

業 務 報 告 書

昭 和 51 年 度

滋 賀 県 立 機 械 金 属 工 業 指 導 所

彦 根 市 岡 町 52 番 地

滋賀県立機械金属工業指導所業務報告書

昭和51年度

目 次

I 概要		
I-1	沿革	A-1 頁
I-2	規模	A-1
I-3	組織	A-3
I-4	職員	A-3
I-5	会計	A-4
I-5-1	予算および決算	A-4
I-5-2	補助金	A-6
I-6	試験研究設備の整備状況	A-6
I-6-1	機械器具	A-6
I-6-2	図書	A-7
I-7	主要設備	A-9
II 業務		
II-1	依頼業務	A-12
II-1-1	依頼試験受付件数および調定金額	A-12
II-1-2	機械設備利用状況	A-12
II-2	指導業務	A-13
II-2-1	一般巡回技術指導	A-13
II-2-2	公害巡回技術指導	A-14
II-2-3	簡易巡回技術指導	A-14
II-2-4	中期技術者研修	A-15
II-2-5	講習会研究会	A-16
II-2-6	技術相談	A-17
II-2-7	調査、審査	A-18
II-3	研究業務	
II-3-1	球状黒鉛鑄鉄の強度と組織の関係	B-1
II-3-2	球状黒鉛鑄鉄の引けについて	B-16
II-3-3	水ガラス系鑄物砂の湿式再生法の検討	B-34
II-4	その他	
II-4-1	生産技術研究会	B-60
II-4-2	会議等の出席	B-61

ま え が き

昭和51年度は非常に厳しい年で倒産企業が続出し、中でも会社興人に次ぐ大型倒産が当機械金属関係のバルブ製造の企業にあった。この倒産が本県のバルブ業界に波及することを憂慮せられたが二三の企業を除いては大きな影響もなく不幸中の幸であったが、造船業会の不振と公共投資抑制の余波をうけ大きな打撃をこうむってきた。この中で自動車と家電関係は好況でこれに関連する製造業は大きく伸び、業種間ならびに企業間の格差は大きく開いてきた。

かゝる経済状況下において、各企業は企業の維持発展のため、企業の特徴を生かし品質の向上、コストの低減を図り、販路開拓も外需指向への努力を重ねている。

当指導所は上記現状をふまえて、鑄造、機械加工技術、管理技術の指導および新製品開発の基礎研究と鑄物工場の公害問題とされている。廃砂処理の研究を行った。また一般指導事業として、技術者研修、巡回技術指導、講習会等を行なったがその概要を本書にまとめ報告する。

なお業界指導のため所員一同努力しておりますが、一層のご支援ならびにご高見を賜わらうようお願いする次第である。

所長 坊 農 佐 太 郎

I 概 要

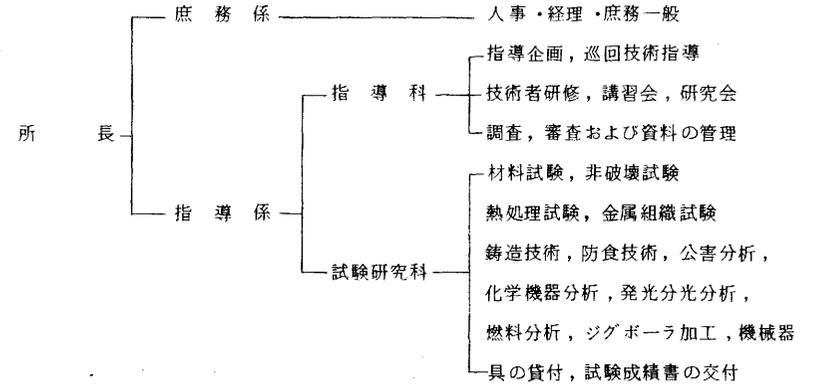
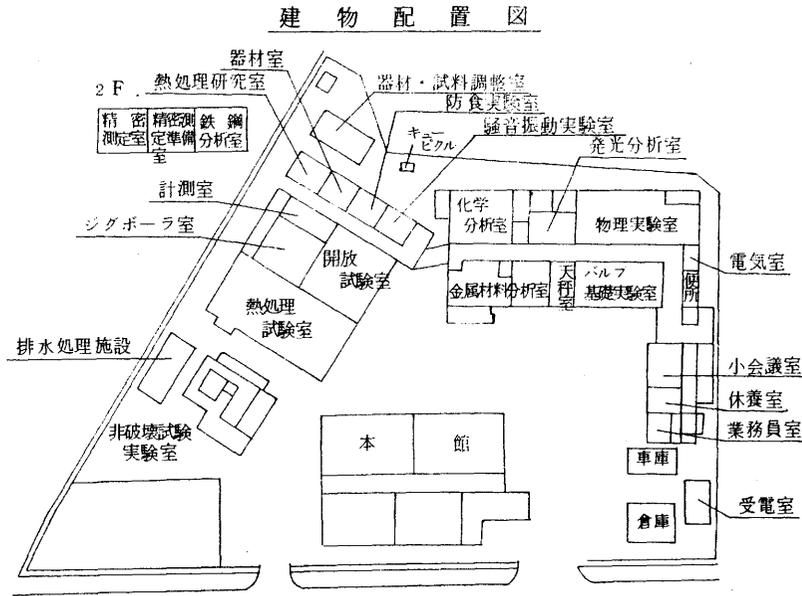
1-1 沿革

昭和21年 5月	既設機械工養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、ならびに彦根市に移転、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、ジグボアラ室、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

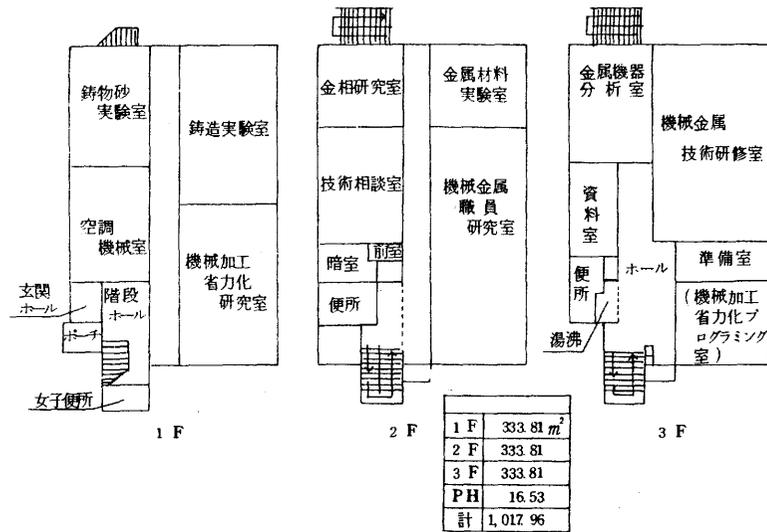
1-2 規模

敷地面積	3,400.68 m^2
建物総面積	2,259.92 m^2
本館	1,017.96 m^2 (鉄筋コンクリート三階建)
別館	562.53 m^2 (鉄筋コンクリート補強ブロック平屋建)
実験研究棟	487.96 m^2 (鉄筋コンクリート補強ブロック二階建)
非破壊試験棟	78.70 m^2 (鉄筋コンクリート補強ブロック平屋建)
その他	112.77 m^2

1-3 組織



本館の各室配置図



1-4 職員

(1) 職員の配置状況

区分	吏員		業務員	計
	事務	技術		
所長		1		1
専門研究員指導係長		1		1
庶務係長	1			1
庶務係	1		1	2
指導係指導		2		2
指導係試験研究		8		8
計	2	12	1	15

(2) 職員担当業務

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	研究
専門研究員兼指導係長	坊 農 佐太郎	業務全般	"	中山 勝之	依頼試験
庶務係長	富岡 栄治郎	庶務全般	"	松川 進	研究
主査	上田 成男	指導全般	"	樋口 英司	研究
"	辻 久男	試験研究全般	"	佐藤 真知夫	依頼試験
主事	尾本 千種	庶務	"	西内 広志	依頼試験
技師	藤井 敏弘	依頼試験	業務員	塚田 修太郎	
"	森 勇	指導			

(3) 職員の異動

転入 富岡 栄治郎 長浜土木事務所より
 転出 柴崎 輝士 彦根保健所に
 “ 西川 康宏 県中小企業指導課に

I-5 会計

I-5-1 予算および決算

(1) 歳入

(単位 円)

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				4,360,000	4,369,790	4,369,790	0	0	9,790
	使用料			210,000	215,950	215,950	0	0	5,950
		商 工 用 料		210,000	215,950	215,950	0	0	5,950
			機 械 金 属 工 業 指 導 所	210,000	215,950	215,950	0	0	5,950
	手数料			4,150,000	4,153,840	4,153,840	0	0	3,840
		商 工 手 数 料		4,150,000	4,150,000	4,153,840	0	0	3,840
			機 械 金 属 工 業 指 導 所 試 験	4,150,000	4,150,000	4,153,840	0	0	3,840
諸収入				150,000	115,313	115,313	0	0	△34,687
	雑入			150,000	115,313	115,313	0	0	△34,687
		雑入		150,000	115,313	115,313	0	0	△34,687
			経 営 技 術 等 研 修 講 習 等 受 講 料	150,000	115,000	115,000	0	0	△35,000
			失 保 險 料	0	313	313	0	0	313
合	計			4,510,000	4,485,103	4,485,103	0	0	△24,897

(2) 歳出

(単位 円)

科 目					予算額	決算額	不要額	備考
款	項	目	節	細節				
商工費					111,278,000	111,193,193	84,807	
	中小企業費				111,278,000	111,193,193	84,807	
		機 械 金 属 工 業 指 導 所 費			109,304,000	109,219,193	84,807	
			給料		32,394,000	32,393,320	680	
			職員手当等		19,614,000	19,581,900	32,100	
			共済費		4,977,000	4,974,243	2,757	
			報償費		40,000	39,400	600	
			旅費		900,000	899,899	101	
			需用費		9,030,000	9,029,995	5	
				食糧費	100,000	100,000	0	
				その他需用費	8,930,000	8,929,995	5	
			役務費		1,419,000	1,375,721	43,279	
				その他役務費	1,419,000	1,375,721	43,279	
			委託料		305,000	305,000	0	
				保安業務委託料	175,000	175,000	0	
				恒温恒湿委託料	130,000	130,000	0	
				使用料及び賃借料	11,000	6,515	4,485	
			備品購入費		40,600,000	40,600,000	0	
			公課費		14,000	13,200	800	
		中 小 企 業 指 導 費			1,974,000	1,974,000	0	
			報償費		777,000	777,000	0	
			旅費		584,000	584,000	0	
			需用費		471,000	471,000	0	
				食糧費	125,000	125,000	0	
				その他需用費	346,000	346,000	0	
			役務費		54,000	54,000	0	

		その他 役務費	54,000	54,000	0
		使用料及び 賃借料	88,000	88,000	0

人件費

機械金属工業指導所職員人件費 56,949,463円

事業費

指導所運営費 6,413,816円

試験研究指導費 45,855,914円

中小企業診断指導費 200,000円

巡回技術指導費 473,000円

技術普及講習会費 124,000円

技術者研修費 779,000円

公害防止巡回技術指導費 398,000円

1-5-2 補助金

本年度においては、次のとおり補助金の交付を受けて事業を行なった。

補助金の種類	事業名	事業総額 千円	補助金額 千円	備考
技術指導	铸铁弁の品質			
施設費補助金	向上と生産技術指導	40,400	20,200	中小企業庁

1-6 試験研究設備の整備状況

1-6-1 機械器具(昭和51年度購入分)

品目	数量	規格または型式	納入所または製作所	備考
蛍光X線 分析装置	1式	ガイガーフレックス 3063 P4	理学電機工業(株)	国庫補助

オート、クレーブ	1基	ナックドライブ式 容量 = 20ℓ 最高圧力 50kg/cm ² 最高温度 300℃	柳本商事(株)	国庫補助
C.F.メーター	1台	リーズ、アンドノースコップ社製 TECTIPマークⅢ-H	(株)黒須商店	〃
耐力測定装置	1式	島津製作所製	青山商事(株)	〃

昭和51年度単県備品

購入年月日	備品名	台数	価額 円	備考
52.2.9	イオン交換純水製造装置	1台	(円)455	商工課より 所管換

1-6-2 図書

購入年度	図書名	冊数
昭和51年度	財務諸表論	1
〃	新しい工程管理	1
〃	工場改善の見方、考え方	1
〃	铸铁の铸造方案図解集	1
〃	公害防止の管理と実務(騒音編)	1
〃	位置決め技術	1
〃	バルブ概論	1
〃	組立の自動化	1
〃	オート、メーションの構造	1
〃	最新実験計画法	1
〃	工作機械の電気制御	1
〃	電動機読本(改訂)	1
〃	工作機械の自動制御	1
〃	油圧機器とその回路	1
〃	冷間鍛造の基礎と応用	1
〃	エレクトロニクス(回路応用編)	1
〃	〃(案子編)	1
〃	工作機械の数値制御	1
〃	機械回路油圧空圧制御	1
〃	中小零細企業論	1
〃	廃棄物の処理、再利用	1
〃	プラスチック、ハンドブック	1

購入年度	図 書 名	冊 数
昭和51年度	装置材料耐食表	1
"	鉄鋼JIS分析ハンドブック	1
"	原子吸光による環境分析上の問題点	1
"	理論金属学	1
"	鉄鋼材料の選定のポイント	1
"	実用メッキマニュアル	1
"	接着ハンドブック	1
"	防食技術ハンドブック	1
"	自動化機構300選	1
"	金属材料高温強度データ集(ステンレス鋼)	1
"	鋼の熱処理	1
"	ダイカスト技術入門	1
"	信頼性と寿命試験	1
"	パッキンとシール	1
"	機械製図マニュアル	1
"	JIS工場の手引	1
"	複合材料技術集成	1
"	難削材の加工技術	1
"	応力測定マニュアル	1
"	鑄鉄の金型鑄造	1
"	やさしい経営計画	1
"	やさしい会社法	1
"	損益分岐点入門	1
"	資金繰りの実務	1
"	手形取引の実務	1
"	工程管理と生産期間の短縮	1
"	X線分析の進歩 I	1
"	" II	1
"	" III	1
"	標準試料ハンドブック	1
"	実用マイクロ, コンピュータ	1
"	自動化はなぜ失敗するか	1

購入年度	図 書 名	冊 数
昭和51年度	造形技術の要点	1
"	鑄鉄鑄物の鑄造方案の考え方	1
"	国際単位系(SI)の手引	1
"	金属塗装技術	1
"	研削仕上理論とその応用	1

I-7 主要設備

品 名	規 格	購入年月日	備 考
島津万能試験機	電子管式 REH-30型	S 35. 9. 17	中小企業庁補助物件
"	" " -100型	46. 9. 29	"
荷重ひずみ記録計	島津製 万能試験機用	35. 9. 17	"
工業用X線装置	" WELTES-200型	"	"
自記ポラログラフ	" RP-2型	35. 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 MUG25×50	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	"
万能工具研削盤	C-40 牧野フライス社製	38. 12. 23	"
自動温度調製装置	友信工業製 FE-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

品名	規格	購入年月日	備考
ロックウェル硬度計	明石製作所 ORK型(電動型)	40. 8. 20	自転車振興会 補助物件
二連オートメット研磨テーブル	米国ビュラー製 64-1912	41. 9. 30	"
吸熱型炉気制御装置	島津製吸熱型 ENP-50N	41. 10. 14	中小企業庁補助物件
フアビルバリ摩耗試験機	イタリア プロリン社製	42. 2. 28	"
スーパースコープ	日本電子製 JEM-30B型	43. 2. 19	自転車振興会 補助物件
旋盤	大阪工作所製 BC型	43. 3. 19	"
自動クーロン滴定装置	柳本製作所 CC-12型	43. 3. 28	"
ポテンシヨ, スタット	柳本製作所製 UE-101型	43. 3. 28	"
ストレイン, 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	テーラーホプソン社製 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
プロジェクトンオブチメーター	カールツァイスイエナ社製 MOD 0.2/20	"	"
金属顕微鏡	日本光学製ME型	"	"
キヤス試験機	東洋理化製 CASSER-1型	44. 10. 29	"
流速効果腐食試験装置	山崎精機研究所製 VF-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-1E(S)型	"	"
カット, オフ(帯鋸盤)	アマダ製 CRH-300S型	45. 8. 30	"
ショア一かたさ試験機	三光計器製 S44型計量研型	45. 9. 25	中小企業庁補助物件
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	"

品名	規格	購入年月日	備考
デジ, マイクロ	オリンパス製顕微鏡 STM CCBO-1-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	"
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	"
高温鋳物砂試験機	東京衝機製 力量500Kg	47. 10. 31	"
直示式鋳物砂熱膨張計	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 AFS-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/mvメーター	47. 11. 8	"
ニッサン, セドリックバン	日産自動車工業製	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	"
微量砒素測定装置	ASD-1A	49. 7. 20	"
蛍光X線分析装置	ガイガーフレックス3063p4 理字電機工業kk	52. 3. 30	"
オート, クレーブ	ナック, ドライブ式 柳本商事kk	"	"
CEメーター	TECTIPマークIII-H リーズ, アンド, ノースロップ社製	"	"
耐力測定装置	島津製 青山商事株	"	"

II 業 務

II-1 依 頼 業 務

【 - 1 依頼業務

【 - 1 - 1 依頼試験受付件数及測定金額

強度試験	1, 004件	1, 171, 600円
(内訳) 引張	2, 858試料	
抗折	1, 263 "	
かたさ	1, 951 "	
その他	135 "	
分析試験	497件	2, 322, 000円
分析成分	4, 430成分	
(内訳) ねずみ鑄鉄	210試料	
青銅鑄物	716 "	
球状黒鉛鑄鉄	21 "	
特殊鋼等	108 "	
金属顕微鏡写真	71件(516試料)	312, 640円
精密測定	27"(163")	84, 200円
放射線	17"(79")	80, 700円
鑄物砂	43"(52")	42, 800円
特殊試験	16"(239")	40, 200円
その他	60"	99, 700円
合計	1, 731"	4, 153, 840円

【 - 1 - 2 機械設備利用状況

受付件数	165件	使用料	215, 950円
(内訳) 電子管式万能試験機		1, 545回	
ブリネル硬度計		178 "	
ロックウェル硬度計		95 "	
金属顕微鏡 (試料研磨共)		2 "	
鑄物砂試験器 (通気性試験器等)		15 "	
万能投影機		3時間	
光学式治具中ぐり盤		14時間	
万能研削盤		13時間	
平面研削盤		87時間	
万能工具研削盤		3時間	
電気マッフル炉		17時間	
抵抗炉		55時間	
その他測定工具		1日	

II-2 指導業務

【 -2 指導業務

【 -2 -1 一般巡回技術指導

(1) 指導日 (その1)

昭和51年9月10日～昭和51年9月17日

(2) 対象企業

- 近畿精工株式会社
- 有限会社 光治機械製作所
- 京和機工有限会社
- 九一バルブ工業株式会社
- 松金工業株式会社

(3) 外部指導員

経営コンサルタント技術士

・石松康男

(4) 指導内容

生産管理全般について

(1) 指導日 (その2)

昭和52年2月7日～昭和52年2月15日

(2) 対象企業

- 有限会社滋賀スプリング製作所
- 株式会社トコロ製作所
- 山田製作所
- 日の本弁工業株式会社
- 株式会社 木村製作所

(3) 外部指導員

経営コンサルタント 技術士

石松康男

(4) 指導内容

生産管理全般について

(1) 指導日 (その3)

昭和52年3月14日～昭和52年3月16日

(2) 対象企業

- 有限会社 石田鋳造所
- 第二吉清鋳造株式会社
- 株式会社 安孫子鋳造所

(イ) 外部指導員

工業技術院 名古屋工業技術試験所
工学博士 磯谷三男

(ロ) 指導内容

ダクタイル鋳鉄の鑄造について

■ - 2 - 2 公害巡回技術指導

(イ) 指導日(その1)

