



森林更新と炭素循環

～日本の森林を若返らせ、炭素循環社会を推進する！～

脱炭素（炭素循環）Team

谷口 桑原 宇田 東

アドバイザリー講師

豊田先生 町田先生 今村先生



Table of Contents

目次

01

現状・課題・なりゆき・ありたい姿

02

事業モデル

03

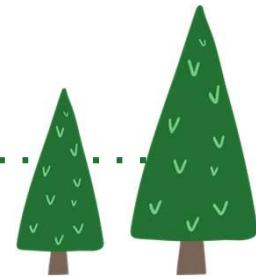
ロードマップ

04

設楽町炭素循環設備構想

05

まとめ



現状・課題・なりゆき・ありたい姿

01



現状・課題

愛知県の森林 現状の課題

- ① 人工林の85%が、標準伐期齢を超える状況にある
(尾張西三河地域は81%、東三河地域は89%)
- ② 森林の高齢化が進む一方、主伐・植林のサイクルは進んでいない
理由) 小規模所有者、木材の利用率低い
→ 高齢の森林増 → 森林によるCO₂の吸収量が低くなる

杉	CO ₂ 吸収量 (t/ha・年)
20年生	3.3
40年生	2.3
60年生	1.1
80年生	0.8

	主伐実行率	人工造林実行率
尾張西三河	21%	9%
東三河	よりも低い (未開示)	4%

※愛知県の森林計画（2016～2020年度）の実行結果

01

現状・課題

愛知県の現状・取組み

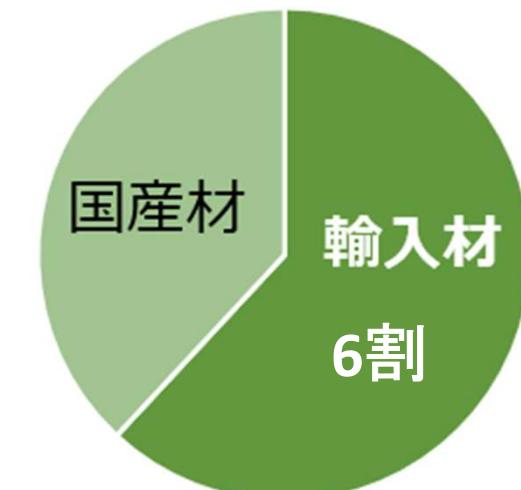
- 温室効果ガス排出量で全国2位
- 再生可能エネルギーの導入推進
バイオマス発電は国・県ともに注力

バイオマス発電の現状

- 燃料（バイオマス）の安定確保が課題
国内の未利用林地残材はコスト高
(薄く広く存在→回収・輸送コスト増)
→ 海外から輸入した木質チップを燃料に
使用するという「無駄・矛盾」
- 発電の際に排出されるCO₂は大気に放出

「あいち地球温暖化防止戦略2030」

	容量（万KW）	
	2021年実績	2030年目標
太陽光発電	289	460
風力発電	7	14
バイオマス発電	39	2.7倍 106
合計	335	1.7倍 580



木質バイオマス発電の燃料内訳

01

なりゆきの姿

- ・ 森林の更なる高齢化
- ・ CO₂吸収率悪化
- ・ 土砂災害、病害虫発生リスク増加
- ・ バイオマス発電普及の停滞

(バイオマス原料不足・高騰)



(生成AIにより作成)

01

ありたい姿

森林更新

高齢森林からCO₂吸収の多い若年木が生い茂る森林へ

バイオマス発電（炭素循環）

海外からの輸入に頼らないバイオマス発電
且つ、CO₂を回収・利用

日本の森林を若返らせながら、炭素循環社会を推進する！

カーボンニュートラルからカーボンネガティブの社会

02

事業モデル



02

事業モデル

ABC削減法

Anti-aging of Forest

森林を若返らせてCO₂の吸収を加速させる

Biomass Power Generation BECCU

バイオマス発電による化石燃料の代替 +
発電により発生するCO₂を回収・固定化

Carbon Recycle

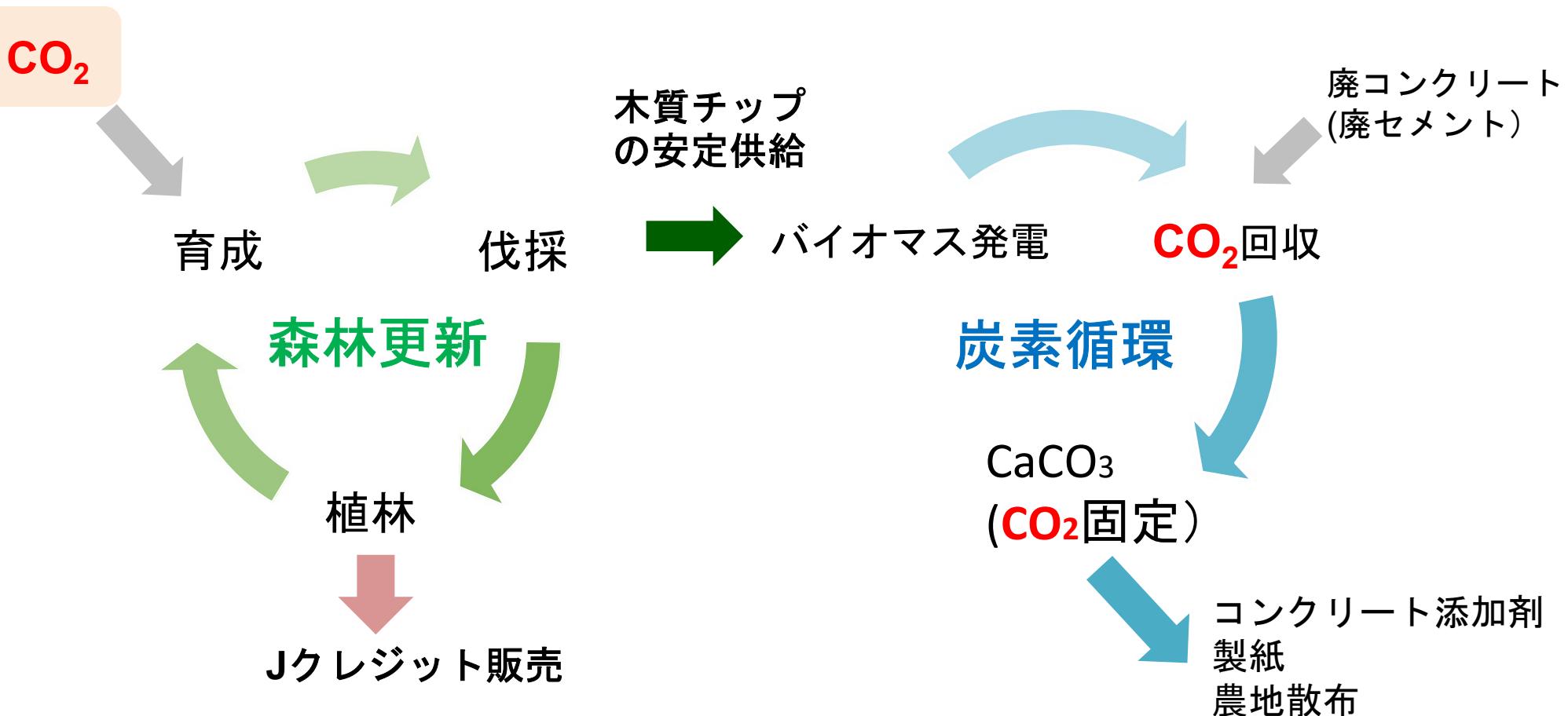
固定したCO₂を化成品とし資源循環する

3つの方法でCO₂を削減



事業モデル

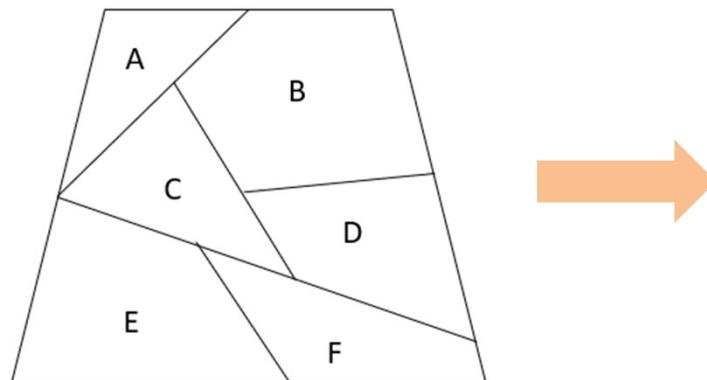
全体のマネジメント役を愛知県/自治体が担う！！
両輪を上手く回す



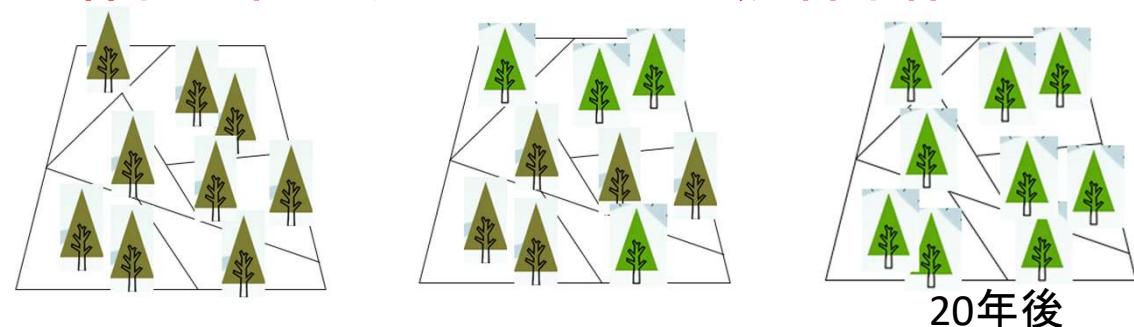
02

事業モデル（森林更新①）

現状

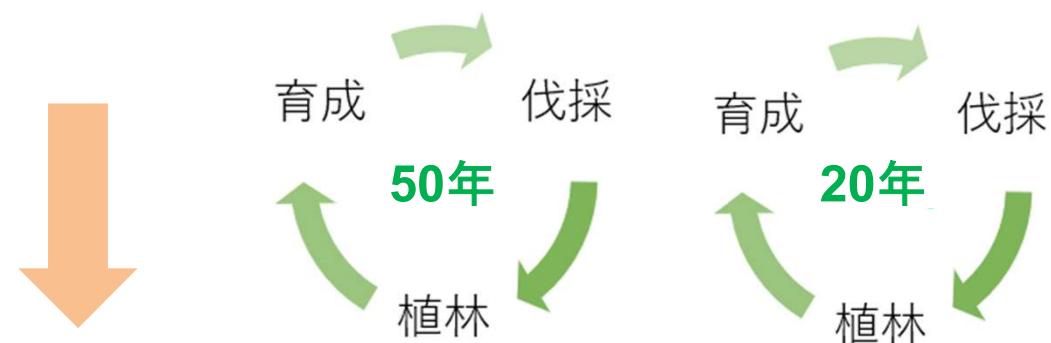


森林の若返りとバイオマス燃料確保へ



高齢木の主伐を計画的・積極的に進める。
植林は成長サイクルの早い「エリートツリー（早生樹）」に
50年で固定化するCO₂量を20年に短縮

小規模私有林、所有者不明林を
自治体が一括管理
(森林経営管理制度)

