

# 熔融設備の進捗状況と工程延伸について

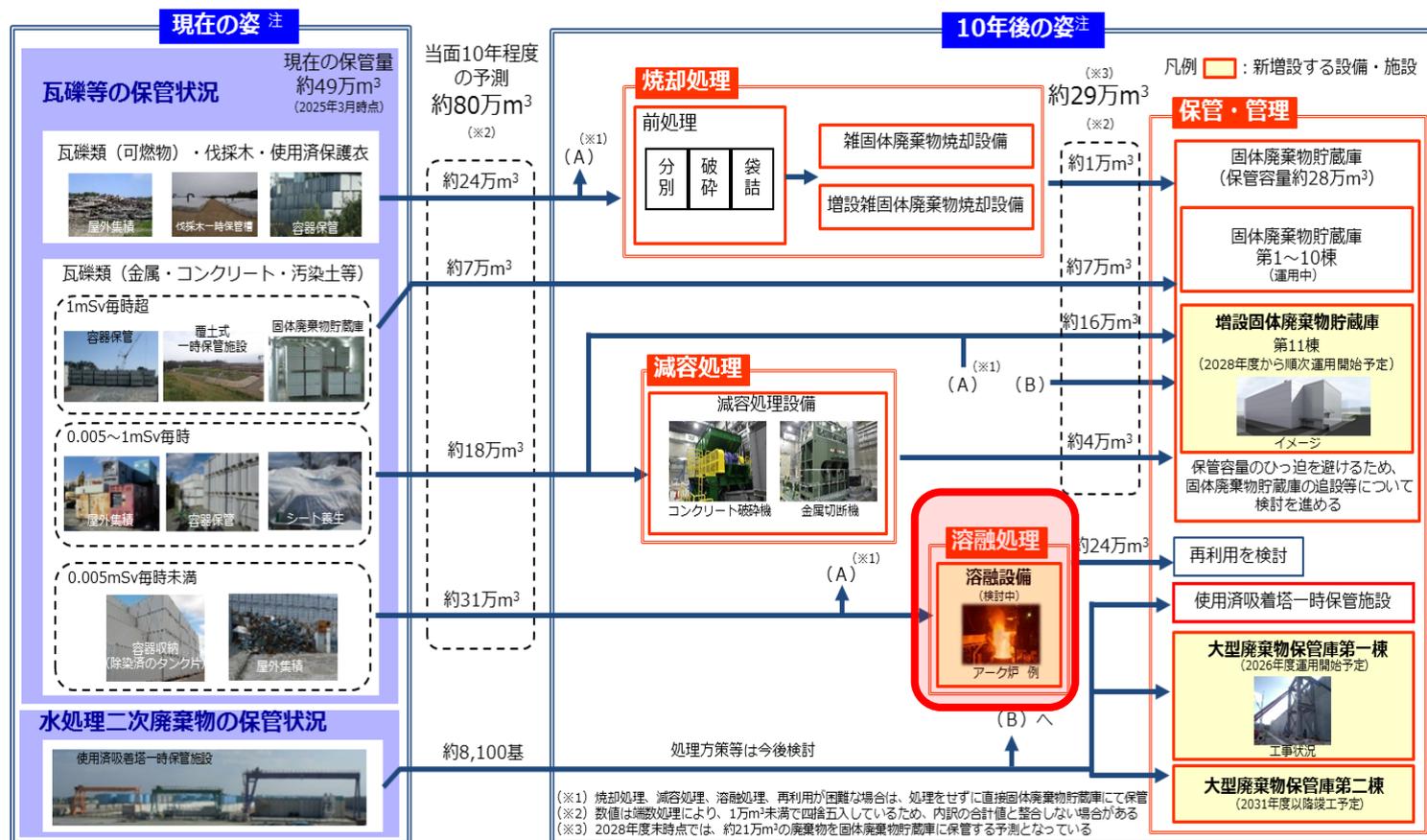
2026年2月16日



東京電力ホールディングス株式会社

# 1. 溶融設備の目的

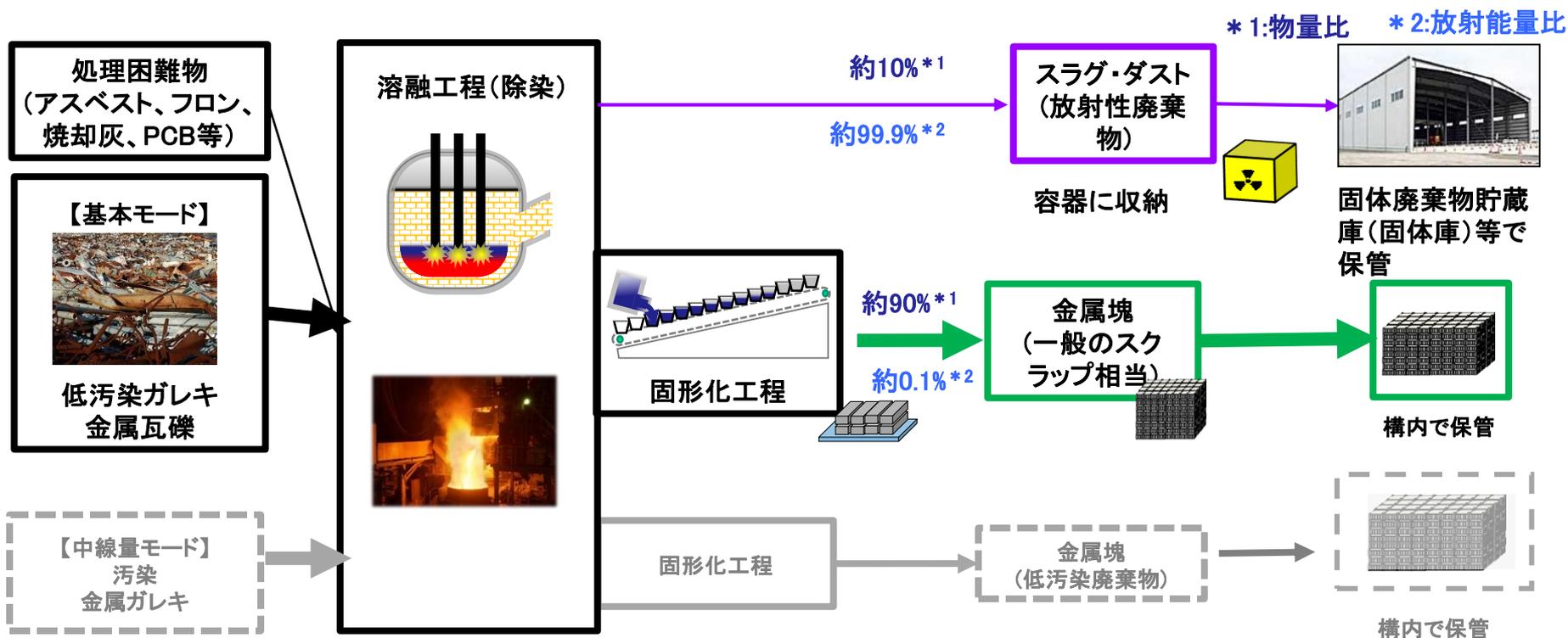
- ガレキ等の内、主に極低汚染した金属ガレキに対し、溶融処理により減容及び放射性物質を除去(以降、除染という)し、一般のスクラップ相当の金属塊とすること
- また、汚染した金属ガレキを、溶融により減容・除染し、低汚染の金属塊とすること
- この溶融処理により、1F構内に保管するガレキの容量を低減する
- なお、本設備は2028年度以降の竣工であるため、屋外一時保管エリア解消における処理設備としては考慮していない



