

1 貧困をなくそう

2 飢餓をゼロに

3 すべての人に健康と福祉を

第30回  
地球環境大賞  
Since 1992



第9回グッドライフアワード 環境大臣賞 企業部門  
木材を利用した地盤補強「環境パイル」で地中に炭素貯蔵  
～森林を地中に～

7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに

8 働きがいも経済成長も

9 産業と技術革新の基盤をつくろう

# 「SDGs時代の 国産木材 × 地盤改良工法」

～伐採材の有効利用とカーボンニュートラル～

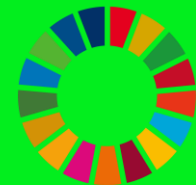
13 気候変動に具体的な対策を

NOW OR NEVER  
今しかない！

14 海の豊かさを守ろう



NETIS 番号：KT-200101-A  
新技術名称：環境パイル工法  
登録日：2020年10月2日



環境パイル工法協会  
兼松サステック（株）

# SDGs、世界を変えるための17の目標



## SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

世界を変えるための17の目標



世界が物凄いスピードで変化している中、各国が世界を変えるための17の目標を掲げて、それに向けて進もうとしています。

# 事業を通してSDGsに貢献

日本SDGs協会から事業認証を受けました。

我々は、木材を利用した地盤補強「**環境パイル工法**」により年間10万トンの削減、並びに大気、水質、土質などの環境上の影響を削減を目指すという事業として宣言しました。

我々も「SDGs」を知り、その観点から事業のあり方を見直してみるのが大切と感じています。





# 世界を変えるために我々に出来る事

グローバル (global × local)

## 地盤改良工事で

3.すべての人に健康と福祉を

11.住み続けられるまちづくりを

12.つくる責任つかう責任

15.陸の豊ゆたかさも守ろう

を目指しています。





NOW OR NEVER

今やらなければ手遅れに・・・

EduTown SDGs > 17の目標 > 13. 気候変動に具体的な対策を



SDGsの目標：13

気候変動に具体的な<sup>たいさく</sup>対策を

13 気候変動に  
具体的な対策を





# ゼロカーボン チャレンジ2050

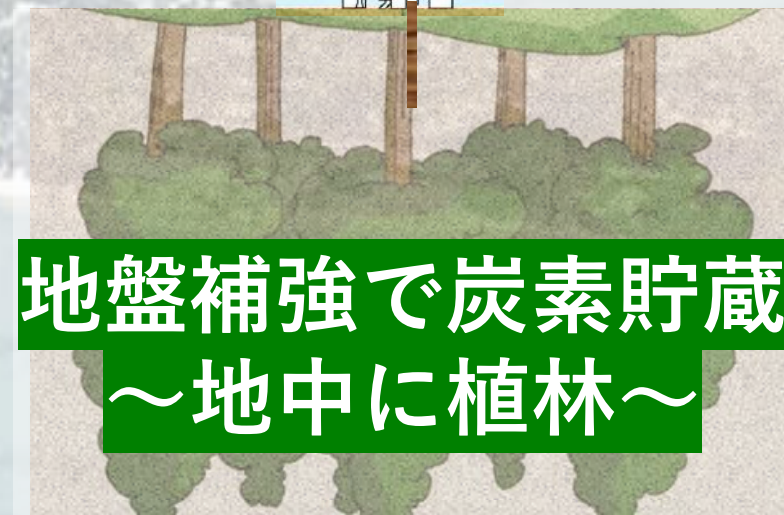
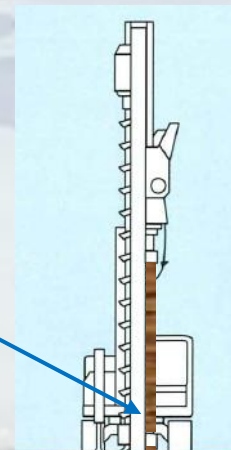


# 環境パイル工法

第9回グッドライフアワード 環境大臣賞 企業部門

☑ごみを減らす・無駄を省く

☑環境に良いものを選定する



地盤補強で炭素貯蔵  
～地中に植林～



## ストップ！！地球温暖化



# 12. つくる責任つかう責任

## 花粉症対策 初期集中対応パッケージ (概要)

### 発生源対策

- スギ人工林の伐採・植え替え等の加速化  
本年度中に重点的に伐採・植え替え等を実施する区域を設定
- スギ材需要の拡大  
木材利用をしやすいとする改正建築基準法の円滑な施行  
住宅生産者の国産材利用状況等を公表
- 花粉の少ない苗木の生産拡大  
原種増産施設の整備支援  
都道府県における採種園・採穂園の整備支援
- 林業の生産性向上・労働力の確保  
高性能林業機械の導入支援  
農業・建設業等の他産業、他地域や地域おこし協力隊との連携の推進

### 飛散対策

- スギ花粉飛散量の予測  
森林資源情報の高度化・データ公開を推進  
花粉飛散量の標準的な表示ランクを設定・周知
- スギ花粉の飛散防止

### 発症・曝露対策

- 花粉症の治療  
舌下免疫療法治療薬について令和7年からの倍増(25万人分→50万人分)に向け、原料の確保や増産体制の構築
- 花粉症対策製品等  
花粉対策製品の認証制度の普及啓発
- 予防行動の周知

自民党ホームページより

伐採面積を10年後には7万ヘクタールに増加することを目指します。

人が手を入れた林は人が最後まで管理する

## 花粉症対策のポイント

|       |                          |
|-------|--------------------------|
| 発生源対策 | 30年後に花粉発生量を半減            |
|       | 10年間でスギ人工林を2割ほど伐採        |
|       | 少花粉スギの苗木生産量を増加、植え替えを促進   |
| 飛散対策  | 薬剤の改良や散布技術の開発支援          |
| 治療    | 治療薬の年間供給量を5年以内に100万人分へ拡大 |





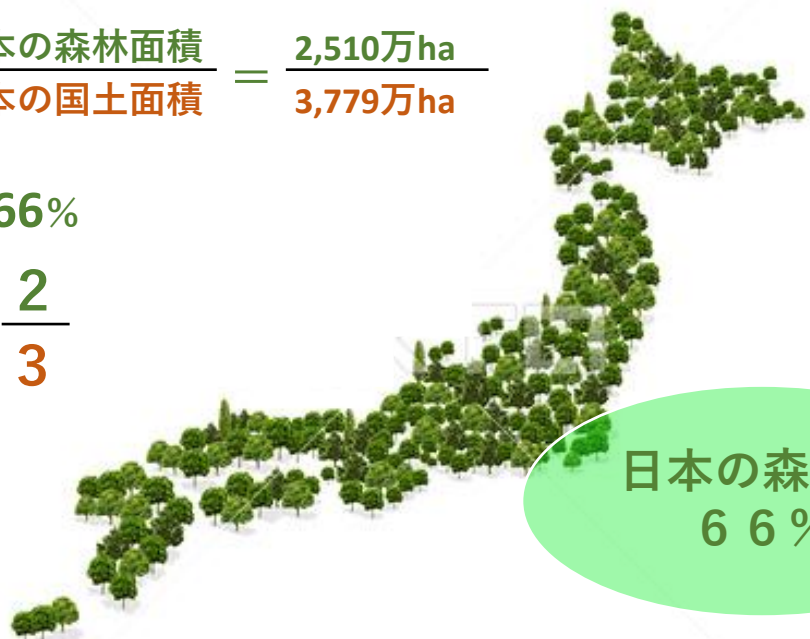
# 国内の森林資源の現状

日本は国土の約7割が森林であり、戦後拡大した造林によって造林された1,000万haを超える人工林が、一斉に利用期を迎えている事、それにより全国各地にある森林が地方創生にむけた貴重な産業創出の場として期待されていることを背景に近年林業の注目が集まっている。

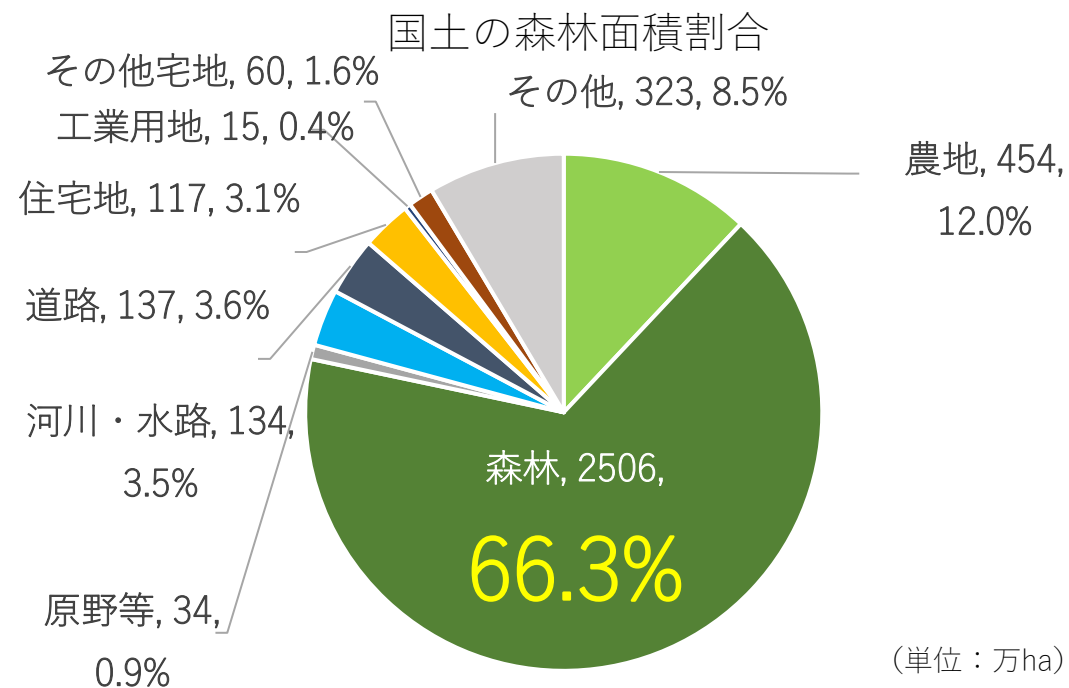
$$\frac{\text{日本の森林面積}}{\text{日本の国土面積}} = \frac{2,510\text{万ha}}{3,779\text{万ha}}$$

= 約66%

= 約  $\frac{2}{3}$



日本の森林率  
66%



国土交通省「平成28年版土地に関する動向」

⇒日本は資源のない国とよく言われるが、森林資源に関しては乏しいわけではなく、実は使われずにいるという現状である。



## 森林の種類と割合

37%※  
(2,000万m<sup>3</sup>)



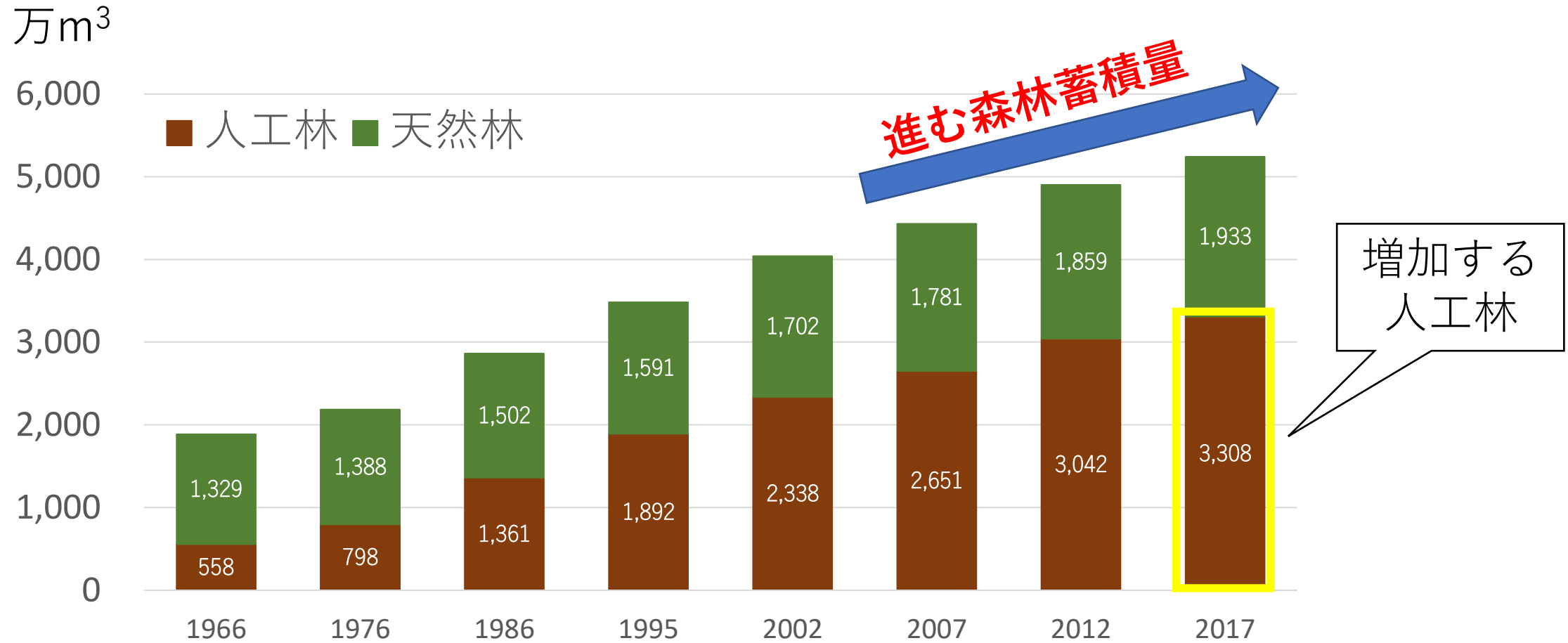
63%※  
(3,300万m<sup>3</sup>)