昭和51年5月26日～昭和51年6月4日

(ロ) 対象企業

- 第二吉清鑄造株式会社
- 大丸工業株式会社
- 株式会社 大島製作所
- みさか工業株式会社

(ハ) 外部指導員

株式会社 ユアサ商会
仲 昭 夫

(ニ) 指導内容

ばいじん量の測定, SOX測定
騒音, 振動の測定

(イ) 指導日(その2)

昭和51年7月22日～昭和51年7月27日

(ロ) 対象企業

- 彦根鑄工株式会社
- 株式会社 滋賀ケーブル

(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

■ - 2 - 3 簡易巡回技術指導

(イ) 指導日

昭和51年10月1日～昭和51年11月30日

(ロ) 対象企業

有限会社 萩原製作所外 29社

(ハ) 指導員

当所技術職員

(ニ) 指導内容

機械加工技術全般について

■ - 2 - 4 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	
			講義時間	実習時間	計時間	講義	実習
金属 (プレス)	23名	昭和51.7.12 ～51.9.13	54時間	20時間	74時間	草津市立市民会館	松下電工kk 京利工業kk 当所

番号	月日(曜日)	科目	講義題目	講師名
1	7.14(水)	塑性工学	プレス加工概論	目印カミソリ工業kk 技術開発室長 大島 竜
2	7.16(金)	加工技術	打ち抜き加工	京利工業株式会社 取締役 神保 哲二郎
3	7.19(月)	"	"	"
4	7.21(水)	"	絞り加工	大阪府立工業技術研究所 主幹 西川 敏治
5	7.23(金)	"	曲げ加工	大阪府立大学 教授 斉藤 浩一
6	7.26(月)	"	"	"
7	7.28(水)	"	絞り加工	大阪府立工業技術研究所 主幹 西川 敏治
8	7.30(金)	プレス機器	プレス加工用自動化機器	井本技術士事務所 所長 井本 明
9	8.2(月)	"	"	"
10	8.4(水)	加工技術	金型製図と金型工作法	池田技術士事務所 所長 池田 寿紀
11	8.6(金)	"	"	"
12	8.9(月)	"	NCワイヤカット放電加工およびSAM研削方式その応用	ジヤパックス株式会社 係長 小園 剛嗣
13	8.18(水)	"	プレス加工における合理化の方法と実際	日伸工業株式会社 取締役 森 優
14	8.20(金)	"	"	"
15	8.23(月)	省力化技術	プレスの省力化	株式会社プレス技術研究所 上田 政利
16	8.26(木)	安全管理	プレス作業のコストダウン	滋賀労働基準局 監督官 木田 武

番号	月日(曜日)	科目	講義題目	講師名
17	8. 27(金)	生産管理	プレス作業のコストダウン	木田経営研究所 所長 木田武
18	8. 30(月)	"	"	"
19	9. 3(金)		実習	民間企業
20	9. 7(火)		"	"
21	9. 8(水)		"	"

Ⅰ-2-5 講習会・研究会

(イ) 技術普及講習会

- 日時 昭和51年12月16日(木) PM 2.00
- 場所 当所 技術研修室
- 講義題目 鋳鉄の耐食性について
- 講師 久保田鉄工株式会社
鋳型ロール研究部 太田 隆
- 対象受講者 彦根地区バルブ製造技術者
- 受講人員 25人

(ロ) 技術普及講習会

- 日時 昭和52年3月8日(火)～9日(水) AM9.00～PM7.00
- 場所 大津市打出ヶ浜3番7号
滋賀県産業振興協同組合研修室
- 講義題目 マーケティングの意義
- 講師 東芝商事株式会社
消費者部長 山田正吾
- 対象受講者 滋賀県産業振興協同組合
滋賀県電化工業協同組合
- 受講人員 30人

(ハ) 技術普及講習会(生産技術研究会共催)

- 日時 昭和52年3月18日 PM1.00
- 場所 当所 技術研修室
- 講義題目 精密鋳造技術(ロストワックス)について
- 講師 吉田キャスト工業株式会社
森田育宏
- 対象受講者 彦根地区バルブ製造技術者
- 受講人員 35人

(ニ) 研究発表会

- 日時 昭和52年12月16日(木) PM1.00
- 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 30人
- 研究テーマ及発表者
 - ・鋳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
村口明義
 - ・鋳型形状および押湯と肉厚感度との関係
松川進
 - ・測長器における標準尺読取精度の検討
佐藤真知夫
 - ・ねずみ鋳鉄の簡易強度試験法の開発研究
中山勝之

(ホ) 近工連LCA分科会(第15回)

- 日時 昭和51年10月14日(木) PM1.00
- 場所 当所 技術研修室
- 内容 開催地あいさつ 当所所長
バルブ工場見学 清水合金製作所
情報交換及文献紹介
- 参加機関 大阪府立工業技術研究所外8機関

Ⅰ-2-6 技術相談

(イ) 鋳造技術	29件
(ロ) 材料強度	9 "
(ハ) 材料分析	5 "
(ニ) 耐食技術	3 "
(ホ) 材料組織	3 "
(ヘ) 熱処理技術	2 "
(ト) 放射線技術	1 "
(チ) 品質管理	1 "
計	53 "

その他測定技術及試験機設置に関する相談は現地に出張し指導した。

Ⅰ-2-7 調査・審査

○地場産業景気動向調査

本年度より地場産業の振興を図るため正確な現状把握とそれに基づいた動向予測を知るために県職員による企業訪問聞き取り調査の形で4.四半期ごとに継続して実施する。

当所は彦根地区（パルプ産地）企業20社を対象に5月、7月、10月、1月と実施した。

○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 9企業

設備貸与関係 15企業

○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

Ⅱ-3 研究業務

樋口英司

1. ま え が き

球状黒鉛鑄鉄の引張試験後の破断面を観察すると、白色（灰色も含む）破面と黒色破面が必ず大なり小なり出ている。

この黒色破面が破断面積にしめる割合によって強度が変化する傾向があるので、黒色破面の比率（面積率）から引張強度を推定すると共に、試験後の破断面でなくYブロックより切り出した角材の単純な破断面比率が強度の推定値とどの様に関係するか調べた。

さらに、球状黒鉛鑄鉄の強度を化学組成や顕微鏡組織から、ある程度推定できるようにしておけば実体強度を考える場合に非常に便利である。よって、今回は球状化率と基地組織の影響によって球状黒鉛鑄鉄の強度がどの様に変わるか調べた。以下にその結果を示した。

2. 実 験 方 法

2-1 実験試料

2-1-1 供試材

当所に持ち込まれる依頼試験の中から球状黒鉛鑄鉄品のテストピース（JIS, Z2201の4号試験片）を無作為に収集した。

2-1-2 試料抽出

無作為に収集した試験片から引張強さ、耐力、伸び、ブリネルかたさのデータを取った。それらの試験片総数180個を引張強さ 35kgf/mm^2 から 88kgf/mm^2 まで 1kgf/mm^2 ごとに2段階に分類した。分類結果をみるとFCD45からFCD55の間に大半が集中しており、データのかたよる危険性があるので母集団の中から表1の11段階を設定、各段階の試料集団の中から各段2試料をランダムに19試料抜き出した。

表 1. 試料集団表

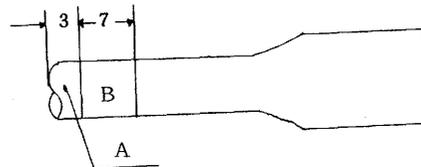
NO	引張強さ	耐力	伸び	硬さ ^{HR₁₀} ₃₀₀₀
1	35.1 kgf/mm ²	20 kgf/mm ²	2	167
2	44.9	27.5	25	163
	45.1	26.6	23	163
3	47.7	32.4	6	179
	48.2	32.0	25	170
4	49.8	35.9	24	179
	49.9	35.0	17	170
5	52.9	35.7	12	187
	53.0	32.8	15	179
6	55.0	35.3	15	201
	55.1	32.2	13	187
7	57.7	32.3	12	217
	58.2	37.6	11	197
8	59.5	39.2	1	277
	60.1	31.9	8	179
9	63.0	36.9	11	212
	63.1	41.6	15	212
10	66.3	38.9	7	255
11	87.9	61.1	3	302

2-2 測定条件及び測定方法

2-2-1 測定条件

試料の半片を図1の様に切断してA部の破断面を黒色破面面積率測定試料とした。また破面の白色部と黒色部の差異が基地組織にもあらわれてくるものか判定する為にB部の破断面側を顕微鏡試料とした。

図1. 試料採集図

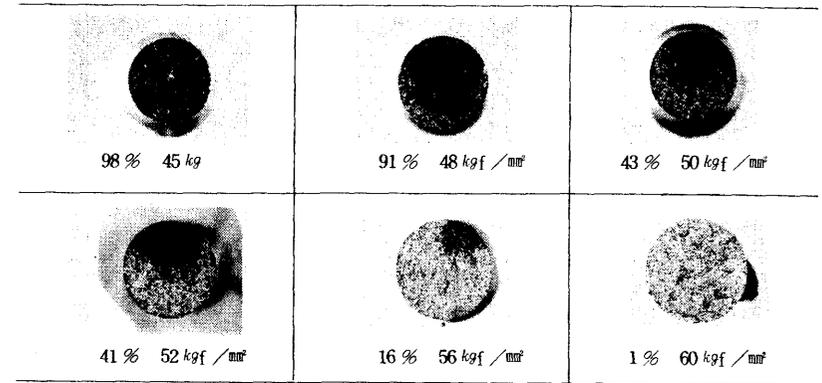


2-2-2 測定方法

(1) 黒色破面面積率

A部の破断面を接写して10倍の写真を撮影した。接写条件を参考の為、写真1に示す。破面写真の黒色部面積をプランメータで3回測定を行い、その平均値を黒色部の面積とした。さらに黒色部面積を、その試料の破断面面積で除じたものを黒色破面面積率とした。

写真1~(1) 黒色破面面積率と引張強さ(×2.3)



接写条件 フィルム：ミニコピー 絞り 16 露出時間 8 sec

(2) 球状化率

日本鋳物協会特殊鋳鉄部会の球状黒鉛鋳鉄の黒鉛球状化率判定法により測定、3視野について算出した球状化率の平均値を、その試料の球状化率とした。なお、400倍の顕微鏡写真中黒鉛直径5mm以下は測定から除外した。以下の各因子の測定についても同様である。

(3) 黒鉛粒数

0.27mm²内の400倍の顕微鏡写真から黒鉛粒数を1試料3視野について測定、その合計の1.25倍を単位mm²内の黒鉛粒数とした。(1/0.27×3)

(4) 黒鉛面積率、パーライト面積率100倍の顕微鏡写真からプランメータによって、黒鉛の面積、パーライトの面積を測定、それぞれの面積を引伸しフレーム判の面積で除じた値を、黒鉛面積率、パーライト面積率とした。

3. 結果と考察

3-1 黒色破面と基地組織の関係

破断面の白色部と黒色部の差異が基地組織にも出ているかを調べる為に、全試料を破断面の白色部と黒色部別に球状化率、黒鉛粒数、黒鉛面積率、パーライト面積を測定した。測定結果を白色部と黒色部に分類して、それぞれの値に差があるかないかを度数分布で調べてみたが、本実験ではそれらの差は度数にして10度/95度≒11%(白色部)から破断面の白、黒色部が基地組織に影響を与えているとは考えられない。

さらに、黒色破面面積率は各因子によって、どの様に变化するか調べるために、黒色破面面積率と各因子の単相関係数を求めた。その結果を表2に示す。

表2 黒色破面面積率と各因子の相関係数

	F 球状比率	G 黒鉛粒数	H 黒鉛面積率	I パーライト面積率	E 黒色破面面積率
F	1	0.0269	0.1855	0.1775	-0.2741
G		1	0.2143	-0.4424*	-0.6376**
H			1	-0.2279	0.1952
I				1	-0.6947**
E					1

n=19 P=0.05 **P=0.1*

相関係数から黒色破面面積率に影響を与える因子は黒鉛粒数とパーライト面積率であり、黒鉛粒数が増すことによって黒色破面面積率は増加し、パーライト面積率は減少する傾向を示している。それらの関係を図2に示す。

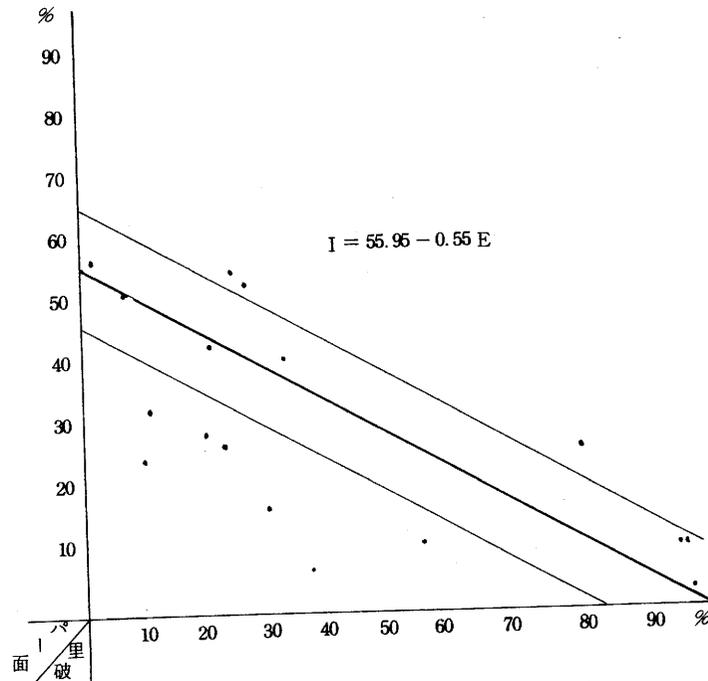


図2 (1) 黒色破面面積率とパーライト面積率の関係

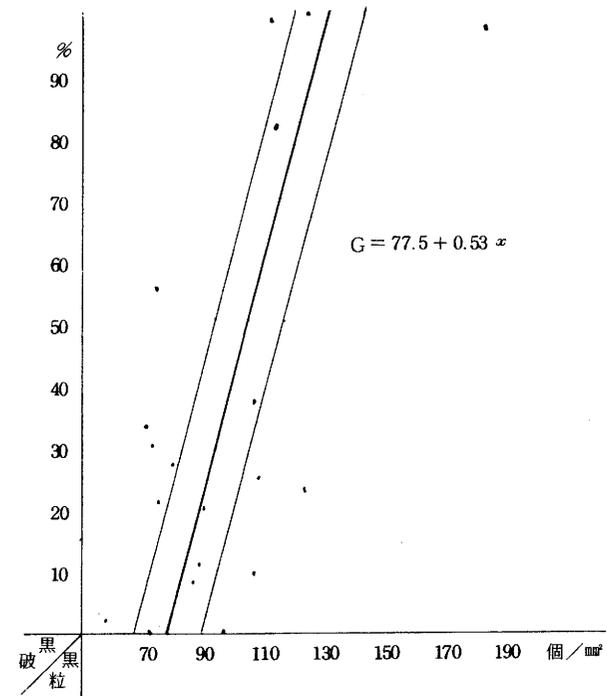


図2 (2) 黒色破面面積率と黒鉛粒数の関係

3-2 黒色破面の割合と強度の検討

黒色破面面積率と引張強さ、および伸びの関係度を数値的に知るために、単相関係数をとってみると、引張強さは $r = -0.72$ 、伸びとは $r = 0.62$ と共に黒色破面面積率との相関が高いことを示している。よって黒色破面面積率と引張強さの関係式を求めることで、破断面の黒色破面面積率から、その材料(球状黒鉛鉄)の引張強さを推定することが出来る。

引張強さと黒色破面面積率の回帰分析を行い、次の様な回帰式を求めた。

$$\sigma_B = -0.23 E + 63.6$$

ここに σ_B : 引張強さ (kgf/mm²)

E: 黒色破面面積率 (%)

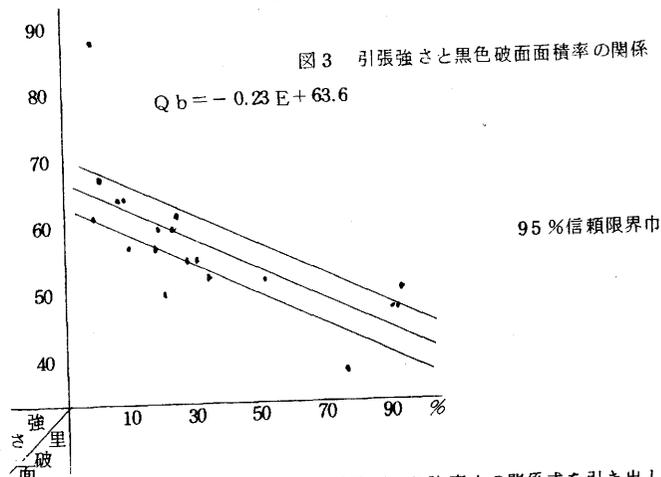
$$\text{相関係数 } r = -0.7215$$

回帰分析の分散分析表を表3に示し、黒色破面面積率と引張強さの関係を図3に示す。なお、回帰式における95%信頼限界巾を図内に示した。この関係式より黒色破面面積率が大きくなれば引張強さが低下することを表わしており、黒色破面面積率によって引張強さを簡単に推定することが出来る。

表3 引張強さと黒色破面面積率の分散分析表

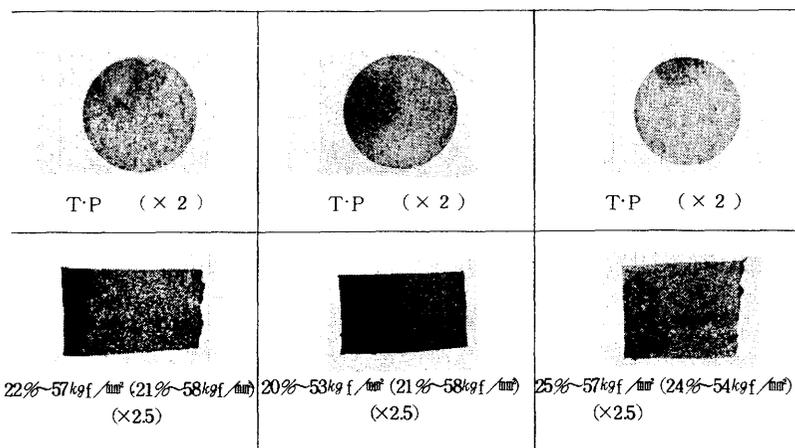
要因	(S)		(V)	(F ₀)
	平方和	自由度	不偏分散	分散比
R (回帰)	1123.07	3	1123.07	18.46 ^{***}
I (残差)	1034.5	17	608.5	
T	2157.57	18		

kgf/mm² $F \frac{1}{17} (0.05) = 4.45$



本実験においては、引張試験後の破断面より強度との関係式を引き出したが、実際に供試材のYブロックを10mm角程度に切断をして、バイス等に固定後ハンマーでたたき折った破面で引張強さを推定してみると、試験後の引張強さに類似した数値を確認することが出来た。それらの破面写真を写真2に示す。

写真2 Yブロック破面と引張強さ



3-3 強度と組織の関係

3-3-1 全因子と強度の関係

前項の実験によって球状化率、黒鉛粒数、黒鉛面積率、パーライト面積率の4因子を破断面の白色部と黒色部に大別して、各部より各々3枚の顕微鏡写真を取り、全因子の測定を行った。

測定結果について前項でも述べた様に、白色部と黒色部にハッキリした差が認められないので黒色破面面積率を基準として、白色部および黒色部とも70%以上については、白色部、黒色部のいずれか70%側の3写真の平均値を、その試料の代表値とした。70%以下の中間値の試料については白色部と黒色部の全平均値をもって、その試料の代表値とした。この様にして測定した4因子と、さらに試料採集時の耐力、HB硬度、伸び、および前項の黒色破面面積率の計8因子と強度との関係を調べる為、全因子と強度の単相関係数および偏相関係数を求めた。その結果を表4に示す。

写真1~(2)顕微鏡写真 (x100)

