

第2回木材地中利用シンポジウム ～木材を使った軟弱地盤対策の設計方法～

気候変動枠組み条約の下での伐採木材製品 (HWP)

への杭丸太の算定方法組み入れの試案



公益財団法人
国際緑化推進センター

2026年1月27日

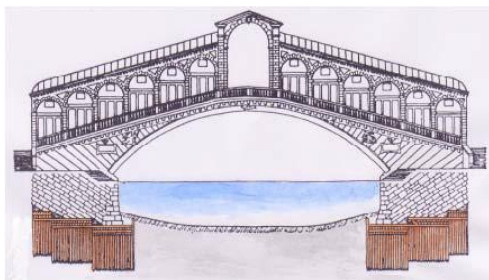
高原 繁

1

1. 地中利用木材（杭丸太）の歴史と炭素固定の可能性

■ 建築物基礎としての地中利用木材（杭丸太）は、歴史的建造物に利用されてきており、非常に長い期間、腐朽しないことが従来から知られている。

<歴史的な地中利用木材の例>



ベネチアのリアルト橋の基礎
(約400年前)



佐賀城の石垣桐木基礎
(180～400年前)



東京丸の内駅舎基礎
(約100年前)

■ 近年、軟弱地盤対策等のための、**地中利用木材の新たな工法が開発**されてきており、これらの新たな工法の打設量が拡大傾向にある。

このような地中利用木材の拡大は、災害防止だけでなく、炭素固定・貯留により地球温暖化防止に寄与するものであり、**自然力を活用したCCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage)**と位置付けることができる。

2

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、日本国政府は、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（Harvested Wood Products）**の炭素蓄積変化量を算定。

