

第1回木材地中利用シンポジウム
～炭素の地中貯蔵効果について考える～
発表資料集

2025年1月20日(月)

13:00～17:10

主催：公益社団法人 土木学会

木材工学委員会 地中使用木材の耐久性と耐震性研究小委員会

木材地中利用シンポジウム実行委員会

公益財団法人 国際緑化推進センター

後援：林野庁，一般社団法人 日本森林学会，一般社団法人 日本木材学会，一般社団法人 日本建築学会，公益社団法人 地盤工学会，一般社団法人 地盤品質判定士会，一般社団法人 GLOSS 研究会，一般社団法人 地域国土強靱化研究所，土木における木材の利用拡大に関する横断的研究会，木材利用システム研究会

第1回木材地中利用シンポジウム～炭素の地中貯蔵効果について考える～

我が国では軟弱地盤対策として木材を地中に打設して活用する技術の開発が進められており、土木・建設分野において様々なメリットを有していることが明らかになってきたと同時に、樹木が大気中から吸収・固定した炭素を極めて長い期間貯蔵できることから、2050年カーボンニュートラルに向けた気候変動緩和策の一つとしても注目され始めています。しかしながら、この炭素貯蔵効果を評価する仕組みがない、木材の地中利用技術の存在・意義が一般に認知されていない、まだ技術開発の余地が大きいなどの課題があります。

そこで、この現状を広く知っていただくとともに、木材の地中利用拡大を推進するために、本シンポジウムを企画しました。少しでも多くの方に御参加いただきたくお願い申し上げます。

主催：（公社）土木学会 木材工学委員会 地中利用木材の耐久性と耐震性研究小委員会
木材地中利用シンポジウム実行委員会
（公財）国際緑化推進センター

後援：林野庁、（一社）日本森林学会、（一社）日本木材学会、（一社）日本建築学会、（公社）地盤工学会、（一社）地盤品質判定士会、（一社）GLOSS研究会、（一社）地域国土強靱化研究所、土木における木材の利用拡大に関する横断的研究会、木材利用システム研究会

日時：2025年1月20日（月）13:00～17:10

場所：土木学会講堂（WEB 併用）

参加費：無料

定員：70名（現地参加）、500名（WEB参加）

司会 森満範（地中利用木材の耐久性と耐震性研究小委員会委員長／
北海道立総合研究機構 林産試験場 専門研究員）

13:00～13:10 **実行委員長挨拶** 沼田淳紀（木材地中利用シンポジウム実行委員会委員長／ソイルウッド 代表）

1. 木材地中利用の政策と現状

13:10～13:30 木材利用による炭素貯蔵効果の国際的な評価と施策 中村誠（林野庁木材産業課 課長補佐）

13:30～13:50 気候変動枠組み条約の下での温室効果ガスインベントリ報告
一伐採木材製品(HWP)への杭丸太の算入に向けて－

田中浩（（公財）国際緑化推進センター 技術顧問）

2. 木材地中利用の炭素貯蔵効果の検証事例

13:50～14:10 100年以上前に打設された東京駅の木杭の事例 水野弘二（東日本旅客鉄道(株) 主務）

14:10～14:30 84年以上大田区の低地でRC構造物を支えた木杭の事例 外崎真理雄
（元森林総合研究所四国支所長）

14:30～14:50 旧丸ビルを支えたベイマツの木杭 加藤英雄（森林総合研究所 主任研究員）

14:50～15:10 近年軟弱地盤対策として打設した丸太の事例 沼田淳紀（ソイルウッド 代表）

1

5:10～15:30 休憩

3. 木材の地中利用工法の実例

15:30～15:50 パイルネット工法－木杭を使用した地盤補強工法－ 池田浩明（昭和マテリアル(株) 課長）

15:50～16:10 QPパイル工法－木材による地盤補強工法－ 森山俊祐（(株)九州パイリング 課長）

16:10～16:30 LP-LiC・LP-SoC 工法 村田拓海（飛鳥建設(株) 副主任）

16:30～16:50 バイオマスCP工法 渡辺英次（(株)不動テトラ 副部長）

16:50～17:10 **総括と閉会挨拶** 高原繁（（公財）国際緑化推進センター 専務理事）

内 容

1. 木材利用による炭素貯蔵効果の国際的な評価と施策（中村 誠）
2. 気候変動枠組み条約の下での温室効果ガスインベントリ報告
—伐採木材製品(HWP)への杭丸太の算入に向けて—（田中 浩）
3. 100年以上前に打設された東京駅の木杭の事例（水野 弘二）
4. 84年以上大田区の低地でRC構造物を支えた木杭の事例（外崎 真理雄）
5. 旧丸ビルを支えたベイマツの木杭（加藤 英雄）
6. 近年軟弱地盤対策として打設した丸太の事例（沼田 淳紀）
7. パイルネット工法—木杭を使用した地盤補強工法—（池田 浩明）
8. QPパイル工法—木材による地盤補強工法—（森山 俊祐）
9. LP-LiC・LP-SoC工法（村田 拓海）
10. バイオマスCP工法（渡辺 英次）

木材利用による炭素貯蔵効果の国際的な評価と施策

2025年1月20日

林野庁

林政部 木材産業課 木材製品技術室
課長補佐 中村 誠

地球温暖化対策と森林

- 2020年以降の気候変動対策における国際的な法的枠組みとして採択された「パリ協定」等を踏まえ、我が国の地球温暖化対策を推進するために「地球温暖化対策計画」を令和3年10月22日に閣議決定。
- 地球温暖化防止には、温室効果ガスの排出削減対策とともに、森林等の吸収源による対策が重要であり、2030年度の森林吸収量目標約3,800万CO₂トン（2013年度総排出量比2.7%）の達成に向けた対策を推進。

森林吸収量の計上方法

- 1990年以降に人為的な活動（「新規植林」※1、「再植林」※1、「森林経営」※2）が行われている森林におけるCO₂吸収量を計上。

※1 1990年時点で森林でなかった土地に植林
※2 1990年以降に行った間伐等の森林整備



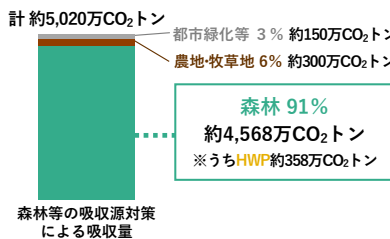
- 国産材の利用について、炭素貯留機能を評価（伐採後の木材も、建築資材などとして使用されている間は炭素を貯蔵しており、焼却等により廃棄された時点で排出に計上）。



2018年のCOP24での決定を踏まえ、我が国は、パリ協定の下でも京都議定書の計上方法等に基づき森林吸収量を算定する旨を「国が決定する貢献(NDC)※3」に記載。

※3 パリ協定の下で、全締約国が5年毎に提出・更新を義務付けられている温室効果ガスの削減目標などを定めたもの。

我が国の森林等の吸収源対策による吸収量（2022年度実績）



※国立環境研究所：2022年度の温室効果ガス排出・吸収量
※四捨五入表記の関係で、各要素の累計と合計値は必ずしも一致しない

- 我が国の吸収量のうち、9割以上が森林による吸収量
- 森林吸収量には、伐採木材製品(HWP)に係る吸収量についても計上

森林等の吸収量は、2022年度の日本の総排出量11.35億CO₂トンの4.4%に相当

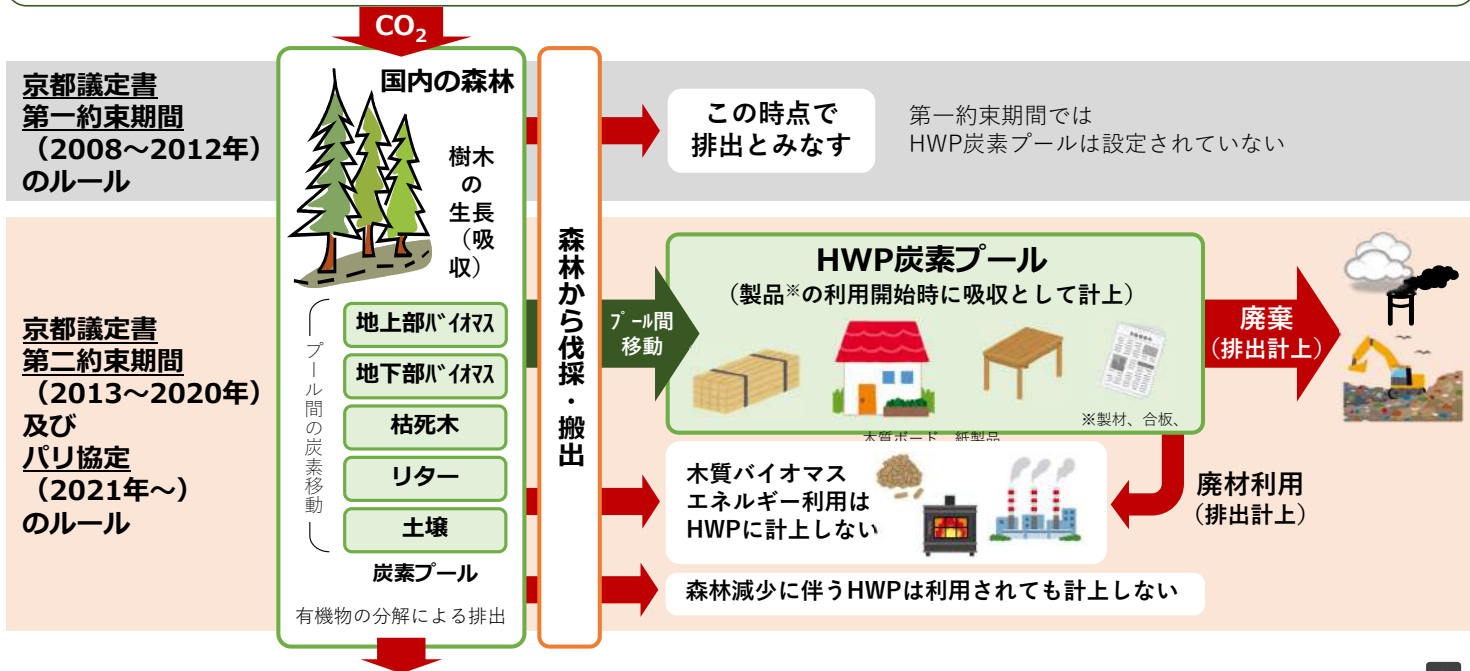
温室効果ガス排出削減と森林吸収量の目標

	京都議定書 第1約束期間 2008～2012年	京都議定書 第2約束期間 ※1 2013～2020年	パリ協定（期限なし） 2021～2030年 ※2
日本の温室効果ガス削減目標	期間平均 6% 〔1990年度 総排出量比〕	2020年度 3.8%以上 2005年度 総排出量比	2030年度 46% 〔2013年度 総排出量比〕
森林吸収量目標	期間平均 3.8% 〔同上記〕	2020年度 2.7%以上 〔同上記〕	2030年度 約2.7% 〔同上記〕 約3,800万CO ₂ トン うちHWP分約680万CO ₂ トン

※1 我が国は第2約束期間に参加していないが、国際合意に基づき、削減目標を条約事務局に登録
※2 令和3年10月22日に閣議決定された地球温暖化対策計画に記載

伐採木材製品（HWP）の取扱い

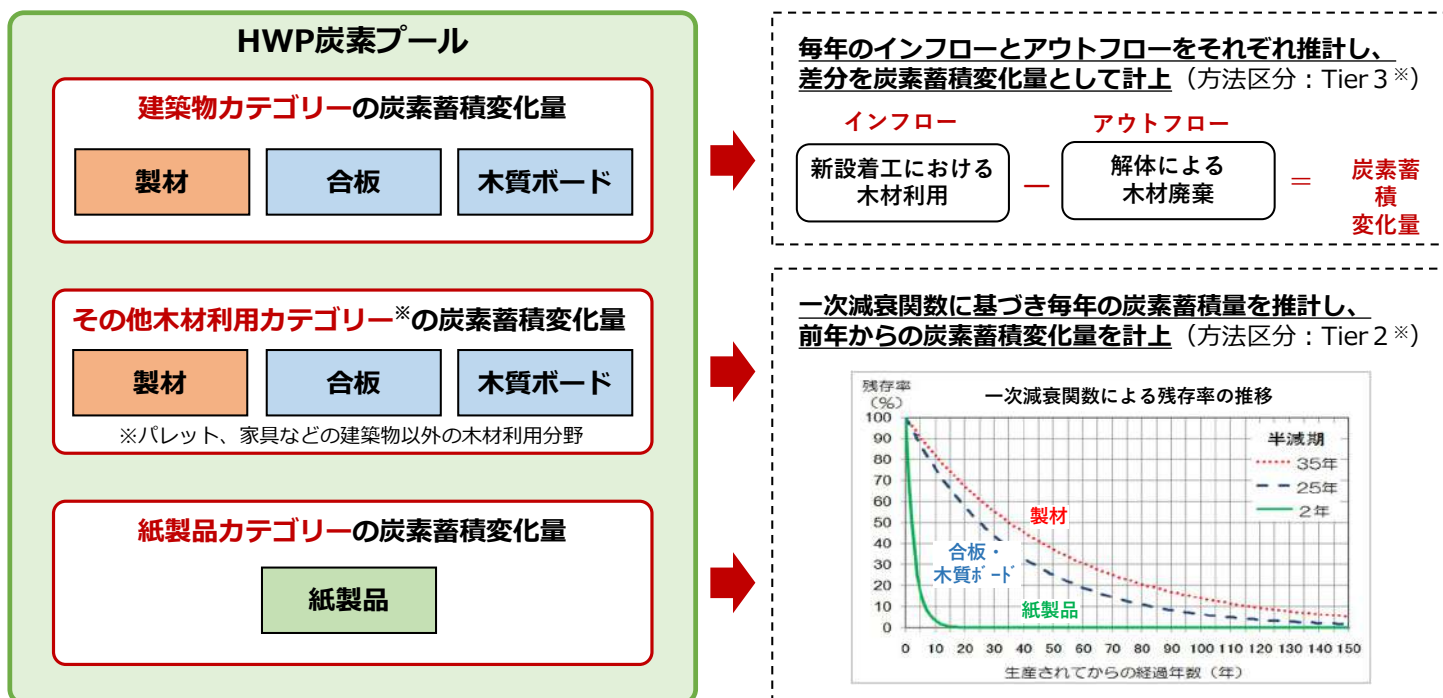
- 2011年にダーバン（南アフリカ）で開催された国連気候変動枠組条約締約国会議及び京都議定書締約国会議（COP17/CMP7）において、京都議定書第二約束期間（2013～2020年）の森林吸収量について、伐採木材製品（HWP）を森林吸収源の6つ目の炭素プールとして加え、その炭素蓄積変化量を吸収又は排出として計上するルールの導入が決定された。
- HWPは、国内の森林のうち「森林経営」を行っている育成林（FM林）から生産された木材、すなわち国産材のみ（輸出されるものも含む）が計上対象となる。HWPが建築資材等に利用されている間は炭素を蓄積しており、最終的に廃棄された時点でHWP中の炭素を排出として計上する。
- パリ協定下（2021年以降）においても、京都議定書第二約束期間と同様の方法による森林吸収量の計上が認められている。



2

我が国の伐採木材製品（HWP）による炭素蓄積変化量の計上方法

- 我が国では、HWPを「建築物」「その他木材利用」「紙製品」の3つのカテゴリーに区分し、それぞれの炭素蓄積変化量を計上。
- 炭素蓄積変化量がプラス（蓄積が増加）の場合「吸収」、マイナス（蓄積が減少）の場合「排出」となる。



※方法区分

Tier 3：国独自のデータと方法論に基づき算定

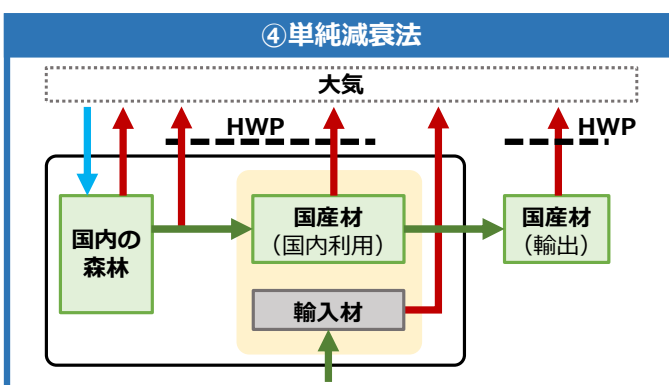
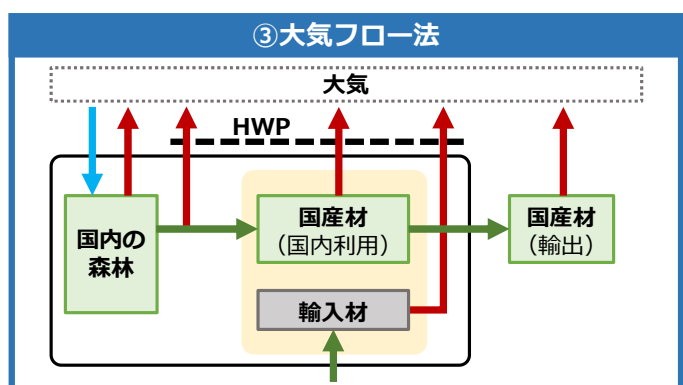
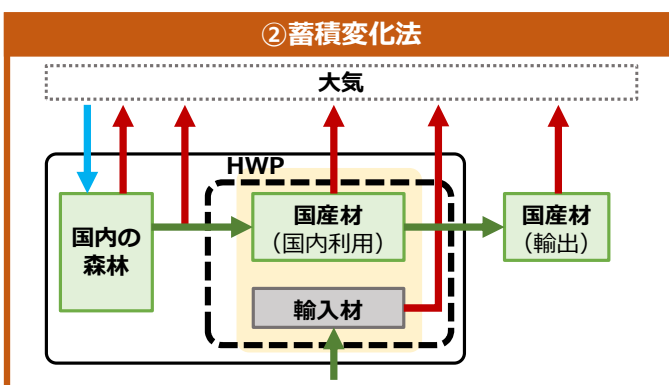
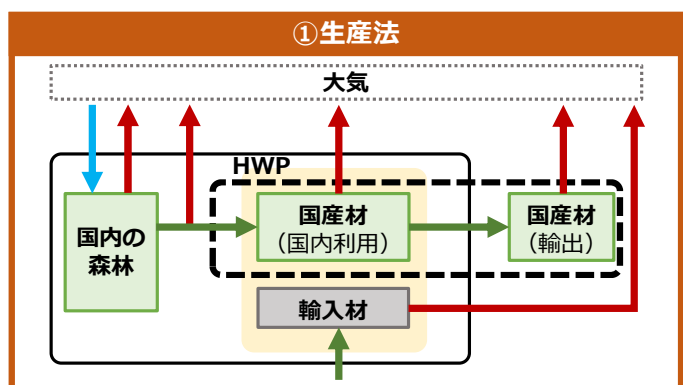
Tier 2：国独自のデータを用いて、一次減衰関数に基づき算定

Tier 1：国独自のデータや方法論がない場合、FAOSTAT等のデータとデフォルト半減期等を用いて一次減衰関数に基づき算定

3

伐採木材製品（HWP）の算定アプローチ

- HWPの主な4つの算定アプローチのうち、我が国では生産法を採用。
- パリ協定下では、各国はどのアプローチを用いて算定してもよいが、生産法以外のアプローチを用いた場合には生産法により算定した結果も報告することとされている。

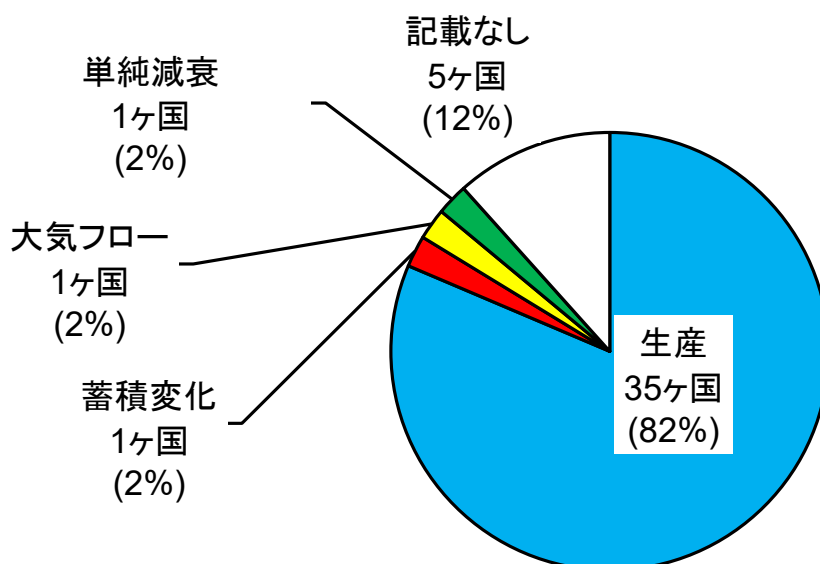


【凡例】 - - - HWPシステム境界（算定対象） □ 報告国の境界 ■ 国内木材利用 → C吸収 ← C排出 → C移動

①② HWPプールの炭素蓄積変化を算定するアプローチ

③④ 大気とHWPプールの間の炭素フラックスを算定するアプローチ
(木質バイオマスのエネルギー利用に係る排出も含む)

附属書I国のパリ協定NDCにおけるHWP算定アプローチ



附属書I国（先進国）43か国は、UNFCCCに提出したNDCにおいて、以下の算定アプローチを用いて、HWP排出・吸収量を計上することを表明している。

- EU、英国、米国、ニュージーランド、及び日本を含む35ヶ国（82%）は生産アプローチ
- 他方、カナダは単純減衰アプローチ、豪州は蓄積変化アプローチ、ロシアは大気フローアプローチ

主要国のHWPの排出・吸収量の算定方法 (1/3)

地域	国名	HWP算定アプローチ	Tier	算定方法			排出係数 (木材密度等)	使用データ	特記事項
				方法	半減期	詳細/モデル名			
アジア	日本	生産	3	(建築物)インフロー・アウトフロー	/	日本独自のストック・インベントリ法	国独自	新設着工面積×原単位＝新設着工における木材利用量。 解体床面積×原単位＝解体による木材廃棄量。	毎年の炭素インフロー(グロス)と炭素アウトフロー(グロス)をそれぞれ推計し、その差分を炭素蓄積変化量(ネット)として計上。
			2	(その他木材利用、紙製品)IPCC減衰関数		IPCCデフォルト	HWP半製品(製材、木質パネル、紙・板紙)別に算定	IPCCデフォルト	国内統計、及びFAOSTATデータ。
北米	米国	生産(NIR Annex:蓄積変化、大気フロー)	3	炭素フロー(減衰)モデル	国独自	WOODCARB II モデル	国独自	国内統計に基づく、米国内産物モジュール(Ince et al., 2011)のデータ。	モデルで推定された使用中のHWP炭素蓄積量が、米国国勢調査、米国農務省(USDA)森林局の調査データに基づく推定値と一致しているかを確認済(SWDS中のHWPも同様)。
	カナダ	単純減衰(CRF:生産)	3	炭素フロー(減衰)モデル	IPCCデフォルト(国独自研究中)	NFCMARS-HWP モデル	国独自	森林地のCBM-CFS3モデルからのインプット、及び国内統計データ。	森林地からHWPへ移行した炭素は森林地では大気中へ放出されないため排出として報告されない。 HWPでは廃棄・腐朽により大気中へ炭素が放出されるため排出として報告される。
大洋州	豪州	蓄積変化(NIR:生産)	2, 3	炭素フロー(減衰)モデル	国独自	FullCAM モデル	IPCCデフォルト、モデル	森林地の林齢・森林タイプ・伐採方法に基づく各州の丸太搬出量等の国内生産統計データ。	モデルでは、森林を若齢・壮齢・老齢に区分するとともに、HWP最終用途製品の寿命に応じて5つのプールを設定し炭素フローを算定。その後のリサイクル、バイオ燃料、及び埋立地への炭素フローも推定。
	NZ	生産	2	IPCC減衰関数	IPCC*デフォルト	HWP半製品(製材、木質パネル、紙・板紙)別に算定	国独自、IPCCデフォルト	第一次産業省統計データ、FAOSTATデータ、1900-1960年についてはオセアニアの年変化率(IPCC, 2006のデフォルト)で推定。	* 輸出丸太については、主要輸出先国(中国、インド、韓国等)で調査を実施し、輸出丸太が加工された半製品(製材、木質パネル、紙)別に国独自の半減期を輸出先国別に設定。

6

主要国のHWPの排出・吸収量の算定方法 (2/3)

地域	国名	HWP算定アプローチ	Tier	算定方法			排出係数 (木材密度等)	使用データ	特記事項
				方法	半減期	詳細/モデル名			
ヨーロッパ(EU加盟国)	EU全体	生産	2, 3	IPCC減衰関数	IPCCデフォルト	HWP半製品(製材、木質パネル、紙・板紙)別に算定	国独自、IPCCデフォルト	加盟国から提供されたデータを集計。	特になし。
	スウェーデン	生産	3 (2)	IPCC減衰関数	IPCCデフォルト	HWP半製品(製材、木質パネル、紙・板紙)別に算定	国独自、IPCCデフォルト	1900年以降の生産と貿易に関するスウェーデン森林局の統計データ。	製品カテゴリーごとに、加工プロセス・バリューチェーンの各段階で輸入材(炭素)を除外するために国産材由来率を用いた式を適用。
	フィンランド	生産	2	IPCC減衰関数	IPCCデフォルト	HWP半製品(製材、木質パネル、紙・板紙)別に算定	国独自、IPCCデフォルト	1961年以降はFAOSTATデータ(一部国内統計)、1900-1960年はヨーロッパの年変化率(IPCC, 2006のデフォルト)で推定。	FAOSTATデータを使用する際に、国内統計データとの整合性を確認し、差異がある場合は国内統計データを優先して使用。
	ポーランド	生産	1	IPCC減衰関数	IPCCデフォルト	HWP半製品(製材、木質パネル、紙・板紙)別に算定	IPCCデフォルト	1961年以降はFAOSTATデータ。1960年以前はヨーロッパの年変化率(IPCC, 2006のデフォルト)で推定。	特になし。
	ドイツ	生産	2	炭素フロー(減衰)モデル	IPCCデフォルト	WoodCarbonMonitor モデル	IPCCデフォルト	国内統計データ(工業用丸太の生産に関する伐採データ等)、及びFAOSTATデータを用いて国産材率を推定。	5つの樹種(群)に分類し、短伐期植林からのバイオマスは専らエネルギー目的に使用されるためHWPで報告されない。 最終的に、HWP炭素量は原料が由来する各土地利用カテゴリーに分配。
	オーストリア	生産	2, 3	IPCC減衰関数	IPCCデフォルト	HWP半製品(製材、木質パネル、紙・板紙)別に算定	国独自、IPCCデフォルト	1961-2018年はFAOSTATデータ。2019年以降は連邦農林地域水管理省の森林セクター合同調査票データ。1960年以前はヨーロッパの年変化率(IPCC, 2006のデフォルト)で推定。	FAOSTATデータへ反映される前の国内統計データを優先して使用。

7

主要国のHWPの排出・吸収量の算定方法 (3/3)

地域	国名	HWP算定アプローチ	Tier	算定方法			排出係数 (木材密度等)	使用データ	特記事項
				方法	半減期	詳細/モデル名			
ヨーロッパ (EU加盟国)	イタリア	生産	1	IPCC減衰関数	IPCCデフォルト	HWP半製品(製材、木質パネル、紙・板紙)別に算定	IPCCデフォルト	1961年以降FAOSTATデータ。	イタリアのQA/ACシステムにより、品質チェックを実施。
	スペイン	生産	1	IPCC減衰関数	IPCCデフォルト	HWP半製品(製材、木質パネル、紙・板紙)別に算定	IPCCデフォルト	1961年以降FAOSTATデータ。	HWPの算定値は、管理された森林地から産出されるものであり、森林成長量に比べて伐採量は制限されている。
	ポルトガル	生産	2	IPCC減衰関数	IPCCデフォルト	HWP半製品(製材、木質パネル、紙・板紙)別に算定	IPCCデフォルト	国連欧州経済委員会(UNECE)の生産量、輸出量、輸入量の統計データから国内消費量を推計。	特になし。
ヨーロッパ (EU非加盟国)	スイス	生産	2	IPCC減衰関数	IPCCデフォルト	HWP半製品(製材、木質パネル、紙・板紙)別に算定	国独自、IPCCデフォルト	1961年以降FAOSTATデータ。国産材率を推定するために、国の木材生産統計データを利用。	特になし。
	ノルウェー	生産	2	IPCC減衰関数	IPCCデフォルト	HWP半製品(製材、木質パネル、紙・板紙)別に算定	IPCCデフォルト	1961年以降FAOSTATデータ。	特になし。
	英国	生産	3	炭素フロー(減衰)モデル	IPCCデフォルト	CARBINEモデル	国独自	モデルにより、植生面積に基づき、間伐・主伐量を推計、半製品ごとの分配割合は国内統計データ。1994年以前はFAOSTATデータ。	HWPの推計は、植林地面積データと連動しており、北アイルランドが新たに含まれるようになった。

(出典) 主要国の国家GHGインベントリ報告書及びそのAnnex(2023年提出)

<https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2023>

8

主要国の減衰関数に用いられている国独自の半減期の例

地域	国名	出所	半減期
北米	米国	使用中のHWP	国独自 住宅については、建築年を年代別に5つ(1920年以前、1920-1939、1940-1959、1960-1979、及び1980年以降)に大別し、寿命をそれぞれ78、78、80、81.9、83.9年と設定(1940年以降については20年毎に寿命が1.97年増加すると仮定)。また、一戸建て半減期に対する集合住宅半減期の比(0.61)、及び一戸建て半減期に対する修繕・改築半減期の比(0.30)を考慮してそれぞれの半減期を設定。その他に利用される木材については、無垢材(製材及び木質パネル)は38年、紙は2.54年として半減期を設定。
		SWDS中のHWP	国独自 廃棄された場所に応じて、木材と紙別にそれぞれ分解対象割合と半減期を設定。 ● 投棄地においては、木材、紙ともに100%が分解対象とされ、半減期をそれぞれ16.5年、8.25年と設定して分解を推定。 ● 埋立地においては、木材の23%、紙の56%が分解対象とされ、半減期をそれぞれ29年、14.5年と設定して分解を推定。この分解対象以外は「永久貯留」と仮定。
	カナダ	IPCCデフォルト	カナダの住宅に使用されるHWPは、IPCCデフォルト半減期での推定よりも顕著に長く炭素を貯留している。それを反映した国独自の半減期を設定するための研究が進行中。
大洋州	豪州	国独自	森林を林齢に応じて若齢林・壮齢林・老齢林に3区分するとともに、HWP最終用途製品の寿命に応じて5段階(極短期、短期、中期、長期、極長期)に分類し、それぞれに国独自の半減期を設定(森林3区分×HWP5段階=15種類の半減期)。
	NZ	IPCCデフォルト/国独自	国内消費HWPは、半製品(製材、木質パネル、紙)別のIPCCデフォルト半減期。輸出丸太については、主要輸出先国(中国、インド、韓国等)で調査を実施し、輸出丸太が加工された半製品別に、国独自の半減期を輸出先国別に設定。

(出典) 主要国の国家GHGインベントリ報告書及びそのAnnex(2023年提出)

<https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2023>

9

建築物に利用した木材に係る炭素貯蔵量の表示に関するガイドライン

- 木材利用の一層の促進を通じてカーボンニュートラルの実現に貢献するため、林野庁において、HWP（※）に関する考え方を踏まえ、建築物に利用した木材に係る炭素貯蔵量を国民や企業にとってわかりやすく表示する方法を示したガイドラインを策定（2021年10月1日）。
- 建築物の所有者、建築物を建築する事業者等が、自らの発意及び責任において表示するもの。
- 計算シートでは、炭素貯蔵量をさらに伝わりやすい形で表示するため、一定の仮定のもと、スギ人工林の面積・本数当たりの二酸化炭素蓄積量や、一世帯・一人当たりの二酸化炭素排出量と比較した値についても自動的に計算する機能を提供。

※ Harvested Wood Productsの略で、伐採木材製品のこと。京都議定書第二約束期間以降、森林経営活動を通じて生産された国産材由来のHWPにおける炭素貯蔵量の変化を温室効果ガス吸収量又は排出量として計上することができる。

■炭素貯蔵量（CO₂換算量）計算式

$$Cs = W \times D \times Cf \times 44/12$$

Cs：建築物に利用した木材（製材のほか、集成材や合板、木質ボード等の木質資材を含む。）に係る炭素貯蔵量（CO₂トン）

W：建築物に利用した木材の量（m³）（気乾状態の材積の値とする。）※

D：木材の密度（トン/m³）（気乾状態の材積に対する全乾状態の質量の比とする。）

Cf：木材の炭素含有率（木材の全乾状態の質量における炭素含有率とする。）

44/12：単位をCO₂トンに換算する係数

※ 完成した建築物本体に利用されている木材の量とし、仮設用資材やコンクリート型枠用合板などの建築物の完成までに撤去される木材は含まないものとする。

また、建築物に利用した木材には、外構や地盤改良用資材等に用いた木材は含まないものとするが、これらの炭素貯蔵量を示したい場合には、建築物に利用した木材の炭素貯蔵量とは別に計算・表示するものとする。

■表示例

中層の木造ビルを想定した表示イメージ（例）

※ 炭素貯蔵量：1,000 t-CO₂、木材利用量合計：400 m³（国産材400 m³）

炭素貯蔵量 (t-CO ₂)	炭素貯蔵量 (t-CO ₂)	炭素貯蔵量 (t-CO ₂)	炭素貯蔵量 (t-CO ₂)
1,000	273	499	273

この表示は、林野庁「建築物に利用した木材の炭素貯蔵量の表示ガイドライン」(令和3年10月1日付け林野庁産林5号特許特許決定)に準拠し、この建築物に利用した木材が国産材である炭素貯蔵量(Cf)換算量を示すものです。木材は、積算が容易な炭素貯蔵率として、木材を建築等に利用していくことは、「都市等における木質の循環づくり」としてカーボンニュートラルへの貢献が期待されています。

【計算式】
木材の材積 (m³) × 密度 (t/m³) × 炭素含有率 × 44/12 = 炭素貯蔵量 (CO₂換算) (t-CO₂)