# 日本国内の「人工林」と「天然林」の蓄積量推移



林野庁「平成28年版森林・林業白書」

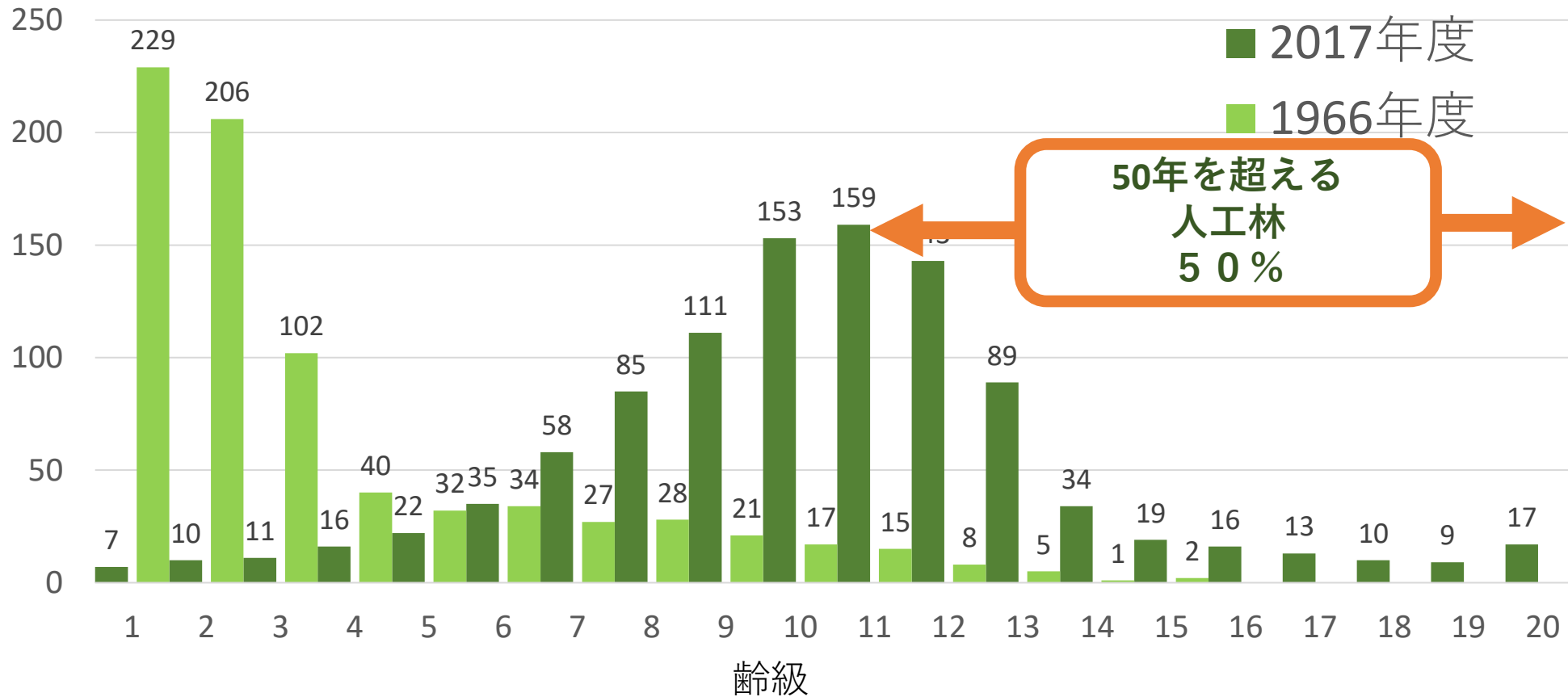
一方、日本国内の「人工林」と「天然林」の蓄積量は増え続けている





# 人工林の齢級構成の変化

(万ha)

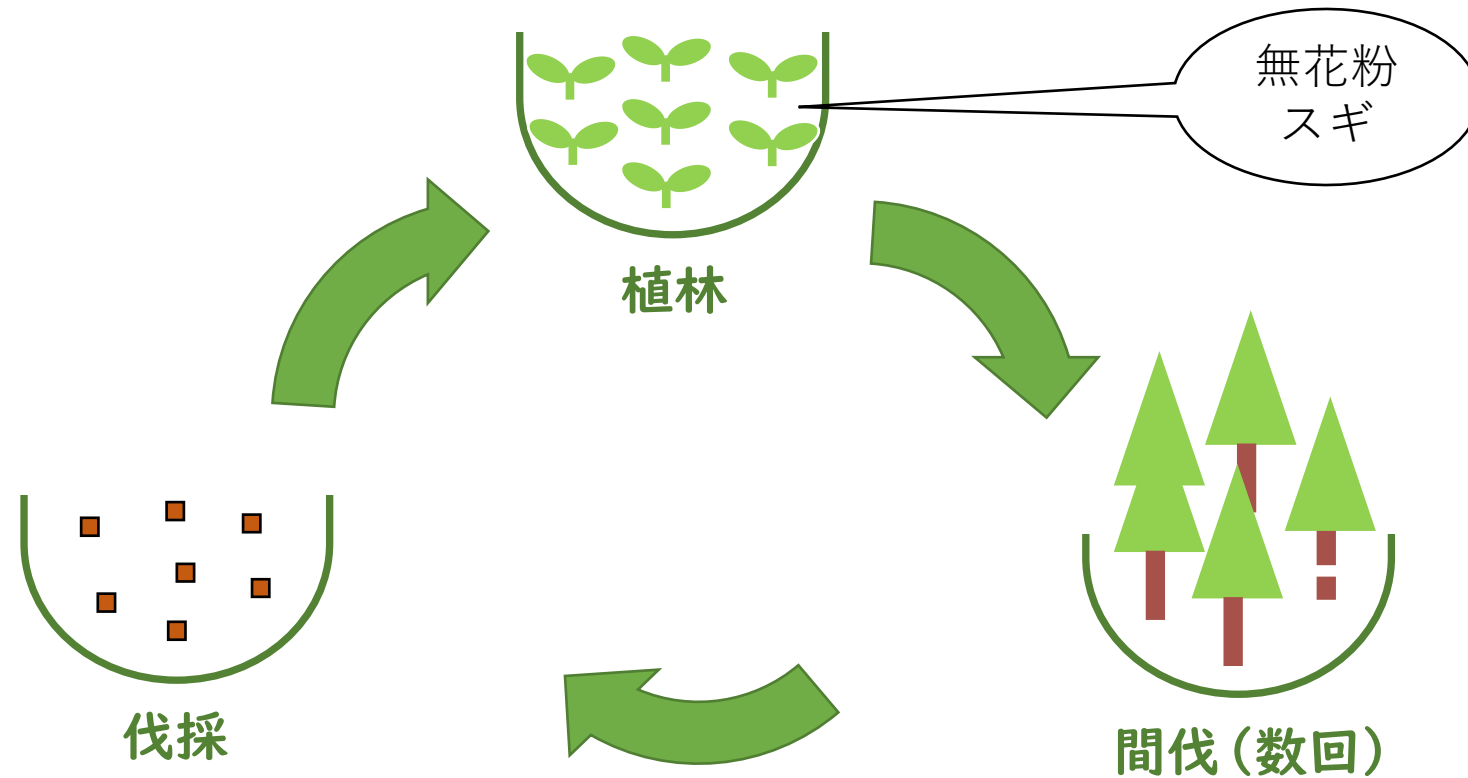


※ : 齢級は林齢を5年でくくった単位。植栽した年を1年として、1~5年が「1齢級」。  
資料：林野庁「森林資源の現状」（2017年3月31日現在）、「日本の森林資源」（1968年4月）



## 人工林のサイクル

人工林は、人の手で作った森だから、最後まで人の手で管理しなければいけません、植林→間伐→伐採→植林というサイクルを繰り返すための森です。



現在、日本には、適切に管理されていない人工林が多くあるのも事実です。



## 国内における森林資源の現状（まとめ）

- 日本は国土の7割が森林であり、その内6割以上が人工林である。
- 天然林と比較し、人工林の割合・蓄積量が年々増加傾向である。
- 人工林の材令は半分以上が50年以上である。
- 人工林は人の手で作ったものだから最後まで管理しなければいけない。
- 我が国の森林資源は、森林保全の観点からも木材需要量を増やさなければならない。





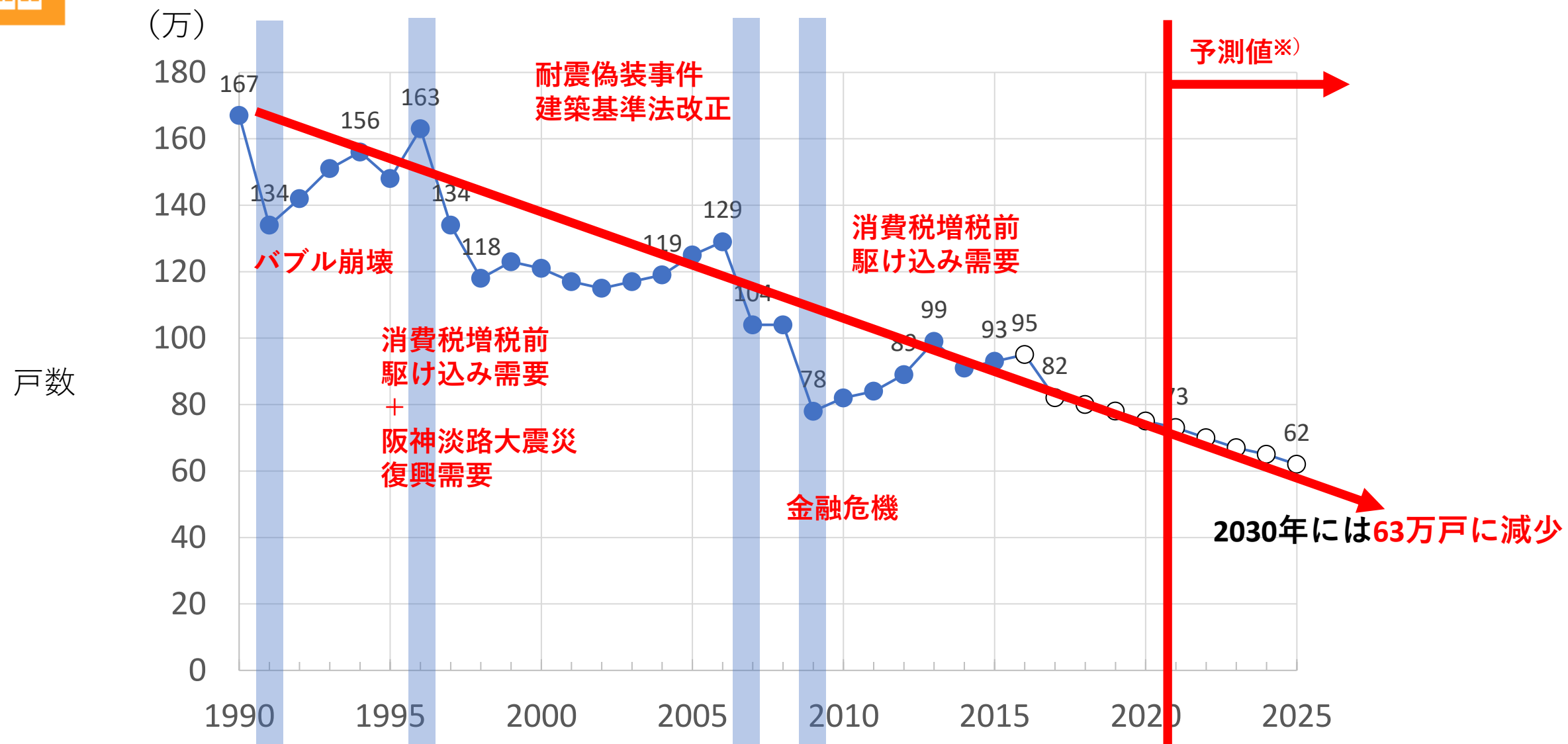
# 国内における木材の需要

- 我が国における木材需要の約4割、**国産材需要の約55%が建築用材**である<sup>1)</sup>。
- 住宅を中心とする建築用材の需要拡大が木材全体の需要拡大に大きく寄与しており、**新設住宅着工戸数の約半分が木造**である。
- 特に、**木造住宅の動向**が木材需要全体に**大きな影響**を与えている<sup>2)</sup>。

1) 林野庁：平成22年度 森林・林業白書，第1章，p. 4(2011).

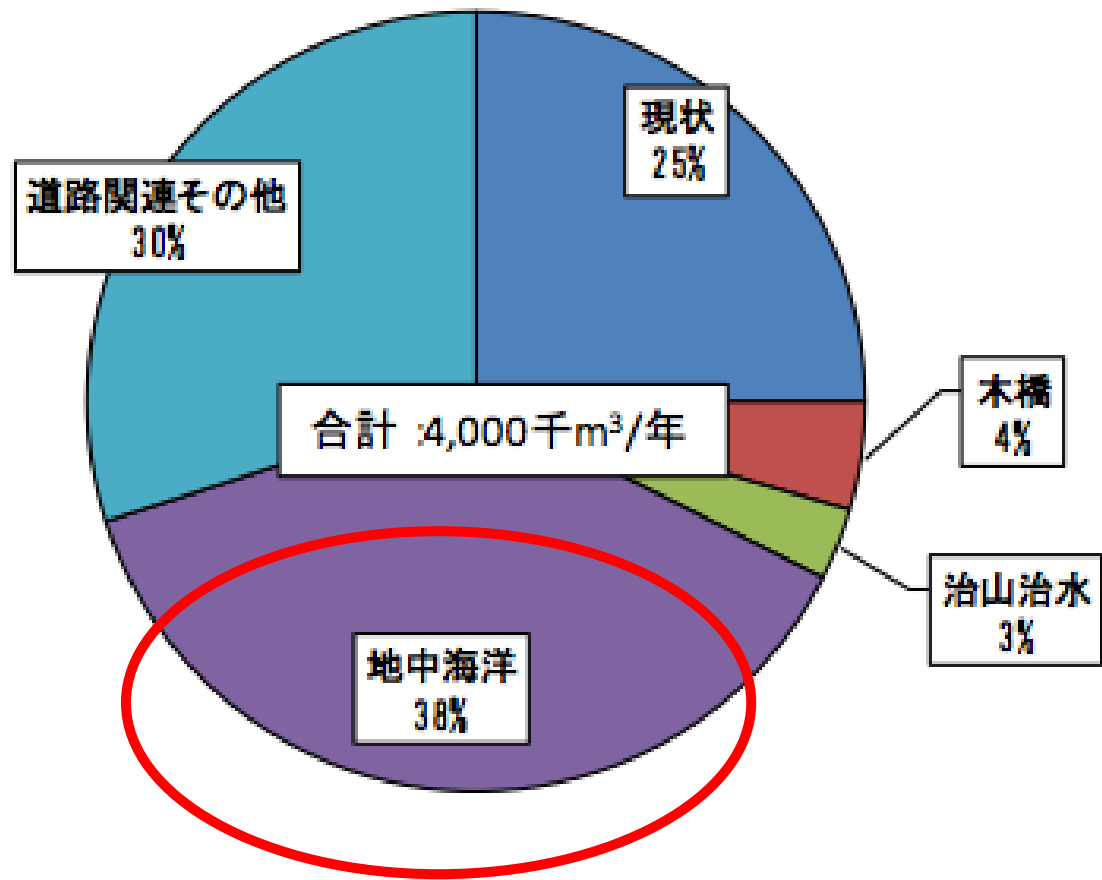
2) 林野庁：平成22年度 森林・林業白書，第1章，p. 6(2011).

