

## 鉄鋼技術共同研究会

### 製鋼部会鑄型分科会報告(II)

(昭和 32 年度)

前報<sup>1)</sup>では鑄型の製造および使用に関する調査結果を報告した。本稿は第4回・第5回の分科会で発表された研究事項を集録したものである。紙面の都合で図表のうち止むなく割愛したものが相当あつたことをあらかじめお断りしておく。

#### I. 鑄型の設計について

国内各製鋼工場で使用されている鑄型各部の寸法の関係を久保田鉄工で調査した。丸・角・扁平・八角の各鑄型形状別に各部寸法の関係をプロットして標準値をもとめ鑄型設計に応用している。

八幡製鉄でキルド・セミキルド・リムド鋼に併用されている C-61 型 (4.0~4.5 t 鋼塊用) の高さ (2,100→1,900 mm), テーパー (21.2→9.2 mm/m) および隅角半径 (15 mm 減) を低減した LC-61 型を試験的に使用した。テーパの減少により型抜きがやゝ困難であつたが、高さが低いため注入中のスプラッシュが少く、定盤の溶損が減少し、頭部寸法が大きいため鑄型の手入および内面塗料の塗布に便利であつた。鑄型寿命は LC-61 型の方がやゝ低い重量が軽減しているので鑄型原単位は殆んど差が認められなかつた。LC-61 型の使用によりリミシングアクションが良好となり、NaF の使用量が半減し、低炭素リムド鋼では投入 Al 量を 2 kg/60t 増加する必要があつた。LC-61 型の分塊鋼片のメカニカルパイプは増加し切捨量はやゝ増大し、また低炭素リムド鋼の製品断面不良率はやゝ多かつた。

神戸製鋼で 4 t 鋼塊用鑄型の採用に際してコルゲートの形状・肉厚・隅角半径・テーパを変えた 7 種類の鑄型の比較試験を行つた。第 1 表はその概要を示したものであつて、コルゲートのない B 型は鋼塊割れが多く、C

型・F 型は鑄型の縦割れが多く、かつ寿命のばらつきが大きく、最終的には H 型が採用された。また C 型および F 型についてのダクティル鑄鉄の試作鑄型は約 150% 寿命の増加を示した。

富士鉄室蘭製鉄所で 5 t 矩形鑄型の隅角半径を上辺 100 mm 下辺 200 mm からそれぞれ 37, 42 mm に変更した結果、鋼塊のコーナ割れは 1/3 以下に減少したので 6 t 角鑄型の設計にあたり、隅角半径を頭部 50 mm, 底部 60 mm とした。またメーカー別の鑄型寸法と鋼塊割れ発生傾向をしらべた結果、鑄型の内部形状が一定の場合外部形状の相違が鋼塊割れの発生に大きく影響することが判明した。6 t 鑄型の製作にあたり平均肉厚 110 mm のものと 115 mm のものを比較試験し、肉厚の差は鋼塊割れに影響なく、鑄型成績は薄肉の方が良い結果を示した。

日本鋼管鶴見製鉄で 4~6 t リムド鋼用扁平鑄型の改造に当り、旧来の B 型の鑄型高さを低くし、長辺部内接半径を大きくし、隅角半径・テーパおよび(長辺)/(短辺)比を小さくした。また鑄型の肉厚は平面・隅角・側面の順に総計 5~10 mm 薄くした。補強のバンドは縦横式から平面部の双曲線形縦バンドにあらためた。新設計の H B 型は B 型にくらべて使用回数が約 50% 延長し原単位は 10 kg/t 前後となつた。B 型では横バンドにそつた平面部中央の割横れが廃却の主因であつたが、

第 1 表 4 t 試作鑄型の設計の主要点と使用成績 (神戸製鋼)

要 項		型 別		B	C	D	E	F	G	H
			mm							
平 面 肉 厚	頭 部 底 部	mm	〃	115	120	120	120	110	115	120
			〃	140	150	155	155	140	145	150
隅 角 肉 厚	頭 部 底 部	〃	〃	115	120	120	120	110	110	115
			〃	140	150	155	155	140	140	145
隅 角 半 径	頭 部 底 部	〃	〃	65	65	55	46	65	60	60
			〃	70	70	60	50	70	70	70
テ ー パ ー		mm/m		15	15	20	20	15	25	30
コ ル ゲ ー ト				なし	2 山	1 山	2 山	2 山	2 山	2 山
寿 命	本 平 数 均	本 回		102	100	7	7	16	51	58
				168	172	153	138	160	166	168
廃 却 主 原 因				荒	割	荒	荒	割	荒	荒

