

統計的アプローチによる石炭灰特性の解析について

(財)石炭利用総合センター 正会員 ○大和田哲夫
船坂 秀夫
小笹 和夫

1. はじめに

わが国は世界有数の石炭輸入国であり、輸入する石炭の種類は年間100銘柄以上にも及ぶ。

この石炭の燃焼に伴って発生する石炭灰は、全国で年間760万トン程度発生しているが、そのうち約8割が利用され、現状ではその大半がセメント分野での利用である。今後石炭灰を更に有効かつ大量に利用するためには、セメント分野以外の土木・建築分野等での利用技術を広く開発することが必要であり、私ども石炭利用総合センターのみならず、各方面で技術開発が進められている。

石炭灰を土工材料として利用する場合には、その物理特性、化学特性のみならず、材料として利用した場合の環境への影響、すな

わち環境特性などについても配慮する必要があるが、これらの石炭灰特性は石炭銘柄、燃焼方式あるいは土工材として使用する際の混合材などの違いによって、多彩な特性を表すことが知られている。

今回、財団法人石炭利用総合センターが保有している石炭灰の特性データについて統計的アプローチによる解析を試みた。

2. 石炭灰の発生・利用状況

表1に石炭灰の発生および利用状況を示す。平成11年度の石炭灰発生量は、全体で760万トンでありそのうち614万トンが有効利用されている。

有効利用の分野別内訳を表2に示す。我が国では、セメント原料として安定して使われてきているが、年々増加傾向にある石炭灰発生量に対し、セメントの生産量はここ数年横ばい傾向であり、土木・建築といった分野での利用拡大が重要な課題となっている。土木分野での利用量は年々増加傾向にある。

3. 解析の手順

図1に解析の手順を示す。まず、基本統計量を算出し、平均値や標準偏差などの統計量から各特性値の基本的な特性を把握した。相関性についても各変数間の線型回帰分析を行い、単一特性間の相関係数を求めた。

次に、各変数毎に既存データをランキングにより分類した上で、分散分析により同一ランキングに分類さ

キーワード：石炭灰、フライアッシュ、統計解析、有効利用、環境特性

連絡先：(財)石炭利用総合センター技術開発部 〒106-0032 東京都港区六本木 6-2-31 TEL03-5412-2536 FAX03-5412-2540

表1 平成11年度石炭灰発生・利用状況 単位：千トン

	発生量	利用量	埋立量
電気事業	5,757	4,449	1,308
一般産業	1,843	1,686	157
計	7,600	6,135	1,465
(%)	(100)	(80.7)	(19.3)

表2 平成11年度 石炭灰有効利用の分野別内訳

単位：千トン

項目	電気事業		一般産業		計	
	利用量	%	利用量	%	利用量	%
セメント分野	2,823	63.5	1,306	77.5	4,129	67.3
土木分野	565	12.7	118	7.0	683	11.1
建築分野	172	3.9	111	6.6	283	4.6
農林水産分野	63	1.4	68	4.0	131	2.1
その他	826	18.6	83	4.9	909	14.8
計	4,449	100.0	1,686	100.0	6,135	100.0

れるデータ間に共通する有意な変数を抽出した。さらに、抽出された有意変数を基にした回帰分析により、精度よく予測できる石炭灰諸特性予測式の算出を行う手法について調査・検討を加え、重回帰式の算出を行った。一方、今後、石炭灰の環境特性を体系化してそのための評価指標を設定すること、予測精度を向上させていくことなどを目的として、原料石炭の産出地域や石炭灰の排出条件などのカテゴリー情報によりグループ化する手法の有効性についても検討した。

4. 解析結果

ある独立変数を予測するための回帰式を求める際に、分散分析により有意な従属変数をあらかじめ選択しておくことで、石炭灰特性データのように取り扱う情報量が極めて多い場合でも適用でき、有意変数を抽出することでデータ項目間の物理的・化学的な相互作用などについて考察していく上でも、有益な情報提供が可能となった。さらに、カテゴリー情報を加味することでデータの系統化が可能となり、さらに精度の向上が図れることも確認した。

解析例として図2に基本統計量の解析結果、表3には目的変数をT-Hg含有量とし、さらにカテゴリー情報として産炭国を加えた重回帰分析結果を示す。表3のように5個程度の説明変数で目的変数を予測することが可能となる結果が得られている。

もちろん、このような統計解析上の解釈とは別に、これらの結果が意味を持つためには物理・化学的検証、考察が別途必要となる事は言うまでもない。

5. まとめ

これらの解析結果を基に、解析精度の向上、物理・化学的検証を進め、今後さらに2年程度をかけて石炭灰特性のデータベースを整備中である。

最終的には、容易に得られる説明変数のみで、環境特性などを精度よく予測できるようなシステムにしたいと考えている。

これらの成果が、石炭灰の土木・建築分野での利用拡大の一助になることを期待したい。

なお、本研究は通産省石炭生産利用技術振興補助事業の一環として実施したものである。

[参考文献]

