発生した生育基盤盛土について、さまざまな物理特性を明らかにした。深さ 10 ~ 40 cm を中心として深さ 75 cm 以浅で、山中式土壌硬度計の硬度指数で 20 mm、容積重で 1.5 Mg m⁻³ を超え、かつ粗間隙率が 20% 未満で、飽和透水係数が 10⁻⁴ cm s⁻¹ オーダーとなるものが多かった。以上のように、盛土の深さ 10 ~ 40 cm を中心とした深さ 75 cm 以浅で硬く、密に充填され、粗間隙が少なかったことから、締め固められた状態にあった。また、気相率は 20% 未満が 8 ~ 9 割を占め、特定の地点で 10% 未満が多くみられるなど、盛土は硬度が高いだけでなく、気相率が低い傾向にあった。根系の盛土深部までの伸長が阻害されることにならないよう、施工方法を工夫する等の取り組みが重要と考えられる。

謝辞

本研究では、仙台森林管理署管内松林国有林、仙台市有林を試験地として借用させていただいた。東北森林管理局および仙台森林管理署、仙台市役所の皆様、森林総合研究所東北支所 小野賢二主任研究員、森林総合研究所九州支所 清水晃調整監、森林総合研究所 金子真司領域長、大貫靖浩研究室長、平井敬三研究室長、小林政広チーム長、宮城大学 千葉克己准教授、東北農業研究センター 冠秀昭博士、林木育種センター東北育種場 織部雄一朗育種課長、福島県林業研究センター 小沢創主任研究員には調査遂行や結果の解析に関してご助言、ご協力をいただいた。以上の方々に深く感謝の意を表します。本研究は森林総合研究所運営交付金プロジェクト「海岸林再生における盛土土壌の湛水原因の解明と改善策の提案」によって行われた。

引用文献

阿部 俊夫・相澤 州平・橋本 徹・佐々木 尚三 (2015) ハーベスタ・フォワードシステムによる間伐跡地からの濁水発生一田原国有林の事例一. 北森研, 63, 53-56.

ダニエル ヒレル (1998a) (岩田 進午・内嶋 善兵衛 監訳, 2001a) 環境土壌物理学Ⅰ土と水の物理学. 農林統計協会, 318pp.

ダニエル ヒレル (1998b) (岩田 進午・内嶋 善兵衛 監訳, 2001b) 環境土壌物理学Ⅲ環境問題への土壌物理学の応用. 農林統計協会, 322pp.

後藤 和秋・山本 肇・丸山 明雄 (1987a) 土壌環境の解析 (2) 酒田クロマツ海岸林. 松井 光瑠・土井 恭次・石川 政幸編 “プロジェクト研究成果シリーズ 185 環境変化に対応した海岸林の環境保全機能の維持強化技術の確立に関する研究”. 農林水産技術会議, 22-24.

後藤 和秋・山本 肇・丸山 明雄 (1987b) 人為による土壌悪化の実態解析 (2) 酒田クロマツ海岸林. 松井 光瑠・土井 恭次・石川 政幸編 “プロジェクト研究成果シリーズ 185 環境変化に対応した海岸林の環境保全機能の維持強化技術の確立に関する研究”. 農林水産技術会議, 72-74.

長谷川 秀三・田畑 衛・小澤 徹三・佐藤 吉之 (1984) 重機造成地の植栽基盤の物理性と活力度の関係について—高速道路植栽地を例にして—. 造園雑誌, 48, 104-122.

長谷川 秀三・猪俣 景悟 (2015) 陸前高田松原再生の成功に向けた植栽基盤造成試験の取組. 日緑工誌, 41(2), 336-340.

星野 大介 (2012) 東北地方太平洋沖地震津波による岩手県沿岸の海岸林と集落の被害状況. 日林誌, 94(5), 243-246.

猪内 正雄 (2001) 森林作業の機械化が森林環境にどんな影響を及ぼすのか. 森林科学, 32, 25-33.

伊藤 智弥 (2015) 盛土を伴う海岸防災林復旧工事と植栽までの手順. 治山研究発表会論文集, 54, 83-89.

