

アルミニウム合金ヒートシンク のフィンの超薄肉化

大阪工業大学 工学部 機械工学科
教授 羽賀 俊雄

2026年3月10日

報 告 内 容

Al-25%Siの薄肉ヒートシンクの作製

1070の薄肉ヒートシンクの作製

放熱性に対する黒体化の位置と面積の影響

薄肉フィンの作製に必要な流動長の良いアルミニウム合金の探索

フィン先端1.5 mm以上

放熱性能を上げる

一般的なヒートシンクの断面

フィンを高くする

重量は増加

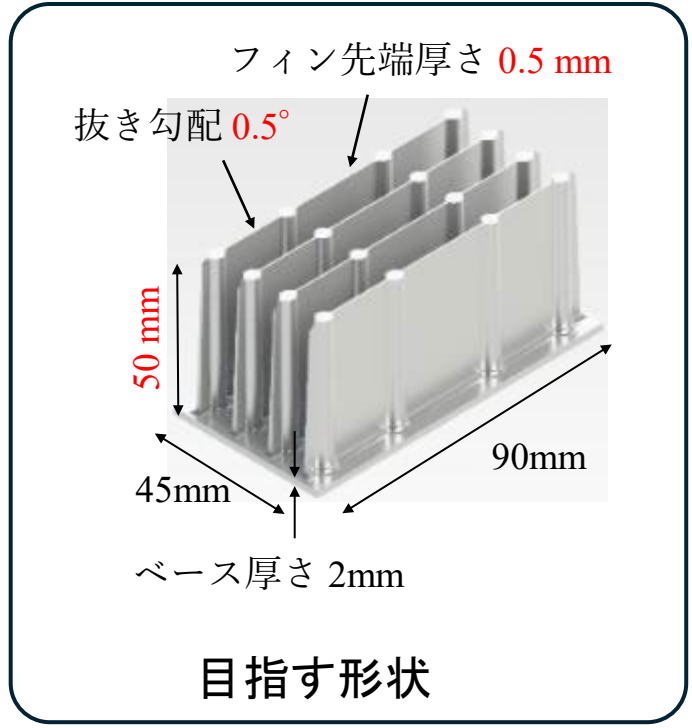
フィンの薄肉化により軽量化を検討した。

フィンを薄くすると充填し難い

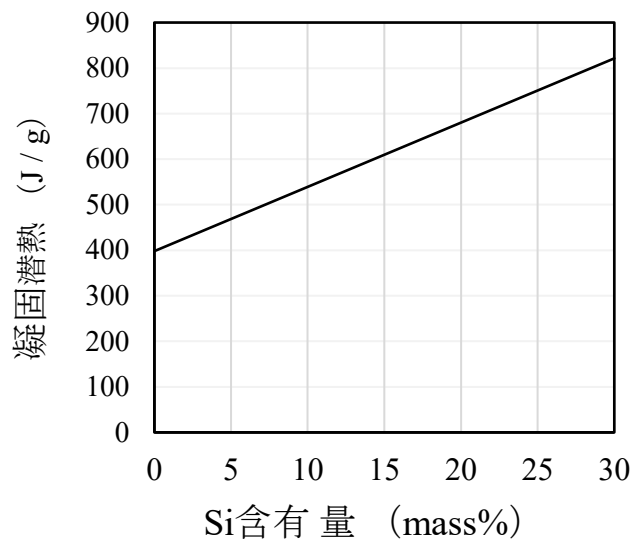
充填には流動性の良い合金が必要

Al合金はSiの添加により流動性は向上する。
Al-Si二元合金は、コストの点で望ましい。

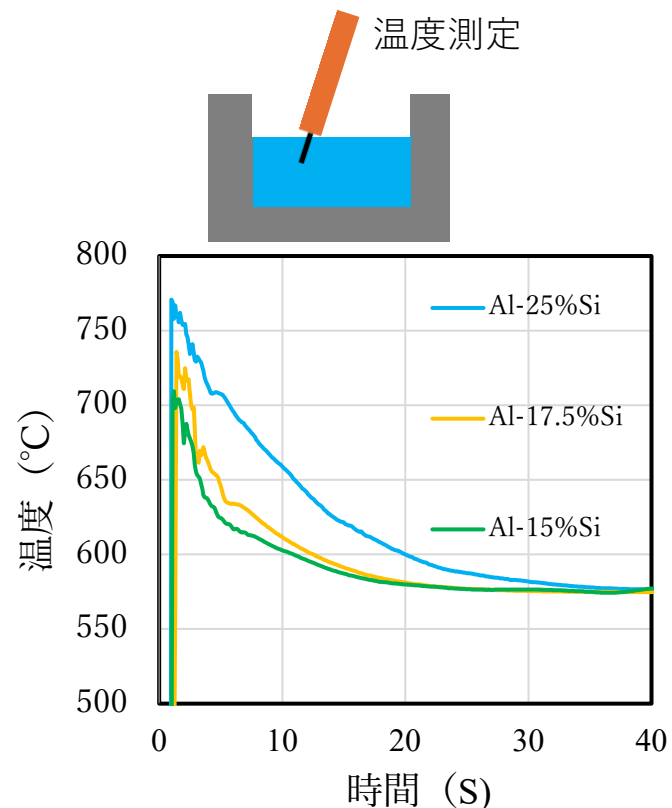
フィンの薄肉化のためには従来のダイカスト用合金より流動性の良いAl-Si合金を調査した。



