

化学反応理論に基づいた太陽光パネル廃ガラスのコンクリート分野へのリサイクルに関する研究

宮崎大学 ○李 春鶴 1\*  
東京大学 王 眺 2\*\*

太陽光パネル 膨張 廃ガラス 酸処理 ASR 蒸気養生

研究の目的

本研究では、以下の 2 点を研究目的とした。1. 廃ガラスがコンクリート中での反応のメカニズムと反応抑制メカニズムを解明した。2. 実用化に向けて、蒸気養生における膨張特性を解明した。

研究の内容

図-1 にカバーガラスを用いた供試体の材齢 1000 日時の EDX での面分析結果を示す。ガラスエリアおよびセメントペーストエリアの組成は、既往の研究での反応性骨材および CSH ゲルと同じ傾向を示す。境界面の計測結果より、既往の研究の ASR ゲルの分布付近に位置していることから、ASR のような生成物が生成していると言える。

また、酸処理を行っていない廃ガラスを用いた供試体の境界面は ASR ゲル寄りに分布しており、フライアッシュを添加すると右上にシフトする傾向となった。これはフライアッシュによって ASR のような生成物の発生量が緩和されたことが考えられる。また、酸処理を行った廃ガラスを用いた供試体の境界面はフライアッシュを添加しても同様に、セメントペースト寄りに分布している傾向であった。図-2 に基板ガラスを用いた供試体の材齢 1000 日時の EDX での面分析結果を示す。廃ガラスエリア、セメントペーストエリア、廃ガラスとセメントペースト境界面での結果はカバーガラスとほぼ同様な傾向を示した。

図-3 にカバーガラス、基板ガラスにおける境界面分析結果の比較を行った。図に示すように、基板ガラスの計測結果は、カバーガラスの計測結果より右側に分布していることが確認できる。これは、カバーガラスは基板ガラスよりシリカやアルカリの含有量が高く、ASR の膨張反応の潜在能力が高いため、生成物の生成量の差が出たと考えられる。

図-4 に廃ガラスを用いた供試体における長さ変化試験の結果を示す。促進 - 拘束無の供試体では、材齢の経過に伴い膨張傾向を示したことから、廃ガラスの ASR のような反応が生じたことによる膨張が生じたと考えられる。蒸気 - 拘束無の供試体ではやや収縮傾向を示したため、養生の変化により膨張傾向に差が生じる結果となった。蒸気 - 拘束有の供試体では、脱型後に収縮、その後膨張傾向となり安定する傾向を示した。

写真-1 に廃ガラスを用いた供試体の SEM による表面の

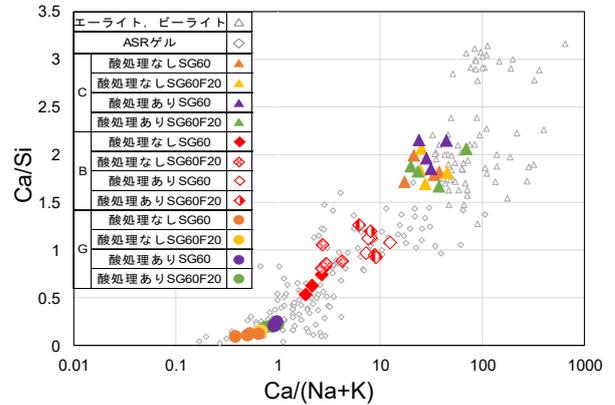


図-1 供試体のカルシウム/シリカ比およびカルシウム/アルカリ比(カバーガラス)

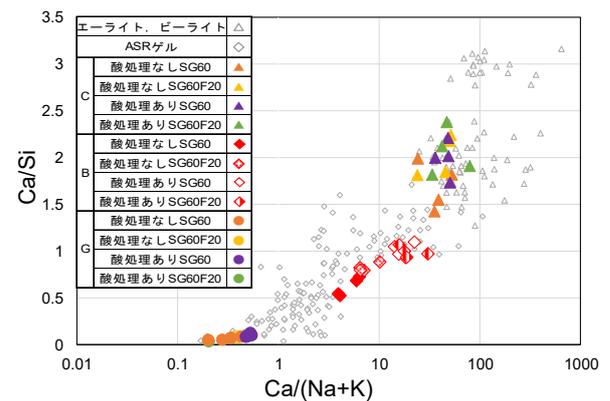


図-2 供試体のカルシウム/シリカ比およびカルシウム/アルカリ比(基板ガラス)

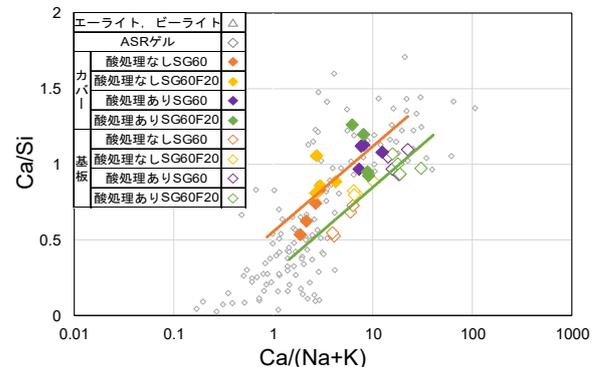


図-3 供試体のカルシウム/シリカ比およびカルシウム/アルカリ比(境界面比較)