河田 弘・小島 俊郎 (1979) 環境測定法Ⅳ—森林土壌—. 共立出版, 190pp.

河田 弘 (1989) 森林土壌学概論. 博友社, 399pp.

気象庁 (2016) “過去の気象データ検索”, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, (参照 2016-02-03).

日本造園学会 (2000) 緑化事業における植栽基盤整備マニュアル. ランドスケープ研究, 63(3), 224-241.

野原 咲江・高橋 孝之 (2007) 海岸保安林における湿地対策としての盛土工法の評価—クロマツ 10 年生の根系発達—. 千葉県森林研究センター研究報告, 2, 1-6.

森貞 和仁・田中 永晴・大角 泰夫 (1987) 土壌環境の解析 (1) 東海村クロマツ林. 松井 光瑠・土井 恭次・石川 政幸編 “プロジェクト研究成果シリーズ 185 環境変化に対応した海岸林の環境保全機能の維持強化技術の確立に関する研究”. 農林水産技術会議, 20-23.

林野庁 (2013) “平成 24 年度 森林・林業白書”,

http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/24hakusyo_h/all/a11.html, (参照 2016-02-22).

坂本 知己 (2015) 津波による海岸林の被害と海岸林再生で盛土をする理由. 日緑工誌, 41(2), 334-335.

田村 浩喜 (2012) 仙台平野の海岸林における根返り被害. 森林科学, 66, 3-6.

渡部 公一・海老名 寛・古川 和史・堀米 英明・大築 和彦・上野 満・宮下 智弘・坂本 知己 (2014) 2011 年東北地方太平洋沖地震津波による仙

台平野の海岸林被害と地下水深度及び立木サイズとの関係. 海岸林学会誌, 13(1), 7-14.

矢橋 晨吾・金光 達太郎 (1985) 特殊土の植栽基盤としての改良 I. 稲城砂の物理的性質. 千葉大学園芸学部学術報告, 35, 43-46.

吉岡 昭三・木賀 一美・小杉 紘平・前田 穂積 (1973) 稲城砂の土質工学的性質と土工事設計基準, 土と基礎, 21(12), 23-29.

The physical property of embankment with a rain pool : A case study of embankment built in the early stage of the Coastal Forest Restoration Project after tsunami

Yoshiki SHINOMIYA^{1)*}, Akihiro IMAYA^{2), 3)}, Kiyomi TAKANASHI⁴⁾
and Tomoki SAKAMOTO¹⁾

Abstract

Immediately after the Great East Japan Earthquake, an embankment was built in the Arahama coastal area as a planting base by the Coastal Forest Restoration Project. It is feared that a rain pool and the hardness of a part of the embankment, which was built in early year, inhibited the growth of planted trees. Planting bases tend to become compacted by heavy construction machinery, which allows rain water to pool on the embankment. The physical properties of the embankment were investigated in Sendai City, Miyagi Prefecture, Japan. Most soil samples collected from a depth of lower than 75 cm (especially 10 to 40 cm) had the Yamanaka hardness index of higher than 20 mm, a bulk density of higher than 1.5 Mg m^{-3} , and a coarse porosity of lower than 20%. The embankment was hard, densely packed and had low coarse porosity, indicating that the embankment has been compacted.

Key words : coastal forest restoration, embankment, soil physical properties, bulk density, coarse porosity, compaction

Received 20 June 2016, Accepted 15 November 2016

1) Tohoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) FFPRI

3) Present address: Japan International Research Center for Agricultural Sciences

4) Sendai District Forest Office, Tohoku Regional Forest Office

* Tohoku Research Center, FFPRI, 92-25 Nabeyashiki, Shimokuriyagawa, Morioka, Iwate, 020-0123 JAPAN; e-mail: sinomiya@affrc.go.jp

ノート (Note)