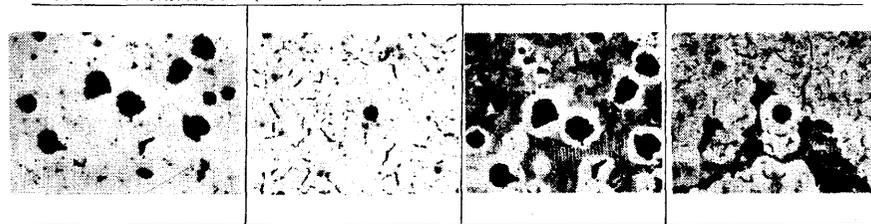


表4 全因子と引張強さの単、偏相関表

	B 耐力	C 伸び	D 硬さ	E 黒破面率	A 引張強さ
B	1	-0.3076	0.8092 ^{**}	-0.6408 ^{**}	0.9269 ^{**}
C		1	-0.606 ^{**}	0.6174 ^{**}	-0.4012 [*]
D			1	-0.7001 ^{**}	0.8453 ^{**}
E				1	-0.7215 ^{**}
A					1

n=19 P=0.05^{**} P=0.1^{*}

	B	C	D	E	A
B	-1	0.276	0.2791	-0.0019	0.713 ^{**}
C		-1	0.5431 ^{**}	0.4546 ^{**}	0.0904
D			-1	0.0515	0.3077
E				-1	-0.3299
A					-1

	F 球状化率	G 黒粒数	H 固面率	I パーライト面率	A
F	1	0.0269	0.1855	0.1775	0.4193 ^{**}
G		1	0.2143	-0.4424 [*]	-0.3995 ^{**}
H			1	-0.2279	-0.3270
I				1	0.7579 ^{**}
A					1

	F	G	H	I	A
F	-1	0.1603	0.3840	-0.2298	0.5429 ^{**}
G		-1	0.0361	-0.1916	-0.1544
H			-1	0.1392	-0.3883
I				-1	0.6966 ^{**}
A					-1

耐力、伸び、硬さ、黒色破面積率と引張強さについては、各因子がそれぞれの因子に互いに影響して複雑で判断が困難である。しかし、他の因子の影響を取り除いて、純粋に耐力と引張強さ等の変動を偏相関係数で調べてみると、耐力と引張強さ、伸びと硬さの間には相互の関係が非常に強いことを示している。同じく伸びと黒色破面積率の間にも相関があることを示している。

次に、球状化率、黒鉛粒数、黒鉛面積率、パーライト面積率と引張強さでは前4因子の様な複雑な影響はみられない。偏相関係数による、各々2変量間の影響を調べて見ると、球状化率と引張強さ、パーライト面積率と引張強さの相互に強い関係があることを示している。以上のことから、引張強さに関係する因子を列記してみると次のとおりである。関係する因子と引張強さの状態を図5に示す。

図5 各因子と引張強さの関係

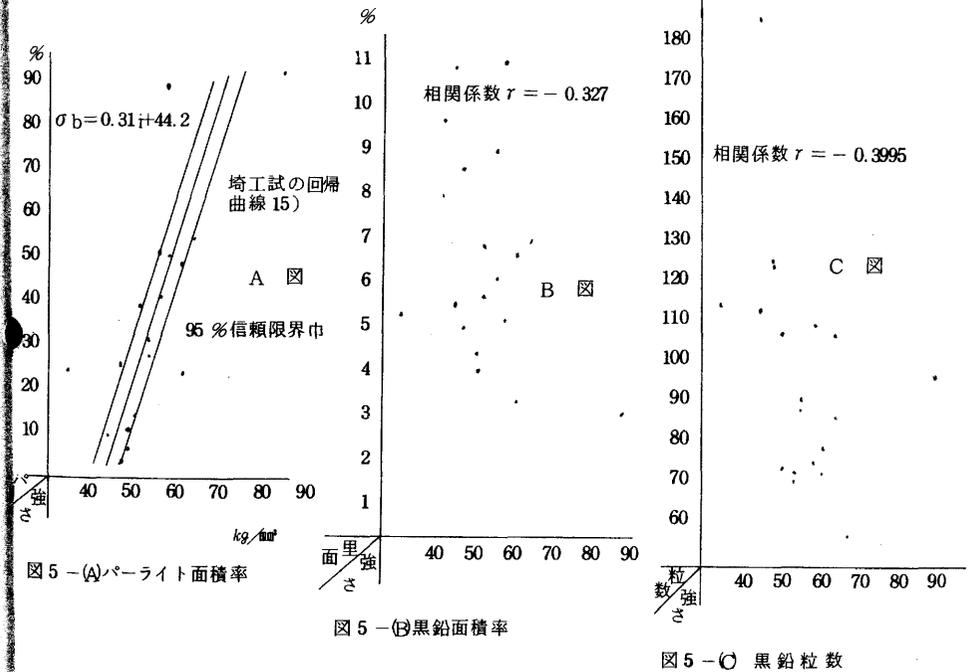


図5-(A)パーライト面積率

図5-(B)黒鉛面積率

図5-(C)黒鉛粒数

- (1) 耐力
- (2) 球状化率
- (3) パーライト面積率

他の因子間では、次のものが上げられる。

- (1) 伸びと硬さ
- (2) 伸びと黒色破面面積率

3-3-2 因子間の回帰式

前項の結果から、伸びについては基地組織との関係を知るために、球状化率、黒鉛粒子、黒鉛面積率、パーライト面積率の各因子との偏相関係数を求めた。その結果を表6に示す。

表6 各因子と伸びの偏相関係数

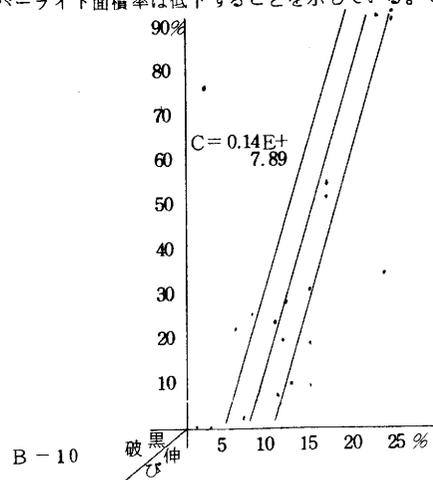
	F	G	H	I	C伸び
F	-1	-0.1439	0.4074*	0.7848**	0.8062**
G		-1	0.1817	0.0323	0.2443
H			-1	-0.3977	-0.3516
I				-1	-0.8912**
C					-1

$P=0.05^{***}$ $P=0.1^{*}$

伸びに強く関係する因子として球状化率、パーライト面積率で、それらの傾向として球状化率が増加すれば伸びは増え、パーライト面積率は低下することを示している。それらの関係を図6に示す。

図6 伸びと各因子の関係

図6-(1) 黒色破面面積率



B-10

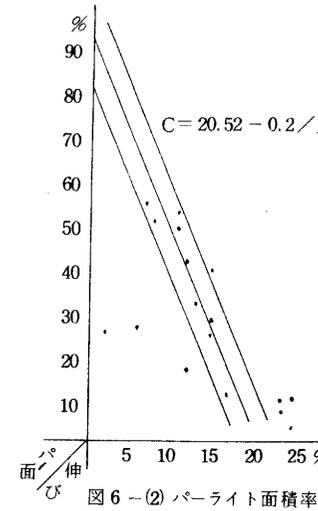


図6-(2) パーライト面積率

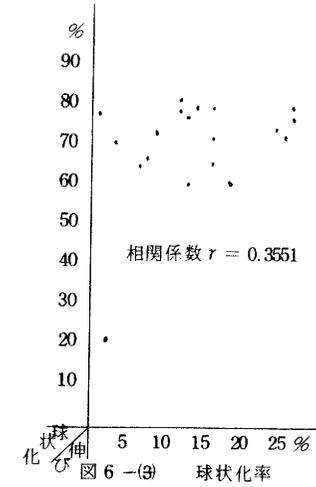


図6-(3) 球状化率

球状化率と引張強さの関係について単回帰分析を行い、次の回帰式を求めた。

$$\sigma_B = 0.36 D_s + 31.2$$

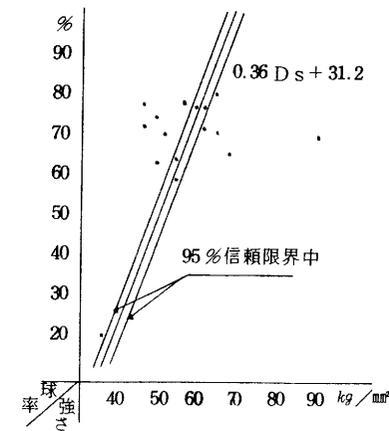
ここに σ_B : 引張強さ (kgf/mm^2)

D_s : 球状化率 (%)

相関係数 $r = 0.419$

この回帰式を近畿大学、乙博、石野、米田両氏5)の回帰式、 $\sigma_B = 0.29 D_s + 30.72$ $r = 0.475$ と比較して、僅かの相関の低下にとどまった。球状化率と引張強さの関係を図7に示す。

図7 球状化率と引張強さの関係



B-11

前項より各因子の相関を求めて検討を加えてきたが、それら相関の有意順に表7のA 1行列を求め、これをもとに重回帰分析を行った。重回帰分析の計算例を以下に述べる。

表7 A 1行列

	l	i (パーライト面積率)	f (球状化率)	g (黒鉛粒数)	h (黒鉛面積率)	a (引張強さ)
l	19	690.1	1276.1	1831.9	126.1	1052.5
i	690.1	38122.13	47448.8	60526.44	4301.06	42250.59
f	1276.1	47448.8	88646.49	123209.38	8577.04	71745.11
g	1831.9	60526.44	123209.38	190760.15	12431.01	99271.6
h	126.1	4301.06	8577.04	12431.01	951.73	6822.54
a	1052.5	42250.59	71745.11	99271.6	6822.54	60460.53

まず、表7のA 1行列の第1行第1列の要素(数値、690.1)を“かなめ”として表8のA 2行列を求め、次に何を“かなめ”に行列を求めるかを考えると

表8 A 2行列とF-検定

	l	i	f	g	h	a
i	0	13056.97	10995	-6010.1	-279.02	4022.68
g	0	10995	2939.58	173.19	107.77	1055.89
f	0	-6010.1	173.19	14136.07	272.98	-2206.02
h	0	-279.02	107.77	272.98	114.82	-162.74
a	0	4022.68	1055.89	-2206.02	-162.74	2157.57

- (1) $4022.68^2 / 1305.97 = 1239.33 \triangle$
- (2) $1055.89^2 / 2939.58 = 379.27$
- (3) $2206.02^2 / 14136.07 = 344.26$
- (4) $162.74^2 / 114.82 = 230.66$

検定

$$\frac{1239.33}{(2157.57 - 1239.33) / (19 - 2)} = 22.9^{**}$$

$F(1, 17; 0.05) = 4.45 \sim F$ -分布の上側5%点

$$\sigma_B = 0.308I + 44.2$$

A 3行列 表9 A 3行列とF-検定

	l	b	g	h	a	l	i
b	0	2847	679.29	131.26	717.14	-64.1	-0.084
g	0	679.29	11369.63	144.54	-354.39	-113.13	0.46
h	0	131.26	144.54	108.86	-76.77	-7.41	0.021
a	0	717.14	-354.39	-76.77	918.23	-44.2	-0.308
i	0	0.084	-0.46	-0.021	0.308	-0.003	-0.00007

- (1) $717.14^2 / 2847 = 180.64 \triangle$
- (2) $354.39^2 / 11369.63 = 11.05$
- (3) $76.77^2 / 108.86 = 54.14$

$$\frac{180.64}{(918.23 - 180.64) / (19 - 3)} = 4.2$$

$F(1, 16; 0.05) = 4.49$

- 1) 第2行2列の要素をかなめとして
- 2) 第3行3列の要素をかなめとして
- 3) 第4行4列の要素をかなめとして
- 4) 第5行5列の要素をかなめとして

の4つのケースが考えられる。そのどれがよいかは構造式のあてはめの良否を示す残差平方和の大小で決める。つまり、第5行第5列の要素が小さくなればなるほどよい。1)のケースでは第5行第5列の要素が表8の(1)だけ減少する。以下(4)まで順次、減少して、最大に減少するのは(1)のケースなので、これを検定してこの順位で行列を求めるか表8のF-検定を行ない、有意であれば表9のA 3行列を求めて回帰式に説明変数としてFを取り込むかF-検定を行なう。表9の場合にはF-検定が有意ではないので、Fを取り込むことは出来ないと共に、取り込むべき変数がなくなったのでA 3行列より次の回帰式を求めた。

$$\sigma_B = 0.308I + 4.42$$

ここに σ_B : 引張強さ (kgf/mm^2)

I : パーライト面積率 (%)

このときの相関係数 $r = 0.758$

以上の計算手法によって、表 10 の回帰式を求めた。

表 10 各因子の回帰式

特性値 σ_B	$\sigma_B = 1.26B + 1.135$ $\sigma_B = 0.24D + 8.24$
特性値 E	$E = -0.585I + 0.529G - 0.539F + 4.22$
特性値 C	$C = -0.25I + 0.318F - 0.409H + 3.35$

ここに σ_B : 引張強さ (kgf/mm^2)

B : 耐力 (kgf/mm^2)

D : 硬さ (HB)

E : 黒色破面面積率 (%)

I : パーライト面積率 (%)

G : 黒鉛粒数 ($\text{個}/\text{mm}^2$)

F : 球状化率 (%)

C : 伸び (%)

H : 黒鉛面積率

4. む す び

本実験を実施して確認できたこと、および実証できたことがらをあげると次のとおりである。

- (1) 全因子に対して非常に強い相関を持つものは、パーライト面積率である。
- (2) 耐力と黒色破面面積率、伸びと硬さ、伸びと黒色破面面積率の間には、ほぼ同等の相関があり、類似した因子である。
- (3) 引張強さと球状化率、および黒色破面面積率の回帰式は手軽に現場等で利用できる。また、この実験から、今後へのいくつかの課題を抽出できた。球状黒鉛鑄鉄のYブロック強度と実体強度との関係、黒色破面面積率と強度の関係(官能検査での実証)、化学組成と本実験因子との関係、これらのテーマについて、今後も本実験を追求して行きたいと考えている。

参 考 文 献

- 1.) 小林竜一, 日科技連, 相関, 回帰分析法入門
- 2.) 草川隆次他, 日刊工業, 特殊鑄鉄鑄物
- 3.) 山本美喜雄, 丸善, 球状黒鉛鑄鉄の理論と実際
- 4.) 吉川英夫, 日科技連, 統計解析手順集
- 5.) 日本鑄物協会第79回および81回講演大会講演概要
- 6.) 喜多清, 鑄物 40.4, 384
- 7.) 小松康彦, 鑄物 43.2, 101
- 8.) 堤信久, 鑄物 42.1, 37
- 9.) 小林幹和, 鑄物 46.6, 514
- 10.) 上田 完, 鑄物 46.3, 212
- 11.) 大和田野利郎, 鑄物 46.1, 44
- 12.) 大橋正昭, 鑄物 42.8, 634
- 13.) 佐野専一, 鑄物 39.7, 535
- 14.) 大阪ガス溶解試験所, 鑄物とコークス 21
- 15.) 峯岸弘次, 埼玉県鑄物機械工業試験場年報 51.12

II-3-2 球状黒鉛鑄鉄の引けについて

松 川 進

1. 緒言

球状黒鉛鑄鉄の鑄造にあたって、もっとも問題になる点は引け（巣）である。

これは鑄物の凝固の際に起こる体積収縮が外部からの溶湯で充分補給されなかったために起こる鑄物の空洞部と粗晶部を言うのであるが、この原因はその凝固形態にあると思われる。すなわち、片状黒鉛鑄鉄が表皮生成型であるのに対して、球状黒鉛鑄鉄のそれはパラスト型である事に起因する。

そこで今回は、このような生成機構である引け（巣）に影響をおよぼすと考えられるものの中から、より現場的でしかも早急な対策が必要なC, Si等の成分、および鑄物肉厚と引けとの関係を明らかにする。

2. 化学成分と引けおよび機械的性質（実験1）

2-1 目標成分および地金配合割合

CE = 4.3 ~ 4.5% の共晶組成付近を中心として、亜共晶、過共晶を限界とするC, Siをそれぞれ3水準とり、表1の如く計9種類の組合せとし、繰返しをそれぞれ3回行う。この地金配合割合を表2に示す。

表1. 目標成分

試料No.	成分	
	C	Si
1	3.0%	1.5%
2	"	2.5
3	"	3.5
4	3.5	1.5
5	"	2.5
6	"	3.5
7	4.0	1.5
8	"	2.5
9	"	3.5

表2. 地金配合割合

試料No.	地金				%
	ダクタイルC	鋼屑	加炭剤	SOS	
1	31.7	66.8	1.5		
2	66.0	33.0	0.07		1.0
3	66.0	31.0	0.07		3.0
4	31.7	66.3	2.0		
5	80.0	19.3			0.6
6	80.0	17.3			2.6
7	31.7	65.8	2.5		
8	89.9	9.7	0.07		0.3
9	90.0	7.7	0.07		2.3

2-2 鑄型形状及び寸法

引け検討用鑄型の形状および寸法を図1に示す。

機械的性質検討用の鑄型はFCD用YブロックA号を用いた。

鑄込方案はいつでも上部からの落込みである。

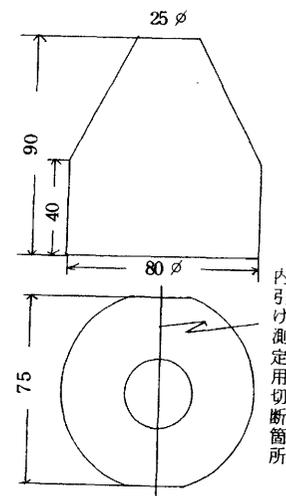


図1. 引け検討用鑄型及び寸法

2-3 造型および溶解

造型はいつでも鑄肌を6号、バックを5号の珪砂によるCO₂型とし、黒鉛塗型を施した。

溶解は30kg高周波炉で行い、球状化処理はFe-Si-Mg-Ca-Re系市販球状化剤を接種剤・反応調整剤とともに取鍋中にて添加し、鎮静後ただちに注湯した。

2-4 テストピースおよび測定

引け検討用試験片は底からの高さを90mmにそろえたとともに、鑄バリなどを取除き各種試験に供した。また、YブロックはJIS Z 2201の4号試験片に加工し、試験に供した。

各種引けの測定箇所は図1に示す箇所を切断し内引けを観察、外引けは図中の75mmのフラットな部分について測定し、外周は底から30mm上部を細い糸にて測定した。

2-5 実験結果および考察

2-5-1 化学成分と内引け

当初の目標成分であるC, SiにMnも含めて検討する。(以下の考察も同様)

表3 (以下の考察に於て全て参照) および写真1より次の事が言える。

C: 3.0 ~ 3.5%, Si: 2.0%以上は引けが大きい。また、Mnは少ない方が引けが大きく出ている。

この事は共晶組成 (CE = 4.3%) 以上に引けが大きく、C < 3.0%・Si < 2.0%では全く引けないと言う事になり、Reynoldsの説とは逆の結果である。

表 3. 化学成分と引けおよび機械的性質

試料No	化学成分(%)			A (丸引け)	外引け				その他			総合引けランク			機械的性質		
	C	Si	Mn		B T・P	C Yブロック	D 荒れ	E 全重量	F 直径	G 外周	A 平均	G 平均	T2 ABCG 平均	引張強さ	耐力 (kg/mm ²)	伸び (%)	硬度 (BHN)
1	2.81	1.46	0.49	1	1	7	2.242 6	78.4 8	245.0 9	4	3	51.5	43.9	1.3	311		
2	2.90	2.50	0.35	5	3	9	2.226 9	79.7 5	249.0 6	6	5	57.5	36.2	8.4	191		
3	2.95	3.37	0.36	4	4	3	2.229 8	79.5 7	249.5 4	6	4	56.4	39.9	17.8	179		
4	3.22	1.50	0.45	3	4	4	2.268 2	79.3 9	249.0 6	3	2	55.1	37.6	1.6	268		
5	3.26	2.35	0.29	9	5	8	2.232 7	80.2 3	250.5 2	8	8	54.7	32.5	12.0	170		
6	3.38	3.36	0.25	8	6	5	2.263 3	79.6 6	249.0 6	9	8	53.3	38.4	16.8	174		
7	3.52	1.48	0.44	1	9	6	2.290 1	80.3 2	251.0 1	2	1	59.0	31.4	8.9	197		
8	3.66	2.39	0.24	6	8	2	2.258 4	80.0 4	249.5 4	4	7	50.3	31.2	13.8	163		
9	3.51	3.32	0.19	7	7	1	2.258 4	80.4 1	250.0 3	1	5	51.4	36.4	17.0	170		
FC	3.01	1.93	0.51	無	無	小	2.329	79.8	252.0			20.5			163		

