

スギ人工林資源活用のための木材加工・利用技術の開発



目次

はじめに	1
1. スギ材の資源量の現状	1
2. スギ材の乾燥処理に関する研究開発	2
(1) スギ材の乾燥処理の必要性	2
<コラム① 材質に応じた原木の用途選別>	3
(2) 乾燥処理技術	3
1) 乾燥による割れを防ぐ技術	3
2) 乾燥の高速化技術	4
(3) 高温乾燥技術の普及	6
<コラム② 乾燥材で家を強くする>	7
3. スギ材利用拡大に向けた加工技術	7
(1) 厚物構造用合板による床工法の開発	7
(2) 厚物構造用合板を用いた工法の普及状況	9
(3) 用途に応じた各種集成材の開発	9
(4) 利用拡大に向けた規格改正	11
<コラム③ 住宅等建築物中の木材炭素貯蔵量>	13

はじめに

農林水産省農林水産技術会議事務局では、農林水産分野の研究開発について広く国民の皆様に理解していただくため、農林水産研究開発レポートを発行・配布しています。

今回発行いたしました「スギ人工林資源活用のための木材加工・利用技術の開発」では、わが国の人工林資源量の6割弱を占めるスギの利用拡大に向けた技術開発を紹介します。

わが国には約1,000万haの人工林があり、その多くが伐期を迎えつつあります。これらの木材資源の利用拡大は、林業および木材産業の活性化に重要です。平成18年9月に新たな森林・林業基本計画が閣議決定され、木材の安定供給体制の整備および木材産業の競争力の強化が重点的に取り組むべき事項とされています。一方、住宅等に使われる木材には厳しい品質が求められるようになり、寸法精度が高くて狂いの生じない製品の開発が求められています。

こうした状況の中、近年、短時間かつ低コストでスギ材を乾燥する技術、および需要者ニーズに応じたスギ材製品の開発に大きな成果が得られてきています。そこで、本レポートでは、これらの研究成果を主体にして、スギ材の新たな加工・利用技術に関する研究開発の現状と今後の課題をとりまとめることとしました。

1. スギ材の資源量の現状

戦後、燃料や各種資材用途として樹木が伐採された跡地への造林が全国各地で積極的に実施されました。その際、スギが、主要な造林樹種として植栽されました。理由としては、スギ天然林は成長が早く（図1）、戦後の復興期の木材需要に比較的短期間で対応することが可能であるとされたこと、スギが青森県から鹿児島県までの広範囲にわたって天然分布するため（図2）全国で生育可能であることがあげられます。戦後の復興期に積極的に推し進められた造林の結果、人工林は、森林面積の約4割、1,000万ヘクタールに至っており（図3）、そのうちの面積にして44%、資源量（木材の現存量）にして57%がスギになっています。

スギ人工林の林齢別面積をみると、一般的に、伐採して利用可能な、林齢46年生以上の林が、スギ人工林全体の26%、また間伐材利用が可能な31~45年生の

林が全体の47%になっています。これらは今後、主伐期を迎えることから、これら併せて、今後、スギ人工林全体の7割を越える林が利用期を迎えることとなります。しかし、その間に、木材の輸入自由化によって、安価な木材が輸入され、国産材のシェアを奪うようになり、平成12年には、木材自給率は18.2%にまで低下しました。その後、自給率を高めるため、スギ国産材の特性を活かし、消費者ニーズに応えた用途拡大に向けた研究開発が取り組まれ、徐々に、自給率は上昇し、平成17年には20.0%になっています。

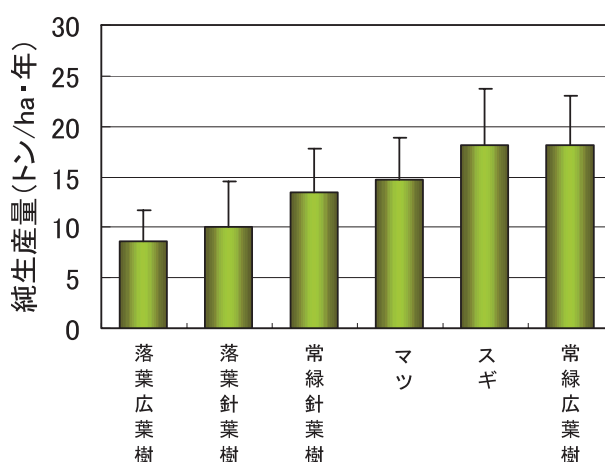


図1 わが国の森林タイプごとの純生産量
常緑針葉樹には、マツとスギは除いています。



図2 スギの天然分布

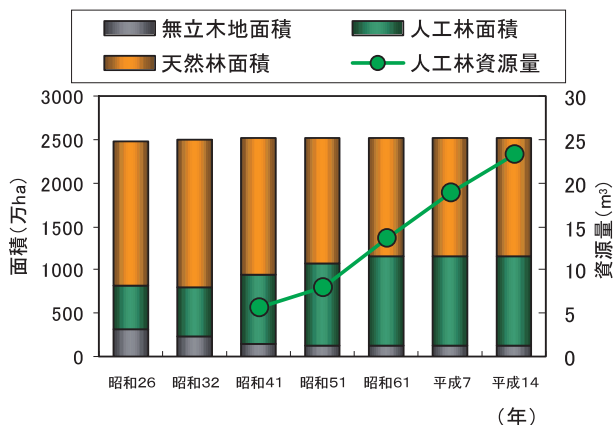


図3 人工林面積と資源量の推移

2. スギ材の乾燥処理に関する研究開発

(1) スギ材の乾燥処理の必要性

外材の多くは、海外において既に十分に乾燥され、直ちに加工できる状態で供給されています。一方、国産材は伐採された後、加工前に十分に乾燥させる必要があります。一般にスギ材は含水率（木材だけの重さに対する水の重さの比をパーセントで示したもの）が高く（図4）、また製材用の材は太いため、その分乾燥処理に時間がかかります。他の針葉樹では心材部（図5）の含水率が低いのは異なり、スギにおいては含水率が高い心材を持ち、心材含水率は40%~260%の範囲にばらついています。これらのことから、スギ材を乾燥するには時間がかかり、多大な経費を要するものでした。

地域や住環境による違いはありますが、建築後の年数が経過した木造住宅における部材の含水率は、おおよそ10%から20%です。したがって、日本農林規格(JAS)における針葉樹構造用製材（乾燥材）などの含水率基準は、仕上げ材について20%以下のレベルに設定されています。木材は、20%以下まで乾燥すると収縮します。例えば、105mm角の柱材の場合、2~4mm程度の寸法の減少が生じます。したがって、未乾燥材を住宅建築に使用すると、建築後にこの寸法変化が生じ、様々な住宅の不具合が発生することになります。例えば、壁、襖、障子と柱の間や、床材と梁の間などに生じる隙間、根太（ねだ；床板のたわみを減らすために、梁の間に渡した材。その上に床板を張りつける）の収縮による床鳴りや床の傾斜、間柱の収縮による壁クロスのよれ・