模擬実験を目的とした樹木からの DNA 抽出方法の改良と実施

上野真義^{1)*}、大谷雅人²⁾、吉丸博志³⁾

キーワード：サイエンスコミュニケーション、林木、分子遺伝、模擬実験

広報普及活動は、研究成果を社会に還元し、国民の研究開発への理解を得るための重要な手段であるとともに、国立研究開発法人森林総合研究所(以下「森林総研」と記す。)の第4期中長期目標(農林水産省 2016)における「研究開発成果の最大化に向けた取組」の一環として、科学リテラシーの向上にも寄与すると期待される。森林総研では平成12年に建設された生物多様性解析実験棟の1階にある「森の展示ルーム」にて、標本や研究成果等の一般公開を行っているが、遺伝の研究に関わる展示は現在のところ皆無である。

森林総研(本所：茨城県つくば市)では、春の科学技術週間の「研究所一般公開」や夏休みの「森の展示ルーム公開」といった不特定多数を対象とするイベントの他に、年間を通して様々な立場や目的を持つ見学者を受け入れているが、平成28年8月3日に、文部科学省から「スーパーサイエンスハイスクール」に指定された奈良県の高등학교の生徒、約20名の見学を受け入れる機会があった。そこで、樹木分子遺伝研究領域での研究室見学において、研究成果の簡潔な紹介を行うとともに、遺伝子研究の第一歩である樹木からDNAを抽出する過程を展示し、同時にDNA抽出の模擬実験を体験してもらうことを企画した。研究室で行っている通常のDNA抽出では、溶媒から析出して沈殿となるDNAを視認しづらいため、沈殿が見やすく、なおかつ最小限の沈殿(DNA)を得るための方法を検討した。凍結試料の粉碎およびDNAを含む白色の沈殿が析出する瞬間を体験してもらうことで、森林や樹木を対象とした遺伝研究を記憶にとどめてもらえるように工夫した。本稿では特に、模擬実験と展示を目的とした樹木DNAの抽出方法について検討した結果について報告する。

分子遺伝の研究においてはDNAの抽出は研究の第一歩であり、通常は研究目的から必要とされるDNAの質と量に基づき、それに適した抽出方法が決定される。今回のように展示や体験を目的とするDNA抽出の場合

は、多糖類等を多量に含むような品質の良くないDNAが得られたとしても問題はなく、析出した沈殿が肉眼ではっきりわかることが重要である。そのような目的を満たし、森林総研で1年を通じて入手しやすい材料として、スギ(*Cryptomeria japonica* D. Don)の針葉を選択した(常緑広葉樹のヤブツバキ(*Camellia japonica* L.)の葉を使用して同様の実験を行ったが十分な量の沈殿が得られなかった)。模擬実験を行う2日前の8月1日に、森林総研(茨城県つくば市)の樹木園内に生育する1個体のスギの小枝先端から、雄花を含む針葉の約9gを採取し、液体窒素で凍結してミルサー(IFM-650D、岩谷産業株式会社)で粉碎した。あらかじめ65℃に加熱した、2-メルカプトエタノール(2%)を含むCTAB(cetyltrimethylammonium bromide)抽出液(河原ら 1995)を2本の50 mL容の遠心チューブに15 mLずつ分注しておき、凍結状態にあるスギの針葉粉末(葉さじ3匙分)を各チューブに懸濁した。懸濁液は、10分間、ウォーターバスにて65℃で維持し(途中で一度、転倒混和)、その後にクロロホルムをチューブ1本あたり5 mL加えて十分に混合した後、室温(25℃)にて3,000 rpmで10分間の遠心分離を行った。遠心後の上清が白濁していたため、上清をさらに、6本の5 mL容チューブに4 mLずつ分注し、0.8 mLのクロロホルムを加えてよく混合し、室温(25℃)にて14,000 rpmで10分間の遠心分離を行った。透明になった上清(粘性が高いので全てを回収しない)の3 mLを5 mL容チューブに移し、-20℃に冷却したイソプロパノールを2 mLを加えて転倒混和し、白色の沈殿が得られることを確認した。このような抽出法で得られた沈殿にはDNAが含まれることがわかっている(河原ら 1995 および Fig. S1)。残りの上清も同様に3 mLずつ5 mL容チューブに移し、-20℃にて保存した。これらのチューブを模擬実験の直前に室温で放置して解凍し、DNA抽出の模擬実験で使用した。DNA抽出過程を展示するために、スギの針葉粉末を懸濁したCTAB抽

