

# ボイラ用炭のサンプリングに関する研究, 並びに サンプリングマシン設置について

高 木 利 治  
福 田 敬 治  
青 木 留 蔵  
石 橋 義 昌

## Studies on the Sampling of Boiler Coal, and the Design of Coal Sampling Machine.

Toshiharu Takagi  
Keizi Fukuda  
Tomezo Aoki  
Yoshimasa Ishibashi

The present studies were undertaken in order to ascertain the characteristics of the various boiler Coal in connection with designing more suitable sampling machine.

About fifteen different kinds of boiler coal were subjected to the present study, and reduction as well as anatical errors were duly studied in attempt to ascertain the errors common to all the coals under study.

### 1. ま え が き

ボイラ用炭のサンプリングに関しては、過去において(1952年)石炭の生産者および消費者が日科技連のサンプリング研究会指導のもとに大規模な実験を行った。その結果1954年に JIS 8802 が制定され、現在の指針となっている。当社においても当時小規模の実験結果を報告しておいたが、今回縮分誤差や分析誤差も含めて当社購入の石炭について、銘柄の特異性や、全銘柄に共通する誤差を実験によって確認し、その資料を基礎にして、当社に適したサンプリング方式および

サンプリングマシンを設立した。以下実験結果およびサンプリングマシン設立経過の概要を報告する。

### 2. ボイラ用炭サンプリングについて

#### 〔1〕 測定方法と測定結果

##### (1) サンプリング実験結果

ボイラ用炭のサンプリングは JIS に準拠し1ロットから 1kg ずつ 20回のサンプリングを行って各インクリメントをおのおの 5mm 以下に粉碎してから 100gr. をスナップに採取し、そのおのおのから表1に見るような分析結果を得た。<sup>1)</sup>

表1 サンプリング実験結果

値=発熱量 Cal

銘柄	靱井粉		住吉粉		出雲粉		桜山粉		沖の山大派粉		
	採取月	採取日	採取日	採取日	採取日	採取日	採取日	採取日	採取日	採取日	
No. 1	32年	9月12日	9月19日	9月13日	9月13日	10月1日	10月2日	9月20日	10月8日	9月16日	10月10日
2	4850	4790	5280	5160	5140	4930	3180	3690	3030	3610	
3	4810	4810	5070	5150	5230	5060	3180	3090	2560	3080	
4	4790	4760	5260	5390	5260	5190	3180	2930	3070	3900	
5	4320	4680	4830	5390	5200	5640	3370	3200	2870	3610	
6	4590	4870	5070	5420	5080	5320	3580	3150	2920	3460	
6	4740	4770	5090	5010	5370	5390	3380	3280	2960	3820	

1) 分析値は恒湿ベースからの値である。以下縮分実験に至るまで同様。なお実験は灰分、発熱量を特性値として行ったが報告は発熱量のみに注目して行うことにする。

7	4720	4860	5090	5470	5160	5250	3420	3200	2910	3350
8	4610	4740	5330	5490	5500	5270	3340	3230	2800	3490
9	4670	4880	4880	5950	5300	5260	3520	3230	3170	3690
10	4240	4730	5160	5600	5180	5440	3340	3280	3010	3760
11	4660	4460	5120	5280	5130	5610	3380	3360	3020	3220
12	4860	4680	5020	5820	5070	5280	3310	3130	2950	2810
13	4520	4560	5170	5550	5480	5370	3500	3090	3020	3250
14	4760	4710	5020	5540	5240	5380	3660	3090	2880	3140
15	4840	4420	5170	5140	5140	5500	3300	3380	3250	3110
16	4580	4430	5370	5090	5180	5270	3220	2800	3280	4270
17	4690	4660	5020	4830	5090	5200	3260	3370	3300	4100
18	4890	4640	4980	4920	5170	5290	3280	3310	2730	3760
19	4930	4390	5010	5330	5340	5300	3810	3630	2850	3820
20	4990	4830	4850	5410	4940	5150	3450	3150	3060	3860
平均	4699	4685	5094	5308	5101	5305	3415	3229	2386	3505
$\sigma$	189	155	148	250	137	168	184	205	191	399