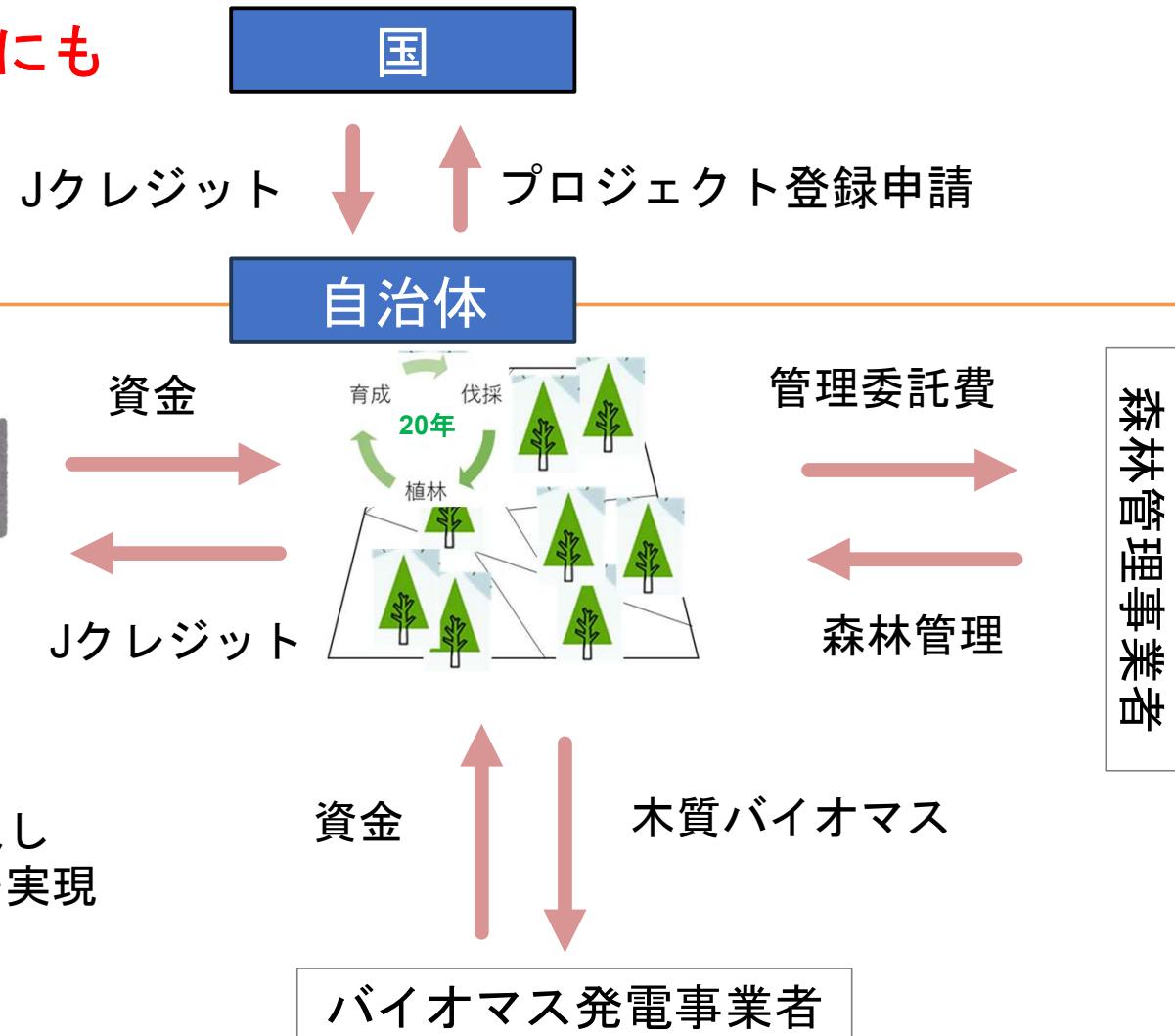


伐採サイクルが短縮されることで、バイオマス発電の原料確保の安定化にも寄与

02

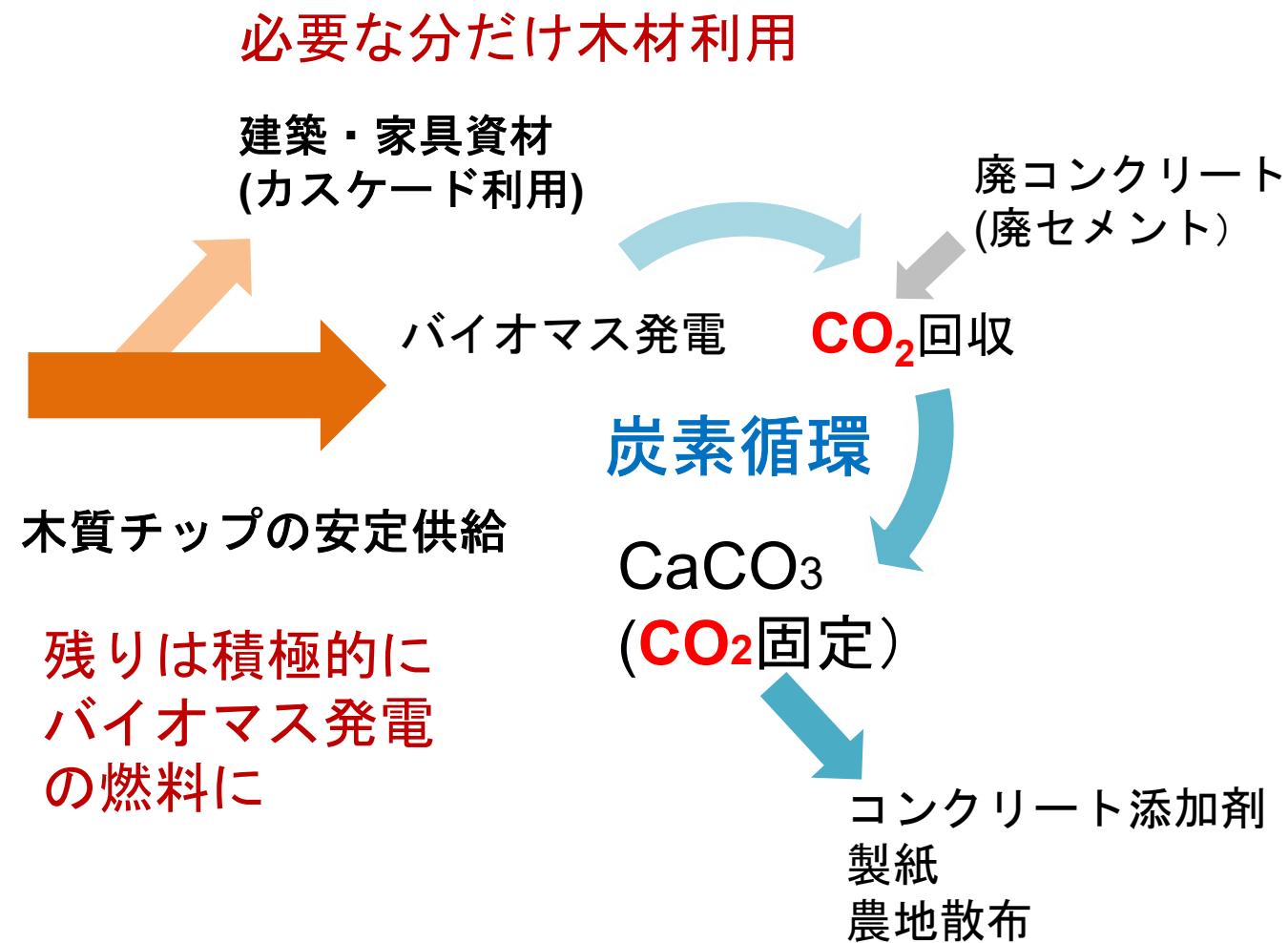
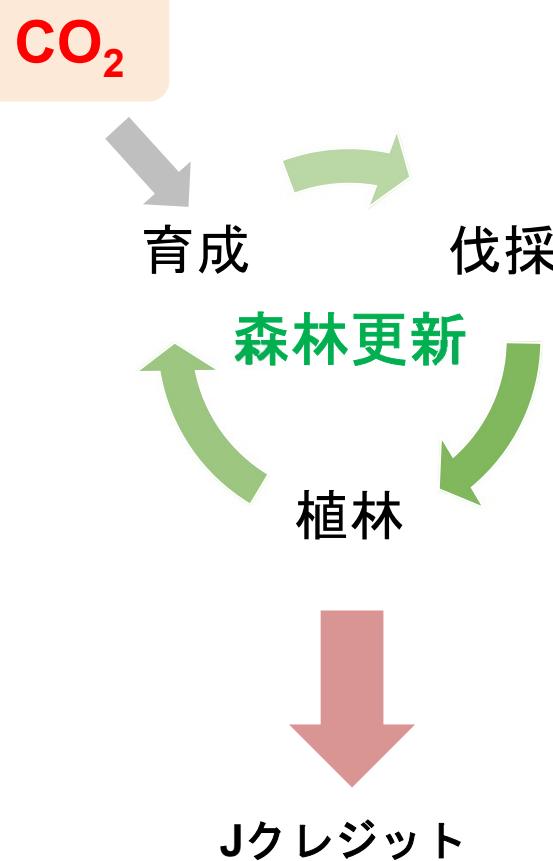
事業モデル（森林更新②）

愛知の企業価値向上にも



02

事業モデル（森林更新→炭素循環）

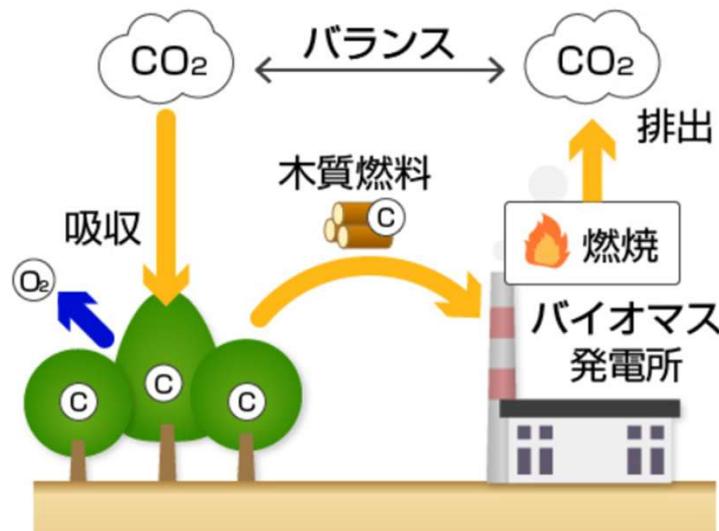


02

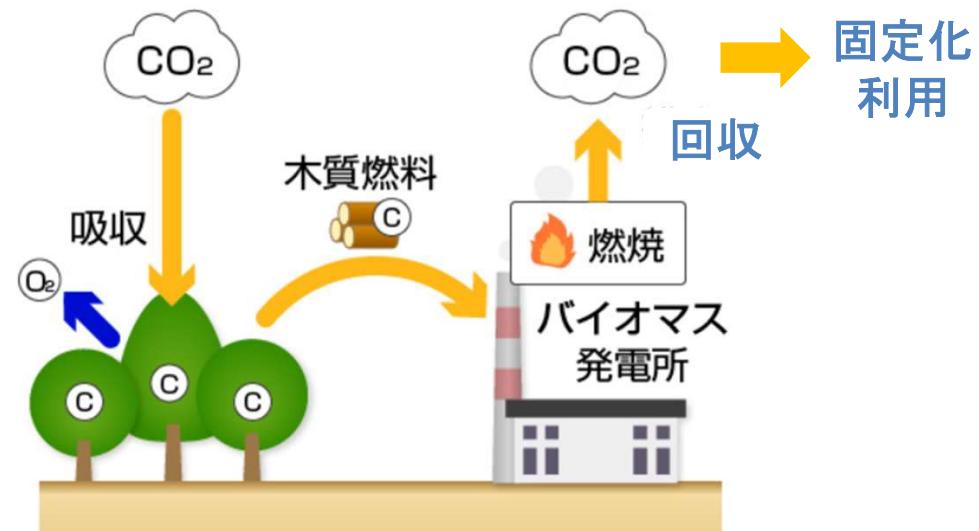
事業モデル 炭素循環（バイオマス発電+CO₂回収・利用）

- カーボンニュートラルではなく、カーボンネガティブに挑戦！
従来型のバイオマス発電でなく、燃焼時に発生するCO₂を回収・利用（BECCU）
- 愛知をBECCUのモデル地域に

