

森林の循環利用

大平辰朗

生研支援センター研究リーダー

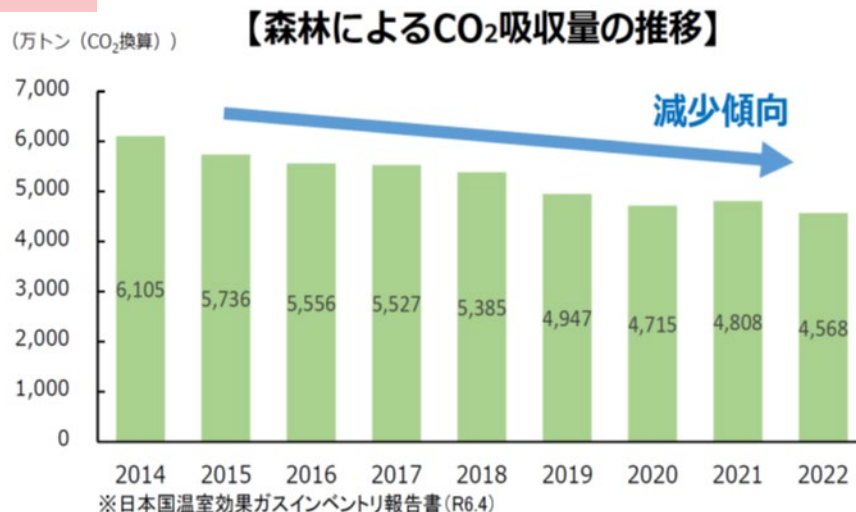
✓自然プロセスを利用したNETsとして、森林の役割は極めて大きい。

✓日本の森林のCO₂吸収量は年々減少傾向、高齢林ほど少ない傾向。

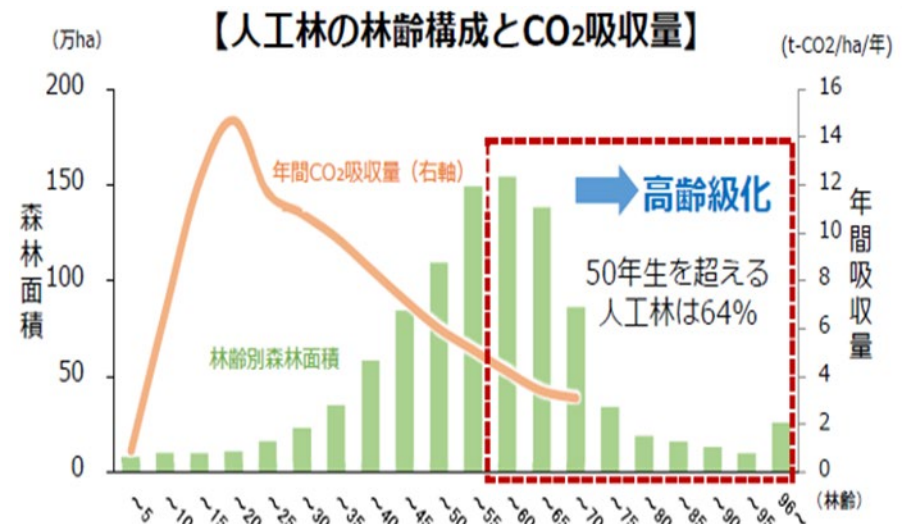
✓日本の森林の約4割（1,020万ha）を占める人工林は高齢化（64%が50年生超）が進んでいる。
→本格的な利用期を迎えている。

それでは→高齢林を伐採し、若齢林を増やせばよいのでは？

but
でも
✓木材価格の低迷や造林等の費用負担が大きい→森林所有者等が林業経営に関心を持ってない
→主伐後の再造林率が低い（3～4割）



日本の森林によるCO₂吸収量の推移



人工林の年齢構成とCO₂吸収量の変化

新規エリアの森林化

自然や人の活動によって減少した森林への植林

・ IPCC等では自然プロセスによるNETs→ 「植林・再生林」を提唱
(森林分野)

✓ 「植林」は日本には不適 × ←日本の森林面積の純増は現実的に困難

✓ 「再生林」率は向上可能 ○ 高齢木の利用→積極的な林業活動→木材の利用拡大

CO₂貯蔵量が増加!!

