

## V章 考察

### V-1 鉄筋コンクリート・鉄骨鉄筋コンクリート造の建築物の耐用年数評価について

#### 1. はじめに

鉄筋コンクリート造や鉄骨鉄筋コンクリート造の建物の法定耐用年数は、事務用であれば50年、住宅用であれば47年と定められている。法定耐用年数は固定資産の減価償却費の計算をしやすくすることを目的に、国税庁が画一的に定めた目安である。そのため、既存建物が法定耐用年数に達しても建物が即座に利用できなくなるとは限らない。しかしながら、金融機関からは法定耐用年数=建物の寿命と見做されているため、残存の法定耐用年数が短い、あるいは超過している既存建物は金融機関からの長期の返済期間の融資を受けることが難しいのが現状である。

旧耐震の建物はもちろんのこと、新耐震の建物であっても築後40年以上経過する建物は耐震改修や老朽化を解消するための大規模な改修工事が必要な状態であることが多い。事業としての改修工事であれば、工事費も大きくなり、借入額も大きくなる。事業収支の安定化には長期の返済計画が必要となるが、残存の法定耐用年数がわずかな場合は金額や返済期間が事業者の要望を満たすことができず事業として成立しない。このような状況はストック活用を阻害している要因といえる。そのため、法定耐用年数によらない融資スキームが必要である。つまり、個別の建物の劣化状況を評価し、物理的に建物が安全に供用可能な期間を算出し、法定耐用年数に変わる指標とすることが必要である。

#### 2. コンクリートの劣化について

コンクリートの劣化は中性化、塩害、アルカリシリカ反応、凍害などが挙げられる。

中性化とは、コンクリートのアルカリ性が低下して中性に近づく現象を言う。硬化したコンクリートは、セメントの水和反応により生じる水酸化カルシウムを多量に含むため強アルカリ性であ

る。そのpHは、12~13程度であるが、pH10程度以下になると内部の鉄筋が腐食しやすくなる。中性化の主な原因は、空気中の二酸化炭素と水酸化カルシウムが反応して起こる炭酸化である。中性化は、鉄筋コンクリート構造物内部の鉄筋を覆う不動態被膜を破壊して、鉄筋の腐食を誘発する。このため、鉄筋がコンクリート内部で腐食してサビが生じると体積膨張を起こしてひび割れを生じさせる。現象事例としては、内部の鉄筋に沿ったひび割れや表面のはく離・はく落、ひどくなると鉄筋が露出する。

塩害とは、コンクリート中に浸透した塩化物イオンによって生じる鉄筋コンクリートの劣化のひとつである。コンクリート表面に付着した塩分が、塩化物イオンとして次第に内部に浸透して鉄筋位置に到達し、塩化物イオン量が一定以上を超えると鉄筋の不動態被膜を破壊して鉄筋を腐食させる。

塩害による劣化現象は、中性化と同様に鉄筋に沿ったひび割れや、はく離、はく落、鉄筋露出などを起こす。さらに補修を行っても経年とともに内在する塩化物により再び劣化する可能性が高いと言われている。JASS5・鉄筋コンクリート工事ではコンクリート中の塩化物イオン量は $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ に規制されている。新築同等の耐用年数を考える上では既存建物のコンクリートの塩化物量も同等の基準で見るとすべきである。

アルカリシリカ反応とは、コンクリートの中の骨材がシリカ鉱物を有していると、中に含まれるアルカリ性水溶液とシリカ鉱物が反応して、骨材が異常膨張することでひび割れなどを引き起こす現象であり、アルカリ骨材反応とも言われる。

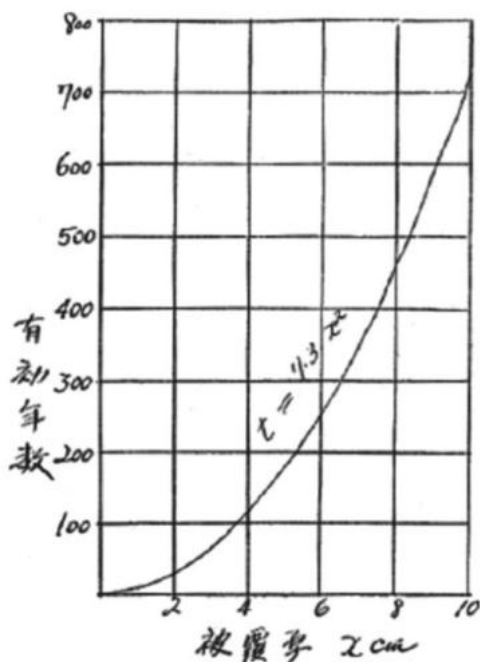
凍害とは、寒冷地において、コンクリート中の水分が凍結により膨張することによって発生し、長年に渡り外気温差や日射による影響を受け、凍結と融解を繰り返すことにより徐々に劣化する現象を言う。吸水率の大きな骨材を使ったコンクリートでは、コンクリート自身が膨張して表面を弾き飛ばすポップアウト現象が特徴的である。

以上の劣化の特徴から、RC造SRC造の既存建

物の再生に関してはアルカリ骨材反応、凍害、塩害などの打設時のコンクリートの材料で既に劣化因子を含んでいないことを前提とするべきである。

### 3. コンクリートの中性化進行の定量化に基づく建物の残存耐用年数評価

JASS5・鉄筋コンクリート工事において耐久性に関して計画供用期間の級は4水準が定められており、短期の30年、標準の65年、長期の100年、超長期の200年とされており、さらなる長期供用が議論されている。しかし、我が国の鉄筋コンクリート造の建築物の歴史はそれよりもはるかに短い。現存する鉄筋コンクリートの構造物で土木構造物としては琵琶湖疎水第11号(1903年)、建築物としては三井物産横浜支店(1911年)などがあるが、供用期間は100年を超えた程度である。そして、当時我が国で鉄筋コンクリート構造物を導入しようとしていた時期には、既に鉄筋コンクリートの耐久性の研究が始められており、1928年の内田祥三・濱田稔による「鋼及びコンクリートに関する研究」論文の中でコンクリートの中性化深さ(d)と中性化期間(t)との間に $d=\sqrt{t}$ の関係( $\sqrt{t}$



内田祥三, 濱田稔, 鋼及びコンクリートの耐久性試験, 建築雑誌, 516号, pp1287~1303, 1928年より

則) が示されている。

つまり、コンクリート構造物のコンクリート表面からの中性化深さの進行は経過年数の平方根で表すことができる。式で表すと、以下になる。

$$d = \alpha \sqrt{t}$$

d : 中性化深さ(mm)

$\alpha$  : 中性化速度係数

t : 経過時間(年)

この式を用いることにより鉄筋コンクリート構造物の中性化が鉄筋に到達する時期を推定することができる。現地調査によりコンクリートの中性化深さ(d)を調べ、経過年(t)を中性化度式に代入することで中性化速度係数( $\alpha$ )を導き出す。こうして中性化が鉄筋に達する時間(年)が導き出され、経過年数をさし引くことで未中性化域のコンクリートの中性化が鉄筋まで到達する時間を残存の耐用年数として定量的に評価することが可能となる。

この評価方法をもちいて鉄筋コンクリート造や鉄骨鉄筋コンクリート造の既存建物の残存耐用年数を算出し、その数値が法定耐用年数と同等以上であれば、耐久性に関しては新築と同等といえる。そして、金融機関の判断にもよるが、築古の物件であっても新築と同じように長期のローンを受ける可能性が開けることとなる。

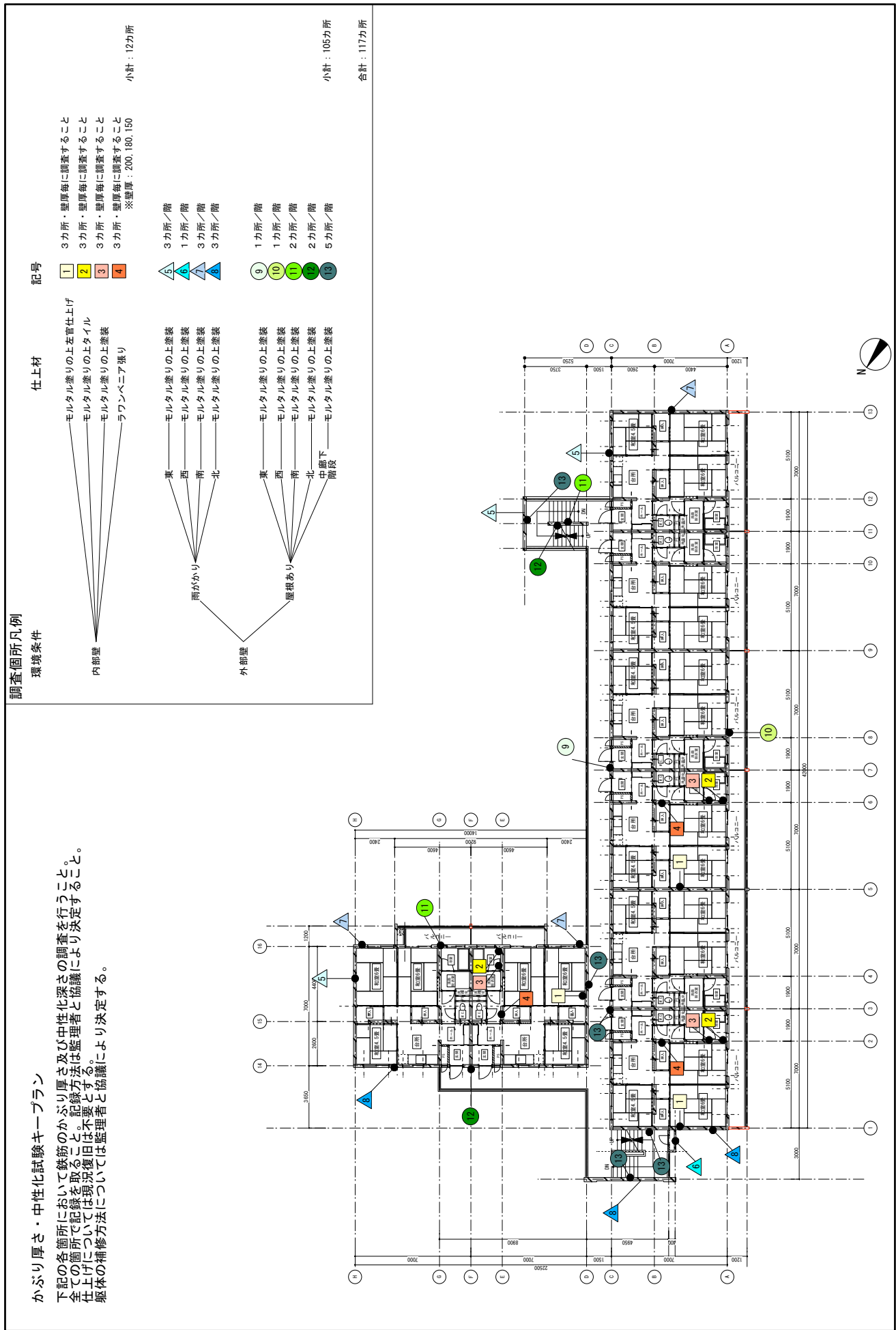
評価は中立な立場の第三者機関が行うことが必要であることから、A社とB社の2社に評価を依頼している。

以下にリファイニング建築における既存建物の残存耐用年数の評価方法の概要を示す。

#### 3.1 A社の評価方法

現地調査に関しては、設計者側で既存建物からコンクリートコアを採取して、圧縮強度や中性化などの情報を整理し、第三者機関に調査結果の情報を提出して評価してもらうこととしている。壁厚毎にグルーピングして室内については打ち放し部分やモルタル塗り部分を、外部については方位や雨掛りの有無などの条件毎に分類し、それぞれの条件毎に5~6か所程度の調査箇所を選定す

図 5-1 調査箇所プロット図



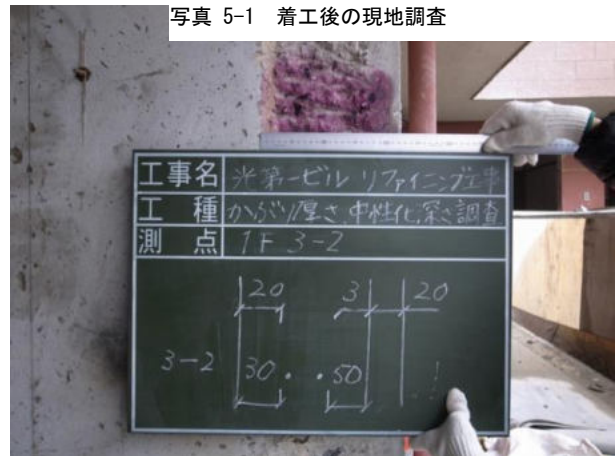
小計：12カ所

小計：105カ所

合計：117カ所

る。具体的な事例では 5 層の建物で調査箇所は 100 箇所を超える。(図 5-1) 現地調査は 2 段階で行い、足場のない計画時の調査では室内や廊下やバルコニーなどから調査を行い、1 回目のドラフト版の耐用年数を算出する。この段階では調査サンプル数が少ないため、安全側の評価、つまり厳しい評価となる。1 回目の評価で、金融機関は融資の査定を行う。そして、着工後に足場がある状態で追加の調査を行う。リファイニング建築では着工後に不要な躯体を解体撤去するため、解体箇所で被りや中性化深さの調査が可能である。(写真 5-1)

これらは現場打ちのコンクリートであるため、かぶり厚さの施工時のバラツキは標準偏差を用いている。そして、期待耐用年時の鉄筋の腐食割合を定めることで、現地調査結果から残存の耐用年数が導き出される。そして最も期間が短いサンプルを基に建物の耐用年数を評価す



る。これらの算定に用いる計算式や係数は全て出典の明らかなものから引用し、幅のある係数は中間値を採用することで、極端な結果が導き出されることを排除している。

A 社の評価方法は調査箇所数を増やし、網羅性によって評価の妥当性を担保していると言える。これまでのリファイニング建築の実績では、この調査によって築 40 年程度の建物であつ

表 5-1 A 社の評価方法※耐用年数推定の報告書より抜粋

■残存耐用年数の推定手順は以下の通りとなる。

(1) 調査結果および設計図書をもとに以下の定数を設定

平均かぶり厚さ:  $aD$  (cm)      かぶり厚さの標準偏差:  $\sigma$  (cm)      【 $\sigma=1.0\sim 2.0$ cm】  
 中性化深さの平均値:  $aC_i$  (cm)      中性化深さの変動係数:  $v$       【 $v=0.3\sim 0.5$ 】  
 調査時の経過年数:  $t_1$  (年)      期待耐用年数時の鉄筋の腐食割合:  $P_0$  (%)

$P_0$ の標準値

建物の重要度		かぶりコンクリートの剥落が人間・器物に損傷を与える可能性	
グレード	建物例	あり	なし
A	官公庁ビル・病院・学校	5~15(%)	15~30(%)
B	事務所・集合住宅・ホテル	15~30	30~50
C	工場・倉庫・個人住宅	30~50	50

(2)  $A_i=C_i/\sqrt{t_1}$ により、中性化速度定数  $A_i$  を定め、中性化速度式  $C_i=A_i\sqrt{t}$  を求める。  
 (3) 鉄筋の腐食割合  $P$  と材令  $t$  の関係を求める。

$$f(D-C_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi(C_i^2v^2+\sigma^2)}} \exp\left[-\frac{\{(D-C_i)-(\bar{D}-\bar{C}_i)\}^2}{2(C_i^2v^2+\sigma^2)}\right]$$

供用期間  $t$  における鉄筋の腐食確率  $P(t)$  は、屋内外別に下式で求められる。

$$P_1 = \int_{-\infty}^0 f(D-C_i) d(D-C_i) \quad (\text{屋外面で風雨にさらされる場合})$$

$$P_2 = \int_{-\infty}^{-2} f(D-C_i) d(D-C_i) \quad (\text{屋内面の場合})$$

(4)  $P=P_0$  と  $P=f(t)$  の交点を求め、その時点での経過年数  $t_2$  を求める。(または -2)  
 (5)  $t_2$  から  $t_1$  を引いた値 ( $t_2-t_1$ ) を残存耐用年数とする。

\*上記の出典元及び考察は、下記文献による。

- 「建築物・部材・材料の耐久設計手法・同解説 (日本建築学会 2003) 」
- 「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性向上技術 (建設大臣官房技術調査室、(財)国土開発技術研究センター 1986) 」
- 「コンクリート構造物の耐久性シリーズ 中性化 (技報堂出版) 」

でも、改修後 50 年以上の耐用年数となり、新築と同様に長期の融資を受けることが可能となる。また、躯体面にモルタルを塗るなどの中性化対策を施すことで耐用年数を伸ばすことも可能である。

### 3. 2 B 社の評価方法

B 社では A 社と同様にコンクリートコア採取により中性化深さを調べ、 $\sqrt{t}$  則に基づいて残存の耐用年数を評価しているが、B 社ではコンクリートの劣化に関する学識経験者からなる評価委員会を設置し、調査位置の数量・位置の決定及び現地で位置の確認を行なった上で現地調査が実施される。(表 5-1) また、現地でのコア採取や中性化深さの調査方法も JIS 規格に基づく方法が指定される。そして、それらの現地調査結果を基に

評価委員会での審議によって耐用年数評価が決定される。B 社では調査対象として、中性化抑制としてのモルタル塗りが無い打ち放しのコンクリートの中性化を調べることで評価対象のコンクリートのポテンシャルを適切に評価している。調査箇所は建物規模に応じて異なるが、A 社よりも少ない調査数量で評価が可能であることから、大規模改修を伴わない既存建物の現況の耐用年数評価も可能である。(表 5-2) また、既存建物の環境条件に応じて、下記調査内容の他に、塩化物イオン量の測定その他、含水率・鉄筋腐食度グレードの調査などを実施し、物件毎に詳細な調査が行われている。

JASS5 が 2022 年に改定され、水分が作用しない非腐食環境のコンクリートは耐久性設計基準強度の設定は不要となった。これに先立ち、

表 5-2 B 社の評価方法※B 社リーフレットより抜粋

○鉄筋コンクリート造及び鉄骨鉄筋コンクリート造（鉄骨部分を除く）建築物の構造体(※)コンクリートのかぶり厚さが中性化することにより、鉄筋が腐食状態となることが予想されるまでの年数を、公正・中立な立場で評価するものです。「現況評価」と「改修計画評価」の2種類があります。

現況評価	現況の調査結果に基づく、構造体の耐用年数評価
改修計画評価	現況調査を行った上で、改修計画及び維持管理計画による耐用年数延長効果を考慮した構造体の耐用年数評価

※JASS5鉄筋コンクリートで定義される「構造部材」及び「構造部材と一体にコンクリートを打ち込む非構造部材」

コア供試体の中性化試験 中性化進行の断面図 中性化進行 (中性化深さ-年数)

表 5-3 B 社の現地調査内容※B 社リーフレットより抜粋

○調査項目

- ・ コア供試体による圧縮強度 (JIS A 1107) (コア供試体：直径75mm以上)
- ・ 仕上げ材の種類・厚さ (特にセメントモルタル部分の厚さ) (コア供試体：直径25mm以上)
- ・ 中性化深さ (JIS A 1152) (コア供試体：直径25mm以上)

○コア供試体ごとに、以下の㉠～㉟を記録してください。

- ① 採取日
- ② 採取階及び採取位置 (平面・高さ方向・室名)
- ③ 部材名：耐力壁/柱/梁/床等/建築基準法施行令第79条のかぶり厚さの対象が判断できるもの
- ④ 仕上材の種類と厚さ：セメントモルタル/薄塗り材/吹付け材/コンクリート打放し (厚さは不要)
- ⑤ 雨掛りの有無 (筒元・筒先それぞれ)
- ⑥ CO<sub>2</sub>濃度別の環境区分：屋外(雨掛り有) / 屋外(雨掛り無) / 屋内(居室、台所、物置、PS、地下駐車場等)
- ⑦ 方位：東西南北

※原則としてコア供試体の採取前に専門家等による現地確認を行います。  
現地確認の際には必ず依頼者 (所有者) 又は代理者 (設計者) 及び調査会社の立会いをお願いいたします。

表 5-4 リファイニング建築の耐用年数評価

物件名	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
調査実施年月	2020年11月	2021.9	2021.8	2021.8	2021.3	2021年7月	2022年2月	2022年10月	2022年10月	2022年10月	2022年10月	2022年10月	
建設年	1973年	1980年	1963年	1967年	1971年	1997年	1976年	1975年	1968年	1974年	1985年	1977年	
築年数	47年	41年	58年	54年	50年	24年	46年	47年	54年	48年	37年	45年	
所在地	東京都	神奈川県	東京都	岐阜県	東京都	東京都	東京都	神奈川県	東京都	東京都	東京都	東京都	
構造	SRC・一部S	SRC・一部S	RC	RC	RC	RC	RC一部SRC	SRC一部RC	RC	SRC	RC	RC一部SRC	
延床面積 (㎡)	1216,23	6092,74	1076,49	918,64	171,18	474,35	2369,25	1896,13	1297,47	937,74	863,34	2288,79	
階数	地上 8 階	地上 2 階 地下 1 階	地上 3 階 地下 1 階	地上 4 階 塔屋 1 階	地上 3 階	地上 4 階 塔屋 1 階	地上 7 階 地下 1 階	地上 11 階 塔屋 1 階	地上 4 階	地上 7 階	地上 4 階	地下 1 階 地上 4 階 塔屋 1 階	
圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	最小値	10.8	19.2	8.65	17.1	17.7	27.7	20.9	14.9	16.1	13.2	31.8	17.2
	最大値	29.8	31.5	44.9	42.5	39.7	47.8	45.3	37.2	27.6	23.1	45.1	40.3
	平均値	17.3	26.51	20.683	28.99	26.9	35.935	33.84	25.851	22.07	17.63	40.33	27.4
屋外中性化 (mm)	最小値	0.6	0	0	0.2	0.1	0.6	0	0	0.1	0.1	0	0.9
	最大値	7.2	5.1	14.7	16.2	10.9	17.1	2.4	3	1.5	11.3	6.1	14.4
	平均値	2.88	1.885	4	3.921	4.5	6.22	0.87	1.263	0.675	2.527	2.21	6.61
屋内中性化 (mm)	最小値	0.3	11.4	0.9	2.6	7.5	0	0.7	0.2	10.4	1.4	0	0
	最大値	50.2	17.3	69.1	43.6	25.8	16.7	43.5	21.9	35.4	40.1	1.3	14.5
	平均値	8.85	14.35	13.558	19.481	18.3	5.125	18.54	4.6	19.45	9.214	0.7	3.89
打ち抜き部	最小値	—	38.1	0.3	6.6	—	5.4	1.1	4.4	13.1	45.1	0	2.1
	最大値	—	63.4	85	45.4	—	29.9	47.7	35.4	59.6	77.1	49.4	31.1
	平均値	—	47.437	58.125	30.866	13.1	22.495	29.52	19.8	36.86	62.04	22.56	17.24
塩化物イオン総量 (kg/m <sup>3</sup> )	—	0.14~0.21	—	0.07	0.02	—	0.04	0.13	0.16	0.08	0.06	0.22	
質量含水率 (%)	0~25mm	3.02/2.10	0~40mm: 0.6~2.11	4.1	3.5	—	—	※	3.04/3.3	—	4.4/5.12	—/4.67	4.73/3.69
	25~50mm	3.44/1.52	—	4.6	3.9	—	—	※	3.37/2.93	—	6.87/5.21	4.9/4.9	6.00/3.80
	50~75mm	—	—	4.84	3.5	—	—	※	3.01/2.59	—	6.67/5.2	4.5/—	6.02/3.85
腐食グレード	I	I	I	I	—	—	I	I	I	I	I	I	
耐用年数	100年超	100年超	100年超	100年超	55年	65年	88年	100年超	100年超	100年超	100年超		
備考			地下の含水率4%を超えているが中性化は抑えられており、鉄筋腐食グレードはIと健全であった				※含水率 B1:4.25~4.62,1F:1.22~2.20,3F:0.6~4.14,3F:2.04~2.70であり、地下の含水率が高い。地上部は100年超				圧縮強度が全体的に高い。含水率が高めであるが、腐食は確認されなかった。		

既に B 社での調査には中性化深さ、塩化物イオン量の他に、コンクリートの含水率の調査及び、鉄筋の腐食グレードの調査が行われ、それらの結果も考慮した上で耐用年数が評価されていると思われる。コンクリートの含水率及び鉄筋の腐食グレードを調査し、腐食環境にないことが確認された物件では残存の耐用年数は長くなる傾向が見られる。(表 5-4)

置かれているか否かも影響している。建築物は人が作るものである以上品質は一定ではなく、それが置かれる環境も様々である。このような建物の耐用年数を同じ物差しで評価することは非常に難しい取り組みである。今後も弛まない研究によってコンクリートの劣化が解明され、より適切な評価が行われることが期待される。

#### 4. 今後の建築物の耐用年数評価のあり方

我が国で構造物にコンクリートが採用されてから 100 年余りが経つが、コンクリートの耐久性に対する評価は刻々と変化を遂げている。かつてコンクリートの中性化という材料の化学変化は建物の劣化として捉えられることで、中性化が鉄筋まで到達した時点で建物の寿命と考えられてきた。しかし、今日の建物の長期供用に対する社会的要求の高まりと、多くの研究によって劣化のメカニズムが解明されることでその考え方は大きく変わろうとしている。JASS5 の改定が示すように、建物の耐用年数に影響する要因は中性化のみで判断されるものではなく、建物が腐食環境に

## V-2 金物の耐久性と劣化対策

### 木造住宅の金物

木造住宅における金物の代表的なものに、釘および木ねじがある。寺社建築等、日本における伝統建築にも和釘が使用されていたが、これらは構造耐力を担っていたというよりも、部材の脱落防止が主な役割であったと思われる。産業革命以降、アメリカで製釘機が発明されて以来、洋釘が大量生産され、明治期には日本においても洋釘が安価で使用されるようになったことはよく知られている。釘は木造住宅の羽柄材等の留め付けには今日でもよく使用されているし、合板等の面材耐力壁においては、釘のせん断性能が壁のせん断性能に対して大きな役割を担っている。しかしながら、従来、釘は大工手間の中で確保されるという習慣があり、材質や径が JIS で規定されていても、表面処理、すなわち耐久性についてはあまり言及されてこなかった。現在では、釘に電気亜鉛めっきを施す例が見られ始めている。木ねじは高度経済成長期の内需拡大と輸出市場の開拓により国内製造が本格化した。1970 年ころは日本が世界最大の木ねじ輸出国であった。

木造住宅における実質上の金物規格が制定されたのは 1976 年の C マーク、1978 年の Z マークが最初であるが、接合金具はしばらくは釘が主流であった。1995 年にある金物メーカーがねじを用いた接合金物の同等認定をはじめて取得し、以来、さまざまな木ねじ接合による金物が開発されている。これらの木ねじは金物メーカー独自開発の接合金物とセット販売されることが多く、その品質確保のため、木ねじのほとんどは何らかの表面処理がなされている。

接合金物は 1894 年の庄内地震震災報告書（震災予防調査会）で接合金物を用いる提言がなされており、我が国の在来木造軸組構法における構造上の有効性、必要性は長い間知られていたが、接合金物が義務化されたのは 2000 年の建築基準法改正が最初である。建築基準法における木造軸組構法用の金物防錆仕様は具体的な記述はなく、建築基準法施行令第 37 条に「構造耐力上主要な部

