

太陽光発電パネルの廃ガラスの酸処理における反応物及び生成物の組成分析結果

宮崎大学大学院	学生会員	井上 穂香
宮崎大学	正会員	李 春鶴
宮崎大学		塩盛 弘一郎
ソーラーフロンティア株式会社		原田 秀樹
群馬大学・前橋工科大学	フェロー会員	辻 幸和

1. はじめに

近年、太陽光発電施設の急速な普及により、寿命を終えた太陽光発電パネル(以下、廃ガラスと称する)の処分方法が喫緊の課題となっている。廃ガラスを骨材としてコンクリート分野でリサイクルをする際、廃ガラスは鉱物組成にシリカ成分やアルカリ成分を多く含有しているため、アルカリシリカ反応(以下、ASRと称する)が生じる可能性がある。既往の研究¹⁾では、ガラスびん微粉末とセメントを混合させた場合にASRを指摘している。

本研究では廃ガラスのリサイクル処理プロセスの一環としての酸処理が廃ガラスを用いたモルタルの膨張、圧縮性状に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

表-1にモルタルの配合を示す。配合は、全供試体において水結合材比が50%で、セメントペーストの体積率が50%とした。廃ガラスは体積で細骨材の60%を内割で置換(G60)し、フライアッシュは質量でセメントの20%を内割で置換(F20)した²⁾。

表-2に使用した廃ガラス、セメント、フライアッシュの化学組成を示す。廃ガラスは吸水率が0%、密度が2.43g/cm³のもので、廃ガラス50kgに対して、52ppmの硝酸溶液150gを噴霧し乾燥させる処理を行った。細骨材は大分県津久見産のものを用いた。

表-3にモルタル供試体に対する試験項目と養生条件を示す。その他、長さ変化試験用供試体を用いてEDX分析も行った。また、廃ガラスに対しては化学法(JIS A1145-2001)を模擬した実験(以下溶解実験と称する)、ICPを用いてその溶液の溶解成分の分析を行った。

3. 試験結果及び考察

図-1に溶解実験の結果を示す。廃ガラスは酸処理の有無にかかわらず、アルカリ濃度減少量はすべて負の値となった。酸処理していない廃ガラスではアルカリ濃度減少量と溶解シリカの量が多く、酸処理をすることで、廃ガラスが若干中性環境になることで溶解が抑制されたと

表-1 モルタルの配合

記号	C	FA	W	S	GP	
PL	612	0	306	1340	0	
F20	479	119	297	1340	0	
酸処理あり	G60	612	0	306	536	729
	G60F20	476	119	297	536	729
酸処理なし	G60	611	0	307	535	728
	G60F20	475	119	299	534	727

表-2 廃ガラス、セメント、フライアッシュの化学組成

%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO
廃ガラス	72.5	1.5	≤0.009	9
C	20.43	5.48	3.16	64.3
FA	57.8	27.3	4.2	1.7
%	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Sb ₂ O ₃
廃ガラス	3.5	0.5	13.5	≤0.009
C	1.36	0.43	0.25	-
FA	1	0.8	0.9	-

表-3 試験項目と養生条件

試験項目	長さ変化試験	圧縮強度試験
供試体寸法	40×40×160mm	φ50×100mm
養生温度	40℃	20,40℃
養生方法	湿度95%環境	水中養生
規格	JIS A 1129-3-2010	JSCE-G 505-2018

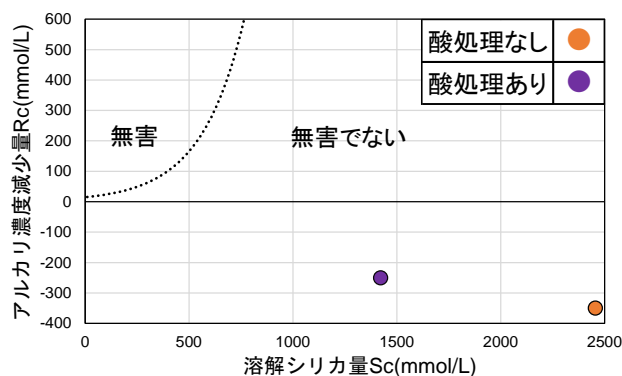


図-1 化学法を模擬した結果

考えられる。さらに、廃ガラスからの溶解を定量的に分析するために、ICPを用いてその溶液の成分(Si⁴⁺, Na⁺, K⁺, Ca²⁺)を分析した。その結果を図-2に示す。図より、廃ガラスからの溶解成分はSi⁴⁺が一番顕著であり、Na⁺, Ca²⁺の順に低減している。また、これらの成分は酸処理することでその溶解量は低減している。以上の結果から廃ガラスからのシリカ成分とアルカリ成分が溶出するが、酸処理によりその溶解量は減少していると推察する。

図-3に酸処理の有無における供試体の長さ変化率を示す。酸処理していない廃ガラスを添加した供試体では膨張する傾向が確認された。一方で、酸処理した廃ガラスを添加した供試体に関しては、初期は収縮する傾向であるが、材齢が進むごとに収縮が緩和する傾向を示した。酸処理していない廃ガラスとフライアッシュを併用した供試体は、膨張が抑制されているため、フライアッシュにより膨張が抑制された効果だと考えられる。また、酸処理した廃ガラスとフライアッシュを併用した場合には、フライアッシュを併用していない供試体と似たような長さ変化の傾向が確認された。