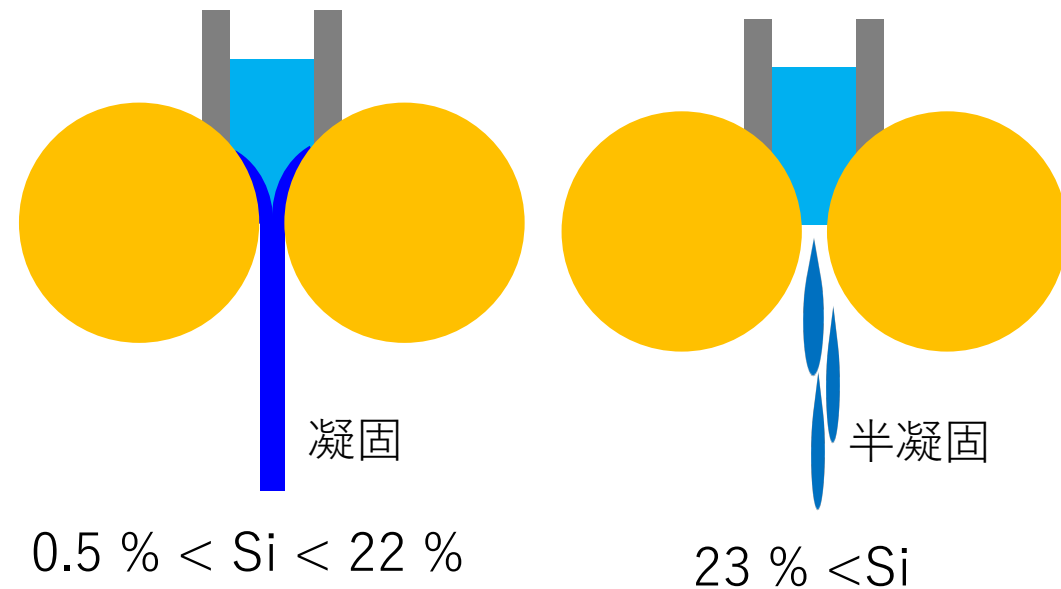
Al-Si合金のロールキャストイング



Si含有量と凝固潜熱



過共晶Al-Si合金の温度降下

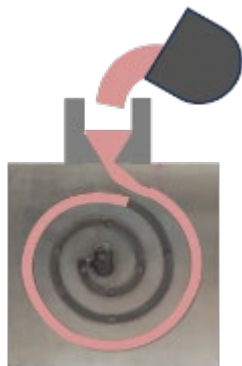


Al-25%Siは、凝固潜熱が大きいので凝固し難く、流動長も長いと推測した

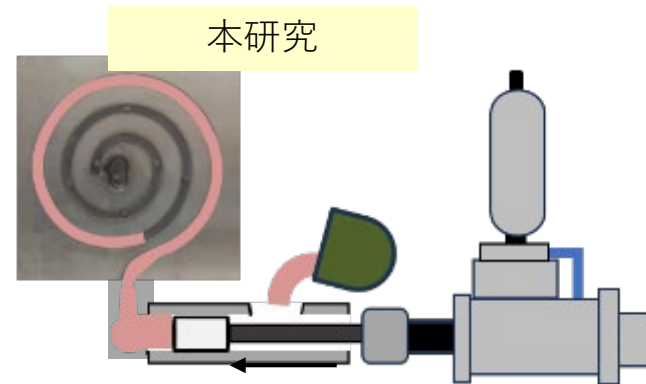
Al合金はSiの添加により流動性は向上する。

Al-Si二元合金は、コストの点で望ましい。

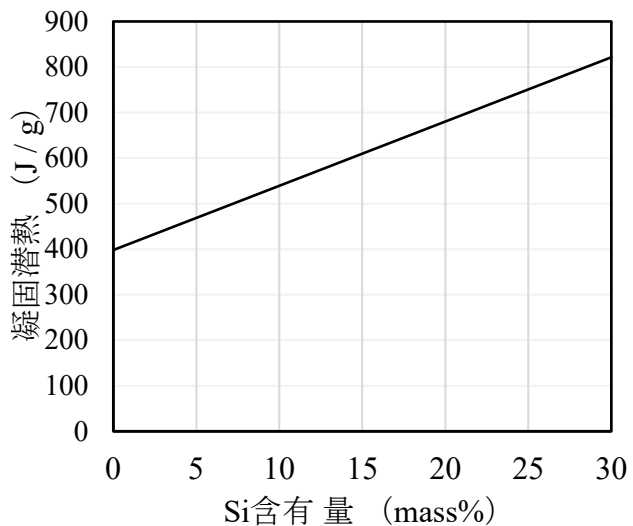
従来のAl-Si合金の流動長の研究例



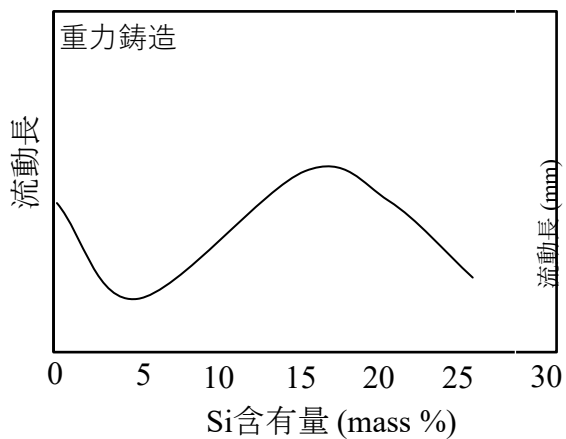
重力鋳造



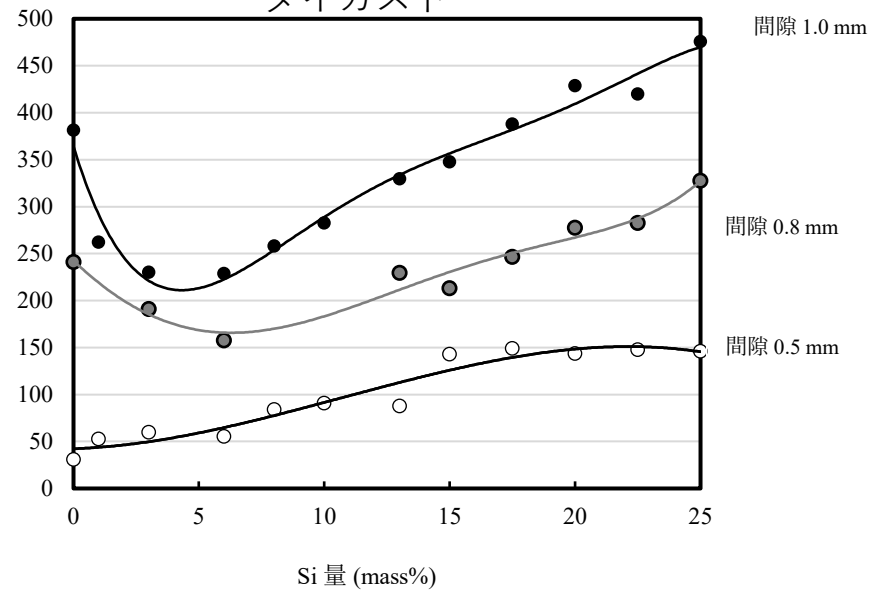
ダイカスト



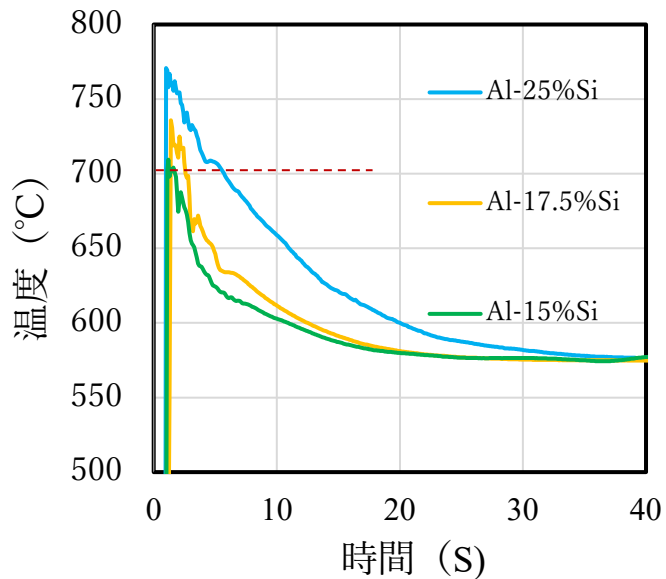
Si含有量と凝固潜熱



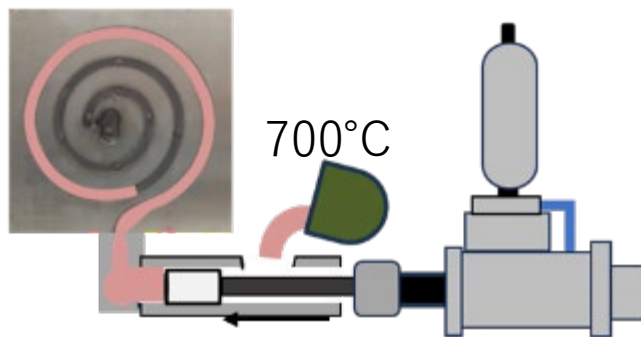
重力鋳造によるの流動長



半凝固状態のAl-25%Siの流動長

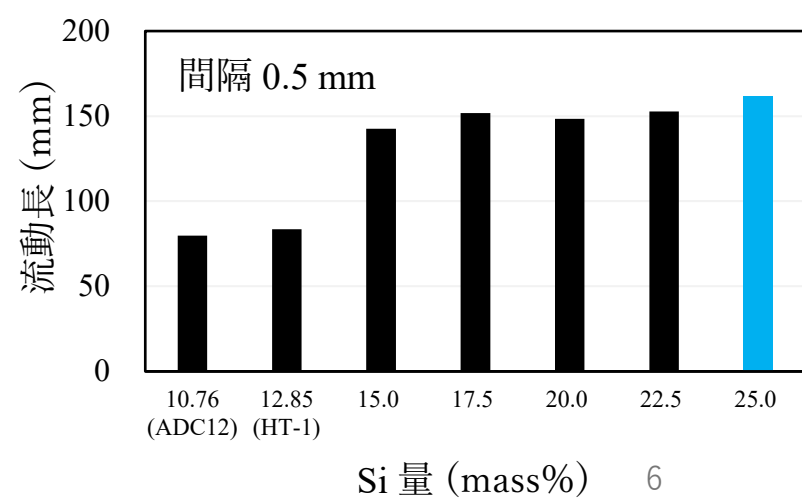
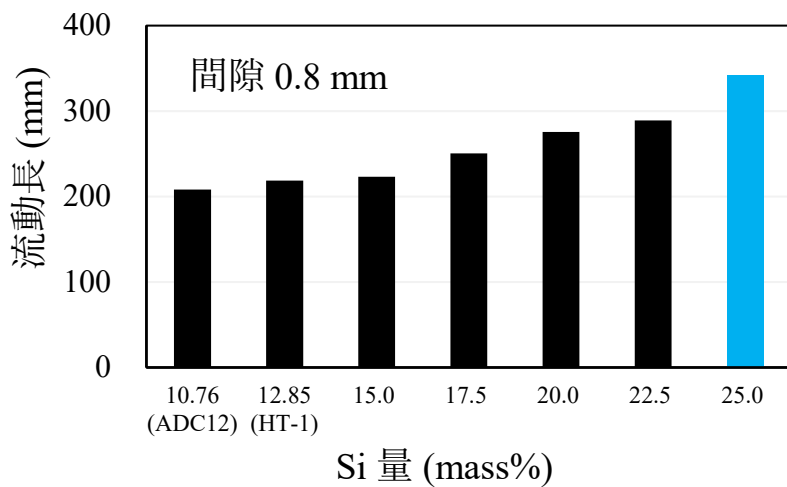
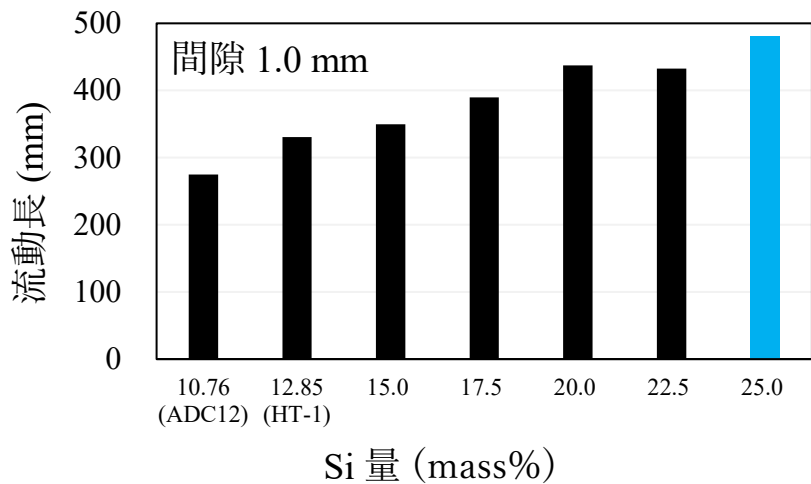


金型寿命を考慮すると注湯温度700°Cが適切.



ダイカスト

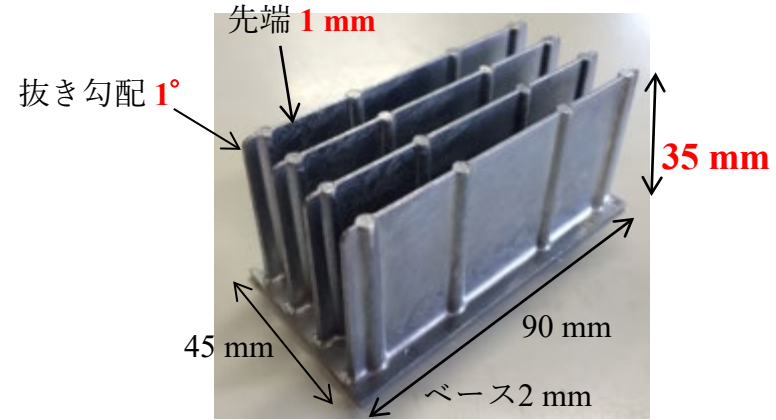
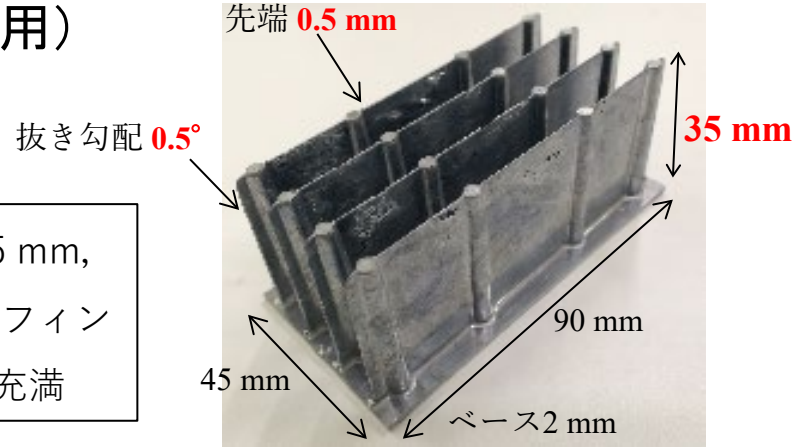
過共晶Al-Si合金の温度降下



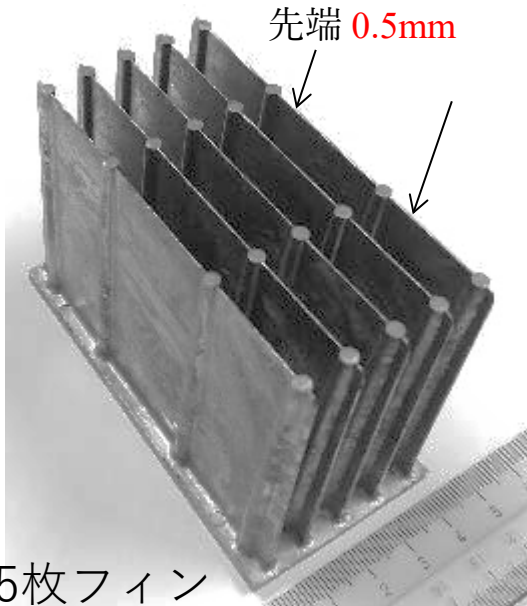
半凝固鑄造したAl-25%Siヒートシンク

ADC12(比較用)