# 住宅の着工戸数の推移と需要予測



※予測値は野村総合研究所 (NRI) 発表数値

# 国内における潜在的木材利用量



150万m<sup>3</sup>

| 対象      | ポテンシャル推計値<br>(千m <sup>3</sup> /年)<br>丸太換算 | 備考                                       |
|---------|---|--|
| 現状      | 1,000                                     | 架設材約30%                                  |
| 木橋      | 180                                       | スパン2~15m 橋梁の半数を代替=3,000橋/年、使用量の2倍とした丸太換算 |
| 治山治水    | 120                                       | 木製治山ダム半数代替で約480基など                       |
| 地中海洋    | 1,500                                     | 地盤改良の半数代替など                              |
| 道路関連その他 | 1,200                                     | ガードレール10年更新とし1/2代替など                     |
| 合計      | 4,000                                     |  |

木杭などの地盤改良

「2009年度土木における木材の利用拡大に関する横断的研究報告書、日本森林学会、日本木材学会、土木学会、2010.3」に記載データより



# 過去の木杭の実績事例

大正12年（1923年）2月20日、丸ノ内ビルディングが竣工する。同年の**関東大震災**では外壁や構造などに損害を受けたが、被害は軽微と言われている。

1923年の**関東大震災**にも被害はなかったと言われている。昭和50年代初めに腐朽調査が行われたが、表面部の老朽化しているものの健全を保っており、**設計当時に期待値を維持している**<sup>5)</sup>

Φ30cm, 13.5~15m, 5443本, 米松



旧丸ビル：1923~（大正12年）<sup>1)</sup>

Φ30cm, 7~8m, 11,050本, 青森産



東京駅：1914~（明治41年）<sup>3)</sup>

Φ15cm, 3.6m, 0.5mピッチ 木杭



宮崎県庁：1932~（昭和7年）<sup>2)</sup>

Φ22.5cm, 7.5m, 775本, 松杭



新潟駅：1957~（昭和32年）<sup>4)</sup>

築後80年近くになる庁舎は、県庁舎の**本館としては九州で最も古い**。

昭和39年（1964年）6月16日に発生した**新潟地震**被害を受けなかった新潟駅ビル





# 過去の木杭の実績事例



旧丸ビル：～1999年



宮崎県庁：現存



東京駅駅舎：現存  
(2010年の改修工事木杭撤去)



新潟駅本屋：現存





## 近年の木杭の実績事例（日比谷公会堂）

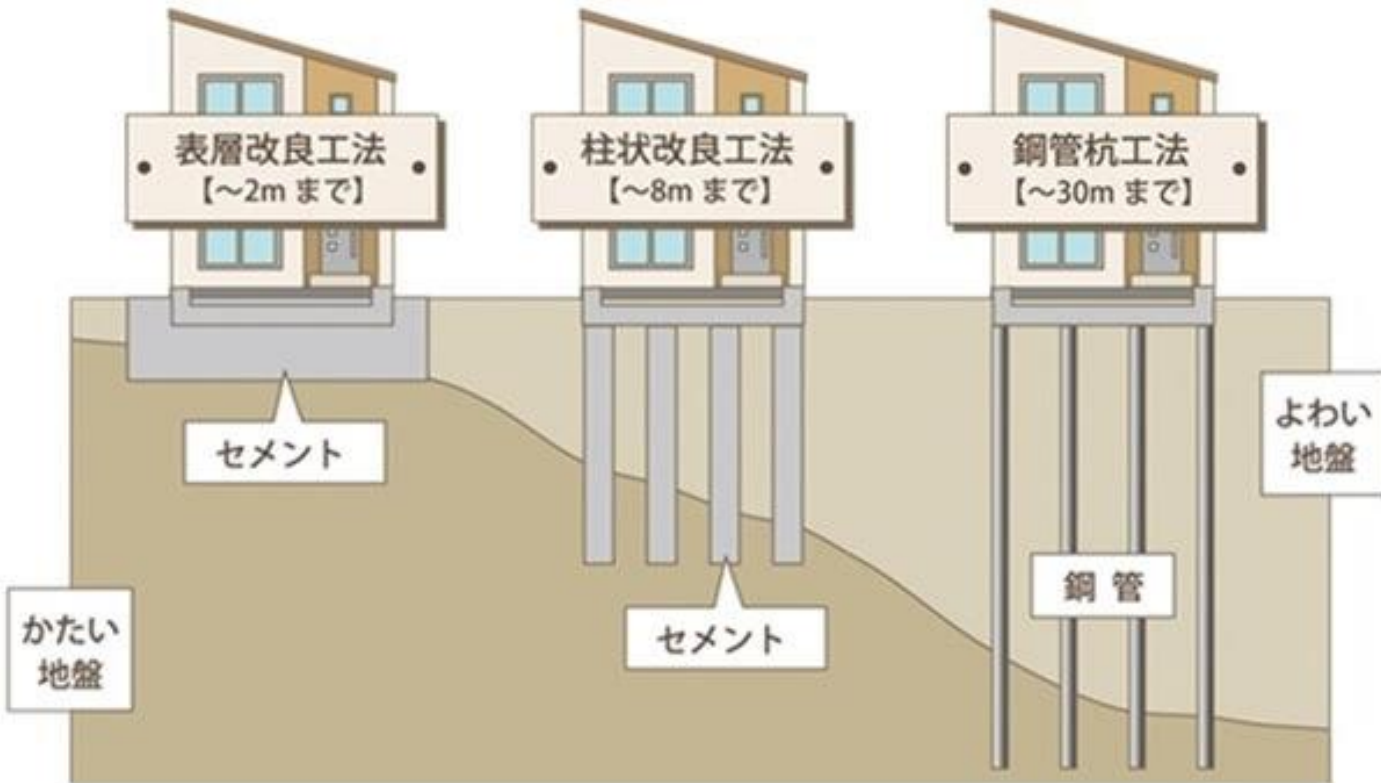


竣工：昭和4(1929)年10月  
構造：鉄骨鉄筋コンクリート造6階建て、地下1階

- 日比谷公園付近も「お化け丁場」の異名をとる軟弱地盤であり、軟弱な沖積層が厚く堆積している、根切底に18メートル余の松杭を2200本も打ち込んだ上、鉄筋で組んだ基礎にコンクリートを流し込む工法を2年がかりで実施した。
- 日比谷公園付近は現在も地盤沈下が目立つ地域だが、この基礎工事によって現在も会館・公会堂の建物はほとんど影響を受けていないという。



# 住宅や非住宅の軟弱地盤対策の現状



- セメントや鉄鋼材を用いた工法がメインである。
- 低炭素社会、問題は、軟弱地盤対策といえども今後、鉄・セメントによる温室効果ガス排出をどのように考えるべきか。



## ここで疑問



古くから、様々な構造物を支えてきて多くの実績のある木杭工法がなぜ使われなくなったのか？

木造住宅一棟あたりの木材利用量は平均 $29\text{m}^3$  (45坪) ※、その地盤改良を木杭に置き換えた場合、約 $4\text{m}^3$  (6m×40本) であるので、基礎補強 (地盤改良) 率を50%としても木材の需要量は5%以上は増加するはず。

※) 財団法人日本住宅・木材技術センター  
「在来工法木造住宅の木材使用量調査」



# 木材使用抑制（国民の木材離れ）と変化

昭和25年「都市建築物の不燃化決議」（衆議院）

→官公庁建築物の不燃化提言

昭和30年「木材資源利用合理化方策」（閣議決定）

昭和34年「防火・耐風水害対策から木造禁止」（日本建築学会）

大学建築から「木造や木材教育」を教えなくなった



国民の木材離れ

昭和35年「建築基礎構造設計規準・同解説」（日本建築学会）

昭和49年まで「木ぐい」の項があるが昭和64年に除外

平成22年「公共建築物木材利用促進法」が制定

低層の公共建築物は原則木化を図る





# 木材使用抑制（国民の木材離れ）と変化

平成22年「公共建築物木材利用促進法」が制定

⇒低層の公共建築物は原則木化を図る

平成26年 建築基準法の改正（木造関係基準の見直し）

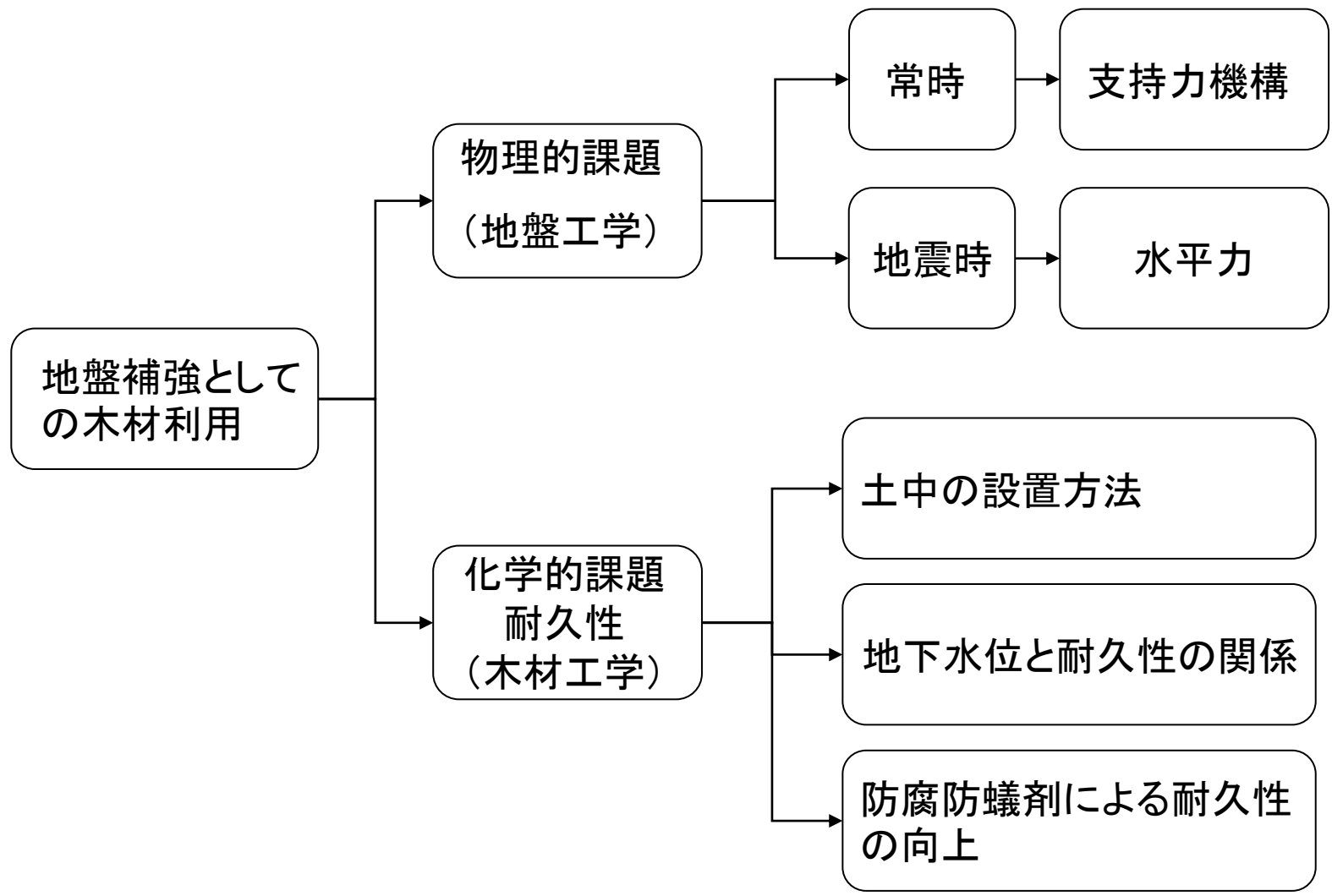
⇒3階建ての学校等に係る防耐火規制の緩和

平成28年 建築基準法の改正（木造建築物等に係る制限の合理化）

⇒中層建築物を「現し」で建設可能、耐火構造等にし  
なくていい木造建築物の範囲拡大

国として都市の木造化・木質化を推進するとの姿勢を閣議決定、法律によりさらに明確化し、さらに大きな流れに。

# 木材の土木利用の拡大 (木杭に関する技術的課題)





# 木杭（地盤補強）支持力機構の研究事例





# 実験概要（木杭は、現代の杭と何が違うのか）



C1

S1

Wbdr

Wbjt

Wrtp

Wrst

比較した杭の種類

1. コンクリート杭（C1）
2. 鋼管杭（S1、先端閉塞ストレート杭）
3. スギ（Wbtp）
4. カラマツ（Pbtp）
5. 細径スギ（Wbtn）
6. 排水機能を有したスギ（Wbdr）、
7. 2箇所継ぎスギ杭（Wbjt）
8. テーパー状に定型化（ロータリー加工）したスギ（Wrtp）
9. 円柱状に定型化（ロータリー加工）したスギ（Wrst）



