



赤外線ヒーターを使ったオール電化アルミ連続溶解炉の開発



講演者プロフィール

- ・ 名前 磯貝 亮(いそがい りょう)
- ・ 年齢 40歳
- ・ 所属 株式会社日本高熱工業社
開発部 鋳造技術チーム チーム長

講演概要

- ・ 弊社はアルミ溶解炉の関連事業を行っている
- ・ アルミ鋳造では溶解炉のCO₂排出が課題となっており、電気炉も解決策の1つである
- ・ 従来のオール電化溶解炉は実用化されているが本格普及には至っていない
- ・ 普及に至らない課題を解決すべく赤外線ヒーターを使い新たな溶解炉を開発した
- ・ 黒鉛るつぼへの十分な伝熱が確認され、普及を期待できる溶解炉が完成した



NIHON
KOHNETSU

技術とアイデアを情熱で溶け合わせる



赤外線ヒーターを使った オール電化アルミ連続溶解炉の開発

(株) 日本高熱工業社

○磯貝 亮
嘉悦 幸成
柳澤 繁樹

メトロ電気株式会社

倉田 征治
森本 敦

会社名 株式会社日本高熱工業社
創立 1949年

事業内容 アルミ鋳造生産の関連事業
(各種工業炉・保全・冷却装置・ダイカスト関連商品他)



所在地(国内)



①本社
愛知県名古屋市西区枇杷島5丁目19番16号

②豊田事務所
愛知県豊田市下市場町1丁目12番8号

③イノベーションセンター(津島工場)
愛知県津島市百町土富25

④中国・タイ・インド(現地法人)

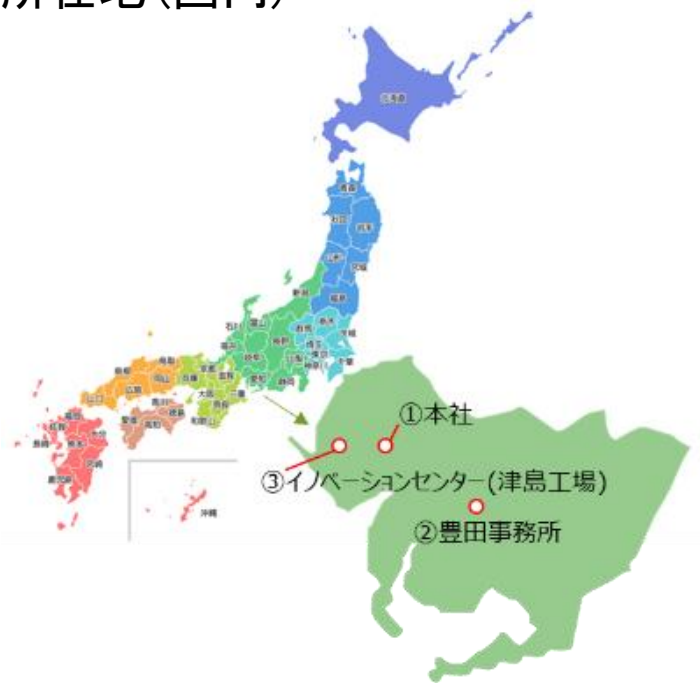
⑤ドイツ・ポーランド・オーストラリア(技術供与)

会社名 株式会社日本高熱工業社
創立 1949年

事業内容 アルミ鋳造生産の関連事業
(各種工業炉・保全・冷却装置・ダイカスト関連商品他)



所在地(国内)



①本社
愛知県名古屋市西区枇杷島5丁目19番16号

②豊田事務所
愛知県豊田市下市場町1丁目12番8号

③イノベーションセンター(津島工場)
愛知県津島市百町土富25

④中国・タイ・インド(現地法人)

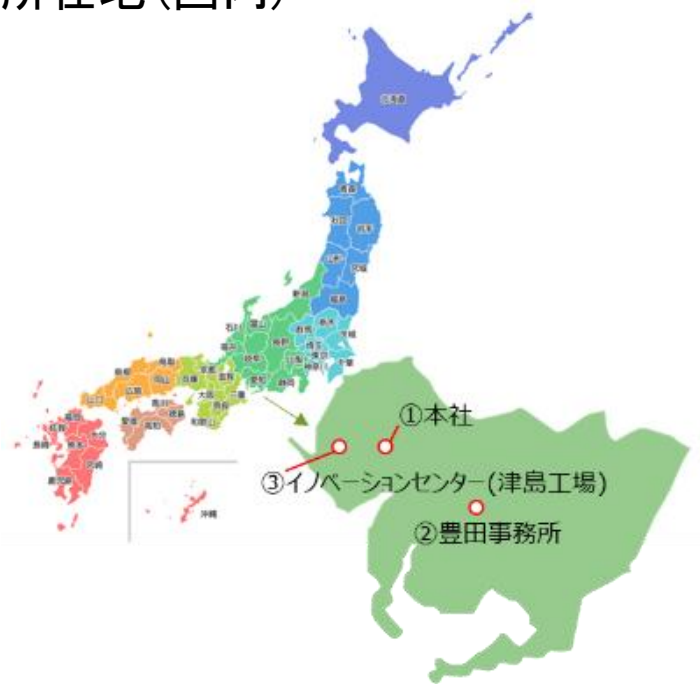
⑤ドイツ・ポーランド・オーストラリア(技術供与)

会社名 株式会社日本高熱工業社
創立 1949年

事業内容 アルミ鋳造生産の関連事業
(各種工業炉・保全・冷却装置・ダイカスト関連商品他)



所在地(国内)



①本社
愛知県名古屋市西区枇杷島5丁目19番16号

②豊田事務所
愛知県豊田市下市場町1丁目12番8号

③イノベーションセンター(津島工場)
愛知県津島市百町土富25

④中国・タイ・インド(現地法人)

⑤ドイツ・ポーランド・オーストラリア(技術供与)