木を植える→若齢木増加→ CO₂吸収・蓄積量の最大化

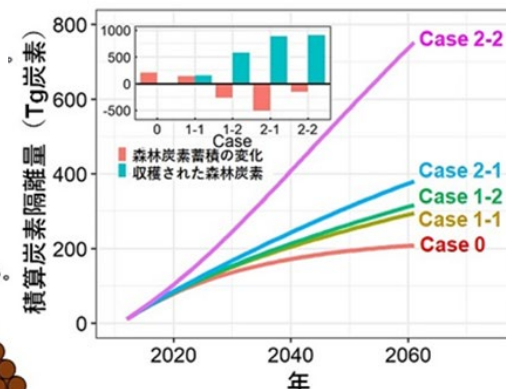
「森林の循環利用」を提案

「収穫し、使って、植えて、育てる」

林業活動なし→
森林炭素蓄積は飽和

より多くの炭素が隔離される。

積極的な林業活動→
木材だけでなく葉、枝、樹皮、根
にも炭素を蓄積



Case 0: 林業活動無し、Case 1-1: 現況（森林白書ベース）の伐採・植林、Case 1-2: 現況（森林・林業統計要覧ベース）の伐採・植林、Case 2-1: Case1-2の2倍の伐採率、Case1-2と同じ植林率、Case 2-2: Case1-2の2倍の伐採率、植林率100%

森林の循環利用のイメージ

出典：林野庁HPより

図1.森林は、たくさん伐ってたくさん植えたら、たくさん炭素を蓄える
出典：東京大学大学院農学生命科学研究科・農学部HPより

森林生態系全体の炭素蓄積について

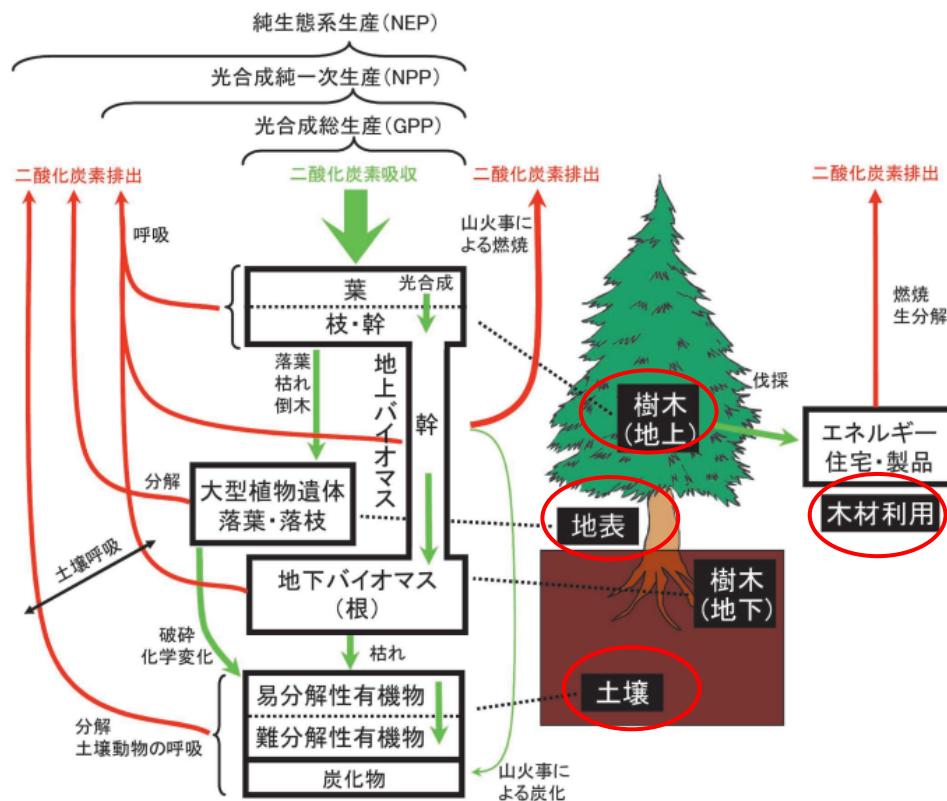


図2 森林生態系における炭素の流れ

✓炭素→樹木、地表の堆積有機物、土壌中の有機物、木材利用の4形態で貯留

出典：農林水産省農林水産技術会議、農林水産研究開発レポート,8,(2003)

