

2-2 森林・林業・木材産業に係る近年の課題

近年の森林・林業を取り巻く状況は、これまでにない変動を示している。林業白書にも見られるように、サプライチェーンの停滞に伴う価格変動(のウッドショック)、急激な為替変動、異常気象による山地災害の発生、高齢化の進行と労働力不足等々、いずれも地球規模、グローバルな変化と国内の諸課題である。

こういった状況変化について、本調査では検討委員会委員に対して、各専門分野から見た「森林・林業・木材産業に係る近年の課題」として小論文を依頼し、以下のようにとりまとめ掲載することとした。

2-2-1 森林ゾーニングと天然林管理

筑波大学生命環境系 立花敏

森林ゾーニング

UNESCO の「人間と生物圏計画 (Man and the Biosphere Programme : MAB)」における 3 つの地域区分、すなわち厳格に長期的に保護される原生的な核心地域 (コアエリア)、核心地域を保護するために一定の人間活動を許容する緩衝地域 (バッファエリア)、そして人が生活し、自然と調和した持続可能な発展を実現する地域という区分は、森林ゾーニングにも援用して考えることができる。具体的には、人為的影響を排除するコアエリア (保護林) と人為的影響を許容する、逆の観点では人為的影響を制限するバッファエリア (例えば保安林) と人為的影響を妨げないエリア (生産林) であり、これらの括りとして森林をゾーニングすることが考えられる。天然林の一定面積はコアエリアに含まれ、コアエリアを保護するために天然林の一部や人工林の一部に人為的影響を制限するバッファエリアを設け、その外側には人為的影響を妨げない天然林と人工林が広がるという森林の立地が想定されるのである。

ゾーニングの拡がりとしては、国有林と民有林を併せて捉え、市町村の単位よりは流域の単位で区分する方が合理的であろう。複数の市町村にわたって所有される森林は少なくなく、また森林の公益的機能が及ぶ範囲も流域内で捉えられる機能が少なくない。流域単位でゾーニングを導入することには合意形成や費用等で捉えた利点もあると考えられる。

コアエリアもしくはバッファエリアでは、人為的影響が排除されるもしくは制限されることから、私有林では生産活動を制限される分に見合う所得補償や相続税の減免等の経済的インセンティブが施されることになる。他方、生産林ではそうした人為的影響に関する制限はなく、私有林では財産権等の私権のもとで持続的に管理されることが想定される。だが、公益的機能を有する森林は所有形態に関わらず公共財として位置付けられ、消費における非競合性と非排除性の性格を有している。そのために、森林を持続的に管理し、森林を保続することが重要となる。日本では、森林法により

森林所有者等は森林の立木を伐採する場合には事前に「伐採及び伐採後の造林の計画の届出」を行うこと、また伐採が完了した時には伐採に関わる森林の状況の報告を、伐採後の造林が完了した時には伐採後の造林に係る森林の状況の報告を行うことが義務づけられている。保安林においても、立木伐採や土地の形質変更等の行為を行う場合には許可申請が必要となる。

森林の整備と利用の在りようを天然林と人工林との関係から考えてみたい。消費者のニーズが多様化する現代において、国内で針葉樹が大部分をなす人工林に特化して生産活動を行うことは考えにくくなっている。その堅さや繊維の長さ等の特徴をもって、天然林の大部分を為す広葉樹材へのニーズが高まっているからである。もし、針葉樹人工林に特化して生産活動を行うならば、持続的森林経営（保続的経営）を行っていない外国（特に発展途上国）からの天然林材輸入を増長することにも結び付くだろう。つまり、国内の天然林を保護するという方向性は、それが必要な原生的な天然林について適用することが大事であり、生産活動に資する里山にあるような天然林においては択伐や漸伐、小面積皆伐を行いながら持続的森林経営を推進することが、国内の消費者の欲求の満足度にもグローバルな環境保全にも重要な意味を持つと考えられる。これは、日本の国有林においても民有林においても同様に捉えられることである。

人工林については、奥地にあつたり不成績造林地（木材生産機能を果たせない人工林）であつたりする林分等を除き、地位級と地利級を考慮しながら林業適地においては生産林として経営していくことが望まれる。林業適地では、「伐ったら植えて育てる」「育てたら伐って使って、また植える」という本来の循環的人工林経営を基礎とし、世代間に資源配分の差異が出ないよう齢級構成の平準化を実現することが求められる。所有者によって、密に植えて間伐や択伐を繰り返して行いながら伐期を延ばして高齢林に誘導することも、あるいは短伐期を志向して疎に植えて低コストでの施業を志向することも考えられる。長伐期化に伴って台風や虫害等の自然災害リスクが高まることも考えられることから、それを回避する森林整備を含む取り組みが必要になってくる。さらに、南九州地方のスギや北海道のトドマツ、カラマツのように根株腐朽等を生じるといふ樹木生理的特性を勘案することも重要となり、どう経営判断していくかの合理的選択が必要となるだろう。一つの考え方としては、面積に一定のまとまりをもつ人工林では法正林を志向し、地域性や樹種固有の伐期を想定しながら経営することも必要になるだろう。幼齢林から壮齢林、老齢林までを有する人工林であれば、往来する昆虫を含む動物が多様となり、森林整備が行き届けば壮齢林や老齢林の林床には植生が繁茂することになることから、生物多様性に対して一定の貢献をすることにもなる。

天然林の管理

天然林についても保護する林分、施業に一定の制限を持たせる林分、生産活動に資する林分を想定して区分することが考えられる。このことを念頭におきながら、国内の天然林資源の活用がどのようになっているかを統計資料により確認してみたい（表

ー 1)。ここで用いるデータは、林野庁森林整備部計画課「森林資源の現況（令和 4 年 3 月 31 日現在）」及び林野庁編「森林・林業統計要覧 2022」に掲載された農林水産省統計部「木材需給報告書」の広葉樹素材生産量の 2020 年確報値である。この表を用いながら、日本の天然林資源と広葉樹素材生産量の現況に着目し、都道府県別にその特徴を概観してみたい。

表－1 天然林面積と広葉樹素材生産量（計画対象森林）

					単位: 千ha、百万m ³ 、千m ³ 、m ³ /ha				
	面積	蓄積量	素材生産量	1ha当たり生産量		面積	蓄積量	素材生産量	1ha当たり生産量
全国	13,464	2,007	1,845	0.137	京都府	199	39	19	0.095
茨城県	68	6	36	0.527	滋賀県	109	16	9	0.082
佐賀県	27	5	13	0.474	東京都	39	5	3	0.077
埼玉県	57	11	25	0.435	大分県	177	27	10	0.056
岩手県	621	106	243	0.391	三重県	133	16	7	0.053
島根県	297	60	92	0.309	岡山県	274	25	13	0.048
熊本県	148	26	41	0.277	愛知県	71	10	3	0.042
鹿児島県	285	47	75	0.263	兵庫県	305	36	12	0.039
秋田県	405	59	97	0.239	富山県	169	25	5	0.030
宮城県	197	31	46	0.234	和歌山県	135	22	4	0.030
栃木県	178	27	40	0.224	福井県	179	23	5	0.028
長崎県	124	17	27	0.218	長野県	550	83	13	0.024
福岡県	60	6	13	0.218	沖縄県	86	12	2	0.023
千葉県	75	9	16	0.213	群馬県	222	32	5	0.023
鳥取県	110	14	23	0.209	静岡県	188	28	4	0.021
福島県	586	79	115	0.196	岐阜県	428	67	9	0.021
広島県	394	59	76	0.193	高知県	195	27	4	0.020
青森県	339	61	63	0.186	神奈川県	49	7	1	0.020
宮崎県	233	44	40	0.172	山形県	441	50	4	0.009
山梨県	172	32	28	0.163	新潟県	563	66	5	0.009
山口県	231	32	34	0.147	大阪府	25	3	0	0.000
北海道	3,736	579	536	0.143	奈良県	105	17	0	0.000
徳島県	115	14	12	0.104	香川県	57	3	-	-
石川県	164	25	17	0.104	愛媛県	141	22	-	-

資料: 林野庁森林整備部計画課「森林資源の現況(令和4年3月31日現在)」及び林野庁編「森林・林業統計要覧2022」(農林水産省統計部「木材需給報告書」の2020年確報値)

2021 年 6 月 15 日に閣議決定された「森林・林業基本計画」において「木材製品に対する様々な消費者ニーズを捉え、広葉樹材を活用した家具や建具、...など生活関連分野等への木材利用を促進し、暮らしと社会の豊かさを高めていく」と謳われている。日本においても天然林の大部分をなす広葉樹林から生産される材を地域資源として活用していくことが重要になっており、それは持続可能な社会の実現にも直結していくと考えられる。例えば、かつてのように楽器の材料としての利用を増やすとか、りんご等の果物や瓶詰の飲料を入れる箱を木箱にするとかも考えられるだろう。地域経済への寄与を考えて広葉樹材の利用を拡げる取り組みが求められている。

天然林の面積、蓄積量、広葉樹素材生産量、広葉樹素材生産量を天然林面積で割った 1ha 当たり生産量を取り上げ、全国ならびに都道府県別に掲載している。2022 年 3 月 31 日現在、全国における天然林の面積は 1,346 万 ha 余、蓄積量は約 20 億 m³ であり、1ha 当たりの蓄積量は 149 m³ であった。天然林面積の 83% が広葉樹面積であることを踏まえて、その利用状況を見るために広葉樹素材生産量を取り上げてみよう。その量は 2020 年に 184.5 万 m³ であり、1ha 当たりで計算すると 0.127 m³ に過ぎず、天然林蓄積量に占める素材生産量の割合は 0.09% となった。この値は、日本では天然林資源あるいは広葉樹資源の素材としての利用が低位にあることを示している。

1ha 当たりの広葉樹素材生産量が多い順に並べてみた。その量は限られたものではあるが、茨城県の 0.527 m³ を筆頭に佐賀県、埼玉県、岩手県、島根県が続き、21 道県において全国平均を上回り、広葉樹資源を素材として比較的に利用しているとも考えられる。全国を地域別に見ると、北海道や東北、関東、東山、中国、九州において比較的にその量が大きく、東海や近畿、四国では少なくなっている。国内の家具産地としては、北から北海道旭川市、静岡県中部、岐阜県高山市、徳島県徳島市、広島県府中市、福岡県大川市が挙げられることから、隣接県を含めて比較的に広葉樹材利用が行われている可能性もある。また、広葉樹材の生産量を増やすには、伐出の再考も必要になるのではないだろうか。高性能林業機械による伐出が適切ではない場合が考えられることから、チェーンソー伐倒の技術の普及も大事になってくると考えられる。

天然林の面積では、北海道の 373.6 万 ha、岩手県の 62.1 万 ha、福島県の 58.6 万 ha、新潟県の 56.3 万 ha、長野県の 55.0 万 ha、岐阜県の 42.8 万 ha、秋田県の 40.5 万 ha が上位にあり、北海道、岩手県、長野県、岐阜県では単位面積当たり蓄積量が全国平均よりも多くなっている。より広葉樹素材生産を増やせる素地を有しているとも言えよう。2020 年において広葉樹素材生産量の上位には北海道の 53.6 万 m³、岩手県の 24.3 万 m³、福島県の 11.5 万 m³ があり、秋田県や島根県も 9 万 m³ 台となっている。

既述のように、天然林の管理を検討する際に、保護する林分と適度に伐採を入れる林分とを分けて扱うことが重要になると考えられる。黒田慶子編著でも指摘されているように、里山にある天然林では伐採を入れることにより健全性を保てることから、広葉樹材の利用と関連付けて管理していくことがますます望まれるのである。

引用文献

黒田慶子編著『林業改良普及双書 No.157 ナラ枯れと里山の健康』全国林業改良普及協会、2008 年

2-2-2 人工林施業の現状と課題について

新潟大学佐渡自然共生科学センター・演習林 梶本卓也

1. 岐路に立たされる日本の森林管理

戦後約 80 年を経て、日本の林業は大きな岐路に立たされている。それは、拡大造林で造成されたスギやヒノキ等の針葉樹人工林と、二次林や天然林も含めた広葉樹の森が、現在およそ面積で半分ずつを占めているが、この面積のバランスが適切なのかも含めて、それぞれの森林が抱える問題を解決しながら、将来の国内林業や森林管理の在り方を長期的に考えるのに、今がちょうどいい機会と思えるからだ。