従来：カーボンニュートラル

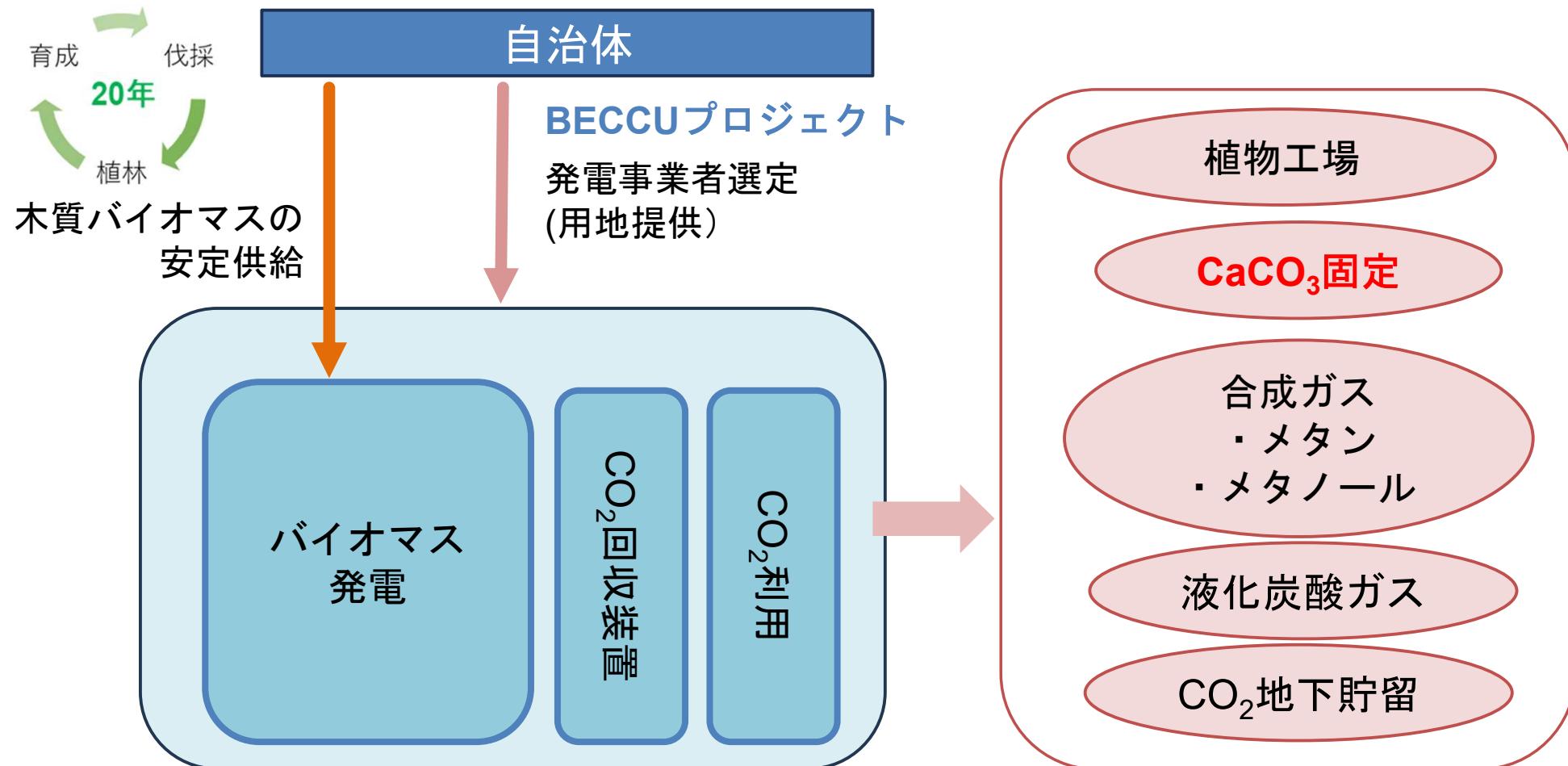


構想：カーボンネガティブ



02

事業モデル 炭素循環（バイオマス発電+CO₂回収・利用）

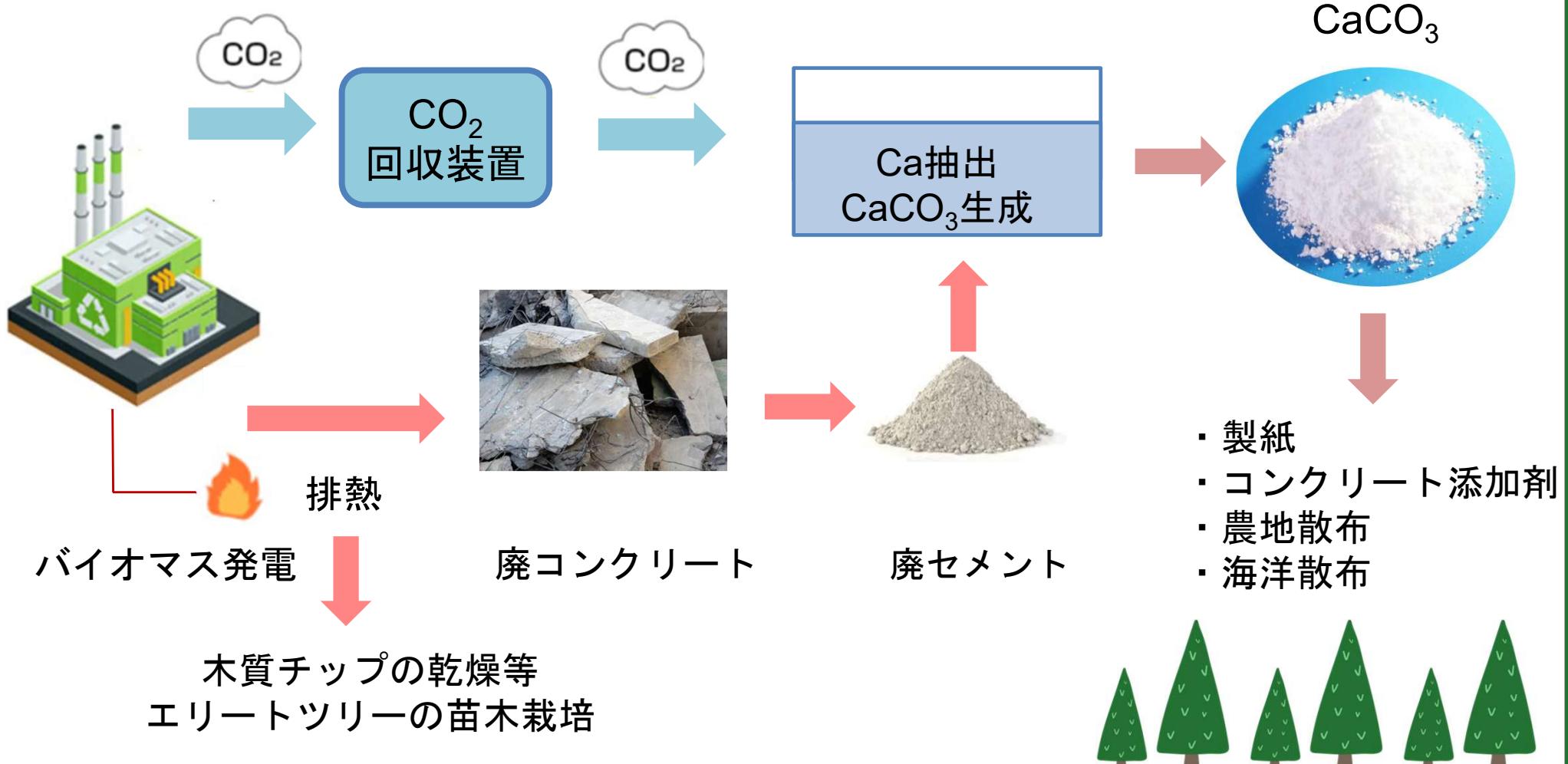


※CO₂回収・利用の技術選定は、導入時(2030年)における最適方法を選択
現時点では、CaCO₃固定を想定

02

事業モデル 炭素循環（バイオマス発電+CO₂回収・利用）

バイオマス発電+CO₂回収・利用
回収したCO₂をCaCO₃として固定化、再利用



03

ロードマップ



03

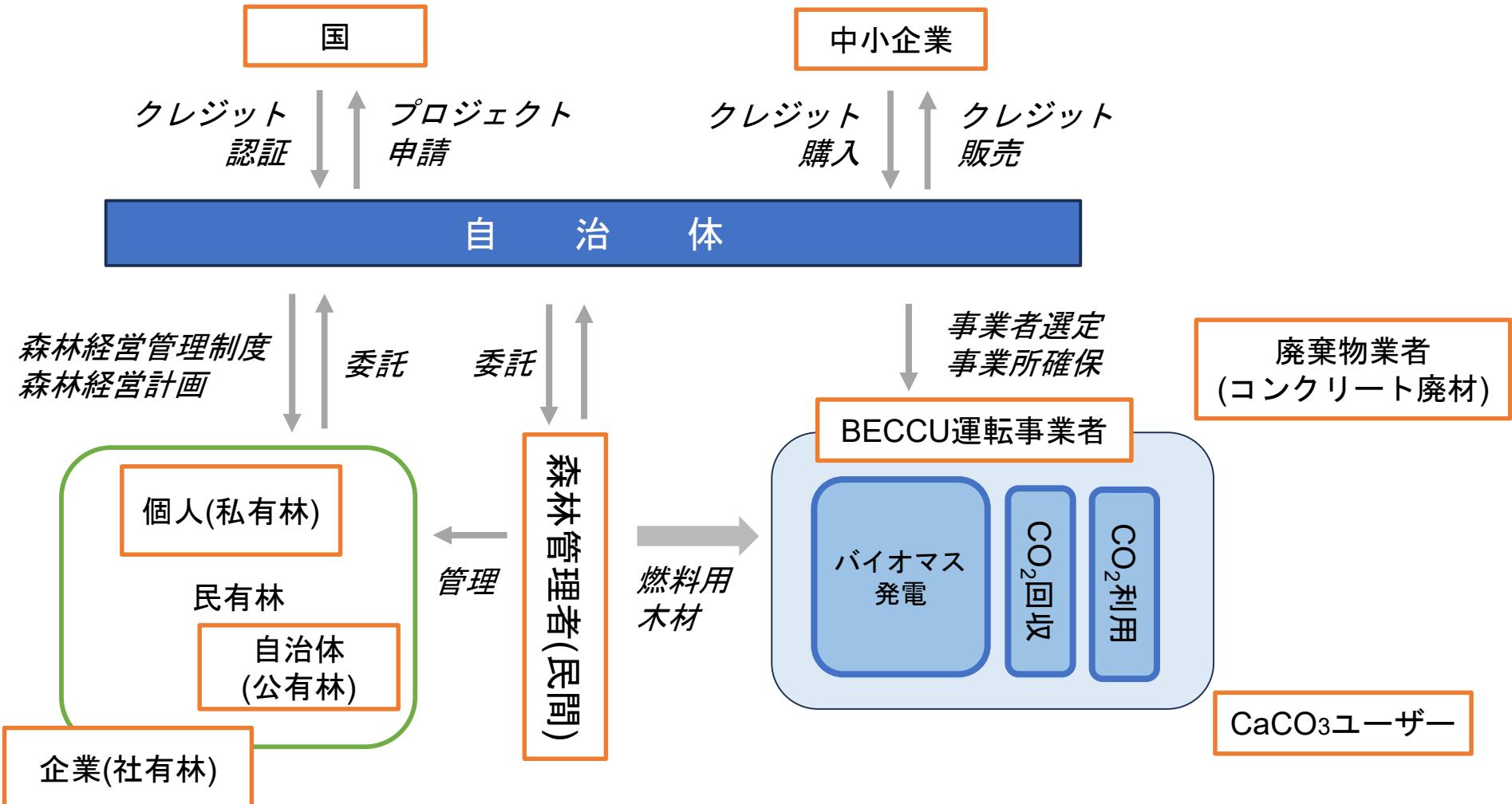
ロードマップ

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
森林更新						
対象地域の選定	■					
森林所有者との交渉			※以降、継続維持			
森林クレジット申請・登録			※以降、継続維持			
J-クレジット販売			※以降、継続販売			
森林管理者への委託			※以降、継続委託			
主伐/植林	第1期	■				
	第2期		■			
		■	■	■	■
	第20期		■	■	■	■
BECCU						
対象地域の選定	■					
バイオマス発電技術の選定	■					
発電事業者選定	■					
発電所建設・運転		■	※以降、継続運転			
回収/利用技術の選定	■					
BECUU建設・運転		■	■	■	■	
CaCO ₃ 販売開始		■	■	■	■	