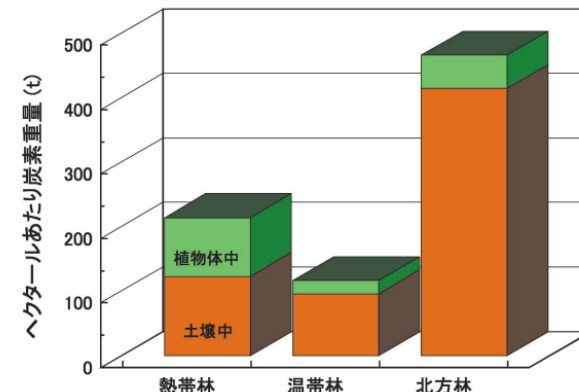


図3 世界の森林の土壌中と植物体中の炭素量

✓炭素蓄積量は土壌＞植物体。

データはEric S.Kasischke et al (2000)による

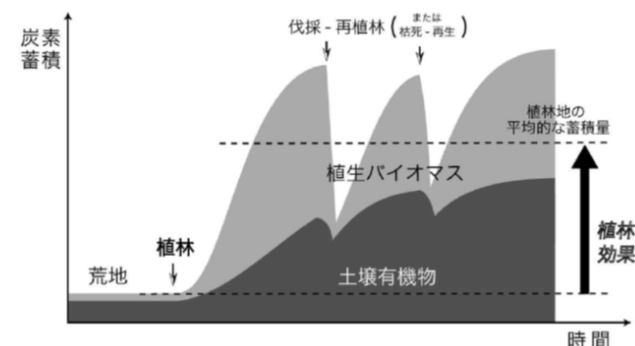


図4 植林の実施前後における炭素蓄積量の変化

出典：国立環境研究所地球環境研究センターHP

(https://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/3/3-2/qa_3-2-j.html)

✓長期的には土壌中に蓄積される炭素は着実に増加

森林の循環利用

「森林の早期再生・回復」に係る技術

- ・「森林経営の基礎となる資源量の把握」
- ・「新技術を活用した「スマート林業」
ハーベスタ等の作業機械の自動化・半自動化
伐採後の植林のためのアシストスーツの開発など
- ・「早生樹・無花粉樹やエリートツリーの育成」

「木材等の利用拡大」に係る技術

- ・「中高層建築物等での木質化の促進に向けた技術開発」
- ・「木材を利用することのメリットの評価方法」
- ・「化石資源の代替と成り得るマテリアルとしての利用技術の開発」
- ・「カーボンニュートラルな燃料の開発」

「ICT活用による木材の生産流通管理システムの開発」

森林の早期再生・回復



木材生産流通管理システム

木材等の利用拡大

この取り組みを成立させる上で重要な条件!!

★「木材を消費する速度 < 森林の成長速度」

★「国産材の供給拡大と再造林は必須であり、
木材等の利用・国産材供給・再造林を同時に進めること」

【課題1】最新の技術を用いた森林資源量の把握技術

(背景)

- ・森林はバイオマス資源として、また、CO₂の吸収源として重要な役割を担っている。森林を適切に管理・利用するためには、最新の技術を用いた森林資源量の適切な把握による森林経営計画の作成、それに基づき伐採・収穫・造林などの林業作業を実施することが必要である。このため、最新の計測機器を使用し、AIを活用して森林資源量の把握を行うことが必要である。

＜研究開発の方向性案＞

- ・ LiDAR・ドローンなどによる森林計測技術
(ハードウェア、ソフトウェア)
- ・ AIなどを活用した森林資源量の把握技術



林野庁HPより

https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/smart_forestry.html

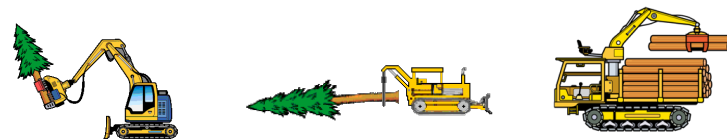
【課題2】スマート林業に関する研究

(背景)