亀裂などです。これら不具合は、加工前に乾燥処理を十分に施すことで、建築後の寸法変化が小さくなり防ぐことができます。また、寸法の変化が少ない乾燥材の使用は、施工性の向上による工期の短縮、構造強度や断熱性の向上など、施工や建築性能の面においてもメリットがあります。

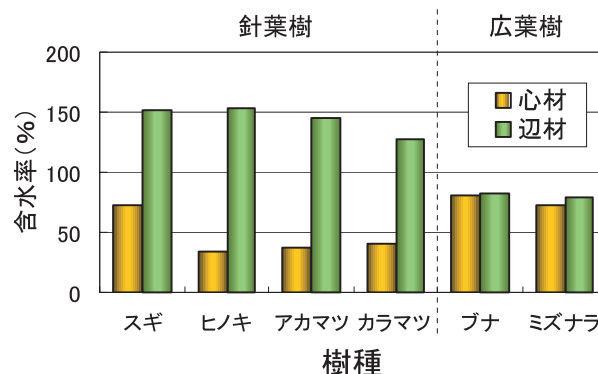


図4 樹木生材の含水率

スギは、針葉樹の中で、含水率の高い樹木です。心材部においても含水率が高いのが特徴です。

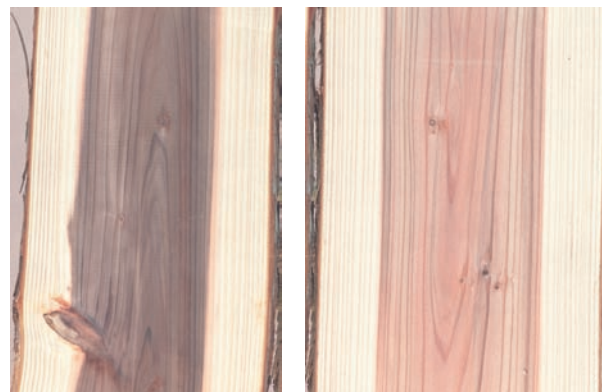


図5 スギ材の縦断面図

着色部分が心材で、淡色部分が辺材です。右側の個体のような心材は、赤心と呼ばれています。左側の個体は黒心と呼ばれます。

材質に応じた原木の用途選別

スギ材を合理的に利用するには、原木の材質に合った用途を開発し、用途によって原木を選別して加工・利用していくことが大切です。

原木丸太を選別するには、ヤング係数や含水率を評価する必要があります。ヤング係数とは、材の変形のしにくさを示す数値で、その値が大きいほど材は変形しにくい（堅い）ということになります。ヤング係数は、縦振動法（丸太の一方の木口をハンマー等で打撃し、他方の木口に反響する振動を解析する方法）によって求めるのが一般的となっています。柱、梁または桁用の木材では、丸太のヤング係数と製材品のヤング係数との間で相関関係が高いこと（図6）を利用し、原木丸太についての測定結果から最終製品のヤング係数を推定します。さらに、丸太から集成材用のラミナ（集成材を構成する板）を取り出す場合においても、丸太のヤング係数と取り出すラミナの丸太内における位置との関係を使って、最終製品のヤング係数を推定できるようになりました。一方、含水率を非破壊的に評価する方法については、実用的な技術は未だ開発されていませんが、含水率によって木材の電気的性質が変化することに着目し、丸太内の含水率分布を推定する方法が開発されています。より簡便で実用的な含水率推定方法としては、丸太のみかけの密度（重さ／体積）を用いることができます。

丸太のヤング係数や含水率による用途選別の一例（図7）としては、まず、丸太のヤング係数によって、構造物材を製材する丸太を選別します。さらに、丸太の含水率によって、柱や梁桁等の断面の大きな製品を製材するのか、集成材ラミナや板、平割材などの断面が小さな製品を製材するのかが選択します。このように、丸太のヤング係数と含水率によって用途を選択することによって、乾燥コストの低減などが可能になります。スギの材質の特徴を理解し、丸太の品質による用途の選択、また逆に用途や目的に応じて原木丸太の選別を行うことによって、スギの有効利用が促進されるものと期待されます。

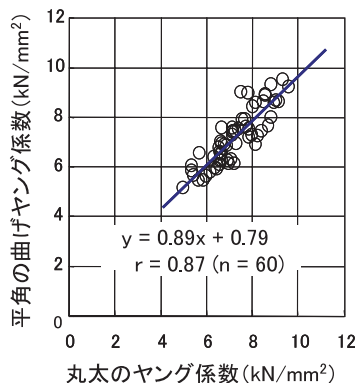


図6 縦振動法による丸太ヤング係数と平角材のヤング係数との関係

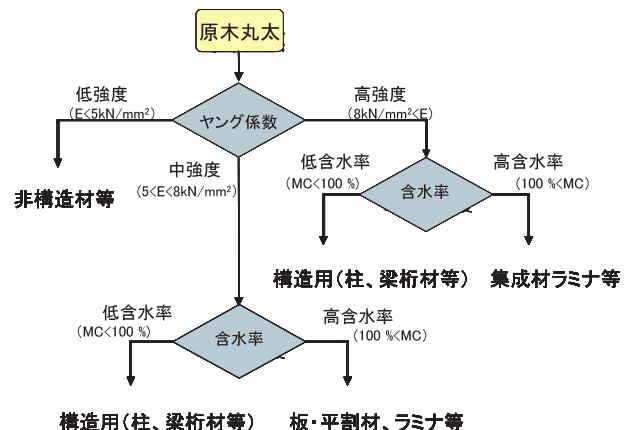


図7 ヤング係数と含水率に基づいて原木丸太の用途を判別するフローの一例

(2) 乾燥処理技術

1) 乾燥による割れを防ぐ技術

木材の乾燥方法としては、屋外などで自然に乾燥させる天然乾燥があります（図8）。この場合、処理期間としては通常数ヶ月が必要です。燃料費や設備費はかからないのですが、広い土地と長期間木材を貯蔵する費用がかかります。一方、加熱等による人工乾燥が、天然乾燥以上に、または短期間で、木材を乾燥させる

ために用いられます。この場合、温度と湿度を制御して行う必要があります。温度と湿度の組合せが適切でない場合は木材に割れが生じます。心持ち材（丸太の中心を含んだ材）の場合、温度条件によって材表面に発生する場合（表面割れ）と、材の内部に発生する場合（内部割れ）があります。表面割れの発生は、乾燥温度を高くしても、それほど影響を受けません。内部割れは、温度が高いほど発生しやすくなります（図9）。