2051
森林更新
1巡回完了

02

ステークホルダー



設楽町炭素循環施設構想



04

04

プロジェクト候補地、シミュレーション

候補地：設楽町

面積：27,394ha、森林面積：24,662ha（面積の9割が森林）

民有人工林面積：15,577 ha（殆どが杉桧）
(うち、標準伐期齢を超過した森林：94.4%)

- ・バイオマス発電規模（想定）：10,000 kW（中規模）
- ・年間発電量（想定）：70.08 GWh/年（稼働率：80%）

→産業向け（15円/kWh）の場合：**約10.5億円/年**



出典：設楽町観光ナビ (<https://www.kankoshitara.jp/>)

04

プロジェクト候補地、シミュレーション

	必要な木材量	6.7 万t/年（気乾材 ※含水率15%）
	必要な森林面積	500 ha/年（皆伐&全部位使用）
CO ₂ 削減量	A削減 森林管理	−2,500 t-CO ₂ /年 (※Jクレジット分として算出)
	B削減 バイオマス発電	−61,000 t-CO ₂ /年
	C削減 CO ₂ 回収・利用	−70,080 t-CO ₂ /年 (*1)
	ABC合計	−133,850 t-CO ₂ /年
	CaCO ₃ 生産に必要な廃コンクリート量	30 万t/年 (*2)
	CaCO ₃ 生産量	16 万t/年

(*1) CO₂回収率：80%

(*2) CaCO₃生成効率：100%

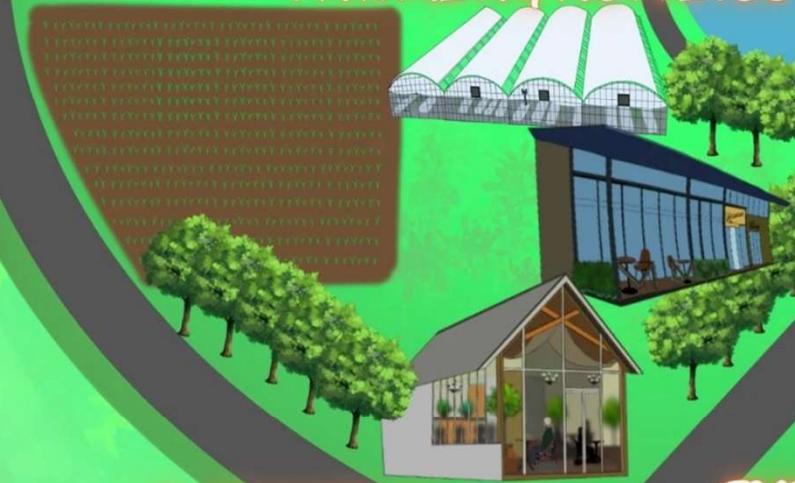
*BIO MASS
POWER PLANT
and
BECCU*



*ADVENTURE
and
PLAYGROUND*



FARMING ACTIVITIES



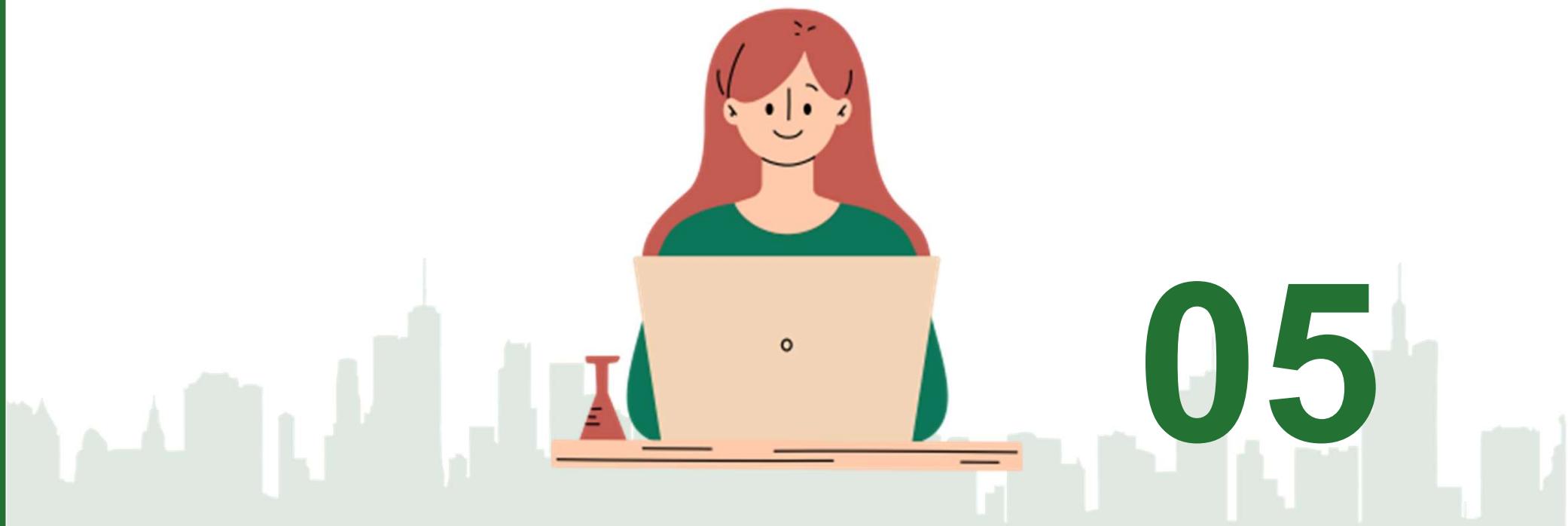
*FARMER'S
RESTAURANT/CAFE*

*GATE
and
INFORMATION*



*VILLA
and
CAMP SITE*

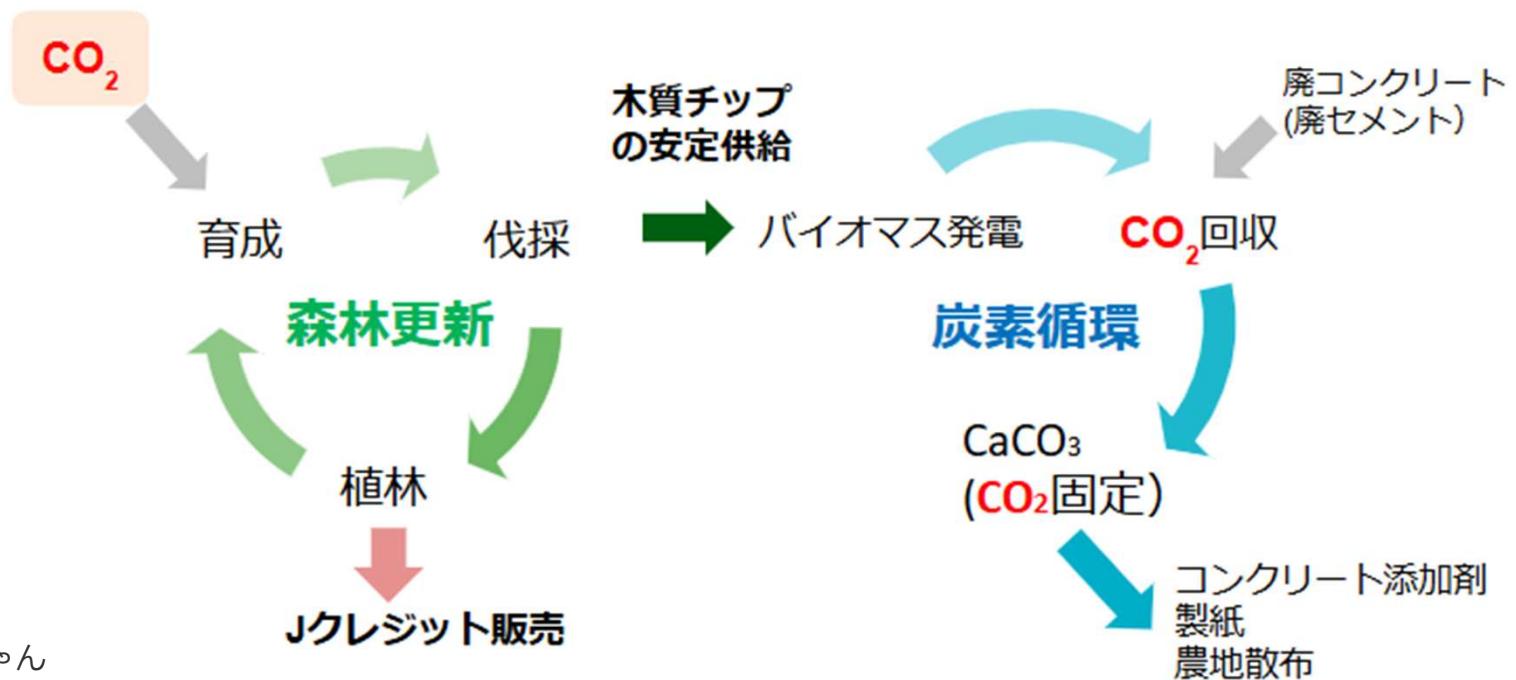
まとめ



05

ありたい姿

2045年 カーボンネガティブ (炭素を完全にコントロール)



設楽町マスコット: とましーなちゃん
(設楽町公式HPより)