- ・林業における造材・運搬作業は急傾斜地・不整地で重量物を扱うことから労働負荷が大きく労働災害の発生率が非常に高い⁸⁾。また、木材生産の労働生産性は欧米に比べ非常に低く、生産コストも高い。このような状況からスマート林業を推進し、効率的で安全な木材生産を実現することが急務となっている^{9,10)}。これらを実現するためには、各種作業機械に最新のセンサーを導入し、新たなソフトウェアを開発することにより林業機械を製作することが必要である。さらに今後は、日本の林業現場に対応したベースマシンの開発と作業を効率化するためのアタッチメントを開発することが重要になる。その先にはEV化への取り組みも必要となるだろう。

＜研究開発の方向性案＞

- ・ 造材・運搬作業の自動化・半自動化に向けたセンサーと制御ソフト搭載林業機械の開発
- ・ 小型の造林機械の開発
- ・ ベースマシン、アタッチメントの開発



林野庁HPより

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/kikai.html>

【課題3】早生樹・無花粉樹、エリートツリーの開発・育成技術

(背景)

- ・CO₂の吸収源として森林は重要な役割を担っている。このため、伐採後の林地に植栽する成長の早い早生樹の開発¹⁴⁾やエリートツリーの改良などにより吸収源の拡大や生産性の向上が求められている。早生樹の開発では、材質等がまだ知られていなくどのような利用に適しているのかを探ることが重要である。また、近年、花粉症により引き起こされる様々な症状が問題となっており、これに対応した造林木の重要性が高まっている。エリートツリーの改良では、エリートツリーの2倍の成長速度を持つハイパーエリートツリーを作出する方向となる。これらを実現するためには、林木育種期間の大幅短縮に向けたゲノム編集をはじめとする先進的技術開発が必要となる。

<研究開発の方向性案>

- ・ 早生樹の開発と材質、利用適正の探索
- ・ 成長や形質のよい無花粉樹の開発
- ・ エリートツリーの2倍の成長速度を持つハイパーエリートツリーの開発
- ・ ゲノム編集をはじめとする先端技術の開発



林木育種センターHPより

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/sinhijnnsyu/seicyou.html>

【課題 4】中高層・非住宅建築物での木質化・木造化の拡大に向けた技術開発

非住宅・中高層建築物等の木質化・木造化を加速するため、従来と異なる性能を有する部材の開発が必要である。また木材によるCO₂の長期固定を進めるため、木質建築物の長寿命化に係る技術や長期間利用した木造部材を再利用に資する研究開発が必要である。

＜研究開発の方向性案＞

・木質建築物を長期間利用可能にするための技術開発

- ✓耐久性に優れた部材の開発や維持管理技術など長寿命化に係る技術の開発。
- ✓長期間利用木造部材の再利用化のための性能評価技術や再利用技術の開発。

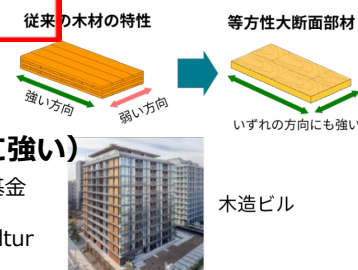
・等方性大断面部材の開発&歩留まりが高く効率的に製造する技術の開発。

➡ 中高層建築物等の建築技術の高度化&長期利用技術

等方性大断面部材

(長さと幅の両方からの荷重に強い)

出典：NEDO グリーンイノベーション基金
HPより、<https://green-innovation.nedo.go.jp/project/agriculture-forestry-fisheries-industries/>



【課題 5】木材等自然素材がもたらす ウェルビーイング効果の科学的解明

様々な分野でウェルビーイング(well-being)の取り組みが行われるようになり、木材等の自然の素材を活用した空間や施設が注目されている。そのような風潮の中、木材等自然素材が人にもたらすウェルビーイング効果に関する客観的評価など科学的解明が必要になっている。