図8 心持ち材の天然乾燥

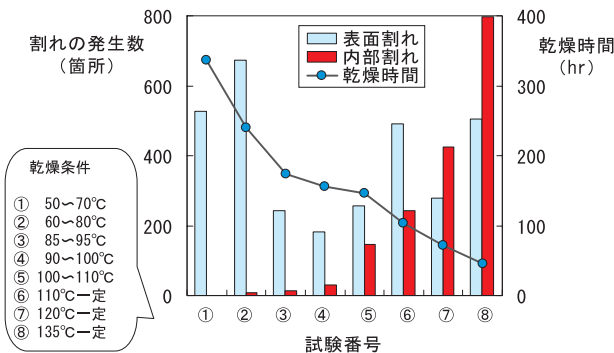


図9 割れの発生と乾燥温度との関係

心持ち材の乾燥では、表面が先に乾燥して、収縮して、大きな引っ張りの応力が生じやすく、これが表面割れの原因となります。しかし、高温で乾燥することにより、表面にドライグセット（乾燥の進行が材の部位によって不均一なため、収縮に伴う引っ張りの力がばらついて相殺される結果、収縮が小さくなること）を形成させ、表面割れを防ぐことが可能になりました。この処理は、蒸気式乾燥機による高温乾燥（高温セット処理）や压力容器を用いる過熱蒸気処理により行うことができ、その最適な処理条件が明らかになりました。

表面割れを防ぐには乾燥初期の高温処理の時間を長くする必要がありますが、その一方で内部割れを防ぐには早めに材温を下げる必要があります。そのため、乾燥初期に、乾球温度 120℃、湿球温度 90℃の条件で 12~24 時間の高温セット処理を行います（図 10）。その後もこの高温処理を続けた場合は、内部に割れが発生しやすくなるので、高温処理は 30 時間程度を限界とし、その後は材温を低下させ、中温（60~90℃）

で処理します。これにより内部割れは減少します（図 11）。効率的に乾燥させるためには、乾燥前に同程度の含水率のロットに分けておく必要があります。また、高温セット処理を減圧乾燥や天然乾燥などを組み合わせること等によって、表面割れと内部割れの両方を防止できました。

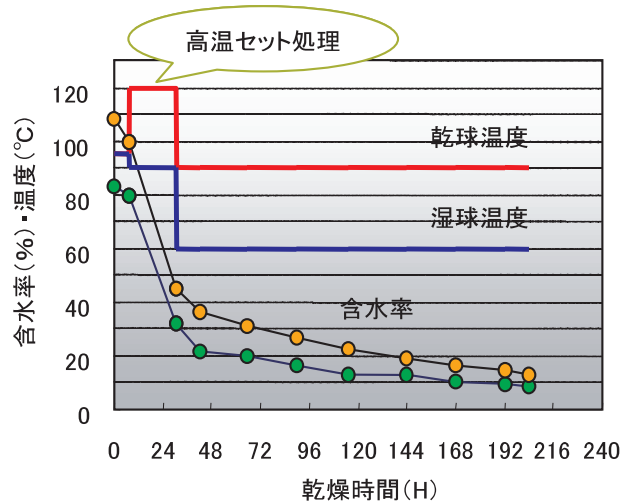


図 10 高温セット処理における設定温度スケジュール
乾球温度（—）と湿球温度（—）を、湿度によって調節します。高温セット処理によって材の含水率（●、●）は効率的に低下します。

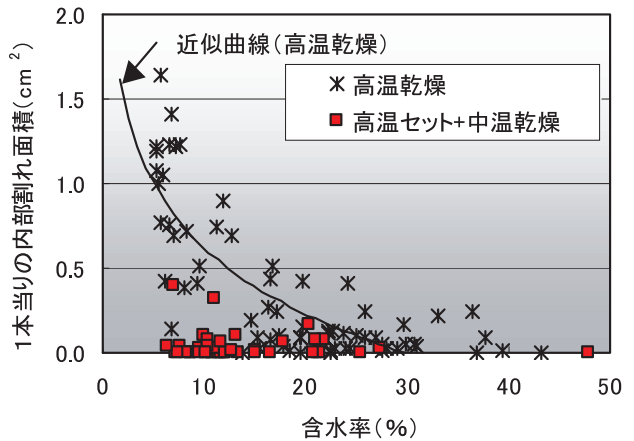


図 11 高温セット処理と中温乾燥の組み合わせによる内部割れの減少

2) 乾燥の高速化技術

一般的な蒸気式乾燥機を用いて心持ちの柱材を処理する場合、7~9 日程度で乾燥するのが一般的です。一方、压力容器（図 12）を用いて過熱蒸気乾燥を行うと、柱材の内部割れ、表面割れが防止でき、乾燥時間が 3~4 日程度で済みます（図 13）。ただし、高温高湿処理ですので、大きな変色が生じ、強度の劣化も生

じることから、構造用途には不向きです。構造用材の乾燥のため、過熱蒸気処理と減圧乾燥の組み合わせ処理が開発されています（図14）。この方法では、従来の乾燥方法の約半分の4日程度で柱材を乾燥でき、しかも表面割れ、内部割れの程度は変わらずに、材の変色を著しく抑えることができます。



図12 開発した過熱蒸気式木材乾燥装置
 *過熱蒸気として、100℃以上で常圧より高い圧力を持ち、かつ飽和温度より高い温度の蒸気を使います。

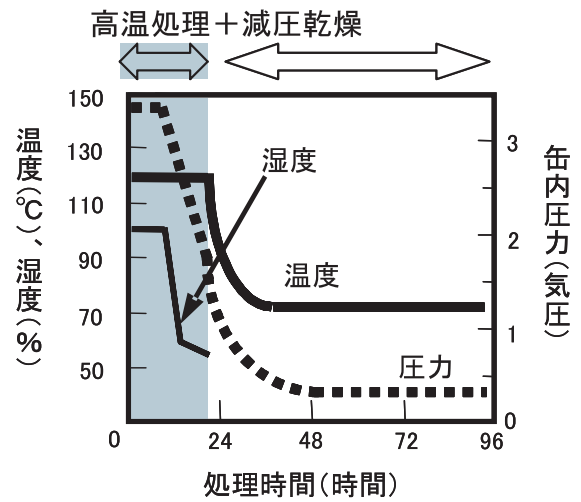


図14 高温過熱蒸気・減圧併用乾燥の処理条件（上）と仕上がり（下）

過熱蒸気処理は、天然乾燥等の前処理としても利用でき、高温セット処理と同様の表面割れの抑制効果が得られることも明らかになっています。

これまで、低温（40～60℃）乾燥による心持ち材の乾燥は難しいことが課題でしたが、高温の熱処理と減圧下での熱風乾燥、高周波加熱との併用によって、この問題を解決できることもわかりました。高周波加熱は、高周波によって材の内部まで均一に加熱・乾燥をさせることができます（図15）。また、選別されたロットに個別に高周波を加えることにより、高周波発振機の規模を抑えられます。