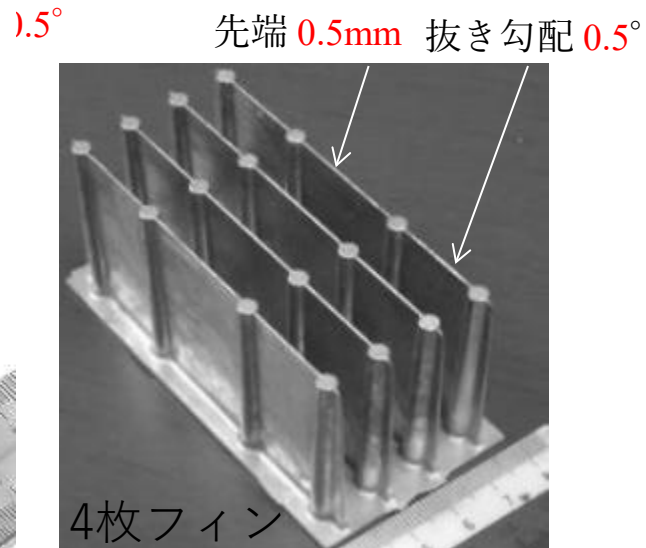
ADC12は、先端0.5 mm、
抜き勾配0.5° ではフィン
高さ35 mmでも未充填



フィン高さ 60 mm

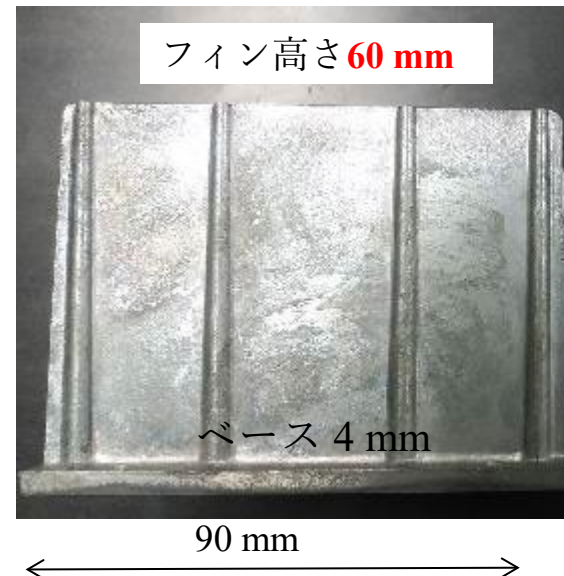


フィン高さ 50 mm

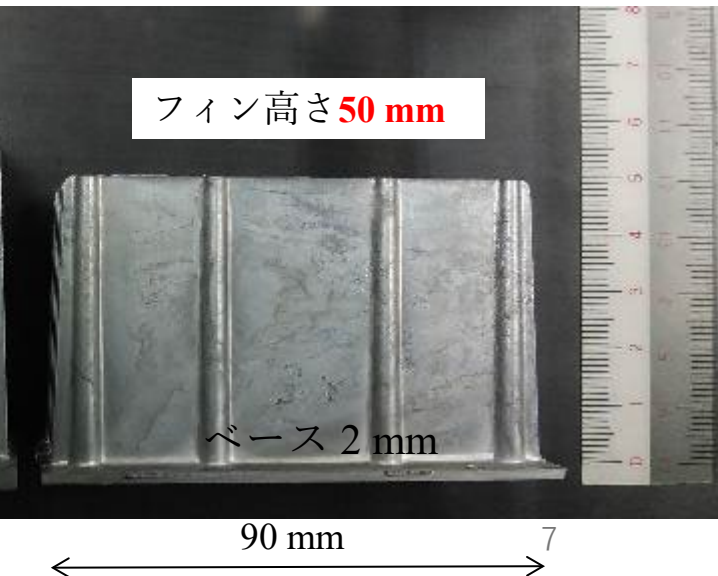


Al-25%Si

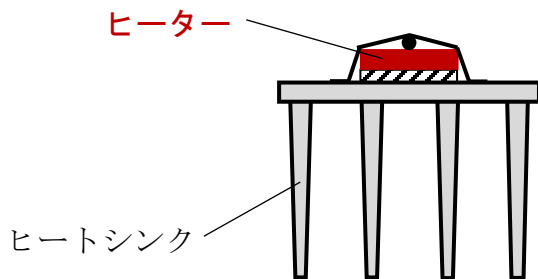
5枚フィン



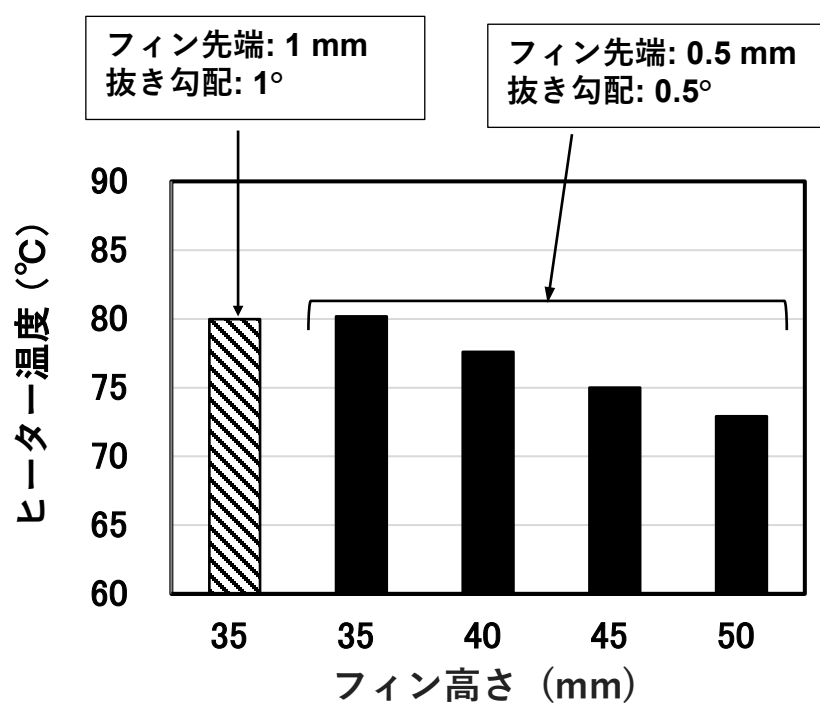
4枚フィン



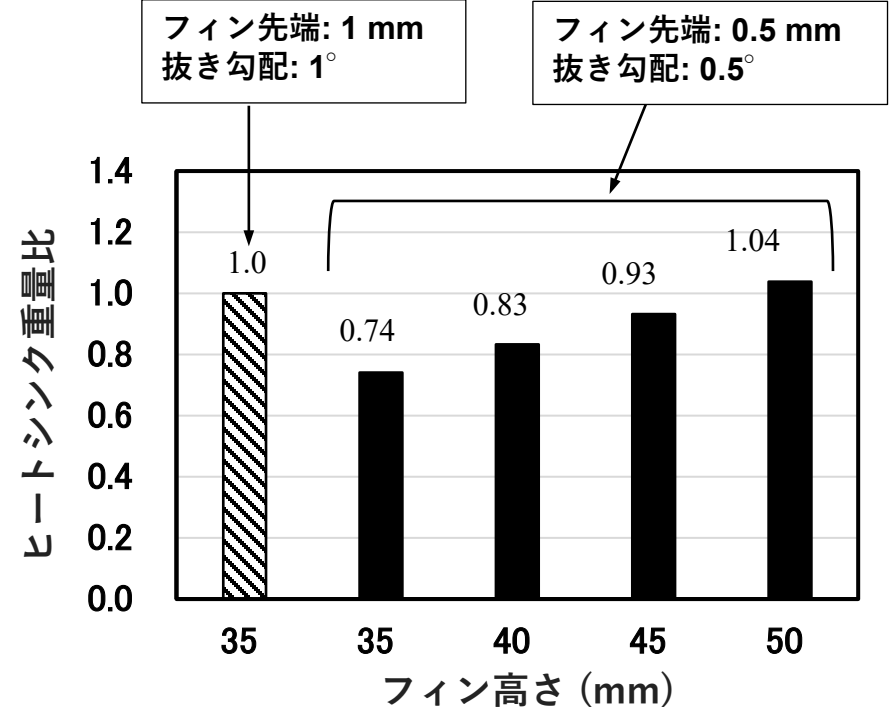
半凝固鑄造したAl-25%Siヒートシンクの放熱性の調査



ヒーターの温度が低いほど
ヒートシンクの放熱性は良い



ヒートシンクヒーター温度とフィン高さの関係

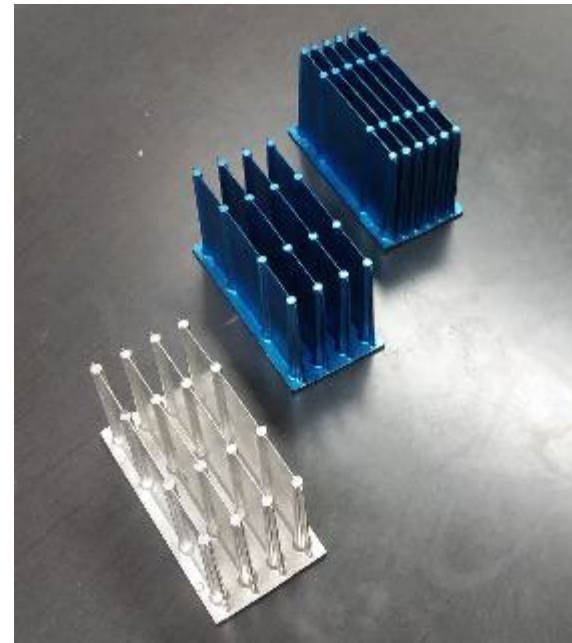


ヒートシンクフィン高さと重量の関係

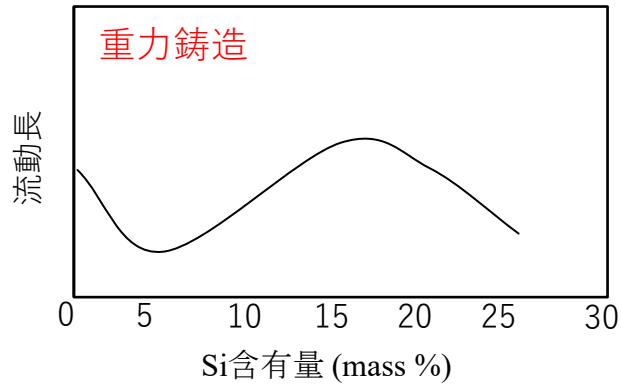
1070の薄肉ヒートシンク

熱伝導率 (W/m・K)