H B型では側面下方の縦割れが廃却の主因となつた。

ダクタイル鑄鉄鑄型を使用している住友金属鋼管製造所で2・2t鋼塊用A型(ガスマン型)の肉厚を平均5mm減じ、底部肉厚を100→95mm・隅角部肉厚を94→90mmにした。したがって鑄型重量は200kg(7・1%)減した。薄肉鑄型の従来のものとの比較使用の結果は第2表に示すとおりで、寿命に大して差がないので結局約7%の原単位低下となつた。ただし数次の肉厚減少試験の結果、この鑄型の肉厚減少はこの程度が限度と判断された。

第2表 薄肉鑄型の使用成績  
(住友・鋼管・ダクタイル鑄鉄)

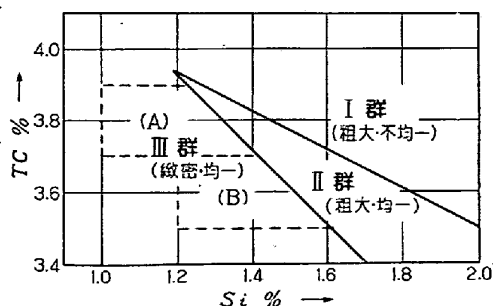
型別	メーカー	本数	平均寿命(回)	原単位比率(%)
原寸	A	28	195・2	100
	B	48	194・9	102
薄肉	A	22	196・4	93
	B	32	193・0	95

鑄型の寸法管理について八幡製鉄ではC-61型およびB-6・5型の各部寸法と鋼塊重量の関係をもとめ、現在の鋼塊計算重量のばらつきは鑄型寸法精度の規正によつて低減できることが判明した。また同一鑄型でもメーカーによつて各部の寸法の中心値がことなることがほかの調査でも判明した。鑄型使用による熱変化にともなう永久変形量をC-61型で測定したところ、使用回数が進むにつれてクレーシングが顕著になる40回位より高さ方向に膨脹し、肉厚は増加し、内径方向に収縮が生じたが70回以降は永久変形のまゝで安定することが判明した。またC-61型で35回使用後の鑄型の温度が30°Cから170°Cに上つた場合、高さが4mm、内径が2mm増加することが測定された。したがって同一ピットでは鑄型の使用回数と使用前温度のそろつたものを使用することが鋼塊単重のばらつき減少のために必要である。

## II. 鑄型材質に関する研究

### 1. 鑄型材質の管理

最近の鑄型の化学成分は高炭素のものが多いが、八幡製鉄では同社製の鑄型の本体に附した疣状試片の破面の粗密と化学成分の関係をまとめ、第1図に示すようなC-Si線図がえられた。粗大不均一破面のI群・粗大均



第3表 疣状試片の粗密と鑄型寿命の関係  
(八幡製鉄)

型別	群別	平均寿命			廃却主原因
		I群	II群	III群	
T. C-61		107・8	118・9	132・4	亀(荒)
S. C-61		118・5	129・0	147・0	〃
H. C-61		97・1	101・8	106・3	〃
S. SB-12		39・0	47・4	79・0	〃
K. B-8		98・4	99・2	103・8	〃
S. B-10		75・4	76・9	82・6	亀(割)
T. B-3		61・9	67・1	73・3	〃
H. VS-61		69・0	80・8	77・4	〃

注：型別の最初の文字は工場別を示す。

一破面のII群・緻密均一破面のIII群の各群別の鑄型の平均寿命は第3表に示すとおり、亀(割)が主因で廃却されるVS-61型(H工場)以外の鑄型の寿命はI群<II群<III群となつている。亀(割)が主因で廃却される鑄型は群間に寿命の差は少い。疣状試片から25φ×50mmの各群を代表する若干数の試片を切り出し、800°C×1h×50回の反復加熱における各試片の成長率の平均は、I群=3・43%、II群=2・75%、III群=2・03%であり、供試片の成長率(x)と鑄型の寿命(y)との相関は