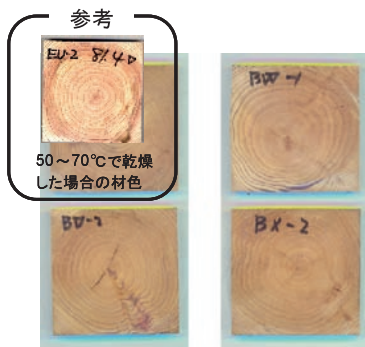
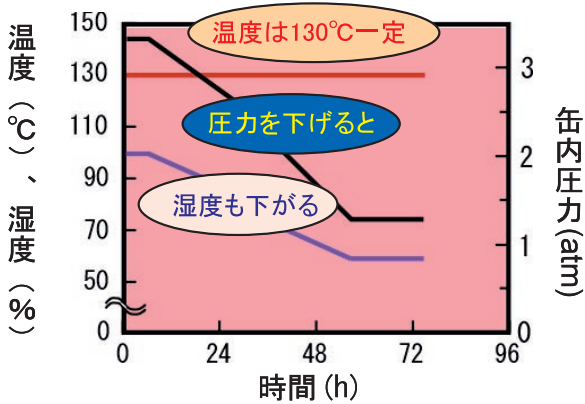


図13 温度と圧力の制御方法（上）と仕上がり（下）
 *絶対圧力を制御することによって湿度を調整します。

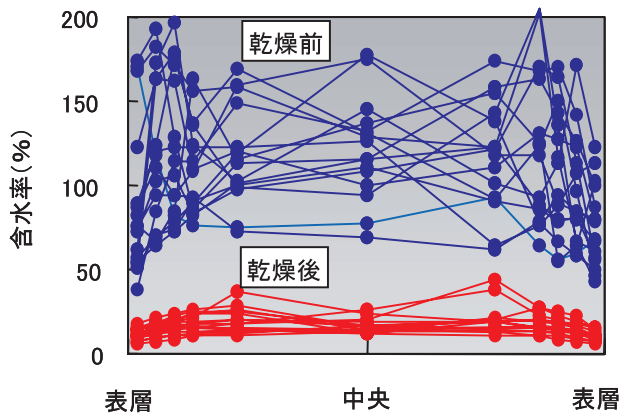


図 15 高周波加熱併用時の乾燥前後の含水率分布

(3) 高温乾燥技術の普及

最近、製材工場等では高温乾燥が普及するようになり、スギの人工乾燥材供給も増加傾向にあります（図 16）。低い温度で乾燥する場合に比べて乾燥が早く、材面の割れも少なくでき、比較的低コスト（表 1）というメリットがあるためです。また、一方で、高温乾燥では、処理方法を間違えると材の表面だけではなく中心部分までも割れやすくなることや、過度の高温処理を行うと強度や耐久性が低下する危険性があり、乾燥前に材の性質を十分に把握して、それぞれに最適な条件で乾燥処理する必要があります。このようにして、適正に乾燥されることにより、材の強度や寸法安定性が保証されれば、住宅だけではなく大きな構造物の建設に多くの製材品の活用が期待できます（図 17）。

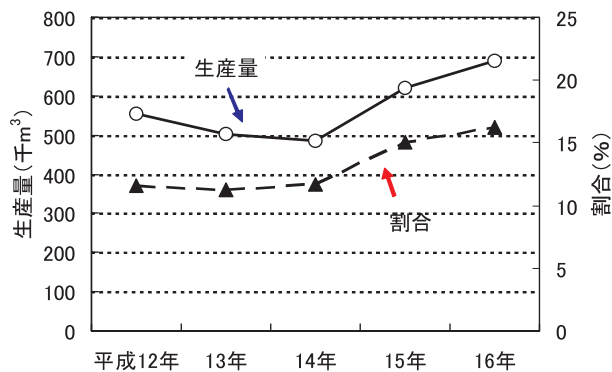


図 16 最近のスギ人工乾燥材の生産量と全乾燥材生産量に占める割合の推移

表 1 乾燥方式別の乾燥コストの比較

初期含水率 100%のスギ心持ち材を 20%に仕上げるという条件のもと、設備費、人件費および燃料費について比較しています。実際には、これらの経費のほかにも、仕上げ経費や金利などの経費がかかります。また燃料費については原油価格によって変わります。

方式(乾燥温度)	必要日数	コスト(円/材積(区))			
		設備費	人件費	燃料費	計
蒸気(70-80℃)	14	3,700	2,000	5,040	10,740
高温蒸気(100-120℃)	5	2,220	2,000	4,220	8,440
蒸気・高周波(80-120℃)	3.5	2,580	2,000	5,950	10,530



図 17 スギ人工乾燥材を活用した体育館の建設

乾燥材で家を強くする

木造住宅の安全を確保するためには、地震や風などの外力に抵抗する壁（耐力壁）の働きが重要です。耐力壁は、筋かい、合板、石膏ボードを用いるものなど様々です。耐力壁に未乾燥材を使用すると、木材の含水率が低下するに伴い強度が低下し、変形しやすい壁になります（図 18）。接合部は、建物の部材と部材を繋ぐ所ですが、乾燥材を使うと接合部の剛性が大きくなり、変形しにくくなります（図 19）。乾燥材で施工した壁は、地震波に対する変位（建物の変形）が小さくなることも知られています。そのため、住宅を建てる時には、乾燥材を活用することが重要です。

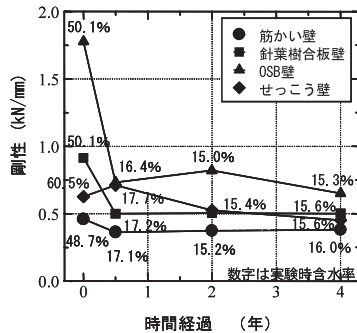


図 18 乾燥をともなう時間経過が耐力壁の剛性に与える影響

*剛性とは、変形しにくさを表します。
*図中数字%は部材の含水率を表します。

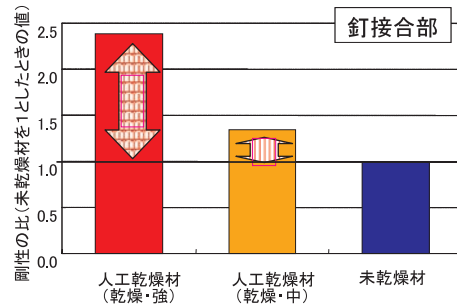


図 19 人工乾燥材と未乾燥材の接合部剛性の比較
*乾燥・強は、含水率 10%前後、乾燥・中は 20%前後の乾燥材です。

3. スギ材利用拡大に向けた加工技術

平成 15 年のスギ国産材供給量は、700 万 m³で、そのうち、92%が製材用、残りは、パルプ・チップ用および合板用です。合板用国産材の供給量の割合は全体の 1～数%に過ぎませんが、平成 15 年度の供給量は平成 12 年度に比べて、2.6 倍に増加しています。これは、同期間で製材用が 0.87 倍、チップ用国産材が、0.88 倍に減少したのとは大きく異なっています。また、普通合板用丸太国内供給量に占める針葉樹の割合は、平成 11 年に 32%でしたが、平成 15 年には、85%に増加しており、針葉樹合板の利用が拡大しています。

