

業 務 報 告 書

昭 和 5 0 年 度

滋 賀 県 立 機 械 金 属 工 業 指 導 所

彦 根 市 岡 町 5 2 番 地

ま え が き

長期にわたる不況が、なお続くかあるいは若干上向くかの見通しの難しさのなかに、昭和51年を迎えた。業種間格差はあるけれども、需要減少から操業率の低下、雇よう調整、失業の増加、人件費の高騰、国・自治体の財政難など経営困難な要素のみ多く苦しみを味った。また従業員も人員整理、ベースアップの縮小、残業時間の減少など収入の減少に悩んだ。

鋳鉄弁を主体とする彦根パルプ工業界も、三本柱である水道用、陸用、船用の弁と何れも需要低下と過剰在庫をかかえ操業率30~70%にまで落込んだ。とくに小零細下請企業と鋳物企業は極端な仕事の減少を生じ、休業の余儀さに至ったところも多かった。

こんど、米国ならびに西欧諸国の景気回復とともに、わが国の経済も世界の経済の中の一環として、安定成長への回復を、起伏を繰返しつつ進めて行くことと考えられる。この場合、中小企業のあり方も大変きびしくなってくるであろう。端的に言えば、高度成長時代の規模のメリットを追求した時代から、さらに高品質のものを低コストで提供されねばならない。このためには、生産の省力化・合理化と管理技術の向上、新技術の応用あるいは新製品開発の体制が必要である。

これらに対する試験指導機関にも、より高度なものが要請される。高度化し多様化していく技術のなかで、社会ニーズの把握および新技術の開発・修得と普及、有効な情報のしゅう集と普及など指導機関に課せられる使命も、ますます大きくなっていく。われわれ自身も反省しつつ、少しでもより役に立つことを念願として努力を続けていますが、なお各位の御べん達と指導をお願いする次第である。

ここに昭和50年度の業務を報告します。

所長 立 花 総 一 郎

滋賀県立機械金属工業指導所業務報告書

昭和50年度

目次

I 概要

I-1	沿革	A-1
I-2	規模	A-2
I-3	組織	A-3
I-4	職員	A-3
I-5	予算および決算	A-4
I-6	主要設備	A-6

II 業務

II-1	依頼業務	A-9
II-1-1	機械設備利用状況	A-9
II-1-2	依頼試験受付件数及調定金額	A-9
II-1-3	依頼試験月別処理件数	A-10
II-2	指導業務	A-12
II-2-1	企業診断	A-12
II-2-2	中小企業巡回技術指導	A-13
II-2-3	公害巡回技術指導	A-13
II-2-4	簡易巡回技術指導	A-14
II-2-5	中期技術者研修	A-15
II-2-6	試験機設置による技術指導	A-16
II-2-7	講習会, 研究会	A-16
II-2-8	技術相談	A-18
II-2-9	業界との動向懇談会	A-18
II-2-10	調査, 審査	A-19
II-3	その他の業務	A-19
II-4	研究業務	
II-4-1	鑄造工場における廃砂の溶出水および廃砂の処理について	B-1
II-4-2	鑄型形状および押湯と肉厚感度との関係	B-18
II-4-3	測長器における標準尺読取精度の検討	B-28
II-4-4	ねずみ鑄鉄の簡易強度試験法の開発研究	B-33

I 概要

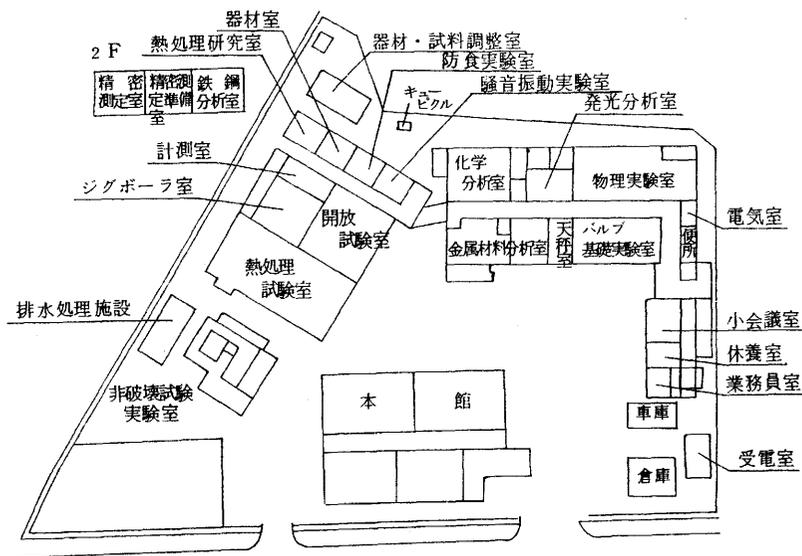
I-1 沿革

昭和21年 5月	既設機械工業成所施設を引継ぎ長浜市に県立長浜工業試験場を設置、機械、繊維の2部制にする。
昭和23年 7月	木工部を増設
昭和27年 4月	繊維部を分離し滋賀県立機械金属工業指導所と改称
昭和34年 4月	本指導所の整備計画、ならびに彦根市へ移転、庁舎新築を決定
昭和35年 10月	庁舎新築工事、試験分析設備の設置を完了、新庁舎にて業務を開始
昭和38年 3月	別館（精密機械加工、熱処理中間試験場、シグボウラ室、その他研究室）を増築
昭和43年 1月	別館2階実験研究室を増築
昭和45年 12月	R I 透過試験棟を増築
昭和46年 9月	試料調整室を増築
昭和48年 11月	新館増築工事に着工する
昭和49年 10月	新築竣工

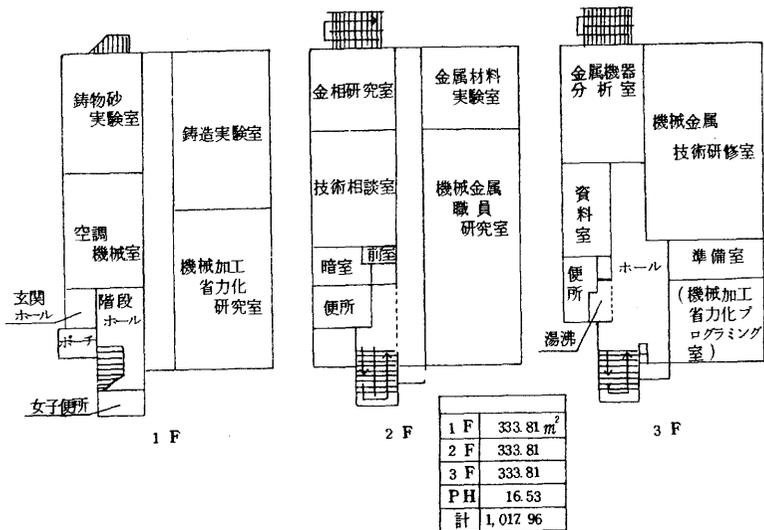
I-2 規模

敷地面積	3,400.68㎡
建物総面積	2,259.92㎡
本館	1,017.96㎡（鉄筋コンクリート五階建）
別館	562.83㎡（鉄筋コンクリート補強ブロック平屋建）
実験研究棟	487.90㎡（鉄筋コンクリート補強ブロック一部二階建）
非破壊試験棟	78.70㎡（鉄筋コンクリート補強ブロック平屋建）
その他	112.77㎡

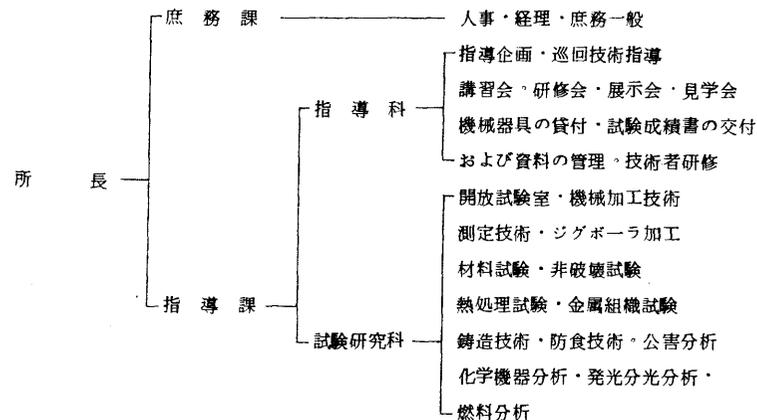
建物配置図



本館の各室配置図



I-3 組織



I-4 職員

(1) 職員の配置状況

区分	吏員		主事補	技師補	業務員	計
	事務	技術				
所長		1				1
庶務係長	1					1
庶務係	1				1	2
指導係長		1				1
指導		3				3
試験研究		8				8
計	2	13			1	16

(2) 年度末現在人員

職名	氏名	担当業務	職名	氏名	担当業務
所長	立花 総一郎		技師	村口 明義	依頼分析 公害防止技術
専門研究員 兼指導係長	坊農 佐太郎	業務全般	"	中山 勝之	熱処理技術
庶務係長	柴崎 輝士	庶務全般	"	樋口 英司	依頼加工技術
主査	上田 成男	指導全般	"	松川 進	鑄造技術
"	辻 久男	試験研究全般	"	西川 康宏	指導
主事	尾本 千種	庶務	"	佐藤 真知夫	放射線取扱 測定技術
技師	藤井 敏弘	依頼試験分析	"	西内 広志	依頼試験分析
"	森 勇	指導	業務員	塚田 修太郎	

(3) 職員の異動

なし

I-5 予算および決算

(単位 円)

(1) 歳入

科 目				予算額	調定額	収入済額	不納 欠損額	未納額	予算との 増減額
款	項	目	節						
使用料 及手数料				6,007,000	6,500,700	6,500,700	0	0	493,700
	使用料	商工 使用料	機械金属 工業指導 所	130,000	140,300	140,300	0	0	10,300
	手数料	商工 手数料	機械金属 工業指導 所試験	5,877,000	6,360,400	6,360,400	0	0	483,400
諸収入				190,000	163,374	163,374	0	0	△26,626
	雑入	雑入	経営技術 等研修会 受	190,000	160,000	160,000	0	0	△30,000
			失保 険料	0	3,374	3,374	0	0	3,374
合			計	6,197,000	6,664,074	6,664,074	0	0	467,074

(単位 円)

(2) 歳出

科 目					予算額	決算額	不用額	備考
款	項	目	節	細節				
商工費					74,411,000	71,486,113	2,924,887	
	中小 企業費				74,403,000	71,478,513	2,924,487	
		機械金属 工業指導 所費			72,496,000	69,589,593	2,906,407	
			給料		30,856,000	30,855,306	694	
			職員手当等		19,209,000	19,193,375	15,625	
			共済費		4,404,000	4,355,800	27,200	
			賃金		1,056,000	656,000	400,000	
			報償費		36,000	27,000	9,000	
			旅費		1,204,000	881,229	322,771	

	需用費		9,058,000	8,689,976	368,024
		食糧費	502,000	227,210	274,790
		その他の 需用費	8,556,000	8,462,766	93,234
	役務費	役務費	1,324,000	1,132,917	191,083
	委託料		310,000	309,500	500
		保安業務 委託料	197,000	196,500	500
		恒温業務 委託料	113,000	113,000	0
	使用料及 び賃借料		65,000	21,560	43,440
	工請負 費		4,223,000	2,830,000	1,493,000
	備入 費		640,000	626,430	13,570
	公課 費		11,000	10,500	500
	中小企業 指導費		1,907,000	1,888,920	18,080
		報償費	734,000	734,000	0
		旅費	617,000	617,000	0
		需用費	468,000	449,920	18,080
		食糧費	118,000	99,920	18,080
		その他の 需用費	350,000	350,000	0
		役務費	51,000	51,000	0
		使用料及 び賃借料	37,000	37,000	0
商工業費	工業 振興費	賃金	8,000	7,600	400

人件費 54,353,757 円
 事業費 17,130,356 円
 機械金属工業指導所費 15,233,836 円
 中小企業指導費 1,888,920 円
 工業振興費 7,600 円

I-6 主要設備

品名	規格	購入年月日	備考
島津万能試験機	島津製電子管式 REH-30型	35. 9. 17	中小企業庁補助物件
〃	〃 〃 REH-100型	46. 9. 29	〃
荷重ひずみ記録計	〃 〃 (万能試験機用)	35. 9. 17	〃
工業用X線装置	〃 WELTES-200型	35. 9. 19	〃
自記ポラログラフ	〃 RP-2型	25. 9. 21	〃
分光分析装置	〃 QL-170	〃	〃
試験用浸炭窒化炉	〃 200-35A	37. 2. 25	〃
万能研削盤	三井精機製 MUG 25×50	37. 6. 29	自転車振興会補助物件
光電分光光度計	島津製 QR-50	37. 6. 30	県 単
ソルトバス電気炉	友信工業KK製 LSB-30	37. 7. 9	〃
ジグ中ぐり盤	三井精機製 JBD型 №3	38. 6. 17	自転車振興会補助物件
万能投影機	イタリア マイクロテクニカ社製	38. 8. 6	〃
平面研削盤	三正製作所製	38. 12. 20	〃
万能工具研削機	牧野フライス社製 C-40	38. 12. 23	〃
自動温度調節装置	友信工業製 FM-12	39. 9. 10	中小企業庁補助物件
万能顕微測定器	三井精機製 MLD型1000	40. 1. 10	自転車振興会補助物件
ロックウェル硬度計	明石製作所 ORK型(電式)	40. 8. 20	〃
二連オートメット研磨テーブル	米田ビューラー製 64-1912	41. 9. 30	〃
吸熱型炉気制御装置	島津製 吸熱型 ENP-5CN	41. 10. 14	中小企業庁補助物件
ファビルバリ摩耗試験機	イタリア プロリン社製	42. 2. 28	〃
スーパー스코ープ	日本電子製 JEM-30B型	43. 2. 19	自転車振興会補助物件

品名	規格	購入年月日	備考
旋盤	大阪工作所製 BC型	43. 3. 19	自転車振興会補助物件
自動クーロン滴定装置	柳本製作所製 CC-12型	43. 3. 28	〃
ポテンショスタット	〃 UE-101型	43. 3. 28	〃
ストレーンメーター	新興通信工業製 DS61RX型	43. 10. 4	〃
超硬工具研磨盤	アサヒダイヤモンド工業製 SDG型	43. 9. 10	〃
超音波洗浄装置	ブラザー工業製 500W型	43. 10. 17	〃
表面あらさ計	テラホフソン社製タリサーフ4型	43. 11. 30	〃
万能フライス盤	日立精機製 MS型	43. 12. 28	中小企業庁補助物件
工業用RI透過検査装置	芝浦電気製 RRM-110-1型	44. 10. 21	自転車振興会補助物件
プロジェクションオプテメーター	カールツァイスイエナ社製 MOD ^{0.2} / _{2.0}	〃	〃
金属顕微鏡	日本光学製 ME型	〃	〃
キャス試験機	東洋理化学製 CASSER-1型	44. 10. 29	〃
流速効果腐食試験装置	山崎精機研究所製 VE-1型	〃	〃
原子吸光/炎光共用分光分析装置	日本ジャーレルアッシュ製 AA-IE(s)型	〃	〃
カットオフ(帯鋸盤)	アマダ製 CRH-300S型	45. 8. 30	中小企業庁補助物件
シヨアーかたさ試験機	三光計器製 S44型計量研型	45. 9. 25	〃
ブリネル硬度計	三精工業製 SDLB 計量研型	45. 9. 29	〃
迅速イオウ定量分析装置	柳本製作所製 CC-22S	45. 9. 30	自転車振興会補助物件
工業用赤外線温度計	旭産業製 TA-1	45. 10. 20	〃
デジマイクログ	オリンパス顕微鏡 STMCCBO-I _{-A}	45. 10. 30	中小企業庁補助物件
液化炭酸超低温装置	柳本製作所製 OTS-60	45. 10. 31	自転車振興会補助物件
オームバス電気炉	東洋電熱工業KK製 NC-25PLS	46. 11. 8	自転車振興会補助物件
周波数自動分析記録装置	国際振動研究所製 SM-2200型	47. 9. 28	〃
エレマ電気炉	東海興商製 CE-20型	47. 10. 30	〃

