



3 R 先進事例発表会

# 製鋼スラグからの有価物回収利用 プロセスの開発

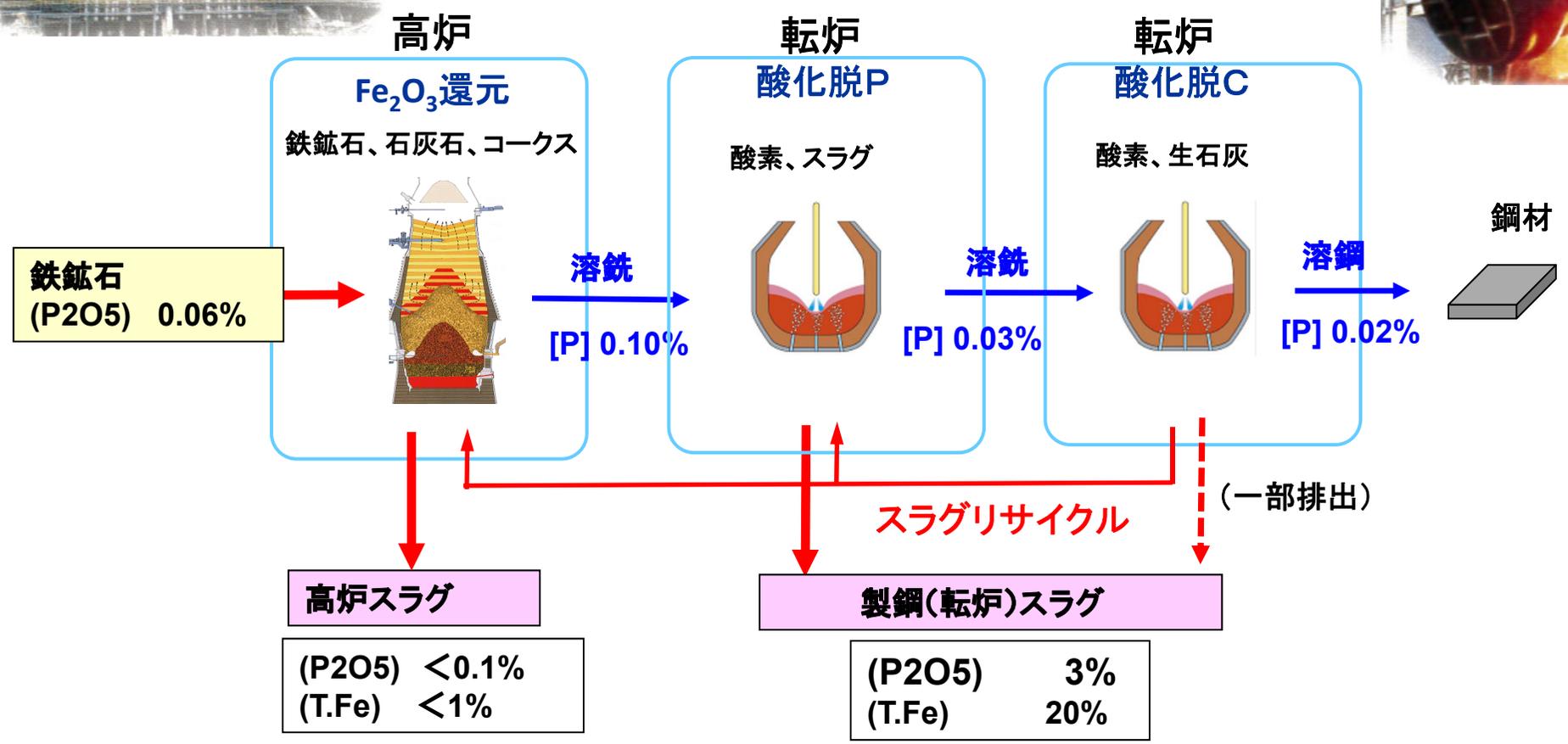
日本製鉄(株) 技術開発本部製鋼研究部

原田 俊哉

(製鋼スラグ資源化グループ代表)

2020年 10月 16日

# 現在の製鉄プロセス



- 製鋼スラグは現在も工程内でリサイクルされ、スラグ量削減に努めている。
- 製鉄プロセスはリンの濃縮プロセスである。
- 製鋼スラグには鉄分が20%含まれているが、回収されていない。

