

【資源循環技術・システム表彰】

解体・改修建物から回収したタイルのリユース技術開発

清水建設株式会社

竹本 喜昭、小島 静、平井 直樹、深見 利佐子、李 恒
協力：株式会社LIXIL

建物改修、解体に際して、
タイル外装をコンクリートと一緒に**ガラとして廃棄**するケースは多い
上手に再利用されている案件もあるが、**数は少ない**



羽島市庁舎
竣工：1959年
解体：2025年



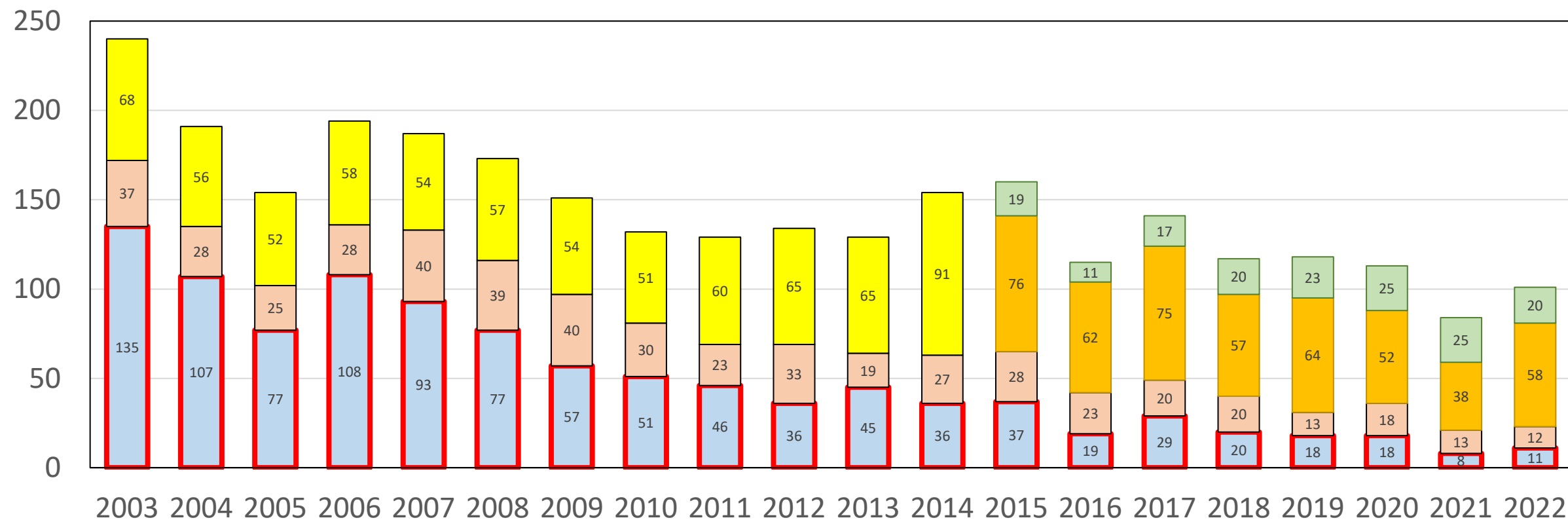
九段会館本館
竣工：1934年 改修：1994年、2022年
タイルを建物一部で再利用