それぞれの森林が抱える問題とは、大きなところでみると、まず人工林の場合、伐期を迎えた多くの人工林が、深刻な林業不振で主伐やその後の植林も進まないという、いわゆる”主伐一再造林”問題がある（伊藤 2016、梶本 2017）。この背景には、戦後の復興を支える木材確保のためにせつせと植林したものの、安い外材に押されて材価が下がってしまい、伐採しても再び植林するのに足る収入が得られないことがある。一方、広葉樹の森に目を向けると、その蓄積量は現在およそ 20 億 m^3 （林野庁「森林資源の現況」データ等より）とかなりの量に達しているが、用材としては十分活用されずに、その大半がチップやおが粉にされる状況がある。かつて広葉樹は、里山林や旧薪炭林と呼ばれる近くの山から採れたものを燃料や生活道具等に幅広く利用されていたが、これもまた戦後のエネルギー変革でその役目を終えると、以降は放置されて皮肉にも木々が成長して蓄積量だけが増えてしまったことがその背景にある。もちろんこの数年は、世界中に蔓延した新型コロナウイルスの影響で国産材の需要が増えて材価が高騰するなど（ウッドショック）、一時的に林業・木材業界の状況が好転する気配もみられたが（大塚 2022）、木材の自給率は 40%に届かず、針葉樹、広葉樹ともに外材に大きく依存した状態が今も続いている（森林・林業白書等）。

こうした戦前から戦後にかけての社会や経済の大きな変化を背景にした国内林業が抱える問題を、根本的に解決するのは簡単ではない。しかし、不振に陥った林業の状況を少しでも改善し、将来の適切な森林管理につなげることがまずは重要と思われる。そこで、ここでは紙数も限られているので、おもに人工林の“主伐一再造林”問題に絞って、最近の関連の動きや今後の課題を述べた上で、冒頭に触れた将来のより長期的な日本の林業や森林管理の方向について少し考えてみたい。

2. “主伐一再造林”問題の現状と課題

人工林の主伐や再造林が進まない要因としては、上述したとおり経営的な問題、つまり再造林の経費が高くて主伐時の収入だけでは植林できないことが大きい。しかし、この 10 年余りの間に、“低コスト再造林”と称した伐採から地拵え、植栽、下刈りなどの造林作業について効率化によって経費削減を図る技術や手法が色々と考えられて試行されてきた。その中核は、伐採・造林の一貫作業システムの導入とコンテナ苗の活用だが、国有林や各県等で多くの実証試験を経て、現場への普及がかなり進みつつある（梶

本 2017、中村ら 2019)。

このうちコンテナ苗は、すでに北欧や北米の林業先進国では 30~40 年前には普及していたが、日本ではようやく 2010 年代以降にスギのコンテナ苗生産や植栽試験が始まった(梶本ら 2016)。その結果、先行した九州など西日本では、主伐後の再造林率が現在 7~8 割に達する県もあるが、一方で、東北など東日本では出遅れておりまだ 3 割程度の県が多い(各県の森林・林業統計データ等より)。しかし、例えば岩手県では、スギ林の伐採後にカラマツを積極的に再造林しているが、そのコンテナ苗の生産量は年々増加しており、6~7 年前にようやくコンテナ苗の生産を始めた県北二戸市のある苗木業者は、現在年間 80 万本程度(2021 年時点)を生産し、同県のその需要全体の 8 割近くを占めるに至っている。東日本から北海道では、このようにスギ以外の造林樹種も含めてコンテナ苗への切り替えが急ピッチで進んでいるようだ。

コンテナ苗の特徴は、裸苗に比べて扱いやすく、同程度の活着や初期成長を示す点にある(壁谷ら 2017)。最近では、さらに成長の良いエリートツリー(特定母樹)のスギやカラマツのコンテナ苗の活用も期待されている。まだ植栽等の実証試験は限られているが、従来懸念されていた苗木段階での高い形状比に伴う成長不良は、育苗時の適切な温度管理や施肥(グルタチオン)によってさほど問題にならないことが確認されるなど、実用化に向けた技術開発、改良が着実に進みつつある(宇都木ら 2023)。また、スギの花粉症対策としては、無花粉や少花粉スギのコンテナ苗の生産が急がれており、例えば、休耕田を活用して水耕栽培で無花粉スギのコンテナ苗を増産しようとする試みなどもある(斎藤 2020)。今後はこうした品種改良された苗木が再造林の主流になると思われる。

コンテナ苗の需要拡大に伴い、その生産性を上げるためには、種子の選別や、発芽から育苗段階までの作業を機械化、効率化することも課題となる。例えば、数年前に開発された近赤外光を利用する充実種子選別装置(九州計測器)は、やや高価だが、スギ以外にヒノキやカラマツの種子も高速で自動選別できるため(松田ら 2019)、現在(2023 年時点)10 数台が行政や試験機関(徳島県)をはじめ、苗木業者や大手林業会社、さらには海外(韓国)にも導入されている(飛田博順氏、私信より)。

低コスト再造林のもう一つの柱は、植栽後の初期保育時のコスト削減策で、とくに造林経費の大半を占める下刈り作業をどう減らすかが優先課題となっていた。この 5~6 年の間に行われた農水省の大型研究プロジェクトの中で、例えば作業そのものを省いた隔年下刈りとか、ワラビを植えて下草の繁茂を抑制する方法など、様々な下刈り作業の低減策について実証試験が行われ、コンテナ苗や一貫作業と組み合わせると 10~30% 程度のコスト削減が可能と試算されている(梶本 2016)。さらに、エリートツリーの苗木を活用すれば、下刈り回数の低減にもつながるが、植栽本数を減らす低密度植栽との組み合わせには、九州など元々下草が繁茂しやすい地域では苗木とともに下草も成長が促されるので注意する必要もわかってきた(宇都木 2023)。

こうしたコスト削減の方向とは逆に、本来の木材生産による収入をアップさせる、いわゆる儲かる林業で“主伐一再造林”問題を解消しようとする動きも活発である。立木情報等のデジタル化、ICT 技術、そして最適採材(バリューバックング)が可能なハー

ベスタなど高性能林業機械を活用して、川上から川下へのサプライチェーンを構築し木材を効率的に市場へ流通させる仕組みづくりは（寺岡 2022）、今後各地域でアレンジされながら定着されることが期待される。

以上述べたような造林経費の削減、あるいは収入増大策は、今後山村の高齢・過疎化が進んで担い手不足がさらに深刻になることを考えると、少ない人数で林業を支えるためには欠かせない技術やシステムであろう。しかしながら、林業のコストを議論する場合、避けて通れない問題のひとつにシカ被害がある。苗木の食害など、シカによる被害は森林の鳥獣被害面積全体の約 7 割を占めるが、とくに九州や四国では深刻で、シカ柵や苗木を直接保護するツリーシェルターなどの対策が欠かせない（Abe et al. 2022）。これらの経費を加えると、上述したような低コスト再造林の努力はほとんど意味をなさず、森林環境保全整備事業等の行政からの補助金なしでは成り立たない現実がある。したがって、まだシカの密度が低くて被害も少ない新潟から東北にかけての日本海側地域では、今が再造林を進める最後のチャンスかもしれない。なぜなら、こうした地域では、今後さらに温暖化で積雪が減って、シカの分布やその被害が徐々に拡大することは容易に想像できるからだ。実際、この 1~2 年あまりの間に、新潟県など多雪地域の再造林地でもシカによる苗木の被害が報告され始めている（写真）。

3. 将来の森林管理に向けて

さて、人工林施業の問題について、とくにそのコスト削減策を中心に最近の動向等を述べてきた。しかし、ここで注意しておきたいのは、このような問題が解決できさえすれば、主伐期を迎えた人工林をすべて積極的に伐採し再造林を進めるべき、としているわけではない点である。冒頭でも触れたように、現在日本の森林を二分する人工林と広葉樹の森が抱える問題とは、いずれも戦前から戦後にかけての社会の大きな変革が関わっており、結果的に豊富な国産材が有効に使われていない、外材に大いに頼った今の林業を招いた点で根っこは同じと言える。したがって、ある人工林を再造林すべきか、あるいは長伐期施業や他の森林タイプへ転換していくか等、今後は一度白紙に戻してどうしていくのが良いのか、よく考えてみる岐路に立っていると思われる。もちろんこの答えは簡単ではない。しかし、仮に木材の“自給自足”や“地産地消”を最優先するのであれば、私たちのライフスタイルというか、日常生活における木材利用の仕方から見直すことがある程度必要になるだろう。そのあたりの方針が決まれば、人工林と広葉樹の森をどれくらいのバランスで残し、またどの程度の量を利用するのかも自ずと決まってくるはずである。いずれにしても、当時戦後の復興が目的であったとは言え、おそらく数 10 年先の長期的な展望もなく天然林を全国一斉に伐採して、人工林に適さない場所にも拡大造林を進めたようなことだけは繰り返すべきではないだろう。とくに、これからは再生エネルギーの利用や脱炭素社会の構築ではことさら重要とされるので、その中心を担う国内の森林資源をできるだけ活用し、かつ長期的に維持していけるような森づくりを目指すことが大切と思われる。

（参考文献）

Abe T, Otani T, Kajimoto T (2022) Can treeshelter rescue reforestation under deer foraging pressure? Effects on seedling growth, protection, and decision making. J For Res 27: 169–170.

伊藤哲 (2016) 低コスト再造林の全国展開に向けて ―研究の現場から―. 山林 1586: 2-10.

壁谷大介・宇都木玄・梶本卓也 (2017) 日本国内におけるコンテナ苗植栽試験地に関するデータベース. 森林総合研究所研究報告 16 (3) :147-153.

梶本卓也・宇都木玄・田中浩 (2016) 低コスト再造林の実現にコンテナ苗をどう活用するか: 研究の現状と今後の課題. 森林学会誌 98: 135-138

梶本卓也 (2017) 再造林とコンテナ苗の活用 ―最近の実証研究事例からみた現状と今後の課題. 山林 1594: 2-10.

松田 修・小川健一・飛田博順・岩倉宗弘 (2019) 充実種子選別装置と高品質種苗の普及に果たすその役割. 森林遺伝育種 8 : 183-187. 中村松三・伊藤哲・山川博美・平田令子 (2019) 低コスト再造林への挑戦. 日本林業調査会.

大塚生美 (2023) ウッドショックと北東北地方の林業生産力. 林業経済研究 69 (1) :16-26.

斎藤真己 (2020) 休耕田を活用した無花粉スギコンテナ苗の省力的な水耕栽培技術. 森林学会誌 102:270-276.

寺岡行雄 (2022) 森林とサプライチェーンをつなぐ. 「森林列島再生論」(塩地博文ら編)、日経 BP、166-191.

宇都木玄・高橋誠・酒井武・重永英年・山川博美 (編) (2023) エリートツリーを活かす育苗と育林、施業モデル. 森林総合研究所第5期中長期計画成果 15.