# 製鋼スラグと鉍石の成分比較

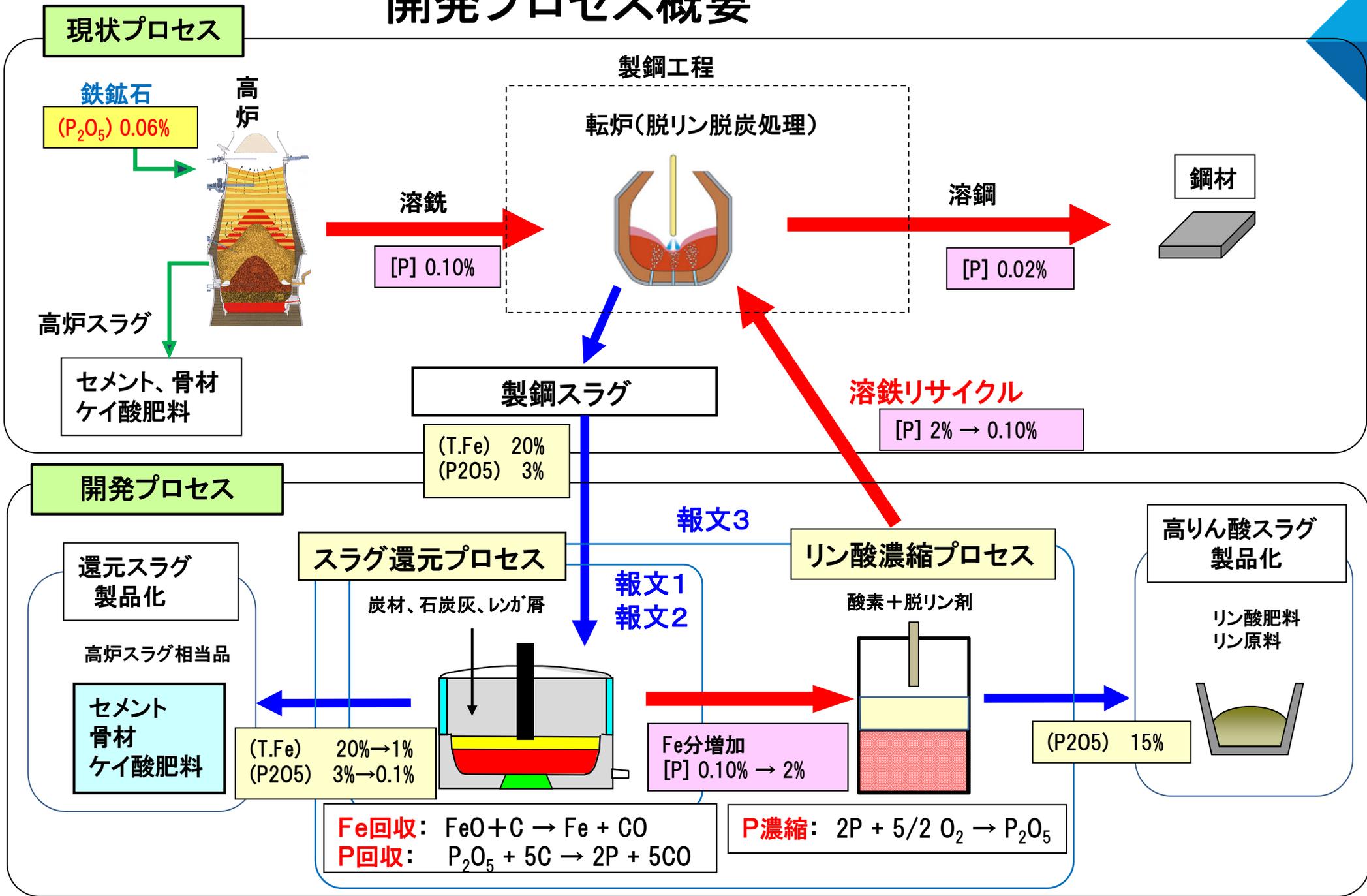
単位: mass%

	T. Fe	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	温度
製鋼スラグ	20%	3%	1300°C超
鉄鉍石	65%	—	—
リン鉍石	—	30%	—

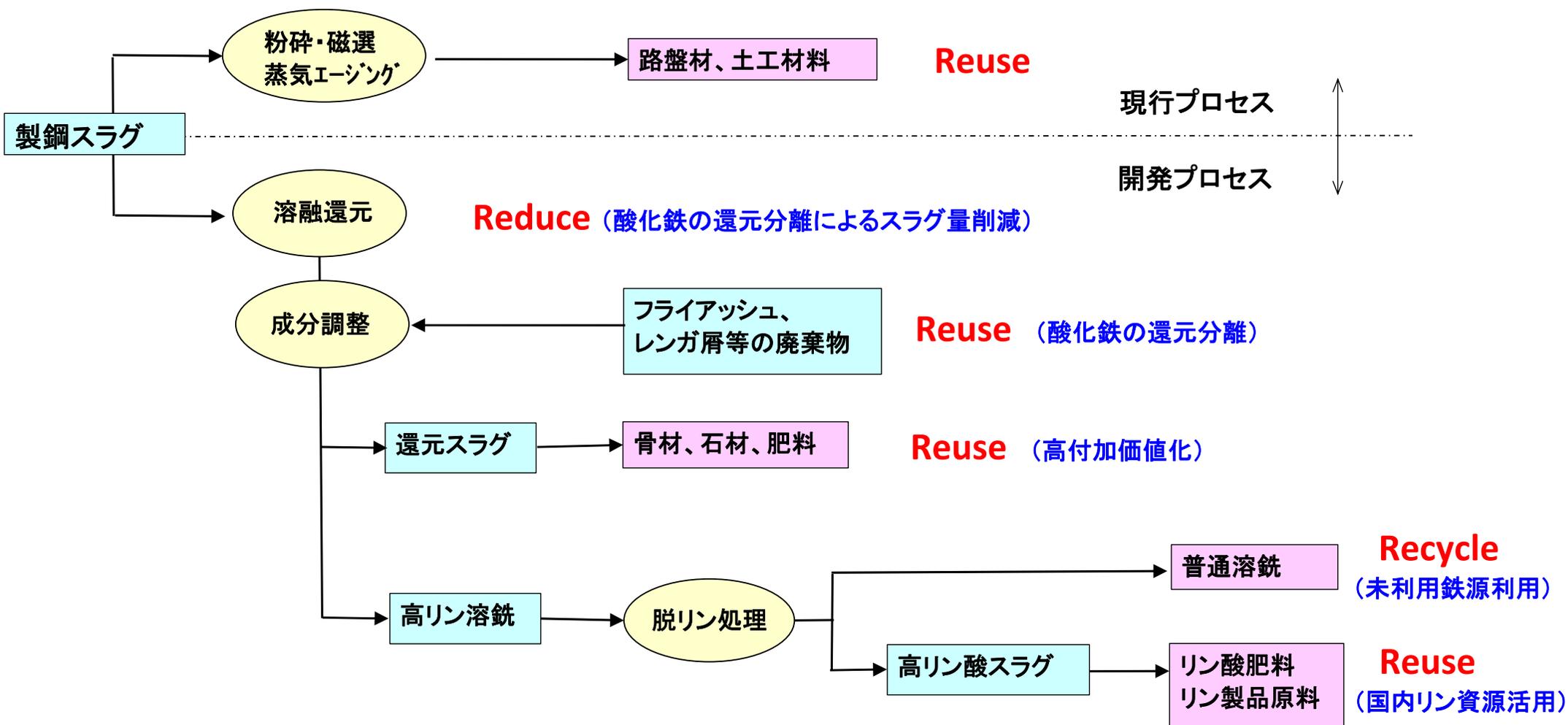


製鋼スラグ中 (T.Fe)、(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) は鉄鉍石、リン鉍石の含有量と比較すると圧倒的に低いですが、製鋼スラグ発生時の温度は1300°C以上ある。  
**そのままの温度で還元できれば**、低品位の悪影響が軽減され、鉍石還元と同等の熱効率が得られる。