【表示イメージ】
○ 国産材 (国産材) スギ 240 m³ × 0.811 t/m³ × 0.59 = 44.12 = 44.12 t-CO₂
○ 国産材 (国産材) スギ 80 m³ × 0.838 t/m³ × 0.59 = 44.12 = 44.12 t-CO₂
○ 国産材 (国産材) スギ 80 m³ × 0.942 t/m³ × 0.493 = 44.12 = 44.12 t-CO₂

※ 国産材以外の木材は、炭素貯蔵率を0.59として計算しています。国産材以外の木材は、炭素貯蔵率を0.59として計算しています。

計算シートでの計算結果の表示例（一部）

■炭素貯蔵量を人工林の面積・本数当たりの二酸化炭素蓄積量や一世帯・一人当たりの二酸化炭素排出量と比較する（前提条件は「98.比較前提条件」シート参照）
※ これらの比較については一部の項目のみ実施することも可能です。2023年5月時点の前提条件に基づく

国産材の炭素貯蔵量（CO ₂ 換算）について	
(1) スギ人工林の面積・本数当たりの二酸化炭素蓄積量と比較する場合	
スギ人工林 約	0.7 t-CO ₂ /ha分の二酸化炭素蓄積量に相当
東京ドーム 約	0.2 t-CO ₂ /ha分のスギ人工林の二酸化炭素蓄積量に相当
テニスコート (ダブルス) 約	27.5 t-CO ₂ 1ha分のスギ人工林の二酸化炭素蓄積量に相当
スギ1000 約	539 t-CO ₂ 1ha分の二酸化炭素蓄積量に相当
(2) 一世帯・一人当たりの二酸化炭素排出量と比較する場合	
一世帯の約	73 t-CO ₂ 年分の二酸化炭素排出量に相当
一人当たりの約	153 t-CO ₂ 年分の二酸化炭素排出量に相当
	73 t-CO ₂ 世界の1年分の二酸化炭素排出量に相当

【表示方法例】

- スギ人工林の面積・本数当たりの二酸化炭素蓄積量と比較する場合
- 一世帯・一人当たりの二酸化炭素排出量と比較する場合

ガイドライン及び炭素貯蔵量計算シート

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/mokusan/mieruka.html>



10

ガイドラインの活用事例

- 本ガイドラインを活用して、民間事業者において実際の建築物の炭素貯蔵量を算定した事例や、地方自治体において炭素貯蔵量を認証する制度が増えてきている。

MOCXION INAGI (モクシオン稲城)

<炭素貯蔵量>約740t-CO₂



▲モクシオン稲城の外観

- 三井ホーム株式会社が東京都稲城市に建設した、木造（一部RC造）5階建ての賃貸マンション。
- 信州カラマツによる2×10材を床根太として採用しているほか、三井不動産グループの保有林におけるトドマツ間伐材などを活用。
- 同社ウェブサイトでは、炭素貯蔵量の計算結果など、建築物を木造とすることによる環境負荷の低減の効果を発信。

流山市立おおぐろの森中学校

<炭素貯蔵量>約2,853t-CO₂



▲校内に掲示された炭素貯蔵量のサイン

中学校の外観 ▶

- 千葉県流山市に建設された、木造（一部RC造・S造）3階建ての中学校。
- 千葉県産スギと長野県信濃町産カラマツを使い、構造物を含めた大部分で地域材の使用を実現。
- 木材使用量と炭素貯蔵量の計算結果は、木製のサインで校内に掲示され、生徒に木材利用による地球温暖化防止への貢献を学ぶ機会を提供。

林野庁 中部森林管理局における庁舎

<炭素貯蔵量>約384t-CO₂

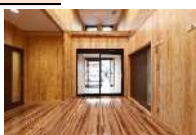
※炭素貯蔵量を公表した5庁舎（左表）の炭素貯蔵量の合計

- 林野庁中部森林管理局は、2007年以降に建築した森林管理署等の5庁舎の炭素貯蔵量を算定し、2022年9月に公表。

施設名	国産材使用量 (m ³)	国産材の炭素貯蔵量 (t-CO ₂)	木材全体の炭素貯蔵量 (t-CO ₂)	木材全体の炭素貯蔵率 (%)
高山森林管理庁舎	141	88	141	88
北信森林管理庁舎	110	81	110	81
岐阜森林管理庁舎	93	64	93	64
南木曾支庁庁舎	105	76	105	76
森林技術・支援センター庁舎	116	73	116	73
合計	565	382	566	384



▲森林技術・支援センター庁舎の外観(左)と内観(右)



とっとりカーボンプレージ認証制度

<炭素貯蔵量>約134t-CO₂

※これまで認証された県産材の二酸化炭素固定量の合計(2023.6.30時点)



▲認定書（県産材の因州和紙製）

- 鳥取県は、非住宅建築物への県産材の利用促進と、県産材利用が地球温暖化防止に貢献していることの普及・啓発を目的として、ガイドラインを活用し、非住宅建築物への県産材利用による二酸化炭素固定量（炭素貯蔵量）を評価・認証する制度を実施。
- 認定された建築主には、県産材を利用した施設のPRや、建築主のCSR（企業の社会的責任）・SDGs（持続可能な開発目標）活動の証となる認定書を送付。

中大規模木造建築の事例を提供するウェブサイト「中大規模木造建築データベース」（公益財団法人日本住宅・木材技術センター）において、建築物の炭素貯蔵量を公開。

11

企業における排出・貯蔵量の算定・報告に係る海外の動向

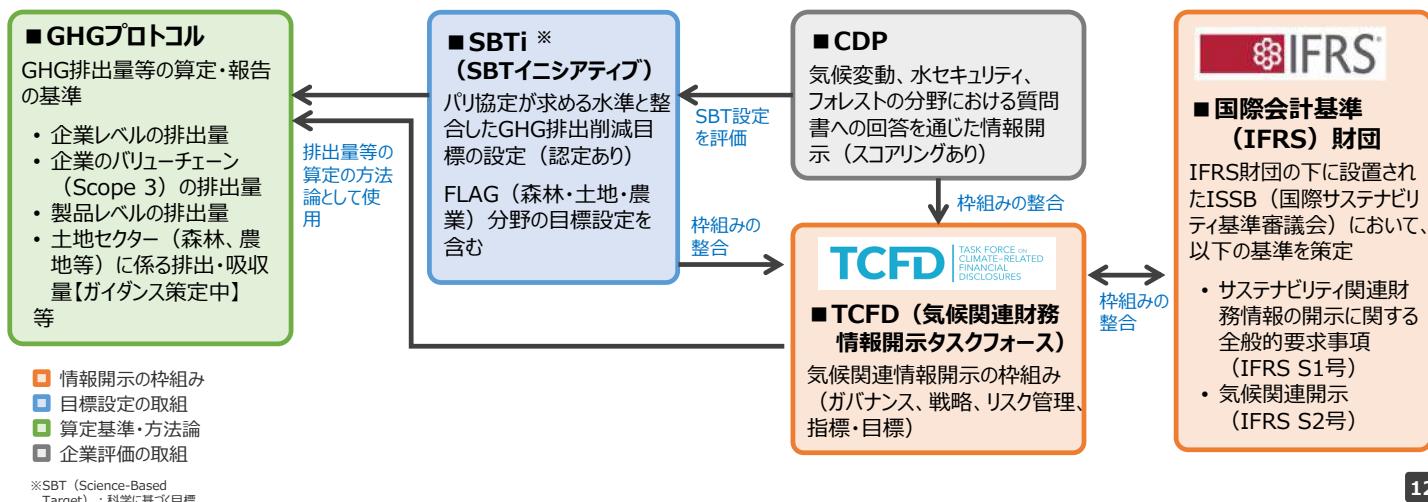
GHGプロトコル

- 事業者が任意で排出量の算定・報告を行う際の国際基準。WRI※1・WBCSD※2を中心に、世界中の企業・NGO・政府機関等が参加して策定されてきた。

※1 WRI (World Resources Institute) : 世界資源研究所

※2 WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) : 持続可能な開発のための世界経済人会議

- 国際的な企業の情報開示の枠組み (IFRS S2号, TCFD) や評価の枠組み (CDP, SBTi) において算定・報告基準として採用。
- 「土地セクター及び吸収量に関するガイダンス (Land Sector and Removals Guidance)」が2022年にドラフト公開、2025年前半に最終化予定。同ガイダンスではこれまで企業レベルで提示されてこなかった吸収・貯蔵に関する算定・報告ルールが提示。



企業における排出・貯蔵量の算定・報告に係る日本国内の動向

SHK制度

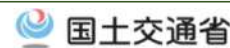
- 「地球温暖化対策の推進に関する法律」に基づき、温室効果ガス (以下、GHG) を一定量以上排出する者 (特定排出者) に対してGHG排出量を算定し、国に報告することを義務付けるとともに、国は報告された情報を集計し、公表。
- 森林吸収量及び木材利用による炭素蓄積量については、任意の報告が可能。
- ネット・ゼロの実現に向けて、事業者単位のGHGインベントリにおいても吸収・除去等を位置付けることが重要となっていることを踏まえ、単なる任意報告にとどめない森林吸収等の取扱いについて検討中。

<調整後排出量における報告項目のイメージ>

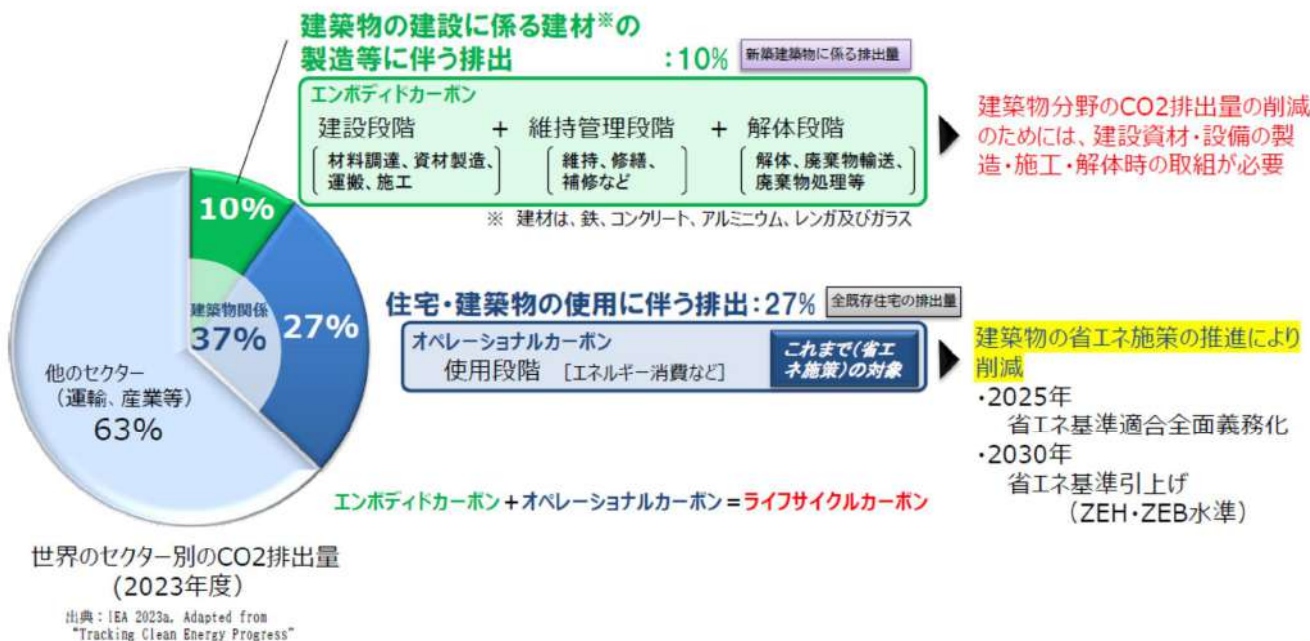


- 建築物の運用時の省エネ対策に加え、資材製造から解体に至る段階の排出量 (エンボディドカーボン) の削減の取組が重要となっている。

建築物のCO2排出について



- 建築物関係は世界のCO2排出量の37%を占めており、2050年カーボンニュートラルの実現に向けては、さらなる削減努力が必要。
- 建築物関係のCO2排出は、①建設・維持管理・解体段階での排出 (エンボディドカーボン) と、②建築物使用に伴う排出 (オペレーショナルカーボン) に分類。このうち、②建築物使用に伴う排出 (オペレーショナルカーボン) は、省エネ対策により削減。今後は、エンボディドカーボンについても削減に向けた対策が必要。



(参考) 建築物のライフサイクルカーボン削減に向けた取組

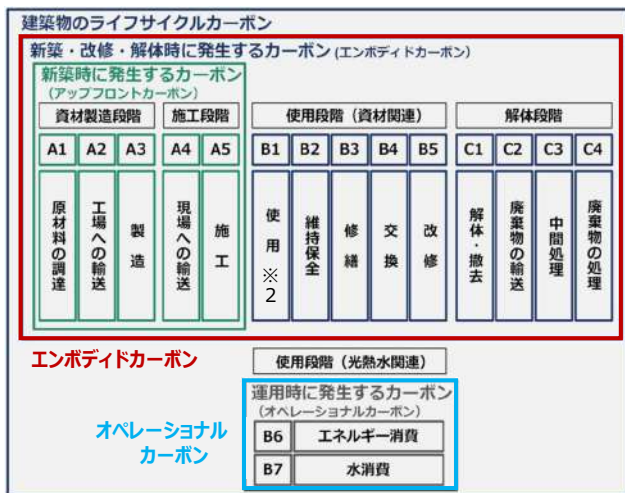
- 資材製造から解体に至る段階の排出量 (エンボディドカーボン) のうち製造時の排出量 (アップフロントカーボン) は、資材の使用量に排出量原単位を乗じて算出。木材は、製造時の排出量が少ないことから、他資材より有利。

<評価方法>

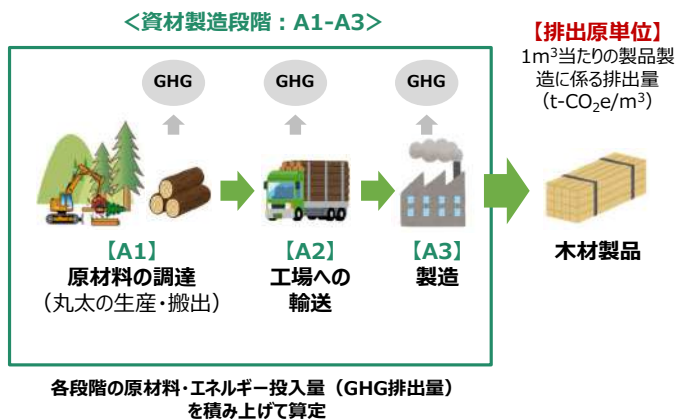
✓ **ライフサイクルアセスメント (LCA) により算定した、建築物に利用した木材の製品製造に係るGHG排出量を示す。**

$$\text{木材の製品製造 (A1-A3段階) に係るGHG排出量 (t-CO}_2\text{e)} = \sum (\text{木材製品毎の材積 (m}^3\text{)} \times \text{木材製品毎の排出原単位 (t-CO}_2\text{e/ m}^3\text{)})$$

■ 建築物のライフサイクルカーボンの概念図 ※ 1



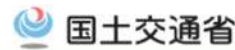
■ 木材製品の排出原単位の算定イメージ



※ 1: 国際規格ISO 21930等に基づき日本語訳「境界外の補足情報」(D段階)は表示していない。 ※ 2: 冷媒、断熱材からのフロン漏洩等を指す。
資料: (一財)住宅・建築SDGs推進センター・(一社)日本サステナブル建築協会「令和4年度ゼロカーボンビル (LCCO2ネットゼロ) 推進会議報告書」から林野庁作成。

- 日本国内の建築事情に合わせた建築物ホールライフカーボン算定ツール (J-CAT) を公開。

政府関係の計画とこれまでの検討状況



- 経済財政運営と改革の基本方針2024において、**ライフサイクルを通じた建築物の脱炭素化の推進**を記載。
- 2022年から産官学連携の下で**ゼロカーボンビル推進会議を設置**し、LCA手法やCO2原単位整備のあり方等について検討を開始。2024年10月には、日本の建築事情に合わせた**算定ツールであるJ-CAT** (Japan Carbon Assessment Tool for Building Lifecycle) を**公開**。

経済財政運営と改革の基本方針2024 (骨太の方針) (令和6年6月21日 閣議決定)

第2章 3. 投資の拡大及び革新技術の社会実装による社会課題への対応 (2) GX・エネルギー安全保障 (略) …建築物※ (中略) の脱炭素化を進める。… (略)

※ 建設から解体までのライフサイクル全体で、CO2排出削減を促進するための取組。

ゼロカーボンビル推進会議

- 世界におけるLCAの急速な議論の進展を受け、産官学の連携により、国際社会、次世代に通用する質の高い建築ストックの確保に向け、**ゼロカーボンビル (LCCO2 ネットゼロ) 推進会議**を設置。(2022年12月)

ゼロカーボンビル (LCCO2 ネットゼロ) 推進会議

委員長 村上周三 (一般財団法人住宅・建築SDGs推進センター顧問) (委員)

学識 産業界 (建設、設計、不動産、金融) 自治体等

(オブザーバー)

国土交通省、環境省、経済産業省、農林水産省

(検討内容)

- ①算定ツールの開発、②部材・設備等のデータベース問題の検討、③海外情報の収集・共有、④算定の円滑な運用

ホールライフカーボン算定ツールである **J-CAT**を公表 (2024年10月)

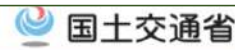
J-CATの結果表示イメージ



(参考) 建築物のライフサイクルカーボン削減に向けた取組

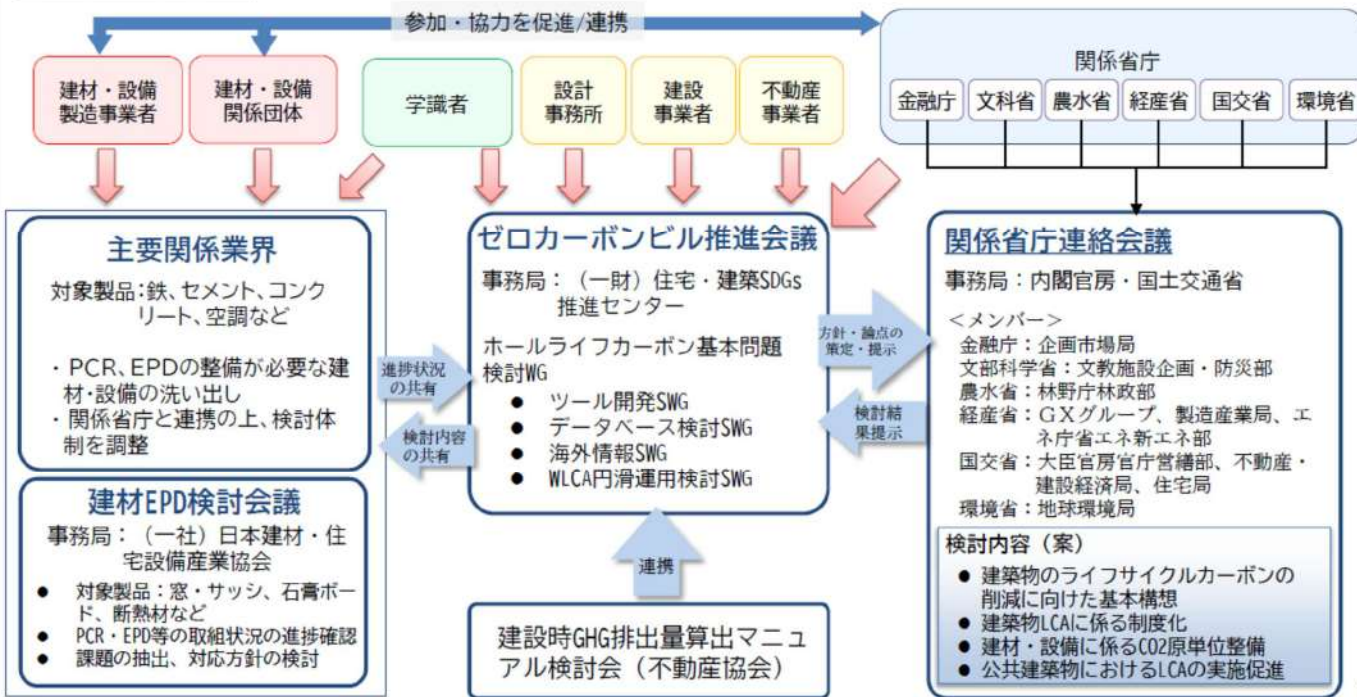
- 関係省庁連絡会議において制度化に向けた検討を開始。

LCA算定手法の確立・制度化に向けた検討体制について(案)



- ゼロカーボン推進会議での議論結果・方針を基本としつつ、関係省庁連絡会議で具体的な制度化に向け議論を予定。
- CO2原単位の整備に向け、建材関係団体の取り組みや技術力向上等を支援する建材EPD検討会議を設置。ゼロカーボンビル推進会議と同会議の連携によりEPD等のCO2原単位の整備を加速化。

建築物のLCA推進体制



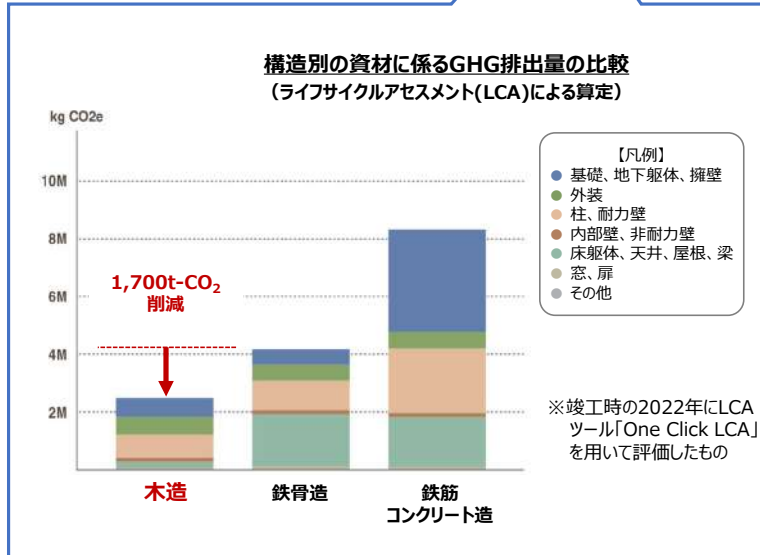
■ (株)大林組 研修施設「Port Plus®」(2022年竣工、横浜市)



木材使用量
1,990m³

CO₂削減量
1,700t-CO₂e

炭素貯蔵量
1,652t-CO₂



木材の炭素貯蔵量
(林野庁「建築物に利用した木材に係る炭素貯蔵量の表示に関するガイドライン」による算定)

<計算式>

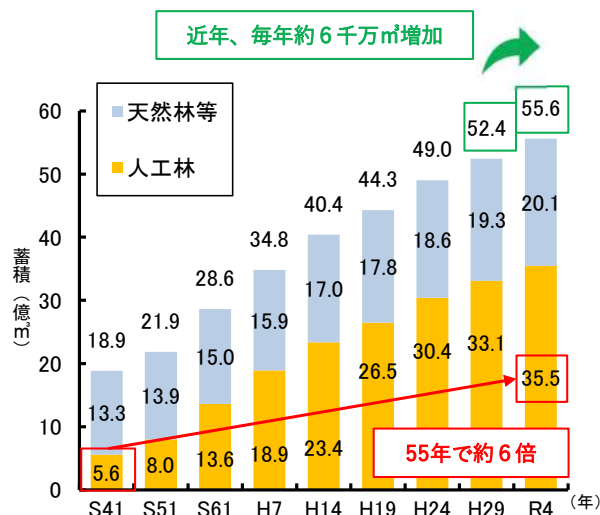
$$Cs = W \times D \times Cf \times 44/12$$
 Cs : 建築物に利用した木材に係る炭素貯蔵量 (t-CO₂)
 W : 建築物に利用した木材の量 (m³)
 D : 木材の密度 (t/m³)
 Cf : 木材の炭素含有率
 44/12 : 単位をt-CO₂に換算する係数

資料：以下の情報から林野庁作成
 ①(株)大林組「Port Plus®」, <https://www.ovproject.com>
 ②ウッド・チェンジ協議会 高層ビルグループ「高層木造ビル事例集」(令和3年度版) . <https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyuu/kidukai/wckyougikai.html>

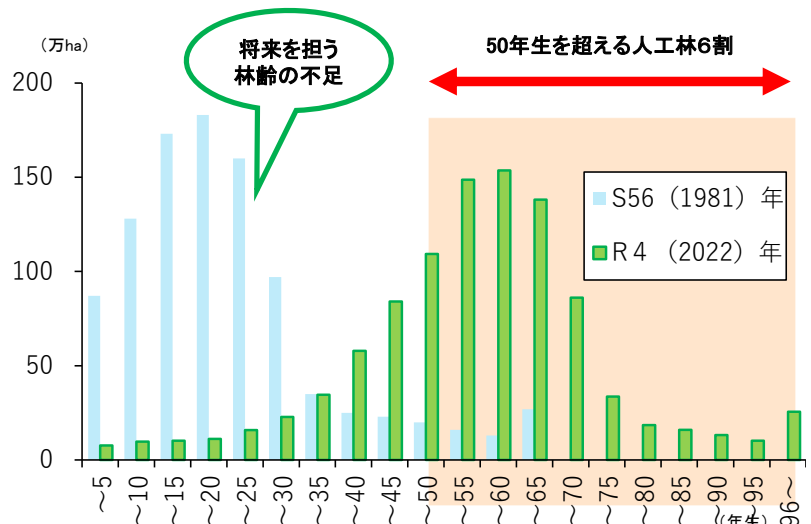
充実する日本の森林

□ 森林蓄積は人工林を中心に毎年約6千万m³増加し、現在は約56億m³。人工林の6割が50年生を超えて成熟し、利用期を迎えている。この豊富な資源の有効活用と、循環利用に向けた計画的な再造成が重要。

■ 森林蓄積の推移



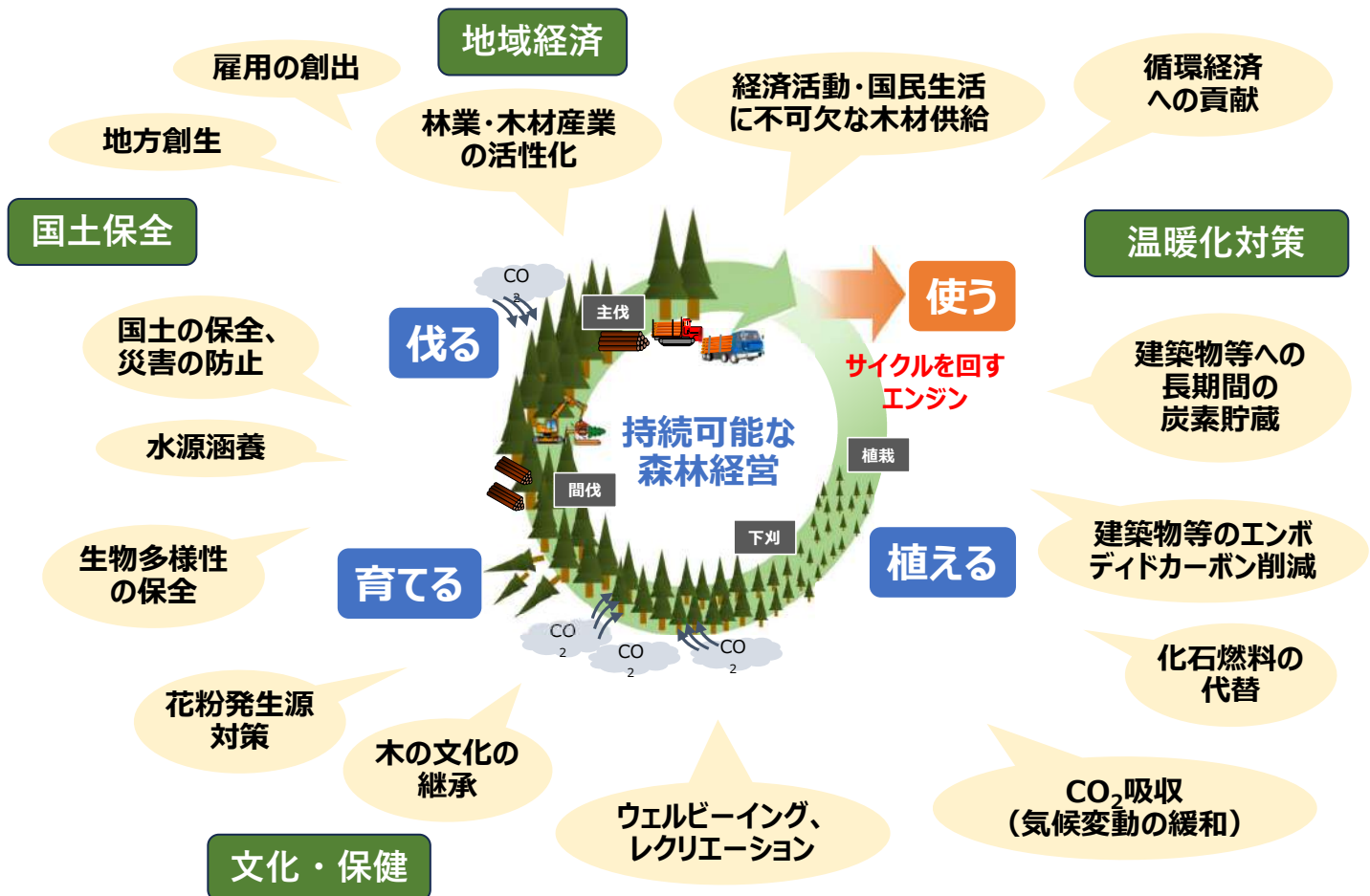
■ 人工林の林齢別面積



資料：林野庁「森林資源の現況」(令和4年3月31日現在)・林野庁業務資料

資料：林野庁「森林資源の現況」
 注：S56年は61年生以上をまとめて集計。

木材利用の様々な意義



20

まとめ

- ✓ 木材を建築物等において長期にわたり利用することは、森林が吸収した炭素の長期貯蔵を通じて温暖化対策に貢献。
- ✓ パリ協定においても、森林及び伐採木材製品による吸収量は国内の吸収量の大部分を占める。
- ✓ 企業レベルでも、吸収・貯蔵に係る活動を評価する枠組みの検討が進展。
- ✓ 木材が吸収した炭素を半永久的に貯蔵できる地中利用は、吸収源としての効果が高い木材利用として、国レベル及び企業レベルで高い評価を受けるものとなる可能性。算定方法の整備が必要。
- ✓ その際、建築物等のライフサイクルアセスメントの進展も踏まえ、施工に係る排出も併せて考慮する必要。
- ✓ 日本の森林資源(人工林資源)は充実し大径化。持続可能な森林経営と木材利用によって、地球温暖化対策に加え、サーキュラーエコノミー(循環経済)の実現など様々な社会課題に貢献。

21

気候変動枠組み条約の下での 温室効果ガスインベントリ報告 一伐採木材製品（HWP）への 杭丸太の算入に向けてー



公益財団法人

国際緑化推進センター

田中 浩・仲摩栄一郎・高原 繁

第1回木材地中利用シンポジウム～炭素の地中貯蔵
効果について考える～ 2024年1月20日（月）

1

本発表の目次

1. 背景
2. 温室効果ガスインベントリ報告
3. 地中利用木材の算定に向けた課題
4. 軟弱地盤対策のための木材（木杭）の地中利用
5. 地中利用木材の算定(他事例の取扱い)
6. 地中利用木材の算定の試み
7. HWPへの杭丸太の算入に向けて

第1回木材地中利用シンポジウム～炭素の地中貯蔵
効果について考える～ 2024年1月20日（月）

2

2050年カーボンニュートラルを目指す 林業・木材産業分野での貢献

人工林の循環利用を確立し、木材利用を拡大

伐採木材製品 (Harvested Wood Products, HWP) による 炭素貯蔵量 (CO₂吸収量) を向上

第1回木材地中利用シンポジウム～炭素の地中貯蔵
効果について考える～ 2024年1月20日 (月)

3

2. 温室効果ガスインベントリ報告

気候変動枠組み条約の下での 温室効果ガスインベントリ報告とHWP

- 気候変動枠組み条約第4条 1 項及び第12条1項に基づき、毎年、温室効果ガスの排出・吸収量の推計値を条約事務局に提出 (温室効果ガスインベントリ報告)
- 森林・林業分野では、森林のCO₂吸収量の算定・報告を実施
- 木材利用のCO₂貯蔵効果をインベントリ報告で計上できることとなり、日本も2015年からHWPの炭素蓄積変化量を算定・報告
- 温室効果ガス算定方法のガイドラインが2019年に改訂され (2019年IPCC改訂ガイドライン)、2020年以降のインベントリ報告に適用

第1回木材地中利用シンポジウム～炭素の地中貯蔵
効果について考える～ 2024年1月20日 (月)

4

IPCCガイドラインによるHWP炭素固定量推計のための3つのレベル

- Tier 1: 国独自のデータや方法論がない場合、FAOSTAT等の国際的なデータとIPCCデフォルトの半減期を用いて、一次減衰関数で算定
- Tier 2: 国独自のデータと半減期を用いて、一次減衰関数で算定
- Tier 3: 国独自のデータと方法論で算定

3. 地中利用木材の算定に向けた課題

我が国のHWPの炭素蓄積変化量の算定方法（Tier3 及び Tier2）

HWP炭素プール

「建築物」の炭素蓄積変化量

製材

合板

木質ボード

製材

合板

木質ボード

*パレット、家具などの建築物以外の木材利用分野

「紙製品」の炭素蓄積変化量

紙・板紙

毎年のインフローとアウトフローをそれぞれ推計し、その差分を炭素蓄積変化量(ネット)として算定 (方法区分：Tier 3※)