新潟県のスギ再造林地のシカによる苗木被害 (新潟県・湯沢町、2022 年秋)

2-2-3 多様な森林管理に対応する森林情報整備と水土保持機能評価の融合にむけて

名古屋大学生命農学研究科 五味高志

はじめに

近年の極端気象などによる線状降水帯の発生、それに伴う洪水や土砂災害の発生、さらには土砂や流木流出による下流域の被害など、森林との関係が取り上げられ、森林の管理や水土保持機能が注目されている。これにより、国民が期待する森林の働きとしても、二酸化炭素の吸収による地球温暖化防止への貢献に並び、山崩れや洪水などの防止、水資源の機能など水土保持機能に関する点が上位を占める（林野庁、2023）。水土保持機能とは、森林の水源涵養機能や土壌の侵食防止機能や土砂災害防止機能により（五味, 2006）、森林を含む流域の健全な水循環、水質、さらには生態系サービスが提供されることである。これまで、日本の森林の歴史では、ハゲ山と森林地における水流出や土砂流出を比較することで、森林の存在することの重要性が示された（福嶋・鈴木、1986）。

ハゲ山と森林の対比は森林「土壌」の存在の重要性の認識につながった（中村、2004）。日本学術会議（2001）においても「土壌のはたらき」として、雨水が地中に浸透し、ゆっくりと水を流出することで、洪水の緩和、流量安定、水質調整の機能を定義している。すなわち、水土保持機能は、森林が、地上部のみではなく、地下部で土壌や岩盤へ水を浸透・貯留させることによって発揮される。土壌層が存在することで、土壌中の水はさらにその下部の岩盤へも供給されることが解明され（小杉、2013）、土壌そのものが流域全体の水循環に及ぼす効果の理解も深まった。

人工林の管理遅れなどによる過密林分の問題は、それにより木材利用の減少や林業従事者の減少、花粉症の増加などにより、注目されるようになった。これにより、人工林の管理に関する研究も進み、保育や管理が十分に行われないスギやヒノキ林における浸透能低下と土壌侵食（恩田、2008）、さらには表面流による流域の水流出についての知見が得られた。間伐等の施業を行った結果の水流出や土砂流出の変化についても知見が得られた（恩田・五味、2022）。シカの採食害による土壌侵食の問題も顕在化し、それによる表土侵食などの課題も明らかにされてきた（大平ら、2021）。表面流や土壌侵食の発生の問題では、林床植生や落葉被覆の有無が影響していることも明らかになった。それまでの樹木の有無や土壌に着目した水土保持機能の視点から、林床植生や落葉被覆の重要性などが加わり、森林の生態系サービスとしての総合的な視点が重要となっていった。すなわち、林床植生や落葉の被覆は、林冠⇒林床⇒土壌⇒岩盤といった森林の水文プロセス全体の中の土壌と森林を繋げる重要な要素として認識されるようになった（五味、2023）。

森林の水土保持機能の理解が進む一方で、森林の管理と水源涵養機能について、技術者・研究者・行政・市民が合意できる納得のいく標準化がなされていない点も古くから指摘されている（渡邊、1982）。指標化を行う上では、森林の空間的・時間的な広がりを考える必要がある。森林の水土保持機能の発揮は、流域（たとえば 1km² 以上）などのまとまった範囲が対象となる。近年、流域治水として、気候変動による水災害の増加に対応するための

総合的な治水対策も行われており、流域スケールで上流の森林域における水土保持機能の重要性が増している（国土交通省、2021）。流域治水のように災害対策や水資源管理を含める場合、多様な林分の存在とそれぞれの森林状態を考慮した水土保持機能評価が必要となる。

流域スケールでの森林の水土保持機能を評価する場合、多様な森林状態に加えて、多様な森林管理履歴や森林管理の方向性を考慮する必要がある。「森林経営管理制度」の導入による木材の利活用や保全とともに、育成単層林の複層林化や針広混交林化、など多様な目標林型を目指す管理が進められている（林野庁、2021）。また、群状間伐や列状間伐、保持林業（柿澤ら、2018）など、多様な施業が実施されている。加えて、水土保持機能の評価では、地域の環境に応じた森林の成立、水土保持において重要となる降雨や降雪・積雪量の地域間の違いなども考慮する必要がある（五味、2023）。そこで、本稿では、これらの課題解決にむけ、流域的視点での水土保持機能評価の取組について、森林状態と森林管理の指標と森林水文プロセス指標をつなげることやその課題と課題解決への展望を考えていく。

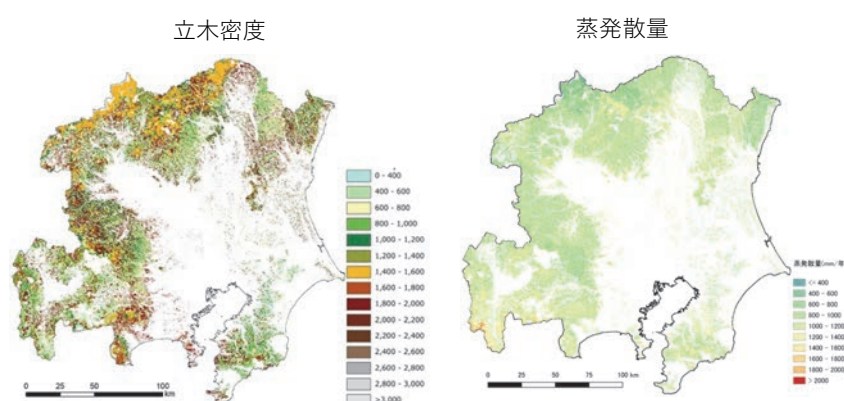
2. 森林の水土保持機能の解明と今日的課題

水源涵養機能を考える場合、森林の水の動きを構成する要素とその関連である「水文プロセス」を理解する必要がある。水文プロセスは、降雨量がどのように河川へ流出するかの過程（プロセス）であり、その間にはさまざまな要素や経路が存在する。森林に降った雨は、まず樹冠に到達し、雨水は葉に付着する。葉や枝に付着した雨水は、林冠を通過して林内雨（樹冠通過雨）となるもの、木の幹を伝い樹幹流となるものがある。また、樹冠に付着した雨水の一部は蒸発により大気に戻り、これを樹冠遮断と呼ぶ。林冠を通過した林内雨は、林床に到達する。森林斜面での浸透能（水が土壌へしみ込む量）は降雨に対して十分に高く、多くの雨水が土壌へ浸透していく。林床植生の繁茂した斜面では時間当たり 100～300mm の降雨が土壌へ浸透する（平岡ら、2010）。しかし、林床が裸地化している場合は、雨滴の衝撃が直接土壌に影響し、浸透能が低下する。土壌へ浸透した雨水は、土壌中の多様な「水みち」を移動する。大小さまざまな土壌中の孔隙は、降雨で供給された水に対して、それぞれの役割を持つ。降雨初期には小さな隙間に水が貯まる。土壌中の水の一部は、根系から樹木に吸収され、樹木の生育に必要となる「蒸散」に利用される。土壌中の水の一部は岩盤へ浸透し、より長い期間、山へ貯留される。土壌層が存在することで、土壌中を水がゆっくりと流れ、岩盤への浸透が促される。ただし、岩盤への浸透（基岩透水性）は、割れや風化の程度など地質に基づく岩盤構造により異なる。森林流域への降雨は河川への流出となる。

このような森林水文学の知見の積み上げには偏りもある。これまでの研究の多くは、スギやヒノキの人工林を対象としたものであり、広葉樹や落葉性針葉樹（カラマツ）などを含めた多様な林分への知見は相対的に少ない。また、既往研究の多くは、降雨を中心とした現象を対象としており太平洋側に偏在している。日本海側や北日本などで冬季に降雪や積雪が多い地域を対象とした知見は相対的に少ない。降雪や積雪量は融雪出水に影響するのみならず、下流域においては春の水田への水供給として農業生産で重要となる。これら

以上の課題を解決するためには、森林管理や保全による森林状態を考慮し、森林の水土保全機能の評価に向けて、森林管理で活用する指標と水文プロセスの評価指標を繋げるようなモデル構築が必要となる。たとえば、既往研究では、スギ・ヒノキ人工林の立木密度と遮断の関係を示し、森林管理と遮断量の変化を予測できる手法を構築（小松、2007）などあり、これらをさらに多様な林分へ拡張する必要もある。近年で、Inokoshi et al. (2023) は、多様な林分で構成される流域スケールでの蒸発散量推定を目的とし、樹高・立木密度・樹種（常緑針葉樹・落葉針葉樹・広葉樹）との関係を検討し、森林の水循環のうち遮断と蒸散についてモデルを構築した。加えて、降雨と降雪による遮断の違いも考慮することで、積雪地域における森林の水循環の評価が行えるようになった。このようなモデルから広域での蒸発散量評価を可能としている。

前述のモデルを活用して森林の水土保全機能の広域評価を実施するためには、森林情報の整備やその高度化、更新の必要性も高い。ここでは、森林簿と森



図ー2 関東圏の森林状態と蒸発散量の評価

林計画図を活用して推定した関東圏の森林の立木密度量と、その森林状態と前述のモデルを融合した蒸発散量評価のマップの作成例を示す（図ー2）。森林簿と森林計画図のポリゴンデータから針葉樹、広葉樹、落葉針葉樹の森林分類、林齢と密度の推定、各地点のアメダスにおける気象データ、地形による気温や降雨降雪量の補正などを加えることで、広域の森林状態と各地域における蒸発散量を 250m メッシュで計算している。これらの結果を、栃木県佐野市に位置する東京農工大学 FM 唐沢山や神奈川県東丹沢に位置する大洞沢の観測流域の実測値と比較して、計算結果と観測結果の整合性も確認できた。

しかし、森林情報については、より精緻化していく必要もある。たとえば、標準伐期齢を超えて高齢級化した林分に対して、従来の成長曲線の適応性の検証も必要である。また、航空機レーザー（LiDAR: Light Detection and Ranging）計測を用いた高分解能の森林実態調査技術の開発が行われており、それらの活用も重要である。森林簿や森林計画図の航空機レーザー計測データを統合していくことで、流域や地域などの広域スケールでの森林資源管理と森林の水土保全機能が可能となる。航空機レーザー計測では、樹高、立木密度、地形などの精密なデータを取得できることから収穫予測や林道の設置などもより高精度で検討できる。しかし、LiDAR 計測システムの導入と運用にはコストがかかること、大量のデータを処理し解析するためには専門的な技術者とソフトウェアが必要であることなど、導入と運用においては解決すべき課題が多い。

広域における森林の水土保持機能評価と森林の広域データの活用は、森林 DX や標準化の動向も合致する（森林 GIS フォーラム、2022）。森林管理や林業におけるデジタル技術の導入により効率的な森林管理、データ分析による資源の最適化、生態系サービスの評価などモニタリングや木材供給チェーンの最適化などが高度化できる。また、森林管理の将来シナリオによる森林の水循環の変化などにも活用可能であることから、地域の森林管理の方向性の検討や、流域スケールでのステークホルダーの合意形成にも有効である。国や都道府県のみならず、市町村レベルでも活用していける仕組みの構築が重要である。

まとめ

水源涵養機能を含む森林の公益的機能の評価では、森林科学としての総合力が必要である。多面的な機能を維持する森林計画の立案には景観レベルでのゾーニングも重要（光田ら、2014）であり、その方法論の確立のためにも森林情報と水土保持機能の融合が必要である。さらには、これらの計画を実現するためには、森林と水を対象とする研究者、森林管理や流域管理を対象とした研究者や技術者のコミュニケーションも重要である。研究や技術を社会実装するためには、森林科学としての総合力をもち、地域の森林や水資源管理の実情と課題を把握したフォレスター（鈴木、2023）の人材育成が必要不可欠となる。森林・林業基本計画における指針を実現可能とし、市町村レベルでも活用可能なツールの構築が急務である。

森林の水土保持機能の評価は、森林や林業、山地保全に限らず、より広い地域でニーズがあることも今後の展望として重要である。たとえば、地震や土砂災害時に断水が発生し、それは数週間から1ヶ月以上継続することもある。その間の生活用水の確保などは、河川水の水供給とも関連する（島谷ら、1997）。現在は、中山間地域をはじめ各地域に水道設備が整備されているが、それまでは各地域の水源としては、森林流域からの水流出（渓流水）などが小規模水道施設（簡易浄水など）として管理されてきた。このような水資源の管理を行うことは、地域住民にとってはその水の源である森林の管理についても同時に考えていく機会でもあった。すなわち、地域の共有資源（コモンズ）として、森林と水が連携していた。このような仕組みの価値の重要性を再度認識しつつ、今後、レジリエントかつ持続的な地域社会を考えていく際には、本稿で述べたように、森林情報と水土保持機能を融合させ、デジタル情報なども活用しながらこれらを見える化し、地域主体での森林管理や木材利用を推進していくことが重要である。

引用文献

- 福嶋義宏・鈴木雅一. 1986. 山地流域を対象とした水循環モデルの提示と桐生流域の10年連続日・時間記録への適用 京都大学演習林研究報告 57: 162-185.
- 五味高志. 2006. 土壌侵食と森林—森林斜面から流域の視点へ—. 森林科学, 47, 10-14.
- 五味高志. 2018. これまでの森林水文観測と今後. 水文・水資源学会誌, 31(6), 560-567.
- 五味高志. 2023. 森林の水源涵養機能評価の今日的課題と展望, 森林技術 975, 2-7.

