

# チャンキィ黒鉛の防止



2012年9月20日(金) 於;高知会館  
糸藤 春喜

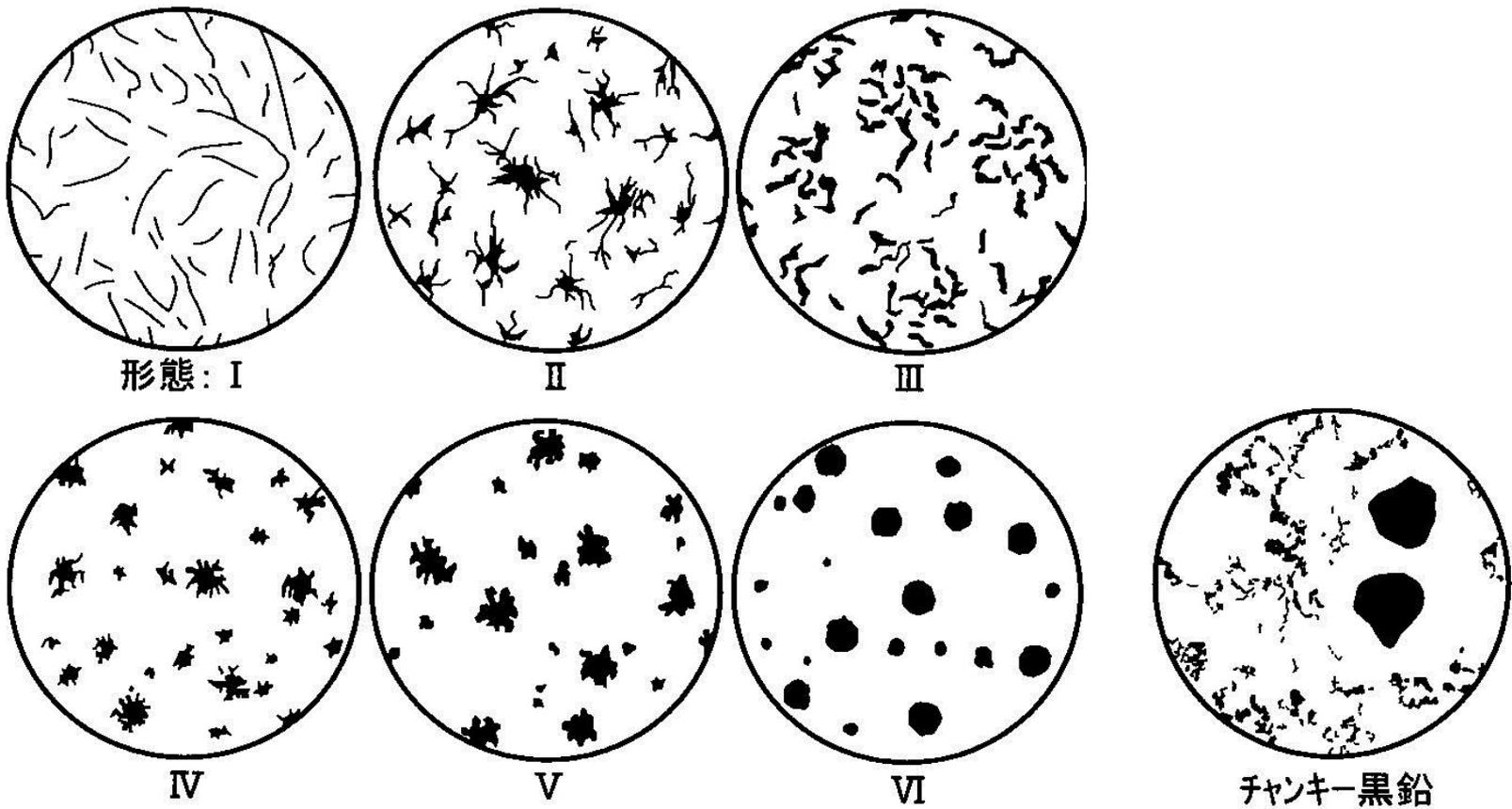


図 黒鉛粒の形状分類(JIS G 5502)とチャンキー黒鉛の形状

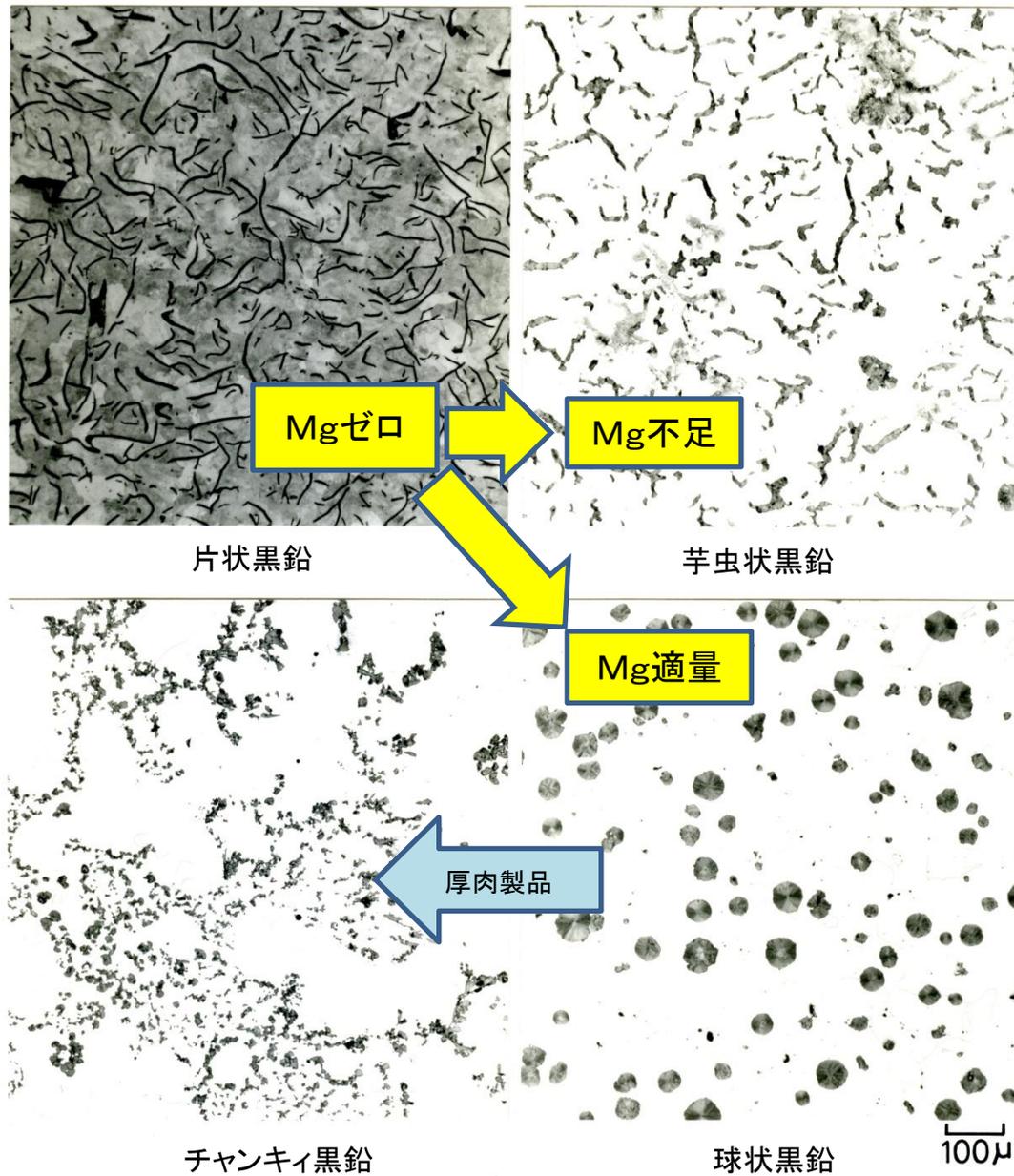


図7 鑄鉄鑄物中の黒鉛組織

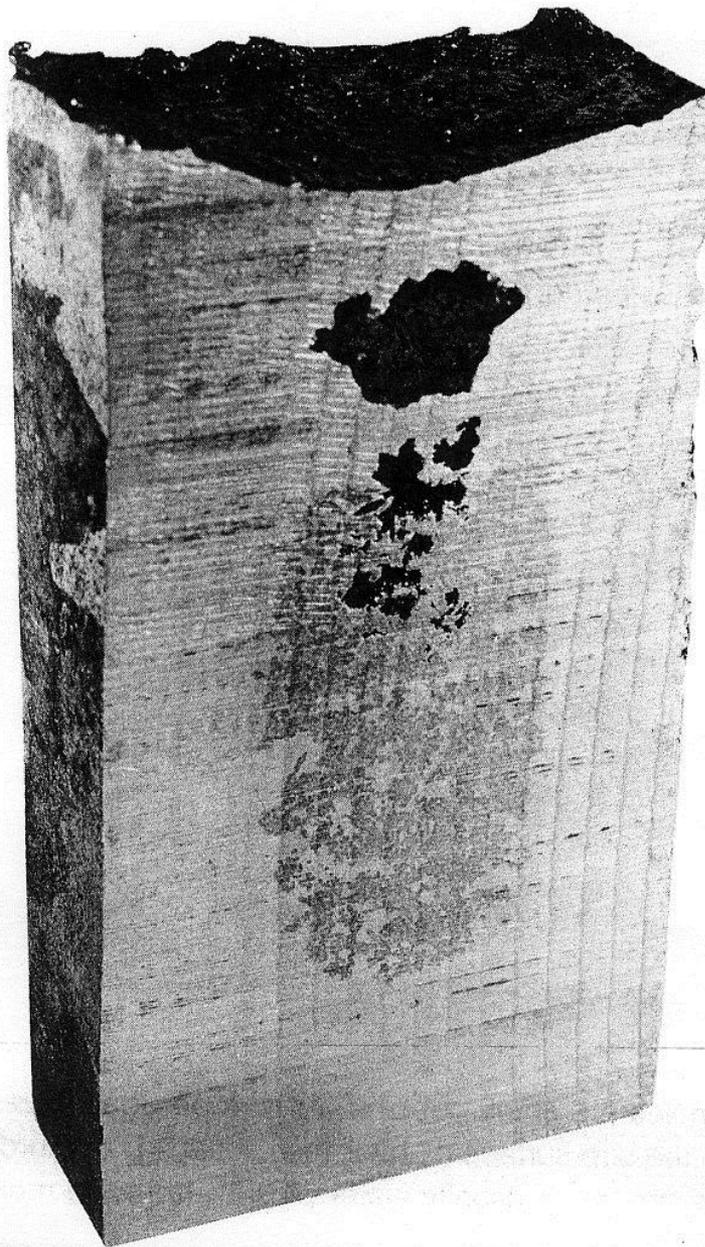
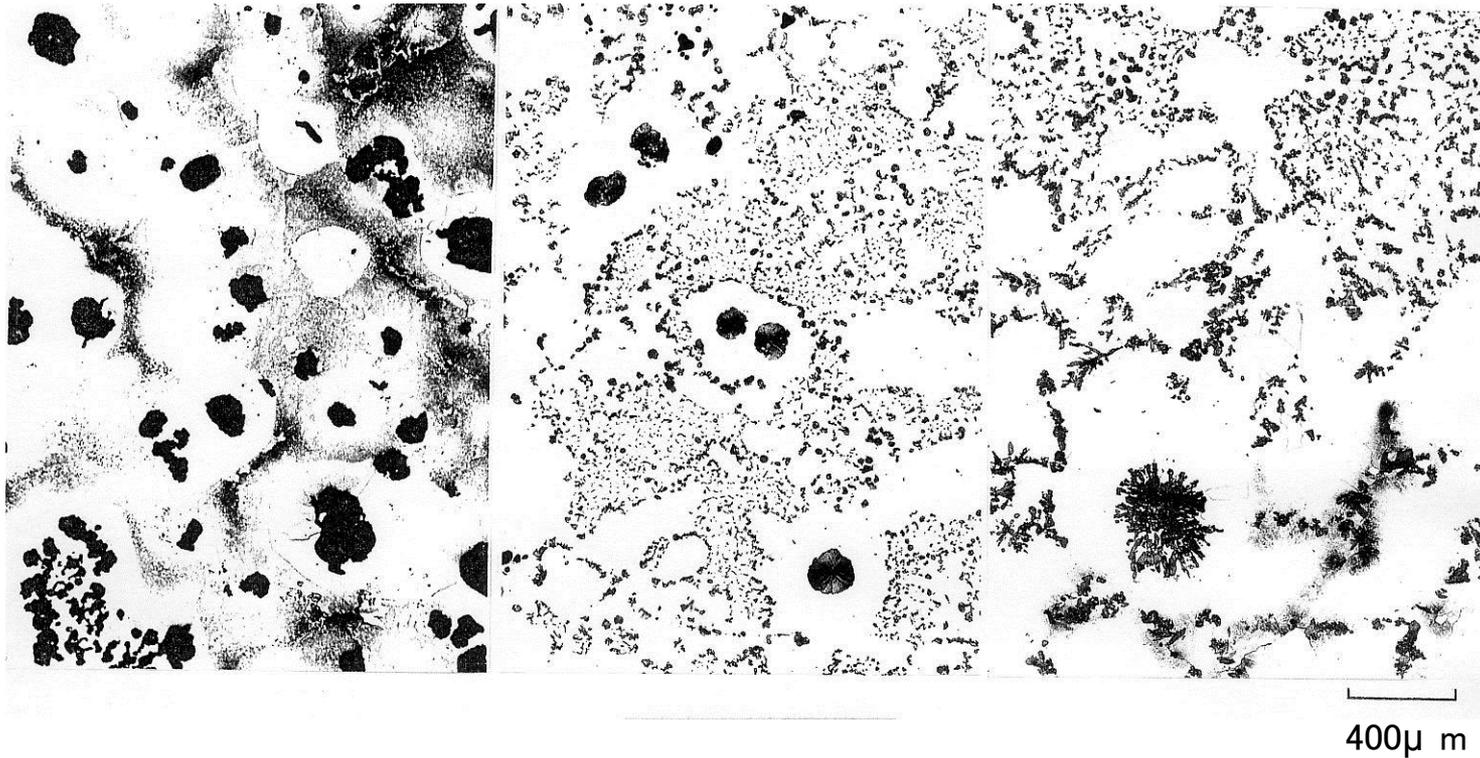


写真 チャンキー黒鉛晶出事例  
(バンドソー面)

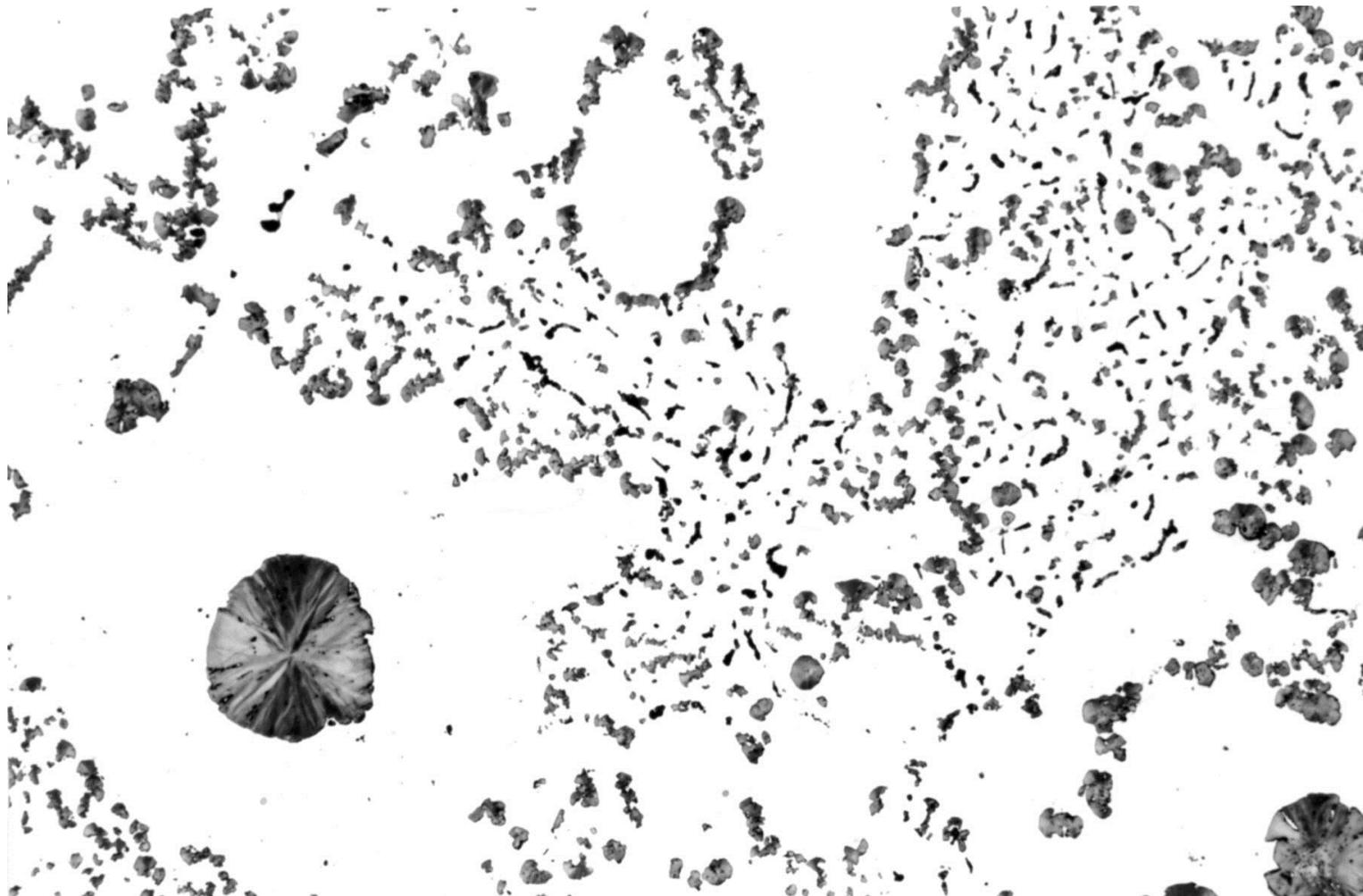
S.I.Karsay;Ductile Iron Production I (1992)P179.