この理由として、戦後、積極的に造林されたスギを中心とする針葉樹が利用期を迎えたことが上げられます。また、合板利用に関する加工技術の改良も大きな要因です。以下に、合板利用のための加工技術として厚物構造用合板による床の工法の開発、および集成材利用のためのいくつかの加工技術を紹介します。

(1) 厚物構造用合板による床工法の開発

合板は、原木丸太を大根の「柱むき」のようにして薄くむいた板(単板、ベニア)を一枚ごとに繊維方向を直交させて、奇数枚積み重ねて接着剤を用いて貼り合わせて作ります。合板のメリットとしては、小径木からも大きな面積の板を作ることができることや、板を直交させて重ねているため、縦横両方向の力に対して強いことがあります。合板は用途などを考慮して、普通合板、構造用合板、コンクリート型枠用合板などがあり、それぞれに JAS 規格が定められており、強度や品質などの性能が確保されています。

このうち構造用合板は、建築物の屋根や壁や床の下張りに用いられます。床の場合、通常は厚さ 9～12mm のものが使われていますが、この場合、梁に直接置いたのでは、たわみが生じることがあり、根太を梁の上にかけて、梁の間をつなぎ、その上に合板を張りつけます。しかし、作業の手間を省略するため、通常より厚めの 24～28mm にした厚物構造用合板を直接梁に張り付ける工法が開発されました（図 20）。

厚物構造用合板の床工法の開発に際しては、以下のような様々な試験によって性能を検証しました。

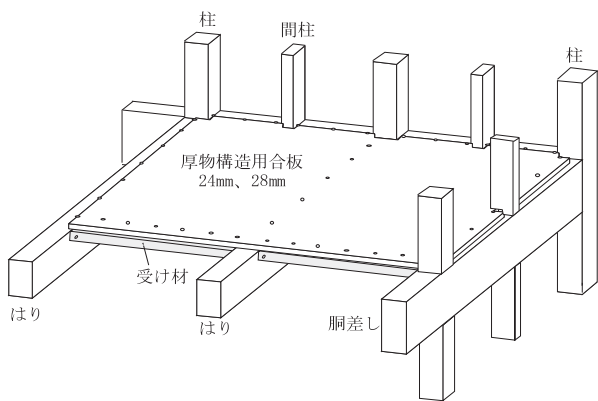


図 20 厚物構造用合板を用いた床工法の開発

①耐震試験

長さ 10.92m (6 間)、奥行き 3.64m (2 間)、厚さ 28mm の厚物構造用合板による実物大床の水平方向での加力試験 (図 21) を行い、その耐力を調べたところ、建築基準法で規定している標準の床 (通常の厚さの床板と、床梁の強度を上げるために梁のコーナーに斜めに張った水平材によって構成される床) の約 10 倍の耐力があることが実証されました。



図 21 実物大床の耐震試験 (横から加力)

②局所荷重に対する耐力試験

局所荷重に対する最大耐力は、12mm 合板床の約 3 倍あり、1 トンを超えること、このため、アップライトピアノ (250kg 程度)などを設置する場合でも特別な補強を必要としないことが分かりました。

③遮音性能試験

日本工業規格 (JIS) の方法に従って試験 (図 22) を行った結果、上階の重量衝撃音 (子供が暴れたりする

ときの音) に対する遮断性能が優秀であることが分かりました。

また、上階での会話などの空気伝播音に対する遮断性能にも優れることが分かりました。



図 22 床の遮音性能試験 (重量衝撃音)

④強度試験

合板の強度は、単板の樹種、厚さ、およびその構成によって変わるため、様々な条件で製造した厚物構造用合板の曲げ強度 (図 23) やせん断強度、釘接合強度を調べ、床や他の構造物を設計する際のデータベースを作成しました。東京合板工業組合・東北合板工業組合は、これらの成果を盛り込んで、設計・施工マニュアルを作成しました。



図 23 厚物構造用合板の曲げ試験

⑤耐火性評価

建築基準法では、建物の建設地域・用途・規模によって、様々な耐火性能を必要とします。比較的ニーズが多いのがアパート等の 45 分準耐火構造です。厚さ 28mm の厚物構造用合板のみを床板とした際の耐火試

験を行い、厚さ 12mm の合板においてはモルタルや石膏ボードを重ねることによって確保されるのと同等の性能を有することを実証し、東京合板工業組合・東北合板工業組合は国土交通大臣の認定を取得しました（図 24）。また同組合は、木造軸組み工法住宅での技術開発のほかに、枠組み壁工法（ツーバイフォー工法）床についても、45 分準耐火構造の仕様を開発し、国土交通大臣の認定を取得しました。



図 24 床の耐火試験（床上面加熱）

（2）厚物構造用合板を用いた工法の普及状況

開発した厚物構造用合板を用いた工法は、創設された住宅性能表示制度（品確法）の中で、その耐震性が、各種床構造の中で最高のレベルを有するとして位置付けられました。さらに民間との共同で技術開発が進められ、その結果、後に示すようにこの工法の利用は急速に伸び、現在では在来軸組み工法に留まらず、枠組み壁工法や鉄骨プレハブ工法にも組み入れられようとしています。

平成 15 年には住宅金融公庫技術基準「木造住宅工事共通仕様書」に本床工法が掲載され、その普及に拍車がかかりました。

厚物構造用合板の生産量は、本工法を開発する前はほぼゼロでした。現在は年々増加の一途を辿っており平成 17 年月間生産量は 100 万枚を超えています。特筆すべきは国産材原料を用いた製品の伸びで、その割合は平成 17 年には約 3 分の 1 に達しています（図 25）。スズ国産材は、ロシアカラマツなど外材に比べて柔らかく通常の構造用合板では、そのたわみは、外材に比べて、計算上倍近くになります。しかし厚物にす