- 平岡真合乃・恩田裕一・加藤弘亮・水垣 滋・五味高志・南光一樹. 2010. ヒノキ人工林における浸透能に対する下層植生の影響. 日本森林学会誌 92: 145-150.
- Inokoshi S, Gomi T, Chiu CW, Onda Y, Hashimoto A, Zhang Y, Saitoh TM. 2023. A watershed-scale evapotranspiration model considering forest type, stand parameters, and climate factors. *Forest Ecology and Management*, 547, 121387.
- 柿澤宏昭・山浦悠一・栗山浩一. 2018. 保持林業 一木を伐りながら生き物を守る－. 築地書館.
- 小松光. 2007. 日本の針葉樹人工林における立木密度と遮断率の関係. 日本森林学会誌, 89(3), 217-220.
- 小杉賢一朗. 2013. 森林で覆われた山が水を蓄える仕組み. 森林技術 6月号. 2-6.
- 国土交通省. 2021. 流域治水の基本的な考え方.
- 恩田裕一編. 2008. 人工林の荒廃と水土砂流出の実態. 岩波書店. 245p.
- 恩田裕一・五味高志編. 2022. 水資源対策としての森林管理 大規模モニタリングデータからの提言. 東京大学出版会. 260p.
- 大平充・五味高志・内山佳美. 2021. シカの食害が山地流域からの流出土砂量に及ぼす影響. 砂防の観測の現場を訪ねて 2. 砂防学会編.
- 三浦寛. 2014. モントリオール・プロセスの活動における森林の土壌の維持保全機能に関する指標強化の提案. 海外の森林と林業, 90, 14.
- 光田靖・伊藤哲・家原敏郎. 2013. モントリオール・プロセスの枠組みに対応した広域スケールにおける森林の再配置手法の検討. 景観生態学, 18(2), 123-137.
- 日本学術会議. 2001. 地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について (答申). 112pp.
- 中村太士. 2004. 森林機能論の史的考察と施業技術の展望. 森林技術 No.753. 2-6.
- 林野庁. 2021. 森林経営管理法 (森林経営管理制度) について
- 林野庁. 2023. 平成 4 年度版森林・林業白書.
- 鈴木春彦. 2023. 地域森林とフォレスタ：市町村から日本の森をつくる. 築地書館. 176pp.
- 島谷幸宏・保持尚志・萱場祐一・房前和朋. 1997. 兵庫県南部地震時における水利用実態と河川水利用の可能性に関する研究. 土木学会論文集, (580), 1-8.
- 森林 GIS フォーラム. 2022. 森林資源データ解析・管理標準仕様書.
- 渡邊定元. 1982. 森林施業と水源かん養機能. 林業技術 485. (8月号) 7-13.

2-2-4 今後の森林整備事業の推進と林業労働の安全化

東京農工大学大学院農学研究院 松本 武

I. はじめに

森林・林業白書（林野庁 2023）によれば現在，我が国の森林資源は利用適期を迎えた林分が半数を超え，ここ 10 年間の木材生産量は増加傾向にある。間伐面積は減少傾向にあるが，造林面積は増加傾向にあり，山行苗木生産量も増加傾向にある。苗木生産量の増加は主伐・再造林の増加を反映しているものと考えられる。

これらの情勢を反映し，あるいは今後の展開を含め，筆者が所属する森林利用学会においても従前からの森林整備関連の研究に加え，再造林に関する研究例が増加傾向にある。表 - 1 は過去五年間の森林利用学会における，森林整備事業に関連が深い研究発表タイトルの一覧を示したものである。これらの一部は森林利用学会誌等の学術雑誌に論文として掲載されたものもあるが，大部分は萌芽的研究，継続研究，問題提起等の要素が強いため公刊されていない。しかしながら，継続研究も含めて学会での研究発表は，森林・林業界の趨勢，問題意識，要望あるいは将来の先取り等の現時点でのトレンドを示していると考えられる。そこで，本稿では表 - 1 の研究からピックアップし，近年の森林整備，労働安全に関する研究のトレンドおよび今後の方向性を論考する。

II. 造林に関する研究動向

造林に関しては主伐・再造林の一貫作業システムに関連した研究（大矢ら 2019，山田ら 2019，大塚ら 2021，今岡 2022，今岡ら 2023，大矢 2023，山田ら 2023）が目立つ。この一貫作業システムの過程の一部である，機械地拵え⇒植栽に関して，機械地拵えは省力化・低コスト化につながり，効果が高いことが指摘されている（大矢ら 2021）。一方，植栽に関しては一貫作業システムではコンテナ苗が用いられることが多い。コンテナ苗生産量は近年急速に増加しており，2021 年には山行苗木生産量に占めるコンテナ苗生産量は 1/4 を超えた。コンテナ苗は植え付けが迅速に行え，筆者らの調査でも林業従事経験 1 年未満の技術者が 1 日当たり 400～500 本の植栽実績（未発表）を示すように植栽効率は良い。その反面，執筆時点では裸苗に比べてコンテナ苗の価格が高く，機械地拵え⇒植栽において，裸苗を植栽した方がコンテナ苗より低コストであったという調査例（大矢ら 2021）も示されている。また，コンテナ苗は，植付機械による機械植栽作業（山田ら 2023）が可能であり，植栽作業の省力化が期待されている。ただし，前述したとおり，人力によるコンテナ苗植栽は生産性が高く，機械植栽作業はオペレータのコストに機械コストが加わるため，現時点では人力作業よりも高コストである。また，コンテナ苗により植栽時期が伸びたとはいえ，それでも時期が限定されるため，植栽機械の稼働時間も制限され，結果機械コストの低減には限界がある。打開の方向性としては機械植栽作業の自動化（山田ら 2023）および夜間作業の導入による稼働率の向上が考えられるが，後者については中期的な目標になると

思われる。また、植栽作業は他の林業作業に比べるとリスクが低く、労働災害も少ないため、安全化のための機械化というインセンティブは働きにくい。そのため、省力化＝効率化ではなく、省力化＝労働負担の低減の方向での知見が待たれる。この点に関しては、前述の筆者らのコンテナ苗植栽作業調査では労働生産性に加え、労働負担を心拍と作業姿勢の面から現在解析中である。

また植栽後の育林については下刈り作業の省力化（大矢ら 2021）、機械化（山田ら 2021, 今岡ら 2023）、安全化（伊藤ら 2021）に関する研究発表があった。近年、夏場の気温は上昇傾向にあり、炎天下での下刈り作業の労働負担は高い。あらためて、現在における下刈り作業の労働負担について、評価しなおす必要があると考えられる。また高温化により熱中症リスクが極めて高くなっている。実際に、下刈り作業時の熱中症による死亡災害も発生しており（林業・木材製造業労働災害防止協会 2024）、下刈り作業の機械化・省力化は作業の安全化に喫緊の課題と言える。さらに、下刈り作業の死亡災害は伐倒・造材作業に比べて少ないが、傷害まで含めた死傷災害で見ると、全労働災害の 1 割を下刈り作業が占めており（松本 2020）、前述の熱中症に加え、けがの発生を抑制し、作業の安全化を実現するためにも下刈り作業の減少・機械化については引き続き更なる研究の展開が望まれる。

Ⅲ. 路網・木材生産に関する研究動向

路網・木材生産については路網に関する研究が中心となり、締固め（石川ら 2021, 國分ら 2022, 2023, 鈴木ら 2022, 2023）、維持管理（新田ら 2019, 生駒 2020, 長谷川ら 2020, 矢部 2021, 長谷川ら 2022）への関心が高い。森林作業道の作設はバックホウにより行われ、履帯の往復による締固めが標準的工法とされている。しかしながら、筆者自身の作業道開設時の体験として、使用するバックホウのサイズに合わせた道幅で開設を行うと、履帯による締固めは行いにくいことが多く、バケットでの転圧を行わざるを得ない場面に多々遭遇し、履帯による締固めよりもバケットによる締固めの方が良いというのが自身の実感であった。また、実際の作設現場においてもバケットによる締め固めの場面をよく見る。そこで、筆者の研究室でバケットによる締固め力を計測したところ、履帯の締固め力を上回り、ロードローラ等の締固め機械に匹敵する締固め力を得られることが明らかとなった（國分ら 2023）。筆者の所属する大学演習林の非常に古いバックホウを利用したため、一般的に開設に使用されているバックホウの締固め力はもう少し強いことが予想されること、また締固め力の計測にプレスケールという圧力感応シートを使用したため圧力の範囲は得られても数値は得られていない。そこで、今後現行の数機種と大容量ロードセルを用いた締固め力の評価を行う予定であり、この成果は、履帯による締固めを上回る、より強靱な森林作業道開設工法の提案が可能となる。

路網の第一義的な機能は、木材を生産・収穫するための作業基盤であるが、これは別の言い方をすれば、路網を介して機械力を林内にもたらし機能ということでもあり、路網密度が増えるほどこの機能は高くなる。極端な例としては、到達距離 15m のロングリーチハーベスタと 350m/ha の路網の作業システムでは大方の立木はハーベスタに

より伐倒造材可能となり、死亡災害の6割を占めるチェーンソー伐倒・造材作業の労働災害発生リスクは限りなく低くできる。ここまでの高密路網システムでなくても車両系の作業システムに必要な路網が整備されていれば、死亡災害の2割程度を占めるかかり木（松本 2020）が発生しても機械力による処理が容易となり、浴びせ倒し、元玉切り、放置等の禁止されているかかり木処理方法による労働災害減少に寄与する。

Ⅳ．林業労働安全に関する研究動向

林業労働安全に関するおもな研究は、伐倒技術（開地ら 202、中田ら 20221、山田ら 2022）、安全管理（山田ら 2020、齋藤ら 2022、山口ら 2023）であった。また、造林の項で述べたように、下刈りの省力化や機械化も林業労働安全と密接に関連する。

事業体では、作業前ミーティングの実施率は高いが、安全活動の実施状況と災害発生率との関係では、実施率の高い事業体は死傷年千人率が低い傾向にあるものの、ばらつきがあることが指摘されている（齋藤ら 2022）。また、林業労働災害の経済損失を試算した研究では、最大で数億円単位の損失が発生することが報告されている（山口ら 2023）。

伐木・造材の死亡災害をみると、前述のかかり木の他に、伐倒方向のずれ、安全確認の不足が多く、他者を巻き込む等の事例も多い（松本 2020）。これらの労働災害は正しい伐倒技術（開地ら 2022、中田ら 2022、山田ら 2022）、安全確認（齋藤ら 2022）により防ぐことができる。これらを業界全体に浸透させるためには、1 つには、現在 24 校を数える林業大学校等による就業前の 1 年もしくは 2 年単位での時間をかけた教育に期待したい。もう 1 つは、現在林業を新たな職種として追加するために体制整備中の技能検定制度であり、技術者が正しい知識・技術を有しているかを可視化することで、業界内部からの体質改善が期待できる。また、林業大学校による教育も、例えば、技能検定制度が動き出すことで、卒業時のレベルを基礎級もしくは 3 級程度等に達成目標を統一できると考えられる。

Ⅴ．おわりに

最近の森林利用学会で関心を集めているトピックスは、一貫作業システム、下刈の省力化、作業道の工法、路網の維持管理、伐倒技術、安全管理であった。また、本文では触れなかったが、急斜地が多い我が国においては、架線系（竹嶋ら 2019、吉村ら 2023、他に皆伐を対象にしたもの等数件）に加え、新たな技術としてウィンチアシストに関する報告（倉本ら 2023）もあった。これらは傾斜を克服し、林業を成立せしめるための技術であり、かつ、急斜地という「不安全的な状態」での作業環境の改善による安全化に寄与する研究でもあるため、引き続き今後の研究の継続と発展が望まれる。

引用文献（ここに掲載されていないものについては表-1 中の研究である。）

松本 武（2020）森林作業の安全（吉岡拓如編『森林利用学』246pp 第 7 章：99 - 114）。丸善書店、東京。

林業・木材製造業労働災害防止協会（2024）林業労働災害（死亡災害）速報一覧.
<https://www.rinsaibou.or.jp/disaster/ringyo.html>（2024 年 1 月 25 日参照）.

林野庁（2023）令和 4 年度森林・林業白書.

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/r4hakusyo/index.html>
（2024 年 1 月 25 日参照）.

