

消失模型鑄造法におけるすす欠陥の要因について

機械金属室 國吉 和男

知花 克哉 *

米須 修身 **

1. 緒言

消失模型鑄造法は中子不要、抜型工程なし、バリなし、熟練工不要等の特徴のため、生産性の高い鑄造法として期待されている。特に、鑄型内を減圧にして模型を固定し、鑄込む新しい量産消失模型鑄造法が注目を集めており、すでにアルミ鑄物では実用化が進み、鉄系鑄物でも一部で実用化が進んでいる。^{1) 2) 3) 4)}

しかし、従来の空洞鑄型の造形作業にはない工程、たとえば発泡ポリスチレン模型の組立てやその模型への塗型塗布作業、あるいは模型を乾燥砂に埋没する工程等、発泡ポリスチレン模型を中心とした新しい工程でのノウハウ蓄積が急がれるし、また鑄造欠陥も発泡ポリスチレン模型に起因する固有のすす欠陥（炭素残渣欠陥）が発生しやすいなど、解決されなければならない問題点も多い。

本研究はすす欠陥に関わる重要な因子として、塗型材、鑄鉄材質、模型厚、及び堰断面積の4因子を選択し、 $L_{16}(2^{15})$ 実験計画法にもとづきながら、影響要因を検討した。得られた知見を以下に報告する。

2. 試験方法

2-1 発泡ポリスチレン (EPS) 模型寸法および鑄造方案

積水化成(株)の発泡ポリスチレン板(LKFビーズ発泡倍率:40倍)から図1に示すように外径300mm、内径200mmの平円盤を切り出し、厚さを5mm、15mmの2水準とした。また、堰断面積は5×30mm、20×30mmの2水準、長さは70mmとし、堰位置は前報⁵⁾の結果をふまえて底堰とし、図2の鑄造方案に示すように2個または3個の試験片を同時に鑄込んだ。

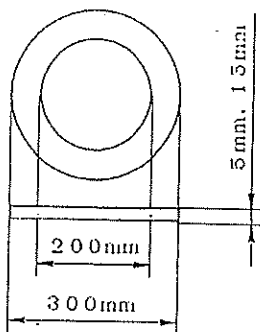


図1 EPS模型寸法

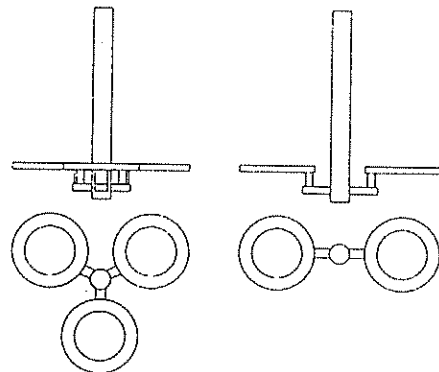


図2 鑄造方案

* 現：リウコム(株)

** 現：南西石油(株)

2-2 塗型材と減圧条件

塗型材は、前報⁵⁾に示したNo.4(神戸理科:エビコー127)およびNo.5(ツチヨシ:VF20)の市販塗型材を2水準として用いた。塗型方法はドブ漬けとした。図3に実験装置を示す。フラスコ内に、塗型したESP模型と湯道を図2のように組み立てた後、乾燥砂中に埋没し、フラスコを3軸振動させて十分砂を充填した。供試砂はB5号けい砂で、粒度分布図は図4に示すとおりである。砂充填後フラスコ上面をビニールで覆い、注湯直前に真空装置を作動させ300mmHgに減圧して鑄込んだ。