3

3. 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

（CLT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）

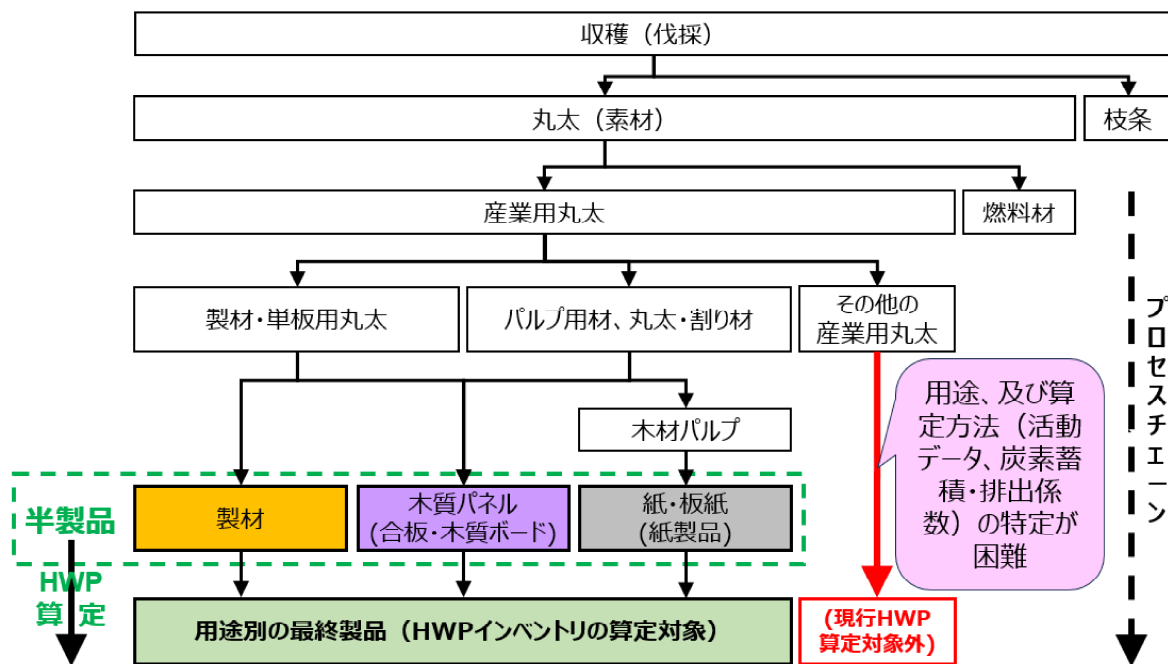
実施者：（公財）国際緑化推進センター（JIFPRO）

- 過去に打設した地中利用木材（杭丸太）の掘り出し調査
 - 腐朽による劣化の有無、劣化している部分について分解速度（質量減少半減期）の分析
- 地中利用木材のTier3での算定方法の提案
- 地中利用木材（杭丸太）の使用量等の実態調査

4

4. 地中利用木材の炭素固定量のインベントリ報告での現在の取扱い

■ 温室効果ガスインベントリ報告において、地中利用木材（杭丸太）は、HWPの「その他産業用丸太」の分類に分類されるが、現状は、**炭素固定量の算定方法が確立されていないため、HWP算定の対象外**（実質的に、森林伐採の時点で排出扱い）となっている。



➡ このため、今回、地中利用木材による炭素固定量をTier3により**インベントリ報告において算定するための方法を提案した。**

5

5. 地中利用木材（杭丸太）の打設工法

地中利用木材のインベントリ算定方法開発に当たっては、当面次のような工法を対象とした。

- ・施工基準により、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・劣化を防止することが明確**になっている。
- ・工法団体等の協力により、**活動量データ（打設量）の把握が可能**である。

なお、将来的には、設計・施工基準が明確であり打設量の把握が可能な、他の工法も算定対象に加えることが可能。








表 インベントリ算定対象工法

工法	開始年	用途	用途詳細	樹種	施工基準と地下水位
A工法	2010年	建築用	戸建て住宅、3階建て以下の低層建築物	スギが大半、その他はカラマツ、ヒノキ	防腐処理を施すことで高耐久性を維持し、地下水位が浅くても利用可能
B工法	2013年	建築用、(土木用)	戸建て住宅、3階建て以下の低層建築物、(軟弱地盤対策 (土木))	スギ、カラマツ	地下水位以下での利用を前提。杭頭は被覆土により密閉状態にすることで腐蝕を防ぐ。
C工法	2012年	建築用	戸建て住宅など小規模建築物	スギがほぼ100%	杭頭が地下水位上になる場合はトップコンクリート等を配置し、丸太頭部が地下水位以下になるよう施工
D工法	1976年	土木用	河川堤防、道路盛土、軌道盛土	スギ、カラマツ、トドマツ	基本的に地下水位以下となるよう設計。地下水位が深い場合にはコンサルと協議