表 - 1 過去 5 年の森林利用学会学術研究発表集会における造林・森林整備関連研究

年	タイトル	著者*
2019	下線システムの間伐作業による残存木損傷の回復状況および損傷部位の内部変色	竹嶋ら
	岩手県におけるホイールタイプハーベスタによるCTL作業システムの生産性	羽柴ら
	作業道開設後の林内植生及び林冠状況の変化について	野口ら
	刈払機の飛散物防護カバーの改良	伊藤ら
	UAVを活用した将来木施業の管理手法の開発	木村ら
	設置条件を考慮した林道災害復旧費予測モデルの構築に向けた検討	渡部ら
	森林作業道の路体強度と表層地質との関係	石川ら
	森林作業道開設オペレータの注視点分析	松本ら
	機械学習を用いた定性的間伐における伐採木の選定	図子
	機械地拵えによる競合植生の抑制効果と下刈り回数の削減	大矢ら
	新植造林地におけるクラッシャ下刈り作業の試み	山田ら
	短伐期ヤナギの収穫、運搬、チップ化の実証試験	佐々木ら
2020	無線による近接警報装置の開発	山田ら
	防護具切断試験のソーチェーン張り調整に関する考察	松村
	岩手県における林業労働災害の経年変化と要因分析	斎藤
	森林作業道を対象とした道路損壊の実態把握	生駒
	作業道における開設単価と維持管理費、および総費用に関する一考察	長谷川
	素材生産の生産性に関する諸考察	鈴木
2021	地上レーザ計測を活用した施業集約への取組	山田ら
	天然更新のみによる再造林不要な面積の概数	大塚ら
	自治体の例規に見る林道事業の受益者負担金	松本
	宮崎県北西部における地形の複雑さと路網の関係	櫻井
	機械地拵えを活用した新たな初期保育作業体系の提案	大塚ら
2022	チェーンソーの伐倒時間に影響する諸因子の研究	開地ら
	低コストな土圧の多点同時計測システムの実現可能性	鈴木ら
	小型油圧ショベルに相当する接地圧で静的に締固めた際の締固め特性と土の透水性	國分ら
	UAV の飛行高度と苗木サイズが空撮画像による苗木の判別可否に与える影響について	今岡
	カラマツ人工林の更新コストはどこまで下げられるか	大矢
	林内ドローンSfM による作業道補修工事における土工量の計測	長谷川ら
	路網開設効果に対象林分の面積が与える影響	金丸ら
	安全活動実施状況と労働災害発生率の関係について～岩手県の認定事業体を対象として～	斎藤ら
	地上レーザを活用した原木換算による生産予測	山田ら
	チェーンソー使用時の作業姿勢に関する研究	山田ら
	チェーンソーの水平把持精度の現状把握	中田ら
2023	基幹路網計画のための空間単位の検討	渡部ら
	油圧ショベルのパケットを用いた動的な転圧の力	國分ら
	根株などの異物が混入した森林作業道の盛土内部の土圧分布	鈴木ら
	日本の林業における安全対策の経済的評価	山口ら
	広葉樹資源管理及び施業のための3次元点群データを利用した広葉樹形状計測手法に関する考察	坪田ら
	植栽パターンと切株破碎方法が下刈り機械の稼働面積に与える影響	今岡ら
	再造林地で発生するD材の収集コスト	大矢
	自動植付機への植栽位置誘導装置の実装	山田ら
	森林資源調査手法の違いによる調査コストと、原木換算による生産予測の比較	山田
	ゲームエンジンと深層学習を用いた立木の検出	中込
	架線系集材の特性分類と生産性	吉村ら
	国産型ウィンチアシストシステムによる車両機の傾斜地走行前後のカラマツ人工林の黒色土の土壌硬度と含水率の変化	倉本ら

*：著者が 2 名以上の場合は「～ら」と表記した。

皆伐作業に関連する研究は含まれない。

3 次期計画における成果指標の見直し及び新たな候補等の検討

3-1 現行計画における成果指標の達成状況

図表3-1-1は、現行計画における成果指標の達成状況を整理したものである。

「①市町村森林整備計画等において水源涵養機能維持増進森林及び山地災害防止機能／土壌保全機能維持増進森林に区分された育成林のうち、土壌を保持する能力や水を育む能力が良好に保たれていると考えられる森林の割合」については、達成率が50％程度と推定されている。達成率が低くなった要因は、育成単層林スギの齢級が進んだことから間伐面積が想定よりも少なくなったこと等が想定される。

その他の指標は、令和4年度において70％以上の達成率となっており、概ね良好な達成状況と推定される。

図表3-1-1 森林整備保全事業計画成果指標達成状況一覧表

(林野庁資料より)

現行計画の 基本的な視点	成果指標	R5目標値に対するR4時点の進捗状況			
		基準値	R4見込み	目標値	R4時点の進捗率
安全・安心な国土の 形成への寄与	① 土壌を保持し水を育む能力が良好に保たれている森林の割合	54.5%	64.8%	74.5%	▶ 進捗率51%
	② 周辺の森林の山地災害防止機能等が適切に発揮された集落の数	56.2千集落 ※H30年時点	57.7千集落	58.6千集落	▶ 進捗率63%
	③ 海岸浸食や病害虫からの森林の保全等を行った海岸防災林や防風林などの延長	8.7千km ※H30年時点	8.9千km	9.0千km	▶ 進捗率98%
多様なニーズへの 対応	④ 公益的機能の一層の発揮のため育成複層林に誘導することとされている育成単層林のうち、育成複層林に誘導した森林の割合	1.9% ※H30年時点	2.9%	2.9%	▶ 進捗率100%
	⑤ 育成単層林の齢級構成の偏り(齢級別面積の分散)の改善進捗度	(0%) ※H29年時点を基準	33.5%	26% ※R4年時点の値	▶ 進捗率129%
持続的な森林経営 の推進	⑥ 木材として安定的にかつ効率的な供給が可能となる育成林の資源増加量	(0m ³) ※H30年時点を基準	2億7千万m ³	3億8千万m ³	▶ 進捗率70%
	⑦ (ア) 育成単層林の1齢級面積目標達成度	(0%) ※H30年時点を基準	76%	100%	▶ 進捗率76%
	⑦ (イ) 人工造林面積のうちコストの低減を図る取組を実施した面積の割合	22% ※H29年時点	51%	44%	▶ 進捗率132%
山村地域の 活力創造への寄与	⑧ 森林資源をより積極的に利用するようになった都道府県数	(0都道府県) ※H30年時点を基準	43都道府県 ※R3年時点	47都道府県	▶ 進捗率91%
※進捗率の計算 $\text{進捗率} = \frac{\text{R4見込み}-\text{基準値}}{\text{目標値}-\text{基準値}} \quad \text{ただし、成果指標③のみ} \quad \text{進捗率} = \frac{\text{R4見込み}}{\text{目標値}}$ (⑤⑥⑦(ア)⑧は、基準に対する増加量为目标としているので、基準値は便宜上0としている。)					

3-2 次期計画における成果指標の見直しの考え方

図表3-2-1は、新たな全国森林計画に即し、その他関係する計画の策定・更新状況を踏まえ、新たな計画期間に応じた成果指標として、現行成果指標と対比した表である。

図表3-2-1 成果指標の新旧対比表

現行成果指標	次期成果指標（案）
目標（1）安全で安心な暮らしを支える国土の形成への寄与 ① 土壌を保持し水を育む能力が良好に保たれている森林の割合 森林資源の成熟に伴い再造林の指標と統合 ② 周辺の森林の山地災害防止機能等が適切に発揮された集落の数 集落の消滅などの影響を考慮 ③ 海岸侵食や病害虫からの森林の保全等を行った海岸防災林や防風林などの延長	目標（1）安全で安心な暮らしを支える国土の形成への寄与 ① 周辺の森林の山地災害防止機能等が適切に発揮された集落の数 （一部見直し） ② 防災機能の発揮の観点から森林の保全等を行った海岸防災林や防風林などの延長
目標（2）生物多様性保全等のニーズに応える多様な森林への誘導 ④ 育成複層林に誘導することとされている育成単層林のうち、育成複層林に誘導した森林の割合 ⑤ 育成単層林の年齢構成の偏りの改善度合い 適切な再造林が年齢構成の偏りの改善を促すことから、再造林の指標と統合	目標（2）国民の多様なニーズに応える森林への誘導 ③ 育成複層林に誘導することとされている育成単層林のうち、育成複層林に誘導した森林の割合 ④ スギ人工造林面積に占める花粉の少ないスギ苗木植栽面積の割合 花粉症対策に関する指標を新設
目標（3）持続的な森林経営の推進 ⑥ 木材の安定的かつ効率的な供給に資することが可能となる育成林の資源量 ⑦（ア）育成単層林の1 齢級面積目標達成度（再造林の達成度） 再造林に加え間伐による健全な森林への誘導も評価 ⑦（イ）人工造林面積のうちコストの低減に取り組んだ造林面積の割合	目標（3）森林資源の循環利用を通じた持続可能な社会の実現への寄与 ⑤ 木材の安定的かつ効率的な供給に資することが可能となる育成林の資源量 ⑥ 持続的かつ適切な森林経営による健全な森林への誘導率 （一部見直し） ⑦ 人工造林面積のうちコストの低減に取り組んだ造林面積の割合
目標（4）山村地域の活力創造への寄与 ⑧ 森林資源を積極的に利用するようになった都道府県数 2つあった基準を統一し、より野心的な目標値に修正	目標（4）山村地域の活力創造への寄与 ⑧ 森林資源を積極的に利用するようになった都道府県数 （一部見直し）

3-3 次期計画における成果指標（案）

次ページ以後は、前述の「次期計画における成果指標の見直しの考え方」に基づき、成果指標案別に個別表として以下の項目別に整理したものである。

- ① 成果指標
- ② 指標の考え方
- ③ 指標の算定方法
- ④ 関連する事業量
- ⑤ 達成度合いの算定方法

次期計画の成果指標(案)

(事業の目標：安全で安心な暮らしを支える国土の形成への寄与)

山崩れ等の復旧と予防

(NO. 1)

成果指標①	山地災害危険地区における保安林又は保安施設地区に指定された地区において、一定の治山対策を実施することにより、周辺の森林の山地災害防止機能等が適切に発揮される集落の数を増加させる。 現状値 約 58,100 集落 (R5) → 目標値 約 60,500 集落 (R10)
指標の考え方	【考え方】 ・ 集落周辺に存する山地災害危険地区※のうち、現に荒廃がみられ、又は保全対象の人家や公共施設に影響を与えるおそれがあるなど防災上特に緊急性、必要性の高い地区について、今後5年間で治山対策の概成又は一部概成を図り、山地災害防止機能等の確保を図る。 ・ その他の集落の周辺森林においても、必要に応じ、治山対策の実施を進めるとともに、新たな箇所が発生した山地災害については、早期に復旧事業を実施する。 ・ また、山地災害危険地区に係る情報の提供等を通じ、地域における避難体制の整備等のソフト対策との連携を図り、地域の安全性の向上に努める。 ※山地災害危険地区： 地形・地質条件等から、山腹崩壊、地すべり等の山地災害が発生する可能性を潜在的に有していると判断され、かつ人家等の保全対象を有する地区 【現行の成果指標との相違点】 目標値の算定について、近年の山地災害の発生状況や集落の再編・消滅などの自然的・社会的情勢の変化等を反映。
指標の算定方法	【現状値の算定方法】 山地災害危険地区における治山対策の実施（概成又は一部概成）により、周辺の森林の山地災害防止機能/土壌保全機能等が適切に発揮された集落数を、都道府県及び森林管理局を通じて調査。 (山地災害発生により一部概成未済となった地区に係る集落数については、マイナスカウントのうえ集計。)

	【目標値の算定方法】 令和5年10月に策定した全国森林計画に掲げる「治山事業施行地区数」を達成した場合に保全される集落の数を推計。その際、集落の再編・消滅などの社会的情勢の変化を考慮して目標値を算定。 ＜算出式の概要＞ 集落数の増加分の基礎値（ア）＝$A \times B \times C \div D$ 集落数の増加分＝（ア）のうち過疎地域における集落相当数（イ） ＋（ア）のうち過疎地域以外における集落相当数（ウ） A 全国森林計画に掲げる治山事業施行地区数 33,600 地区（林班） B 1 林班あたりの治山対策実施箇所数 3（箇所／林班） C 全国森林計画 15 年間のうち 5 年間 5 年／15 年 D 1 集落の増加に必要な治山対策実施箇所 13.5（箇所／集落） ※B及びDは平成25～29年度の実績参照 （ア） 2,489 集落 （イ）（ア）×過疎集落率（0.824）×過疎地域における集落の増減率（0.994） ×過疎地域における集落消滅（無人化）可能性率（0.975） 1,988 集落 ※「過疎地域等における集落の状況に関する現況把握調査報告書」（令和2年3月総務省）参照 （ウ）（ア）－（（ア）×過疎集落率（0.824）） 438 集落
	【当該年度実績値の算定方法】 現状値の算定方法と同一。
関連する事業量	集落や市街地周辺に存する山地災害危険地区等における治山対策の実施 33,600 箇所
達成度合いの算定方法	達成度合（％）＝$(A - B) \div (C - B) \times 100$ A：当該年度実績値 B：R5 現状値（58.1 千集落） C：R10 目標値（60.5 千集落）