# 様々な既成杭と「木杭」の性能比較試験



鋼管杭

木杭（松杭、スギ杭、

コンクリート杭





# 木杭の性能試験 (形状の影響評価)



様々な形状に成形した木杭



試験に用いた丸太

1) 樹種の違い

杉, まつ

2) 形状の違い

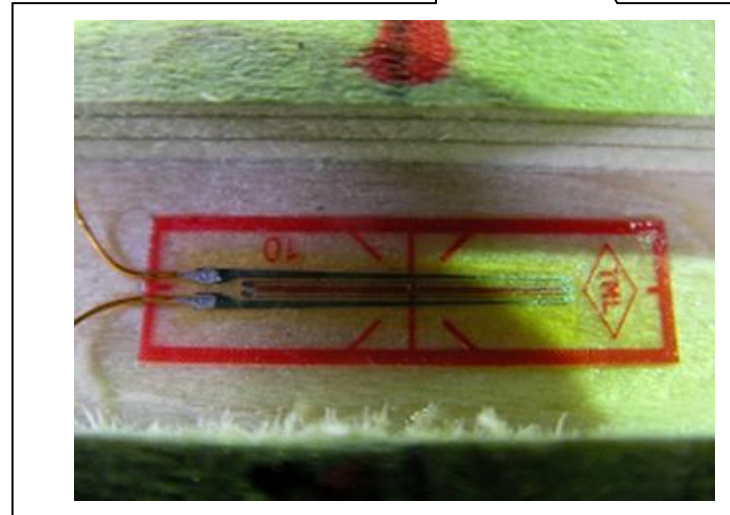
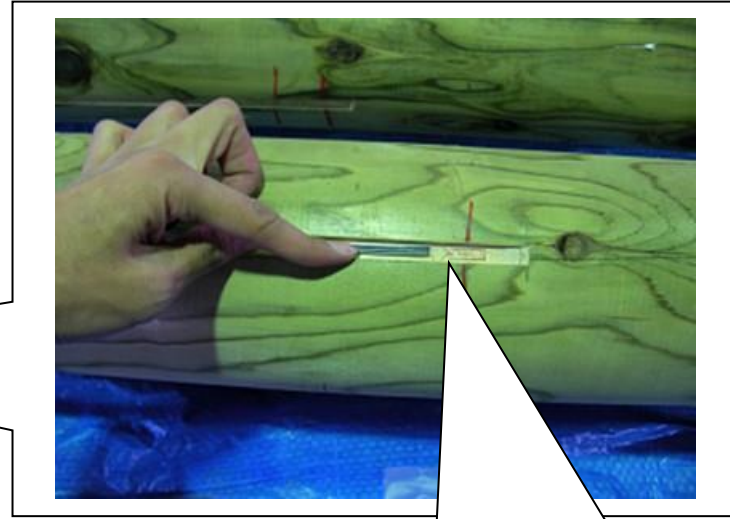
$\phi$ 90mm~280mm

3) テーパー角の違い

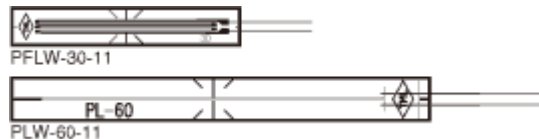




# 木杭の性能試験（杭へのセンサー埋め込み状況）



- 周面摩擦と先端抵抗力を見極めるために専用のセンサーの取り付け状況。



使用したゲージ

- 木材長期測定用ゲージ：PFLW-30-11



# 木杭の性能試験（センサー埋め込んだ木杭）



センサ（歪ゲージ）貼り付け状況



# 短期養生と長期養生の違いによる支持力の計測







# 実大杭の載荷試験

木杭は、打設後4週間養生を行い、想定される構造物の荷重以上の力を杭の頭部にか  
け性能を確認した※。



実大の杭載荷試験は、**北海道、九州を含む全国の軟弱地盤において実施し  
杭の支持力特性を把握。**



静的載荷状況

※くいの静的鉛直載荷試験JGS1811-2000



# 既存工法と木杭の支持力比較事例 (試験結果及び考察)

|                             | 鋼管杭<br>( S1 ) |   | コンクリート杭<br>( C1 ) |   | 木杭<br>( Wbtp ) |
|-----------------------------|---------------|---|-------------------|---|----------------|
|                             | ↓             |   | ↓                 |   | ↓              |
| 第二限界抵抗力 (kN)                | ave.=29.8     | < | ave.=38.5         | < | ave.=43.9      |
| 周面摩擦力度 (kN/m <sup>2</sup> ) | ave.=12.9     | < | ave.=15.9         | < | ave.=20.4      |

※杭の形状が同型、同深度の場合  
 ※埼玉県八潮市の事例  
 ※各杭の支持力の傾向は全国共通

同形状であれば周面摩擦力度の高い木杭が有利



支持力機構などの物理的設計乗数や施工管理手法などを確立し、2009年**日本国内で初めて、木杭の第三者認証**（建設技術性能証明）を取得しました。

## 木杭の支持力式が認められた！

現在も、木材の地中利用に関する研究開発は継続しており、「環境パイル工法」は、設計手法、杭長さ、耐久性の評価等を行い、適用範囲を拡大し**更なる進化を続けています**。

近年では、住宅以外の**非住宅分野での施工実績も非常に多く**、温室効果ガス排出削減に大きく寄与しています。

# 設計計算式

$L R_a$  : 地盤補強材の長期許容鉛直支持力

$$L R_a = \frac{1}{3} R_u$$

$R_u$  : 地盤補強材の極限許容鉛直支持力

$$R_u = \{ \alpha_{sw} \overline{N}' A_p + \chi_{sw} \overline{N}'_f L_f \phi \}$$

$\alpha_{sw}$  : 地盤補強材種に応じた地盤補強材先端部の支持力係数 (225)

$\overline{N}'$  : SWS試験結果から求められた換算N値の地盤補強材先端部上部1D及び下部1Dの  
平均値 (D : 地盤補強材直径)  $N''$  を用いて表から算出された値  
(但し、先端が粘性土の場合は7.5を上限とする)

表 3.1.1  $\overline{N}'$  の決定

| $\overline{N}''$ の範囲 | $1 \leq \overline{N}'' \leq 2$ | $2 < \overline{N}'' \leq 3$ | $3 < \overline{N}'' \leq 5$ | $5 < \overline{N}'' \leq 7$ | $7 < \overline{N}'' \leq 10$ | $\overline{N}'' > 10$ |
|----------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------|
| 採用する $\overline{N}'$ | 1                              | 2                           | 3                           | 5                           | 7                            | 10                    |

$A_p$  : 地盤補強材先端有効断面積 (m<sup>2</sup>) 但し面積の算定は呼び径を用いる

$\chi_{sw}$  : 周面地盤の周面摩擦摩擦係数 (円柱 : 22 テーパー : 29)

$\overline{N}'_f$  : 地盤補強材の周面地盤の  $N''$  値の平均値である  $N''$  を求め、その値から算出された値

表 3.1.2  $\overline{N}'_f$  の決定

| $\overline{N}''_f$ の範囲 | $1 \leq \overline{N}''_f \leq 2$ | $2 < \overline{N}''_f \leq 3$ | $3 < \overline{N}''_f \leq 4$ | $4 < \overline{N}''_f \leq 5$ | $\overline{N}''_f > 5$ |
|------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 採用する $\overline{N}'_f$ | 1                                | 2                             | 3                             | 4                             | 5                      |

$L_f$  : 地盤補強材の周面地盤の長さ (m)

$\phi$  : 地盤補強材の周長 (m) 但し周長は呼び径を用いて算出する

補強材1本あたりの支持力は  
この式で算出します！

先端N値は左表から決定します  
例) 先端N値4.4→3.0として検討

摩擦N値は左表から決定します  
例) 摩擦N値2.9→2.0として検討

従来の木杭との違いは…  
樹種や形状もそうですが  
**計算式が確立された**  
という部分が大いんです！

【課題】

$$L R_a = \frac{1}{3} R_u$$

安全率を「3」としている



# 計算例

## 地盤補強材の長期許容鉛直支持力の算定

(1) 地盤から決まる支持力 ${}_L R_a$ の算出

$${}_L R_a = \frac{1}{3} \{ \alpha_{sw} \bar{N} A_p + \chi_{sw} \bar{N}' L_f \varphi \}$$

$\alpha_{sw}$  : 先端部の支持力係数 225

$\bar{N}$  : 地盤補強材先端上下1Dの平均換算N値より下記表を用いて決定したN値 7

| 平均換算N値の範囲       | $1 < \bar{N}'' \leq 2$ | $2 < \bar{N}'' \leq 3$ | $3 < \bar{N}'' \leq 5$ | $5 < \bar{N}'' \leq 7$ | $7 < \bar{N}'' \leq 10$ | $\bar{N}'' > 10$ |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|
| 採用する $\bar{N}'$ | 1                      | 2                      | 3                      | 5                      | 7                       | 10               |

$A_p$  : 先端有効断面積 (m<sup>2</sup>) ただし、面積の算定は呼び径を用いる 0.0113 m<sup>2</sup>

$\chi_{sw}$  : 周面地盤の周面摩擦係数 29

$\bar{N}'$  : 地盤補強材の周面地盤の平均換算N値より下記表を用いて決定したN値 3

| 平均換算N値の範囲         | $1 < \bar{N}_f'' \leq 2$ | $2 < \bar{N}_f'' \leq 3$ | $3 < \bar{N}_f'' \leq 4$ | $4 < \bar{N}_f'' \leq 5$ | $\bar{N}_f'' > 5$ |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| 採用する $\bar{N}_f'$ | 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                 |

$L_f$  : 地盤補強材の周面地盤の長さ (m) 3.50 m

$\varphi$  : 地盤補強材の周長 (m) ただし周長は呼び径を用いて算定する。 0.3760 m

$${}_L R_a = \frac{1}{3} \{ \alpha_{sw} \bar{N} A_p + \chi_{sw} \bar{N}' L_f \varphi \} = 44.1 \text{ kN/本}$$

|               |        |            |                       |
|---------------|--------|------------|-----------------------|
| (5) 地盤補強材呼び径D | 120 mm | (9) 本数n    | 1 本                   |
| (6) 樹種        | すぎ     | (10) 有効断面積 | 0.0113 m <sup>2</sup> |
| (7) 地盤補強材形状   | テーパー状  | (11) 周長    | 0.3760 m              |
| (8) 地盤補強材長L   | 5m     | (12) 先行掘削  | 0.00 m                |





# 計算例

| 推定土質 | 貫入深さ (m) | 荷重 Wsw (kN) | 半回転数 Na | 1m当りの反回転数 Nsw | 荷重 Wsw (kN) |     |      |   | 貫入量1m当りの半回転数 Nsw |     |     | 換算N   |
|------|----------|-------------|---------|---------------|-------------|-----|------|---|------------------|-----|-----|-------|
|      |          |             |         |               | 0.25        | 0.5 | 0.75 | 1 | 75               | 150 | 300 |       |
| 粘性土  | 0.25     | 1.00        | 7       | 28            |             |     |      |   |                  |     |     | 4.4   |
| 粘性土  | 0.5      | 1.00        | 7       | 28            |             |     |      |   |                  |     |     | 4.4   |
| 粘性土  | 0.75     | 1.00        | 4       | 16            |             |     |      |   |                  |     |     | 3.8   |
| 粘性土  | 1        | 1.00        | 2       | 8             |             |     |      |   |                  |     |     | 3.4   |
| 粘性土  | 1.25     | 1.00        | 1       | 4             |             |     |      |   |                  |     |     | 3.2   |
| 粘性土  | 1.5      | 1.00        | 0       | 0             |             |     |      |   |                  |     |     | 3     |
| 粘性土  | 1.75     | 1.00        | 0       | 0             |             |     |      |   |                  |     |     | 3     |
| 粘性土  | 2        | 1.00        | 0       | 0             |             |     |      |   |                  |     |     | 3     |
| 粘性土  | 2.25     | 1.00        | 0       | 0             |             |     |      |   |                  |     |     | 3     |
| 粘性土  | 2.5      | 1.00        | 0       | 0             |             |     |      |   |                  |     |     | 3     |
| 粘性土  | 2.75     | 0.75        | 0       | 0             |             |     |      |   |                  |     |     | 2.25  |
| 粘性土  | 3        | 0.75        | 0       | 0             |             |     |      |   |                  |     |     | 2.25  |
| 粘性土  | 3.25     | 1.00        | 1       | 4             |             |     |      |   |                  |     |     | 3.2   |
| 粘性土  | 3.5      | 1.00        | 2       | 8             |             |     |      |   |                  |     |     | 3.4   |
| 粘性土  | 3.75     | 1.00        | 4       | 16            |             |     |      |   |                  |     |     | 3.8   |
| 粘性土  | 4        | 1.00        | 2       | 8             |             |     |      |   |                  |     |     | 3.4   |
| 粘性土  | 4.25     | 1.00        | 5       | 20            |             |     |      |   |                  |     |     | 4     |
| 砂質土  | 4.5      | 1.00        | 20      | 80            |             |     |      |   |                  |     |     | 7.36  |
| 粘性土  | 4.75     | 0.75        | 0       | 0             |             |     |      |   |                  |     |     | 2.25  |
| 粘性土  | 5        | 0.75        | 0       | 0             |             |     |      |   |                  |     |     | 2.25  |
| 粘性土  | 5.25     | 1.00        | 0       | 0             |             |     |      |   |                  |     |     | 3     |
| 粘性土  | 5.5      | 1.00        | 2       | 8             |             |     |      |   |                  |     |     | 3.4   |
| 砂質土  | 5.75     | 1.00        | 7       | 28            |             |     |      |   |                  |     |     | 3.876 |
| 砂質土  | 6        | 1.00        | 204     | 150           |             |     |      |   |                  |     |     | 12.05 |