**FIGURE 147** — A 5 × 5 × 10 inch (125 × 125 × 250 mm) Ductile Iron Casting Containing Chunk Graphite. The Presence of Chunk Graphite is Evidenced by the Dark Spots in the Thermal Center on a Saw-Cut Surface.



a.軽微(RW=6600Kg, t=185mm) b.多量(RW=4500Kg, t=210mm) c.多量(RW=36000Kg, t=245mm)

## 写真 厚肉品へのチャンキー黒鉛晶出事例



200 $\mu$  m

RW=4500Kg, t=210mm

## 写真 厚肉品へのチャンキー黒鉛晶出事例

糸藤春喜; 鑄造工学84(2012)152

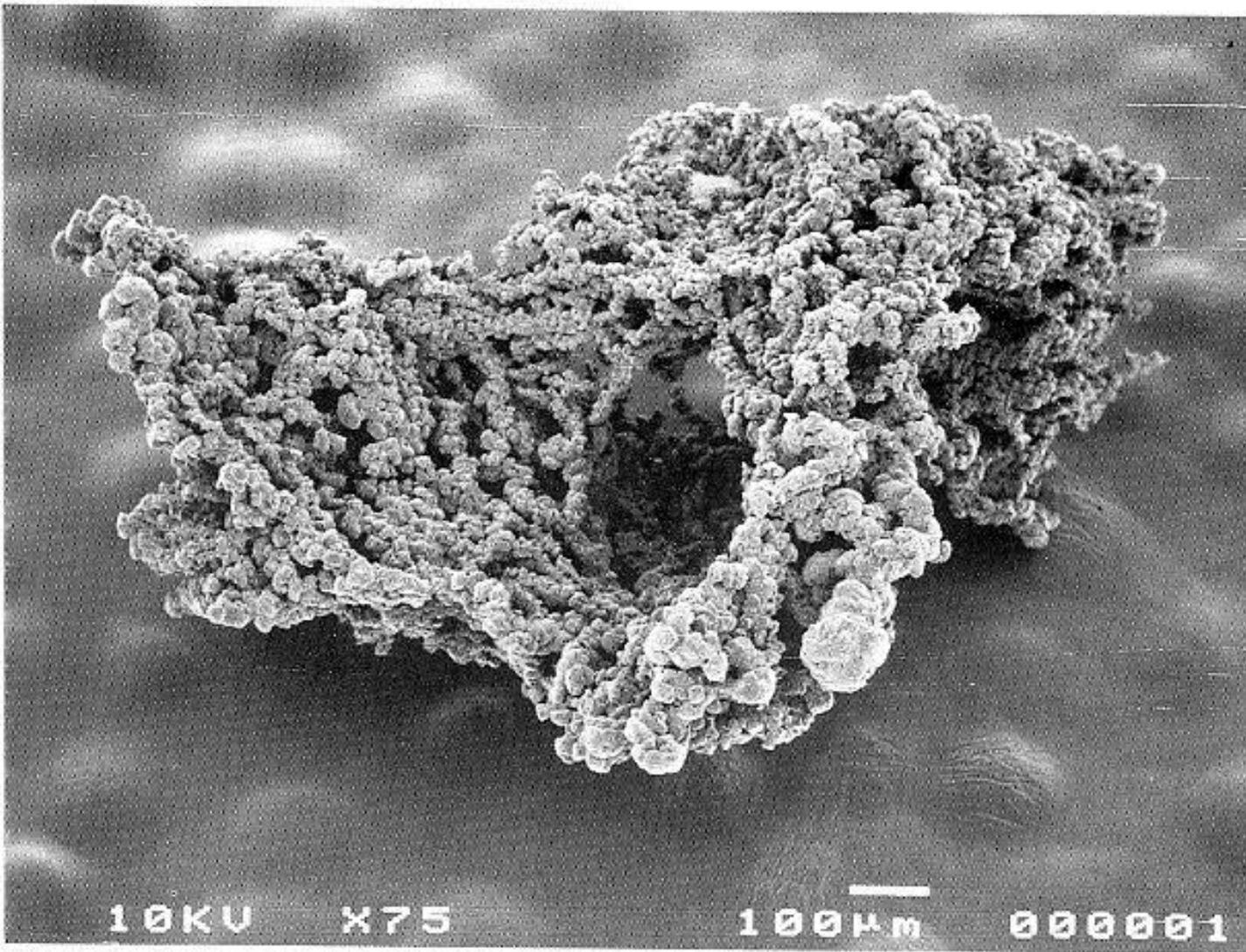
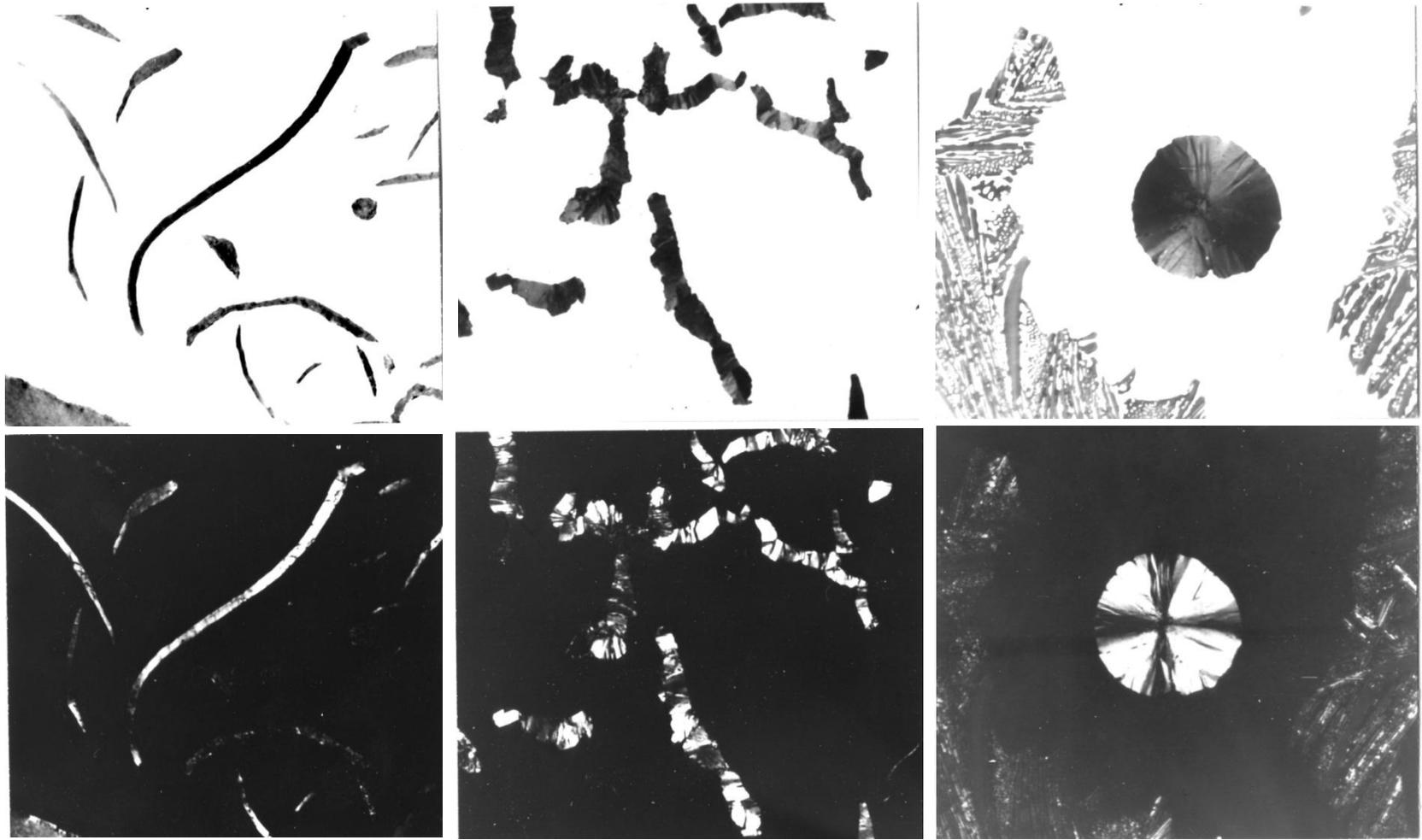


写真 チャンキイ黒鉛セルのSEM像

糸藤春喜; 鑄造工学84(2012)152



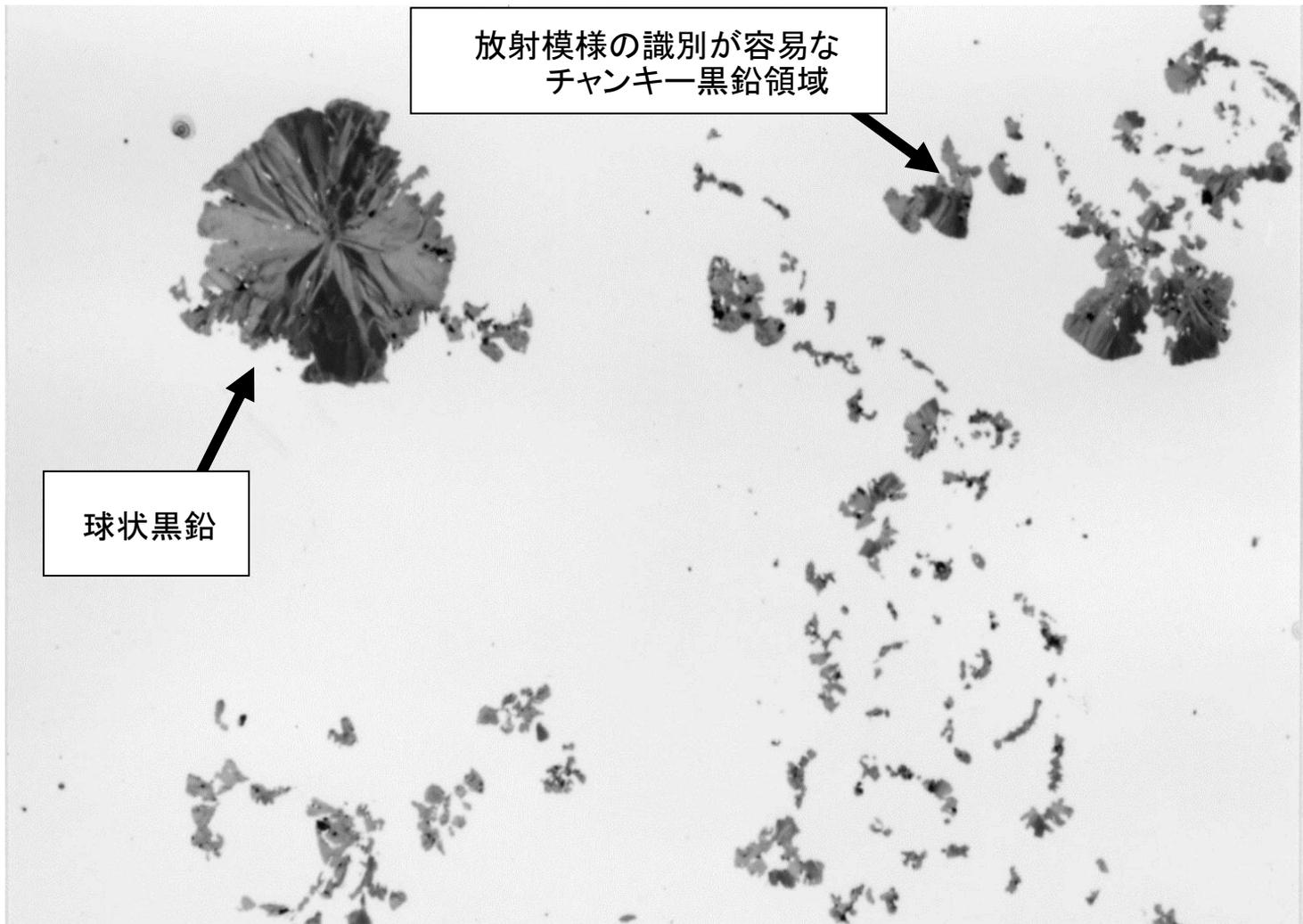
50μ m

A. 片状黒鉛

B. CV黒鉛

C. 球状黒鉛

図3 片状, CV及び球状黒鉛の光学顕微鏡組織(上段;一般光、 下段;偏光)