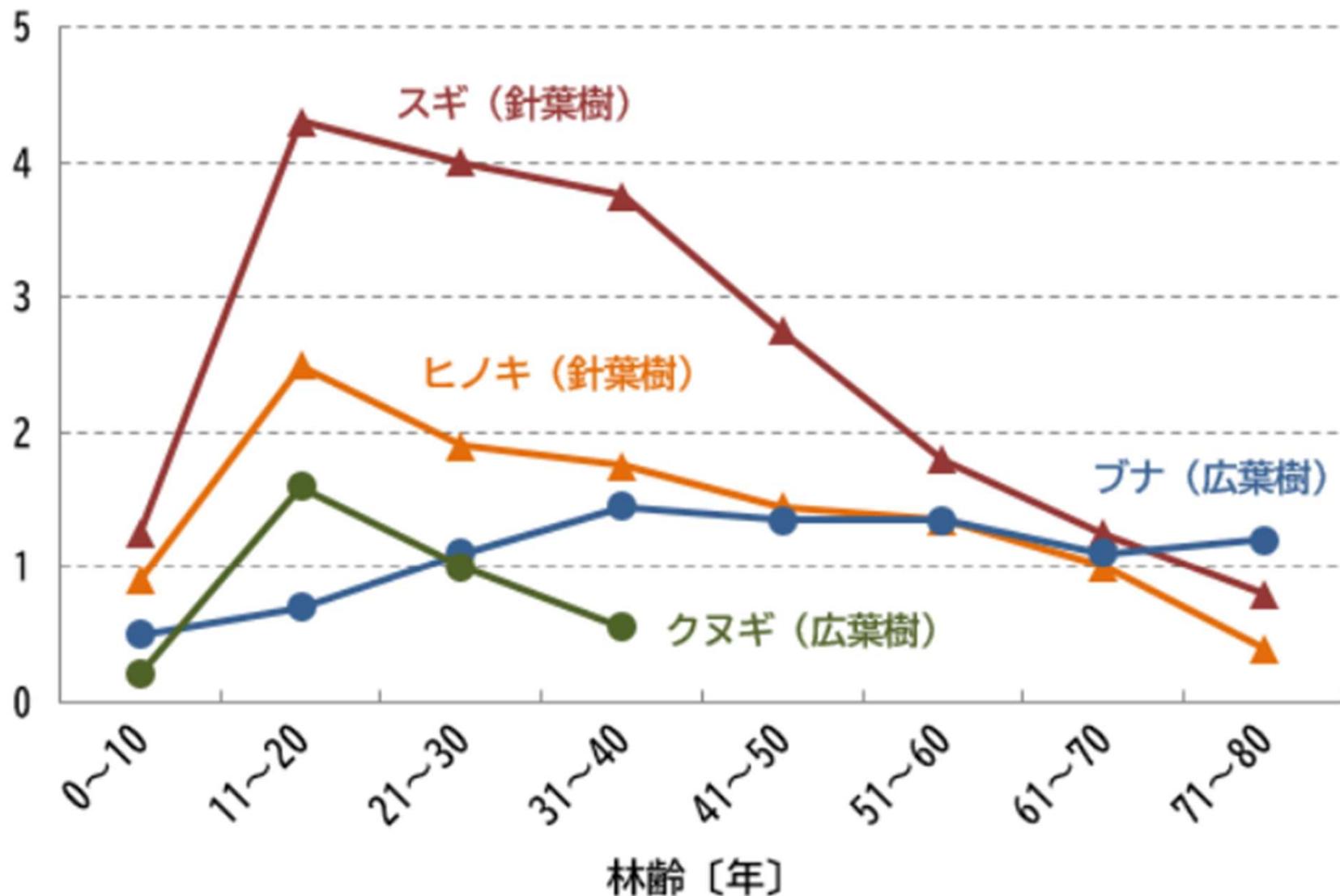
THANK YOU!

ありがとうございました

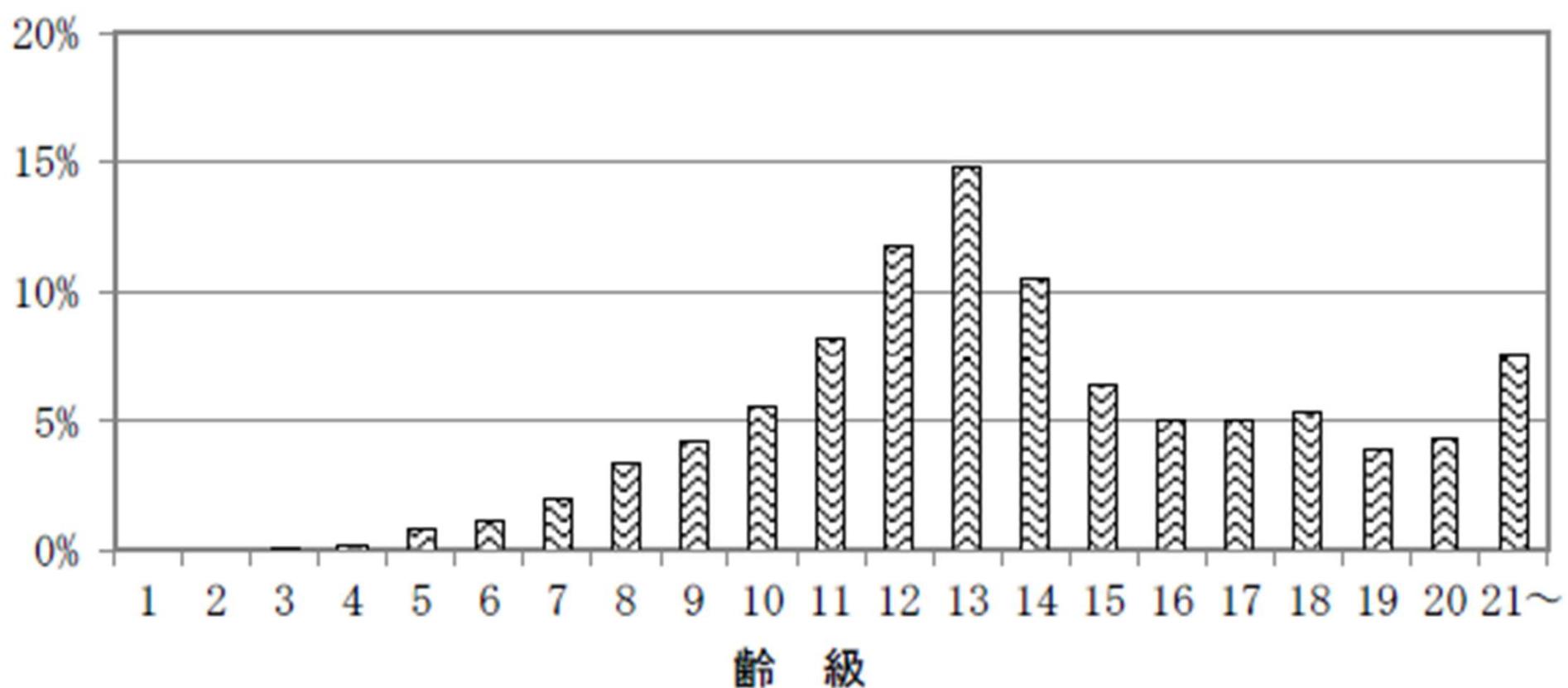
Appendix

樹種別・林齡別 炭素吸収量

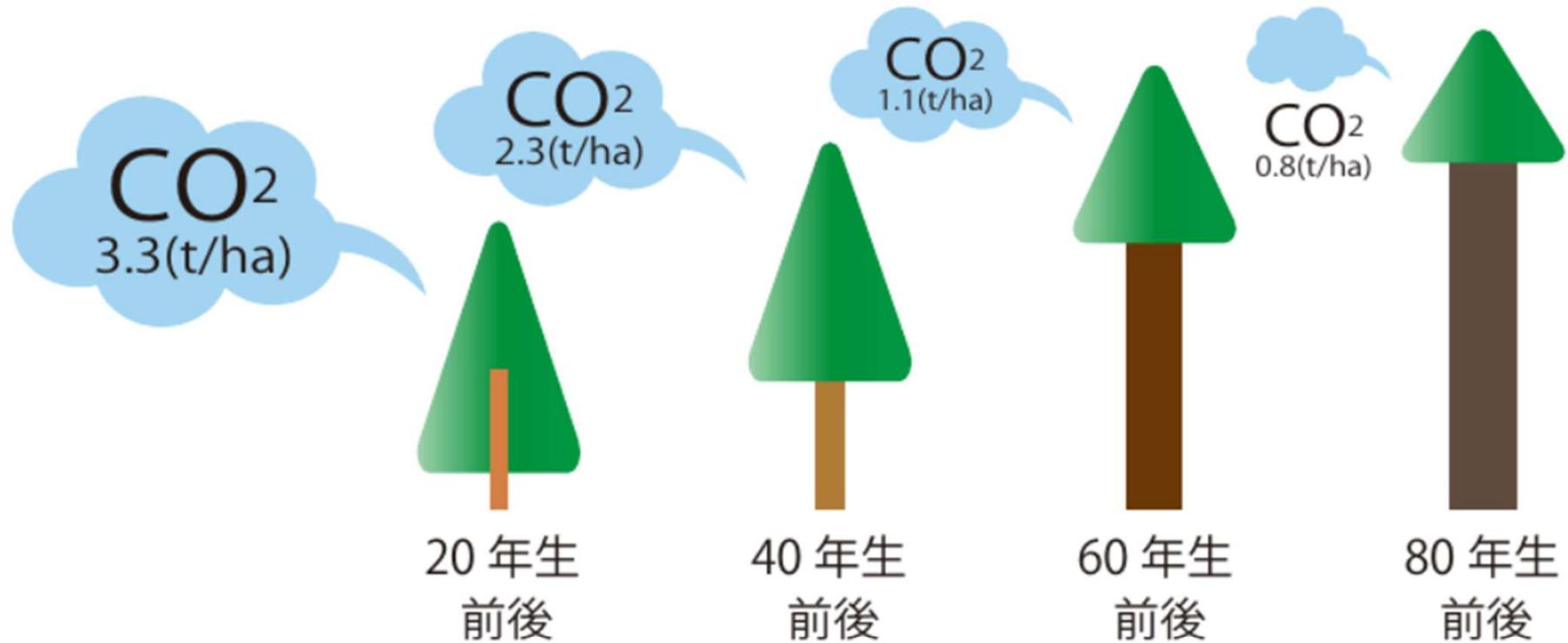
[炭素トン/ha・年]



A図 愛知県の地域森林計画対象森林の人工林資源構成表（面積割合）



炭素吸収量は約 1/4 減少



図：スギの若木と老木の CO₂ 吸収量の違い

((独) 森林総合研究所：森林による炭素吸収量をどのように捉えるか
～京都議定書報告に必要な森林吸収量の算定・報告体制の開発～) より図式化

現状打破のために

- ✓ 愛知の森林を若返らせ (CO₂吸收源の能力アップ) 、
- ✓ バイオマス発電を増やし、
- ✓ バイオマス発電から排出されるCO₂を回収・資源化し、
- ✓ 愛知県の中小企業のカーボンオフセットに寄与する

