

廃棄自動車フロントガラスのアルカリ反応性

金沢大学大学院 学生会員 ○佐野 主典

金沢大学工学部 フェロー 川村 満紀

1. まえがき

2002 年における自動車リサイクル法の成立にともなってこれは自動車のリサイクル率を向上させる必要があり、自動車のフロントガラスにおいてもリサイクルの有効利用について検討することが重要となって来ている。廃棄フロントガラスの用途としてコンクリート用骨材としての利用が考えられる。その場合、フロントガラスのアルカリ反応性について検討する必要があるという観点から、本研究は廃棄ガラスモルタルにおけるアルカリシリカ反応の特徴、およびモルタルの膨張に大きく影響すると考えられるガラスからのアルカリ溶出について検討したものである。

2. 実験概要

(1)使用材料：反応性骨材として2種類のフロントガラス(F₁・強化型、F₃・非強化型)と廃棄ビンガラス(G)、非反応性骨材として石灰岩砕砂を使用した。表1にF₁ガラスと G ガラスの化学組成を示す。フロントガラス(F₃)の化学組成はF₁と同様である。各ガラスに対して実施したアルカリ反応性判定試験(化学法)の結果を表2に示す。骨材粒子径は、0.6～2.5mm となるように調整した。使用したセメントの等価 Na₂O 量は 0.60% であり、一部分のモルタルにおいては、水酸化ナトリウムを添加することによって等価Na₂O量を 1.2%に調整した。

表1 廃棄ガラスの化学組成

	SiO ₂	CaO	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Cr ₂ O ₃	BaO	B ₂ O ₃
Fガラス	68.3	7.47	11.6	1.92	3.99	0.30	3.25	—	0.26	0.02	—
Gガラス	71.9	10.3	13.3	2.0	0.7	1.0	0.2	0.1	0.1	0.1	—

(2)配合：モルタルの配合は、セメント:骨材:水=1:2:0.5 であり、反応性骨材の全骨材量に対する置換率は質量百分率で 20%、60%および 100%とした。

(3)実験方法：a)膨張試験:脱型時(打設後 24 時間)の供試体の長さを基長とし、38℃において材齢に伴う供試体長さの変化を測定した。b)アルカリ溶出試験:F₁ガラス、F₃ガラス、Gガラスおよびパイレックス(P)ガラス(0.6mm～2.5mm) 100g を 38℃に保時した飽和水酸化カルシウム溶液 200ml に浸漬し、1 日、7 日、28 日、91 日および 182 日経過した後、溶液中の Na⁺イオンと K⁺イオン濃度を原子吸光分析法により求めた。c)SEM 像観察および BSE-EDS の組み合わせによる分析:所定の材齢において、膨張試験に用いたものと同じモルタル供試体の中心部から厚さ5mm 程度の薄い板状のモルタル片を切り出し、SEM 観察用試料を作製した。ケロシンと研磨材を用いて試料片の切断面の研磨を行い、SEM 像観察によってモルタル中の反応性骨材粒子内部に生成されたAS Rゲルを観察、ゲルに対するEDS分析を行った。

3. 実験結果

(1)アルカリ溶出試験結果:図1は時間にもなると各ガラス試料より溶出したアルカリ量を示したものである。この図より同一の化学組成を有するF₁およびF₃ガラスから溶出するアルカリ量が異なることがわかる。また、図1より明らかなように、GガラスとF₁ガラスのNa₂O含有量はほぼ同様であるが(表1参照)、

表2 廃棄ガラスのアルカリ反応性

	アルカリ濃度減少量 (mmol/l)	溶解シリカ量 (mmol/l)
F1ガラス	-179	892
F3ガラス	-207	906
Gガラス	-191	668

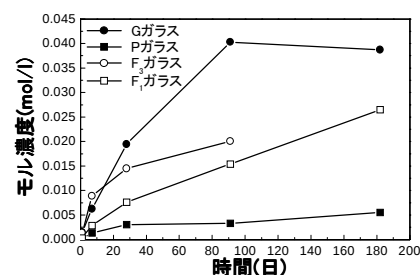


図1 ガラスからの溶出アルカリ量

キーワード: 廃棄ガラス、リサイクル、アルカリシリカ反応

金沢大学工学部 〒920-8667 石川県金沢市小立野 2-40-20 TEL.076-234-4622 FAX.076-234-4632

90 日まではGガラスから溶出するアルカリ量はF₁やF₃ガラスからのアルカリ量よりも非常に大きい。しかし、90 日以後Gガラスにおける溶出アルカリ量の変化はほとんど認められないが、F₁やF₃ガラスからのアルカリ量は 90 日以後も徐々に増大している。

(2) 膨張挙動: 図2および図3は各ガラス骨材モルタルの膨張曲線(等価Na₂O量 0.60、1.20%)を示したものである。これらの図より、等価Na₂O量が 0.6%および 1.2%のいずれにおいても膨張を示したものはGガラスモルタルであり、F₁ガラスおよびF₃ガラス骨材モルタルは、ほとんど膨張を示さないことがわかる。