分で特に腐食、腐朽又は摩損のおそれのあるものには、腐食、腐朽若しくは摩損しにくい材料又は有効なさび止め、防腐若しくは摩損防止のための措置をした材料を使用しなければならない。」とあるのみである。住宅の品質確保の促進等に関する法律に規定する評価方法基準にはさまざまな劣化対策が示されているが、木造住宅における「劣化現象」は「腐朽及び蟻害による木材の劣化」と記述されているのみで、接合金物の劣化対策には言及されていない。

以上のように、木造住宅における接合金物の劣化対策は未だ明確な基準がないのが現状である。したがって、実物件における金物の、様々な表面処理の耐久性、劣化状況データを取得することは現時点では不可能である。

### 鉄骨造住宅の金物

一方で、鉄骨造における長期使用構造基準（平成 21 年国土交通省告示第 209 号、長期使用構造等とするための措置）にはいくつかの仕様がしめされており、また、1980 年からの耐久性総プロでは、鉄骨造における腐食因子と部位別係数などが示され、参考になると思われる。そこで、2010 年から実施された木造長期優良住宅の総合的検証事業では、木造特有の、木造住宅の中で最も金物の劣化外力が大きいと思われる個所を抽出し、実験的検証をすることになった。このようにして行われた検証が前述した「接合金物の耐久性に関する検討」であり、保存処理木材、特に銅を含む薬剤が注入された木材に対しては金物類は腐食しやすいが、電気亜鉛めっき＋有機被膜あるいは熔融亜鉛めっき＋カチオン電着塗装の防錆性が高いことが確認されている。

### 大規模木造、中高層木造に特有の劣化外力

これまでの研究から、特に大規模木造建築物や中高層木造建築物における、金物の劣化対策に関する課題は以下のものであると思われる。

- ・ 想定する寿命（供用期間）の特定

鋼の腐食は電気化学反応であり、わずかにでも腐食電流が流れれば、わずかながら腐食は進行する。木材は乾燥状態では電気抵抗値が大きくなり、

電流が流れにくくなることが知られているが、鋼は大気中でも腐食する（大気腐食）ので、ある程度の鋼の腐食は免れない。亜鉛メッキなどの犠牲防食皮膜を施しても電気化学的反応によって腐食が起こることは同じであるし、有機被膜やカチオン電着塗装などのバリア型皮膜を施しても、長期間にわたる供用下では熱劣化は免れない。したがって、想定寿命を設定し、一定の余裕率を確保した上で、供用期間中は有害な腐食が生じないことを定量的に判断できるようにする必要がある。

#### ・維持管理

構造躯体の木材における劣化現象として考慮すべきなのは生物劣化であり、主な生物劣化現象である蟻害、腐朽、虫害に対しては水分の浸入を防ぎ、万が一浸入しても速やかに排出することが有効であることが知られている。しかしながら、近年、アメリカカンザイシロアリなどのわずかな水分で活動できるシロアリによる被害も増えつつあり、木材保存の再処理を行うことは必要不可欠な対策のひとつである。木造長期優良住宅の総合的検証事業で確認されたように、木材保存剤には鋼を腐食させやすくする作用もあり、金物類の耐久設計もじゅうぶんに考慮することが必要である。また、大規模木造建築物はこれまでの小規模な木造建築物に比べて供用期間が長いことが予想される。少なくともこれらにおける木造躯体の劣化状況に関する知見が十分に蓄積されるまでは、定期的な点検が容易にできることが重要と思われる。

#### ・金物による熱橋、結露

大規模あるいは中高層木造建築物においては、接合金物は構造耐力上主要な部分になる可能性が高く、木造住宅の金物類に比べて大型化することが予想される。鋼は木材に比べて熱伝導率が高く、熱橋になりやすい。納まりによっては結露が生じる可能性がある。有害な結露がどのくらいの確率で起こるのか、それらが起こらないようにするにはどのような対策が有効であるかはわかっていないのが現状であり、これらの研究、解明が喫緊の課題である。

## VI章 普及活動

### VI-1 本調査及びシンポジウム開催の経緯 (青木 茂)

本調査は、中高層木造建築の合理的な耐用年数を示す為におこないました。

1. 既存の関連研究を概観
2. 耐用年数に関わる項目を抽出
3. 国内の大型木造建築事例及びフィンランドの大型木造建築事例を収集・整理
4. フィンランドの木造建築関係者とのインタビュー・ディスカッション
5. 普及啓蒙及び調査のまとめと今後の課題

を示す為のシンポジウムを開催します。

今回、木造建築の耐用年数調査を委託された経過を説明します。昨年9月末のころ、三井住友銀行様より中高層木造建築の耐用年数調査をできないかとお話をいただきました。その後、知人の研究者に連絡をとりチームを組みこの研究者の方々の全面的な協力を得ることによりスタートしました。これまで私の事務所で行ってききましたリファイニング建築では、築年数が経過したコンクリート造へ銀行からの融資を受けるためにいろんなことを行ってまいり融資の枠組みを整えて進んでいます。

1. 既存建物を改めて確認申請を提出。現行法規に適応することになります。さらに、検査済証取得することで、新築と同等の法的な権利が取得できます。
2. 工事中の耐震補強や建物劣化部分の補修を全て記録保存します。また、工事中には見学会を行うことにより、どのように施工されたかと言うことの技術の公開をしております。
3. コンクリート造がリファイニング建築完成後に何年間使えるかと言うことを数値化する耐用年数調査行っています。既存建築の耐震診断では圧縮強度、中性化を行い判断材料としていますが、これに加え、水

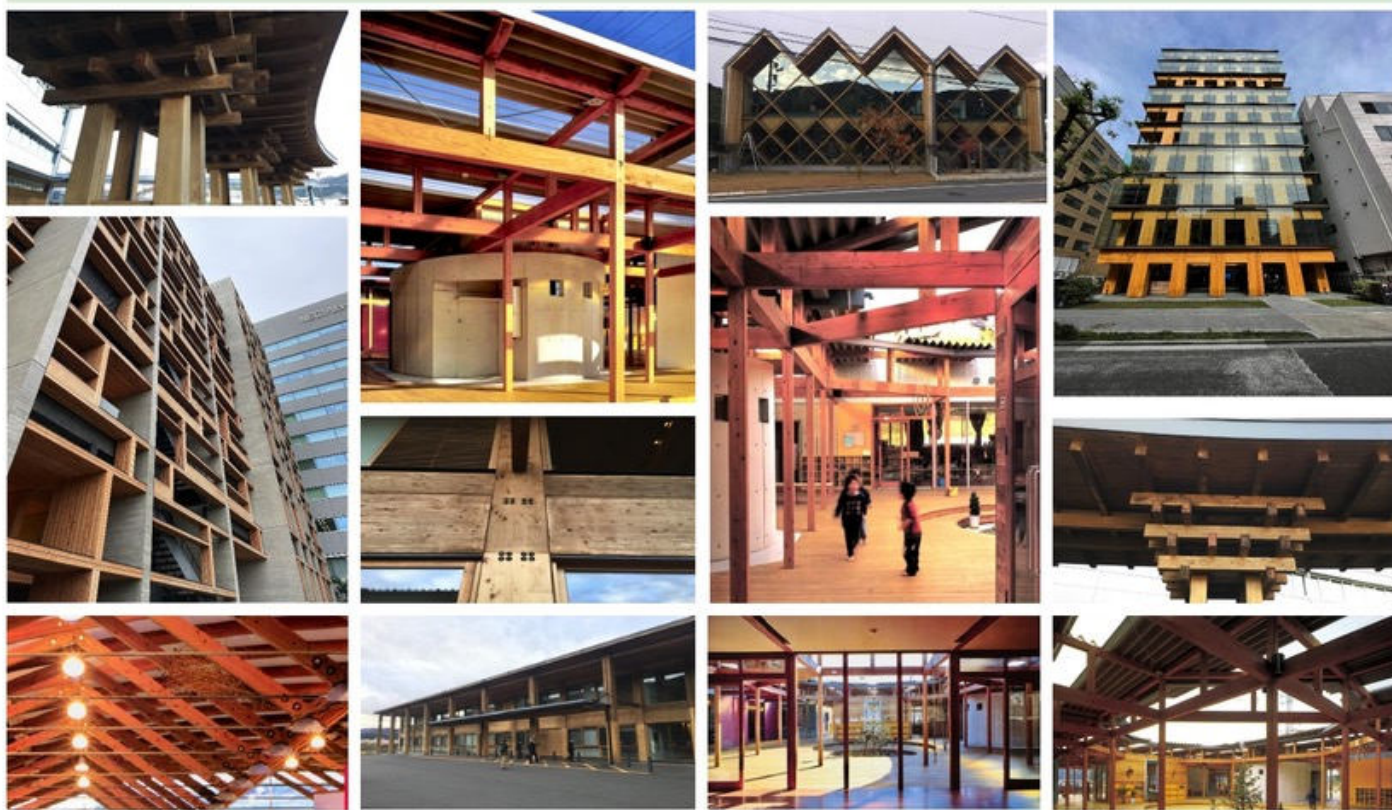


セメント比、塩化物の調査を行いコンクリート造の対応年数推定値を測ることにしました。

最近完成しました岐阜県大垣にある建設会社の社屋ですが、築50年超えた建物は分析の結果これから、100年間使えると言う数値が出ております。また、昨年3月に完成した名城大学の農学部本館では、日本陸軍により作られた建物で築80年を経過していますが、今後63年の耐用年数があると推定されます。これにより民間の建物では銀行からの融資を受けることを決定し行っております。最近では公共の建物においても長寿命建築化、さらには、SGDsに寄与できるものと考えて耐用年数調査行うことを求められています。

このことを持って中高層木造建築にコンクリート造の耐用年数調査を応用できないかと考えてまいりました。そこで調査項目として7つのことを研究者の皆様へ提案し、ご賛同していただきました。「①木材の産地」「②木材の材種」「③接着剤」「④耐火性能」「⑤腐食」「⑥金物」「⑦基礎コンクリート」です。以上の調査で、中高層木造建築の耐用年数がはかることにしました。国内では20年を超える木造建築の大型のものが少ないため、今回はフィンランドに行き調査してきました。国内におきましては近年の大型木造建築はもとより、寺社仏閣など日本古来の大型の木造建築物も存在しております。そのことも専門におこなっている研究者にも参加をいただきました。今回は国内外の現地調査を行った報告でございます。四ヶ月間という短期間の調査でまだまだ不十分とは思いますが、このことを皆さんがお聞きになり、ご意見をたまわり今後の対策に活かしたいと思っております。

# 木造建築耐用年数シンポジウム



## ■登壇者



司会者 村上心氏  
船山女子園大学生活科  
学部教授

石山央樹氏  
大学院工学研究科  
都市系専攻 准教授

藤野戸孝史氏  
株式会社三井住友銀  
行厚木法人営業部次長

坂口大史氏  
日本福祉大学健康科学部  
准教授

青木茂氏  
一般社団法人リファイニング  
建築・都市再生協会代表理事

秋山徹氏  
株式会社青木茂建築工房  
取締役 東京事務所所長

## ■開催日

2月15日（水） 13：30～

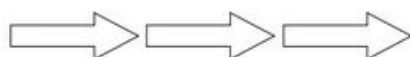
## ■会場

三井住友銀行本店5F 511会議室

住所：東京都千代田区丸の内1丁目1番2号

## ■申し込み方法

ZOOM参加者はこちら  
(先着200人)



会場参加者はこちら  
(会場50人まで)



ご挨拶

一般社団法人

リファイニング建築・都市再生協会

代表理事 青木茂

耐用年数調査

コンクリート造



圧縮強度 中性化 水セメント比  
塩化物調査

# 耐用年数調査

木造



木材の産地 木材の種別 接着剤

耐火性能 腐朽 金物 コンクリート

## 鉄筋コンクリート・鉄骨鉄筋コンクリート造の建築物の耐用年数評価について

(秋山 徹)

築古の既存建物に対するローンは残存の法定耐用年数の期間で行われることが一般的である。賃貸事業などの事業者としては、必要な資金を長期返済のローンとすることが望ましい。そこで、法定耐用年数によらないローンの仕組みが必要である。その新たなローンの仕組みとして、リファイニング建築では既存構造躯体の物理的な残存耐用年数に着目して、中立な立場の第三者機関の残存耐用年数の評価に基づいたローンの返済期間を設定することを一部の金融機関と実践している。

鉄筋コンクリート構造の建物のリファイニング建築に関する長期ローンを行うための手順を紹介する。設計前業務として、まず基本構想業務を行う。既存建物に関する法的な調査に基づき概略の計画を検討し、必要な確認申請の手続きを把握する。並行してコンクリートの調査、耐震診断を行い耐震改修の概略検討を行う。そして、コンクリートの調査結果にもとづいて残存の耐用年数を把握する。そして、これらの遵法性や安全性、残存の耐用年数が新築と同等と見做せることを確認して発注者はローンの事前審査を申し込み資金調達の目処を立てる。

基本構想の後に基本設計、実施設計を行い、確認申請などの手続きを経て着工する。着工後は監理業務として、仕上げを撤去して明らかになる既存躯体の劣化の補修やそれらの記録（家歴書）が特徴的な業務内容である。工事完了後は完了検査を受けることで遵法性は確定され、さらに、耐用年数評価や家歴書によって躯体の耐久性に関する信頼度をより確実なものとする。こうして、遵法性や安全性、耐久性等の融資の判断材料を揃えることで、ローンが実行される。

コンクリートの劣化として中性化が挙げられる。中性化の主な原因は、空気中の二酸化炭素と水酸化カルシウムが反応して起こる炭酸化である。中性化は、鉄筋コンクリート構造物内部の鉄

筋を覆う不動態被膜を破壊して、鉄筋の腐食を誘発する。このため、鉄筋がコンクリート内部で腐食してサビが生じると体積膨張を起こしてひび割れを生じさせる。

今からおよそ 100 年前の 1928 年には内田祥三・濱田稔らによる「鋼及びコンクリートに関する研究」論文の中で長年の実験に基づくコンクリートの中性化深さ (d) と中性化期間 (t) との間に  $d = \sqrt{t}$  の関係 ( $\sqrt{t}$  則) が示されている。この式を用いることにより鉄筋コンクリート構造物の中性化が鉄筋に到達する時期を推定することができる。この評価方法をもちいて鉄筋コンクリート造や鉄骨鉄筋コンクリート造の既存建物の残存耐用年数を算出し、その数値が法定耐用年数と同等以上であれば、耐久性に関しては新築と同等といえる。そして、金融機関の判断にもよるが、築古の物件であっても新築と同じように長期のローンを受ける可能性が開けることとなる。現在、2社に評価を依頼している。

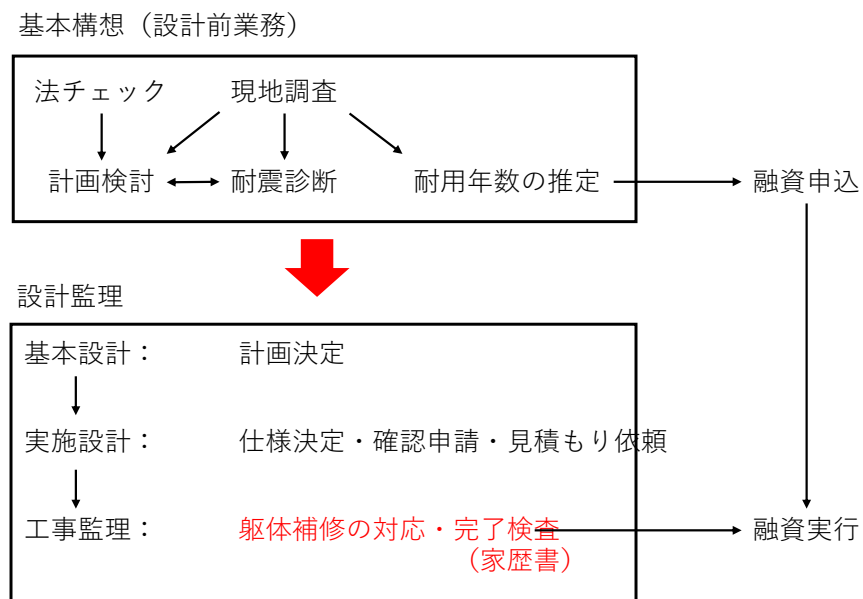
A社では設計者側で既存建物からコンクリートコアを採取して、コンクリートの被り厚さと中性化に着目し評価を行なっている。調査箇所は5層の建物で100箇所を超える。調査は基本構想段階と工事中、工事完了後の3回実施される。基本構想段階の調査でリファイニング後の残存耐用年数のドラフトが明示される。

B社ではコンクリートの劣化に関する学識経験者からなる評価委員会を設置し、調査位置の数量・位置の決定及び現地で位置の確認を行なった上で現地調査が実施される。そして、中性化以外にも、塩化物イオン量の測定その他、含水率・鉄筋腐食度グレードの調査などを実施し、物件毎に詳細な調査が行われている。調査は基本構想段階の1回で既存建物の構造躯体の残存耐用年数が明示される。

昨今の耐用年数評価を概観すると、コンクリートの含水率及び鉄筋の腐食グレードを調査し、腐食環境にないことが確認された物件では残存の耐用年数は長くなる傾向が見られる。

鉄筋コンクリート造建築物の耐用年数について  
リファイニング建築の場合

リファイニング建築のフロー



## 鉄筋コンクリート造建築物の耐用年数について

RC造の建物の法定耐用年数は事務所で50年、住宅で47年と定められており、これらを基に建物は評価されている。



残存の法定耐用年数が残りわずかな既存建物に対しては、残存期間で回収可能な資金の融資となるのが一般的

賃貸経営上は長期的に返済をして行く事が望ましい



法定耐用年数にとられない新しい融資の仕組みが必要

補足

以前は耐用年数はRC造の住宅であれば60年であったが1998年に47年に改訂された。理由は減価償却の期間を短くする事で固定資産税等の緩和あるいは、期間を短くする事で建て替えを促進させ内需拡大を図るためとも言われている事から物理的な根拠の無い数値である。

## 新しい融資の仕組み

### 融資の条件

- ・競争力 : 内外装設備の刷新
- ・遵法性 : 確認申請、検査済証を取得
- ・安全性 : 耐震補強
- ・耐久性 : 躯体の補強や補修を実施し、全数を記録（家歴書）

定

第三者機関により物理的な耐用年数を推

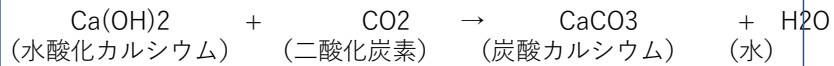
認

→計画時点で50年程度の耐用年数を確

上記の条件を満たすことで残存法定耐用年数が残りわずかな既存建物であっても**新築と同等**の遵法性、耐震性、躯体の信頼性、**建物寿命**を評価することが可能となる。

## 耐用年数評価の考え方

コンクリートの中性化の進行を推定



中性化の進行過程

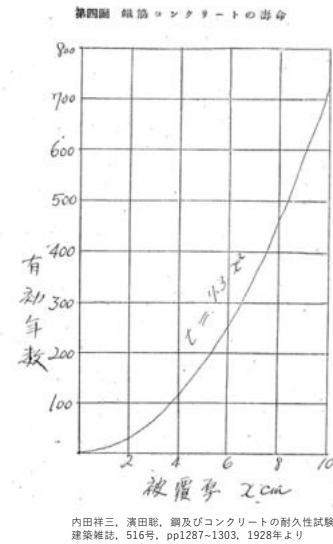
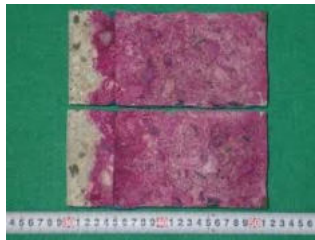
コンクリート表面から中性化が進行して、鉄筋まで到達し、鉄筋が腐食するまでの期間を推定。

$$C = A\sqrt{t}$$

C : 中性化深さ (mm)

A : 中性化速度係数

t : 経年時間 (年)



### 評価方法 1

第三者機関による耐用年数推定調査とは

目的 : 既存建物の物理的残存寿命の推定

調査回数 : 3回の調査

(1回目 : 書類上、2回目 : 工事中の現地、3回目 : 完成時)

1回目の調査結果で融資返済期間が決まる

依頼者が推定材料の提供と条件の設定を行い、

第三者機関が既存建物の残存の耐用年数推定を行う。

推定材料

1回目の調査に必要な依頼者が準備する情報

- ① 既存図面の有無・・・メンテナンス性
- ② 改修後の計画・・・フレキシビリティ、耐久性
- ③ 鉄筋かぶり厚、中性化深さ (環境別に3～5カ所のサンプルが理想)



■残存耐用年数の推定手順は以下の通りとなる。

(1) 調査結果および設計図書をもとに以下の定数を設定

平均かぶり厚さ：aD (cm)      かぶり厚さの標準偏差：σ (cm)      【σ=1.0~2.0cm】  
 中性化深さの平均値：aCi<sub>1</sub> (cm)      中性化深さの変動係数：v      【v=0.3~0.5】  
 調査時の経過年数：t<sub>1</sub> (年)      期待耐用年数時の鉄筋の腐食割合：P<sub>0</sub> (%)

P <sub>0</sub> の標準値		かぶりコンクリートの剥落が人間・器物に損傷を与える可能性	
グレード*	建物の重要度	あり	なし
A	官公庁ビル・病院・学校	5~15 (%)	15~30 (%)
B	事務所・集合住宅・ホテル	15~30	30~50
C	工場・倉庫・個人住宅	30~50	50

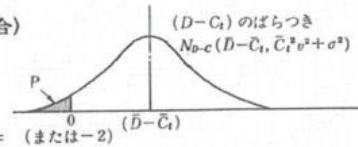
(2)  $A_i = C_i / \sqrt{t_1}$  により、中性化速度定数  $A_i$  を定め、中性化速度式  $C_i = A_i \sqrt{t}$  を求める。  
 (3) 鉄筋の腐食割合  $P$  と材令  $t$  の関係を求める。

$$f(D - C_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi(\bar{C}_i^2 v^2 + \sigma^2)}} \exp\left[-\frac{\{(D - C_i) - (\bar{D} - \bar{C}_i)\}^2}{2(\bar{C}_i^2 v^2 + \sigma^2)}\right]$$

供用期間  $t$  における鉄筋の腐食確率  $P(t)$  は、屋内外別に下式で求められる。

$$P_1 = \int_{-\infty}^0 f(D - C_i) d(D - C_i) \quad (\text{屋外面で風雨にさらされる場合})$$

$$P_2 = \int_{-\infty}^{-2} f(D - C_i) d(D - C_i) \quad (\text{屋内面の場合})$$



(4)  $P = P_0$  と  $P = f(t)$  の交点を求め、その時点での経過年数  $t_2$  を求める。  
 (5)  $t_2$  から  $t_1$  を引いた値 ( $t_2 - t_1$ ) を残存耐用年数とする。

\*上記の出典元及び考察は、下記文献による。

- 「建築物・部材・材料の耐久設計手法・同解説 (日本建築学会 2003)」
- 「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性向上技術 (建設大臣官房技術調査室、(財)国土開発技術研究センター 1986)」
- 「コンクリート構造物の耐久性シリーズ 中性化 (技報堂出版)」

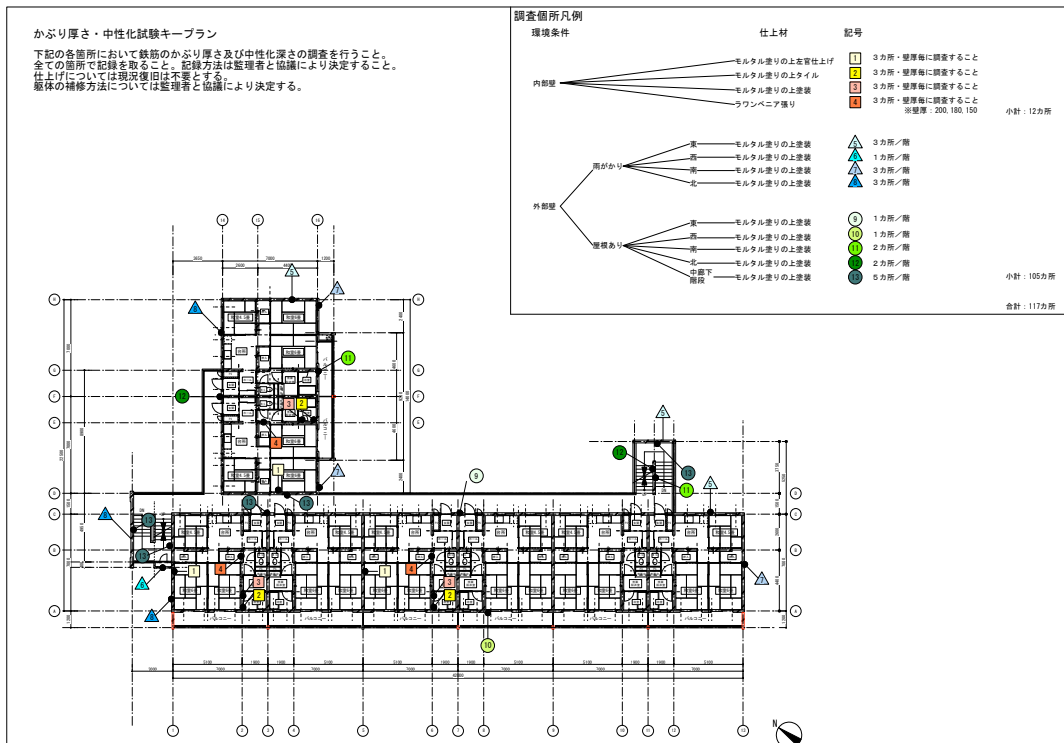
A社：耐用年数推定調査報告書抜粋

## 事例 1

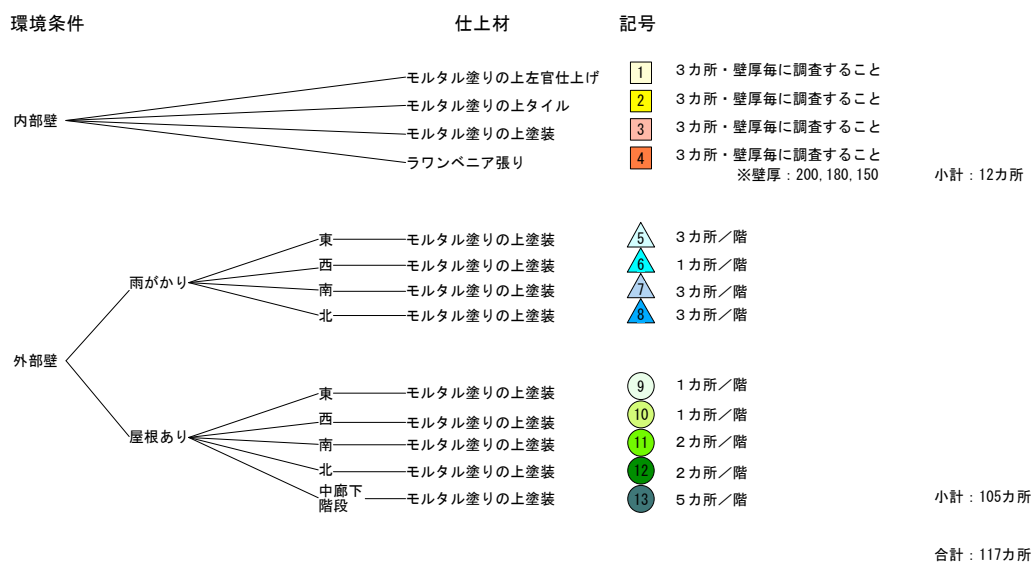


既存概要  
 所在地：福岡県  
 構造：RC造  
 階数：地上5階  
 床面積：2,210㎡  
 主用途：共同住宅  
 竣工年：1974年  
 築年数：38年  
 耐用年数：50年