Modification of DNA extraction protocol and the exhibition for tree species

Saneyoshi Ueno^{1)*}, Masato Ohtani²⁾ and Hiroshi Yoshimaru³⁾

原稿受付：平成28年8月23日 原稿受理：平成28年11月22日

1) 森林総合研究所樹木分子遺伝研究領域

2) 兵庫県立大学自然・環境科学研究所

3) 森林総合研究所企画部広報普及科

* 森林総合研究所樹木分子遺伝研究領域 〒305-8687 茨城県つくば市松の里1

Department of Forest Molecular Genetics and Biotechnology, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI),

1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687, Japan; e-mail: saueno@ffpri.affrc.go.jp

出液、クロロホルムを加えた状態の懸濁液、遠心分離により DNA を含む上清が分離した状態の遠心チューブ、および DNA を含む白色沈殿をそれぞれ準備した (Fig. 1 A) および B))。

模擬実験においては、はじめに DNA 抽出のしくみについて資料 (Fig. 1 C)) を用いて説明を行った。この際、使用する試薬には劇物が含まれるため取扱いに注意が必要なことや、それらの試薬は施錠できる保管庫に保管していることを説明した。次に、実際にスギの針葉を凍結して粉碎するところを実演し、常緑照葉樹のヤブツバキと落葉広葉樹のカエデ (*Acer* sp.) の葉を液体窒素で凍結し、2 名の希望者に軍手を着用の上で乳鉢と乳棒で粉碎をしてもらった。その後の実験操作は予め準備した展示品を示しながら説明し、最後に、解凍して氷上に静置しておいた前述の上清 (3 mL) の入った 5 mL 容チューブに氷で冷却したイソプロパノールを 2 mL 加えた。5 mL 容チューブを見学者に回覧して転倒混和するように指示し、DNA を含む白色の沈殿が析出してくる瞬間を観察してもらった。なお見学者に回覧した 5 mL 容チューブの溶液は 2-メルカプトエタノールを含み劇物に相当するためすべてを回収し所定の方法で廃液として処理した。

ヒトをはじめとして、すべての生物に存在する遺伝物質である DNA を実際に見て確かめることができるため、DNA 抽出実験は多くの人の興味の対象となると考えられる。DNA 抽出実験は高等学校の生物の教科書 (浅島ら 2013) にも登場し、家庭用食器洗剤を界面活性剤として利用する方法が紹介されているだけでなく、子供向けの市販 DNA 抽出キット (Table S1) も存在し、夏休みの自由研究やオープンキャンパスなどでは定番の実験になっているが、樹木試料からの DNA 抽出は夾雑物も多く簡単なキットによる処理にはなじまないことも多い。実際にもし本稿で報告した DNA 抽出の過程を説明しながら全て行くと 1 時間から 2 時間程度の時間を要し、その間に待ち時間も長い。しかし模擬実験として予め用意しておくことで、説明を行ったとしても約 15 分程度の時間で一通り終わることが可能である。さらにサンプルを懸濁した DNA 抽出液の遠心分離後の上清をはじめ、展示用の抽出液などは、冷凍保存が可能であるため、事前に準備をしておくことで見学などの要望に柔軟に対応することも出来る。危惧される点として、保存中に緑色の抽出液が酸化を受け黄褐色に変色してしまうことが考えられるが、CTAB 抽出液に加える 2-メルカプトエタノール (酸化防止剤として機能する) の濃度を上げることで回避できるのではないかと考えられる。本稿では通常の DNA 抽出で用いる濃度 (0.4 %) よりも高い濃度 (2 %) で 2-メルカプトエタノールを使用したためか、懸濁した抽出液が黄褐色に変色することはなかった。なお、2% の 2-メルカプトエタノールを含む溶液は毒物及び劇物指定令 (平成 28 年 7 月 1 日政令第 255 号により一部改