生産技術ソリューション

『設備』を含めた『生産技術』の提供を目指しています

熱設備の提供/保全



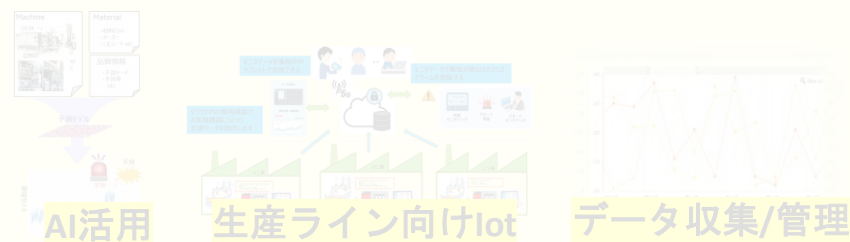
生産改善支援/アイテム開発



研究開発支援



デジタル技術ソリューション



生産技術ソリューション

『設備』を含めた『生産技術』の提供を目指しています

熱設備の提供/保全



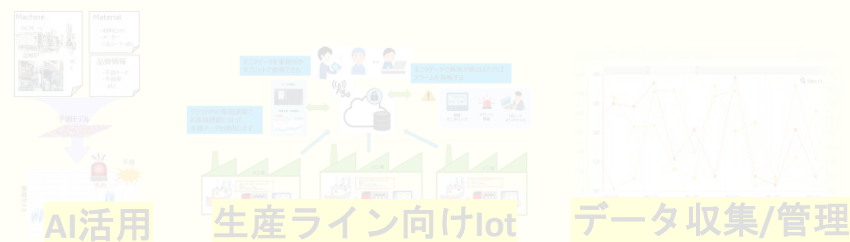
生産改善支援/アイテム開発



研究開発支援



デジタル技術ソリューション



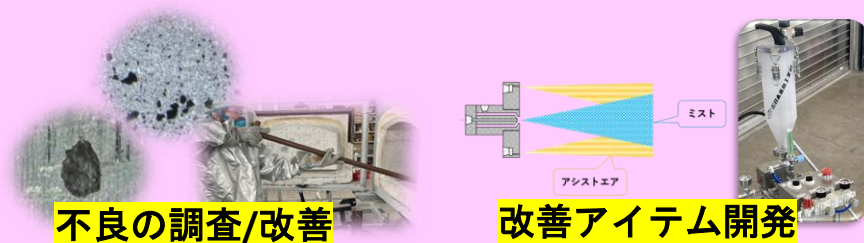
生産技術ソリューション

『設備』を含めた『生産技術』の提供を目指しています

熱設備の提供/保全



生産改善支援/アイテム開発



研究開発支援



デジタル技術ソリューション



生産技術ソリューション

『設備』を含めた『生産技術』の提供を目指しています

熱設備の提供/保全



生産改善支援/アイテム開発



研究開発支援



デジタル技術ソリューション



生産技術ソリューション

『設備』を含めた『生産技術』の提供を目指しています

熱設備の提供/保全



生産改善支援/アイテム開発



研究開発支援



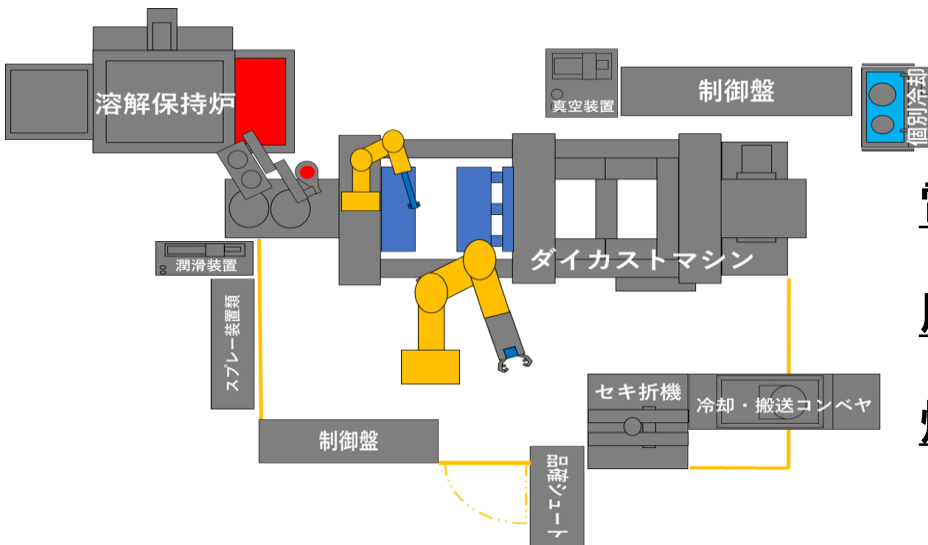
デジタル技術ソリューション



はじめに



二次合金を使用したアルミダイカストは比較的環境負荷の小さい工法とされている



ダイカストラインのエネルギー使用量 (350t推定値)

電力 45~70t-CO₂/年

(油圧ポンプ、送水ポンプ、付帯設備など)

圧縮エア 10~50t-CO₂/年

(スプレー、エアブロー、水没後乾燥など)

燃焼ガス 100~170 t-CO₂/年

(溶解炉、保持炉、予熱、トラレ除去など)※都市ガス

～その他～

油脂類 7~10m³/年

(離型剤、プランジャ潤滑剤、作動油、潤滑油など)

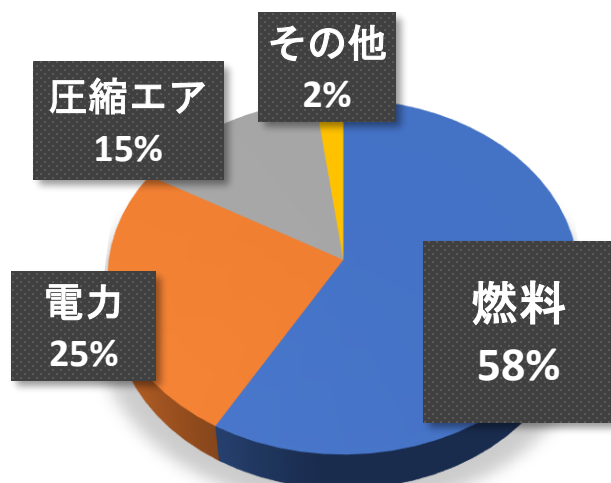
窒素ガス 50~1,500m³/年

(ACC充填ガス、回転脱ガス、フラックスフィーダー)

廃液処理

etc

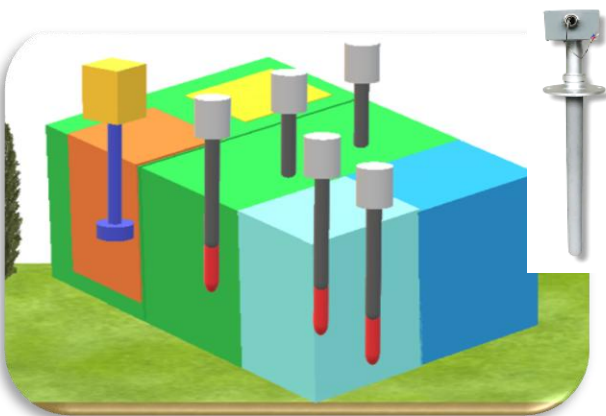
計 250 t-CO₂/年以上 !