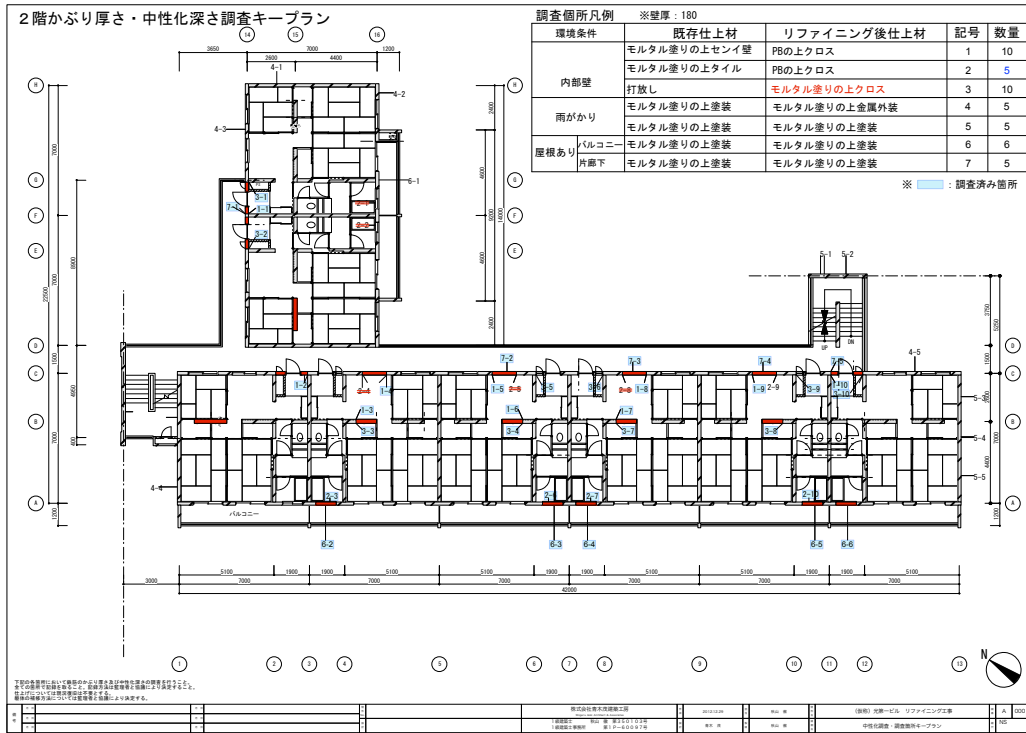
# 調査箇所（計画時）



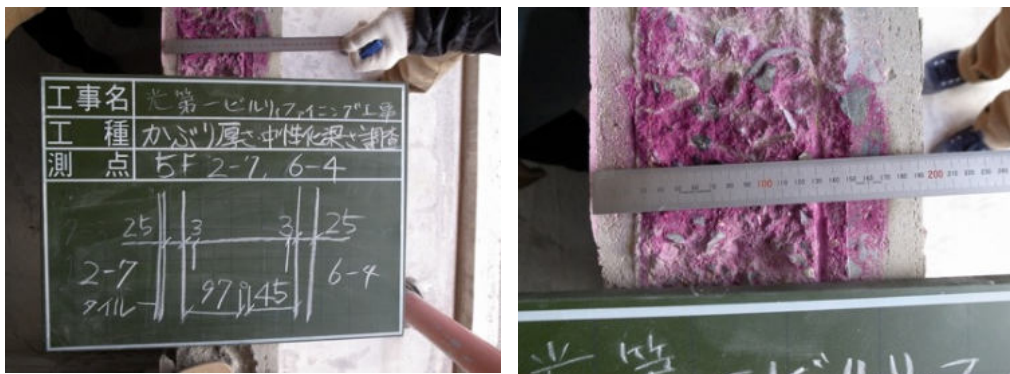
# 調査箇所（計画時）



# 調査箇所 (実施)



# 中性化現地調査



# 躯体補修



# 家歴書の作成

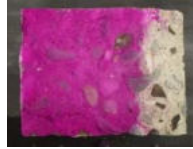
		鉄筋爆裂箇所補修	モルタル浮き0.25m未満 エポキシ樹脂注入	モルタル浮き0.25m以上 エポキシ樹脂注入	躯体ジャンカ補修箇所	躯体ひび割れ補修
工種	補修、補強					
場所	1・2号室 4F ベランダ スラブ					
位置図		現状写真 		撮影箇所 位置図参照 日付 2012年12月10日		工事記録/完成写真 
部位	床：壁：柱：梁：スラブ	撮影箇所 位置図参照 日付 2013年1月10日				
現状	右図マーキング状況参照					
補修/補強の方法	右図参照					
既存建物データ	竣工	S49年				
	築年	38年				
	面積	建築面積 599.77㎡	延べ面積 2376.66㎡			
法規	旧耐震：新耐震					
用途状況	共同住宅					
		鉄筋爆裂箇所補修 No	モルタル浮き0.25m未満工中 キシ樹脂注入箇所 No	モルタル浮き0.25m以上工中 キシ樹脂注入箇所 No	躯体ジャンカ補修箇所 No	躯体ひび割れ補修箇所 No
		No 1	No	No	No	No
		No 2	No	No	No	No
		No	No	No	No	No
		No	No	No	No	No
		No	No	No	No	No
		No	No	No	No	No
		No	No	No	No	No
		No	No	No	No	No
		No	No	No	No	No
		No	No	No	No	No
		No	No	No	No	No

## 評価方法 2

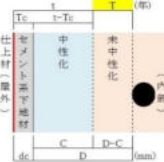
○鉄筋コンクリート造及び鉄骨鉄筋コンクリート造（鉄骨部分を除く）建築物の構造体(※)コンクリートのかぶり厚さが中性化することにより、鉄筋が腐食状態となることが予想されるまでの年数を、公正・中立な立場で評価するものです。「現況評価」と「改修計画評価」の2種類があります。

現況評価	現況の調査結果に基づく、構造体の耐用年数評価
改修計画評価	現況調査を行った上で、改修計画及び維持管理計画による耐用年数延長効果を考慮した構造体の耐用年数評価

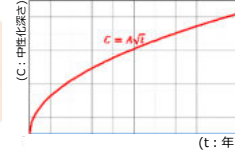
※JASS5鉄筋コンクリートで定義される「構造部材」及び「構造部材と一体にコンクリートを打ち込む非構造部材」



コア供試体の中性化試験



中性化進行の断面図



中性化進行 (中性化深さ-年数)

### ○調査項目

- ・コア供試体による圧縮強度 (JIS A 1107) (コア供試体：直径75mm以上)
- ・仕上げ材の種類・厚さ (特にセメントモルタル部分の厚さ) (コア供試体：直径25mm以上)
- ・中性化深さ (JIS A 1152) (コア供試体：直径25mm以上)

○コア供試体ごとに、以下の①～⑦を記録してください。

- ①採取日
- ②採取階及び採取位置 (平面・高さ方向・室名)
- ③部材名：耐力壁/柱/梁/床等/建築基準法施行令第79条のかぶり厚さの対象が判断できるもの
- ④仕上材の種類と厚さ：セメントモルタル/薄塗材/吹付け材/コンクリート打放し (厚さは不要)
- ⑤雨掛りの有無 (筒元・筒先それぞれ)
- ⑥CO<sub>2</sub>濃度別の環境区分：屋外(雨掛り有) / 屋外(雨掛り無) / 屋内(居室、台所、物置、PS、地下駐車場等)
- ⑦方位：東西南北

※原則としてコア供試体の採取前に専門家等による現地確認を行います。  
現地確認の際には必ず依頼者 (所有者) 又は代理者 (設計者) 及び調査会社の立会いをお願いします。

B社：構造体の耐用年数評価リーフレット抜粋

## 調査数量

○コア供試体の採取箇所・本数は原則として以下によります。  
なお、コア採取に先立って専門家等が現地確認し、具体的採取箇所を指定します。

### ①棟別の総数

延べ面積に応じ、右表による本数以上のコア供試体の採取とします。  
総本数の半数以上が屋外の採取とします。

### ②採取する階・本数

各階の構造体からの3本以上の採取を原則としますが、地上階数4以上の場合、地上における最下階・中間階・最上階 (地階がある場合は地階を加える) の各階から3本以上の採取とすることができます。

### ③仕上材別の本数

以下の仕上材の部位が存在する場合は、仕上材ごとに3本以上を採取とします。セメントモルタル/薄塗材/吹付け材/コンクリート打放し

延べ面積 (A)	本数
$A \leq 1,000\text{m}^2$	9本
$1,000\text{m}^2 < A \leq 2,000\text{m}^2$	12本
$2,000\text{m}^2 < A \leq 3,000\text{m}^2$	15本
$3,000\text{m}^2 < A \leq 4,000\text{m}^2$	18本
$4,000\text{m}^2 < A \leq 5,000\text{m}^2$	21本
$5,000\text{m}^2 < A$	相談による

B社：構造体の耐用年数評価リーフレット抜粋

委員会立会のもと、

- ・劣化に影響する環境下でのコンクリートコア採取
- ・塩化物イオン量 (中性化以外の劣化因子の把握)
- ・コンクリートの含水率 (鉄筋腐食環境の把握)



有識者・専門家による委員会の設置により、的確な劣化の進行を推定

## 事例 2



既存概要  
 所在地 : 岐阜県  
 構造 : RC造  
 階数 : 地上4階  
 述べ床面積 : 918㎡  
 主用途 : 事務所・共同住宅  
 竣工年 : 1967年  
 築年数 : 54年  
 耐用年数 : 100年超

### 中性化深さ

コンクリート中性化深さ調査結果 [部位: 壁]

階数	調査記号	場所 区分 筒元 屋外 筒先 屋内	仕上げの種類 および厚さ[mm]  コア採取の種類	コンクリート 中性化深さ[mm]					採取場所の区分		
				測定値	最大値	平均値	比較	理論値	区分	屋内	
										屋外	室内(共用)
1階	C-1	筒元 (屋外)	モルタル+吹付タイル : 30	0.0 ~ 1.0	1.5	0.4	<	8.5	屋外	0.4	
		筒先 (屋内)	モルタル+ペイント : 35 貫通	2.0 ~ 5.5	5.5	3.6	<	7.8	室内		3.6
1階	C-2	筒元 (屋内)	モルタル+ペイント : 23	13.0 ~ 19.5	20.5	16.4	>	7.8	室内		16.4
		筒先 (屋外)	モルタル+吹付タイル : 21 貫通	0.0 ~ 0.5	2.0	0.2	<	8.5	屋外	0.2	
3階	C-3	筒元 (屋外)	モルタル+吹付タイル : 23	0.0 ~ 3.5	3.5	1.4	<	8.5	屋外	1.4	
		筒先 (屋内)	モルタル+ペイント : 26 貫通	13.5 ~ 23.0	23.0	19.1	>	7.8	室内		19.1
PH階	C-4	筒元 (屋外)	モルタル+吹付タイル : 25	2.5 ~ 4.0	5.0	3.4	<	8.5	屋外	3.4	
		筒先 (屋内)	モルタル+吹付タイル : - カット(仕上面折取り)	4.0 ~ 12.0	12.0	7.9	>	7.8	室外		7.9
平均値						6.6			1.4	7.9	13.0

### 塩化物イオン量

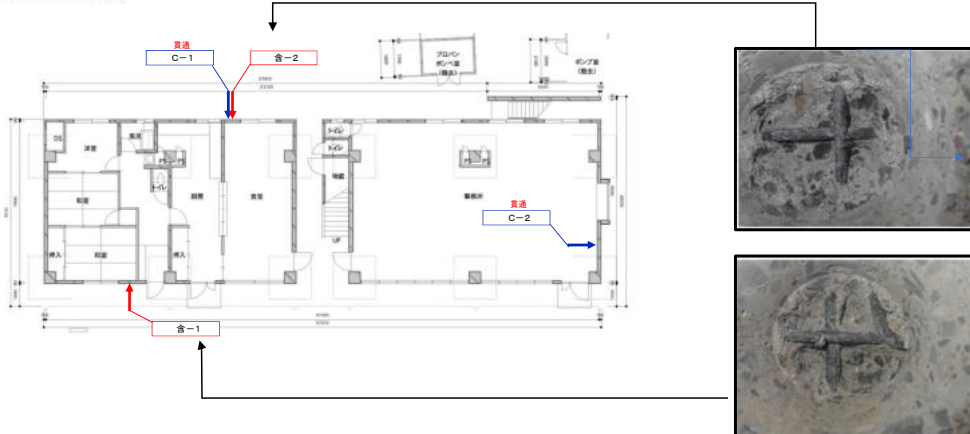
塩化物イオン量調査結果

階数	調査記号	表面からの距離 (mm)	塩化物イオン濃度Cl <sup>-</sup>		見掛けの密度 (kg/m <sup>3</sup> )	塩化物イオン量C <sup>-</sup> (kg/m <sup>3</sup> )
			測定値(%)	平均値(%)		
1	C-1	1	0.003	0.00	2350	0.07
		2	0.003			

# 含水率調査

コア名	スライス幅 (mm)	乾燥前質量m (kg)	乾燥後質量m <sub>0</sub> (kg)	質量基準質量含水率 u (kg/kg)
含-1	0-25	0.285	0.282	0.01
	25-50	0.239	0.237	0.01
	50-75	0.279	0.277	0.01
含-2	0-25	0.297	0.287	0.03
	25-50	0.269	0.259	0.04
	50-75	0.267	0.258	0.03

乾燥温度：105±2 (℃)



物件名	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
調査実施年月	2020年11月	2021.9	2021.8	2021.8	2021.3	2021年7月	2022年2月	2022年10月	2022年10月	2022年10月	2022年10月
建設年	1973年	1980年	1963年	1967年	1971年	1997年	1976年	1975年	1968年	1974年	1985年
築年数	47年	41年	58年	54年	50年	24年	46年	47年	54年	48年	37年
所在地	東京都	神奈川県	東京都	千葉県	東京都	東京都	東京都	神奈川県	東京都	東京都	東京都
構造	SRC・一部S	SRC・一部S	RC	RC	RC	RC	RC一部SRC	SRC一部RC	RC	SRC	RC
延床面積 (㎡)	1216.23	6092.74	1076.49	918.64	171.18	474.35	2369.25	1896.13	1297.47	937.74	863.34
階数	地上8階	地上2階 地下1階	地上3階 地下1階	地上4階 塔屋1階	地上3階	地上4階 塔屋1階	地上7階 地下1階	地上11階 塔屋1階	地上4階	地上7階	地上4階
圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	最小値	10.8	19.2	8.65	17.1	17.7	27.7	20.9	14.9	16.1	13.2
	最大値	29.8	31.5	44.9	42.5	39.7	47.8	45.3	37.2	27.6	23.1
	平均値	17.3	26.51	20.683	28.99	26.9	35.935	33.84	25.851	22.07	17.63
層外中性化 (mm)	最小値	0.6	0	0	0.2	0.1	0.6	0	0	0.1	0.1
	最大値	7.2	5.1	14.7	16.2	10.9	17.1	2.4	3	1.5	11.3
	平均値	2.88	1.885	4	3.921	4.5	6.22	0.87	1.263	0.675	2.527
層内中性化 (mm)	最小値	0.3	11.4	0.9	2.6	7.5	0	0.7	0.2	10.4	1.4
	最大値	50.2	17.3	69.1	43.6	25.8	16.7	43.5	21.9	35.4	40.1
	平均値	8.85	14.35	13.558	19.481	18.3	5.125	18.54	4.6	19.45	9.214
打ち抜き部 (mm)	最小値	—	38.1	0.3	6.6	—	5.4	1.1	4.4	13.1	45.1
	最大値	—	63.4	85	45.4	—	29.9	47.7	35.4	59.6	77.1
	平均値	—	47.437	58.125	30.866	13.1	22.485	29.52	19.8	36.86	62.04
塩化物イオン総量 (kg/m <sup>3</sup> )	—	0.14~0.21	—	0.07	0.02	—	0.04	0.13	0.16	0.08	0.06
質量含水率 (%)	0-25mm	3.02/2.10	0-40mm: 0.6-2.1	4.1	3.5	—	—	※	3.04/3.3	—	4.4/5.12
	25-50mm	3.44/1.52	—	4.6	3.9	—	—	※	3.37/2.93	—	6.87/5.21
	50-75mm	—	—	4.84	3.5	—	—	※	3.01/2.59	—	6.67/5.2
腐食グレード	I	I	I	I	I	—	—	I	I	I	I
耐用年数	100年超	100年超	100年超	100年超	55年	65年	88年	100年超	100年超	100年超	100年超

中性化深さ・塩化物イオン量・含水率・鉄筋腐食グレードを分析して耐用年数を評価

## フィンランドの木造建築と木の耐久性に関する 取り組みについての調査

(坂口大史)

本調査は2022年12月-2023年1月にかけて、フィンランドのヘルシンキ市及びユバスキュラ市にて実施した。本調査における主たる目的は、以下の通りである。

1. フィンランドの先進的な木造・木質建築における木の使い方について実際に訪問して調査する
2. 様々な木造建築で使われている木について耐久性の向上に関する工夫や取り組みを調査してまとめる

調査の対象となる建物は、2010年以降に建てられた木造建築の調査がメインとなったが、その理由としてフィンランドは約30年前から木造に取り組み始めた一方で、木造に力を入れていなかった時期もあった。そのため、多くの先進的な木造建築が実現されたのは2010年前後からである。また、郊外にはいくつか築年数の古い建物も存在するが、「基本的には公共交通機関でアクセス可能な範囲」という本補助金の性質による制限も考慮して、都市部でアクセス可能な建物から調査対象となった。

これらの背景を踏まえて、今回の調査では、最新の木造建築も含めて、木造建築（広義では木質建築も含む）の耐久性についての知見が得られる調査対象を選定した。

フィンランドの木造建築に関する調査結果のまとめは以下の4点となる。

1. 用途、規模共に多くの中大規模木造が実現されている
2. フィンランドの木造建築では、外壁に保護材を塗った木が使われるケースが多い
3. 沿岸部や水辺に近いエリアでも外壁に木を使う
4. 水切りを工夫したディテールほどの建物においても標準的に用いられる

調査結果1について、今回の調査ではアクセスの制限上、調査できるエリアが都市部もしくは都市部に近いエリアに限定されたが、その中でも、観光案内所、文化交流複合施設、宗教施設、公共施設、集合住宅など、様々な用途の建物に木が使われていた。

調査結果2について、多くの木造建築において外壁に木材が用いられていた。これは豊富に存在する森林資源を活用するという意味もあるが、建物の表情や街並みを形成するという観点からも意義があると考えられる。ただし、日本と比較するとフィンランドでは腐朽菌の働きが弱く木材を外部で使用しやすい環境である点は考慮する必要がある。

調査結果3について、調査を行った木造建築のいくつかは沿岸部や水辺に近いエリアに位置していた。その中でも、外壁に木材を使っている事例が多くみられた。外壁に木材を使う理由は調査結果2と同様であるが、日本では水に近いエリア、特に海に近いエリアでは塩害を考慮して木材を使用することは一般的に避けられる。一方で、ヘルシンキの海沿いにある建物の外壁に木材を使用する理由の一つとして、バルト海の塩分濃度が関係していると考えられる。一般的な海水の塩分濃度と比べて1/5程度と言われており、塩害を少なく抑えられることが要因であるといえる。

調査結果4について、調査結果1-3も踏まえて考えると、90年以上前に建てられた建物の例をみても、特に外で木を使う場合は、木に水がかかったとしても、水が滞留しにくい工夫、もし水が侵入した場合でも乾燥しやすい工夫など、木を使う上で天敵なる水に関する止水、防水、水切れ等に関するディテールでの工夫が随所でみられた。これらの工夫と木に対して適切な保護剤を用いることで、木の耐久性向上に関する取り組みが脈々と受け継がれてきている点が、実際に調査を行ったことで明らかとなった。





地域に根ざし、世界をみざす「ふくしの総合大学」

日本福祉大学 Since 1953

## 木造耐用年数シンポジウム

# フィンランドの木造建築と耐久性に関する取り組み

日本福祉大学健康科学部  
福祉工学科建築バリアフリー専修  
坂口大史

### 本海外調査の目的

木造耐用年数シンポジウム  
報告者：坂口大史

- フィンランドの先進的な木造・木質建築における木の使い方を実際に訪問して調査する
- 使われている木について耐久性の向上に関する工夫や取り組みを調査してまとめる
- その他、フィンランドにおける木造建築の普及状況や関連するトピック、各企業や行政、政府の取り組みについてインタビューを含めて調査する



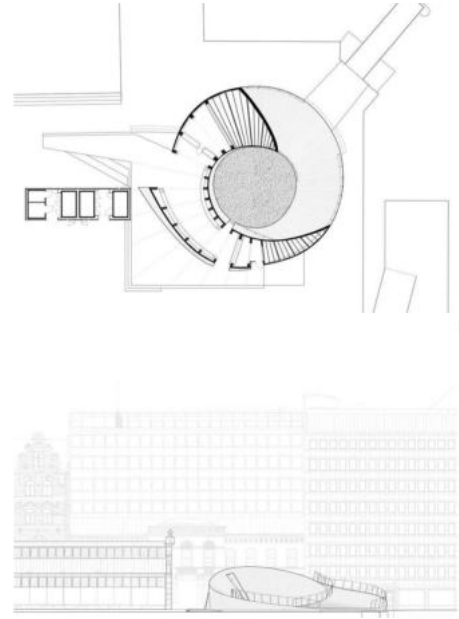
## 建築の概要

- ・パビリオンのデザインに採用されている木の渦巻きは、19世紀の海上都市の雰囲気を残す港のデザインとは対照的。
- ・パビリオンの形態は、ヴァリサーリの崖や古い木造船を連想させるデザイン。
- ・パビリオンの制作工程は、デジタル3Dのビルディングモデルによって進行。
- ・プレハブ・モジュールは、小さな港町の大工の工房で作られ、船で輸送された後、直接敷地に積まれ設置。

建物名称	ヘルシンキ観光案内所パビリオン
建築地	フィンランド、ヘルシンキ
用途	観光案内所
建築主	ヘルシンキ市
設計者	Verstas Architects
施工者	Helsinki City Construction Services Stara
規模	地上2階（屋上箇所含む）
延床面積	187㎡
構造種別	木造
木材利用	外装材、内装材
工期	2020年竣工



引用： <https://verstasarkkitehdit.fi/projects/helsinki-biennial-pavilion/>



引用： <https://verstasarkkitehdit.fi/projects/helsinki-biennial-pavilion/>

## ヘルシンキ観光案内所パビリオン

耐久性への対策：水切れの良いディテール、木口の斜めカット、タールによる塗装



- インテリアの木肌は、自然な明るい色を保つために木工用オイルを使用。
- デッキはオイル仕上げのパイン材、中央の庭は灰色化した横木と珪砂（けいしゃ）で舗装。
- 地元で入手可能な材料である木材は、北国の気候の中でエコロジ的に持続可能で、長持ちすることを意識して選定。
- メンテナンスも簡単で、消耗した部品を交換することですぐに修理することが可能。

引用： <https://verstasarkkitehdit.fi/projects/helsinki-biennial-pavilion/>

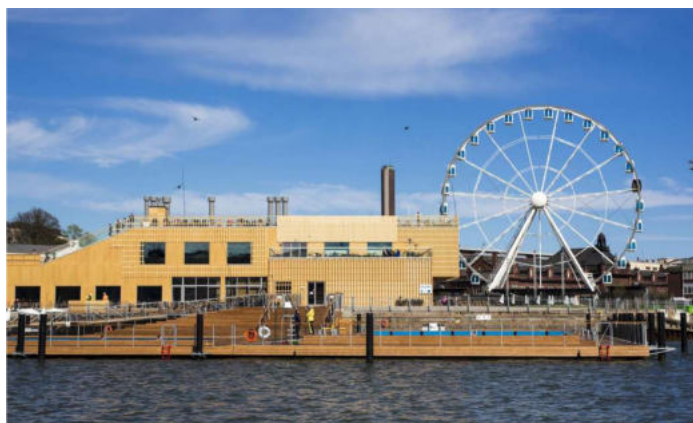


# アラッスシープール

## 建築の概要

- ・本建築物は、プールと文化センターが一体となった大規模な複合施設。
- ・木目の細かいフィンランド・スプルススを主材料として全体に使用して木質感の溢れる外観を表現。
- ・敷地内には海への絶え間ない眺望が広がり、スチームルームを含むほとんどのスペースから開放的な眺望が得られるよう、水平線に向かって伸びるデザイン。

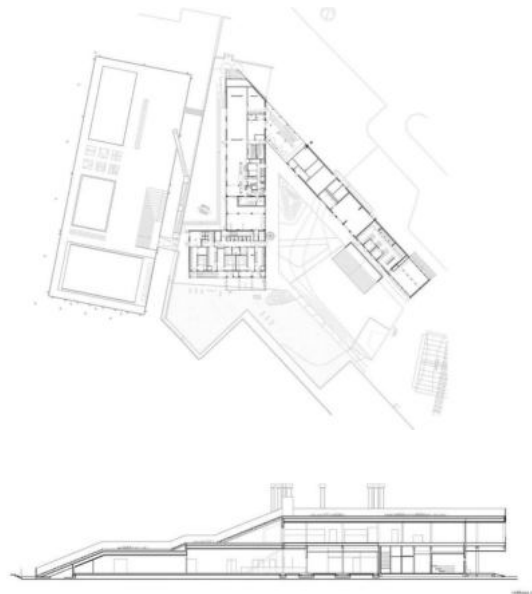
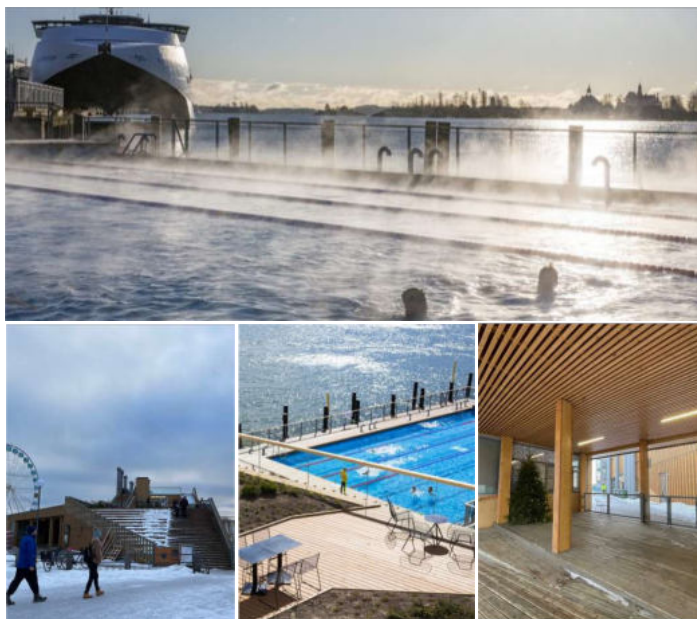
建物名称	アラッスシープール
建築地	フィンランド、ヘルシンキ
用途	プール、文化センター
建築主	ヘルシンキ市
設計者	Huttunen-Lipasti-Pakkanen
施工者	Helsinki Allas Oy
規模	地上3階（屋上スペース含む）
延床面積	1,678㎡
構造種別	混構造（S造+RC造+木造）+木質化
木材利用	外装材
工期	2017年竣工



