

籾殻灰のコンクリート混和材としての利用に関する検討

森下 佳代子*¹, 須藤 綾華*², 羽鳥 哲矢*³, 宮下 貴子*⁴, 川上 勝弥*⁵

Study on use of rice husk ash as concrete admixture

Kayoko MORISHITA, Ayaka SUTOU, Tetsuya HATORI,
Takako MIYASHITA and Katsuya KAWAKAMI

The rice husk is agricultural waste exhausted 2Mt a year in Japan. A small portion of the rice husk is used as compost now. However, composting in itself is difficult because 20% of silica is included in rice husk. Authors have been proposed a package of the use of the organic matter as an energy source and the inorganic matter in rice husk as concrete admixture, as one of the utilization of the rice husk. In this paper, we report about study on use of rice husk ash as concrete admixture.

KEYWORDS : rice husk, concrete admixture, waste material, wise use

1. はじめに

コメは、我が国を含むアジア諸国の主食であり、その副産物である籾殻の発生量は、世界では年間1億t超、日本でも年間およそ200万tに上る。表1に示すように、コメの作物残渣は他の作物に比べて発生量が著しく多く、その結果、エネルギー量も多い。コメの作物残渣のうち16%が籾殻であり、籾殻のもつエネルギー量は年間25PJに相当することから、エネルギー源として注目されている。

籾殻をエネルギー利用しようとする場合、その利点と欠点は次のようにまとめられる。

【利点】

- ・毎年安定的かつ大量に発生する。
- ・ライスセンターで精米されるため、集中的に発生する。
- ・数mm程度の粒状であるために、他のバイオマスと異なり粉砕の必要がない。

【欠点】

- ・籾殻はエネルギー密度が低いため、低温での転換が必要となる。
- ・籾殻には20%のシリカが含まれており、高温場ではクリンカーを形成しやすい。
- ・籾殻中に含まれるカリウムとシリカが容易にシリケートを生成し、これが炭素を取り囲むため、灰が黒色になりやすく、用途が限られる。

*1 一般科(Dept. of General Education), E-mail: morisita@oyama-ct.ac.jp

*2 専攻科(Advanced Course of Architecture)

*3 技術室(Technical Office)

*4 研究支援員(Research Assistant)

*5 建築学科(Dept. of Architecture)

表1 日本におけるいろいろな作物残渣の発生量と特徴¹⁾

	生産量 [kt/年]	残渣率 [t/t]	残渣発生量 [kt/年]	エネルギー量 [PJ/年]
米	9,472	1.43	13,545	157.2
小麦	688	2.53	1,741	20.1
大麦	192	2.50	481	6.9
サツマイモ	1,008	1.14	1,149	2.1
ジャガイモ	2,844	1.14	3,242	6.0
大豆	235	2.14	503	3.2
サトウキビ	1,395	0.52	725	2.3
青刈リトウモロコシ	5,287	1.10	5,816	51.6
ソルゴー	1,625	1.57	2,551	15.9

一方、籾殻灰はシリカを90%以上含み、非常に微細な結晶となることから、セメント強度向上に必要なポゾラン反応が促進されることが期待される^{2)~7)}。そこで、筆者らは、再生可能エネルギーの利用拡大および資源のカスケード利用の観点から、籾殻を低温でガス化することにより、ガス燃料を回収し、排出される灰をコンクリート混和材として利用するパッケージの発想にいたった。

本稿では、籾殻灰のコンクリート混和材としての利用に関して試験研究的に明らかにした結果をまとめる。

2. 調査結果と考察

2. 1 試料

本研究に用いた籾殻灰試料は、JA およまカンントリーエレベータより提供いただいた籾殻を出発原料としている。これを電気炉において600°Cで30分間燃焼し、籾殻灰を得た。焼成条件によって、回収される籾殻灰の色は異なり、酸素との接触が十分な条件においては白色の灰が回収され(図1(a))、酸素との接触が十分でない場合においては灰中に残存するわずかな未燃炭素により黒い灰が得られる(図1(b))。この未燃炭素と、籾殻に含まれるカリウムがコンクリート強度にどのように影響するかを検討するために、白色灰と黒色灰にわけ、さらにそれぞれを水洗した灰試料を調製した。モルタル試験体作製時には、フライアッシュセメントとの比較を想定し、各灰試料を調合の