注) 現時点で処理・再利用が決まっている焼却前の使用済保護衣類、BGLレベルのコンクリートガラは含んでいない

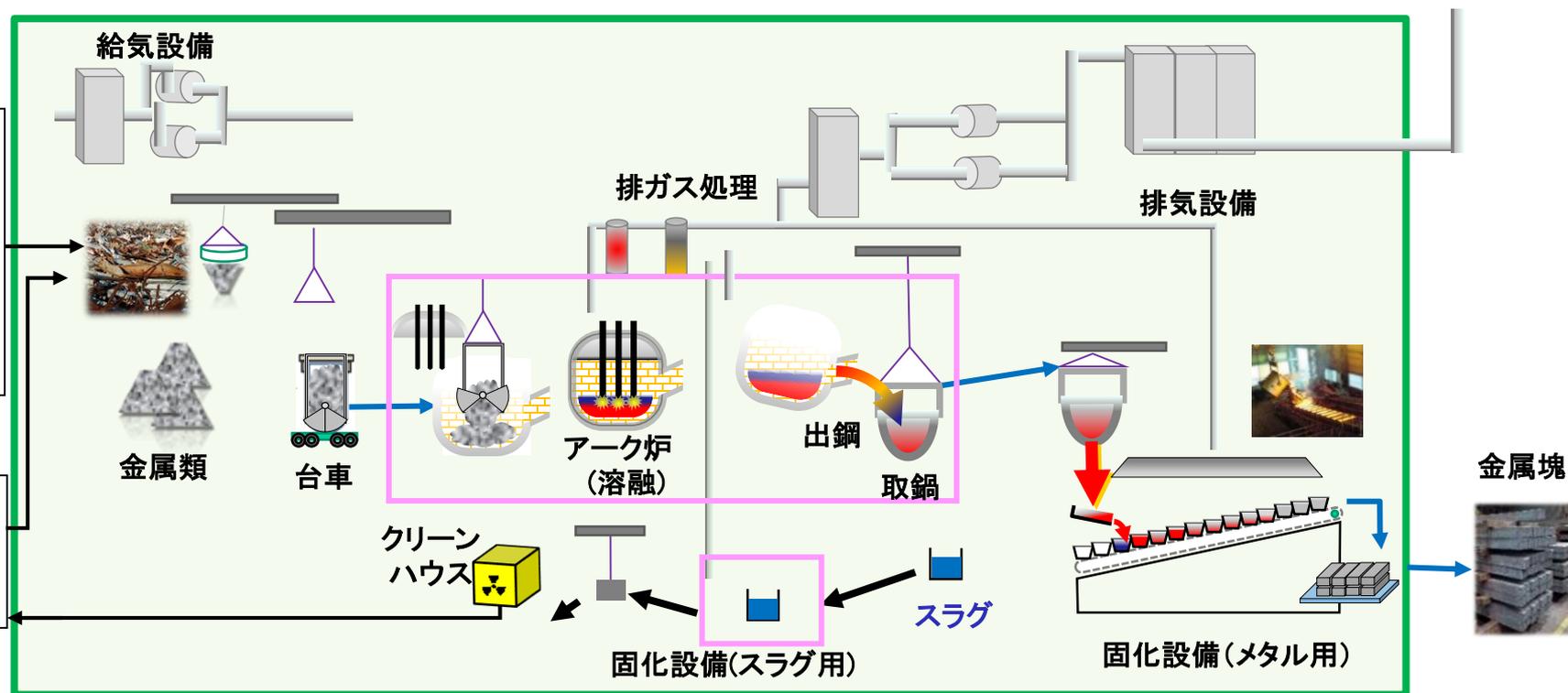
- 屋内保管への集約および屋外保管の解消により、敷地境界の線量は低減する見通しです。
- 焼却設備の排ガスや敷地境界の線量を計測し、ホームページ等にて公表しています。

- 汚染した金属ガレキを溶融工程により、スラグ・ダスト(放射性廃棄物)と、金属塊(一般のスクラップ相当)に分ける。Cs、Srの約99.9%はスラグに集まり、物量比で約90%を占める金属塊の放射能比は約0.1%に低減する見込み
- なお、金属塊は今後再利用を検討し、スラグ・ダストは線量に応じて固体庫等に保管する
- なお、本設備では主に、低汚染した金属ガレキの溶融処理を行うことを計画している(以降、基本モード)。なお、将来的に、一定量の汚染を含む金属ガレキも溶融し、低汚染の金属塊とすることも念頭におき、設計には考慮する(以降、中線量モード)
- また、処理困難物(アスベスト、フロン等)も溶融により、無害化処理を行う