引用：<https://navi.finnisharchitecture.fi/allas-sea-pool/>

## アラッスシープール

木造耐用年数シンポジウム  
報告者：坂口大史

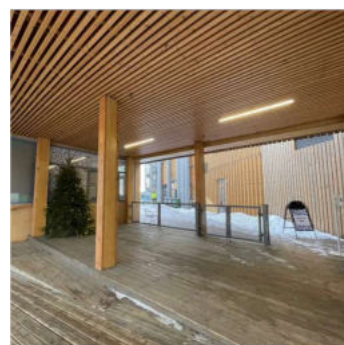
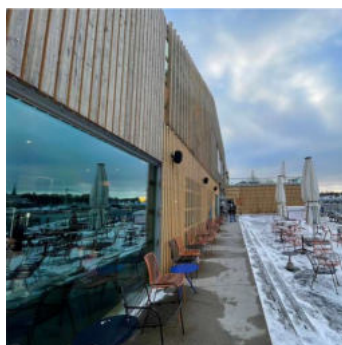
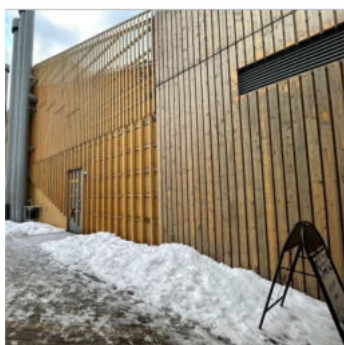


引用：<https://navi.finnisharchitecture.fi/allas-sea-pool/>

## アラッスシープール

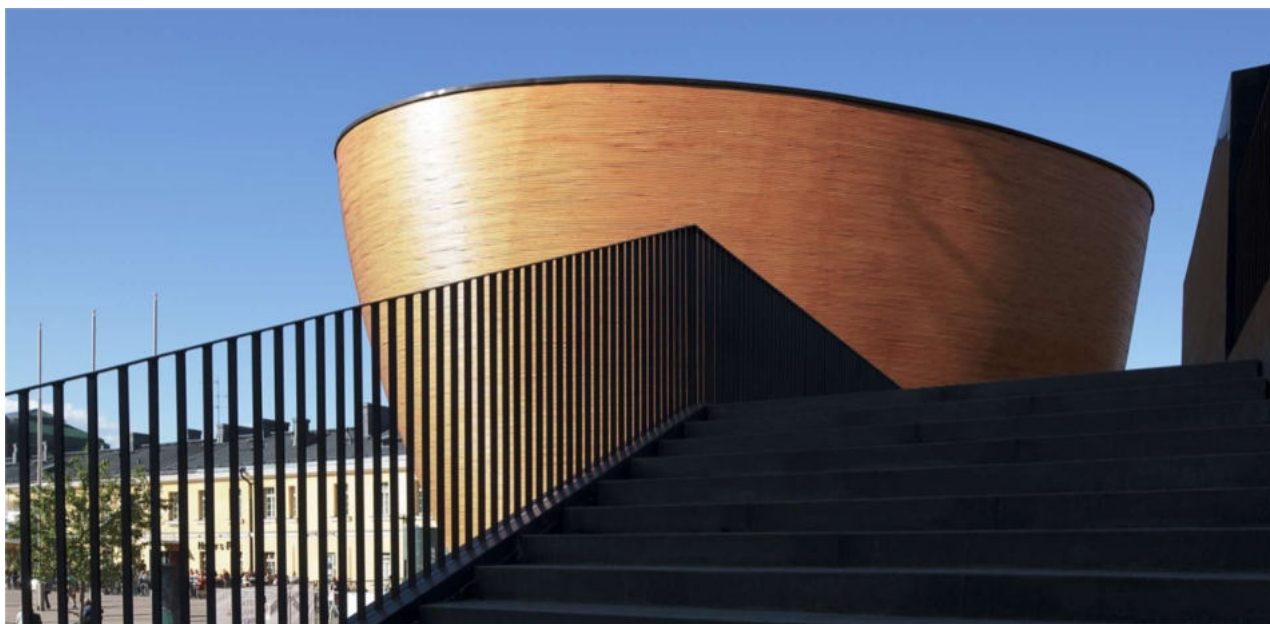
木造耐用年数シンポジウム  
報告者：坂口大史

耐久性への対策：水切れの良いディテール、木口の斜めカット、着色による保護



- 森に覆われたフィンランドと、万全な建材である木材との深い関わりを表現。
- 外観の木部はすべて着色されたスプルー材で構成。
- テラスの板は4面処理され、何層もの表面処理剤が塗布されて耐久性を向上。
- 全ての木部は、耐火性能の最高ランクであるB-s1,d0に適合するように処理。

引用：<https://navi.finnisharchitecture.fi/allas-sea-pool/>



引用： <https://www.archdaily.com/252040/kamppi-chapel-k2s-architects>

## 建築の概要

- ・ヘルシンキの中心地区であるカンピバスセンターの正面広場に建設された礼拝堂
- ・宗教を問わない礼拝堂として地元カトリック教会とヘルシンキ市が計画。
- ・集成材の骨組みで建物重量を支え、円周方向に設けられた帯状のブレースにより形状を保持。

建物名称	カンピチャペル
建築地	フィンランド、ヘルシンキ
用途	宗教施設
建築主	Helsinki Parish Union and the City of Helsinki
設計者	K2S Architects
施工者	Parkak
規模	地上1階、地下1階
延床面積	352.0 m <sup>2</sup>
構造種別	木造
木材利用	集成材
工期	2011～2012



引用： <https://www.archdaily.com/252040/kamppi-chapel-k2s-architects>

## カンピチャペル

木造耐用年数シンポジウム  
報告者：坂口大史

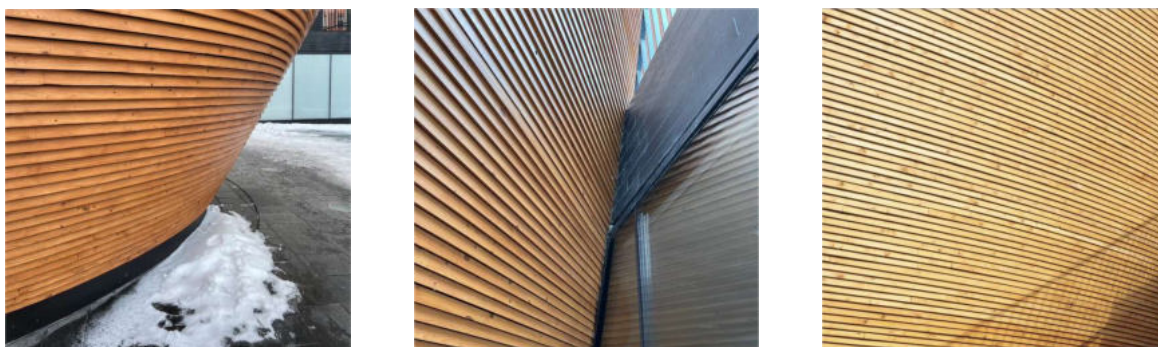


引用：<https://www.archdaily.com/252040/kamppi-chapel-k2s-architects>

## カンピチャペル

木造耐用年数シンポジウム  
報告者：坂口大史

耐久性への対策：水切れの良いディテール(木パネルを積層)、着色による保護



- 礼拝堂は三種類の木材でできており、外壁はスプルー材をフィンガージョイントで水平に製材した材を使用。
- 外壁は、ナノテクノロジーを利用した特殊なナノテックワックスでコーティング。
- 研究レベルの保護塗装剤を採用し、竣工以来過度な変色もなく美観が維持。

## ヘルシンキ中央図書館

木造耐用年数シンポジウム  
報告者：坂口大史



引用：<https://www.archdaily.com/907675/oodi-helsinki-central-library-ala-architects>

## ヘルシンキ中央図書館

木造耐用年数シンポジウム  
報告者：坂口大史

### 建築の概要

- ・独立100周年のメインプロジェクトとして国から指定。
- ・コンセプトは、人々が交流するリビングルーム。
- ・1階 - カフェ、映画館、展示場、イベントホールなどが配置。
- ・2階 - 仕事や学びのためのフロアで、会議室、各種スタジオ個室、設備の揃った工房などを配置。
- ・3階 - 本の楽園をイメージしたフロアとして設計。
- ・ガラスと鉄の構造と木を用いた印象的な外観は、伝統技術と現代建築を組み合わせ、最上階を除いて、建物の外装は全て木材が使用。

建物名称	ヘルシンキ中央図書館
建築地	フィンランド、ヘルシンキ
用途	図書館
建築主	ヘルシンキ市
設計者	建築ALA Architects、構造Ramboll Finland
施工者	YIT Corporation
規模	地上3階、地下1階
延床面積	17000㎡
構造種別	S造+木質化
木材利用	外装材、内装材
工期	2018年竣工

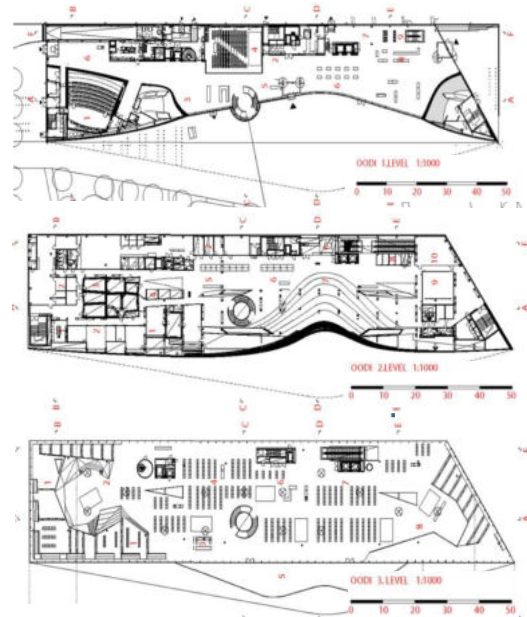
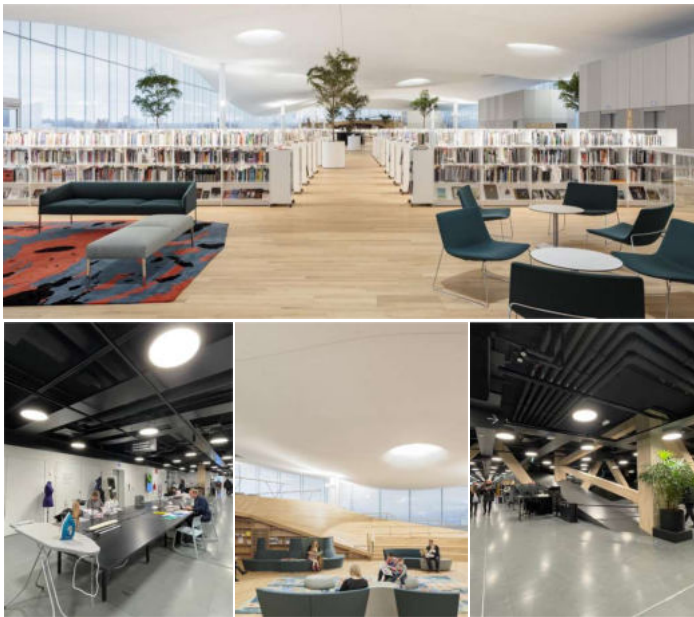


引用：<https://www.archdaily.com/907675/oodi-helsinki-central-library-ala-architects>



## ヘルシンキ中央図書館

木造耐用年数シンポジウム  
報告者：坂口大史

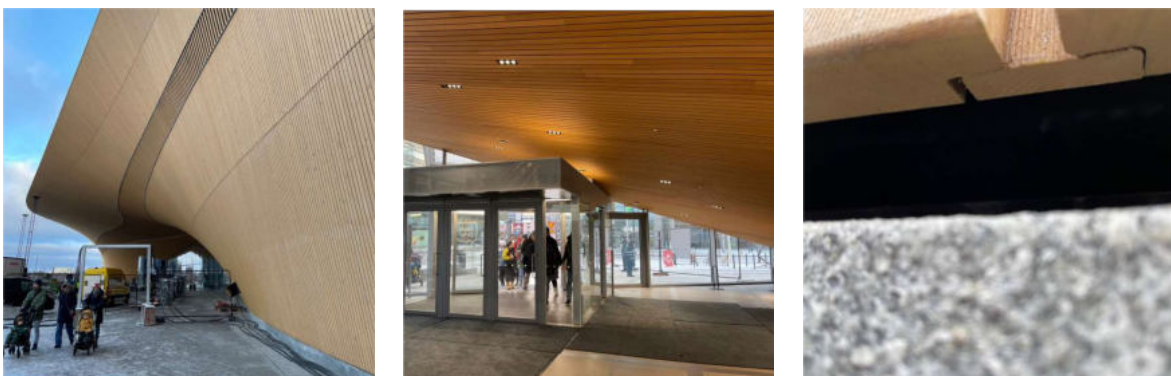


引用：<https://www.archdaily.com/907675/oodi-helsinki-central-library-ala-architects>

## ヘルシンキ中央図書館

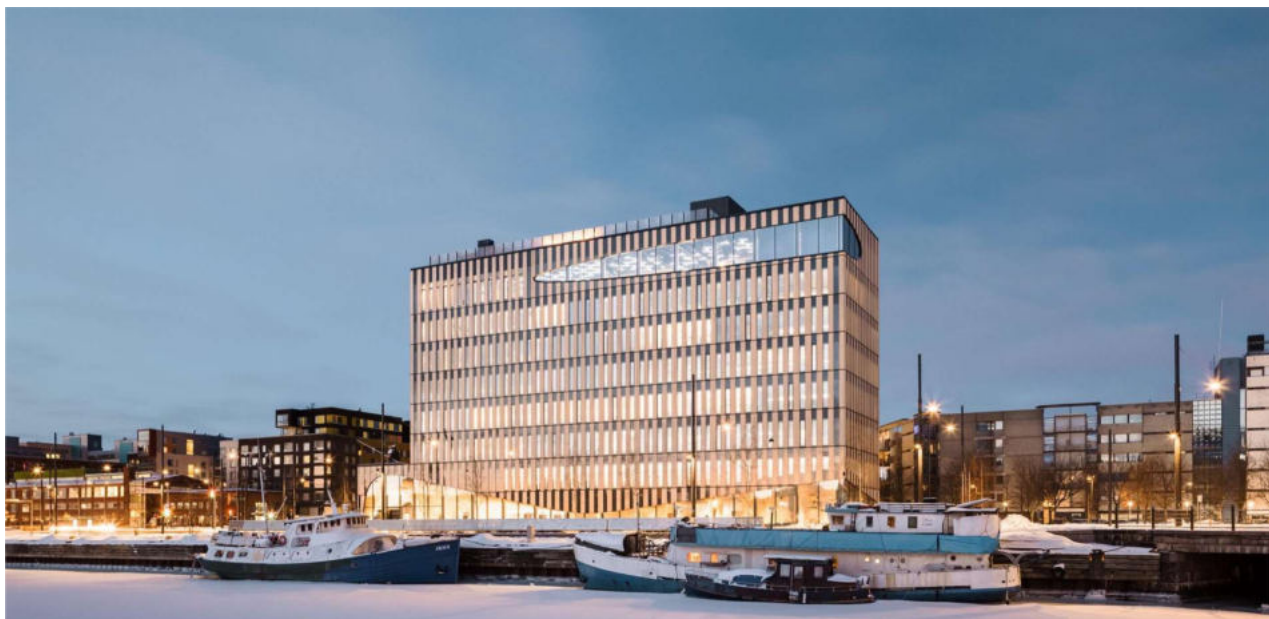
木造耐用年数シンポジウム  
報告者：坂口大史

耐久性への対策：水切れの良いディテール、着色による保護



- ・ファサードは、厚さ33mmのフィンランドスプルースの板で構成。
- ・最上階を除いて、建物の外装は全て木材を使用。
- ・外壁には大学と研究開発したの保護塗料を使用（塗り替え経験はなし）。

引用：<https://www.archdaily.com/907675/oodi-helsinki-central-library-ala-architects>



引用： <https://www.ark.fi/en/2021/02/wood-city-supercell/>

建築の概要

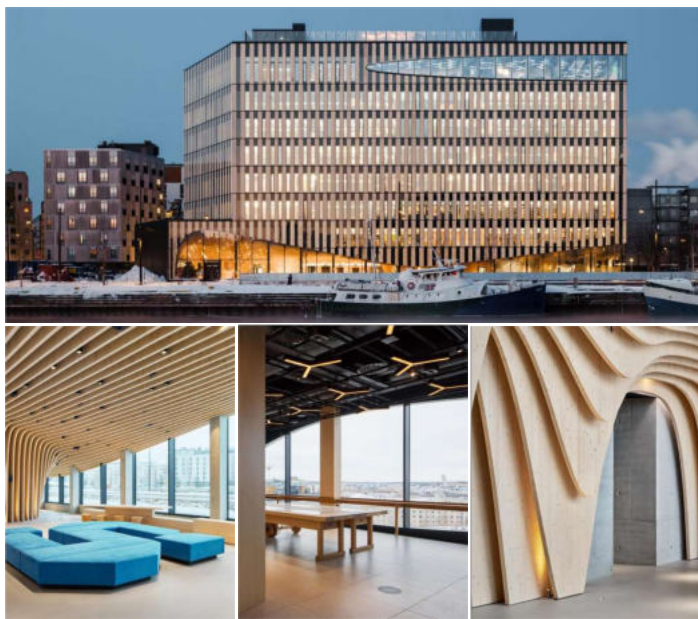
- ・ ヘルシンキ市南西部エリアの木造街区プロジェクト
- ・ プロジェクトのテーマは、"suitable for energy"と"efficient construction"。
- ・ Storaenso社のプレファブリック構工法で設計・施工。
- ・ 住居棟は2019年、商業棟は2023年竣工予定で、ホテル棟は現在基礎工事が進行中。
- ・ オフィス棟はSUPER CELLが一括入居。

建物名称	ウッドシティ
建築地	フィンランド、ヘルシンキ
用途	集合住宅、オフィス、商業・ホテル
建築主	SRV, Stora Enso Wood Products, ヘルシンキ市住宅生産局(ATT)
設計者	Anttinen Oiva Arkkitehdit
施工者	SRV + Storaenso
規模	各棟共 地上8階建
延床面積	地区合計 26,000 m <sup>2</sup>
構造種別	各棟共 1F RC造, 2~8F 木造 (オフィス棟8階のみS造)
木材利用	構造材、外装剤、内装材
工期	住居棟は2019年、商業棟は2023年竣工、ホテル棟は建設中



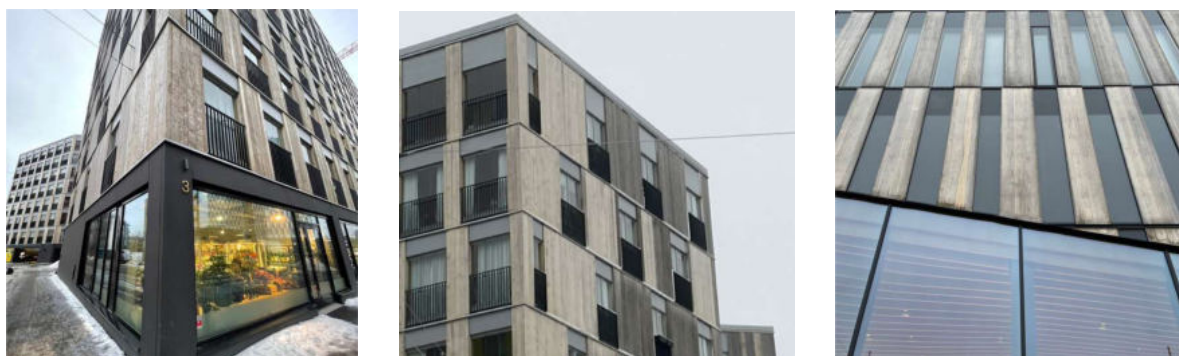
apartments棟 概要	office棟 概要	hotel and commercial棟 概要
延床面積 8,198 m <sup>2</sup>	延床面積 12,000 m <sup>2</sup>	延床面積 8,000 m <sup>2</sup>
木材使用料 2,600m <sup>3</sup> (LVL)	木材使用料 12,000m <sup>3</sup> (CLT)	木材使用料 7,000m <sup>3</sup> (CLT)
竣工 2019年8月	竣工 2020年秋	
総住戸数 98戸	入居企業 SUPER CELL	

引用： <https://www.ark.fi/en/2021/02/wood-city-supercell/>



引用：<https://www.ark.fi/en/2021/02/wood-city-supercell/>

耐久性への対策：着色による保護



- ・ オフィスビルの1階、地下、補強エレベーター・階段シャフトはRC造。
- ・ 2階から8階は木造（オフィス棟のみ8階はS造に途中で設計変更）。
- ・ LVLの柱、梁、リブ・スラブが使用されており、ファサードは木で構成。
- ・ 一部の木ファサードは既に塗り替えがされた様子。

引用：<https://www.ark.fi/en/2021/02/wood-city-supercell/>

## ロウリュ

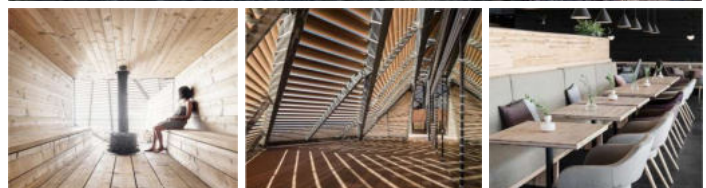
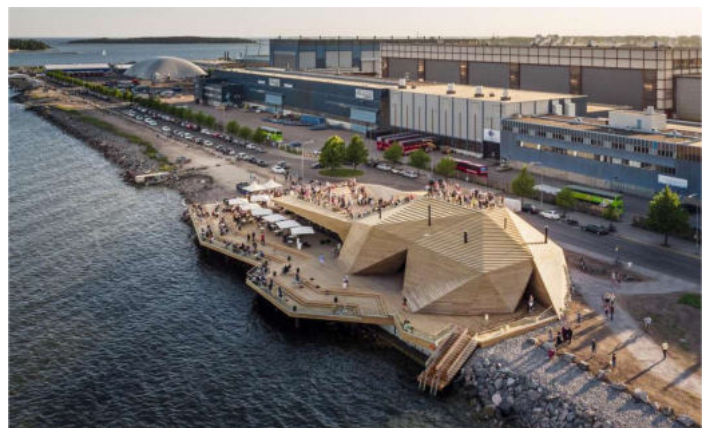


## ロウリュ

### 建築の概要

- ・ロウリュは住宅地から海への視線を遮らないように低層で作られている。全体のボリュームは木板を重ねてできており「木の岩」という印象を演出。
- ・海岸線の新たな地盤面となり、その下にサウナ室を有する設計。木が経年劣化するところにはグレー色になり海岸線の岩のようになることをイメージして設計。
- ・海岸沿いのランドスケープになじむようなデザイン。

建物名称	ロウリュ
建築地	フィンランド、ヘルシンキ
用途	公共サウナ、レストラン
建築主	Antero Vartia and Jasper Pääkkönen, Kidvekkeli Oy
設計者	Avanto Architects
施工者	Rakennustoimisto Jussit Oy
規模	地上1階（屋上スペース有）
延床面積	1071㎡
構造種別	S造
木材利用	外装材、内装材
工期	2016年5月

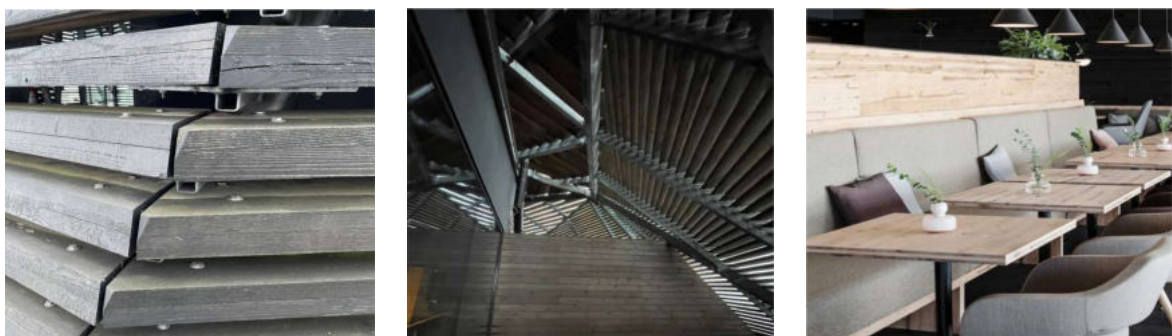


引用：<https://www.archdaily.com/790432/lovely-avanto-architects>



引用：<https://www.archdaily.com/790432/lovely-avanto-architects>

耐久性への対策：熱処理による木材の保護（外部）



- ・ インテリアに使われている木材は、明るい北欧産のバーチ材。
- ・ 外壁に使用されている木材は、プレス、接着、わずかな熱処理を施したバーチ材。
- ・ 1年に1-2回建物全体の点検をして、悪くなった木のみ取り替える。

引用：<https://www.archdaily.com/790432/lovely-avanto-architects>



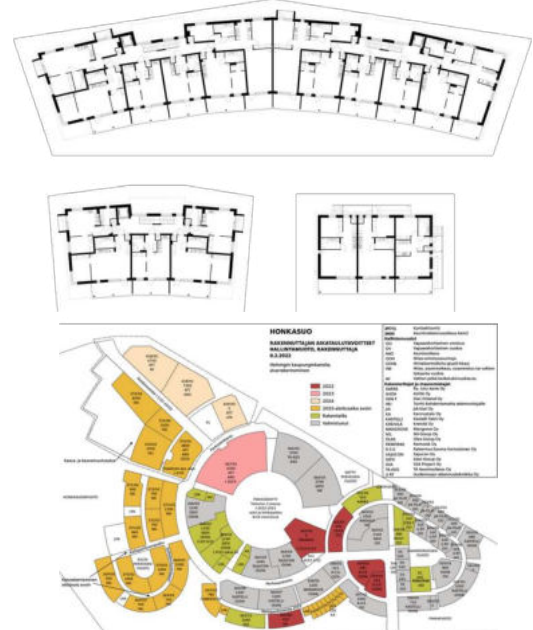
建築の概要

- ・都市計画法の精神に基づき、建物は弧を描くように数列を形成。
- ・階数は、外側の円弧の4階から、ペルホスニッティ公園に向かうにつれて3階、1階と減少。
- ・内弧の長屋はジグザグに配置され、必要な遊び場や座席のためのスペースを確保。都市計画で定められているように、隣接する建物のメインカラーは異なる。
- ・1階の暗い縦板とバルコニーの明るい縦板が、異なる配色。バルコニーの壁の一部には、建物のメインカラーを使用し、淡い色調のバルコニーに変化を創出。