$$y = -17・1779x + 172・8850, r = -0・6521 (P = 0・01)$$

となり、成長が少いほど鑄型寿命が向上していることが判明した。また急冷試験(800°C→水冷×80回)による割れはIII群の方がI群より小さかつた。以上の試験の結果同社では第4表に示すように鑄型の化学成分を規定した。疣状試験片の硬度は緻密均一破面のIII群はHb 120~150であつたが、粗大不均一破面のI群はHb 100~110であつた。硬度と鑄型寿命の関係をもとめると、C-61型ではHb 115~135(H工場), 130~150(T工場)の範囲のものが鑄型寿命が高く、その中間値附近に鑄型寿命のピークがあらわれていた。同一鑄型でも工場により最適硬度範囲がことなるのは鑄込鋼種の相違による使用条件の差があるためである。生砂型(35φ×300mm)に鑄込まれた試片の中心部の硬度は疣状試片より約Hb 50高い値を示していた。また鑄型の肉厚が大きくなると冷却速度がおそくなるため自然に硬度が下るので、ことさら成分調節をする必要がないことが、角形下広C-61(底部肉厚135mm)と扁平形下広B-8(底部肉厚:短辺185mm, 長辺205mm)の硬度測定によつてえられた。

日伸製鋼で80kg二本立鑄型の疣状試片の熱割れ率<sup>2)</sup>

第4表 鑄型の化学成分の規正(八幡製鉄)

区分	化学成分(%)				
	TC	Si	Mn	P	S
第1種	3・60 ~3・90	1・40 ~1・80	0・40 ~0・80	<0・300	<0・070
第2種	3・60 ~3・80	1・20 ~1・60	0・50 ~0・80	〃	〃

注：第1種は早期割れの恐れあるもの。

と鑄型寿命との関係をまとめ、熱割れ率がひくいものが鑄型寿命は最高を示すことが判明した。熱割れ率におよぼす材質の影響を調査した結果、硬度 H<sub>r</sub>B 77 に熱割れ率の最低点があり、また 3.78% C, 1.42% Si の成分で最低の熱割れ率がえられ、これらに対応する鑄型寿命もまた最高を示した。使用条件として型抜時間の長いものは鑄型が高温に長く保持されるが、熱割れ率試験の 700°C での保持時間を長くすると熱割れ率は全般に大きくなり、その最低値は低硬度側に移動した。また同一試料でも焼鈍のために熱割れ率の特性が変化することがたしかめられた。したがって型抜時間の長いものは軟目の材質がよく、また高硬度のものは焼鈍によつて適当な硬度をえらばよいと判断される。

## 2. 化学成分の影響

日本製鋼で 7 t および 10 t 扁平鑄型の化学成分およびそれから算出した組織割合と鑄型寿命の関係を統計的に調査した。7 t 鑄型では TC+Si および Si と寿命の間に有意性が認められ、また Mn<sub>3</sub>C, Fe-Si, CC/TC および CC と寿命の間にも有意性が認められたが、10 t 鑄型では化学成分および組織割合と寿命の間の有意性は認められなかつた。また同所でキルド鋼用 9 t 扁平鑄型の寿命を要因別に調査した。TC (3.6~4.0%), Si (1.3~1.9%) は鑄込温度を独立変数として相関を求めると有意性は認められず、Mn (0.4~0.8%) は高い程寿命が増加し、また鑄込温度 (1200~1250°C) は高い程寿命が増加する傾向があつた。

日本特殊鋼では塩基性電気炉を使用して 100% 鋼屑熔解を行い低炭素鑄型 (2.92% TC, 1.52% Si, 0.66% Mn, 0.017% P, 0.010% S) を試作し、同社製の鑄型 (3.50% TC, 1.65% Si, 0.58% Mn, 0.171% P, 0.024% S) および購入鑄型との比較試験を行つた。鑄型は丸形 R280 kg で鑄込鋼は特殊鋼が主体である。低炭素の試作鑄型はクレージングの発生が遅く、廃却近くになつて急速に進行する傾向があるが、他の比較鑄型にあらわれた縦割れは発生せず、試作鑄型の寿命は 87~100 回で比較鑄型の 57~97 回にくらべて約 30 回の寿命増加を示した。