(2) 分析誤差、縮分誤差の実験結果。

回サンプリングし、計 20kg の大口試料から図 1 に示すような縮分を行って供試料とした。

上記に関する実験のサンプリングは(1)で報告したように、1ロットから 1kg ずつ、コンベヤー上にて20

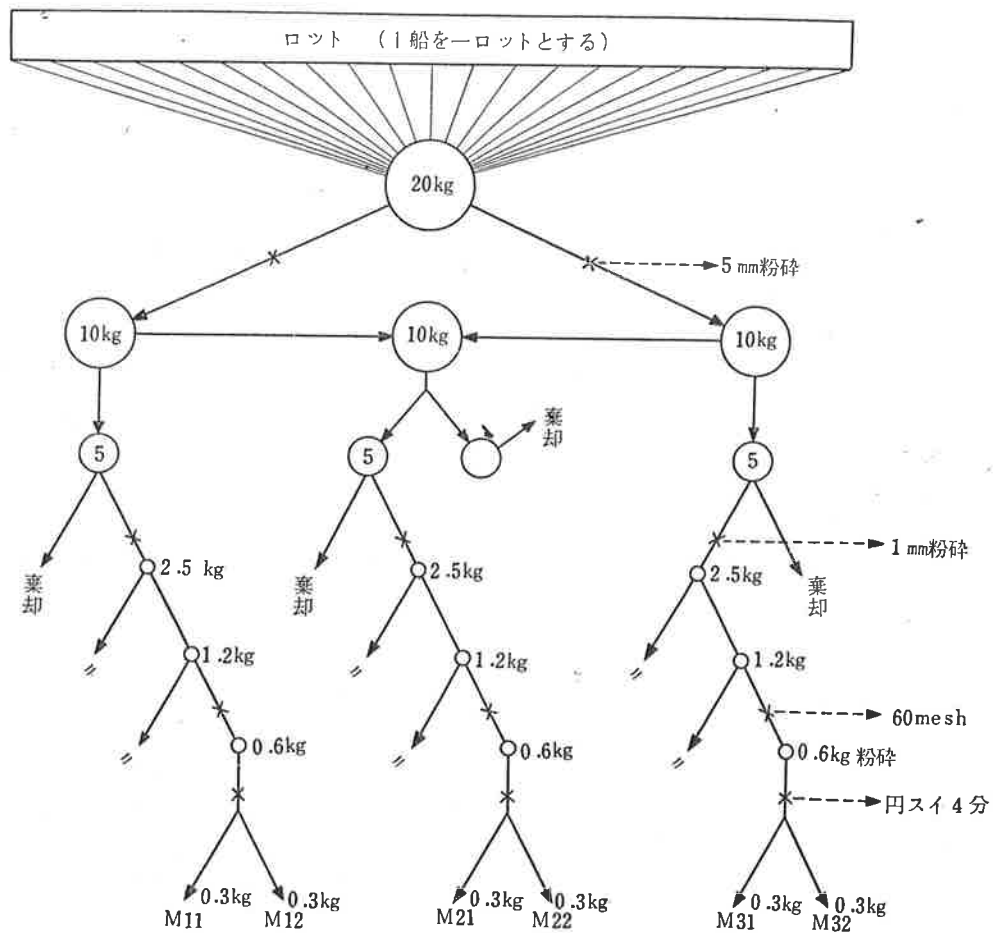


図 1 石炭縮分工程図

次に分析結果を記載する。なお記載の方法は管理図 作製用データシートとした。

表2 分析誤差縮分誤のデータシート

銘柄	炭種	月日	Cal 分析誤差				Cal 縮分誤差		ロット No.
			M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	$\bar{M}$	範囲	$\bar{M}$	繰返し平均の差	
緋井州粉炭	九	昭 32 9月12日	4590	4610	4600	20	4658	90	1
			4680	4700	4690	20			
			4700	4670	4685	30			
	九	9月19日	4610	4700	4655	90	4671	90	2
			4730	4730	4730	0			
			4650	4630	4640	20			
	州	10月10日	4940	5000	4970	60	4908		
			4680	4740	4710	60			
			5010	5080	5045	70			
	粉炭	10月15日	4770	4820	4795	50			
4910			4930	4920					
4780			4950						
			4800						
						100	3275	115	31
東見判	宇部炭	10月19日	4050	4060	4045	40	4087	115	32
			3910	3940	3920	30			
			3880	3960	3920	80			
			3890	3940	3915	50	3918	5	33
宮井粉	九州炭	10月16日	4850	4790	4820	60	4902	375*	34
			4780	4730	4755	50			
			5130	5130	5130	0			
平均値					59		126.5		

〔2〕 実験結果の解析

(1) 分析誤差について

表2の7列目(範囲)を図3のR-chartにまとめて平均値と範囲の限界を計算した結果は次の通りである。

$$\bar{R} = 59 \text{ cal} \quad D_4\bar{R} = 193\text{cal}^{1)}$$

図3を見ると out of control の点が散在するが、これらの点はポンプカロリメーター内の燃焼不充分によるもの、あるいは石炭分析に不向きな天秤を使用したとか、室内温度と内筒水温との差が大き過ぎたためであるとかの原因が判明したので、これらの点を除去

して得られた値は

$\bar{R}'' = 40\text{cal}$   $D_4R'' = 131\text{cal}$  で state of control となった。故にこの値から分析誤差の標準偏差  $\sigma_M$  を求めて見よう。

$$\sigma_M = \bar{R}/d_2 = 40/1.128 = 35\text{cal} \dots \dots \text{分析誤差}^{2)}$$

(2) 縮分誤差について

図1に示す  $M_{11}M_{12}$ ,  $M_{21}M_{22}$ ,  $M_{31}M_{32}$  の3ケの副群をおのおの平均して3者の差を計算し、表2の9列目にまとめて図4縮分誤差の管理図を得た。

$$\bar{R} = 126.5\text{cal} \quad E_4\bar{R} = 326\text{cal}$$

$$\text{第1回修正}\bar{R}' = 110\text{cal} \quad D_4\bar{R}' = 283\text{cal}$$

1) 注グラフは本報の末尾に付記する。

2) この実験以後は石炭分析の標準をつくって試験をしている。すなわち使用していた2台の化学天秤(1台は感度不良)を真示天秤1台に変更し、内筒水の温度と室温との差を2°C以内に Control してから試験するなど。

第2回修正  $\bar{R}''=102\text{cal}$   $D_4\bar{R}''=263\text{cal}$

第3回修正  $\bar{R}'''=97\text{cal}$   $D_4\bar{R}'''=250\text{cal}$

以上で State of control となった。故に縮分誤差の  $\sigma_R$  を計算してみよう。

$\sigma_{II}=\bar{R}'''/d_2=97/1.693=57\text{cal}$  ただしここに算出された誤差  $\sigma_{II}$  は分析誤差と縮分本来の誤差が加わったものであるから縮分本来の誤差  $\sigma_R$  は次式のようになる。

