

## 日本における石炭灰フライアッシュの最新のキャラクタに関して

(財)石炭エネルギーセンター (正) 渡辺 芳史, (正) 田野崎 隆雄

### 1. はじめに

近年の世界的な燃料事情の変化に伴い、日本の石炭火力発電所より産出されるフライアッシュの性状が大きく変化していることが予想される。石炭エネルギーセンター(Jcoal)では、日本全体の石炭需給・石炭灰統計<sup>1)</sup>と試料評価を、経済産業省補助事業として毎年実施している。本稿ではその概要を報告し、石炭利用促進のための一助としたい。

### 2. 日本における石炭利用の現状と灰発生状況の概要

日本ではエネルギー源のベストミックス(2010年度目標:石油45%,石炭22%,原子力15%,LNG13%)を狙い、年々石炭使用量を増加してきている。それに伴い図1に示すように石炭灰の発生量が増加し、10年間で400万t増となった。2005年度には発生量・有効利用量共に1000万tに達した。図2に2006年度の有効利用の分野別利用量を示す。この10年来、日本における石炭灰の有効利用の第一位はセメント原料粘土代替であり、有効利用の約70%を占める<sup>1)</sup>。近年のセメント生産量の低迷から、セメント原料粘土代替以外の用途、特に土工材料用途が期待されている。

表1に近年の日本の燃料用石炭の入手元を示す。過去20年来、豪州からの輸入が第一位であるが、近年インドネシアからの輸入が急増している。合計10%程度の発生しているボトムアッシュと流動床燃焼灰以外は、微粉燃焼フライアッシュが発生量の90%程度を占めているものと推測される。日本でユーザが入手する「フライアッシュ」とは、微粉燃焼フライアッシュのうちのJIS A 6201規格の粉体であり、図2のセメント混和材統計として示される。

表1 日本の燃料用石炭の入手元(百万t単位)

	日本	豪州	中国	米国	カナダ	南アフリカ	インドネシア	ロシア	その他
1985	6.2	8.6	1.2	0.9	0.4	1.7	0.0	0.0	0.1
1990	4.6	12.8	1.5	1.4	1.0	0.9	0.2	0.1	0.0
1995	2.0	22.8	2.8	3.5	1.6	2.5	2.1	0.1	0.0
2000	1.2	36.8	5.5	3.0	0.9	1.4	6.5	1.0	0.0
2005	0.7	48.2	7.4	0.0	1.7	0.1	21.2	3.0	0.2

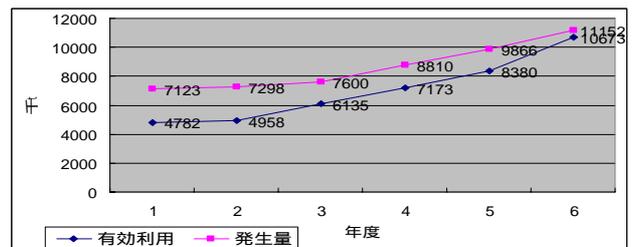


図1 年度(1:1995,2:1997,3:1999,4:2001,5:2003,6:2005)別発生量の推移

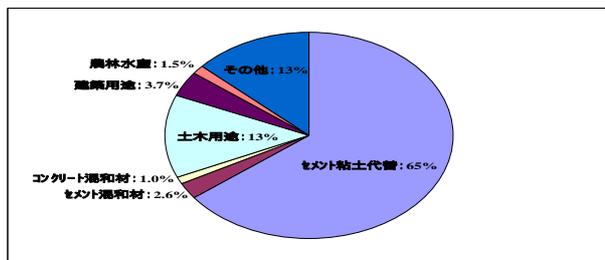


図2 2006年度の分野別の有効利用率

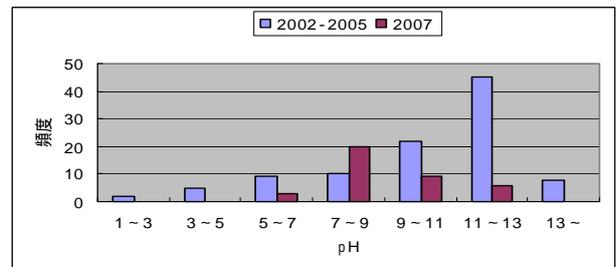


図3 2007年度と2002-2005年度発生灰でのpHの違い

### 3. フライアッシュのキャラクタへ影響する因子

石炭火力発電所において灰分を追跡すると「A 石炭中に存在 B ボイラー内で炭素分離・灰分集結・冷却固化 C 電気集塵機で捕集 D 分級など後処理」のステップに分けられ、段階毎の影響がある。