6

6-1. 地中利用木材の掘出し試験結果

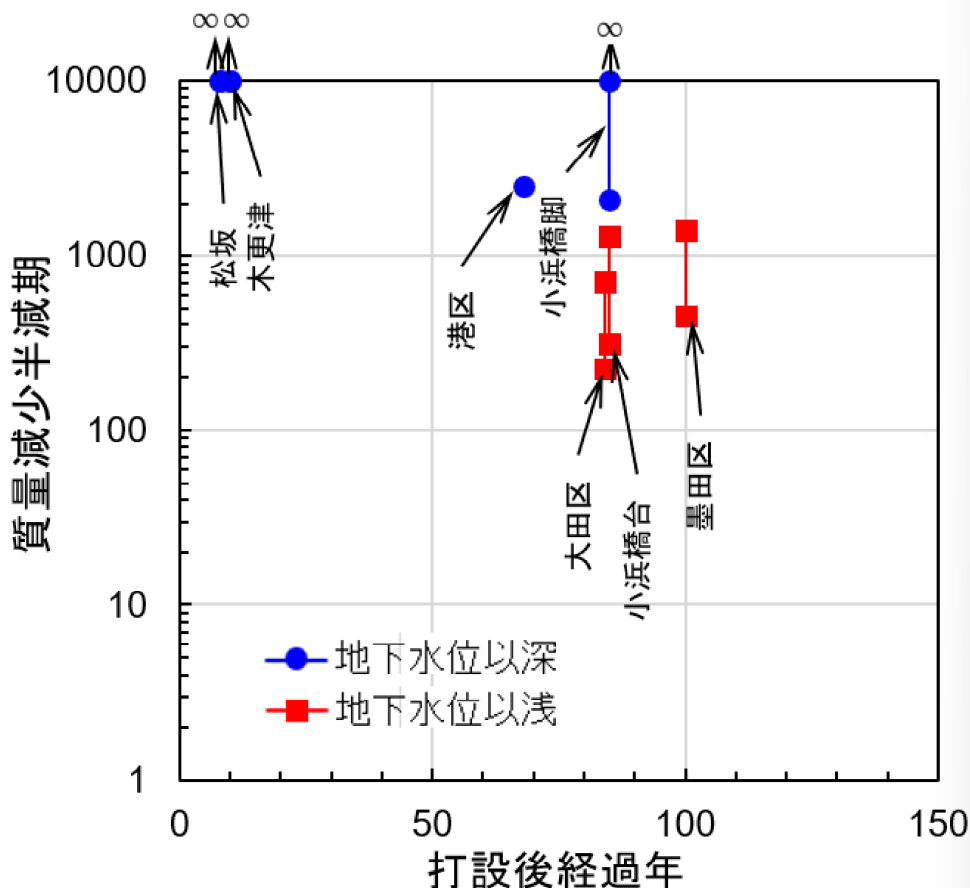
- 質量減少半減期は、杭全体が地下水位以深に位置する場合は、2,100年～∞であり、**永久貯留**と考えるよい。
- 過去に長期間にわたり地下水以浅に位置した場合の質量減少半減期は、225年～1,392年であった。

掘出し場所	経過年数	樹種	杭長	地下水位	杭頭位置	質量減少半減期			掘出した杭丸太の状況
						短柱試験結果	小ブロック試験結果	出典	
<杭全体が地下水位以深に位置>									
松阪市	8年	スギ	2m及び2.5m	GL-0.637m ± σ (0.22)m	GL-0.5m及びGL-1.0m	質量減少なし	・杭頭部でも質量減少なし	令和3年度補正事業報告書	
木更津市	10年	カラマツ	4m	GL-1.861 ± σ (0.44)m	GL-0.9m	質量減少なし	・杭頭部でも質量減少なし	令和4年度補正事業報告書	
小浜市	85年	アカマツ	8m	河川水面と同等	橋脚基礎	橋台基礎丸太：半減期は2,100年～∞	・杭頭付近の最外層1cmのみで質量低下 ・杭頭付近の断面全体の半減期は2,100年	令和4年度補正事業報告書	
港区	68年	カラマツ	8.5m	河川水面と同等	地下水位以下	試験未了	杭全体で最外層～3cmまで容積密度低下の可能性。杭全体の半減期は約2,500年と推計	令和5年度補正事業報告書	
<過去に長期間にわたり地下水位以浅に位置>									
墨田区	約100年	アカマツ	約2.7m	1980年代まではGL-10m以下まで低下か	建築基礎底板以深	半減期は454～1,392年	・丸太の半減期は380年	令和4年度補正事業報告書	
大田区	84年以上	アカマツ	1.5～2.0m程度	1980年代まではGL-10m以下まで低下か	GL-1.5	半減期は295～712年	・丸太の半減期は 225 ～714年	Journal of JSCE, 13巻1号, 2025	
小浜市	85年	アカマツ	8m	河川水面と同等	橋台基礎丸太：地下水位低下の可能性	橋台基礎丸太：半減期315年、1044年、1283年（ただし、315年の丸太は個体差による可能性）	杭頭部、中央部で割裂小試験片の最外層（1cm厚）が質量低下の可能性	令和5年度補正事業報告書	