建物名称	ホンカスオ木造集合住宅
建築地	フィンランド、ヘルシンキ
用途	住宅用建物
建築主	TA-asumisoikeus Oy and Sato Oyj
設計者	Vuorelma Arkkitehdit Oy
施工者	TA-asumisoikeus Oy (Perhosenkierto 33)、Sato Oyj
規模	地上1階, 3階, 4階
延床面積	3,700㎡
構造種別	木造
木材利用	CLT構造、外装材
工期	2013年～ (進行中)



引用： <https://puuinfo.fi/arkkitehtuuri/block-of-flats/honkasuo-wood-apartment-buildings/?lang=en>



引用：<https://puuinfo.fi/arkkitehtuuri/block-of-flats/honkasuo-wood-apartment-buildings/?lang=en>

### 耐久性への対策：着色による木材の保護（外部）



- ・ フィンランドの針葉樹材を使用。外壁、床、屋根、バルコニー、EVシャフトはすべて木造。
- ・ 中間棟の床には集成材と乾式壁スラブを使用。
- ・ ファサードは大きな木部材で構成、外側は木製の板貼、内側は乾式壁。
- ・ 1階のファサードには難燃処理された木質パネルを使用。

引用：<https://puuinfo.fi/arkkitehtuuri/block-of-flats/honkasuo-wood-apartment-buildings/?lang=en>



引用： <https://www.archdaily.com/973369/helsinki-airport-extension-ala-architects>

## 建築の概要

- ・新しい出発ホールの天井は、軽さを重視したコンセプトを生かしつつも実際は重量的に非常に重い構成。
- ・鉄骨構造を採用し、ダイスパンを実現しながらもプレハブ木材で作られた天井の中に隠すことで、軽量間を演出。
- ・等高線に似たスプルー材の流れるような形状は、立体地図の逆さ版となり、乗客の思考を滑走路の上空へと導くことを意図した設計。

建物名称	ヘルシンキ空港新ターミナル
建築地	フィンランド、 ヴァンター
用途	空港
建築主	Finavia Oyj
設計者	ALAアーキテクト
施工者	SRV
規模	地上 1 階（出発・到着ホールの箇所）
延床面積	43000㎡
構造種別	S造+木質化
木材利用	集成材+パネル材
工期	2021年竣工

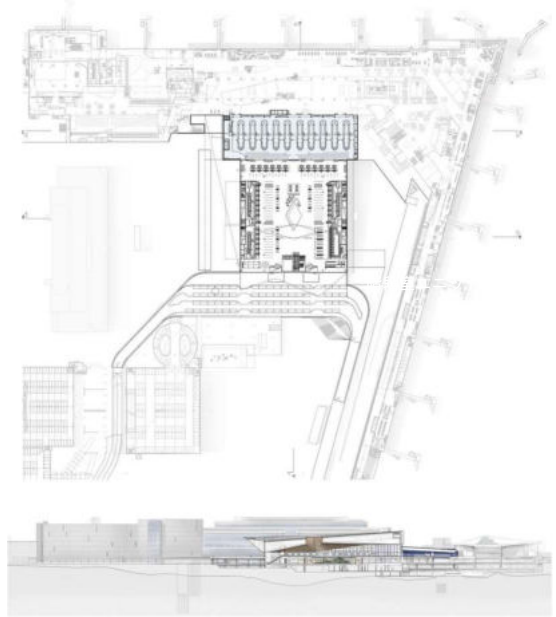


引用： <https://www.archdaily.com/973369/helsinki-airport-extension-ala-architects>



## ヘルシンキ空港新ターミナル

木造耐用年数シンポジウム  
報告者：坂口大史

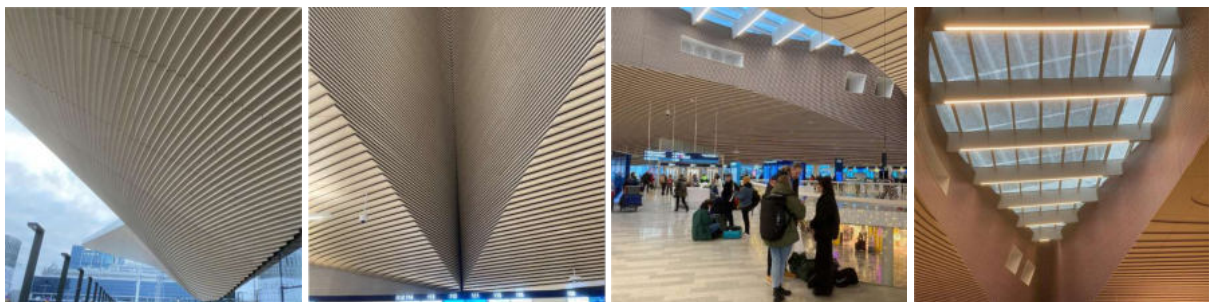


引用：<https://www.archdaily.com/973369/helsinki-airport-extension-ala-architects>

## ヘルシンキ空港新ターミナル

木造耐用年数シンポジウム  
報告者：坂口大史

### 耐久性への対策：塗装による木材の保護



- 屋根の構造は、プレファブのスプルス材で覆われた集成材+パネル材で構成。
- 等高線に似たスプルス材の流れるような形状は、立体地図の逆さ版となり、乗客の思考を滑走路の上空へと導くことを意図した設計。
- 鉄骨構造を採用することで、柱のない巨大なエントランスキャノピーを実現。

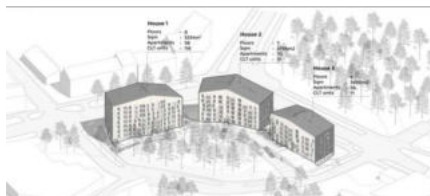
引用：<https://www.archdaily.com/973369/helsinki-airport-extension-ala-architects>



建築の概要

- ・ CLTによる大規模なモデューラーを用いたモデューラー・プレハブ建築のパイロットプロジェクト。
- ・ フィンランド初の8階建て高層木造アパート。
- ・ 一号棟は2015年、二号棟は2017年、三号棟は2018年と3工期に渡って建設。
- ・ CLTモジュールは、現場から2時間弱の距離にある地元の工場でプレハブ化。プレハブモジュールを使用することで、現場での工期を1棟あたり6カ月に短縮。

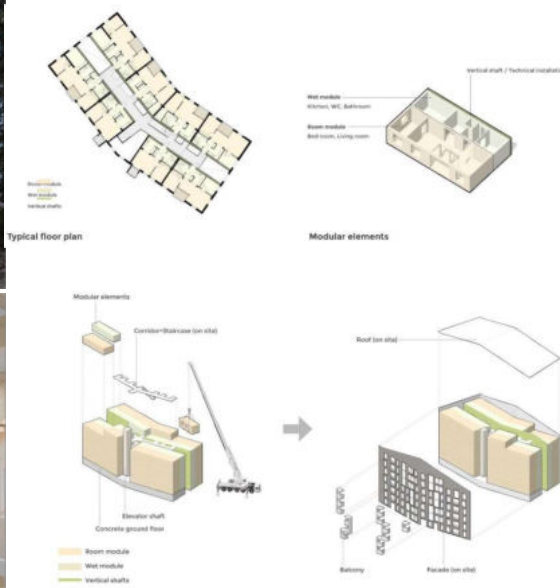
建物名称	Puukuokka Housing Block
建築地	Jyväskylä, Finland
用途	集合住宅
建築主	Lakea Oy
設計者	OOPEAA
施工者	Engineering Koski-Konsultit Oy
規模	地上8, 7, 6階 地下1階
延床面積	合計 18,650 m <sup>2</sup>
構造種別	木造
木材利用	CLT(オーストリア, Storaenso社)
工期	竣工 2015, 2017, 2018



階数：8階	階数：7階	階数：6階
延床：5,334m <sup>2</sup>	延床：4,796m <sup>2</sup>	延床：3,695m <sup>2</sup>
住戸：58	住戸：70	住戸：58
ユニット：116	ユニット：91	ユニット：71

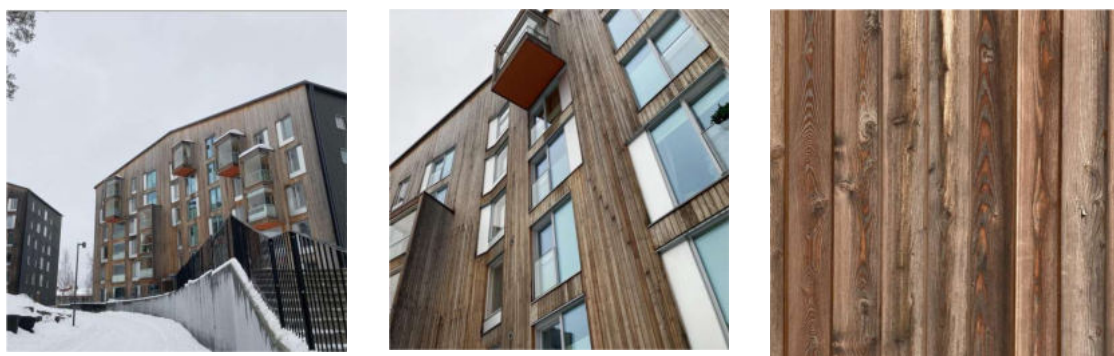


引用：<https://oopeaa.com/portfolio/puukuokka-housing-block/>



引用：<https://oopeaa.com/portfolio/puukuokka-housing-block/>

耐久性への対策：水切れの良いディテール、塗装による木材の保護



- CLTを使った大規模モジュール建築のパイロットプロジェクトの位置づけ。
- コストは在来工法に比べて+10%程度、環境意識、イノベーションへのチャレンジの視点で木造を採用。
- 壁を石膏ボードで覆い耐火性能を確保し、スプリンクラーを設置。

引用：<https://oopeaa.com/portfolio/puukuokka-housing-block/>



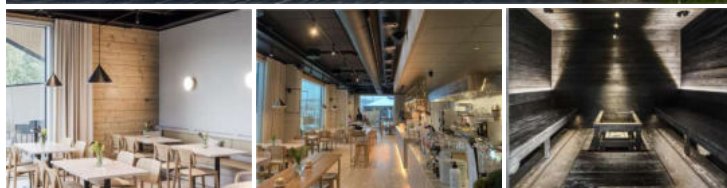
引用： <https://honka.com/en/blog/2022/11/25/sataman-viilu-finland/>

建築の概要

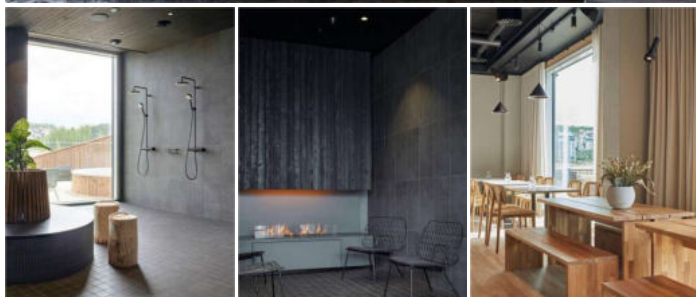
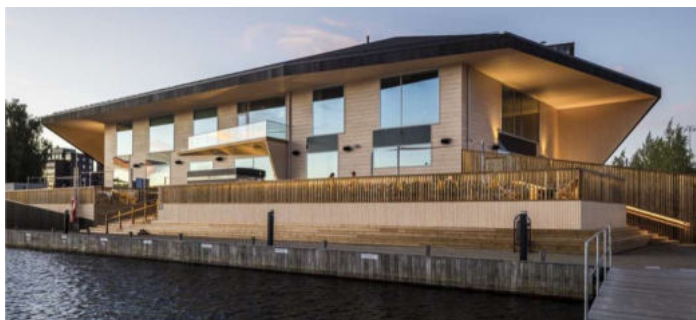
- ・外観は、ダークで彫刻的なファサードが特徴的で、それが暖色系のインテリアとテラスと調和。
- ・ログハウスは、建設時や使用時の気候への影響を大幅に軽減。
- ・湖に向かう眺望に特に注意を払い、木造建築が町の中心部にうまく溶け込むように配慮。



建物名称	SATAMAN VIILU
建築地	フィンランド、ユバスキュラ
用途	サウナ、レストラン
建築主	Osuuskauppa Keskimaa
設計者	KOAN Architecture
施工者	Construction company Kalevi Alonen Oy
規模	地上2階
延床面積	1180 m <sup>2</sup>
構造種別	木造（ログ）
木材利用	外装材、内装材、家具
工期	2022年竣工

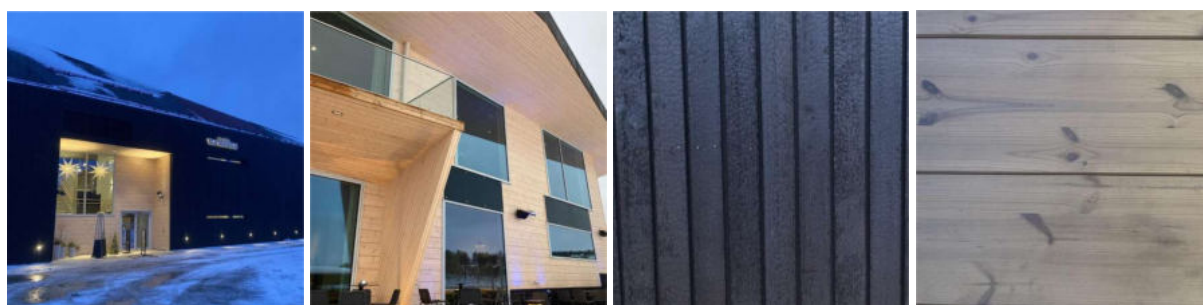


引用： <https://honka.com/en/blog/2022/11/25/sataman-viilu-finland/>



引用： <https://honka.com/en/blog/2022/11/25/sataman-viiu-finland/>

耐久性への対策：水切れの良いディテール、塗装による木材の保護



- ・ 構造体、外装、内装、家具にさまざまな種類の木材を使用。
- ・ フィンランドの伝統的なログを使用し、モダンで機能性の高いデザイン。
- ・ 気候変動に配慮した建築の先駆的な建物かつ、地元民の集いの場として機能。
- ・ サステイナブルで健康的なログハウスは、炭素貯蔵庫としての役割。



引用： <https://verstasarkkitehdit.fi/projects/koas-seminarinmaki-wooden-student-housing/>

建築の概要

- ・地上4階地下1階建ての木造アパート2棟で構成。
- ・デザイン要素として、彫刻的な白いレンダリングの破風と壁が、ニスを塗った木造のファサードを縁取る。
- ・小規模な学生寮にあったフラットユニットで構成。
- ・窓は床から天井までの高さになっており、小さなフラットに居心地の良い、広々とした雰囲気を出し出す。

建物名称	KOAS Seminaarinmäki student housin
建築地	フィンランド、ユバスキュラ
用途	学生寮
建築主	Central Finland Student Housing Foundation Sr (KOAS)
設計者	Verstas Architects
施工者	Keski-Suomen Opiskelija-asuntosäätiö sr (KOAS)
規模	地上4階、地下1階
延床面積	49,00㎡
構造種別	木造
木材利用	構造材、内装材
工期	2018年12月竣工



引用： <https://verstasarkkitehdit.fi/projects/koas-seminarinmaki-wooden-student-housing/>



引用：<https://verstasarkkitechdit.fi/projects/koas-seminaarimaki-wooden-student-housing/>

耐久性への対策：水切れの良いディテール、塗装（ニス）による木材の保護



- CLTを使用したプレハブのフラットユニットで構成。
- 木肌を多用することで、シンプルなアパートメントに温かみを追加。
- 天井には、ボリューム感のあるCLTの表面にニス塗装を塗布。
- CLTの現しは、廊下の床や大階段の壁やステップなど、可能な限り目につくところに使用。

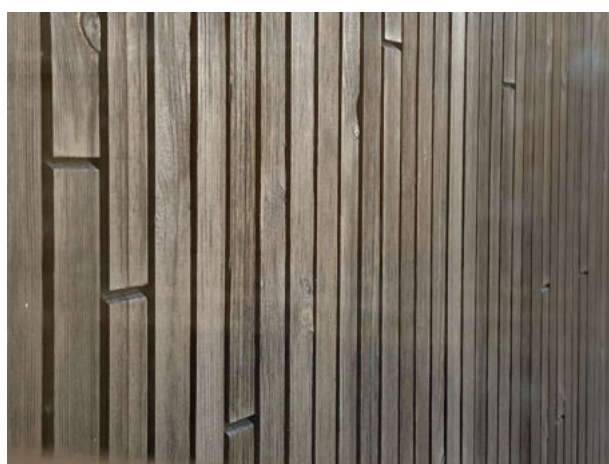
アアルト自邸（おまけ）

木造耐用年数シンポジウム  
報告者：坂口大史



アアルト自邸（おまけ）

木造耐用年数シンポジウム  
報告者：坂口大史





- 用途、規模共に多くの中大規模木造が実現されている
  - フィンランドの木造建築では、外壁に保護材を塗った木が使われるケースが多い
  - 沿岸部や水辺に近いエリアでも外壁に木を使う
  - 水切りを工夫したディテールはどの建物においても標準的に用いられる
-


■物件情報

建物名称/Building name	港区立伝統文化交流館
建物写真/Building photo	
所在地/Location	東京都港区芝浦1丁目11-15
建築年/Year	1936年（リファイニング工事：2019年12月）
階数/No. of floors	2階
延べ床面積/ Floor area	537.35㎡
構造形式/ Structure type	既存：木造 増築：RC造
その他/ Others	築80年の港区指定有形文化財「旧協働会館」を公共施設として保存及び利活用するため、曳家を伴う保存整備を行ったプロジェクトである。「旧協働会館」は、昭和11年、現在の東京都港区芝浦の地に、「置屋」「料亭」「待合」の「三業」を取りまとめて芸者の取次や遊興費の清算などをする芝浦花柳界の「見番」として建てられた現存する都内唯一の木造の見番である。利活用のための施設整備として、1）文化財としての保存と安全・安心の確保、2）地域の歴史の継承や地域活動拠点の整備、3）各種法令への対応の3点を行った。


■物件情報

建物名称	松尾建設株式会社 新本店ビル
建物写真	
所在地	佐賀市多布施1丁目4-27
建築年	2018年3月竣工
階数	事務所棟：地上6階／会議室棟：地上2階
延べ床面積	事務所棟：3,657.70㎡／会議室棟：987.00㎡
構造形式	事務所棟：鉄骨造（構造床材 CLT 採用） 会議室棟：木造


■物件情報

建物名称/Building name	武雄図書館・歴史資料館
建物写真/Building photo	
所在地/Location	佐賀県武雄市武雄町大字武雄 5304-1
建築年/Year	2000 年竣工
階数/No. of floors	2 階
延べ床面積/ Floor area	3,807 m <sup>2</sup>
構造形式/ Structure type	鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造・木造）
その他/ Others	

■物件情報

建物名称/Building name	真庭市役所
建物写真/Building photo	
所在地/Location	岡山県真庭市久世 2927 番地 2
建築年/Year	平成 23 年 3 月竣工
階数/No. of floors	本庁舎棟：4 階建 エネルギー棟：2 階建
延べ床面積/ Floor area	本庁舎棟：7,353.41 m <sup>2</sup> エネルギー棟：605.62 m <sup>2</sup>
構造形式/ Structure type	本庁舎棟：鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造） エネルギー棟：鉄筋コンクリート造
その他/ Others	

■物件情報

建物名称/Building name	落合総合センター
建物写真/Building photo	
所在地/Location	岡山県真庭市落合垂水 618
建築年/Year	平成 28 年 2 月竣工
階数/No. of floors	鉄筋コンクリート造部：3 階建 木造部：2 階建
延べ床面積/ Floor area	6,483.04 m <sup>2</sup>
構造形式/ Structure type	鉄筋コンクリート造+木造
その他/ Others	

■物件情報

建物名称/Building name	銘建工業本社
建物写真/Building photo	
所在地/Location	岡山県真庭市勝山1209
建築年/Year	2019 年 12 月完成
階数/No. of floors	2 階
延べ床面積/ Floor area	991.91 m <sup>2</sup>
構造形式/ Structure type	CLT 造+木造（一部鉄骨造）
その他/ Others	

■物件情報

建物名称/Building name	木材会館
建物写真/Building photo	  <p>(外観) (7F大ホール)</p>
所在地/Location	〒136-0082 東京都江東区新木場1丁目18-8
建築年/Year	2009年7月5日
階数/No. of floors	地上7階地下1階
延べ床面積/ Floor area	7,582.09 m <sup>2</sup> (2,293.58 坪)
構造形式/ Structure type	鉄骨鉄筋コンクリート造、一部鉄骨、一部木造
その他/ Others	<ul style="list-style-type: none"> <li>・建設費約35億円</li> <li>・総木材使用量1,000 m<sup>3</sup>以上</li> </ul>

■物件情報

建物名称/Building name	PortPlus 大林組横浜研修所
建物写真/Building photo	 
所在地/Location	〒231-0007 神奈川県横浜市中区弁天通2丁目2-2
建築年/Year	2022年
階数/No. of floors	地下1階、地上11階
延べ床面積/ Floor area	3620m <sup>2</sup>
構造形式/ Structure type	間口方向：木造ラーメン (LVL)、奥行方向：中間梁 (LVL)、耐力壁 (CLT) 付き木造ラーメン (LVL) 床：木造 (CLT)
その他/ Others	3時間耐火 (オメガウッド)
図面/Drawing	

■物件情報

建物名称/Building name	サウスウッド
建物写真/Building photo	
所在地/Location	〒224-0032 神奈川県横浜市都筑区茅ヶ崎中央 6-1
建築年/Year	2013 年
階数/No. of floors	地下 1 階、地上 4 階
延べ床面積/ Floor area	10874m <sup>2</sup>
構造形式/ Structure type	間口方向：木造ラーメン (LVL)、奥行方向：中間梁 (LVL)、耐力壁 (CLT) 付き木造ラーメン (LVL) 床：木造 (CLT)
その他/Others	3 時間耐火 (オメガウッド)
図面/Drawing	

■物件情報

建物名称/Building name	HULIC & NewGINZA8
建物写真/Building photo	
所在地/Location	東京都中央区銀座 8 丁目 9-7
建築年/Year	2021 年 10 月
階数/No. of floors	地上 12 階、地下 1 階
延べ床面積/ Floor area	2,459.55 m <sup>2</sup>
構造形式/ Structure type	木造、鉄骨造
その他/Others	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2 時間耐火木造 (燃エンウッド)</li> <li>・ 木材使用量約 302 m<sup>3</sup></li> <li>・ 外装木材：アセチル化木材</li> </ul>

■物件情報

建物名称/Building name	Flats Woods 木場
建物写真/Building photo	 
所在地/Location	東京都江東区東陽 3-25-12
建築年/Year	2020年2月
階数/No. of floors	地上12階
延べ床面積/ Floor area	約9150㎡
構造形式/ Structure type	RC造、木造、鉄骨造 基礎免震
その他/ Others	<ul style="list-style-type: none"> <li>・5～8階：燃エンウッド2時間耐火</li> <li>・9～11階：燃エンウッド1時間耐火</li> <li>・外装：熱処理木材（ニュージーランド産→エストニア加工）</li> <li>・木材使用量：約157.2m<sup>3</sup></li> </ul>

■物件情報

建物名称/Building name	東海木材相互市場 大口市場
建物写真/Building photo	   <p>(外観) (2階会議室) (2階食堂)</p>
所在地/Location	〒480-0121 愛知県丹羽郡大口町河北2丁目2
建築年/Year	2019年7月
階数/No. of floors	地上2階
延べ床面積/ Floor area	1,656.92㎡ (501.22坪)
構造形式/ Structure type	<p>木造 (金物が露出しない工法の採用：拡張樹脂アンカー工法, ウッドファスナー工法)</p>   <p>←拡張樹脂アンカー工法 ←ウッドファスナー工法</p>
その他/ Others	<ul style="list-style-type: none"> <li>・建設費：約4億円</li> <li>・総木材使用量：400㎡</li> <li>・拡張樹脂アンカー工法の課題：建方期間が長い（本物件では約3か月）</li> <li>・国産無垢材にこだわり、集成材を一切使用しない計画とした</li> <li>・分棟式を採用（1000㎡以下を2棟。渡り廊下で連結）</li> </ul>

■物件情報

建物名称/Building name	リノモテラス公益施設
建物写真/Building photo	   <p>(外観) (大廊下) (接合部)</p>
所在地/Location	〒480-1128 愛知県長久手市勝入塚 121
建築年/Year	2021年6月
階数/No. of floors	地上1階
延べ床面積/ Floor area	383.40 m <sup>2</sup>
構造形式/ Structure type	木造
その他/ Others	<ul style="list-style-type: none"> <li>・躯体部分の木材使用量：92.73 m<sup>3</sup></li> <li>・プロポーザルでは、建築計画よりも完成までのプロセスが重視された。</li> <li>・地域活性に取組む既存の市民組織や、観光交流協会等を巻き込みながら、計画を進めることで、広く市民の意見を取り入れた計画となった。</li> <li>・計画段階から施工時まで市民と一緒に作り上げた。</li> <li>・現状は企業で関連された指定管理者が管理しているが、将来的には市民に担ってほしいと市は考えている。</li> <li>・105角の住宅用流通製材の活用、住宅用の一般的な金物、910mm モジュール等で計画することで経済性に考慮した。</li> <li>・構造現し部分は県産材を使用。見えない箇所は国産材にすることでコストを抑えた。</li> </ul>

■物件情報

建物名称/Building name	笹島高架下オフィス
建物写真/Building photo	   <p>外観 1階 既存柱部分</p>
所在地/Location	〒450-0006 愛知県名古屋市中村区下広井町 1-14-8
建築年/Year	2022年3月
階数/No. of floors	地上2階建
延べ床面積/ Floor area	985.82 m <sup>2</sup> (298.21 坪)
構造形式/ Structure type	木造軸組工法
その他/ Others	<p>木材使用量：166 m<sup>3</sup></p> <p>LIVELY WOOD (帝人) 使用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移転先を探していたところ、名古屋ステーション開発 (JR) から、本物件の話もらった。</li> <li>・基本設計段階から、入居者としての意見を設計に反映してもらった。(スキップフロア、フロア全体が見渡せる等)</li> <li>・構造形式は、事業主側からの提示。</li> </ul>



■物件情報

建物名称/Building name	アネシス茶屋ヶ坂
建物写真/Building photo	  <p>(外観 1) (外観 2)</p>   <p>(テレワークルーム) (住戸内内観)</p> <p>※写真は受領資料より引用</p>
所在地/Location	〒464-0094 愛知県名古屋市千種区赤坂町1丁目29-2
建築年/Year	2020年7月
階数/No. of floors	地上4階, 地下1階
延べ床面積/ Floor area	3211.42㎡ (2LDK(約68㎡)の住戸が26戸)
構造形式/ Structure type	木造及びRC造(耐火建築物) ※木造部分: 燃え止まり型の耐火建築物

## フィンランドにおける関係者へのインタビュー からみた木造建築に関するキーワード

(坂口大史)

本インタビュー調査は2022年12月-2023年1月にかけて、建物の調査と並行して実施した。本インタビュー調査における主たる目的は、以下の通りである。

1. 木造建築、LCA/ファイナンス、耐久性をテーマとして、テーマに関するキーワードを抽出する
2. 各専門家からの木造建築、LCA/ファイナンス、耐久性に関する意見を踏まえて、日本における木造普及に活かせる知見を得る

本調査におけるインタビュー対象は以下の通りである。各インタビュー先の組織概要や選定理由は4章に記載の通りである。

- 不動産：ARA, YLVA
- 建設会社：SRV
- 行政：環境省、ヘルシンキ市
- 大学：アアルト大、タンペレ大
- 研究機関：VTT
- 協会：グリーンビルディング協会