主に溶解工程に使用する燃料で
突出してCO₂排出量が多い

Fig. ダイカストラインにおけるCO₂排出割合の例

この解決手段の一つとして溶解炉の電化が挙げられる



浸漬式液中溶解保持炉

2021年ごろに開発を進めていたが下記の課題があった

◎溶湯に直接浸漬させるため熱効率が非常に優れる

△能力に対する必要設置面積が広大

△ヒーターを多数浸漬する為、溶湯処理やメンテナンスが難

△ファインセラミックスの保護管が必要でランニングコストが高価

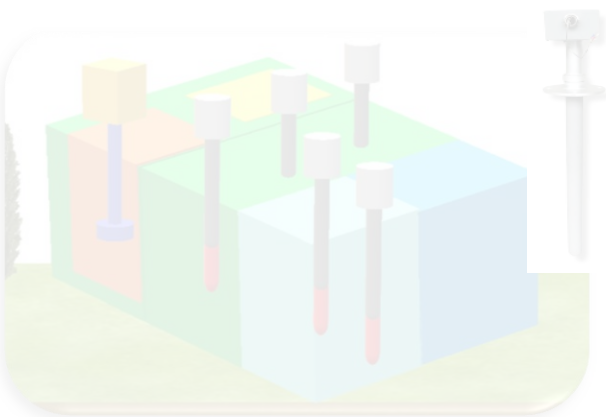
△種湯溶解に非常に時間がかかり、その際のヒーター負荷が高い

△設備コストが高価



開発品

上記の課題を解決すべく
赤外線ヒーターを使った
電気式手許連続溶解保持炉を開発した



浸漬式液中溶解保持炉

2021年ごろに開発を進めていたが下記の課題があった

◎溶湯に直接浸漬させるため熱効率が非常に優れる

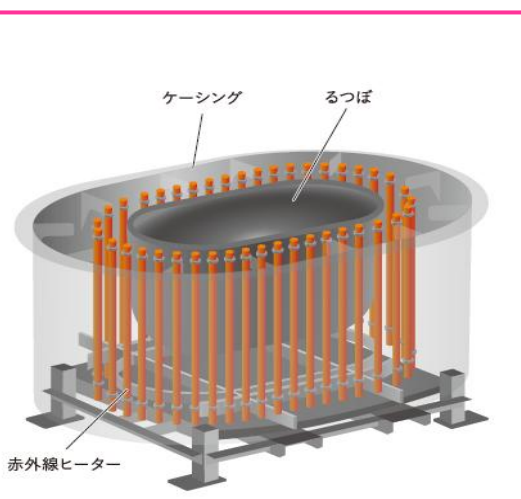
△能力に対する必要設置面積が広大

△ヒーターを多数浸漬する為、溶湯処理やメンテナンスが難

△ファインセラミックスの保護管が必要でランニングコストが高価

△種湯溶解に非常に時間がかかり、その際のヒーター負荷が高い

△設備コストが高価



開発品



上記の課題を解決すべく
赤外線ヒーターを使った
電気式手許連続溶解保持炉を開発した

各電気炉と熱源の比較

浸漬ヒーター式



- ・ 溶湯に直接浸漬させるため熱効率に非常に優れる
 - ・ 保護管の内部は金属線やセラミックとなっている
 - ・ 液中連続溶解保持炉で採用され、実用化されている
- 熱効率に非常に優れるが、能力に対する必要設置面積が広大
ヒーターを多数浸漬する為、溶湯処理やメンテナンス性が課題

金属線ヒーター セラミックヒーター式



- ・ 断線保護の為、立上りを緩やかに設計する必要がある
 - ・ 炉の天井からの直接加熱で採用されている
 - ・ るつぼ炉による間接加熱でも採用されている
- 連続溶解保持の用途ではほとんど実績が無く、熱効率的に劣る
能力に対する必要設置面積が広大

誘導加熱式



- ・ 急速加熱には冷却等の機能が必要
 - ・ 直接加熱では電気抵抗が小さく非磁性で熱伝導率が高い
アルミニウムでは非効率となる
 - ・ 鑄鉄るつぼへの間接加熱方式で実績
- ワンショット溶解等が検討されているが、連続溶解保持の用途では実績が無い

赤外線ヒーター式



- ・ 短時間で強力な赤外線を発生させられる
- ・ 赤外線を透過する保護管が必要
- ・ アルミ溶解炉への採用実績は無い

赤外線ヒーターの特徴を用いて黒鉛るつぼへの間接加熱方式を検討した

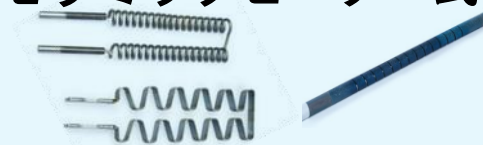
各電気炉と熱源の比較

浸漬ヒーター式



- ・ 溶湯に直接浸漬させるため熱効率に非常に優れる
 - ・ 保護管の内部は金属線やセラミックとなっている
 - ・ 液中連続溶解保持炉で採用され、実用化されている
- 熱効率に非常に優れるが、能力に対する必要設置面積が広大
ヒーターを多数浸漬する為、溶湯処理やメンテナンス性が課題

金属線ヒーター セラミックヒーター式



- ・ 断線保護の為、立上りを緩やかに設計する必要がある
 - ・ 炉の天井からの直接加熱で採用されている
 - ・ るつぼ炉による間接加熱でも採用されている
- 連続溶解保持の用途ではほとんど実績が無く、熱効率的に劣る
能力に対する必要設置面積が広大

誘導加熱式



- ・ 急速加熱には冷却等の機能が必要
 - ・ 直接加熱では電気抵抗が小さく非磁性で熱伝導率が高い
アルミニウムでは非効率となる
 - ・ 鑄鉄るつぼへの間接加熱方式で実績
- ワンショット溶解等が検討されているが、連続溶解保持の用途では実績が無い