# 開発プロセス概要



# 開発プロセスにおける3R

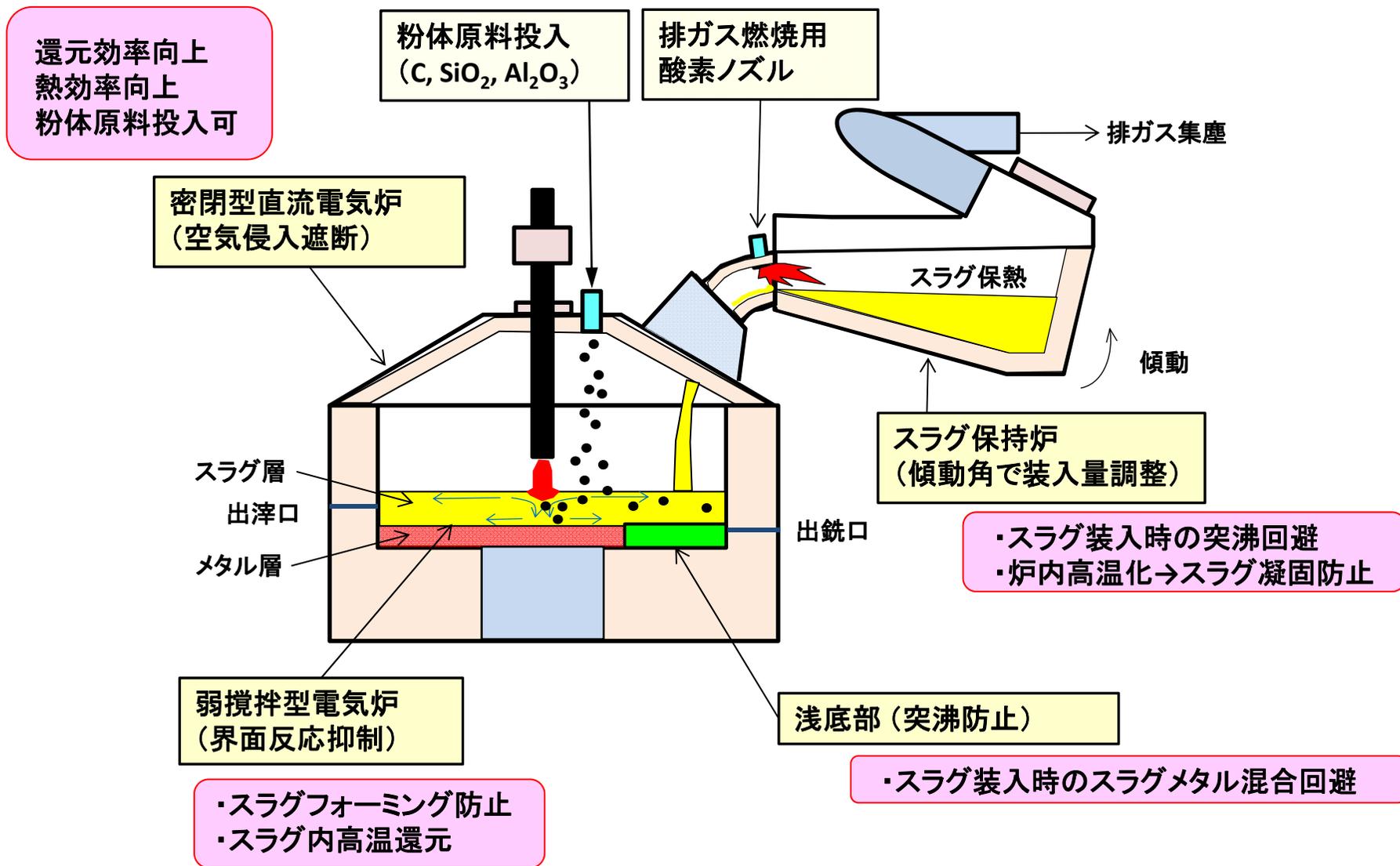


開発プロセスでは、還元改質によるスラグの高付加価値化、未利用鉄源の回収、および含有リンの濃縮・製品化を通して、製鋼スラグの完全利用を図る。

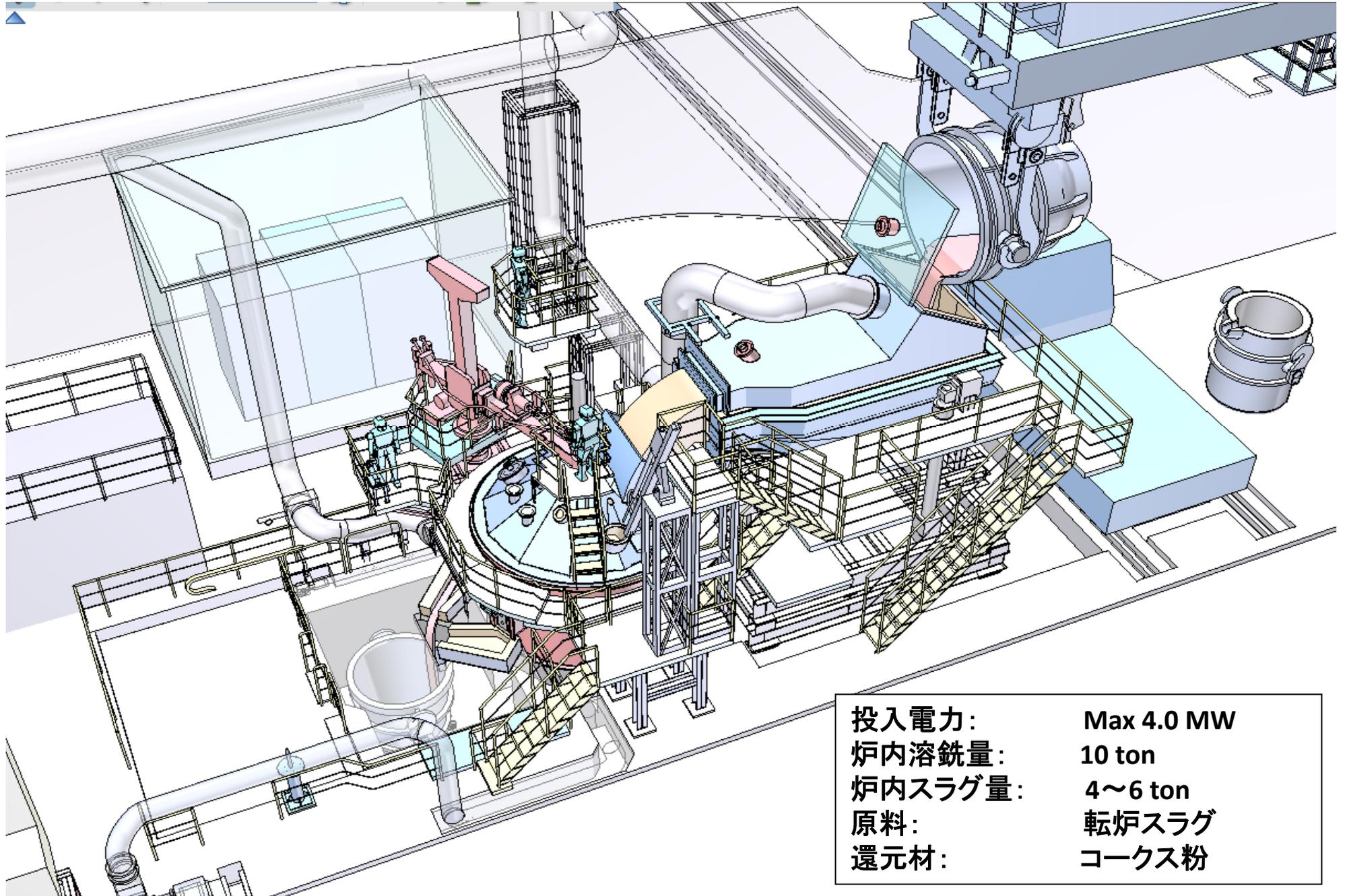
# パイロット試験設備

課題: ①熱効率・還元効率の向上  
②熔融スラグ装入の課題解決(泡立ち、凝固)

パイロット設備新設  
(密閉型直流電気炉+保持炉)