ればたわみが小さくなり、外材との違いは 1mm にも達しません。つまり、国産材のスズを厚物構造用合板とすれば外材に匹敵する性能を有することが判りました。そのため、厚物構造用合板への国産材の利用は拡大し、平成 17 年の構造用合板用途への国産材供給量は 86 万 m³を超えました（同年の総国産材供給量は約 1,700 万 m³）。この影響も加わり、長年にわたって減少を続けてきた国産材消費量が上昇に転じています。

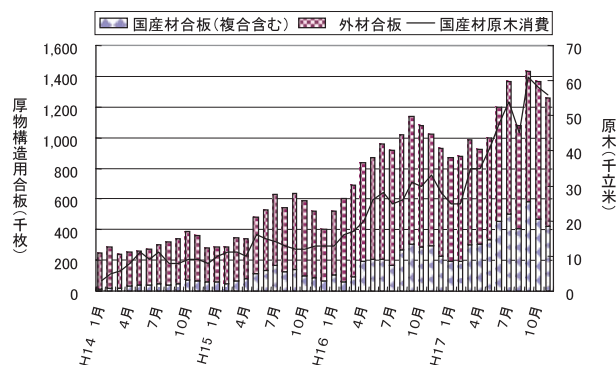


図 25 厚物構造用合板の生産量とその国産材原木消費量

厚物構造用合板による床がこれほどまでに普及した最大の理由は、耐震性に優れる点です。厚物合板を用いると、床鳴り（床を構成する部材が擦れ合って生じるきしみ音）がほとんど発生しません。つまり、12mm 合板を用いる際には必要であった床鳴りクレーム処理費が不要となり、トータルとして建築コストが安く済むことになります。枠組み壁工法やプレハブ工法でも、耐震性は、厚さ 12mm の合板でも十分ですが、これらの工法では厚物構造用合板を利用する方向にあります。

（3）用途に応じた各種集成材の開発

集成材とは、小平板又は小角材等のラミナをその繊維方向をほぼ平行に重ねて接着した材のことです。現在の集成材の製造や利用形態に連なる技術開発は、海外では 1920 年代、我が国でも 1950 年代にまで遡る歴史を持ちます。大きな断面の材を製造できることから、大構造物の建築に使われてきました（図 26）。



図 26 スギ集成材で造られたドーム

このような歴史と実績に支えられて平成 17 年度の我が国の集成材の供給量は、国内生産量と輸入量を合わせて 220 万 m^3 となりました（図 27）。集成材はその用途によって、建築物の構造を支える耐力が要求される構造用と、主として美観が求められる造作用に大別されますが、現在の集成材の供給量の 8 割を占める主たる製品は、住宅向けの構造用になっています。構造用が増えたのは、平成 7 年に発生した兵庫県南部地震以降、消費者が耐震性や強度を重視するようになったこともあり、住宅に求められる耐震性レベルが向上したことによるものと考えられます。

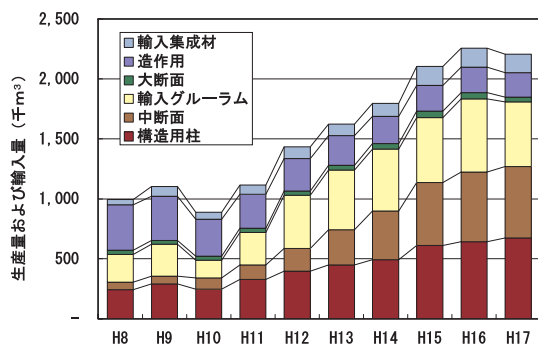


図 27 用途別集成材の国内生産量および輸入量の推移

集成材は住宅建築用材としての利用が急速に拡大しましたが、低コストで品質の安定した集成材を大量に供給できたのは材料となる木が安価でかつ安定的に海外から輸入・供給されたからです。

平成 17 年に国内生産された集成材用の国産針葉樹材は、原木に換算して約 50 万 m^3 と推定されます。住宅向け構造用集成材である構造用柱、中断面、および輸入グルーラム（輸入構造用集成材）の市場規模の合計は

約 180 万 m^3 近くあるので（図 27）、今後この市場における国産材比率を高めることは国産材利用振興を推進する上で極めて重要であり、国産材の集成材利用を拡大するための様々な研究開発が行われてきています。

集成材を構成するラミナ材については、様々な材質のものが含まれています。そこで、それぞれの強度に応じた配置を検討して、性能の高い集成材の開発が進められました。構造用集成材の JAS に従い、まずラミナ材を曲げヤング係数（たわみにくさ）や節の大きさによって等級区分します。そして等級の高いラミナを外側に、等級の低いラミナを内側に配置して積層します（図 28）。これは、集成材が主として使用される梁では、集成材の外側に大きな引張や圧縮の応力が発生するので、その部分に性能の高いラミナ材を配置することで効率的に曲げ性能を得られるからです。また、材質の低いラミナも使える配置にすることで資源の有効活用も可能にしています。

しかしながら、スギだけで製造した集成材はベイマツやオウシュウアカマツなどの外材を用いた集成材と比較して低い強度性能のものしか製造できません。そこで、集成材の内層にスギ等を配置しながら外層には強度性能の高いベイマツなどを配置することでスギを用いても高い曲げ性能を発揮できる集成材として開発されたのが異樹種集成材（材質の異なる樹種からのラミナ材によって製造された集成材）です（図 29）。現在、異樹種集成材で JAS 認定を受けているのは二つの集成材メーカーだけですが、スギを集成材に利用する技術として注目されています。

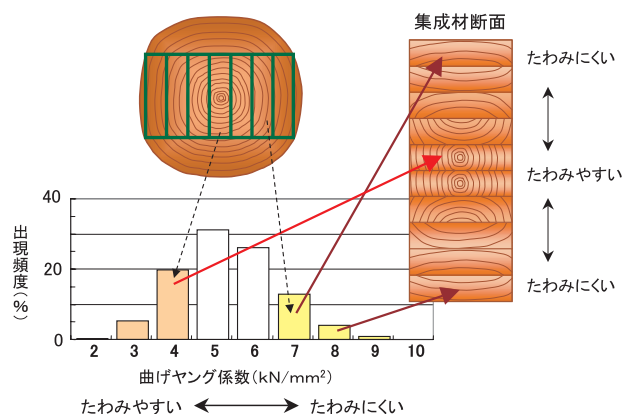


図 28 ラミナの等級区分と集成材構成

たわみにくい（ヤング係数の大きい）板を外側に配置して集成材を製造します。

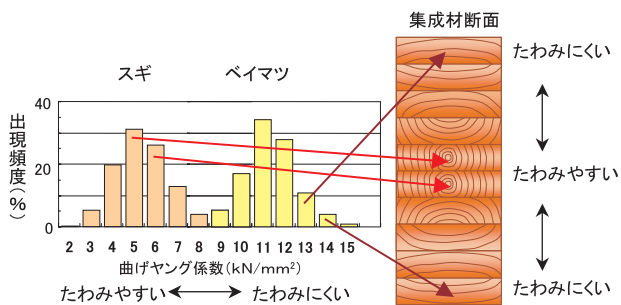


図 29 異樹種集成材のラミナ

たわみにくい外材（ベイマツ）を外側に配置します。

木材は断熱性が高いという特徴を利用して、鋼材をスギ集成材で被覆した複合構造材の耐火性能を検証し、三重県木材協同組合連絡会からは国土交通省の耐火認定を得ました（図 30）。部材を建築物に用いるには、その階数等に応じて耐火性能が要求されますが、この耐火認定取得により、この複合構造材を高層建築物に用いることが可能になっています。