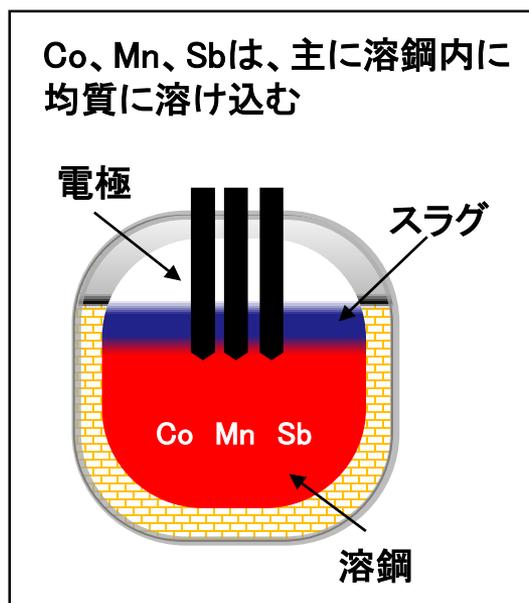


### 3. 溶融設備の概要

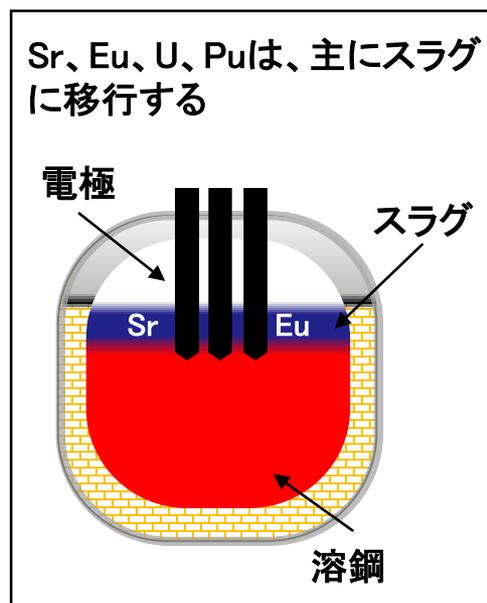
- 建屋規模は、約130m(東西)×約75m(南北)×約34m(高さ)、地上1階(一部、2・3・4階)で検討中
- 溶融炉はバッチ処理とし、炉の規模は1回の溶融処理で約30tonの溶鋼が出鋼可能な仕様。1日に約4バッチを実施することで、約120ton/日の金属塊を製作することを想定している
- 受け入れる金属ガレキの線量は、主な処理となる基本モードでは平均 $20\mu\text{Sv/h}$ (Sr90汚染主体の場合、 $5\mu\text{Sv/h}$ )以下とする。なお、将来的に想定している中線量モードでも平均 $100\mu\text{Sv/h}$ 以下とする計画
- 耐震性については、バウンダリーとなる建屋や建屋を貫通するダクト・ダンパーに耐震機能を持たせ、B+クラスで検討している



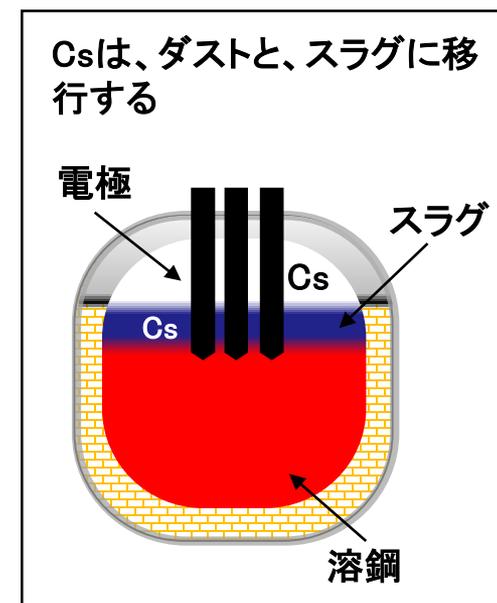
- 鉄スクラップを1600°Cで溶解した場合、溶解時は、酸化雰囲気としているため、スクラップ中の鉄成分(Fe)や不純物(Si、Al)は酸化され、また、副資材として投入する石灰(CaO)によって、溶鋼の上層にスラグ層が形成される
- この際、鉄(Fe)より酸化されやすいセシウム(Cs)、ストロンチウム(Sr)、ユーロピウム(Eu)、ウラン(U)、プルトニウム(Pu)は酸化物形態で、主にスラグへ移行し、除染が可能となる。また、セシウム(Cs)は、沸点が低いためダスト側にも移行する
- 一方、コバルト(Co)、マンガン(Mn)、アンチモン(Sb)は、鉄(Fe)と同等か、それよりも酸化され難いため、主に溶鋼側に残り均質化されることとなる