II 業 務

品 名	規 格	購 入 年 月 日	備 考
高 温 鑄 物 砂 試 験 機	東京衡機製 力量500Kg	47. 10. 31	自転車振興会補助物件
直 示 式 鑄 物 砂 熱 膨 張 計	小沢製作所製 EOS-1型	47. 11. 20	"
曝 熱 試 験 器	" MO-1型	"	"
定 電 位 電 解 分 析 装 置	柳本製作所製 AES-4型 4連式	47. 9. 8	"
イ オ ン メ ー タ ー	オリオン社製 801型デジタルPH メーター $\frac{PH}{mV}$	47. 11. 8	"
ニ ッ サ ン セ ド リ ッ ク バ ン	日産自動車工業製 123362	48. 7. 31	中小企業庁補助物件
ば い じ ん 量 測 定 装 置	D-20SC	49. 8. 12	"
メ モ ー シ ョ ン 測 定 装 置	ナショナル製	49. 7. 31	"
万 能 基 準 か た さ 試 験 機	計量研型SHT-3型計算装置付	49. 12. 28	"
高 周 波 誘 導 電 気 炉	FTH-30M型サイリスタ式	49. 10. 31	自転車振興会補助物件
微 量 砒 素 測 定 装 置	ASD-1A	49. 7. 20	"

昭 和 5 0 年 度 購 入 主 要 設 備

品 名	規 格	金 額	備 考
ネジ測定用プリズム	津上製 B207	35,000	
" 三針ゲージ	" 34種	245,000	
微 動 台	三豊製	94,000	

Ⅱ—1 依 賴 業 務

Ⅰ-1 依頼業務

Ⅱ-1-1 機械設備利用状況

受 付 件 数 2 3 2 件
 機 械 関 係 2 2 3 件
 熱 処 理 関 係 9 件
 金 額 1 4 0 . 3 0 0 円

Ⅱ-1-2 依頼試験受付件数及調定金額

試 験 名	件 数	金 額	試 験 名	件 数	金 額
材料強度試験	1 4 6 8 件	2, 146, 100 円	材料分析試験	5 1 7 件	2, 654, 100 円
降下粉塵試験	4 4 件	737, 300 円	顕微鏡組織検査	8 6 件	488, 150 円
熱処理加工試験	1 0 件	8, 550 円	精密測定試験	1 3 件	20, 600 円
鋳物砂試験	1 7 件	14, 900 円	特殊試験	9 件	190, 000 円
非破壊試験	1 1 件	100, 700 円			
計	2 1 7 5 件	6, 360, 400 円			

II-1-3 依頼試験月別処理件数

昭和50年度材料試験月別処理件数

試験別 月別	引張試験	抗折試験	伸び試験	かたさ試験
4月度	393本	230本	136本	274本
5 "	400	239	130	243
6 "	223	108	52	120
7 "	271	135	98	166
8 "	357	143	150	211
9 "	341	209	95	227
10 "	523	308	176	338
11 "	370	237	88	268
12 "	604	367	192	449
1 "	483	261	145	288
2 "	546	396	125	422
3 "	334	220	58	322
計	4845	2853	1445	3328

昭和50年度材料分析試験月別処理件数

成分別 月別	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Sn	Zn	Pb	其 の 他
4月度	42	42	42	41	41	12	14	79	79	77	78	12
5 "	25	25	25	25	25	3	3	67	67	67	67	1
6 "	28	28	15	11	11	2	6	42	42	41	42	4
7 "	14	15	14	14	13	1	4	59	59	57	57	5
8 "	30	35	36	30	31		4	54	48	54	48	14
9 "	18	20	18	18	18	1	5	48	46	48	46	5
10 "	38	38	34	36	34	1	3	52	42	40	40	13
11 "	45	52	52	52	52	1	3	32	32	32	32	
12 "	44	47	45	45	45	8	8	90	85	89	87	4
1 "	45	45	45	45	45	1	5	45	44	44	44	4
2 "	56	55	53	53	53	3	3	91	91	91	91	2
3 "	34	38	34	30	30	2	12	65	61	65	61	12
計	419	440	413	400	398	35	70	724	696	705	693	76

Ⅱ-2 指導業務

Ⅱ-3 その他の業務

Ⅰ-2 指導業務

Ⅱ-2-1 企業診断 (1)

(イ) 診断日

昭和50年9月9日から9月12日まで

(ロ) 診断企業の概要

会社名 山村精工株式会社安曇川工場
所在地 滋賀県高島郡安曇川町西万木1148
代表者 山村栄蔵
資本金 1,000万円
従業員 35名
主要生産品名 自動車エンジン用空気清浄器

(ハ) 診断項目および担当者

○従業員意識調査 専門研究員 坊 農 佐 太 郎
稼働分析(溶接)
○経営分析 主 査 上 田 成 男
工程管理分析
○プレス作業の稼働分析 技 師 森 勇
○プレス作業の工程分析 技 師 佐 藤 真 知 夫
○スポット組立作業の
バランス分析 技 師 樋 口 英 司
○プレス作業の能率、稼
働率まとめ(報告事項) 技術士 石 松 康 男

企業診断 (2)

(イ) 診断日

昭和50年12月22日 予備調査

昭和51年1月19日から昭和51年1月22日まで

(ロ) 診断企業の概要

会社名 貴生川精機株式会社
所在地 滋賀県甲賀郡水口町三大寺30
代表者 樋口彦三郎
資本金 510万円
従業員 31名
主要生産品名 照明器具部品加工

(イ) 診断項目および担当者

- | | | |
|---------------------|-------------------------|--------------------|
| ○ 原価計算とまとめ
(帳簿上) | 恊ニューマネージメント
コンサルティング | 植田 卯一郎 |
| ○ 金型加工技術 | 京利工業 取締役
技 師 | 神保 哲二郎
森 勇 |
| ○ 従業員意識調査 | 専 門 研 究 員 | 坊 農 佐 太 郎 |
| ○ 製品別原価計算 | 主 査
技 師 | 上 田 成 男
樋 口 英 司 |
| ○ 稼 動 分 析 | 技 師
技 師 | 森 勇
西 川 康 宏 |
| ○ 経 営 分 析 | 技 師 | 西 川 康 宏 |

Ⅱ-2-2 中小企業巡回技術指導

(イ) 指 導 日

昭和51年3月15日～3月18日

(ロ) 対象企業

- 富士鉄工株式会社愛知川工場
- 株式会社 西沢パルプ製作所
- 協和工業株式会社
- 株式会社 金 寿 堂

(ハ) 外部指導員

- | | | |
|---------------------------|---------|-------|
| ○ 日立精機株式会社
東京事務所営業技術係長 | 飯 島 隆 象 | 外 1 名 |
| ○ 三菱金属株式会社
超硬製品部 部長 | 加 岡 実 | 外 1 名 |

(ニ) 指導内容

- 切削加工技術について
- 機械加工の省力化について
- 生産管理技術について
- そ の 他

Ⅱ-2-3 公害巡回技術指導

(イ) 指 導 日 (第1回)

昭和50年6月24日～25日

(ロ) 対象企業

第二吉清铸造株式会社

(イ) 外部指導員

株式会社 ユアサ商会 技術係長 仲 昭 夫

(ニ) 指導内容

ばいじん量の測定・騒音・振動の測定

(イ) 指 導 日 (第二回)

昭和50年7月14日～8月29日

(ロ) 対象企業

- 彦根鋳工株式会社
- 株式会社 大島製作所
- 大洋産業株式会社
- 利高工業株式会社 長浜工場

(ハ) 外部指導員

滋賀県立短期大学 助教授 横 田 十 志 男

(ニ) 指導内容

- ばいじん量の測定
- 騒音, 振動の測定
- 加圧浮上法によるスラッジ回収システムとPHの検討

Ⅱ-2-4 簡易巡回技術指導

(イ) 指 導 日

昭和50年11月下旬より12月下旬まで間

(ロ) 対象企業

鈴川パルプ工業株式会社 外29社

(ハ) 指 導 員

機械金属工業指導所指導係職員全員

(ニ) 指導内容

- 不況下の生産技術の問題点と改善策
- 原価管理(単価値下げによる対応策)
- 景気動向

II-2-5 中期技術者研修

コース名	修了者数	研修期間	研修時間			研修場所	
			講義	実習	計	講義	実習
金属 (铸造)	32名	昭和 50.7.7 ? 50.9.8	時間 54	時間 20	時間 74	当所 (技術研修室)	当所 。島津金属 工業KK

講義内容研修日程表

番号	月日(曜)	科目	講義題目	講師名
1	7/9(水)	鑄物設計	図面のしかた	県立機械金属工業指導所 専門研究員 坊農 佐太郎
2	11(金)	"	鑄造方案と模型	(株)ナニワエンジニアリング 技術士 塚本 勇三
3	14(月)	鑄造技術	鑄型材料と鑄型	名古屋工業技術試験所 若尾 芳之
4	16(水)	"	特殊鑄型	"
5	18(金)	"	溶 解	近畿大学教授 工博 石野 亨
6	21(月)	特殊鑄造法	特殊鑄造法	県立機械金属工業指導所 所長 立花 総一郎
7	23(水)	鑄造技術	鑄造設備	大洋鑄機(株) 部長 田村 啓治
8	24(木)	材料管理	金属組織と金属材料	県立短期大学 教授 山田 始
9	25(金)	特殊鑄造法	新しい鑄造法	新東工業(株) 技師長 三浦 孝
10	28(月)	材料管理	金属組織と金属材料	県立短期大学 教授 山田 始
11	8/1(金)	"	"	"
12	4(月)	"	鑄造欠陥と対策	花王クェーカー(株) 常務 岡見 正一
13	6(水)	"	鑄鉄の材質判定法 鑄物砂試験法	県立機械金属工業指導所 技師 松川 進
14	8(金)	加工技術	熱処理と表面処理	日本熱処理工業(株)工博 技師長 岸本 浩
15	18(月)	"	機械加工法	マルカキカイ(株) 課長代理 西畑 武史
16	20(水)	生産管理	鑄物の原価管理	技術士 石松 康男
17	22(金)	"	"	"
18	25(月)	"	公害防止	近畿大学教授 工博 石野 亨
1	9/1(月)	実 習	鑄物砂試験法	県立機械金属工業指導所 職 員
2	2(火)	"	金属組織と材料試験	"
3	3(水)	"	工場実習	島津金属(株)

II-2-6

材料試験機設置による技術指導

試験機の調整, 試験方法, 試験片の形状, 試験にともなう治具の作成, 試験表の作成
および項目, その他, 材料試験に関する事項

1月13日

彦根市安清町4-16

株式会社 清水鉄工所

指導員 主査 辻 久男

技師 樋口 英司

3月2日

彦根市東沼波町928

株式会社 清水合金製作所

指導員 専門研究員 坊農 佐太郎

主査 辻 久男

技師 樋口 英司

II-2-7 講習会, 研究会

(イ) 経営技術講習会(社長研修セミナー)

。日 時 昭和50年4月17日(休) AM10.00~PM4.00

。場 所 大津市今堅田町柳原真野浜
産 振 荘 研修ホール

。対象受講者 滋賀県産業振興協同組合
傘下 10社 社長

。内 容 50年代の経営方向とその理念
現在の企業の立場と将来性
新時代への企業体質の迅速な転換方法
不況を乗り越える経営戦略

。講 師 日本経営合理化センター社長
佐藤 良

(ロ) 技術普及講習会(能力開発セミナー)

。日 時 昭和51年3月4日(休) AM 9.00

昭和51年3月5日(休) PM 5.00 1泊2日間

。場 所 大津市今堅田町柳原真野浜
産 振 荘 研修ホール

。受 講 者 各社部課長及コストダウン推進担当者

- 受講人員 30名
- 講師 日本経営合理化センター
チーフコンサルタント 伏見隆之

(イ) 技術普及講習会

- 日時 昭和51年3月11日(休) PM 1.00
- 場所 彦根市尾末町
彦根市民会館第2会議室
- 受講人員 35名
- 内容 新製品開発のアイデア的発想法
- 講師 株式会社 山崎精機研究所
社長 山崎正八郎

(ロ) 公害防止管理者(水質)講習会(生産技術研究会共催)

- 日時 昭和50年8月21日
- 場所 当所 技術研修室
- 受講人員 21名
- 講師 工業技術院大阪工業技術研究所
理学博士 萩原一芳
主任研究官 本田繁

(ハ) ねずみ鑄鉄の強度に関する研究会

- 日時 昭和51年3月5日
- 場所 当所 技術研修室
- 受講人員 20名
- 研究テーマ及講師名

ねずみ鑄鉄の製品強度と試験片強度に関する研究

埼玉県鑄物機械工業試験場

主任 古郷佐八郎

ねずみ鑄鉄の簡易強度試験法の開発研究

当所

主査 辻久男

(ニ) 研究発表会

- 日時 昭和50年11月11日(休) PM 1.00
- 場所 当所 技術研修室
- 受講対象 県下機械金属業者
- 受講人員 35名
- 研究テーマ及発表者

企業診断報告	上田成男・森 勇・西川康宏
鑄物砂における発生ガス量	松川 進
キューポラ除じん装置調査報告	村口明義
重金属廃水処理の検討(Ⅱ)	村口明義
エアーモーターの開発について	樋口英司
引上げ焼入法による急冷時間の影響	中山勝之
測長器の測定ヘッドの移動精度	佐藤真知夫
SUS420, J2の動のかじり摩耗について	中山勝之
原子吸光法による鑄鉄中のMn, Ni, Crの定量	西内広志
各種かたさ試験機の精度比較と等価精度について	辻 久男
ねずみ鑄鉄における含有炭素量の検討	辻 久男
電気マイクロメーターの指示誤差測定	佐藤真知夫

II-2-8 技術相談

- (イ) 機械加工技術
- (ロ) 品質管理技術
- (ハ) 公害防止技術
- (ニ) 鑄造技術
- (ホ) 防食技術
- (ヘ) 材料分析技術
- (ト) その他

上記項目について全処理件数 92件

II-2-9 機械金属業界の動向懇談会

- (イ) 日時 昭和50年7月15日 AM 10.00
- (ロ) 場所 当所 技術研修室
- (ハ) 出席者 滋賀県バルブ事業協同組合連合会理事長
滋賀県バルブ事業協同組合理事長
彦根バルブ工業協同組合理事長
滋賀県銅合金鑄造協同組合理事長
滋賀県鑄物工業協同組合理事長
滋賀県機械金属事業協同組合理事長
滋賀県自動車部品工業協同組合理事長
湖南金属工業協同組合理事長
滋賀県産業振興協同組合理事長
水口機械工業協同組合理事長

湖北電子工業協同組合理事長
 滋賀県鉄鋳物工業組合理事長
 彦根金属加工工業協同組合理事長
 彦根弁栓工業協同組合理事長
 彦根バルブ団地協同組合理事長
 彦根鉄工機械工業協同組合理事長
 当所職員

- (二) 懇談内容 当所の事業計画
 各組合傘下企業の景気動向
 今後の当所のあり方について

II-2-10 調査 審査

- 設備近代化資金および設備貸与貸付申込企業の事前調査
 - 設備近代化関係 8件
 - 設備貸与関係 12件
- 設備近代化資金および設備貸与貸付企業の事後指導
 - 設備貸与関係 30企業
- 設備近代化資金貸付審査会
- 設備貸与審査会
- 設備貸与関係先進地調査

I-3 その他の業務

(イ) 職員研修

中小企業診断士コース S49.10.1~S50.9.30
 技師 西川 康 宏

(ロ) 研究会・講習会

全国分析技術共同研究会
 NC研究会
 試験、評価技術研究会
 近工連、大気汚染、廃水、騒音、振動、精密測定、LCA、各分科会
 情報化研究会

(ハ) 部会、会議、協議会

工業技術連絡会議 機械金属部会
 “ 化学部会
 “ 公害防止技術部会

近 工 連 機械金属部会
 “ 化学部会
 “ 公害防止部会

鑄造技術担当者会議

(ニ) 生産技術研究会

昭和50年度事業経過報告

生産技術研究会

昭和50年度役員

会 長	松井 繁徳		
幹 事	円藤 昌二	田中 八郎	近藤 勲
	萬浦池 功	坊農佐太郎	辻 久男
会計監事	浜川 勲	近藤 哲男	

事業経過

5月23日 講演会および昭和50年度通常総会
 講 師 関西言語技術研究所長 金井 金子郎氏
 演 題 職場の人間関係
 出席者 41名

6月10日 幹事会

6月24日 講習会 鑄造工場の廃水処理
 講 師 島津金属工業KK 波多野農一課長他
 出席者 15名

7月 1日 会報第6号発行

7月22日 講習会 バルブに対する爆着の利用と効果
 講 師 旭エンジニアリングkk 中川芳郎氏他
 出席者 40名

8月21日 公害防止管理者(水質)講習会(指導所と共催)
 講 師 測定技術 工業技術院大阪工業技術試験所 萩原一芳理学博士
 防止技術 同試験所 本田 繁 主任研究官
 出席者 21名