図 30 鋼材をスギ集成材で被覆した複合構造材

また、単板を金属製の円筒芯に何層にも巻きつけて作製した円筒 LVL（単板積層材：単板を繊維方向を揃えて重ねた材）（図 31）は、金属芯を抜いた状態で使用され、断面はドーナツ状で、材料を節約して強度を保つものであり、柱材に利用されています。



図 31 円筒 LVL（左）を用いた柱（右）

国産スギ材を内装材に利用する際には、黒点や節などの表面の差異を抑え、色調の異なる辺材と心材に統一した色調を付与することで、内装材としての統一感を高めることができます。そこで、木材表面に 6 μm の薄膜フィルムを接着させて、デザイン性を付与しました（図 32）。表面をコーティングしたことにより、汚れにくく、汚れても簡単にふき取ることができます。

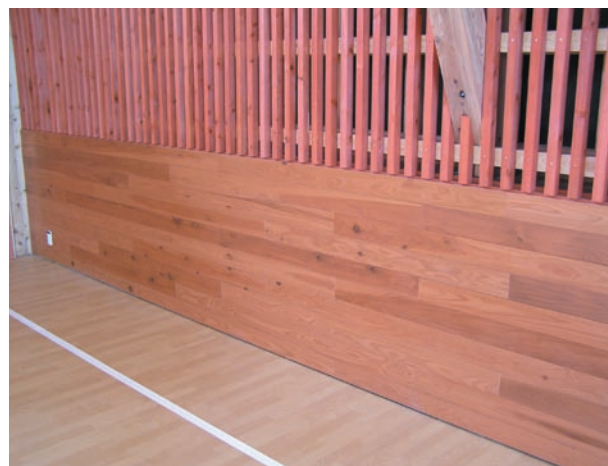


図 32 スギ材の表面に薄層フィルムを接着させた腰板（壁や障子の下部に貼った板）

以上のように、需要ニーズの動向を把握しつつ、木の特性を活かすとともに、また要求される強度を確保した上でのスギ材の利用拡大に向けた製品開発が進められています。

（4）利用拡大に向けた規格改正

建築用材としての木材の需要拡大に向けて、これまでも JAS の基準等の改正への取り組みが行われてき

ました。

構造用合板では、平成 15 年に新規制定された合板の JAS において、厚さ 24mm 以上の厚物構造用合板に対するヤング係数の基準値が緩和され、これによりスギを用いた合板の JAS 認定取得が容易になりました。また、厚物構造用合板の利用方法に関するマニュアルが作成され、住宅金融公庫の技術基準「木造住宅工事共通仕様書」(平成 15 年)においても厚物構造用合板を利用した床工法が認められるなど、厚物合板を採用した住宅の建設が容易になりました。

構造用集成材では、構造用集成材の JAS の平成 8 年改正時に、水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤の採用、積層数の緩和などが行われ、生産効率が向上しました。平成 17 年度における新たな改正についての検討会では、構造用新材料の成果に基づいて、これまで規定がなかった曲げヤング係数によるラミナ等級の追加とこれらのラミナを用いた新たなラミナ構成の追加が提案され、現在それに基づいた改正の手続きが進められています。これによりスギから採取されたラミナがその曲げヤング係数の低さを理由に除外される確率は極めて低くなるが見込まれます。

スギ材の需要拡大のためには、さらに多様な用途、すなわち堀や垣などのエクステリア、木橋(図 33)、ガードレール(図 34)等への利用を推進する必要があります。その際には、規格上の制限の緩和のための性能試験や新たに必要になる試験方法の整備など、規格に関連した取り組みが重要になります。また、住宅建築用途としては、これまで強度や耐火性に関して取り組まれてきました。今後、これに加え、そこに住む人への快適性や健康増進機能の評価と、その機能を効果的に発揮する素材や工法の開発など、需要拡大に向けた取り組みも必要となるでしょう。



図 33 スギ集成材で造られた木橋



図 34 スギ丸太で作られたガードレール

住宅等建築物中の木材炭素貯蔵量

木材の利用は、樹木が固定した炭素を材の中に長期間固定することになることから、大気中への二酸化炭素の放出を減らすことが期待されます。建築物中の木材炭素貯蔵量は、建築床面積の増加によって、昭和 39 年の 0.8 億 t-C（炭素トン）から平成 16 年の 1.8 億 t-C へと増加しており、40 年間で 1.0 億 t-C 分の二酸化炭素を新たに貯蔵したことになります（図 35）。なお、平成 16 年の値は、我が国の全森林に貯蔵されている炭素量の約 2 割にあたります。

各年の炭素貯蔵効果により期待される二酸化炭素削減量は、昭和 52 年には 390 万 t-C 程度あったのが、木造住宅の減少によって、平成 15 年には 140 万 t-C 程度まで落ち込みました。それでも京都議定書の基準年である平成 2 年の温室効果ガス排出量の約 0.4%分に相当する削減量があります（図 36）。今後も木材の炭素貯蔵効果を活かすためには、建築物をなるべく木造にしていけることが必要です。また、取り壊す建物の木材を再び建築資材にするなどの再利用を促進して、建築廃材が二酸化炭素の排出源にならないようにすることが大切です。