検討には  
スクリーウェイト貫入試験 (SS)  
が必要となります。

Df=1m

摩擦長3.5m  
採用N値 3

改良長 5

採用N値 7 (砂質土)



概要



# GBRC 性能証明取得工法

必要に応じて、随時改定（適用範囲の拡大）を行います

ASSESSMENT OF TECHNOLOGY  
FOR BUILDING CONSTRUCTION

GBRC 性能証明 第09-07号 改6

## 建築技術性能証明書

**技術名称:** 環境パイル工法  
—防腐・防蟻処理木材による地盤補強工法— (改定6)

**申込者:** 兼松サステック株式会社 代表取締役社長 高崎 賢  
東京都中央区日本橋浜町三丁目3番2号トルナーレ日本橋浜町6階

**技術概要:** 本技術は、円柱状もしくはテーパ状に成形した木材を圧入専用重機にて地盤中に無回転で圧入し、これを地盤補強材として利用する技術である。本工法では、常水面以下での木製補強材の利用を可能とするため、JAS 認定品もしくは AQ 認定品である防腐・防蟻処理を施した補強材を用いることとしている。また、補強材の確実な支持能力を確保するために、施工時の圧入力による品質管理を行うこととしている。また、補強材の確実な支持能力を確保するために、施工時の圧入力による品質管理を行うこととしている。なお、本工法による補強地盤の鉛直支持力は、基礎底面下の地盤の支持力を無視して杭状地盤補強材の支持力のみを考慮することとしている。

**開発趣旨:** 従来の木杭を用いた地盤補強技術は、腐朽やシロアリ等の影響が懸念され、耐久性に問題があると考えられていた。また、設計を行う際に必要な支持力係数が明確でないため、経験則により杭配置を行っていた。これらの問題を解消するため、本工法では、円柱状あるいはテーパ状に成形した木材に防腐・防蟻処理を施すことで耐久性を向上させるとともに、載荷試験に基づいて設計に必要な支持力係数を設定している。さらに、自然材料である木材を地盤補強材として利用することによって、環境負荷の低減を意図している。

当法人の建築技術認証・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、2020年6月末日までとする。

2017年6月12日 一般財団法人 日本建築総合試験所  
理事長 辻 文 三

記

**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: 環境パイル工法 性能証明のための説明資料  
資料2: 環境パイル工法 設計・施工基準  
資料3: 載荷試験資料  
資料4: 更新資料  
資料1には、本技術の目標性能達成の妥当性を確認した説明資料がまとめられている。資料2は、本技術の設計・施工基準であり、適用範囲、使用材料、設計方法、施工手順などが示されている。資料3には、資料1で用いた個々の載荷試験結果報告書や立会施工試験報告書などが取りまとめられている。資料4には、施工実績や運用体制の維持状況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、単杭状の補強材の鉛直支持力についてのみを対象としており、以下の通りである。  
申込者が提案する「環境パイル工法 設計・施工基準」に従って施工された補強地盤の長期鉛直荷重に対する支持能力は、同基準に定めるスウェーデン式サウンディング試験結果に基づき支持力算定式で適切に評価できる。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、工法が適正に使用されている。

ASSESSMENT OF TECHNOLOGY  
FOR BUILDING CONSTRUCTION

GBRC 性能証明 第11-29号 改4

## 建築技術性能証明書

**技術名称:** 環境パイルS工法  
—防腐・防蟻処理木材による複合地盤補強工法— (改定4)

**申込者:** 兼松サステック株式会社 代表取締役社長 高崎 賢  
東京都中央区日本橋浜町三丁目3番2号トルナーレ日本橋浜町6階

**技術概要:** 本技術は、円柱状もしくはテーパ状に成形した木材を圧入専用重機にて地盤中に無回転で圧入し、これを地盤補強材として利用するとともに、この補強材の支持力に基礎スラブの支持力を複合させることで、支持能力の増大を図った複合地盤補強工法である。なお、本技術における地盤補強材は、2017年6月12日に（一財）日本建築総合試験所 GBRC 性能証明 第09-07号 改6として性能証明された環境パイル工法を用いることとしている。ただし、先端部がベンジル状の補強材は使用しない。

**開発趣旨:** 本技術は、地盤補強材と基礎スラブが一体的に沈下するとみなして、地盤補強材の支持力に低減した基礎スラブの支持力を加えたものを補強地盤の支持力として評価する工法である。

当法人の建築技術認証・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、2020年6月末日までとする。

2017年6月12日 一般財団法人 日本建築総合試験所  
理事長 辻 文 三

記

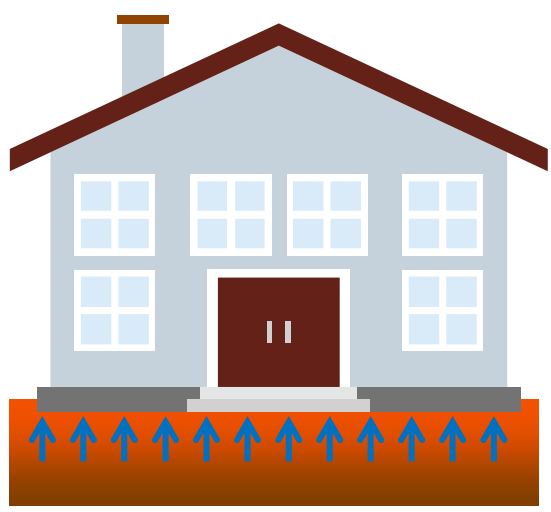
**証明方法:** 申込者より提出された下記の資料により性能証明を行った。  
資料1: 環境パイルS工法 性能証明のための説明資料  
資料2: 環境パイルS工法 設計・施工基準  
資料3: 載荷試験資料  
資料4: 更新資料  
資料1には、本技術の目標性能達成の妥当性を確認した説明資料がまとめられている。資料2は、本技術の設計・施工基準であり、適用範囲、使用材料、設計方法、施工手順などが示されている。資料3には、資料1で用いた個々の載荷試験結果報告書などが取りまとめられている。資料4には、施工実績や運用体制の維持状況がまとめられている。

**証明内容:** 本技術についての性能証明の内容は、補強地盤の鉛直支持力についてのみを対象としており、以下の通りである。  
申込者が提案する「環境パイルS工法 設計・施工基準」に従って施工された補強地盤の長期鉛直荷重に対する支持能力は、同基準に定めるスウェーデン式サウンディング試験結果に基づき支持力算定式で適切に評価できる。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、工法が適正に使用されている。

名前は似てるけど…

# 何が違うの??

# 複合地盤の概念図

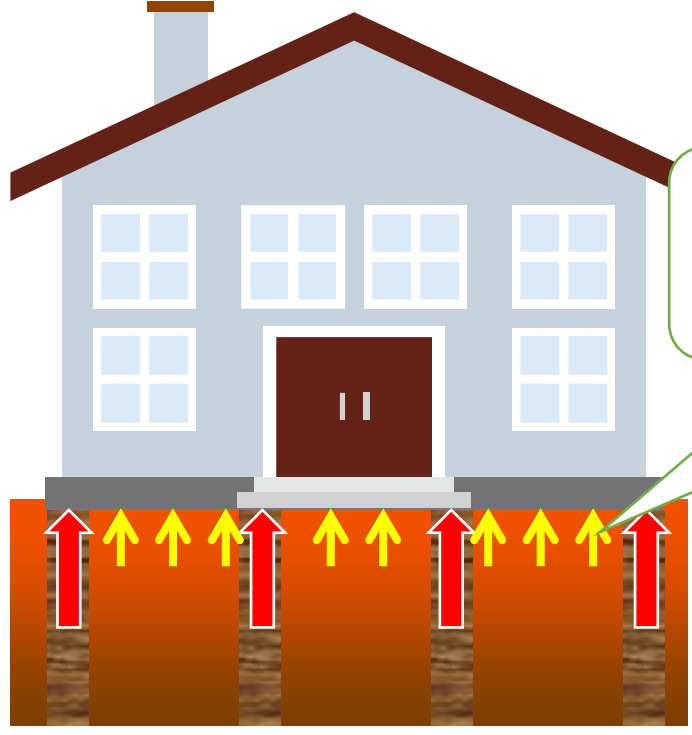


直接基礎  
↓  
地盤のみで  
支える



環境パイル工法

杭状地盤補強  
↓  
杭のみで支える



地盤反力が加わることで  
こんなメリットが！

複合地盤（平面地盤補強）  
・直接基礎＋杭状地盤補強  
・地盤＋杭の支持力  
・基礎に対して負担軽減

環境パイル S 工法

- 従来工法と比較し、
- ①m数が短くなる
  - ②本数が少なくなる
  - ③施工期間が短縮される



**経済設計が可能**  
となりました



適用範囲



# GBRC適用範囲（建築としての運用は赤文字）

## (1) 地盤補強材の諸元

材質：べいまつ、からまつ、**すぎ**、ひのき、とどまつ

外径：**120mm**, **140mm**, 160mm, 180mm

長さ：6m以下

最大施工長さ：**Φ120mm・140mmは12.0m**、Φ160mm・180mmは6.0m

Φ120mm→テーパー  
Φ140mm→円柱

## (2) 防腐・防蟻薬剤

使用薬剤：**CUAZ**（銅・アゾール化合物系木材保存剤）

ACQ（銅・第四級アンモニウム化合物系木材保存剤）

注入方法：加圧注入

公的認証：AQ認証（財団法人日本保存木材, 認証番号AQ-041-B3-7及びAQ-041-B3-7）

## (3) 適用地盤

先端地盤：粘性土地盤、砂質土地盤、礫質地盤

周面地盤：粘性土地盤、砂質土地盤

## (4) 適用建築物

①地上3階以下

②建築物高さ13m以下

③延べ面積1500㎡以下（平屋に関しては3000㎡）

## (5) 地盤補強材の間隔

2.5D以上（ただし、2.5D未満の場合は設計者と協議すること）

※建築としての適用範囲で  
NETISとしての縛りなし

### 【環境パイルS工法のための適用範囲】

## (3) 適用地盤

基礎底盤下地盤：粘性土地盤、砂質土地盤

## (4) 適用建築物

④基礎構造 連続基礎あるいはべた基礎

⑤長期接地圧：50kN/㎡以内

樹種は？



# 従来の木杭イメージ

形状は？

皮がついていて太い

材質は？

イメージは「マツ」

打ち方は？

モンケンで打撃貫入

先端は？

尖ってるよね





# 材種は“杉”がメインです

伐採した樹木



まずは…表皮を剥き



そのままの  
状態

末口φ120mm テーパー形状



円柱状に  
定型化

Φ140mm円柱状ロータリー形状

# スギ・マツの強度比較

## 針葉樹の基準強度

表 2.1.3 針葉樹の構造用製材の JAS に適合する目視等級によるものの基準強度 (H12 建告 1452) (N/mm<sup>2</sup>)

| 区分   | 甲種構造材 |      | 乙種構造材 |      |
|------|-------|------|-------|------|
|      | 等級    | 圧縮   | 等級    | 圧縮   |
| べいまつ | 一級    | 27.0 | 一級    | 27.0 |
|      | 二級    | 18.0 | 二級    | 18.0 |
| からまつ | 一級    | 23.4 | 一級    | 23.4 |
|      | 二級    | 20.4 | 二級    | 20.4 |
| すぎ   | 一級    | 21.6 | 一級    | 21.6 |
|      | 二級    | 20.4 | 二級    | 20.4 |
| ひのき  | 一級    | 30.6 | 一級    | 30.6 |
|      | 二級    | 27.0 | 二級    | 27.0 |

住宅基礎用コンクリートの基準は日本建築学会JASS5にあり、そこには下記の通り規定されています。

- 基礎設計に用いる強度（設計基準強度）  
→18N/mm<sup>2</sup>
- 実際に施工するときの強度（呼び強度）  
→24N/mm<sup>2</sup>

深層混合処理工法は？  
一般的なFc=600という強度は0.6N/mm<sup>2</sup>(600kN/m<sup>2</sup>)を意味します

コンクリートの設計基準強度 < **スギの圧縮強度** < コンクリートの呼び強度

18N/mm<sup>2</sup>                      **20.4N/mm<sup>2</sup>**                      24N/mm<sup>2</sup>

# 材料確認（テーパー部材）

実際に使用する材料になります。  
継いで施工が必要な場合は継手金具を使用します。  
補強材頭部を保護する平板を固定します。

テーパー状（皮むき）タイプ



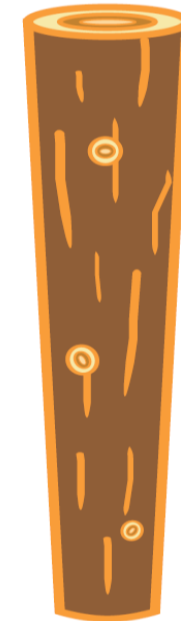
環境パイル（テーパー）



継手金具



杭頭平板



120mm





## 材料確認（ロータリー円柱部材）

実際に使用する材料になります。  
継いで施工が必要な場合は継手金具を使用します。  
補強材頭部を保護するキャップをはめて、固定します。

円柱（ロータリー）タイプ



環境パイル（円柱）



継手金具



杭頭平板



140mm

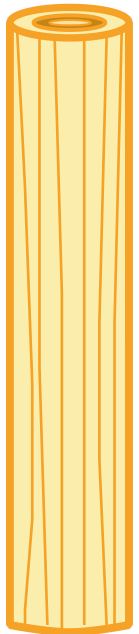


# 施工長（継杭-円柱）



※最大2カ所継手だが、  
基本的には1回継手に対応

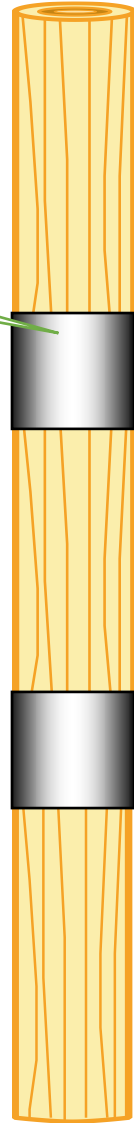
最大6.0m（1本もの）



12m（継杭可能）



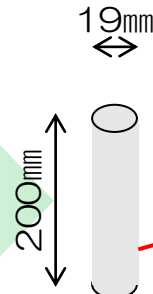
継ぎ治具



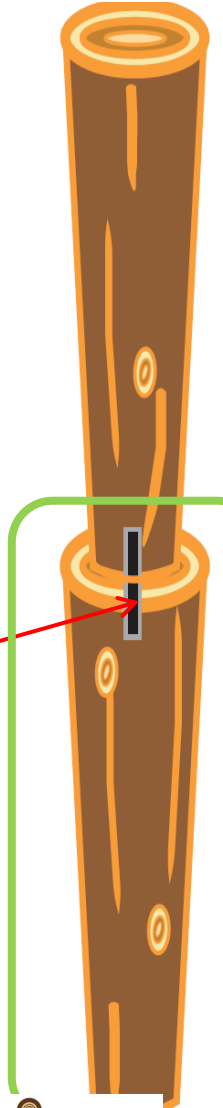
最大6.0m（1本もの）



12m（継杭可能）



連結丸鋼



# 加工した木材に加圧注入保存処理を施し高耐久化

## AQ認証取得

(優良木質建材等認証) 取得

環境パイル (S) 工法に用いる部材は、**JAS認定**もしくは**AQ認証**を取得している工場にて**加圧注入木材保存処理**を施します。処理が施された部材はJASが規定する保存処理区分で**K4** (極めて高度の耐久性が要求される用途向けの性能) の防腐・防蟻を実現しました。