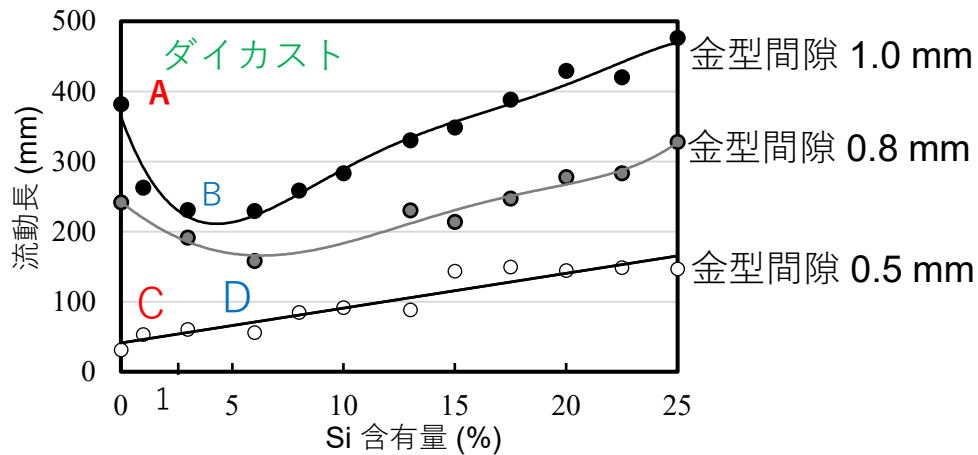
1070	ADC12	Al-25%Si
230	102	127



純AlとAl-Si合金の流動長に対する従来の説明。

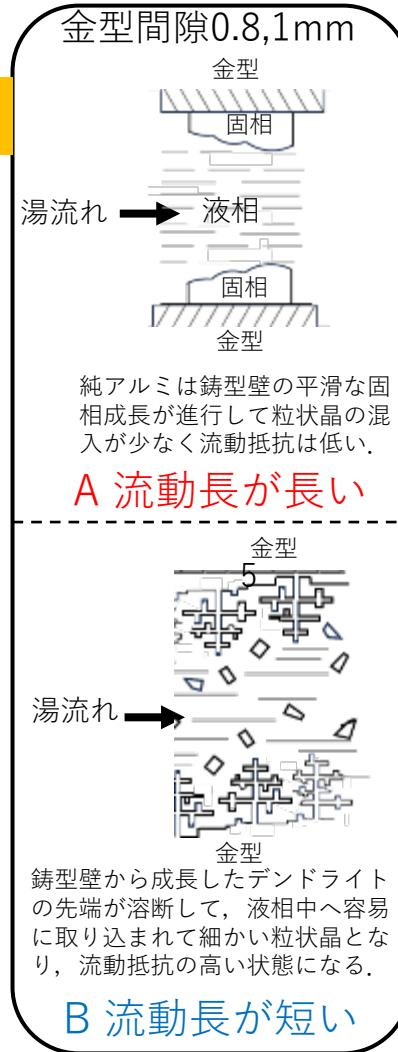


重力鋳造によるAl-Si合金の流動長の報告例

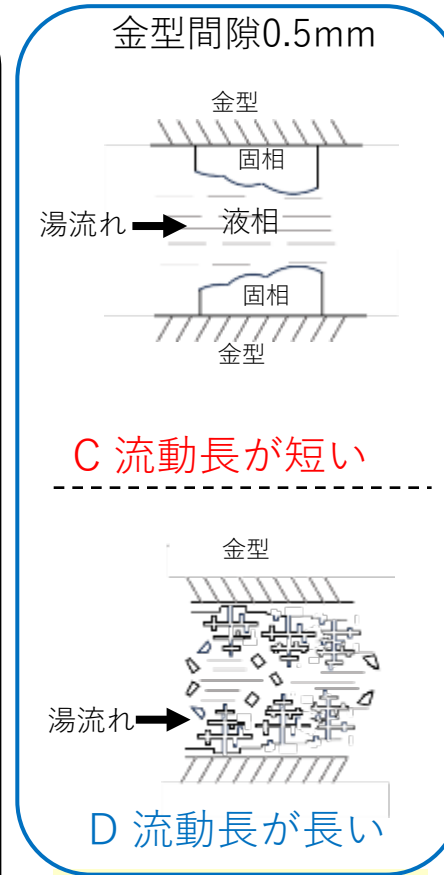


流動長に対するSi量，金型間隙の影響

従来の説



従来の説

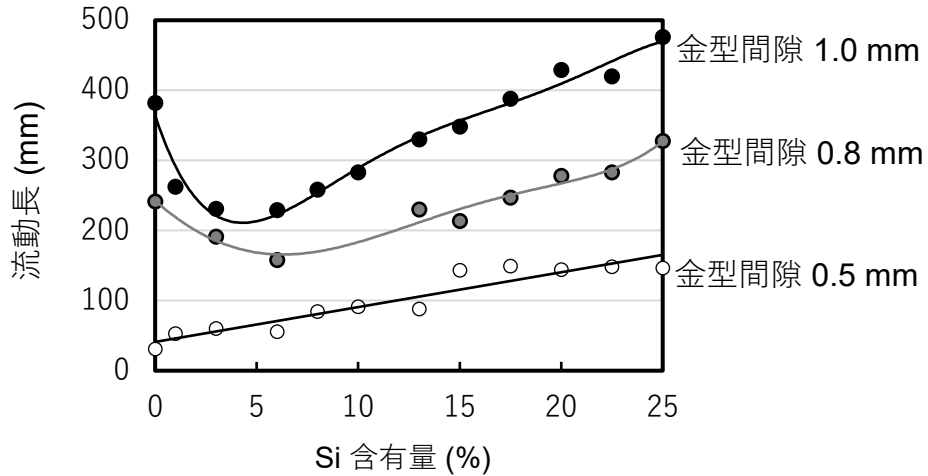


従来の説では説明できない。

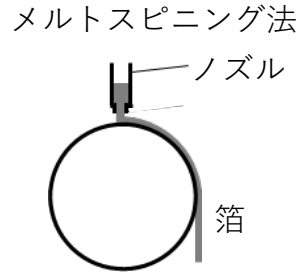
金型間隙は流動長のグラフが下に突になる傾向に影響しないか，金型間隙が狭い方が流動抵抗が大きくなり，純Alと比較して合金ではより流れ難いはずである。そうでは無かった。

1070で金型間隙0.5mmのとき，流動長に対して影響が大きいとされている金型温度とプランジャー速度の影響を調査した。

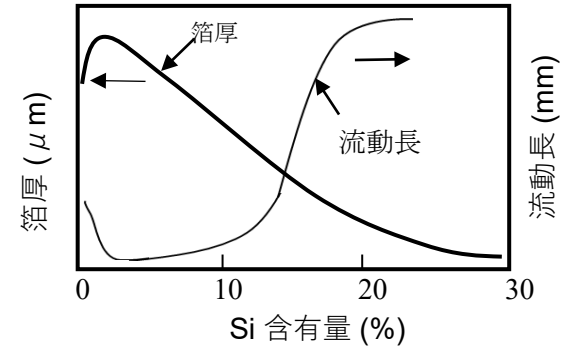
ロールキャストにおける箔厚，箔のロールへの固着長さ，薄板の
ロールからの剥離に対するSi量の影響



Si量，金型間隙と流動の関係



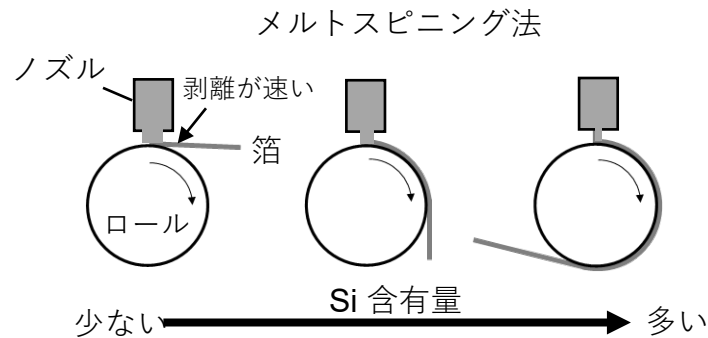
箔の厚さと流動長は逆の傾向を示す



参考文献
岡田明ら， 鋳物59巻(1987), 596-601.