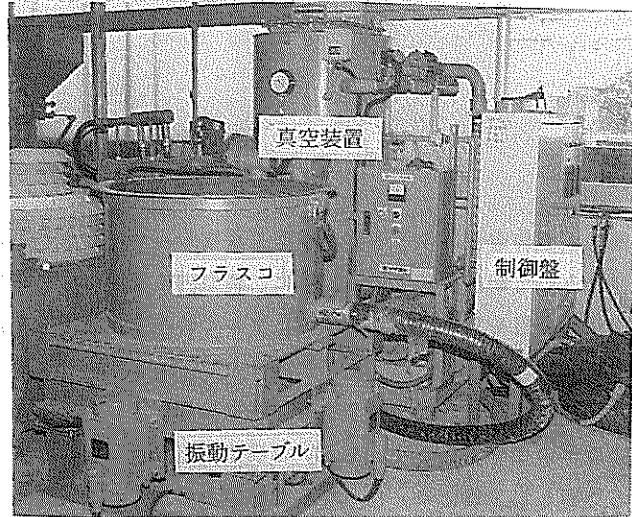


図5 実験装置

2-3 溶解条件

FC(片状黒鉛鑄鉄)、FCD(球状黒鉛鑄鉄)の2水準の材質が得られるように、鉄鉄および鋼屑約20kgを高周波溶解炉を用いて溶解し、FCDはさらに置き注ぎ法にて黒鉛球状化処理と接種を行った。鑄造工場ではFCの注湯温度はFCDに比べてひくめにしているが、本実験では注湯温度の影響を要因から取り除くため、FC、FCDともに1700K同一温度で注湯した。

目標CE値は4.20~4.24%とし、鑄込み直前の溶湯をCEメーターのカートリッジに注ぎ、初晶晶出温度を読み取り、元湯調整を行った。

2-4 因子の水準と割付

塗型材、材質、模型厚、堰断面積の4因子はそれぞれ表1のと通りの2水準とし、図5に示す線点図から表2のように割付をし、鑄込み実験を行った。

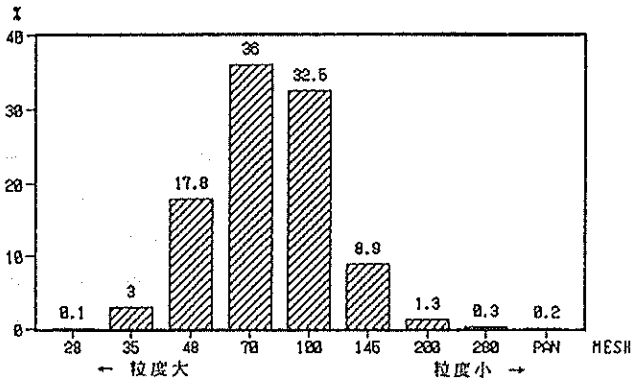


図4 供試けい砂粒度分布

表1 変動因子・水準表

因子	水準	
	第1水準	第2水準
A: 塗型材	ツチヨシVF20	エビコK-127
B: 材質	FC	FCD
C: 模型厚	5mm	15mm
D: せき	5×30mm	20×30mm

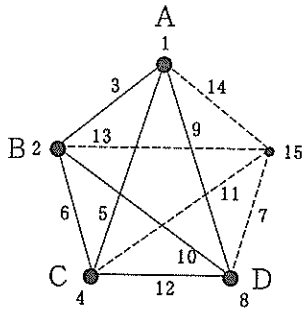


図5 線点図選定

表2 組み合わせ表

実験No.	実験順序	塗型材	材質	模型厚	せき断面寸法
1	1	ツチヨシ	FC	5mm	5×30mm
2	1	ツチヨシ	FC	5mm	20×30mm
3	3	ツチヨシ	FC	15mm	5×30mm
4	3	ツチヨシ	FC	15mm	20×30mm
5	4	ツチヨシ	FCD	5mm	5×30mm
6	4	ツチヨシ	FCD	5mm	20×30mm
7	5	ツチヨシ	FCD	15mm	5×30mm
8	4	ツチヨシ	FCD	15mm	20×30mm
9	2	エピコ	FC	5mm	5×30mm
10	2	エピコ	FC	5mm	20×30mm
11	1	エピコ	FC	15mm	5×30mm
12	2	エピコ	FC	15mm	20×30mm
13	5	エピコ	FCD	5mm	5×30mm
14	6	エピコ	FCD	5mm	20×30mm
15	6	エピコ	FCD	15mm	5×30mm
16	5	エピコ	FCD	15mm	20×30mm

3. 実験結果

図6にすず欠陥例、図7に炭素の特性X線像（C-K α ）とその反射電子像（SE像）を示す。このようにすず欠陥は、表面上は湯じわや残渣欠陥のように見え、内部にはクラック状に炭素を含んだ割れを形成している。従ってその正確な定量的測定は困難が予想され、確立された方法も無い。