$\sigma_{II}^2=\sigma_M^2/3+\sigma_R^2$  ただし  $\sigma_R$  は縮分本来の誤差を表わし  $\sigma_M$  は分析本来の誤差である。

故に  $\sigma_R^2=\sigma_{II}^2-\sigma_M^2/3$

$$\sigma_R=\sqrt{(57)^2-(35)^2/3}=53\text{cal}$$

(3) 炭種の差異による誤差について。

以上でボイラ用炭の総合的な分析誤差、縮分誤差の解析は終つたが、九州炭と宇部炭の間には本質的に老若があると聞くから、この性質がどの程度誤差に影響しているか?を解明してみよう。表2のデータシートから九州炭宇部炭を層別して図5から図8までの R-chart にまとめてみた。解析結果を次表に記載する。

(a) 分析誤差

Cal 標準偏差  $\left\{ \begin{array}{l} \text{総合}=35\text{cal} \\ \text{宇部炭}=39\text{cal} \\ \text{九州炭}=31\text{cal} \end{array} \right.$

判定→炭種による分析誤差の差異は認めがたい。

(b) 縮分誤差

Cal 標準偏差  $\left\{ \begin{array}{l} \text{総合}=53\text{cal} \\ \text{宇部炭}=\sqrt{(45)^2-(39)^2/3}=39\text{cal} \\ \text{九州炭}=\sqrt{(69)^2-(31)^2/3}=67\text{cal} \end{array} \right.$

判定→縮分誤差に関しては宇部炭と九州炭の間に有意な差を認める。すなわち九州炭の縮分誤差は宇部炭の縮分誤差に比して高度に有意である。

以上のような事柄が判明した。ここで(2)の項で報告した図4の out of control が大体理由づけられる。すなわち out になつた点は分析誤差による out of control もさることながら、ここに報告した炭種の差異による因子も含まれているであろうことが推察される。この事実はわれわれが九州炭と宇部炭の区別なく、同一の縮分限界でもって実験したからであろう。九州炭の場合は大口試料 20kg を全部 1mm 以下に粉碎してから、前項で報告した縮分工程に流すべきであつたろうと思われる。しかし「粉碎回転縮分機」が入荷して湿分試料を除く全試料をそのまま 1mm 以下に粉碎出来る今日ではこのようなられいも無くなつたものと期待している。

(4) サンプリング誤差について。

サンプリング誤差は縮分誤差や分析誤差と相違して、ロットや銘柄の差異により、大いに異なる。故に通常の実験計画方式(ロットから2ケの大口試料をつくる)を採用せずに当社購入の代表銘柄である靱井、住吉、出雲、桜山、沖の山、の5銘柄についてのみのサンプリング誤差を求めることにした。(表1参照のこと)サンプリング実験によつて得た標準偏差  $\sigma$  を考えて見るとその値は1ロットより 1kg ずつスナツプに20回サンプリングしてそのおのおのを分析して得た結果であるからサンプリング本来の誤差と分析誤差の和で表わされている。故に Total の誤差を  $\sigma_T$  Sampling 本来の誤差を  $\sigma_S$  分析誤差を  $\sigma_M$  とすれば  $\sigma_S=\sqrt{\frac{1}{n}(\sigma_T^2-\sigma_M^2)}$  で表わされる。以下各銘柄についてその計算結果を示す。

$$\text{靱井} \left\{ \begin{array}{l} 9月12日 \sigma_S=\sqrt{\frac{1}{20}(189^2-35^2)}=41\text{cal} \\ 9月19日 \sigma_S=\sqrt{\frac{1}{20}(155^2-35^2)}=34\text{cal} \end{array} \right.$$

$$\text{住吉} \left\{ \begin{array}{l} 9月13日 \sigma_S=\sqrt{\frac{1}{20}(148^2-35^2)}=32\text{cal} \\ 9月13日 \sigma_S=\sqrt{\frac{1}{20}(250^2-35^2)}=55\text{cal} \end{array} \right.$$

$$\text{出雲} \left\{ \begin{array}{l} 10月1日 \sigma_S=\sqrt{\frac{1}{20}(137^2-35^2)}=30\text{cal} \\ 10月2日 \sigma_S=\sqrt{\frac{1}{20}(168^2-35^2)}=36\text{cal} \end{array} \right.$$

$$\text{桜山} \left\{ \begin{array}{l} 9月20日 \sigma_S=\sqrt{\frac{1}{20}(184^2-35^2)}=39\text{cal} \\ 10月8日 \sigma_S=\sqrt{\frac{1}{20}(205^2-35^2)}=40\text{cal} \end{array} \right.$$

$$\text{沖ノ山} \left\{ \begin{array}{l} 9月16日 \sigma_S=\sqrt{\frac{1}{20}(191^2-35^2)}=43\text{cal} \\ 10月10日 \sigma_S=\sqrt{\frac{1}{20}(399^2-35^2)}=89\text{cal} \end{array} \right.$$

以上の結果から9月13日の住吉粉や10月10日の沖の山大派のような異常に大きな値のあることを発見した。このような大変動があるとすれば実験開始時に決定したサンプリング方式を今一度考えなをさねばならぬ。一方これら異常銘柄の粒度変動を見るとき40メツシュ以上を約29%も含んでいる場合がある。われわれは、ボイラ用炭を粉炭であると定義して、また過去の実験も比較的粒度のそろつた銘柄を対称にしてサンプリングデザインしたところに誤算があつたものと思われる。もしもわれわれが10月10日に実験した沖の山大派について、そのロットの推定精度を他の銘柄なみに  $\beta=100\text{cal}$  と仮定するならば実験によつて得た標準偏差が400calであるから  $\beta=100=2.08 \times 400/\sqrt{n}$ ,  $n=60$  個となり、1ロットから約60個もの