インフロー

アウトフロー

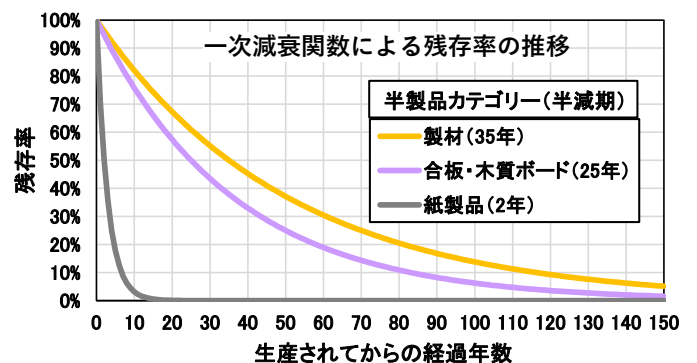
ネット

新設着工における木材使用量

解体による木材廃棄量

= 炭素蓄積変化量

一次減衰関数と半減期で炭素蓄積量の経年変化を推計し、毎年の炭素蓄積変化量を算定 (方法区分：Tier 2※)



3. 地中利用木材の算定に向けた課題

HWPの算定方法は、IPCC2006ガイドラインではまだ開発途中であり、「その他産業用丸太」も製材、木質パネルと同じ半減期（30年）で算定可能とされていた。

2013年京都議定書補足的な方法論ガイダンスでは、製材、木質パネルの半減期がそれぞれ35年、25年と精緻化された一方、「その他産業用丸太」は用途が多岐にわたるために、簡易な方法（Tier1及び2）では算定不適で、用途に応じた国独自の算定方法（Tier3）でのみ算定可とされた（2019改訂版でも同じ取り扱い）。

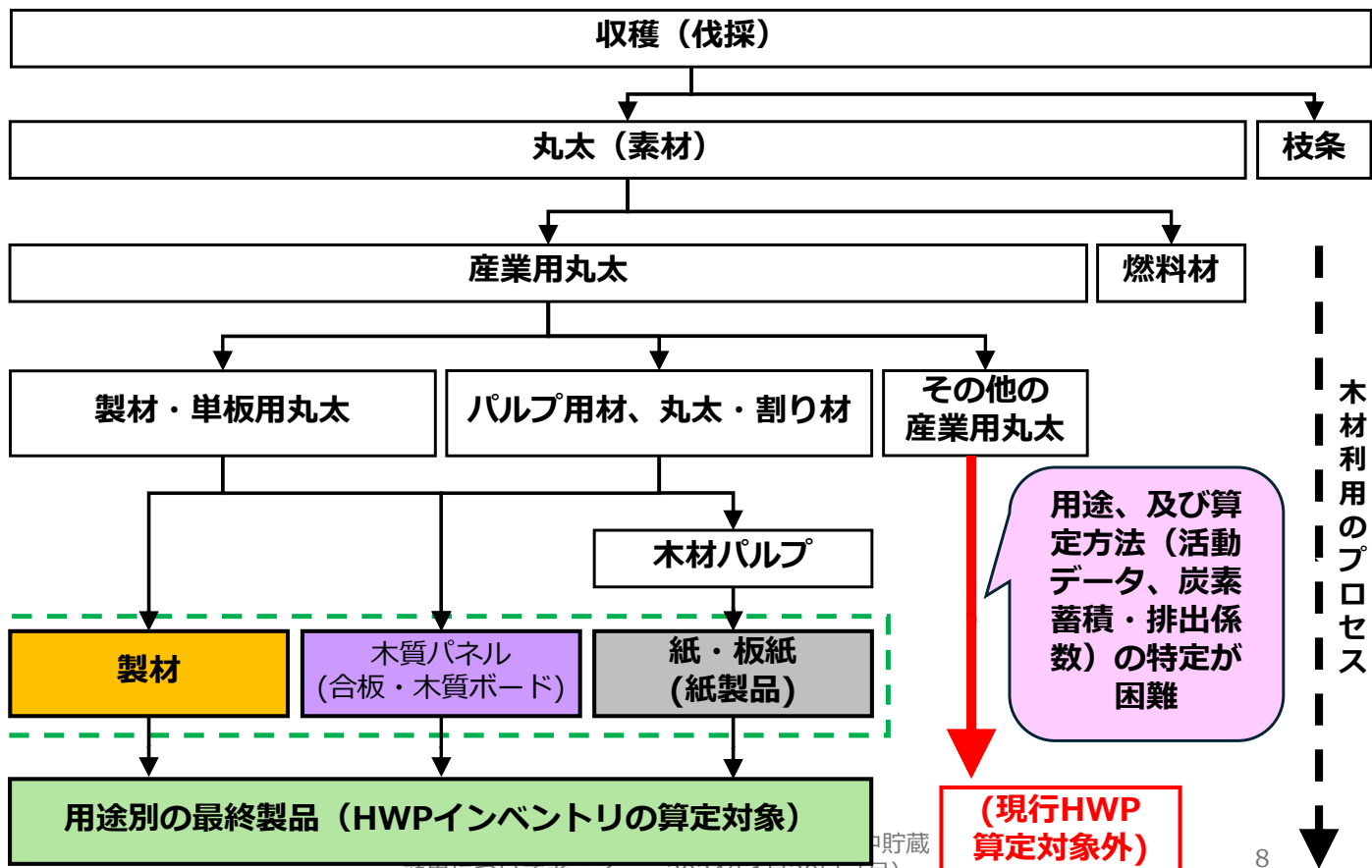
我が国の現行のHWP算定では、国産材由来の半製品（製材、木質パネル、紙・板紙）及び製品（建築物）は、Tier2又はTier3で算定しているが、「その他産業用丸太」は算定対象外（貢献度ゼロ



国産「その他産業用丸太」の国独自の算定方法の確立が必要

3. 地中利用木材の算定に向けた課題

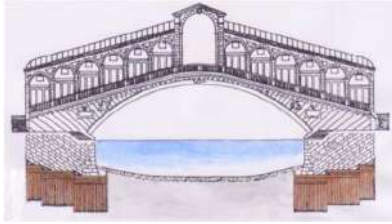
地中利用丸太は半永久的に炭素を固定する可能性が高いが、現行のHWPインベントリでは算定対象外



4. 軟弱地盤対策のための木材（木杭）の地中利用

建築物等の基礎として、木材（木杭）は昔から用いられてきた。

例： ベネチアの建築基礎



佐賀城の石垣胴木基礎



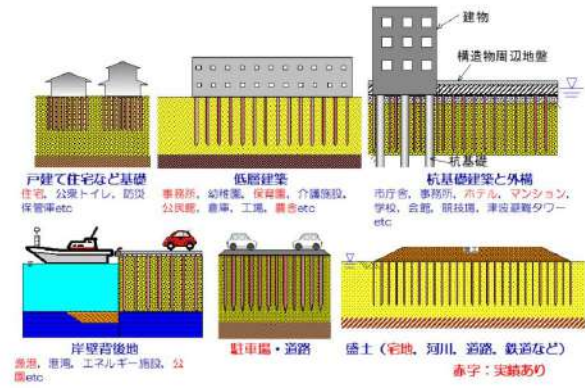
東京丸の内駅舎基礎



近年の動きとして、
軟弱地盤対策としての地中木材利用

丸太打設液状化対策として
現在行われている4工法

- 建築用特定工法（K工法，L/S工法，Q工法）
- 土木用特定工法（PN工法）



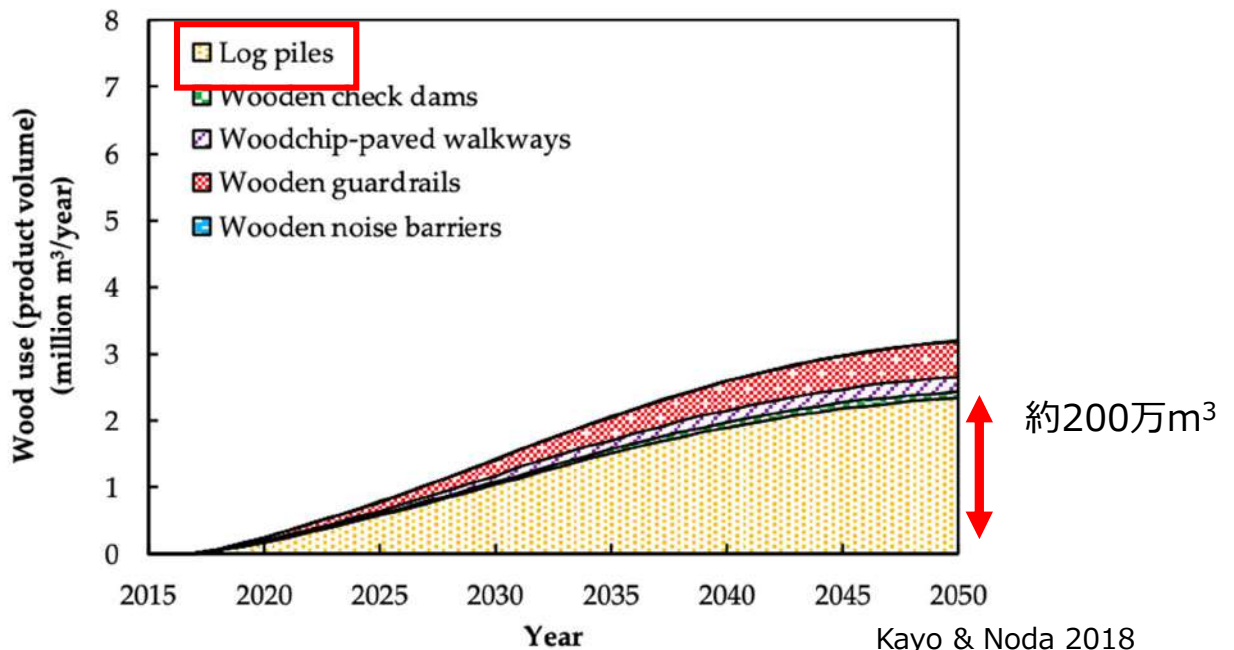
飛島建設HP

第1回木材地中利用シンポジウム～炭素の地中貯蔵
効果について考える～ 2024年1月20日（月）

4. 軟弱地盤対策のための木材（木杭）の地中利用

土木分野における木材利用（杭丸太）の可能性

2050年の杭丸太の利用ポテンシャル



第1回木材地中利用シンポジウム～炭素の地中貯蔵
効果について考える～ 2024年1月20日（月）

4. 軟弱地盤対策のための木材（木杭）の地中利用

- 木材は地下水位以深では酸素がないため、腐朽や蟻害といった生物劣化を生じない
- 液状化しやすい地盤は地下水位が高いため、丸太を打設しても**半永久的**に丸太は健全

「その他産業用丸太」のうち、地中利用木材について、実証データを集積することで、Tier 3 の国独自の算定方法の確立に貢献

第1回木材地中利用シンポジウム～炭素の地中貯蔵効果について考える～ 2024年1月20日（月）

11

5. 地中利用木材の算定(他事例の取扱い)

①IPCCガイドラインの廃棄物分野のインベントリ算定方法
— solid waste disposal sites (SWDS)に埋め立てられた木材の取扱い —
〈埋め立て木材：分解しにくい廃棄物〉

分解対象(10%)

→ 分解されガスとして放出：半減期（20–35年）

非分解
(永久貯留)
(90%)

- **分解対象割合**は、3つの既往文献で報告されている木材・エンジニアリングウッド製品・木の枝等の分解対象割合の平均値0.088を基にして、保守的にデフォルト値として**0.1(10%)**と設定（IPCC (2019) V5 Ch3 SWDS Table 3.0）。
- **半減期**は、実験的測定、モデル又はGHGインベントリやその他の研究結果に基づき、気候帯・乾湿別にデフォルト値を設定。

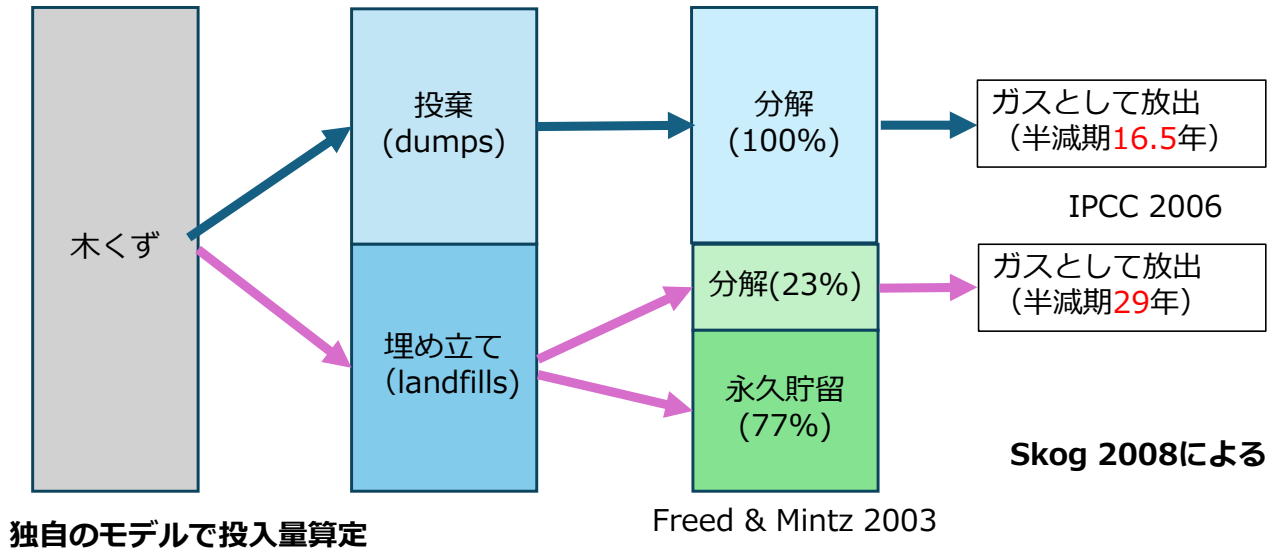
Tier 1 で推奨されるデフォルト半減期

気候帯 (平均気温)	寒帯・温帯 (≦20°C)		熱帯 (20°C<)	
乾湿	乾燥	湿潤	乾燥	湿潤
デフォルト半減期	35年	23年	28年	20年
MAX-MIN	23-69年	17-35年	17-35年	14-23年

出典) IPCC (2019) V5 Ch3 SWDS Table 3.4

②米国の廃棄物インベントリ算定方法の事例 (Tier3)

—SWDS(solid-waste disposal sites) に投棄・埋め立てられた木くずの取り扱い—



第1回木材地中利用シンポジウム～炭素の地中貯蔵
効果について考える～ 2024年1月20日 (月)

13

6.地中利用木材の算定の試み

林野庁補助事業について

軟弱地盤対策等としての地中利用木材の温室効果ガスインベントリ報告のための算定方法の開発
(C L T等木質建築部材技術開発・普及事業および花粉症対策木材の活用に向けた技術開発事業)
実施者 (公財) 国際緑化推進センター

地中利用木材の温室効果ガスインベントリ算定のためのパラメーターの分析 (地中利用木材使用例調査等) と手法の提案

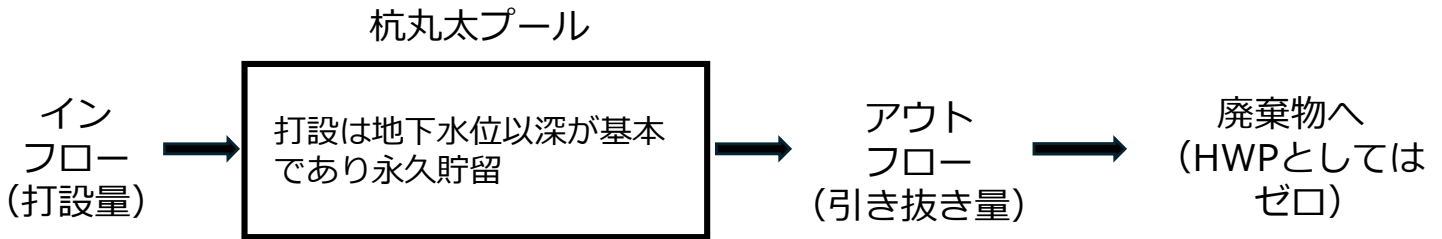
- 地中利用木材 (杭丸太) について、腐朽による劣化の有無の確認
- 地中利用木材で劣化する場合 (部分) について、分解速度 (半減期等) のパラメータ
- 地中利用木材のTier3での算定方法を提案

第1回木材地中利用シンポジウム～炭素の地中貯蔵
効果について考える～ 2024年1月20日 (月)

14

4-1. 建築用特定工法（K工法，L/S工法，Q工法）

- 建築用特定工法（K工法，L/S工法，Q工法）は、仕様により地下水位下での利用が規定されているか、防腐処理、トップコンクリートや被覆土による杭頭の保護などにより腐朽・劣化を防止する工法なので、**永久貯留とする**（なお、今後同様の工法が開発されれば、算定対象に加えることが可能）。



毎年の杭丸太プール炭素蓄積変化量算定式

$$\Delta \text{Pile}_i = \text{Inflow}_i - \text{Outflow}_i$$

ここで、 ΔPile_i ：i年の杭丸太プール炭素蓄積変化量（CO₂トン）

Inflow_i：i年の杭丸太打設量（CO₂トン）

Outflow_i：i年の杭丸太引き抜き量（CO₂トン）

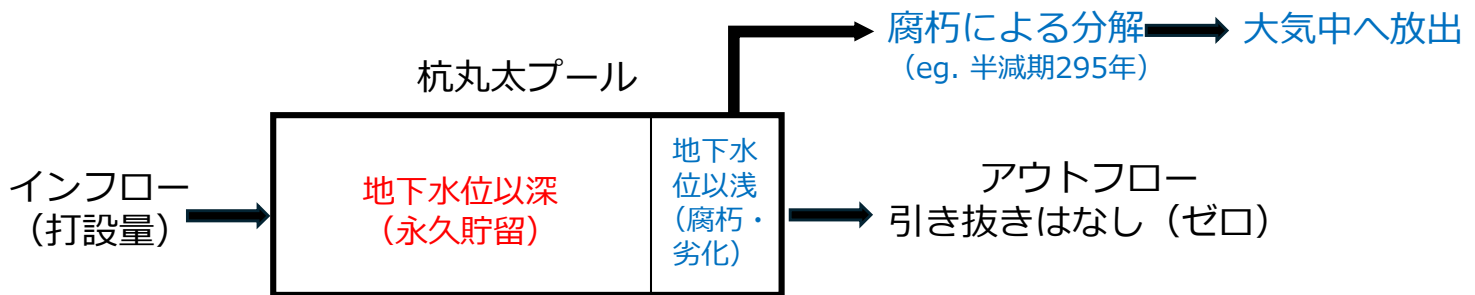
第1回木材地中利用シンポジウム～炭素の地中貯蔵
効果について考える～ 2024年1月20日（月）

15

15

4-2. 土木用特定工法（PN工法）

- 土木用特定工法（PN工法）は、盛土への打設など、杭頭部が地下水位より上にある場合があり得る工法では、**永久貯留部分と、分解による質量減少部分に分けて算定する**（PN工法以外の土木利用についても施工条件等が明確なものについては算定対象に加えることが可能）。



□ インフロー（打設量）

インフローは、年毎に樹種別の打設量（m³）、樹種別の容積密度、炭素含有率から計算。（他の三工法と同様）

□ アウトフロー（引き抜き量）

引き抜きによるアウトフローは、PN工法の場合、建築物を対象としていないことや、実態調査からも引き抜き事例は極めて限定されており、ゼロとする。

第1回木材地中利用シンポジウム～炭素の地中貯蔵
効果について考える～ 2024年1月20日（月）

16

16

6.地中利用木材の算定の試み

地中利用木材のうち特定工法のみを対象とした炭素蓄積変化量の試算

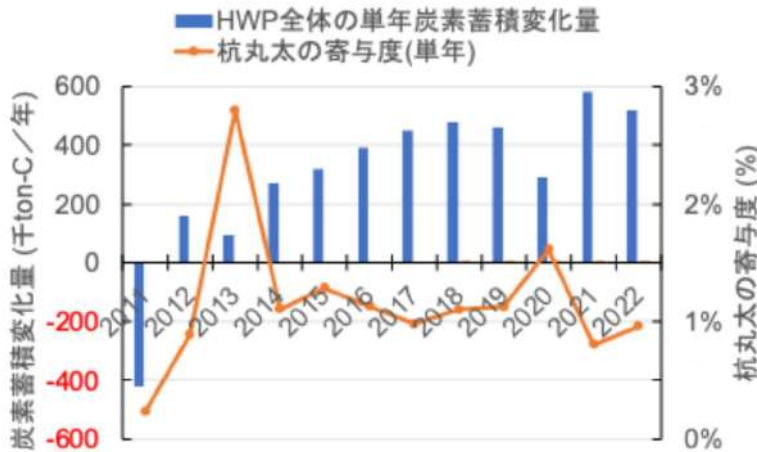
	単位	インベントリ報告年次												2011-22年			
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	合計	平均		
杭丸太の木材使用量	m ³	6,092	8,894	16,795	18,681	25,736	27,653	27,638	33,192	32,407	29,248	29,182	31,266	286,784	26,071		
炭素蓄積変化量	単年	杭丸太	ton-C	920	1,400	2,700	3,000	4,000	4,400	4,400	5,300	5,200	4,700	4,700	5,000	46,000	4,200
		HWP全体	ton-C	-420,000	160,000	96,000	270,000	320,000	390,000	450,000	480,000	460,000	290,000	580,000	520,000	3,600,000	330,000
		杭丸太寄与度*	%	0.2%	0.9%	2.8%	1.1%	1.3%	1.1%	1.0%	1.1%	1.1%	1.6%	0.8%	1.0%	1.3%	1.3%

*杭丸太寄与度 = 杭丸太/HWP (絶対値)

・杭丸太の木材使用量は、特定工法の工法団体・企業に対する使用実態調査による。

・算定方法：K工法，L/S工法，Q工法は永久貯留，PN工法は杭頭50cmが半減期295年で分解、それ以深は永久貯留として計算。引き抜き率は0。

木材の容積密度はスギ 0.31Mg/m³，ヒノキ 0.41Mg/m³，カラマツ 0.40Mg/m³，トドマツ 0.32Mg/m³を使用。



- 特定工法打設杭丸太による炭素蓄積増加量は、HWPに係る吸収量に寄与（温暖化防止効果）。
- 特定工法打設杭丸太による炭素蓄積増加量は、HWP全体量に対して、年間で0.2～2.8%（平均1.3%）に相当。

第1回木材地中利用シンポジウム～炭素の地中貯蔵効果について考える～ 2024年1月20日（月）

7. HWPへの杭丸太の算入に向けて

地中利用木材のインベントリ算定方法の提案

杭丸太使用事例の分析を進めるとともに、特定工法（K工法，L/S工法，Q工法，PN工法）を対象に、Tier3の算定方法を構築し、2025年度のGHG排出量算定方法検討会に諮り、2026年インベントリ報告への反映を目指す。関連分野の関係者の皆様のご協力が重要。

終わり

地中に森林を造る！

2024年12月

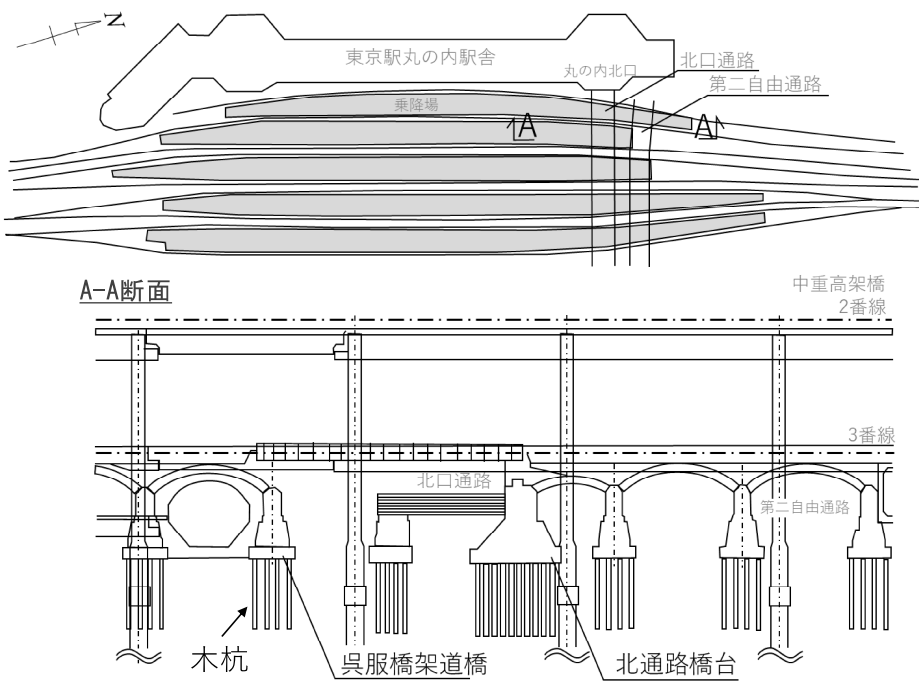
100年以上前に打設された 東京駅の木杭の事例

JR東日本東京建設PMO
水野弘二

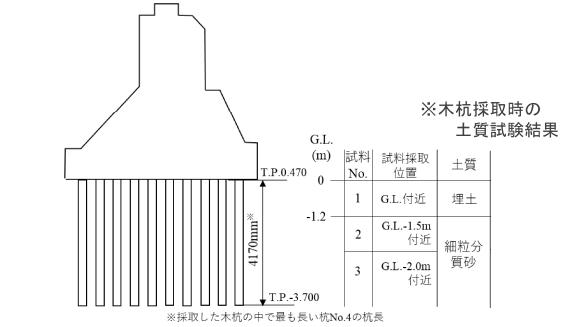
東京駅レンガアーチ高架橋の木杭

東京駅構内のレンガアーチ高架橋（北通路橋台、呉服橋架道橋橋脚）の支持杭として使用されていた木杭を調査

●調査箇所概要図



●北通路橋台付近の土質



●東京駅レンガアーチ高架橋の概要

開業：1910年（東京・新橋間）

調査年：2017年 ⇒ 経年107年

木杭諸元：

長さ：三間～四間（約5.4～7.2m）

産地：陸奥、羽後、常陸、甲斐

樹種：松 総本数：19,140本

設計鉛直支持力：15tf/本

※鐵道院東京改良事務所：
東京市街高架鐵道建築概要, 1914より

木杭の採取状況と目視確認【定性的評価】

周辺を掘り起こし採取した7本の木杭の劣化状況を目視で確認した

●採取状況写真



固着した土を剥いだ面



厚さ約80mm程度

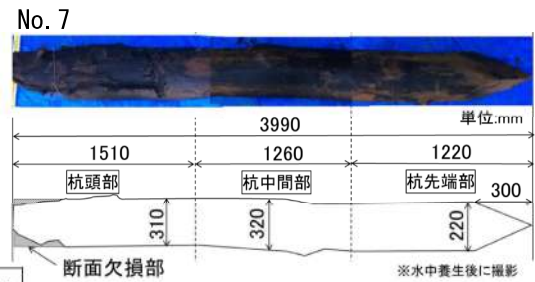
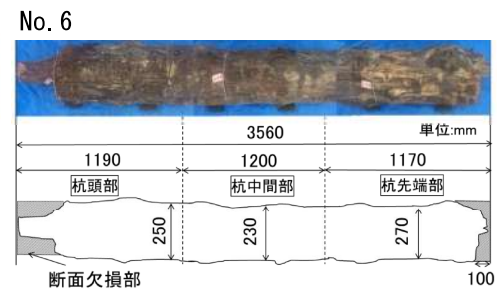
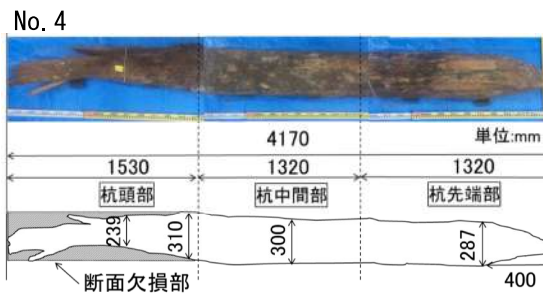
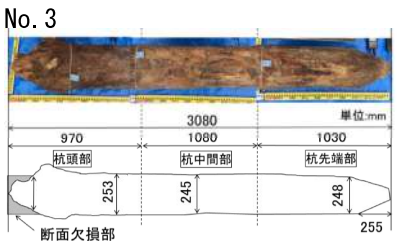
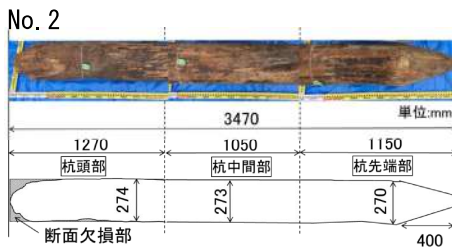
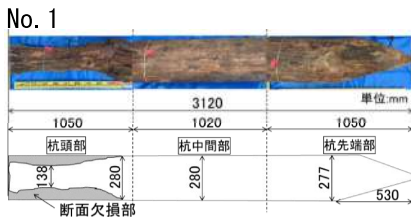
木杭側



図-14 採取した木杭に固着していた土

木杭の採取状況と目視確認【定性的評価】

●形状寸法測定

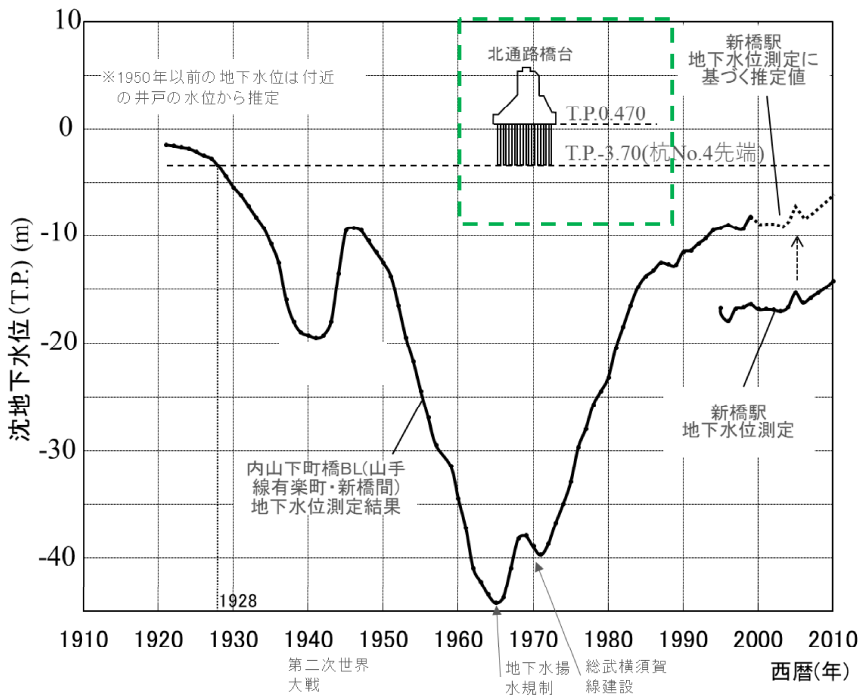


杭番号	元口径 (mm)	末口径 (mm)	杭長 (mm)	試験時期
No.1	280	277	3120	採取直後
No.2	274	270	3470	
No.3	253	248	3080	3ヶ月後 (曝気)
No.4	310	287	4170	
No.5	240	272	3560	
No.6	250	270	3560	
No.7	310	220	3990	

杭頭部は表面が軟化し一部は断面欠損していた。一方、杭中間部から先端部は健全な状態であった。

周辺の地下水位の変動

●東京駅周辺の地下水位変動



●木杭採取時の状況



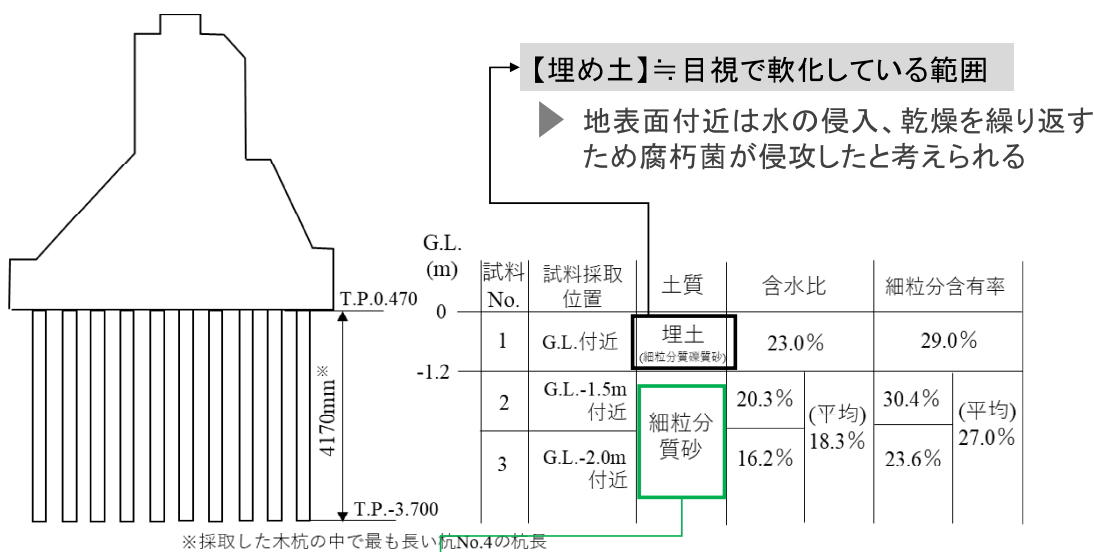
実際に採取時には地下水位は未確認

採取した木杭は長期間、地下水位以浅に位置していた

※1930年頃～2017年までの約90年間

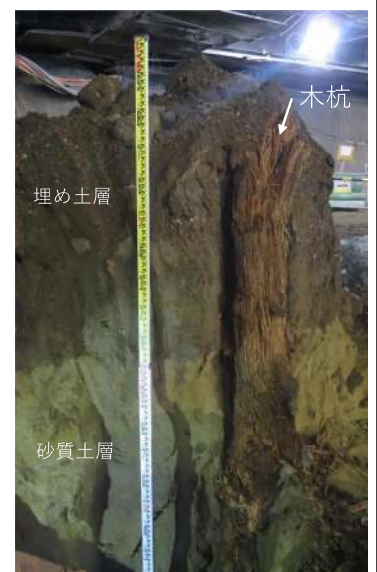
木杭周辺の土質

●採取した木杭周辺の土質



【砂質土】

▶ 地下水位以浅で木杭が健全な事例は粘性土、または地表部が粘性土の場合

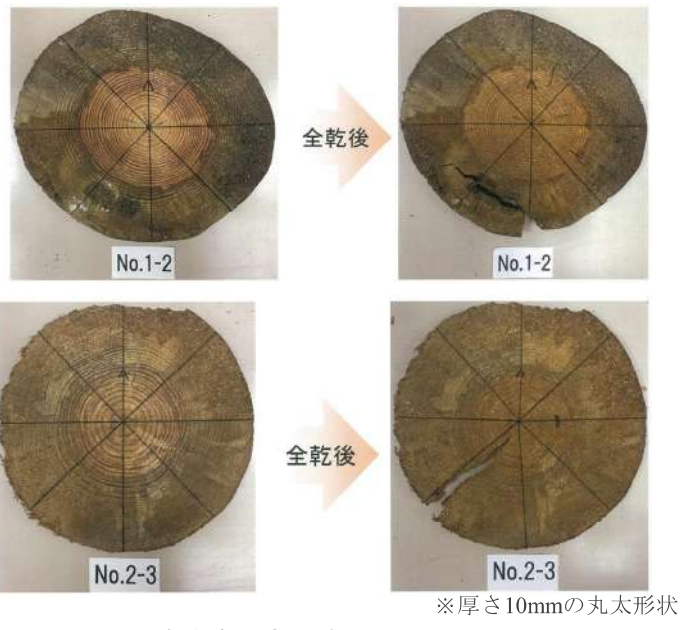


木杭採取時に掘り下げた箇所の地層

▶▶ 地下水位以浅かつ砂質土にある木杭が健全である事例は少ない

木杭の含水率

●木杭の採取直後と曝気後の含水率



含水率測定試験(JIS Z 2101)