赤外線ヒーター式



- ・ 短時間で強力な赤外線を発生させられる
- ・ 赤外線を透過する保護管が必要
- ・ アルミ溶解炉への採用実績は無い

赤外線ヒーターの特徴を用いて黒鉛るつぼへの間接加熱方式を検討した

各電気炉と熱源の比較

浸漬ヒーター式



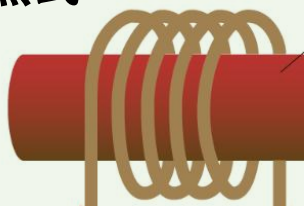
- ・ 溶湯に直接浸漬させるため熱効率に非常に優れる
 - ・ 保護管の内部は金属線やセラミックとなっている
 - ・ 液中連続溶解保持炉で採用され、実用化されている
- 熱効率に非常に優れるが、能力に対する必要設置面積が広大
ヒーターを多数浸漬する為、溶湯処理やメンテナンス性が課題

金属線ヒーター セラミックヒーター式



- ・ 断線保護の為、立上りを緩やかに設計する必要がある
 - ・ 炉の天井からの直接加熱で採用されている
 - ・ るつぼ炉による間接加熱でも採用されている
- 連続溶解保持の用途ではほとんど実績が無く、熱効率的に劣る
能力に対する必要設置面積が広大

誘導加熱式



- ・ 急速加熱には冷却等の機能が必要
 - ・ 直接加熱では電気抵抗が小さく非磁性で熱伝導率が高い
アルミニウムでは非効率となる
 - ・ 鑄鉄るつぼへの間接加熱方式で実績
- ワンショット溶解等が検討されているが、連続溶解保持の用途では実績が無い

赤外線ヒーター式



- ・ 短時間で強力な赤外線を発生させられる
- ・ 赤外線を透過する保護管が必要
- ・ アルミ溶解炉への採用実績は無い

赤外線ヒーターの特徴を用いて黒鉛るつぼへの間接加熱方式を検討した

各電気炉と熱源の比較

浸漬ヒーター式



- ・ 溶湯に直接浸漬させるため熱効率に非常に優れる
 - ・ 保護管の内部は金属線やセラミックとなっている
 - ・ 液中連続溶解保持炉で採用され、実用化されている
- 熱効率に非常に優れるが、能力に対する必要設置面積が広大
ヒーターを多数浸漬する為、溶湯処理やメンテナンス性が課題

金属線ヒーター セラミックヒーター式



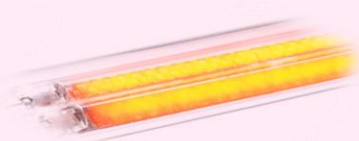
- ・ 断線保護の為、立上りを緩やかに設計する必要がある
 - ・ 炉の天井からの直接加熱で採用されている
 - ・ るつぼ炉による間接加熱でも採用されている
- 連続溶解保持の用途ではほとんど実績が無く、熱効率的に劣る
能力に対する必要設置面積が広大

誘導加熱式



- ・ 急速加熱には冷却等の機能が必要
 - ・ 直接加熱では電気抵抗が小さく非磁性で熱伝導率が高い
アルミニウムでは非効率となる
 - ・ 鑄鉄るつぼへの間接加熱方式で実績
- ワンショット溶解等が検討されているが、連続溶解保持の用途では実績が無い