ここでは試みに欠陥部を白色マーカーでマーキングしそれをトレーシングペーパーに写し取った

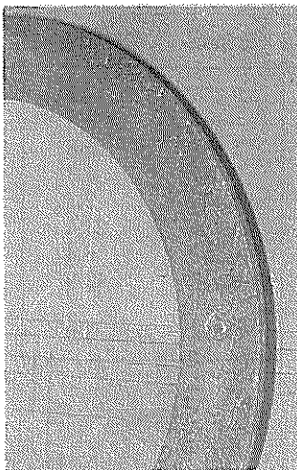


図6 すず欠陥例

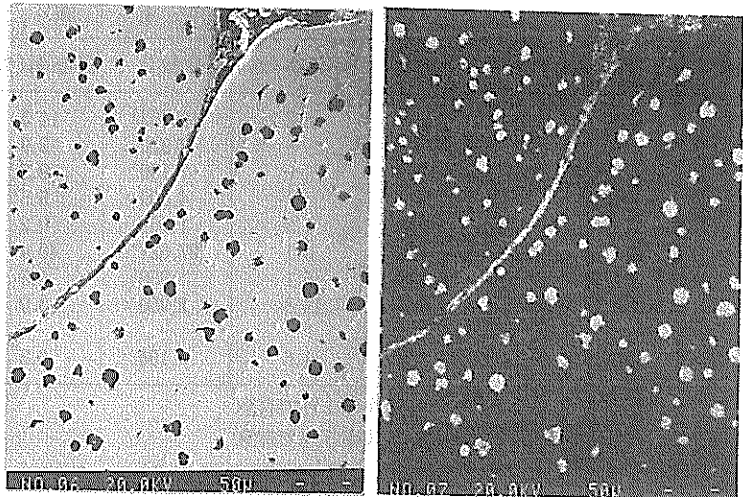


図7 反射電子像（SE像）と特性X線像（C-K α ）

後、OHP用シートにコピーし、光電管を用いて葉の面積を測定する葉面積計で読み取り、すす欠陥の定量化を試みた。

L₁₆(2¹⁵) 実験計画法にもとづき16個の試験片を鑄込んで、特性値のすす欠陥面積を測定した。上面、下面および合計に分けて整理した結果が表3である。

表でみると、すす欠陥は、浮力により上面だけに発生するのではないかとという予想に反し、上面と下面に一樣に発生している。これは試験片のような薄物(5mm~15mm厚)の場合に、すすが浮力により十分浮き上がる時間的余裕のないまま、巻き込まれて凝固してしまうのではないかと想像され、今後の実験で確認したい。

しかし、わずかではあるが上面のすす発生が下面より多い傾向がみられることから、すす欠陥を避けたい面は、下面になるように方案を検討することも有効であろう。

表3の特性値をもとにして求めた分散分析表が表4である。下面と合計において、塗型材×模型厚の交互作用が危険率1%で有意となり、下面の塗型材と模型

厚、および合計では塗型材と材質×模型厚の交互作用が危険率5%で有意となった。

有意となった因子と交互作用のある因子に関して、各水準でのすす欠陥母平均を推定したグラフが図8である。(a) (b) (c)は「下面」、(d) (e) (f)は「合計」について推定した結果である。

表3 すす欠陥面積測定結果

実験 No.	すす欠陥面積 (cm ²)		
	上面	下面	合計
1	0	0	0
2	0	0	0
3	7.10	8.43	15.53
4	35.30	15.99	51.29
5	5.44	1.37	6.81
6	9.54	2.57	12.11
7	1.47	6.55	8.02
8	3.83	17.50	21.33
9	1.62	0	1.62
10	0.85	0	0.85
11	0	0	0
12	0.60	0.24	0.84
13	8.34	5.29	13.63
14	2.02	10.01	12.03
15	1.95	0.56	2.51
16	0	0	0
計	78.06	68.51	146.57

表4 要因効果検定値

要 因	上 面		下 面		合 計	
	分散比	寄与率(%)	分散比	寄与率(%)	分散比	寄与率(%)
A : 塗 型 材	2.984	8.2	10.453*	14.3	9.256*	15.1
B : 材 質	—	—	2.920	2.9	—	—
C : 模 型 厚	—	—	7.150*	9.3	3.645	4.8
D : せ き	—	—	4.609	5.5	3.354	4.3
A×B : 塗型材×材 質	1.312	1.3	1.151	0.2	2.495	2.7
A×C : 塗型材×模型厚	2.466	6.1	27.627**	40.4	13.784**	23.4
A×D : 塗型材×せ き	2.478	6.1	1.858	1.3	4.517	6.4
B×C : 材 質×模型厚	4.583	14.8	2.950	3.0	8.037*	12.9
B×D : 材 質×せ き	—	—	—	—	—	—
C×D : 模型厚×せ き	1.383	1.6	1.194	0.3	2.618	3.0