※厚さ10mmの丸太形状

杭 No.	部位	含水率(%)		測定時期	
			平均		
1	杭頭	92.4	84.2	採取直後	
	中間	79.9			
	杭先端	80.4			
2	杭頭	45.4	52.3		3ヵ月後
	中間	57.5			
	杭先端	53.9			
3	杭頭	45.3	50.9	3ヵ月後	
	中間	48.3			
	杭先端	59.1			
4	杭頭	27.7	21.3		3ヵ月後
	中間	19.7			
	杭先端	16.4			
5	杭頭	40.2	30.0	3ヵ月後	
	中間	23.8			
	杭先端	26.0			
6	杭頭	21.1	29.7		3ヵ月後
	中間	37.6			
	杭先端	30.5			

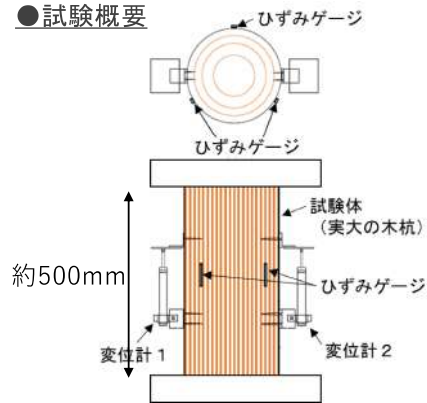
▶ 地盤の含水比(20%程度)より高い

▶ 気中に曝露後も表面の劣化はなし

※3ヵ月間空調のない室内(平均気温18°C、湿度62%)で曝露後の試験結果

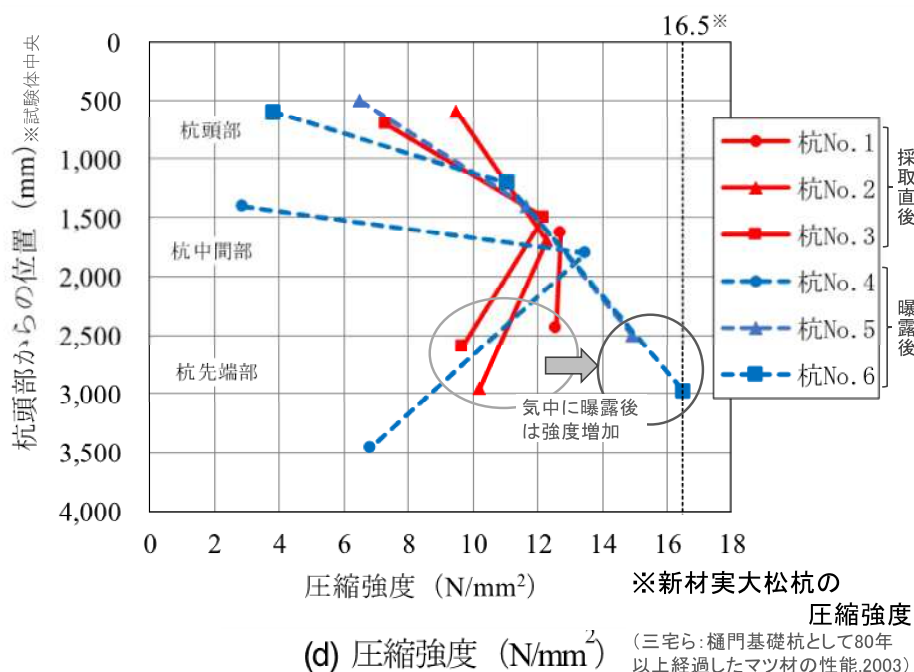
木杭の部材性能【実大一軸圧縮試験】

●試験概要



- ・高さ約500mmの丸太形状の試験体
- ・杭頭部、杭中間部、杭先端部で実施
- ・採取直後と気中に3ヵ月曝露後の2ケース実施

●試験結果



- ▶▶ ・中間部や先端と比べ、**杭頭部の強度は低い** ・3ヵ月間、気中に曝露しても**劣化しない**

木杭の部材性能【実大一軸圧縮試験】

●試験概要

ひずみゲージ
ひずみゲージ
試験体 (実大の木杭)
ひずみゲージ
変位計 1
変位計 2
約500mm

- ・高さ約500mmの丸太形状の試験体
- ・杭頭部、杭中間部、杭先端部で実施
- ・採取直後と気中に3か月曝露後の2ケース実施

●試験結果

杭頭部
杭中間部
杭先端部

150*

最大荷重 (kN)

※東京駅レンガアーチ高架橋の設計支持力

(c) 最大荷重 (kN)

- 杭No. 1
- ▲ 杭No. 2
- 杭No. 3
- 杭No. 4
- ▲ 杭No. 5
- 杭No. 6

採取直後
曝気後

▶▶ 設計支持力に対しては、十分な強度を有している

木杭の部材性能【縦圧縮試験】

●試験概要

試験体(2cm) 切出し位置

試験体採取

- ・杭頭、中間、先端の3箇所採取

試験状況

含水率が強度に与える影響が大きい ▶ 含水率を変化させた試験体(0~215%)により試験を実施

●試験結果

今回の結果に加え、同様の仕様・時期に施工された第3,4有楽レンガアーチ高架橋の試験結果も記載

東京駅レンガ高架橋
採取直後の木杭の平均含水率の範囲

● 東京駅レンガアーチ高架橋
◆ 第3有楽橋 (2000年試験実施)
■ 第4有楽橋 (1960年試験実施)
--- 許容応力度 (湿潤)*

縦圧縮強度 (N/mm²)

含水率 (%)

$y = 50.119e^{-0.015x}$
 $y = 154.78e^{-0.02x}$
 $y = 43.834e^{-0.007x}$

5.0 (N/mm²)

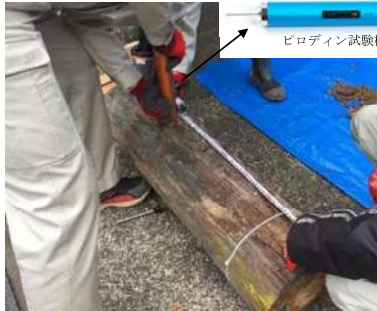
※建築基礎構造設計基準(1974)のまつ、べいまつ、からまつの湿潤状態の長期許容圧縮応力度

▶▶ ・許容応力度以上の強度 ・過去の試験結果と比べても極端な差はない (性能低下なし)

木杭表面の劣化具合【ピロディン試験】

一定のエネルギーでピンを打込み、貫入深さを計測する試験方法（腐朽しているほど貫入量大）

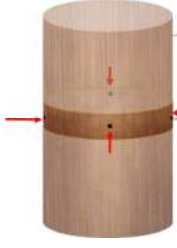
●試験概要



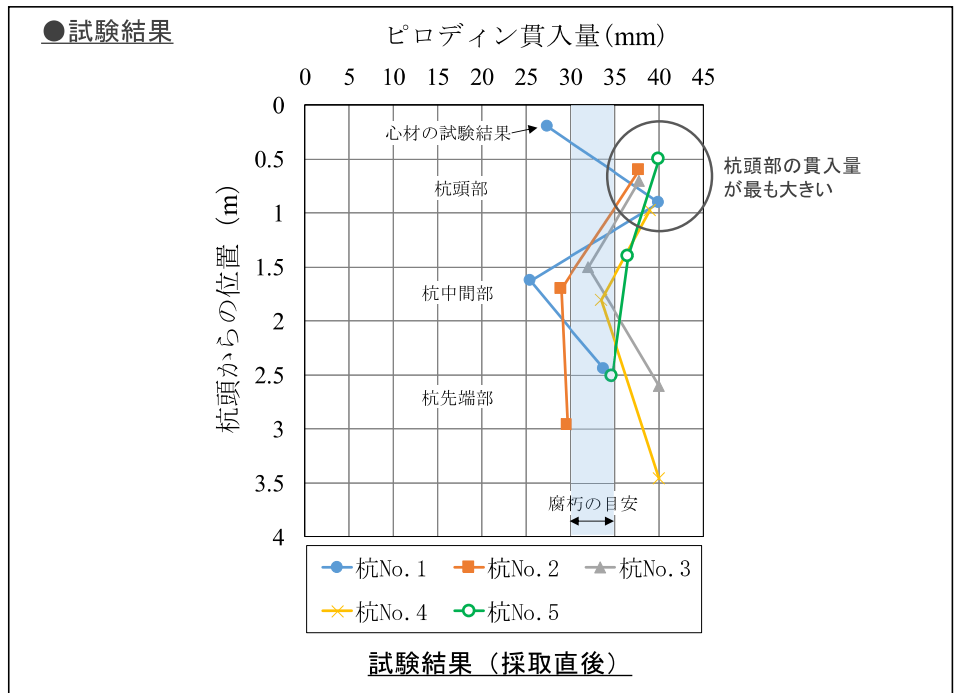
ピロディン試験機

試験状況

- ・杭周面から杭芯に90° ずつ(4箇所)実施
- ・杭頭、中間、先端で実施
- ・採取直後と気中に曝露後の試験体で実施



試験位置




▶▶ 表面は腐朽の目安を超える貫入量

木杭表面の劣化具合【ピロディン試験】

一定のエネルギーでピンを打込み、貫入深さを計測する試験方法（腐朽しているほど貫入量大）

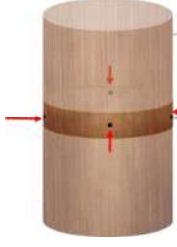
●試験概要



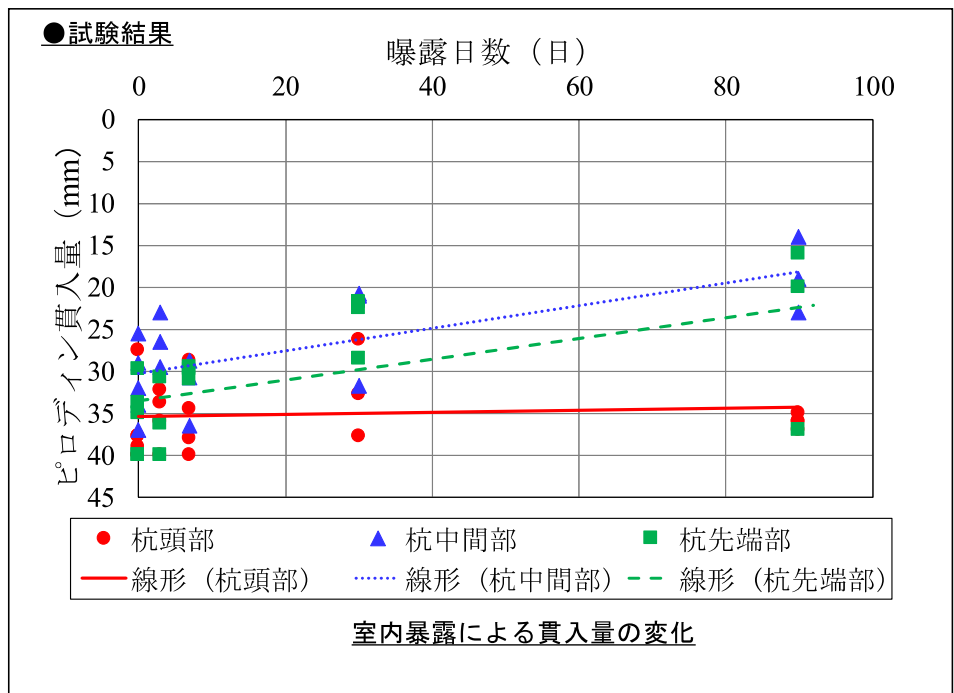
ピロディン試験機

試験状況

- ・杭周面から杭芯に90° 毎に4点行い、4点の平均値として整理
- ・杭頭、中間、先端で実施
- ・採取直後と気中に曝露後の試験体で実施




試験位置




▶▶ 曝露する時間が長いほど、貫入量は小さくなる（3カ月間、気中に曝露しても劣化しない）

木杭の支持力【杭の鉛直載荷試験】

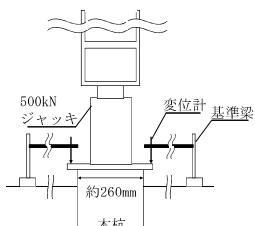
●試験概要



試験状況

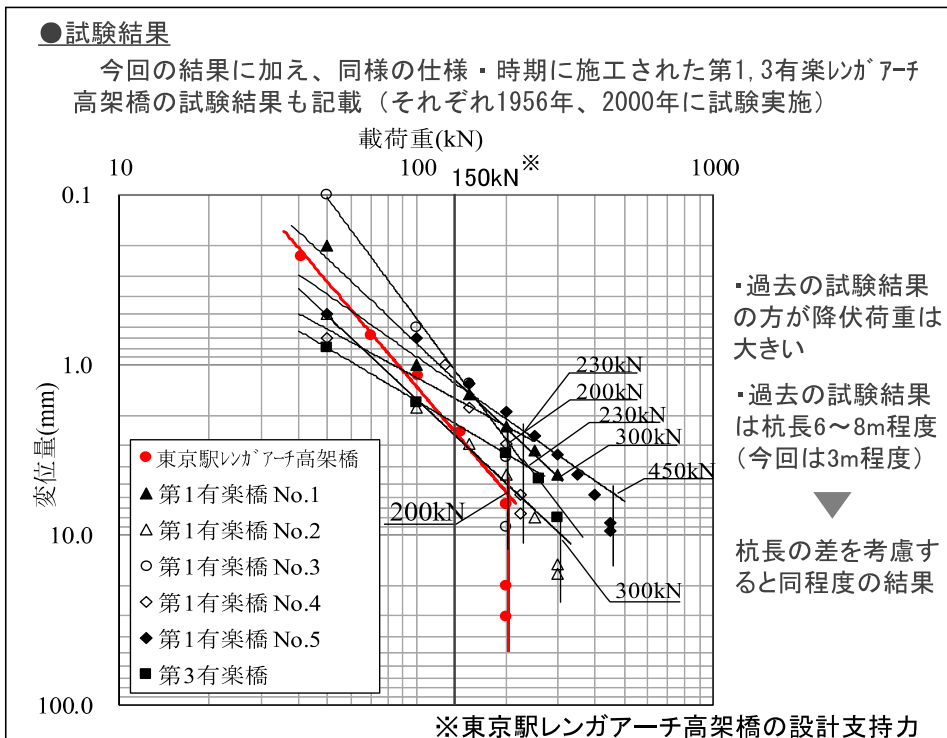


載荷面



試験概要図

・軟化していた杭頭部(1m程度)を切断した上で、試験を実施



- ▶ 設計支持力以上の支持力を確認
- ▶ 過去の試験結果と比べても極端な差はない(性能低下なし)

まとめ

- ・調査した木杭は地下水位以浅に90年以上位置し、砂質土中にあった
- ・各種試験を通じ、杭頭以外は健全(設計当時の設計支持力を満足)であることを証明
※杭頭も残っている範囲は健全
- ・今回の健全であった条件(木杭の含水率や土質定数等)を整理

・地下水位以浅の砂質土に長期間位置した木杭の耐久性について、定量的な評価を実施
・地下水位以浅でも、条件によっては健全な例もある

健全な条件を整理し知見を増やしていくことが、木杭の耐久性を明らかにする上で重要



令和7年1月20日
第1回木材地中利用シンポジウム)
～炭素の地中貯蔵効果について考える～
土木学会講堂

84年以上大田区の低地で RC構造物を支えた木杭の事例

(国研)森林総合研究所
外崎真理雄

木材利用のCO₂吸収・削減効果

0. 森林活性化効果 (吸収)

- ・CO₂を吸収する持続的林業の促進、林業投資による森林蓄積の増大

1. 炭素貯蔵効果 (吸収)

- ・木材製品ストックの増加によるCO₂の隔離

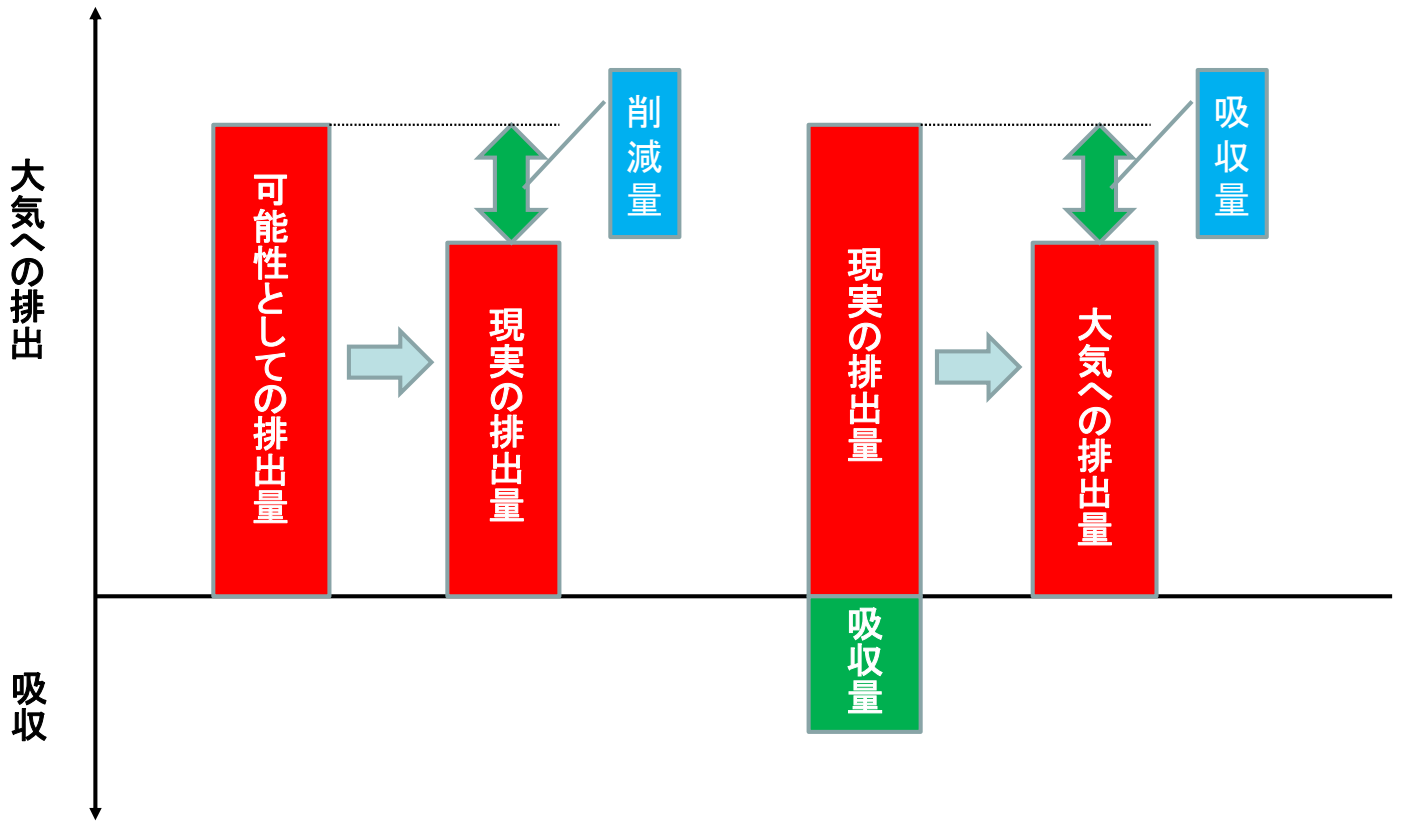
2. 材料代替効果 (削減)

- ・エネルギー多消費資材の代替による排出削減

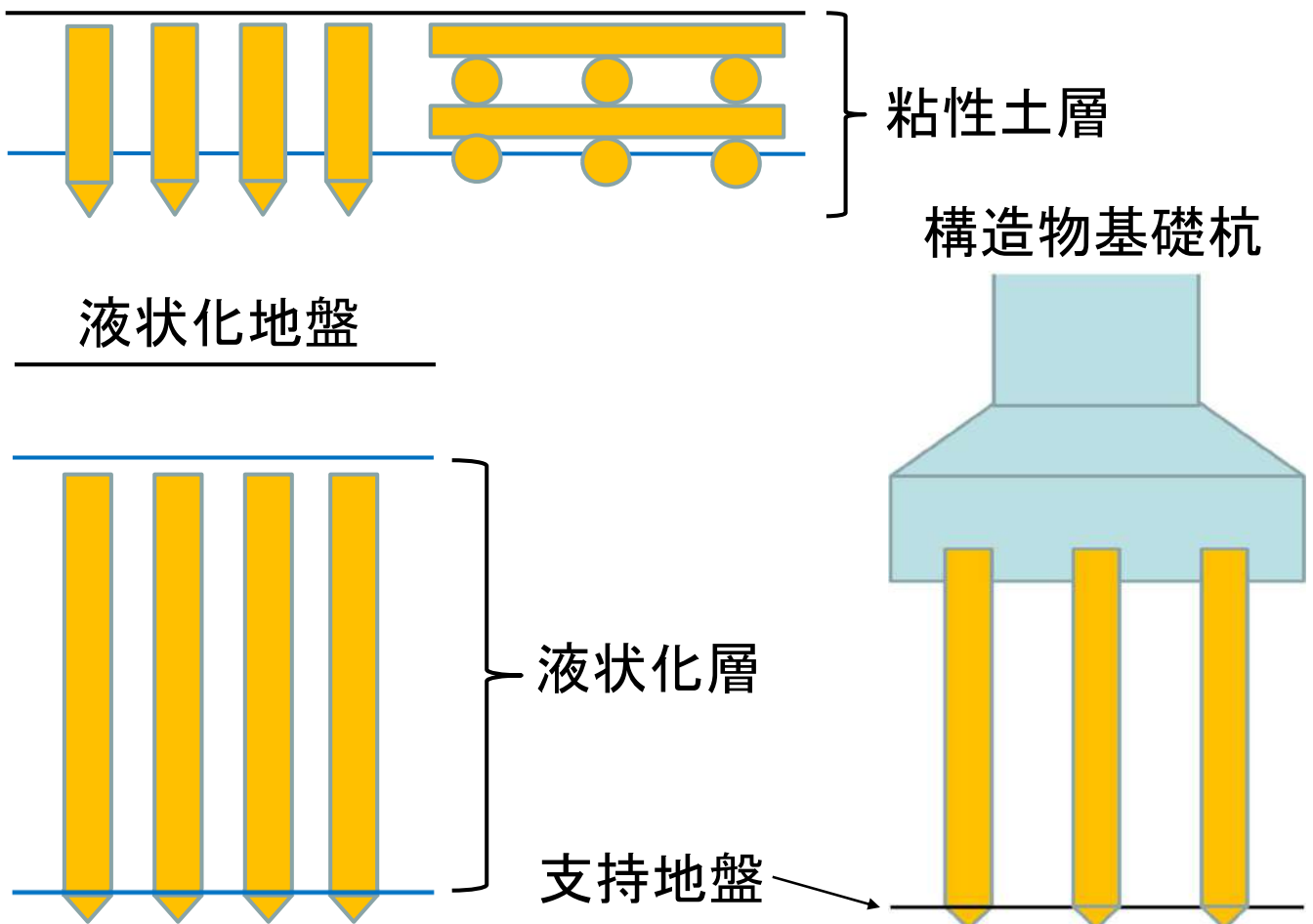
3. 化石燃料代替効果 (削減)

- ・カーボンニュートラルな木材エネルギー利用による化石燃料削減

二酸化炭素の吸収と削減とは



軟弱粘性土地盤(摩擦杭・いかだ基礎)



木材腐朽菌による木材の腐朽条件

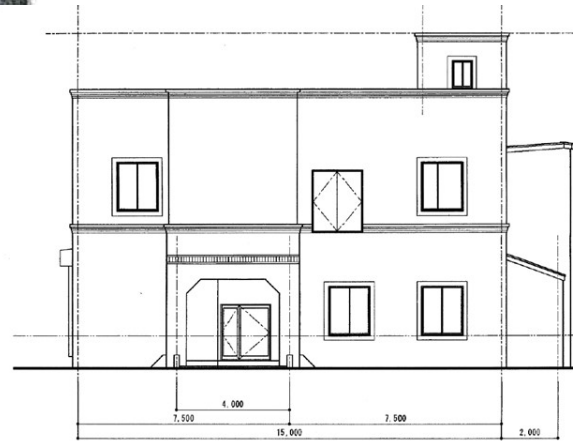
- 腐朽菌条件: 菌や胞子が存在 → 表層有機土壤に多い
- 水分条件: 木材細胞腔内に自由水、かつ水に飽和されていない → 地下水位変動域以浅で腐朽可能性
- **酸素条件: 気体の酸素が必要 → 地下水位変動域以浅で腐朽可能性**
- 温度条件: 常温付近では温度が高いと腐朽速度増 → 地中は比較的低温で一定?
- 窒素条件: 腐朽菌の成長・活動に窒素源必要 → 木材のC/N比では不足

調査地と木杭の情報(沼田氏資料)

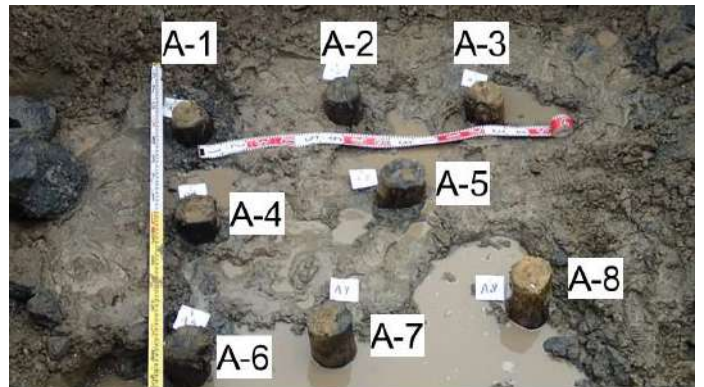


場所: 大田区南六郷2-33-9、目的: RC造2階建建築物の支持杭、樹種: マツ科マツ属、おそらくアカマツ、長さ: 約1.5m長、経過年: 打設は1938年以前 → 約84年経過

建築物外観等(沼田氏資料)



木杭の状況(沼田氏資料)

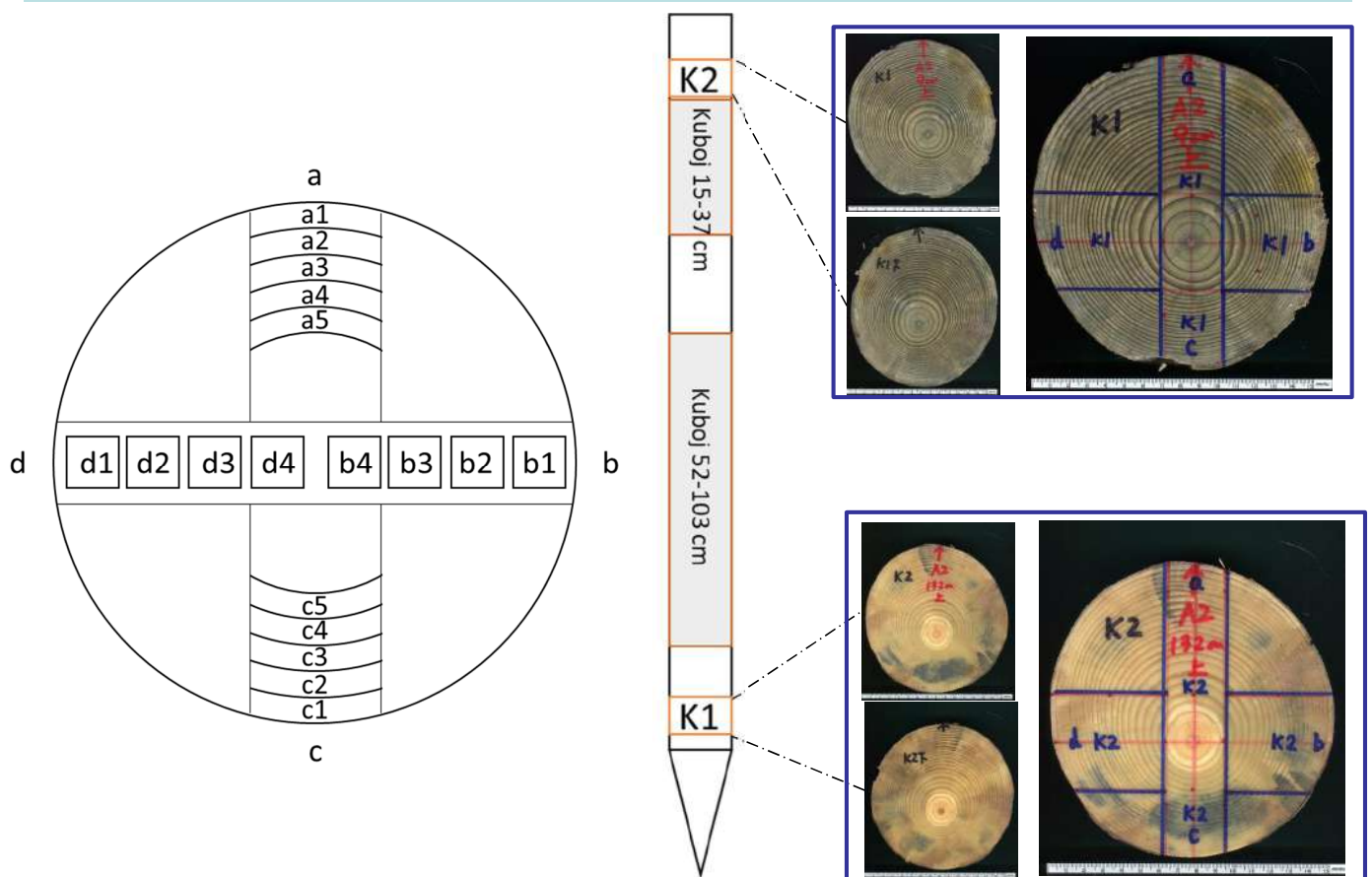


周辺の地下水位の経過 (沼田氏資料)

東京都近郊では高度経済成長期に地下水過剰利用により水位が大きく低下 → 60年代半ばより規制や工業用水道利用が行われ地下水位が回復

地区区分	観測井名	井戸深度 m (スクリーンm)	管頭高 T.P.m	設置当初水位 m (年)	過去最低水位 m (年)	過去最高水位 m (年)	1995年平均水位 m
I	千鳥町	131(61~73)	4.61	-16.0(1963)	-16.0(1963)	-4.9(1988)	-6.9
	観音川	80(69~77)	1.99	-29.6(1959)	-31.4(1964)	-2.9(1989)	-4.1
	田島	85(53~63)	1.94	-29.8(1963)	-30.0(1964)	-1.6(1989)	-2.5
	渡田	51(31~39)	3.29	-23.2(1961)	-27.8(1965)	-2.5(1984)	-4.5
	六郷	29(23~28)	3.41	<u>-20.5(1960)</u>	<u>-22.4(1964)</u>	<u>-4.1(1994)</u>	<u>-4.5</u>
II	小向	60(38~43)	4.36	-4.3(1976)	-7.1(1978)	-2.7(1983)	-3.1
III	新城	37(26~31)	10.47	-4.7(1976)	-5.0(1978)	-3.6(1991)	-3.8
	坂戸	35(24~29)	13.89	-7.4(1976)	-7.5(1979)	-6.4(1995)	-6.4
IV	稲田	25(14~20)	20.66	-6.7(1976)	-7.2(1984)	-6.4(1984)	-7.2

容積密度・圧縮小試験片 (山下氏資料)



小試験片の容積密度

割裂小試験片容積密度(kg/m³)

	最外層	最外層-1	最外層-2	最外層-3	最外層-4	最外層-5	最外層-6
1	413	420	418	412	401	402	
2	325	424	422	404	400	400	409

圧縮小試験片容積密度(kg/m³)

	最外層	最外層-1	最外層-2
1	413	384	378
2	407	386	345

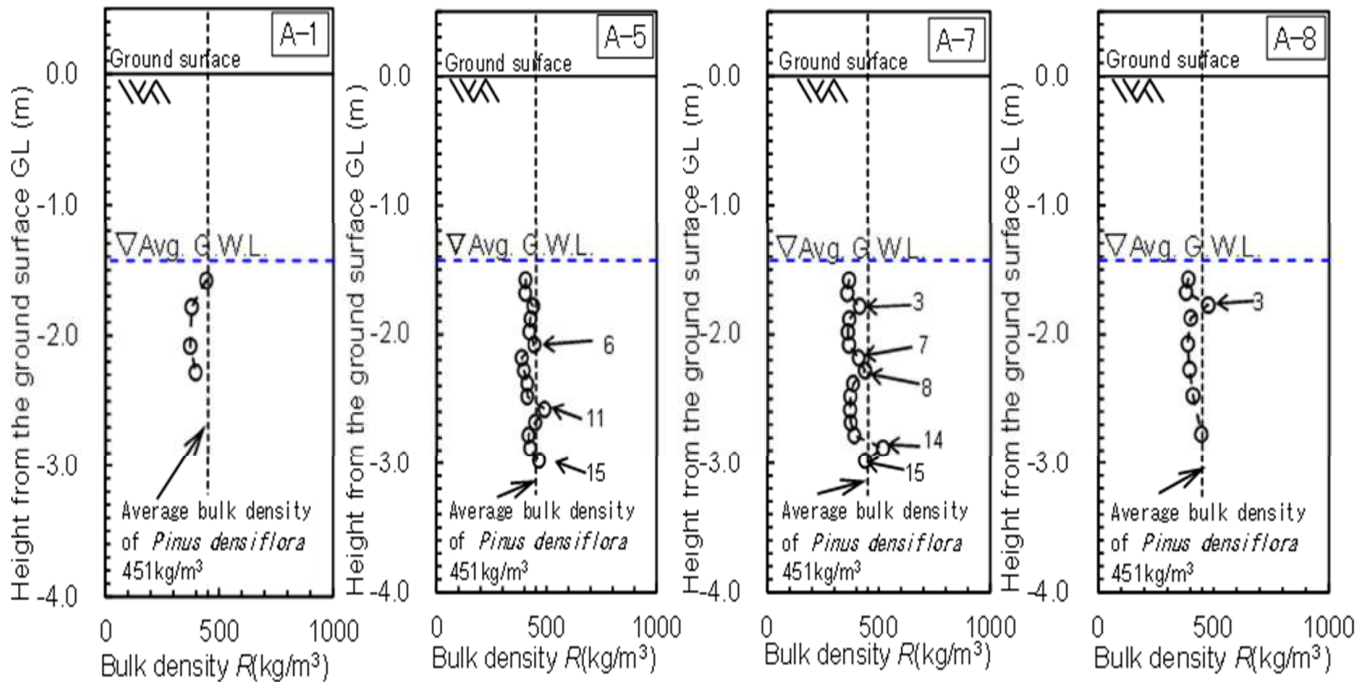
アカマツ容積密度
451kg/m³と比べ
小さいようである。
深度によらず杭全
体が劣化している?