建物外装CWの種類と推移

タイルはバブル期にかなりの数が施工されたと考えられ2003年以降は減少
⇒ストック量が膨大で、解体・改修によって廃棄数が増加すると考えられる

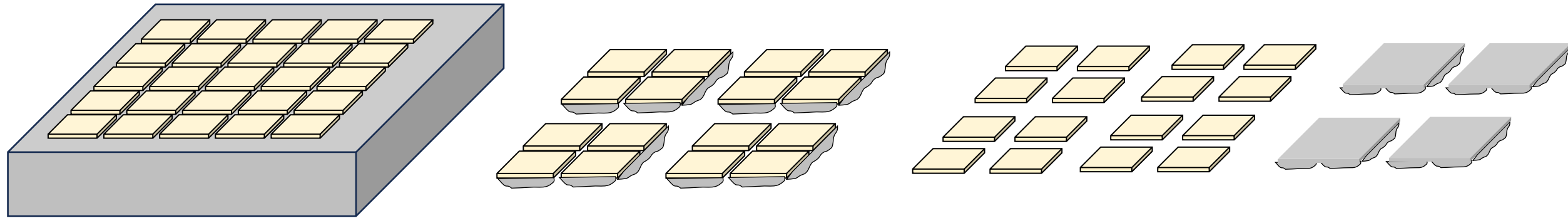
(件数) ■：タイル ■：石材 ■：塗装含むその他（～2014年） ■：塗装 ■：その他（2015年～）