# 直流還元電気炉パイロット試験設備



投入電力:	Max 4.0 MW
炉内溶銑量:	10 ton
炉内スラグ量:	4~6 ton
原料:	転炉スラグ
還元材:	コークス粉

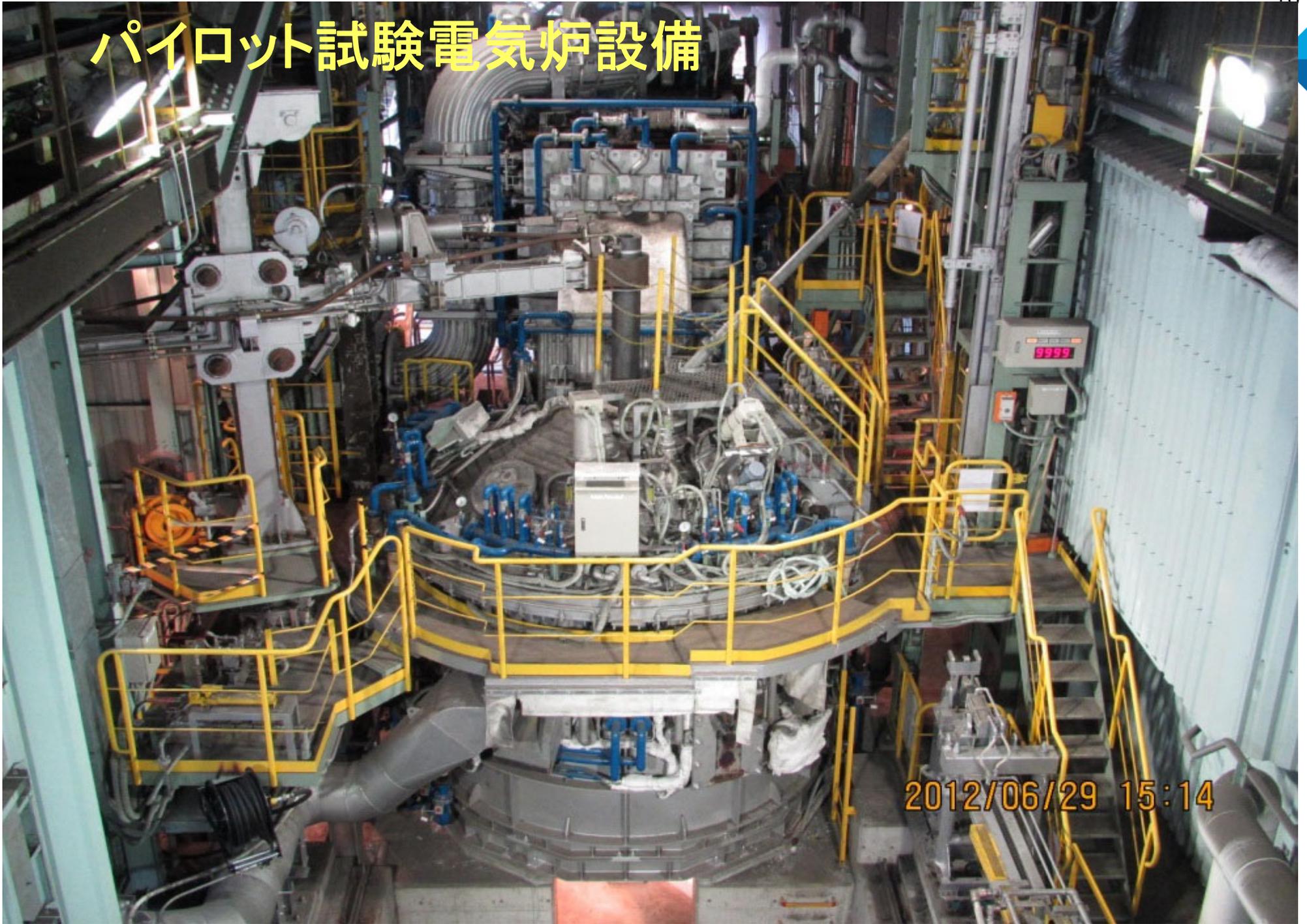
# 製鋼スラグの移し替え



# 熔融スラグの保持炉への装入



# パイロット試験電気炉設備

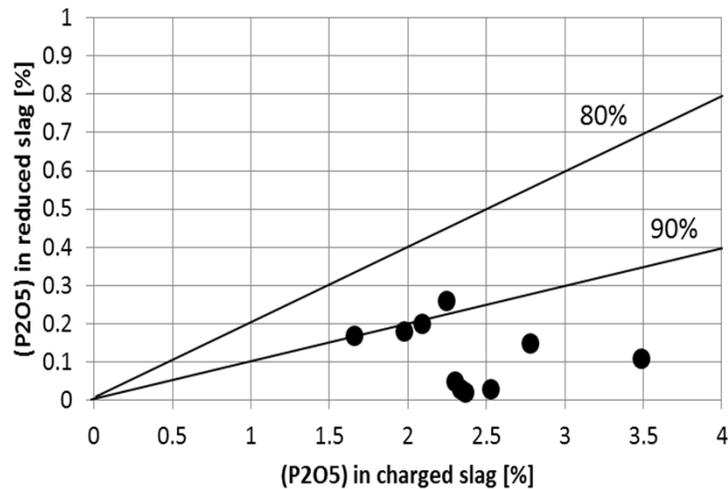
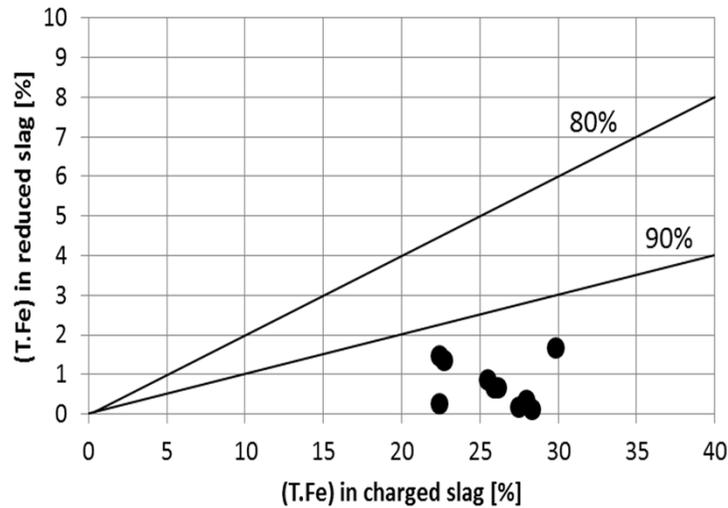