注) A ~ Gの数字は引け順位を表し、数字の若い方が引け小を表す。

2-5-2 化学成分と外引け

Cの影響が大きく、逆にSiの影響は小さい。Cの増加は引けを助長するし、Mnは少量の時引けを誘発する。全体として外引けはC量に左右されると言える。

YブロックとT・Pの関係はなく、また外引けと錆肌の関係も無かった。荒れは写真2に示すごとく錆鋼などと同じくCが少ないと大きい。

2-5-3 重量・直径・外周と引け

鋳物重量は内引けと外引けの合成された結果が出ると思われる、最も引けの程度を表現していると言える。(個々に比較すると関係なさそうにみえるが)。

すなわち、引けの大きい時はその重量も当然少ない事になる。ちなみにFCの重量がF・Cのそれに比べて50~100%少ない事からもその事が言える。

直径・外周は引けとはあまり関係なかった。

2-5-4 C・Siと全重量

鋳物全重量が引けの程度を表わしているとする、当然化学成分との間にも何らかの関係がありそうである。そこでC・Siと全重量について重回帰分析をすると表4のごとく有意となり、それぞれの間には次式で表わす事が出来る。

$$y = 5.1856 X_1 - 1.1319 X_2 + 2.110747$$

(y:全重量(%), X₁:C量(%), X₂:Si量(%))

表 4. 重回帰に於ける分散分析表

要因	S	φ	V	F ₀	寄与率
回帰	2,378	2	1,189	586*	77.4%
残差	1,220	6	203		
総	3,598	8			

注) *:危険率5%で有意

2-5-5 組織と引け

引けの総合ランクを表3の(T₂)に示すが、これと写真3を見比べると次の事が言える。

鋳鉄の一般的組織であるフェライトあるいはパーライトの混合基地の方がセメントライトあるいはレデライト地よりも引けやすいようである。

この基地組織が黒鉛球状化時の収縮などと反応して引けを生じさせるものと思われる。勿論黒鉛の大きさ、分布、形状も何らかの関係があるのは言うまでもない。

2-5-6 化学成分と機械的性質

引張強さ、硬さはC, Siの増加によって低下し, Mnの増加によって上昇する。伸びは全く逆である。耐力は前者と同様であり, これらを図2~4に示す。

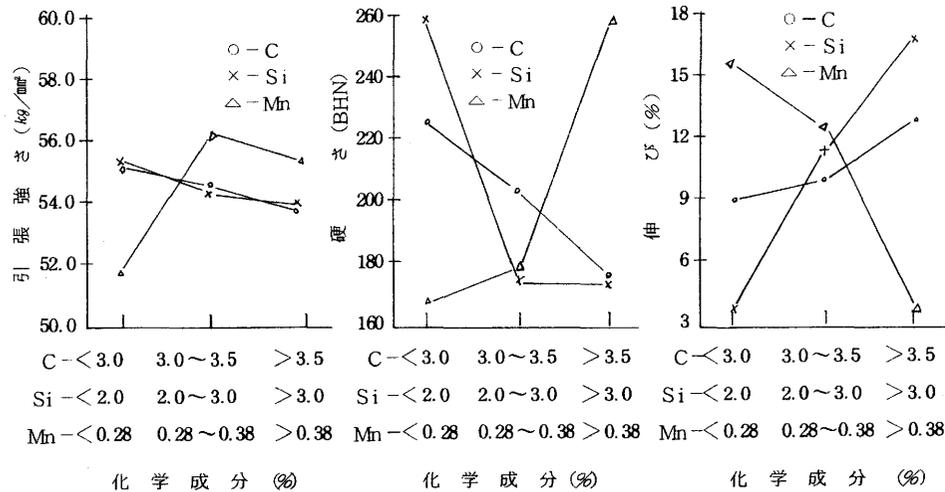


図2. 化学成分と引張強さの関係

図3. 化学成分と硬さの関係

図4. 化学成分と伸びの関係

これはFCと全く同じ傾向であり, 写真4からもその事の一端が伺える。
 ここではMn量の影響が顕著である事が特筆される。すなわち, レデブライ
 ト地になりやすいMnを多量に含有する事は伸びを無くし, 硬くする事である。
 なお, 引けが強度面に直接影響している事はない。

2-5-7 試料の区分と成分的適用範囲

引け, 組織, 機械的性質などについて検討した結果をグループ分けすると表5のようになる。

表5. 実験試料のグループ分け

項目	区分	適格	中間	不適格
引け		147	2389	56
組織		23578	69	14
機械的性質		23567	89	14
総合		7	2389	1456

注) 数字は試料Noを表す。

ここで不適格グループの中で試料No. 5, 6はCE値がそれぞれ4.04および4.50とポピュラーな成分域にもかかわらず引けが大きい。しかし, これもReynoldsの引け安全域である $C\% + 1/7 Si\% > 3.9$ よりもいづれも小さく, それぞれ3.74および3.86である。この事はCE値的には安全であっても他の要因(例えば, 試料の形状, 湯口方案など)とも関係して引けが生じやすい状態であるとも言える。

内引けと外引けはおおよそ関係がある事が判明し, これらの引けに対する各成分の影響度をまとめると次のようになり,

- C: 影響度は中, 適用成分範囲も中程度
 - Si: " 小, " は広い
 - Mn: " 大, " は狭い
- これを数値化すると表6のようになる。

表6. 適用成分範囲

成分	(%)	
	適用可能範囲	不適用範囲
C	2.9 ~ 3.5	> 3.6
Si	1.5 ~ 3.0	> 3.0
Mn	0.2 ~ 0.4	
CE	3.4 ~ 4.5	

なお, 実際にはこの表が全てあてはまるのではなく, 個々には相矛盾する点もあり, 鑄造方案, 使用条件などによって成分範囲を決定する事が望ましい。

C 含有量 (%)	Si 含有量 (%)		
	< 2.0	2.0~3.0	> 3.0
< 3.0			
3.0~3.5			
> 3.5			

写真 1. C, Si: と内部引け

C 含有量 (%)	Si 含有量 (%)		
	> 2.0	2.0~3.0	> 3.0
< 3.0			
3.0~3.5			
> 3.5			

写真 2. C, Si と外觀 (荒れ)

C 含有量 (%)	Si 含有量 (%)			FC
	< 2.0	2.0~3.0	> 3.0	
< 3.0				
3.0~3.5				
> 3.5				

写真 3. C, Si と顯微鏡組織

写真 4. C, Si と肉眼破面

C 含有量 (%)	Si 含有量 (%)		
	< 2.0	2.0~3.0	> 3.0
< 3.0			
3.0~3.5			
> 3.5			

引け深さは図5のAA'断面について測定する。引け巾はSの長さを測定する。

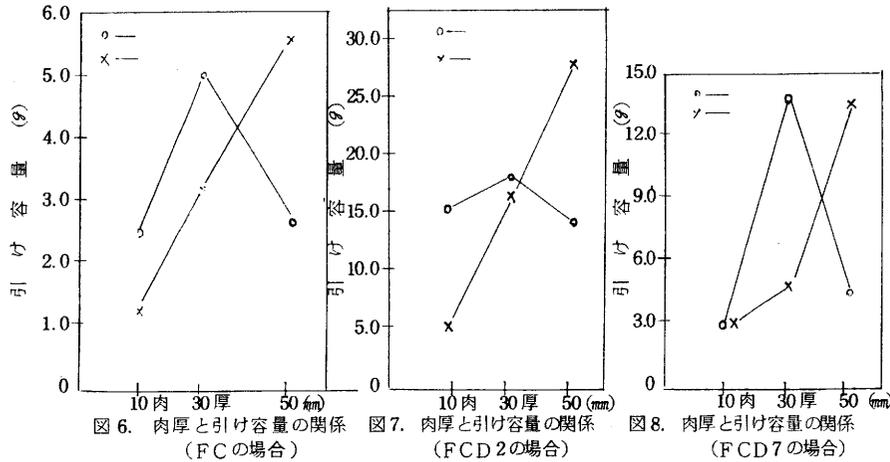
3-4 実験結果および考察

3-4-1 肉厚と引け容量

表8（以下の考察において全て参照）および図6～8から次の事が言える。

b肉厚(湯口側の横方向の肉厚)の変動は引けに大きな影響をおよぼし、肉厚の増加とともに引けは大きくなる。

a肉厚(縦方向の肉厚)はbに比して少なく比例関係ではない。肉厚はいつでも30mmの時が最大である。これを写真5～7に示す。



3-4-2 肉厚および成分 (FC, FCD-2, FCD-7) と引け容量

引け容量に対するa肉厚:A (50.30.10mm), b肉厚:B (50.30.10mm), 成分:C (FC, FCD-2, FCD-7) の3因子の関係をまとめると表9のようになる。

肉厚a, bおよび成分は引けに大きく作用しており、特に肉厚bと成分は顕著である。この事は前項の結果を証明している。

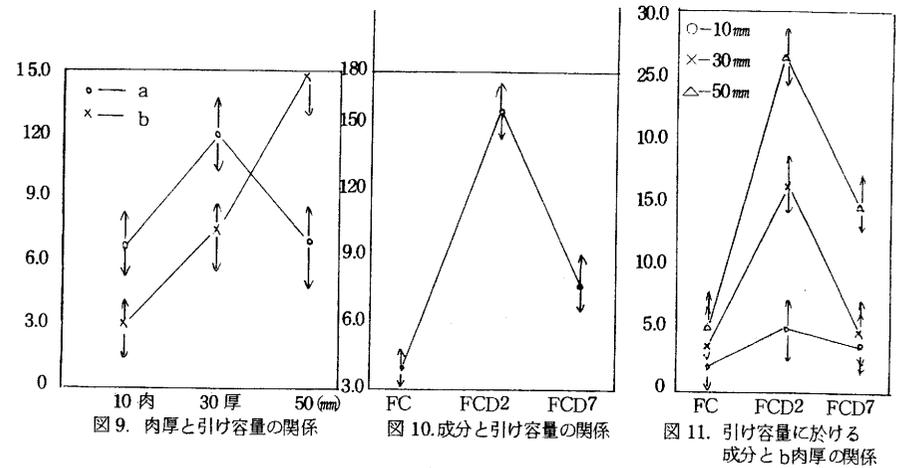
また、肉厚bと成分の交互作用も大である。これらの関係を図9～11に示す。

図9は前項の結果を集約しており、また図10は成分あるいは黒鉛形態、基地などによる差をよく表わしている。ちなみに、FCD-2および7はFCに対してそれぞれ4.4倍、2.1倍の引けが生じている。図11は図10の事をb肉厚の厚みによる差をより明確に表わしている。

表9. 引け容量の分散分析表

要因	S.S	d.f	W.S	F _o	寄与率 (%)
A	152	2	76	12.7 ^{**}	8.8
B	615	2	308	51.3 ^{**}	33.6
C	683	2	342	57.0 ^{**}	37.2
A×B	62	4	16	2.7	
A×C	72	4	18	3.0	
B×C	232	4	58	9.7 ^{**}	13.7
E	50	8	6		残 6.7
計	1,866	26			100.0

注) **:危険率1%で有意



3-4-3 引け容量に於ける成分間 (FC, FCD-2, FCD-7) の関係

前項の図10, '11. に示すように成分による影響は非常に大きい事が確認出来た。

では次に各成分相互間の関係も大きいのか否かを調べると下記のようなになる。

単相関係数

$$r_{x_1y} = 0.917^{**}$$

$$r_{x_2y} = 0.691^*$$

$$r_{x_1 x_2} = 0.795^*$$

(X_1 : FCの引け容量(%), X_2 : FCD-2の引け容量(%), y : FC D-7の引け容量(%))

故に、全て相関関係があるが、時にFCとFCD-7は関係が深い事がわかる。これはC、Siのバランスが比較的似ているためと思われる。 また

重相関係数

$$r_{x_1 x_2} = 0.919^{**}$$

これからも3成分それぞれの間は高度に有意である事がわかる。

3-4-4 引け容量と深さ

表8からも両者の関係が深い事は明白である。引け深さがX方向よりY方向がいつでも大であり(1.2~1.5倍)前述のb肉厚の影響が大なる事と一致する事は注目すべき点である。これを写真8~10に示す。

これは肉厚のいかんにかかわらず、凝固の形態として湯口から遠い方向より凝固が進行するため、最後になる湯口側中心部の溶湯が不足する事が原因と考えられ、これが内引けを中心とする引けとなって表れるのである。

しかし、この事は押湯などの方案を考慮すればある程度解決出来るものと考ええる。

3-4-5 試料肉厚の適用範囲

以上の結果から肉厚に関するグループ分けをすると表10のようになり、これを押湯のない場合における適用範囲として図示すると図12のようになる。

この図からもわかるように、特徴的な事は中肉の鋳物が以外と引けやすい点である。

この事は比較的成分(C、Si)のバランスが取れているものが引けやすい点と共通しており、非常に興味ある点である。

表10. 実験試料のグループ分け

区分	適 格	中 間	不 適 格
試 料 名	C H I	A B F	D E G

この原因としては、フェライトあるいはパーライト地の比較的除冷型の組織で、しかも中肉のために凝固進行速度が遅い。これと黒鉛球状化による膨脹収縮速度(反応)とが合致しないためと考えられる。

ここで参考に今回の実験下での最適および最悪条件の組合せとその時の引け容量を挙げると次のようになる。

○最適条件

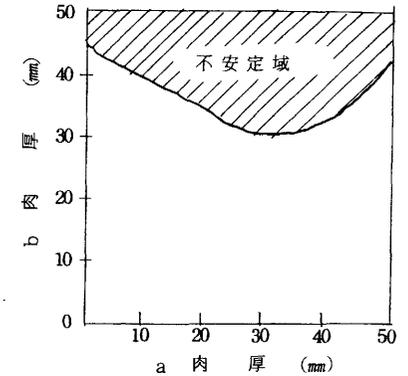
組合せ $A_3 B_3 C_1$ (肉厚 a、bともに10mmでFC)

引け容量 -0.5%

○最悪条件

組合せ $A_2 B_1 C_2$ (肉厚 a:30, b:50mmでFCD-2)

29.6%



		肉 厚 (mm)		
		50	30	10
肉 厚 (mm)	50			
	30			
	10			

写真5. 肉厚と外部引け (FC)

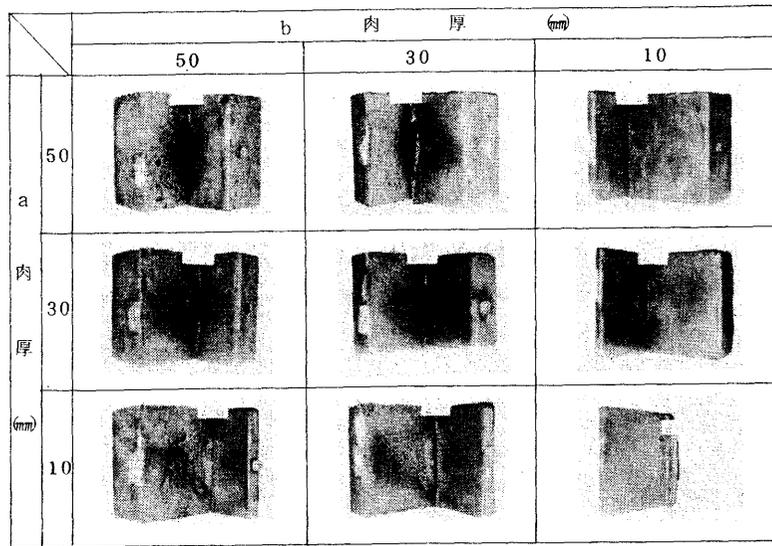


写真 6. 肉厚と外部引け (FCD・試料 № 2)

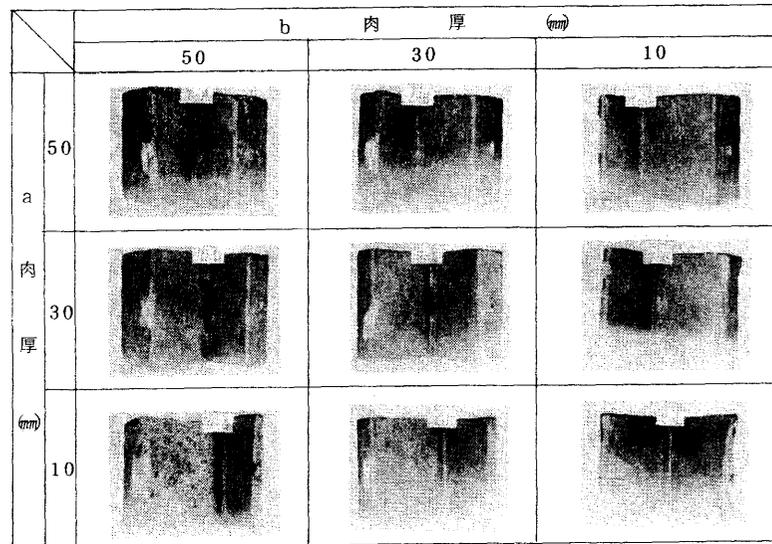


写真 7. 肉厚と外部引け (FCD・試料 № 7)

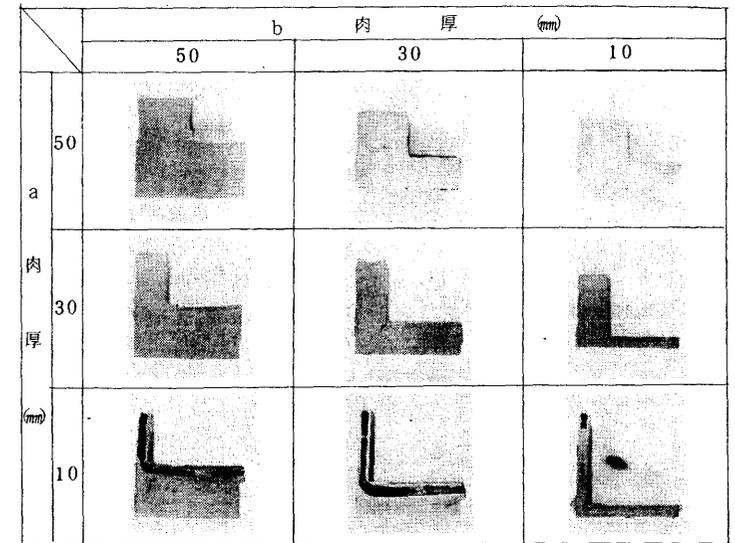


写真 8. 肉厚と内部引け (FC)

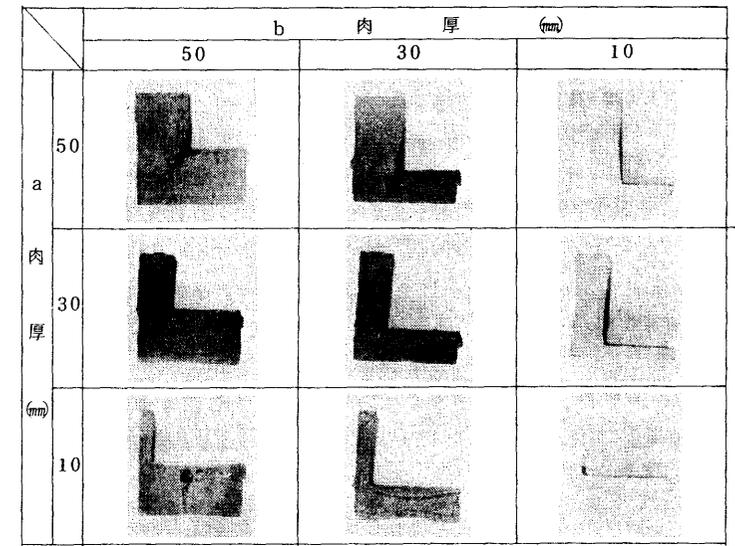


写真 9. 肉厚と内部引け (FCD・試料 № 2)