サンプルを取って大口資料をつくらねばならない。かりにこの数を全銘柄に適用すると仮定すれば沖の山やその他1~2の銘柄についてのみの犠牲があまりにも大き過ぎる。また JIS によれば中・小 魂炭のインクリメントの大きさは 2~3 kg と規定している。ゆえにわれわれはインクリメントの数をカバーする目的でその大きさを 2 kg と決定した。以上サンプリング誤差は沖の山大派や住吉粉のような異常現象も除かれたものとして標準偏差=37cal (この値は異常値を除いた Sampling error の中央値) と推定した。

〔3〕サンプリング実験に関する章の結論。

以上報告した事柄をまとめて本章の結論とする。

- ① 石炭分析室の分析標準を従来以上に整備した。
- ② 石炭の粉碎縮分限界を決定した。
- ③ 石炭サンプリングにおけるインクリメントの大きさを 2 kg とした。
- ④ 受入炭 1 船ごとの検質精度は通常次の値以内であろうことが推察される。すなわち

分析誤差は標準偏差として 35cal  
縮分 // 53cal

(3) 実験結果

サンプリング誤差は 37cal

これらを合計して total の  $\sigma_T$  は

$$\sigma_T = \sqrt{35^2 + 53^2 + 37^2} = 73\text{cal}$$

2 $\sigma$  を採用して石炭検質精度  $\beta = \pm 146\text{cal}$  と決定した。

3. サンプリングマシンの設置について

〔1〕ボイラ用炭の粒度に関する実験結果

(1) 実験の始めに

まず当社において購入するボイラ用炭の粒度性状についての実験結果を報告する。

従来から粒度別の性状に関しては、九州炭の場合は大粒中に灰分多く、一方宇部炭の場合にはその逆の性状をもつと言われているので、これを確認せん和本実験を計画した。

(2) 実験方法

実験の方法は九州炭を10銘柄、宇部炭を10銘柄抽出して、そのおのおのについて粒径を10mm下、10~20mm、20mm上の3段階に分類し灰分を代表特性として粒度による性状の差異を比較した。

表 3

粒径別標示

$x_A = 10\text{mm}$  下  
 $x_B = 10\sim 20\text{mm}$   
 $x_C = 20\text{mm}$  上

実験 No.	採取 月 日	粒 径 別 灰 分 %			銘 柄 (産 地)	備 考 採 取 要 領
		$x_A$	$x_B$	$x_C$		
1	10.18	33.38	38.72	33.36	靱井粉(九)	石炭置場、平均
2	19	40.93	41.36	39.39	東見初(宇)	B.C上で等量間隔
3	21	30.49	34.07	34.64	日野並(九)	//
4	22	45.41	49.84	42.66	桜山洗(宇)	//
5	11.6	17.62	22.95	26.15	清水並(九)	B.C上で Snap
6	6	47.81	51.60	54.04	沖山大派(宇)	B.Cで等量間隔
7	7	29.13	29.48	32.36	日野並(九)	B.C上で Snap
8	7	27.63	31.30	36.06	住吉並(九)	//
9	7	48.44	49.04	51.16	沖山大派(宇)	B.C上で等量間隔
10	14	43.00	45.07	41.47	東見初(宇)	船内、平均(表面)
11	18	48.91	47.76	47.08	沖山大派(宇)	B.C上で Snap
12	18	29.35	34.43	38.35	住吉並(九)	//
13	18	30.53	34.45	37.36	出雲並(九)	//
14	18	29.89	32.55	34.46	出雲並(九)	//
15	20	29.84	35.98	40.80	靱井粉(九)	//
16	20	28.81	34.47	37.80	住吉並(九)	//
17	20	43.55	43.02	42.31	東見初(宇)	船内、平均
18	21	43.73	44.97	48.12	富士粉(宇)	B.C上で Snap
19	22	18.94	17.12	19.43	西沖洗(宇)	船内、平均
20	22	22.92	22.72	23.25	雀田洗(宇)	//
平均		34.49	37.06	38.26		

(4) ボイラー用炭の粒度に間する項の結論および考察。

㊦ ボイラー用炭の粒径別による灰分%を総括すれば次の通りである。

20mm粒径中の灰分%が最大 (38.26%)
20~10mm // // 中 (37.06%)
10mm下 // // 最小 (34.49%)

この事実は従来九州炭の場合に予想されていた。

㊧ ボイラー用炭を九州炭と宇部炭に層別して、その灰分を粒度別に比較すれば次の通りである。

粒径	九州炭	宇部炭
20mm上	35.56%	40.89%
20~10mm	32.87 //	41.25 //
10mm下	28.67 //	40.31 //

上表で見ると九州炭では大粒中に灰分多く、粒度の小さくなるにつれて灰分が減少している。すなわち結論㊦とまったく同様な現象である。しかし宇部炭については粒度分布による灰分の差を認めない。