本インタビュー調査による結果のまとめは以下の4点となる。

1. 同じスペックの建物(例えば4階建の集合住宅)を建てる場合のコストを比較すると、RC造と比較して木造は5-10%高くなる。
2. RC造やS造の建物と比較して、木造によって建てられた建物でも、特別なメンテナンス計画・費用はない。
3. 木造の耐用年数はRC造やS造と同じ50年に設定されている。
4. フィンランドでも木造に関わる設計者、技術者、会社が不足しており、依然として発展途上の状態である。

調査結果1について、不動産会社、建設会社、行政、大学のそれぞれで共通の見解であった。特にRC造の建物に比べて木造の建物は数が少ないという点も理由になるが、大きな要因として、3階建以上の木造建築はスプリンクラーの設置が必要になる。そのため、木造と他構造の価格差のほとんどは、スプリンクラーの追加費用に起因するものであることがわかった。

調査結果2については、木材を使用する箇所が屋内や耐力部材であれば、メンテナンスの負荷はRC造やS造とほとんど変わらないとの意見であった。これは、屋内や耐力部材として木材が利用される際は、木材が雨ざらしになる状態や紫外線が当たり続けて劣化が進むリスクが低い(耐力部材は石膏ボード等で覆われる場合も多い)ことが要因である。

調査結果3については、調査結果2と重複するが、木造と他構造でメンテナンス負荷や特別なメンテナンス計画が必要ないのであれば、耐用年数も同じに設定するのは当たり前という意見であり、合理的な判断であるといえる。ただし、各専門家からの指摘のように、外部で木材を使用する場合のみ、木材の劣化が進むリスクがあるため、5-10年おきに木材表面の保護剤を塗り直す必要があり、それに伴う追加のメンテナンス費用が必要となる。

調査結果4について、フィンランドでは30年以上に渡って中大規模木造建築に取り組んできたが、依然として木造建築に関わる設計者、技術者、会社が不足しているとのことであった。日本では中大規模木造建築に本格的に取り組み始めたのは、2015年前後だと推定されるため、今後の人材育成や民間企業の取り組みを支援する動きが必要になる。

最後にフィンランドにおける木造建築の将来的な展望として、木造建築の規格化、LCAの精度向上、環境認証や特区指定を活用して、木造を更に推進していく取り組みを続けていくというのが専門家の共通見解であった。

## 木造耐用年数シンポジウム

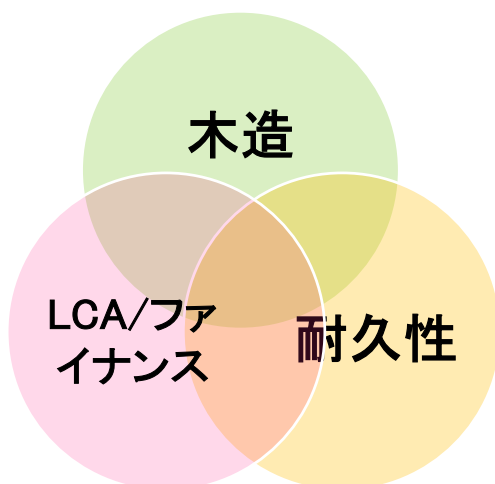
# フィンランドにおける関係者へのインタビューからみた 木造建築に関するキーワード

相山女学園大学生生活科学部  
生活科学研究科  
村上 心

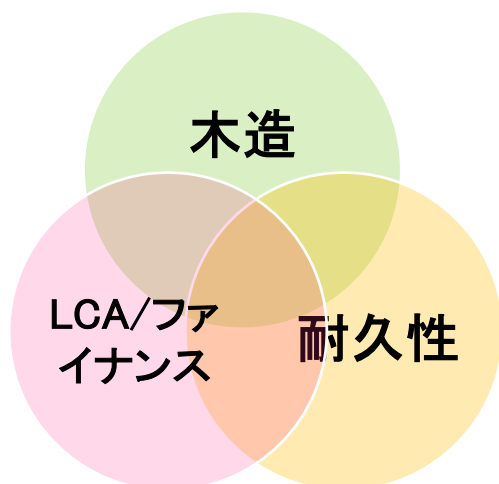
日本福祉大学健康科学部  
福祉工学科建築バリアフリー専修  
坂口大史

### 本インタビュー調査の目的

木造耐用年数シンポジウム  
報告者：村上心、坂口大史



- 木造、LCA/ファイナンス、耐久性に関するキーワードを抽出する
- 各専門家からの意見を踏まえて、日本での木造普及に活かせる知見を得る



- 不動産：ARA, YLVA
- 建設会社：SRV
- 行政：環境省、ヘルシンキ市
- 大学：アアルト大、タンペレ大
- 研究機関：VTT
- 協会：グリーンビルディング協会

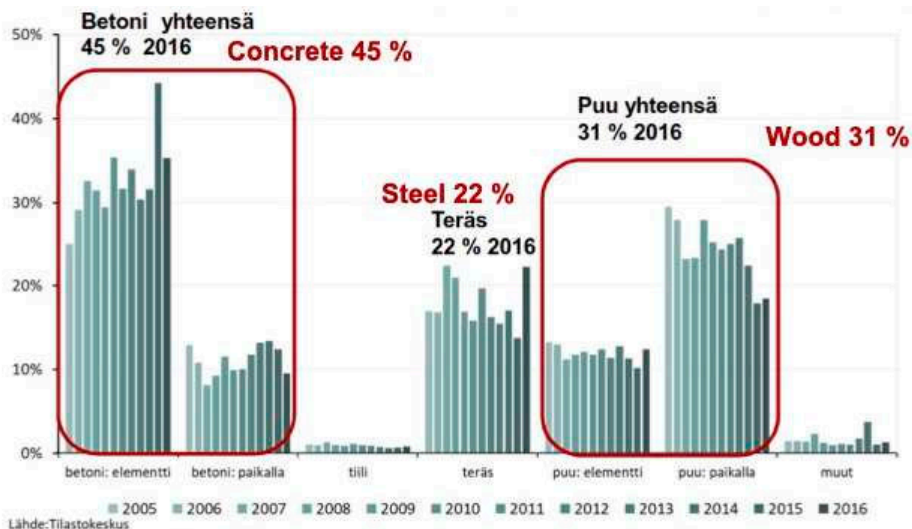
木造に関するインタビュー結果

木造のメリット・デメリット



- **住み心地**という点では、ユーザーの方が木造建築を希望、オーナーも現在の市場では**グリーン認証書などの環境的な価値**に強い興味（建設会社）。
- 木造のメリットとして、**軽量（施工性）、CO2排出量、木の香りや質感**が好まれることなど。一方で、デメリットは、**騒音、防火、湿気**がある（不動産開発、環境省、建設会社）。

構造種別の割合 (2005-2016)



M.Karjalainen教授 提供資料より引用

構工法、法規制関連

木造

- 木造建築に用いられる一般的な構造方法は、ティンバーフレーム、プラットフォーム/プレハブ工法、フレームエレメント、モジュール工法（不動産開発）。
- 2010年までは、4階までしか木造建築を建てるのが可能ではなかったが、2011年より4階以上、現在は8階建まで建設可能（不動産開発、建設会社）。

フィンランドで使われる木造の種類



Costructions, variations

- Timber frame, on site
- Platform, on site, prefabricated construction parts
- Frame elements: in factory / on construction site
- Module

ARA提供資料より引用

注目されているトピック

木造

- 木造建築のトレンドは、エネルギー効率、材料としての特性及び木材の再生可能な側面、循環型経済（環境省）。
- 技術者の養成と木造の標準化。構造のリスク、耐久性、建築コスト減に貢献、企業や民間企業が木造建築に挑戦するきっかけになる（環境省、市）
- 環境投資とカーボンフットプリントの観点（環境省、不動産開発）

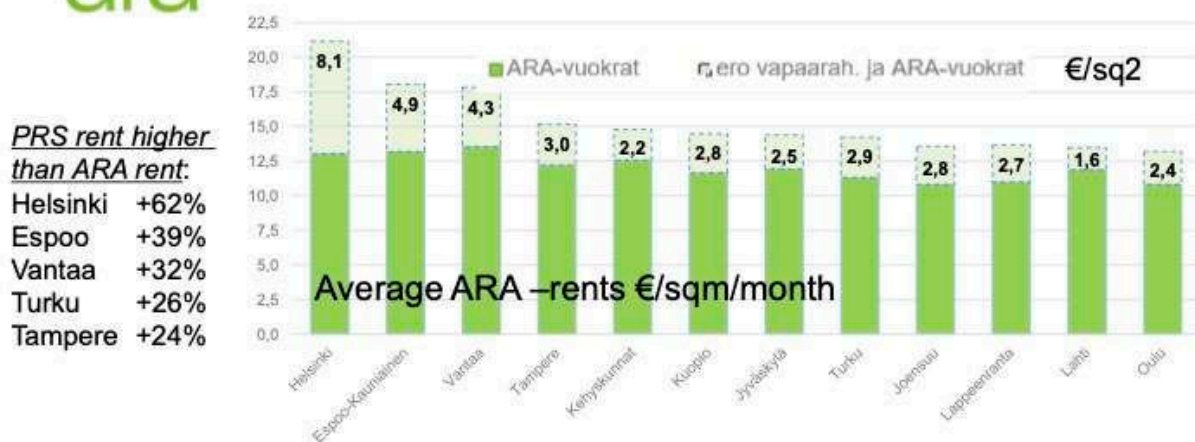
LCA/ファイ  
ナンス

ファイナンス

- 建物の寿命は、木造もコンクリート造と同じで50年（不動産開発、環境省、建設会社）。
- 公営住宅に関する金利は、40年金利は1.7%で、市場平均金利が1.7%を超えれば補填。ローン金利10年は2.5%、現在の市場金利は3%以上で上昇中（不動産開発）。
- 都市部では建築コストが高い。一般的には、床面積1平方メートルあたり3,500~5,000ユーロの差（建設会社）。



Cost recovery principle in practice: Difference of ARA-average rent and PRS rents in biggest cities 2020



ARA提供資料より引用

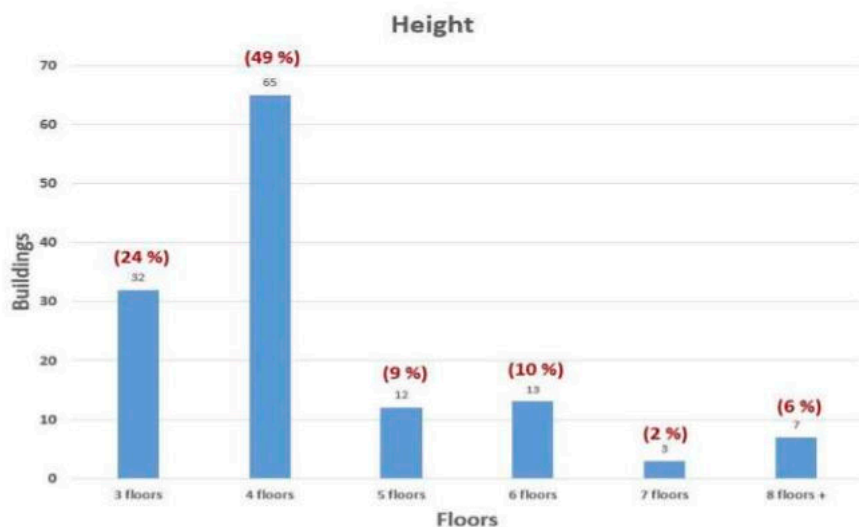


LCA/ファイナンス

木造に関するコスト

- 木造建築は、同じスペックならコンクリート建築より10%程度高い（不動産開発、環境省、建設会社）。
- 木造の学校の場合、CO2排出量が少ない→削減分をインセンティブとして市が負担→コスト競争力が向上
- 低層の木造アパートの価格は、コンクリート造より安い場合が有（建設会社）。
- デイケアセンターや学校のような建物では、木造建築は他構造よりも安価で建設できる場合有（環境省）。

フィンランドで建設された木造建築の高さ別割合（2023年現在）



M.Karjalainen教授 提供資料より引用





ファイナンス

- 地価が比較的安い。土地代に対する補助金は床面積あたり700ユーロ、建設費は1平方メートルあたり5,000ユーロ程度。（不動産開発）。
- コンクリートは、業者間のコスト競争によって比較、木造建築は業者が少ないので、比較は不要（不動産開発）。
- やや高所得の地域や高スペックの建物に木造を採用、5-10%の価格差は苦にならない（建設会社）。

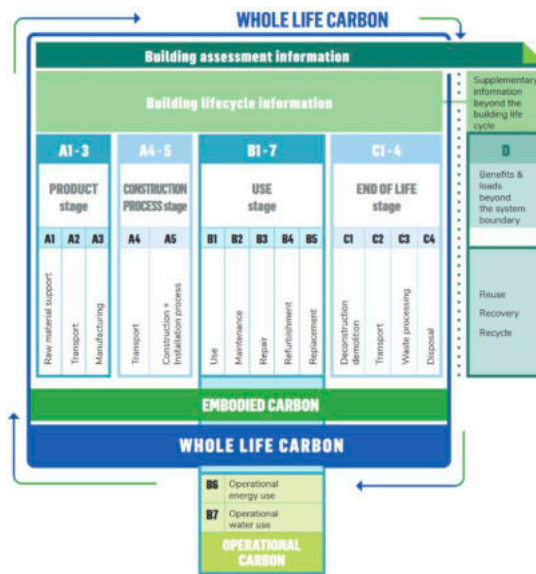


LCA

- 政府や市は、一般的にLCAの性能が良いため、木造を押し進めようとしている。（協会）。
- A1-A5, B6, C1-C4のみ基準として使用。B1-B5（使用段階）は、将来が不透明なので除外（協会）。
- 金融投資家は、グリーンビルディングや建築物の環境価値によりとても関心を寄せており、それがフィンランドにおいても木造建築を前進させる原動力（環境省）。

LCAの項目

- From energy efficiency to whole life carbon



グリーンビルディング協会提供資料より引用

耐久性

改修計画&予算

- 屋内や耐力部材であれば、メンテナンスの負荷はほとんど変わらないため、木造だからといって特別な予算はない（不動産開発、建設会社、環境省、市、大学）。
- 住宅の場合、住宅組合がメンテナンス予算を設定。また、組合は、通常家賃に上乗せして維持管理費を確保（環境省）。
- 公共建築の場合は、政府がサービスブックを作成し、維持管理のための予算を設定。予算は床面積と構造によって決定、維持管理費の割合は法律では規定されていない（環境省）。

フィンランドの建物外壁に使われるマテリアル別の割合



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

11.1.2023

13

M.Karjalainen教授 提供資料より引用

改修計画&予算

耐久性

- 屋外に木材を使用しない限り、メンテナンスのための負荷は、S造やRC造と変わらない（建設会社、大学）。
- サービスブックや建設情報を提供するRakennustietoでは、一般的な建築物のメンテナンスのための標準データを提供している（建設会社、大学）。
- 構造体に木を使う場合、木は外気にさらされず、紫外線や水の影響も受けない→他の構造物であるRC造やS造と比べても特別なメンテナンスが必要になるとは考えにくい（大学）。

## 耐久性

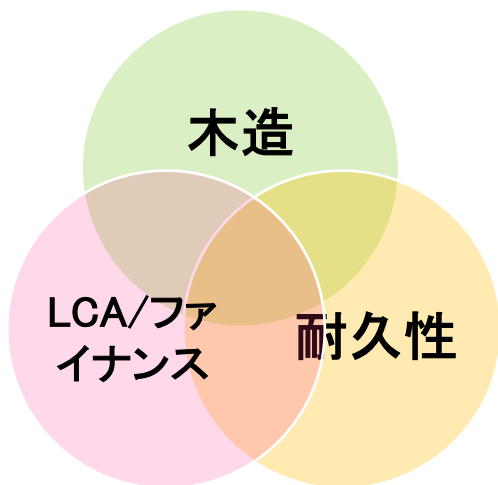
### メンテナンス予算、費用

- メンテナンスの予算は家賃に含まれており、一般的に1フロアあたり3-5ユーロ/m<sup>2</sup>となっている。（不動産開発）。
- 日常清掃を含めたメンテナンス費用は、1㎡あたり7~8ユーロ。長期メンテナンスとしては修繕費が加算（建設会社）。
- 外壁の塗り替え費用は、一般的には50-100ユーロ/m<sup>2</sup>。一方で高層ビルの場合は、メンテナンス時にエレベーターが必要になるため、別途エレベーター分の費用加算（大学）。

## 耐久性

### メンテナンス関係その他

- 3階建以上の木造建築物からは、1平方メートルあたり100ユーロのスプリンクラーを設置する必要がある（大学）。
- 建物の価格は地域によって異なり、メンテナンスの金額は地域によって異なる。一般的な話として、都会はよりメンテナンス費用が高く、田舎は安いとされている。実際に計算はしていないが、大都市では日本の割合と同じような金額。（大学）。

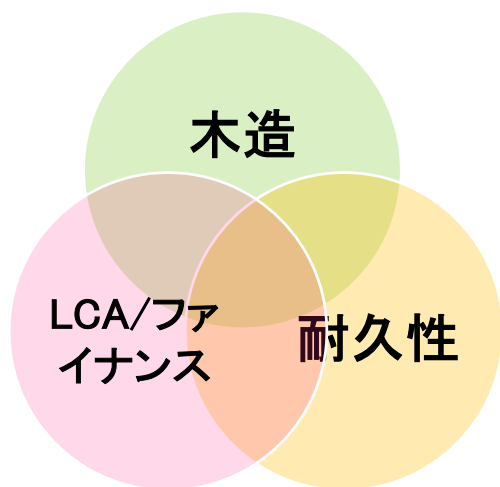


その他

- 市は「グリーンシティ2035」を推進しており、土地利用計画を通じてカーボンニュートラルを目指したいと考えており、一部の地域では木造建築物のみを建設可能とするなどの場合もある（建設会社、市）。
- コンクリートの建物でも、木の材料や家具は入っているの、いずれは燃えることになる。したがって、どのような構造であっても、初期火災対策は重要な役割を果たす（環境省、大学）。
- RC構造との差のほとんどは、スプリンクラーによる追加コストによるもの（大学）。

スプリンクラーの概要

M.Karjalainen教授 提供資料より引用



その他

- RC造のリノベーションに木材を使うというテーマは、フィンランドでも研究されていないため興味深いテーマ（研究所）。
- 新築についての議論だけでなく、既存の建物を活用し、材料効率を最大化することは、サステナビリティにとって重要（研究所）。
- 以前の法律と比較して、高い建物（具体的には8階建まで）を建てることのできるため、市場の可能性は広がる。また、フィンランドでも木造建築がトレンドになっており、木造でより高い建物を建てようとしている（市）。

既存のRC造を木造壁でリノベーションした事例



### 既存のRC造を木造壁でリノベーションした事例



P. Heikkinen教授 提供資料より引用

## 本インタビュー調査のまとめ

木造耐用年数シンポジウム  
報告者：村上心、坂口大史

1. フィンランドでも木造に関わる技術者が不足しており、発展途上  
→木造の規格化、LCAの精度向上、環境認証により木造を推進
2. 一般的には木造のコストは他構造と比較して5-10%程度高い  
→価格差のほとんどはスプリンクラーの追加費用に起因
3. RC構造やS造と比較して、木造のための特別なメンテナンス計画・費用はない  
→外部に木材を使う場合のみ特別なメンテナンスと費用が必要



フィンランドとしては特区指定も活用しながら、引き続き木造を推進  
→インタビュー対象の専門家の共通見解

最新情報：世界No1の高層木造建築（アメリカ）



Official Name	<b>ASCENT</b>
Location	Milwaukee, USA
Function	Residential
Height	<b>87 m</b>
Number of Storeys	<b>25</b>
Construction Period	<b>2022</b>
Architect	<b>Korb + Associates Architects</b>
Structural Designer	<b>Thornton Tomasetti</b>
Structural System	<b>Shear walled frame</b>
Structural Material	<b>Timber (hybrid)</b>
Gross Floor Area	<b>30,136 m<sup>2</sup></b>
Number of Apartments	<b>259</b>
Construction cost	<b>76 million € (2,500 €/m<sup>2</sup>)</b>

Dr. Hüseyin Emre Ilgin 提供資料より引用

最新情報：世界No1の高層木造建築（アメリカ）

**STRUCTURAL SYSTEM**



(Image courtesy of Thornton Tomasetti)

- 7-story **concrete** parking podium and 2 **concrete** cores
- **Glulam columns** (and beams) on a **4.5-6 x 6-7.6 m** grid
- 180mm thick & 5-ply **CLT floor slabs** with 50mm gypsum concrete at the typical residential floors (act as one-way slabs)

Dr. Hüseyin Emre Ilgin 提供資料より引用



## インタビューのお礼

木造耐用年数シンポジウム  
報告者：村上心、坂口大史



## 既往の研究・事例分析 技術面からみた評価

### 木材の劣化

木材の劣化は、生物劣化と物理劣化に区分される。このうち生物劣化はシロアリによる被害（蟻害）、腐朽菌による腐朽、キクイムシや地蜂等による虫害が主であり、特に蟻害と腐朽は大きな経済被害に至ることが多い。一方、物理劣化としては、紫外線劣化、熱劣化、風化、凍結融解作用による劣化などが挙げられるが、大きな経済被害に至る例はあまりない。生物劣化は酸素、適度な温度、栄養、水分の4つの要素が揃うと進行する。逆に言えば、このうち1要素でもなくすことができれば、生物劣化を抑制することができる。酸素と適度な温度は人間が生存するうえで必要であり、抑制することが難しい。したがって、栄養あるいは水分を除去することが生物劣化対策の主なものである。栄養は木材そのものであるが、木造をやめて他の材料を採用するか、木材に薬剤処理をしてシロアリや腐朽菌が栄養分として利用できなくすることで劣化を抑制できる。もしくは、水分の浸入を防ぎ、万が一浸入した水分を速やかに排出することで劣化を抑制できる。

### 長期優良住宅の総合的検証事業

2009年に長期優良住宅の普及の促進に関する法律が施行された。この基準は1980年から5年に渡って実施された「既存建物の劣化診断技術の開発」（耐久性総プロ）の成果に基づいており、必ずしも現代の構法には即しておらず、現代の構法に即し、かつ、最新の研究成果を反映した技術的背景を整理する必要がある。そこで、下記の項目についての技術的背景を整備する取り組みがなされた。

- ・劣化外力の再評価（各種シロアリ種の野外分布と気象因子に関する検討、腐朽危険度に関する検証）
- ・保存処理の耐久性と耐久性に関する検討
- ・耐久性向上措置としての新構（工）法の健全度実態調査
- ・接合部の強度劣化評価に関する検討

- ・構造躯体が許容しうる湿潤状態の検討
- ・小屋裏開口面積と暴露措置に関する検討
- ・接合金物の耐久性に関する検討
- ・長期優良住宅における維持管理に関する検討

### 中大規模/中高層木造建築物調査と得られた知見

構造性能は純木造ラーメンや耐火構造など、さまざまな構法開発がなされている。一方、劣化対策は従来の通気構法、薬剤処理などが主流であった。フィンランドでは内外装木質化の事例も数多く見られた。特に外装に木材を使用している場合、白色や灰色への変色が見られた。ドイツやオーストリアなどでも同様の事例が見られるが、現地の人々はこれらを「シルバー」などとポジティブにとらえていることが印象的であった。また、古くから外装木材の下端の斜めカットなどによる水切りの徹底などが見られ、木材の扱い方の成熟度が確認された。

### 木材の色変化

木材の色変化に関する既往の研究が紹介された。屋外に暴露された木材の色変化は概ね赤→白→灰→黒であり、赤→白は水溶性タンニンの溶脱、白→灰→黒はカビや藻類であると予想されている。また、木材の変色が観察者に与える印象の検証においては、木材だけを見せた場合は変色がネガティブな印象となるが、周辺部材を同時に見せた場合はポジティブな印象となった。

### 中大規模木造に固有の耐久性上の課題

調査の結果、中大規模木造に固有の耐久性上の課題が抽出された。

- ・想定する寿命（供用期間）
- ・維持管理（高層階の外壁、木材保存の再処理）
- ・軸力の影響（クリープ、高軸力下での力学的挙動）
- ・防耐火（設備、不燃処理剤）
- ・劣化外力（高層階における外力、風化）
- ・木質感、色変化に対する意識
- ・金物による熱橋（金物の大型化）

# 既往の研究・事例分析 技術面からみた評価

大阪公立大学 石山央樹

木造建築耐用年数シンポジウム

## 木材の劣化

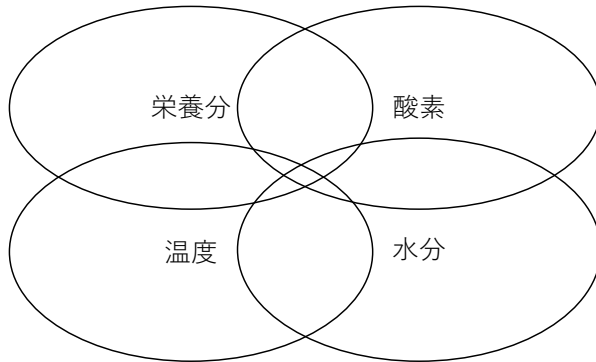
- 生物劣化

蟻害・腐朽・虫害

- 物理劣化

紫外線劣化・熱劣化・風化・凍結融解

# 木材の生物劣化

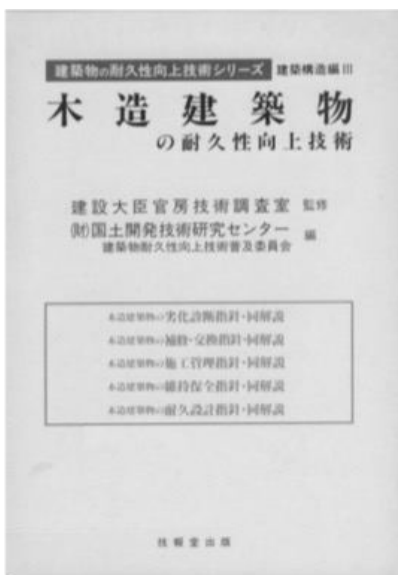


## 設計のポイント

- ・水の浸入を防ぐ
- ・浸入した水を速やかに排出する

## 既往の研究（耐久性総プロ）

1980～1984



$$\begin{aligned} \text{1次推定耐久性能値} &= (D1 \times D2) \times P \times B \times C \\ \text{2次推定耐久性能値} &= (D1 \times D2) \times P \times B \times C + M \end{aligned}$$

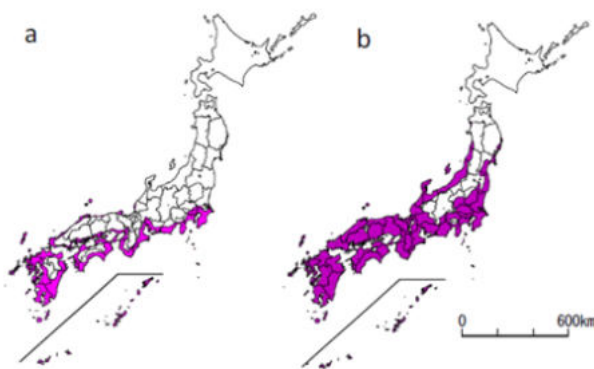
- D1：シロアリ分布・腐朽菌の分布を考慮した係数
- D2：部位別の劣化外力を考慮した係数
- P：木材・木質材料の耐久性能を考慮した係数
- B：工法上の対策を考慮した係数
- C：施工検査の水準を考慮した係数
- M：維持管理の水準を考慮した係数