9月 8日 幹事会 たちばな荘

9月25日 研究会 鑄造品の検査基準 外観検査
 外観検査標準 中島バルブ工業kk 円藤昌二氏

出席者 26名
 工場見学
 10月 1日 愛知県小牧市 中京電機 k k
 参加者 16名
 10月 23日 高圧ガス講習会
 講師 法令 県消防防災課 中西 功主事他
 技術 大阪酸素工業 k k 西田啓一課長
 出席者 25名
 11月 10日 会報第7号発行
 11月 18日 研究会 鋳造品の検査基準 材質検査
 ○鋳鉄の強度試験法 大和バルブ工業 k k 津村茂樹
 ○バルブの強度試験例 k k イズミ製作所 西島
 ○ねずみ鋳鉄品の材質検査基準の作成に関して
 松尾バルブ工業 k k 浜川 勲
 出席者 27名
 12月 11日 研究会 稼働分析の方法
 講師 機械金属工業指導所 西川康宏技師
 出席者 17名
 51年 講演会新年会 彦根市民会館第2会議室
 1月 22日 講演 51年の経済動向について
 日刊工業新聞大阪支社編集局長 上田 淳史氏
 新年会 ニューヒコネ
 出席者 20名
 2月 19日 工場見学
 近江八幡市 東洋運搬機 k k
 出席者 14名
 4月 1日 会報第8号発行
 4月 9日 会計監査

会場名なきものは機械金属工業指導所 研修室

II-4 研究業務

鑄造工場における廃砂の溶出水
および廃砂の処理について

技 師 藤 井 敏 弘
○ 技 師 村 口 明 義
技 師 松 川 進
技 師 西 内 広 志

1. ま え が き

鑄造工場より廃棄される砂の量は、鑄物1トン当り、0.40~0.45 トンともいわれている。その大部分は工場内の空き地に投棄したり、処理業者に高い金を払い、処理（主に埋立地に投棄）しているのが現状である。

鑄物砂には、水ガラスやセメントを粘結剤とする無機系自硬性鑄型が多く用いられており、これを含む砂が捨てられた場合、雨水などにより溶出して、PHの高い排水や、重金属および浮遊性物質を含む排水が流出することが考えられ、公害の発生源となった例も聞いている。

そこで今回は、ガス型、ダイカル型、NVK型、セメント型の各無機粘結系廃砂を対象としてそれから溶出する水の成分を調べると共に、廃砂の処理について検討したので報告する。

2. 試 料

実験に供した鑄物砂は、ガス型、ダイカル型、NVK型、セメント型の4種でそれぞれの配合を表1に示す。

表1. 各砂型の配合

鑄物砂	試 料	配 合
ガ ス 型	モデル廃砂	三河6号硅砂100.0部、水ガラス5.0部、ベレット0.5部
	廃 砂 A	A社の廃砂（新砂50.0部 古砂50.0部 水ガラス6.0部）
	廃 砂 B	B社の廃砂（新砂100.0部 水ガラス5.0部 ベレット0.5部）
ダイカル型	モデル廃砂	三河6号硅砂100.0部 水ガラス5.0部 ダイカル3.0部 ベレット0.5部
	廃 砂 C	C社の廃砂（新砂100.0部 水ガラス5.0部 ダイカル3.0部 ベレット0.5部）
N V K 型	モデル廃砂	三河6号硅砂100.0部 水ガラス5.0部 NVK2.5部 黒ダイ1.3部
	廃 砂 D	D社の廃砂（新砂100.0部 水ガラス5.0部 NVK2.5部 黒ダイ1.3部）
セメント型	モデル廃砂	三河6号硅砂100.0部 ジェットセメント8.0部 水5.0部 ジェットセッター 0.04部 モデファイア0.2部
	廃 砂 E	E社の廃砂（新砂100.0部 ジェットセメント8.0部 強化剤0.2部 分散剤0.2部）

モデル廃砂は28φ×50の形状に造型し、表2に示すとおりに焼成し、冷却後、粉砕し実験に供した。(以下モデル廃砂の場合はガス型モデル廃砂、200℃焼成のものはガス型200、400℃で焼成のものはガス型400 ……………と記す)。廃砂A～Eは鑄造工場の廃砂を採取し、粉砕後、実験に供した。

表2. モデル廃砂の焼成温度および保持時間

温度(℃)	保持時間(分)
常温	—
200	120
400	90
700	60
1000	40
1400	20
1500	10

3. 溶出試験方法

3-1 組成および成分分析

廃砂の組成および含有成分を調べるために、X線分析および発光分析を行った。

3-2 溶出水のPHの経日変化

廃砂を周囲コンクリート壁で囲まれた場所に投棄された場合と、埋立地に投棄された場合を想定し実験した。すなわち、前者の場合は、廃砂を水道水に浸漬し、水をかえずに1ヶ月間のPHの変化を調べた。後者の場合は、廃砂を水道水に浸漬し、毎日水をとるかえ、1ヶ月間のPHの変化を調べた。

3-3 重金属の分析

廃砂を純水に浸漬し、5日間放置後、ジャーテスターで攪拌し、上澄液中の重金属を発光分光分析装置、原子吸光分析装置で定性、定量分析した。

4. 溶出試験の結果および考察

4-1 組成および成分分析

砂は、 α -Quartz, Illite 長石等の組成から成っており、Illite は700℃位から消滅し、1400℃位で α -Cristbalite ができてくることがわかった。水ガラスは非晶質のため、その変態はX線回折装置ではわからなかった。廃砂中に含まれる

金属元素を表3に示す。

有害物質としては、クロム、鉛が含まれているが量としては微量で問題ないと思われる。

表3. 廃砂中に含まれる金属元素(発光分光分析装置による)

元素名 試料名	Na	Ca	Mg	Fe	Si	B	Pb	Al	Cr	Mn	Cu	V	Sn	Zn
ガス型 常温	++		+	+	+++		±	+	()	+	+		()	()
700	++		()	+	+++		±	+		+	+			()
1500	++		+	+	+++		±	+	()	+	+		()	()
廃砂B	+	()	±	+	+++	()	±	±	()	+	+	±	±	()
ダイカル型常温	+	+	+	+	+++	()	()	+		+	+	()	()	()
700	+	+	+	+	+++	()	()	±		±	+	()		()
1500	+	+	+	+	+++	()	()	±		±	+	()		()
廃砂C	+	()	+	+	+++	()	()	+	()	±	+	±	()	()
NVK型 常温	+	+	±	+	+++		()	+	()	±	±	()	()	()
700	+	+	±	+	+++			+	()	()	+	()	()	()
1500	+	+	±	+	+++			+	()	±	+	()	()	()
廃砂D	+	+	±	+	+++		()	+	()	±	±	()	()	()
セメント型常温	+	++	±	+	+++	±	()	+		±	+	()		()
1000℃	±	++	±	+	+++	±		+		±	+	()		
1500℃	±	++	±	+	+++	±	()	+		±	+			
廃砂E	±	++	±	+	+++	±	()	+		±	+	()		()

記号説明 : +++ 主成分

++ 十分に認められる。

+ 明らかに認められる。

± 弱い認められる。

() 非常に弱い認められる。

4-2 溶出水のPHの経日変化
測定結果を図1~図8に示す。

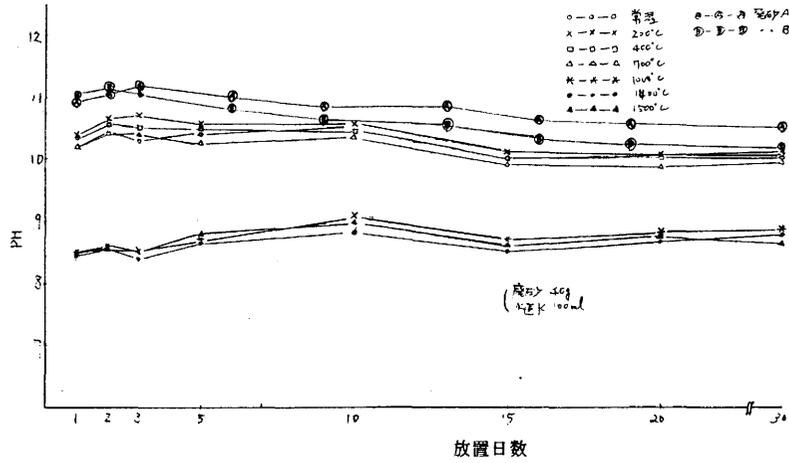


図1. ガス型廃砂のPH変化(水かえず)

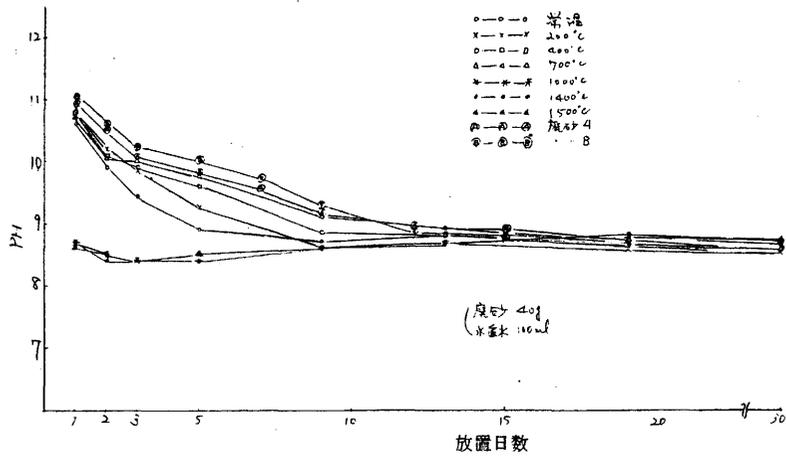


図2. ガス型廃砂のPH変化(水とりかえる)

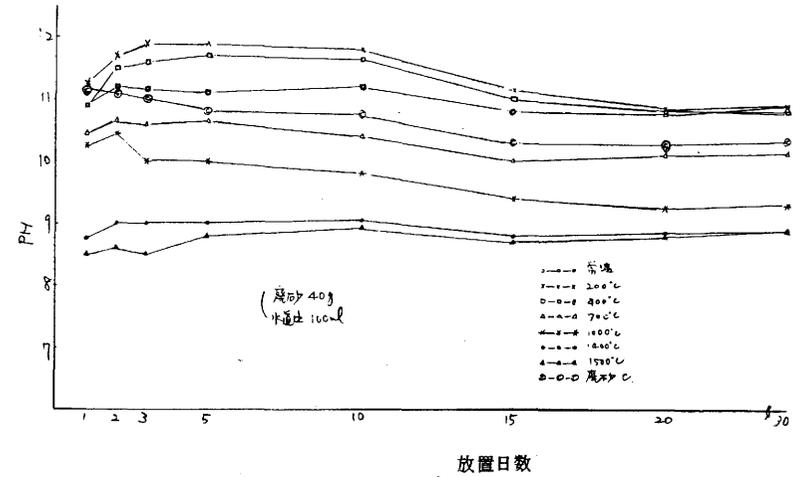


図3. ダイカル型廃砂のPHの変化(水とりかえず)

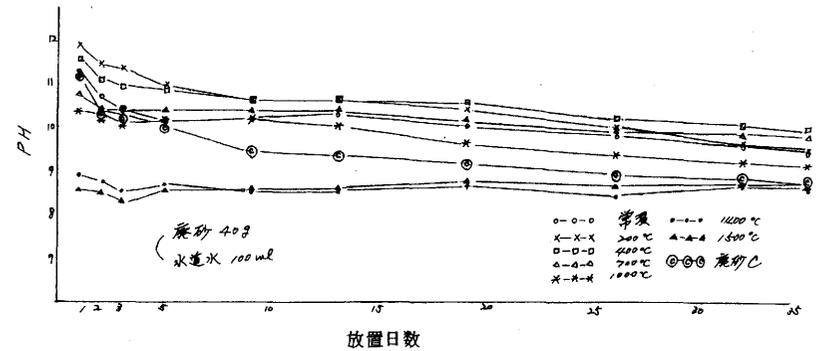


図4. ダイカル型廃砂のPH変化(水とりかえる)

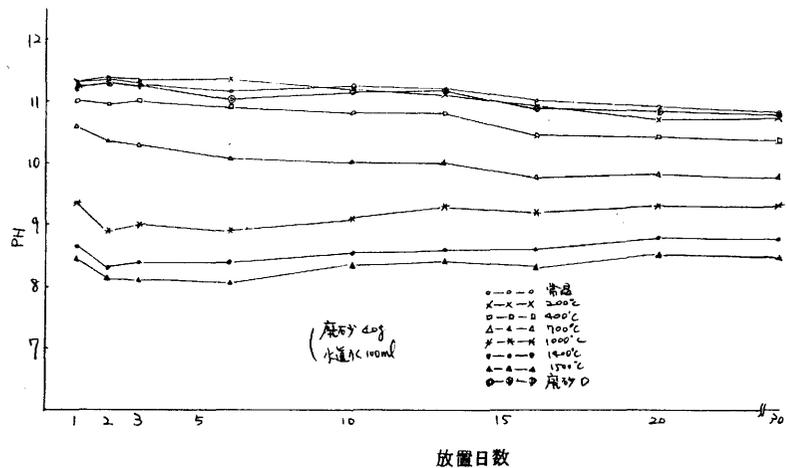


図5. NVK型廃砂のPH変化(水かえず)

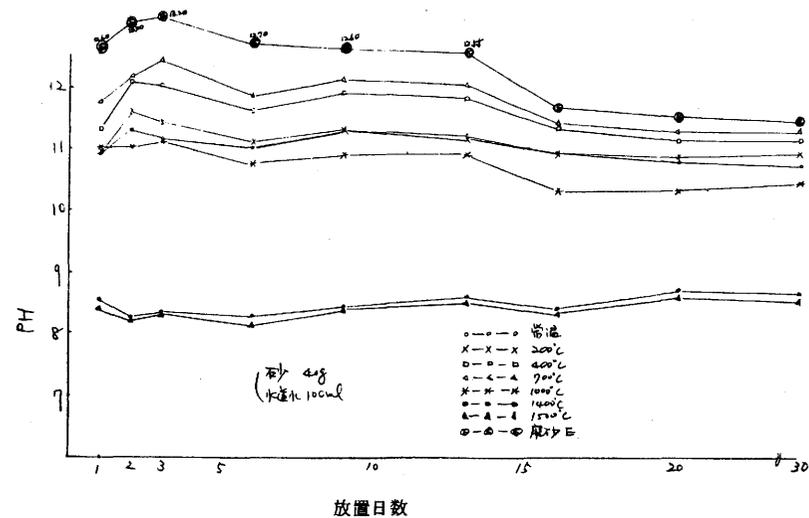


図7. セメント型廃砂のPH変化(水とりかえず)

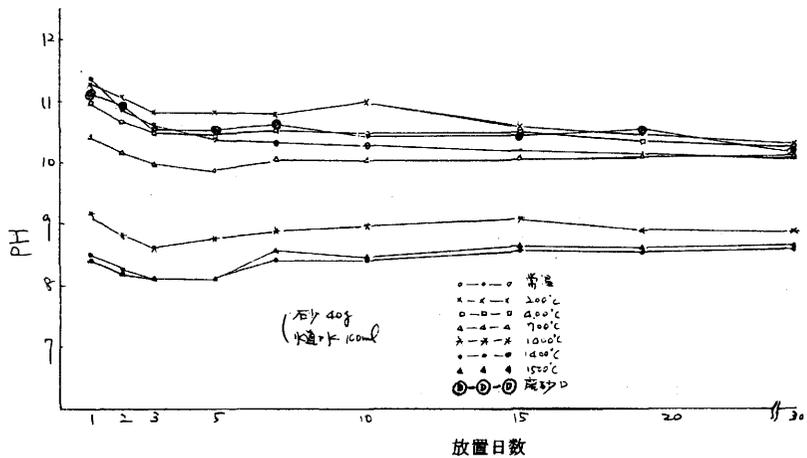


図6. NVK型廃砂のPH変化(水とりかえる)