➡ このような夢のような仕組みがつれないだろうか？

- 個々の最適化を目指すのではなく、
**「CO₂の入口（森林育成）から出口（回収/利用）」までの
長期間、且つ全体最適のマネジメントが必要**

10,20年後の技術革新を想定(期待)し、スタートから10年は赤字でも
プロジェクトを進める行政の支援が必要

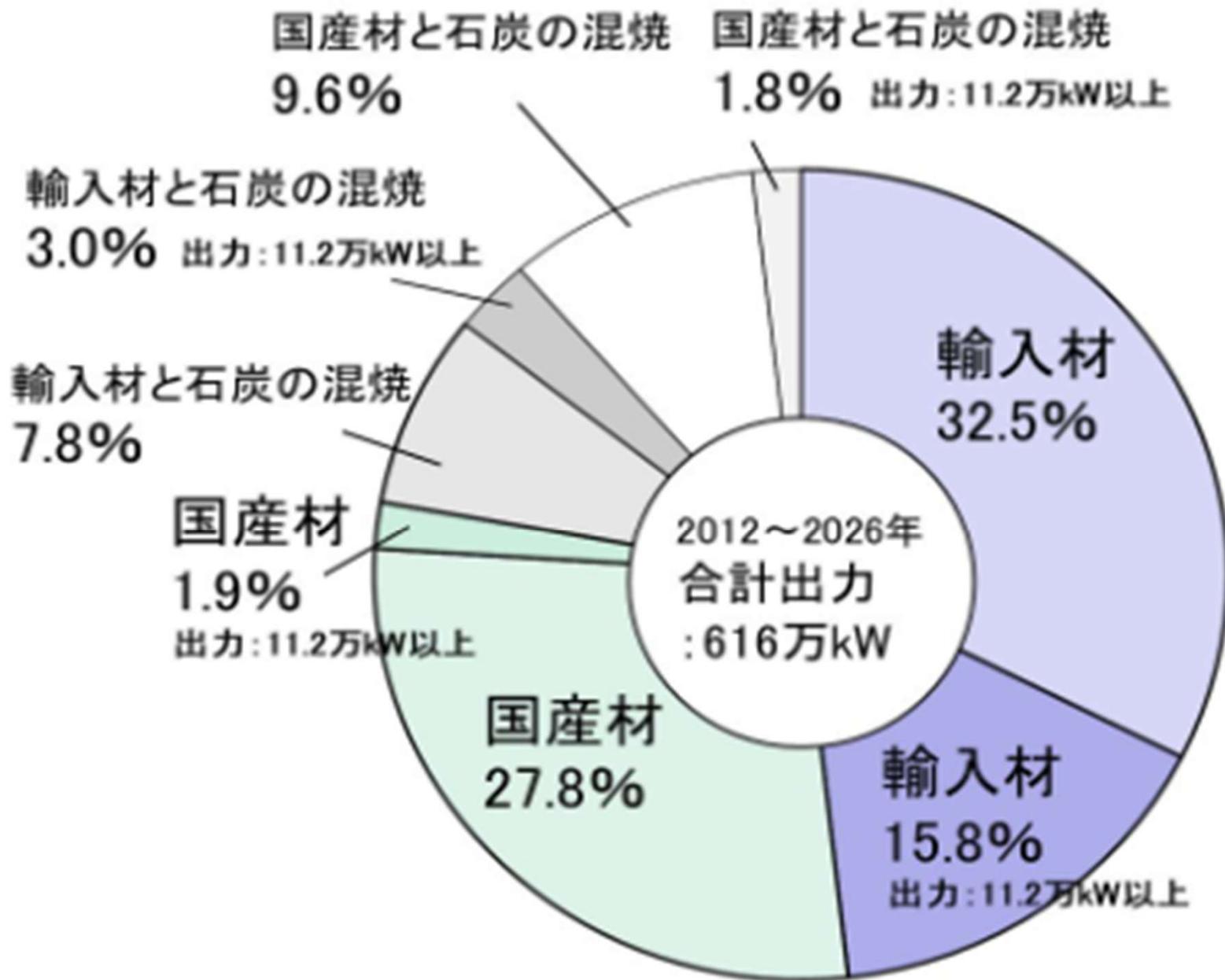
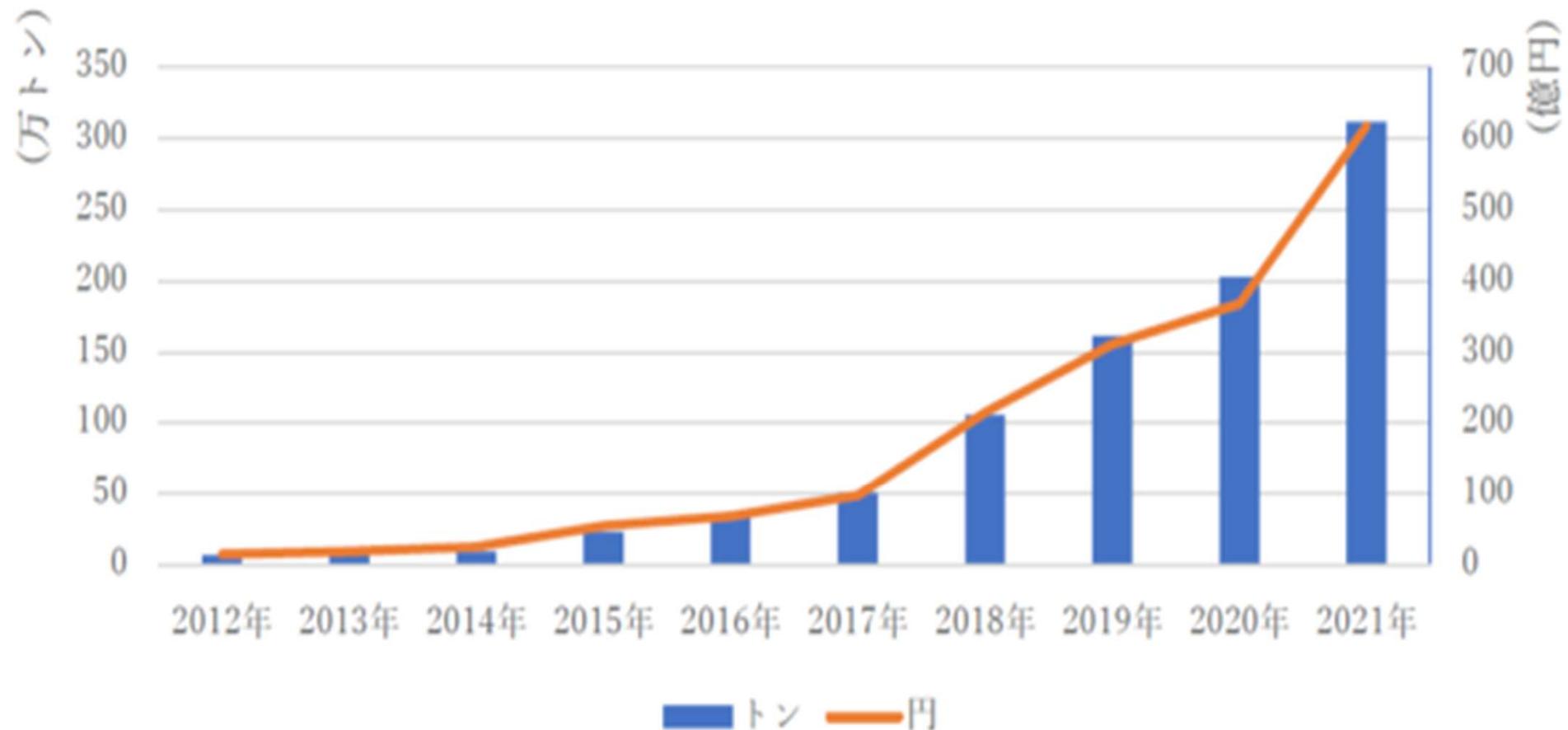


図4 木質バイオマス発電所の使用燃料の内訳

木質ペレット輸入量



出典：プラスソーシャルインベストメント株式会社 (<https://www.psinvestment.co.jp/>)

○ 再生可能エネルギーの導入目標

- 2030 年度までに再生可能エネルギーの導入目標を **580 万 kW** とする。



○ カーボンニュートラルの実現に向けた基本的な取組視点

- 省エネルギーの徹底と再生可能エネルギー・蓄エネルギーの導入拡大
- SDGs の視点を踏まえた、環境・経済・社会の好循環
- 愛知の強みを生かした取組の推進
- カーボンニュートラルの実現に向けた新技術や新たなビジネスの推進
- すべての主体による積極的な取組の加速

想定Q&A

- 1ほかの先行モデルとの違いは？
- 2設楽町に与える影響・メリットは？
- 3生物多様性はどのように想定している？
- 4碧南でBECCUモデル地域先行でやってる？
- 5BECCUを入れた理由は？
- 6両輪が噛み合うことにより、加速するなど将来像を説明いれてみては
- 7CO2利用、回収はどのようなものを想定してる例をあげて
- 8バイオマス、森林管理を事業化して森林組合働き手の仕事増加させるメリッ
- 9ロボット最先端はどのようなものがあるか調べておく

Q1：皆伐・間伐をする実務者をどうやって確保するか
(現状の給料等がわかれれば参考になりそう)

平均年収350万（諸費用込み600万）

Q2：想定している木の種類
杉

先行モデルについて

先行モデルについては現在のところ、見当たらない。
碧南ではやっていない。石炭とバイオマスの混焼で火力発電を運用している例はあるが、バイオマスの利用率は燃料の約3%である。

NEDO

「新たな燃料ポテンシャル（早生樹等）を開拓・利用可能とする"エネルギーの森"実証事業」

「木質バイオマス燃料（チップ、ペレット）の安定的・効率的な製造・輸送等システムの構築に向けた実証事業」

上記実証事業を行っている。しかしここで実運用している地域はなく、バイオマス発電で発生するCO₂の利用まで取り入れている構想は見当たらない。

生物多様性はどのように想定している？

生物多様性については、この構想で考慮していない。しかし、植林～伐採までのサイクルが20年であることから、伐採する区域、時期などを考慮すれば、生物多様性を大きく壊すことはないのではないかと考える。またNEDOでも早生樹の実証事業は現在しており、その結果を踏まえて対策を講じる必要がある。

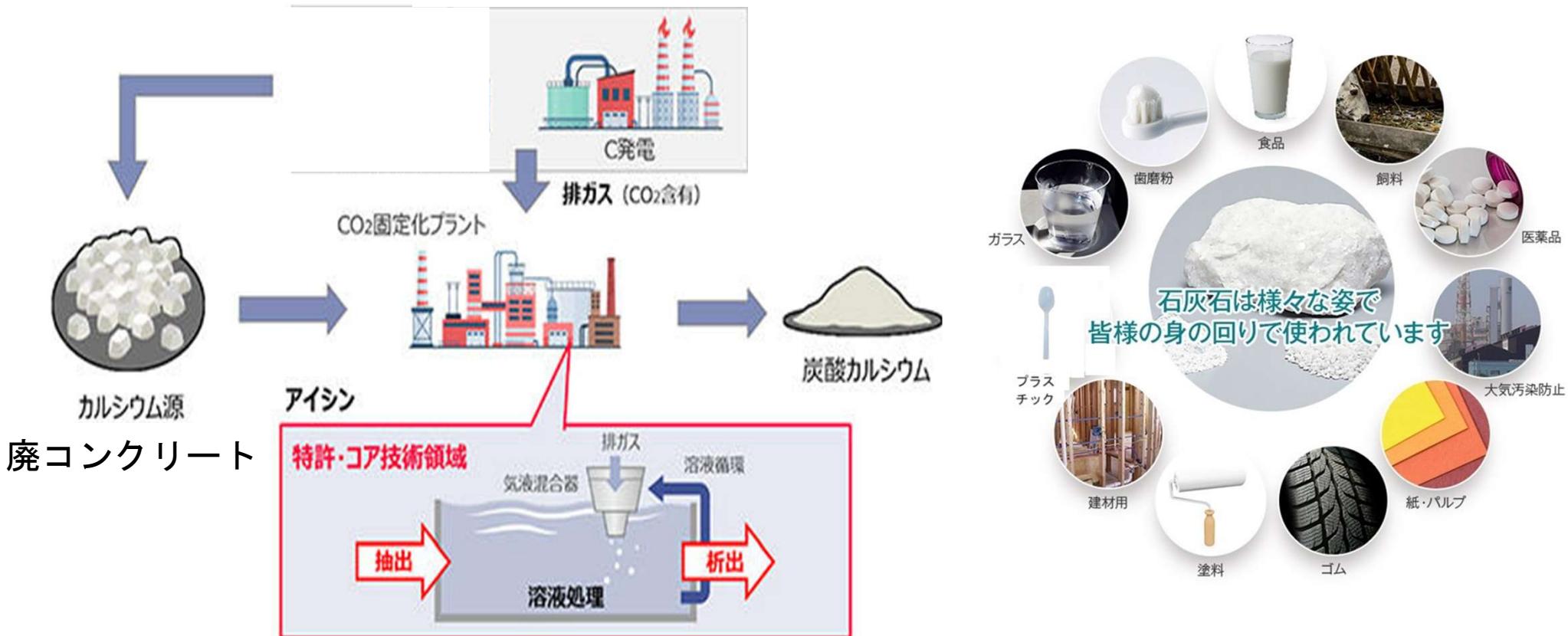
- ・設楽町に与える影響・メリットは？

- ・整備が進んでいない森林の更新による災害リスクの低減。
- ・BECCU事業誘致による林業需要、働き口、人口流入の増加。
- ・高齢化した森林を若返らせることができる。