外装CWの仕上げ種類別案件数の推移（出典：コンクリートカーテンウォール工業会）

タイル再生までの手順

床や壁のタイルの多くは、モルタルでコンクリート下地に張付けられている



床や壁のタイル



床や壁から
塊で取り外す



タイル単体とモルタルに
分離して再利用



取外し作業では、
それなりの破損は存在

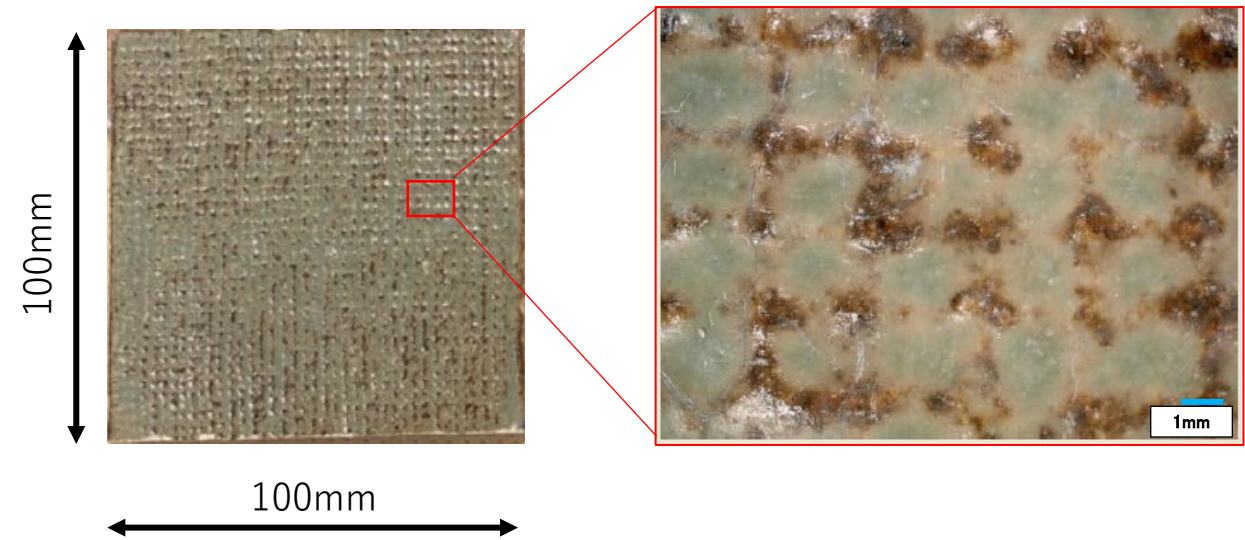


無傷で取り出せたタイルは
確実に再生したい

1953年（72年経過）の木造建物
改修後にタイルを可能な限り再利用する要望



バルコニータイル



タイル表面の詳細
格子状に凹凸のあるタイル下地に緑色釉薬の組合わせ
1950年代（昭和25年頃）の建物に比較的多く見られる

約2,900枚（約42m²）のうち取外しで破損、

約2,500枚（約35m²）が対象

⇒このタイル表面の釉薬にダメージ与えず、
裏面のモルタルを綺麗に除去したい

従来のモルタル除去方法

酸でモルタル（カルシウム成分）を溶解し、脆弱化させて金ブラシで削り取る
LIXILにて、通常の酸処理による除去を実施



5%塩酸に24時間浸漬



金ブラシで研削



多量の水で洗浄



除去効果の結果

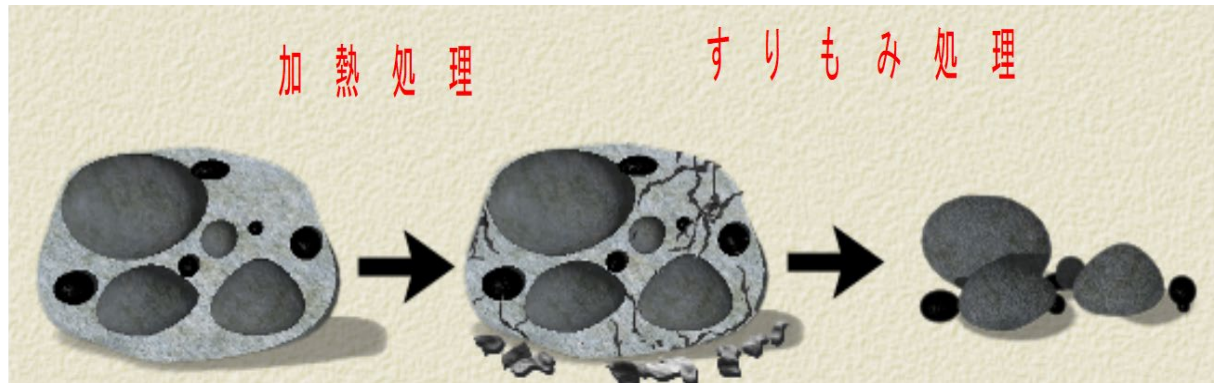
【問題点】

- ・ 時間が掛かる
- ・ 酸の濃度はモルタルの付着量によって調整
- ・ モルタルの量が多いと溶解反応が途中で停止
- ・ タイル内部には酸が残存する可能性
- ・ 処理後の酸や除去したモルタルは、中和や洗浄が必要

- ⇒ 3週間から6週間ほど
- ⇒ 作業に慣れた作業者の判断
- ⇒ モルタル研削の後に再浸漬を繰り返す
- ⇒ タイル変色や金属発錆の恐れがあり十分な洗浄が必要
- ⇒ 大量の水資源が必要