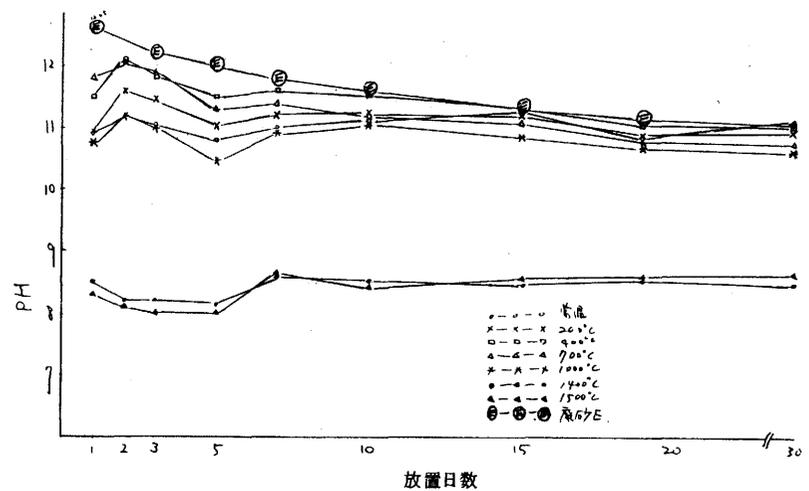


図8. セメント型廃砂のPH変化(水とりかえる)

その結果

- (1) 焼成温度が700℃以下の焼成砂はいずれも高いPHを示した。ダイカル型、セメント型のようにカルシウム分を多く含む砂ほど、高いPHを示す温度範囲が高温側に移動している。このことから水ガラスは700℃~1000℃の間でガラス化し、不溶性となるが、カルシウム分を多く含む砂はそれより高温(少くとも1000℃以上)に焼成しないとPHは低くならないことがわかった。
- (2) 水道水に浸漬後3~5日目までPHが最高値になっているが、これは水ガラスの溶解速度によるものと思われる。その後PHは徐々に低下しているが、これは空気中の炭酸ガスを吸収するからである。
- (3) 常温の砂より200~400℃で焼成した砂の方がPHが高くなっている。特にこの傾向はダイカル型、セメント型に強い。
- (4) 水をとりにかえた場合、ガス型のPHの低下が大きいことは、それだけ水洗による処理が容易であるといえる。ダイカル型では2段階で低下しているが、最初は水ガラスの離脱、次がカルシウム分の離脱によるものと思われる。カルシウム分は徐々にしか解離しない。NVK型、セメント型は水洗の効果が少なく、30日後でもPHは10以上と高く、水洗による効果は少ないといえる。
- (5) ガス型、セメント型では実際の廃砂のPHがモデル廃砂のそれより高くなっているが、水ガラスの添加量が多いのと古砂を再使用しているからと考えられる。
- (6) 溶出した水の色を観察してみると、添加物の影響で400℃以下の焼成砂と工場廃砂の場合は、黒濁しておりSS分が非常に高いと思われた。それより高温に焼成された砂は、茶褐色から茶色と変化し、1000℃以上にすれば無色となった。

以上のことから、溶出水のPHは水ガラスの添加量が多いほど、カルシウム分が多い程高くなる。またカルシウム分が多い程、水洗の効果がなくなり、焼成温度も高くしないとPHは低下しない。水ガラスの融点は700~1000℃の間にあると推定できる。

4-3 重金属の分析

表3に廃砂中に含まれる金属元素を示したが、その溶出水を発光分光分析装置で調べたところ、鉄、銅、マンガン、亜鉛の他は問題となるような元素はなかった。そこでこの4元素について、洗浄回数別に定量分析を行った。その結果を表4に示す。

表4. ガス型、ダイカル型廃砂の重金属溶出量(砂40g, 水100ml) 単位ppm

試料名	元素名 洗浄回数	Fe				Cu				Mn				Zn			
		1	2	3	5	1	2	3	5	1	2	3	5	1	2	3	5
ガス型	200	0.68	0.42	0.34	0.14	0.02				0.06	0.04	0.03		0.04	0.02		
	700	0.36	0.16	0.09					0.07	0.02	0.01		0.02	0.01			
	廃砂A	0.38	0.24	0.15	0.09	0.12	0.05			0.03				0.005			
	廃砂B	1.61	0.34	0.12	0.05	0.03				0.34	0.07	0.02		0.01			
ダイカル型	常温	0.40	0.25	0.20	0.15	0.05			0.02				0.04	0.015			
	1400	0.1															
	廃砂C	3.20	0.80	0.35	0.2	0.15	0.05	0.02		0.31	0.07	0.01		0.07	0.015		

いずれも基準値以下で、重金属に関する限りは問題はないようである。

5. 処理方法

前項の溶出水の実験の結果、廃砂が投棄された場合、最も問題となるのは、水ガラスを粘結剤に使用しているために、PH値の高い水が溶出することと、ナトリウム分を多く含む水が溶出することである。そこで、ダイカル型、ガス型を対象にしてナトリウムの溶出量及びPHを調べ、その処理について検討した。

5-1 水洗法

先にガス型の廃砂は水洗効果が大きいことがわかったので、水洗を5回~10回行ないそれぞれのナトリウムの溶出量とPHを測定した。その結果を図9、図10に示す。

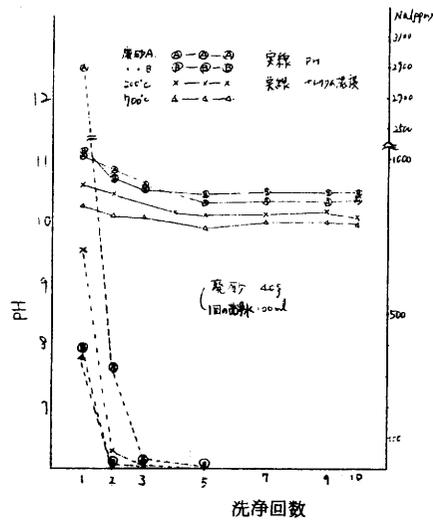


図9. ガス型廃砂の水洗処理
 洗浄回数とPHおよびNa⁺溶出量

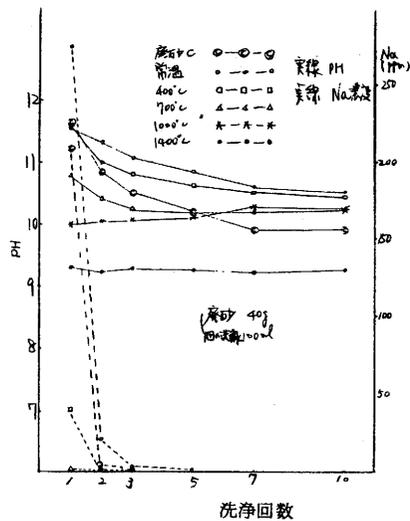


図10. ダイカル型の水洗処理
 洗浄回数とPHおよびNa⁺溶出量

ナトリウム分は1回の洗浄で可溶性のものはほとんど溶出してしまふことがわかった。それに比べPHがあまり低下しないのは、純水を使用しているために、水に緩衝性がないためと思われる。(洗浄回数3~5回のナトリウム量の少ない水は少しの酸で中和可能である。)

このことから、水ガラス系粘結剤を使用している廃砂を再生する場合は湿式法で行うとよいことがうかがえる。洗浄した砂の表面を顕微鏡写真で観察すると、水洗により表面の付着物がとれているのがわかった。

廃砂を水洗で処理しようとする場合は、廃砂の再生使用を考慮に入れた方がよいが、逆に洗浄水の処理という問題が起ってくる。このことについては今回の研究から除外したので機会があれば行いたいと思っている。

5-2 中和法

廃砂を酸で中和して投棄する場合、酸がどれだけ必要かを求めた。その時の中和曲線を図11, 図12に示す。

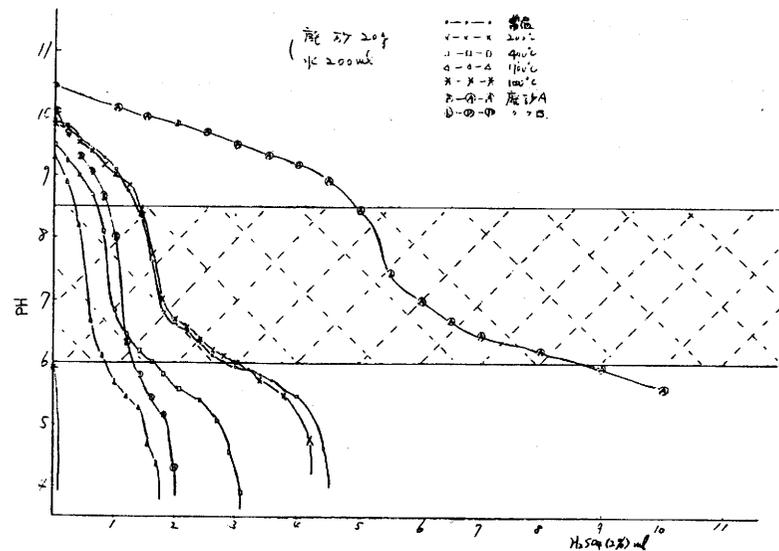


図11. ガス型廃砂の硫酸による中和曲線

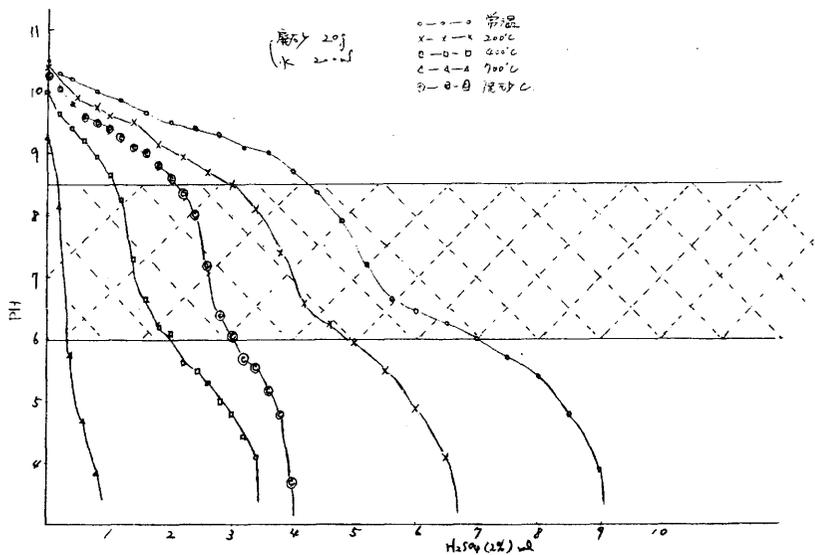


図 12. ダイカル型廃砂の硫酸による中和曲線

これより、廃砂 1 t を中和するのに必要な硫酸量は表 6 に示すとおりになった。

表 6. 廃砂を排水規制値の PH に中和するのに必要な濃硫酸量 (廃砂 1 t 当り)

砂 型	試 料	PH 8.5 に中和	PH 6.0 に中和
ガ ス 型	常 温	1 9 0 0 c c	2 8 0 0 c c
	2 0 0	1 9 0 0 c c	3 0 0 0 c c
	4 0 0	7 0 0 c c	1 6 0 0 c c
	7 0 0	5 5 0 c c	8 0 0 c c
	1 0 0 0	—	—
	廃 砂 A	4 9 0 0 c c	8 4 0 0 c c
" B	8 5 0 c c	1 3 0 0 c c	
ダイカル型	常 温	4 2 0 0 c c	7 0 0 0 c c
	2 0 0	3 0 0 0 c c	4 9 0 0 c c
	4 0 0	1 1 0 0 c c	2 0 0 0 c c
	7 0 0	1 0 0 c c	4 0 0 c c
	廃 砂 C	2 1 0 0 c c	3 0 0 0 c c

廃砂 A は水ガラス添加量も多く、古砂を 50% 使用しているため中和に要する硫酸量も多くなっている。ダイカル型はカルシウム分を含むため硫酸量も多く要するのは当然で、ガス型の 2.0~2.5 倍必要であった。この表から廃砂 B, C は 400℃ 前後に焼かれた廃砂と推定できる。

いづれにしても中和に必要な硫酸の量は、水ガラスの添加量、焼成温度により変わってくる。ということはナトリウム量によるといえる。実際の廃砂においても焼成温度、焼型の肉厚、古砂の混合割合等によって中和に要する硫酸量はかわってくるので実際にはあらかじめ少量の廃砂 (例えば 100g 程度) で実験し、酸の必要量を求めてから処理するとよい。

5-3 砂の焼成

砂の焼成温度、水ガラス添加量と溶出ナトリウム量、中和に必要な硫酸量とは密接な関係にあるのは明らかであるので、これらの関係を詳しく調べるために次の実験を行った。

まず、水ガラス添加量 2%, 4%, 6%, 8%, 10% の試料を作成し、各々を常温、200℃ (120分保持)、400℃ (90分保持)、600℃ (70分保持)、800℃ (54分保持) で焼成し試料とした。この試料 40g を水 100ml に 5 日間浸漬し水洗処理を行った時のナトリウム溶出量及び PH を表 7 に、中和するのに必要な硫酸量を図 13 に示す。

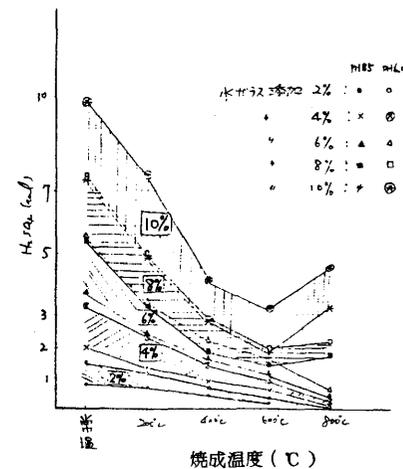


図 13. 焼成温度と中和に必要な H₂SO₄ 量 (砂 1kg 当り)

表 7. 水洗処理による PH およびナトリウム溶出量

水 添 加 量 (%)	焼 成 温 度 (°C)	洗 浄 回 数	PH				溶出ナトリウム量(mg) 廃砂1kg 当たり					
			1	2	3	5	1	2	3	5	合 計	溶出率 個目/合計 (×100)
2%	常 温		10.80	10.65	10.40	10.25	1800	267	75	20	2162	83.3
	200		11.10	10.85	10.70	10.20	1425	205	45	18	1693	84.2
	400		11.30	10.70	10.40	10.15	675	133	38	15	861	78.4
	600		11.20	10.55	10.45	10.10	325	90	25	10	450	72.2
	800		9.90	8.80	7.40	7.25	55	10	3	3	71	77.5
4%	常 温		11.05	10.60	10.25	9.45	3250	525	158	68	4001	81.2
	200		11.30	10.70	10.40	10.25	2350	375	108	53	2886	81.4
	400		11.35	10.60	10.20	9.85	1400	230	78	45	1753	79.9
	600		11.30	10.65	10.40	10.15	850	160	63	40	1113	76.4
	800		9.90	9.35	8.70	7.85	223	50	15	8	296	75.3
6%	常 温		11.30	10.80	10.50	9.85	4375	800	205	83	5462	80.1
	200		12.10	11.40	11.15	10.75	4250	750	158	108	5266	80.7
	400		11.90	11.25	10.85	10.50	3625	675	125	85	4510	80.4
	600		11.75	11.10	10.80	10.25	2400	410	115	80	3005	79.9
	800		10.70	10.20	9.85	9.25	1330	220	60	43	1653	80.5
8%	常 温		11.45	10.65	10.35	9.70	6125	1000	268	113	7506	81.6
	200		12.45	11.60	11.20	11.10	6500	950	210	160	7820	83.1
	400		12.15	11.20	11.00	10.80	5000	950	200	130	6280	79.6
	600		12.00	11.05	10.90	10.75	4000	752	145	110	5007	79.9
	800		11.80	10.90	10.70	10.50	3875	700	129	90	4794	80.8
10%	常 温		11.60	10.70	10.10	9.45	8000	1450	365	123	9938	80.5
	200		12.10	11.55	11.30	11.10	8750	1100	220	180	10250	85.4
	400		12.00	11.40	11.10	10.90	6250	1075	210	150	7685	81.3
	600		12.40	11.45	11.05	10.85	5030	955	200	140	6325	79.5
	800		12.00	11.35	11.15	10.85	5830	980	220	150	7180	81.2