- ・BECCUのUを入れた理由は？

私たちは、より脱炭素を進めるために排出ゼロではなくネガティブを目指としているため。

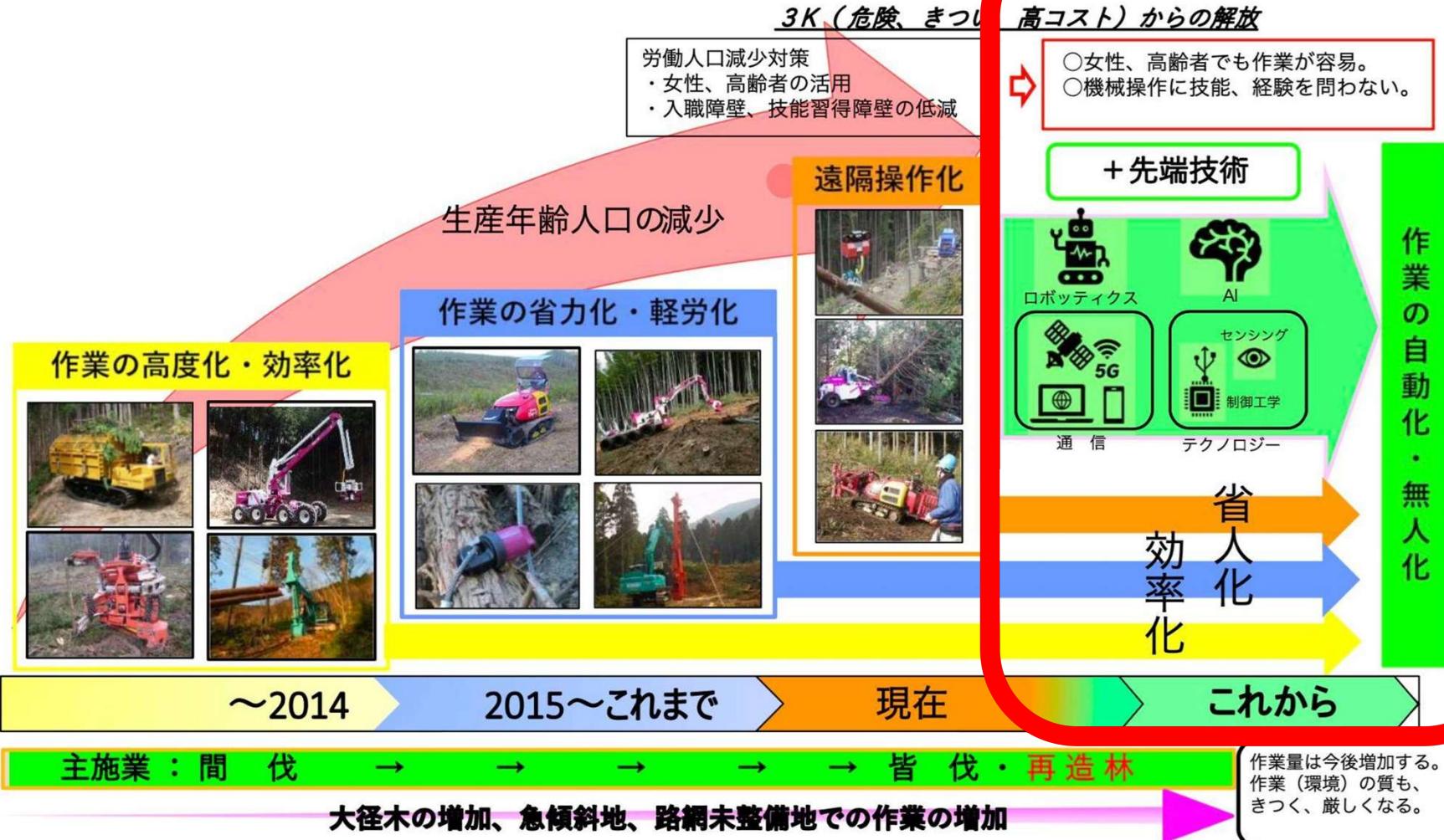
CO₂利用、回収はどのようなものを想定例



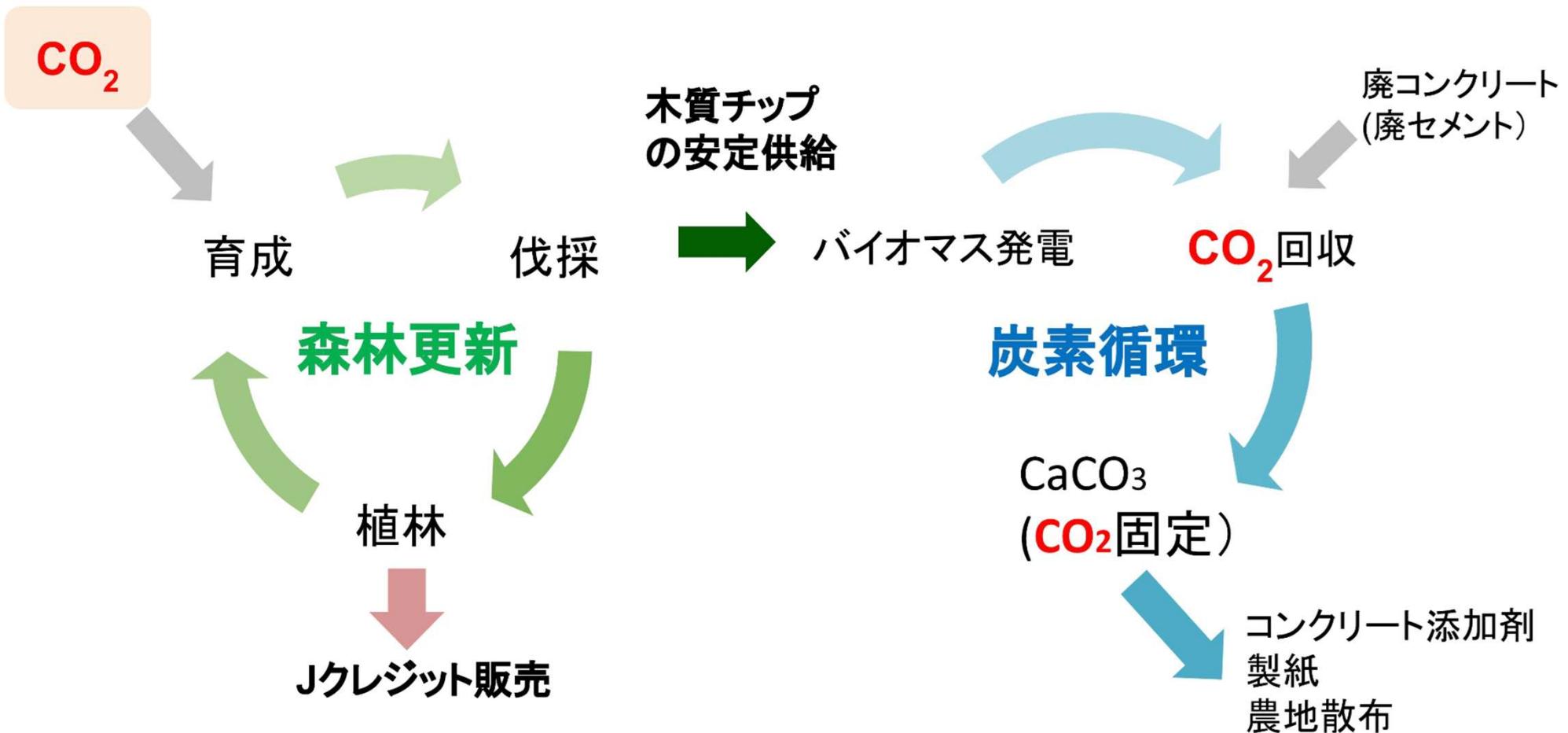
バイオマス、森林管理を事業化して森林組合働き手の仕事増加させるメリット

- ①未利用木材をエネルギー資源として活用することで、間伐などの作業が進む。
- ②ただ伐採するだけではなくエリートツリーを植えるため森林を若返らせることで温室効果ガスの削減に貢献
- ③木材販売だけでなく、バイオマスエネルギーとしての収益源が追加され、森林組合の収入が増加する。
- ④森林管理技術やバイオマス活用のノウハウを次世代に伝える機会が増えることで持続可能な産業となる。
- ⑤山の若返りに加え、Jクレジット販売による資金調達と中小企業の価値向上も期待されます。

機械開発事業の現状



先行モデルとの違い



エリートツリー

成長が優れた林業用の樹木を人工交配して作った苗木の中から、より成長に優れたものを選抜したものの総称で、スギやヒノキなどで苗木生産が行われています。

エリートツリーは日本林業の切り札



出典／林野庁WEBサイト(一部改)

林野庁は、2019年の苗木需要本数7,000万本の内、約3%がエリートツリーであるとしており、2030年にはその割合を30%に、2050年までには90%にする計画です。

設楽プロジェクトで必要な廃コンクリート量

■ 全国の年間廃棄量

廃コンクリート量 : 3,000万t/年

➡ セメント量としては、約1,000万t/年

※ 廃セメント中の成分 : CaO(30%)、SiO₂(41%)

■ 設楽プロジェクト

必要なCa量 : 63,836t/年

必要な廃コンクリート : 最低 約300,000t/年 (30万t/年)が必要

※ 廃コンクリート中のCaを全てCaCO₃に変換した場合

反応効率30%とすると100万t/年の廃コンクリートが必要

<参考>

現状、廃コンクリートの再利用率は95%以上である。しかし殆どが再生碎石、再生骨材として利用

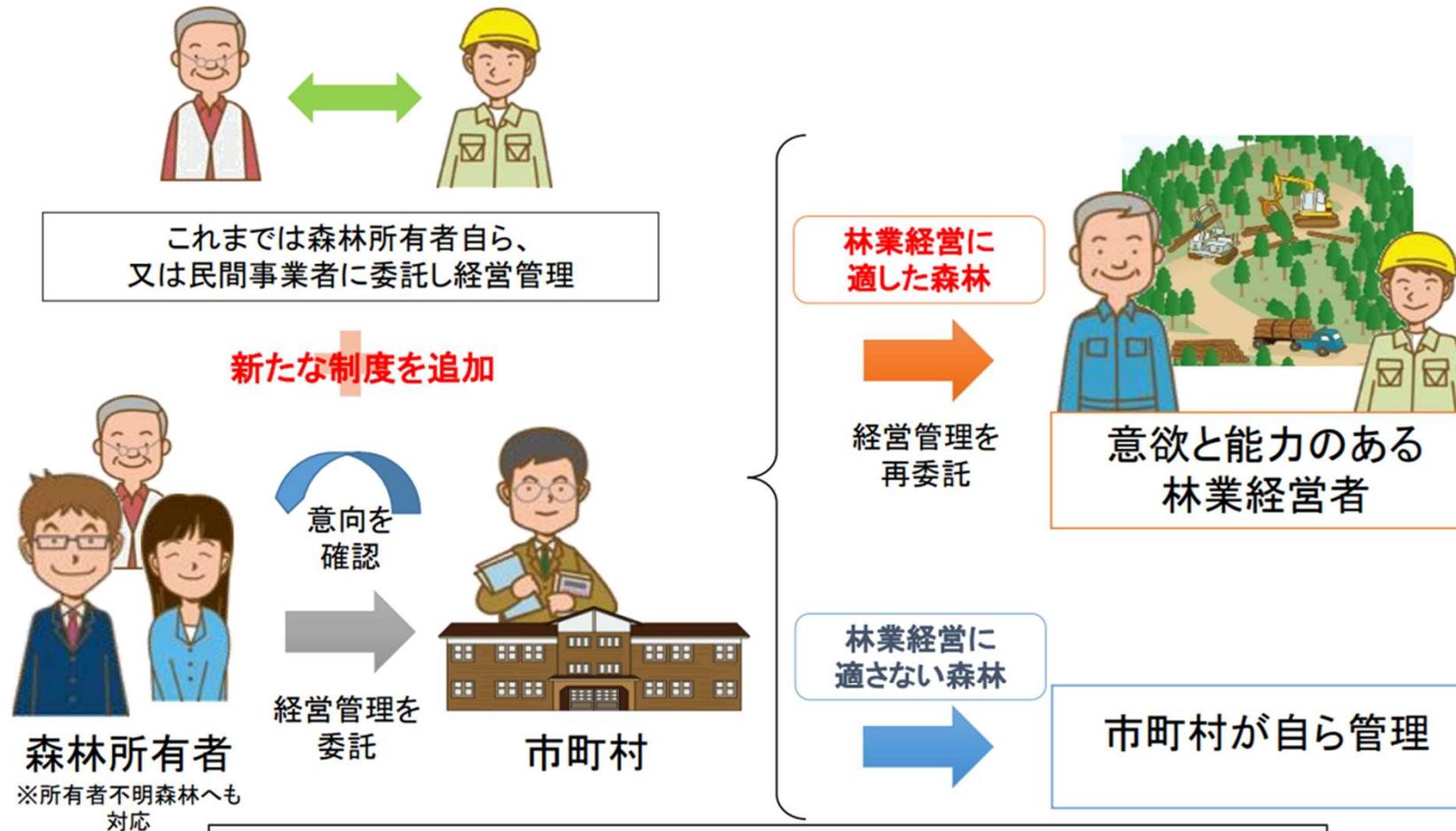
廃コンクリート（コンクリートガラ）の主な再生先

再生碎石	道路舗装工事向けの路盤材、他の工事での埋め戻し材などに使用する
再生骨材	新しいコンクリートやアスファルトの材料として混ぜ込む。再生碎石として使用する場合よりも細かな粉碎が必要となる