3.1 使用石炭種: 近年の日本では世界各地から100銘柄以上の石炭を輸入し混合して燃焼させるために、灰組成の多様性は非常に大きい。表2に2007年度のフライアッシュの性状分析例を示す。同じ瀝青炭といっても、例えば豪州産とインドネシア産では灰分の化学組成が異なり、発電所サイドで石炭が入れ替わるたびに、化学組成のみならず比重などが変化している。図3に示すように、2007年度発生フライアッシュは2005年度までのものに比べpHが酸性側に偏る傾向にあった。 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{MgO}+\text{CaO}$ 含有量の多いフライアッシュではInsol量が低くなっており(図4)灰組織の構造に特徴(ガラス量など)に変化があるものと予想されている。また図5に示すように $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{MgO}+\text{CaO}$ 含有量と $\text{SO}_3$ 含有量のバランス

キーワード: 石炭灰、フライアッシュ、石炭輸入、品質変化、集塵機、pH

連絡先: 〒108-0073 東京都港区三田3-14-10 明治安田生命ビル9F (財)石炭エネルギーセンター技術開発部

渡辺 芳史 TEL:03-6400-5198, Fax:03-6400-5207 e-mail: ywatanabe@jcoal.or.jp

表2 2007年度国内発生フライアッシュの性状分析例

単味	石炭	EP種類	含有量											不溶残分 Insol	BET比 表面積	グリーン 表面積	真比	pH (L/S=5)
			Igloss	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>					
銘柄			%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	m <sup>2</sup> /g	cm <sup>2</sup> /g	g/g	
豪州A	低低温EP		4.9	0.60	0.35	21.8	69.8	0.10	0.35	1.28	0.6	1.26	3.5	85.7	3.89	4720	2.22	7.0
豪州B	低温EP		1.7	1.11	0.89	19.5	69.4	0.32	0.42	1.37	1.8	1.08	3.6	91.8	1.25	3730	2.16	8.8
豪州C	高温EP		1.3	0.17	0.55	30.9	58.7	0.44	0.25	0.35	1.4	1.98	4.7	93.1	1.14	3670	2.27	8.4
蘭印A	低低温EP		2.0	1.29	1.03	23.1	58.6	0.31	2.21	1.54	2.8	1.27	7.2	87.2	0.76	2850	2.18	6.7
蘭印B	低低温EP		1.2	4.06	1.94	24.7	44.0	0.38	3.45	1.72	7.5	1.31	10.9	63.8	0.25	2620	2.41	5.1
蘭印C	低温EP		3.8	0.49	0.47	30.9	44.9	0.12	1.90	0.77	11.5	2.31	7.0	76.4	1.87	3320	2.26	12.0
中国A	低低温EP		0.4	1.08	1.14	20.8	45.7	0.62	2.36	1.57	17.0	1.30	7.6	60.3	1.55	4660	2.47	11.3
日本A	低温EP		1.9	0.53	1.09	22.0	58.4	1.27	0.32	3.56	2.6	1.68	7.3	91.5	2.23	3710	2.23	9.3