可溶性のナトリウムは1回の洗浄で約80%溶出しており、焼成温度の上昇と共に可溶性ナトリウムは水ガラス添加量が少ない時は減少し、約800°Cでほとんど零になる。逆に多い時は可溶性ナトリウムはいったん減少してから増えているが保持時間による影響が大きいと思われる。(保持時間が十分大であれば800~900°Cで可溶性ナトリウムは零になるとと思われる。)焼成温度とナトリウム溶出量の関係を図14に示す。

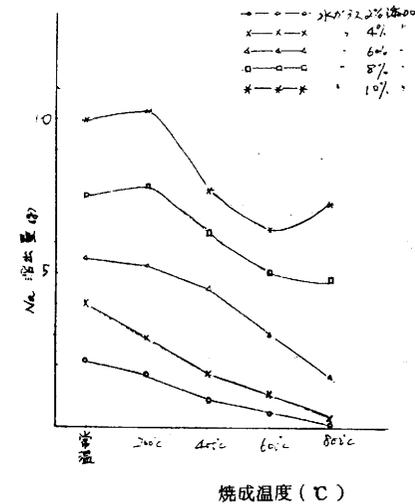


図 14. 焼成温度とナトリウム溶出量 (砂 1kg 当たり)

中和に必要な酸の量は、水ガラス添加量6%を例にとると常温砂で砂1kg 当り4~5mlとなり、焼成温度が高くなると酸の量も少しでよい。この場合も十分な保持時間を与えれば約800~900°Cで硫酸は不要となるものと推定できる。図13によって廃砂の焼成温度と水ガラスの添加量がわかれば、中和に要する硫酸量を求めることができる。また焼成温度とPHの関係は水ガラスの添加量が多くなるとPHが高くなるが焼成温度について600°C位まではほとんどPHは同じであった。

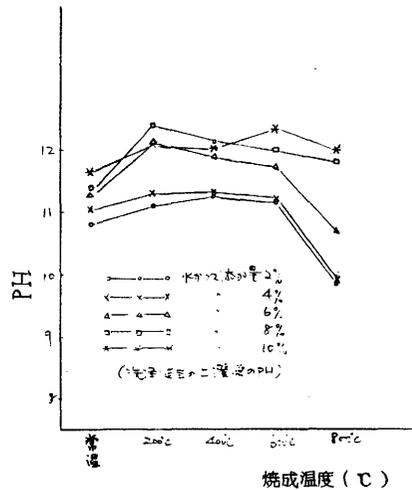


図15. 焼成温度とPHの関係

実際の廃砂を考えてみると、鋳肌に近い部分は高温に焼けているので問題はないが、裏砂の部分は400℃位と考えられる(5.2参考)ので無公害化するには800℃以上に焼成するか、中和処理、あるいは水洗して投棄(この場合、洗浄水の処理が必要)するようすべきである。

6. まとめ

無機系自硬性廃砂が投棄された場合、高PHナトリウム分を多く含む黒濁水(浮遊性物質の多い水)が溶出するので何らかの処理をして投棄しないと公害問題が起るのは必至である。

その処理方法としては、水洗法ではガス型の場合、可溶性ナトリウムは1回の洗浄で約80%溶出するので水処理の必要があるが、廃砂を再生利用する場合に有効と思われる。中和法ではガス型の場合は図13より廃砂の焼成温度と水ガラス添加量がわかれば中和に要する硫酸量を求めることができる。

結果

焼成法では廃砂を800℃以上で十分に焼成すれば水ガラスは不溶性となりナトリウムの溶出はなくなる。

実験した4種類の鋳型ではガス型は水洗処理、他の鋳型はカルシウム分を含むため水洗の効果は少ないので、中和処理が焼成処理の方が適当である。

しかしながら、今後は省資源、再利用という観点から水洗又は中和洗浄し砂の再生使用を考えていくのが得策と考えられる。

おわりにあたり、試料を提供していただいた各企業にたいし深謝いたします。

参考文献

- (1) 浜住 松 二 郎 鋳物砂と鋳型材料
- (2) 北 川 肇 鋳鍛造 1974 8 98
- (3) 総合鋳物センター研究報告 No.187 鋳造工業における産業廃棄物の処理および有効利用の調査
- (4) JIS K 1408 ケイ酸ソーダ

鋳型形状および押湯と肉厚感度との関係

技師 藤井敏弘 村口明義 ○松川進
樋口英司 西内広志

1. 実験目的

鋳物はその良好な性質により各分野で広く活用されている。その反面、他の加工物に比べ肉厚による差が大きい事、すなわち肉厚感度（または質量効果）が大と言う致命的な欠点を持っており、これに起因する事故が鋳物不良（特に材質面で）の大半を占めている。ちなみに、表1に示すように当所における鋳物関係の技術相談の内分けからも肉厚感度に関する問題が如何に多いかがわかる。

表1. 鋳物関係における技術相談分類表

(件数)

項目 年度	溶解	鋳型	鋳造 方案	材質 肉厚感度	材質 その他	設備	試験法	非鉄	組成	成分	計
S48	5	3	3	18	12	1	10	8	8		68
S49	6	7	4	16	17	3	9	8	11		81

この事はまだその良い性質を最大限に生かしきれていない原因の一つである。

これは冷却速度による黒鉛成長と結晶粒の粗大化に起因すると言われてている。すなわち、鋳型を含めた鋳造方案に関係が深い事は明らかである。

そこで今回はこの問題の解決の一助とすべく、鋳型の形状と押湯が肉厚感度に如何なる影響を及ぼすかを調べた。

2. 実験方法

2-1 鋳型形状及び鋳込方案

鋳型形状は階段状・三角状・多角状の三種類とし、各々押湯有と無の二通りとする。湯口はそれぞれ側面につける。その鋳造方案および寸法を図1~3に示す。なお参考のために丸棒（横鋳込）も使った。

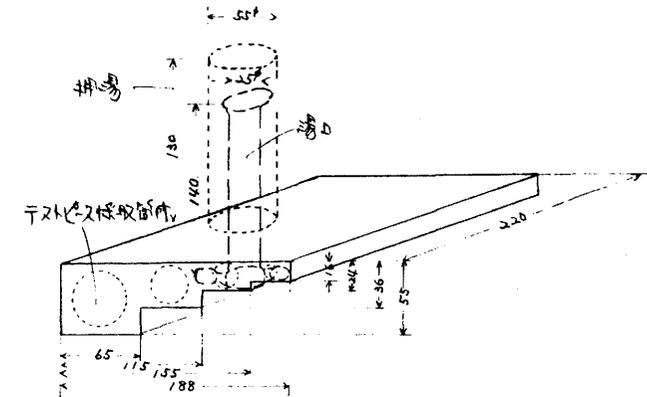


図1. 階段状鋳型 (A) の型状及び寸法

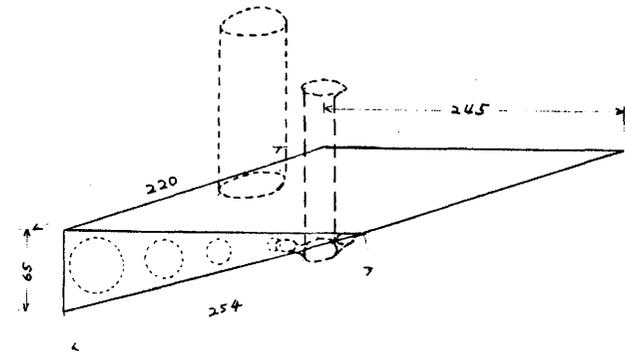


図3. 三角状鋳型 (B) の型状及び寸法

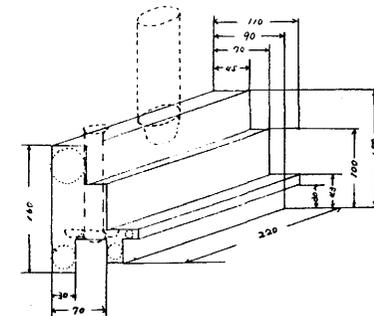


図3. 多角状鋳型 (C) の型状及び寸法

2-2 造型

全て一定条件とし、表2に示す性質の山砂にて造型する。

表2. 造型砂の性質

	水分 (%)	通気度	抗圧力 (kg/cm ²)	粘土分 (%)	粒度分布 (%) (重なもののみ)			
					65 (mesh)	100	150	200
山砂	5.5	59	0.63	18.6	11.8	23.0	24.6	12.0

2-3 溶解方法

溶解炉は高周波誘導電気炉を使用し、1回の溶解量は30kgとした。

FC20を目標として配合した。その割合を表3に示す。

地金投入は銑鉄、鋼屑の順とし、完全に溶け落ちてから50S (50% Si合金) を添加した。接種は特に行わず、約10分間鎮静後鑄込んだ。鑄込後の化学成分を表4に示す。なお鑄込温度は1380~1400℃である。

表3. 配合割合

	銑鉄	鋼屑	50S	計
割合	79.4	19.8	0.8	100.0

表4. 鑄込後の化学成分

	C	Si	Mn	P	S
FC20相当	3.12	1.87	0.48	0.072	0.039

2-4 テストピースおよび試験

鑄込んだ試料はJISZ2201の8号試験片(8A-D)に加工し、これを引張・硬さ(ブリネル)試験に供した。なお、硬さ測定箇所は湯口と反対側で引張試験時のチャック部の中心寄りである。

また、破面写真および顕微鏡組織写真を引張後の破断面からとった。

3. 実験結果および考案

3-1 機械的性質

鑄型形状A(階段・三角・多角の3水準)、押湯B(押湯有・無の2水準)、肉厚C(13・20・30・45mmφの4水準)の3因子の関係についてまとめると表5、6のようになる。

表5. 引張強さの分散分析表

要因	S·S	d·f	m·s	F o	寄与率 (%)
A	11.0	2	5.5	3.9	
B	63.1	1	63.1	45.1	40.1
C	69.6	3	23.2	16.6	45.8
A×B	1.7	2	0.9	0.6	
A×C	5.4	6	0.9	0.6	
B×C	2.1	3	0.7	0.5	
E	8.1	6	1.4		残14.1
計	161.0	23			100.0

注) **: 1%で有意

表6. 硬さの分散分析表

要因	S·S	d·f	m·s	F o	寄与率 (%)
A	1.2	2	6.0	0.1	
B	207.2	1	207.0	46.0	67.0
C	3.2	3	1.07	0.2	
A×B	39.4	2	19.70	4.4	
A×C	2.23	6	3.72	0.8	
B×C	15.6	3	5.20	1.2	
E	27.0	6	4.50		残33.0
計	315.9	23			100.0

注) **: 1%で有意

これらの表から引張強さに対しては押湯および肉厚の、硬さに対しては押湯の影響がそれぞれ大となった。引張強さで有意と出た肉厚が硬さには関係ない事がわかった。

これはテストピース採取箇所が各々の試料の表面からでなく、内部からである事、他方配合が同じである事による基地組織の均一化が相当影響していると思われる。(硬さは黒鉛面積率が引張ほど影響しない事にもよる)

また、両者とも形状は関係なく、それぞれの交互作用もない事が判明した。

これらを図示したのが図4~6である。

すなわち、機械的性質は鋳物肉厚は勿論の事、押湯により予想以上に影響される事が確認できた。

押湯無が有よりも強度が高いのは凝固速度が早い事による組織のチ密さが原因である。

この事から、押湯の効果は強度面よりもむしろその正常凝固(Progressive Solidification)を促進させる事による収縮巣の防止にある事がわかる。

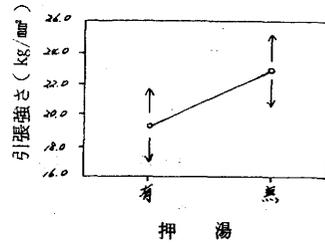


図4. 押湯と引張強さの関係

3-2 組織および破面

上記の機械的性質の結果を顕著に表現しているのが写真1である。

特に肉厚の増加による黒鉛の粗大化がめだっている。すなわち、チ密なE, D型から粗大なA型黒鉛に成長している。

写真2の肉眼破面でもこの点を実証している。

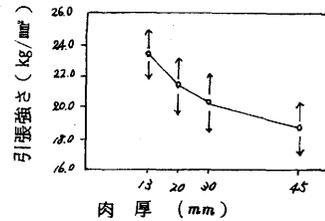


図5. 肉厚と引張強さの関係

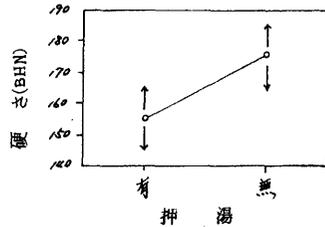


図6. 押湯と硬さの関係

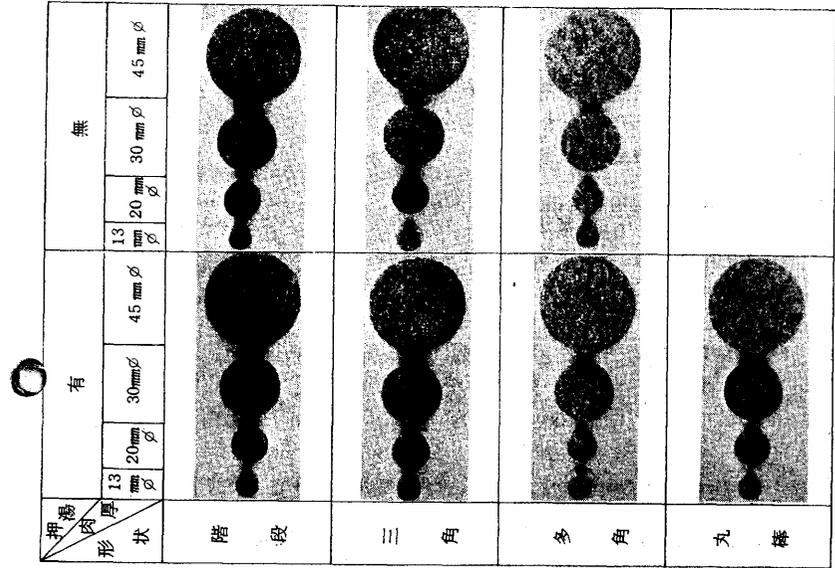


写真2. 各条件における破面

X6/5

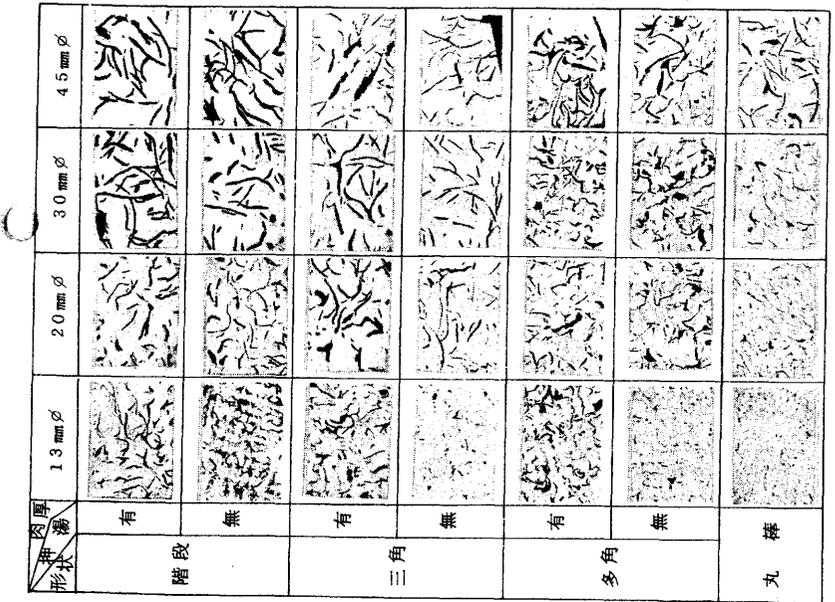


写真1. 各条件における組織写真

X100X2/5
腐触前

3-3 各要因と肉厚感度

前述の表5, 6より硬さに対して肉厚の影響がない事から, ここでは引張強さについて検討してみる(丸棒はこの限りにあらず)。

図7, 8に肉厚の影響を示す。

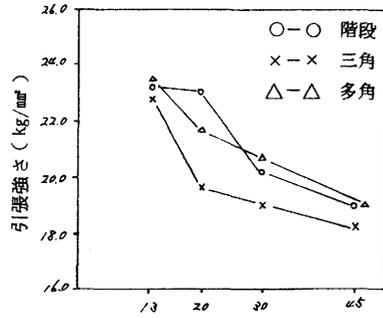


図7. 引張強さにおける形状と肉厚の関係

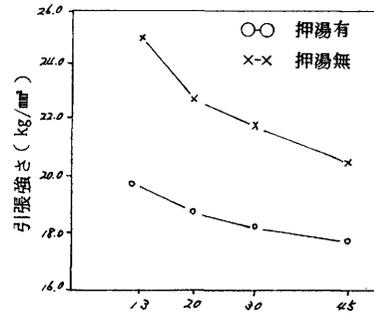


図8. 引張強さにおける押湯と肉厚の関係

これからも鋳物の肉厚感度が大きい事ははっきりしている。形状が階段・多角状の鋳型は三角状に比べより大きい事がわかる。これはその形状から緩やかなカーブを描く三角状に比べ他は各肉厚によりやや独立した凝固状態を呈するからと思われる。なお, 三角状の13mmφはチルの影響も作用している。