球状黒鉛

放射模様の識別が容易な  
チャンキー黒鉛領域

50μ m

図4 弱偏光下におけるチャンキー黒鉛組織

糸藤春喜; 鑄造工学84(2012)152

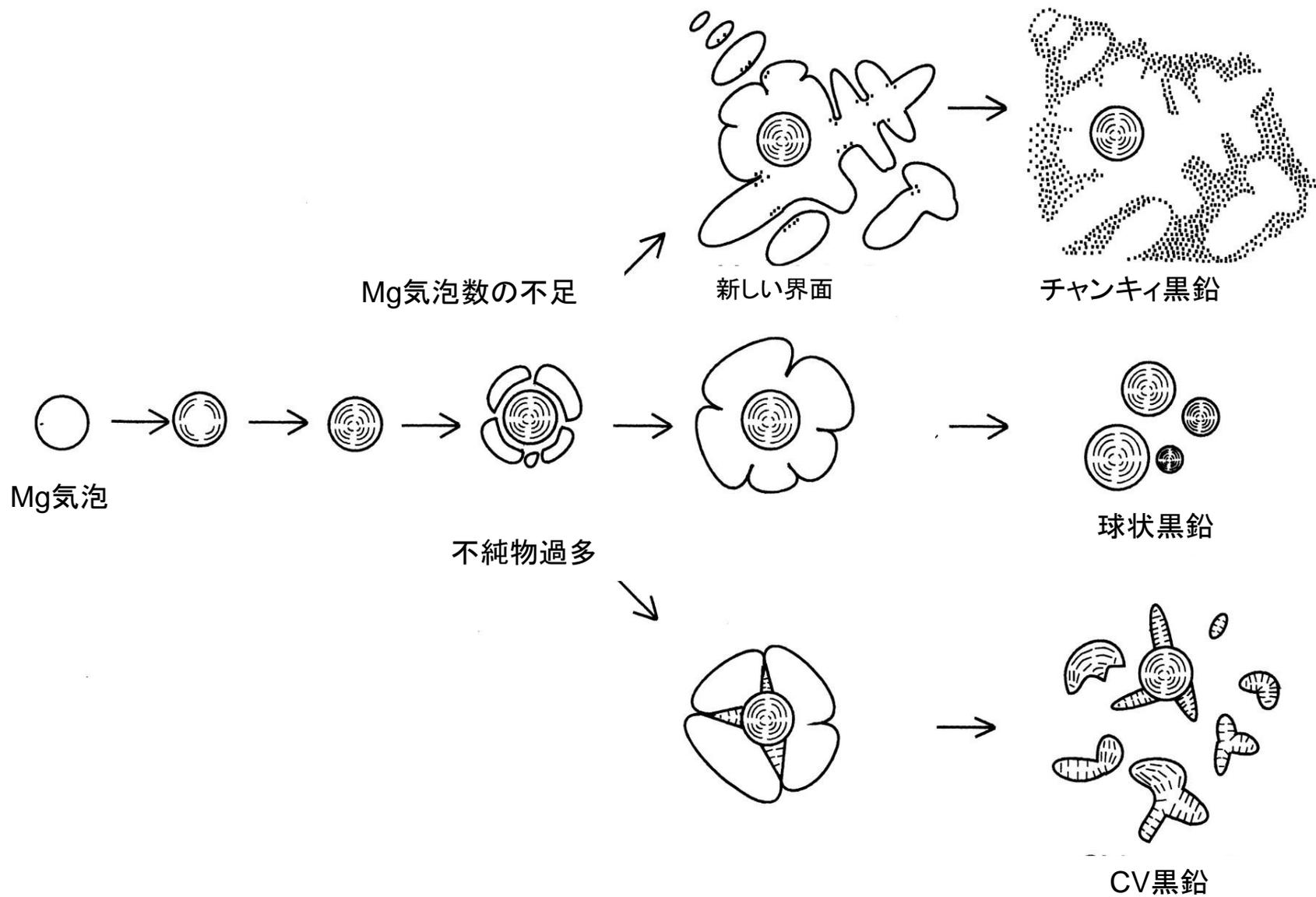


図 サイト説による球状黒鉛生成・成長・退化の模式図

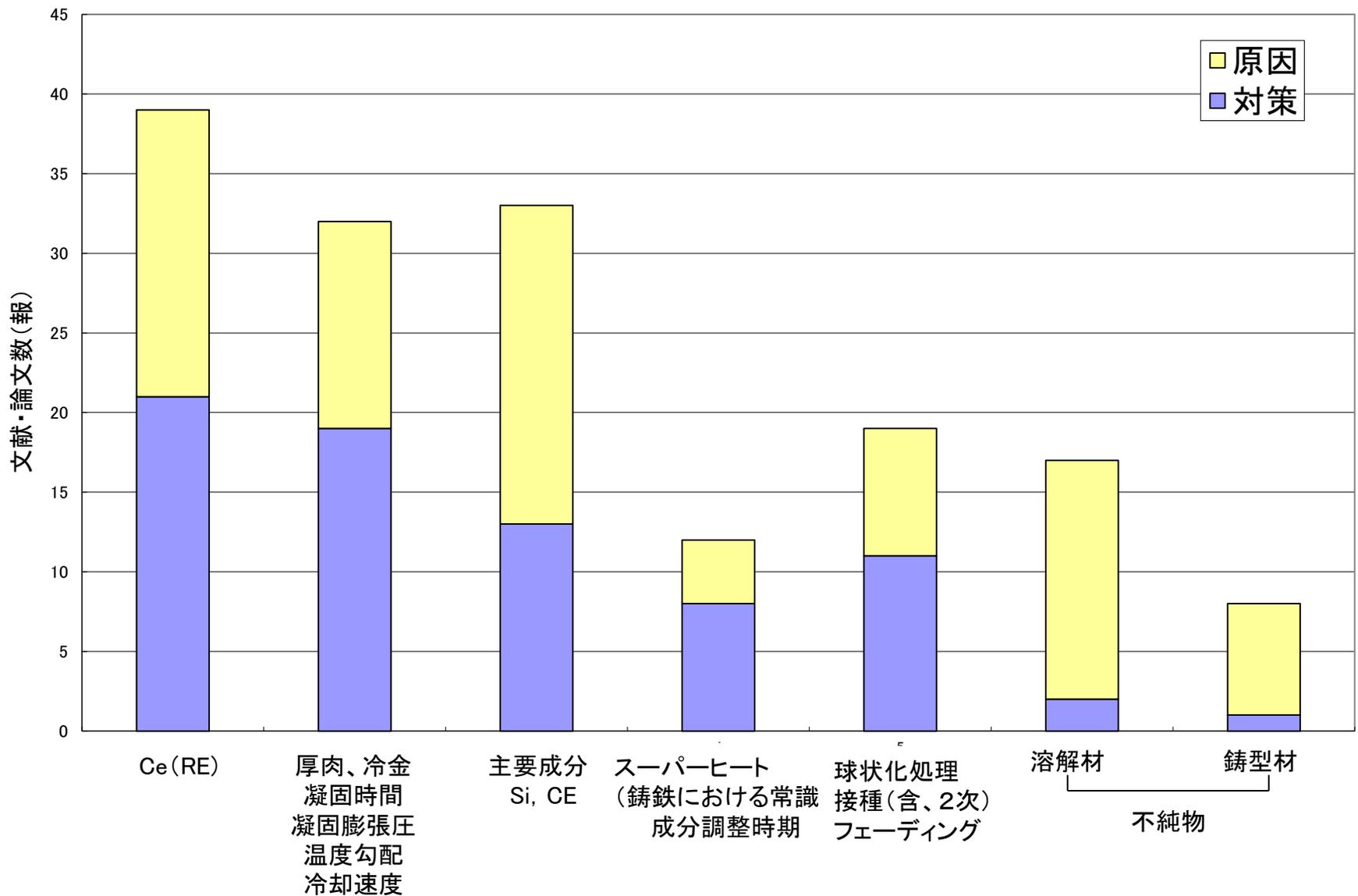
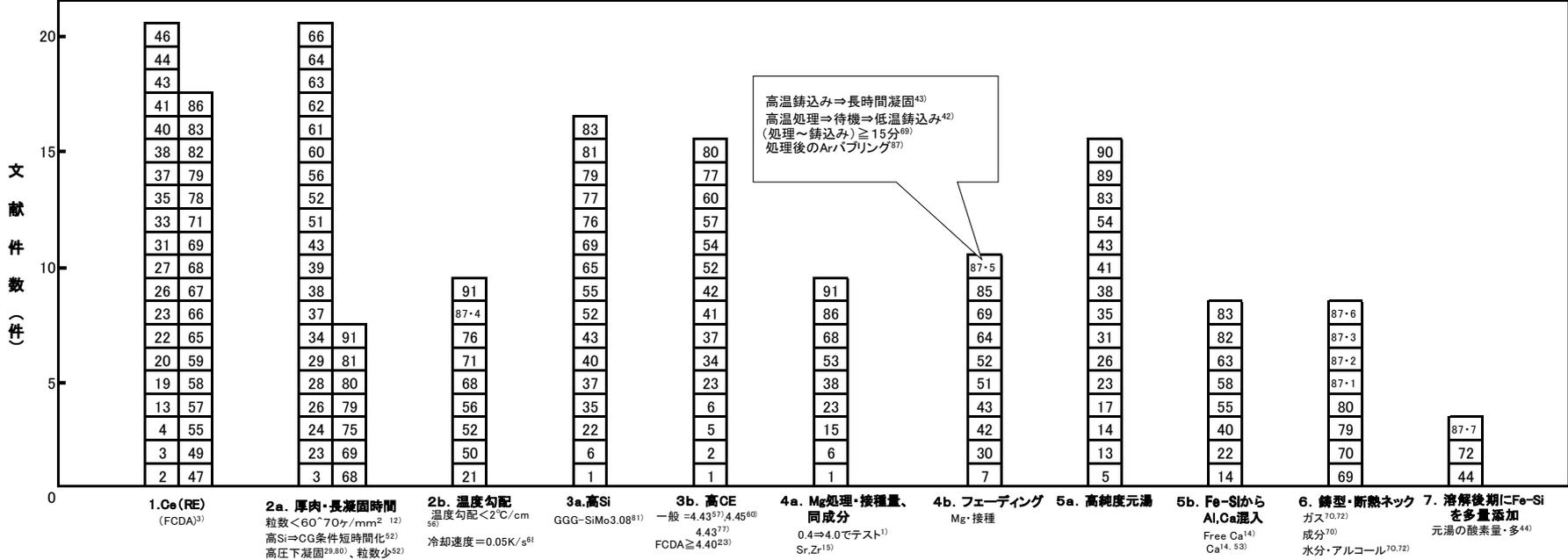
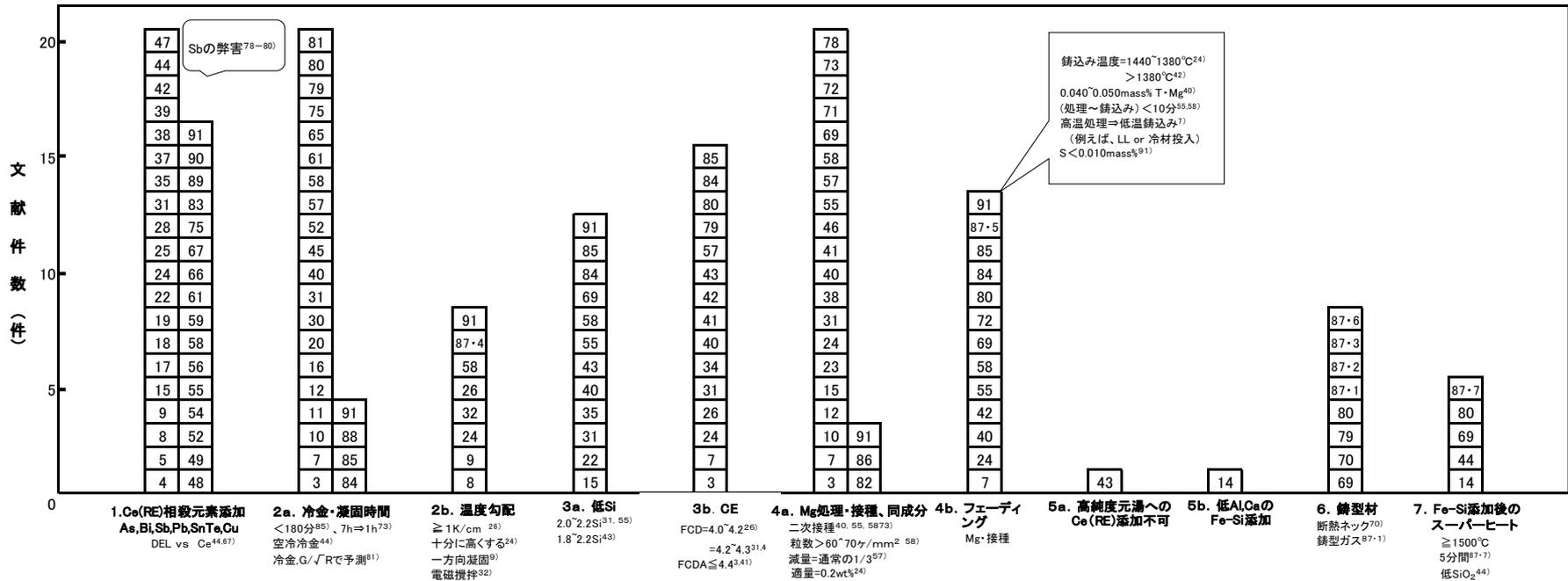


図 チャンキィ黒鉛晶出に関する文献・論文数(1956~2003); 欧米を中心に全62報



### A. 原因



### B. 対策

表 球状化及び接種処理剤の化学成分例 (mass%)

用途	種類	Si	Mg	Ca	RE	Al	Ba	残
球状化处理	Fe-Si-5.5Mg	45	5.5	1.5	2.5	1.8	—	Fe
接種処理	Ca系Fe-Si	74	—	1.6	—	1.9	1.0	Fe

表 600mm立方体ブロックの化学成分 (mass%)

No.	C	Si	Mn	P	S	Ce	Mg	CE
1	3.46	2.07	0.14	0.045	0.008	0.001	0.058	4.14
2	3.47	2.05	0.14	0.046	0.009	0.012	0.056	4.15
3	3.48	2.02	0.14	0.047	0.009	0.021	0.038	4.16
4	3.46	2.02	0.14	0.048	0.008	0.030	0.055	4.14
5	3.34	2.55	0.15	0.056	0.011	0.002	0.054	4.12
6	3.47	2.55	0.14	0.045	0.012	0.014	0.053	4.28
7	3.50	2.54	0.14	0.047	0.012	0.021	0.056	4.32
8	3.52	2.54	0.14	0.049	0.014	0.029	0.048	4.34

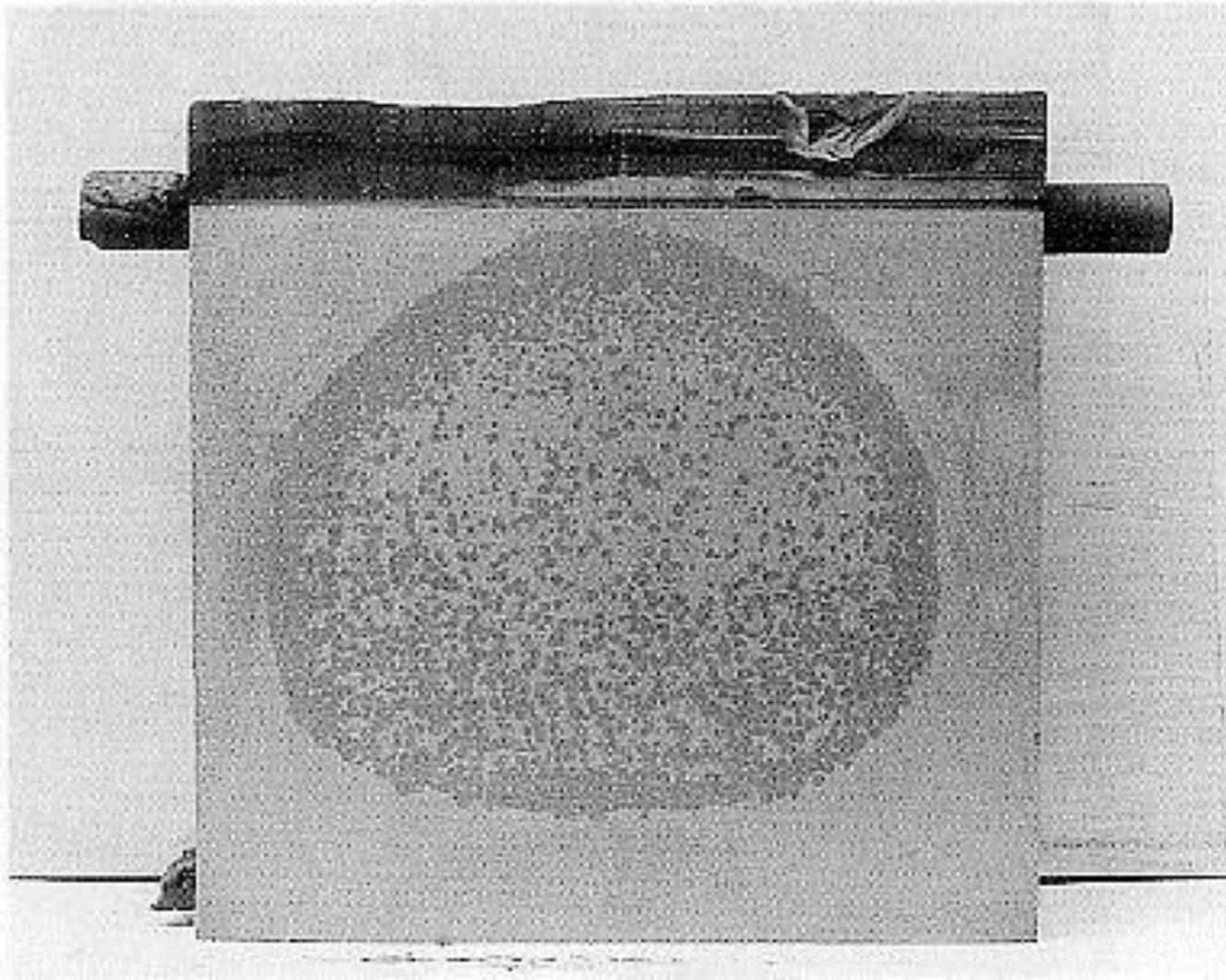
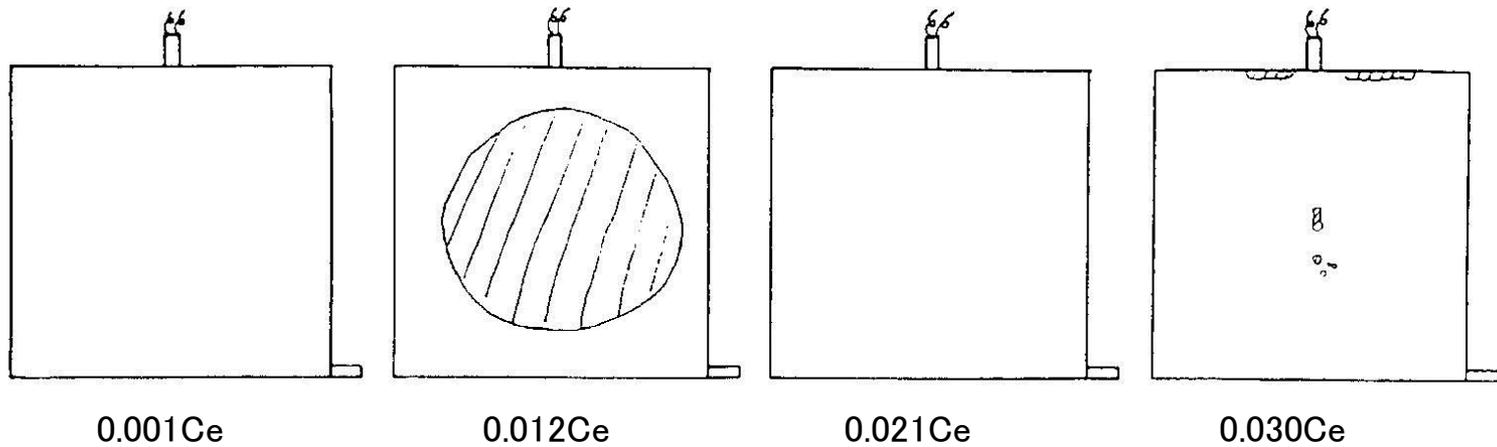
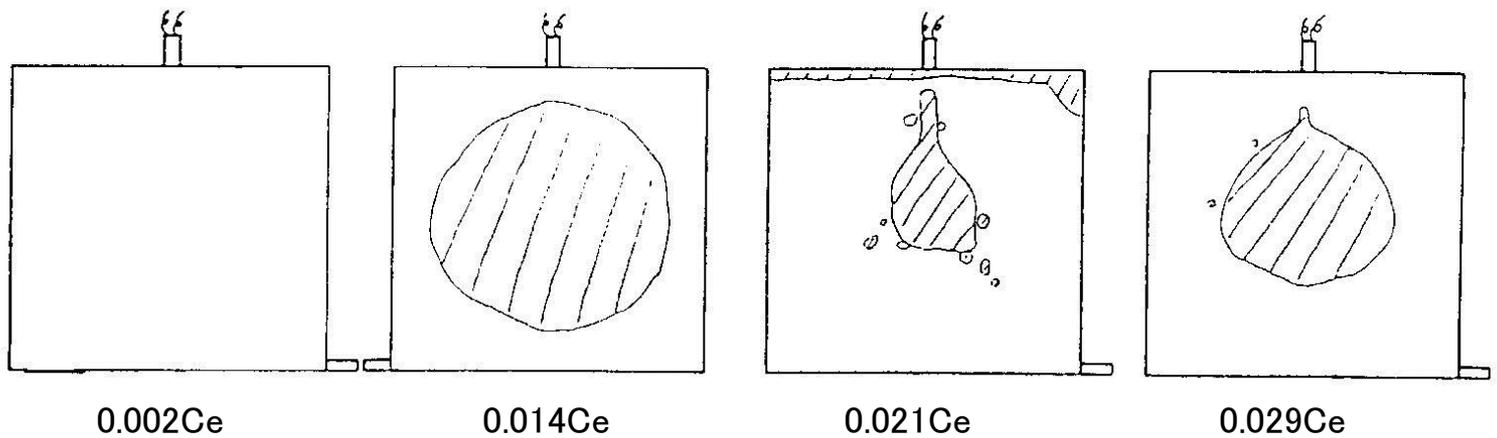