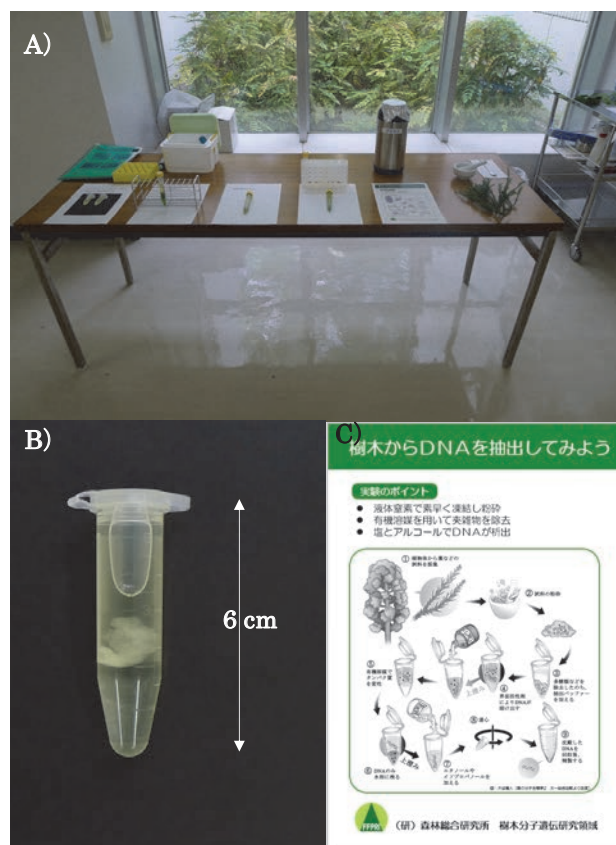


Fig. 1. DNA 抽出の模擬実験での事前準備。A) 模擬実験台の全景、B) 5 mL 容チューブに析出した DNA を含む白色の沈殿、C) 説明用の配付資料 (A4 サイズで印刷)

Bench setting and prepared items for simulative DNA extraction experiment. A) Full view of whole bench setting. B) White precipitates containing DNA in a 5 mL tube. C) Explanatory materials distributed on A4 paper.

正) から劇物に相当すると考えられるため、取り扱いと管理に注意を要する。今回の模擬実験は、業務で使用している設備の整った実験室で行い、使用する薬品の危険性を説明した上で、希望者に液体窒素を用いたサンプルの粉碎や、チューブの転倒混和による DNA の沈殿の生成を体験してもらった。液体窒素によるサンプルの粉碎においては、凍傷を防ぐ目的で軍手を使用してもらったが、更に安全性を高めるためには革手袋や防護メガネを着用することが考えられる。また、DNA を含むチューブを転倒混和させる際に、溶液が漏出した場合に備え、チャック付きポリ袋にチューブを入れた上で体験に供する方法もあると考えられる。

通常業務で行う DNA 抽出は、1.5 もしくは 2 mL 容のチューブを用いて行うことが多いが、DNA の沈殿を観察することは困難である。逆に 15 mL 容や 50 mL 容のチューブを使用することで多量の沈殿を析出させて観察することも可能であるが、必要な試薬や廃液の量も増加してしまう。本稿では必要な試薬や廃液を極力減らす

ことも考えた DNA 抽出の模擬実験の準備手順、および DNA を含む沈殿の析出を観察するために 5 mL 容のチューブを使用することを考案し、見学者の来訪時に実践することによって、改良した DNA の抽出法が模擬実験と展示に有用であることを示した。

引用文献

浅島 誠・市石 博・伊藤 元己・可知 直毅・上村 慎治・久力 誠・小林 設郎・小林 秀明・小林 裕光・西駕 秀俊・新免 輝男・杉山 宗隆・長山 隆男・新田 光昭・長谷川 真理子・広瀬 敬子・深川 治・藤原 晴彦・宮下 直・山本 高之・東京書籍株式会社 (2013) 生物基礎. 東京書籍, 45.

河原 孝行・村上 哲明・瀬戸口 浩彰・津村 義彦 (1995) 野生植物からの DNA 抽出と解析への道. 日

本植物分類学会報, 11, 13-32.