赤外線ヒーター式



- ・ 短時間で強力な赤外線を発生させられる
- ・ 赤外線を透過する保護管が必要
- ・ アルミ溶解炉への採用実績は無い

赤外線ヒーターの特徴を用いて黒鉛るつぼへの間接加熱方式を検討した

黒鉛るつぼの加熱応答性

赤外線ヒーター

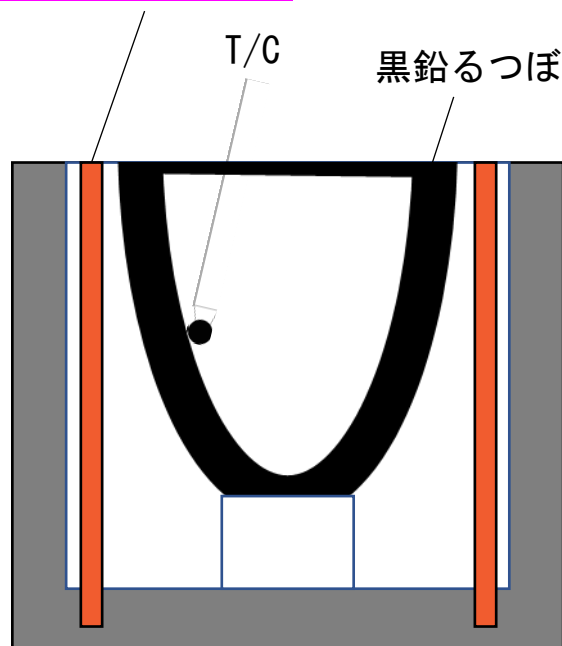


Fig. 赤外線ヒーター試験炉

金属線ヒーター

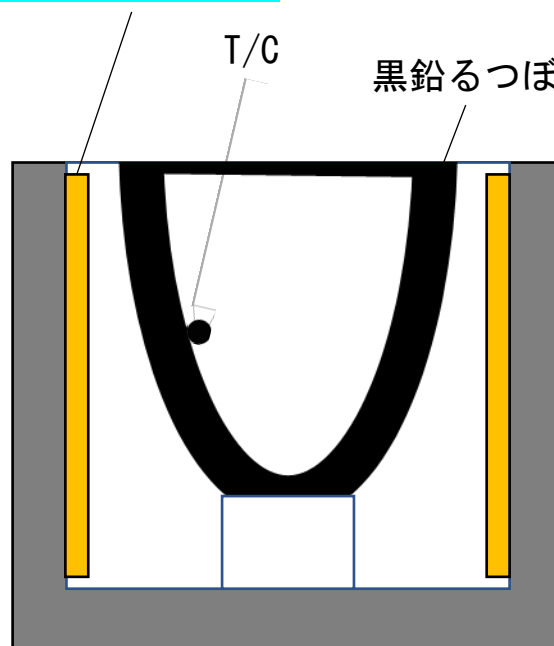


Fig. 金属線ヒーター試験炉

LNGバーナー

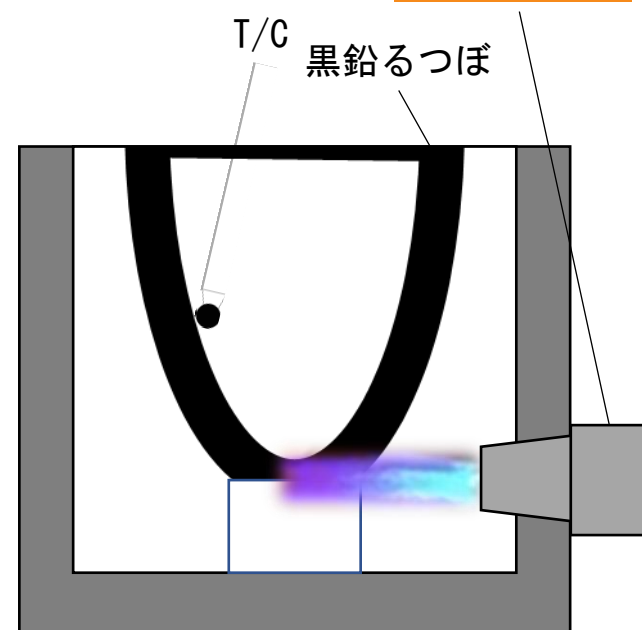


Fig. バーナー式試験炉

※各熱源は排気(バーナーのみ)を除く出力が27kWとなるように統一した

各熱源による黒鉛るつぼの加熱性能を経時的に比較した

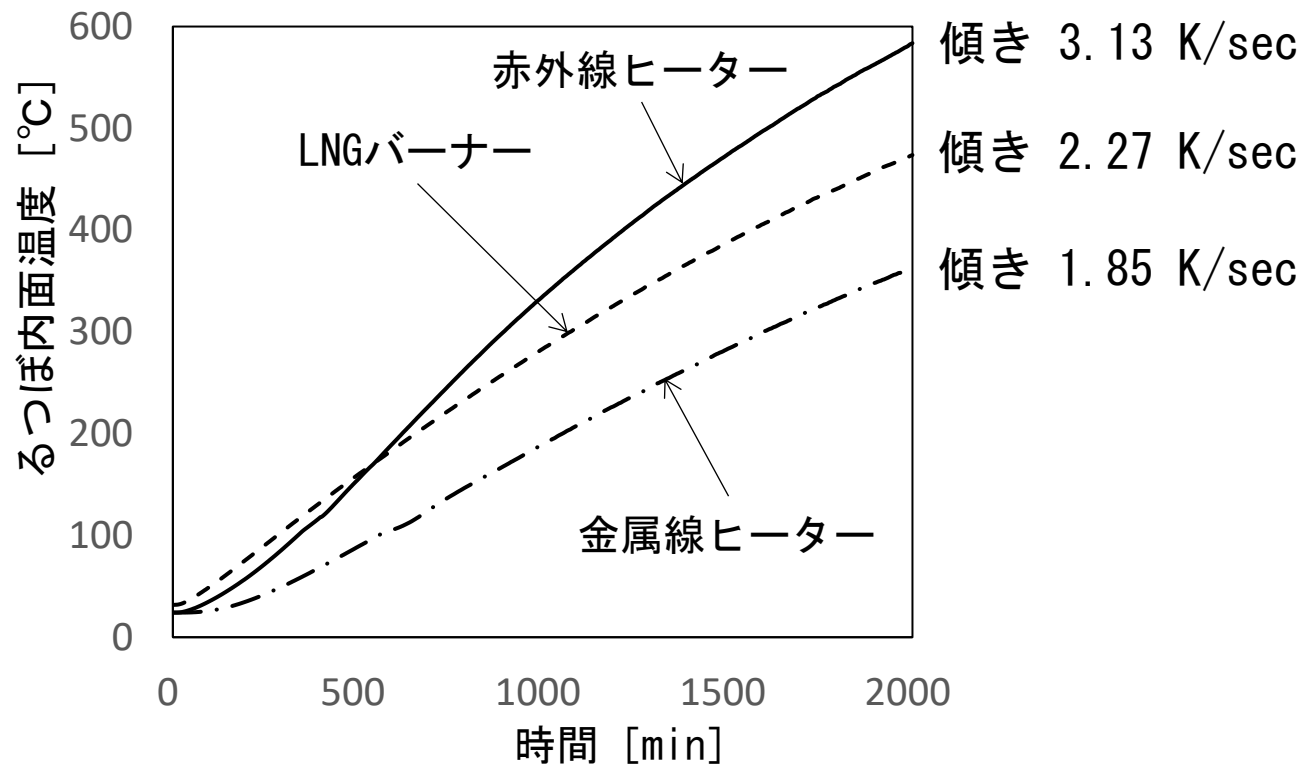
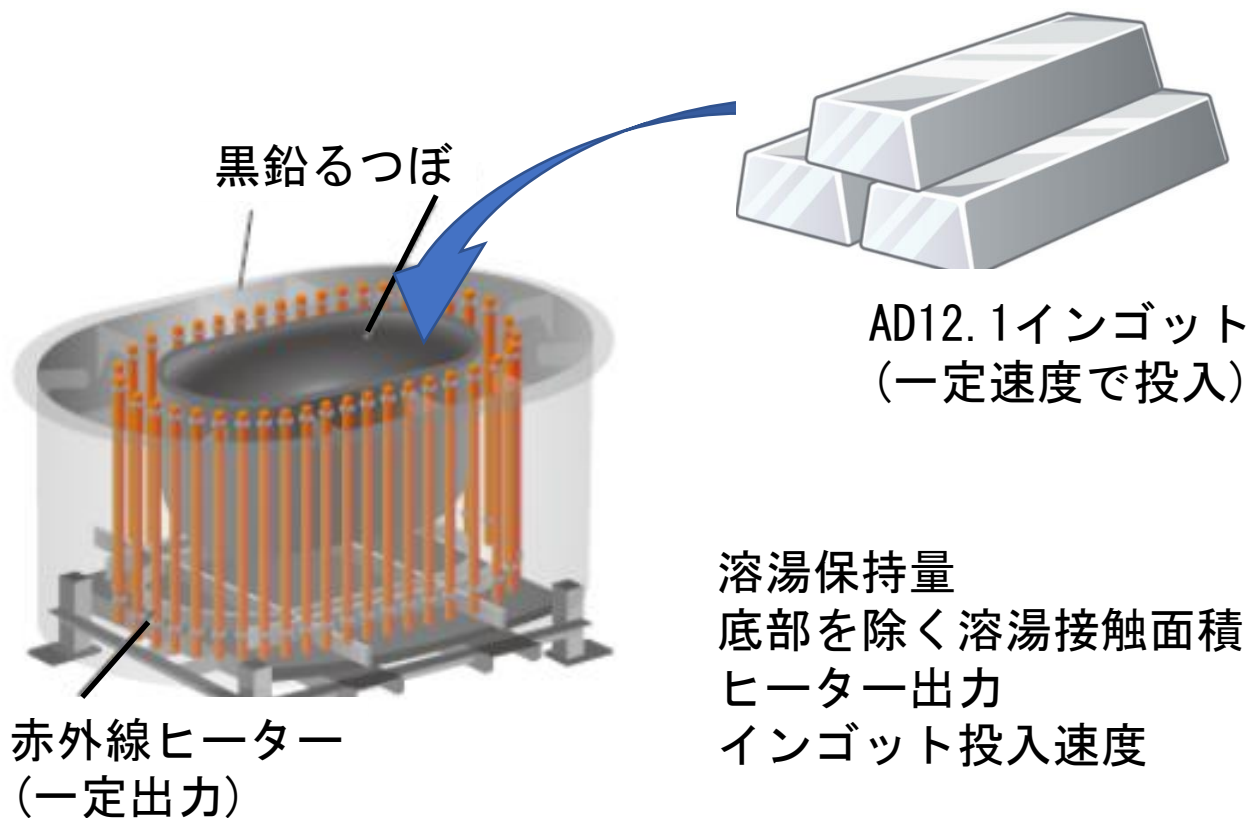