＜研究開発の方向性案＞

- ・木材等の自然素材が人の睡眠や作業性に与える効果等
- ・オフィス、教育施設、医療施設などを木質化した時の効果等



医療施設の木質化

➡ 科学的視点から木材利用のメリットをPR→木材利用の拡大へ

出典：林野庁、中大規模木造公共建築物事例集より
https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/kidukai/zirei_sankou/index.html

【課題6】木材等の新規利用技術の開発 1^{51~56}

マテリアル

(背景)

- ・ 建築資材に不適な未利用材や長期利用され再利用に適さない木材等も重要な炭素蓄積源であり、それらの有効な利用法の開発は重要な課題である。一方で脱化石資源化の必要性から石油代替素材として木材等のバイオマスの利用法の開発が急務となっている。

＜研究開発の方向性案＞

- ・ 「**CNF,改質リグニン**の新規用途開発並びに事業化」

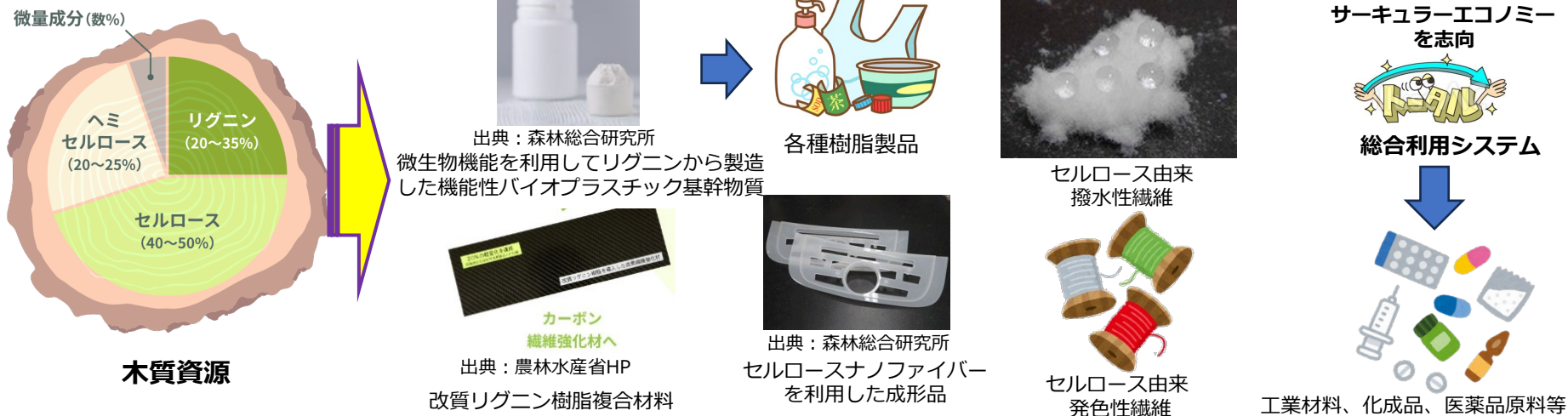
樹脂複合材料、増粘剤、有機無機ハイブリッド材料等並びに大量製造システムの開発

- ・ 「**化石資源代替工業材料**」等の開発

セルロースから高性能繊維、液晶材料、接着剤原料、バイオプラスチック等の開発、微生物代謝機能を利用して機能性バイオプラスチック基幹物質の製造に係る技術開発、高付加価値成分の探索、利活用技術の開発

- ・ 「**木材成分総合利用システム**」の開発

森林資源フル活用のためのサーキュラーエコノミーを志向した木材成分総合利用システムの開発



【課題 7】木材等の新規利用技術の開発 2 -森林循環利用に必要なカーボンニュートラルな燃料-

エネルギー

(背景)