図 厚肉材へのチャンキィ黒鉛晶出事例(600mm立方体)

宇部スチール、素形材(2005), 1, P12.



2.00Siシリーズ



2.50Siシリーズ

図 600mm立方体へのチャンキ黒鉛晶出傾向 (mass%)

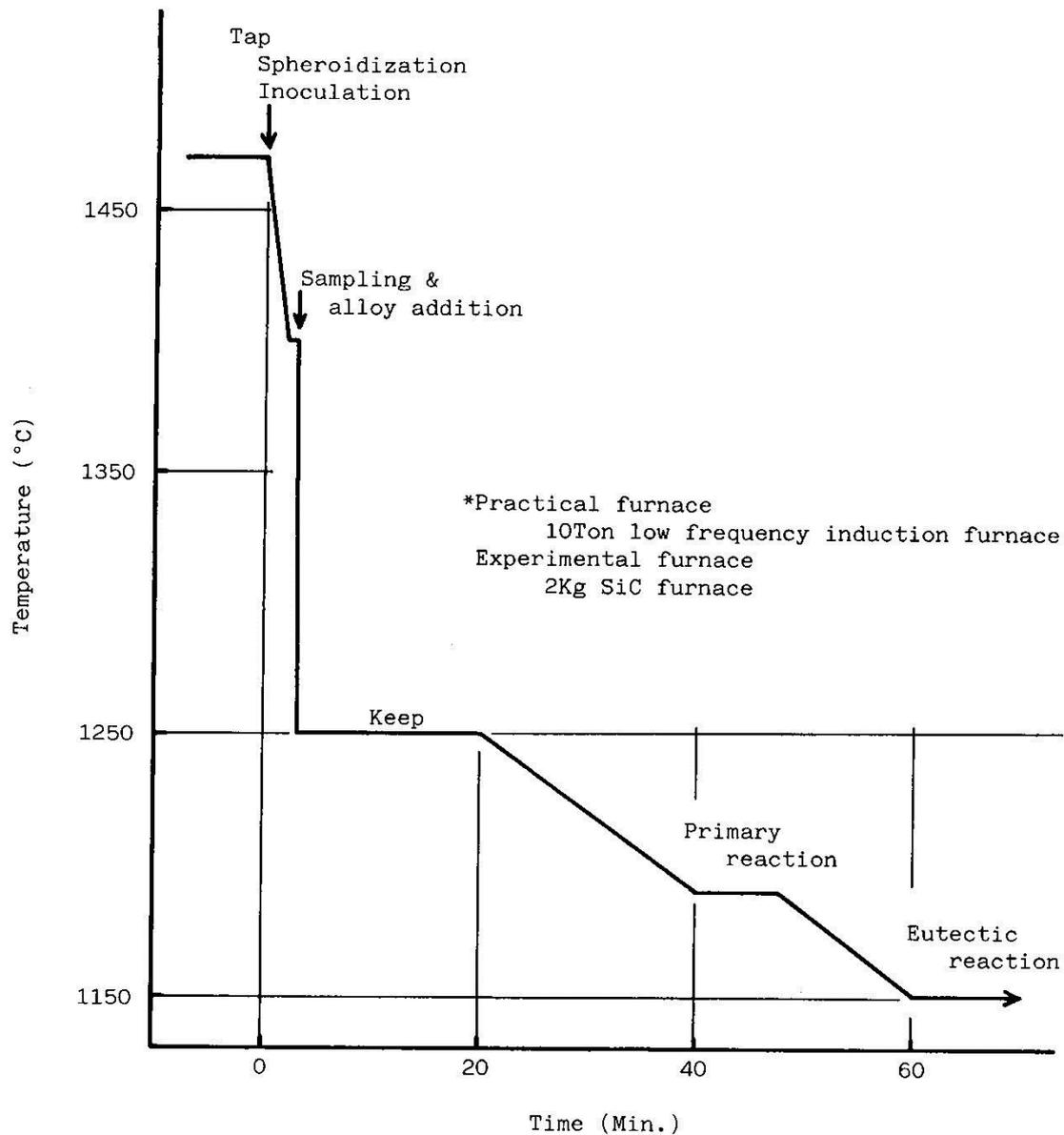


図 チャンキイ黒鉛を晶出させるための温度—時間スケジュール

- ① Thermocouple (Pt-PtRh)
- ② Silica tube
- ③ Steel lid
- ④ Ceramic wool (Hi-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)
- ⑤ Steel frame
- ⑥ Alumina tube
- ⑦ Thermocouple (Pt-PtRh)
- ⑧ Graphite lid
- ⑨ SiC heaters
- ⑩ Liquid iron
- ⑪ Graphite crucible
- ⑫ Graphite base

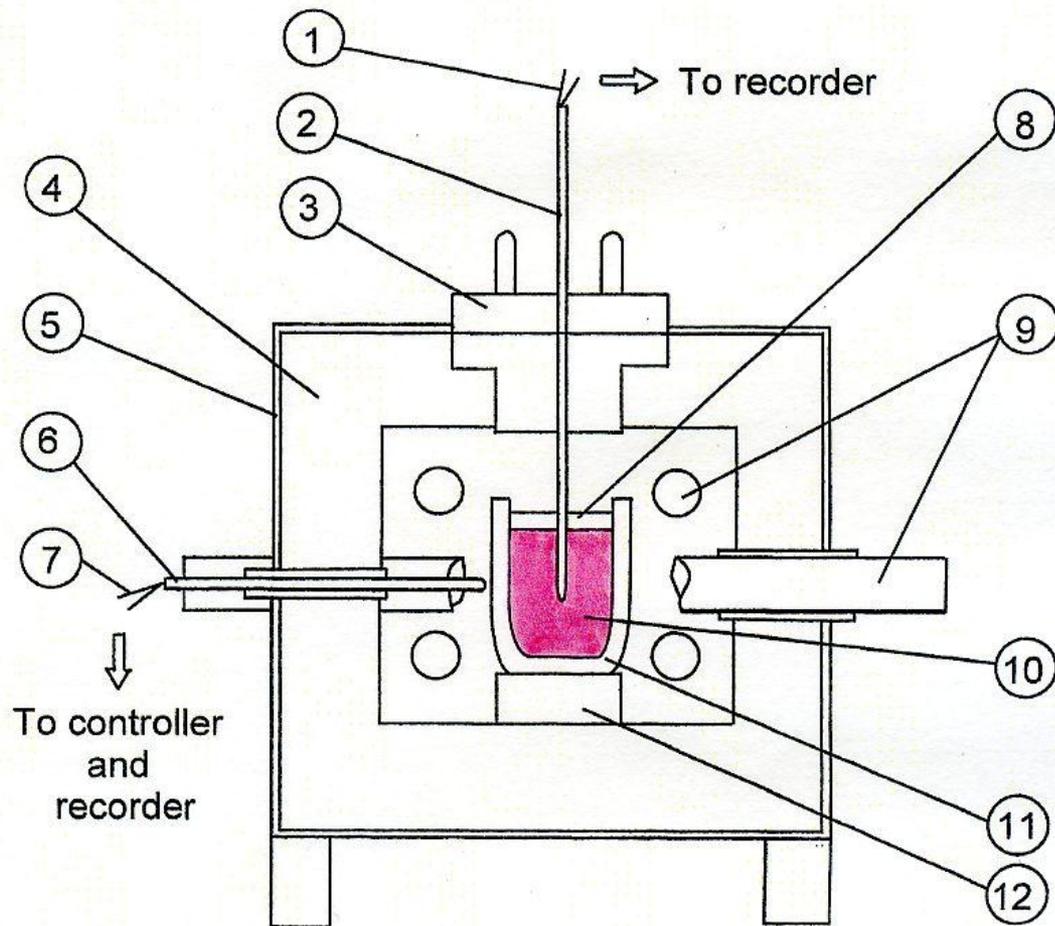


図 凝固シミュレーション用実験炉(150×150×180mm、溶解量;1.5Kg)

H.Itofuji ; 京都大学学位論文(1993)P71.

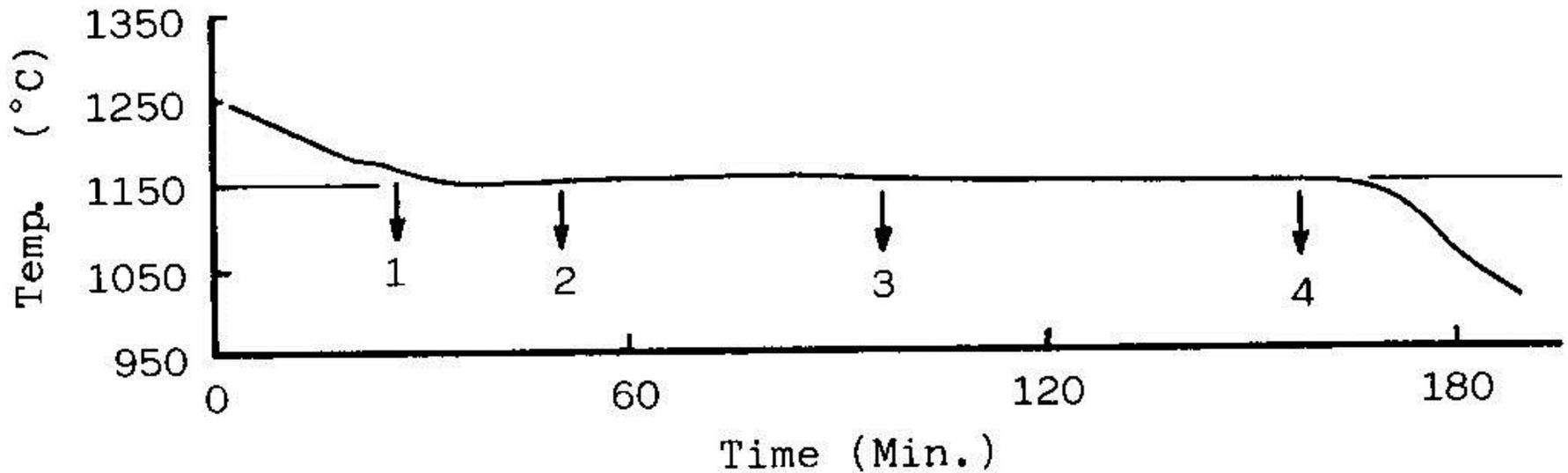
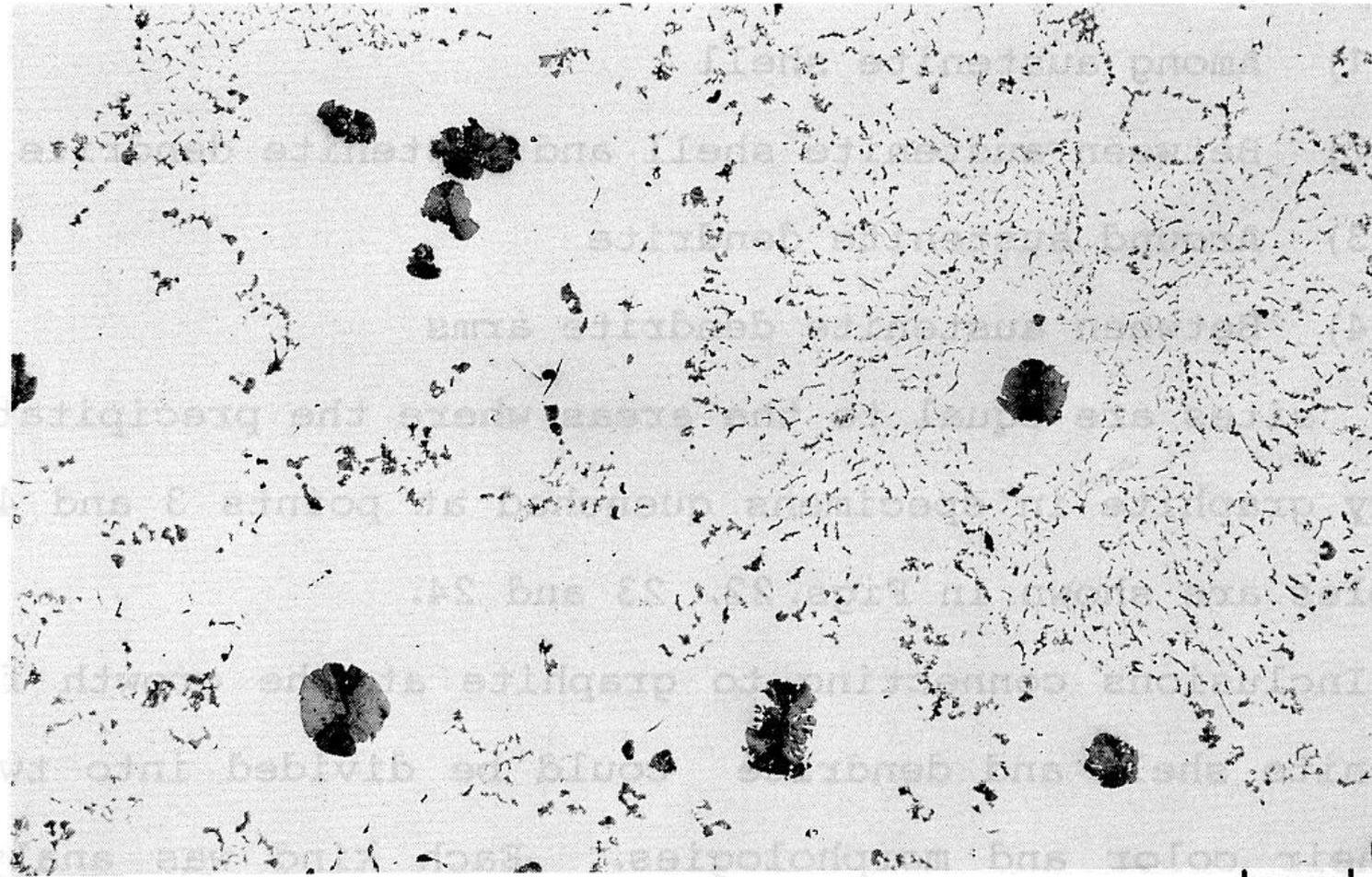


図 チャンキイ黒鉛を晶出させたマスター凝固冷却カーブ、及び凝固中での試料水冷ポイント

H.Itofuji ; 京都大学学位論文(1993)P71.



200 $\mu$

## 写真 マスター凝固冷却カーブ黒鉛組織

H.Itofuji ; 京都大学学位論文(1993)P71.