次期計画の成果指標(案)

(事業の目標：安全で安心な暮らしを支える国土の形成への寄与)

飛砂害、風害、潮害等の防備

(NO. 2)

成果指標②	海岸防災林等の延長約 9,000km について、特に津波等に対する防災機能の発揮が必要な森林を保全することなどにより、海岸防災林等の防災機能が維持・発揮され、近接する市街地、工場や農地などを保全する。
指標の考え方	【考え方】 - 海岸防災林等は、海岸の白砂青松や緑豊かな景観の形成等のみならず、飛砂害、風害、潮害等から集落や農地等を保護するなど、地域の安全・安心の確保に寄与することから、適切に保全を図る。 - 海岸防災林は、津波エネルギーの減衰や到達時間の遅延、漂流物の捕捉に一定の効果をもつことを踏まえ、津波に対する多重防御の一つとして、積極的にその整備・強化を図る。 【現行の成果指標との相違点】 現行指標は全国の海岸防災林等を対象としているが、次期指標では、これらのうち、特に津波等に対する防災機能の発揮のために保全が必要な海岸防災林等を重点的に対策。
指標の算定方法	【現状値の算定方法】 特に津波等に対する防災機能の発揮のために保全が必要な海岸防災林等（飛砂防備、防風、潮害防備、防雪、防霧保安林）の延長を都道府県及び森林管理局を通じて調査 【目標値の算定方法】 - 気象害等により機能低下した海岸防災林等の復旧・整備等による既存の海岸防災林等の適切な保全とともに、特に津波等に対する防災機能の発揮が必要な森林を保全することを目指す。 - 東日本大震災により被災した海岸防災林の再生については、引き続き、復旧工程表に基づく（福島県のみ）。※残延長約 3 km（令和 5 年 9 月末時点） - 事業量の目標値は、過去の事業実績及び東日本大震災により被災した海岸防災林の復旧計画分を踏まえて算定。 【当該年度実績値の算定方法】 防災機能が発揮されている海岸防災林等の延長（km） $= A - B + C$ A：海岸防災林等の延長 9,000km B：気象害等により機能低下した海岸防災林等の延長 C：Bのうち治山事業等により復旧・整備された延長 ※B、Cは都道府県・森林管理局を通じた調査により把握。

関連する事業量	特に津波等に対する防災機能の発揮が必要な海岸防災林等の復旧・整備 約 100km
達成度合いの算定方法	達成度合（％）＝ $A \div B \times 100$ A：当該年度実績値 B：海岸防災林等の延長 9,000km

次期計画の成果指標(案)

(事業の目標：国民の多様なニーズに応える森林への誘導)

複層林化の推進

(NO. 3)

成果指標③	育成複層林に誘導することとされている育成単層林のうち、育成複層林に誘導した森林の割合 現状 1.5% (R5) → 目標値 4.3% (R10)
指標の考え方	【考え方】 成長量の低い森林等の条件不利な育成単層林について、公益的機能の一層の発揮のため、全国森林計画に基づき、受光伐や誘導伐等により育成複層林へ誘導した森林の割合を評価するもの。 【現行の成果指標との相違点】 現行指標では、森林・林業基本計画（平成 28 年 5 月 24 日閣議決定）における指向する森林の状態に向けた誘導面積 350 万 ha を分母としていたが、本計画では森林・林業基本計画（令和 3 年 6 月 15 日閣議決定）における指向する森林の状態に向けた誘導面積 340 万 ha に更新している。 また、現行指標においては、H27 (1,027 万 ha) を 0% (H28 森林・林業基本計画の現況) としていたが、R2 (1,013 万 ha) を 0% (R3 森林・林業基本計画の現況) として設定。
指標の算定方法	【現状値の算定方法】 340 万 ha の育成単層林のうち、育成複層林へ誘導した森林の割合 (%) $= (A - B) \div C \times 100$ A : R2 年度の育成単層林面積 1,013 万 ha (R3 森林・林業基本計画から推計) B : R5 年度の育成単層林面積 1,008 万 ha (全国森林計画から推計) C : 育成複層林に誘導すべき面積 340 万 ha =1.5% 【目標値の算定方法】 340 万 ha の育成単層林のうち、育成複層林へ誘導した森林の割合 (%) $= (A - B) \div C \times 100$ A : R2 年度の育成単層林面積 1,013 万 ha (R3 森林・林業基本計画から推計) B : R10 年度の育成単層林面積 998.4 万 ha (全国森林計画から推計) C : 育成複層林に誘導すべき面積 340 万 ha =4.3% 【当該年度実績値の算定方法】 340 万 ha の育成単層林のうち、育成複層林へ誘導した森林の割合 (%) $= \{A - (B - C)\} \div D \times 100$

	A : R2 年度の育成単層林面積 1,013 万 ha B : R5 年度の育成単層林面積 1,008 万 ha C : 当該年度までの誘導済面積 D : 育成複層林に誘導すべき面積 340 万 ha
関連する事業量	複層林・針広混交林等の造成を目的とした誘導伐等 約 9.3 万 ha
達成度合いの算定方法	達成度合（％）＝（A－B）÷（C－B）×100 A : 当該年度実績値（％） B : R5 現状値 1.5% C : R10 目標値 4.3%

次期計画の成果指標(案)

(事業の目標：国民の多様なニーズに応える森林への誘導)

花粉発生源対策の加速化

(NO. 4)

成果指標④	スギ人工造林面積に占める花粉の少ないスギ苗木植栽面積の割合 現状値 50% (R3) → 目標値 70%
指標の考え方	【考え方】 ・ 過剰伐採による国土荒廃等を招かないように注意しながら、人工林の伐採と花粉の少ない苗木による植替えを進めていく必要性を踏まえ、花粉の少ないスギ苗木による人工造林の進捗を測るもの。 ・ 本年に花粉症に関する関係閣僚会議が開催され、また同会議の中で公表された着「花粉症対策初期集中対応パッケージ」の中でも、スギ人工林の伐採・植替えの加速化を掲げていることから、本指標でもスギに重点を置いた指標とした。
指標の算定方法	【現状値の算定方法】 現状値の割合については、花粉の少ないスギ苗木の生産本数と植栽面積の割合は概ね同様になると考え、現在の花粉の少ないスギ苗木生産割合をもとに推計（実績値は都道府県からデータを集計することにより把握）。 【目標値の算定方法】 花粉の少ないスギ苗木生産割合を、現行の5割から10年後に9割以上に引き上げる（花粉症対策初期集中対応パッケージ）ことを踏まえ、R10年までに70%とすることを旨とする。 【当該年度実績値の算定方法】 花粉の少ないスギ苗木の植栽面積を、スギ人工造林面積で除して算出。 ＜算出式の概要＞ $\text{スギ人工造林面積に占める花粉の少ないスギ苗木植栽面積の割合（％）} = A \div B \times 100$ A：当該年度における花粉の少ないスギ苗木の植栽面積 B：当該年度におけるスギ人工造林面積
関連する事業量	間伐や人工造林の実施 約 253 万 ha
達成度合いの算定方法	$\text{達成度合（％）} = (A - B) \div (C - B) \times 100$ A：当該年度実績値（％） B：R3 現状値 50% C：R10 目標値 70%

次期計画の成果指標(案)

(事業の目標：森林資源の循環利用を通じた持続可能な社会の実現への寄与)

森林資源の循環利用の促進

(NO. 5)

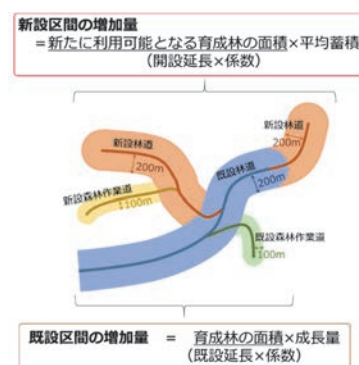
成果指標⑤	森林施業の集約化や機械化に必要な林道等の林業基盤の整備により、木材の安定的かつ効率的な供給に資することが可能となる育成林の資源量を増加させる。 現状値 約 21 億 7 千万m^3 (R5) → 目標値 約 25 億 5 千万m^3 (R10)
指標の考え方	【考え方】 ・ 森林施業を効率的かつ効果的に実施するためには、路網と高性能林業機械を組み合わせた低コスト・高効率な作業システムの整備、普及及び定着を推進することが重要。路網整備により高性能林業機械の導入が進むことは労働安全にも寄与。 ・ この場合、林道（林業専用道を含む。以下「林道等」という。）と森林作業道を適切に組み合わせ、移動時間の短縮を図るとともに、高性能林業機械等の効率的な稼働を行える条件を整備することが必要。 ・ このため、育成林を対象に、間伐等の森林施業に必要な林内路網を整備し、高性能林業機械との組合せによる効率的な作業が可能となる資源量の増加を図ることを指標とする。 ・ 併せて、既設林道については、改築・改良により質的な向上を図る。 【現行の成果指標との相違点】 現行指標では、育成林の資源量の増加量を指標としていたが、わかりやすさの観点から育成林の資源量の総量を指標として設定。 (参考掲載)【成果指標の変更経緯】 ・ H30 までの指標では、森林作業道は「小型トラックが通行可能な森林作業道」のみを対象とし、育成林は「小型トラックが通行可能な森林作業道」から 200m 以内のものを対象。また、係数は H15 年に調査し算出したものを使用。 ・ R1 以降の指標では、森林作業道の全線を対象とし、育成林は森林作業道から 100m 以内（中傾斜地における車両系の最大到達距離の最大値）のものを対象。また、係数は、H28 年に調査し算出したものを使用。
指標の算定方法	【現状値の算定方法】 毎年開設する路網及び既設の路網に係る、 ① 林道等から 200m 以内の育成林の資源量 ② 森林作業道から 100m 以内の育成林の資源量 を推計し、供給可能となる資源量を算出。 ＜算出式の概要＞ 木材の安定的かつ効率的な供給に資することが可能となる育成林の資源量 (m^3) $= A \times C + B \times C$ A：林道、林道専用道から 200m 以内の育成林の面積 B：森林作業道から 100m 以内の育成林の面積

	C：育成林の平均蓄積 ここで、路網から 200m（100m）以内の森林の面積の推計に当たっては、過去に林道等の全国調査、森林作業道の抽出調査を行って算出した路網延長 100m 当たりの「200m（100m）以内の森林面積」の林道、林業専用道、森林作業道ごとの係数を用いる。 路網から 200m（100m）以内の森林の面積 ＝林道（林業専用道、森林作業道）係数　×　延長 【係数】 <table><tr><td>林道に係る増加</td><td>林業専用道に係る増加</td><td>森林作業道に係る増加</td><td>林道の廃道に係る減少</td></tr><tr><td>1.7</td><td>1.6</td><td>1.3</td><td>△1.4</td></tr></table> R4 年度森林資源現況調査と路網現況延長、係数を用いて供給可能資源量を算出。 21 億 7 千万m³ 【目標値の算定方法】 R4 年度森林資源現況調査から推計した森林資源増加量と R6～R10 における全国森林計画の路網開設計画延長等を用いて 5 年後の供給可能資源量を算出。 25 億 5 千万m³ 【当該年度実績値の算定方法】 現状値の算定方法と同一。	林道に係る増加	林業専用道に係る増加	森林作業道に係る増加	林道の廃道に係る減少	1.7	1.6	1.3	△1.4
林道に係る増加	林業専用道に係る増加	森林作業道に係る増加	林道の廃道に係る減少						
1.7	1.6	1.3	△1.4						
関連する事業量	効率的な森林施業を可能とする林内路網の整備　約 7.0 万 km								
達成度合いの算定方法	達成度合（％）＝（A－B）÷（C－B）×100 A：当該年度実績値（m³） B：R5 現状値　21 億 7 千万m³ C：R10 目標値　25 億 5 千万m³								

（参考）

【成果指標の対象とする森林】

図のとおり、林道等から 200m、森林作業道から 100m 以内の範囲にある育成林の平均蓄積を対象とする。



次期計画の成果指標(案)

(事業の目標：森林資源の循環利用を通じた持続可能な社会の実現への寄与)

持続的な森林経営の推進

(NO. 6)