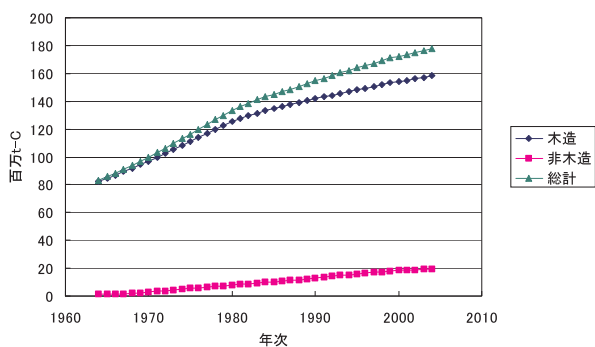


図 35 現存する建築物中の木材炭素貯蔵量

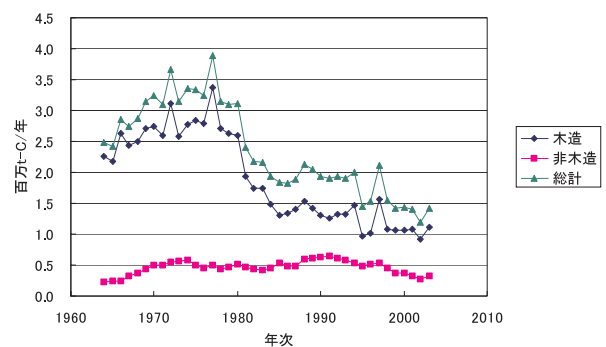


図 36 建築物の新築による木材炭素貯蔵量の年増加量

注：木造では約 0.19m³、非木造では大体 0.02m³位の木材が使用されていると仮定して、これを床面積に掛け合わせると木材の使用量が推定できます。次に、木材 1m³の乾燥重量を 420kg とし、さらに木材 1kg 中の炭素は 0.5kg として、木材中の炭素量が計算できます。各年における木材の炭素貯蔵効果による二酸化炭素削減量は、年毎の差をとれば分かります。

（執筆担当：山中 高史、伊藤 賢介）

本レポートの作成にご協力いただいた方々（敬称略）

（独）森林総合研究所	理事	久田卓興
	研究コーディネーター	神谷文夫
	加工技術研究領域長	黒田尚宏
	木材特性研究領域長	外崎真理雄
	加工技術研究領域 木材機械加工研究室長	村田光司
	木材特性研究領域 組織材質研究室長	藤原 健
	複合材料研究領域 集成加工担当チーム長	宮武 敦
	構造利用研究領域 材料接合研究室長	長尾博文
		接合性能評価担当チーム長 軽部正彦
	森林遺伝研究領域 樹木遺伝研究室長	津村義彦
秋田県立大学木材高度加工研究所		山内秀文
三重県科学技術振興センター		並木勝義
富山県林業技術センター木材試験場		藤澤泰士
長野県林業総合センター		吉田孝久

図の出版

表紙写真上：過熱蒸気乾燥試験機：（独）森林総合研究所
表紙写真中：集成材用ラミナの乾燥：（独）森林総合研究所
表紙写真下：合板を使った耐力壁の強度試験：（独）森林総合研究所

図 1: 只木・蜂屋（1968）をもとに作図

図 2: （独）森林総合研究所研究報告 No. 248: （独）森林総合研究所

図 3: 森林・林業統計要覧

図 4: 木材乾燥技術資料：（独）森林総合研究所

図 8: 長野県林業総合センター

図 25: 東京合板工業組合・東北合板工業組合資料

図 27: 日本集成材工業協同組合資料

図 30: 三重県科学技術振興センター林業研究部

図 31: 秋田県立大学木材高度加工研究所

図 32: 富山県林業技術センター木材試験場

表 1: わかりやすい乾燥材生産の技術マニュアル改訂新版（2006）：（社）全国木材組合連合会

上記以外の図の出典は（独）森林総合研究所

『農林水産研究開発レポート』既刊リスト

- No.1 (2001.10) 麦の高品質化を目指して
- No.2 (2002. 1) イネゲノム情報を読む
- No.3 (2002. 5) 循環する資源としての家畜排せつ物
- No.4 (2002. 9) 機能性食品の開発
- No.5 (2002.12) バイオマスエネルギー利用技術の開発
- No.6 (2003. 3) 新たな用途をめざした稲の研究開発
- No.7 (2003. 5) 昆虫テクノロジー研究
- No.8 (2003. 9) 地球温暖化の防止に関わる森林の機能
- No.9 (2004. 2) 海洋生態系と水産資源－持続的水産資源管理の高度化を目指して－
- No.10 (2004.11) 食品の品質保証のための研究開発
- No.11 (2004.12) 食料・環境問題の解決を目指した国際農林水産業研究
- No.12 (2005. 3) 病害虫の総合的管理技術－化学農薬だけに依存しない病害虫防除－
- No.13 (2005. 7) 大豆の安定・多収を目指して
- No.14 (2005.11) 進化する施設栽培－大規模施設から植物工場まで－
- No.15 (2006. 3) イネで牛を育てる－飼料イネによる国産牛生産－
- No.16 (2006. 3) 魚と貝のバイオテクノロジー－安全で信頼できる魚と貝を目指して－
- No.17 (2006. 7) 野生動物による農林業被害を防ぐ技術
- No.18 (2006.10) 新たな用途をめざした稲の研究開発 平成18年度版
- No.19 (2007.1) 水田・畑輪作体系を進める効率的な新技術

農林水産省研究開発レポートについてお気づきの点等ございましたら、
下記担当までお願いいたします。

担当：〒100-8950 東京都千代田区霞が関1-2-1
農林水産省 農林水産技術会議事務局 技術政策課 広報班
T E L 03-3502-8111 (内線5088)
F A X 03-3507-8794
E-Mail : www@s.affrc.go.jp

インターネットでのご利用について

1 本レポートは、次のURLでご覧いただけます。

<URL> <http://www.s.affrc.go.jp/docs/report/report.htm>

2 前年度までに発行した本レポートのビデオ版「食と農の未来を拓く研究開発」は、次のURLでご覧いただけます。

<URL> <http://rms2.agsearch.agropedia.affrc.go.jp/contents/other/MediaDB/mediadb.html>

なお、ビデオ版DVD「食と農の未来を拓く研究開発」は、公立図書館等でもご覧になれます。

詳細については、最寄りの施設へお問い合わせ下さい。

3 この他、農林水産研究成果等に興味をお持ちの方は、以下のURLをご覧ください。

農林水産省農林水産技術会議

<URL> <http://www.s.affrc.go.jp/>

研究成果情報

<URL> <http://www.affrc.go.jp/ja/db/seika/index.html>

農学情報資源システム AGROPIEDIA

<URL> http://rms1.agsearch.agropedia.affrc.go.jp/menu_ja.html

農林水産研究成果ライブラリー

<URL> <http://rms2.agsearch.agropedia.affrc.go.jp/contents/JASI/index.html>

プロジェクト研究成果シリーズ

<URL> <http://rms2.agsearch.agropedia.affrc.go.jp/contents/JASI/seika.html>

農林水産研究開発レポート No.20

「スギ人工林資源活用のための木材加工・利用技術の開発」

2007年3月16日

監 修 農林水産省 農林水産技術会議

編集・発行 農林水産省 農林水産技術会議事務局

〒100-8950 東京都千代田区霞が関1-2-1

TEL：03-3502-8111（代表）

FAX：03-3507-8794