森林経営管理制度

森林経営管理制度における特例

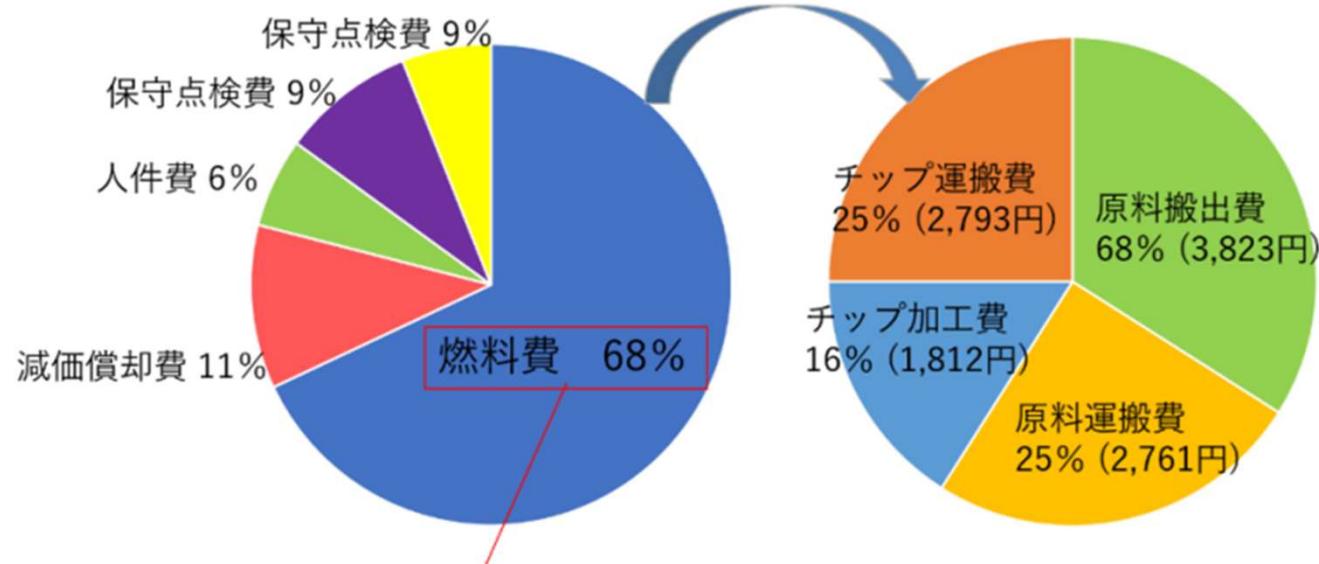
概要① 森林経営管理制度とは



<https://www.town.tadami.lg.jp/lifeguide/File/2019/02/13/Forest management system.pdf>

バイオマス発電の原価構成

【木質バイオマス発電所の原価構成の例】 【木質チップ製造費 (t当たりの平均値) 】



原価構成の7割近くを燃料費が占めている。

※FIT認定を受け、現在稼働している木質バイオマス発電所 (5,700kW)

出典：平成25年度木質バイオマス利用支援体制構築事業
「発電・熱供給・熱電併給推進のための調査」

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/biomass_hatsuden/pdf/001_02_00.pdf

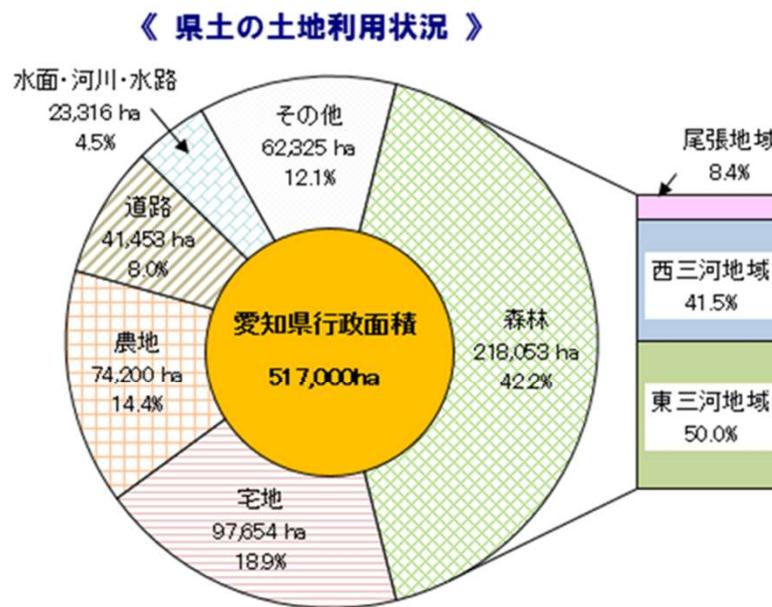
如何に安く原料を確保するかがポイント。特に「搬出費」「運搬費が高い」

愛知県の地域別森林量

宇田

森林面積に占める地域別の割合は、尾張地域8.4%、**西三河地域41.5%、東三河地域50.0%**となっています。
市町村別に森林面積をみると、**豊田市**が62,426ヘクタールと最も広く、次いで**新城市**41,415ヘクタール、
設楽町24,846ヘクタール、**岡崎市**23,027ヘクタール、**豊根村**14,480ヘクタールの順となっている。

引用：愛知県HP 統計課 ページID 0355039



- ・カーボンネガティブ地域を決めるとすると、三河地域を中心とした構成にするのがよい？

先行事例

バイオマス発電所のCO2排出量を「マイナス」に、中国電力らがCCS技術を導入へ

9/24(火) 16:59 配信 □11 ☀️ 🔍 X f



防府バイオマス発電所の外観 出典：東芝

中国電力、住友重機械工業、東芝エネルギー・システムズ、日揮グローバルの4社は、中国電力グループのエネルギー・パワー山口が運営する「防府バイオマス発電所」（山口県防府市）において、CO2分離回収システムなどの導入に向けた検討を開始したと発表した。実現すれば正味としてCO2排出量がマイナスになる「ネガティブエミッション」の達成が見込めるという。

BECSS技術のイメージ 出典：東芝

今回の取り組みは、防府バイオマス発電所にネガティブエミッション技術「BECSS (Bioenergy with Carbon dioxide Capture and Storage)」の導入を目指すもの。 BECCSとは、バイオマスの燃焼により発生したCO2を回収・貯留することにより、大気中のCO2を削減する技術だ。

同発電所は出力11万2000kWの発電所で、2019年7月から稼働を開始している。現在、約45%が石炭、残りの約55%がカーボンニュートラル燃料である木質系バイオマスを燃料として利用している。ここにBECCSを導入することにより、排出されるCO2の80%に相当する約50万t-CO2/年を回収できる見込み。これにより、トータルでネガティブエミッションの達成が可能になる見通しだという。

今回の技術導入は、中国電力がエネルギー・金属鉱物資源機構より令和6年度「先進的CCS事業に係る設計作業等」に関する委託調査業務を受託したことに伴う取り組みとなる。4社は2025年2月末まで検討を行い、2030年度頃までにCCS設備の導入を目指す方針だ。

- 一般家庭の年間消費電力量：約3600kWh
- 1000KW規模のバイオマス発電
24時間、365日、最大出力(1000kW)で発電し続けた場合（現実的には稼働率60%くらい？）
 $1000 \times 24\text{h} \times 365\text{日} = 8,760,000\text{kWh}$
 $8,760,000 \div 3,600 = \text{約}2400\text{世帯分}$

	発電規模	年間発電量 kwh	一般家庭	年間木材使用量
岡山県真庭市	1万KW	79,200,000	22,000戸	9万トン(未利用木材) 5.4万トン(一般木材) ※運転中は燃料の購入費が年間に13億円

炭酸カルシウムの出口（用途）

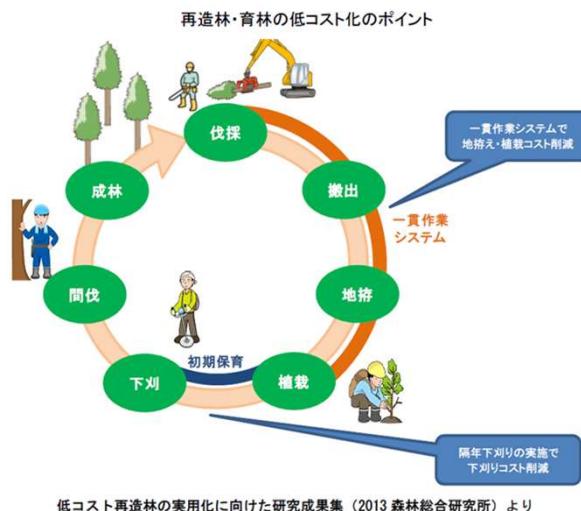
設楽プロジェクトで製造されるCaCO₃量 : 16万t/年

	年間使用量(万t)	
セメント用	8,000-9,000 (as 石灰石)	大気中に放出してしまうため、固定化にはならない
鉄鋼用	2,500 (as 石灰石)	大気中に放出してしまうため、固定化にはならない
製紙工業用	120-140	
プラスチック用	40-50	
塗料・インキ用	30-35	
ゴム用	20-25	
建築用骨材	1,000-1,500	
農業用	200-300	
新規利用	未知数	① コンクリート原料として使用 ※セメント原料とは別 ② 土壌改良 ※農地散布 赤色がターゲット。16万t/年くらいなら十分に消費 で満たす ※海水の酸性化を抑制

植栽～造林・保育に要する経費

宇田

植栽から50年生までの造林・保育に要する経費は、例えばスギ人工林では、平均で約231万円/haとなっており、このうち植林後10年生までの経費が約156万円と約7割を占めることから、再造林を進めるうえで、この間の育林コストの削減が重要となっています。



スギ人工林の造成に要する費用(1ha当たり)

単位: 万円

1～5年生	6～10年生	11～50年生	計
126	30	75	231

農林水産省「平成20年度林業経営統計調査報告」(平成23(2011)年1月)

成長の早い早生樹であれば、20年生で伐採できるので
植栽～造林・保育に係る経費は

1haあたり 約175万円

500ha 8億7千5百万円

1000ha 17億5千万