7.5wt%および15wt%となるように添加して、試験体を作製した。



図1(a) 酸化雰囲気を得られた籾殻灰



図1(b) 還元雰囲気を得られた籾殻灰

モルタル試験体は JIS R 5201 に準じ、珪殻灰、普通ポルトランドセメント、川砂を使用して作成した。水セメント比は 60%、フロー値は 200±10mm とし、成型を行った後、標準養生し、材齢は 28 日とした。各モルタル試験体のフロー値を表 2 に示す。

表 2 各種試験体のフロー値

試験体 番号	珪殻灰調製条件			フロー値 [mm]
	灰の色	水洗	珪殻灰 添加率[%]	
①	白	無	7.5	198
②	白	無	15.0	205
③	白	有	7.5	200
④	白	有	15.0	192
⑤	黒	無	7.5	192
⑥	黒	無	15.0	202
⑦	黒	有	7.5	191
⑧	黒	有	15.0	193
Base				202

2. 2 各種珪殻灰を添加したモルタル試験体の強度測定結果

モルタル強度の評価は曲げ試験と圧縮試験により実施した。曲げ試験には各試験体を 3 個使用し、JIS R 5201 に準じて強度を測定した。圧縮強度は、曲げ試験後の 6 個の試験体について、アムスラー型試験機を用いて毎秒 2400±200N の割合で載荷することにより最大圧縮荷重を測定した。図 2 に各種モルタル試験体の (a) 曲げ試験および (b) 圧縮試験の結果を、珪殻灰を添加していない場合 (Base) を基準として算出した比を示す。図中の番号は表 2 の試験体番号に相当する。

いずれの試験体も、曲げ試験、圧縮試験ともに、珪殻灰無添加の場合の強度をわずかに上回る事が確認された。このことは、本実験条件範囲内においては、珪殻灰の添加がモルタル強度に悪影響を及ぼすことがないことを意味するだけでなく、セメントの少なくとも数%~十数%を廃棄物に置き換えることができることを示唆しており、経済的、環境的にも有意義である。

珪殻灰の調製条件の違いによる顕著な差異は認められず、珪殻灰中の未燃炭素やカリウムが無視小であることがわかった。

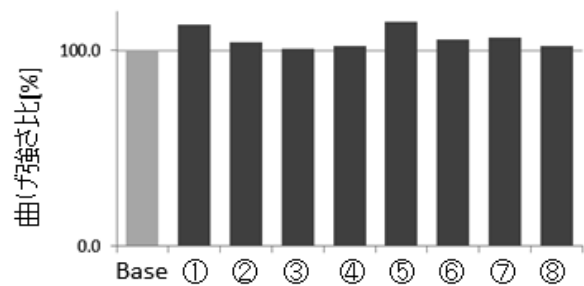


図 2 (a) 各種モルタル試験体の曲げ試験結果

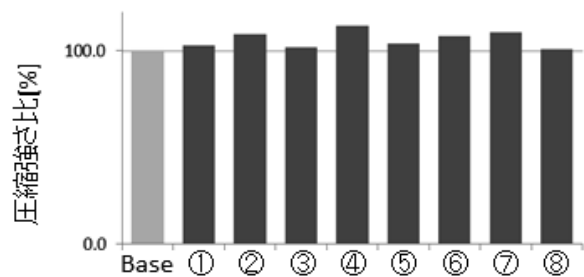


図 2 (b) 各種モルタル試験体の圧縮試験結果

2. 3 フライアッシュセメントとの比較考察

前節までの検討により、珪殻灰がモルタル強度に悪影響を与えないだけでなく、わずかに向上させることを確認できた。本節では、既存の技術であるフライアッシュセメントと比較する。

フライアッシュセメントは、火力発電所で発生するフライアッシュを混合したセメントであり、混合するフライアッシュの割合により、A種 (5%を超え 10%以下)、B種 (10%を超え 20%以下)、C種 (20%を超え 30%以下) の 3 種類に分けられる。フライアッシュと珪殻灰は、由来の違いにより、微量成分の種類や量が異なるものの、いずれもほぼシリカ (SiO₂) である。本報告における珪殻灰の混和率は 7.5%と 15%であり、フライアッシュセメント A とフライアッシュセメント B 相当である。図 3 に、各試験体の圧縮強度とフライアッシュセメント A および B の品質規定で定められている規定値の絶対値を示す。