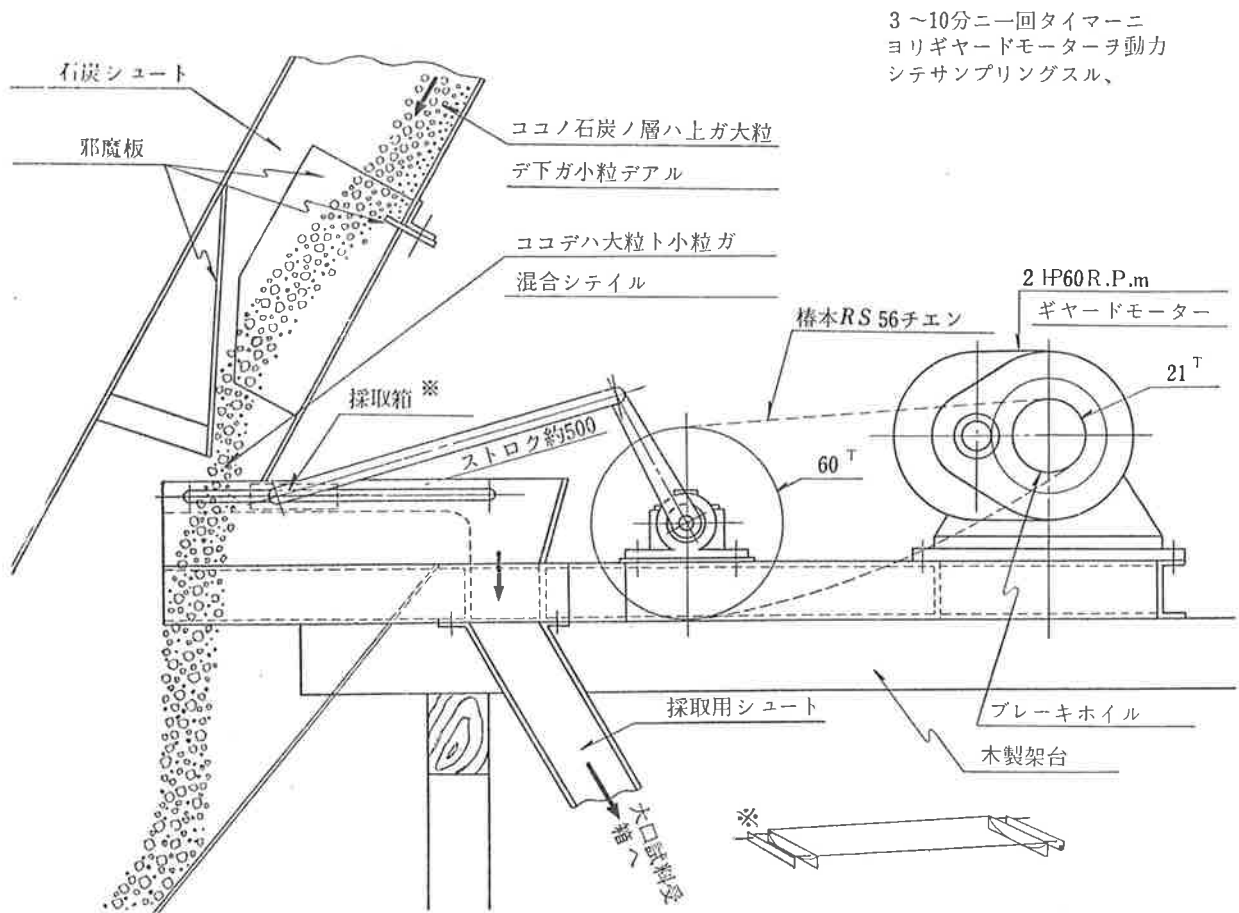
以上が結論の要旨であるが九州炭、宇部炭の性状差は常に存在しており、それが色々な形となって現われてくる。(前章では縮分誤差に現れた)本実験では粒度偏向による特性値への影響が九州炭に現われた。サンプリングマシン設置の場合は九州炭のような偏向を考慮してランダムな粒径を採取出来るよう留意しなければならない。

〔2〕サンプリングマシンの設置について。

以上の基礎データにもとづいてサンプリングマシンを設置したが、以下その機構の概要を述べる。

サンプリングマシン設置当初における最大の難点は本機械の機能であった。すなわち初期においては石炭の粒度分布にカタヨリを生じとうていロットを代表する試料とは思われぬような状態であった。しかし種々の改造を加えることにより粒度の偏向も改善され、1957年11月20日以後は前章において推察したところの精度を保持しているものと思われる。次にサンプリングマシンの機構を図面によつて報告する。

図2 石炭サンプリング装置



4. むすび

最後に入荷するボイラ用炭1船毎の検査方法を報告

して結言とする。

(1) 入荷炭の積載トン数に応じてタイムスイッチの位置を決定する。

- (2) 荷揚作業の開始。
- (3) 荷揚作業終了と同時に 40kg 入りの大口試料受箱を封じて石炭試料処理室に運ぶ。
- (4) 運ばれた大口試料をハンマークラッシャーにて全部 10mm 以下に粉碎し 2 分器にて 20kg ずつに縮分する。
- (5) 20kg ずつに縮分された試料の一方は湿分測定に廻してその規準にしたがい処理する。
- (6) 他の方は粉碎廻縮分機にて全部 1 mm 以下にしてから縮分→ブラウクラッシャーによる微粉碎の後水分, 灰分, 発熱量などの共試料とする。

付 記

本実験遂行にあたり解析を担当した津田分析室員, 分析を担当した石炭分析室員および, サンプリングマシン設計にあたり助力された安村君に深謝する。

5. 参考文献

- 1) 日科技連編 『管理図法』
- 2) 石川馨著 『工場に於けるサンプリング』
- 3) 日科技連 Sampling Research 『サンプリング研究資料』
- 4) 東工大編 『統計工学ハンドブック』