7

6-2. 過去に打設した地中利用木材の掘出し試験結果の散布図

前スライドに示した掘出し試験結果による質量減少半減期を散布図によって示すと下記のとおり。

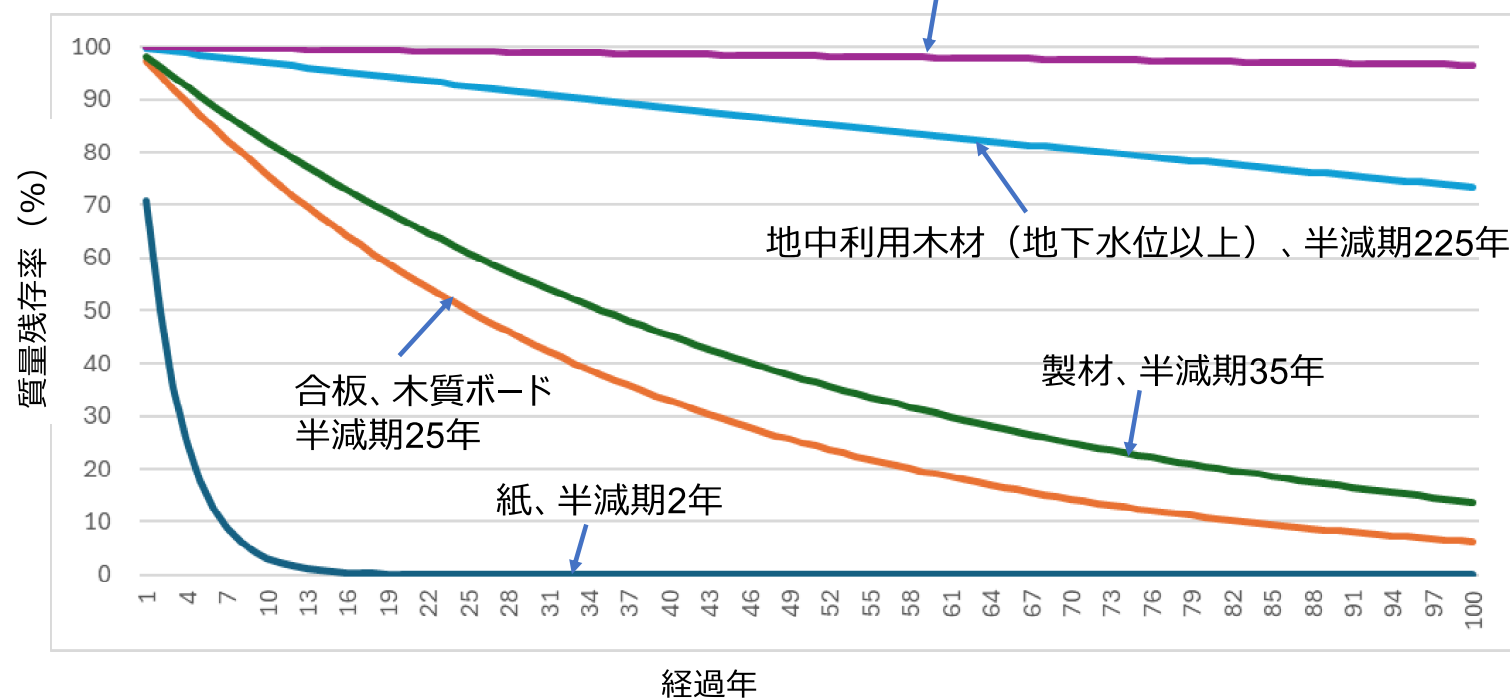


8

<参考> IPCCの木材半製品のデフォルト半減期 (Tier 2)