Fig. 各熱源における黒鉛るつぼ内面温度変化

赤外線ヒーターは
金属線ヒーターの1.7倍
LNGバーナーの 1.4倍

の速度で黒鉛るつぼにエネルギーを与えられることが確認できた



溶湯保持量	: 約600 kg (AD12.1)
底部を除く溶湯接触面積	: 約1.4 m ²
ヒーター出力	: 100 kW
インゴット投入速度	: 250kg/h (AD12.1)

Fig. 赤外線ヒーター溶解試験炉

図の構成の設備を用いて単位面積当たりの溶湯への伝熱能力を測定した

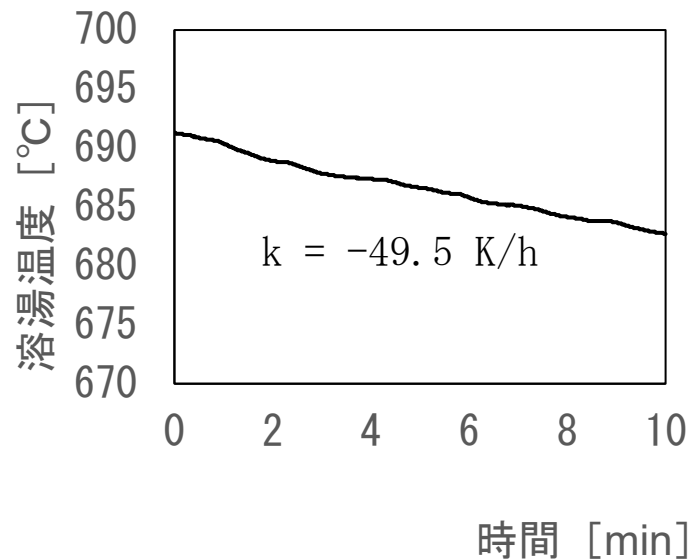


Fig. 出力100 kW, 溶解速度250 kg/h
における溶湯温度変化

ここから(1)式により
単位面積当たりの伝熱量 Q_0 kW/m²を求めた。

$$Q_0 = ((Q_1 \times M) - (-k \times c \times V)) / S + q \dots (1)$$

k : -49.5 K/h

c : 0.28×10^{-3} kWh/kg · K

Q_1 : 0.30 kWh/kg-Al

Q : 10 kW

V : 600 kg-Al

S : 1.4 m²

M : 250 kg/h

傾き

AD12.1溶湯の比熱

溶湯を得るための熱量

放散熱

溶湯量

接触面積

材料投入量

ここから単位面積当たりの伝熱量 Q_0 は
57.6 kW/m² (5.76W/cm²) となった。

実際の溶解に使える伝熱能力は放散熱を除いた47.6kW/m²である

実験の結果から

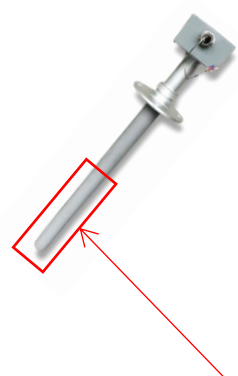
- ・ 赤外線ヒーターは
金属線ヒーターの 1.7倍
LNGバーナーの 1.4倍
の速度で黒鉛るつぼにエネルギーを与えられることがわかった

これは、黒鉛るつぼの放射率(吸収率)が非常に高い上、赤外線ヒーターの特徴である入力直後から強い放射(輻射)が発生していることによるものである
この応答性は次々に冷材が投入される連続溶解において、従来よりも有利となると思われる

- ・ 赤外線ヒーターによる黒鉛るつぼからの間接加熱で構成されたるつぼ炉は
57.6 kW/m² (5.76W/cm²) をアルミに与えられることがわかった。
- ・ 実際の溶解に使える伝熱能力は放散熱を除いた47.6kW/m²である。