また, 押湯はその溶湯保給効果により肉厚感度が小さくなる事をこの図は意味している。

丸棒の肉厚による影響を図9, 10に示す。

これからも丸棒のように単一の形状で, しかも黒皮のまま試験するものは製品などの実体よりも遙かに肉厚感度が大きい事がわかる。ゆえに, この面からもテストピースと実体とを同一視する事は危険である。

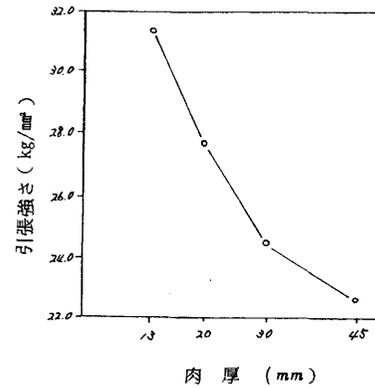


図9. 丸棒の引張強さと肉厚の関係

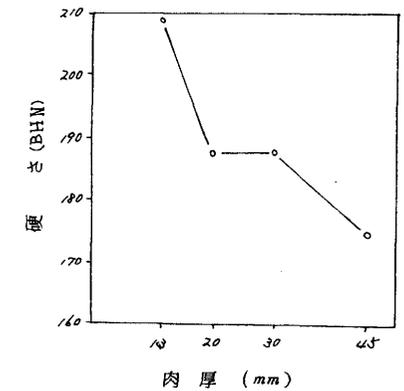


図10. 丸棒の硬さと肉厚の関係

これらの事をより明確にするために引張強さについての肉厚感度を比率で求めたのが図11, 12である。

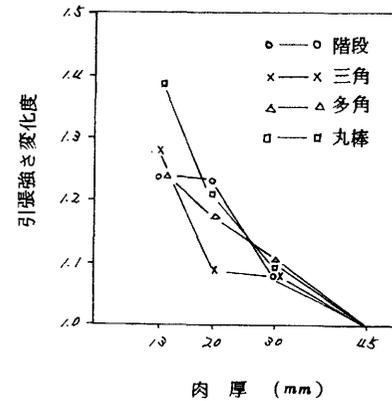


図11. 形状と肉厚感度(引張強さの場合)

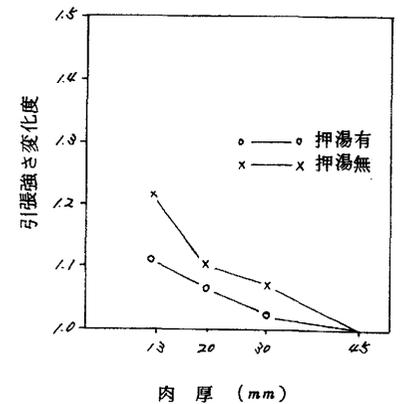


図12. 押湯と肉厚感度(引張強さの場合)

これは45mmの引張強さを基準とし, これを1とした場合の各肉厚のその比率(変化度と言う)をグラフ化したものである。

この図から肉厚感度のみを考えた場合, 押湯の有無よりも形状に左右される事がより以上である事が確認された。

以上のように強度面からみても鋳物肉厚が急激に変化する事が如何に悪影響をおよぼすか

がわかる。

これに耐圧性・加工性あるいは鑄造性などを考えると、なおその度合が深まるであろう。

これらの理解を深めるために、簡単な図により一般的な金属および合金の容積収縮の機構を考えてみよう。金属および合金の凝固収縮は図13のような段階で行われる。

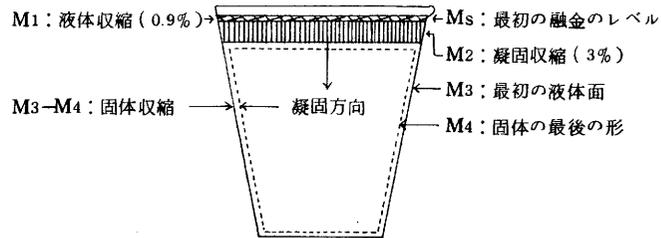


図13. 金属及び合金の収縮過程

すなわち、ある容器に入った金属は次の3つの収縮を行う。

- 1) Ms→M1 までの収縮で鑄込温度から凝固温度までの液体収縮
- 2) 次に、M1→M2 までの凝固時の凝固収縮
- 3) M3→M4 の凝固後室温まで冷却される際の固体収縮

このようにMsの金属が最後にはM4にまで収縮され小さくなる。この事は鑄造方案に関係が深く、特に液体および凝固収縮、それに収縮時のひげ巣 (Shrinkage Cavity) は凝固時の溶金の補給、すなわち押湯および形状の工夫である程度避ける事が出来るし、この事が肉厚感を小さくする事にもつながる。

ゆえに、肉厚感の防止は単にC、Siなどの成分調整、あるいは接種のみで計るのではなく、設計段階での形状、押湯を含めた鑄造方案の検討が重要なポイントになる事は確実である。

4. 結 論

肉厚感の問題を鑄物形状および押湯の面から検討してきたが、これから次のような結果を得た。

- 1) 鑄型形状は肉厚感度に大きな影響をおよぼす
- 2) 硬さは形状・押湯の如何にかかわらず引張強さに比べ肉厚による差は少ない
- 3) 押湯は肉厚感度を小さくし、材質面でのバランスを良好にする。
- 4) 肉厚の極端な変化を避ける事はひげ巣を無くし、肉厚感度を小さくする効果がある。

なお、この実験に際し当所の上田成男主査、および清水工業㈱、大洋工業㈱の協力を得た事を付記しておく。

参 考 文 献

- 1) 鑄鉄の材質 日本鑄物協会編
- 2) 鑄造工学 高瀬孝夫訳
- 3) 世界鑄物欠陥分類集 日本鑄物協会編
- 4) 鑄物 46(1974)12

測長器における標準尺読取精度の検討

佐藤 真知夫

1. はじめに

当所の万能顕微測定器MLD-1000型による寸法測定精度の向上を図る目的でレーザー干渉計を付加して実現可能な測定精度の予想を企図してこれまで測長キャリッジの運動に関する検討を行なったが、接触測定に随伴する諸問題として測定子に起因する精度の状態、キャリッジ位置決め精度、ベットの变形の態様などがあり、さらに干渉計に直接関わる問題として測定環境(温度・気圧・空気のゆらぎ)など多くの検討事項がある。この中には干渉計設置後の研究課題も含まれているがそれ以前に検討しておくべきものも含んでいる。そこでこの際干渉計に限定せず経済的にも能率的にも最良の方法を採用すべきであると考え、測定精度の現状を分析し、その改善の方法を考察することとした。今回は内蔵標準尺の読取精度の程度を検討する。

2. 標準尺読取精度の測定

寸法は固定された読取顕微鏡により標準尺の目盛刻線の像を捉え、1mm間の補間を光学的マイクロメータで1μm(目測で0.1μm)まで読む。即ち標準尺の目盛を顕微鏡視野内の2重レチクル線の中央にはさむ操作を行う。人間のパターン認識能力は高度なものと考えられているが畢竟測定者の視覚に依存する故この合致精度は余り良くはない。そこでこの単純な操作によって得られる読取精度がどの程度であるかを測定する。

測定の方法は1本の標準尺目盛を定めキャリッジを固定して視野の中央部の0.5mmの2重レチクル線の中央に正しくはさんだ状態にセットした後目盛線を一旦2重レチクル線の外にはずして再び合致させる操作を繰り返す。

実験の要因として測定者(A)を日常的な精密測定の経験者および未経験者の2水準、読取の方法(B)として投影装置および接眼レンズによる2水準をとり、測定者の身体的疲労による影響を考慮し午前と午後にて反覆測定する2段階割法による実験を行なった。(図1)

反 覆	測定者	読取の方法	繰 返 し
R1	A2(経験無)	B1(投影)	10回
		B2(接眼)	〃
	A1(経験者)	B2	〃
		B1	〃
R2	A1	B2	〃
		B1	〃
	A2	B1	〃
		B2	〃

測定上の注意として目盛線の合致は常に一定の方向で行うこと、顕微鏡視野内の円周目盛(0.01mm以下の読取)は合致操作が終るまでは意識的に見ないこととした。

表1は測定結果である。

表 1 デ ー タ

(単位 μm-1)

		R 1		R 2	
		A 1	A 2	A 1	A 2
B1	n=1	-2	0	0	-5
	2	4	-2	-1	2
	3	0	-5	0	5
	4	1	7	0	-1
	5	3	2	1	2
	6	1	0	0	2
	7	2	3	3	0
	8	2	1	1	2
	9	1	8	3	5
	10	2	5	4	7
B2	1	-1	0	-1	0
	2	2	2	1	-3
	3	2	-5	1	-1
	4	1	2	0	0
	5	-1	-5	3	-5
	6	-2	2	0	2
	7	1	2	-1	-5
	8	2	-10	0	-10
	9	-2	-2	3	0
	10	-1	-3	1	-5

* 表中の値は設定値 50.5000mmを基準にしたもの

3. 測定結果の解析と考察

測定データを表2の分散分析表にしたがって解析した。

表2.

一次因子 R:変量, A:母数
二次因子 B:母数
三次因子 繰返し

要因	自由度	期待値	検定法
R	r-1	$\sigma_{E3}^2 + n\sigma_{E2}^2 + nb\sigma_{E1}^2 + abn\sigma_R^2$	* * * VE(2,3) VE'
A	a-1	$\sigma_{E3}^2 + n\sigma_{E2}^2 + nb\sigma_{E1}^2 + bn\sigma_A^2$	
E1	(r-1)(a-1)	$\sigma_{E3}^2 + n\sigma_{E2}^2 + nb\sigma_{E1}^2$	
B	b-1	$\sigma_{E3}^2 + n\sigma_{E2}^2 + an\sigma_B^2$	
A×B	(a-1)(b-1)	$\sigma_{E3}^2 + n\sigma_{E2}^2 + nr\sigma_{A^2B}$	
E2	a(r-1)(b-1)	$\sigma_{E3}^2 + n\sigma_{E2}^2$	
E3	abr(n-1)	σ_{E3}^2	

$$V_{E(2,3)} = \frac{SE(2)+SE(3)}{f_{E(2)}+f_{E(3)}}$$

$$V_E' = \frac{SE(1)+SE(2)+SE(3)}{f_{E(1)}+f_{E(2)}+f_{E(3)}}$$

データの構造は次式で表わされる。

$$X_{ijkn} = \mu + \rho_k + d_i + E_{rik} + \beta_j + (d\beta)_{ij} + E_{zijk} + E_{zijkn}$$

表3.

要因	S·S	F	V	Fo	E (V)
R	0.6125	1	0.6125	0.29	$\sigma_{E3}^2 + 10\sigma_{E2}^2 + 20\sigma_{E1}^2 + 40\sigma_R^2$
A	19.0125	1	19.0125	9.44	$\sigma_{E3}^2 + 10\sigma_{E2}^2 + 20\sigma_{E1}^2 + 40\sigma_A^2$
E1	2.1125	1	2.1125	0.93	$\sigma_{E3}^2 + 10\sigma_{E2}^2 + 20\sigma_{E1}^2$
B	122.5125	1	122.5125	54.16*	$\sigma_{E3}^2 + 10\sigma_{E2}^2 + 40\sigma_B^2$
A×B	5.28125	1	5.28125	23.35*	$\sigma_{E3}^2 + 10\sigma_{E2}^2 + 20\sigma_{A^2B}$
E2	4.5250	2	2.2625	0.27	$\sigma_{E3}^2 + 10\sigma_{E2}^2$
E3	60.83	72	8.449		σ_{E3}^2
計		79			

表3の分散分析から読取の方法および測定者と読取の方法との交互作用に危険率5%の有意差が得られた。原データから測定未経験者は読取値のばらつきが大きいことが容易に看取できた。かたよりのないことになる。また読取の方法間に有意差があるのは投影装置の着脱により2重レチクル線の相対的位置変化が生じたものと考えられる(通常は顕著な位置の変化は認められない)。さらに一般に終日継続的に測定する場合は身体的疲労や眼の酷使によって測定視野系が多少とも不鮮鋭化するものであるが今回は測定時間が断続的かつ比較的短時間のためこれらの影響が現われないのみならず、測定者A2の場合には測定室外側の照度の低下により投影読取の場合にはむしろR1(午前)よりR2(午後)測定時の方が視野が鮮明に感覚的には思われた。

二次要因のA×Bが有意であるのでAiBjについて分散の不偏推定値を求める。

$$\begin{aligned} \hat{\sigma}^2\{\hat{\mu}_{AiBj}\} &= \frac{1}{r}\hat{\sigma}_R^2 + \frac{1}{r}\hat{\sigma}_{E1}^2 + \frac{1}{r}\hat{\sigma}_{E2}^2 + \frac{1}{nr}\hat{\sigma}_{E3}^2 \\ &= \frac{1}{abnr}\{V_R + (a-1)V_{E3} + a(b-1)V_{E3}\} \\ &= \frac{1}{80}(0.6125 + 8.449 + 2 \times 8.449) \\ &= 0.32 \\ \hat{\sigma} &= 0.57 \end{aligned}$$

当所の万能顕微測定器でブロックゲージによる比較測定を行う場合の測定精度は最良の場合0.5μmくらいであるので標準尺の読取精度の影響は決して小さくないことになる。しかし他の考えられる誤差要因もかなり大きいのでそれらの検討も必要であるといえる。またこの読取精度には室温の変動の効果が交絡している可能性もある。

図2は測定温度と読取値の時間的変動を表わしたものであるが温度の変動に対応した何らかの周期性があるようにも思われるがこれだけではその推定はできない。時系列解析などが必要となる。

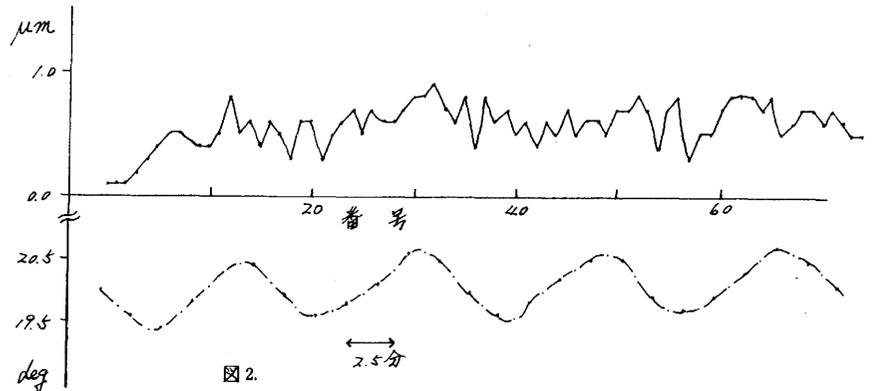


図2.