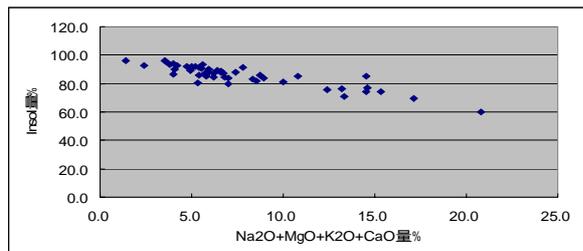


図4 アルカリ含有量と Insol 量の関係

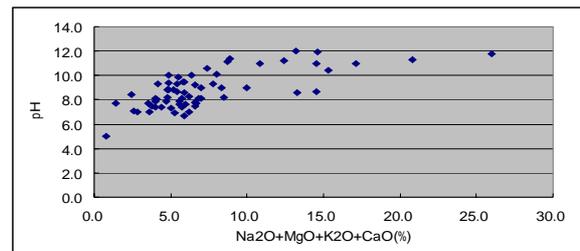


図5 アルカリ含有量と pH の関係

により、フライアッシュ水溶液中での pH が決まり、pH の測定は地盤工学会の測定法に拠っている。なお pH は測定時間、L/S 比を変えると変化する<sup>2)</sup>。

3.2 燃焼条件：石炭の粉砕度、ボイラー缶容量、運転負荷の大きさ等によって燃焼状態が異なり、同じ石炭であっても灰性状は違ってくる。燃焼効率が低いと未燃焼部分が増え、灰全体の比表面積が増え、コンクリート混和材料として用いる場合に AE 剤吸着等の問題を生じることとなる。一方、灰中のガラスの生成も燃焼段階での化学反応と急冷条件に影響するものと考えられる。2007 年度に評価した 45Lot では Igloss 量平均は 3.3%、BET 比表面積値平均は 2.2m<sup>2</sup>/g であった。

3.3 集塵形式/環境設備：近年日本の発電所では、環境対策とコストパフォーマンスに優れた低低温集塵機が主流になった。その結果、集塵機の下流に脱硫装置が設置されるようになり、また脱硝装置よりアンモニアガスが漏れると硫酸が生成して灰に付着し、そのような灰がセメントなどのアルカリ物質と水中で接触するとアンモニアガスが放出されることもある。またそのような硫酸含有灰は水中で弱酸性を呈する。異常性状を示す試料はこの pH 測定により有る程度予想できるという<sup>3)</sup>。

表 2 に記載した項目で JISA6201 に規定のある化学成分関係は、Igloss 量と SiO<sub>2</sub> 含有量だけであり、特に土工材料関係に適用する場合の知見がなお不足しているため、調査を継続していく予定である。ユーザー毎に基準と考えるフライアッシュが異なるのは不都合であるため、Jcoal では有効利用を図る方への比較材料とすべく、分析用フライアッシュの標準試料を、分析化学会と共に準備中である<sup>4)</sup>。

#### 4. まとめ

近年の世界的な燃料事情の変化に伴い、燃料源としての石炭利用が増加して灰発生量は年々増加の一途をたどっている。また発電所の回収形態の変化により、日本で入手できるフライアッシュの特に化学的性状が大きく変化している。フライアッシュ性状の的確な判断のためには、JIS 規格にない評価項目による検討も有効であった。その概要は下記の通りである。

1. 使用石炭種に起因する変化：化学成分に大きく影響し、産地により特にアルカリ含有量が変化していた。
2. 燃焼条件に起因する変化：未燃焼部分に影響すると予想される。2007 年度には高未燃焼灰は生じていない。
3. 集塵形式/環境設備に起因する変化：近年増備されている低低温集塵機では、付随する脱硫・脱硝装置が関係して、硫黄分が灰に付着しやすい。これらを考慮して使用石炭種の特徴も踏まえ、適切な標準試料を用意し、ユーザーへの便宜を図りたい。

#### 参考文献

- 1) (財)石炭エネルギーセンター(2008):石炭灰発生実態調査 2007 年版
- 2) 林ほか(2006):石炭灰フライアッシュのキャラクタリゼ-ション(4) 第 41 回地盤工学研究発表会要旨
- 3) 田野崎ほか(1996):コンクリート混和材用石炭灰の品質管理についての研究、コンクリート工学年次論文集 Vol.18
- 4) 田野崎ほか(2007):石炭灰フライアッシュのキャラクタリゼ-ション(6) 第 42 回地盤工学研究発表会要旨