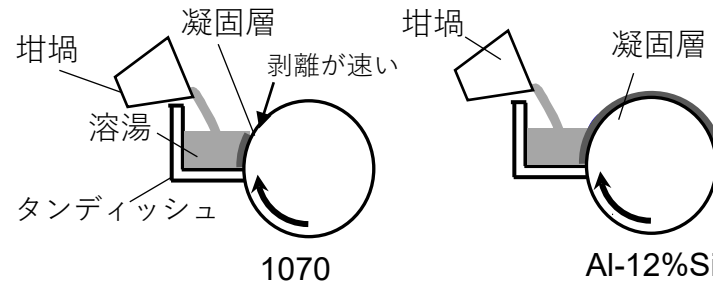
メルトスピニング法の
箔厚と流動長は関係が
あると推測できる。

箔や薄板のロールへの固着に対するSi量の影響の調査



Si含有量が増えると箔のロールへの固着長さが長くなる。

メルトドラック法



- ・ 1070は溶湯中で凝固層ロールから剥離し板ができない。
- ・ Al-12%Siは凝固相がロールに付着し板ができる。

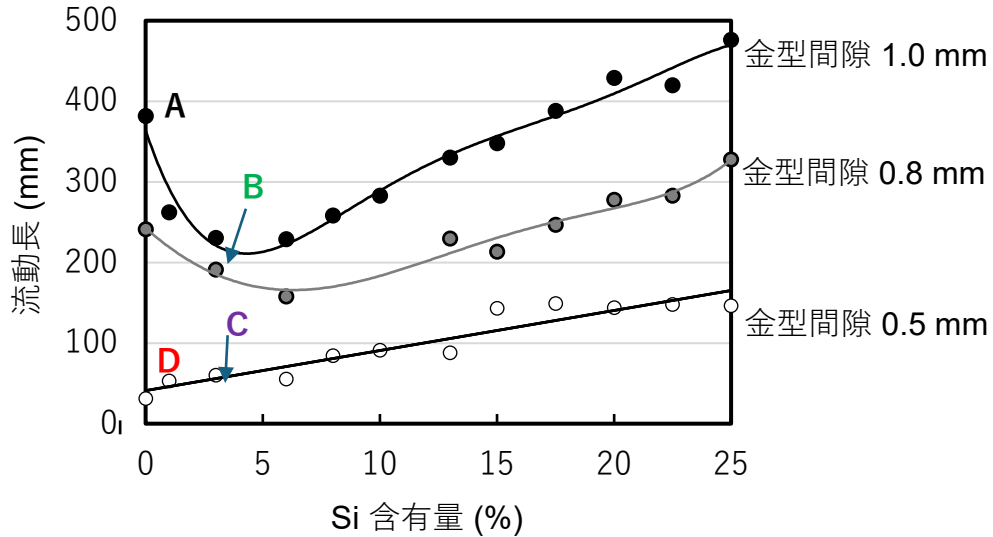
純Alは， Al-Si合金と
比較してロールから
剥離し易い。



純Alは， Al-Si合金と
比較して金型から剥
離し易いと推測した。

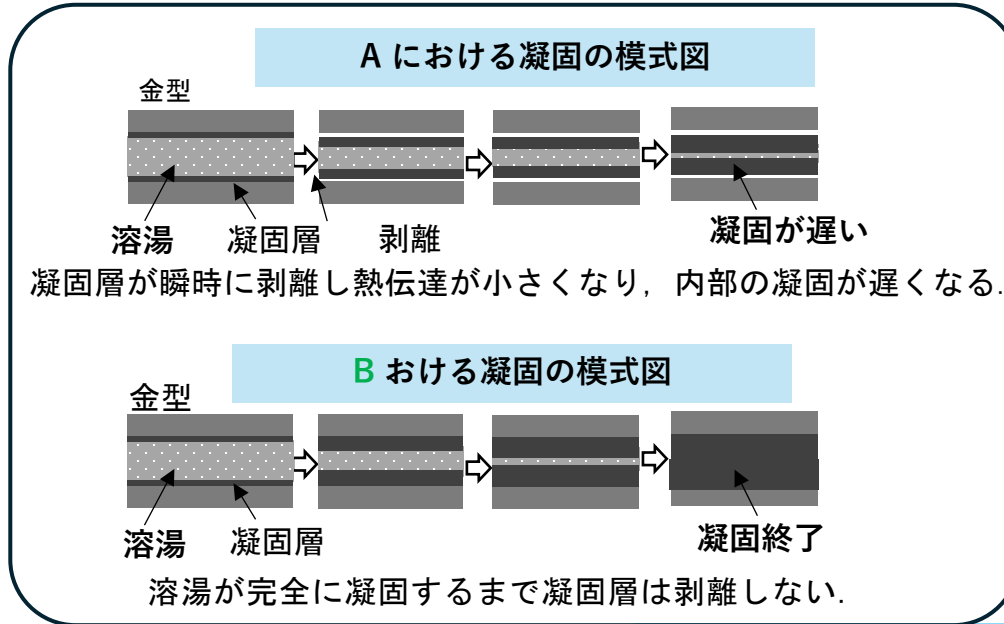
ダイカストにおいて流動長に対する凝固層の
金型からの剥離の影響を考察した。

流動長に対する凝固層の金型からの剥離の影響の考察

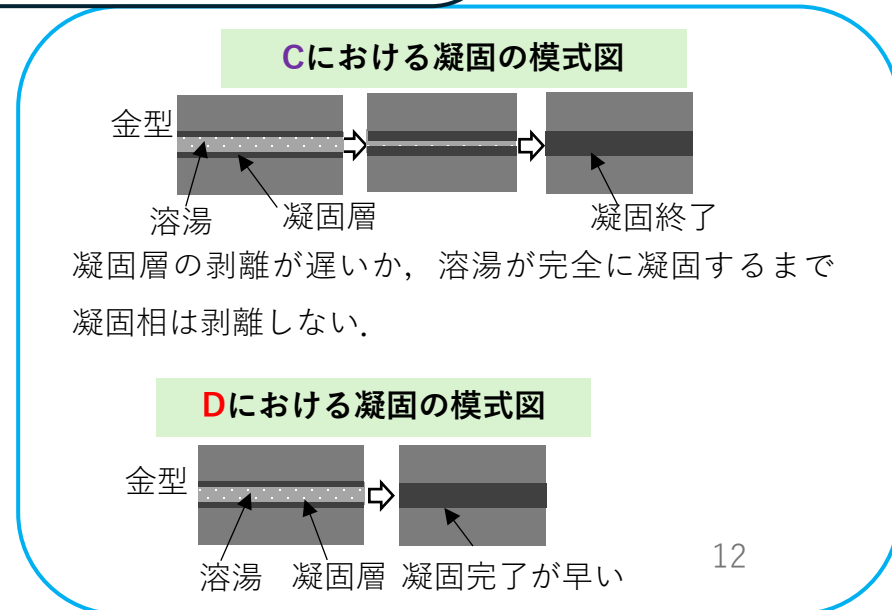


Si量，金型間隙と流動長の関係

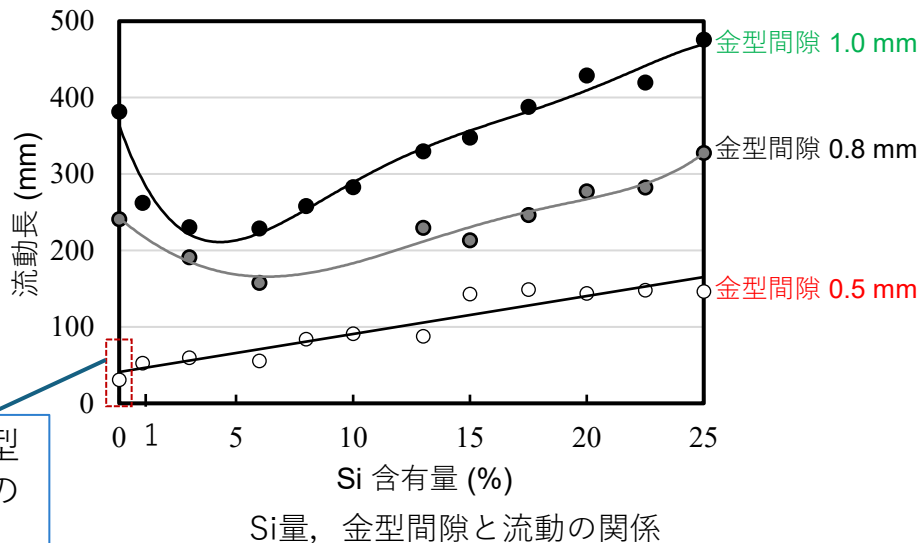
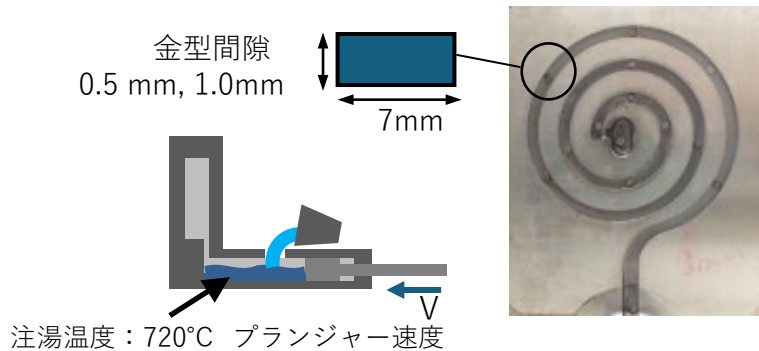
CとDにおいて金型間隙は狭く，凝固時間は短いので凝固層は剥離しない。DはCに比べ凝固潜熱が小さいので早く凝固し流動長は短くなる。



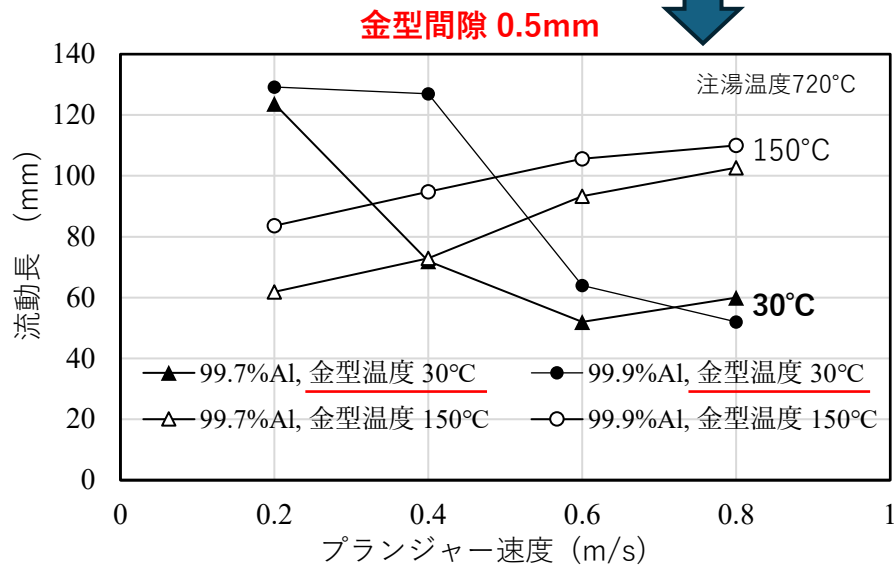
純Alは，Al-Si合金と比較して剥離し易い。



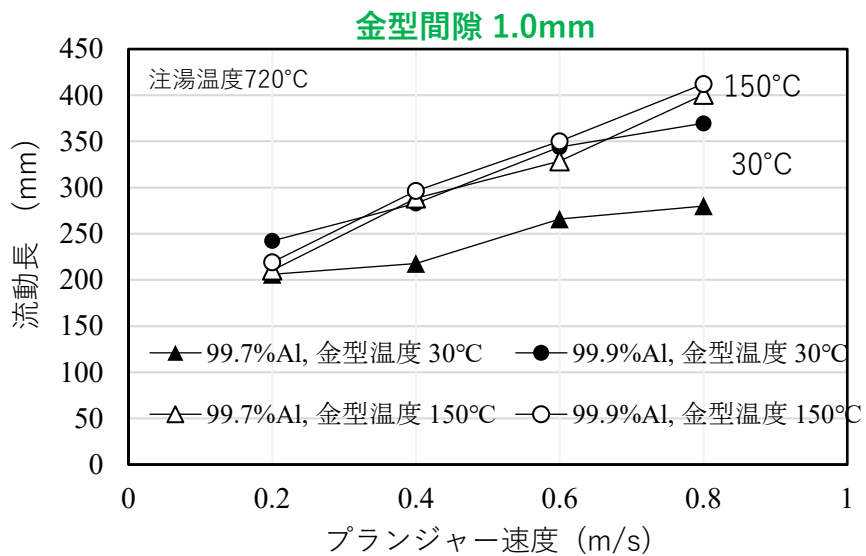
1070と99.9%Alの流動長に対するプランジャー速度および金型間隙の影響



金型間隙0.5mmにおいて純Alの流動長に対する金型温度とプランジャー速度の影響を調査した. 比較のために金型間隙1mmについても調査した.