加熱処理の発想

コンクリートガラより高品質の再生骨材を加熱処理によって取り出す方法



【加熱すりもみ法】

- ・ 600°C以上の加熱でセメント成分が脆弱化
- ・ すりもみ機で骨材とセメント成分を分離

酸による処理も考えられるが、

<問題点>

- ・ 酸が残るとコンクリートに悪影響
⇒ 洗浄には大量の水が必要
- ・ 処理に時間がかかる
- ・ 微粉末の処理がより困難になる



高品質再生粗骨材

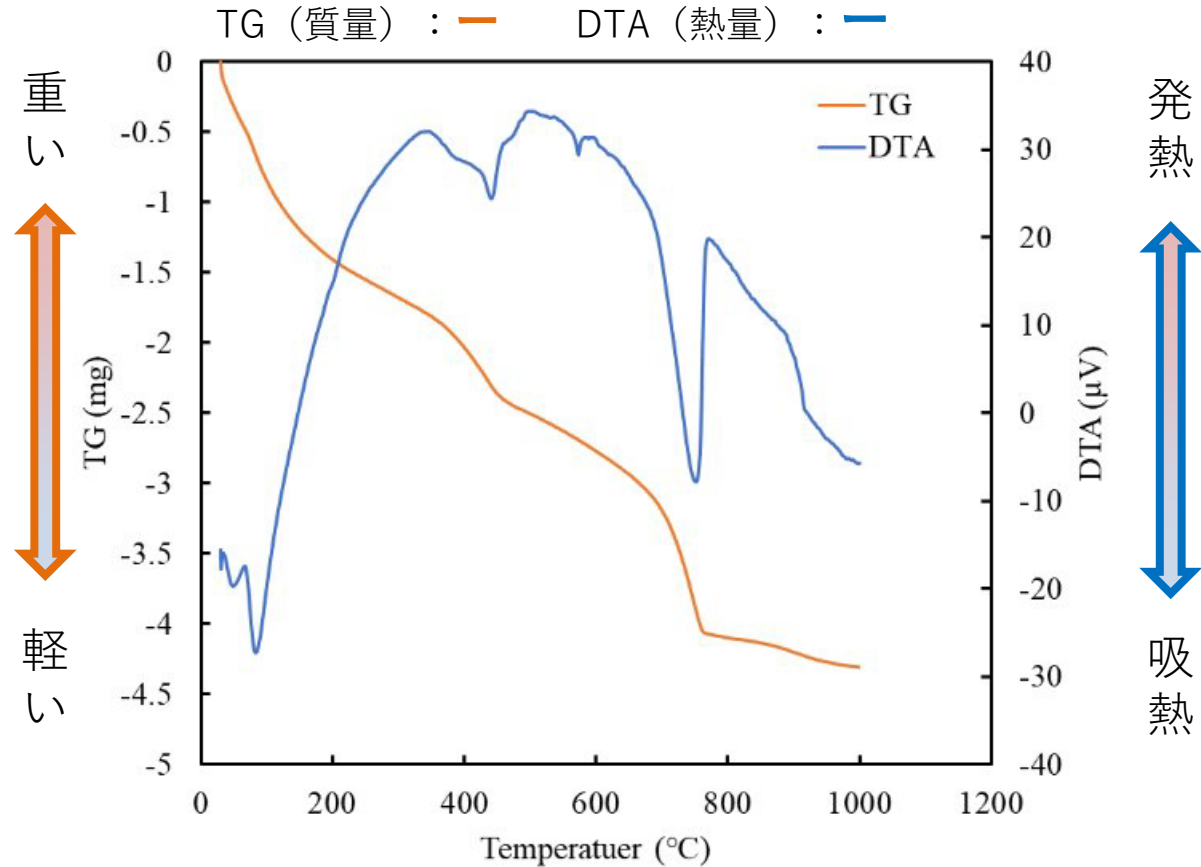
高品質再生細骨材

副産微粉末
(セメント成分)