及び地中利用木材の半減期 (Tier3)と質量減少の関係

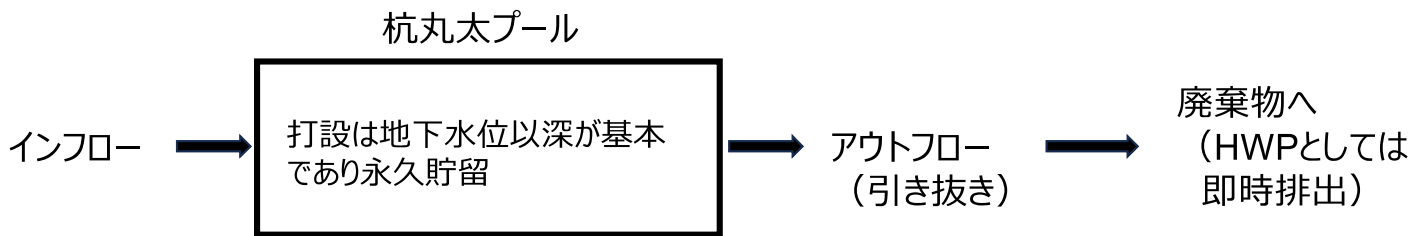
地中利用木材 (地下水位以下)、半減期2000年以上



7. 地中利用木材算定方法の提案とCO₂吸排出量の計算

7-1 建築用工法

- 建築用工法 (A工法、B工法、C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**。
- この場合、打設量をインフローとして、杭丸太の引き抜き分をアウトフロー (排出) として計算する。



毎年の杭丸太プール炭素蓄積変化量算定式

$$\Delta Pile_i = Inflow_i - Outflow_i$$

ここで、 $\Delta Pile_i$: 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)

□インフロー（打設量）” $Inflow_i$ ”

インフローは、年毎に樹種別の打設量 (m^3)、樹種別の容積密度、炭素含有率から計算する。

$$Inflow_i = \sum_{j=1}^n \{V_{ij} \times (R_j \div 1000) \times Cf \times 44/12\}$$

ここで $Inflow_i$: i 年の打設量 (CO_2 トン)

V_{ij} : 樹種 j の杭丸太の i 年の打設量 (m^3)

R_j : 樹種 j の容積密度 (kg/m^3)

スギ:0.31, ヒノキ:0.41, アカマツ:0.45, カラマツ:0.40, トドマツ:0.32 (t-d.m./ m^3)
(日本のインベントリ報告の樹種別パラメータ)

Cf : 炭素含有率 (デフォルトとして0.51を用いる)

n : 用いられる樹種数

7-1-2. 建築用工法：アウトフロー（既存杭引き抜き）の考え方

□建築物解体の際の既存杭引き抜きの実態

- ◆引き抜きによるアウトフローは、建築物の解体がされた場合に発生する。既存杭の引き抜き実態の聞き取り調査によれば、建て替えの際の邪魔にならない限り、**引き抜かずに残置する**という回答が多かった。
- ◆建築物解体の際の既存杭の引き抜きは、①引き抜きのためのコスト負担、②引き抜きに伴う CO_2 排出、③引き抜きに伴う現地盤の緩みによる建築物の耐震性や隣接建築物への影響が指摘されている。
- ◆このようなことから、既存杭の存置に向けたガイドラインが整備されるなど、**できるだけ存置する方向で検討が進められている**。

7-1-3. 建築用工法：アウトフロー（既存杭引き抜き）のインベントリ上の取扱い

- ◆ 今回算定の対象とする建築用の工法については、2010年以降の新たな工法のため、現時点で引き抜きの実績はない。
- ◆ 既存杭の引き抜きに関する調査は限られているが、以下のアンケート調査がある。
 - 廃棄物処理法上の取扱いに関し協議がされた場合に、**行政対応として撤去指示がされたものは5%**（既存杭取扱協議事例のアンケート調査結果, 2020）
 - 建築物建て替えの場合の既存杭の存置・撤去に関するアンケート調査（総合土木研究所、2022）を基に、**建築物建て替えの場合の既存杭の引き抜き率を推計すると54%**となる（コンクリートや鋼管杭を対象とした調査）。