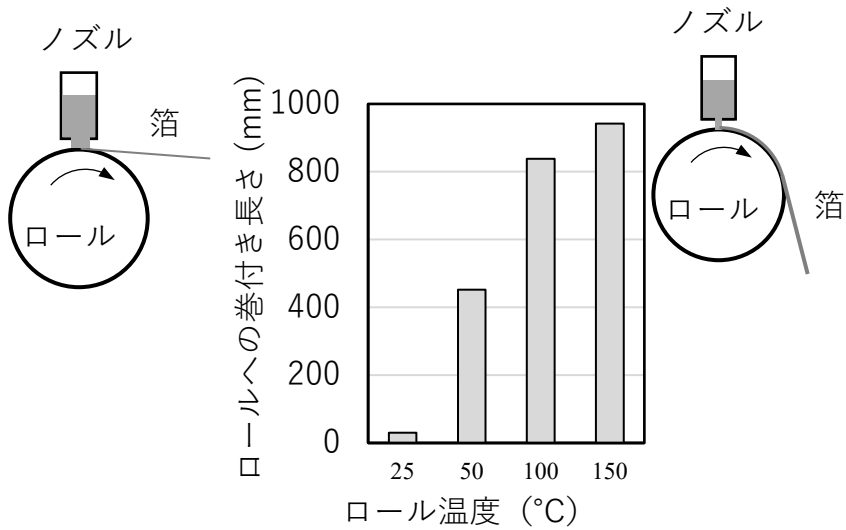
純Alのプランジャー速度と流動長の関係



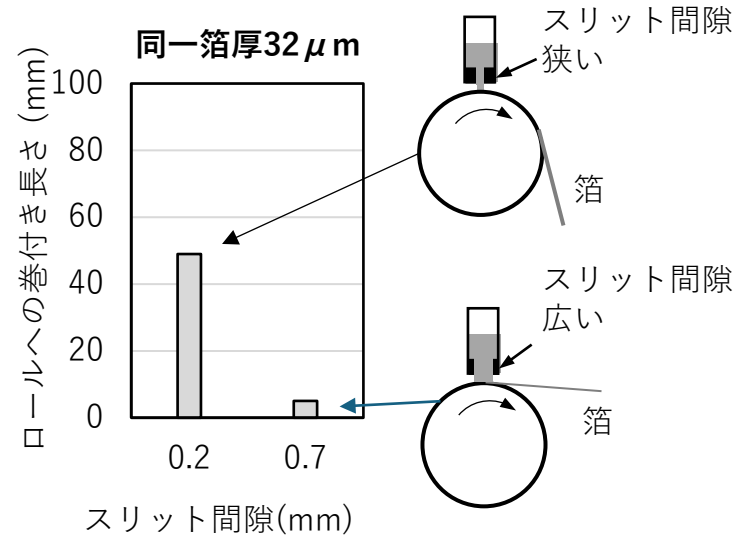
純Alのプランジャー速度と流動長の関係

金型の内部は見る事ができないのでメルトスピニング法より現象を推測

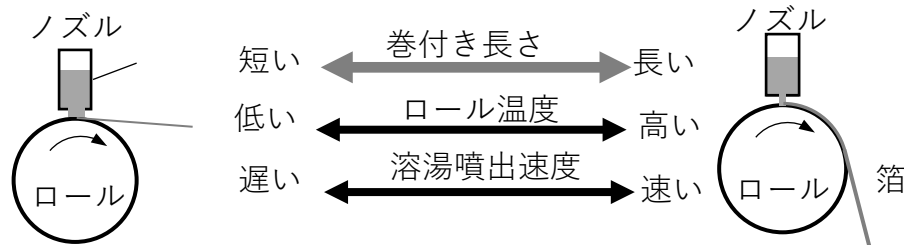
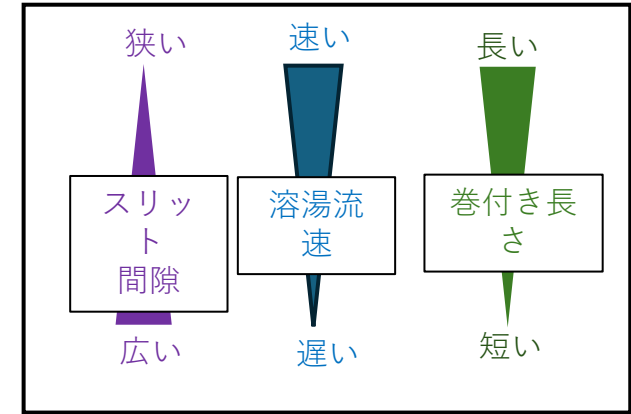
メルトスピニング法の結果より推測したダイカストにおける凝固層の剥離に対するプランジャー速度と金型温度の影響



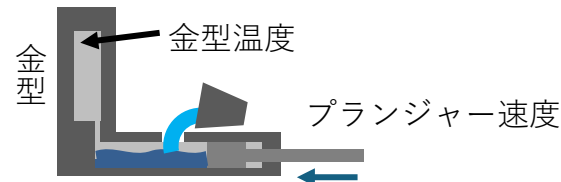
箔がロールに巻付く長さに及ぼすロール温度の影響



同一箔厚におけるスリット間隙とロールへの巻付き長さ



ロール温度、溶湯噴出速度が巻付き長さに及ぼす影響のまとめ



メルトスピニング法とダイカストの対応

溶湯噴出速度はプランジャー速度に相当する

ロール温度は金型温度に相当する

箔の巻付き長さは、凝固層の金型への固着時間に相当する

金型 温度は低温、プランジャー速度 低速の条件では

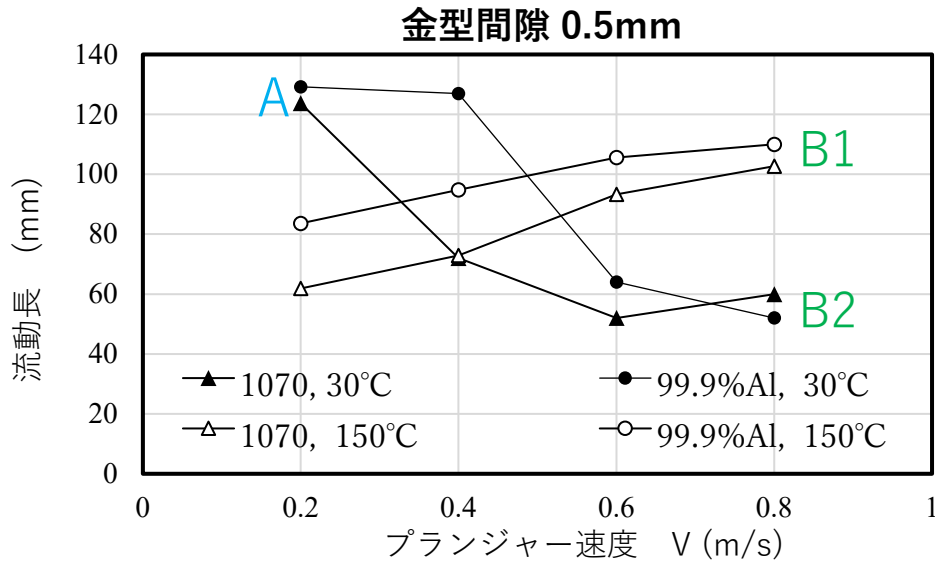
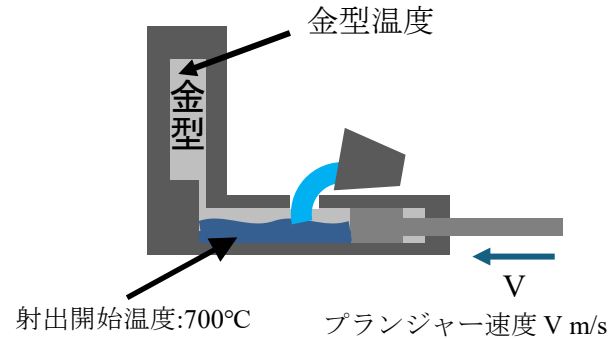
メルトスピニング法の結果より凝固層の金型への固着時間が短くなると考えた。

1070の金型間隙 0.5 mmにおける流動長に対するプランジャー速度と金型温度の影響の考察

金型 温度は低温, プランジャー速度 低速の条件で

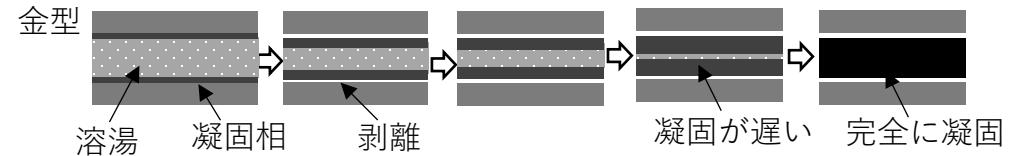
凝固層の金型への固着時間が短くなるので

流動長は長くなると推測した



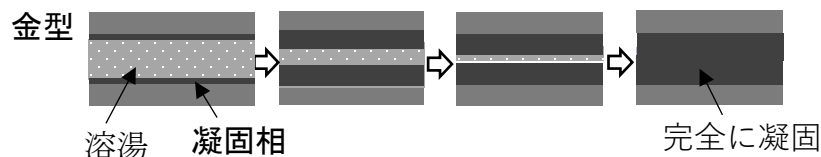
純Alの金型間隙0.5 mmの場合の流動長に対する金型温度とプランジャー速度の影響

金型低温で, プランジャー速度低速時の模式図 A



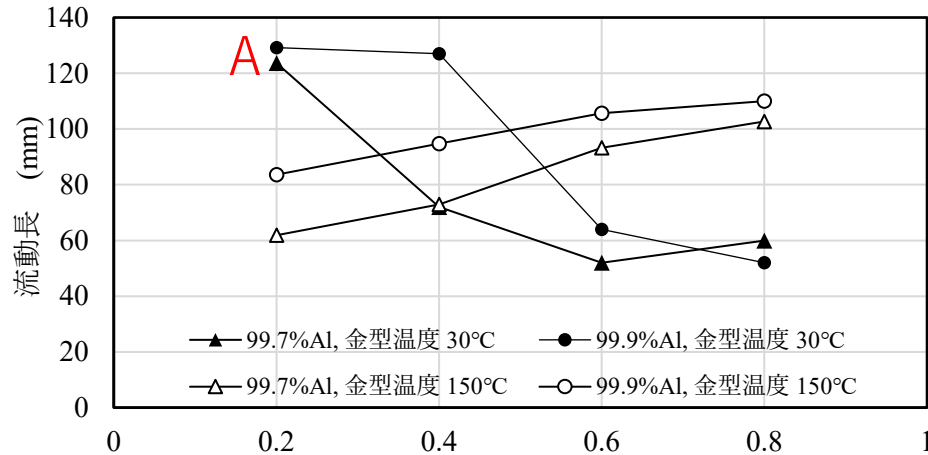
凝固層が瞬時に剥離し熱伝達が小さくなり, 内部の凝固が遅くなるので流動長は長くなる