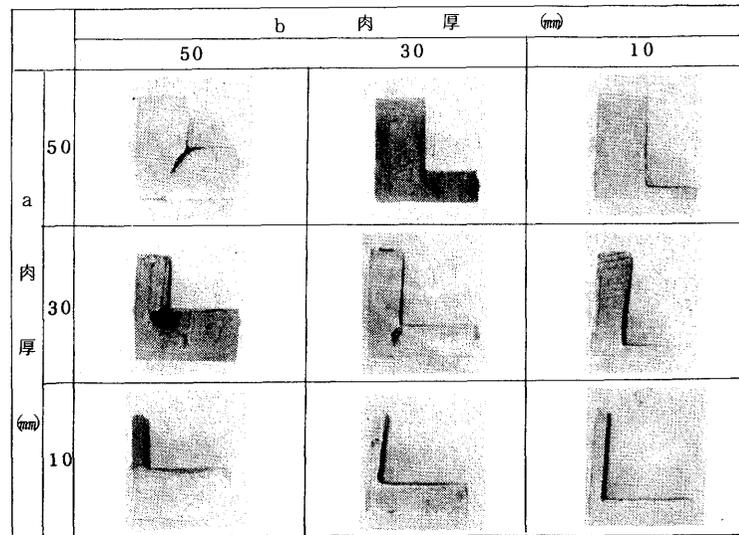


写真 10. 肉厚と内部引け (F.C.D・試料 No.7)

4. 結 論

引けに対する溶湯成分および铸件肉厚の影響について検討を加え、次の結果が得られた。

- 1) 成分的には明確な答が出ず、一般的配合 (共晶組成付近の成分) の方が引けは出やすい。しかし、強度面などを考慮すると表 6 のように C: 2.9~3.5, Si: 1.5~3.0, CE: 3.4~4.5 が使用範囲である。
- 2) 強度的に不適格な成分は使い道がないが、引けに対する不適格成分は他の因子 (例えば铸件形状、湯口押湯方案など) との組合せで適格となる要素をもっている。
- 3) 肉厚は単に大きいから悪いのではなく、その位置に左右される事が大きく、横方向の肉厚の変動は引けに多大の影響をおよぼす。故に、縦方向のそれとのバランス (凝固速度などを考慮する事) の取れた肉厚にする事が望ましい。
- 4) 一次の引け (外引け) は铸件壁の強度と溶湯の補給、また二次の引け (内引け) は溶湯の凝固速度 (収縮速度) と铸件形状のアンバランスによって起こるものであるから、健全な铸件を造るには溶湯成分および铸件肉厚とともに押湯を中心とする鑄造方案の確立が必要である。

- 球状黒鉛鑄鉄の理論と実際
- 鑄鉄の材質
- 鑄物の試験と検査
- 鑄物 第 44 卷第 9 号
- 総合鑄物センター “研究調査報告” (80)
引け巣発生機構とその対策
引け巣と化学成分鑄造方案の研究
- シェルモールドニュース 1971・4
球状黒鉛鑄鉄の製造 — 二・三の実例

水ガラス系鑄物廃砂の湿式再生法の検討

技師 村 口 明 義

1. ま え が き

水ガラス系廃砂の溶出水には公害の発生源となるものが含有されており（昭和50年度業務報告書）、公害防止はもちろんのこと、砂資源の節約の上からも、廃砂の再生、有効利用をはかるべきものと思われる。

一方、滋賀県下の鑄造工場より廃出される産業廃棄物を調査したところ、産業廃棄物（廃砂、ダスト、ノロ、レンガ屑、スラッジ等）は年間20,500トンあり、その内約75%を廃砂が占めており、問題となることは明らかである。

そこで今回は水ガラス系古砂（以下、「古砂」は一度使用された砂、「廃砂」は捨てられる砂、「回収砂」は古砂をもう一度使用するために粉碎し回収された砂とする。）の再生のうち、再生効果が良いといわれている湿式再生法について、処理条件の検討及び再生砂の評価試験を行うとともに、鑄物砂の管理について検討したので報告する。

2. 鑄鉄工場における産業廃棄物の実態調査

2-1 調査対象と調査方法

実験にさきだち、県下の鑄造工場より廃出される産業廃棄物の種類、量の実態を把握するため、調査を行った。今回の調査は昭和50年6月～7月に行い、対象企業は鑄鉄鑄物工場27社とした。調査項目は、生産量、鑄物砂使用状況、鑄型材料の購入状況、廃棄物の種類と量、処理方法、廃砂の再生についてなどである。

調査票をあらかじめ郵送し、回収はできるだけ工場の実態をつかむため、担当社が工場に行き不明な点は聞き、調査票に記入した。

2-2 調査結果

回収率は96%（1社だけ未回収）であった。集計結果を表1、表2に示す。

表1. 鑄物生産及び鑄物砂使用状況（昭和51年5～6月）

工場数	生産状況(T/月)		鑄物砂使用状況(T/月)			
	全溶解量	生産量	生型	水ガラス系	セメント型	有機自硬性
26	4186.5	2984.4	20,044	1992	20	719

表2. 産業廃棄物

工場数	廃棄物砂(T/月)				廃棄物(T/月) (スラッジ、レンガ屑、ダスト、ノロ等)
	生型	水ガラス系	セメント型	有機自硬性	
26	806	396	20	63	426

これによると、生産量/全溶解量は0.71となる。また、鑄物生産量2,984トン/月に対し、使用される鑄物砂は、22,775トン/月であり、鑄物1トンあたり7.6トンの砂が使用されている。同様にして、鑄物1トンあたりの廃砂の量は、0.41トン、全廃棄物のそれは、0.57トンとなる。

鑄物砂の購入状況についてみると珪砂は991.1トン/月、山砂は158.8トン/月、シェル型砂は601トン/月購入されており、購入価格は、珪砂は4,800円～25,000円（平均7,581円）、山砂は、3,800円～5,900円（平均4,780円）であった。

一方、使用されている鑄型を企業数で見ると、生型砂が20社と最も多く、ガス型15社、ダイカルク型4社、有機自硬性鑄型6社となっており、ガス型15社のうち中子のみを使用している工場は7社であった。

生型砂については、古砂のほとんどは回収され再使用されているため、廃砂の量は使用量に比べ少ない。しかし、水ガラス系砂は、古砂の50～70%を回収再使用している。（1社のみ再生使用）ため、使用量に比べ廃砂量が多くなっている。しかも回収砂は肌砂には使用されていない。有機自硬性鑄型は砂を購入し自社で鑄型を作っている工場と鑄型を購入している工場とがあったが、そのほとんどは古砂はメーカーへ返却していた。

廃棄物の投棄場所としては、廃砂については、自社工場内15社、工場外5社、処理業者に依頼6社、その他の廃棄物については、自社工場内14社、工場外5社、処理業者に依頼6社となっており、工場内外へ投棄している工場もほとんどが1～2年の余裕が少なく、その対策に困っている。また、業者に依頼した場合の手数料は、廃砂1,400円～3,000円（平均1,970円）、その他の廃棄物1,400円～5,000円（平均2,480円）であった。

現在、古砂を再生使用している工場は1社のみであり、この工場の廃砂は他工場に比べ少ない。その他の工場は古砂の処理をどうするかが大きな問題となっている。また、再生する場合、再生砂と新砂の比較、再生コスト、簡単な再生処理方法についてなど再生に対する関心が深かった。

3. 古砂の再生処理条件の検討

調査の結果より古砂の中で最も問題となるのは、水ガラス系砂であることがわかった。水ガ

ラス系古砂は、前述のとおり、回収され、新砂と混合して再使用している工場が多いが、回収しただけでは、砂の表面に水ガラスの変成物が付着して残り、鑄造時に軟化するため、鑄型の張られ、割れ、焼着などが起こったり、可使時間の短縮による砂かみなどを起し、肌砂には使用できず、新砂に対する混合割合も50~70%が限度といわれている。

そこで水ガラス系古砂の湿式再生法について検討し、最適条件を求めた。

3-1 古砂の作成方法

古砂はつぎの様に作成した。

6号珪砂100部、水ガラス(2号)5部の配合で、混練(2分)後、ただちに50φ×100の型に造型、通ガス(30秒)したものを、200℃の炉中に2時間保持する。これを炉冷後、クラッシャーで粉碎し古砂とした。

3-2 実験方法

使用する溶媒に水と酸(硫酸)を、再生条件として浸漬日数、溶媒量(溶媒濃度) 攪伴時間を選び、溶媒別により返しのない三元配置法で実験を行った。

(1) 溶媒に水を使用した場合

溶媒量(砂に対し) : 1倍(A₁), 2倍(A₂), 3倍(A₃)

攪伴時間 : 5分(B₁), 15分(B₂), 30分(B₃)

浸漬日数 : 0日(C₁), 2日(C₂), 5日(C₃)

(2) 溶媒に硫酸を使用した場合(溶媒量は砂に対して2倍の一定量とし濃度をかえた。)

溶媒濃度(硫酸%) : 0.5%(A₁), 1.0%(A₂), 2.0%(A₃)

攪伴時間 : 5分(B₁), 15分(B₂), 30分(B₃)

浸漬日数 : 0日(C₁), 2日(C₂), 5日(C₃)

まず、古砂50gを200ml電解ビーカーにはかりとり、一定量の溶媒に一定日数浸漬後、ジャーテスターで所定時間攪伴(100 r. p. m.)する。ただちに溶媒を傾斜法ですて、砂を一夜風乾後、乾燥器で乾燥(150℃, 2時間)を行う。これを再生砂とした。

再生砂の再生度の判定は易溶性残留ナトリウム量による。易溶性残留ナトリウム量の測定は次の方法で行った。(残留ナトリウムのうち易溶性のものを易溶性残留ナトリウム、難溶性のものを難溶性残留ナトリウムと呼ぶ。易溶性ナトリウムは次の操作で溶出するナトリウムとする。)

再生砂50gを300mlビーカーにはかりとり、水90mlと1規定塩酸10mlを加えて、沸とう浴中で30分間加温し、放冷後、上澄液中のナトリウム量を蛍光分析装置で測定した。

3-3 実験結果及び考察

3-3-1 溶媒に水を使用した場合、易溶性残留ナトリウム量を表3に、その分散分析表を表4に示す。

表3. 易溶性残留ナトリウム(mg) (砂50g中, 溶媒:水)

浸漬日数 \ 溶媒量	50ml (A1)			100ml (A2)			150ml (A3)		
	5分(B1)	15分(B2)	30分(B3)	5分(B1)	15分(B2)	30分(B3)	5分(B1)	15分(B2)	30分(B3)
0日 (C ₁)	12.25	11.25	10.31	9.50	10.44	9.44	8.94	9.13	9.50
2日 (C ₂)	7.50	9.25	7.63	6.00	6.13	5.81	5.25	6.25	5.25
5日 (C ₃)	6.88	6.50	8.56	5.13	5.25	5.19	4.38	4.25	4.38

表4. 分散分析表(溶媒:水)

要因	平方和	自由度	不偏分散	F ₀	寄与率(%)
溶媒量(A)	3140.63	2	1570.32	24.62**	21.6
攪伴時間(B)	466.2	2	233.1	0.37	
浸漬日数(C)	9987.47	2	4993.74	78.28**	70.5
交互作用A×B	13.91	4	3.48	0.05	
B×C	278.94	4	69.74	1.09	
C×A	1.30	4	0.33	0.01	
E	510.33	8	63.79		残 7.9
T	13979.23	26			100.0

(注) *危険率5%で有意 **危険率1%で有意

この結果、浸漬日数および溶媒量に危険率1%で有意となったが、溶媒(処理水)の上澄液中のナトリウム量(即ち溶出ナトリウム量)を測定し、分散分析を行ったところ、溶媒量は有意とならなかった。これは、再生操作において、溶媒をすてて、風乾する場合、溶媒を完全に除去できないため、湿気(一部の溶媒)を含んだまま乾燥する。一方、溶媒量が少ない程、溶出ナトリウム濃度は濃くなる。このため再生砂中の易溶性ナトリウム量が溶媒量により有意となったものと思われる。だから、砂を洗浄する操作を入れると溶媒量による影響はなくなるとと思われる。

有意となった浸漬日数について、信頼率95%で各水準間の母平均を推定した(図1)易溶性残留ナトリウムは浸漬日数5日で0日にくらべ約1/2となっており、浸漬日数が長いほど再生効果はよい。実際に処理する場合は、処理量、経済性から浸漬日数を決める必要がある。

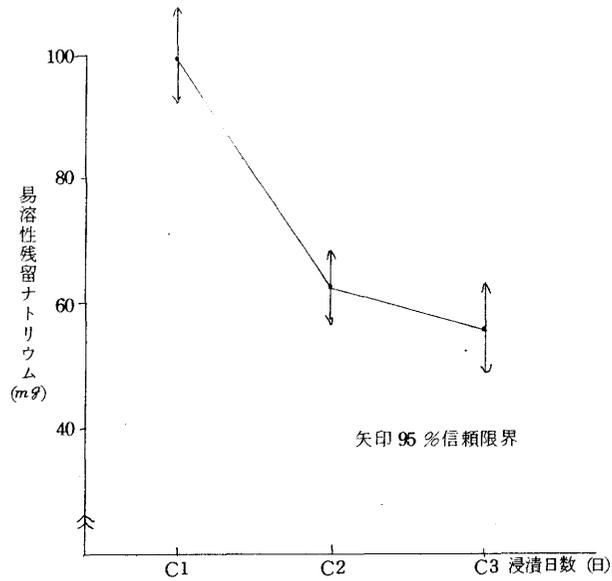


図 1. 浸漬日数と残留易溶性ナトリウム (溶媒：水) (砂 50 g)

表 5. ナトリウム溶出率 (%) 溶媒：水

浸漬日数 \ 溶媒量 時間	50 ml (A1)			100 ml (A2)			150 ml (A3)		
	5分(B1)	15分(B2)	30分(B3)	5分(B1)	15分(B2)	30分(B3)	5分(B1)	15分(B2)	30分(B3)
0日 (C1)	46.5	50.9	55.0	58.5	54.0	58.8	60.9	60.1	58.5
2日 (C2)	67.2	59.6	66.7	73.8	73.2	74.6	77.1	72.6	77.1
5日 (C3)	70.0	71.6	62.6	77.6	77.1	77.3	80.9	81.4	80.9

(注) ナトリウム溶出率 = $\frac{\text{易溶性ナトリウム} - \text{易溶性残留ナトリウム}}{\text{易溶性ナトリウム}} \times 100\%$

つぎにナトリウム溶出率について調べたところ表 5 に示すとおり、5日間浸漬、溶媒量 3 倍で約 80% であった。

3-3-2 溶媒に酸を使用した場合、易溶性残留ナトリウム量を表 6 に、その分散分析表を表 7 に示す。

表 6 易溶性残留ナトリウム (mg) (砂 50 g 中、溶媒：硫酸)

浸漬日数 \ 溶媒量 時間	0.5% (A1)			1.0% (A2)			2.0% (A3)		
	5分(B1)	15分(B2)	30分(B3)	5分(B1)	15分(B2)	30分(B3)	5分(B1)	15分(B2)	30分(B3)
0日 (C1)	39.4	23.1	20.6	28.1	29.4	20.6	29.4	21.3	21.3
2日 (C2)	16.3	15.6	18.1	11.3	13.8	19.4	13.8	17.5	18.1
5日 (C3)	15.0	12.5	15.6	17.5	11.3	15.6	13.8	15.0	19.4

この結果、浸漬日数が危険率 1% で、浸漬日数と攪拌時間の交互作用が危険率 5% で有意となったので、各水準間の母平均を推定し図 2、図 3 に示す。

表 7. 分散分析表 (溶媒：硫酸)

要因	平方和	自由度	不備分散	F _o	寄与率%
溶媒濃度(A)	4.99	2	2.45	0.24	
攪拌時間(B)	35.82	2	17.81	1.71	
浸漬日数(C)	649.92	2	324.96	31.19***	58.8
交互作用A×B	4.263	4	10.66	1.02	
B×C	227.10	4	56.78	5.42*	17.3
C×A	2.637	4	6.59	0.63	
E	83.33	8	10.42		残 23.9
T	1070.16	26			100.0

(注) *危険率 5% で有意 **危険率 1% で有意

浸漬日数は 2 日と 5 日ではほとんど差はなく水を使用した場合よりナトリウムは速く溶出することがわかる。攪拌時間と浸漬日数の交互作用をみると、浸漬日数が 0 日すなわちナトリウムの溶出の少ないうちは、攪拌時間による影響があるが、2~5 日ではほとんど攪拌時間による影響はないことがわかった。

つぎにナトリウム溶出率を求めてみると、表 8 のように、2 日以上浸漬すれば 90% 以上の溶出率となり、水の場合より良い結果が出た。

以上、溶媒に水と酸を使用して再生処理条件を検討した結果、攪拌時間については有意差は出なかったが、微粉末の除去の目的で 5 分間とすることにした。溶媒量は水の場合、洗浄操作をどこに加えるかをいろいろ検討した結果、「溶媒量 (一倍) → 3 日間浸漬 → 水捨てる → 溶媒量 (一倍) → 3 日間浸漬 → 攪拌 5 分間 → 水捨てる」ことに決定した。また溶媒酸の場合の濃度は 0.5% とし、そのまま処理すれば再生砂は酸性になるので、同量の水で洗浄することにし、最終

的に次のように処理することに決定した。

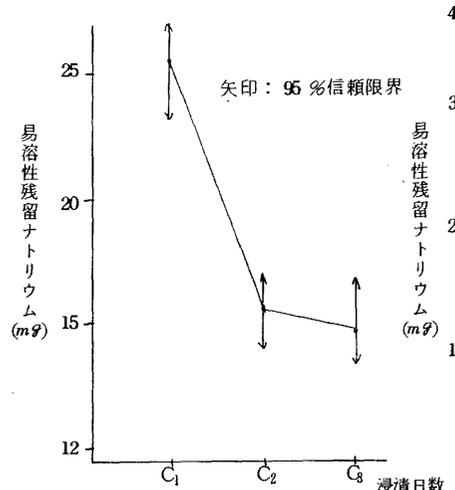


図2. 浸漬日数と残留易溶性ナトリウム (溶媒：酸)

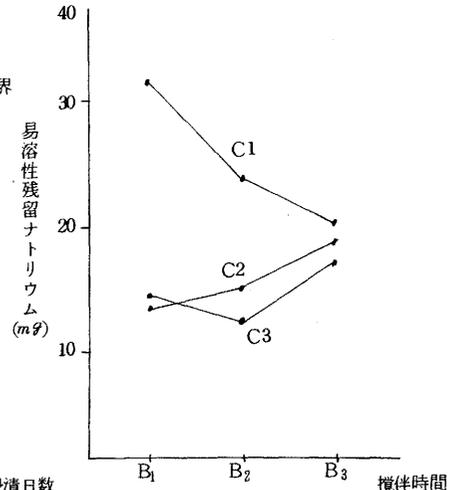


図3. 伴時間と浸漬日数の交互作用 (溶媒：酸)

表8. ナトリウム溶出率 (%) (溶媒：硫酸)

溶媒濃度 浸漬日数 伴時間	0.5% (A1)			1.0% (A2)			2.0% (A3)		
	5分 (B1)	15分 (B2)	30分 (B3)	5分 (B1)	15分 (B2)	30分 (B3)	5分 (B1)	15分 (B2)	30分 (B3)
0日 (C1)	82.8	89.9	91.0	87.7	87.2	91.0	87.2	90.7	90.7
2日 (C2)	92.9	93.2	92.1	95.1	94.0	91.5	94.0	92.3	92.1
5日 (C3)	93.4	94.5	93.2	92.3	95.1	93.2	94.0	93.4	91.5