モルタル供試体における廃ガラスによる生成物の組成の分析結果を図-4に示す。この組成成分を比較するとSiのピークは酸処理なし、酸処理あり、PLの順に小さくなっている。また、酸なしではNaのピークが確認された。これらの溶解は廃ガラス中に含まれるNaやSiはモルタル内がアルカリ環境になっていることで、刺激を受け溶解することが考えられる。これは溶解実験の結果とも対応する。一方で、酸処理をした廃ガラスを用いると廃ガラスの極表面のアルカリ度が低減し、NaやSiの溶解が低下していると推測される。

図-5に酸処理の有無における供試体の圧縮強度の比較を示す。酸処理していない廃ガラスを添加した供試体では強度増加が確認された。これは膨張反応により生成された生成物の空隙充填効果により強度が増進するが、さらにフライアッシュを添加するとその膨張反応が抑制され、強度増加も抑制されたと考えられる。一方で、酸処理した廃ガラスを添加した供試体では強度増加の傾向は確認されなく、フライアッシュを併用すると若干の強度増加が確認できる。これは、廃ガラスとセメントペーストとの境界面が脆弱になったこと、およびフライアッシュのポズラン反応が卓越することと考えられる。

4. まとめ

廃ガラスにおいて酸処理は膨張の抑制に効果的である可能性が示唆された。酸処理による具体的なASR抑制メカニズムについては今後の課題である。

謝辞：本研究の成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務により得られたものである。

参考文献

1) Dhirendra Patel, R.P. Tiwari, R. Shrivastava, R.K. Yadav : Effective utilization of waste glass powder as the

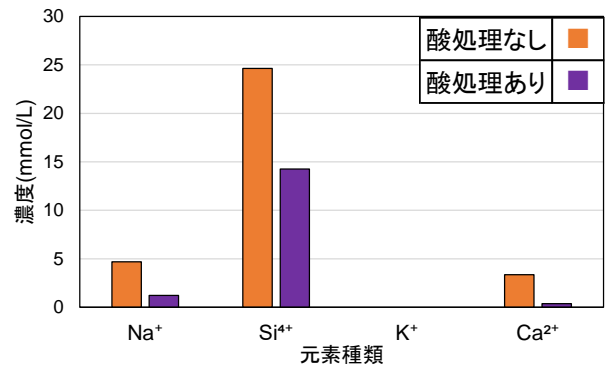


図-2 廃ガラスからの溶解成分

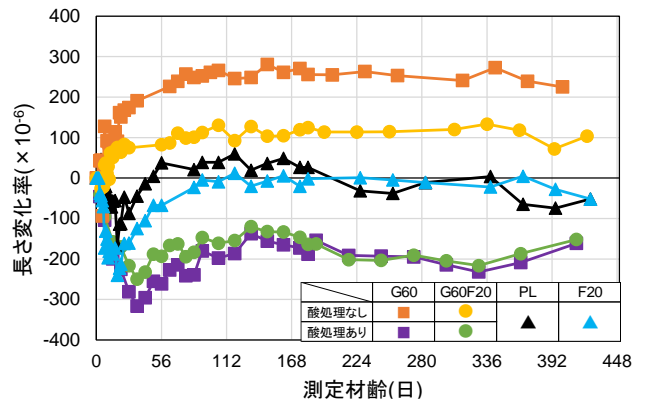


図-3 各温度環境下における細孔径分布の変化

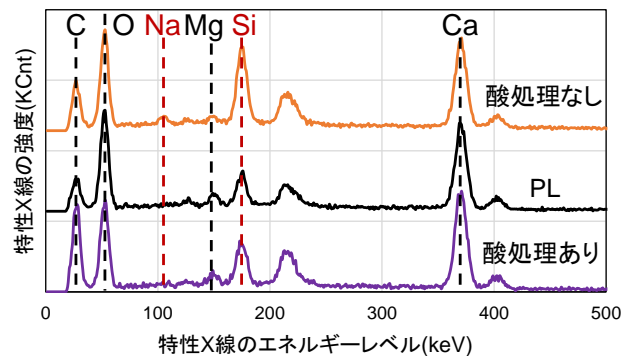


図-4 モルタル供試体のEDX分析結果

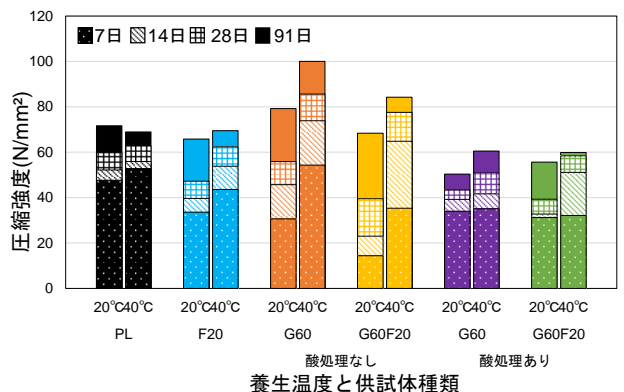


図-5 各温度環境下における酸素拡散係数の変化

substitution of cement in making paste and mortar, Construction and Building Materials, Vol.199, pp.406-415, 2019.

2) 川畑勇輝, 李春鶴, 塩盛弘一朗, 原田秀樹 : 異なる太陽光パネル廃ガラスを用いたモルタルの性能評価に関する研究, 第 75 回セメント技術大会, pp.96-97, 2021.