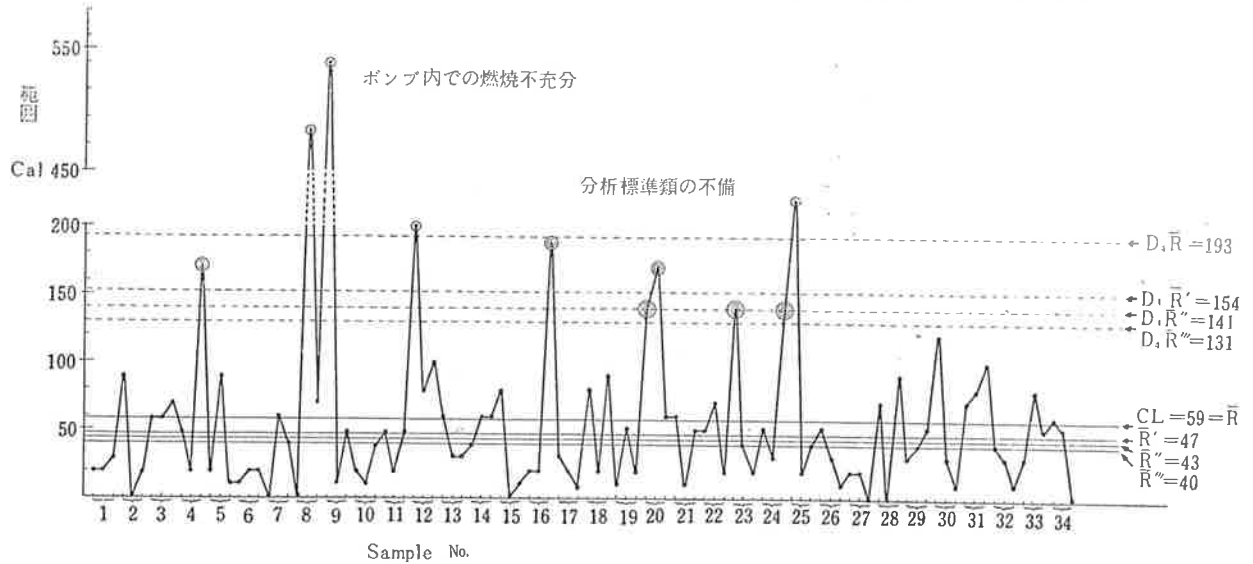


図3 発熱量分析誤差の R-Chart (n = 2)

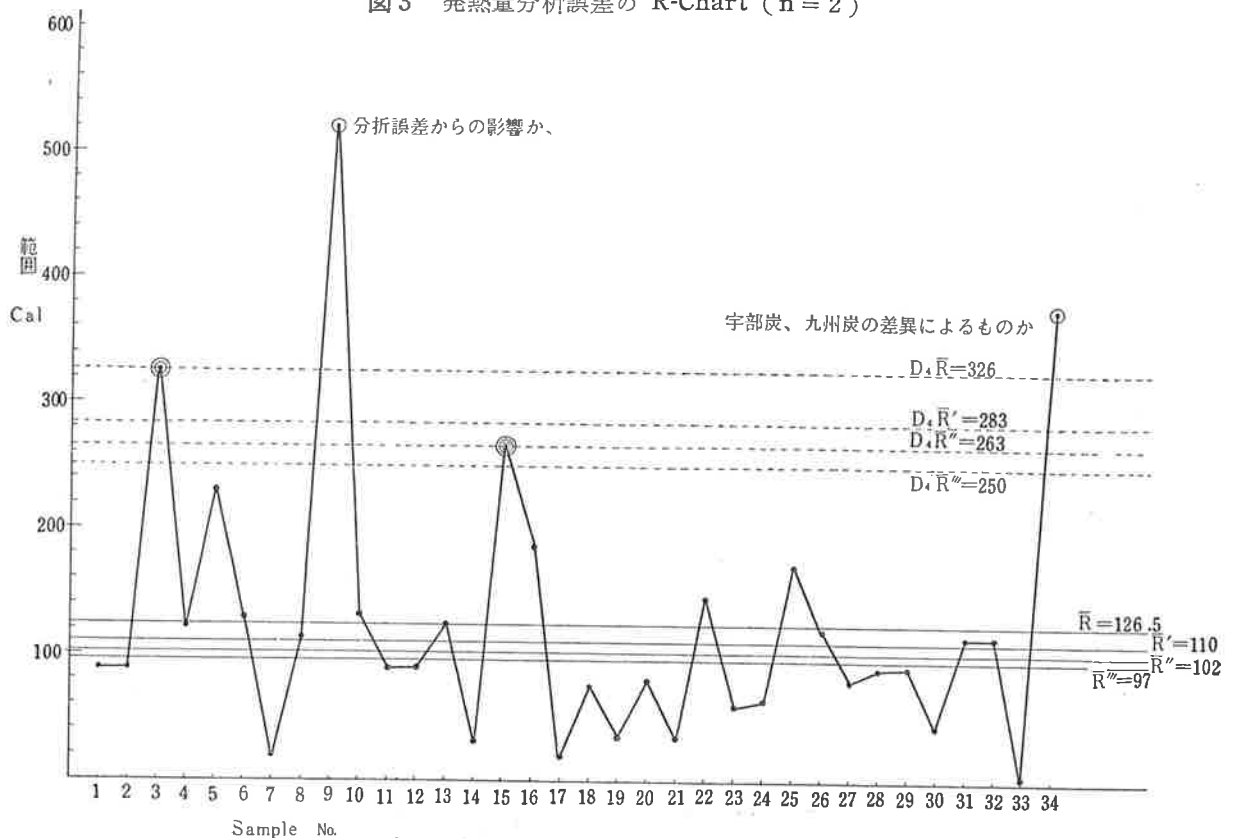


図4 発熱量縮分誤差の R-Chart (n = 3)