## 3. 特殊元素添加の影響

日本製鋼で V と Ti を含むバンチット鉄 (平均成分: 4.26% TC, 1.10% Si, 0.90% Mn, 0.050% P, 0.029% S, 0.474% Ti, 0.602% V) を 20% 配合してキュポラ溶解を行い、7 t (1本), 8 t (2本) の扁平鑄型を試作した。得られた鑄型成分は 3.6~3.9% TC, 1.4~1.5% Si, 0.7~0.9% Mn, 0.14~0.18% P, 0.06~

0.08% S, 0.15~0.24% Ti, 0.15% V であり、Ti による脱硫の効果はみとめられなかつた。機械的性質は普通鉄配合と大差なく組織は小さな均一に分布した片状黒鉛となり、マトリックスはパーライトで少量のフェライトがグラハイトの周囲に存在していた。バンチット鉄配合により、段付試料にデンドライト状の引けがあつた。また [O] は非常に小かつた。しかし鑄型寿命は普通鑄型と大差はなかつた。

大阪鑄造で Ti 0.20~0.27% を含む鑄物用鉄 70% と古鉄 30% をキュポラで熔解し、2種類の鑄型 (鑄型重量: W.R 453, S.B 1255 kg) を試作した (代表成分例 3.71% TC, 1.81% Si, 0.64% Mn, 0.172% P, 0.078% S, 0.201% Ti)。鑄型の破面は内外の表層は肉眼的に網状組織となり、樹枝状晶を伴つた微細共晶状黒鉛であるが、内部に向つて次第に片状黒鉛が増し、中央部の破面は粗大となり、片状黒鉛のみとなる。供試鑄型はキルド鋼を 3~4回/日の頻度で鑄込まれたが、クレージングが主因で廃却され、15% 前後の寿命の向上が認められた。

神戸鑄鉄で米国バルカンモールド・アンド・アイアン社から K 製鋼用 1.2 t 下広ガスマン鑄型を 30 本購入し、2本は切断して材質を調査し、残りと同社製の普通鑄型およびダクタイル鑄鉄鑄型の比較試験 (K 製鋼使用) を行つた。バルカン製鑄型は C, S が低く、Ni を 0.7% 程度含み破面の粒度が均一で機械的性質がすぐれ、黒鉛形状は一様であつてマトリックスにフェライトを含んでいた。鑄型の化学成分および平均寿命は第 5 表に示す通りバルカン鑄鉄鑄型はダクタイル鑄鉄鑄型について良好であつた。バルカン製鑄型は荒れによる廃却が多かつたが、比較の普通鑄型は割れによる廃却が多かつた。

バルカン製鑄型の化学成分上の特徴を確認するため Ni 添加と脱硫による鑄型を神戸鑄鉄で試作し、K 製鋼に納入した。試験鑄型の化学成分および使用成績は第 6 表のごとく、Ni 添加のみの効果は認められず、脱硫の効果が大きくあらわれていた。

前田鉄工所で廃型 60% 配合のキュポラ溶湯 (3.9% TC, 1.1% Si, 0.4% Mn) に Fe-Ti (添加 Ti 量 0.2%), Ca-Si (0.3% 添加) Fe-Si-Mg (添加 Mg 量 0.1%) を単独あるいは二種類添加して、木炭鉄 20% 配合の鑄型材 (3.95% C, 1.55% Si, 0.45% Mn) との比較試験を行つた。乾燥砂型 (100φ×150mm) 試料の破面は未処理のものは破面が粗く中心部が硬くなつていたが処理したものは破面が緻密となり中心部がいくぶんやわらかめとなつていた。この試料から 20φ×25mm の

第 5 表 輸入鑄型の化学成分および鑄型寿命の比較 (神戸鑄鉄)

要 項 鑄型別	化 学 成 分 (%)					硬 度 BHN	鑄型平均 寿命 (回)
	TC	Si	Mn	P	S		
バルカン製	3.55	1.59	0.62	0.126	0.034	126	150.8
B 案	3.82	1.52	0.78	0.161	0.045	128	130.2
C 案	3.83	1.51	0.75	0.152	0.047	131	142.3
ダクタイル	3.43	1.86	0.32	0.078	0.037	134	171.0

注: バルカン製と B 案は旧設計, C 案とダクタイルは新設計。

第 6 表 Ni 添加および脱硫試験鑄型 (神戸鑄鉄)

処 理	試作本数	化 学 成 分 (平均 %)						平平均寿命 (回)
		TC	Si	Mn	P	S	Ni	
Ni 添 加	3	3.87	1.71	0.45	0.163	0.049	0.56	112.3
Ni 添加脱硫	2	3.87	1.66	0.43	0.160	0.034	0.58	133.5
未 処 理	2	3.78	1.94	0.46	0.155	0.057	—	118.0
脱 硫	2	3.87	1.55	0.45	0.160	0.031	—	129.0

注: Ni は 0.8% を取鍋添加, 脱硫は  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1% を取鍋添加.