分離が困難 = 溶融による除染は不適



分離が可能 = 溶融による除染が有効であると推測

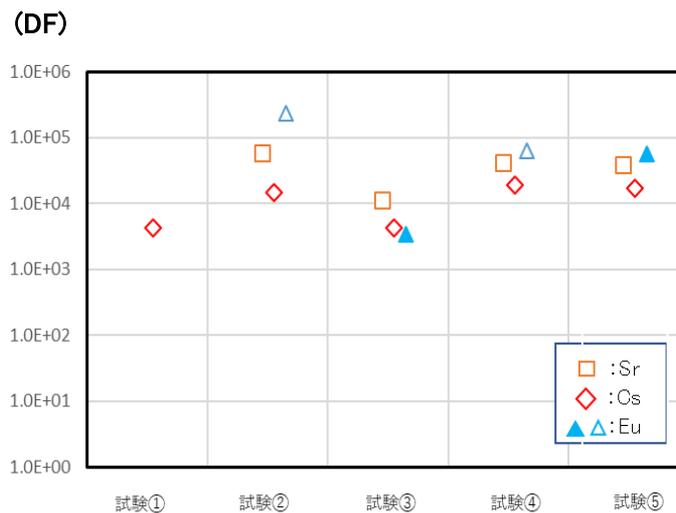
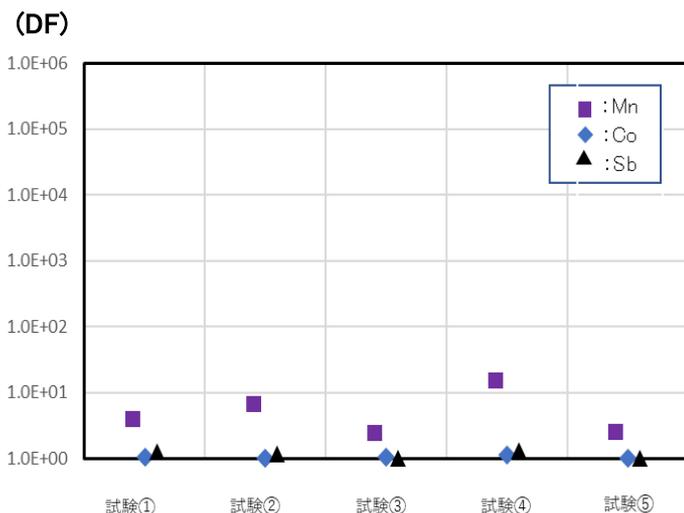
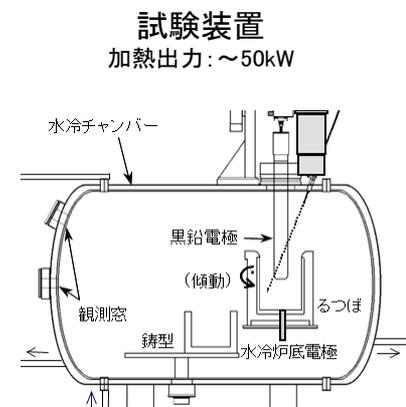


# 4-2. 溶融による除染のメカニズム

- 溶融による核種の移行挙動を把握するため、小型のDCアーク炉の試験装置を用いた模擬廃棄物(金属:約10kg、スラグ:約1 kg)の溶融試験を実施<sup>※1</sup>し、非放射性の元素にてCs、Sr、Eu、Co、Mn、Sb等のメタル/スラグの移行データを取得(溶融完了時の溶湯温度:1550~1650°C)

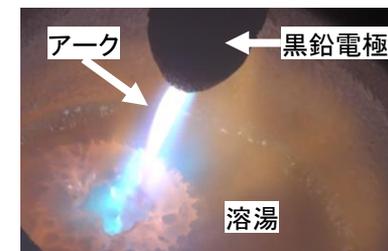
※1 令和4年度開始「廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金(固体廃棄物の処理・処分にに関する研究開発)」の「減容・再利用技術に関する技術開発」において

- 放射性物質がスラグ・ダストへ移行しメタルから除染される性能をDF、「DF=投入元素量/メタル中に残存した量」として、整理
- Co、Sbは、DF=約1、MnはDF=2~15、ほぼメタルに残る
- 一方、Cs、Sr、Euは、DF=4.0E+3~2.0E+5以上の高い除染性能が得られ、メタルには、ほぼ残らない結果が得られている

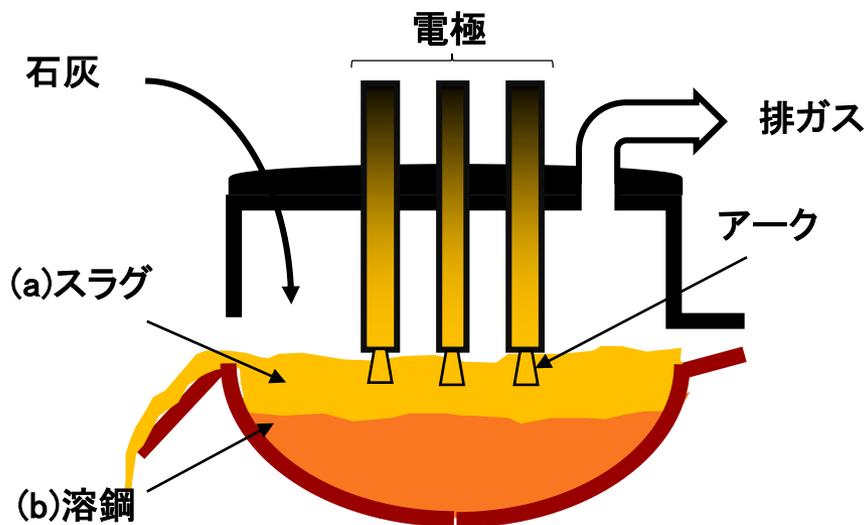


試験データの5点は、材質(SUS・SS)、スラグ成分を変えているが、同一と扱って表示。Sr、Cs、Euのプロットの白抜きは定量下限値未滿

試験中の様相



- 前項は10kg程度の小型試験であるため、数10tonの実機レベルでのスケールアップ時の核種移行挙動の把握を実施
- 鉄製造のアーケル炉(80ton炉)の副資材として投入される石灰中の微量の天然Srを用い、溶解状態での「溶鋼」と「スラグ」を測定
- Srは、DF(スラグ中のSr重量／溶鋼中のSr重量) = 2300～2800程度
- 小型の試験より除去率は低減しているものの80ton規模の実機炉でも除去が可能であることが確認