* --- 危険率1%で有意

** --- 危険率5%で有意

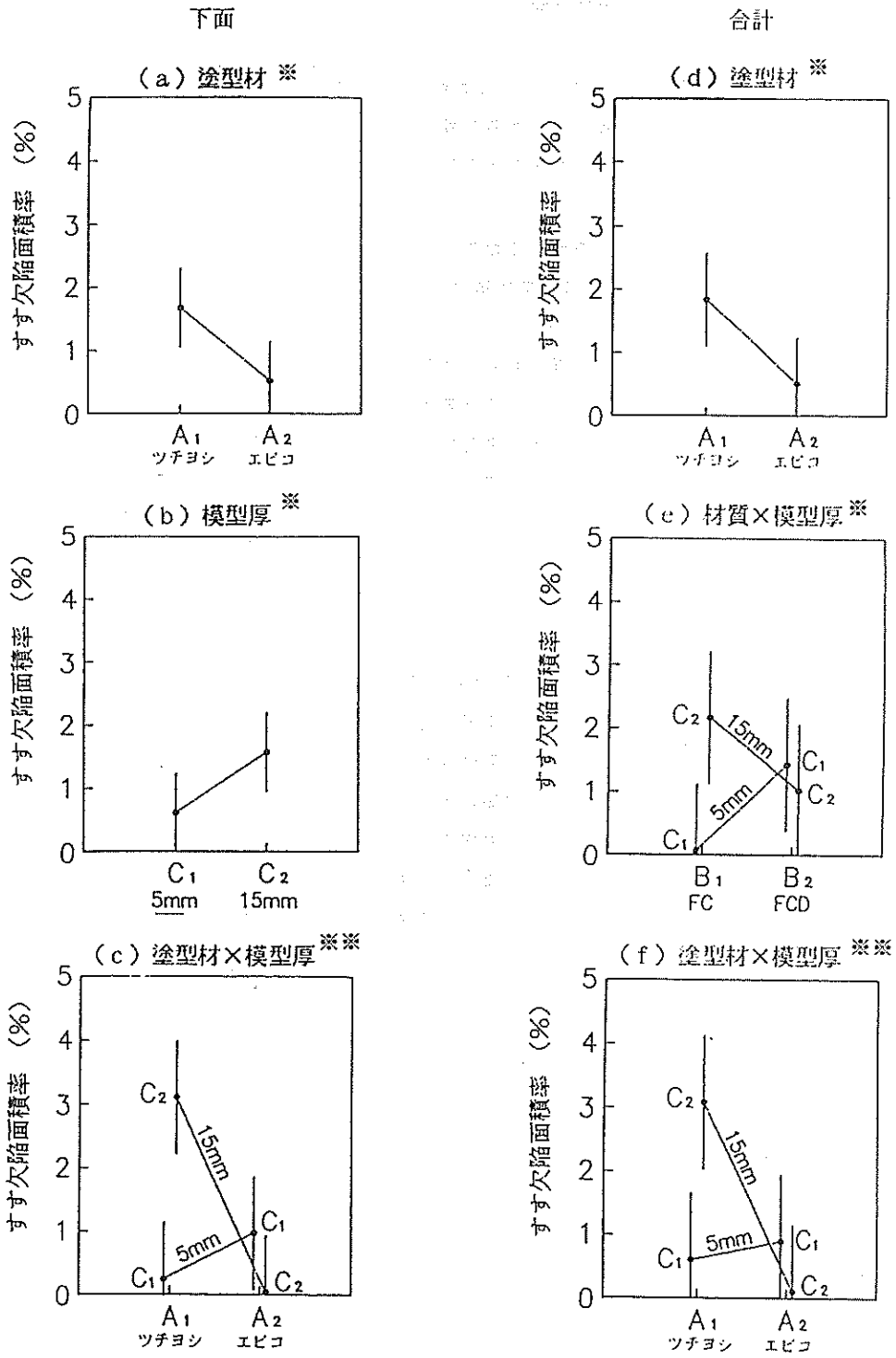


図8 有意要因のすす欠陥母平均推定図

塗型材について

(a)、(d)は塗型材とすず欠陥の関係を示しているが、エピコの方がツチヨシよりも欠陥が少ない傾向を示している。

これは前報⁴⁾で市販塗型材No4、すなわちエピコが、1373Kで焼成するとほとんど形をとどめず強度が測れなかったことから、焼成によって多孔質となり、通気度がかなり高くなることが予想され、その結果すず欠陥が少なくなったと考えられる。