2012/06/29 15:14

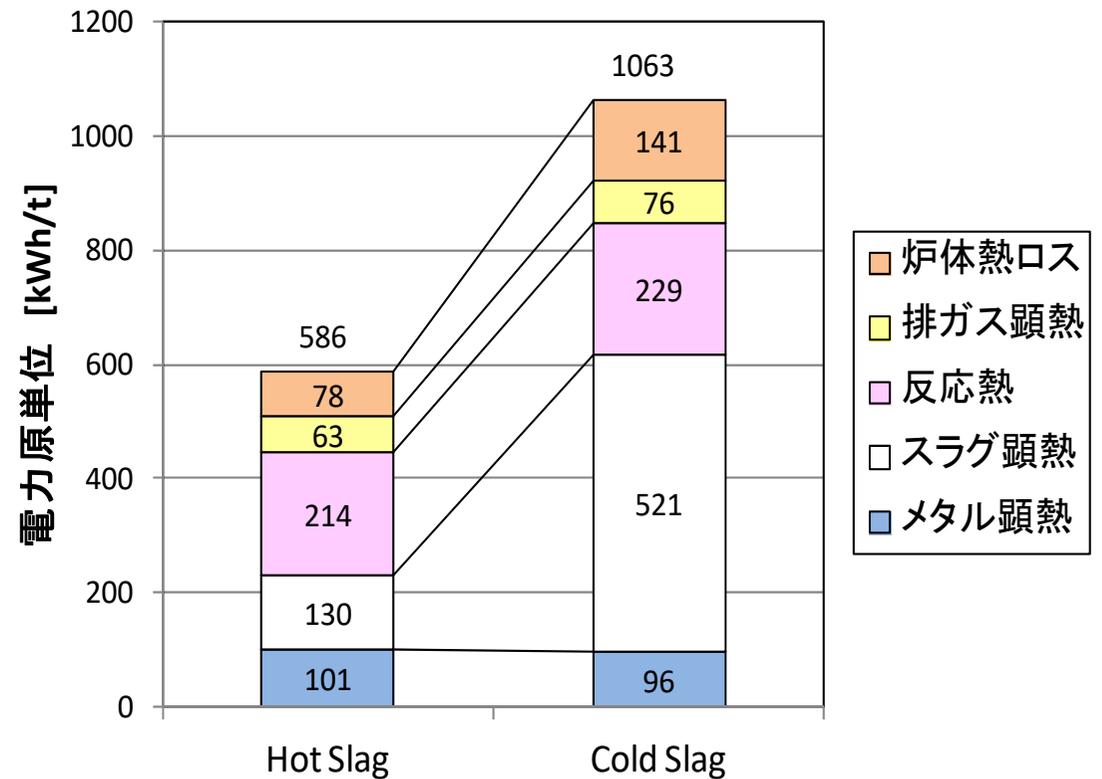
# スラグ排出作業



# 還元効率と熱効率

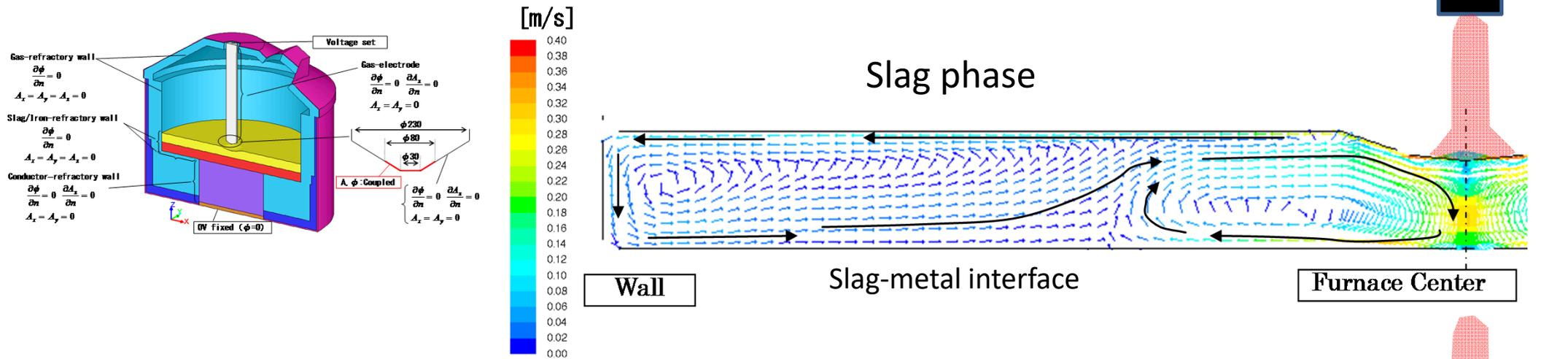


Fe, P 共に90%超の還元効率を得られた。

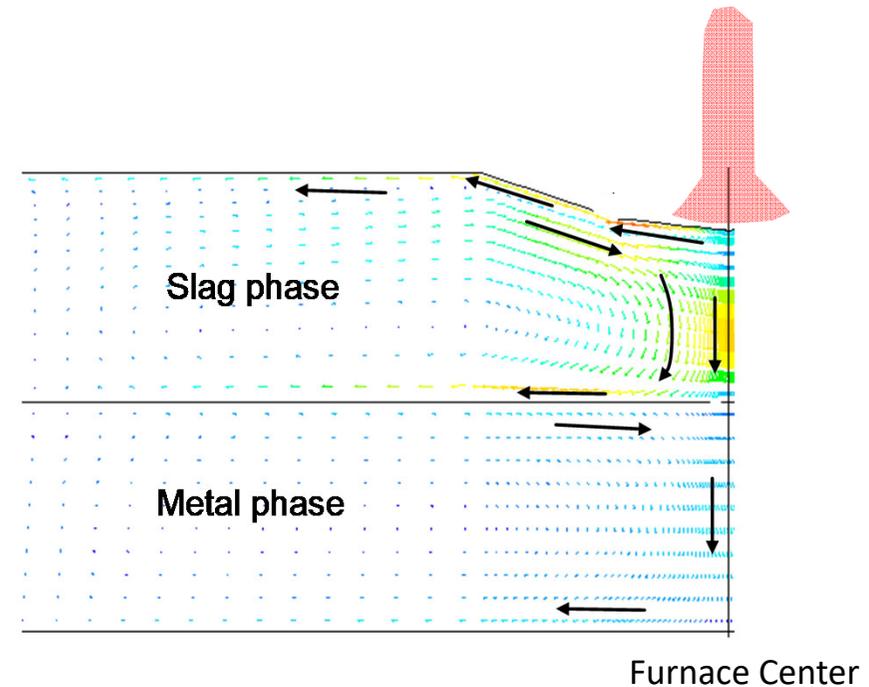


スラグを熱間装入することで、電力原単位は45%低減した。

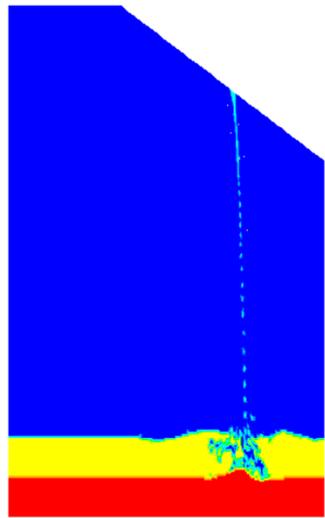
# スラグ・メタル層のフローパターン解析



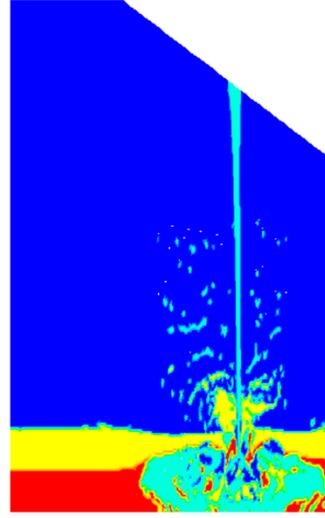
- ① **中央部下降流 (Lorenz force)**  
⇒ 炭材粒子がホットスポットに集中。
- ② **スラグ表面の半径方向流 (Gas drag force)**  
⇒ 炭素粒子がスラグ相内を漂流。
- ③ **界面でのスラグメタル干渉 小**  
⇒ 還元反応は主としてスラグ相内で進行。  
⇒ 界面脱炭抑制によるスラグフォーミング抑制