【引き抜き率（案）】

- ◆ 検討の過程で、有識者から、より安全側にみた数値とすべきという意見があり、このことから**現段階での取り扱いとして、引き抜き率を54%と設定。**
- ◆ 建築物解体に伴う杭引き抜きについては、炭素貯蔵効果を含め、**基本的に存置するという考え方を普及**していくとともに、さらに検討を行う。

13

7-1-4. 建築用工法の炭素固定量の計算

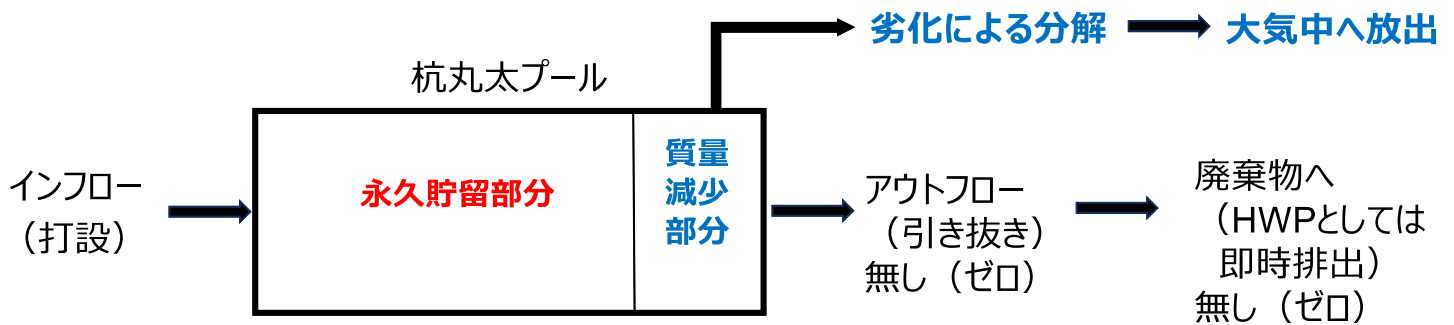
- 建築用工法の実績に基づくと、2023年の暫定的な推計で、**約1.7万トンCO2**の吸収増となった。

年度	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
木材利用量(m3)	3,245	3,493	6,379	11,957	15,612	22,006	24,797	24,429	29,671	28,694	25,252	26,953	29,406	28,781
Inflow (CO2-ton)	1,917	2,062	3,763	7,230	9,688	13,652	15,392	15,089	17,980	16,926	14,958	15,938	17,343	16,966
Outflow (CO2-ton)	0	0	0	0	27	27	27	107	107	84	6	6	4	4
CO2ネット吸排出量(CO2-ton)	1,917	2,062	3,763	7,230	9,661	13,625	15,365	14,983	17,873	16,842	14,952	15,931	17,339	16,962

14

7-2. 土木用工法

- ▶ 土木用特定工法（D工法）は、盛土への打設など、杭頭部が地下水位以浅に位置する可能性があるため、**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。
- ▶ なお、これ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、今後算定対象に加えることが可能である。



□ 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。
(建築用工法と同様)

□ 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、パイルネット工法の場合、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。

15

7-2-1. 土木用工法：質量減少部分の計算

- ▶ 道路や堤防の盛土下の軟弱地盤中の地下水位下に打設するものであり、腐朽・劣化の可能性は低いが、**杭頭部40cm部分**は、地盤から出るように打設し、埋め戻すため、**保守的に見て、劣化による質量減少**が発生するとして算定した。
- ▶ 杭頭部分の質量減少半減期は、これまでの掘出し試験結果から、**保守的に見て、地下水位以浅の半減期最小値の225年**とする。
- ▶ 杭頭部の質量減少部分の計算には2006IPCCガイドラインの一次減衰関数によるHWP算定の基本式を用いた。