金型高温, またはプランジャー速度高速の場合の模式図 B1,B2

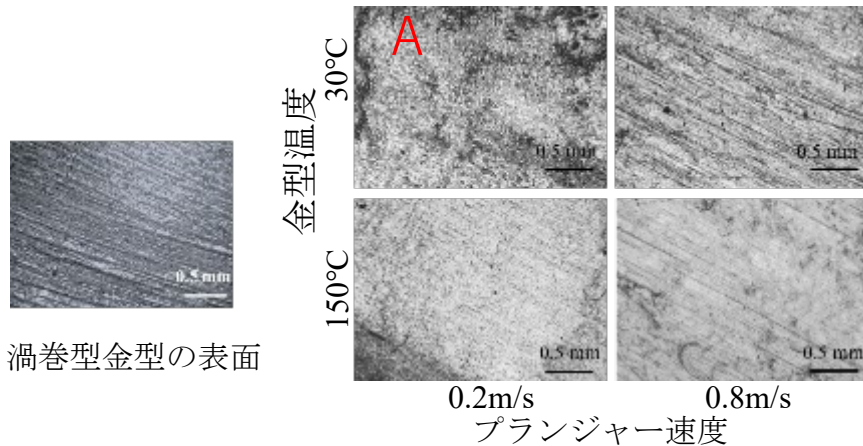


凝固層の剥離が遅いか溶湯が完全に凝固するまで凝固相は剥離しないので, 熱伝達は小さくならず流動長は短くなる

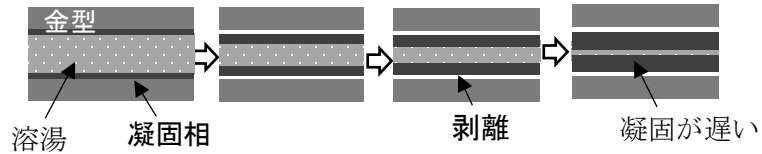
1070の金型間隙0.5mmにおける流動長試験の鋳片の表面状態と組織



プランジャー速度 V (m/s)
純Alの金型間隙0.5 mmの場合の流動長に対する金型温度とプランジャー速度の影響

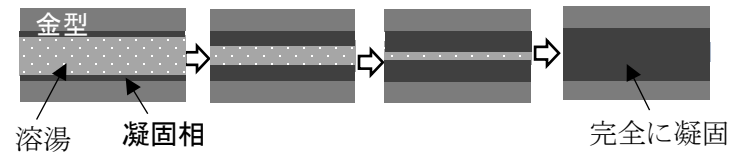


加工痕が存在しない場合の推測

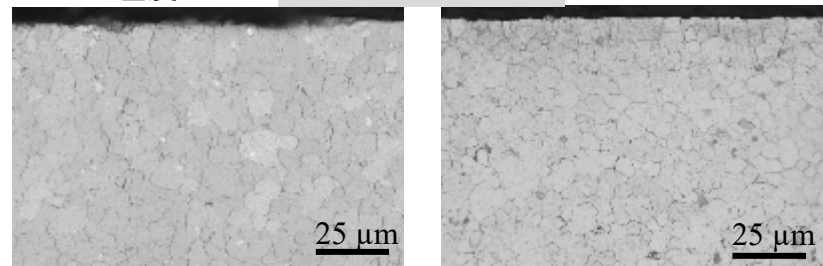


凝固層が剥離し内部の高温の熱により凝固層が半凝固状態になったために加工痕の転写が消滅したと考えられる

加工痕が存在する場合の推測



金型温度30°C 金型面と接触する側 金型温度150°C

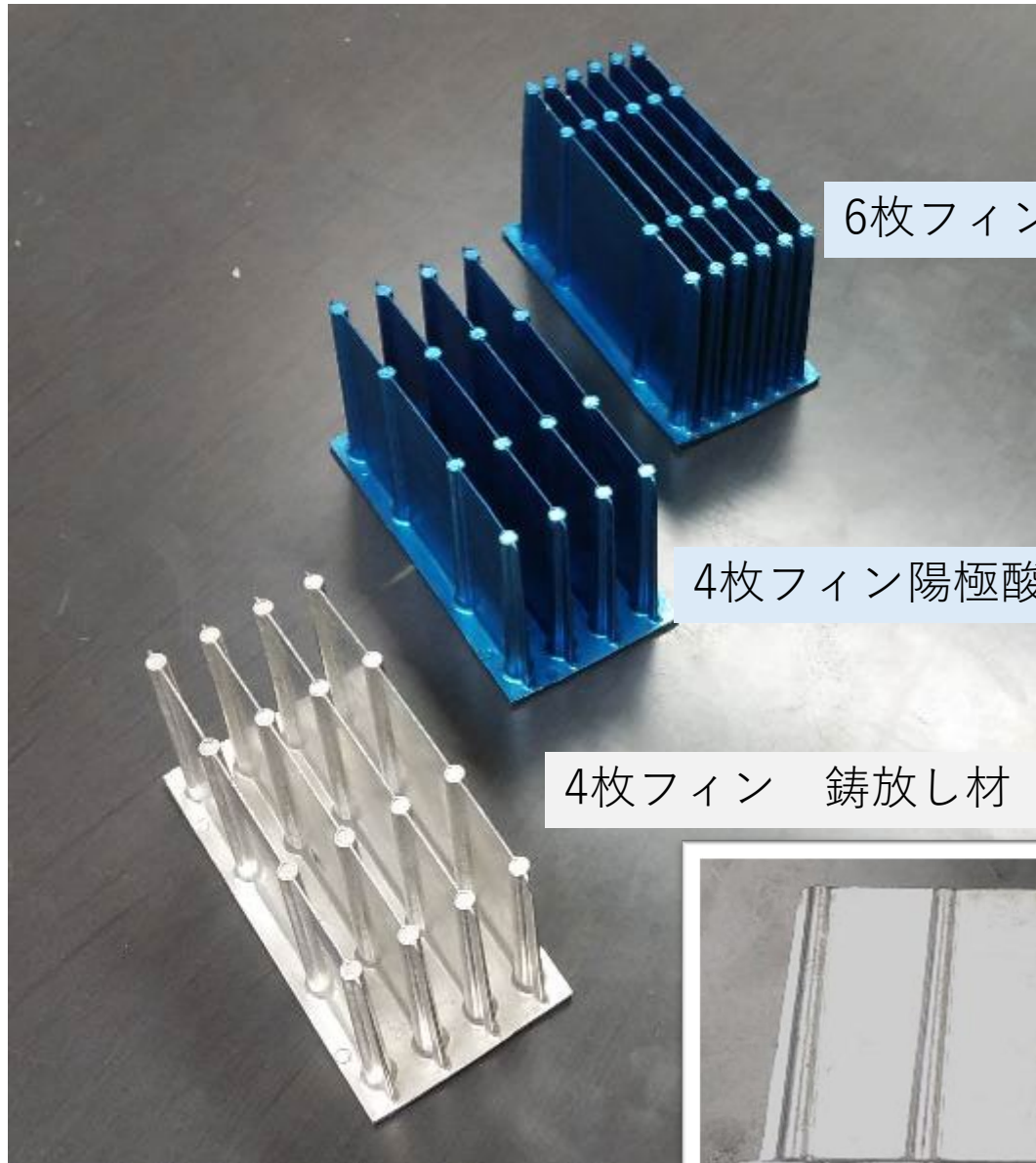


渦巻試験鋳片の金型接触面近傍の組織

金型温度30°Cでは凝固層の剥離により熱伝達が小さくなり冷却速度が低下したため組織が大きくなった

凝固層の金型からの剥離は、これらの結果より実際に起こっているものと推測できる

1070の薄肉ヒートシンク



6枚フィン陽極酸化

4枚フィン陽極酸化

4枚フィン 鋳放し材

鋳造条件

- ・低プランジャー速度(流動長試験において0.2m/sより遅い0.09~0.14m/s相当)
- ・低金型温度30°C

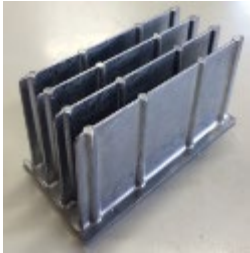
フィン高さ 50 mm



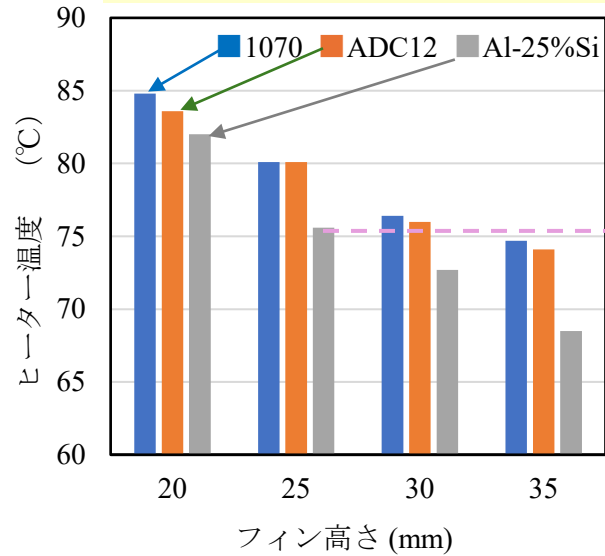
熱伝導率と放射率

物性	1070	ADC12	Al-25%Si
熱伝導率 (W/m・K)	230	102	127
ダイカスト材 放射率	0.1	0.13	0.25
黒体化処理材 放射率	0.94	0.94	0.94