(1) 溶媒に水を使用する場合の操作

古砂→水 (砂と同量) →3日間浸漬→水捨てる→水 (砂と同量) →3日間浸漬→5分間攪拌→水捨てる→乾燥 (150℃, 2時間) →再生砂

(2) 溶媒に酸を使用する場合の操作

古砂→硫酸 0.5% (古砂の2倍量) →3日間浸漬→硫酸 0.5%捨てる→水 (砂の2倍量) →3日間浸漬→攪拌5分間→水捨てる→乾燥 (150℃, 2時間) →再生砂

3-4 容器の形態による影響

使用する容器の形態と再生度について検討した。実験には容器として1000ml ビーカ, 300ml ビーカ, 200ml 電解ビーカの3種類を用い, 3.3で決定した再生処理操作法で操作を行った。その時の砂と水の浸漬状態を図4に示す。その結果

表9に示すように容器による影響は認められなかった。

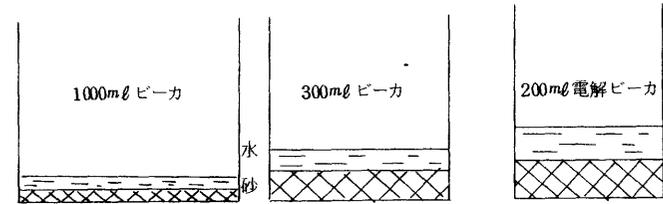


図4. 容器の形状及び砂と水の状態

表9. 容器の形状による影響 (易溶性残留ナトリウム mg)

容器	200ml 電解ビーカ	300ml ビーカ	1000ml ビーカ
易溶性残留ナトリウム	50.2	52.1	46.7

3-5 実際の中砂の再生

3-5-1 試料

(1) モデル古砂：6号珪砂100部 水ガラス (2号) 5部を配合し, 混練 (120秒) 後, 直ちに50φ×100の型に造型, 通ガス (30秒) し, 200℃, 700℃, 1200℃の炉中で焼成した。これをクラッシャーで粉碎後, 200℃:700℃:1200℃=2:6:2の重量比で均一に混合し, モデル古砂とした。

(2) 工場古砂A：A工場の古砂 (配合割合：三河6号珪砂100部, 水ガラス6部) を粉碎した砂を用いた。

(3) 工場古砂B：B工場の古砂 (配合割合：網野5号珪砂100部, 水ガラス5部) を粉碎した砂を用いた。

3-5-2 実験結果と考察

3-3で決定した処理操作で再生を行った結果を表10に示す。

溶出率は3.3のビーカテストの結果より低くなっている。これは, 焼成温度と易溶性ナトリウム量及び溶出率の関係を調べてみると表11のようになり, 一般に高温で焼成された砂ほど易溶性ナトリウム量は少なくなり (難溶性ナトリウムは多くなる。) 溶出率も悪くなるため, 工場古砂Aは工場古砂Bよりも低温度で焼成されていると推察できる。このことから, 再生度の良い砂を得るためには銜肌に近い高温に焼成された古砂は除去する方がよく, 型バラシの時期もなるべく早くした方がよい。

表 10. 実際の上砂の再生結果 (砂 100%中)

		易溶性ナトリウム	易溶性残留Na	溶 出 率	砂の回収率
モデル古砂	回 収 砂	254 (mg)	254 (mg)	0%	100.0%
	水再生砂	254	130	48.8	97.8
	酸再生砂	254	76	70.1	98.9
工場古砂A	回 収 砂	1270	1270	0	100.0
	水再生砂	1270	290	77.2	91.1
	酸再生砂	1270	180	85.8	92.1
工場古砂B	回 収 砂	494	494	0	100.0
	水再生砂	494	196	60.3	95.6
	酸再生砂	494	122	75.3	98.1

(1回の処理量 9kg)

(注) 溶出率 = $\frac{\text{易溶性ナトリウム} - \text{易溶性残留ナトリウム}}{\text{易溶性ナトリウム}} \times 100 (\%)$

表 11. 焼成温度と易溶性残留ナトリウム及び溶出率 (砂 100%中)

焼成温度	再生方法	易溶性ナトリウム	易溶性残留ナトリウム	溶 出 率
200℃	回 収 砂	460 mg	460 mg	0 %
	水再生砂	460	98	78.7
	酸再生砂	460	26	94.3
700℃	回 収 砂	260	260	0
	水再生砂	260	144	44.6
	酸再生砂	260	80	69.2
1200℃	回 収 砂	54	54	0
	水再生砂	54	42	22.2
	酸再生砂	54	26	51.9

4. 回収砂及び再生砂の評価試験

回収砂、再生砂の評価試験として常温鋳物砂試験 (常温強度試験, 通気度試験, 表面安定度試験) と高温鋳物砂試験 (タワミ試験, 膨張量試験) とを行った。

4-1 試 料

3・5で再生した再生砂と回収砂を用い、表 12に示す混合比で新砂と混合し、水ガラス5部を加え、混練 (120秒) 後、たぐちに造型 (通気度試験, 表面安定度試験の場合 50φ×50, 常温強度試験, 膨張量試験の場合 28φ×50, タワミ試験の場合 28φ×100), 通ガス (30秒) 試験片とした。

なお、工場古砂Aの回収砂20, 新砂80, 工場古砂Bの回収砂100, 新砂0で母化現象があらわれ、工場古砂Aの回収砂混合割合 40 以上では固化して造型できなかった。

表 12. 評価試験砂の混合割合

		回 収 砂					
		% 1	% 2	% 3	% 4	% 5	% 6
新 砂		0	20	40	60	80	100
回収砂		100	80	60	40	20	0

		再 生 砂				
		% 1	% 2	% 3	% 4	% 5
新 砂		0	20	40	60	100
再生砂		100	80	60	40	0

4-2 実験方法

(1) 粒度分布試験

JIS法に準じて行った。たぐし粘土分の除去は行わなかった。

(2) 常温強度試験

試験片を 24 時間放置後、圧縮試験材を用い、JISの操作法に準じて行った。

(3) 通気度試験

試験片を 24 時間放置後、JIS法に準じて行った。

(4) 表面安定度試験

試験片を 24 時間放置後、JIS法に準じて行った。

(5) 高温膨張量試験

高温膨張量試験機を用いて、炉を1050℃に保持し、試験片を急熱した時の膨張量を15秒ごとに300秒間測定した。

(6) タワミ試験

試験片を900℃に保持した、支点間隔80mmの炉中に一定時間静置し、放冷後試験片のタワミ量を測定した。

4-3 実験結果と考察

4-3-1 粒度分布

粒度分布試験の結果を図5、図6、図7に示す。

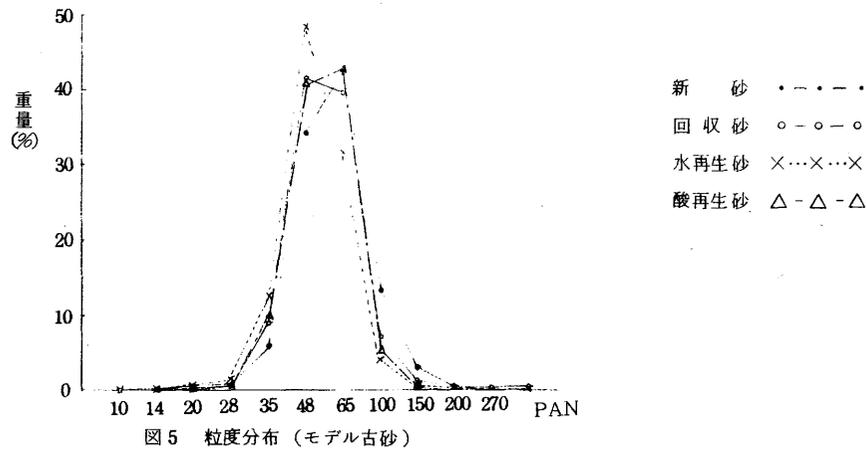


図5 粒度分布 (モデル古砂)

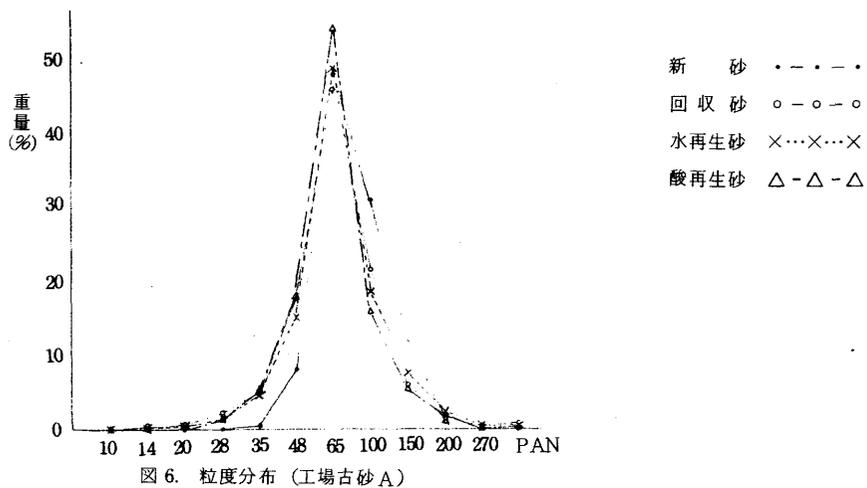


図6 粒度分布 (工場古砂A)

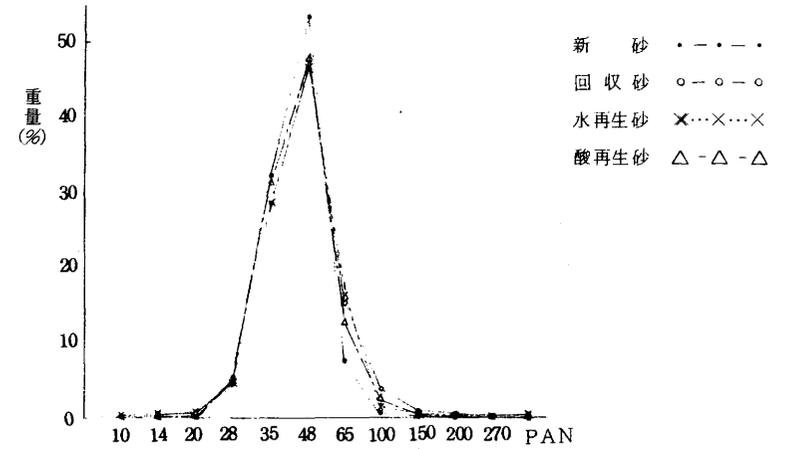


図7 粒度分布 (工場古砂B)

6号珪砂を使用しているモデル古砂、工場古砂Aは回収砂、再生砂ともに新砂にくらべ少し粒度の粗い方へシフトしているが、5号珪砂を使用している工場古砂Bは新砂との粒度差はほとんどなかった。3試料とも270メッシュ、PANといった微粉砂に再生砂にくらべ回収砂の方が多くっており、再生効果が出ている。

4-3-2 常温強度

試験の結果を図8、図9、図10に示す。再生砂は水、酸とも混合割合を増すほど新砂より強くなっているが、回収砂は、モデル古砂では再生砂と同じ傾向であるが、工場古砂Bでは回収砂40、新砂60、をピークとして弱くなる傾向にあった。

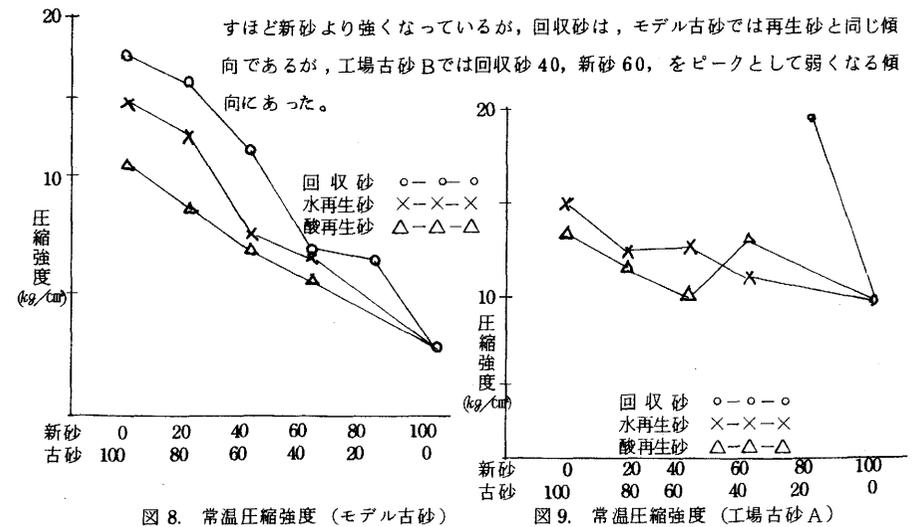


図8 常温圧縮強度 (モデル古砂)

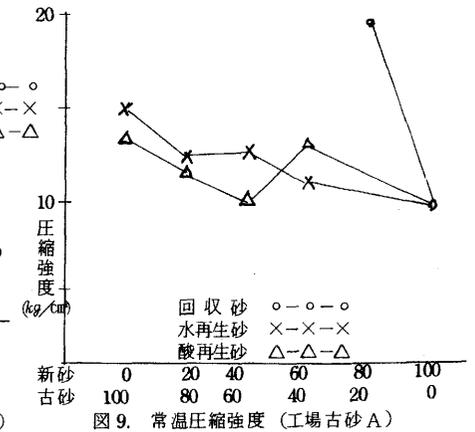


図9 常温圧縮強度 (工場古砂A)

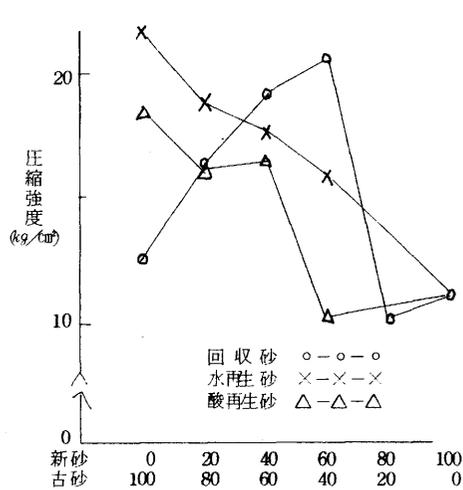


図 10. 常温圧縮強度 (工場古砂B)

4-3-3 表面安定度

試験結果を図11.図12.図13.に示す。

モデル古砂では新砂にくらべいづれも著しく向上しており、工場古砂はA、Bとも90%以上であった。

4-3-4 通気度

試験結果を図14.図15.図16.に示す。

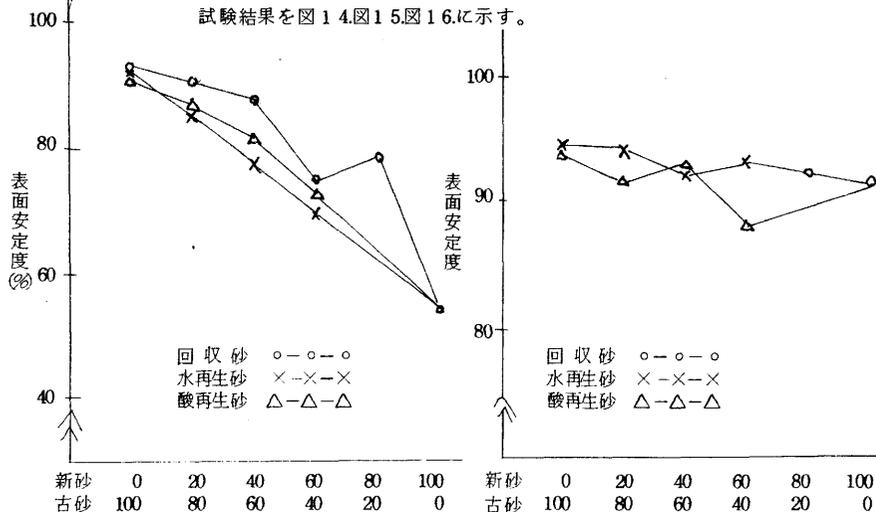


図 11. 表面安定度 (モデル古砂)

一般に、圧縮強度は水ガラスの添加量を増すと、ある一定量までは強くなるが、それを超えると低下する傾向にある。だから残留ナトリウム量の多い工場古砂Bの回収砂にその傾向が現われたものと思われる。

水再生砂と酸再生砂を比較すると、酸再生砂の方が強度的に弱く新砂に近いと思われる。

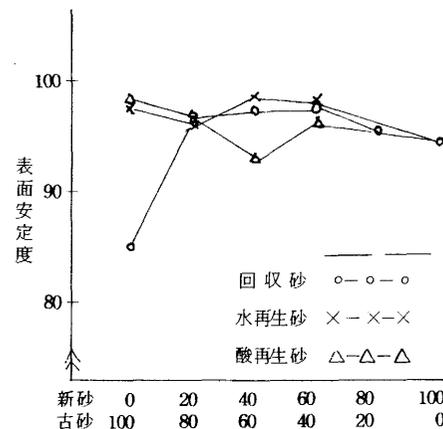


図 13. 表面安定度 (工場古砂B)

図 14. 通気度 (モデル古砂)

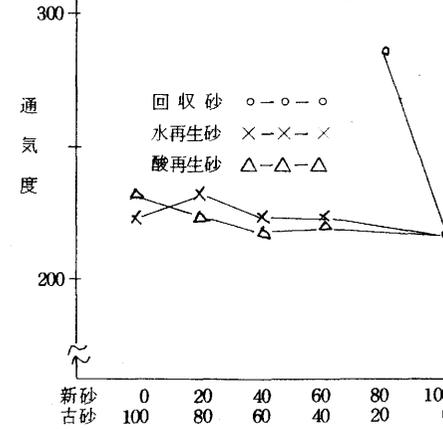
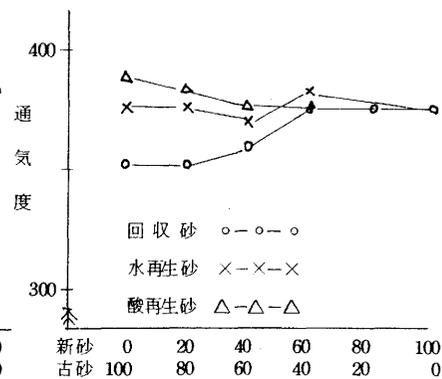
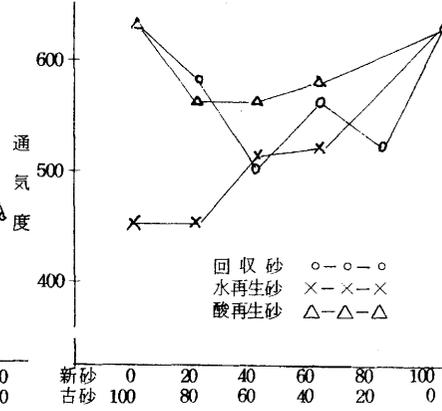


図 15. 通気度 (工場古砂A)

図 16. 通気度 (工場古砂B)



6号珪砂を使用しているモデル古砂と工場砂Aは再生砂と新砂の差はほとんどなかった。工場古砂Bは5号珪砂を使用しているため、通気度が良く、値にバラツキがみられた。

4-3-5 タワミ量

試験結果を図17, 図18, 図19に示す。

タワミ量試験は「型はり」と関係があり、残留ナトリウム量が多いと軟化のためタワミ量が多くなる傾向にある。モデル古砂においては、回収砂の混合割合が80以上になると著しく増加したが、再生砂では差はみられなかった。

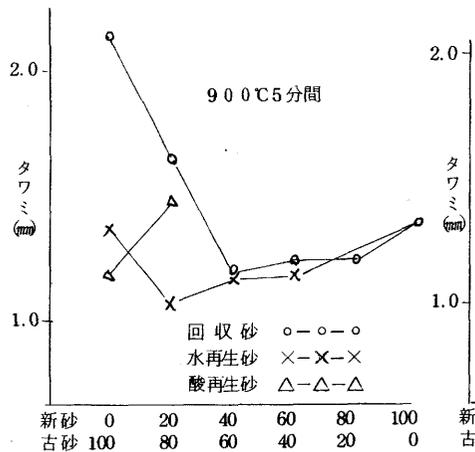


図 17. タワミ (モデル古砂)