$$Piled_i = e^{-k} \times Piled_{i-1} + [(1 - e^{-k})/k] \times Inflowtop_i$$

$$\Delta Piled_i = Piled_i - Piled_{i-1}$$

ここで、 $Piled_i$ ：i年末の質量減少部分の残存量（CO₂トン）

$\Delta Piled_i$ ：i年の質量減少部分の炭素蓄積量変化（CO₂トン）

k ：一次減衰関数の減衰定数で、 $k = \ln(2) / \text{半減期}(225\text{年})$

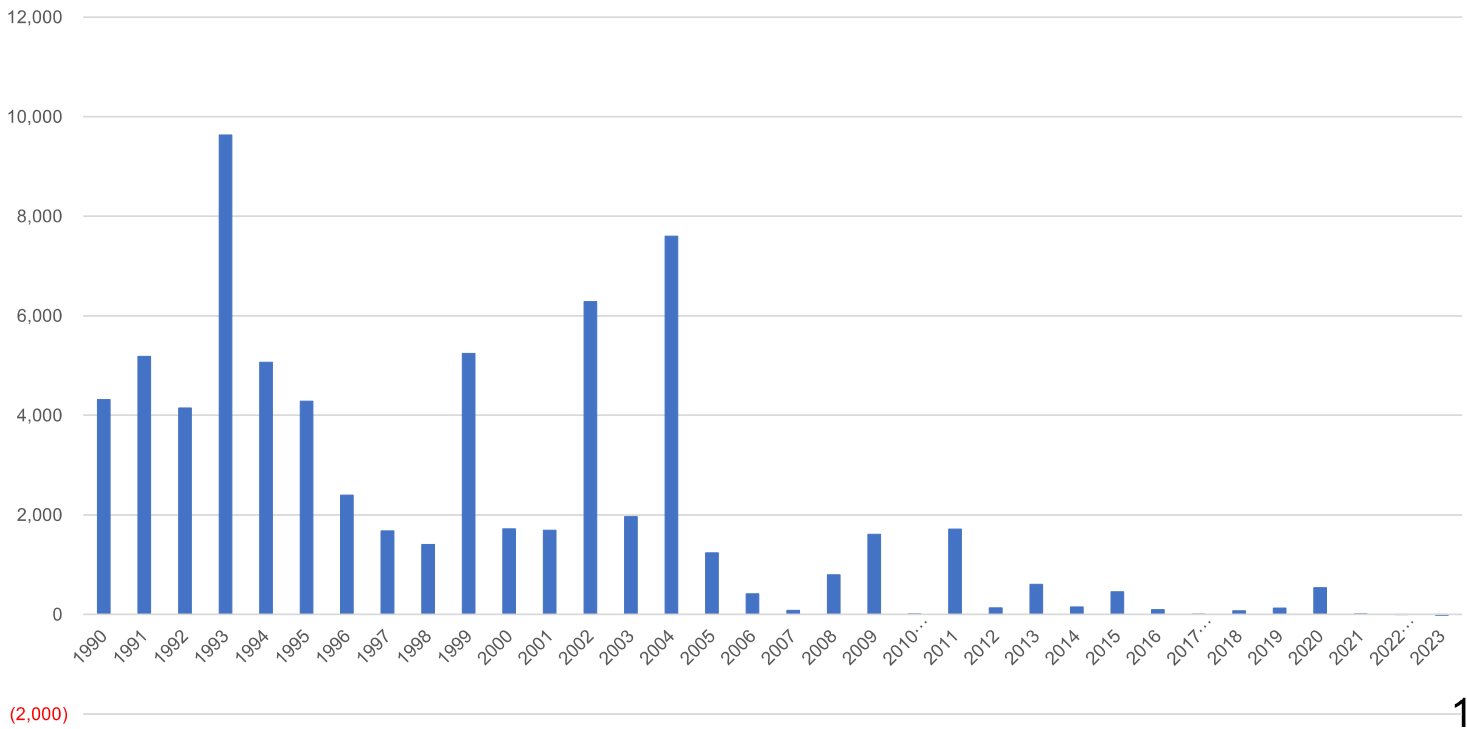
$Inflowtop_i$ ：i年の打設量のうち質量減少部分（CO₂トン）

16

7-2-2. 土木用工法の炭素固定量の計算

- 土木用工法の実績に基づく、2023年の暫定的な推計で、若干（20トンCO₂）の排出となった。ただし、1990年以降の時系列で見ると、2022、2023年を除き、純吸収源となった。