これは単位面積当たりの伝熱としては優れているとは言えない値である。

試験結果から得られた 57.6 kW/m^2 という値は伝熱能力として決して高い値では無い
しかし、



浸漬ヒーター
($\phi 60$ 、発熱長300)
の場合

$0.056 \text{ m}^2/\text{本}$
10本使うと仮定すると
 0.56 m^2

ヒーター先端の発熱部
のみで熱を伝達

坩堝内面全てから
熱を伝達

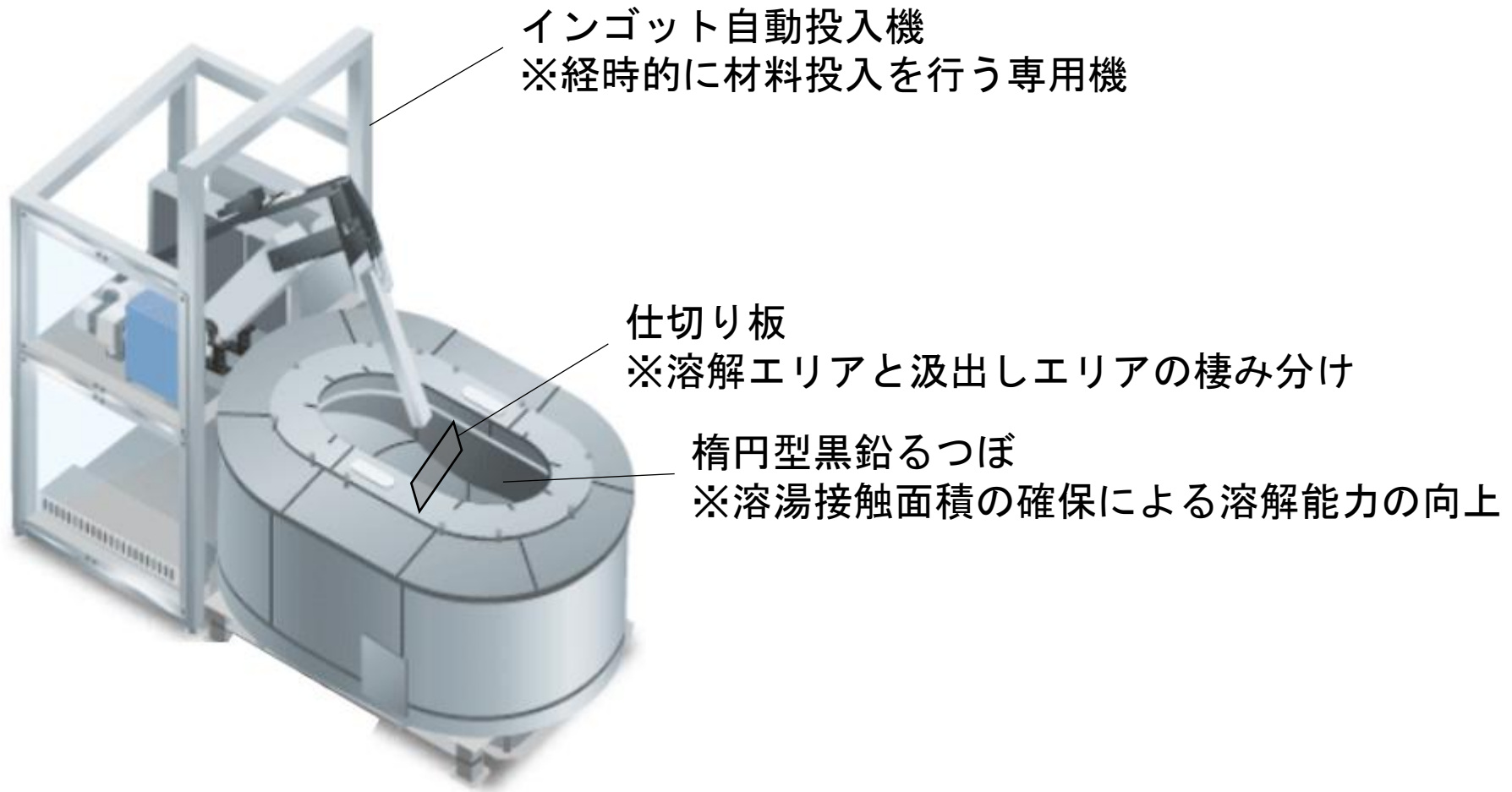


黒鉛るつぼ
(容量約600kg-Al)
の場合
約 1.3 m^2

2.3倍の接触面積を確保できる

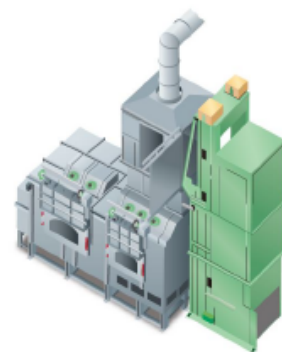
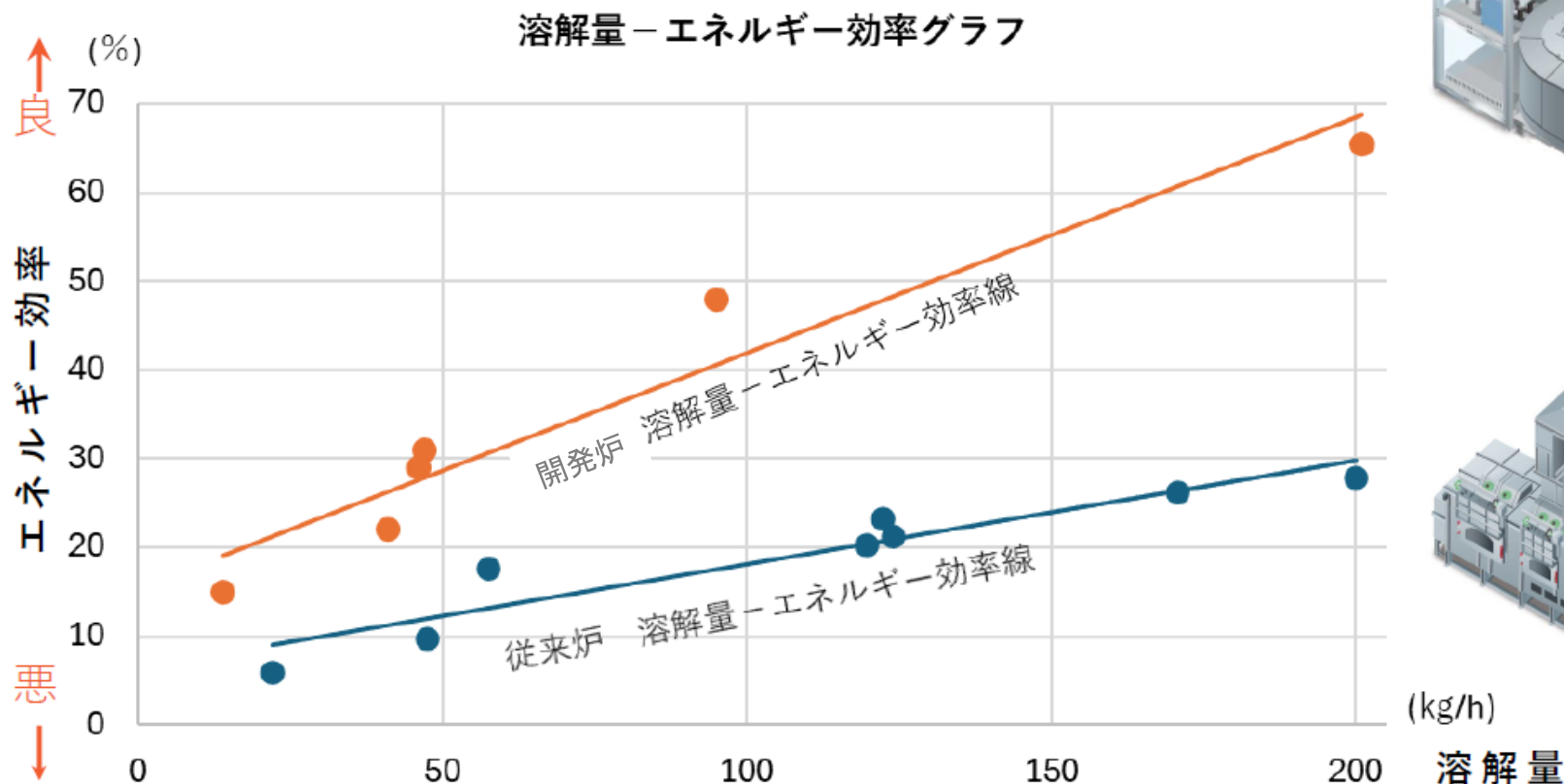
実際の溶解に使える伝熱能力である 47.6 kW/m^2 と接触面積の積は 61.9 kW で
このエネルギーを溶湯に与えることができる
そこから見込まれる溶解能力は約 206 kg/h である