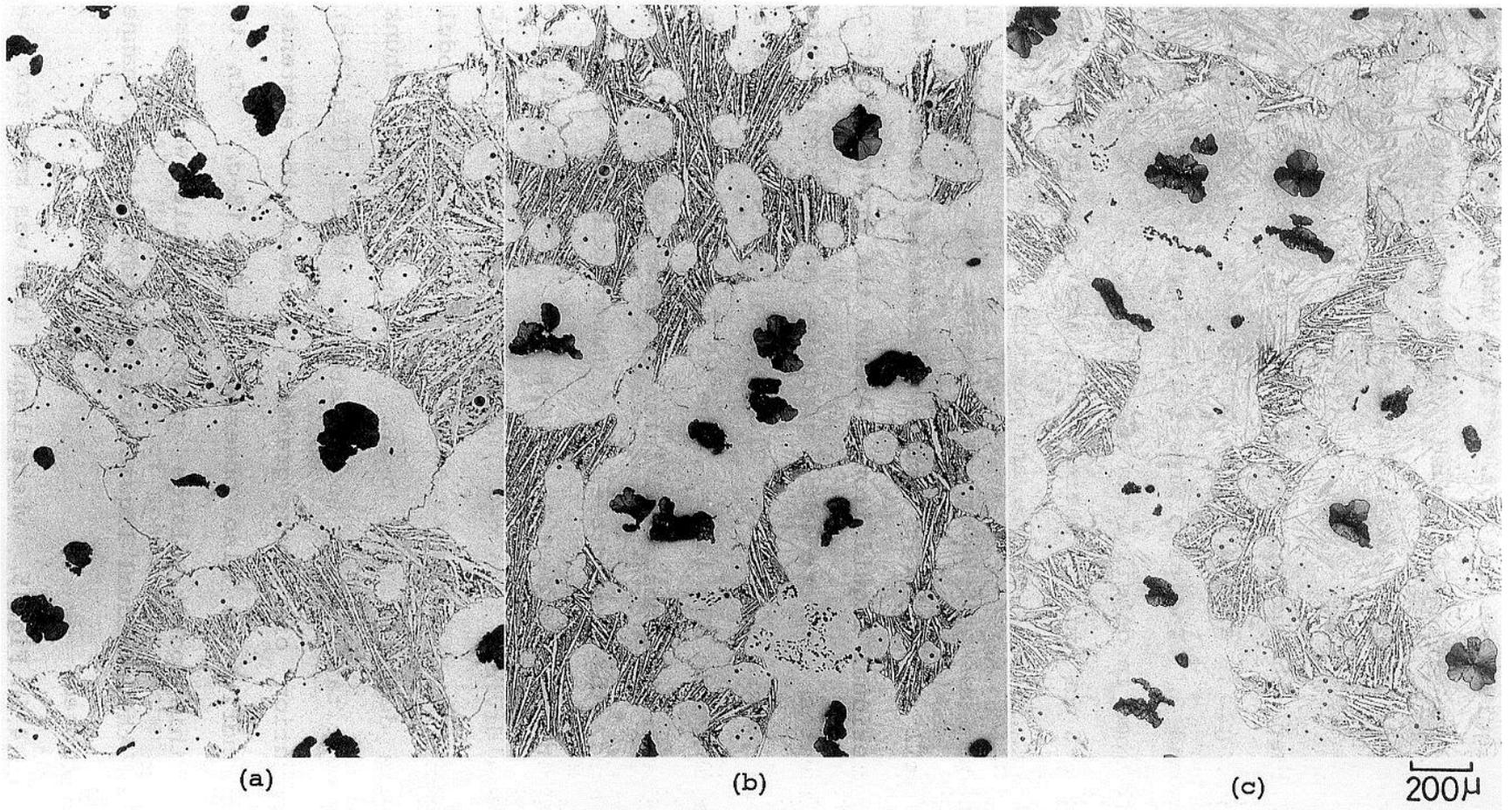
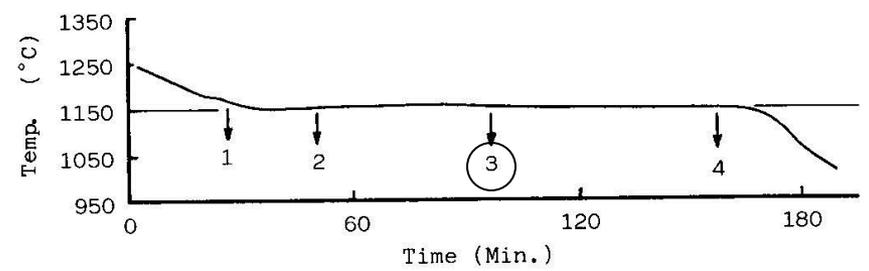
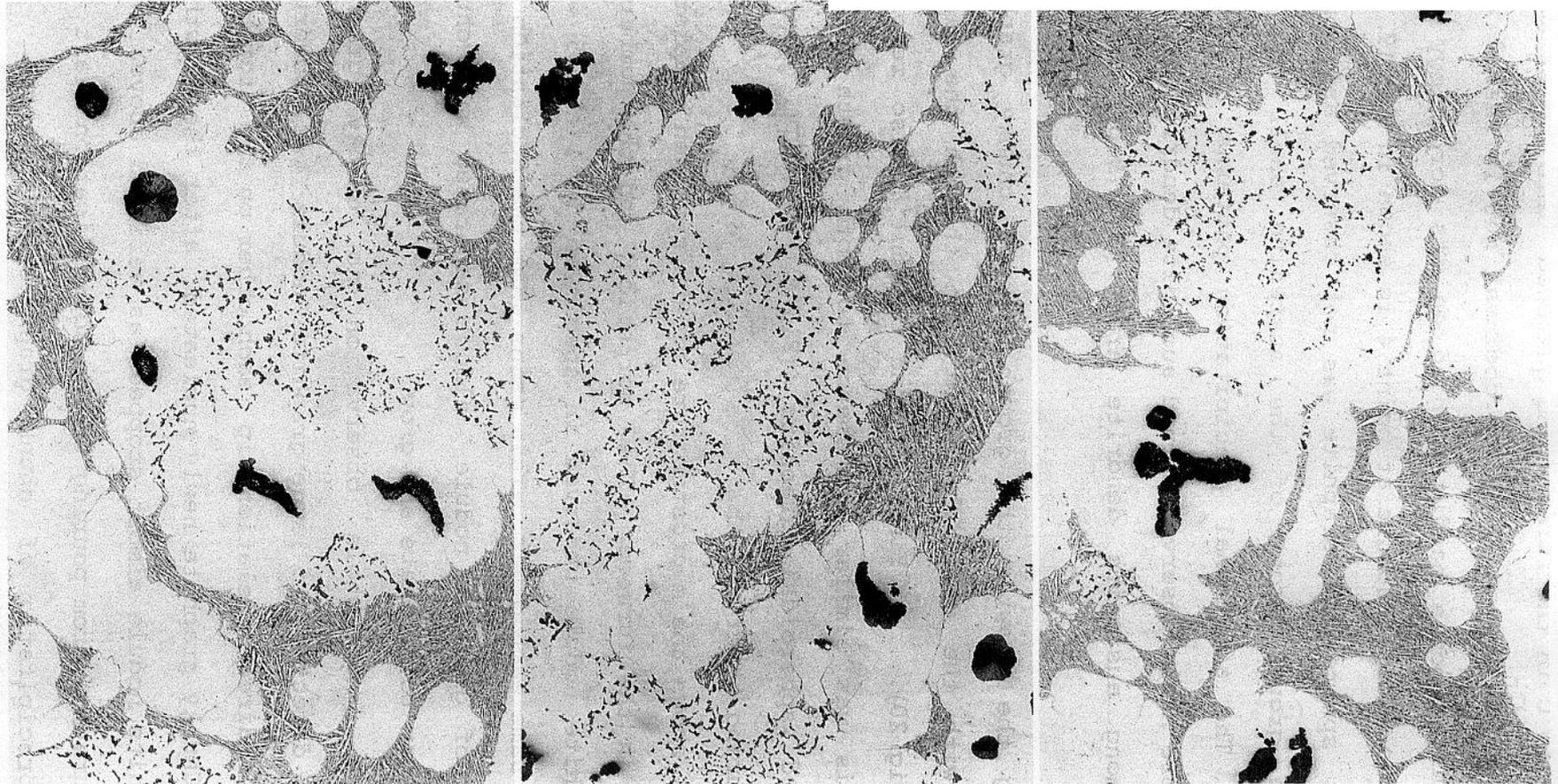
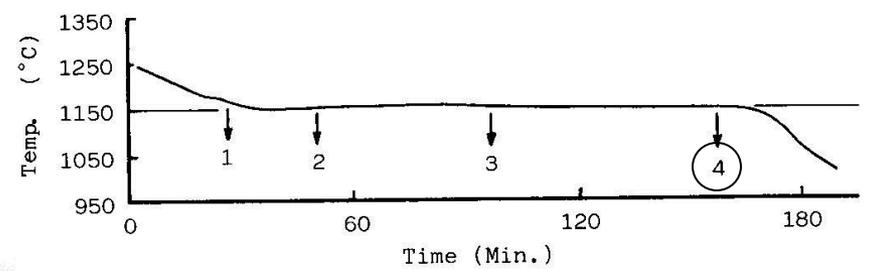


写真 水冷ポイント3時点での凝固組織形成状況



(a) (b) (c) 200μ

写真 水冷ポイント4時点での凝固組織形成状況

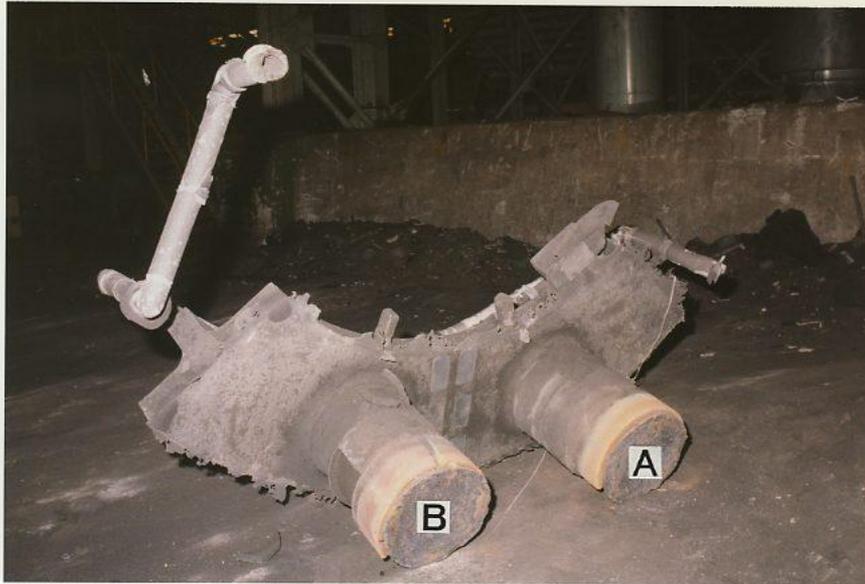
表 チャンキィ黒鉛を晶出させた試料の化学成分

試料	化学成分 (mass%)								
	C	Si	Mn	P	S	Ca	Ce	Mg	CE
1 上層	3.45	2.96	0.21	0.048	0.005	0.0024	0.047	0.042	4.44
	中層	3.42	2.94	0.20	0.046	0.005	0.0037	0.047	0.035
2 上層	3.48	2.89	0.14	0.049	0.005	0.0014	0.041	0.044	4.44
	中層	3.42	2.88	0.15	0.048	0.005	0.0021	0.037	0.029
3 上層	3.34	2.89	0.13	0.047	0.005	0.0004	0.033	0.040	4.30
	中層	3.29	2.91	0.14	0.046	0.006	0.0012	0.022	0.035
4 上層	3.34	2.76	0.22	0.037	0.008	0.0030	0.035	0.044	4.26
	中層	3.30	2.78	0.22	0.036	0.009	0.0004	0.031	0.042
5 上層	3.31	2.83	0.19	0.042	0.014	0.0018	0.020	0.026	4.25
	中層	3.31	2.79	0.19	0.042	0.014	0.0053	0.020	0.026

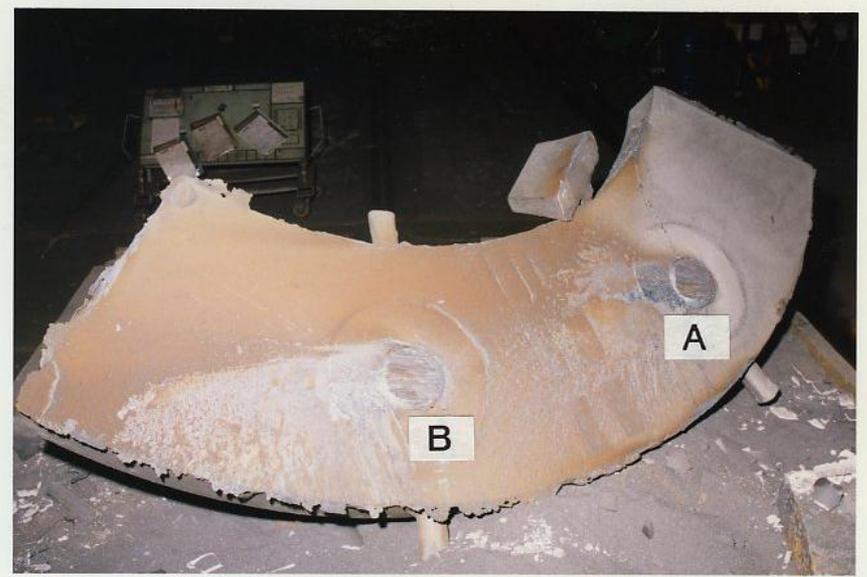
表 FCDA-NiMn13 7の化学成分及び機械的性質

分類	化学成分 (mass%)							機械的性質					比透磁率 $\mu$ (8KA/m)
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	CE	0.2%耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	衝撃 <sub>2V</sub> E (J)	HB	
JIS G 5510	≤3.00	2.00	6.00	12.00	≤0.20	≤0.50	—	≥210	≥390	≥15	≥16	—	—
本研究		~3.00	~7.00	~14.00									
	2.50	2.00	4.00	10.00	—	—	3.80	≥210	≥390	≥15	≥16	130-170	≤1.02
	~3.00	~3.00	~7.00	~14.00			~4.20						