成果指標⑥	森林資源の適正な管理による健全な森林への誘導率 目標値 35% (R10)
指標の考え方	【考え方】 人工林について、主伐後の再造林や間伐等を適切に実施することにより、国土の保全や水源の涵(かん)養等の多面的機能を発揮する健全な森林への誘導を進め、その誘導率を評価するもの。
指標の算定方法	【目標値の算定方法】 全国森林計画から推計した R6～R20 の再造林及び間伐の計画量を基に、R6～R10 に達成すべき誘導率を算出。 【当該年度実績値の算定方法】 持続的かつ適切な森林経営による健全な森林への誘導率 (%) $= (A + B) \div C \times 100$ A : R6～当該年度までの間伐等(間伐、受光伐、誘導伐等)の実施面積 B : R6～当該年度までの造林面積 C : R6～20 年度で実施予定の森林整備等面積(間伐等面積、造林面積)
関連する事業量	間伐や人工造林の実施 約 253 万 ha
達成度合いの算定方法	達成度合 (%) = $A \div B \times 100$ A : 当該年度実績値 (%) B : R10 目標値 35%

次期計画の成果指標(案)

(事業の目標：森林資源の循環利用を通じた持続可能な社会の実現への寄与)

持続的な森林経営の推進

(NO. 7)

成果指標⑦	人工造林面積のうちコストの低減に取り組んだ造林面積の割合現状 44% (R3) → 目標 85% (R10)
指標の考え方	【考え方】 主伐後の再造林が円滑に行われるようにするため、低コスト造林の取組を進める観点から、人工造林面積のうち、一貫作業システムの導入、コンテナ苗や成長に優れた苗木による植栽、低密度植栽といった低コスト造林面積の割合を評価するもの。 【現行の成果指標との相違点】 算定方法は変更せず、目標値をより高い値に設定。
指標の算定方法	【現状値の算定方法】 人工造林面積のうち省力化やコスト低減を図る取組を実施した面積の割合 (%) $= (A + B + C + D) \div E$ A : 一貫作業システム実施面積 B : コンテナ苗等の苗木植栽面積 C : 成長に優れた苗木の植栽面積 D : 低密度植栽面積 E : 人工造林面積 ※実績値の把握に当たっては、それぞれの項目で重複がないように集計する。 【目標値の算定方法】 全計画期間の実績を基に R10 の目標値を設定。 【当該年度実績値の算定方法】 現状値の算定方法と同一。
関連する事業量	間伐や人工造林 約 253 万 ha
達成度合いの算定方法	達成度合 (%) = $(A - B) \div (C - B) \times 100$ A : 当該年度実績値 (%) B : R3 現状値 44% C : R10 目標値 85%

次期計画の成果指標(案)

(事業の目標：山村地域への活力創造の寄与)

森林資源を活用した地域づくりの推進

(NO. 8)

成果指標⑧	森林資源を活かした地域づくりを推進する観点から、47 都道府県において森林資源を積極的に利用することを目標とする。なお、当該成果を評価する際、地域経済への影響に係る指標として、木材・木製品製造業における製造品出荷額等を参考とする。
指標の考え方	【考え方】 ・ 我が国の人工林は、造林・保育の段階から本格的な利用が可能な段階に入り、森林資源を活かした産業育成による就業機会の創出と所得の確保により定住を促進し、山村に暮らす人々がいきいきと生活できるようにすることが重要である。 ・ このため、森林・林業基本計画の木材供給量の目標値（令和 12 年：4,200 万 m³）の達成を目指し、47 都道府県において、現状よりも伐採立木材積を増加させることを目標とする（各都道府県の伐採立木材積は、木材需給表、木材統計等、既存の統計資料から推計）。 【現行の成果指標との相違点】 これまで、「①各都道府県における総蓄積（育成林）に対する伐採立木材積の割合が全国森林計画から推計される令和 5 年（計画末期）時点の同平均（1.40%）以上となる」、又は「②伐採立木材積（令和元年～5 年のいずれかの年）が平成 30 年（計画始期）の伐採立木材積を上回る」場合、森林資源を積極的に利用している都道府県としてカウントしていた。 この基準に基づく現行計画の達成率は約 91%（43 都道府県）であり、概ね目標を達成した。本指標は森林資源の活用状況を図る有用な指標であり、次期計画においても継続することとし、新たな全国森林計画の計画量を踏まえた目標設定を行うこととする。 一方で、②を達成した都道府県は約 90%（42 都道府県）であるのに対し、①を達成した都道府県は約 36%（17 道県）、①のみ達成した都道府県は 1 県だけであった。2つの基準があることで指標を達成した際に山村地域がどのような状態になっているのか想像しづらいことも考慮し、基準を②をベースとしたものに統一する。この際、現行の②の基準は、令和元年～5 年のいずれかの年が平成 30 年の伐採立木材積を一度でも上回れば達成可能としていたが、より継続的に森林資源の活用が進んでいることが確認できるような基準とすることとし、「各都道府県の伐採立木材積（令和 6 年～当該年までの年）の平均が各都道府県の令和元年～5 年の伐採立木材積の平均を上回る」場合、森林資源を積極的に利用している都道府県とすることとする。

指標の算定方法	【目標値の算定方法】 指標の定義より、目標値は 47 都道府県となる。
	【当該年度実績値の算定方法】 森林資源を積極的に利用している都道府県を、 $A \geq B$ A : 各都道府県の伐採立木材積の令和 6 年～当該年までの平均値 B : 各都道府県の伐採立木材積の令和元～令和 5 年の平均値 となった都道府県と定義し、この条件を満たす都道府県をカウントする。 なお、当該成果指標の実績を評価する際、地域経済への影響に係る指標も参考とする。参考とする指標は、 $C \geq D$ C : 各都道府県の木材・木製品製造業における製造品出荷額等の令和 6 ～当該年度までの平均値 D : 各都道府県の木材・木製品製造業における製造品出荷額等の令和元年～5 年の平均値 となっているか否かとする。
関連する事業量	効率的な森林施業を可能とする林内路網の整備 約 7.0 万 km 間伐や人工造林 約 253 万 ha
達成度合いの算定方法	達成度合（%）＝$A \div B \times 100$ A : 当該年度時点で森林資源を積極的に利用している都道府県の数 B : R10 目標値 47 都道府県

4 今後の調査課題

4-1 森林整備保全事業計画における事業量と事業成果について

(1) 森林整備保全事業における計画目標の変化

本調査は、次期森林整備保全事業計画の成果目標及び成果指標について検討し、第3章に示したように、9個の成果指標案としてとりまとめた。

森林整備事業の実施により得られる政策成果(アウトカム)の設定の困難さは、米国の旧GPRA(Government Performance Result Act)の施行により、米国林野庁(USFS)が策定したアウトカム指標における議論の例にも見られる(全省庁のなかで最後まで策定が遅れた)。森林の多面的機能は、生物多様性、社会・経済、環境等、国民生活・経済活動の全ての分野に関わることから、事業(アウトプット)の成果(アウトカム)範囲をどこまでとするかを決めることは、極めて困難な課題であると言える。

我が国が森林整備保全事業計画を事業量目標から成果量目標へと転換したのは、2004年度である(平成16年6月8日閣議決定)。2004年以前の森林・林業施策の計画は、事業量を目標としていた。他の省庁における諸計画においても同様である。会計検査院が米国のGPRAの手法を導入することとなったことから、我が国の公共事業政策の計画目標を成果目標へと転換することになった。

事業量(アウトプット)を計画目標とする時代は、戦後復興に伴う紙需要、木材需要の急激な拡大に対応した木材輸入の解禁、1960年代～1970年代の大規模な拡大造林、荒廃した里山林の再生等々、造林補助事業を主体とした施策が進められていた。旺盛な木材需要と徐々に逼迫していく木材供給状況は、造林施策を緊急のものとしていた。こういった状況下においては、森林再生状態が成果(アウトカム)であり、アウトプットとアウトカムは一致していると考えられる。勿論、将来、どのような森林状態を目標とするかには議論のあるところであるが、資源自給が喫緊の課題であり、将来的にも資源不足の深刻化が見込まれれば、可能な限り造林率(伐採面積に対する造林面積の割合)・面積を高め、かつ、実現可能性の最も高い森林技術を駆使して早期再造林を目指すのは当然の理であったと言えよう。

戦後造林の最盛期が過ぎると、我が国は、高度経済成長、バブル経済へと飛躍的な経済成長を迎えることになるが、バブル経済の終焉期には世界環境開発会議(通称リオ会議、1992年)が開催された。この会議では、地球温暖化防止条約、生物多様性条約の調印、「環境と開発に関するリオ・デ・ジャネイロ宣言」、「森林に関する原則声明」等が採択され、現在の温暖化対策の枠組みが形成された。1990年代後半に入ると、我が国の多くの人工林は、育成段階を迎えることとなり、植栽から間伐へと森林整備事業のウエイトが大きく変化

する一方、こういった地球規模での森林環境保全の動向は、我が国においても森林の多面的機能の発揮として強く要請されることとなる。

森林資源造成時代から自然環境保全を考慮した森林管理時代へと変化したということは、とりもなおさず複雑かつ多様な森林に対する要請を反映した森林政策・手法が求められることに他ならない。

(2) 公共事業における成果指標について

公共事業の実施計画は、基本計画等の上位計画が示す「目指すべき方向・目標」等を前提条件として策定される。

例えば、国土交通省における公共事業の実施計画である「社会資本整備重点計画」は、国土形成計画、国土利用計画、国土強靱化基本計画を上位計画として策定され、かつ具体的な KPI が挙げられている。この KPI を事業量により直接表示するか、あるいは、事業成果として示すかは事業種・形態により様々であり、例えば、「対策を必要とする水系数」といった指標は、事業の実施箇所を水系に置き換えて表現したものとなる。つまり、事業箇所という事業量を水系という成果表現に変換する作業を行っている(一つの水系において複数の事業が発生し、質的にも異なる事業種が存在する可能性がある)。このように、公共事業の内容によって事業量を成果表現に置き換えて示す事例は少なくない。

森林整備保全事業計画においては、森林・林業基本計画、全国森林計画を上位計画としている。上位計画において、例えば、造林面積や間伐実施面積など、事業量を長期目標とする場合には、森林整備保全事業計画においても前提条件としてこれらの事業量を目標とする成果指標を検討する必要がある。この場合、成果指標の表現形式については、十分な検討が必要であると考えられる。

(3) 新たな森林整備保全事業計画成果指標案について

次期森林整備保全事業計画の成果指標案のうち、従来の成果指標と大きく異なる指標案は下記の2種類である。

① 森林資源の適正な管理による健全な森林への誘導率

旧指標は、「土壌を保持する能力や水を育む能力が良好に保たれている森林の割合」と表現されていたが、標記の表現に修正するとともに、成果指標の算出方法を変更した。従来は、森林生態系多様性基礎調査データを基に、ベイズ推定により5年間無間伐な育成単層林調査プロットから水土保持機能が保たれていると推定される森林の割合を算出評価して成果指標を算出した。次期指標案では、人工林における主伐後の再造林や間伐等を適切に実施することにより、国土の保全や水源の涵(かん)養等の多面的機能を発揮する健全な森林への誘導を進めることとして、その誘導率を算出評価している。

②スギ人工造林面積に占める花粉の少ないスギ苗木植栽面積の割合

「全国森林計画」、「花粉発生源スギ人工林減少推進計画」を基に、新たに成果指標として策定された。花粉の少ないスギ苗木の植栽面積を全造林面積の割合として表示している。花粉減少効果としては、a) 伐採による現状の飛散花粉減少効果、b) 花粉の少ない苗木の植栽により、およそ20年後に通常苗木であれば飛散するであろう花粉の将来減少効果、の2つの効果が期待される。

上記の成果指標は、いずれも森林整備事業量と直接に関連する指標であるが、「資源量に応じつつ森林資源を積極的に利用している都道府県数」成果指標は、全体9個の成果指標の中でも木材資源の循環的利用に視点を置いた指標となっており、森林整備保全事業に留まらず、森林政策全般の成果として注目される。

以上のように、今後造林事業の拡大が予想されることから、次期森林整備保全事業計画成果指標では、花粉の少ないスギ苗木による植栽に重点が置かれており、森林整備保全事業の推進においては造林事業の状況把握が必要と考えられる。

4-2 次期森林整備保全事業推進調査における調査課題

新たな森林整備保全事業の成果目標案に沿って、次期計画推進調査における調査課題を整理すると概ね下記のような点が挙げられる。

(1) 次期計画成果目標に関する事例調査について

次期計画における成果指標は、概ね事業の進捗状況によって把握することが可能であるが、特に、重点が置かれている造林事業に関しては、花粉の少ない苗木、低コスト植栽等の取組が必須であり、かつ大規模伐採等は水土保持機能の低下につながる等の課題も多い。こういった造林事業への取組状況は、事例調査に依らなければ正確な情報を得ることは難しい。また、単年度調査を積み上げなければならないことから、調査対象地域の絞り込み等に注意を払う必要があると考えられる。