1種：針葉樹の構造用製材等のJAS(以下「JAS」という)に規定する保存処理の性能区分の**K4相当**

2種：JASに規定する保存処理の性能区分のK3相当

3種：JASに規定する保存処理の性能区分のK2相当

注：性能区分の解説

1種：**極めて高度の耐久性が要求される用途向けの性能**

2種：屋内や地面に接しないよう向けの性能

3種：比較的寒冷な地域で、屋内や地面に接しない用途向けの性能



長期優良住宅の防腐土台角は、2種相当

環境パイルの部材は **1種 (K4相当)**



# 木材を利用した地盤補強(木杭)耐久性の研究事例



# 木材の一番の弱点は「耐久性」

- 何故木材は腐るか？
- どのような状況だと腐るのか？
- どのような状況だと腐らないのか？
- 最新の防腐・防蟻技術はどの程度の効力なのか？



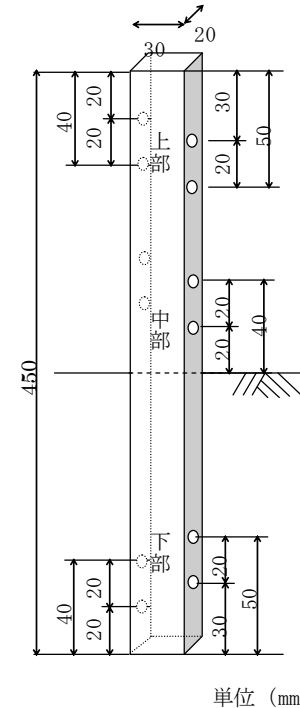


# 木材を利用した地盤補強(木杭)の耐久性の評価

- 1) テストピースの暴露試験 (試験期間20年のデータ)
- 2) 実大杭暴露試験 (試験期間10年のデータ)
- 3) 加速劣化試験 (促進試験で60年分のデータ)
- 4) 木杭で支持されていた実建造物の評価 (80年以上の実績を評価)



# 木材を利用した地盤補強(木杭)の耐久性 暴露試験



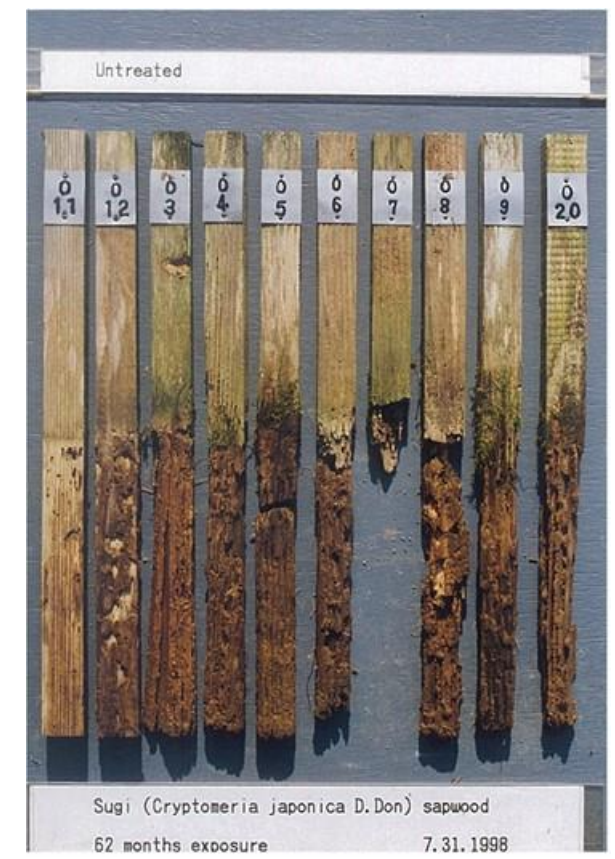
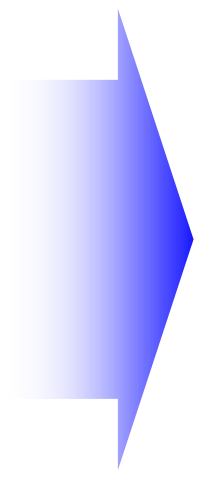
本試験は、愛知県知多郡美浜町にある社有野外試験場（写真-1）にて、スギの辺材（柁目）を3cm×2cm×45cmに製材した供試体を地中部に約22.5cm貫入した状況（図-1）で**1993年5月31日～2006年2月9日までの約15年間に渡り暴露状態で**放置後、供試体の腐朽状況等を比較したものである。

# 木材を利用した地盤補強(木杭)の暴露試験



Untreated

Sugi 0 month ( before exposure ) 5.28.1993



Untreated

Sugi 62 month ( before exposure ) 31.1998





# 木材を利用した地盤補強(木杭)の暴露試験



Treated

Sugi 0 month (before exposure) 5.28.1993



Treated

Sugi 152 month (before exposure) 2.10.2006

試験経過後20年以上





# 実大杭での耐久性評価試験



東北地方  
九州地方  
沖縄地方 他

全国各所における実大杭の暴露試験状況

無処理杭  
(5～9年で地際部から腐朽)



試験開始

試験後5～9年

処理杭  
(15年経て健全を維持)



試験開始

試験後15年

試験経過後15年以上 (継続中)



# 加速劣化試験（腐食促進試験）



→  
**60回  
繰り返し**  
※耐候操作1回で  
1年分相当  
←



湿潤

写真-1 耐候操作状況

乾燥

写真-2 抗菌操作試験状況

写真-3 試験後の状況

実大試験杭に用いている薬剤においてJIS K 1571に示されている防腐性能室内試験を実施した。

耐候試験は**60回**実施（JIS K 1571の基準では繰り返し回数は9回、試験1回は一年相当）。

| 質量減少率 | 抗菌処理杭       |             | 無処理杭         |              |
|-------|-------------|-------------|--------------|--------------|
|       | 0.00% (TYP) | 0.00% (COV) | 37.53% (TYP) | 24.17% (COV) |

処理を行った試験片については質量減少が確認できず、健全な状態が保たれていることがわかっている。



# 技術的課題を解決・集約 して第三者認証を取得

支持力機構などの物理的設計乗数や施工管理手法などを確立し、

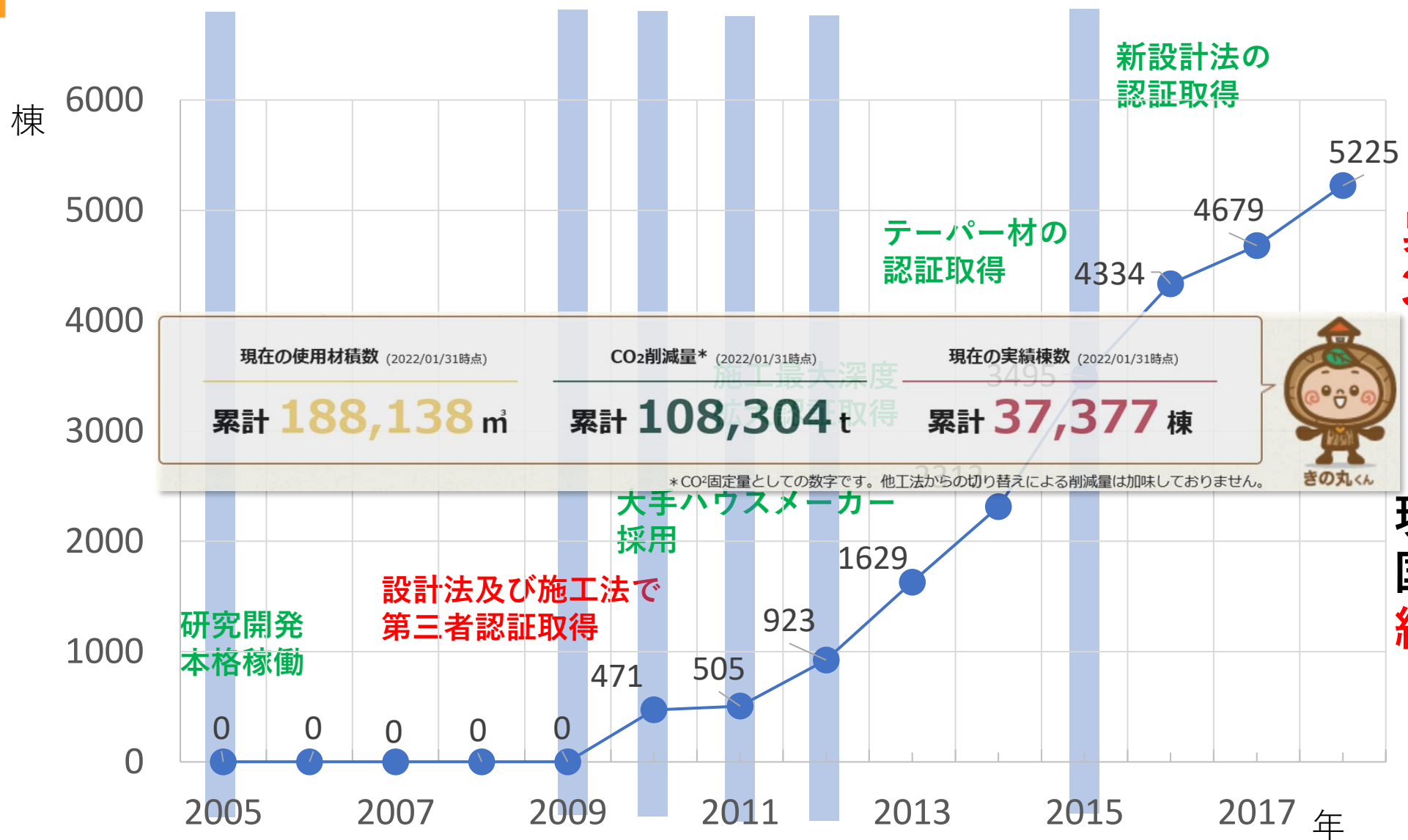
2009年日本国内で初めて、**木杭の第三者認証**（建設技術性能証明）を取得しました。

また、環境パイル工法は上記支持力機構に加えて**材料の耐久性**も第三者に評価されている**唯一無二の工法**となりました。

近年では、住宅以外の**非住宅分野での施工実績も非常に多く**、温室効果ガス排出削減に大きく寄与しています。



# 第三者認証を受けた木杭「環境パイル工法」の実績



|                                  |                                     |                        |
|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| 現在の使用材積数 (2022/01/31時点)          | CO <sub>2</sub> 削減量* (2022/01/31時点) | 現在の実績棟数 (2022/01/31時点) |
| 累計 <b>188,138</b> m <sup>3</sup> | 累計 <b>108,304</b> t                 | 累計 <b>37,377</b> 棟     |

\*CO<sub>2</sub>固定量としての数字です。他工法からの切り替えによる削減量は加味しておりません。



**2020年**

**累計施工実績  
3万棟突破！**



**現在使用した  
国産木材は、  
約18万m<sup>3</sup>**

※集合住宅等も1棟としてカウント





# 木材の更なる地中利用拡大に向けた 様々な研究開発と取り組み

- 細径杭、大径杭の利用範囲の拡大。

現在、木杭として使われている杭径はφ120～180mm程度。しかし、木材供給側からすれば小径から大径まで一括販売を望んでおり、偏った杭径の購買はバイオマス等への供給へ流れてしまう。

- 超軟弱地盤における取組

古くは木杭の実績は、超軟弱地盤にける実績が多かったが、適用範囲を拡大するためにも、この様な超軟弱地盤での実験を行いデータを蓄積し必要がある。

- 木材の耐久性向上の技術開発

木材の地中利用の課題として最も大きいと言えるのが木材の耐久性である。技術開発も必要だが、間違った認識の払拭、適用範囲を理解しての仕様が必要。

- 液状化対策

軟弱粘性土地盤における構造物の不同沈下防止として木材利用拡大が行われているが砂地盤にける液状化抑止工としての研究開発および利用拡大も行われている。



「環境パイル工法」は、様々なエコ事業に参画  
もしくは認証されています。



優良木材建材認証



SDGs事業認証



GBRC 性能証明 第09-07号



材料学会証明書

工事の受注・工事成績向上にご活用ください



合法木材供給事業者認定



木づかい運動



GPN適合商品



エコマーク認証



# 「環境パイル工法」は、様々な評価を受けています。

環境パイルは全国で累計3万件を超える施行実績を持ち、日本国内における持続可能な森林管理・経営に少なからず貢献。また、独自の技術によりセメントと同等の耐用年数を可能としており、木材のカーボンニュートラルとも相まって、CO<sub>2</sub>削減への貢献も期待できる。