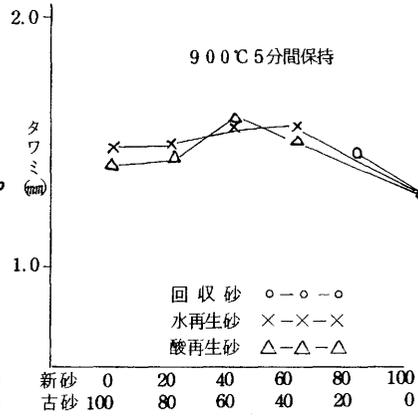


図 18. タワミ (工場古砂 A)

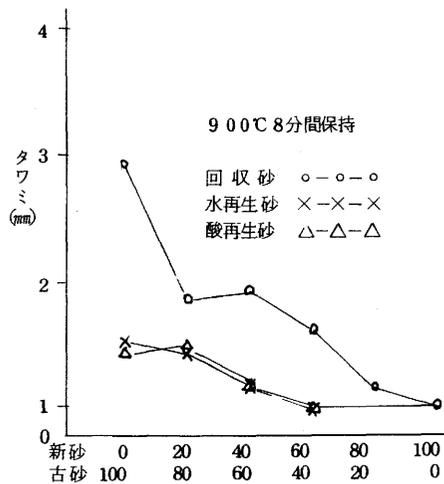


図 19. タワミ (工場古砂 B)

工場古砂 B では再生砂は新砂にくらべやゝタワミ量が増加する傾向にあるが、回収砂は著しく増大した。

工場古砂 B について考察すると、回収砂 40、新砂 60 のタワミ量と、再生砂 100、新砂 0 のタワミ量とはほぼ同じ値を示し、「型ばり」は同じ位と思われる。すなわち、現在回収砂 40、新砂 60 の混合割合で使用が可能であれば、再生砂 100、新砂 0 でも可能と思われる。

4-3-6 高温膨張量

試験による高温膨張量曲線を図 20~28 に示す。

モデル古砂は、回収砂、再生砂ともに混合割合を増すほど、最大膨張量に達する時間が短くなり、最大膨張量に保持する時間も短い。一方、5 分後の膨張量は回収砂、再生砂ともに混合割合を増すほど少なくなり、最大膨張量との差（以下膨張差という）は大きくなる。特に回収砂においてはその傾向が著しい。工場古砂 A は、再生砂の混合割合を増すほど最大膨張量の値は少なくなり、最大

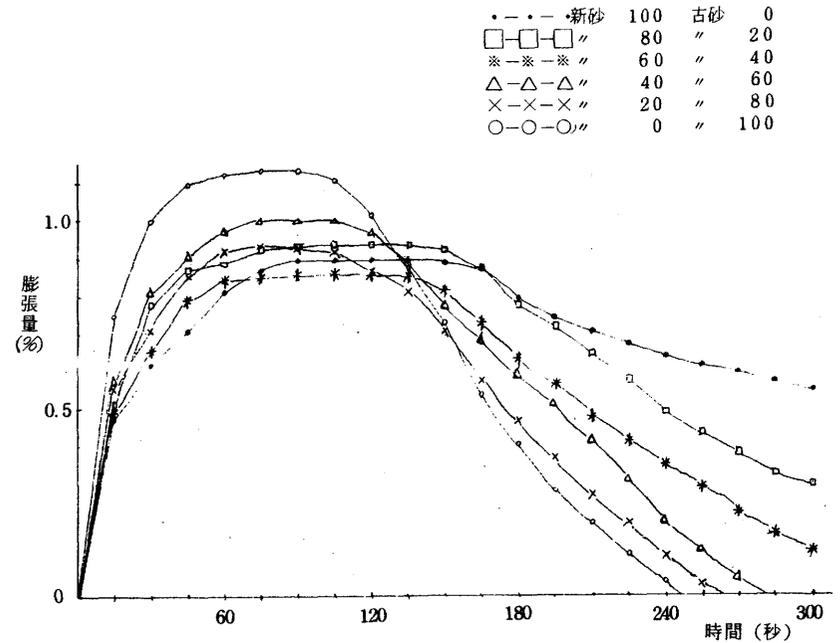


図 20. 高温膨張量 (モデル古砂-回収砂)

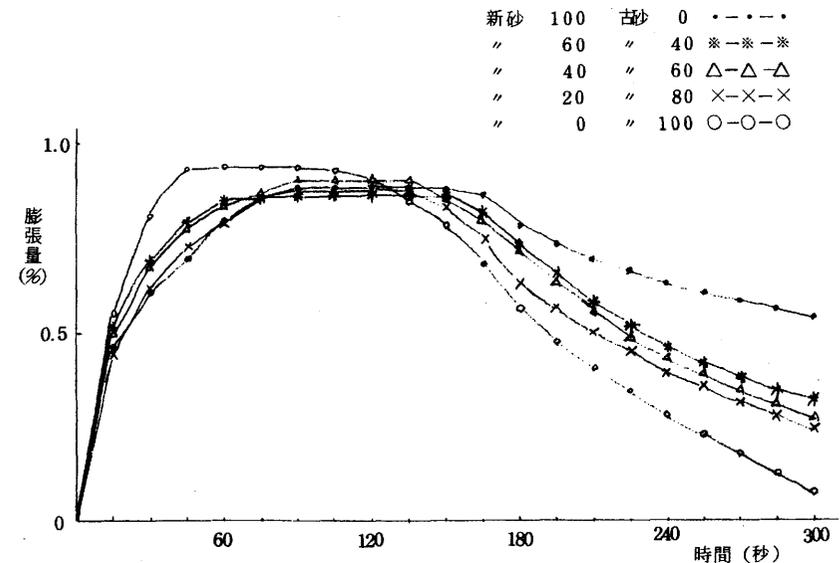


図 21. 高温膨張量 (モデル古砂-水再生砂)

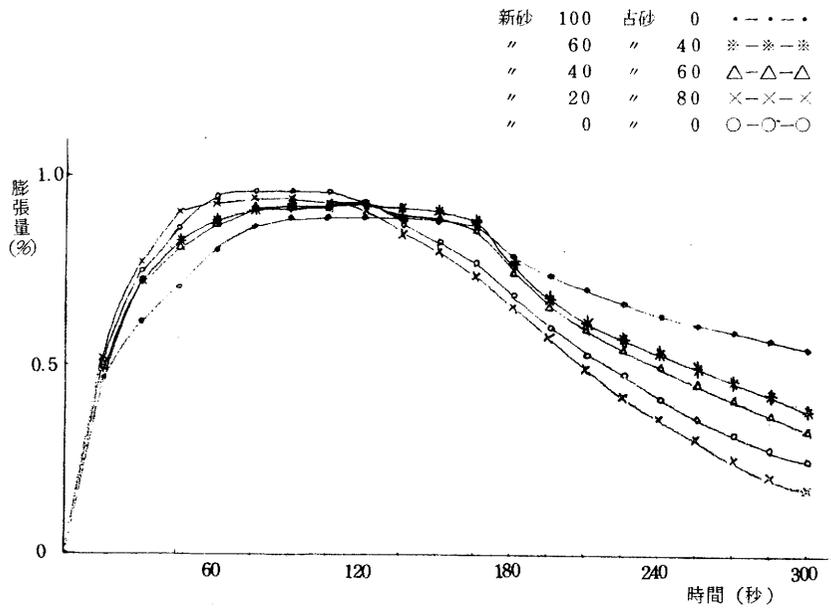


図 22. 高温膨張量 (モデル古砂-酸再生砂)

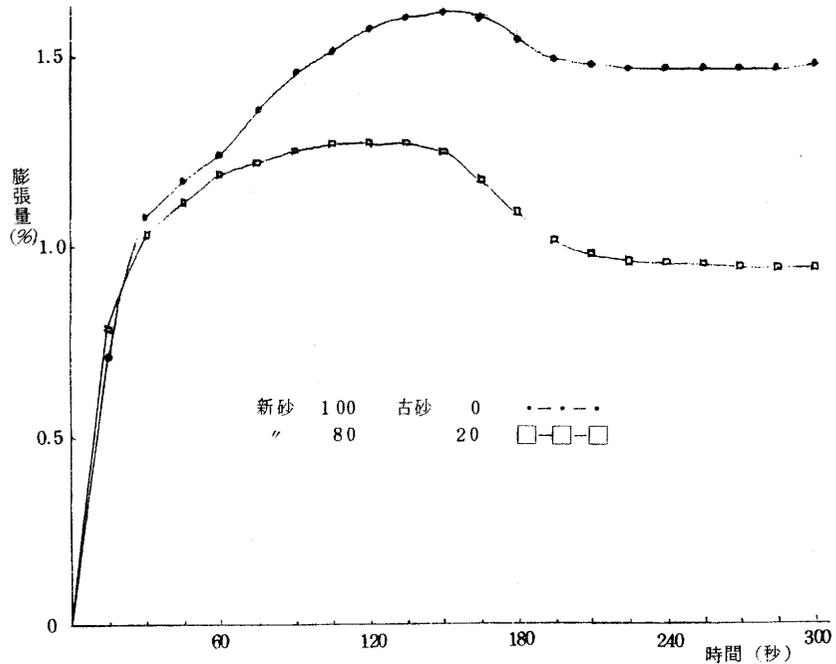


図 23. 高温膨張量 (工場古砂 A-回収砂)

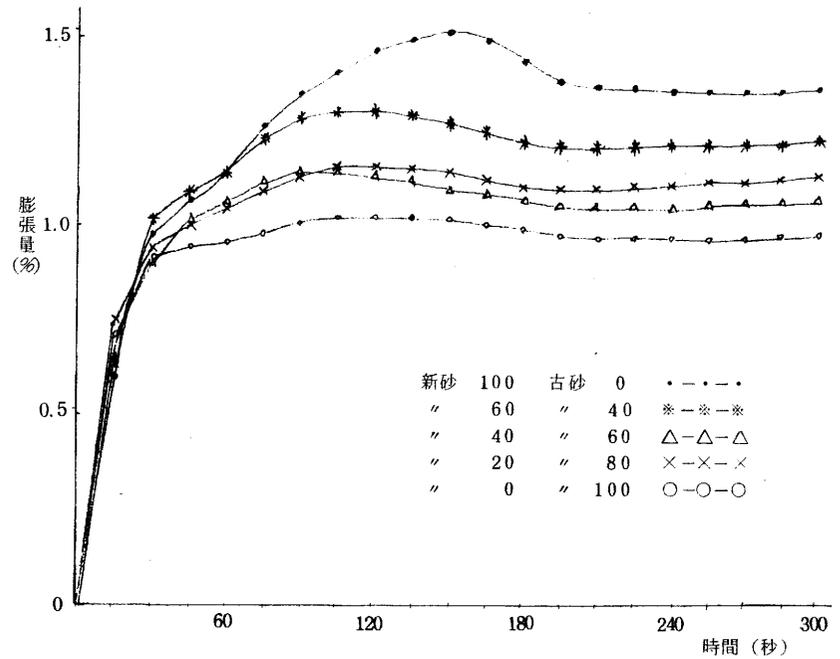


図 24. 高温膨張量 (工場古砂 A-水再生砂)

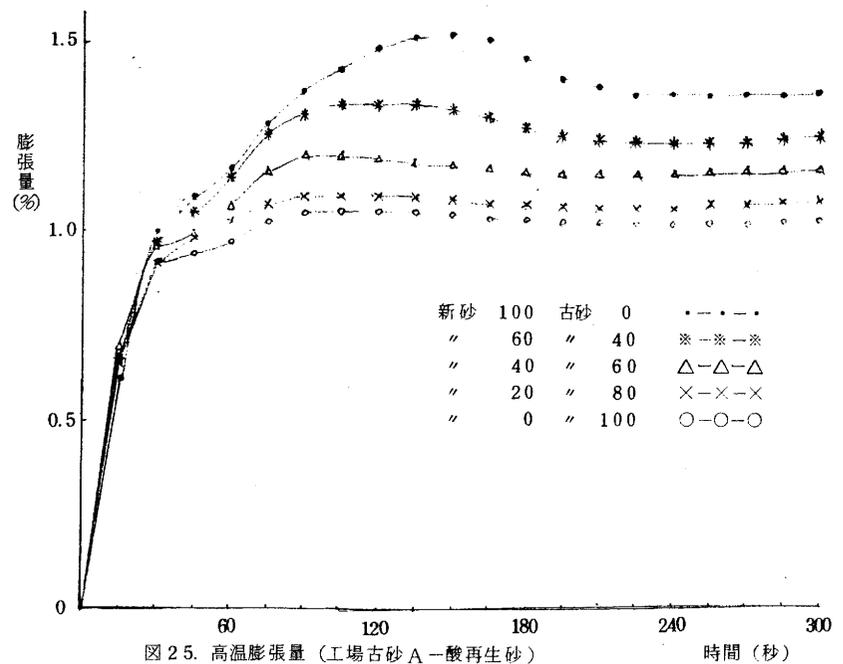


図 25. 高温膨張量 (工場古砂 A-酸再生砂)

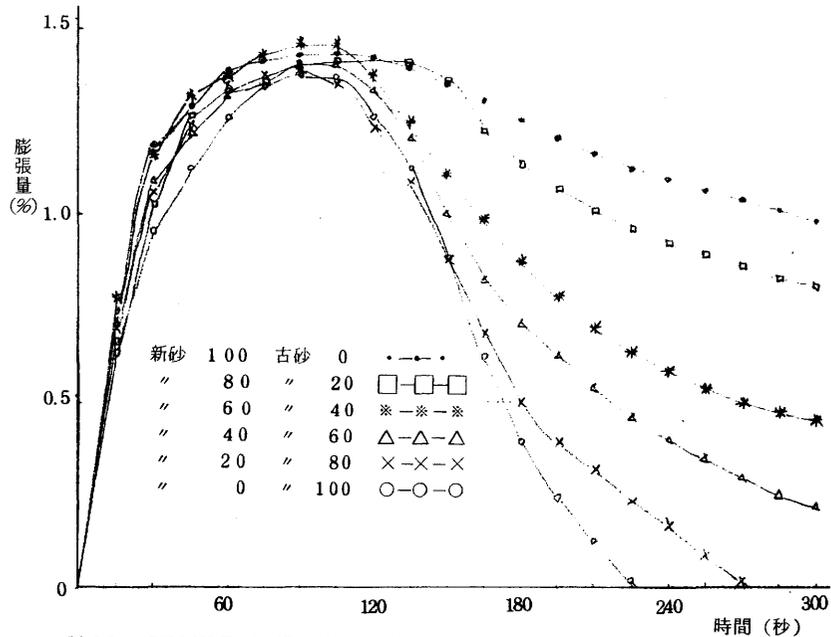


図 26. 高温膨張量 (工場古砂 B-回収砂)

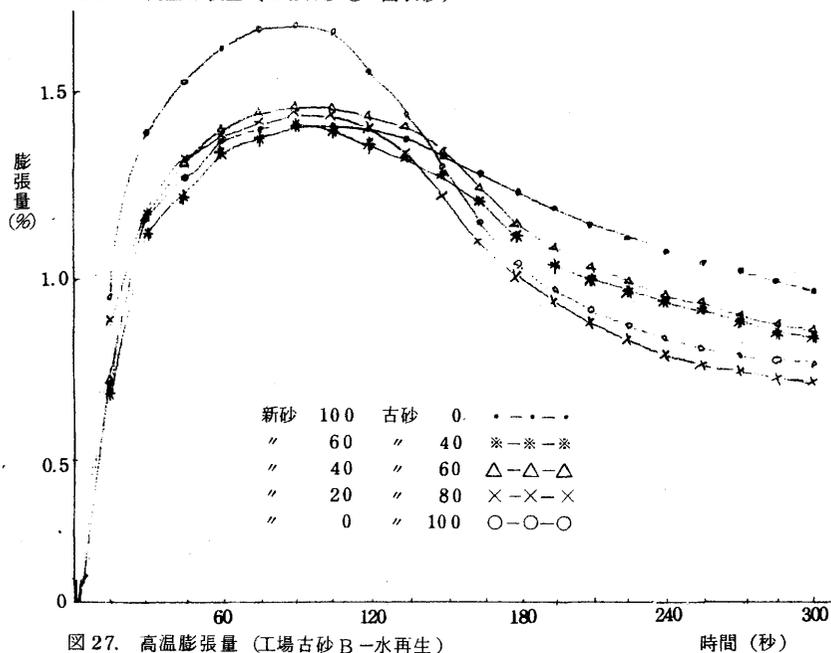


図 27. 高温膨張量 (工場古砂 B-水再生)

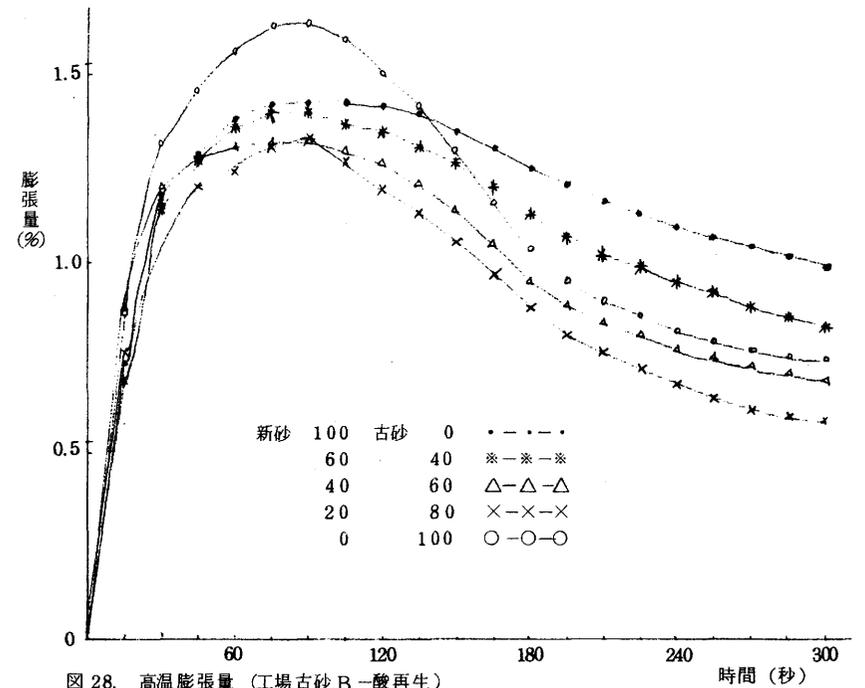


図 28. 高温膨張量 (工場古砂 B-酸再生)

膨張量に達する時間は短くなった。しかし5分後における膨張量の低下は再生砂ではみられなかった。工場古砂 B は回収砂、再生砂とも混合割合を増すと最大膨張量の保持時間が短くなり、膨張差もモデル古砂と同様に大きくなった。

高温膨張量曲線において、最大膨張量に達するまでの時間は鑄物砂の熱伝導状況を、それ以降の曲線は鑄型の軟化(劣化)状態を示すといわれているが、最大膨張量に達する時間が短くなるとそれだけ、鑄型寸法の精度が悪くなることになり、膨張差が大きいと鑄型割れ、張らえなどが出現するものと考えられる。

いづれにしても回収砂は著しく劣化しており、再生砂は再生の効果が現れ新砂近くまで再生されていることがわかった。

膨張差と砂の劣化との関係がありそうなので各古砂の膨張差を計算し図 29. 図 30. 図 31. に示した。モデル古砂、工場古砂 B は回収砂、再生砂ともに混合割合を増すと膨張差は大きくなり、しかも相関性があるように思われる。工場古砂 B の膨張差(図 31)をみると、回収砂 40、新砂 60 の膨張差と再生砂 100 新砂 0 の膨張差はほぼ同じとなり、前述のタワミ量の場合と同じ結果となった。工場古砂 A は新砂の膨張差と再生砂の膨張差はほとんどなく、むしろ再生砂の

それは小さくなっており、モデル古砂、工場古砂Bと同じ傾向を示さない。両者の違う所は工場古砂Aは角張っており人造珪砂で、他の2試料は丸味を帯びており天然珪砂と思われる点だけで膨張差の異なる原因判明しなかった。