$$CE=C+0.2Si+0.06Ni$$



型バラシ後



ショット及び熱バランサー切断後

図 FCDA NiMn 13 7試験材の外観

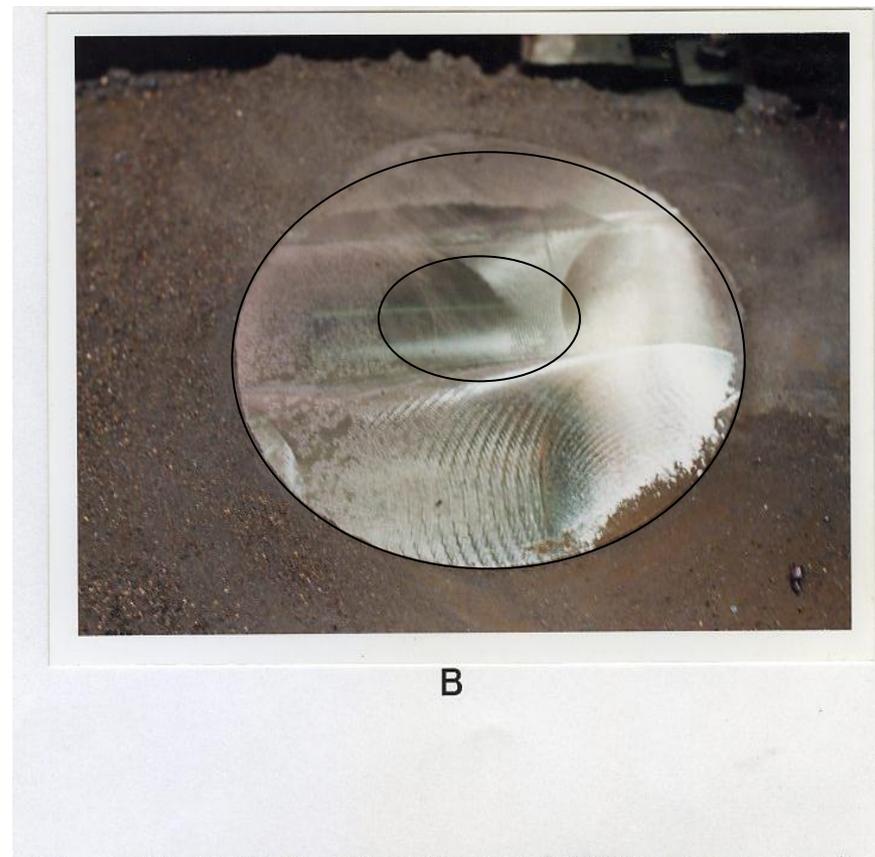
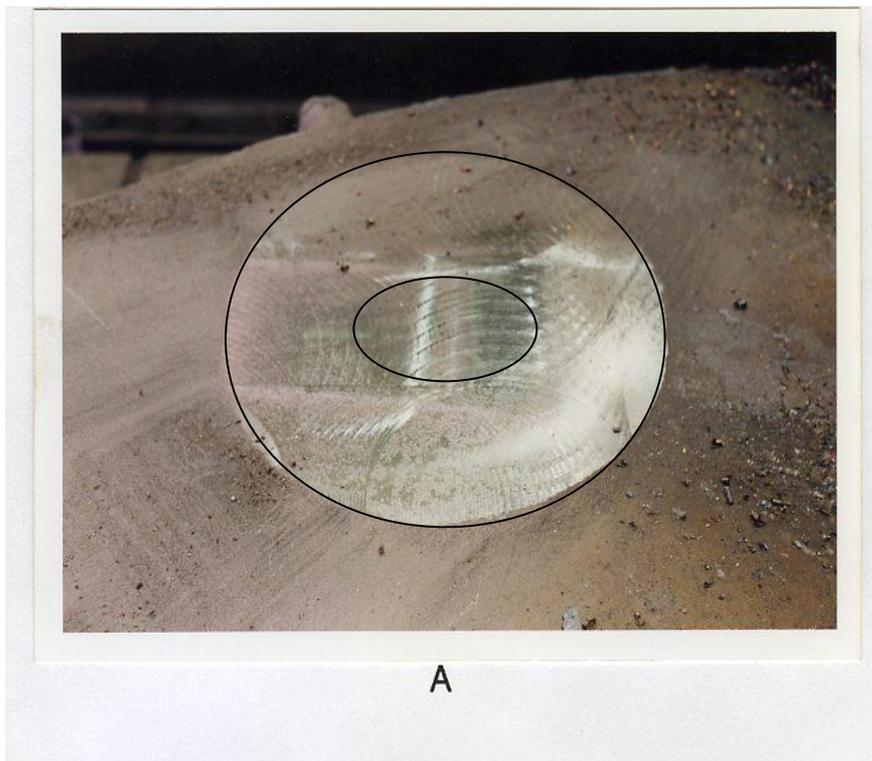
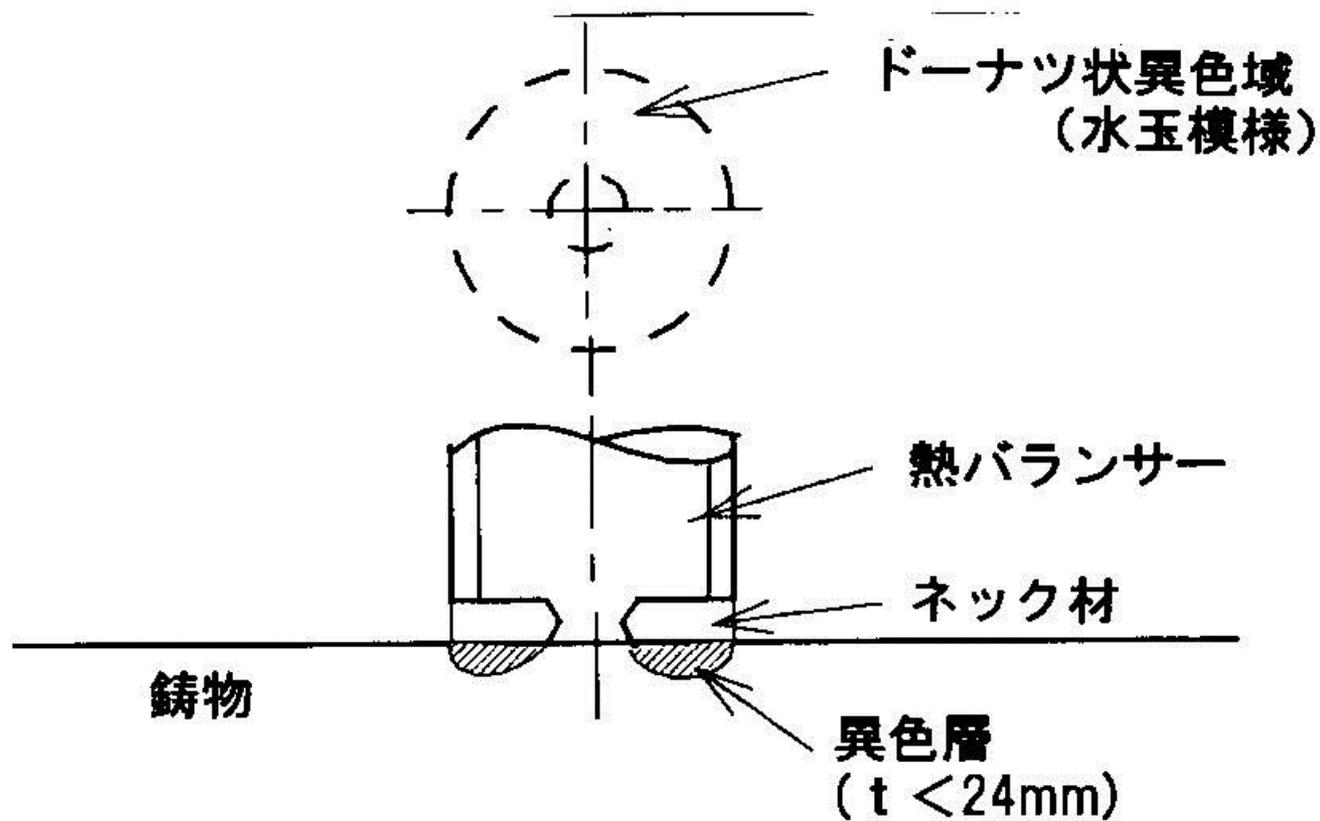


図 熱バランサー跡の加工面 (FCDA NiMn 13 7)



**図 加工面に現れたドーナツ状異色域と鋳造方案との関連**

田村幹夫, 李保柱, 糸藤春喜; 日本鋳造工学会,  
136回全国講演大会(2001)81



図2 ドーナツ状異色域例(黒皮より4 mm 加工)

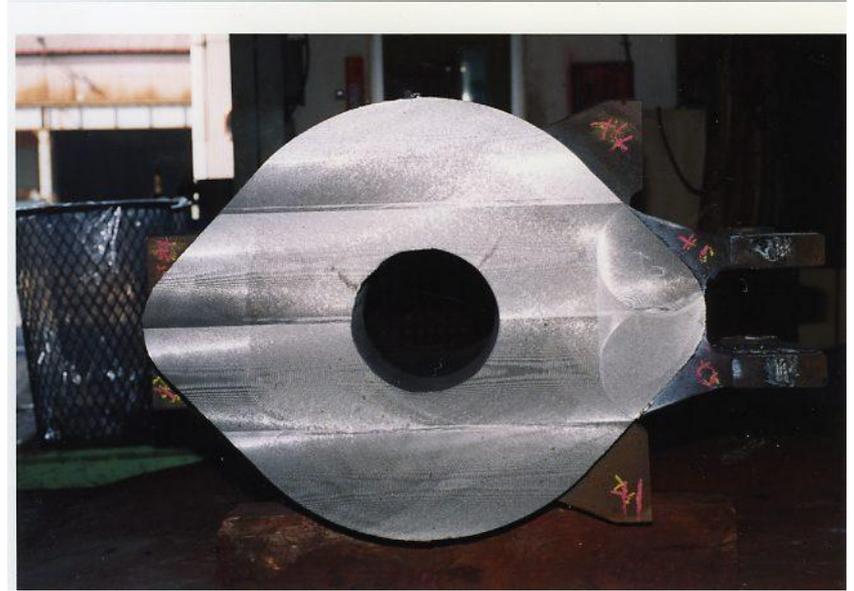
田村幹夫, 李保柱, 糸藤春喜; 日本鑄造工学会,  
136回全国講演大会(2001)81

表1 ネット材の化学成分と球状黒鉛退化との関連 (Mass%)

異色域	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	M・Al	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	T・C	lg.loss	他
有	24.9	46.8	11.2	3.7	5.4	7.7	tr.
無	81.8	6.2	—	2.8	3.7	5.2	tr.



鑄放し外観

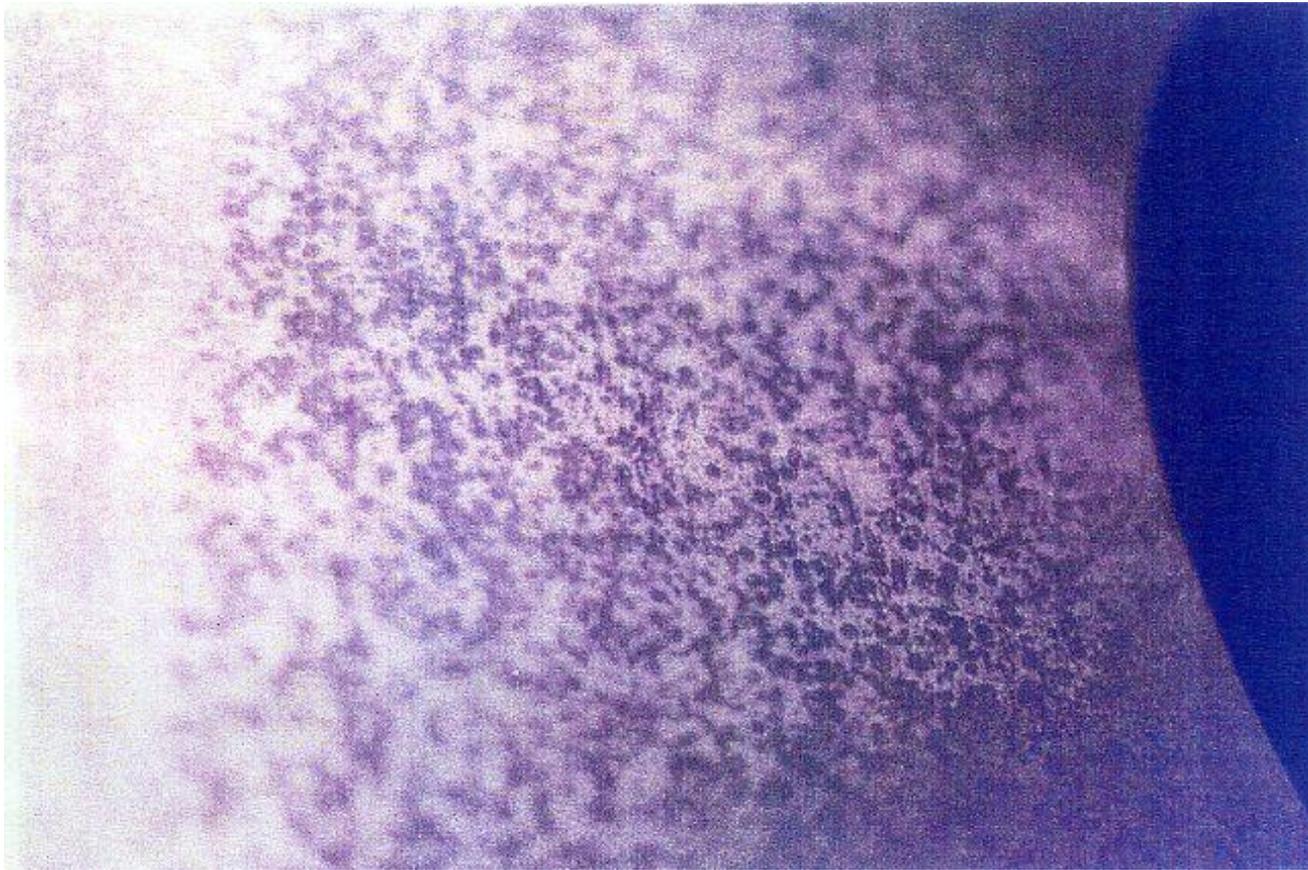


機械加工面：ドーナツ状分布

3.40C, 2.42Si, 0.19Mn, 0.042P, 0.012S, 0.008Ce, 0.057T・Mg

写真 シリンダへのチャンキー黒鉛晶出事例 (FCD450, RW;3840Kg)

糸藤春喜「チャンキー黒鉛組織の意図的再現」中四国・九州合同研究会(2009)



原因;REフリー球状化剤の溶製時に全Chの残湯から混入  
対策;全Chの球状化剤溶湯を全量出湯

写真 シリンダ加工面に現出の水玉模様(FCD450, RW;3840Kg)

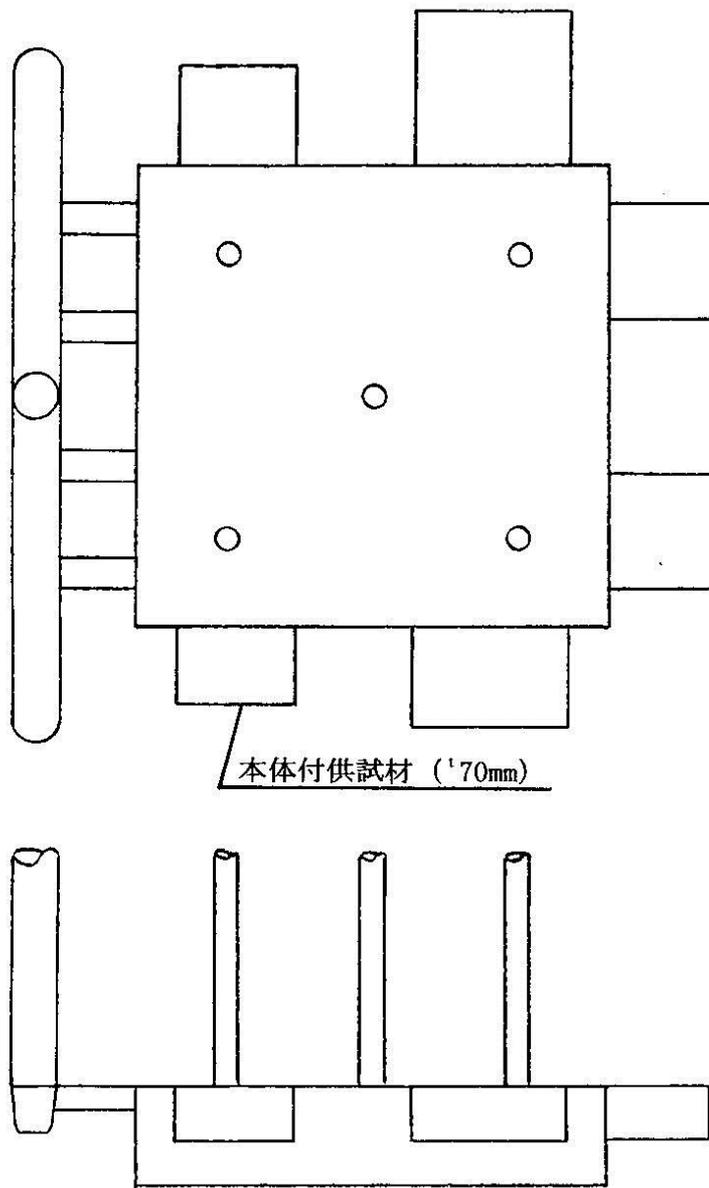
糸藤春喜「チャンキー黒鉛組織の意図的再現」中四国・九州合同研究会(2009)

## 表 耐熱ケーシング用GGG-SiMo3.08の材質仕様

化学成分 (mass%)				機械的性質 <sup>1)</sup>				マイクロ組織 <sup>1)2)</sup>				備考
C	Si	Mo	Mg	0.2%耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	絞り (%)	黒鉛 形状	黒鉛 サイズ*	α 率 (%)	炭化物 (%)	
3.20 ~3.50	2.60 ~3.40	0.70 ~0.90	<0.070	≥350	≥490	≥8	≥8	V+VI >90% Ⅲ+Ⅳ=残	4~7	> 80%	<3.0	鑄放し } PT,MT,UT 正加工 }