- 1次推定耐用年数:建物のもとの耐用年数
- 2推定耐用年数:維持保全による延命効果も含めた建物の耐用年数

# 既往の研究（長期優良住宅の総合的検証事業）

2010～2013

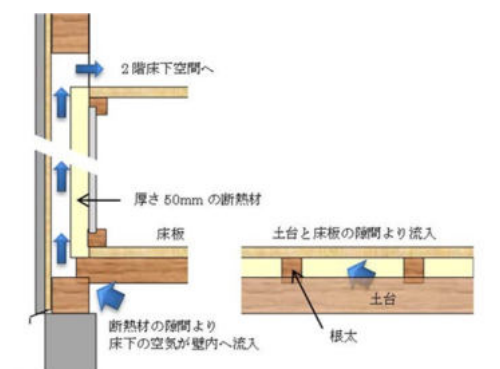
- ・劣化外力の再評価（各種シロアリ種の野外分布と気象因子に関する検討、腐朽危険度に関する検証）
- ・保存処理の耐久性と耐久性能に関する検討
- ・耐久性向上措置としての新構（工）法の健全度実態調査
- ・接合部の強度劣化評価に関する検討
- ・構造躯体が許容しうる湿潤状態の検討
- ・小屋裏開口面積と暴露措置に関する検討
- ・接合金物の耐久性に関する検討
- ・長期優良住宅における維持管理に関する検討



各種シロアリ種の野外分布と気象因子

イエシロアリ：1月の平均気温4℃以上の地域

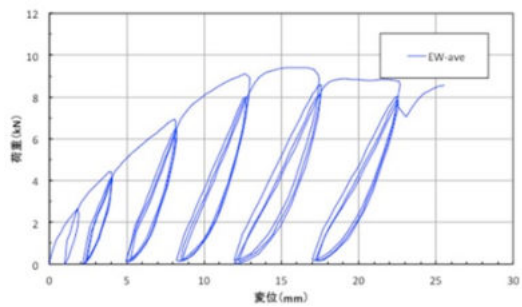
ヤマトシロアリ：土壌凍結深が10 cm 以下（積雪有）



新構（工）法の健全度に関する検討

断熱材、防湿気密により通気確保が困難

ステーブルが防水紙を貫通



### 接合部の強度劣化評価に関する検討

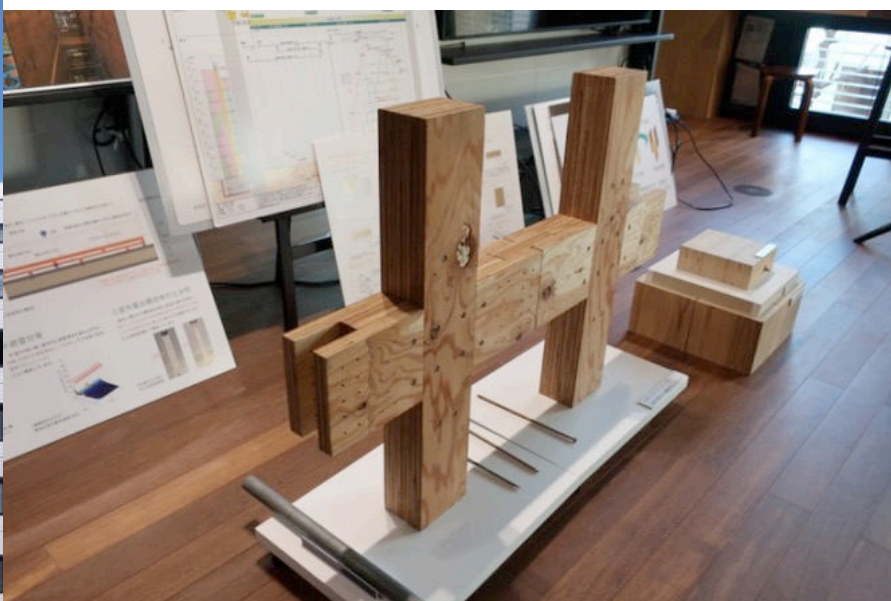
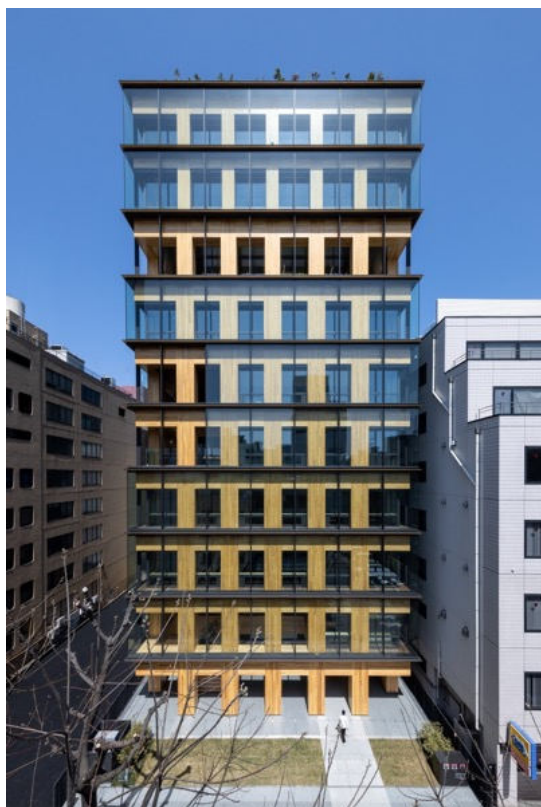
荷重が一樣に低下するのではなく、破壊モードが変化  
密度と縦圧縮強さに有意な関係



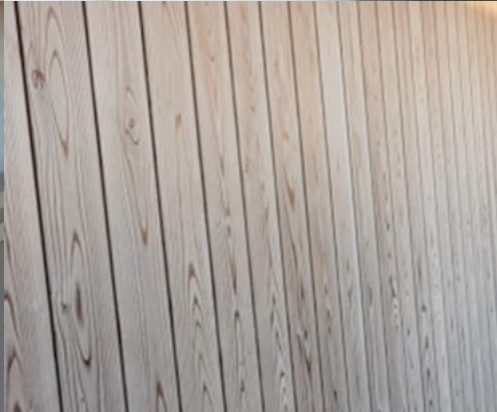
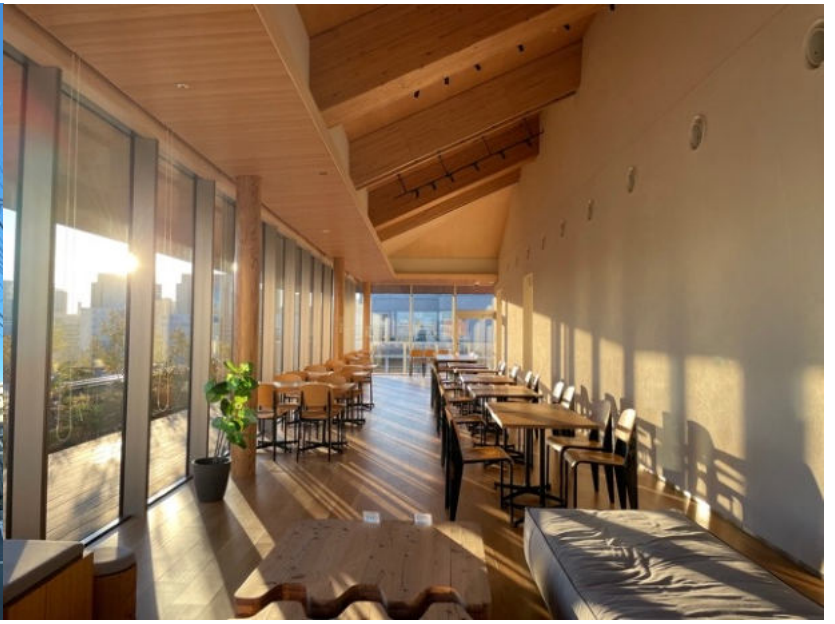
### 接合金物の耐久性に関する検討

銅を含む木材保存処理は金物を腐食させやすい  
複合処理（亜鉛めっき+バリア型被膜）が比較的有効

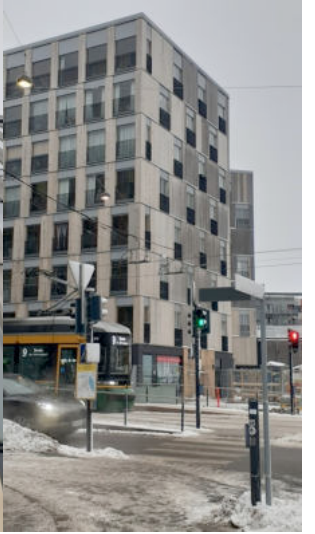
参考：木造長期優良住宅の総合的検証委員会耐久性分科会 平成25年度成果報告集

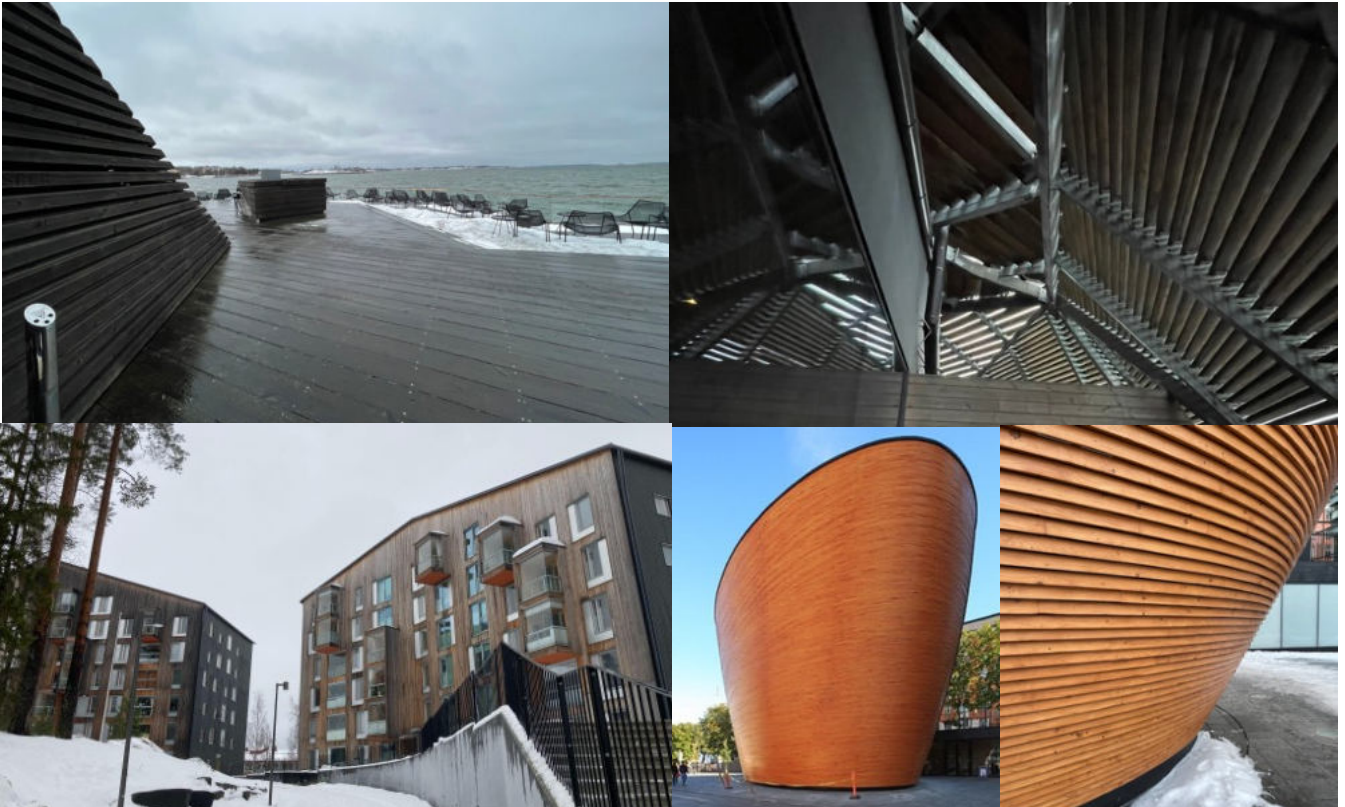




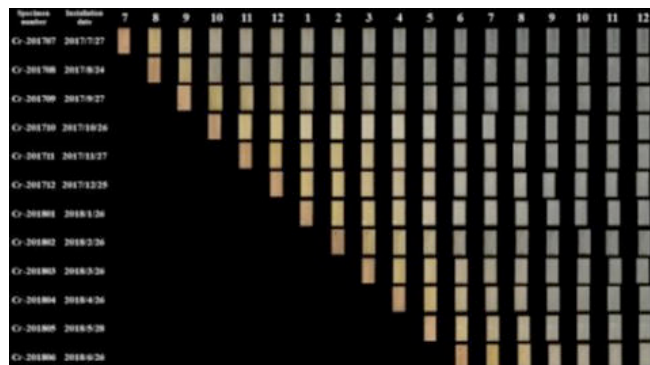








対象部位	暴露日数 (日)			
	0	40	78	341
① 木材				
② 木材+漆喰				
③ 木材+漆喰+瓦				
④ 全体				





## 中大規模木造に固有の耐久性上の課題

- ・ 想定する寿命（供用期間）
- ・ 維持管理（高層階の外壁、木材保存の再処理）
- ・ 軸力の影響（クリープ、高軸力下での力学的挙動）
- ・ 防耐火（設備、不燃処理剤）
- ・ 劣化外力（高層階における外力、風化）
- ・ 木質感、色変化に対する意識
- ・ 金物による熱橋（金物の大型化）

## 木造建築物に対するファイナンスの考え方

(藤野戸 孝史)

一般的に金融機関として木造建築物への融資を検討する際、現状の課題は大きく分けて2つあると考えられる。一つ目に不動産担保評価の妥当性検証、二つ目に法定耐用年数を超えた融資期間において物理的経済耐用年数評価の妥当性検証である。まずは、一つ目の不動産担保評価の妥当性検証について、現段階では、木造建築物の建築費のマーケット価格は確立されておらず再調達原価の算出が困難な状況である。二つ目の法定耐用年数を超えた融資期間における物理的経済耐用年数評価の妥当性検証については、金融庁が金融検査マニュアルにて当該物件の法定耐用年数を超える融資期間は異例という貌で明記、明言されていない。ただ、「金融検査マニュアル別冊（中小企業融資編）」の金融庁の解説内に「法定耐用年数の範囲内」が大前提である記載となっていること等から、各金融機関とも原則、融資期間は法定耐用年数の範囲内にすべきということが大前提としていることが考えられる。

しかし、近年、木造建築の技術革新により耐震性・耐火性・耐久性等の性能が改善されていることから建物の寿命が長くなっている傾向にあること、二つ目に建物の構造材料（用途や構造等）の違いは平均寿命にあまり影響しないということがいえると考えている。

また、住居系というアセットタイプは、国の法制度も徐々に確立されはじめてきている。一般消費者に対して、良質な住宅を安心して選び、取得後も安心して住めることを目的として、2000年4月「住宅の品質確保の促進等に関する法律」が施行された。建物の施工側の評価だけでなく、ある一定の評価手法に基づき竣工した建物を第三者機関が評価する制度の確立は、建物所有者はもちろんそれ以外に私たち金融機関、投資家にとっては大変画期的な体制整備であると考えられる。さらに、一般社団法人優良ストック住宅推進協議会の設立により、住宅の長寿命化を目指し既存住

宅の流動性を担保、補完する「スムストック制度」という制度も確立されはじめてきた。このように住居系のアセットにおいては、徐々に法制度が確立しはじめており、木造建築の住居系アセットの流動性が担保されるまでには時間が解決するのではないかと考えられる。しかしながら、不動産のアセットタイプは、住居系だけではなく商業系、ホテル、オフィス、医療系等、様々なアセットタイプが存在するため、それらにおいても同様の法整備が必要不可欠であると考えられる。また、不動産の流通を促すには金融機関からのサポートは必要不可欠であり、融資の制度も同時に整備しなければならないと考えている。そのために、木造建築物に関しての専門家や建築士等、様々な方々のサポートを仰ぎながら、物理的経済耐用年数評価の意見書やエンジニアリングレポート等において、第三者機関が発行した長期運用に耐える建物であることの客観的根拠資料を得ることが今後は必要であると考えられる。具体的には物理的耐用年数だけではなく、遵法性、環境リスク、地震による予想最大損失率、修繕積立金等の精査、検証する金融機関としての物差しが必要であると考えられる。その物差しは、金融機関だけでは作成することができない。先述したように、「品確法」や「スムストック制度」は住居系のアセットに限られる法制度となっており、他のアセットタイプに対しても、同種の制度設計が国として確立され、さらに第三者機関からの各々の物件に関する意見書として明文化されることは、木造建築物普及に際し必要不可欠ではないかと考えられる。現状、金融機関において、木造建築物に対して事業性評価方法の知見は皆無でありその仕組みやインフラ作りが必要不可欠であるとともに、ここで述べた内容の制度構築ができなければ木造建築物の法定耐用年数を超えた融資案件を検討することは困難な現状となっている。については、木造建築に関しての専門家や建築士、税制に関する専門家である会計士や税理士、ESG投資を検討している投資家、そして国の協力が必要不可欠であると考えられる。

# 「木造建築物に対するファイナンスの考え方」

2023年2月  
株式会社三井住友銀行



Copyright © 2022 Sumitomo Mitsui Banking Corporation. All Rights Reserved.

## はじめに

このたび、木造建築物普及推進のための検討会「木造建築の未来を考える会」立ち上げに関するディスカッション資料を作成致しました。本書は貴社とのディスカッションを目的として作成したものであり、以下の点につき予めご理解願います。

本書は一般に信頼出来ると思われる資料に基づき作成致しておりますが、その信憑性・正確性につき、弊社独自に確認したものではありません。本書記載の内容は、その時々金融環境・制度改正等に応じて変更になる可能性がございます。また金利や株価等について将来の動向や数値等を保証したり、断定するものではありません。

本書記載の数値等は、市場実勢から推定される調達可能な金額等を表したものではありません。また当該数値等をもって、本書記載のスキーム・取引・サービス等（以下、「スキーム等」）を勧誘するものではありません。本書記載のスキーム等の詳細については、貴社ご要望により別途提案させていただきます。

本書記載のスキーム等の中には弊社で取扱いできない場合もございます。また弊社として同スキーム等の提供をお約束するものではありません（例えば、ご融資の際には弊社所定の審査がございます。審査の結果ご希望にそえない場合がございます）。

本書記載のスキーム等の取り組みを検討される際には、その内容及び税務・会計上の処理、貴社が負うこととなる各種リスク等について、税理士・公認会計士・弁護士等の専門家にご相談の上、必ず貴社自身にてご判断下さい。

本書は、あくまで本書記載のスキーム等について貴社が検討する目的のみご利用頂き、本書または本書の複製等を貴社及び上記専門家等以外の法人・個人には開示しないようお願い致します。

弊行は、貴社の自由かつ自主的なご判断により、お取引いただくことを前提としております。

このため、弊行が本書にもとづき将来行う提案等を受諾いただくことを融資取引等の取組や継続の条件としたり、将来行う提案等をお受けいただかないことを理由に、弊行との融資取引等の取組や継続に関して、不利なお取扱いをしたりすることは一切ありません。この点に関しまして、万が一、ご懸念等ございましたら、以下の「お客さま相談窓口」までご相談下さい。なお、ご相談・ご照会をいただいたことや、その内容により、貴社が不利益を被ることは一切ございません。

「お客さま相談窓口」

フリーダイヤル

0120-702-061

弊行は、お客さまとの間に生じた苦情・紛争の取扱いに関しまして、銀行法上の「指定紛争解決機関」として金融庁長官から指定を受けた一般社団法人全国銀行協会と契約を締結しております。本書に関しまして、何等かご不満な点がございましたら、弊行に直接お申出を頂くほか、同協会が運営する全国銀行協会相談室にご相談・ご照会いただくことも可能です。

一般社団法人全国銀行協会 全国銀行協会相談室

0570-017109

または

03-5252-3772

また上記以外で本書に関するご質問については、以下の先までご連絡下さい。

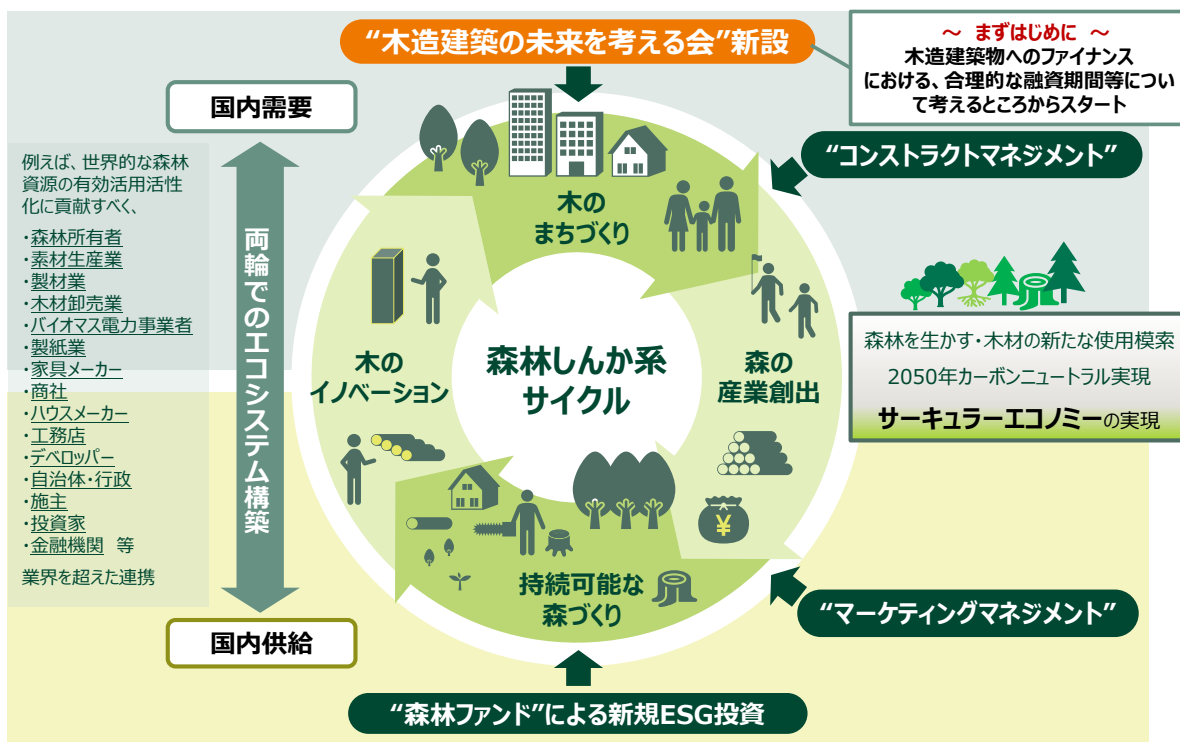
厚木法人営業部

藤野戸 孝史

046-224-3733

## サーキュラーエコノミー実現のために（施策イメージ図）

収穫期を迎えた森林を伐採、再度苗を植え、育て、伐採するサイクルが必要不可欠



出所：林野庁HP、株式会社竹中工務店さま作成資料（竹中工務店の木造建築への取り組み）を基に弊行にてアレンジを加え作成

## サーキュラーエコノミー実現のため（“木造建築の未来を考える会”新設）

“木造建築の未来を考える会”の立ち上げの目的及びその検討内容（案）は以下の通り。

### 目的

- **木造建築物普及・促進に向け、ファイナンスの実務面の課題を解決し、カーボンニュートラルの実現に向けた動きを加速させることが目的。**
- **住居系の木造建築物の法定耐用年数は22年。**その普及に不可欠な金融機関のファイナンス判断において、重要な物差し。従来は、上掲の通り、相対的に短期間であり、木造建築物のファイナンス採り上げにおけるハードルの一つ。
- 一方、木造建築技術の進展につれて、耐震性・耐火性・耐久性等の改善が図られてきており、木造建築物の実質的な寿命（経済的な耐用年数）は伸びているものと考えられる。
- **木造建築物の二次流通促進も、普及の必須条件**だが、法定耐用年数の短さがネックの一つとなり、**REITによる木造建築物の取得・ポートフォリオ編入が進展しにくい状況。**
- 上記の課題解消のため、「木造建築物でもSRCやRCと経済的な耐震・耐火・耐久性等に照らし、経済的耐用年数は同等」といった、一定程度の客観性・合理性を有するロジックを組み立てると共に、ファイナンス判断に**必要不可欠な経済耐用年数に係る意見書、エンジニアングレポートの業界スタンダード策定を検討**するもの。
- 本件は、実務界（金融機関等）単独での解決は困難なため、学識経験者を含めたメンバーに参画頂き、“**木造建築の未来を考える会**”を設置するもの。

### 検討内容（案）

- 建築物の融資審査に必要になると想定される建築物の調査書（エンジニアング・レポート）等の情報収集し、運用実態や課題を整理。
- 建築物への融資に対する対応実態や要望等について、建設関連事業者等から情報を収集。
- 建築物の融資審査に必要な要件（エンジニアング・レポートの活用等を含む）について、金融機関等から意見を聴取。
- 木造建築物の耐用性等の判断方法について、既往評価方法（※）を参考にしつつ、建築物の初期性能や維持管理の観点に留意して、検討を実施。
- 金融機関等の融資審査に資するエンジニアング・レポート等の木造建築の耐用年限の証左となりうる雛形素案を作成し、金融機関等の融資を可能とする枠組みを整理。

（※）建築物の耐用性等に関する評価方法の例

- ✓ 木造建築物の耐久設計評価支援ツール（国立研究開発法人建築研究所）
- ✓ 鉄筋コンクリート造建築物の耐用年数評価（一般財団法人日本建築センター）

## 建物の法定耐用年数の推移

私たち金融機関は建物の耐用年数という言葉を用いるが、一般的に税法上の耐用年数とは、固定資産の減価償却のために定められたものを指します。大正7年、法人の所得税の徴収にあたり当時の大蔵省の内規として導入され、昭和17年に改正されるまで耐久年数と呼ばれておりました。建物の法手耐用年数は以下の表の通り時代背景を勘案して適宜改正が行われております。

### 建物の法定耐用年数の推移

構造	細目	大正7年	昭和12年	昭和17年	昭和22年	昭和26年	昭和41年	平成10年
SRC造 RC造	事務所	100	80	60	80	75	65	50
	住宅						60	47
れんが造 石造	事務所	100	80	50	60	65	50	41
	住宅						45	38
鉄骨造①	事務所	100	80	60	80	50	45	38
	住宅						40	34
鉄骨造②	事務所	—	—	—	—	—	—	30
	住宅	—	—	—	—	—	—	27
鉄骨造③	事務所	—	—	—	—	—	—	22
	住宅	—	—	—	—	—	—	19
土蔵造	事務所	50	50	25	40	35	—	—
	住宅						—	—
木造	事務所	35	30	25	30(※)	30	26	26
	住宅						24	22
木造モルタル 造	事務所					27	24	22
	住宅						22	20