試片を切出し 1000°C に 5 h 保持後炉冷して酸化増量を測定した. 7 回の反復試験の結果, 木炭鉄配合のものは耐酸化性がきわめて良く, 脱硫剤添加によつても耐酸化性は向上した. Mg 処理のものでは残留 Mg 量が高い程耐酸化性は良く, 同時に試験したダクタイル鑄鉄の耐酸化性は極めて良かった.

#### 4. ダクタイル鑄鉄・特殊材質・その他

日本鋼管鶴見製鉄で 4 t 鋼塊用扁平鑄型 Hb 型にダクタイル鑄鉄製鑄型 3 本を試験的に使用した. ダクタイル鑄鉄鑄型はクレージングの発生は遅く, 割れも発生し難かつたが内面の反りのため 40 回位で内面切削せねばならず, 比較の普通鑄型 3 本の平均寿命が 113 回であるのに対しダクタイル鑄鉄鑄型は 42 回(型入), 92, 93 回(反り)であつた.

八幡製鉄で試験的に製鋼用鉄(高炉熔湯)を直接鑄込んで各種鑄型を製造した. その化学成分は第 7 表に示す通りであつた. 高炉鉄は [O] が少く [H] が高かつた.

第 7 表 平炉用鉄直接鑄込鑄型の化学成分  
(八幡製鉄)

	TC	Si	Mn	P	S
直接鑄込 鑄 型	4.08 ~4.44	0.60 ~0.84	0.64 ~0.91	0.284 ~0.321	0.025 ~0.045
同上平均	4.30	0.70	0.77	0.310	0.034
キューボラ 鑄 型	3.60 ~3.90	1.20 ~1.60	0.50 ~0.70	0.150 ~0.200	0.040 ~0.060

試作鑄型の使用成績は第 8 表のごとく, クレージングが主因で廃却される C-61 型においては寿命が約 20% 延長しているが, 主として割れで廃却される B3~B10 では早期に縦割れを発生して寿命が低下した. 高炉鉄直接

第 8 表 製鋼用鉄直接鑄込鑄型の成績 (八幡製鉄)

要項 型別	直 接 鑄 込 鑄 型			普通鑄型 (3 カ月平均 寿命)
	試作数	平均寿命	使用中平均	
T. B-10	5	74.0 (5)	— (—)	73.5 (82)
K. B-8	5	50.0 (4)	102 (1)	99.4 (192)
S. B-6.5	5	122.0 (2)	112.3 (3)	147.3 (71)
T. B-3	3	86.5 (2)	0 (1)	66.1 (60)
H. C-61	4	127.0 (3)	94 (1)	104.2 (130)
S. C-61	3	— (—)	135.7 (3)	125.3 (79)
T. C-61	4	192 (1)	133.3 (3)	172.8 (110)

注: 括弧内は鑄型本数.

鑄込鑄型は成長が少く, クレージングはキューボラ鑄型とほとんど同一であつたが内面の酸化は非常にわずかであつた.

日本鑄造では地金配合を異にする 2 種類の鑄型材について高温顕微鏡で観察を行つた. 600°C までは組織に変化はみとめられなかつたが, 800°C に保持するとマトリックスはパーライト+フェライトからオーステナイトセメンタイトに変つてくるが, 保持時間が長くなるとグラハイトの周りのセメンタイトは分解されてオーステナイトが増加してくる. 800°C×3h 炉冷後は粗大黒鉛+フェライト+球状パーライトとなつていた.

### III. 鑄型の使用方法およびクレージング

八幡製鉄で第一製鋼工場の鑄型原単位の推移と鑄型使用管理について調査した. 鑄型の補修, 冷却台設置および増設, 常備数の確保, 鑄型据付方法の改善, 使用サイクルの適切化, 鑄型材質の向上等により原単位は低下した. 一方型抜時間の延長は鑄型原単位を増加した. 鑄込鋼種別にリムド・セミキルド・キルドの順に鑄型寿命は低下する傾向が認められた. 型抜時間の短い場合はクレージングの発生は遅く突起したクレージングとなり, 長い場合はクレージングの発生が早く小さな網目状のくぼんだクレージングを生じた. 常に隣接鑄型と同一な面が接するような鑄型配置ではその面のクレージングははなはだしい.