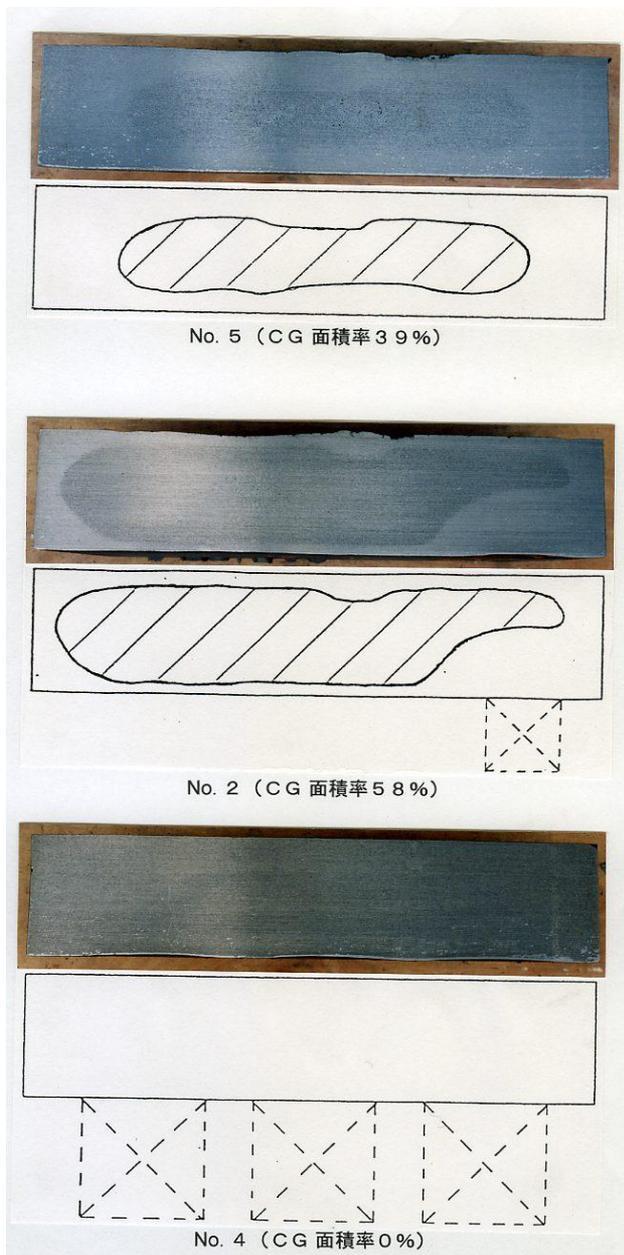
注1) T70 × H130 × L200mmベタ付け供試材

2) 本体押湯部及び押湯間



糸藤春喜, 田村幹夫, 中西貴史  
; 日本鑄造工学会, 13④回全国講演大会(1999)54

図 冷却制御方案検討用の厚肉供試材 ( $\square 600 \times t130\text{mm}$ , GGG-SiMo3.08)



糸藤春喜, 田村幹夫, 中西貴史  
 ; 日本鑄造工学会, 13④回全国講演大会(1999)54

図 GGG-SiMo3.08厚肉供試材へのチャンキ黒鉛晶出状況

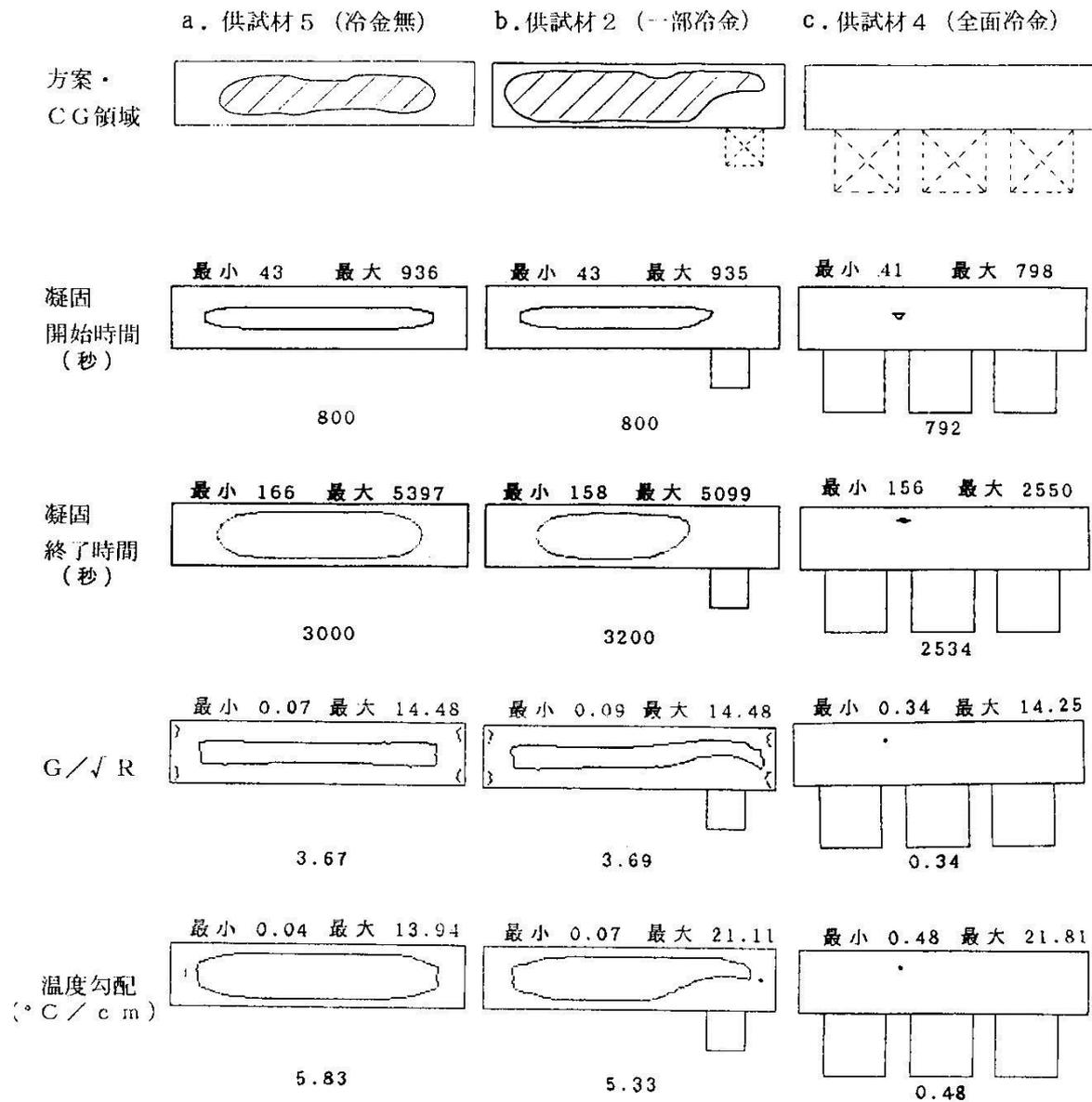


図 チャンキイ黒鉛(CG)発生傾向と凝固シミュレーションとの対応

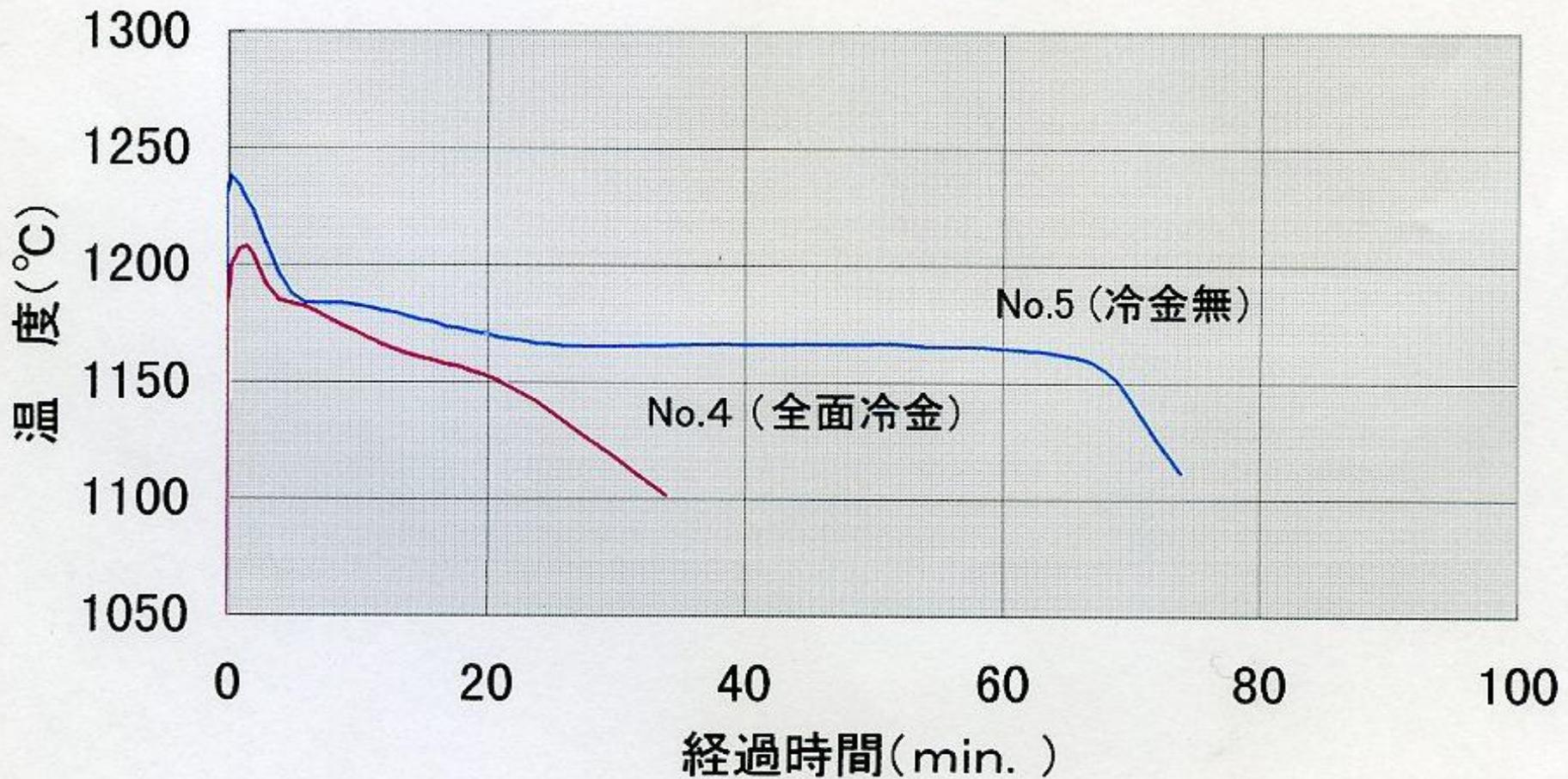
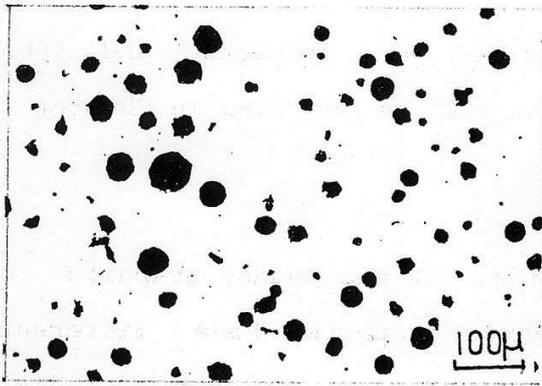
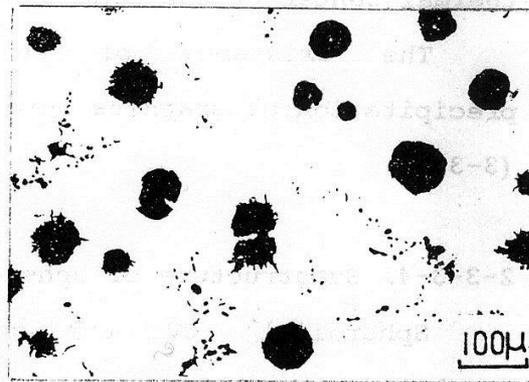


図 □300 × t150mm供試材の凝固冷却カーブ (GGG-SiMo3.08)

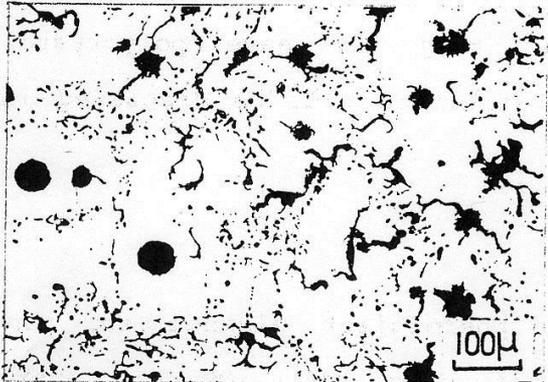
糸藤春喜, 田村幹夫, 中西貴史; 日本鑄造工学会, 134回全国講演大会(1999)54



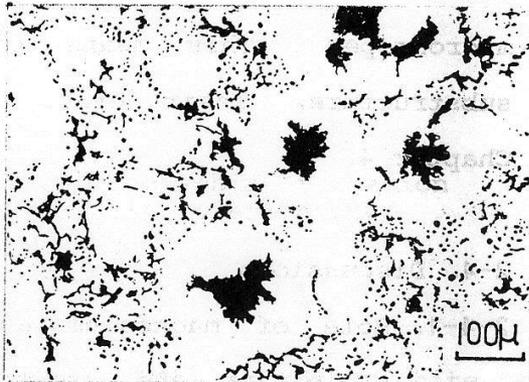
(a) 1 atm, 0.08wt.-%Mg



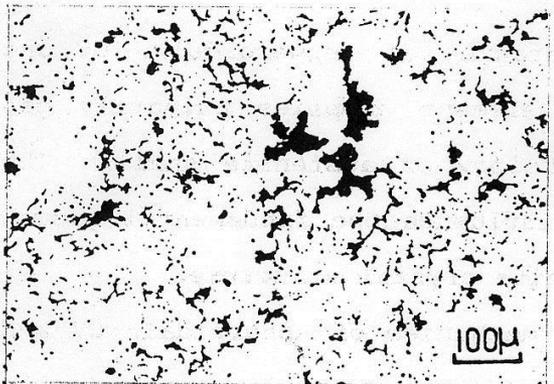
(b) 10 atm, 0.45wt.-%Mg



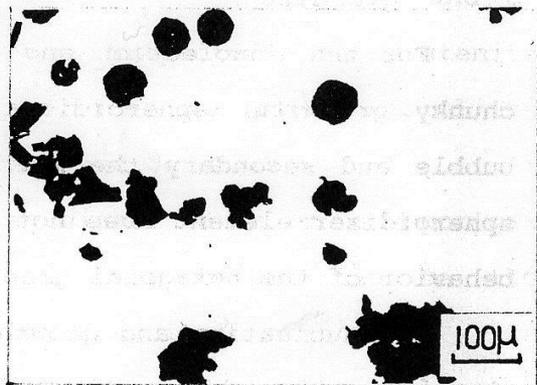
(c) 15 atm, 1.02wt.-%Mg



(d) 20 atm, 0.98wt.-%Mg



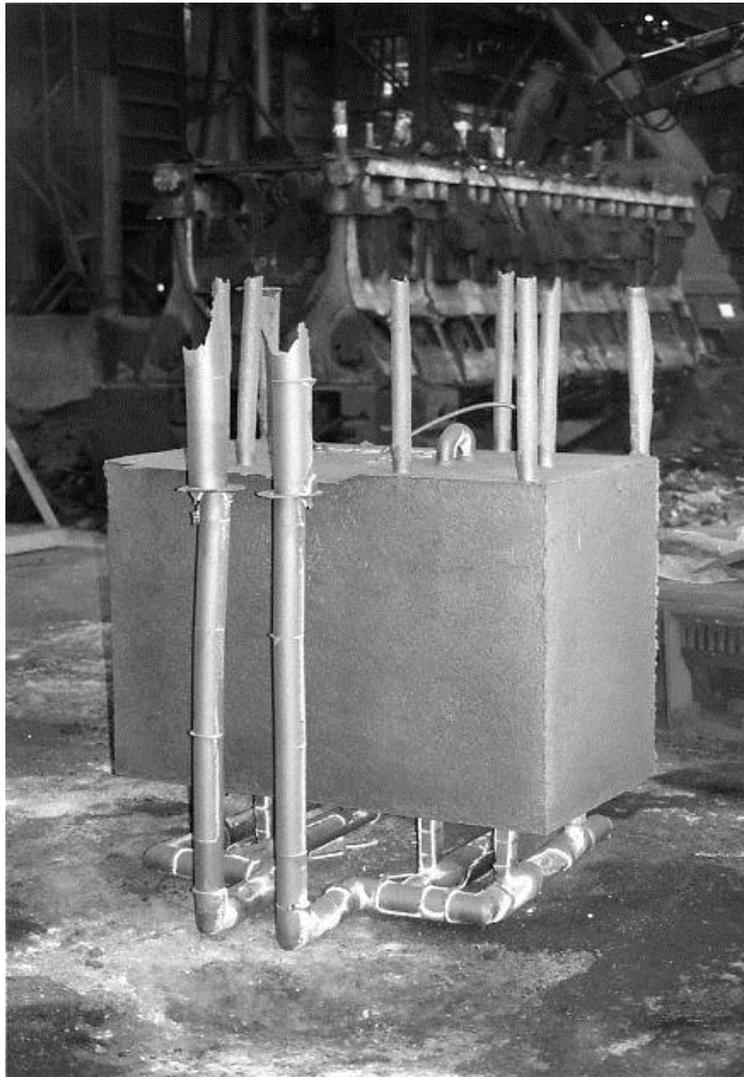
(e) 40 atm, 1.19wt.-%Mg



(f) 40→1 atm, 0.21wt.-%Mg

## 図 Mg含有溶湯を種々の圧力下 で凝固させた時の黒鉛組織

山本、張、川野、尾崎、村上; Metal Science,  
Vol.12 (1978) May, P239-



鑄放し重量 = 7440Kg

モジュラス = 16.3cm (M=V/S)