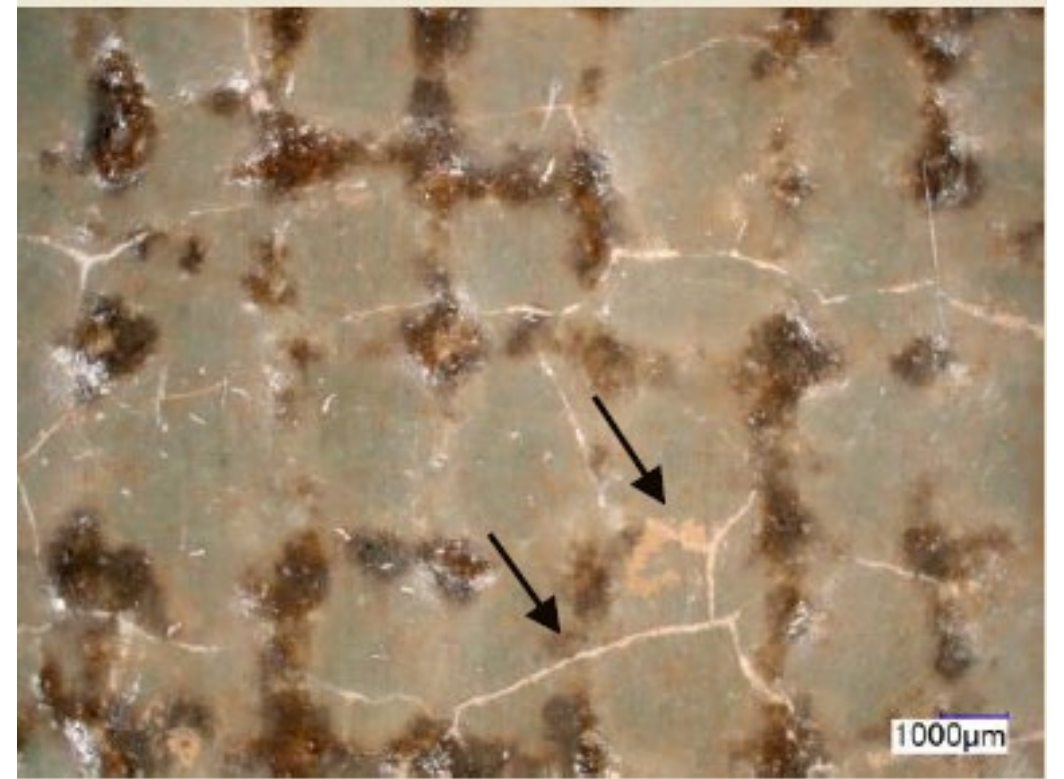
湿式処理よりも乾式処理が望ましい

加熱処理のポイント

温度が高いと…モルタルは取れやすい ⇔ 釉薬にダメージ
 温度上昇速度、最高温度、温度保持時間、冷却速度の**バランスがポイント**



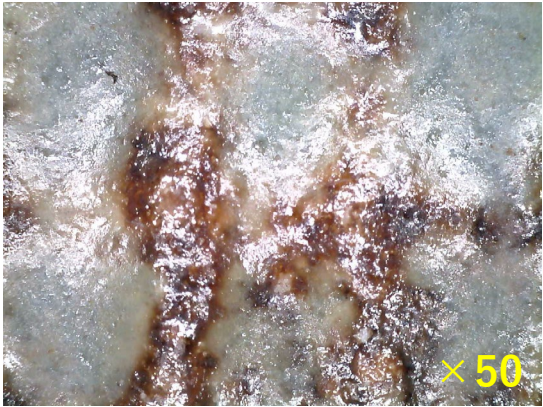
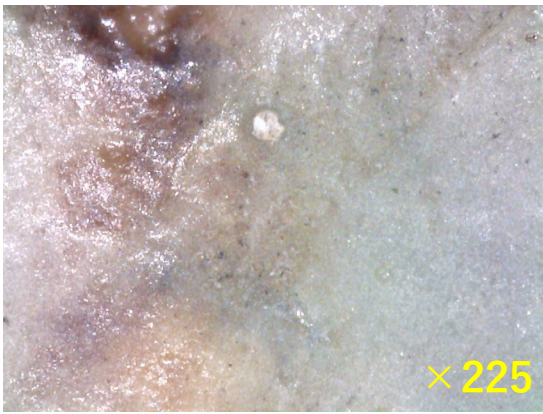
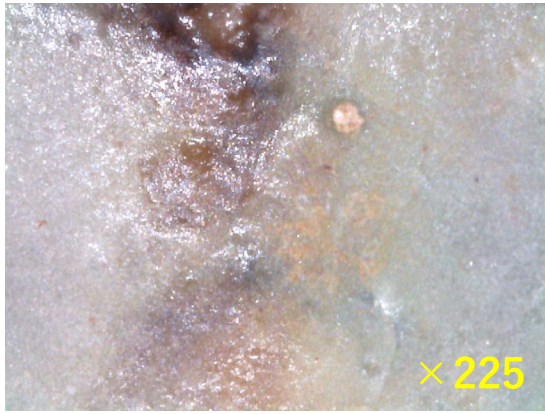
タイル裏面モルタルの熱分析結果
 600°C～750°Cで炭酸カルシウムの脱炭酸反応
 $\text{CaCO}_3 \Rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$



800°C 6時間加熱処理後の表面
 表面釉薬に微細なクラックや変色が発生

酸処理と加熱処理の比較～釉薬の状態

酸処理と加熱処理を作業時間、処理後の表面状態で比較・検討

処理方法と手順	処理前	処理後	評価	色差 (ΔE)
【1.5%塩酸】 清水浸漬：1W 酸浸漬：14h 研磨処理：1h 清水浸漬：1D 乾燥：1D Total：231h			全体的に 白色に変化	3.01
【700℃加熱】 昇温速度：100℃/h (7h) 温度保持：1h 自然冷却：16h 研磨処理：1h Total：25h			部分的に 茶色が 微増	1.00