小試験片からの質量減少

樹種はおそらくアカマツ → 初期密度は不明
→ 森林吸収報告に使用する容積密度:
451kg/m³, SD 66kg/m³

圧縮小試験片の容積密度データから3本の丸
太の深度1,2の断面全体の平均容積密度を推
計すると402kg/m³で、半減期は約510年。

短柱からの質量減少 (沼田氏資料)



短柱の容積密度から半減期を推計 → 最小値: 225年、最大値: 714年、平均値: 417年

まとめ

- 腐朽による質量減少 → 地中にある材は地下水位上でも腐朽しにくい? → 温暖化対策の時間スケールで炭素貯蔵可能
- 地中木材利用拡大はCO₂の**吸収** → 「地中の森林」造成で温暖化対策
- 国土強靱化のために地盤改良 → 地中利用木材のポテンシャルは大きい
- 地中利用木材の供給 → 小径の未利用材・中・大径材の低利用部分 → 林業採算性向上への貢献

旧丸ビルを支えた ベイマツの木杭

森林総合研究所
加藤英雄

ベイマツとは

1. 学名 : *Pseudotsuga menziesii*
2. 和名 : ベイマツ、オレゴンパイン
3. 英名 : *Douglas-Fir*、ダグラスファー
4. 分類 : マツ科トガサワラ属
5. 分布 : アメリカ大陸西海岸
カナダ・ブリティッシュコロンビア州から
アメリカ・カルフォルニア州
6. 用途 : 建築用材、建具、造船など
北米の木造建築において事実上の標準材
(長年に渡る多数の供給・使用実績)

旧丸ビルのベイマツ木杭

1. 大正9(1920)年に起工した旧丸ビルの解体に伴い、平成11 (1999)年5月に基礎杭として使用されていた杭丸太5千本余を引き抜き (約70年間の使用)
2. 地盤は東京湾平均海面高から-19mまでは埋め立て土層、それ以下は東京礫層となり支持層
3. 木杭は地下一階の下から東京礫層に先端が達するよう打ち込み、関東大震災や太平洋戦争を経ながらも、旧丸ビルを支持
4. 弊所はこの木杭の一部の提供を受ける機会に恵まれ、杭丸太の強度特性に関する試験を実施

既往研究

1. 旧丸ビル技術調査報告

「旧丸ビル」の歴史を振り返る①～⑦

稲田達夫 (三菱地所設計)

鉄鋼技術 (STRUTEC) 2002.3～9

2. 建築物の基礎杭として約70年間使用されたベイマツ丸太の強度

加藤英雄ら (森林総合研究所)

日本木材学会大会発表要旨集 2000.3

旧丸ビル技術調査報告

1. 「旧丸ビル」の歴史を振り返る（はじめに）
2. 着工から取り壊しまで
3. 旧丸ビルの耐震性と実部材耐力実験
4. 旧丸ビルの固有周期と松杭
5. 構造体の実態 <1>
6. 構造体の実態 <2>
7. 材料物性調査など

旧丸ビルの松杭に関する記述

1. 旧丸ビルの地盤
2. 旧丸ビルの松杭
3. 松杭の引き抜き調査
松杭の間隔
杭長、杭径、腐食度
4. 松杭の鉛直載荷試験
5. 不同沈下測定
6. 松杭の再生



解体作業時の様子



解体時に現れた木杭



引き抜き試験の様子



引き抜いた木杭の全景



弊所に搬入した状態



搬入した木杭の概要

1. 引き抜いた長さ約13～15mの木杭15本のうち、12本を引き抜き現場で約3～5mに3つに玉切りして36本を採取
2. 残り3本からは約3～5mに玉切りしたものを4本を採取
3. 合計40本を供試材とし平成11（1999）年5月下旬に弊所に搬入
4. 搬入後、測定開始を開始する1ヶ月間は、土中の条件を維持するため水中貯木を実施
5. 水面上に浮き出る部分の乾燥防止対策として、スプリンクラーによる散水を併用

搬入した木杭40本の諸元

	材長 (cm)	元口直径 (cm)	末口直径 (cm)	密度 (kg/m ³)	ヤング係数 (kN/mm ²)
最小値	141.5	22.0	18.4	686	8.81
最大値	582.3	33.6	32.4	956	16.86
平均値	410.8	28.7	26.5	781	11.67
標準偏差	84.5	2.6	3.3	68	1.93

※ヤング係数は縦振動による共振周波数から算出した

切断した木杭の状況



切断した木杭の断面



切断した木杭の断面



切断した木杭35本の諸元

	材長 (cm)	元口直径 (cm)	末口直径 (cm)	密度 (kg/m ³)	ヤング係数 (kN/mm ²)
最小値	139.4	22.0	20.8	642	7.13
最大値	164.8	32.9	32.9	939	17.42
平均値	161.7	28.9	28.1	729	11.61
標準偏差	4.0	2.7	2.8	71	2.31

※ヤング係数は縦振動による共振周波数から算出した

実施した強度試験

1. 1.6mに切断した35本を供試
2. 非破壊測定：密度、ヤング係数
3. 実大縦圧縮試験：材長450mm
4. 基礎杭として使用されていた状態と等しくなるように生材状態で実施
5. 丸太内の半径方向における変化を評価
JIS Z 2101に準じて気乾状態で実施
容積密度数
静的曲げ試験
縦圧縮試験
衝撃曲げ試験

実大縦圧縮試験の様子



結果概要

1. 容積密度数は、髄からの距離が大きくなるに従い高くなるが、ある所から著しく低下する傾向を示す丸太が存在
2. この傾向を示す丸太の木口面を目視観察した結果、容積密度数が著しく低下する部分は、辺材部とほぼ一致
3. 心材率と縦圧縮強度との関係では、心材率が小さい方が大きい方と比べ縦圧縮強度は低い
4. 劣化し易い辺材部の占める割合が縦圧縮強度に影響する可能性あり



近年軟弱地盤対策として 打設した丸太の事例

2025年1月20日
ソイルウッド 沼田 淳紀

内容

- ▶はじめに
- ▶地表から突出した丸太の事例（5年間）
- ▶丸太頭部をGL-0.5~-1.0 mに打設した事例（8年間）
- ▶丸太頭部をGL-0.9 mに打設した事例（10年間）
- ▶まとめ
- ▶おわりに

木材の健全性調査の方法

調査方法	利 点	欠 点
室内(促進)試験	詳細な条件を設定可能 比較的短時間で結果を得ることが可能	実年数は不明
既存杭などの掘出し調査	実年数が求められる	詳細な情報が不明 意図的な条件は設定できない
現場試験	詳細な条件を設定可能 実年数がわかる	結果を得るのに時間を要する

地表から突出した丸太の事例

実施場所：千葉県野田市研究所敷地内

設置期間：5.0年（1,827日）

使用木材：スギ（皮剥ぎ，先付けあり），長さ1m，末口径0.1m

処理：生材(無処理)，銅系薬剤で加圧注入処理

表層地盤：粒度配合の良い礫または砂質土のローム

地下水位：地下水位以浅

丸太打設方法：かけやで打設



地盤の掘起こし



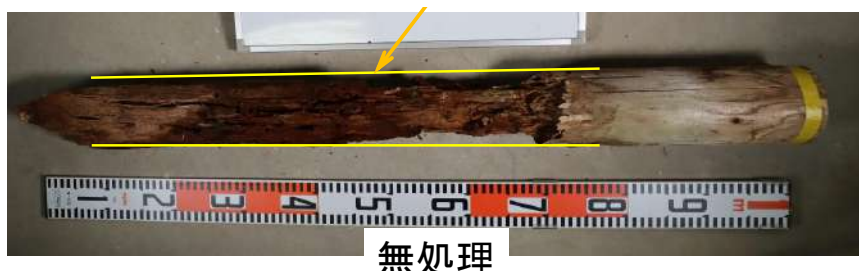
丸太の打設(6月)



キャップの設置
(9月, 打設から3ヶ月後)

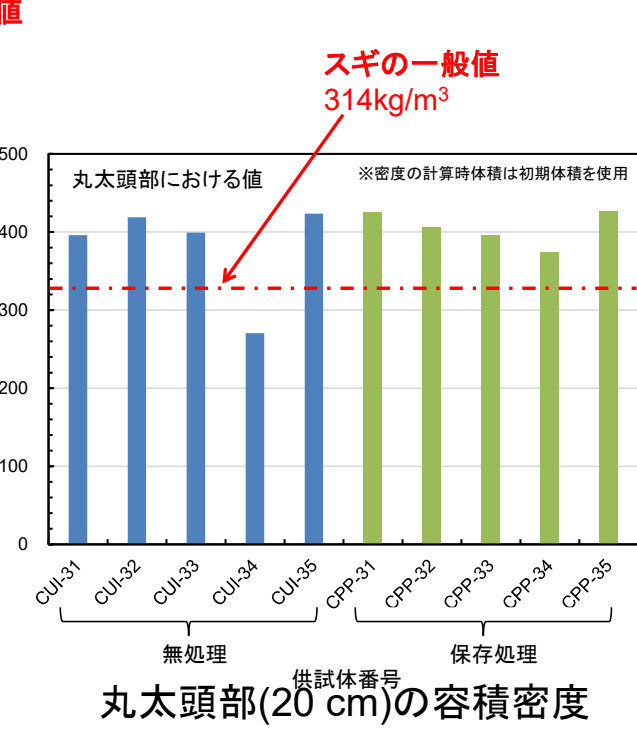
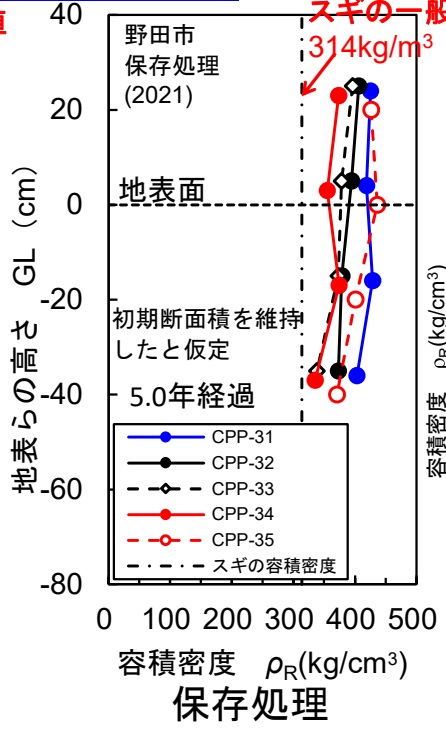
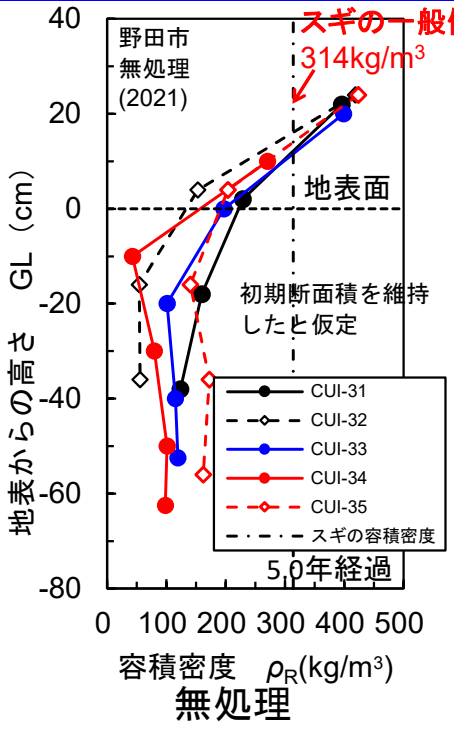
写真提供: 飛鳥建設(株)

地表から突出した丸太の事例



写真提供: 飛鳥建設(株)
5

地表から突出した丸太の事例



地表から突出した丸太の事例

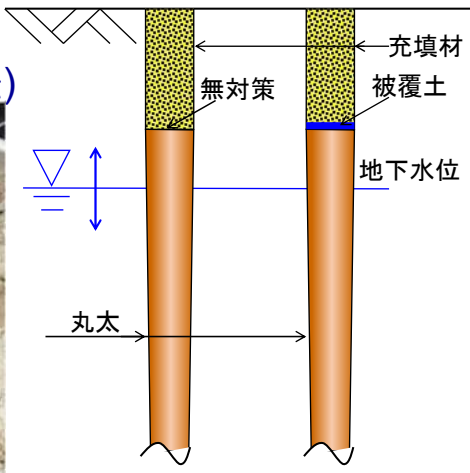
残存率と半減期

	地表面からの高さ cm	残存率			半減期		
		最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値
		N_{min}	N_{ave}	N_{max}	T_{min}	T_{ave}	T_{max}
		%	%	%	y	y	y
無処理	25	100	100	100	∞	∞	∞
	20	90	100	100	32.9	∞	∞
	10	48	74	100	4.7	11.5	∞
	0	30	44	58	2.9	4.2	6.4
	-10	15	31	47	1.8	3.0	4.6
	-20	12	28	43	1.6	2.7	4.1
	-30	12	27	42	1.6	2.6	4.0
	-40	11	26	41	1.6	2.6	3.9
	-50	11	26	40	1.6	2.5	3.8
	-60	11	25	39	1.6	2.5	3.7
保存処理	25	100	100	100	∞	∞	∞
	20	99	100	100	265	∞	∞
	10	96	98	100	85	172	∞
	0	94	97	100	56	114	∞
	-10	92	96	100	42	85	∞
	-20	90	95	100	31	64	∞
	-30	87	92	97	25	42	114
	-40	84	89	94	20	30	56

【半減期】
 $HL : -t/\log_2(M_t/100)$ (years)
 t : 経過年 (years)
 M_t : 経過年時の残存率 (%)
 ※残存率 ≥ 100 は、 $HL=100$ とする

丸太頭部をGL-0.5~-1.0 mに打設した事例(8年間)

実施場所：三重県松阪市産婦人科駐車場において
 設置期間：8.0年（2,923日）
 使用木材：スギ（皮剥ぎ，先付けあり），長さ2.0 & 2.5 m，末口径0.14 m
 処理：生材(無処理)
 表層地盤：中砂，シルト質砂
 地下水位：地下水変動域，地下水位変動域以深
 丸太打設方法：リーダー付き機械で静的に圧入(LP-LiC工法)

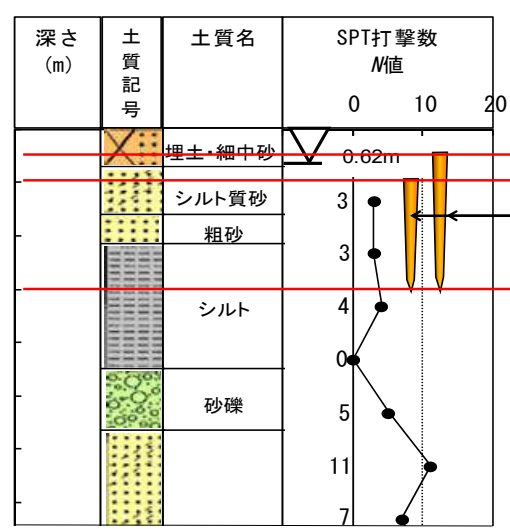


丸太打設の様子

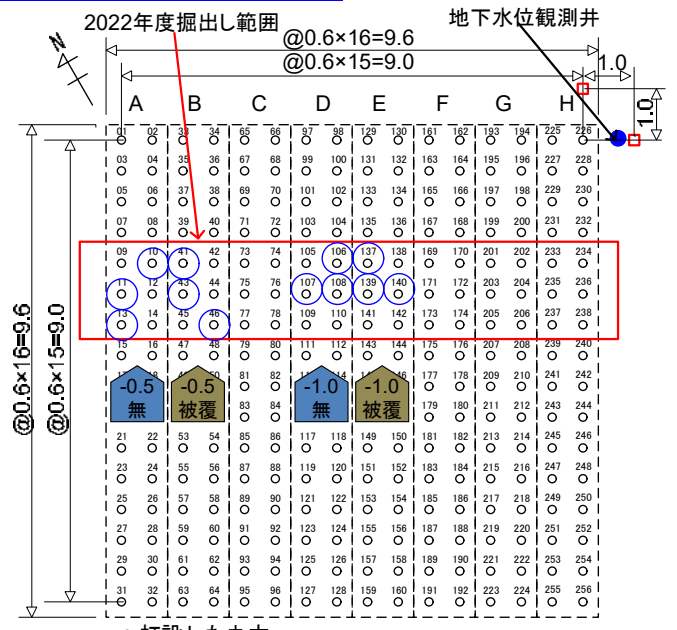
丸太の掘出し状況

丸太頭部の処理

丸太頭部をGL-0.5~-1.0 mに打設した事例(8年間)



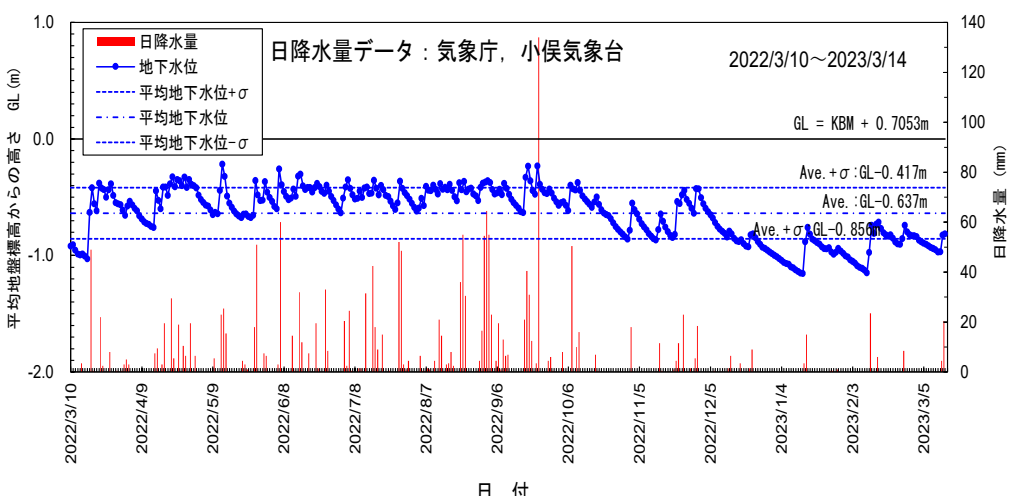
地盤概要と丸太打設深度



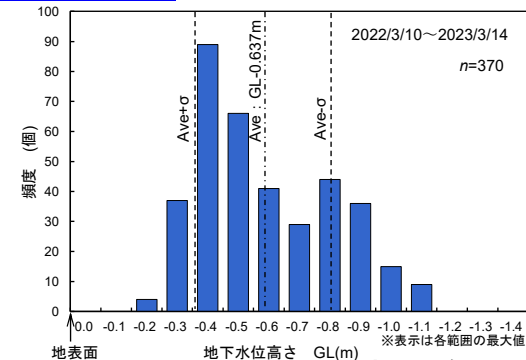
丸太打設配置図

Professional Engineering Office **Soilwood** 沼田, 村田, 外崎, 高原: 8年前に液状化対策で打設した丸太の掘出し現地調査, 木材工学論文集, Vol.80, No.28, 23-28004, 2024.

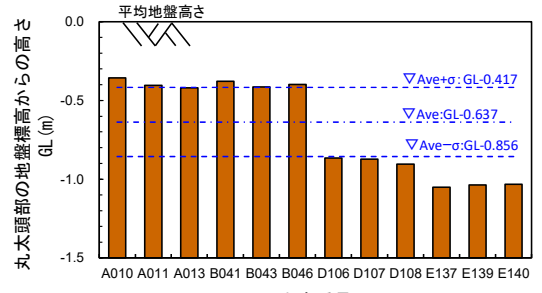
丸太頭部をGL-0.5~-1.0 mに打設した事例(8年間)



地下水位観測記録と日降雨量



地下水位の頻度分布



丸太頭部位置と地下水位

丸太頭部をGL-0.5~-1.0 mに打設した事例(8年間)

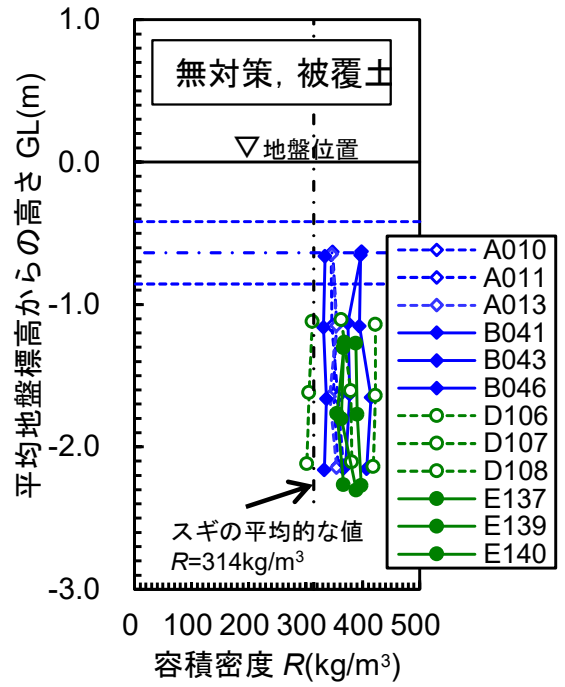


GL-0.5m, 無処理 (A013)



GL-0.5m, 被覆土 (B041)

8年経過した丸太頭部の状況



8年経過した丸太の容積密度の深度分布

Soilwood

沼田, 村田, 外崎, 高原: 8年前に液状化対策で打設した丸太の掘出し現地調査, 木材工学論文集, Vol.80, No.28, 23-28004, 2024.

丸太頭部をGL-0.9 mに打設した事例 (10年間)

- 実施場所：千葉県木更津市工場敷地内
- 設置期間：9.8年 (3,574日)
- 使用木材：カラマツ (皮剥ぎ, 先付けあり), 長さ4 m, 末口径0.14 m
- 処理：生材(無処理)
- 表層地盤：中砂, シルト質砂
- 地下水位：地下水変動域以浅
- 丸太打設方法：リーダー付き機械で静的に圧入(LP-LiC工法)



丸太打設の様子

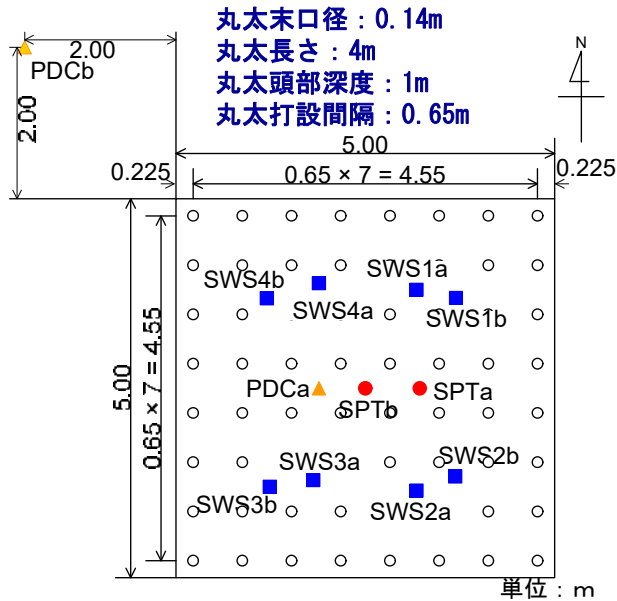
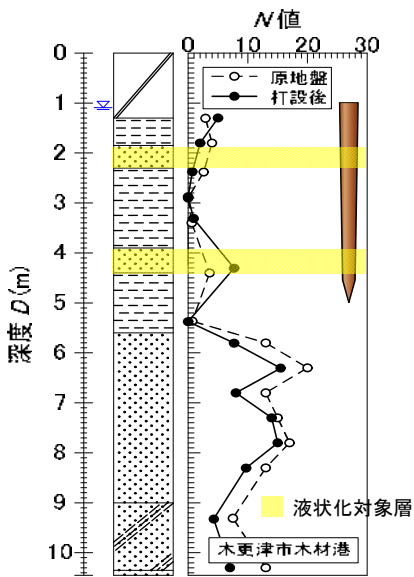


丸太の掘出し状況

Professional Engineering Office
Soilwood

村田, 沼田, 外崎, 高原: 10 年前に液状化対策として打設した丸太の掘出し調査における現地調査結果, 木材工学研究発表会講演概要集22, 土木学会, pp.17-22, 2023.

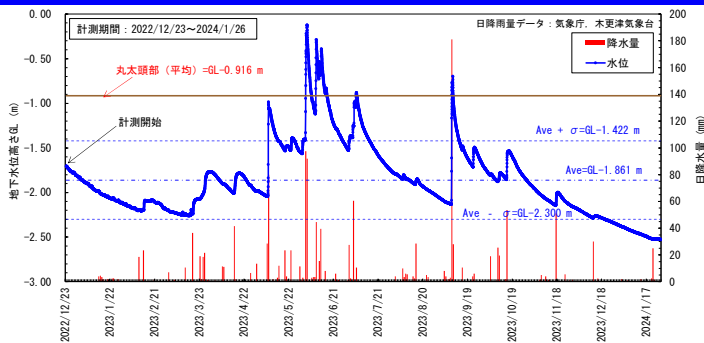
丸太頭部をGL-0.9 mに打設した事例（10年間）



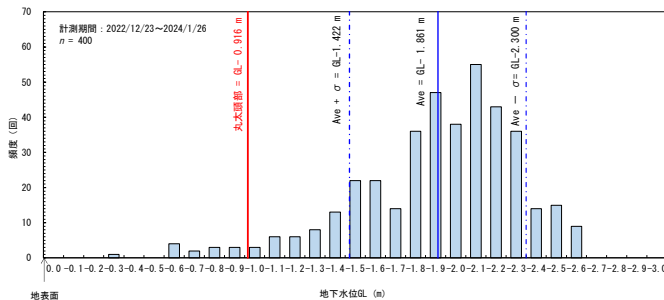
地盤概要と丸太打設深度

丸太打設配置図

丸太頭部をGL-0.9 mに打設した事例（10年間）



地下水位観測記録と日降雨量



地下水位の頻度分布

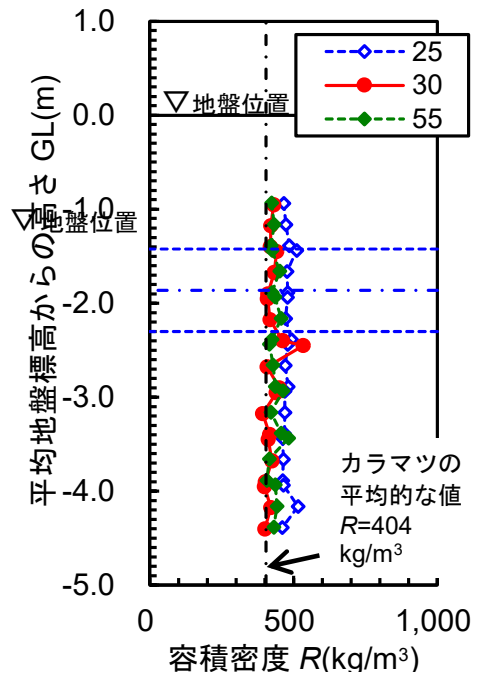
丸太頭部をGL-0.9 mに打設した事例（10年間）



No.25



No.55



10年経過した丸太の容積密度の深度分布

10年経過した丸太頭部の状況
 写真提供: 飛鳥建設(株)

資料提供: 飛鳥建設(株)

まとめ

- (1) 丸太頭部が地表より突出してる場合、無処理の丸太は、5年経過時点で、地際付近以深で、断面欠損を伴う激しい生物劣化が生じ、半減期は2.5~4.2年であった。
- (2) 丸太頭部が砂層にあり、GL-0.5 mとGL-1.0 mに打設され、頭部以浅を碎石で充填された丸太は、地下水位以浅であっても8年経過しても生物劣化は認められなかった。炭素貯蔵効果は、半永久的に近いと考えられる。
- (3) 丸太頭部が砂層にあり、GL-0.9 mに打設され、丸太頭部が粘性土で覆われ、頭部以浅を碎石で充填された丸太は、地下水位以浅であっても10年経過しても生物劣化は認められなかった。炭素貯蔵効果は、半永久的に近いと考えられる。

おわりに

土木学会初代会長

(1914-1916)

古市公威(ふるいちこうい)

(1854-1934)



君威公市古 氏 1914年11月1日 土木学会 初代会長

古市公威アーカイブス、土木学会ホームページ

土木学会第6代会長

(1919-1920)

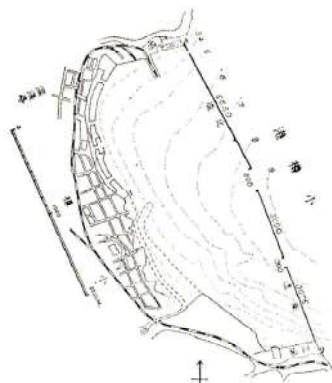
広井勇(ひろいいさみ)

(1862-1928)

小樽築港事務所長(1893)



高知県技術士会創立30周年記念講演, 2016



小樽築港



土木は面白いVol.1, 北海道科学大学HP

50年にわたる強度試験を計画し約6万個のテストピースを作成。その後100年間試験が実施された。現在も5千個程度残っていると言われる。

パイルネット工法

～木杭を使用した地盤補強工法～

昭和マテリアル株式会社

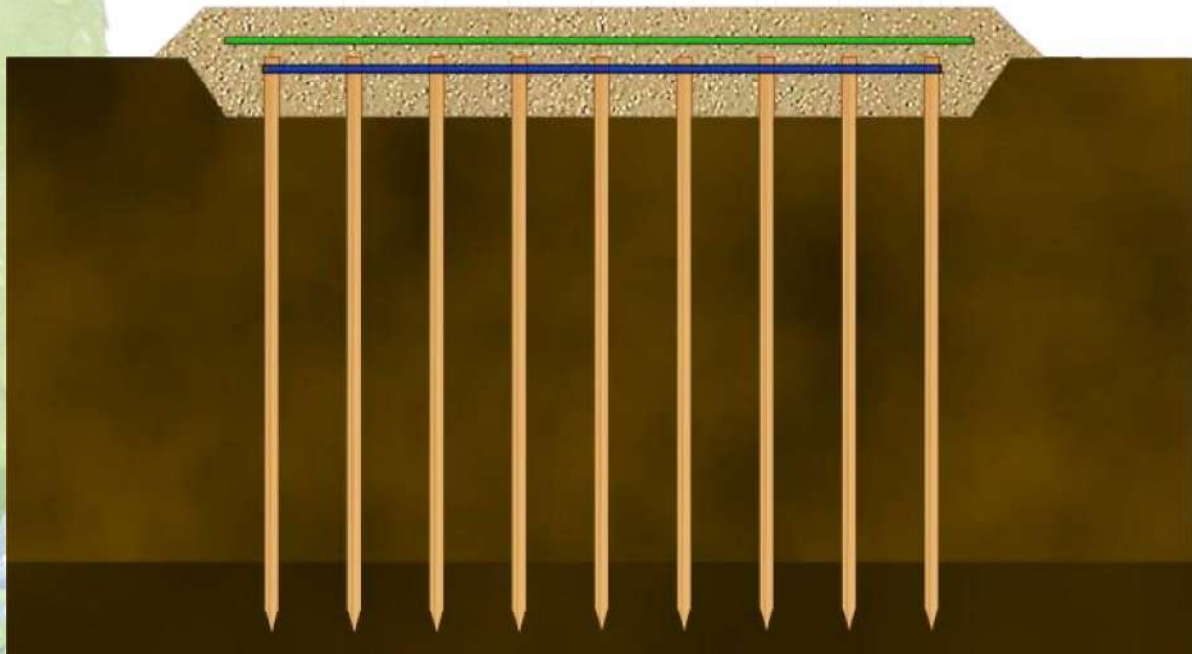
昭和マテリアル株式会社

概 要

昭和マテリアル株式会社

工法の概要と開発主旨

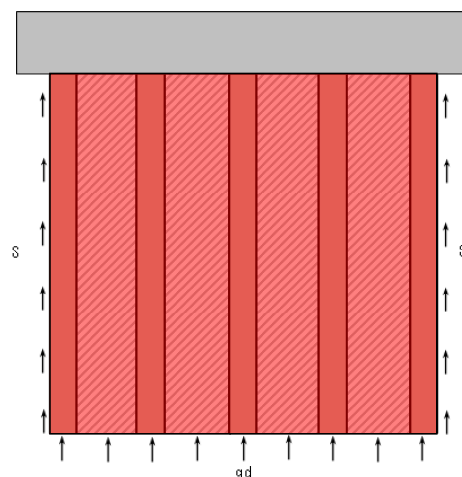
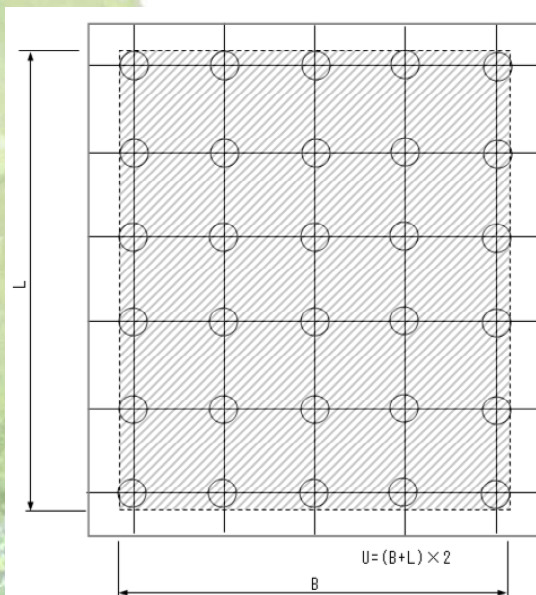
- 昭和50年8月の石狩川を襲った大洪水を契機に、泥炭性軟弱地盤上に緊急に河川堤防を盛土するために開発された“**軟弱地盤上の盛土安定工法**”です。