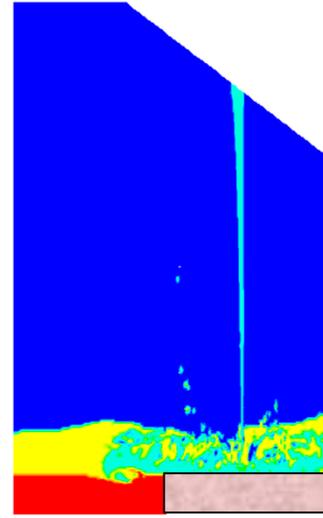
# 溶融スラグ装入時のフォーミング発生対策



Feeding rate : 1 t/min

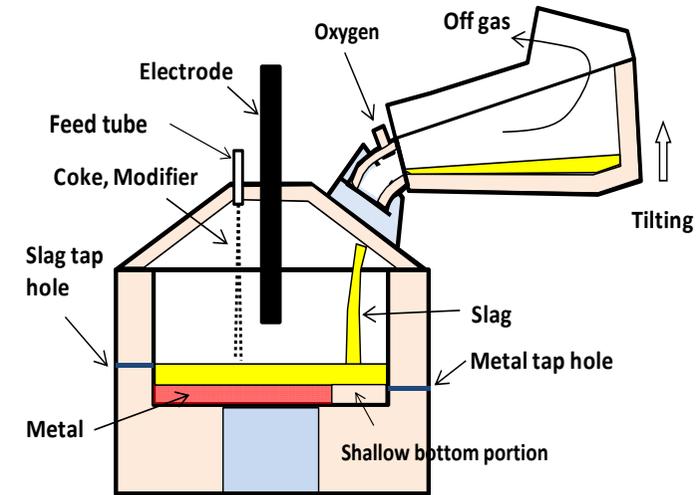


Feeding rate : 10 t/min



Feeding rate : 10 t/min

**Shallow bed**



溶融スラグ装入時のスラグメタルの挙動シミュレーションを示す。スラグ装入速度が 10 t/min になるとスラグとメタルが混濁状態となったが、落ち口に浅底部を設けたところ、混濁状態は解消した。実際にレンガブロックを設置したところ、溶融スラグ装入時の突沸フォーミングを防止することができた。