※LIXILにて、比較試験および測定・評価

酸処理と加熱処理の比較～モルタルの除去しやすさ

モルタルの除去しやすさは、 酸処理 > 加熱処理
⇒金ブラシを砥石に変えることで対応できる

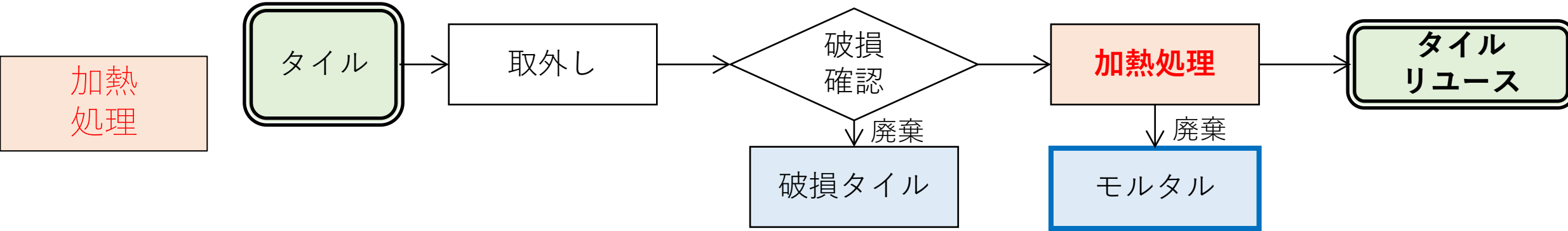
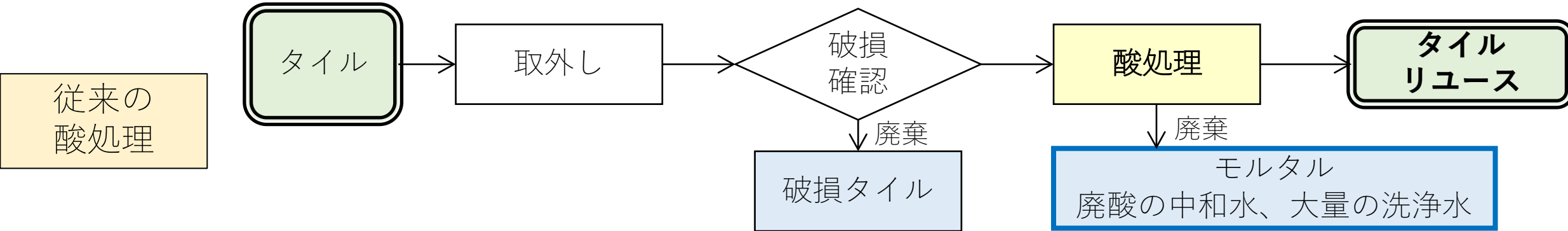
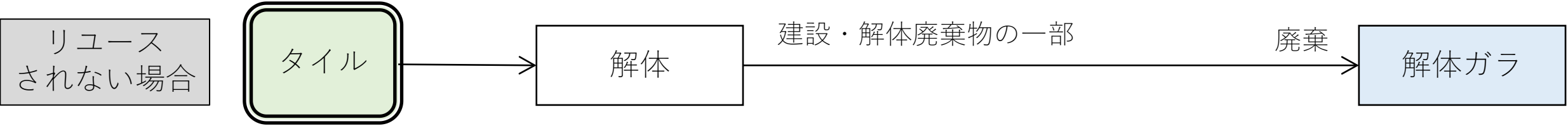
【1.5%塩酸浸漬】

No	事前	浸漬回数	ブラッシング後	砥石研削後	重量差異		除去率		評価
					ブラッシング除去	砥石研削	ブラッシング	砥石研削	
A-1	84.00	6	61.46	—	22.54	—	100.0%	—	○
A-2	72.04	2	69.76	—	2.28	—	100.0%	—	◎
A-3	74.82	3	71.2	—	3.62	—	100.0%	—	◎
A-4	61.63	1	60.43	—	1.20	—	100.0%	—	◎
A-5	71.46	5	64.49	—	6.97	—	100.0%	—	○
A-6	78.55	3	75.23	—	3.32	—	100.0%	—	◎
A-7	66.88	1	65.75	—	1.13	—	100.0%	—	◎
A-8	72.19	1	71.73	—	0.46	—	100.0%	—	◎
A-9	69.48	2	68.04	—	1.44	—	100.0%	—	◎
平均	72.34	2.67	67.57	—	4.77	—	100.0%	—	