図表4-2-1、2、3は、平成の市町村合併前の旧市町村の農林業センサス(1990年)を基に作成した人工林の分布図である¹。

図表4-2-1は、旧市町村の人工林面積を規模別に色分けしたものである。図中の赤色は、人工林面積が500ha未満の市町村を示している。

¹ 地図等に関しては、「高齢化・成熟社会における森林・山村地域の役割と利用のあり方に関する研究」(平成13年8月 国土緑化推進機構「緑と水の森林基金」公募事業 (財)林政総合調査研究所 研究報告 水村 作成)より引用した。1990年版の農林業センサスを基に作成しており、平成の市町村合併前の旧市町村の森林面積により作成されている。

図表4-2-2 は、人工林率(人工林面積/森林面積)で示したものである。北海道、本州日本海側、本州瀬戸内海沿岸域では人工林率が 25%以下の市町村が多く、かつ連続している。

図表4-2-3 は、半径 35km 以内の人工林面積を規模別に示したものである。半径 35km の範囲とは、ある市町村の中心(図形の中心)から半径 35km 以内に含まれる隣接市町村の範囲を示している。北海道を除き(北海道は、市町村面積が大きくなるため人工林面積 10 万 ha 以上となる圏域は見られない)、本州、四国、九州の人工林スギ・ヒノキ地域に人工林面積が 10 万 ha 以上(濃い緑色)となる圏域が見られる(約18圏域となる)。

これら 3 枚の人工林分布状況から概ね下記のような点を読み取ることができる。

- ①首都圏・政令指定都市・東海道ベルト地帯等大都市周辺地域に大規模な人工林圏域が集中している。
- ②東北、四国、九州南部など、大都市圏から比較的遠い地域に大規模な人工林圏域が見られる。

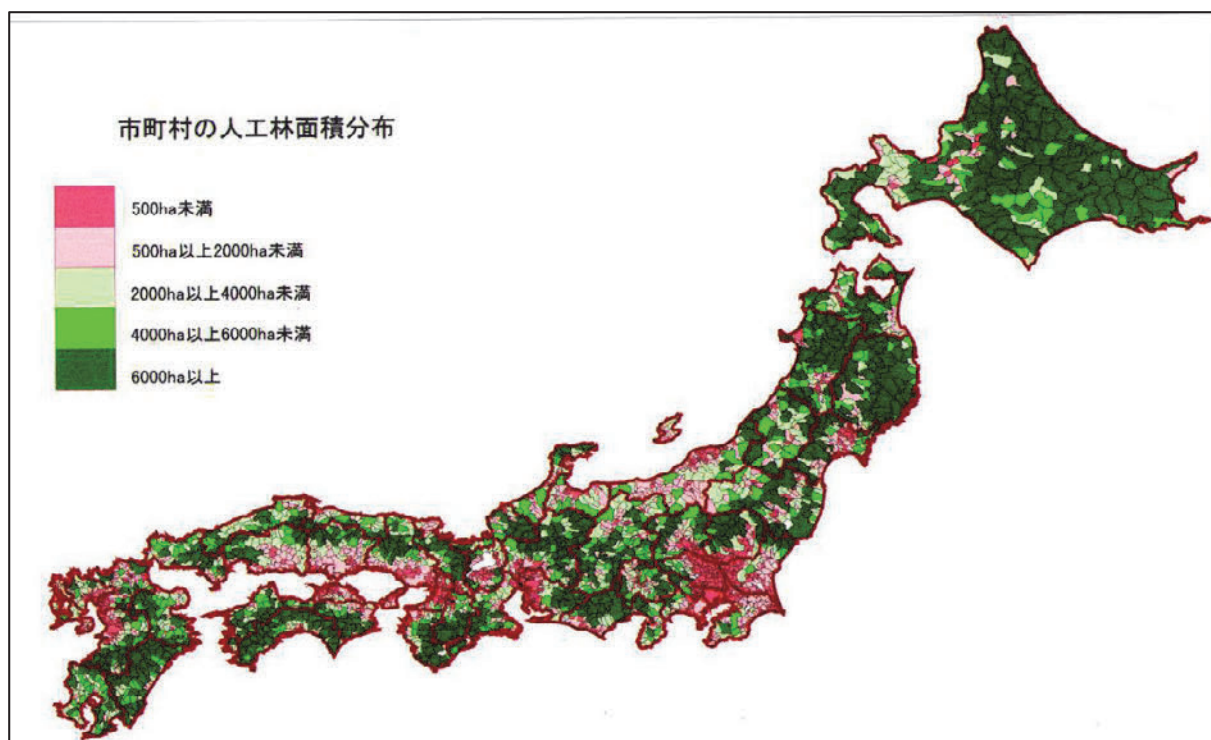
こういったことから、花粉症対策、木材供給等の観点から、現地調査地域としては、

- ①首都圏・大都市近隣の人工林集中地域
- ②東北・四国・九州等の人工林集中地域

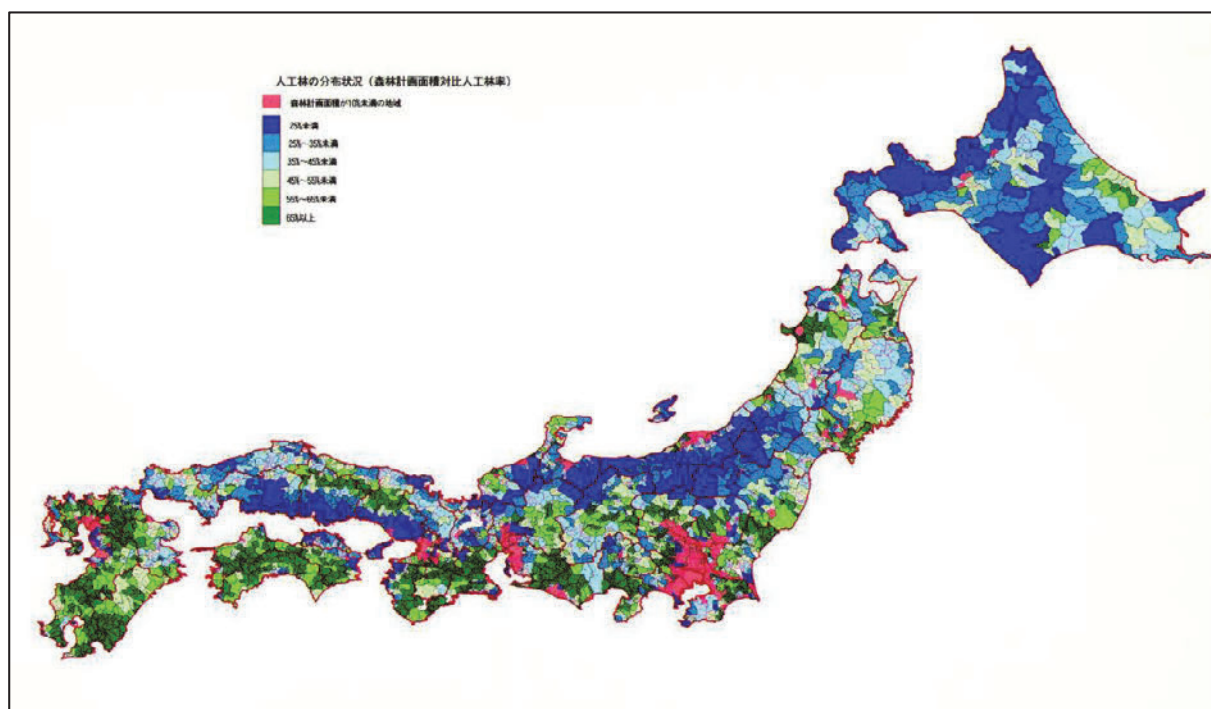
という二つの視点での調査が必要であると考えられる。

以上のような人工林集中地域の多くは県境地域にあることから、木材生産・流通拠点を把握した上で重点的に調査することが重要である。

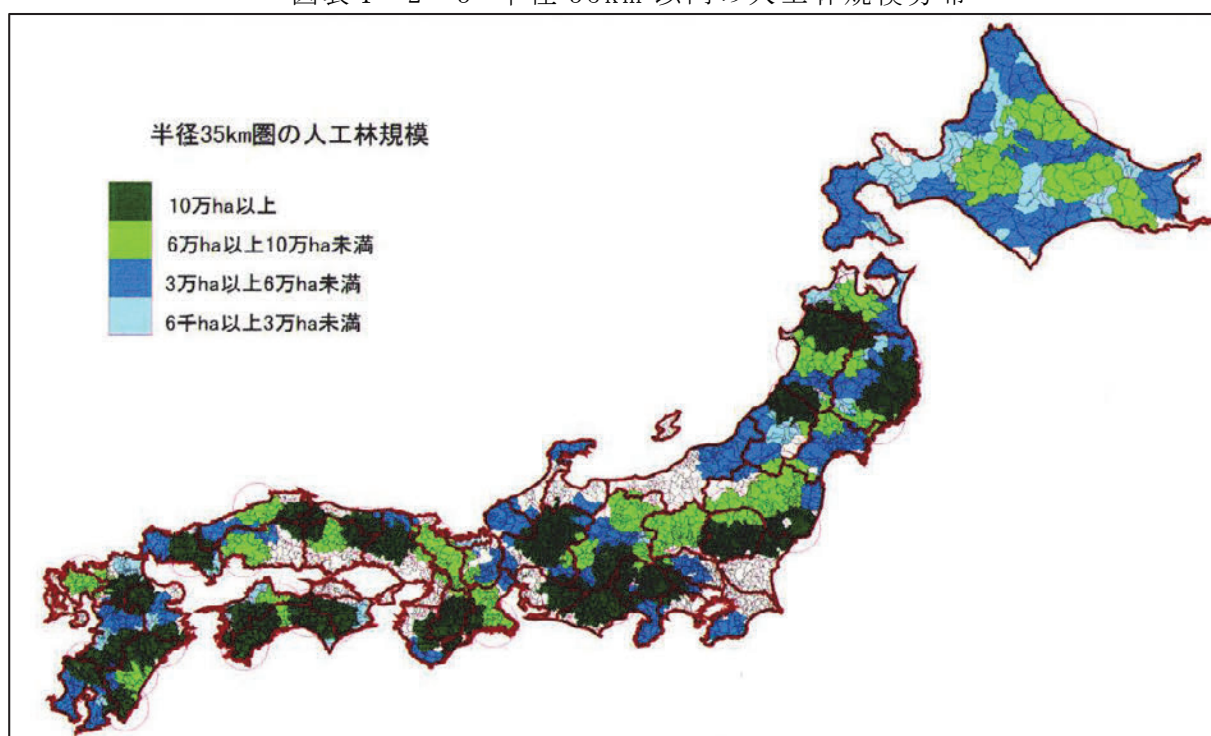
図表4-2-1 旧市町村の人工林面積分布



図表4-2-2 旧市町村の人工林率分布



図表4-2-3 半径35km以内の人工林規模分布



(2) 森林状態の継続的分析・評価

前述のように、次期計画成果指標においては、再造林(植栽)事業が喫緊の課題であることから、人工林の水土保持機能の発揮に関する成果指標が修正されることとなったが、森林整備保全事業の成果として、水土保持機能の状態評価を何らかの方法で算出することは重要である。

人工林は、森林整備事業の実施状況によって林木の生長状態、樹下植生等が大きく変化するため、水土保持機能、生物多様性の保全機能等に大きく影響を与える。こういった森林の状態を全国規模で把握するためには、森林生態系多様性基礎調査データによる分析・評価が欠かせないと考えられる。

森林生態系多様性基礎調査(以後「基礎調査」と言う)は、今年度で第5期の調査が完了することから、20年間の森林生長状況を分析・評価することが可能となった。これらのことから、下記のように調査課題の要点を整理した。

①人工林の生長状態に関する分析・評価

第1期基礎調査から第5期基礎調査までのデータを基に、人工林の齢級別期間生長(年生長)状態、同一齢級における生長状態の変化等に関して、直径、樹高、材積量、立木密度等々を分析・評価する。

②生物多様性の保全に関する分析・評価

林床植生(低層木本類、草本類)に関する、 α 多様度(種数)、多様度指数(シャノン・ウィナーの多様度指数)等について、天然生林、人工林等の林種別、樹種別に分析・評価する。