「森林の循環利用」の各工程で必要となるエネルギーは現状石油資源に依存。

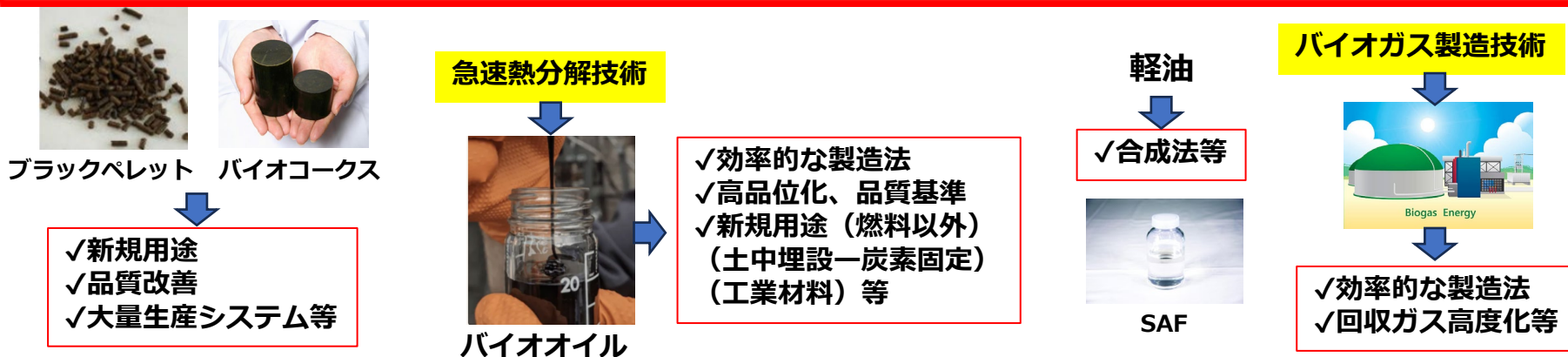
→循環利用のサイクルを円滑に回し、NETsに貢献するためには、石油代替と成り得る森林資源を原料とする**カーボンニュートラルな燃料**が必要となっている。また、エネルギー利用のための**国産材に適した「熱電併給システム(CHP)」**の開発も急務となっている。

＜研究開発の方向性案＞

カーボンニュートラルな燃料

- ・ **固体燃料**：トレファクション技術を活用した**ブラックペレット**、**バイオコークス**の品質改善、新規用途並びに大量生産システムの開発等。
- ・ **液体燃料**：**バイオオイル**[収率向上を目指した製造法（マイクロ波超高速熱分解技術等）、原料調達—製造までを含めたシステム開発、オイルの高品位化（脱酸素反応触媒の利用）、新規用途（土中埋設による炭素固定、工業材料の開発等）]等。
軽油[木材ガス化-精製-反応等連続合成システムの開発]等、
(参考) ***SAF (ナフサ含)** [原料供給、製造技術・プロセスの最適化、製造コスト低減化、経済性評価]
* SAFは需要が多く注目度が極めて高いが、森林の循環利用とは直接関連性が低いため、(参考)とした。
- ・ **気体燃料**：**バイオガス**[効率的な製造法開発（タール発生低減技術）、回収ガス高度利用（水素をリッチな状態にする研究）] 等。
- ・ **国産材に適した熱電併給システム (CHP)** の開発。

等



まとめ

森林の循環利用

○森林の早期再生・回復 → ○木材等の利用拡大

CO₂の吸収

CO₂の固定

✓吸収率の向上

- 若齢林化
- 適切な森林管理手法
 - ・スマート林業
 - ・早生樹
 - ・エリートツリー
- etc.



✓固定量のup

→建築物の木質化促進

✓長期間の固定

→建築物の長寿命化

✓化石資源代替

- 素材（マテリアル）
- 燃料（エネルギー）
- etc.

重要な条件!!

★「木材を消費する速度 < 森林の成長速度」

★「国産材の供給拡大と再造林は必須、

木材等の利用・国産材供給・再造林を同時に進めるべし」

ご清聴ありがとうございました。

【報告書はこちらから】

生物系特定産業技術研究支援センターHP
(お知らせ)令和6年度生研支援センター調査報告書(研究開発構想)「農林水産分野のカーボンニュートラルに向けたネガティブエミッション技術の研究開発」を作成しました。

https://www.naro.go.jp/laboratory/brain/contents/research_information/info_gathering_analysis/r6_rd_concept.html