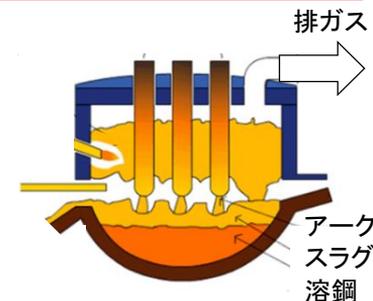
バッチ	(a)スラグ中のSr重量	(b)溶鋼中のSr重量	DF (c=a/b)
No.1	3.4E+00kg	1.5E-03kg	2300
No.2	2.8E+00kg	1.0E-03kg	2800

- 以上より、溶融によりスラグ・ダストにて分離除去されるCs、Sr、Euは、DF=2000程度は得られるとして計画

# 5-1. 溶融設備の主な仕様

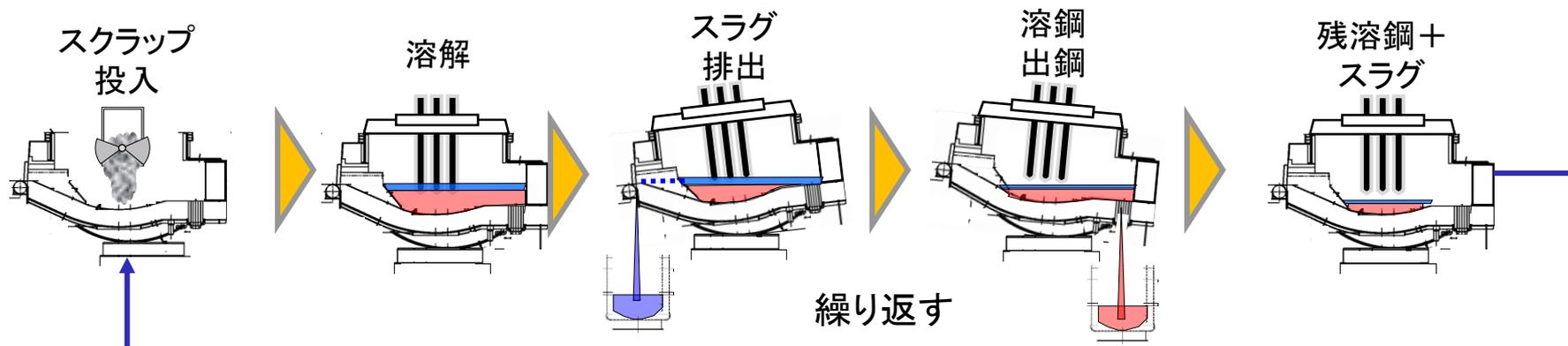
## 【炉型】

- 炉型はアーク溶融方式。アーク溶融は、電極と被加熱物との間にアーク放電を発生させ、アークのエネルギーを被加熱物に伝える方式であり。主に製鋼設備にて多く使用されており、一般産業において十分な実績を有する



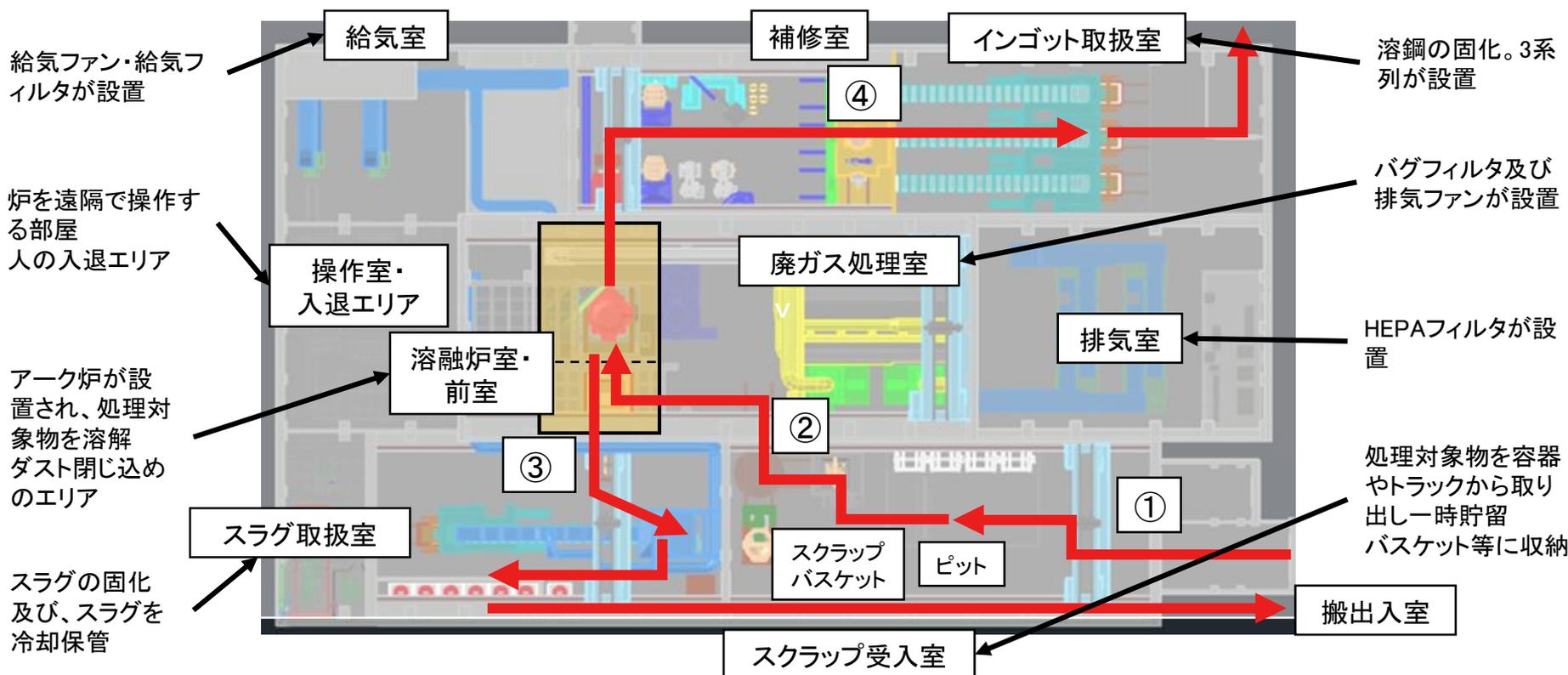
## 【炉の仕様と動作】※基本モードの場合

- 炉は、1回の溶解において、溶鋼:約35ton(及びスラグ:約3.5ton)を溶融可能な容量を持ち、この内、約30tonの溶鋼を出鋼する
- まず、炉の蓋を開け、処理対象物を投入し、蓋を閉めた後、アーク放電により溶解する
- スラグは上に浮いているため、炉を後ろに傾動し、オーバーフローさせて排出する
- 溶鋼は下部に沈んでいるため、炉を前に傾動し、下部の出鋼口から排出することで、スラグから溶鋼を分離する
- 以上の処理工程を、1日4回程度、繰り返す