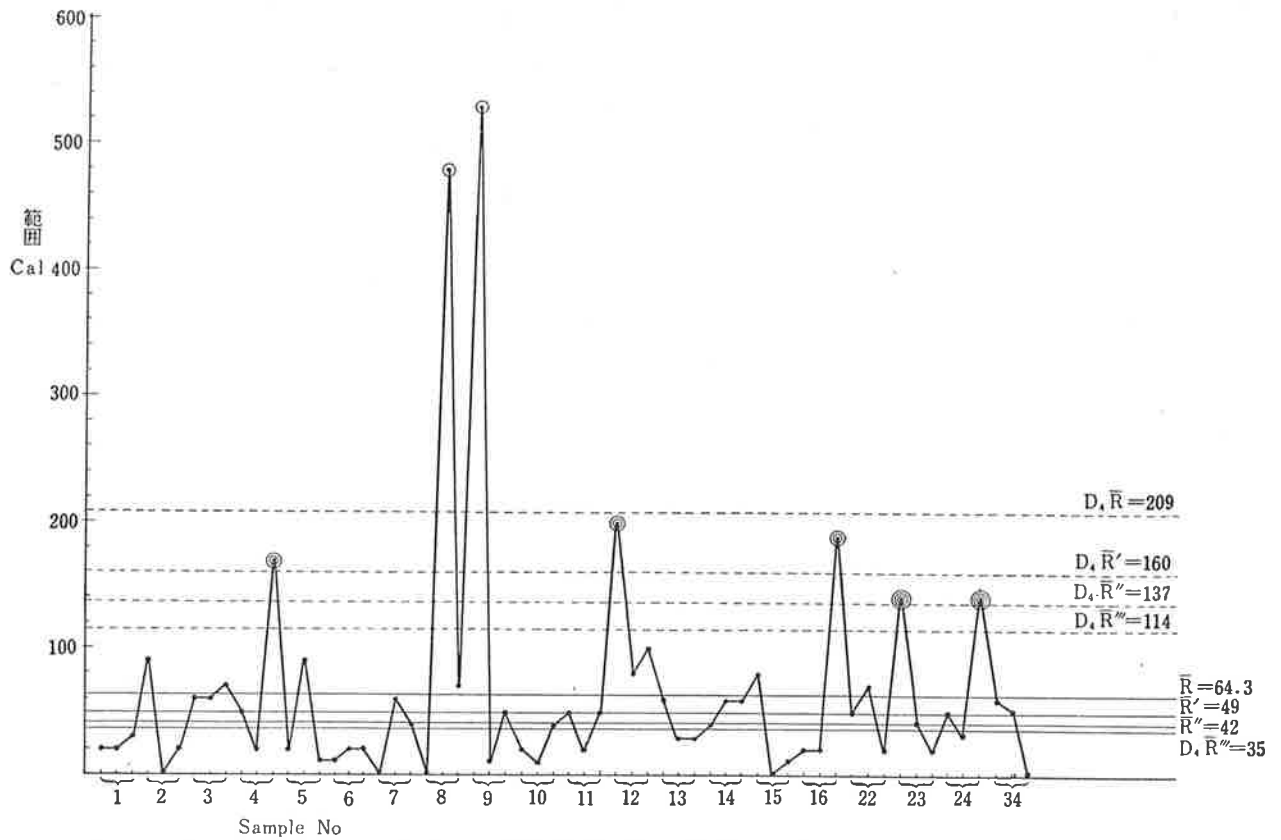


図5 九州炭分析誤差の R-Chart (n = 2)