日特で 13% Cr 鋼用の 600 kg 鋼塊用上広押湯付角鑄型でクレージングの発生状況を調査した. 17 回位から下部にクレージングが発生し, 40 回位で中央部にまで進行し, 40~50 回で全面に発達し, これと同時に縦割れが 40 回位から発生した. 鑄型寿命は 50 回前後であつた.

日本製鋼でキルド鋼 9 t 用扁平鑄型の寿命を調査し, 使用時期別に差があること, 廃却原因別では(溶損→割れ), (溶損), (割れ→溶損), (割れ) の順に鑄型寿命が低下していることが判明した.

### IV. 鑄型の補修について

日本鋼管鶴見製鉄で扁平鑄型に溶接補修を行い原単位低下を回つて来た. リムド鋼用鑄型では全数の約 70% に対し主として平面部の横割れを肉盛溶接し, またキルド鋼用鑄型では全数の約 40% に対して頭部溶損およびコルゲート剝離部分の補修を行い, 第 9 表に示すように約 3% の原単位低下がえられた. 溶接補修は多い場合には同一鑄型で 3 回も行うことがあるが, 補修前の使用回数が多いものは補修による寿命

第9表 補修による鑄型原単位の変化  
(鋼管鶴見)

型別	廃却本数	補修本数	原単位 (kg/t)		
			修理前	修理後	
リム	B 3.5	89	46	18.7	16.4
ド	HB 4	152	130	17.5	12.8
鑄型	HB 5	105	74	18.1	14.0
	HB 6	53	29	14.0	11.5
	計	399	282	17.8	14.8
キルド鑄型計		139	59	23.4	20.1

の延長が短いので、修理時の鑄型使用回数の管理を行っている。

川崎製鉄葺合工場で溶損および割れの溶接補修を行っているが、代表例の観察によれば 950 kg 鋼塊用H型の

溶損部の補修では、補修後 60 回使用された頃軽微な割れが溶接境界部に認められ、また類似の補修鑄型で 101 回補修後使用されて廃却された鑄型の溶接境界部に相当大きな割れが認められた。同所の補修の実施例では補修費に見あう鑄型寿命延長が十分に得られた。

## V. 結 言

2 回に分けて昭和 32 年度における鑄型分科会の状況を報告した。第 4 回は主眼点を鑄型の使用者側の調査に第 5 回は製造者側の調査に置いた。幸いに関係者多数の御協力により一応の成果を得た事は当時者として喜びに堪えないところで、調査に協力された関係工場各位ならびに研究発表を寄せられた各位に深甚な謝意を表す。

### 文 献

- 1) 本誌: Vol. 44, No. 5, May, 1958
- 2) 荻原: 本誌, Vol. 42, No. 3, Mar., 1956

## PROCEEDINGS OF THE FIRST JAPAN CONGRESS ON TESTING MATERIALS

(材料試験連合講演会論文集刊行会編・社団法人日本材料試験協会発行)

限定 100 部出版 予約募集中

頒価 1,000 円 (送料を含む)

昨年 10 月 28, 29 の両日、東京で開催の「第 1 回材料試験連合講演会」で発表された 78 演題中より提出された 54 編の欧文論文を集録したもので、材料試験連合講演会論文集刊行会が編集し、昭和 32 年度文部省研究成果刊行費補助金を受け、社団法人日本材料試験協会より出版されたものである。

### 集録論文 54 編

Metallic Materials	36編 (114頁)
Mon-Metallic Materials	9編 (28頁)
Miscellaneous	9編 (38頁)

付 録 The Present Industrial Situation in Japan (Equipments and Techniques) (120頁)

本論文集の入手を御希望される方は、下記により代金を添えてお申し込みください。

### 記

申込方法 用紙は随意でよいが下記事項を明記すること。

1. 必要冊数
2. 申込者氏名
3. 送本先 (できるだけくわしく)

申込先 社団法人 日 本 材 料 試 験 協 会

(京都市左京区吉田本町 京都大学工学研究所内、振替京都 26625番)