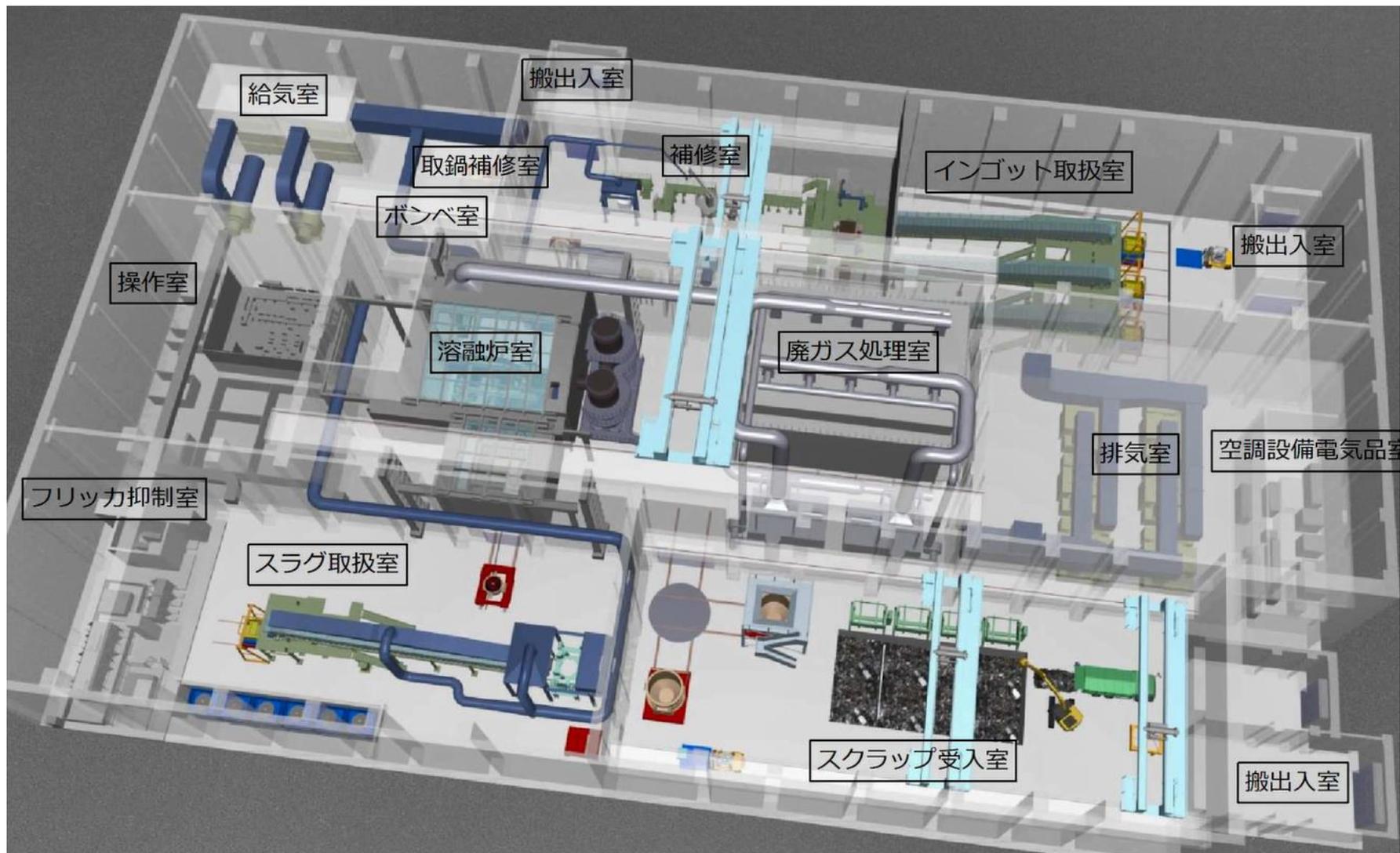


## 【全体配置と処理フロー】

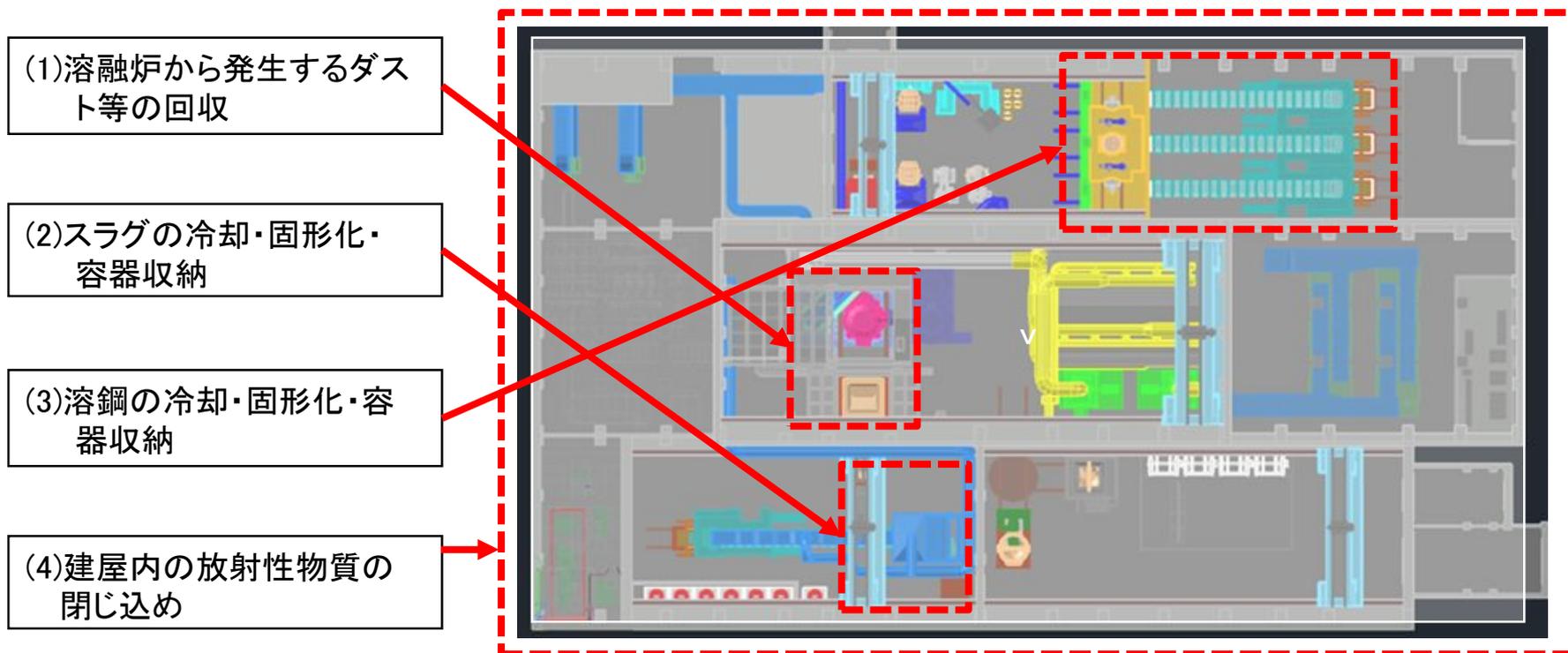
- ①処理対象物は、右下の搬出入室を通り、スクラップ受入室に運び込まれ、形状がスクラップの物は、ピットに受ける(なお、タンク片等の大型物は、直接搬送する場合もある)
- 次に、処理対象は②ピットからバスケット等を用い、中央の溶融炉室に運ばれ、炉に投入する
- 放射性物質を含むスラグは、炉から出鋼し、③スラグ用の容器(以降、ポット)に受け、左下のスラグ取扱室で、ポット内で直接固化し、容器に移し替え、建屋外に払い出す
- また、除染された溶鋼は、炉から出鋼し、④溶鋼用の容器(取鍋)に受け、右上のインゴット取扱室の固化設備にて固形化し、建屋外に払い出す



## ■ 現時点における機器配置のイメージ図



- 本設備のコア技術は既存技術の導入を前提とすることで、安全性と信頼性を確保する設計。具体的には、製鉄や金属製造工場で、十分実績のあるものとし、溶融炉(アーク炉)や、固化設備(鋳鉄機)を選定
- 一方で、本設備の目的が(製造では無く)減容であることや、放射性物質の取り扱い・閉じ込めの考慮が必要であることから、設計上の工夫を行った結果、「独自の設計」や「初めての設備構成」を一部採用
- 特に以下の(1)～(4)は、主要プロセスの中で、既存技術からの変更を伴うもので、かつ高温物を取り扱うため影響を受ける部分であり、設計上も注意が必要なポイント
- 以降で、より詳細に説明