市場入手性の良い600kg容量の黒鉛るつぼで
200kg/h以上の溶解能力を有する連続溶解炉を実現する見込みとなった

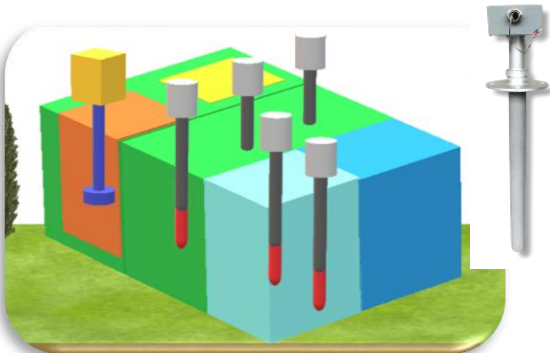


試験時の溶解方法を再現する構成で実用化を行った
電気式溶解炉の課題であった設置面積とメンテナンス性の悪さが改善された
実際のダイカスト工程にて本報告の見込み通りの能力が確認されている

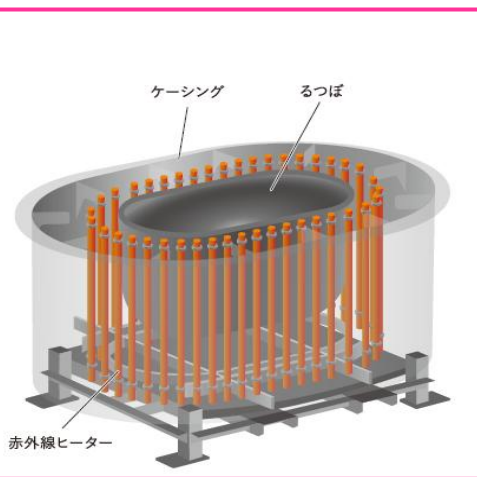
エネルギー効率の比較



間接加熱方式により懸念される熱効率も
 現在主流である燃焼式の連続溶解保持炉と比較して
 全域で倍以上の効率となり、今後の省エネに貢献し得るものと考えている



浸漬式液中溶解保持炉



開発品



◎溶湯に直接浸漬させるため熱効率が非常に優れる

⇒熱効率では浸漬式には及ばないが、

普及しているガス式と比較すれば十分な省エネ性能が得られた

△能力に対する必要設置面積が広大

⇒溶湯保持量が、溶解量の3倍程度となることでタワー型溶解保持炉

の更新としても検討できる設置面積とすることができた

△ヒーターを多数浸漬する為、溶湯処理やメンテナンスが難

⇒ヒーターは多数ではあるが、溶湯には浸漬しておらず、交換や溶湯処理等のメンテナンス作業が容易となった

△ファインセラミックスの保護管が必要でランニングコストが高価

⇒ヒーターの価格も出力当りで計算すると従来の1/3以下となった

△種湯溶解に非常に時間がかかり、その際のヒーター負荷が高い

⇒るつぼからの接触伝熱により冷材から種湯を作る際の効率は飛躍的に向上し、仕掛りに必要な時間は1/5程度となった

△設備コストが高価

⇒ヒーター価格も相まって設備価格も安価となった

電気式アルミ溶解炉の普及の障壁であった課題の大部分を解決できる可能性がある

- ・ 赤外線ヒーターを使って黒鉛るつぼを加熱したところ
 金属線ヒーターの 1.7倍
 LNGバーナーの 1.4倍
 の速度で黒鉛るつぼにエネルギーを与えられることがわかった。
- ・ 赤外線ヒーターによる黒鉛るつぼからの間接加熱で構成されたるつぼ炉は
 57.6 kW/m^2 (5.76 W/cm^2) をアルミに与えられることがわかった。
 実際の溶解に使える伝熱能力は放散熱を除いた 47.6 kW/m^2 であった。
- ・ 上記の結果を用いて赤外線ヒーター式アルミ連続溶解保持炉を実用化した。
- ・ 接触面積の大きさから十分に実用に足る能力が得られ、従来電気炉の課題の多くが
 解消される見込みとなった。
- ・ 実際にアルミダイカスト工程に導入し、エネルギー効率的にも十分な能力が発揮
 され、今後のアルミ鑄造の省エネに貢献し得るものとなった。

株式会社日本高熱工業社



Zoomライブセッション開催予定

開催日時

- ・ 2026年11月12日（木） 11:00－11:30

https://us02web.zoom.us/webinar/register/WN_PDIBpFYAQEGw6zq1NmDrgg

登壇予定者

- ・ 株式会社日本高熱工業社
磯貝 亮

導入検討に関するお問い合わせ

- ・ （会社名）株式会社日本高熱工業社
- ・ （部門・担当）営業部 営業2チーム・四位
- ・ （E-mail） takao_shii@nihonkohnetsu.co.jp
tech@nihonkohnetsu.co.jp