(3) 細孔溶液の分析: 図4はGガラス、F₁ガラス骨材 100%モルタルおよび非反応性骨材モルタルの細孔溶液中のアルカリイオン濃度の経時変化を示したものである。この図より明らかなように、材齢 35 日においてガラス骨材モルタルと非反応性骨材

モルタル間でアルカリイオン濃度に大きな差異が認められる。すなわち、GガラスおよびF₁ガラス骨材からは多量のアルカリが溶出していることがわかった。

(4) SEM像観察およびBSE-EDSによる組み合わせ点分析: 材齢 35 日において、モルタル試料の研磨面に対するSEM像観察を行ったところ、GおよびF₁ガラス骨材 100%モルタルのいずれにおいてもガラス骨材粒子内部においてASRゲルが確認された(写真1, 2)。これらのASRゲルに対するEDS分析の結果を図

5に示す。この図より、生成されるASRゲルの組成には両ガラスモルタル間でほとんど差がないことがわかる。しかし、F₁ガラスモルタル中に生成されたASRゲル中には比較的多量の鉄およびマグネシウムが含まれていた(Fe₂O₃, MgO)。また、F₁ガラスモルタル中のガラス骨材粒子中に生成されているゲルの量が極めて少ないことが確認できた。

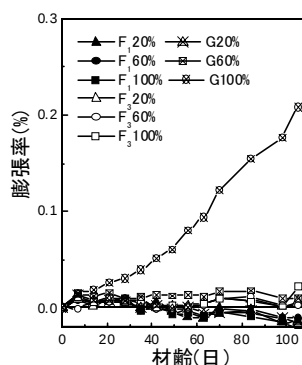


図2 モルタルの膨張曲線
(等価Na₂O量0.6%)

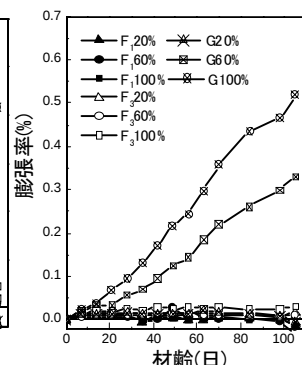


図3 モルタルの膨張曲線
(等価Na₂O量1.2%)

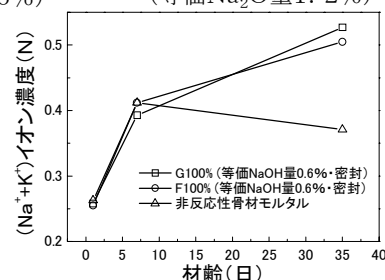


図4 アルカリイオン濃度変化



写真1 Gガラス粒子内部のASRゲル



写真2 Fガラス粒子内部のASRゲル

4. 考察

表 1 および表 2 からF₁ガラスとGガラスの間にはアルカリ反応性にほとんど差がないことがわかる。しかし、図1より、F₁およびF₃ガラスからの溶出アルカリ量はGからのそれよりもかなり少なく、またフロントガラスからのアルカリの溶出速度はGガラスの場合より非常に小さいことがわかる。一方、図 2 および図 3 からわかるようにF₁ガラスモルタルはまったく膨張を示さなかった。これは、F₁ガラスに含まれている鉄およびマグネシウムの量がGガラスに比べて非常に高いことが関係しているものと思われる。すなわち、GとF₁ガラスに対する判定試験(化学法)の結果には大きな差は認められないが、鉄およびマグネシウムの含有量の高いフロントガラスのアルカリ反応性はGガラスのそれよりも低いためにフロントガラスモルタルは膨張を示さなかったと考えられる。

(1) 高アルカリ含有量のフロントガラスモルタルにおいてもほとんど膨張は発生しない。(2) FガラスとGガラスに対するアルカリ溶出試験でのアルカリの溶出挙動はかなり異なる。(3) フロントガラスのアルカリ反応性はGガラスより低い。

5. 結論

(4) 実際のモルタル中では、フロントガラス骨材からもかなり多量のアルカリが細孔溶液中に溶出している。(5) フロントガラス骨材モルタルでは生成されるASRゲル量は極めて少ない。

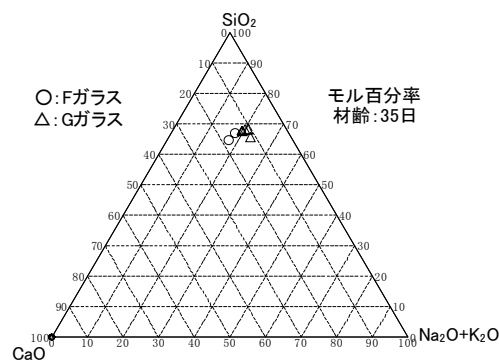


図5 G、Fガラス粒子中のASRゲル組成