株式会社

パイルネット工法は群杭効果で安定

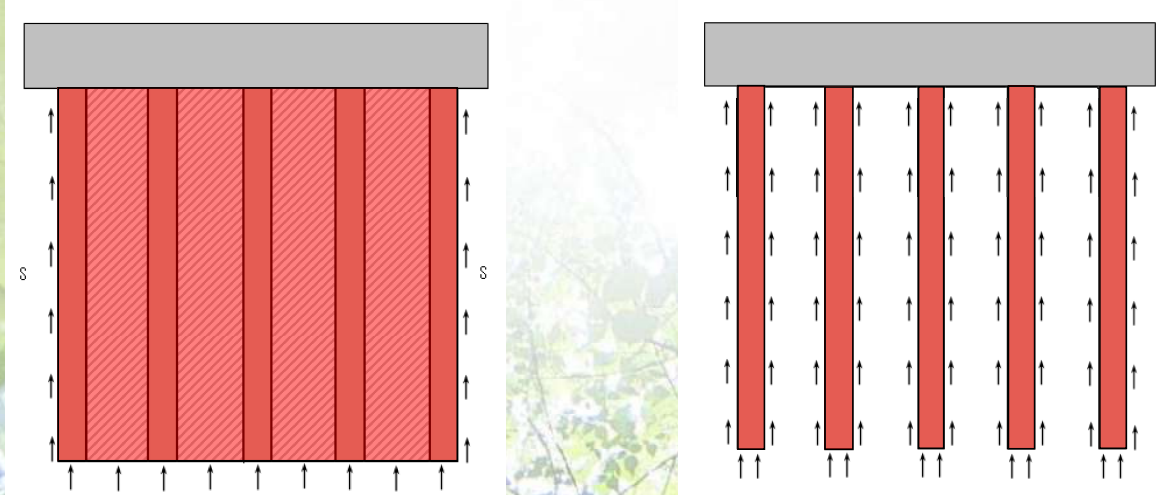
- 群杭とは、**杭と杭間の地盤(土)が一体となること**で、上載する荷重が深層の杭先端に伝えて安定する構造です。



株式会社

群杭と単杭の違い

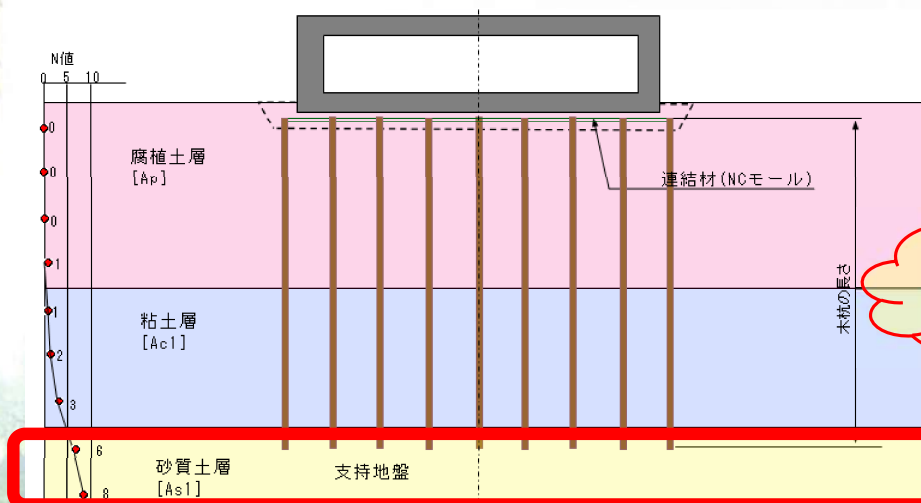
- 群杭は杭と杭間の地盤が一体となることで、杭間の土のすり抜けがなくなります。
- 単杭は、杭のみで上載荷重を支え、杭間の土がすり抜ける可能性があります。



昭和マテリアル株式会社

改良地盤の型式 着底型

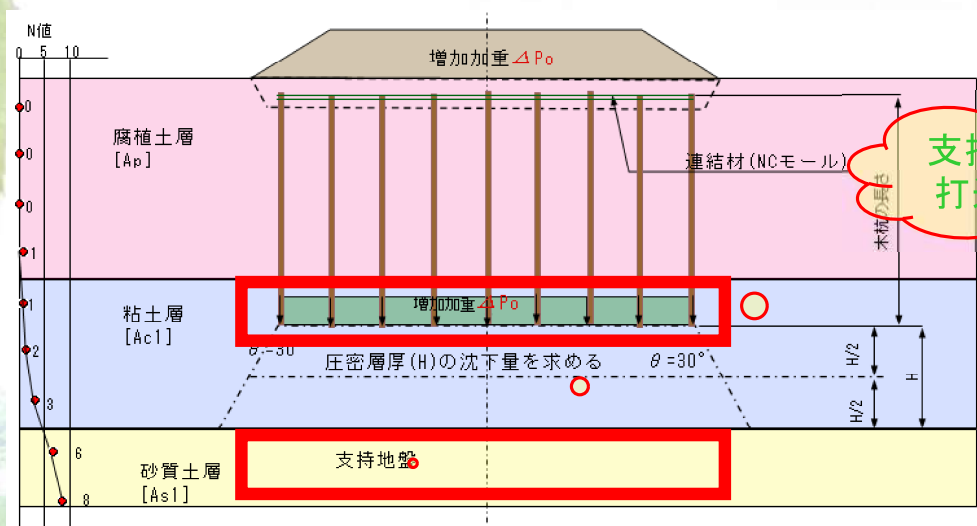
着底型・・・非圧密層と考えられる層を支持地盤とし、その層まで木杭を打込む方法です。



昭和マテリアル株式会社

改良地盤の型式 浮き型

浮き型・・・支持地盤が深い場合、又は、圧密沈下量が設定される場合、木杭を軟弱地盤の途中に留める方法です。



昭和マテリアル株式会社

適用範囲と改良地盤の型式

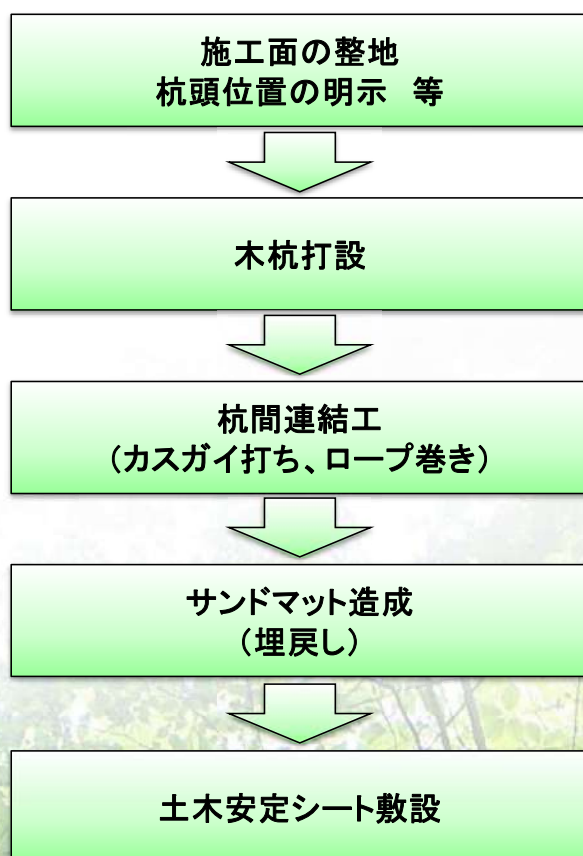
	着底型	浮き型
河川堤防		多
道路盛土		多
軌道盛土		多
橋台背面盛土		多
駐車場基礎		多
送水管基礎	多	
用水路基礎	多	
酪農肥培施設基礎	多	
建物基礎	多	
建物外構基礎	多	
その他		

株式会社

施工

昭和マテリアル株式会社

施工順序



昭和マテリアル株式会社

施工方法 木杭打設

☆木杭の長さが約7～8mまでだと・・・



株式会社

施工方法 木杭打設

☆木杭の長さが約7～8mまでだと・・・



株式会社

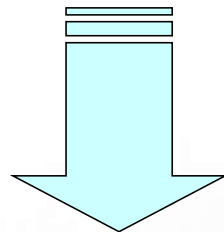
施工方法 木杭打設

☆木杭の長さが約7～8m以上だと・・・



杭間連結工

杭頭部を連結することで・・・



- ☆杭間の土のすり抜けをさらに抑制し、群杭の効果を高める！！
- ☆上載荷重を改良体へ均等に伝えられる！！
- ☆杭間の広がりを防止！！

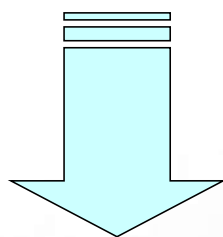
杭間連結工



昭和マテリアル株式会社

土木安定シートの布設

土木安定シートを布設することで・・・



- ☆杭間の土のすり抜けを更に抑制！！
- ☆上載荷重を改良体へ均等に伝えられる！！
- ☆盛土と改良体のなじみが良くなる！！
- ☆トラフィカビリティーの確保！！

昭和マテリアル株式会社

土木安定シートの布設状況



昭和マテリアル株式会社

施工例

昭和マテリアル株式会社

平成14年度施工 福岡県にて



国 道
Φ180~220mm
L=4m, 6m, 8m
約27,000本使用
昭和マテリアル株式会社

平成16, 17年度施工 茨城県にて



市 道
Φ180mm
L=3.5~8.0m
約7,000本使用
昭和マテリアル株式会社

平成21年度施工 石川県にて



橋台背面盛土
継杭施工
Φ180, 250mm
L=7.5, 8.0m
136組

昭和マテリアル株式会社

平成23年度施工 札幌市北区にて



駐車場
Φ180mm
L=5.0m
約3,700本使用

昭和マテリアル株式会社

平成27年度施工 安平町にて



鉄道仮線盛土
Φ180mm
L=5.5~10.5m
約2,200本使用

昭和マテリアル株式会社

令和元年度 さいたま市にて



道路盛土
Φ180mm
L=5.5~8.5m
約770本使用

昭和マテリアル株式会社

令和2年度施工 福井県小浜市にて



河川堤防
継杭施工
Φ180mm
L=4.0~12.0m
約2,200本使用

昭和マテリアル株式会社

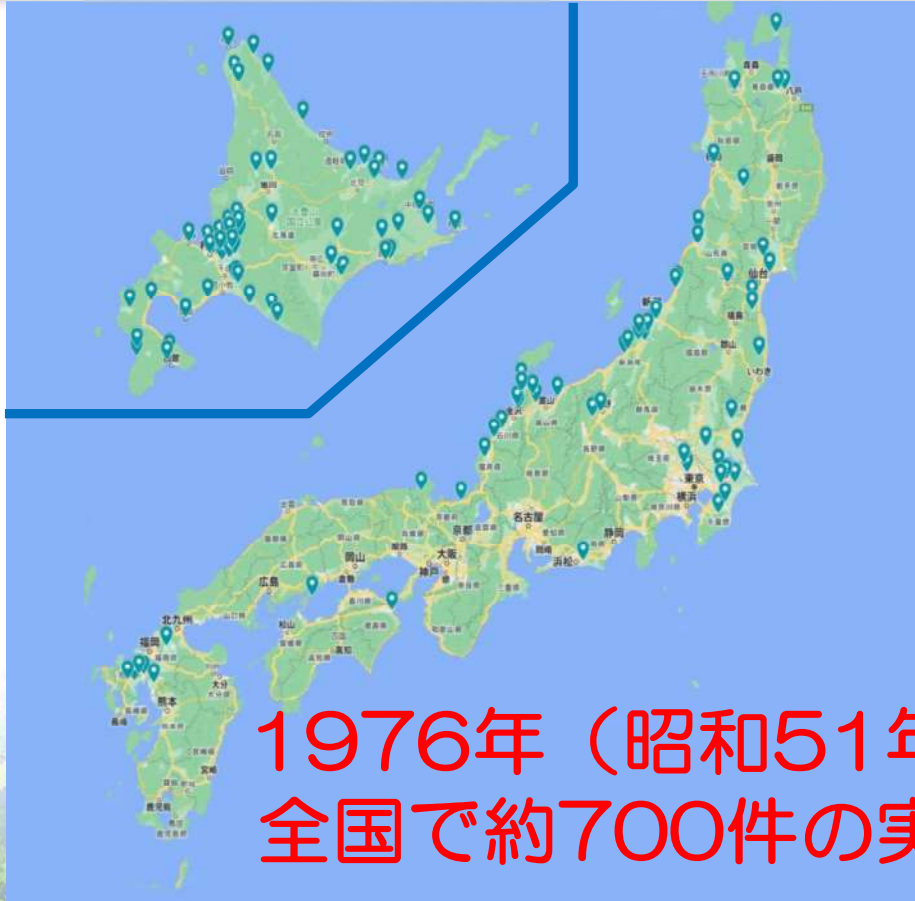
令和4年度施工 別海町にて



酪農肥培施設
Φ180mm
L=2.7m
249本使用

昭和マテリアル株式会社

施工実績



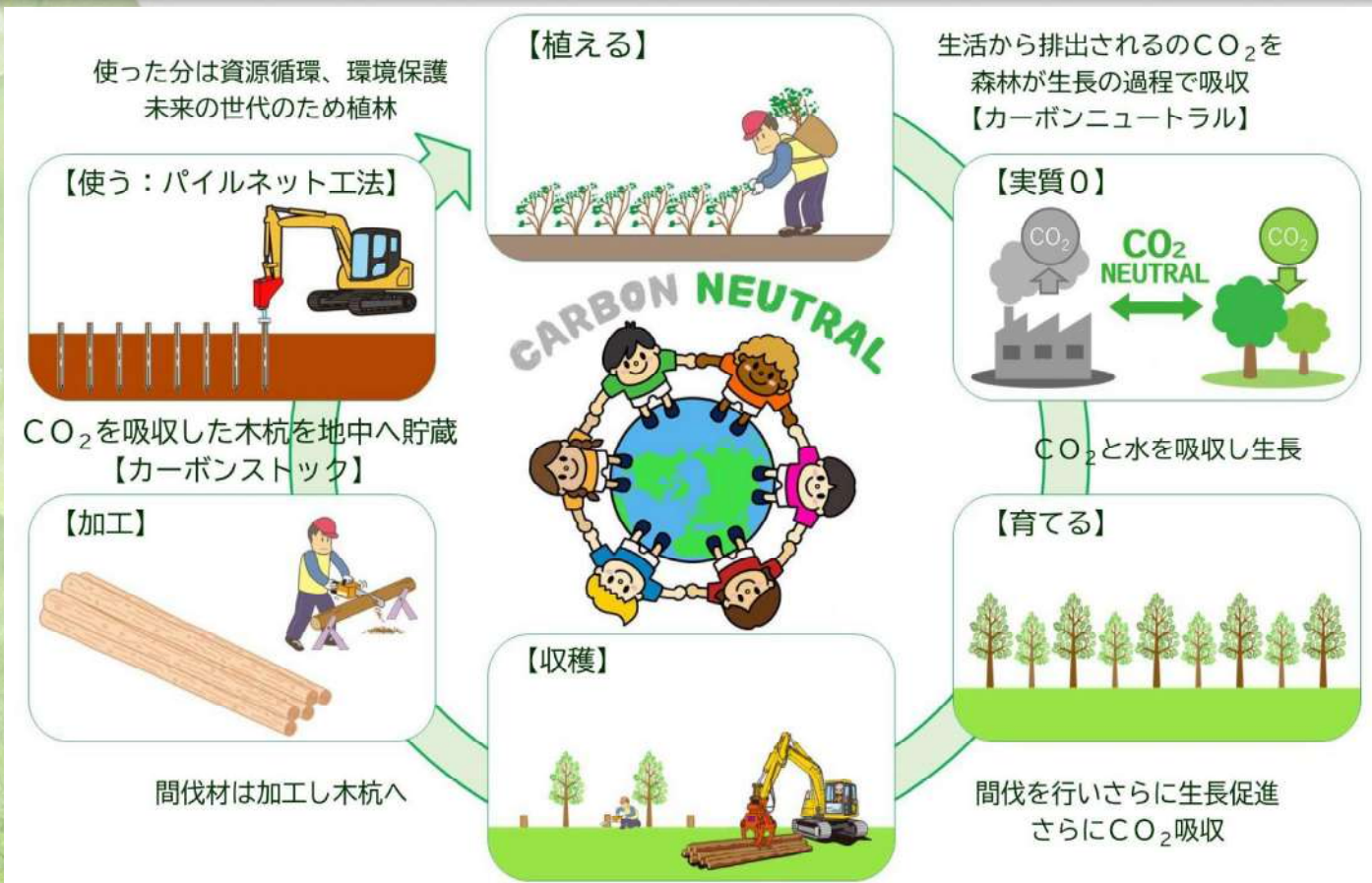
1976年（昭和51年）以降
全国で約700件の実績！！

昭和マテリアル株式会社

環境対策

昭和マテリアル株式会社

木杭使用によるCO₂削減効果



社

ご清聴ありがとうございました。

木材の地中利用工法の具体例



株式会社 九州パイリング



1

木杭による地盤補強



株式会社 九州パイリング

[トップページ](#)
[会社案内](#)
[施工事例](#)
[お問い合わせ](#)
[採用情報](#)
[選ばれる理由](#)

TEL:0944-32-8118



木杭工法、ひとすじ

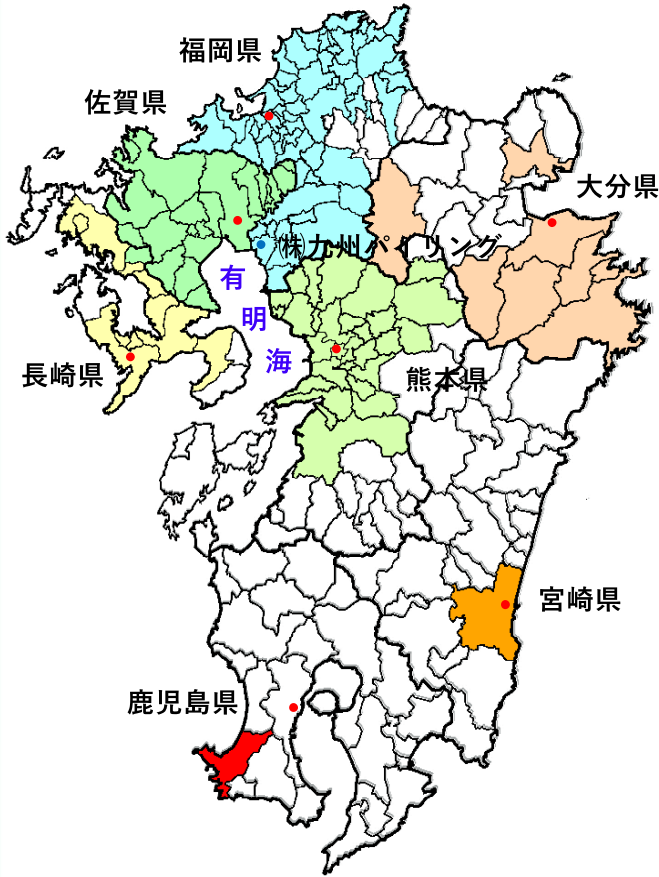
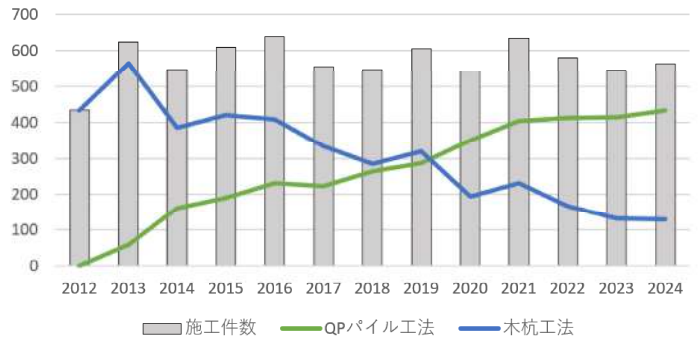
Expert in timber pile method

自然にやさしく、木杭にこめた思い

会社名	株式会社九州パイリング
所在地	本社 〒832-0082 福岡県柳川市古賀47-3 TEL 0944-32-8118 / FAX 0944-32-8494 office@qp-pile.com 佐賀営業所 〒840-0811 佐賀県佐賀市大財4丁目 1-52 TEL 0952-97-5668 / FAX 0952-97-5669 sora.qp-pile@iaa.itkeeper.ne.jp 熊本作業所 熊本市南区近見8丁目
代表者	代表取締役 松本 秀次郎
創業	1995年（平成7年）9月1日
事業内容	◆地盤補強工事（QPパイル工法、木杭工法） 基礎工事 杭引抜工事
施工エリア	九州一円
社員数	40名

2

施工件数



県別施工件数

2012.01~2024.12
総施工件数：7,430

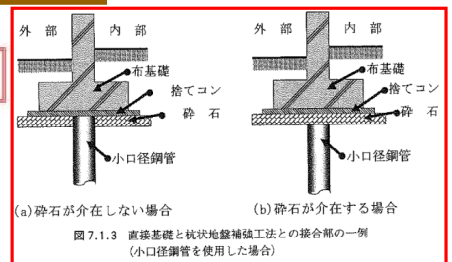
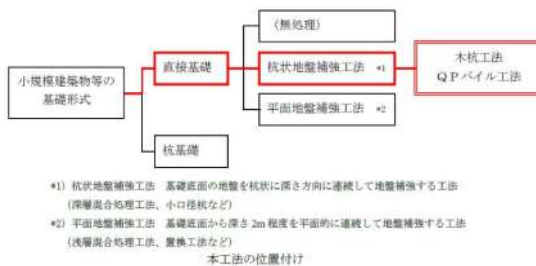
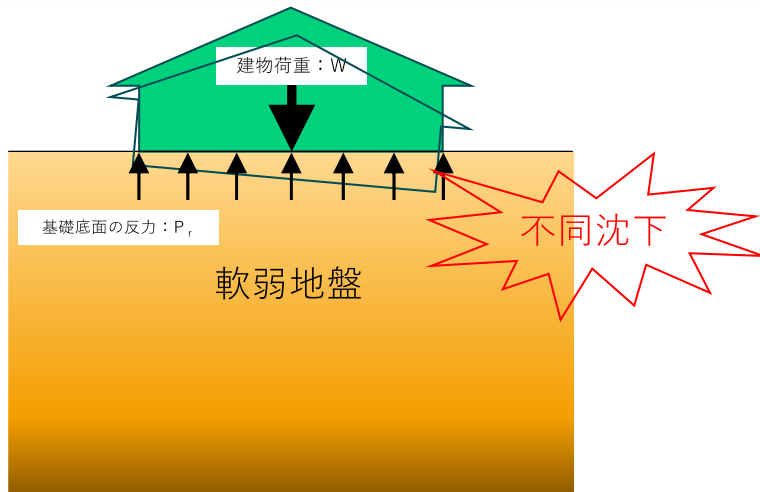
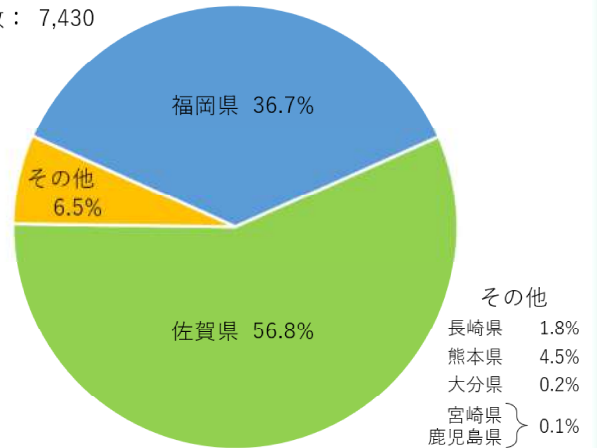


図 7.1.3 直接基礎と杭状地盤補強工法との接合部の一例 (小口径鋼管を使用した場合)

解説 地盤補強工法の位置付け
出典：小規模建築物基礎設計指針 (日本建築学会2008.02 P178)

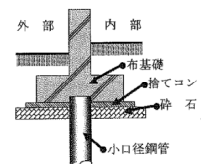


図 7.1.4 鋼管を基礎スラブにのみ込ませた接合部の一例
図 基礎スラブと杭状補強工法との接合部の例
出典：小規模建築物基礎設計指針 (日本建築学会2008.02 P181)

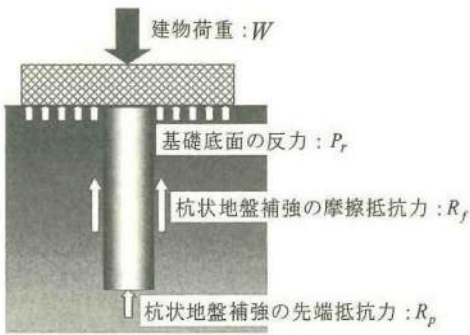
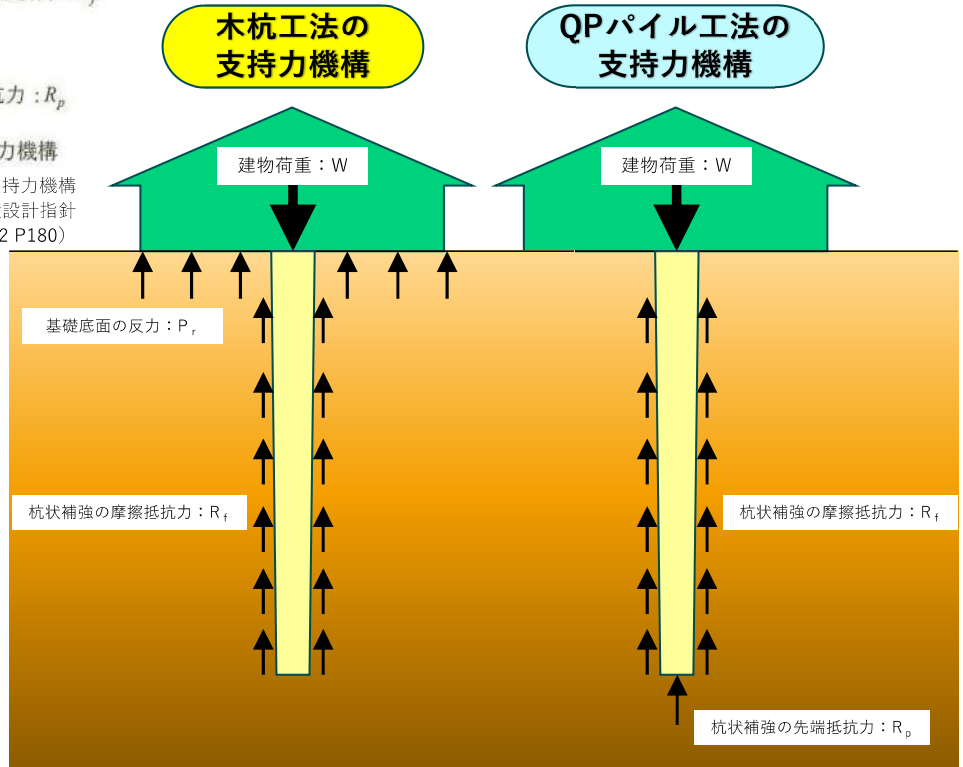


図 7.1.2 杭状地盤補強工法の支持力機構

図 杭状地盤補強工法の支持力機構
出典：小規模建築物基礎設計指針
(日本建築学会2008.02 P180)



性能証明書

ASSESSMENT OF TECHNOLOGY FOR BUILDING CONSTRUCTION
GBRC

GBRC 性能証明 第 12-18 号 改 4

建築技術性能証明書

技術名称: QPパイル工法 (ニュービーパイル工法)
—木材による地盤補強工法— (改定4)

申込者: 株式会社九州パイルリング 代表取締役社長 松本 秀次郎
福岡県熊川市古賀 47-3

技術概要: 本技術は、軟弱地盤上に小規模建築物あるいは構造物を建設するにあたって、地盤の支持力不足を補うために、成孔加工 (ロータリー掘削) したニュービーパイル工法を地盤改良工法として採用し、補強材の摩擦抵抗力と先端抵抗力を併用して地盤の支持力を向上させることとしている。

開発経緯: 本技術は、有明海沿岸域で多用されている木材を用いた地盤補強技術の体系化を図ったものであり、従来の経験則による設計・施工から脱却するために、多数の載荷試験を実施し、補強材の設計に必要な支持力係数を設定している。また、成孔加工後のニュービーパイル工法の成孔後の状態を把握するために、成孔後の成孔位置の精度等に基づいて要承度を設定するとともに、成孔前後には耐久性に問題のないコンクリートあるいは防錆処理済木材を配置することとしている。

当法人の建築技術認定・証明事業 業務規程に基づき、上記の性能証明対象技術の性能について、下記の通り証明する。なお、本証明の有効期間は、2027 年 11 月末日までとする。

2024 年 11 月 22 日 一般財団法人 日本建築総合試験所
理事長 川瀬 博

証明方法: 申込者より提出された下記の資料および施工試験の立会確認により性能証明を行った。
資料 1: QPパイル工法 (ニュービーパイル工法) 性能証明のための説明資料
資料 2: QPパイル工法 (ニュービーパイル工法) 設計・施工指針
資料 3: 載荷試験資料
資料 4: 要承度資料
資料 5: 本技術の信頼性向上のための検証資料がまとめられている。
資料 6: 本技術の設計・施工指針であり、設計・施工指針、支持力係数などの設計方法の他、技術資料、施工方法および施工要領が示されている。
資料 7: 本技術に用いた鋼管の載荷試験結果報告書および立会確認試験報告書などが取りまとめられている。
資料 8: 施工要領や運用体制の運用状況などがまとめられている。

証明内容: 本技術についての性能証明の内容は、単杭杭の補強材の鉛直支持力についてのみを対象としており、設計の範囲である。
申込者が提案する「QPパイル工法 (ニュービーパイル工法)」設計・施工指針に従って設計・施工された補強材の許容支持力を定める際に必要な地盤改良後の地盤支持力は、同指針に定める「ニュービーパイル工法」設計・施工指針に基づき支持力係数で適切に評価される。
また、本技術については、規定された施工管理体制が適切に運用され、工法が適正に施行されている。

評価シート

(一財) 日本建築総合試験所
建築技術性能証明 評価シート

【技術名称】 QPパイル工法 (ニュービーパイル工法) —木材による地盤補強工法— (改定4)	性能証明番号: GBRC 性能証明 第 12-18 号 改 4 性能証明発効日: 2024 年 11 月 22 日 性能証明有効期限: 2027 年 11 月末日 【取得者】 株式会社九州パイルリング
---	--

【技術の概要】
本技術は、軟弱地盤上に小規模建築物あるいは構造物を建設するにあたって、地盤の支持力不足を補うために、成孔加工 (ロータリー掘削) したニュービーパイル工法を地盤改良工法として採用し、補強材の摩擦抵抗力と先端抵抗力を併用して地盤の支持力を向上させることとしている。

【改定内容】
新編 (GBRC 性能証明 第 12-18 号 改 2 (2022 年 11 月 21 日))
改定 1: GBRC 性能証明 第 12-18 号 改 2 (2023 年 11 月 24 日)
—高層建築物の耐震性能向上に関する調査— (高層ビル 1,500m²以下)
—スウェーデン式サウンディング試験の調査数の規定改定—
改定 2: GBRC 性能証明 第 12-18 号 改 2 (2024 年 11 月 27 日)
—地盤改良工法の規定の改良工法が変更された場合— (2024)
—補強材の設計の更新 (サウター、丸鋼管) に関する規定改定—
改定 3: GBRC 性能証明 第 12-18 号 改 2 (2024 年 11 月 27 日)
—成孔位置の更新—
改定 4: GBRC 性能証明 第 12-18 号 改 4 (2024 年 11 月 22 日)
—運用体制の更新—
—施工管理方法の更新—
—運用体制の更新—