出所：一般社団法人木を活かす建築推進協議会「木造建築の耐用年数（木造建築の寿命は短い）」を基に弊社作成

## SMBCグループとして取り組むべき重点課題（マテリアリティ）

SMBCグループは、ステークホルダーからの要請に応え、社会課題の解決に貢献していくために、「環境」「コミュニティ」「次世代」を重点課題に設定しています。また、SDGsが目標とする2030年を見据え、取り組むべき項目・課題を明確化し、活動しています。



目指す社会にとって、健全な環境は前提、コミュニティは潤滑油でありセーフティネット、そして次世代は社会をより良いものにし次の世代に渡す存在。

緑の地球を守る企業市民として「環境」  
社会の一員として「コミュニティ」「次世代」

### 三井の先達



浮絵駿河町呉服屋図  
三井文庫所蔵

呉服商として、当時の商習慣にイノベーションをもたらし、新たなビジネスモデルを確立しました。  
また、江戸時代には両替商として、明治以降は銀行として、日本そして世界の経済活動の基礎となる金融インフラの重要な担い手となってきました。

### 住友の先達



現在の別子山  
住友林業株式会社所蔵



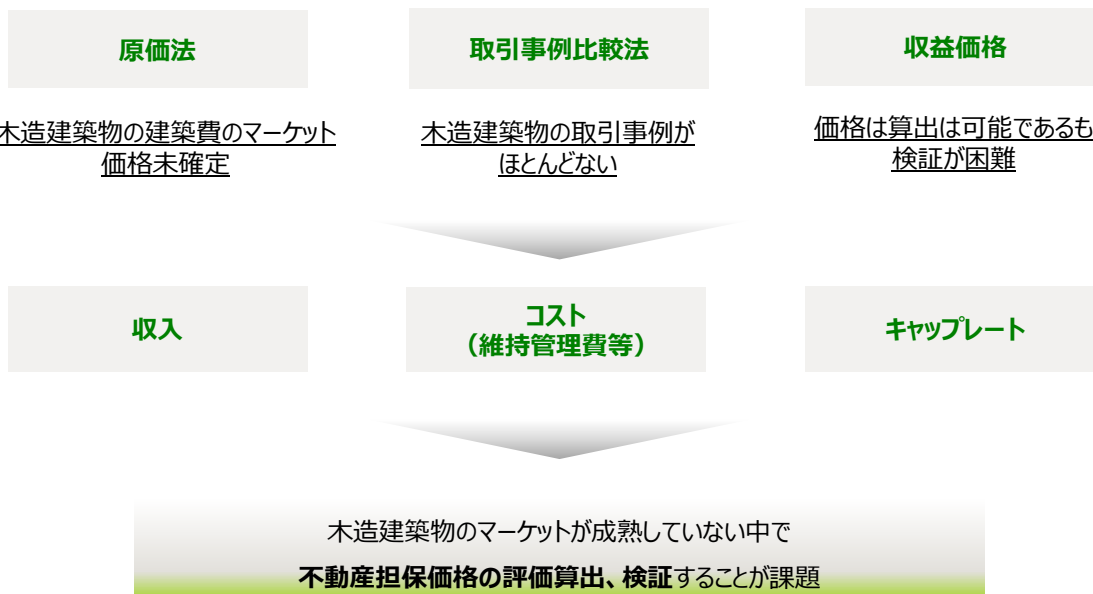
明治14年の別子山（旧製錬吹処之図）  
住友史料館所蔵

銅製錬の技術革新により、日本を世界有数の銅産出国にしました。  
一方で、自社の荒れた銅山を憂い、植林により、将来の世代に山の豊かな緑を、地域コミュニティに安心・安全な生活をもたらしました。

## 不動産担保価格の妥当性検証

一般的に金融機関として木造建築物への融資を検討する際、現状の課題は大きく分けて2つあると考えられる。1つ目に不動産担保価格の妥当性検証、2つ目に法定耐用年数を超えた融資期間において物理的経済耐用年数評価の妥当検証であると考えられます。不動産担保価格の妥当性検証について記載。

### 不動産担保価格の妥当性検証



## 法定耐用年数超の物理的経済耐用年数評価の妥当性検証

一般的に金融機関として木造建築物への融資を検討する際、現状の課題は大きく分けて2つあると考えられる。1つ目に不動産担保価格の妥当性検証、2つ目に法定耐用年数を超えた融資期間において物理的経済耐用年数評価の妥当検証であると考えられます。法定耐用年数超の物理的経済耐用年数評価の妥当性検証について記載。

### 法定耐用年数を超えた融資期間において物理的経済耐用年数評価の妥当性検証

- ✓ 金融庁が金融検査マニュアルにて当該物件の法定耐用年数を超える融資期間は異例という貌での明記、明言はしていない。
- ✓ 「金融検査マニュアル別冊（中小企業融資編）」の金融庁の解説内に「法定耐用年数の範囲内」が大前提である記載
- ✓ 2019年5月西武信用金庫に対する関東財務局による行政処分の理由として、経済的耐用年数等を証する書面を作成する外部専門家に対し、金庫職員が耐用年数や修繕費用等を提示・示唆する等の不適切な行為が認められ、不適切なリスク管理態勢が問われた。

- 当局の姿勢は従前から明確
- 各金融機関とも原則、融資期間としては法定耐用年数の範囲内にすべきということが大前提



## 建物の寿命推計調査（現早稲田大学名誉教授小松幸夫氏調査）

現早稲田大学名誉教授である小松幸夫氏が固定資産台帳に基づいて、建物の滅失データ（規模等が均一である木造戸建住宅）から建物の寿命を推計する調査を実施した結果があり、その結果は38年程度という結果が得られた。また、調査対象の建物を広げ1999年、2006年に同種の調査を実施。以下のような結果が得られた。

### 建物の寿命推計調査

構造・用途		1997年		2005年
		全国	東京23区	全国
RC造	専用住宅	49.9	41.0	56.8
	共同住宅	45.3	43.2	45.2
	事務所	45.6	45.6	51.4
鉄骨造	専用住宅	40.6	35.0	51.9
	共同住宅	41.0	35.3	50.0
	事務所	33.0	29.7	41.7
	工場	-	-	45.8
	倉庫	-	-	45.2
木造	専用住宅	43.5	33.8	54.0
	共同住宅	37.7	33.1	43.7
専用住宅		43.8	34.3	53.9

- 木造建築の技術革新により耐震性・耐火性・耐久性等の性能が改善
- 建物の構造材料（用途や構造等）の違いは平均寿命に影響しない

出所：一般社団法人木を活かす建築推進協議会「木造建築の耐用年数（木造建築の寿命は短くない）」を基に弊行作成  
小松幸夫 1997年2006年における家屋の寿命推計を基に弊行作成

## 木造建築物の耐火性

木造建築物において、耐火構造とする部材が開発・実用化され、鉄筋コンクリート造や鉄骨造と同様の火災安全性が担保されてきている。また、ゆっくり燃える木の特性を生かした木造の準耐火構造技術の開発、普及が木造建築の実現拡大に寄与。

### 木造耐火構造の開発・実用化（4階建以上）

- 木造の耐火構造は、被覆型、鉄骨内蔵型、燃え止まり型の3手法が開発済（右図）。

- 主要構造部について、1時間耐火構造の部材が開発済みであり、最上階から数えて4層迄を木造にて建築可能。

手法	被覆型 (メッシュ型)	鉄骨内蔵型 (木製ハブコア型)	燃え止まり型
断面			
特徴	耐震性能を木材とし、その外周をコンクリート等の耐火材料で被覆し、木材が燃焼しないようにする。	耐震性能は鉄骨等とし、その内蔵を木材で覆うことで耐火性を確保し、木材が燃焼しないようにする。	耐震性能を木材とし、その外周をモルタル等の耐火材料で被覆し、木材が燃焼しないようにする。
適用部位	外壁、壁仕切壁、柱、床、梁、階段、陽台	柱、梁	柱、梁

- 1時間耐火構造の木造部材を用い、下層階を2時間耐火構造の鉄筋コンクリート造等で施工することで4階建以上の建物の建築可能。
- 尚、被覆型による2時間耐火構造部材が開発され、大臣認定取得済。耐火性能上、14階建ての木造建築物が実現可能。

### 木造準耐火構造の技術開発普及（3階建て以下）

- 木造は熱伝導率が低く、燃えると表面に空洞をもった炭化層を形成し、炭化層は断熱性が高く、熱の侵入を抑制する。その特性を生かし、木材の表面から一定深さの燃え代を設けて残りの断面積で構造計算を行い、火災の際にその構造が倒壊しないようにするのが、「燃え代設計」。

### 建築火災の家庭と対応方法

- 建築火災は、出火源→収納可燃物→内装→構造躯体の順に燃焼。火災初期→火災成長期→火災最盛期という過程を経るが、その過程における対策、対応は以下の通り。

火災過程	火災初期	火災成長期	火災最盛期
対策すべき項目	出火防止	内装の燃え広がり	隣室への燃焼
	早期発見	収納可燃物の燃え広がり	隣棟への燃焼
	初期消火		躯体の燃焼
対応方法	避難	○	○
	消火・通報	○	-
	消火	-	○
木造とRC造での耐火性能の差	差はなし	差はなし	差が出やすい

### 建築基準法の防火規制（内装制限・構造制限）

- 内装制限** 内装仕上げ材の不燃性能を制限。火災の燃焼拡大を抑制するため、燃焼経路となりやすい壁、天井の不燃化が必須。建物の用途、防耐火構造、規模に応じて制限の箇所と仕上げ材の種類を規定。
- 構造制限** 構造躯体の延焼防止性能とそれによる構造性能の低下を制限。準耐火・耐火建築物は、一定時間火災に晒されてもその時間内に建物に崩壊せずに立ち続ける構造。

出所：林野庁「科学的データによる木材・木造建築物のQ&A」を基に弊行作成  
Copyright © 2022 Sumitomo Mitsui Banking Corporation. All Rights Reserved.

## 木造建築物の耐震性

法的に定められている耐震性能レベルは構造種別に関わらず同様であり、基準に従って建てられた建築物は、木造でも鉄筋コンクリート造でも鉄骨造でも同程度の耐震性能を有している。

### 耐震性能レベルと耐震性能の効率化

<b>1 建築基準法で定めている耐震性能レベル</b>	法的に建築基準法で定めている耐震性能レベルは構造種別に関わらず同様。建物に作用する地震力は建物の重量に比例。建物重量は、用途や規模によって変わるものの、各々の床単位面積当たりの重量比は、木造:鉄骨造:鉄筋コンクリート造 = 1:2:4。木造は鉄筋コンクリート造の1/4程度の重量を支えればよく耐力の低い木造の構造壁であっても耐震性とプランニングを両立可能。
<b>2 木造建築の全壊率</b>	阪神淡路大震災及び熊本地震において、新耐震基準を満たせる木造建築物の全壊率は、他の構造物と顕著に劣っていない。
<b>3 耐震性能の効率化</b>	建築基準法の要求レベルを超えた性能、例えば官庁施設の総合耐震計画基準におけるⅠ・Ⅱ類、住宅品確法における耐震等級2、3を目標性能とした設計を行う場合、構造種別によって性能を効率化する方法がある。木造は、建物重量に占める構造体の割合が小さいため、効率よく耐震性能をあげやすいことに加え、耐震性能向上を実現可能。
<b>4 耐震性能向上のための施工が容易</b>	木造における耐震性能の高めやすさは既存建物の改修、増築における木造の有効性につながる。木造は、既存建物の劣化部分の補修や交換が比較的容易であり、さらに多様な方法により地震に耐える力を高くすることが可能。

### 住宅品確法の耐震性能レベル

- 建築基準法よりも高い耐震性能指標となる基準の住宅品確法の「住宅性能表示」における基準（耐震性能レベルは下表参照）。
- 木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造等、構造種別に関係なく3段階の耐震等級が定められている。

	耐震等級 (構造躯体の防止)	耐震等級 (構造躯体の損傷防止)
等級1	建築基準法レベル 極めて稀に（数100年に1度程度）発生する地震（※1）による力に対して、倒壊、崩壊等しない程度  （※1）震度6強～7相当	建築基準法レベル 極めて稀に（数10年に1度程度）発生する地震（※2）による力に対して、損傷を生じない程度  （※2）震度6強～7相当
等級2	等級1の1.25倍に対して、倒壊、崩壊等しない相当	等級1の1.25倍に対して、損傷を生じない
等級3	等級1の1.5倍に対して、倒壊、崩壊等しない相当	等級1の1.5倍に対して、倒壊、崩壊等しない相当

出所：国土交通省のホームページを基に弊行作成

Copyright © 2022 Sumitomo Mitsui Banking Corporation. All Rights Reserved.

10

## 木造建築物の耐久性

木造建築物の躯体を構成する木材は、腐朽、シロアリ等の生物劣化と雨水、太陽光による気象劣化の大きく分けて2つから木材を守ることができれば木造建築物が長持ちする。そのことは法隆寺等、歴史的建造物により立証されている。現代の木造住宅においては、住環境を担保しつつも100年以上の耐久性が担保されている技術が確立しはじめた。

### 木材の腐朽対策

<b>1 栄養分の制御</b>	木材が腐朽菌の栄養分とならないよう、木材を防腐剤で処理することが効果的。木材の含水率が高くなりやすい土台等の地際付近、風呂場や台所の水回り、窓やドアの開閉口周辺に使用される木材部材は、防腐剤の注入処理や表面処理が必須。
<b>2 水分の制御</b>	腐朽対策として水分を制御するため、木材を常に乾燥状態に保つため建築物中に水が浸入しないようにすること。浸入した場合、建物内に滞留しないように排出することが必要。 ①建築物に雨がつかないように十分な長さの軒等にて確保 ②地面からの水分を防ぐために基礎を高くしたりベタ基礎の構造 ③壁体内に侵入した水分を排出するように通期工法の壁体
<b>3 シロアリ対策</b>	イエシロアリやヤマトシロアリは地下から侵入するため、防蟻のためベタ基礎にて対応。床下土壌と地表面近くの木製部材に防蟻薬剤を塗布するのが効果的。

### 腐朽の4条件

水分（木造含水率25%以上）

温度（5～45℃）

酸素

栄養分（木材）

出所：林野庁「科学的データによる木材・木造建築物のQ&A」を基に弊行作成

### 構造躯体100年程度

等級	概要	基準
等級2	構造躯体が2世代（50年～60年）もつ程度の対策	外壁の軸組等、防蟻・防蟻処理 土台の防蟻防蟻処理 浴室・脱衣室の防水 地盤の防蟻 基礎の高さ 廊下の防湿・換気 小屋裏の換気 構造部材等
等級3	構造躯体が3世代もつ程度の対策	等級2の条件が厳しくなる
長期優良住宅	構造躯体の使用継続期間が少なくとも100年程度となる	床下及び小屋裏の点検口を設置すること 点検のため、床下空間の一定の高さを確保すること

- 木造住宅の耐久性を高めるため、躯体の劣化対策技術「住宅性能表示」を明示。最高等級である劣化等級3とすることで3世代以上も構造躯体を維持が可能。
- 定期的な点検を実施し、劣化の早期発見とともに劣化部位の補修を行うことで、さらに長期間使用することが可能。
- 長期優良住宅の認定基準は、この点検を容易に行える対策が求められ、構造躯体の使用継続期間が少なくとも100年程度とすることが可能。

Copyright © 2022 Sumitomo Mitsui Banking Corporation. All Rights Reserved.

11

## VI-3 シンポジウム議事録

### ディスカッション

村上：鉄筋コンクリートについては融資ができていたということを秋山さんにご報告いただきました。ではなぜ木造でできないのか、各報告の中には各視点から見て阻害要因があると思われるという指摘をいただいています。そこをまとめて、どうしたら木造建築の融資ができるようになるのか、大型だけでなく、小規模なものも含めて考えたいと思います。

今クリアしている項目でも、公的に認知していないもの、技術的には出来るが制度的にできないものもあります。皆様のご報告をまとめますと、木造建築の優位点は、世界中で認識されていて共通しているようです。まず建物として軽量であるということ。木を使うことによる心理的な魅力というのは共通して皆さん感じていることでしょう。再三報告に出てきましたが、地球環境に対しても木造建築はとても有益です。また、実際に資産管理ができるため、経済的にもプラスになる可能性があるという点があります。では、なぜ木造建築では実現できないのでしょうか。

秋山：大規模な木造建築が比較的新しく、評価や耐震性の確保が RC よりも難しいからです。RC の場合、計画時点での耐用年数だけでなく、補修なども考慮されるため耐久性が確保されます。

大規模な木造建築物においては、劣化した部分をどう修繕するか、その技術的な面には課題があると思われれます。RC は壊れた箇所を取り外して補修することができますが、木造建築においては修理するための技術がまだ不十分です。また、RC はモルタルを使用するため壊れた部分を取り除いて置き換えることができ、耐久性を維持することができますが、メンテナンスの方法が異なるため木造の大規模な建物に関して歴史が浅いことは仕方がないと言えます。世界的に見ると、先進的に取り組んでいるところもあるので、そちらは肯定的に評価できます。

青木：RC の建物 100 件以上の完成した建物があり、調査だけで終わった物件であれば 500 件以上あります。そのバックデータで、色々なことに対応できる点が大きいです。一方、木造建築にはまだそのようなデータがないというのが大きな欠点です。

村上：ではどんなデータを集めればいいのですか。

青木：やはり国内外の状況を調べるのが大切だと思います。今回のフィンランドのように、どういった状況かを調べるのが 1 番だと思います。どう使われ、どうやって保たれるかが劣化の原因を知る上で大切です。例えば、熊本県にある小国ドームや安藤忠雄氏が設計したお寺なども事例を集めることで方向性が見えてくるのではないのでしょうか。

村上：事例を集めるときに、どういう項目をピックアップすればいいですか。

青木：まず、その建物がどういう状態に置かれていたのかというデータが必要になると思います。具体的には、温度や湿度、水がどのくらいあるのかです。そして、木造建築だと主に木材と金物の接合部が構造要素になると思いますが、接合及び木材の劣化度合いは、その劣化外力と劣化状態をプロットしていくといいと思います。

村上：つまり劣化の原因と、それによる進行を予想できないといけないのですね。コンクリートで言う中性化のような話をやらないといけないということですね。

先ほど秋山さんのご指摘で、木造については補修のやり方が確立されていない可能性があるということでしたが、これに対して石山先生はどうお考えですか。

石山：最近の事例についてはよくわからないのですが、まだ確立してなのではないかと思います。

村上：では、法隆寺が1400年弱こうやってきているのはなぜですか。

石山：伝統木造は、いわゆるオーバーホールできるというのが、木造の優位点です。適用可能な範囲はあると思いますがひとつのやり方としてはあるかと思います。

村上：事例としては例えば補修歴や、メンテナンス歴、適用された技術というのも、項目として入れた方がいいですね。事例が少ないことが大きな壁となっていますが、劣化のプロセスと原因の関係を科学的に定量化すれば、藤野戸さんも納得し、融資をしてくれる可能性があるということですね。

藤野戸：検討はできます。

村上：可能性が出てくるのですね。坂口先生、フィンランドでは普通に融資がされ、50年程度は借りられるとのことですが、鉄筋コンクリートと木造建築とでは何が違うのでしょうか。日本はフィンランドのように何でも建てられるわけではないと思います。

坂口：フィンランドでは木造に対してどのような考え方があるのか、というのは日本も少し発想を変えなければいけないと思っています。木は確かに当然燃える材料だと思います。しかし、燃え方をコントロールできる材料でもあります。ですから、木を正しく使うということと、木に無理をさせないということが重要です。フィンランドでは3階建て以上の木造建築にはスプリンクラーが必要な法律があるためコストはありますが、火事が起きにくくなるためマーケティングに活かされています。また、ロンドンで起きた高層住宅の火災は断熱材に燃え移って広がったため、RCや鉄筋コンクリートが燃えにくいというのは思い込みです。発想を転換する必要があると思います。木は燃え方がコントロールでき

ます。スプリンクラーは初期消火に役立つため、フィンランドでは木造建築物は最も安全な建物として認識されています。家屋内の火災リスクが低下するため、火災保険料を下げることができるかもしれません。

村上：考え方を少し変えることが大事ですね。では先ほどご指摘があった垂直方向への縮みについてはどうでしょうか。

坂口：垂直方向への縮みに関しては、正直なところ気にしていないという回答が出るため訊いていません。ここが日本と一番違うところです。

村上：これは日本独特の解決方法が求められるのですね。石山先生、クリーブの問題について構造で解決できますでしょうか。

石山：出来ると思います。

村上：では、防音についてはいかがでしょうか。

坂口：音問題に関しては、特に集合住宅の場合はかなりシビアです。例えば、先程紹介したCLTで箱を作る例では、基本的に床と天井が来るので、その間に遮音のラバーを引くなどかなり神経質になる必要があります。場合によってはコンクリートのスラブを打つこともあるようですが、環境的に良くないため本音としては打ちたくないということです。

村上：考えて解決しているのですね。日本の事例はどうでしょうか。

石山：今のところ、木材はその軽さを活かした設計をしています。一方で、特に床の遮音などは重くなるというジレンマがあるため、環境面は別として、適材適所でさまざまな材料を使用することが1つの解決策だと思います。床は鉄筋コンクリートで良いのではないのでしょうか。あるいは、圧

縮木材のようなコンクリートほど重くはない材料あります。

村上：遮音に関しては、技術的な解決策や少し音が漏れるのも仕方がないという考え方、ハイブリッドな建築で解決できる可能性があるということです。

変色については解決できそうな気がします。

石山：まず塗料や薬剤で変色を防ぐ方法があります。また、変色を許容する設計もあります。この場合、人々の意識を変えていく必要があります。

村上：国内外の両方で、変色を前提として設計された意匠を設計している例が見られます。実際には違和感があるかもしれませんが、それでも良い建築だと受け止められます。また、変色を許容する場合、どのような設計でどのように変色するかという知識の共有が必要だと考えられます。

石山：断熱材を使うことは1つの手段だと思いますし、水分がどのように移動するのか、有害な水分になるのかは、材料によって異なるので害を及ぼさないような解決法もあるかと考えています。

村上：では、水分が湿度や温度にどのように影響するのでしょうか。水や湿気による劣化対策はもう技術的に解決できるのでしょうか。

石山：通気素材を取る、きちんと防水処理をすることで、設計的には水分の問題はかなり解決できると思われれます。また、施工時の注意や施工不良を防止するための設計や運用も必要です。

村上：先ほどの事例調査で、温度、湿度、水については、調査項目に劣化の関係を入れる必要があるとおっしゃいましたね。しかしそこを見なくても、少なくとも補修や新築については解決する方法があるだろうということです。

技術者不足の問題がフィンランドで指摘されて

いましたが、具体的にはどういう技術者が必要なのでしょうか。

坂口：設計で言えば、意匠も構造も両方足りていません。RCは半分ぐらいを占めており、長くやってきたので誰でもできる工法ですが、木造ができる人は限られています。一方、設計段階で色々な収まりを考えなくてはならないため、今後できる人を増やしていく必要があります。

村上：30年経ってもまだ解決していないということですね。技術者や流通経験のある方が不足していますが、こちらは人数が増えれば解決する問題です。コストはいかがでしょうか。

坂口：フィンランドに限っては、スプリンクラーという制約があるため相当厳しい状況だと思います。ただ、規格化が足りないということも指摘されています。例えば、日本では3m×12mの場合マザーボードを作るわけですが、今はそれをトラックで運べないため、2mに切って細かくしています。そうするとコストが高くなるため、オーストリアのようにマザーボードを使い切るように設計することが重要だと思います。結局、木造建築が鉄筋コンクリートなどに比べてコストがかかっている問題は、初期的に言うと、フィンランドはスプリンクラーの費用が原因です。また、維持管理フェーズに入ると外装材で使用する場合の費用が増えるとも言えますが、それ以外は鉄筋コンクリートと同じ程度です。

村上：日本の木造住宅でもまだ在来工法の約20%しか使われていないと言えます。国産CLTの統計によると、ラーメンのような簡単な構造しか作れないことがわかっていますが、これを改善することで、CLTも同じように設計側の技術とリンクして全体のコストダウンが図れると見込まれます。木造が他の構造や材料に比して圧倒的に劣っているわけではないですが、制度が確立していないという部分もあります。不動産の収益や価格を算

出するロジックの中で賃料の対比がどうなっているのかというところですね。

藤野戸：ほぼ同じなのか、プレミアムが乗っているのか、どう検証すればよいかわからないというのが収入の面です。また、修理するにはいくらかかるのかということも問題となります。

私たちは収支シミュレーションを行い、5年後や10年後にどのようになるかを検討しますが、もし収支が回らない場合、担保価格の話をするのはできませんし、担保価格について検証できない場合は融資が難しいと感じています。

村上：木造の建物では、防火設備の設置が不利になるのですか。同じ建物でも、木造と非木造では同じように見られないのですね。極端な話、木造と言わずに内外装をすべて隠してしまえば、テナントにとっては同じだと思いますが。

藤野戸：どう表記するかも重要ですね。木造と書くなら、嘘をつくことはないと思います。

村上：ただ、それによって賃料設定やBtoCの価値という意味と、売買する際の価値という意味は分けて考えた方がいいと思います。建物価値については、現在、収益法または原価法で考えていますが、テナント数をどの程度確保できるかということに焦点を当てています。ユーザーにとっては同じだと思いますが。

藤野戸：一方で三井ホームが手がけた物件では賃料が通常の近隣物件に比べて高く設定されていると聞いているので、そのようなプレミアムが反映される可能性もあると思います。

村上：では、問題は22年問題でしょうか。

藤野戸：そうですね、10年経過すると残りの12年しかなくなってしまうので、将来的なことも考慮して今から考えた方がいいと思います。

村上：先ほど話したように、元に戻すことができるメンテナンス技術が確立された場合、鉄筋コンクリートと同じ論理で、大規模な改修を行って現行法規の22年という期限でも対応可能ではないかという考え方もあると思いますが。

藤野戸：そうだと思います。10年後なり、20年後どのくらいかかるかというのが第三者機関で明確になれば、検討の土台になると思います。

村上：それを解決するためには、技術側、建築技術側がその裏付けを作る必要があり、改修にかかるコストを試算することができるような根拠を示せば、提案も成り立つということですね。

青木先生、22年で十分でしょうか、それとも50年にする方が良いでしょうか。

青木：その建築に関する問題だけでなく、どのように利用できるかという観点が必要です。オーバーフローに近い状態にある建物を再生するために、技術的なものは現在の技術でほぼ解決できると思っていますが、一般化が進まずコストがかかるという問題があります。そこで補助金制度を活用すれば解決できる可能性があります。建築物を再生することで、現在から30～40年後や100年後でもまだ使える建築物を作ることができるでしょう。

村上：技術的問題で、接着剤の話を伺うのを忘れていました。木と接着材は重要な材料、部材に関わってきますが、接着剤の耐久性はどのなのでしょうか。

石山：私は専門家ではないので詳しくは分かりませんが、使用環境が穏やかであれば十分持続する例が既に出てきているようで、少なくとも2年以上は保つようです。

本報告書は、国土交通省の補助事業として、  
一般社団法人リファイニング建築・都市再生協会  
が実施した令和4年度「住宅・建築生産性向上促進  
事業（うち、良質なストック形成、既存住宅流通・  
リフォーム市場の環境整備等に関する事業）」の成  
果を取りまとめたものです。

令和5（2023年）3月  
一般社団法人リファイニング建築・再生協会  
<https://refining.or.jp/>