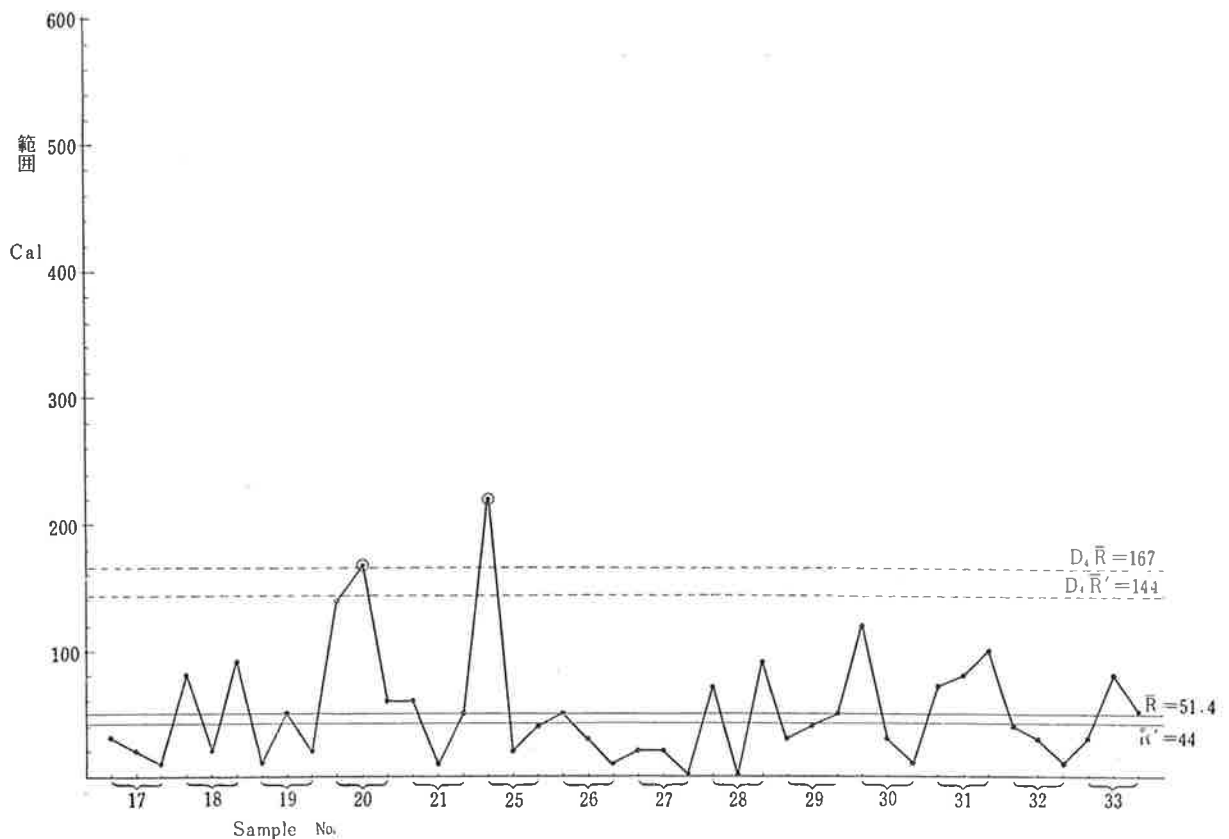


図6 宇部炭分析誤差の R-Chart (n = 2)



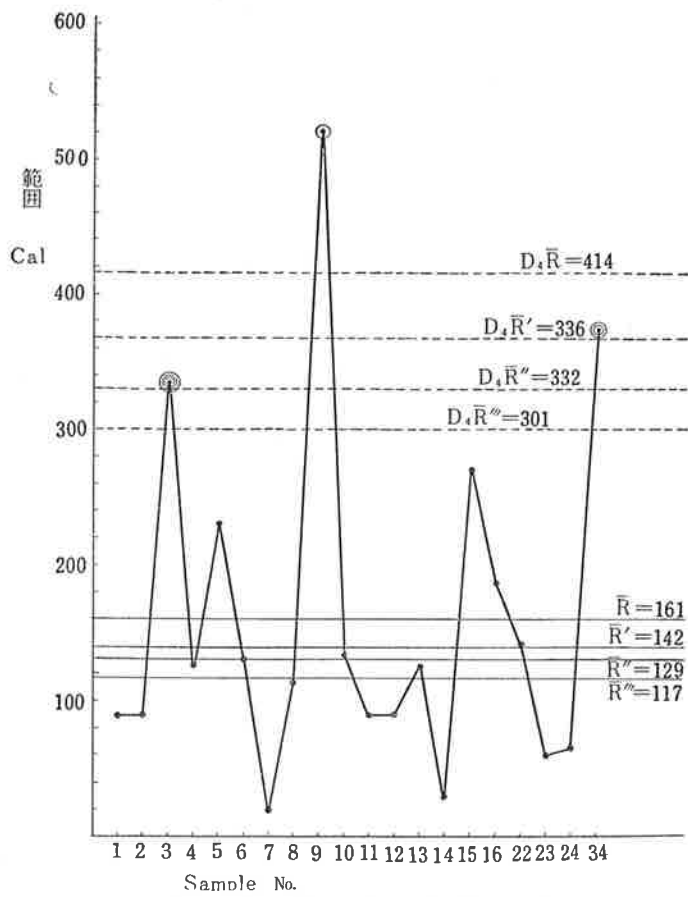


図7 九州炭縮分誤差の R-Chart (n = 3)

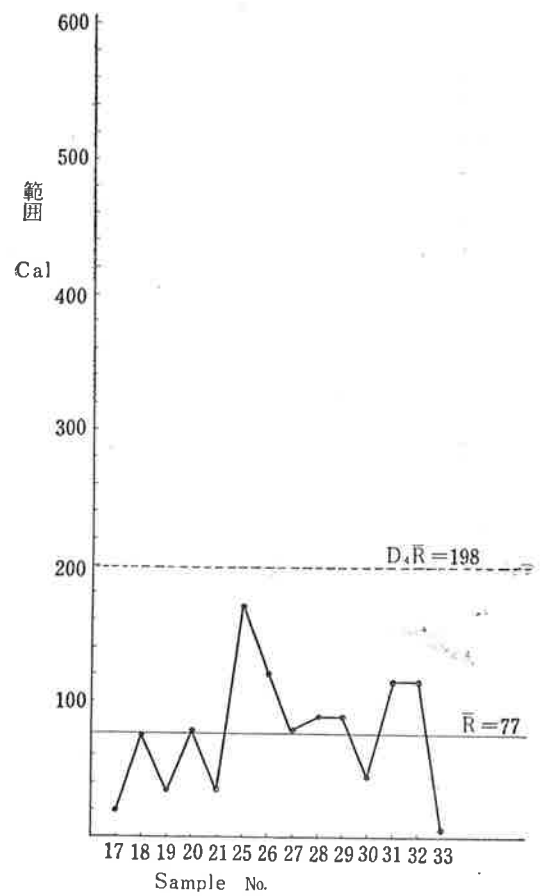


図8 宇部炭縮分誤差の R-Chart (n = 3)