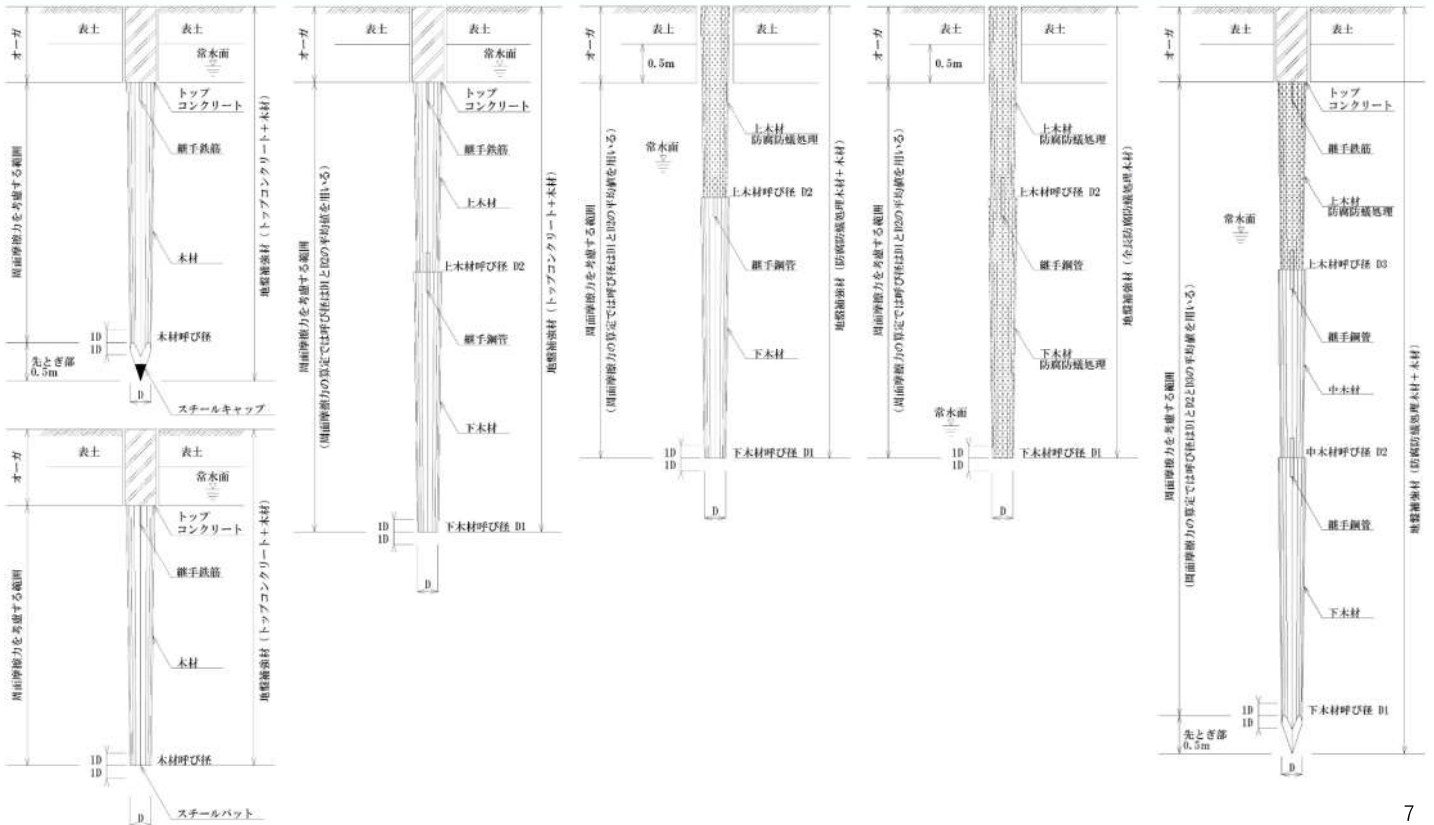
【技術開発の経緯】
本技術は、有明海沿岸域で多用されている木材を用いた地盤補強技術の体系化を図ったものであり、従来の経験則による設計・施工から脱却するために、多数の載荷試験を実施し、補強材の設計に必要な支持力係数を設定している。また、成孔加工後のニュービーパイル工法の成孔後の状態を把握するために、成孔後の成孔位置の精度等に基づいて要承度を設定するとともに、成孔前後には耐久性に問題のないコンクリートあるいは防錆処理済木材を配置することとしている。

【性能証明の内容】
本技術についての性能証明の内容は、単杭杭の補強材の鉛直支持力についてのみを対象としており、設計の範囲である。
申込者が提案する「QPパイル工法 (ニュービーパイル工法)」設計・施工指針に従って設計・施工された補強材の許容支持力を定める際に必要な地盤改良後の地盤支持力は、同指針に定める「ニュービーパイル工法」設計・施工指針に基づき支持力係数で適切に評価される。

【本技術の問合せ先】
株式会社九州パイルリング 担当: 松本 秀次郎
〒832-0002 福岡県熊川市古賀 47-3
E-mail: office@jp-pile.com
TEL: 0944-32-8118 FAX: 0944-32-8494

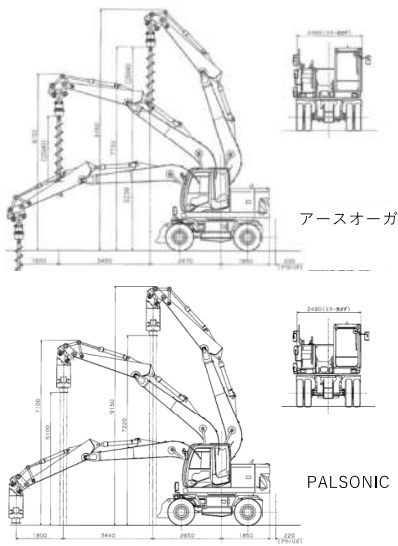
技術の概要

- QPパイル工法は、地盤補強木材（以下「木材」という）を地盤中に圧入し、小規模構造物等の基礎を成す工法です。1本の木材で長さが不足する場合は、複数本の木材を継ぎます。
- 常水面以浅にあたる箇所は、コンクリートあるいは防腐防蟻処理木材を継ぐことで、地盤補強材としての耐久性問題を解決します。



施工イメージ①

- 施工重機
ホイール式油圧ショベル
- 施工機械
アースオーガ AO-100
油圧式・可変超高周波型杭打抜機 PALSONIC
- 表面仕上げ：機械式皮はぎ機による表面仕上げ



ホイール式油圧ショベル



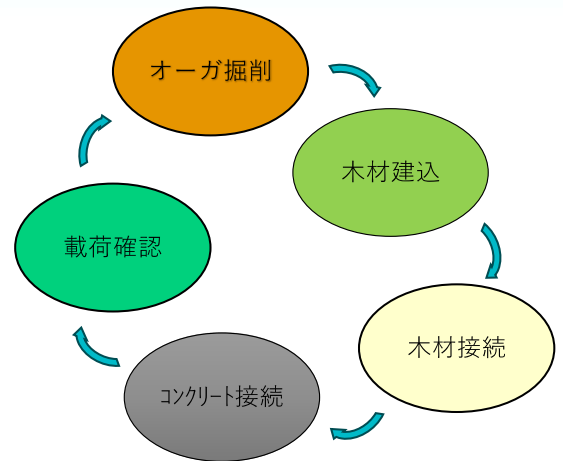
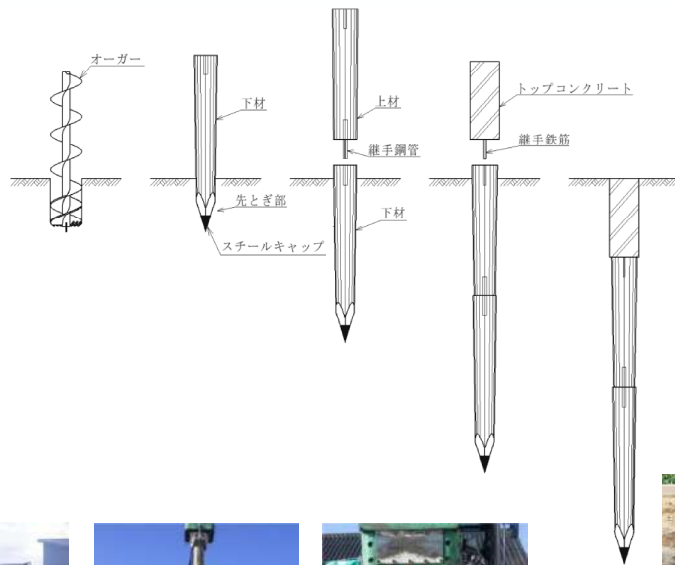
アースオーガ



施工イメージ②

・ 施工手順

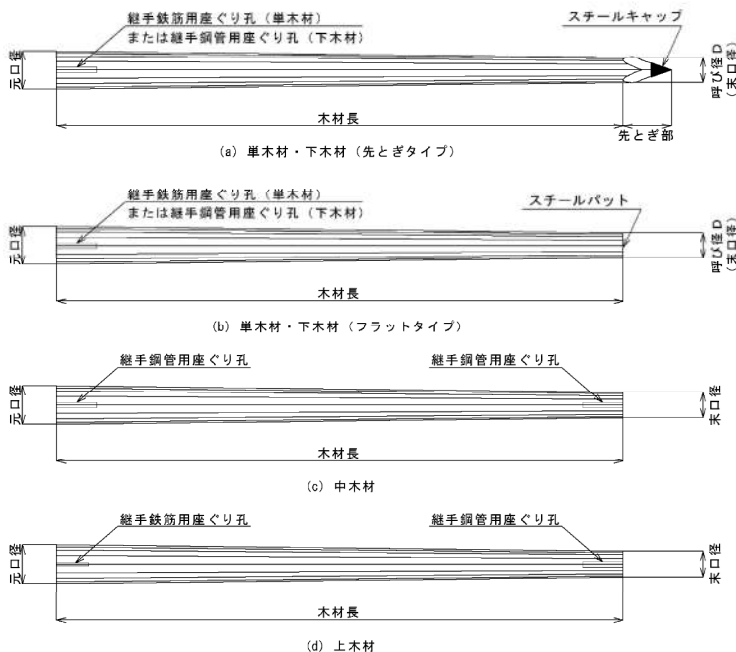
- オーガ掘削：木材打設時の騒音や振動の低減、確実な鉛直打設のために先杭作業をします
- 木材建込：鉛直を確認しながら静かに木材を建て込みます
- 木材接続：補強材の設定が深い場合は木材を接続しながら建て込みます
- コンクリート接続：設計条件によっては最上段に既製コンクリート杭を接続します
- 载荷確認：当初設計、提案どおりの支持力が得られているか現場で確認します



9

木材の仕様

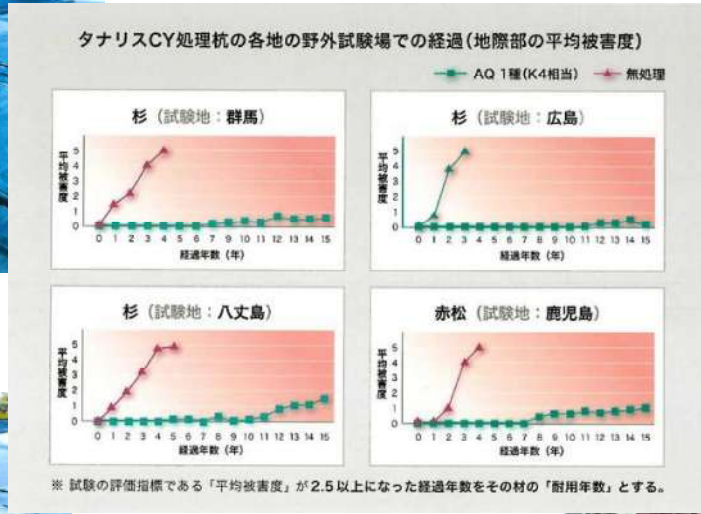
- 長さ：1本当り12m以下（先とぎ部を除く）
- 呼び径（末口）：120mm～210mm（末口径の最小値で10mmピッチ）
補強材を継ぐ場合は、上部補強材の呼び径は下部補強材の呼び径以上のもの
- 木材樹種：べいまつ、からまつ、すぎ（乙種構造材の目視等級二級以上）
- 設計基準強度：平成12年建設省告示第1452号に準ずる
18N/mm²（べいまつ）、20.4N/mm²（からまつ、すぎ）
- 木材先端部の形状：先とぎ もしくは フラット
- 矢高（曲がり量）：呼び径（末口）の20%以下
- 表面仕上げ：機械式皮はぎ機による表面仕上げ



10

防腐防蟻木材の仕様

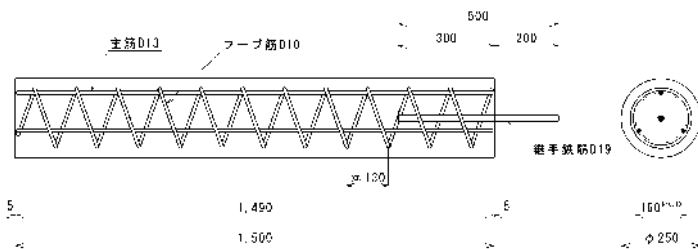
- 使用する薬剤：銅・アゾール化合物系木材保存剤 CUAZ (JIS K 1570 木材保存剤)
- 薬剤の状態：水溶性木材保存剤
- 薬剤の品質：木材保存剤 (JIS K1570) に準ずる
- 薬剤注入方法：木材加圧式防腐処理方法 (JIS A 9002) による
- 防腐防蟻処理木材の品質：「JAS認定品」とする



出典：タナリスCYパンフレット
2022年改訂版 ㈱サイエンス

コンクリートの仕様 (トップコンクリート)

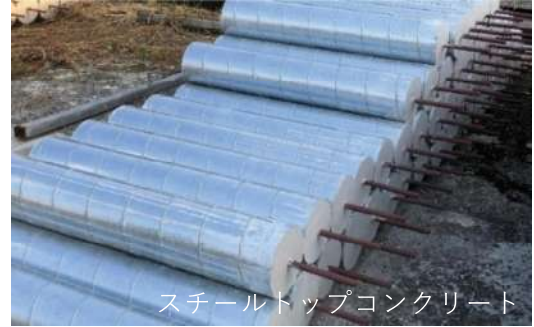
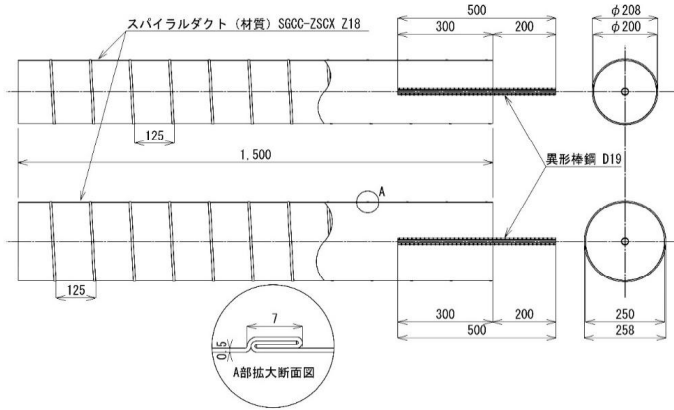
- 名称：トップコンクリート
- 長さ：0.5m、1.0m、1.5m、2.0m
- 直径：250mm
- 設計基準強度：30N/mm²
- 主筋：3-D13 (SD295A)
- セン断補強筋：D10@130 (スパイラル、SD295A)
- 継手鉄筋：D19 (SD295A)、長さ500mm
- 継手鉄筋錆止：長油性フタル酸樹脂系さび止め塗料



トップコンクリート

コンクリートの仕様 (スチールトップコンクリート)

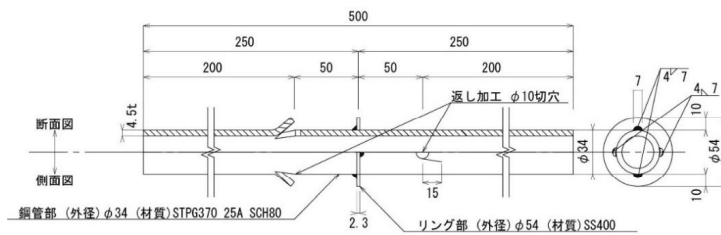
- 名称：スチールトップコンクリート
- 長さ：0.5m、1.0m、1.5m、2.0m
- 直径：250mm、200mm
- 設計基準強度：18N/mm²
- 製品名：スパイラルダクト
- 材質：SGCC-ZSCX Z18 (JIS G 3302 溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯)
- 厚さ：0.50mm
- 継手鉄筋：トップコンクリートと同じ



13

木材の接続 継手鋼管の仕様

- 材質：本体鋼管 STPG370 25A SCH 80 (JIS G 3454 圧力配管用炭素鋼鋼管)
- リング部 SS400 (JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材)
- 外径：本体鋼管 34mm
- 長さ：本体鋼管 500mm
- 厚さ：本体鋼管 4.5mm
- 腐蝕しろ：1.0mm



14

先端保護材の仕様

- スチールキャップ
高さ：128mm、幅：100mm、材質：SS400
先とぎタイプ木材の先端保護部材
- スチールパット
幅：100mm、120mm、150mm、厚さ：1.6mm、材質：SS400
フラットタイプ木材の先端保護部材

The diagram shows two pile configurations. The left configuration uses a '先とぎ部' (pointed tip) with a 'スチールキャップ' (steel cap) on top. The right configuration uses a 'フラットタイプ' (flat tip) with a 'スチールパット' (steel pat) on top. Both diagrams indicate a '表土' (topsoil) layer of 0.5m and a '常水面' (normal water level). The pile length is labeled as '地盤補強材 (木材)' (ground reinforcement material (wood)). The diameter of the pile is labeled as '木材呼び径' (wood call diameter) and 'D'. The '先とぎ部' has a length of 0.5m. The 'スチールキャップ' and 'スチールパット' are shown in detail with their respective dimensions and materials (SS400).

施工管理

- 支持力測定
 荷重試験、簡易荷重試験
- 仕上レベル確認
- 材位置確認 (X、Y偏心確認)



品質管理状況

検査項目	検査内容	品質管理状況						備考	
		実施日時	測定値	許容値	判定	検査員	確認員	施工者氏名(印)	検査員(印)

九州パイリングは、地盤補強に関する研究や分析、データ作成を通じて実績を積み重ねており、さまざまな条件下でより技術レベルの高い地盤補強をお客様にご提案できるよう、日々研さんに励んでいます。

私たちは、地元である佐賀平野や筑後平野において、安全で信頼性の高い基礎工法システムを確立することで、日本全国の軟弱地盤地域における木材利用の促進と発展に寄与できることを願っております。

自然にやさしく、木

株式会社九州パイリング
代表取締役 松本秀次郎

ご清聴ありがとうございました

3. 木材の地中利用工法の具体例

LP-LiC・LP-SoC工法

2025年1月20日

飛島建設株式会社 技術研究所

村田 拓海

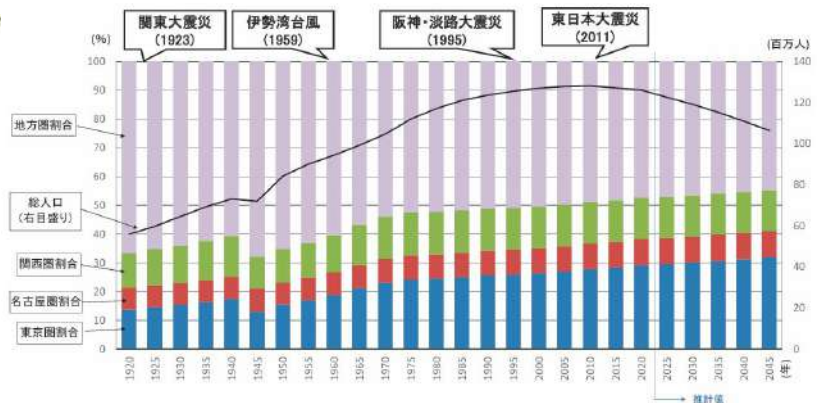
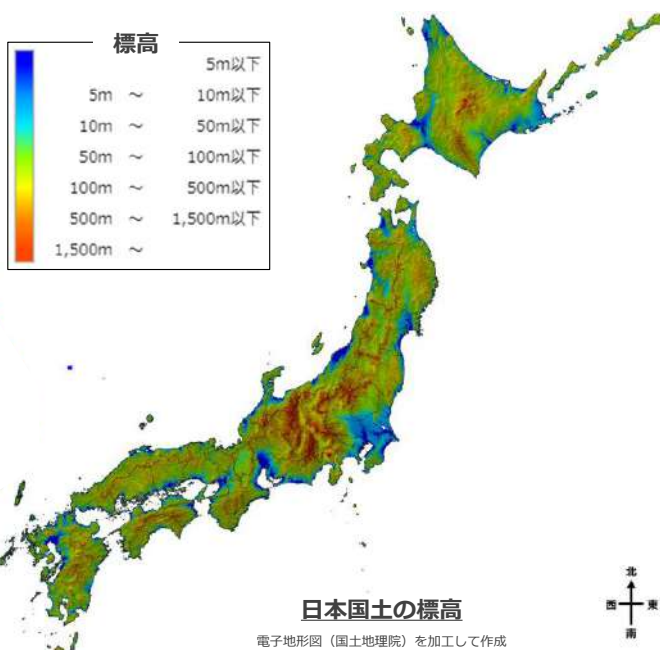
内容

- 木材の地中利用工法の適用対象
- LP-LiC工法
(丸太打設液状化対策 & カーボンストック 工法)
- LP-SoC工法
(丸太打設軟弱地盤対策 & カーボンストック 工法)
- まとめ

木材の地中利用工法の適用対象

木材の地中利用工法の適用対象

日本の国土と圏域別人口割合



総人口及び圏域別人口構成割合の変化

出典：総務省『国勢調査』、社会保障・人口問題研究所『日本の地域別将来推計人口 (平成30 (2018) 年推計)』

軟弱地盤に人口と資産が集中

木材の地中利用工法の適用対象

軟弱地盤の特徴と木材の地中利用工法

共通項目：地下水位が浅い，緩く堆積，新しい堆積，礫を主体としない

対象地盤	粘性土	砂質土
被害が生じる時期	常時	地震時
生じる課題	圧密沈下，すべり破壊	液状化，地盤の流動化
生じる被害	沈下，傾斜，水平変位	沈下，傾斜，浮き上がり，側方流動
対策工法	<p>丸太打設軟弱地盤対策&カーボンストック工法 Log Piling Method for Soft Ground and Carbon Stock</p>	<p>丸太打設液状化対策&カーボンストック工法 Log Piling Method for Liquefaction Mitigation and Carbon Stock</p>

LP-LiC工法

(丸太打設液状化対策 & カーボンストック 工法)

LP-LiC工法（丸太打設液状化対策 & カーボンストック 工法）

地盤の液状化により生じる被害



出展：新潟日报社，新潟地震から40年～大災害を振り返る～



etc...

LP-LiC工法（丸太打設液状化対策 & カーボンストック 工法）

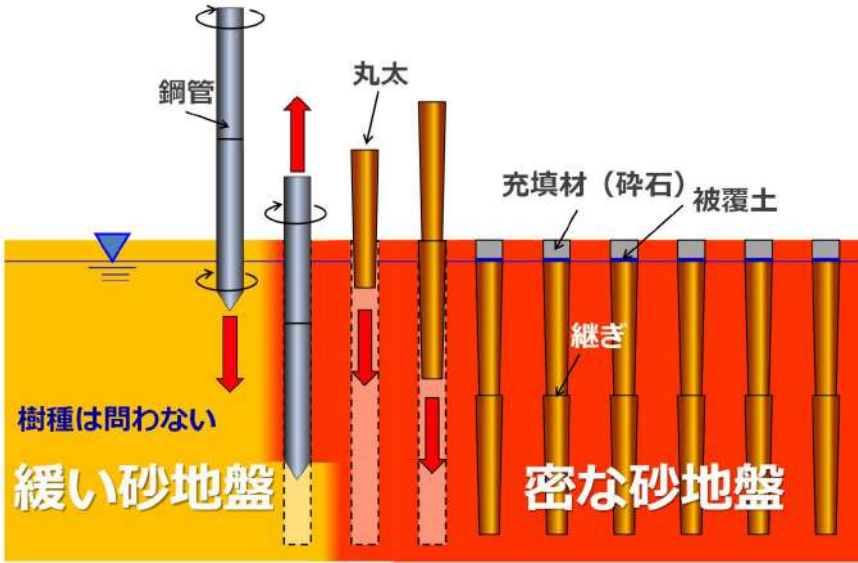
地盤の液状化が発生する条件

- ☑ 飽和している地盤（地下水位が高い地盤）
- ☑ 均等な粒径で塑性指数が小さい砂地盤（さらさらな砂）
- ☑ 緩い地盤（人工地盤を含めた新しい地盤）
- ☑ ある程度以上の繰り返し外力が作用（地震）

上記 **全て** の条件が揃った時に液状化が発生

LP-LiC工法 (丸太打設液状化対策 & カーボンストック 工法)

工法の概要



- 特徴**
- ✓ 丸太を砂地盤に打設することで**地盤を密実に改良**する
 - ✓ 丸太を地下水位以深に打設することで**炭素貯蔵**を行う

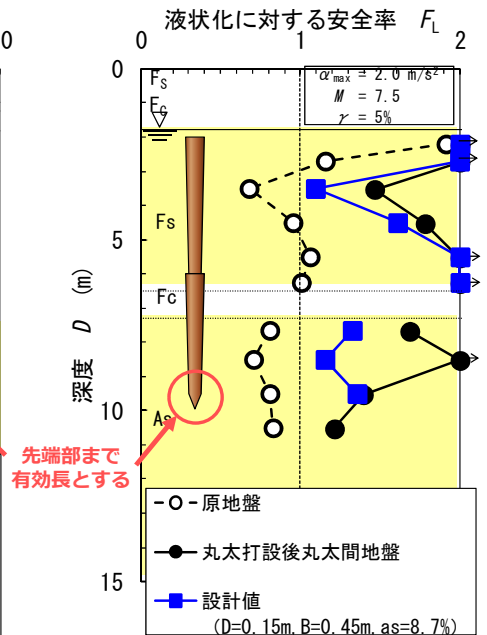
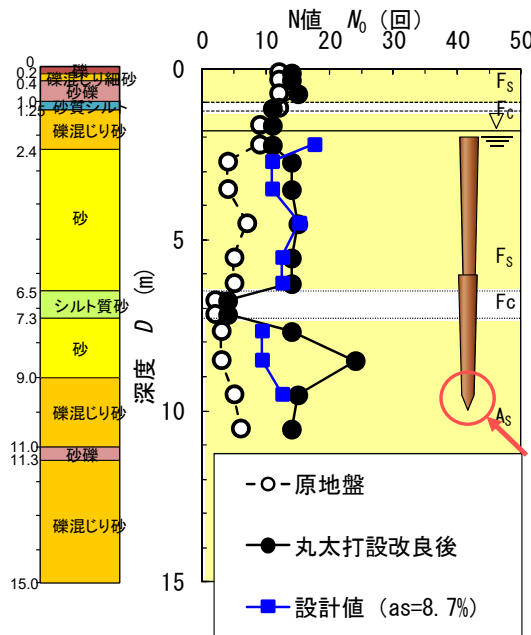
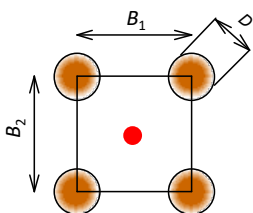
開発
飛鳥建設(株), 兼松サステック(株), 昭和マテリアル(株)

第三者評価
建設技術審査証明 (ACTEC 技審証第202305号)
建築技術性能証明 (GBRC性能証明第13-17号 改3 (更1))

丸太打設液状化対策&カーボンストック工法 Log Piling Method for Liquefaction Mitigation and Carbon Stock

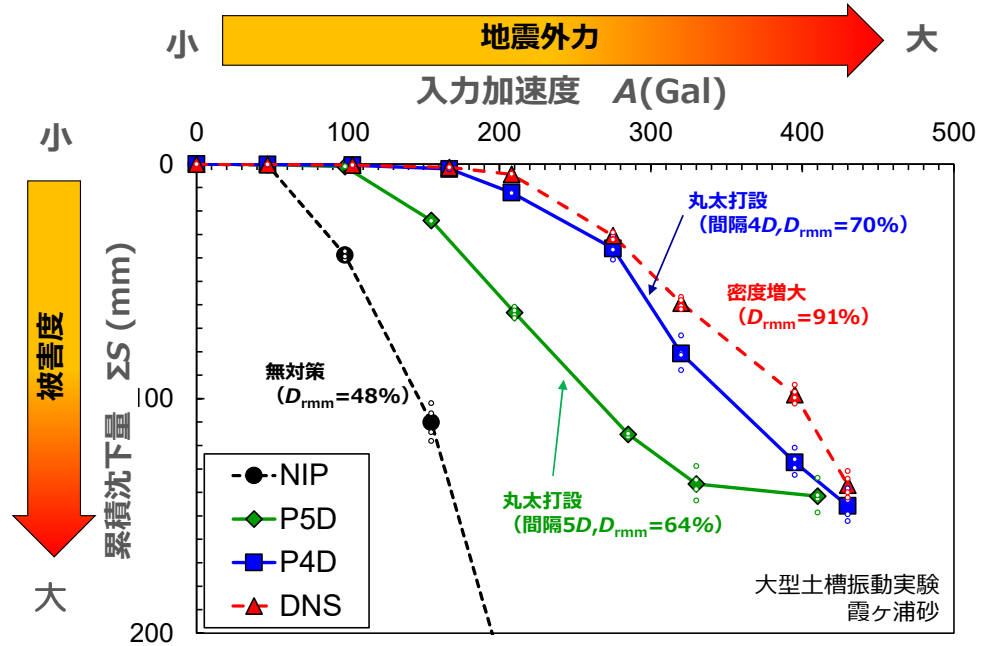
LP-LiC工法 (丸太打設液状化対策 & カーボンストック 工法)

地盤の密度増大効果の検証



LP-LiC工法（丸太打設液状化対策 & カーボンストック 工法）

液状化対策効果の検証



LP-LiC工法（丸太打設液状化対策 & カーボンストック 工法）

施工事例：大規模分譲住宅（千葉県千葉市）



施工概要

改良深さ	: 5.28 m
樹種	: スギ, カラマツ
丸太末口径	: 0.15 m
丸太長さ	: 4.0 m
打設本数	: 13,420 本
打設間隔	: 1.0 m
改良体積	: 70,658 m ³
炭素貯蔵量	: 791 t-CO₂
施工による排出	: 38 t-CO₂

約20倍

[メリット]

- 住宅地における低振動低騒音施工
- 風などによる材料の飛散, 残土排出, 地盤変位の発生がない
- 杭状補強と異なり **宅地全面の改良が可能**

LP-LiC工法（丸太打設液状化対策 & カーボンストック 工法）

施工事例：4階建て戸建て住宅（東京都江東区）



施工概要

改良深さ	: 5.00 m
樹種	: スギ
丸太末口径	: 0.14 m
丸太長さ	: 4.0 m
打設本数	: 253 本
打設間隔	: 0.50 m
改良体積	: 305 m³
炭素貯蔵量	: 11.4 t-CO₂
施工による排出	: 0.5 t-CO₂

約23倍

[メリット]

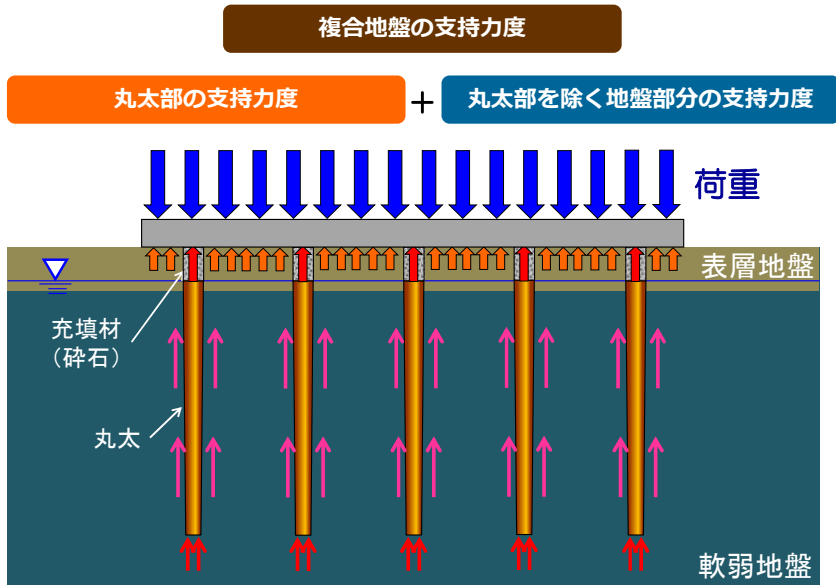
- 住宅地における低振動低騒音施工
 - 風などによる材料の飛散，残土排出，地盤変位の発生がない
- 狭隘地での施工が可能**

LP-SoC工法

（丸太打設軟弱地盤対策 & カーボンストック 工法）

LP-SoC工法 (丸太打設軟弱地盤対策 & カーボンストック 工法)

概要



- ### 特徴
- ✓ 地盤と丸太の複合地盤とした設計ができ、コストを低減できる
 - ✓ 評価制度の高い地盤調査法を用いるほど、大きな支持力を見込むことができる。

開発
飛鳥建設(株), 住友林業(株), ミサワホーム(株)

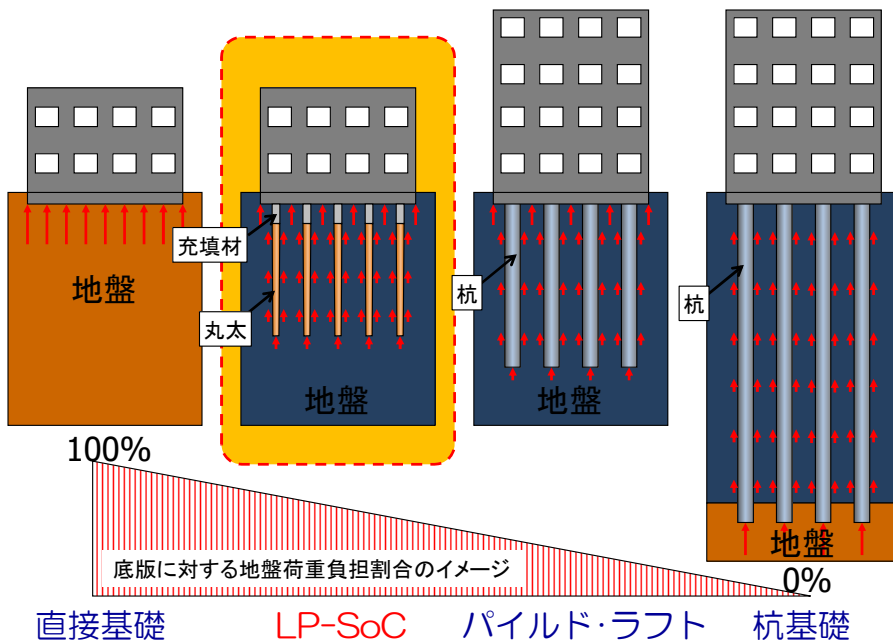
第三者評価
BCJ基礎評定 (BCJ評定 FD-0577-03)