模型厚について

(b)は模型厚とすず欠陥の関係を示しており、5mm厚よりも15mm厚の方がすず欠陥は多くなっている。これは5mm厚に比べて15mm厚は模型体積は3倍にもなるが表面積(5mm厚=850cm²、15mm厚=920cm²)は大差ないためとかんがえられる。

すなわち、同一面積の排気口を3倍近くものガスが通過せねばならない状態となり、塗型の通気度が約3分の1に低下したような状態になると考えられる。

肉厚ものはすず欠陥が発生し易いと言え、また模型体積と表面積の関係から、模型形状によってもすず欠陥発生状況が左右されることが予想される。

塗型材と模型厚について

(c)、(f)は塗型材×模型厚の交互作用とすず欠陥の関係を示している。模型厚5mmの場合にはツチヨシ、15mm厚の場合にはエピコの方がすず欠陥が少なく、エピコ×15mm厚の場合にはすず欠陥はほとんど見られなかった。

(a)、(d)からはエピコの方がすず欠陥に対し良い傾向を示しているが、(c)、(f)をみると一概に塗型材だけで断定できないことを示している。

すなわち、エピコは模型厚の違いにあまり影響されずにすず欠陥は少なかったが、ツチヨシは模型厚の影響を受けて、模型厚15mmですず欠陥が多い傾向を示している。

これは塗型材の種類によっては、模型厚の影響を受けることを示しており、模型厚などの違いで適当な塗型材選定の必要性があることを示唆している。

しかし、一方では塗型材と様々な厚さや形状を有する鑄造製品との関係を完全に把握することは困難であるため、基本的に(a)、(d)のように塗型材だけで全体的な傾向を知っておくことも有効であるといえる。

材質と模型厚について

(e)は材質×模型厚の交互作用とすず欠陥の関係である。FC材の場合は15mm厚にすずが多く発生し、5mm厚で少なかったが、FCD材では模型厚の違いはすず欠陥の差につながっていない。

一般にFC材の方がすず欠陥は少ないといわれているが、模型厚の違いですず欠陥の傾向が逆になっており、塗型材×模型厚の関係と同様に、材質だけですず欠陥の傾向を断定することはできず、模型形状と材質をからめて考える必要があるといえる。

堰断面寸法について

堰断面寸法とすず欠陥に関しては有意差が認められなかった。しかし、堰断面積が小さい水準(5×30mm)では、ほとんどが堰前にひけが発生した。

これは製品部よりもさきに堰が凝固してしまい、押し湯効果がなかったためと考えられること

から、ひけ対策や堰折りの容易さなどを考慮した、適正な堰断面の検討が必要であることがわかった。

4. 結言

すす欠陥に関わる重要な因子として、塗型材、鑄鉄材質、模型厚、及び堰断面積の4因子を選択し、 $L_{16}(2^{16})$ 実験計画法にもとづきながら、影響要因を検討した結果以下のことがわかった。

- 1) すす欠陥は比較的上面に発生しやすい。
- 2) 厚物と薄物とでは、厚物の方にすす欠陥はより多く発生する。
- 3) 塗型材の種類と模型厚はすす欠陥の発生状況を左右するが、とりわけこの2因子の交互作用による影響が大きい。
- 4) 材質と模型厚と交互作用もすす欠陥の発生に影響を及ぼす。
- 5) 堰断面寸法はすす欠陥に影響を及ぼさない。

参考文献

- 1) 田村：鑄物、Vo159, (1987), 12, 708
- 2) 上野、藤尾、水野、坪井：鑄物、Vo159, (1987),
- 3) 狩野：J A C T NEWS, 1987, 11
- 4) 太田：鑄物, Vo161, (1987), 9
- 5) 國吉、知花、米須：沖工試業務報告、No.17, 1989

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。