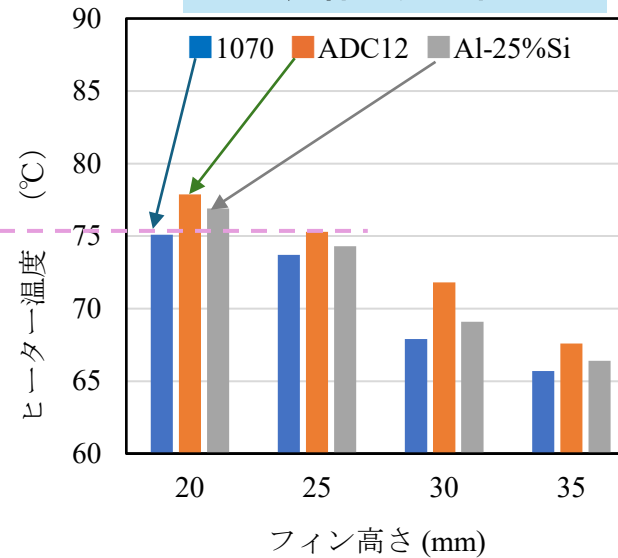
ダイカスト材（鋳放し材）



ダイカスト材（鋳放し材）



黒体化処理材



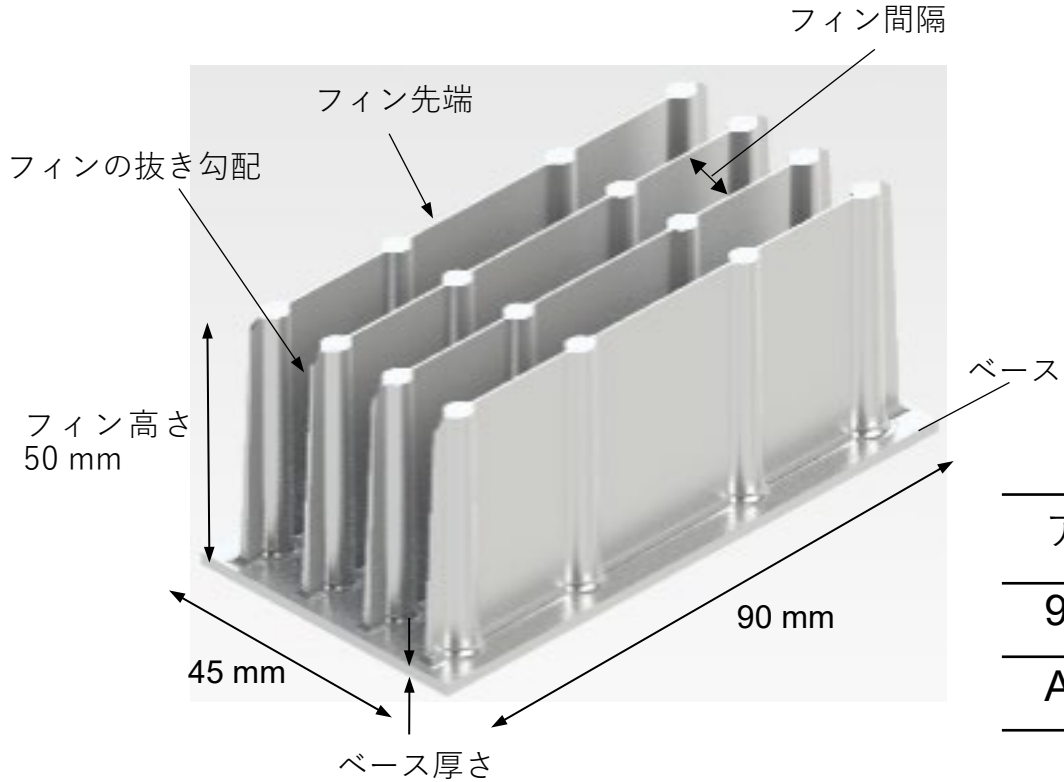
黒体化処理材



ヒーター温度に対するフィン高さの影響

- ・ 鋳放し材では放熱特性に対して根地伝導率より放射率の影響が大きい。
- ・ 熱伝導率が高い1070は、黒体化することで熱伝導率の大きさを放熱性に生かすことができる。
- ・ Al-25%Siの鋳放し材のヒーター温度は黒体化処理をしたADC12のヒーター温度とほぼ等しい。

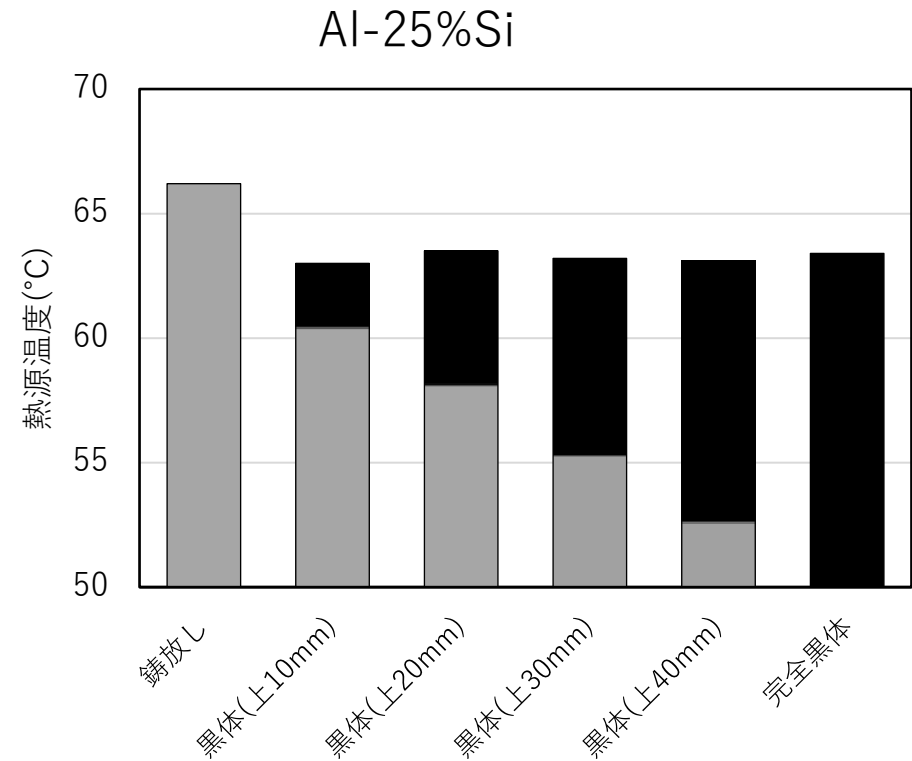
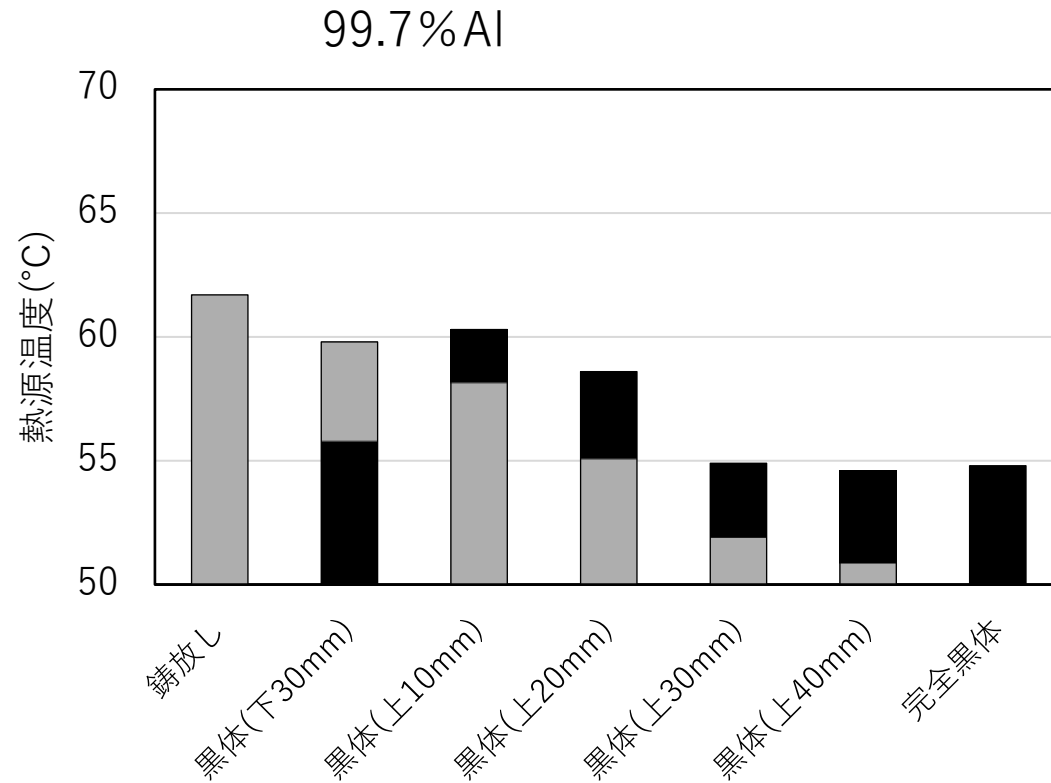
放熱性に対する黒体化の位置と面積の影響の調査に使用するヒートシンクの概要



アルミニウム合金	熱伝導率 (W/m·K)	放射率
99.7%Al	230	0.10
Al-25%Si	127	0.25

アルミニウム合金	フィン先端厚さ (mm)	フィン抜き勾配 (°)	ベース厚さ (mm)
99.7%Al	1	1	4
Al-25%Si	0.5	0.5	2

放熱性に対する黒体化の位置と面積の影響



先端部が放熱に大きく影響
していることが分かる

ま と め

Al-25%Siは、薄肉フィンを有するヒートシンクの作製に適しており、ヒートシンクの軽量化を可能にする。鑄放し状態であっても良好な放熱性を有する。

純アルミニウム1070の薄肉フィンを有するヒートシンクは、低金型温度と低プランジャー速度の鑄造条件により作製することができた。これは、金型温度は高温でプランジャー速度は高速の時に流動長は長くなるとするダイカストに関する従来の知見とは異なる鑄造条件の設定である。

放熱性にはフィン先端部の黒体化の影響が大きい。素材のアルミニウム合金の放射率が高いほど、放熱性を高めるための黒体化を施す面積を狭くすることができる。 21

主な物性の比較

物性	Al-25%Si	1070	ADC12
熱伝導率 (W/m・K)	127	230	102
率放射	0.25	0.10	0.13
線膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	16.7	24	21
比重	2.54	2.7	2.68
液相線温度 ($^{\circ}\text{C}$)	760	657	580
固相線温度 ($^{\circ}\text{C}$)	577	646	515

本技術に関する知的財産権

●特許①

- ・ 発明の名称 : ヒートシンクフィン
- ・ 出願番号 : 特願2025-104171
- ・ 出願人 : 学校法人常翔学園
- ・ 発明者 : 羽賀 俊雄、布施 宏、大江 柊輔

●特許②

- ・ 発明の名称 : 過共晶アルミニウム-シリコン合金ダイカスト部材およびその製造方法
- ・ 特許番号 : 特許第5937223号
- ・ 出願人 : 学校法人常翔学園
- ・ 発明者 : 羽賀 俊雄、布施 宏

●特許③

- ・ 発明の名称 : アルミ製薄肉ダイカスト部材及びその製造方法
- ・ 特許番号 : 特許第7804313号
- ・ 出願人 : 学校法人常翔学園
- ・ 発明者 : 布施 宏、今村 慎二郎

お問い合わせ先

大阪工業大学
研究支援社会連携推進課

T E L 06-6954-4140
e-mail OIT.Kenkyu@josho.ac.jp