エコマークアワード2020  
優秀賞



環境省 第9回グッドライフアワード  
環境大臣賞（企業部門） 受賞





# 「環境パイル工法」は、様々な評価を受けています。

住宅建設時の地盤補強に間伐材を含む国産木材を使用した「環境パイル材」で家を支える「環境パイル工法」により、従来工法より、住宅1棟あたり、約8tのCO<sub>2</sub>を削減。加えて、使用する国産木材のCO<sub>2</sub>吸収量が2tあり、CO<sub>2</sub>削減効果は合計約10tになるため、積極的活用により、年間10万tのCO<sub>2</sub>削減を目指している。さらに、国内人工林の間伐材を有効利用することで、国内林業界の活性化、森林環境の健全性維持にもつながるため、「環境パイル工法」を積極的に推進している事に対して表彰された。



第30回地球環境大賞  
環境大臣賞受賞

第30回  
地球環境大賞  
Since 1992



木材利用促進の好例であり、使用時に土壌・水質汚染がない点など、環境・社会・経済すべてで大きな意義と価値のある取り組みである。地域産間伐の利用で森林保全利用にもなることから、普及をすることにより環境社会へのインパクトを持っている。



第5回エコプロアワード  
農林水産大臣賞受賞

エコプロアワード  
2022  
EcoPro Awards





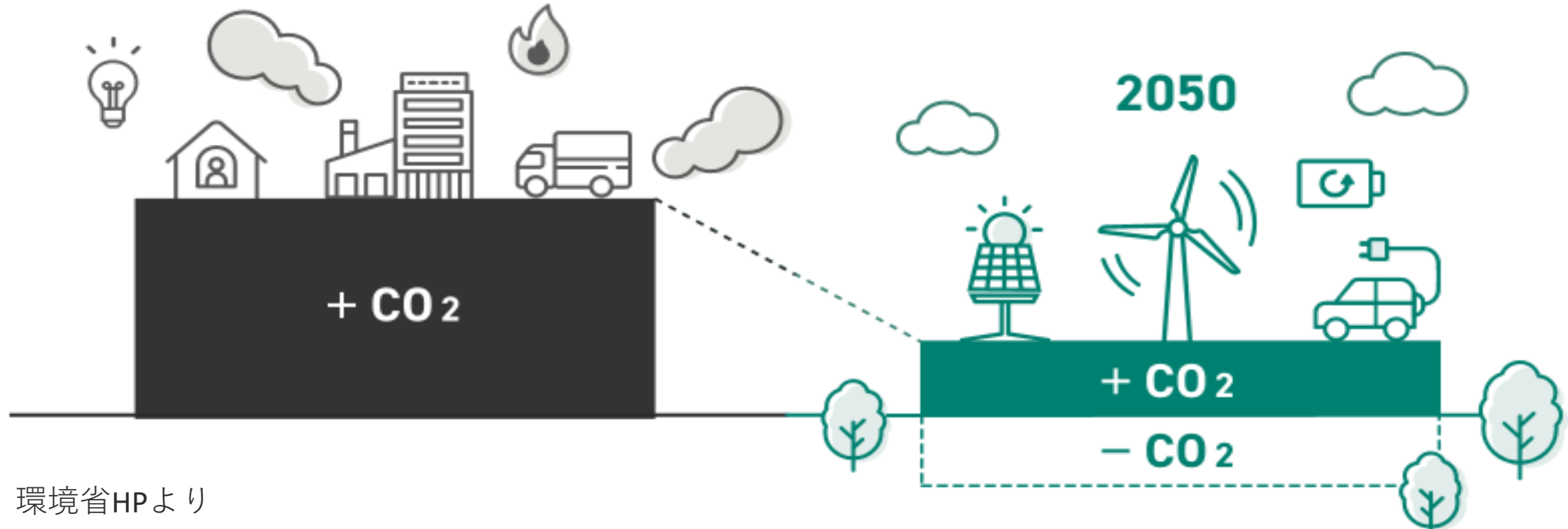


# 環境マイルでカーボンニュートラル

「排出を全体としてゼロ」というのは、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの「排出量」<sup>※</sup>から、植林、森林管理などによる「吸収量」<sup>※</sup>を差し引いて、合計を実質的にゼロにすることを意味しています。

※人為的なもの

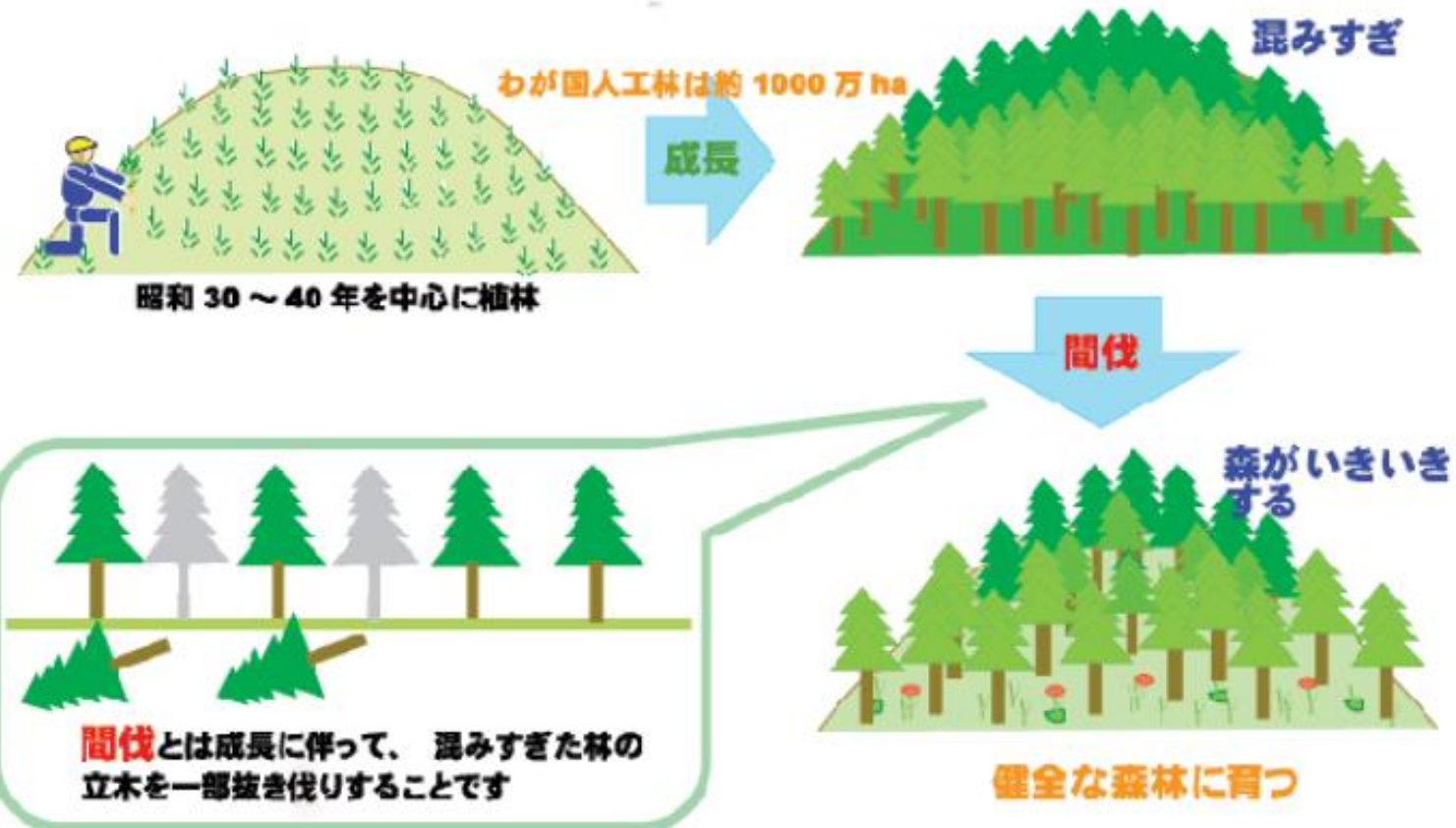
カーボンニュートラルの達成のためには、温室効果ガスの排出量の削減 並びに 吸収作用の保全及び強化をする必要があります。



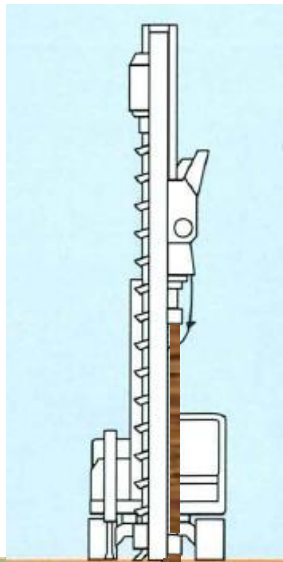
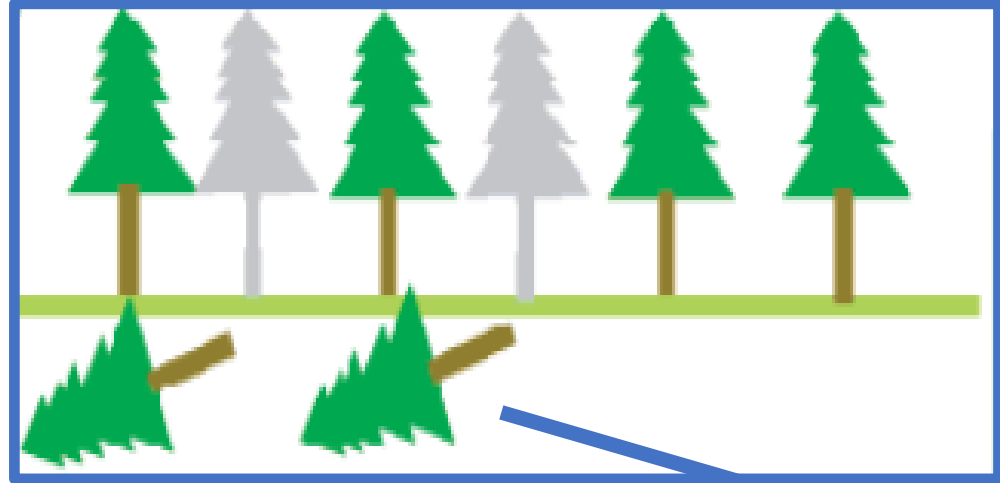


# 環境パイルでカーボンニュートラル

## 間伐とは？



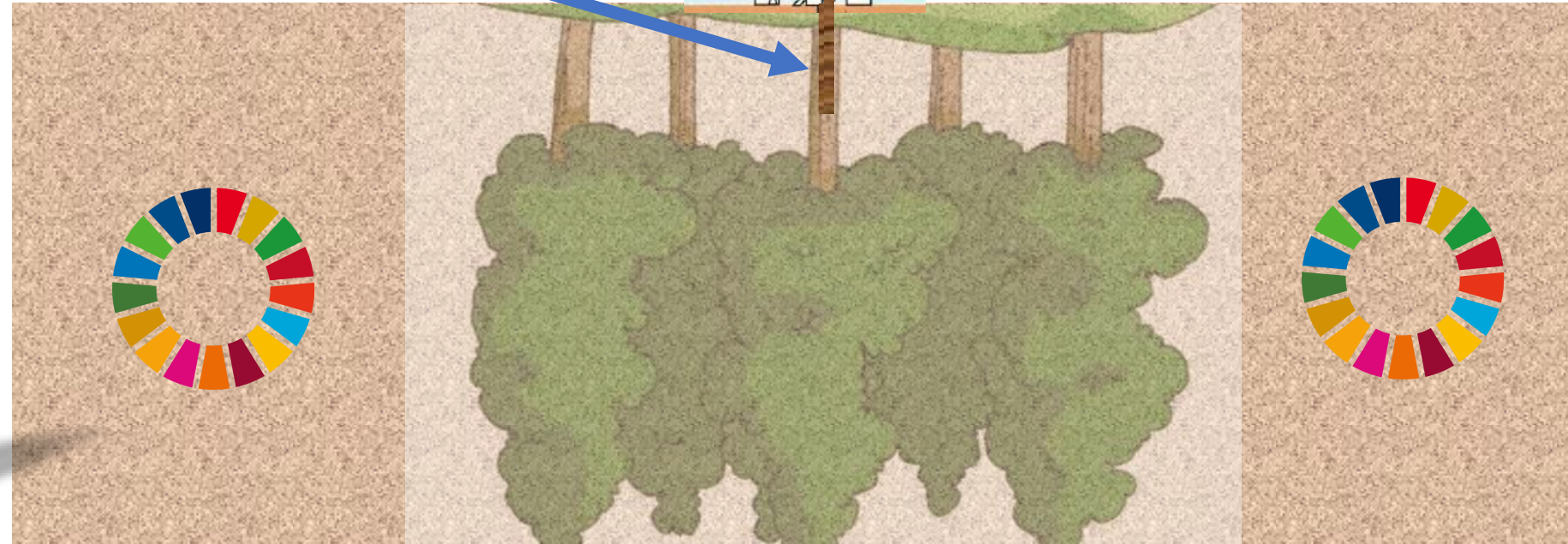
# 環境パイルでカーボンニュートラル



Φ140mm 6.0m  
1本で  
≒67kgの炭素貯蔵

地中に植林

例：学校で30セット  
使用して≒炭素貯蔵  
200kg≒40年生杉2本





# 木材中に貯蔵されたCO<sub>2</sub>量の算出方法

## 1.1 環境パイルのCO<sub>2</sub>貯蔵量と排出量

木材のCO<sub>2</sub>貯蔵量の計算手法は複数あるが、今回は温室効果ガスの排出・吸収量算定のガイドラインとされているIPCCのLULUCF-GPGに基づき計算した。

木材中に貯蔵されたCO<sub>2</sub>量は式(1)により求めた。

$$S_{\text{Log}} = V_{\text{Log}} \times \rho_{\text{Log}} \times K_{\text{C}} \times K_{\text{CO}_2/\text{C}} \quad \dots \dots \text{式 (1)}$$

ここで、 $S_{\text{Log}}$  : CO<sub>2</sub>貯蔵量 (kg-CO<sub>2</sub>)