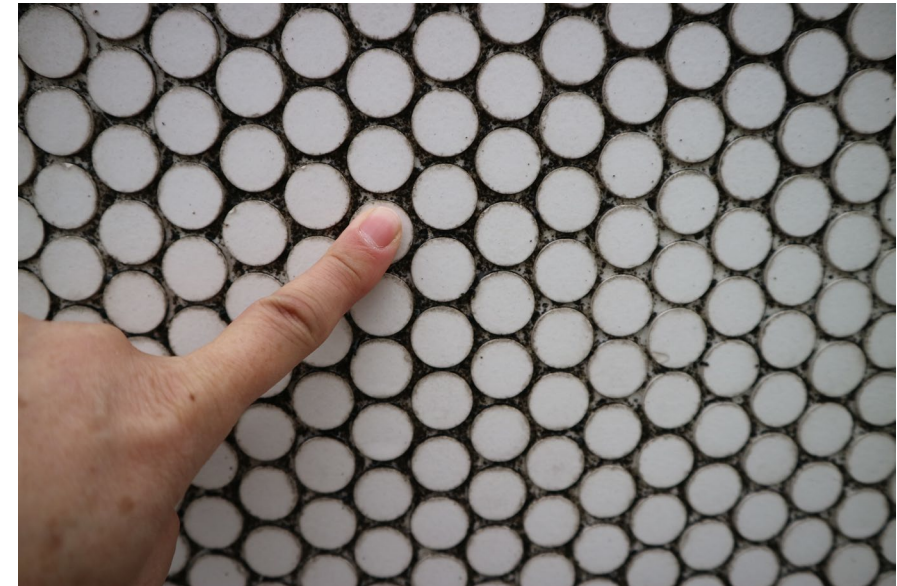
【700℃加熱】

No	事前	焼成後			重量差異		除去率		評価
		ブラッシング前	ブラッシング後	砥石研削後	ブラッシング除去	砥石研削	ブラッシング	砥石研削	
4-1	73.43	72.77	68.8	68.71	4.63	4.72	98.1%	100%	○
4-2	74.83	74.33	73.05	73.05	1.78	1.78	100.0%	—	◎
4-3	75.42	74.89	72.11	72.02	3.31	3.4	97.4%	100%	○
4-4	64.02	63.65	62.03	61.86	1.99	2.16	92.1%	100%	△
4-5	74.4	73.68	68.89	67.31	5.51	7.09	77.7%	100%	×
4-6	72.65	72.12	70.1	69.25	2.55	3.4	75.0%	100%	×
4-7	62.96	62.45	62.08	61.77	0.88	1.19	73.9%	100%	△
4-8	68.26	67.79	67.47	67.44	0.79	0.82	96.3%	100%	◎
4-9	65.37	64.88	63.48	63.44	1.89	1.93	97.9%	100%	○
平均	70.15	69.62	67.56	67.21	2.59	2.94	89.8%	100%	

作業効率よりも、タイル表面の釉薬にダメージを与えない観点から、加熱処理方法を採用



- ・ **案件適用実績**を増やす
 - ⇒ タイルが再利用できる技術を社内外に広める
- ・ 再利用タイルには**値段以上の価値**があることをPRする
 - ⇒ 時が経つほどレガシー的価値上昇、焼直しより味
- ・ 今後に増加が見込まれる**弾性接着剤への対応**
 - ⇒ 酸に溶解しないため加熱処理が効果的
- ・ 人と環境に優しいことを**可視化**する
 - ⇒ CO₂排出量算出と削減検討
 - ⇒ 短時間作業、楽作業



42年経過の円形モザイクタイル

ご清聴ありがとうございました