4. あとがき

光学的測定分野ではスケールの刻線やこれに類似の線上あるいは点状のパターンの中心線を一次元的自動的に検出することができる光電顕微鏡が普及して、その検出精度は $0.1\ \mu\text{m}$ といわれている。現在の測定器の光学系に適用できれば標準尺の読取に関する精度は安定的に改善できると考える。

ねずみ鑄鉄の簡易強度試験法の開発研究

辻 久 男
中山 勝 之

1. ま え が き

彦根地方は古くからバルブの生産がさかんであり、ここで生産されるバルブの90%近くが、ねずみ鑄鉄製である。FC20やFC25といった低強度のねずみ鑄鉄を压力容器として使用することはまれであり、バルブはその特異なものといえよう。使用されるねずみ鑄鉄の材質、すなわち強度的な面での一様性が高いことが要求される。

しかし、現在おこなわれている検査はJISによる供試材の強度試験（引張試験、抗折試験、硬さ試験）と完成品の水圧検査であり、製品個々の強度的な試験は、ほとんどおこなわれていないのが実状である。

供試材と製品との強度差がなければ問題は無いのであるが、JISによる供試材の強度より、製品の強度が弱くなる場合がほとんどで、その低下率も一定でない、製品から引張試験片を採取すれば、その製品は使えなくなってしまうし、他に適当な試験方法のないことも材質管理を遅らせている原因になっている。

製品を壊さずに工場内で手軽に強度検査が出来れば有意義である。そこで、ねずみ鑄鉄についての換算関係、および簡易試験法について検討したので、その結果を報告する。

2. 基本的な換算の傾向

金属材料の強度特性を表わすのに、引張強さ、圧縮強さ、疲労強さ、かたさ、などが用いられる。特に、かたさ試験は試験方法の種類が多く、簡便であり、材料強度との関連を明らかにすることにより、試料に適した試験方法を選んで広く活用されている。したがって、同じ試料であっても使用者の立場によって、異種のかたさ試験方法が用いられるが、このような場合には、かたさ換算曲線をあらかじめ作成しておき、換算曲線を媒介として試験方法間の比較が行なわれる。図1(a)は、材質SKのかたさ基準片の換算のグラフであり、換算曲線の信頼限界巾は小さい。他の試験方法間、あるいは各種強度特性との関係も同じように換算曲線を媒介として、各種特性値間の比較がおこなわれている。そこで、ねずみ鑄鉄についての換算関係を求めたのが図1(b)である。

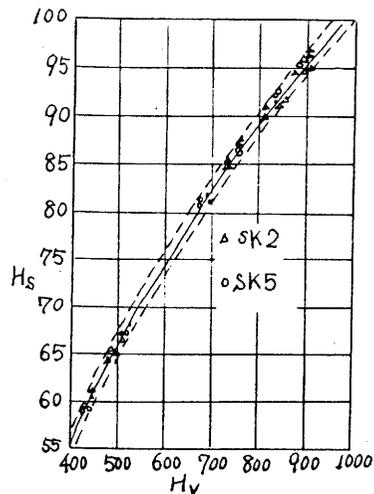


図 1.(a) ビッカースかたさとショアかたさの関係

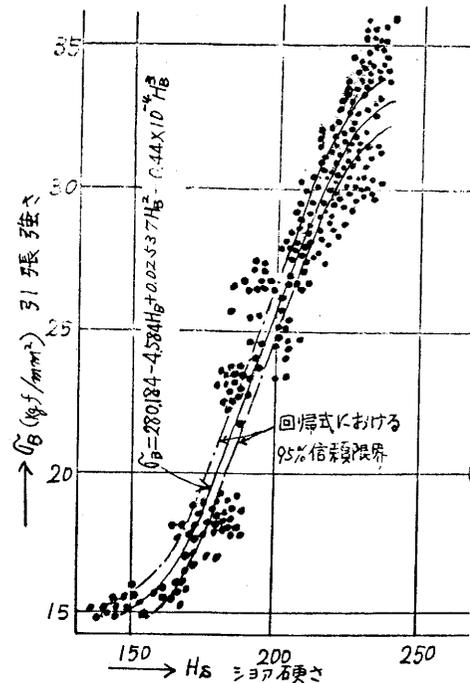


図 1.(b) プリネルかたさと引張強さの関係

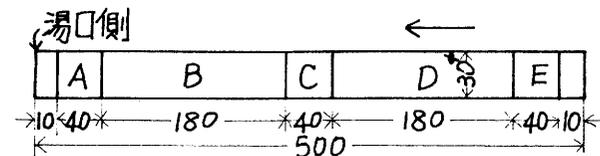
ねずみ鑄鉄の換算のグラフで信頼限界巾は小さいが、実際の測定点は信頼巾よりはずれているものが多い。これは測定点が多いため信頼巾は見かけ上、小さくなったのであって、実際の試験についてはさらに別の因子が動いて、測定点の変化があると見なければならぬ。このように、かたさ換算関係においては試験法相互の単相関係数が0.9以上あり、きわめて相関関係が高いと判断されるが、それだけでは背後の現象を十分に説明しているとは思われない。

3. ねずみ鑄鉄の基本的な換算関係の再検討

ねずみ鑄鉄の換算関係は鋼に比較してバラツキが大きい。この原因を調べるため次のような検討をおこなった。

3-1 遂次分類によるデータの解析

1) 強度的な段階がつくように8回に分けて鑄造した試料(JIS.Z.2203-C号、試料1)を図2により試験片を作成し、引張試験、および各種かたさ試験(プリネルかたさ、ロックウェルかたさ、ショアかたさ、ビッカースかたさ)をし、最初にショアかたさで大、中、小の3つに分類し、それぞれのグループに分け、さらに、プリネルかたさで3段階(全部に81に分類する。)と遂次に分類をして(遂次分類法)、引張強さとの関係を調べたのが表1である。



A.C.E. 硬さ試験片

B.D. 引張試験片(JIS.Z.2201-8号K加工)

図2. 試験片

表1. 修正後の分散分析表(特性値σB)

要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比	寄与率%
Hs	32.2609	2	16.1304	8.4122**	6.3
HrB	138.450	2	6.9225	3.6101*	3.1
Hb	104.3502	2	52.1751	27.2099**	18.9
Hv	29.7898	2	14.8949	7.7678**	5.9
Hs×HrB	84.7339	4	21.1834	11.0474**	16.1
Hs×Hb	25.2731	4	6.3182	3.2950*	5.7
Hs×Hv	3.4191	4	0.8547	0.4457	
HrB×Hb	5.3990	4	1.3497	0.7038	
HrB×Hv	13.0294	4	3.2573	1.6987	
Hb×Hv	17.3409	4	4.3352	2.2608	
E	243.5302	127	1.9175		残44.0
T	572.9715	159			

この表から、*印1個は引張強さとの関係があることを示し、*印2個は引張強さとの関係が非常に強いことを示している。

引張部でかたさを測定することが出来ないで、引張試験片B(図2以下同じ)のかたさは、かたさ試験片AとCの平均をとり、同じように引張試験片DのかたさはCとEの平均値とした。かたさ測定は、ショアかたさ10点、ビッカースかたさ1点、ロックウェルかたさ2点、プリネルかたさ1点を測定、測定点数の多いものについて

は平均値をとった。

表1によると、一種類のかたさと引張強さの関係をとりより、いくつもの種類のかたさと引張強さの関係をとった方が良いといえるが、あまりバラツキの巾は狭まらない。

2) 彦根のパルプメーカーであるA社より当指導所へ持込まれるねずみ鑄鉄試験片の中から、引張強さが15 kg f/mm²から、ほぼ1 kg f/mm²とびに3.5 kg f/mm²までの27個の試料(試料2)を抜取って、引張強さ、ブリネルかたさ、炭素量、ケイ素量について測定し、逐次分類法により解析したところ表2を得た。

表2. 引張強さの分散分析表(修正後)

要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比	寄与率%
Si	20.52	2	10.26	2.13	
C	107.13	2	53.57	11.13**	31.2
H _B	49.85	2	24.93	5.18*	12.9
S _i ×C	36.37	4	9.09	1.89	
S _i ×H _B	55.26	4	13.81	2.87	
C×H _B	5.04	4	1.25	0.26	
E	38.52	8	4.81		残 55.9
T	312.69	26			

鑄造業界では強度の目安として炭素当量($CE = C + \frac{1}{3}Si + \frac{1}{3}P$)がよく用いられているが(リンの含有量は非常に少ないので、今回の解析では省略した。)

表2の結果からは炭素量の影響は大きく出たが、ケイ素量については、このデータからは有意差はみとめられなかった。引張強さとブリネルかたさ、引張強さと炭素量との関係は、それぞれ単相関係数が0.72であり、差はないが、ブリネルかたさと炭素量とから引張強さを推定すると、バラツキの巾を40%ほど狭くすることが出来る。

3-2 重相関分析による検討

試料1について試験片Cの部分(図2)より、化学分析用の試料を採取、炭素量の分析をし、前の引張強さ、および各種かたさとの重相関分析をおこなった。その結果を表3に示す。

炭素量を測定するまえは、ビッカースかたさと引張強さの偏相関係数は有意でなかったが、炭素量を入れることにより、ビッカースかたさと引張強さの関係も有意になった。

試料2についても同じように重相関分析をしたのが表4であり、逐次分類の結果と同じ結果になった。

表3. 試料1の偏相関係数と重相関係数

重相関係数(特性値 σ_B) 0.987
 偏相関係数 $S=H_s, R=H_R, B=H_B, V=H_v$

$\gamma_{SR} \cdot BVC_\sigma = -0.135$	$\gamma_{R\sigma} \cdot SBVC = -0.140$
$\gamma_{SB} \cdot RVC_\sigma = -0.448^{**}$	$\gamma_{BV} \cdot SRC_\sigma = -0.162$
$\gamma_{SV} \cdot RBC_\sigma = 0.163$	$\gamma_{BC} \cdot SRV_\sigma = 0.087$
$\gamma_{SC} \cdot RBV_\sigma = 0.074$	$\gamma_{B\sigma} \cdot SRVC = -0.601^{**}$
$\gamma_{S\sigma} \cdot RBVC = 0.231^{**}$	$\gamma_{VC} \cdot SRB_\sigma = 0.072$
$\gamma_{RB} \cdot SVC_\sigma = 0.426^{**}$	$\gamma_{V\sigma} \cdot SRBC = -0.357^{**}$
$\gamma_{RV} \cdot SBC_\sigma = 0.049$	$\gamma_{C\sigma} \cdot SRBV = -0.388^{**}$
$\gamma_{RC} \cdot SBV_\sigma = 0.008$	

表4. 試料2の

偏相関係数と重相関係数
 重相関係数 $R=0.807$
 偏相関係数

$\gamma_{\sigma Si} \cdot HBC = -0.1709$
$\gamma_{\sigma H_B} \cdot SiC = 0.5075^{**}$
$\gamma_{\sigma C} \cdot SiHB = -0.4968^{**}$
$\gamma_{SiH_\sigma} \cdot C = 0.1568$
$\gamma_{SiC} \cdot \sigma H_B = -0.0176$
$\gamma_{H_B C} \cdot \sigma Si = -0.2223$

これらの結果の再現性をしらべるため、A社より、さきの試料(試料2)とは別の試料27個(試料3)をさきと同じように抜取って、ブリネルかたさ、ショアかたさ、ロックウェルかたさ、ビッカースかたさ、および、炭素量を測定し、重相関分析をしたのが表5(a)である。同じように抜取った試料であっても、まったくちがった結果になってしまった。そこで同じデータの中からショアかたさとビッカースかたさのデータを省いて重相関分析をしてみたところ表5(b)のようになり、表5(a)で有意でなかったところが有意になり、前に有意であったところが有意差がみとめられなくなってしまった。

表5-a 試料3の偏相関係数と重相関係数

重相関係数 $R=0.957$
 偏相関係数 $S=H_s, R=H_R, D=B=H_B, V=H_v$

$\gamma_{SR} \cdot BVC_\sigma = -0.750^{**}$
$\gamma_{SB} \cdot RVC_\sigma = -0.827^{**}$
$\gamma_{SV} \cdot RBC_\sigma = 0.332$
$\gamma_{SC} \cdot RBV_\sigma = 0.616^{**}$
$\gamma_{S\sigma} \cdot RBVC = 0.205$
$\gamma_{RB} \cdot SVC_\sigma = 0.237$
$\gamma_{RV} \cdot SBC_\sigma = 0.022$
$\gamma_{RC} \cdot SBV_\sigma = 0.553^{**}$
$\gamma_{R\sigma} \cdot SBVC = 0.388$
$\gamma_{BV} \cdot SRC_\sigma = 0.233$
$\gamma_{BC} \cdot SRV_\sigma = 0.184$
$\gamma_{B\sigma} \cdot SRVC = -0.216$
$\gamma_{VC} \cdot SRB_\sigma = -0.132$
$\gamma_{V\sigma} \cdot SRBC = -0.485^{**}$
$\gamma_{C\sigma} \cdot SRBV = -0.345$

表5-b 試料3の

偏相関係数と重相関係数
 重相関係数 0.941
 偏相関係数

$\gamma_{RB} \cdot C_\sigma = -0.952^{**}$
$\gamma_{B\sigma} \cdot RC = 0.399^{**}$
$\gamma_{C\sigma} \cdot RB = 0.323$
$\gamma_{RC} \cdot B_\sigma = 0.299$
$\gamma_{R\sigma} \cdot BC = -0.201$
$\gamma_{BC} \cdot R_\sigma = 0.025$

3-3 以上の検討より引き出される結論

ねずみ鋳鉄の換算関係は、かたさ以外の他の因子（たとえば炭素量）を導入することにより、想定出来る可能性があり、強度の代用としてのかたさは、どのかたさをとってても単相関係数が大きく、本来の相関を求める上での独立性はうすいと考えられる。したがって代用の役割は果たすが、ねずみ鋳鉄の強度が何によって変るかという、本来の意味を考えると、さらに別の因子を考えなければならない。これら3つのグループの試料について、それぞれ相関係数を求めて来たが、試料が変わると相関係数も変って来る。このことは、実験に使用した試料についての換算関係は作ることが出来るが、その換算関係がどのねずみ鋳鉄にも使用出来るとはいえない。したがって、鋼のように、かたさだけで強度を評価するのは不十分で、新しい評価方法を作る必要がある。

3-4 試料の一様性と換算関係の検討

ねずみ鋳鉄の換算関係を悪くしているものに、同一試料内における傾向的なかたさの分布があることも考えられる。そこで、試料1について、引張試験片B部（図2）のブリネルかたさ（A+C）/2とD部のブリネルかたさ（C+E）/2の差の大きさにより分類し、かたさの差の小さなもの（ブリネルかたさの差が10硬度以下のもの）と大きなもの（ブリネルかたさの差が30硬度以上のもの）の平均的なデータを図示すると図3のようになる。

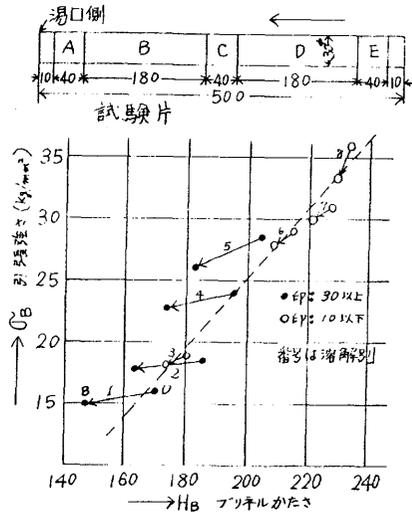


図3. かたさの分布と引張強さ

ここで引張強さとブリネルかたさを想定した場合（例えば図の点線），かたさの差が大きいときは、硬度が下がるのに比べて引張強度があまり下がらず強くでている。このことについては、試料のかたさの差の少ないものは電気炉溶解であり、かたさの差が大きくなっているものはキュポラ溶解をしたものであるため、加工方法の違いによるものと思われる。

同じように分類した試料について重相関分析をすれば表6のようになる。かたさの差が10硬度以下の場合には非常に高い相関を示しており、かたさの差が増すにしたがって相関関係は悪くなる傾向にある。

因子 \ かたさの差	0 ~ 10	11 ~ 20	21 ~ 30	31 以上
C.HB . HRB . HS	0.9923	0.9834	0.9704	0.9868
HRB . HS	0.9660	0.9354	0.9134	0.9436
HB	0.9914	0.9815	0.9561	0.9727

表6. 引張強さと各因子の相関係数

3-5 試料集団が変わった場合の換算関係の検討

いくつかの企業において採取された試料のうち、数の多い3社の鋳鉄試験片（JIS Z 2203-C号、試料4）各40本について、その試験結果を調べ、重相関分析を行なったところ表7-a)のようになり、引張強さを特性値として重回帰分析をしたのが表7-b)である。