図より、珪殻灰を混和したモルタル試験体の圧縮強さは、フライアッシュセメントの規定値を大きく上回る事がわかる。火力発電所の火炉は 1000℃以上であり、特に燃焼時はヒートスポット

を形成するため、フライアッシュは、さらに高温を経験する。一方、本報告で調製した矽殻灰は600°C程度の低い温度で焼成されている。そのため、矽殻灰中のシリカは結晶化せず、極めて微細な非晶質シリカとなる。このことが、ポズラン反応を促進し、フライアッシュに比して高い圧縮強さを発現することになったものと推察できる。

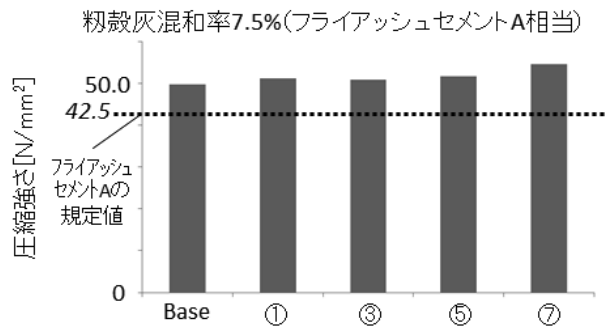


図3 (a) 矽殻灰混和率 7.5% のモルタル試験体の圧縮強さ

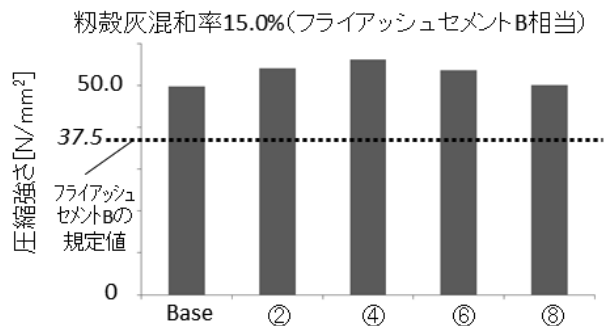


図3 (b) 矽殻灰混和率 15% のモルタル試験体の圧縮強さ

今後の展開として、 ^{29}Si -NMR や FT-i. r. を用いた矽殻灰の構造解析とモルタル試験片断面の詳細な組織分析により、ポズラン反応が促進されたことを立証するとともに、モルタル強度向上により好適な矽殻灰調製条件を探索する予定である。

3. まとめ

矽殻を 600°C程度の低温で焼成した灰を混和したモルタル強度は、添加しない場合に比べわずかに向上し、矽殻灰がコンクリート混和材として利用可能であることが裏付けられた。また、既存技

術であるフライアッシュを混和したフライアッシュセメントに比して、圧縮強さは著しく増大しており、矽殻灰の微細な構造が優位性の大きな要因であるものと判断された。

少なくとも調合の数%~十数%を矽殻灰に置換可能であることが確認され、経済性や環境の面で意義が示された。

参考文献

- 1) 松村幸彦：太陽の恵みバイオマス—CO₂ を出さないこれからのエネルギー— (シリーズ2 1世紀のエネルギー), 日本エネルギー学会編 (2008)
- 2) 和田一朗ほか:もみ殻灰を多量に用いたコンクリートの強度発現性状, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.2, (2000)
- 3) 杉田修一ほか:高活性もみがら灰製造法とそれを用いたコンクリートの性質, コンクリート工学年次論文報告集, [1053], Vol.15, No.1, (1993)
- 4) 山道浩仁ほか:高活性もみがら灰を用いたコンクリートの諸物性に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.22, No.2, (2000)
- 5) 中嶋清実ほか:コンクリート用混和材としてのもみがら灰の利用について, コンクリート工学年次論文報告集, [1068], Vol.16, No.1, (1994)
- 6) 月岡存・高岡幸伸:矽殻灰を混入したコンクリートの特性に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.1, (1997)
- 7) 杉田修一・庄谷征美:ポズラン材としてのもみがら灰の有効利用に関する基礎的研究, 土木学会論文集, No.526/V-29, 43-53, (1995)

【受理年月日 2017年 9月29日】