農林水産省 (2016) “国立研究開発法人森林総合研究所 中長期目標” http://www.maff.go.jp/j/corp/dokuhou/pdf/shinrin_mokuhyo.pdf (参照 2016-08-12).

補足電子資料

以下はオンライン版のみの掲載となります。

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/bulletin/440/index.html>

Fig. S1. 抽出した DNA の 2 % アガロースゲル電気泳動像 (臭化エチジウム染色)

Agarose gel (2 %) image of extracted DNA with ethidium bromide staining

Table. S1. 市販されている子供向け DNA 抽出キット
DNA extraction kits for children that are available in the market

担 当 者 御 中
To the person concerned

国立研究開発法人 森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

森林総合研究所研究報告を送付させていただきますのでお受け取り下さい。
貴刊行物と交換願えれば幸いです。なお、貴研究所の名称、住所などを変更
された場合は、下記まで連絡を御願ひ致します。

Please, find an enclosed Bulletin of Forestry and Forest Products Research Institute.
We greatly appreciate receiving any relevant publications in exchange.
Let us know when the name of your institution and mailing address are changed.

Officer in charge at publication section
Forestry and Forest Products Research Institute
1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 Japan
Tel : + 81-29-829-8373 Fax : + 81-29-873-0844
e-mail : kanko@ffpri.affrc.go.jp

2016年12月 発行 森林総合研究所研究報告 第15巻4号（通巻440号）

編 集 人 森林総合研究所研究報告編集委員会

発 行 人 国立研究開発法人 森林総合研究所
〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地
電話：029-829-8373 Fax：029-873-0844

製 版・印 刷 松枝印刷株式会社
〒303-0034 茨城県常総市水海道天満町2438番地
電話：0297-23-2333（代） Fax：0297-23-5865

© 2016 Forestry and Forest Products Research Institute

本誌から転載・複写する場合は、森林総合研究所の許可を得てください。

森林総合研究所研究報告

Vol.15 No.4(No.440)



page91

遠隔操作機能と自動走行機能によるフォワーダの操作支援技術の開発
:毛綱 昌弘、山口 浩和、伊藤 崇之、鈴木 秀典、千坂 修、高崎 綾信、草野 兼光、北原 成郎

Development of operational support technology of a forwarder by remote control and automated travelling function

by Masahiro MOZUNA, Hirokazu YAMAGUCHI, Takayuki ITO, Hidenori SUZUKI, Osamu CHISAKA, Ayanobu TAKASAKI, Kanemitsu KUSANO and Shigeo KITAHARA

page103

Phanerochaete crassa WD1694株によるマンガンペルオキシダーゼ反応の組織化学的観察
:高野 麻理子、服部 力

Histochemical analysis of manganese peroxidase reaction of a white rot fungus

Phanerochaete crassa WD1694

by Mariko TAKANO and Tsutomu Hattori

page111

内閣府世論調査にみる木材生産に関する国民ニーズー長期推移と2000年代の特徴ー
:石崎 涼子

Public opinion on wood production clarified via opinion polls conducted by the Japanese cabinet office -Features of the 2000s in long-term trends-
by Ryoko ISHIZAKI

page145

降水時の気温で配分した雨雪別降水量の算定
:竹内 由香里、遠藤 八十一、庭野 昭二

Estimation of liquid and solid precipitations categorized based on air temperature during rainfall or snowfall

by Yukari TAKEUCHI, Yasoichi ENDO and Shoji NIWANO

page151

水溜まりが生じた生育基盤盛土の物理性ー海岸防災林再生事業初期に造成された盛土の事例ー
:篠宮 佳樹、今矢 明宏、高梨 清美、坂本 知己

The physical property of embankment with a rain pool: A case study of embankment built in the early stage of the Coastal Forest Restoration Project

by Yoshiki SHINOMIYA, Akihiro IMAYA, Kiyomi TAKANASHI and Tomoki SAKAMOTO

page161

模擬実験を目的とした樹木からのDNA抽出方法の改良と実施
:上野 真義、大谷 雅人、吉丸 博志

Modification of DNA extraction protocol and the exhibition for tree species
by Saneyoshi Ueno, Masato Ohtani and Hiroshi Yoshimaru