丸太打設軟弱地盤対策&カーボンストック工法

Log Piling Method for Soft Ground and Carbon Stock

LP-SoC工法 (丸太打設軟弱地盤対策 & カーボンストック 工法)

丸太の役割

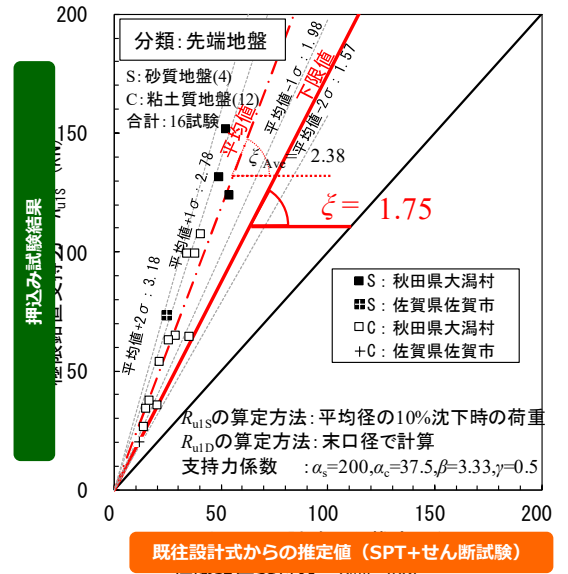
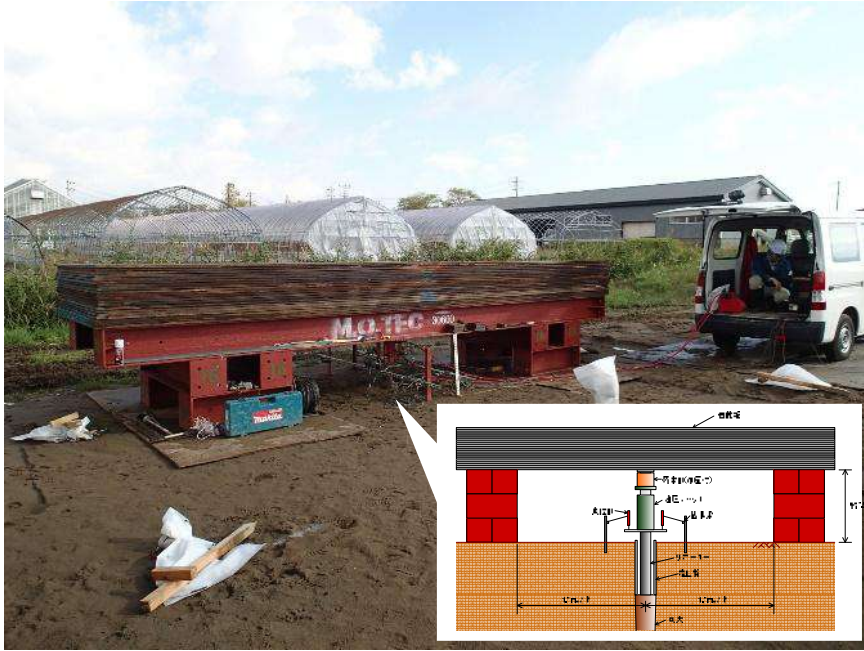


丸太：地盤補強材 ≠ 杭

地盤のみでは不足する支持力を丸太によって補強

LP-SoC工法（丸太打設軟弱地盤対策 & カーボンストック 工法）

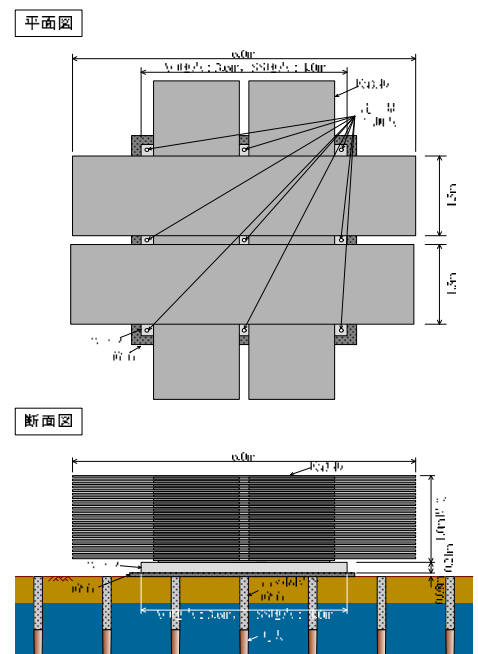
丸太の鉛直支持力の検証



複合地盤における支持力度の推定値と実測値の比較

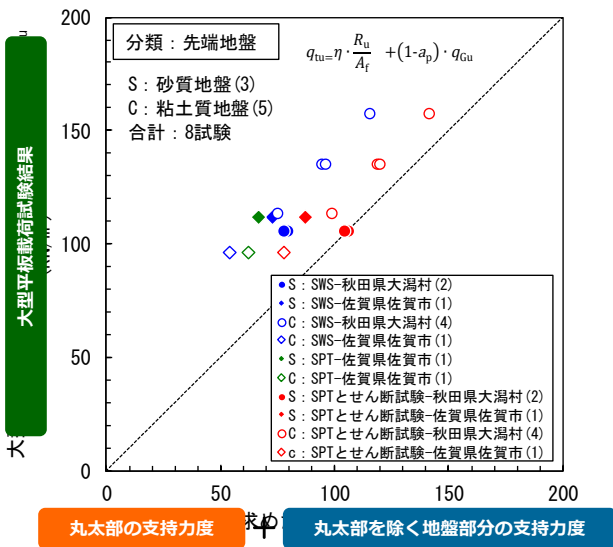
LP-SoC工法（丸太打設軟弱地盤対策 & カーボンストック 工法）

丸太と地盤の複合地盤の支持力度の検証

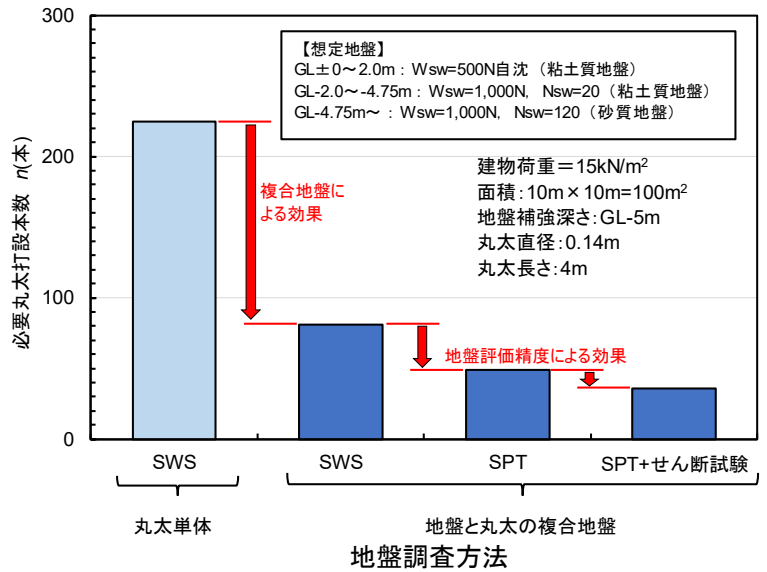


LP-SoC工法（丸太打設軟弱地盤対策 & カーボンストック 工法）

丸太と地盤の複合地盤の支持力度の検証



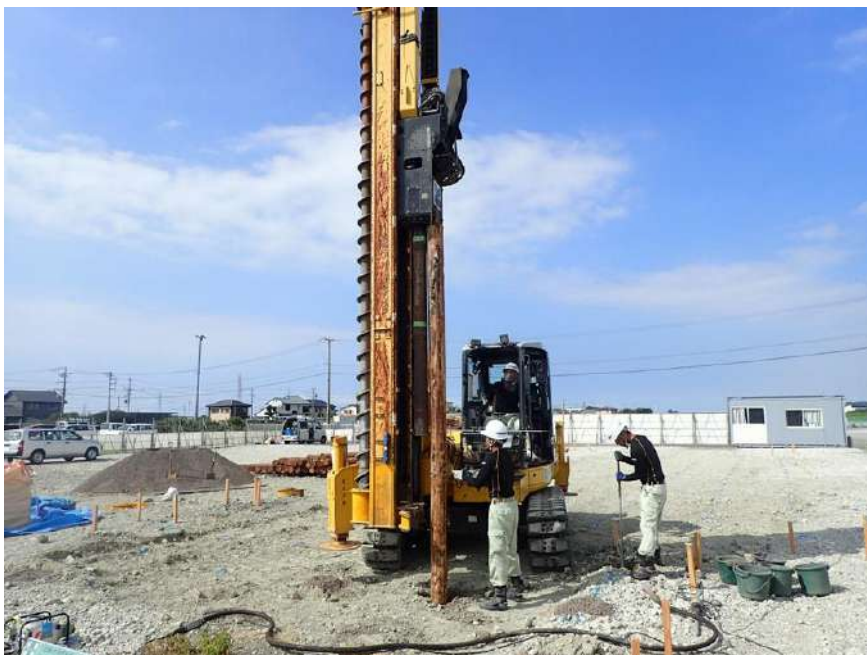
複合地盤における支持力度の推定値と実測値の比較



設計法の違いによる工事数量比較（コスト効果）

LP-SoC工法（丸太打設軟弱地盤対策 & カーボンストック 工法）

施工事例：2階建て工場事務所（静岡県菊川市）



施工概要

改良深さ	: 7.00 m
樹種	: カラマツ
丸太末口径	: 0.14 m
丸太長さ	: 6.0 m
打設本数	: 128 本
打設間隔	: 1.4 m
補強面積	: 222 m ²
炭素貯蔵量	: 12.8 t-CO₂
施工による排出	: 0.4 t-CO₂

約32倍

【建物概要】

基礎形式	: ベタ基礎
延べ面積	: 435 m ²
設置圧（長期）	: 40 kN/m ²

まとめ

まとめ

- ✓ 軟弱地盤には人口と資産が集中しているため、液状化を含めた軟弱地盤対策が必要
- ✓ LP-LiC工法は、地盤の密度を増大させることで液状化の発生を抑制する工法
- ✓ LP-SoC工法は、地盤のみでは不足する支持力を丸太で補強する工法で、丸太と地盤の複合地盤としての設計が可能
- ✓ いずれの工法でも、丸太打設による地中への炭素貯蔵量は施工によるCO₂排出量の20倍以上となる

まとめ

項目		LP-LiC工法	LP-SoC工法
対象		液状化対策	地盤補強
適用範囲	地盤	砂質土 細粒分含有率 $F_c \leq 50\%$	丸太先端付近地盤 砂質地盤, 粘土質地盤, 礫質地盤 丸太周面地盤 砂質地盤, 粘土質地盤
	最大施工長	12.0m	9.0m
	基礎形式	— (制約なし)	べた基礎のみ
	上部構造物	— (制約なし)	地盤調査: SWSのみ 小規模建築物等 地盤調査: SPT, または, SPTとせん断試験 設置圧(長期) 50kN/m ² 以下, かつ, 延べ床面積3,000m ² 以下の建築物と工作物
丸太	先端形状	ペンシル状, 平坦	平坦
	継ぎ	2点以下	継ぎ不可
	1本の長さ	6.0m以下	8.0m以下
	末口直径	ACTEC 0.12以上, 0.20m以下(短径実寸: $0.12 \leq D \leq 0.22\text{m}$) GBRC 0.12以上, 0.20m未満(短径実寸: $0.12 \leq D < 0.20\text{m}$)	0.12~0.20m
	樹種	スギ, ヒノキ, カラマツ, ベイマツ, アカマツ, クロマツ, エゾマツ, トドマツ	同左



ご清聴ありがとうございました

参考資料

LP-LiC・LP-SoC工法の施工方法

施工方法



鋼管による先行回転圧入 (無排土)



丸太圧入



丸太頭部の被覆 (被覆土)



丸太頭部の充填 (碎石)

LP-LiC・LP-SoC工法の施工方法

施工方法



鋼管による先行回転圧入 (無排土)



丸太圧入



丸太頭部の被覆 (被覆土)



丸太頭部の充填 (碎石)

LP-LiC・LP-SoC工法の施工方法

施工方法



鋼管による先行回転圧入（無排土）



丸太圧入



丸太頭部の被覆（被覆土）



丸太頭部の充填（碎石）

LP-LiC・LP-SoC工法の施工方法

施工方法



鋼管による先行回転圧入（無排土）



丸太圧入



丸太頭部の被覆（被覆土）



丸太頭部の充填（碎石）

LP-LiC工法（丸太打設液状化対策 & カーボンストック 工法）

施工方法



鋼管による先行回転圧入（無排土）



丸太圧入



丸太頭部の被覆（被覆土）



丸太頭部の充填（碎石）

LP-LiC・LP-SoC工法の施工方法

施工方法



鋼管による先行回転圧入（無排土）



丸太圧入



丸太頭部の被覆（被覆土）



丸太頭部の充填（碎石）

LP-LiC・LP-SoC工法の施工方法

施工方法



鋼管による先行回転圧入（無排土）



丸太圧入



丸太頭部の被覆（被覆土）



丸太頭部の充填（碎石）

LP-LiC・LP-SoC工法の施工方法

施工方法



鋼管による先行回転圧入（無排土）



丸太圧入



丸太頭部の被覆（被覆土）



丸太頭部の充填（碎石）

バイオマスCP 工法

～ バイオマス混合材料を使用したサンドコンパクションパイル(SCP)工法 ～

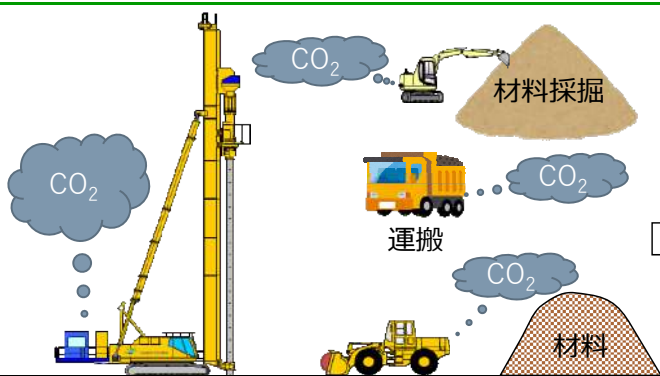
(株)不動テトラ 地盤事業本部 技術部 渡辺英次

目次

1. はじめに
2. バイオマス混合材料
3. 室内試験の概要と結果
4. 現地試験の概要と結果
5. まとめ

バイオマスCP工法 ～ バイオマス混合材料を使用したSCP工法 ～

1. はじめに (本技術の要点)



SCP工法砂杭打設に伴うCO₂の排出



竹をチップ化して地中に打ち込むことで、

- ・液状化対策
- ・炭素の貯蔵
- ・竹林の有効活用

3つの課題を同時に解決！

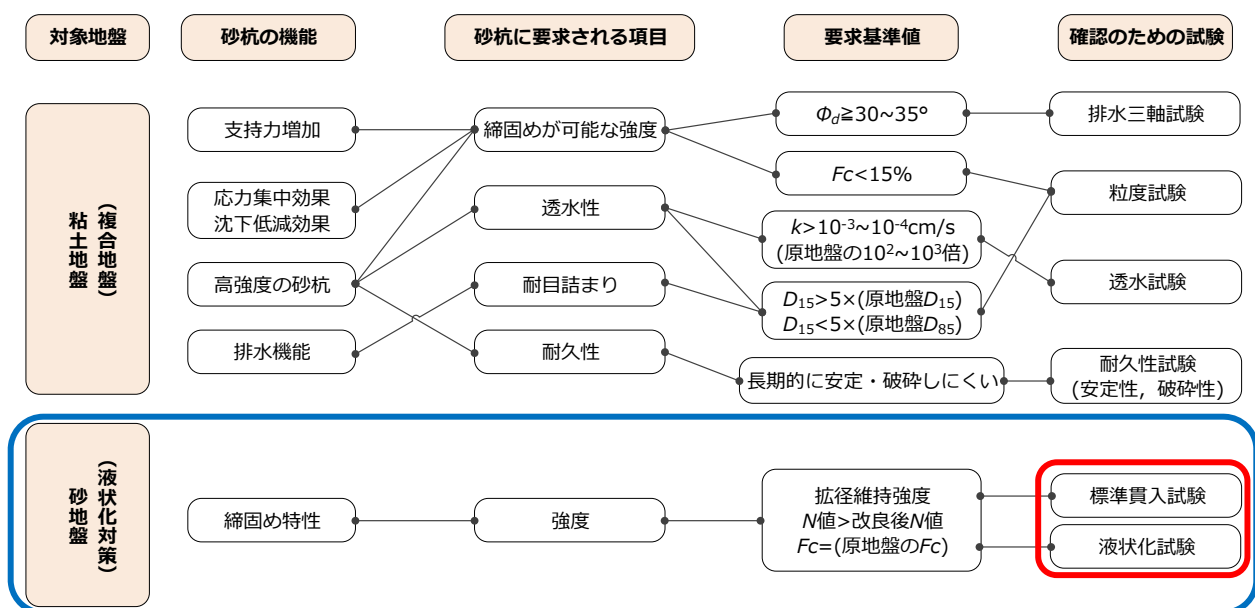
地中の竹チップを腐らせない工夫

- ・地下水位以下に打ち込むことで、空気に触れさせない
- ・再生砕石RC-40を混合することで、アルカリ環境を形成

1. はじめに (SCP工法の中詰め材に要求される項目)

【適用範囲】 砂地盤の液状化対策

ϕ_d : 排水せん断抵抗角 D_{15} : 15%粒径
 F_c : 細粒分含有率 D_{85} : 85%粒径
 k : 透水係数



室内/現地 試験で、バイオマス混合材料杭の品質と改良効果を確認

2. バイオマス混合材料

バイオマス混合材料は、竹チップ(大),(中),(小) と RC-40,鉄鋼スラグ,山砂 を混合
 体積混合比 = 1 : 1 、 0.5 : 1 、 0.33 : 1



竹チップ(大) $D_{max} < 40\text{mm}$



竹チップ(中) $D_{max} < 20\text{mm}$



竹チップ(小) $D_{max} < 10\text{mm}$



再生碎石RC-40



鉄鋼スラグ



山砂

2. バイオマス混合材料

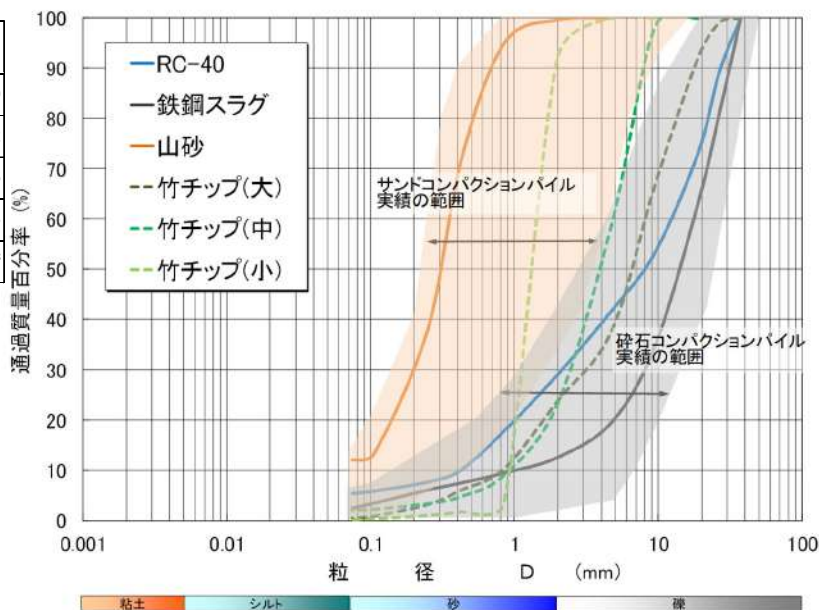
2.1. 使用材料

材料名	RC-40	鉄鋼スラグ	山砂	竹チップ(大)	竹チップ(中)	竹チップ(小)
粒子密度 ρ_s (Mg/m ³)	2.684	3.316	2.750	1.537	1.544	1.420
細粒含有率 F_c (%)	5.3	2.4	12.1	0.1	2.0	0.2
均等係数 U_c	29.9	17.0	-	10.23	4.92	1.66
曲率係数 U_c'	0.85	3.48	-	1.52	1.39	1.05
最小密度 ρ_{dmin} (Mg/m ³)	1.394* ¹	1.887* ¹	1.262* ²	0.205* ³	0.272* ³	0.276* ³

全ての材料は、
SCP工法の実績範囲内

本発表内容

- ① 室内試験
- ② 現地試験

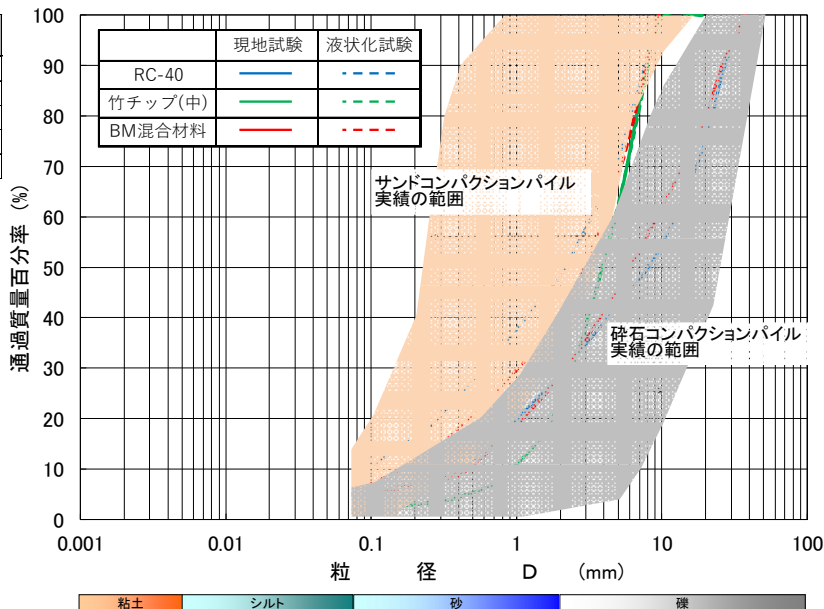


3. 室内試験（土の繰返し非排水三軸試験、JGS0541 液状化試験）

3.1. 使用材料

供試体 (φ50mm, h100mm) に合わせ、材料を9.5mm以下に粒度調整
RCと竹チップ(中)を体積比1:1で混合 (グラフではBM混合材料と記載)

材料名	RC-40	RC-40 (<9.5mm)	竹チップ(中)	竹チップ (<9.5mm)	BM混合材料	BM混合材料 (<9.5mm)
粒子密度 ρ_s (Mg/m ³)	2.684	-	1.544	-	-	-
細粒含有率 F_c (%)	5.3	10.0	2.0	2.0	4.8	6.6
均等係数 U_c	29.9	47.8	4.9	5.2	19.5	22.9
曲率係数 U_c'	0.85	1.28	1.39	1.40	1.21	1.47
最小密度 ρ_{dmin} (Mg/m ³)	1.394* ¹	-	0.272* ²	-	0.945* ²	-



3. 室内試験（土の繰返し非排水三軸試験、JGS0541 液状化試験）

3.2. 試験条件

現場：杭芯の平均乾燥密度 $p_d=1.52(\text{Mg}/\text{m}^3)$

室内：供試体の平均乾燥密度 $p_d=1.20(\text{Mg}/\text{m}^3)$

密度の違い

- ・粒度分布の違い
- ・締固めの機構やエネルギーの違い

試験条件

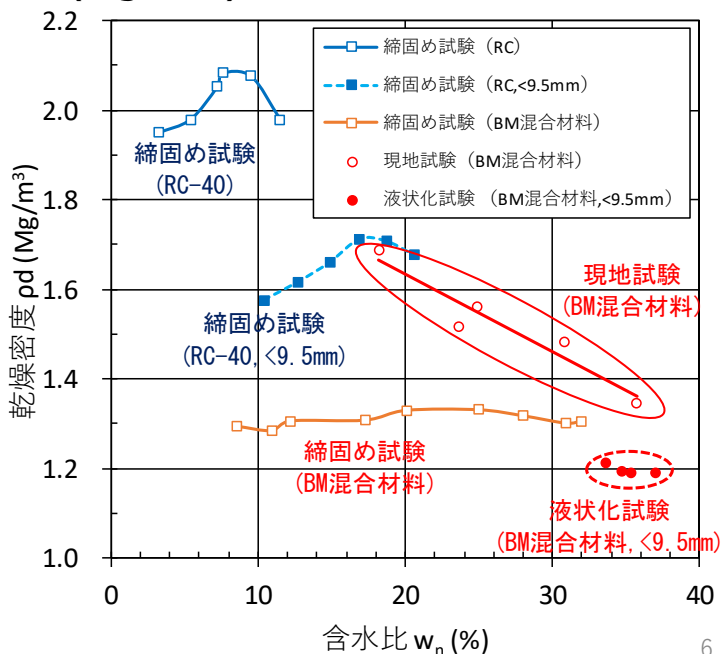
有効拘束圧 $\sigma_0'=50\text{kN}/\text{m}^2$

载荷周波数=0.1Hz（正弦波）

繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_0'$

0.5、0.9、1.1、1.2（4ケース）

B値=0.98（4本全ての供試体で）



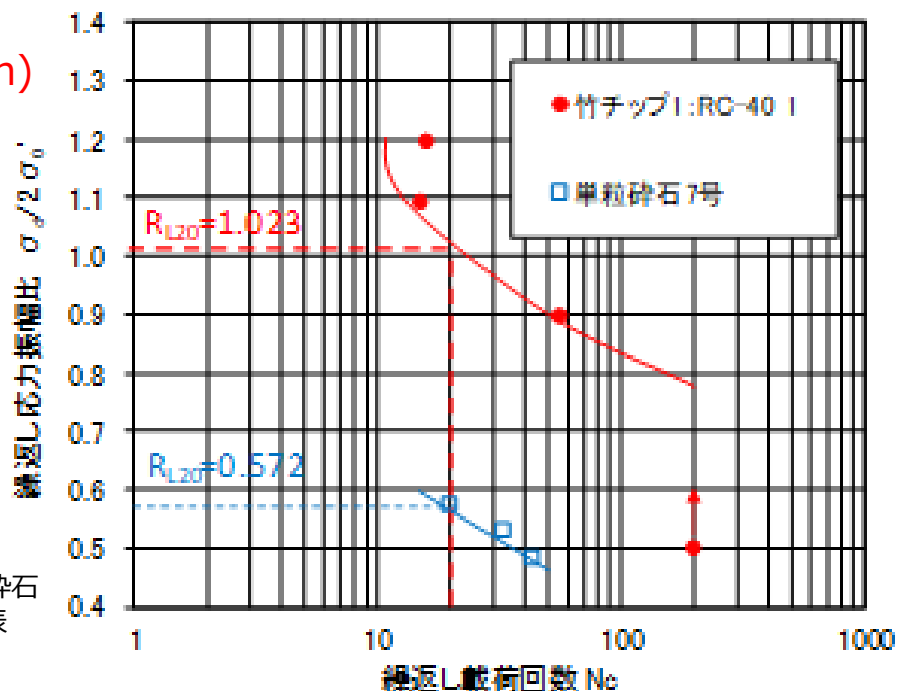
3. 室内試験（土の繰返し非排水三軸試験、JGS0541 液状化試験）

3.3. 試験結果

・バイオマス混合材料(<9.5mm)
液状化強度 $R_{L20}=1.023$
($p_d=1.221$)

・単粒碎石7号⁷⁾
液状化強度 $R_{L20}=0.572$
($p_d=1.8, D_r=91\%$)

7) 馬場ら, 静的締固め砂杭工法による単粒碎石杭の液状化特性, 第54回地盤工学研究発表会, D-6, pp.395-396, 2019.



バイオマスCP工法 ～ バイオマス混合材料を使用したSCP工法 ～

4. 現地試験 (試験の状況)



密度測定 (竹チップ)



材料混合状況



SCP工法の一つである
SAVE(静的締固め砂杭)工法で施工

バイオマスCP工法 ～ バイオマス混合材料を使用したSCP工法 ～

4. 現地試験の結果 (杭芯N値)

体積混合比

竹チップ(中) : RC-40

= 1:1、0.5:1、0.33:1

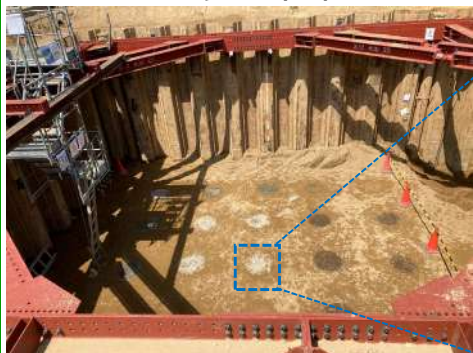
杭芯N値

山砂 ≒ 1:1 < 0.33:1 < 0.5:1

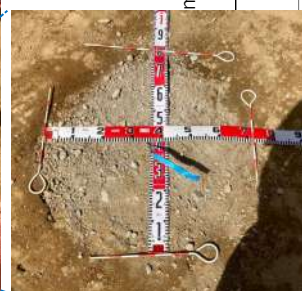
バイオマス混合材料N値 ≥ 15

乾燥密度 ρ_d

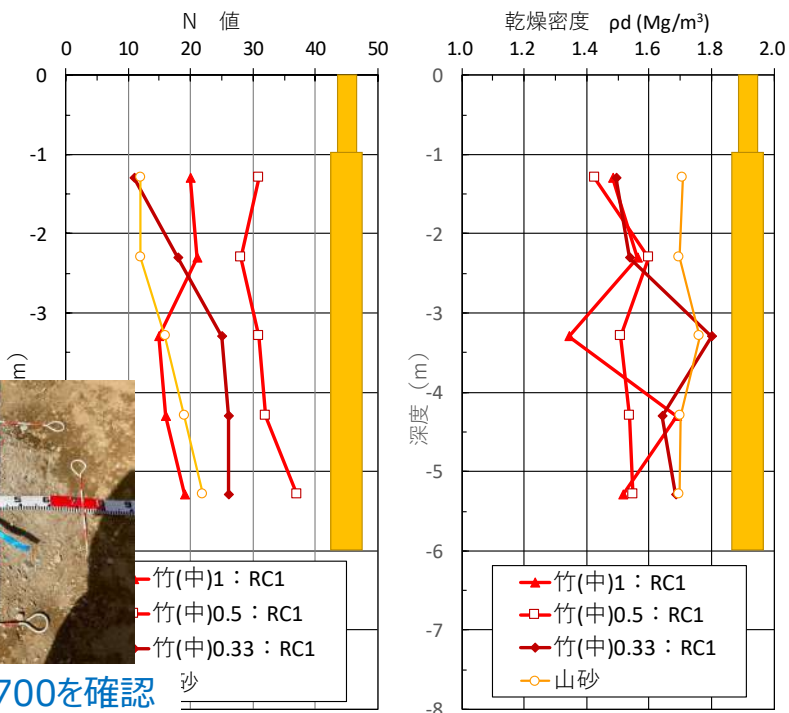
バイオマス混合材料 < 山砂



GL-5.5m

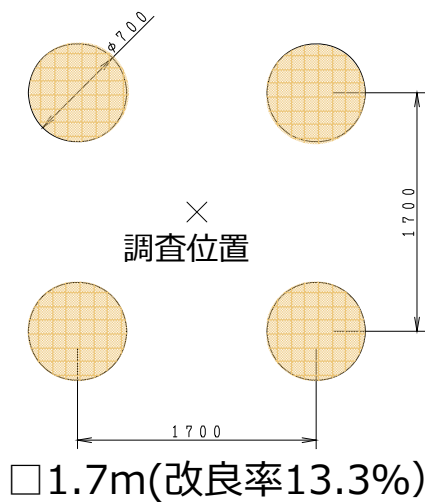


設定杭径φ700を確認



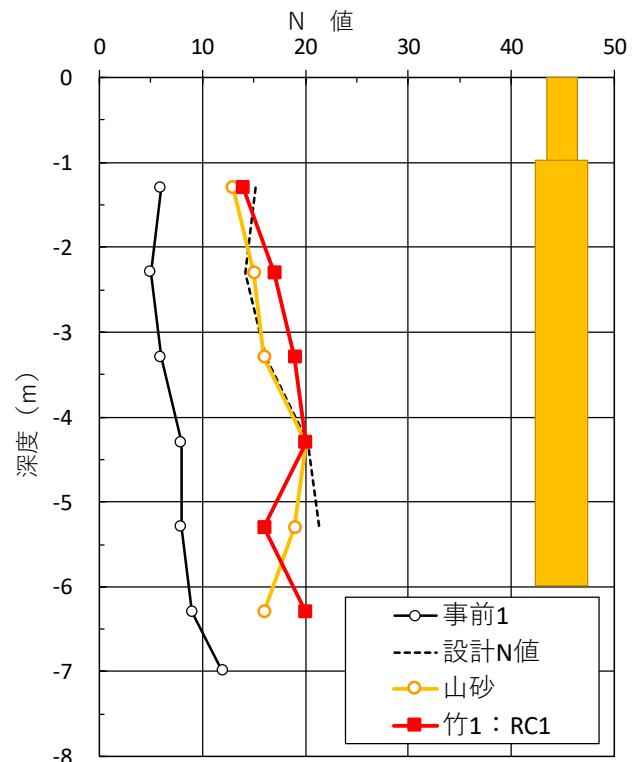
4. 現地試験の結果（杭間N値）

杭間N値（バイオマス混合材料と山砂の比較）



杭間N値（改良効果）

設計 ≡ 山砂 ≡ バイオマス混合材料



10

5. まとめ

バイオマスCP工法（中詰め材料にバイオマス混合材料を使用するSCP工法）について、室内試験、現地試験 を行った。

- 1) 杭芯を想定した液状化試験の結果は、液状化強度 $R_{L20}=1.023$ と十分な強度を有している事が分かった。
- 2) 現地試験の結果は、今回配合の全てのバイオマス混合材料で杭芯N値>15程度と十分な強度を示し、改良効果（杭間N値）は従来の砂杭と同等であった。