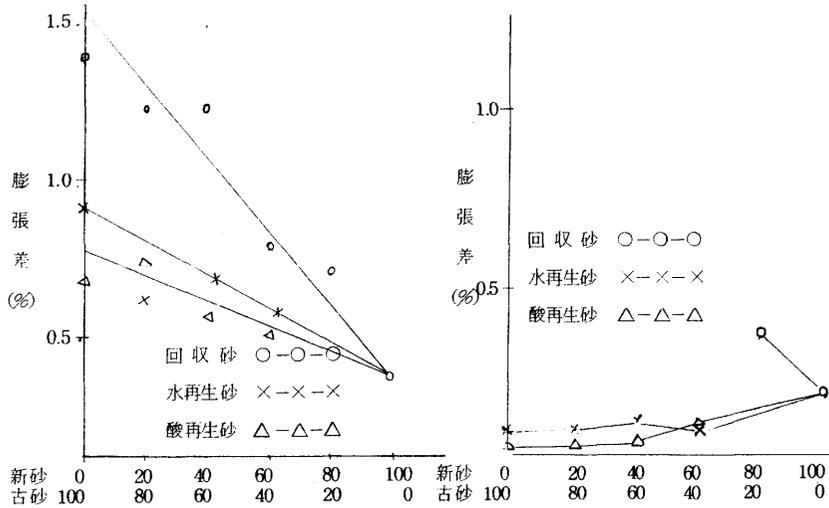


図 29. 膨張差 (モデル古砂)

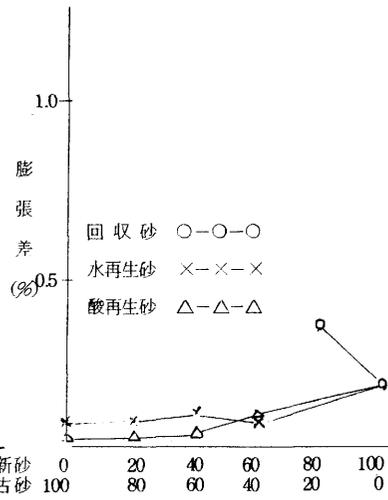


図 30. 膨張差 (工場古砂A)

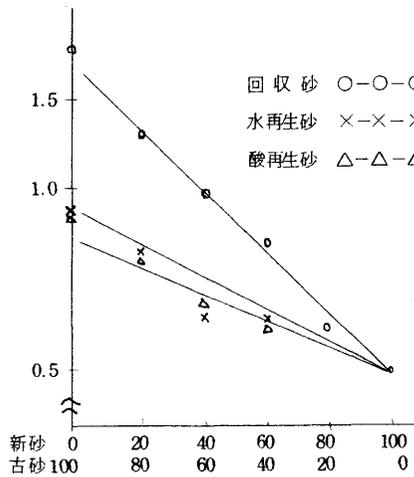


図 31. 膨張差 (工場古砂B)

以上、評価試験の結果をまとめてみると、常温試験（圧縮強度、通気度、表面安定度）では回収砂と再生砂の差はほとんどなかったが、高温試験（タワミ

量、膨張量）では再生砂の再生効果ははっきり現われ、新砂に近くなっていることがわかる。水再生砂と酸再生砂と比較すると酸再生砂の方がや、新砂に近いがあまり差は認められなかった。

5. 膨張差と残留ナトリウムの関係

4-3-6で膨張差と再生度に相関性がありそうだと述べた。これは即ち、膨張差と残留ナトリウムの相関性ということになる。そこでモデル古砂を使用してこの関係を詳しく検討してみることにした。

5-1 膨張差と砂の焼成温度の関係

新砂を常温、200℃、700℃、1200℃の各温度に焼成し、各々100部に水ガラス5部を加え、混練、造型、通ガス後、各焼温度砂の膨張量を測定し、(図32)、膨張差を計算し図33に示した。膨張差は700℃まではほぼ同じであったが、1200℃焼成砂では増大した。

5-2 膨張差と水ガラス添加量の関係

新砂100部に水ガラスをそれぞれ5部、6部、7部、9部、10部と添加し、水ガラス添加量と膨張差の関係を調べた。その時の膨張量を図34に、膨張差を図35に示す。

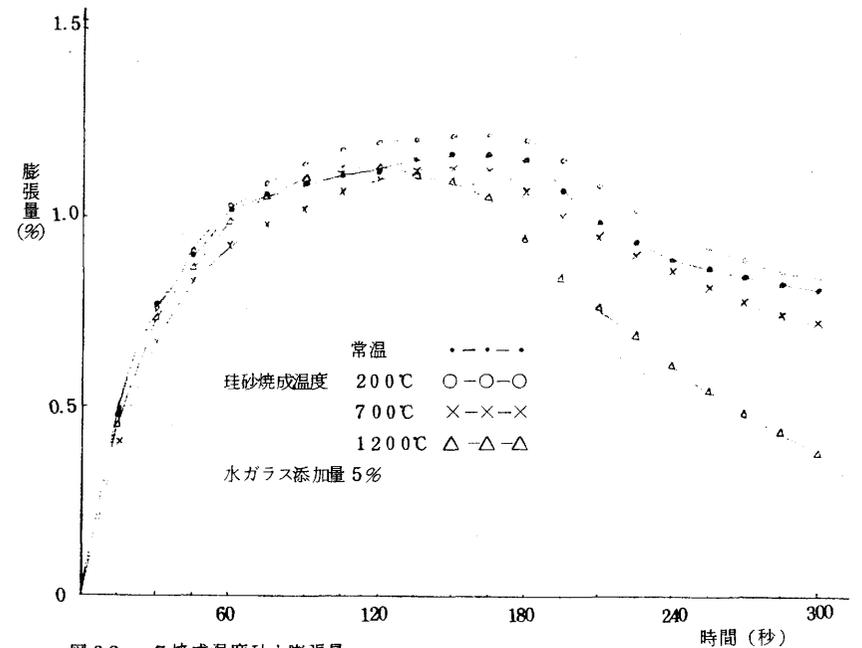


図 32. 各焼成温度砂と膨張量

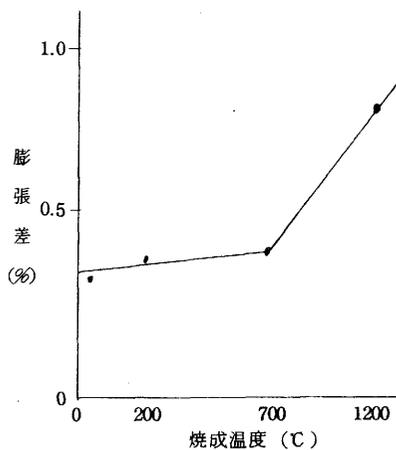


図 33. 各焼成温度砂と膨張差

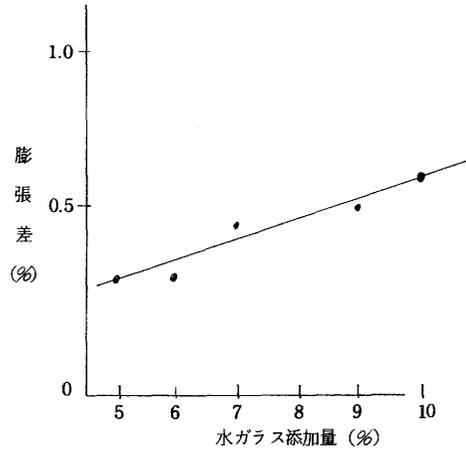


図 35. 水ガラス添加量と膨張差

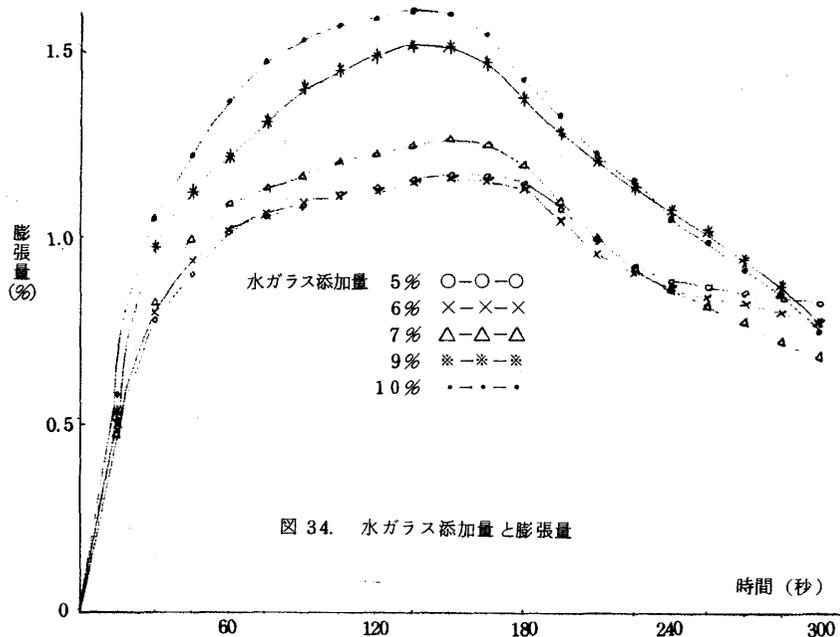


図 34. 水ガラス添加量と膨張量

この結果、水ガラス添加量（易溶性残留ナトリウム量）と膨張差の相関性が強く出た。

次に、残留ナトリウムには易溶性残留ナトリウムと難溶性残留ナトリウムとがあり、両者と膨張差の関係を検討するため、3-5-1で焼成した200℃、700℃、1200℃の古砂を使用し、回収、再生を行いそれぞれの易溶性残

留ナトリウム、難溶性残留ナトリウムを求めた。そして回収砂、再生砂の膨張量を測定し(図36)、それぞれの残留ナトリウム量と膨張差を表13に示した。これより易溶性残留ナトリウムと難溶性残留ナトリウム両者が膨張差に関係していることがわかった。

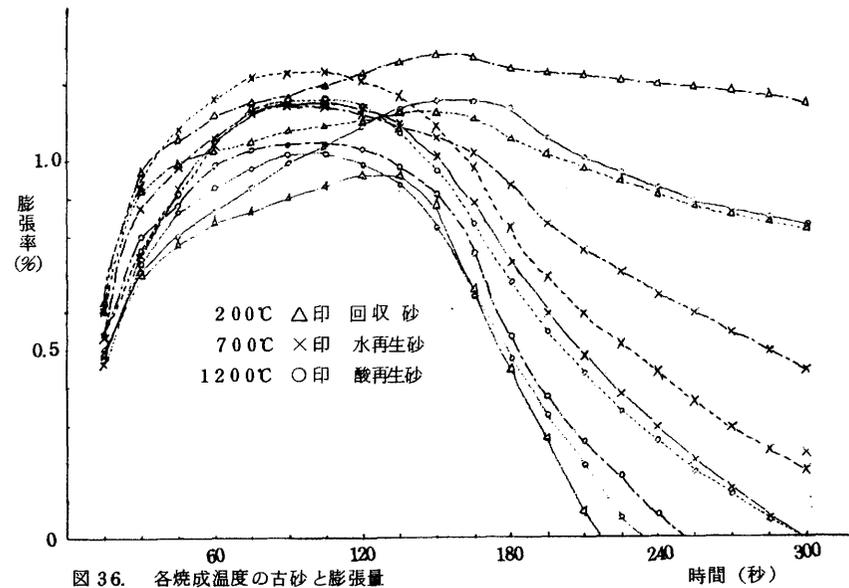


図 36. 各焼成温度の古砂と膨張量

表 13. 廃砂の焼成温度と残留ナトリウム（砂100g中）

廃砂の温度	回収・再生	A難溶性残留Na	B易溶性残留Na	A+B残留ナトリウム	膨張差(%)
200℃	回収砂	0 (mg)	460 (mg)	460 (mg)	—
	水再生砂	0	98	98	0.32
	酸再生砂	0	26	26	0.15
700℃	回収砂	200	260	460	1.20
	水再生砂	200	144	344	1.04
	酸再生砂	200	80	280	0.70
1200℃	回収砂	406	54	460	1.49
	水再生砂	406	42	448	1.33
	酸再生砂	406	26	432	1.18

(注) 200℃では添加ナトリウムはほとんど100%易溶性とみなし、難溶性残留ナトリウムは、易溶性残留ナトリウムから逆計算した。

そこで、今までに実験したモデル古砂の膨張量の全データについて、膨張差と残留ナトリウム量を求めその関係をプロットしたところ図 37 に示すようになり、相関係数 $r = 0.94$ となり相関度が非常に強かった。

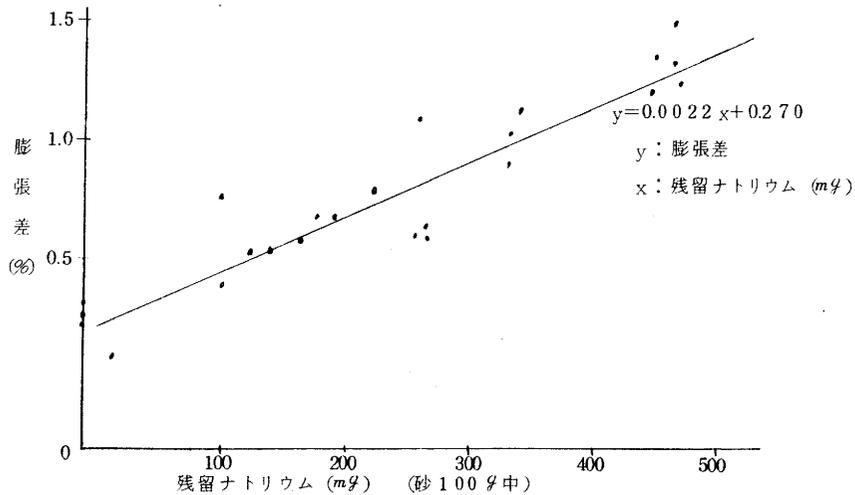


図 37. 残留ナトリウムと膨張差の関係 (モデル古砂)

以上のことから、膨張差により、再生砂 (回収砂) の再生度を知ることが出来また砂の管理も可能と思われる。すなわち、各工場で使用している砂の種類により膨張差が異なるのであらかじめ各自工場の砂の膨張差を測定し、膨張差と铸件欠陥の現われる限界を調べておけば、あとは膨張差を測定するだけで砂の管理が出来る。

6. 結 言

水ガラス系古砂の湿式再生法の検討及び再生砂の評価試験を行った結果次のことがわかった。

- (1) 再生処理条件のうち再生度に最も影響をおよぼす要因は古砂の浸漬日数である。
- (2) 実験により確立した最適処理条件で再生を行ったところ、 200°C 焼成砂を使用した場合のナトリウム溶出率は水再生砂で約 80%、酸再生砂で約 90%以上であった。
- (3) 砂の焼成温度により溶出率は異なり、高温焼成砂ほど低くなった。また易溶性ナトリウムも高温焼成砂ほど少なくなった。このため、古砂の再生度は砂の焼成温度に大きく左右される。
- (4) 再生砂および回収砂の評価試験の結果、常温試験では両者の相異はほとんどなかったが高温試験においては再生砂が回収砂にくらべ著しくよくなった。

- (5) 膨張差を測定することにより砂の管理ができると思われる。

参 考 文 献

1. 昭和 48 年度, 昭和 50 年度, 滋賀県立機械金属工業指導所業務報告書
2. 浜住松二郎著 鑄物砂と鑄型材料
3. 牟田口元堂他, 鑄物 VOL 46 P 284
4. 渡辺隆 JACT. NEWS (1974. 4. 20) 鑄物砂の再生について
5. 鑄造技術講座編集委員会編, 特殊鑄型
6. マイヤ著, 奥田進訳, 水ガラス
7. 外島忍著, 要説品質管理

II-4 その他



II-4-1 生産技術研究会

昭和51年度事業経過

役員

会長 田中 八郎
 幹事 松井 繁徳 円藤 昌二 北川 武彦 浜川 勲
 坊 農 佐 太郎 辻 久 男 (事務局)
 会計監事 近 藤 勲 菖 蒲 池 功

事業経過

月 日	事 業 内 容
51年 4月20日	講演会 これからの労使関係 彦根市民会館 第一会議室 出席者20名 講師 愛知県中小企業労働相談所 兵庫県しゅく短大講師 実野利久氏
5月10日	昭和51年度通常総会 出席者22名 昭和50年度事業経過報告 会計報告 会計監査報告 51年度役員選挙 会則一部改正
18日	第一回幹事会 昭和51年度事業計画および予算
6月10日	第二回幹事会 当面の事業について
17日	講習会 職場の安全管理について 出席者20名 講師 彦根労働基準監督署
21日	会報第9号の発行
7月15日	講習会 腐食発生メカニズムとその対策 彦根市民会館第3会議室 出席者27名 講師 株式会社山崎精機研究所 山崎正八郎氏
8月24日	工場見学 愛知県新城市 日本バルカー工業株式会社 新城工場 参加者15名
9月16日	第三回幹事会
10月 5日	講習会 ダクティル鋳鉄について 出席者31名 講師 大阪特殊合金株式会社 技術課長 谷口博俊 豊島峰生氏
11月10日	会報第10号の発行
16日	工場見学 福岡県中間市および北九州市 株式会社安川電機製作所 中間
17日	鑄造工場および八幡工場
52年 1月13日	講演会新年会 52年の経済動向について 彦根勤労福祉会館 大広間 出席者25名 講師 滋賀銀行本部 常務取締役 大森康作氏
2月 4日	第四回幹事会 バルブ連合会 会議室
3月10日	工場見学 愛知県安城市 株式会社マキタ電機製作所 参加者8名 会報1号の発行
18日	講習会 精密鑄造技術(ロストワックス)について 出席者28名 機械金属工業指導所と共催 講師 吉田キャスト工業株式会社 森田育宏氏

月 日 事 業 内 容

3月 研究会事業に関するアンケート調査

28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-4-2 会議等の出席

名 称	期 間	開 催 地	出 席 者
第39回近畿地方工業技術連絡会議	4.7	大阪市	所長 立花総一郎
近工連、騒音、振動分科会	4.8	泉大津市	技師 松川 進
第15回近畿地方公設試験機関事務長会議	4.27 "29	和歌山県	係長 富岡栄治郎
近江連機械金属部会	4.30	大阪市	主査 辻 久 男
技術者研修近畿地区連絡会議	5.10	神戸市	技師 森 勇
工業技術連絡会議 機械金属連合部会 NC研究会	5.10 "13	宮崎市	所長 立花総一郎他1名
第21回化学連合部会総会	5.11 "12	大阪市	専門研究員 坊農佐太郎
第12回産業公害部会	5.26 "28	神戸市	"
情報化推進研究会(全国)	5.27 "28	東京都	主査 上田成男
近江連第13回LCA分科会	6.2	神戸市	技師 樋口英司
近江連産業公害部会	6.23 "24	池田市	専門研究員 坊農佐太郎
近江連第14回LCA分科会	7.8	奈良市	技師 樋口英司
近江連精密測定分科会	8.24	大阪市	" 佐藤真知夫
計測分科会及試験評価技術研究会	10.21 10.22	"	主査 辻 久 男
温度計測研究会	10.22	"	技師 中山勝之
形状精度研究会	"	"	" 佐藤真知男
近江連騒音振動分科会	10.19 "20	"	" 松川 進
第16回近畿地方公設試験機関事務長会議	10.25 "26	神戸市	係長 富岡栄治郎
近江連廃水、大気合同分科会	10.21	兵庫県	技師 村口明義他1名

名 称	期 間	開 催 地	出 席 者
近工連機械金属部会	11.5	大阪市	主査 辻 久 男
近工連化学部会	11.12 "13	奈良県	専門研究員 坊農佐太郎
第17回鑄造技術担当者会議	11.16 "19	名古屋市	技師 松川 進
化学連合部会分析分科会	11.10 "12	"	" 西内宏志
情報化推進研究会(近畿ブロック)	12.9 "10	福井市	" 森 勇
近工連第16回LCA分科会	1.13	三木市	" 樋口英司
公害シンポジウム産業廃棄物分科会	2.2 "4	東京都	" 村口明義
試験評価技術研究会 温度計測研究会	2.21 "23	"	" 中山勝之
近工連精密測定分科会	3.2	京都市	" 佐藤真知夫
近工連大気廃水合同分科会	3.9 "10	和歌山県	" 西内宏志