要因	A社	B社	C社	全体
抗折・タワミ	0.303	** 0.722(52.1)	** 0.439(19.3)	** 0.541(29.3)
抗折・カタサ	** 0.495(24.5)	* 0.383(14.6)		** 0.410(16.8)
抗折・引張	0.386(14.9)	** 0.537(28.8)	** 0.628(39.4)	** 0.506(25.6)
タワミ・カタサ	** -0.505(25.5)	** -0.477(22.8)	** -0.494(24.4)	** 0.542(29.4)
タワミ・引張	0.195	** -0.505(25.5)	-0.033	** 0.259(6.7)
カタサ・引張	* 0.368(13.6)		* 0.367(12.7)	* 0.193(3.7)

表7-a 偏相関係数()内は寄与率

表 7-b 試料 4 の重回帰式

σ_B = 引張強さ, B = 抗折荷重, D = タワミ, H_B = プリネルかたさ

会社名	重回帰式	寄与率
A 社	$\sigma_B = 0.0107B + 0.0603HB - 0.372$	5.1%
B 社	$\sigma_B = 0.054HB + 0.021B - 1.22D - 0.55$	6.0%
C 社	$\sigma_B = 0.014B + 0.05HB - 3.01$	6.0%
全社	$\sigma_B = 0.0154B + 0.033HB - 0.5D + 3.56$	4.6%

この結果をみると前と同じく、試料集団が変わると、偏相関係数の有意性のあらわれる箇所が変わるという結果になった。つまり、試料集団によって換算関係が一樣とならないことでも、明らかにされた。

この理由は、今回行った試験が類似の試験方法を取りあげて重回帰分析をしたため相関の高いものどうし、互いに影響を消しあって、有意性のあらわれる箇所が変わってきたと思われる。

表 7-a で硬さと引張強さの相関はあまり高くないが、表 7-b のように重回帰分析をした場合かたさの影響が大きくていでいることでもわかる。

3-6 因子分析による特性値間の関係の評価

ねずみ鋳鉄の強度を判定するために、どの試験方法を選ばよいかを調べるため、試料 1 について行なった試験方法のうち、引張試験 (σ_B)、炭素量 (C)、プリネルかたさ試験 (H_B)、ロックウェルかたさ試験 (H_{RB}) およびショアかたさ試験 (H_s) の 5 種について、因子分析をしたのが図 4-(a), (b) である。引張強さとかたさはほとんど同じ次元にあり、炭素量だけが別の次元になっている。試料の因子負荷量を見ると、図 4-(b) のようになり、大体 4 つのグループに分けられる。これらのグループが何によって分けられたかを明らかにする必要がある。

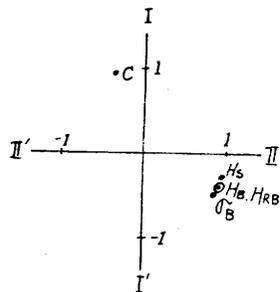


図 4 a 各試験の因子分析による分類 (各試験の共通性、独立性を表わす。)

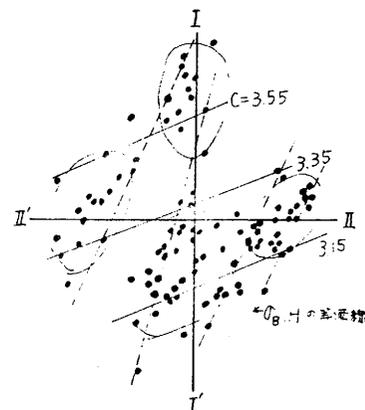


図 4 b 試料の因子スコアによる分類

(図 5 a の特性値に対するそれぞれの試料の関連)

試料 4 について、各社別に因子分析をしたのが図 5 である。これによると、引張強さかたさ、抗折荷重が大体同じ次元にあり、タワミが別の次元となっている。また C 社の場合、異った次元にでているが、原点を中心に 45 度程度、廻してみると 3 社共同じような形となり、それぞれの点も時計方向にタワミ、抗折荷重、引張強さ、かたさの順になっており、会社間に大きな違いは認められない。

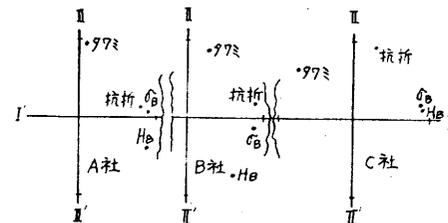


図 5. 因子分析による分類

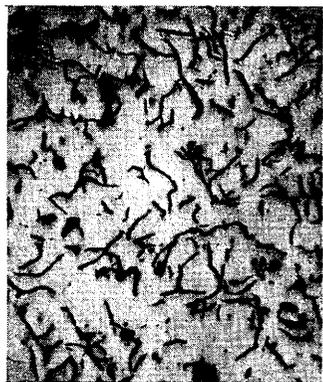
以上のことからすると、いくつかの試験方法のうち、もめようとする引張強さに対して、類似のものがあるから、これらのうちから目的に対して最適と思われるものを選べばよいことがわかる。しかし重回帰分析の結果とも対応して考えればわかるように、最適と思われる試験方法でも十分な換算関係を作るとは思われない。これらをおぎなうためには、因子分析の結果あきらかにされた、炭素量、タワミ量、の大きさが、引張強

さにはたしている役割を、検討することが必要と思われる。

3-7 組織の影響

ねずみ鋳鉄の組織といえば、黒鉛の現われかたにより片状黒鉛、バラ状黒鉛等に分けられ強度の目安にされることもある。そこで、試料1の中から代表的なもの38個を選んで組織写真を調べた。その一例を写真1に示す。この38枚の写真を鋳物の専門家5人と鋳物については素人といえる5人に1人ずつ黒鉛の大きさにより5段階に分類してもらい、一番小さいランクに入ったものを1とし、順に分類して一番大きなランクに入ったものを5として、専門家、素人の別に集計、平均をとり、引張強さおよび炭素量との関係を調べたのが図6である。これによると、引張強さが強くなると黒鉛の大きさは小さくなり、弱くなるにしたがって黒鉛の大きさも大きくなる。また炭素量が多くなれば黒鉛の大きさは大きくなり、炭素量が少なくなれば黒鉛の大きさも小さくなっている。専門家は黒鉛の大きさだけでなく、先に述べた黒鉛の現われる形状も加味して分類しているようであるが、素人の場合とほとんど差が認められない。すなわち、引張強さは黒鉛の大きさによって変るといえる。その影響の大きさとしては、相関係数で0.97であり非常に強い関係を示している。

以上の結果から、ねずみ鋳鉄の換算関係について、かたさは強度の代用として使用してもよい。中でも、一様性の高い場合は充分使用出来る。しかし、鋼に比べればバラツキは大きい。より精度良い換算関係を得るためには、強度に影響をおよぼしていると思われる、組織、あるいは炭素含有量等、多くの因子について調べ、それらの因子と強度との関係を明らかにすることにより求めることが出来る。



B=33.4kg/mm² C=3.29%



B=18.2kg/mm² C=3.65%

写真1. 組織写真 倍率 50倍

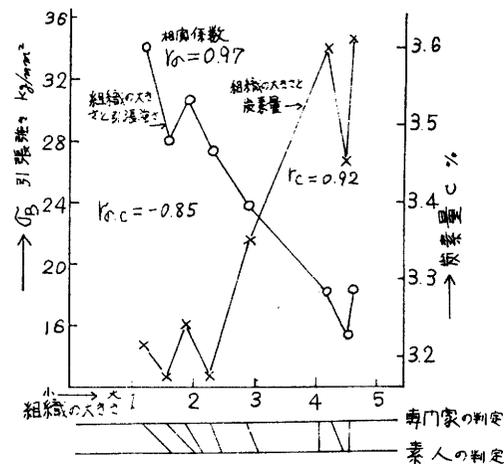


図6. 組織と引張強さおよび炭素量の関係

4. 簡易に強度を推定するための試験法の検討

工場内で簡易に強度を知るための試験法について考えた場合、炭素量あるいは組織写真といった試験法は、あまりにも手間と時間がかかりすぎ、製品については試験が不可能な面もあり簡易とはいえない。

そこで、たとえばロックウェルかたさ試験の試験過程について考えてみると、図7のようになり、試験順序は

- I 基準荷重を加えて目盛をOに合わせる。
- II 試験荷重を加える。
- III 一定時間保持する(最大押込深さ、h1)
- IV 基準荷重にもどす(押込深さ、h2)

となり、ロックウェルかたさh2から $H_R B = 130 - 500h2$ で求められる。(ただし、h2は基準荷重にもどしたときの押込深さで単位mm、鋼球圧子の径1.588mm、基準荷重10kg、試験荷重100kg)

この試験過程の中からh2の他に最大押込深さh1も求めることができる。しかも、h1はh2と同じように圧子の押込深さであるため、h1とh2の差をとることによって被測定物の弾性による

回復量も測定することができる。

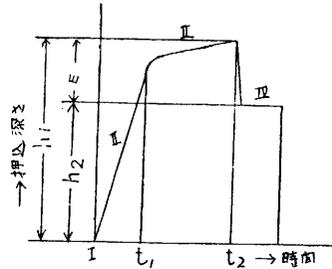


図7. 圧子の時間—押し込み曲線

また、同一試料について測定を何点か行なうと、その際のバラッキ=範囲R (標準偏差にすると良いが時間がかかり簡便とはいえない) も一つの情報である。従来はバラッキを少しでも小さくする努力がなされてきたが、これからはこれをうまく利用していくことも考えてよい。

1) 試験条件の設定

実際に簡易試験を考えた場合の試験条件を決めるため次のような実験を行なった。

計量研型万能基準硬さ試験機(写真2)を用いて、圧子をねずみ銹鉄試験片に押し込みその押し込み深さを測定した。圧子の種類と試験荷重を変えることにより、押し込み深さの変化量をつかみ、被測定物の違いを一番感度良く検出する荷重の大きさと圧子の形状をSN比とにより調べた。

(SN比とはシグナルとノイズの比のことで、この実験の場合は、材料の変ったことによる測定値の変化量とバラッキによる測定値の変化量の比で、この比が大きくなるほど材料の変化をよく分ける。)

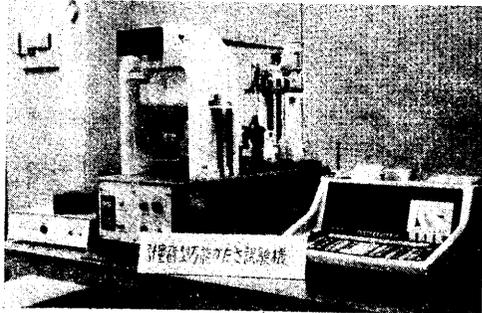


写真2. 計量研型万能基準硬さ試験機

使用した圧子は鋼球0.5mm径、0.7mm径、1mm径、2mm径、 $\frac{1}{16}$ 径(ロックウェルB用)およびダイヤモンド円錐圧子(ロックウェルC用)を用い、荷重は初期荷重100g、500g、1kgの三種類、測定荷重としては人が手で押せるように10kgと20kgをとった。また、グレンサイズの影響を調べるため一部に60kgのものも実験に組入れた。それぞれの組合せによるSN比(SN比とはシグナルとノイズの比のことでこの実験の場合は材料の変ったことによる測定値の変化とバラッキとの比をSN比という)を表8に示す。また参考のためにシマダ試験機、ポータブルビッカースかたさ試験機の値も書き入れた。

表8. 各組合せによるSN比

初期荷重	1kg		500g	100g		
	10kg	20kg	20kg	20kg		
鋼球 圧子 の 径	0.5mm	13.85 (11.47)	27.87 (23.19)	—	415.4 (39.67)	28.92 (32.25)
	0.7mm	17.00 (14.13)	42.73 (38.39)	—	382.5 (32.50)	65.22 (57.41)
	1mm	6.01 (5.32)	32.34 (28.59)	—	384.0 (36.14)	81.61 (45.08)
	2mm	9.27 (3.92)	15.12 (12.50)	32.43 (27.65)	—	—
	$\frac{1}{16}$ mm	3.17 (2.62)	9.66 (7.69)	27.37 (15.95)	—	—
ダイヤモンド圧子 ロックウェル用	9.44 (9.63)	15.08 (13.32)	46.08 (41.07)	—	—	
Hs			14.66			
ポータブル Hvp			5.98			

この結果からすると、1mm径で初期荷重が100g、測定荷重が20kgのときが一番精度が良くなっていることがわかる。しかし、初期荷重を小さくとると被測定物の測定面荒さの影響を受けやすい状態になるので注意する必要がある。

最大押し込み深さh1は押し込み深さh2に比べ、いずれの場合も感度が悪くなっている。

試料2について4点測定し押し込み深さ、弾性回復量(h1-h2=E)および範囲Rを求め偏相関係数を計算したものが表9である。この表から押し込み深さh2と弾性回復量Eが引張強さと非常に関係が深いことがわかる。そこで押し込み深さh2と弾性回復量Eとから引張強さσBを推定するために回帰分析を行なうとσB=43.95-17.76h2+19.79E(σB=kgf/mm2, h2とEはmm単位)となり式から引張強さを推定することが可能となる。

表9. 押込深さと強さの偏相関係数

要因	偏相関係数
$h_2 \cdot E$	-0.72***
$h_2 \cdot R$	-0.09
$h_2 \cdot \sigma_B$	0.87***
$E \cdot R$	-0.21*
$E \cdot \sigma_B$	-0.60***
$R \cdot \sigma_B$	-0.07

h_2 = 圧子の押込み深さ

$E = h_1 - h_2$ = 弾性回復量

R = 範囲, σ_B = 引張強さ

同じように試料3について偏相関係数を求めるとバラツキと引張強さ間も有意となり、やはり試料が変われば換算関係も変わってくることを示している。

5. お 結 語

ねずみ鑄鉄の強度を推定しようとする場合、一つの試験法を選ぶとすると因子分析の結果から引張強さに一番近い状態にある試験法を選べば良いといえる。たとえば図4(a)からはブリネルかたさ、ロックウェルかたさが引張試験に近い試験を行なっているといえる。したがって、マクロ的にみた場合は強度の代用特性として、これらの試験が使用できる。

試料が変わると換算関係が変わってくるが、このことは逆に換算関係の変化をみることにより、材質の変化を知ることにもなる。

ミクロ的な換算を考える場合は、いくつかの因子からの換算を総合的に考える必要がある。各種のかたさについて測定しても、いくら精度良く推定できるがあまり大きな効果は期待できない。因子分析の結果から、別の次元にある炭素量やタウミあるいは本質的に強度に影響を与えていると思われる組織等について調べる必要がある。

ねずみ鑄鉄の簡易強度試験について考えた場合、例えば、1mm径の圧子を用い、初期荷重100g、測定荷重20kgで測定し、押込み深さだけでなく、弾性回復量、あるいはバラツキ等も測定し、これらから引張強さを推定すれば良い。

ねずみ鑄鉄の強度換算について、いくつかの文献をみるが、いずれも、実験に使った試料についての換算関係であり、それを母集団の換算関係とするには無理がある。また、逆にいえば、母

集団を想定して、あらゆる試料についての換算関係を求めると、バラツキが大きくなり、かえって信頼性を悪くしてしまうことになる。

本研究は中小企業庁の昭和49年度技術開発研究費補助事業による共同研究「強度試験法及び強度の一樣性に関する研究」により実施したもので、本研究を実施するにあたり、指導機関である計量研究所の矢野宏課長、鴨下隆志研究官をはじめ同課の皆様から懇切な指導を賜わり深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 矢野, 日本金属学会, 金属のかたさと性質, シンポジウム予稿, 昭和48年
- 2) 飯塚, 後藤, 精機学会, 昭和46年春季大会, 学術講演会前刷
- 3) 辻, 坊農, 佐藤, ねずみ鑄鉄の材料強度とかたさ, 精機学会, 昭和47年度関西地方定期学術講演会前刷P67
- 4) 岩崎, 計量管理, VOL, 22, NO5, P37
- 5) 石田, 鴨下, 矢野, ロックウェル硬さ試験機の負荷速度の検討(統報), 精機学会, 昭和50年度春季大会
- 6) 辻, 中山, 矢野, ねずみ鑄鉄かたさ換算についての一考察, 精機学会, 昭和49年度秋期大会, 学術講演会前刷P333
- 7) 辻, 中山, 鴨下, ねずみ鑄鉄かたさ換算についての一考察(統報), 精機学会, 昭和50年度春季大会, 学術講演会前刷P119
- 8) 金属材料51年9月号特集「機械部品の機械的強度試験」