# 脱リン試験によるリン濃縮方法の開発

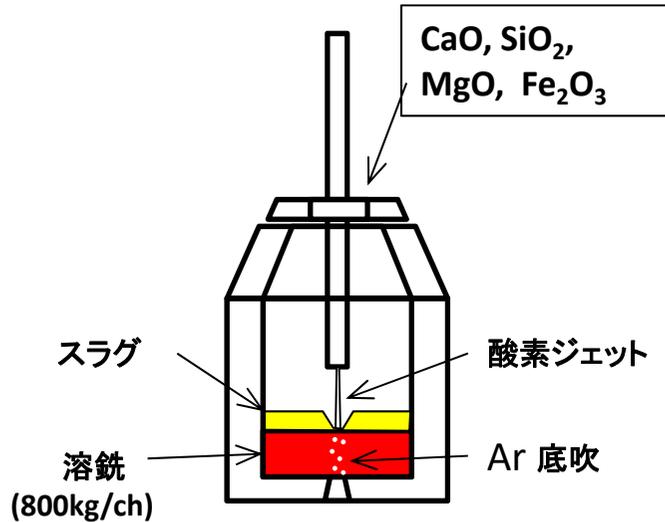


Fig. 1 脱リン試験設備

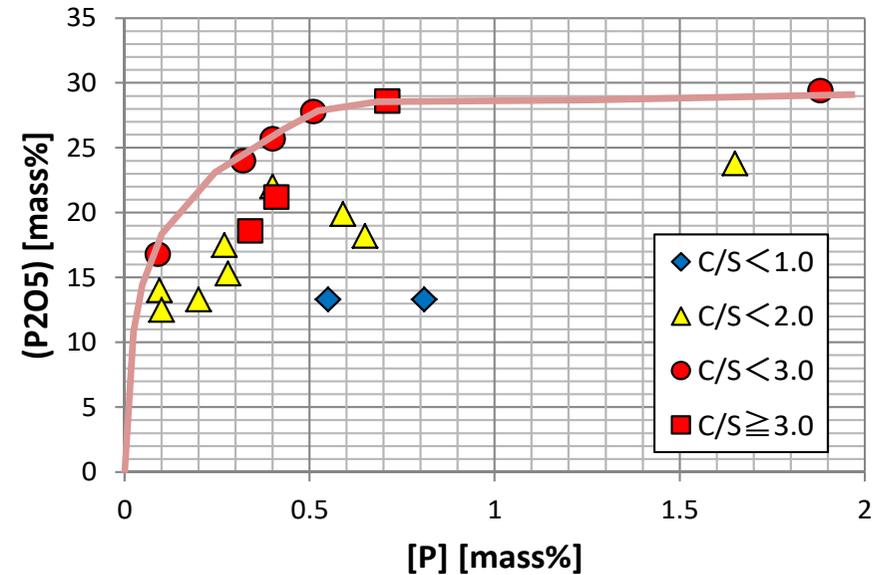


Fig. 2 脱リン処理後スラグ(P2O5)とメタル[P]との関係

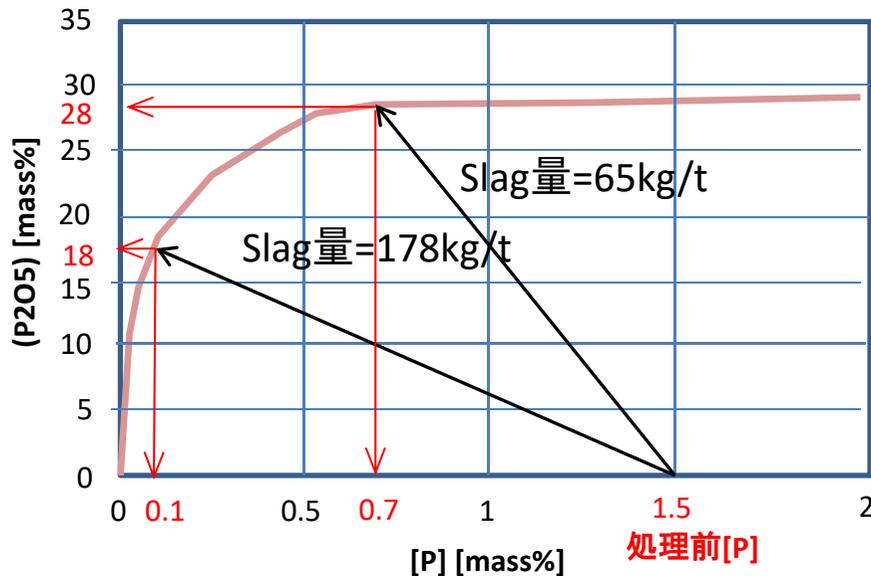


Fig. 3 処理後の(P2O5)と[P]に及ぼすスラグ量の影響

## 【Fig.2】

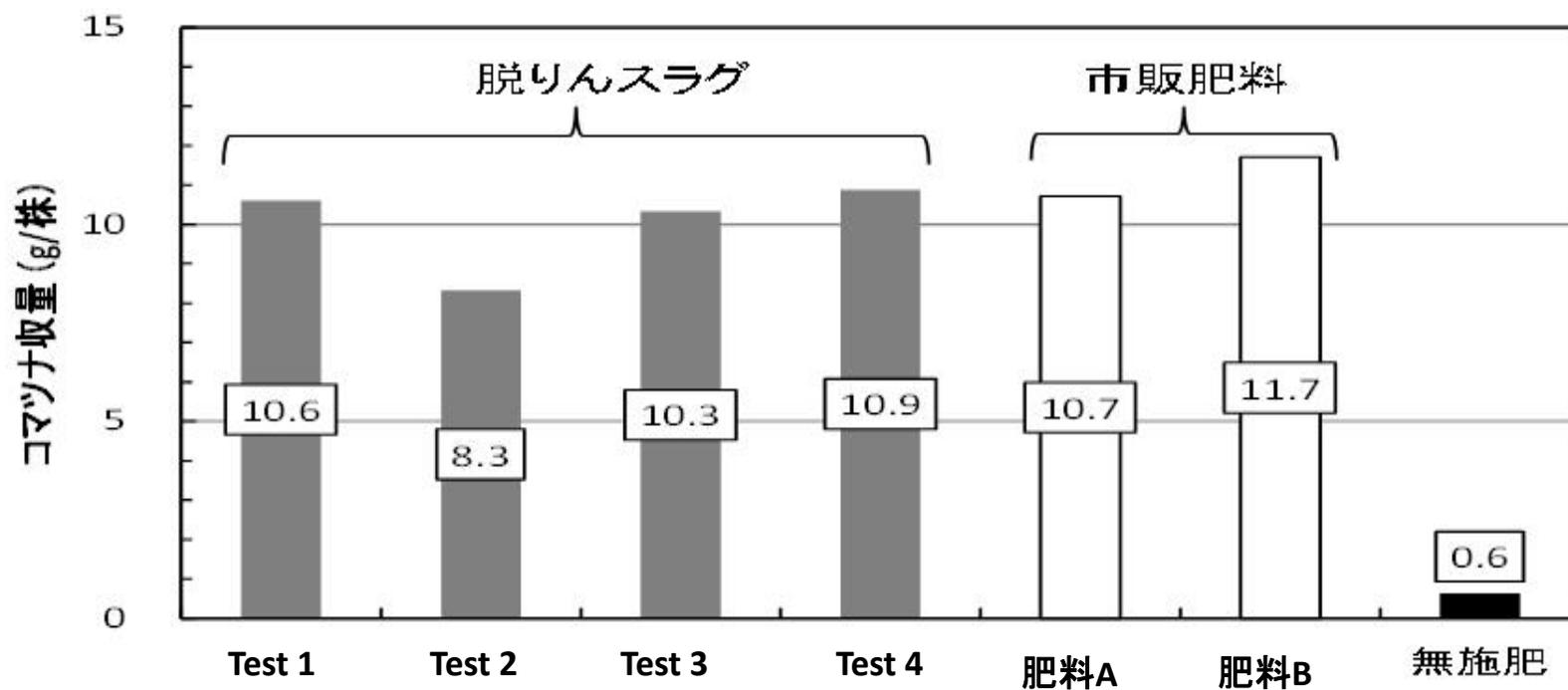
- ・高リン溶鉄を脱リンすると、脱リンスラグの(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)は30%程度で停滞する。
- ・スラグの塩基度(CaO)/(SiO<sub>2</sub>)が高い方が(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)が高い。

## 【Fig.3】

スラグ量と脱リン量をコントロールすれば目標とする(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)濃度のスラグを得ることができる。

# ポット試験結果

脱リンスラグサンプルは、市販肥料と同等かそれに近い収量となった。



# まとめ

- パイロット試験設備を新設し、製鉄所で発生する製鋼スラグを溶融状態から還元し、唯一残された未利用鉄源の回収方法を確立した。
- その過程でフライアッシュ等の廃棄物を成分調整材として有効利用した。
- 製鋼スラグ中のリン酸をさらに濃縮し、国内資源として、リン酸肥料およびリン鉱石代替品を製造できることを実証した。