単位：CO₂トン

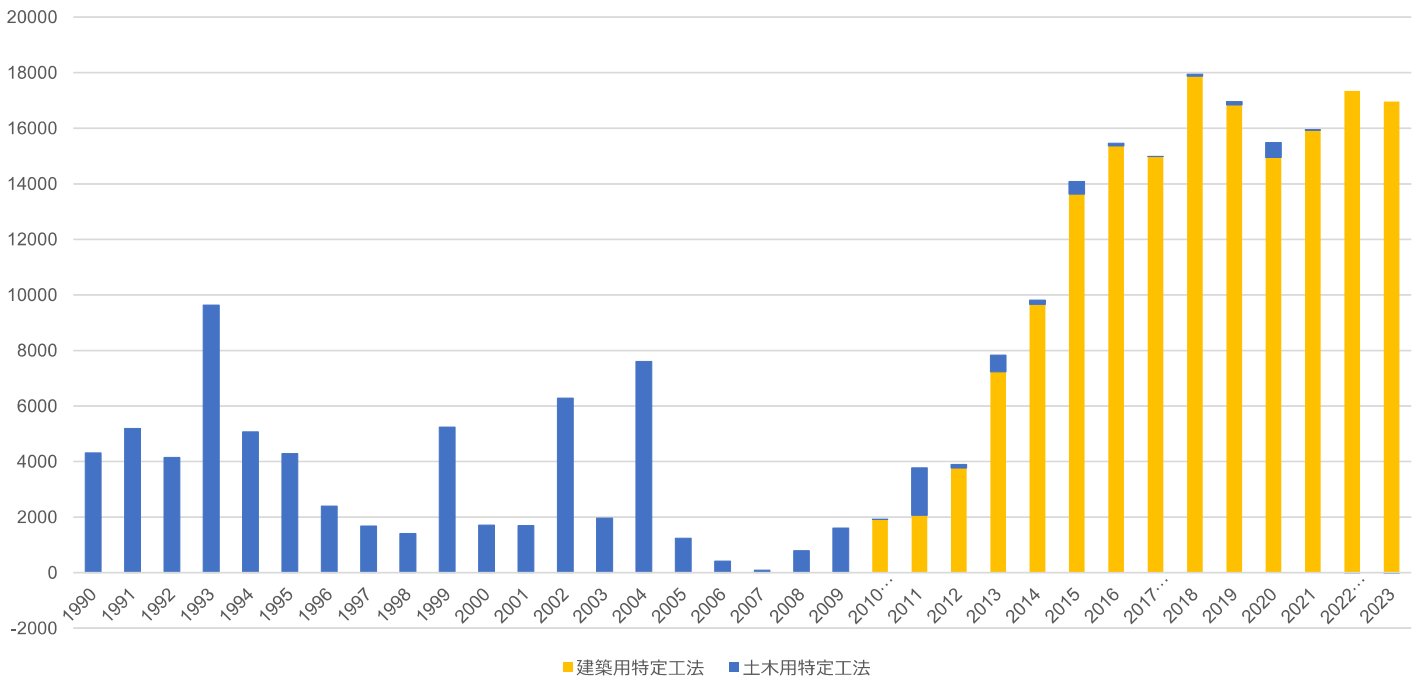


17

7-3. 地中利用木材全体の炭素固定量の推計

- 地中利用木材炭素貯留全体では、新規算定の結果、2023年の暫定的な推計で、1.7万トンCO₂の吸収増となった。HWP全体への寄与度としては、直近5か年（2019～2023）の平均で見ると1.08%であった。

単位：CO₂トン



18

ご静聴ありがとうございました

shigeru@jifpro.or.jp