- 1) 細田：微粉炭灰の基礎特性の分類とその評価、石炭灰有効利用シンポジウム（平成10年5月）
- 2) 細田、長瀧、小笹：突き固めおよびスラリー状微粉炭灰の環境特性、土木学会第54回年次学術講演会（平成11年9月）
- 3) 細田、小笹、長瀧：石炭灰の土工材としての環境特性、第34回地盤工学研究発表会（平成11年7月）
- 4) (財)石炭利用総合センター：石炭灰全国実態調査報告書（平成13年3月）

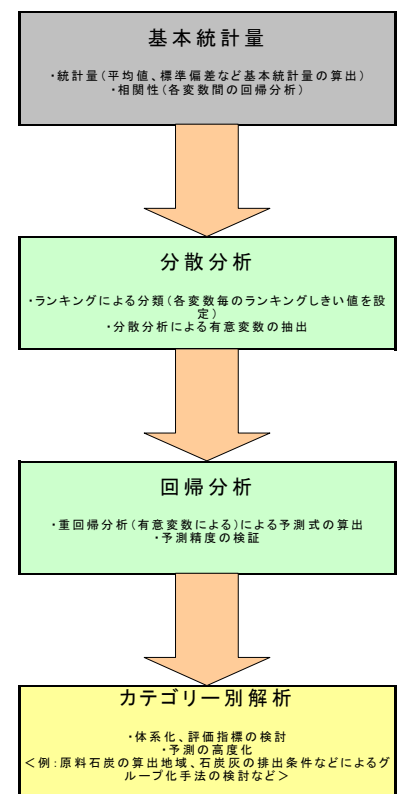


図1 石炭灰特性の解析手順

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	基本統計量									
2	ケース数	平均	信頼限界	信頼限界	95	中央値	合計	最小値	最大値	四分位
3										
4	種別	140								
5	番号	140								
6	銘柄1	140								
7	産出国	140								
8	湿灰率	102								
9	銘柄2	71								
10	産出国	69								
11	湿灰率	42								
12	銘柄3	16								
13	産出国	16								
14	湿灰率	14								
15	銘柄4	2								
16	産出国	2								
17	湿灰率	2								
18	真比重	140	2.2	2.2	2.2	308	1.9	2.5		
19	固めかさ	92	1.2	1.1	1.2	107	0.7	1.5		
20	固めかさ	10	0.7	0.6	0.8	0.8	7	0.5	0.8	
21	プレーン	51	3203.2	2963.1	3443.3	3069	163364	1544	5720	
22	N2 BET	41	9.3	7.4	11.1	8.4	379	1.8	24.4	
23	平均粒径	133	24.3	22.6	26	22.7	3233	4.6	69.2	
24	PH	47	10.2	9.5	10.9	11.2	478	4	12.6	
25	LOI	140	4.9	4	5.9	2.8	692	0.1	30.5	
26	ISO2	140	58.6	57.4	59.8	58.5	8203	43.3	78.9	
27	AL2O3	140	17.2	15.3	19.1	20.6	2405	0.8	36.1	
28	FE2O3	140	12.7	11	14.4	6	1781	0.9	35.1	
29	CaO	140	3.6	3.2	4	3.1	508	0	11.7	
30	F CaO	4	0.8	-0.6	2.2	0.8	3	0	1.6	
31	MO	140	1	1	1.1	1	146	0.1	3	
32	Na2O	82	0.5	0.4	0.6	0.4	38	0	2.6	
33	K2O	82	1	0.8	1.1	0.9	78	0.1	3.1	
34	SO3	130	0.3	0.3	0.3	0.3	39	0	1.5	
35	P2O5	130	0.5	0.4	0.6	0.4	64	0	2.8	
36	TiO2	82	1.1	1	1.3	1.3	94	0	2.4	

図2 解析例 基本統計量（一部）

表 3 カテゴリー情報を加味した重回帰分析

回帰 従属変数: T_HG (ash_aus.sta)

R=.92585187 R^2=.85720169 調整済R^2=.82615858

F(5,23)=27.613 p<.00000 推定値の標準誤差 .06559

	β	標準誤差		標準誤差		
	β		B	B	t(23)	p-値
切片			1.274053	0.299098	4.259652	0.000295
CD含有	-0.36688	0.100074	-0.0294	0.008019	-3.66608	0.001284
AL含有	-0.37049	0.136775	-1.9.E-06	7.09E-07	-2.70877	0.012527
P含有	0.06372	0.082771	2.3E-06	2.98E-06	0.769829	0.449236
MO含有	0.175076	0.162297	0.001933	0.001792	1.078737	0.291888
Si含有	-0.72979	0.161575	-3.1E-06	6.86E-07	-4.51674	0.000155