画像を示す。写真より蒸気養生、促進養生を行った供試

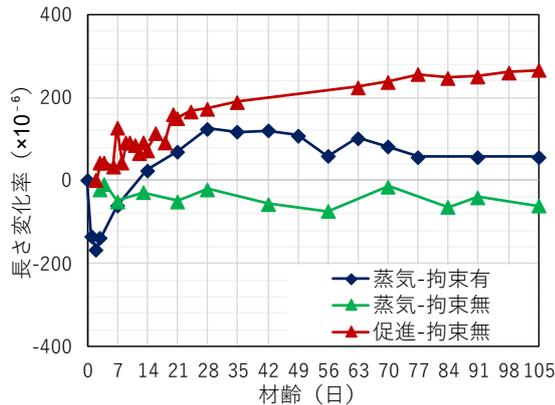


図-4 長さ変化率

体は共に廃ガラスとセメントペーストとの境界面の付着性は SEM 観察では同程度であると考えられる。そのため、廃ガラスとセメントペーストの境界面において、材齢 28 日の蒸気養生を行った供試体は材齢 1000 日程度の促進養生を行った供試体と同程度であると考えられる。

図-5 に廃ガラスを用いた供試体における境界面の面分析によって得られる Ca/Si, Ca/(Na+K) 比の結果を Katayama らの研究結果<sup>2)</sup>に合わせて示す。ASR ゲルの組成は Ca/Si=1.0, Ca/(Na+K)=10 以下であるため、廃ガラスを用いたことで ASR のような反応が生じていることが確認できる。また蒸気養生と促進養生では ASR ゲルの組成が同程度であったことに関しては、促進 - 拘束無の供試体では材齢 1000 日での計測、蒸気 - 拘束有の供試体では材齢 28 日での計測であることから、蒸気養生により早期から ASR のような反応が生じ、組成が同程度となったことが考えられる。

図-6 に圧縮強度試験の結果を示す。促進養生を行った廃ガラスを用いた供試体は強度が大きく増加したため、材齢の経過に伴い ASR ゲルのような生成物が生じたことにより、内部構造が緻密化したことが考えられる。蒸気養生を行った供試体は、廃ガラスを用いた場合、材齢の増加に伴い、廃ガラスを用いていない供試体はほとんど強度が低下していないことが確認できる。

### 研究の成果、新知見

本研究では廃ガラスがコンクリートのようなアルカリ環境における反応メカニズムを解明し、その抑制方法、抑制メカニズムを解明した。また、蒸気養生を行うことで、早期に反応を促進させ、後続反応ポテンシャルをなくすことで、実用化の可能性を探り、リサイクルの可能性を得たと考えられる。

### 今後の予定

今後は、実機での検討を通じて、データを蓄積するこ

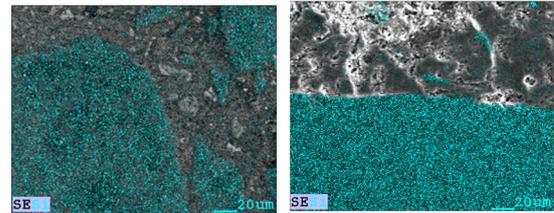


写真-1 SEMによるG60供試体の表面観察

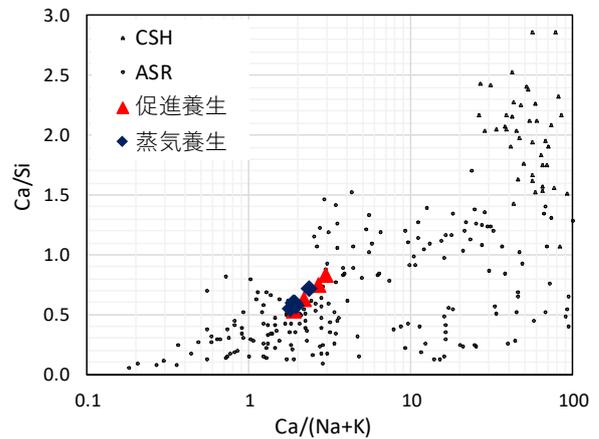


図-5 EDXによるG60供試体の境界面の組成分析

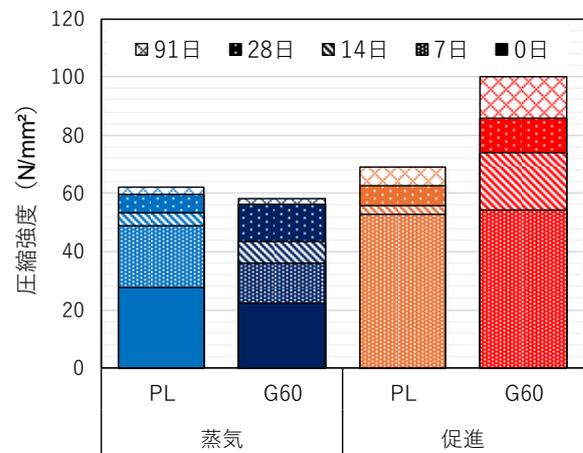


図-6 圧縮強度試験

とでコンクリート分野でのリサイクルが可能であると考えられる。

また、得られた成果は英論のジャーナルに投稿する予定である。

### 謝辞

本研究より、太陽光パネル廃ガラスのコンクリート分野へのリサイクルに関して体系的な検討ができ、また有意義なデータを蓄積することができました。本研究の女性をいただいた大成学術財団に深甚なる謝意を表します。