冷金無 ⇒ 23時間で凝固

冷金重量率 = 208%

冷金面積率 = 97%

鑄ぐるみ = φ 130 × L970 × 2ヶ所

凝固時間 = 153分

写真 1440 × 970 × 740mmブロック鑄放し外観 (FCD450)

糸藤春喜「チャンキー黒鉛組織の意図的再現」中四国・九州合同研究会 (2009)

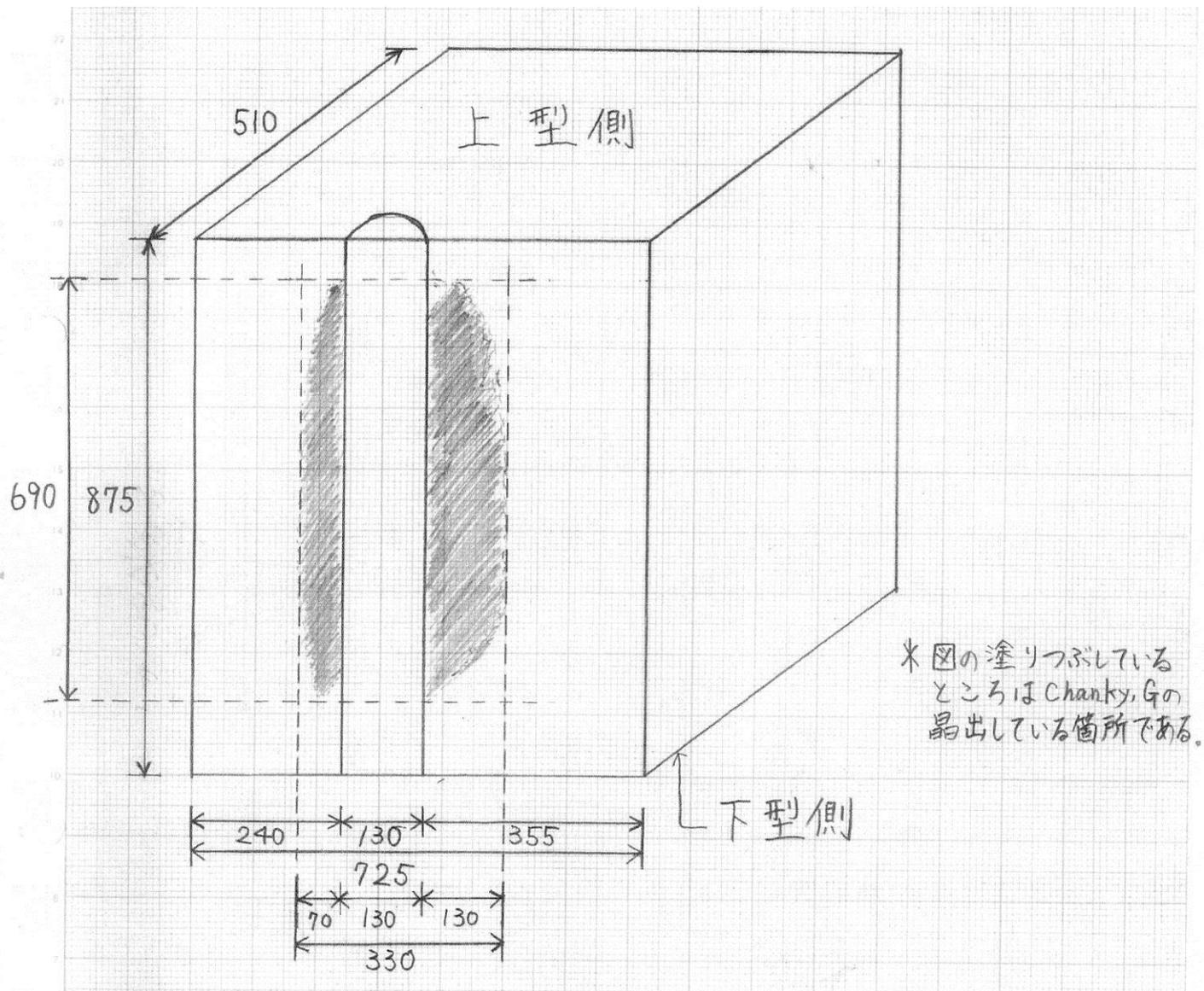


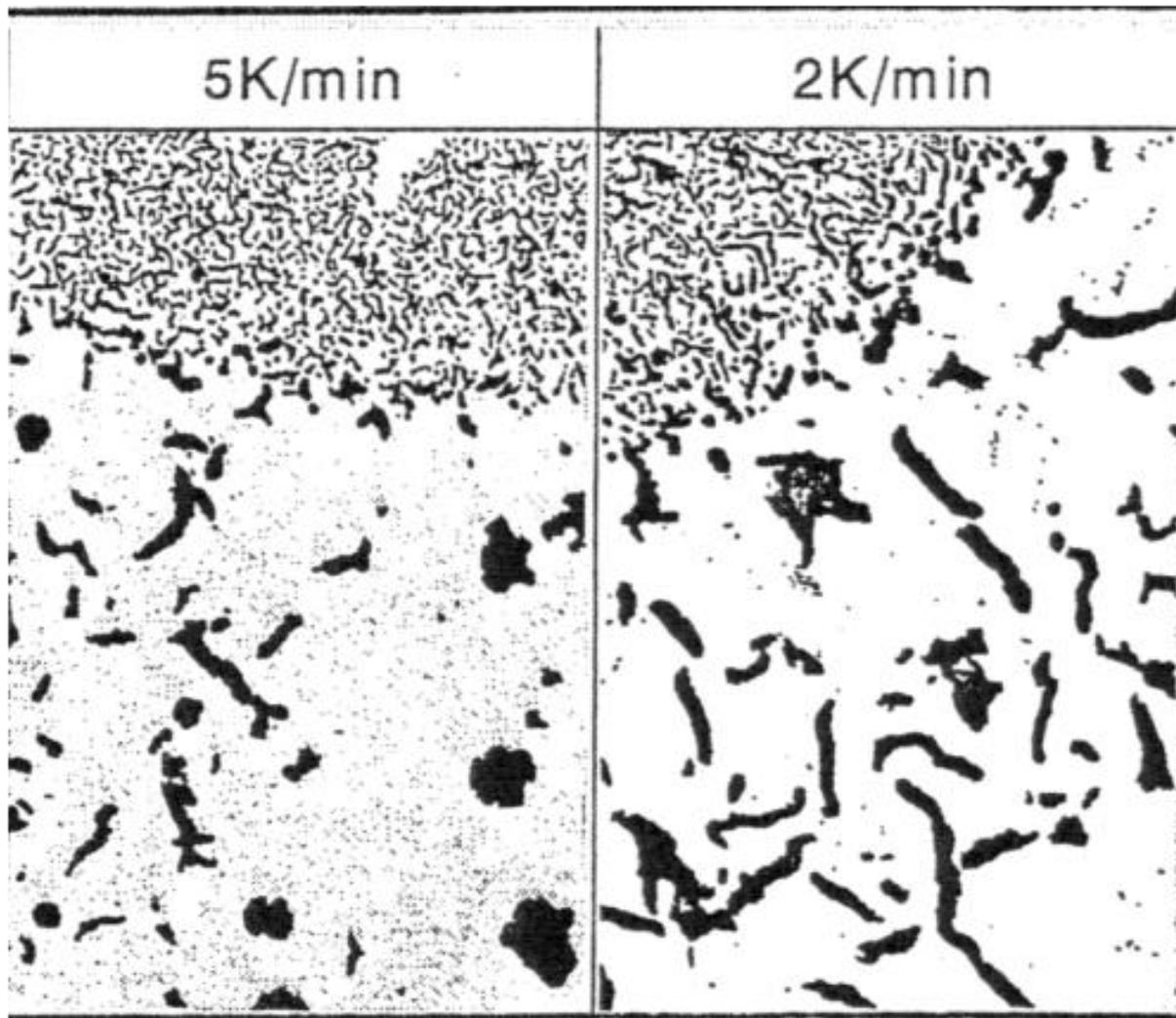
図 1440 × 970 × 740mmブロックへのチャンキ黒鉛晶出

糸藤春喜「チャンキ黒鉛組織の意図的再現」中四国・九州合同研究会(2009)

# まとめ

1. チャンキー黒鉛の防止は、以下をイメージすることが、最良の対策となる。
  - ① Mg気泡の導入，消失前に凝固させる.
  - ② Si濃度斑の導入，均一となる前に凝固させる.
  - ③ 溶湯処理～鋳込み～凝固開始までの時間を極力短くする.
2. チャンキー黒鉛組織は，生成メカニズムを理解し，現象を明確に把握することで防止できる.



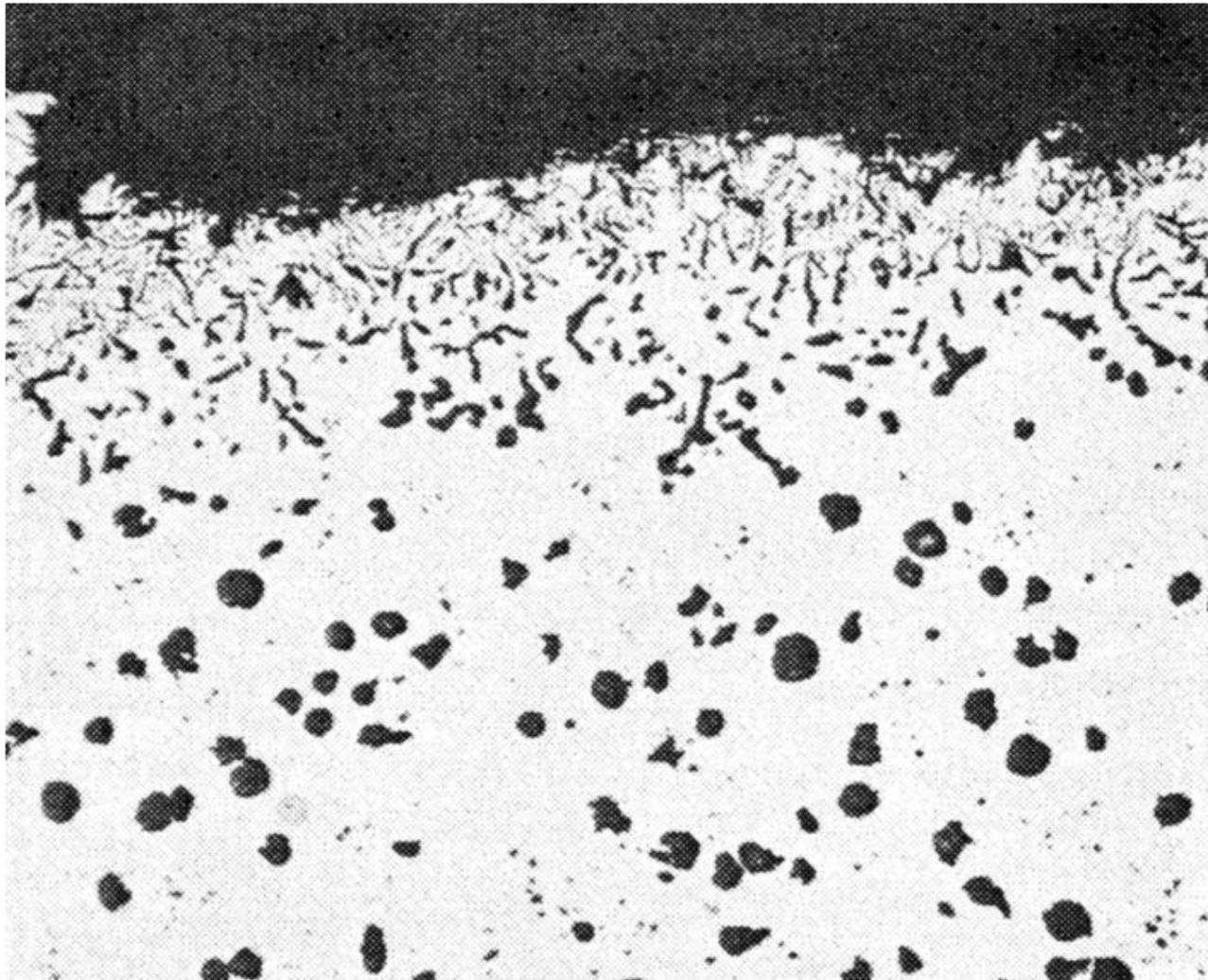


200 $\mu$ m

0.5gの試料を光集光炉を用いて、黒鉛版上にて溶解・冷却.

## 図 中江らが定義するチャンキー黒鉛

中江秀雄; 日本鑄造工学会, 第142回全国講演大会(2003)59



200 $\mu$ m

図 鑄型ガスによる鑄物表面の黒鉛形状の劣化

総合鑄物センター；研究調査報告書250(1978)50

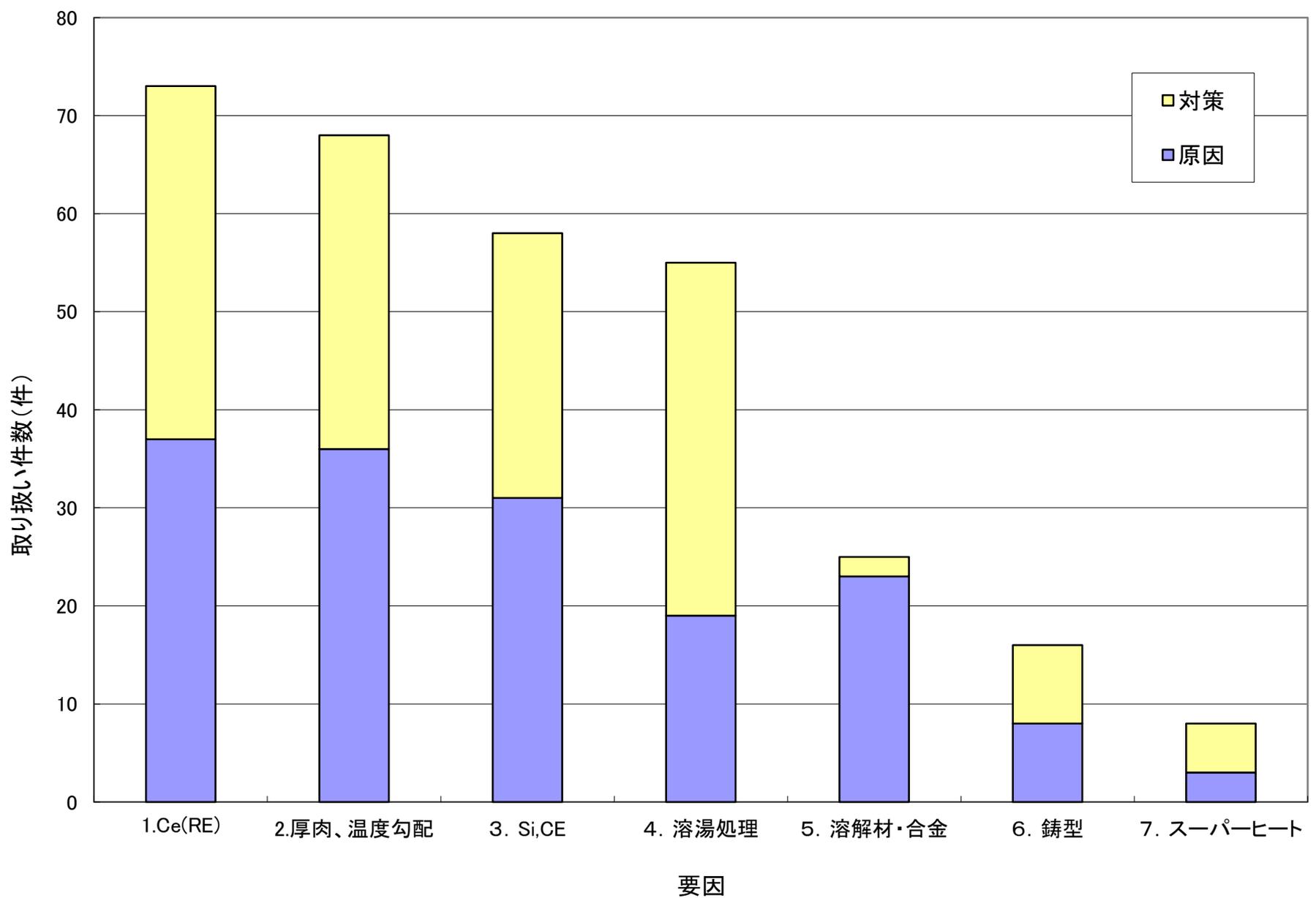


図5 チャンキー黒鉛晶出を扱う文献の概要(1956~2010)