$V_{\text{Log}}$  : 環境パイル材積 (m<sup>3</sup>) (末口二乘法)

$\rho_{\text{Log}}$  : 使用した丸太の容積密度 (kg/m<sup>3</sup>、=314 : スギ)

$K_{\text{C}}$  : 環境パイルの質量に対する炭素量の割合 (=0.5 : 樹種によらず)

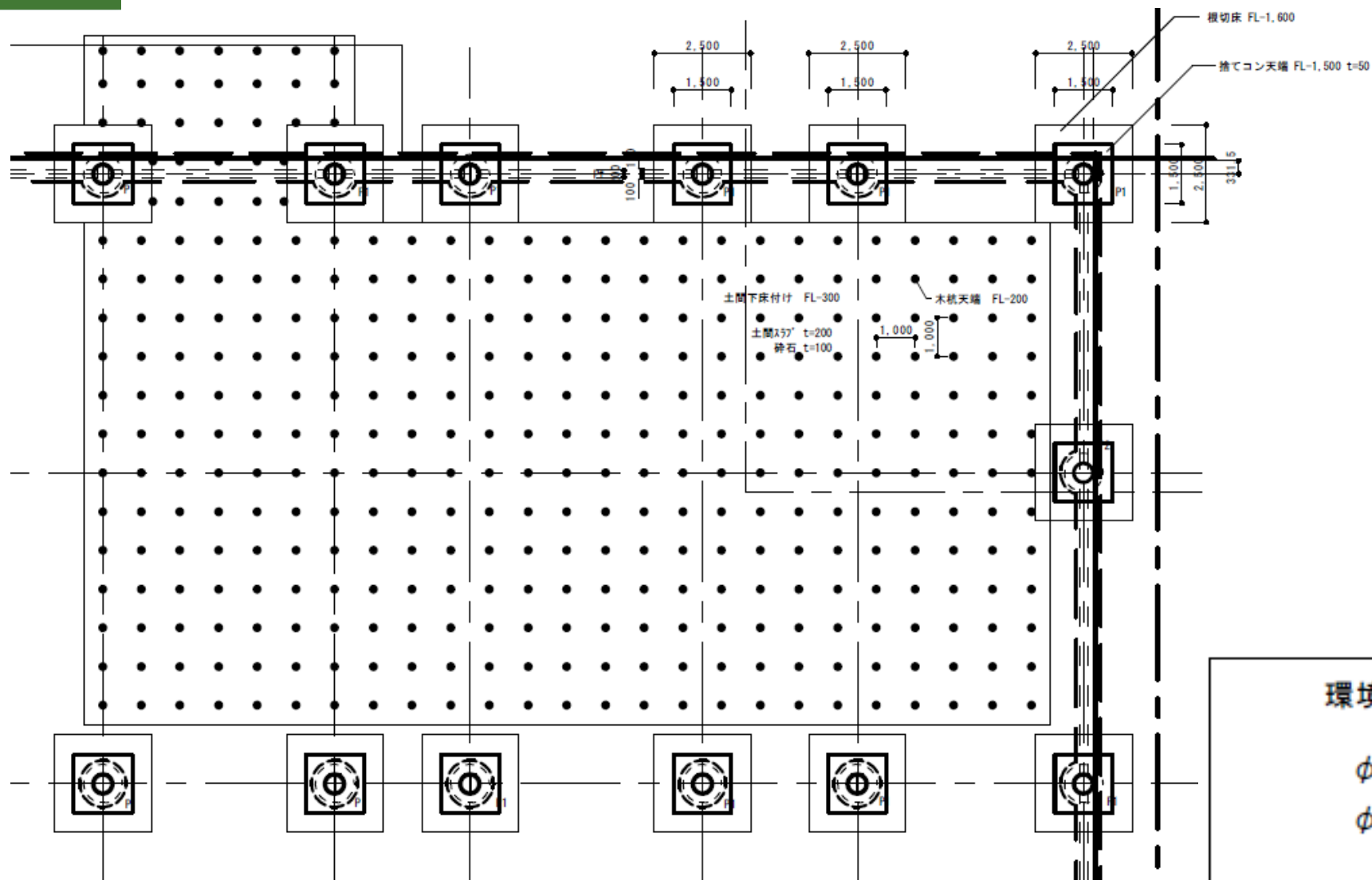
$K_{\text{CO}_2/\text{C}}$  : 炭素をCO<sub>2</sub>に換算する係数 (=44/12)







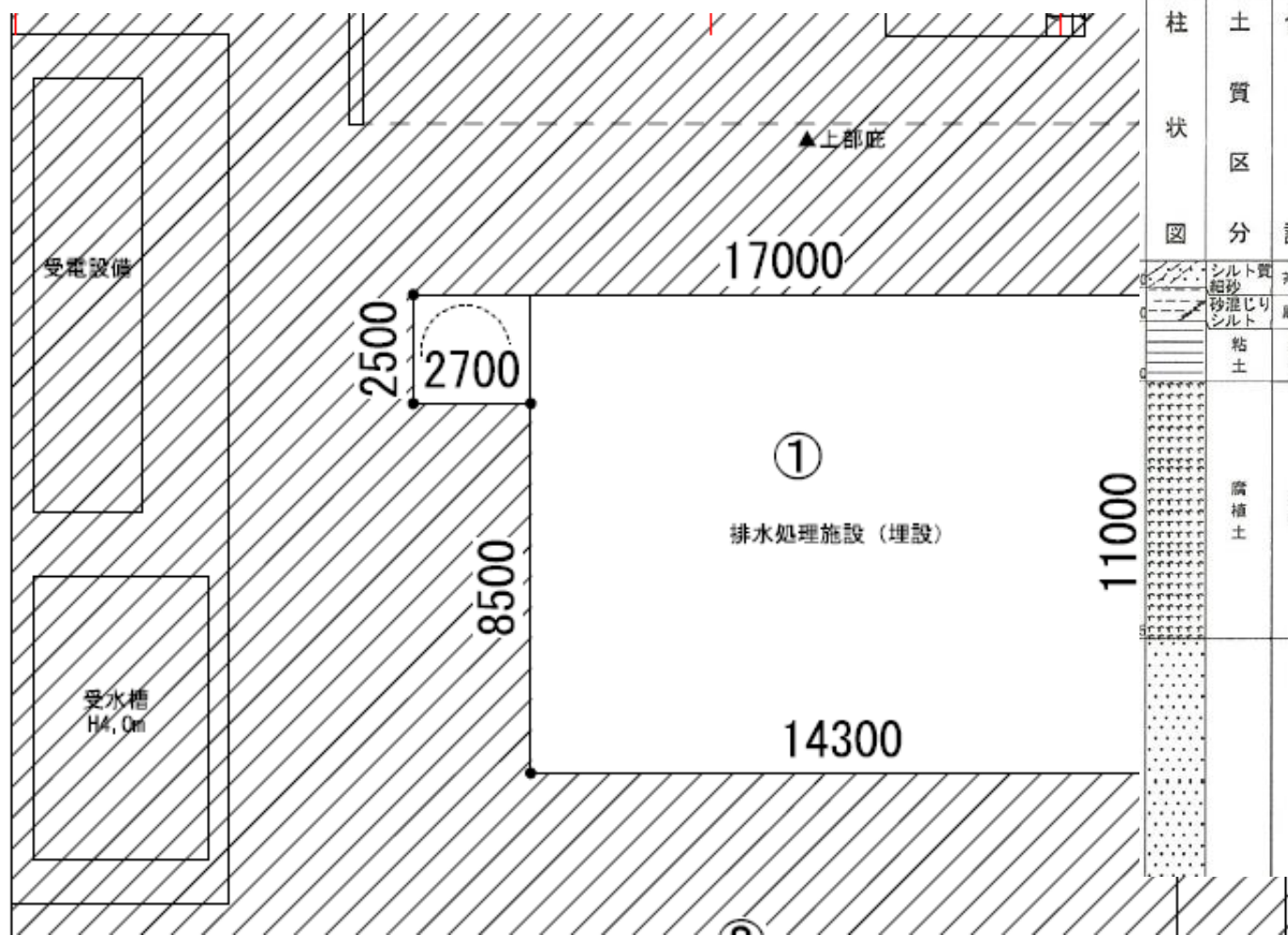
# 使用事例【建築：土間補強杭】



環境パイルS工法 (テーパー)  
 GBRC性能証明 第11-29号改  
 φ 120mm × 4.0m × 300本  
 φ 120mm × 5.0m × 56本  
 設計接地圧 50KN/m<sup>2</sup> (土間部)



# 使用事例【設備基礎やタンク基礎】



| 柱状図  | 土質区分    | 色調 | 相対密度 | 相対稠度    | 記 事                                       | 孔内水位(m) / 測定月日 | 標準貫入試験  |             |      |      |                 |     |   |
|------|---------|----|------|---------|---|----------------|---------|-------------|------|------|-----------------|-----|---|
|      |         |    |      |         |   |                | 深 度 (m) | 10cmごとの打撃回数 |      |      | 打撃回数 / 貫入量 (cm) | N 値 |   |
|      |         |    |      |         |   |                |         | 0           | 10   | 20   |                 |     |   |
|      | シルト質細砂  | 茶灰 |      |         | シルトや礫を混入する含水量は少ない                         | 2/15           | 1.15    |             | 1/30 | 1/30 | 1               |     |   |
|      | 砂混じりシルト | 黒灰 |      |         | 粗砂を多く混入する粘性は中位~やや弱い                       | 1.45           |         |             |      |      | 0               |     |   |
|      | 粘土      | 黒褐 |      | 非常に軟らかい | 粘性は強い全体に腐植物を多く混入し、所々腐植土状を呈する              | 2.15           |         |             | 0    | 0/30 | 0               |     |   |
|      | 腐植土     | 茶褐 |      | 非常に軟らかい | 未分解の腐植土からなる全体に繊維質が多く残る一部では粘土化している非常に軟弱である | 2.45           | ハンマー自次  |             |      | 0    | 0/30            |     | 0 |
| 3.15 |         |    |      |         |   | ハンマー自次         |         |             | 0    | 0/31 | 0               |     |   |
| 3.45 | ハンマー自次  |    |      | 0       | 0/32                                      | 0              |         |             |      |      |                 |     |   |
| 4.15 | ハンマー自次  |    |      | 0       | 0/30                                      | 0              |         |             |      |      |                 |     |   |
| 4.47 | ハンマー自次  |    |      | 0       | 0/30                                      | 0              |         |             |      |      |                 |     |   |
| 5.15 | ハンマー自次  |    |      | 0       | 0/30                                      | 0              |         |             |      |      |                 |     |   |
| 5.45 | ハンマー自次  |    |      | 0       | 0/30                                      | 0              |         |             |      |      |                 |     |   |
| 6.15 | 3       | 4  | 5    | 12      | 6.30m以浅色調茶褐色を呈し、腐植物を少量混入する                | 12             |         |             |      |      |                 |     |   |
| 6.45 |         |    |      | 20/30   |   |                |         |             |      |      |                 |     |   |
| 7.15 | 5       | 7  | 8    | 20      |   |                |         |             |      |      |                 |     |   |
| 7.45 |         |    |      | 20/30   |   |                |         |             |      |      |                 |     |   |
| 8.15 | 6       | 8  | 9    | 23      | 粒子はやや不均一                                  |                |         |             |      |      |                 |     |   |
| 8.45 |         |    |      | 23/30   |   |                |         |             |      |      |                 |     |   |
| 9.15 | 6       | 7  | 9    | 22      |   |                |         |             |      |      |                 |     |   |

# 持続可能な社会の為に

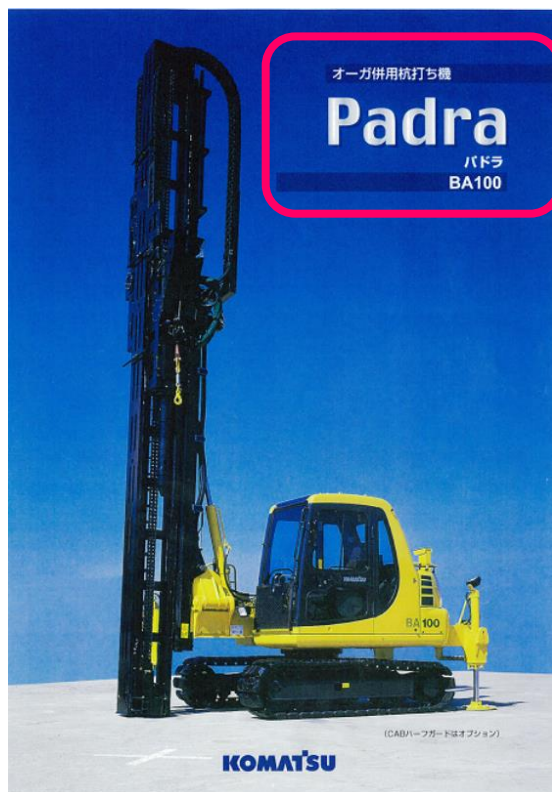


- **SDGsの達成**には、一人ひとりが当事者意識を強く持ち、自らの行動を変える必要があると考えます。
- そのためには、達成する目標が見える化されることが重要になってきます。
- 私たち**環境パイル協会**は、SDGs達成へ向けて、進捗状況を常に検証しながら、協会だからこそできることに着実に取り組み、実現してまいります。
- そして、その成果をグループ全員で実感することで、更なる取り組みに繋げてまいります。



# 使用重機

| 項目    | 単位 | BA100                          | BA100-2                             |
|-------|----|--------------------------------|-------------------------------------|
| 主要寸法  |    |                                | ポイント                                |
| 輸送時寸法 | mm | 8,690(全長)×2,460(全幅)×2,800(全高)  | 8,510(全長)×2,435/1,950(全幅)×2,800(全高) |
| 作業時寸法 | mm | 4,780(全長)×2,460(全幅)×10,110(全高) | 4,885(全長)×2,435(全幅)×10,165(全高)      |
| 機械重量  | kg | 11,500                         | 11,500                              |





END