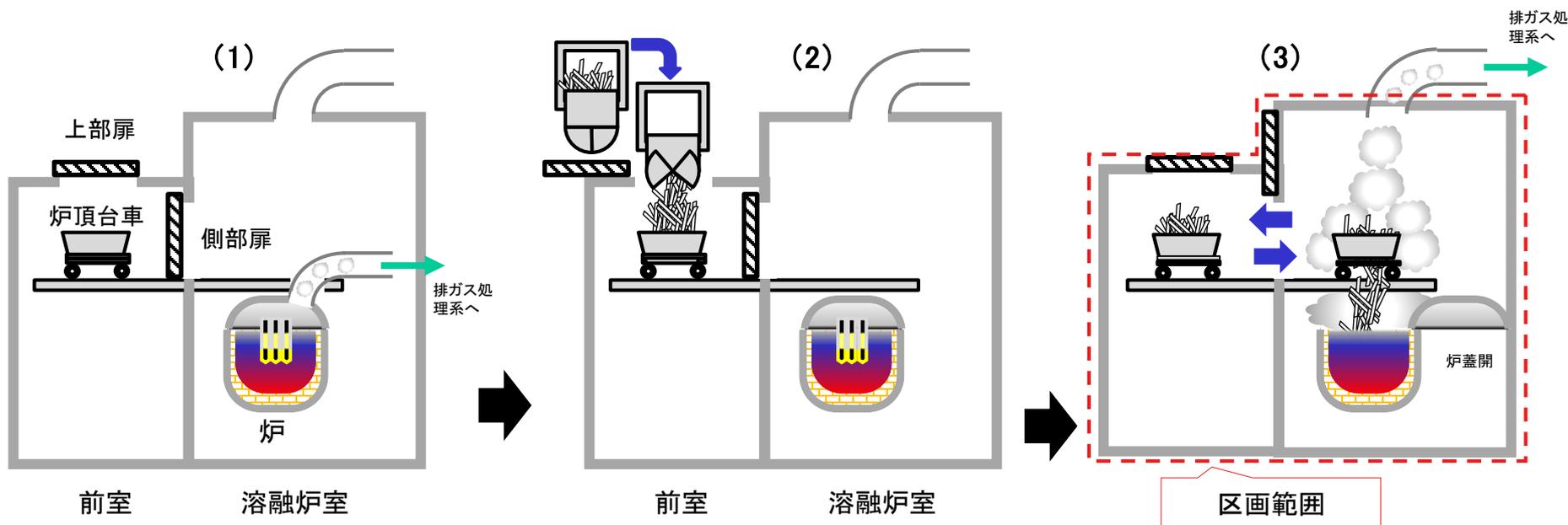


## 【設計上の工夫】

- アーク放電中は炉蓋が「閉」のため、炉からの発生ダストは炉蓋付きのダクトから排ガス処理系へ移送。しかし、処理物を炉へ投入する際は炉蓋を「開」とするためダストが炉回りに拡散
- このため、炉頂台車へ処理対象物を引き渡し、上部扉を「閉」とした後、側部扉を「開」。炉蓋を「開」とし、炉頂台車が炉頂へ移動し、処理対象物を炉内に投入
- この際、発生するダストは、前室・溶融炉室にて区画し、溶融炉室上部から吸引・排ガス処理系へ移送することで、区画外への散逸を抑制

## 【確認すべき事項】

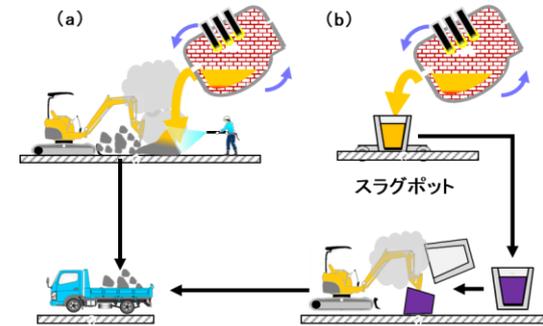
- 溶融炉室は実績のある設備であるが、炉の規模、溶融炉室の形状(前室が無い)、吸引風量も異なる。このため、条件変更による区画内におけるダスト回収効果への影響



## 【設計上の工夫】

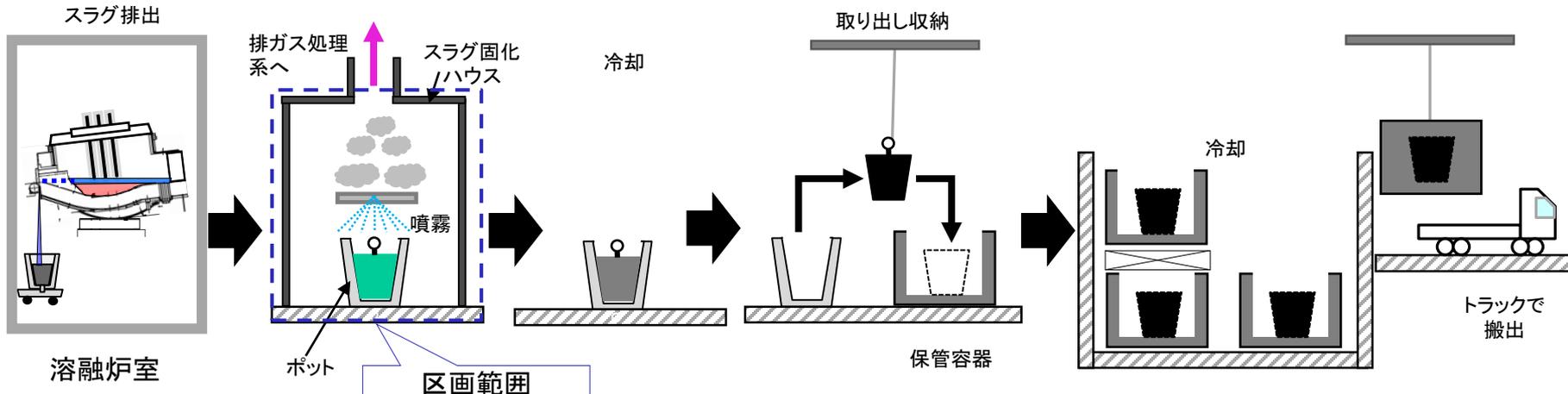
- 既存実績では、スラグは床に直接排出するか、ポットに受け固化前にポットを転倒させて取出し重機にて破碎するため、スラグやダストが回りに散逸
- このため、スラグは、炉から排出した際にポットで受け、ハウス内にて水噴霧により冷却し表面を固化。冷却時の蒸気やダストは、ハウスで区画し上部から吸引・排ガス処理系へ移送することで、区画外への散逸を抑制
- 表面固化後は、ハウスから取り出し、当該室内で自然冷却し全体の固化を待つ。その後、ポットから引き抜き保管容器に移し替え、残熱を冷却ピットにて自然冷却した後、建屋外に払い出す

【製鋼会社のスラグ処理】



## 【確認すべき事項】

- ポットにて受けて固化する実績はあるものの、引き抜きにて取り出す手順が異なるため、ポット形状等の設計への影響



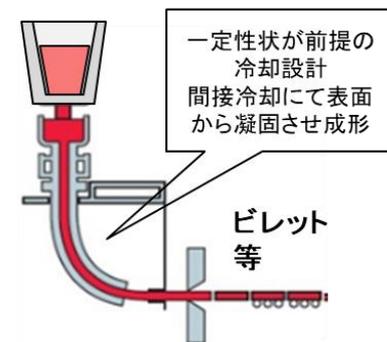
## 【設計上の工夫】

- 既存実績ではJIS規格に成分調整した溶鋼を前提とした連続鋳造設備を使用。一方、溶解のみの本設備では、固化不良が発生するリスクが高い
- このため、溶鋼の性状による固化への影響が小さい、鋳鉄機を採用
- 溶鋼の受け皿(以降、モールド)を複数台並べ搬送しつつ、溶鋼を連続注湯することで、モールドに溶鋼を充填していく。溶鋼には水噴霧により冷却しインゴット化、モールドの転倒によりインゴットを取り出し、保管容器に収納した後、建屋外に払い出す

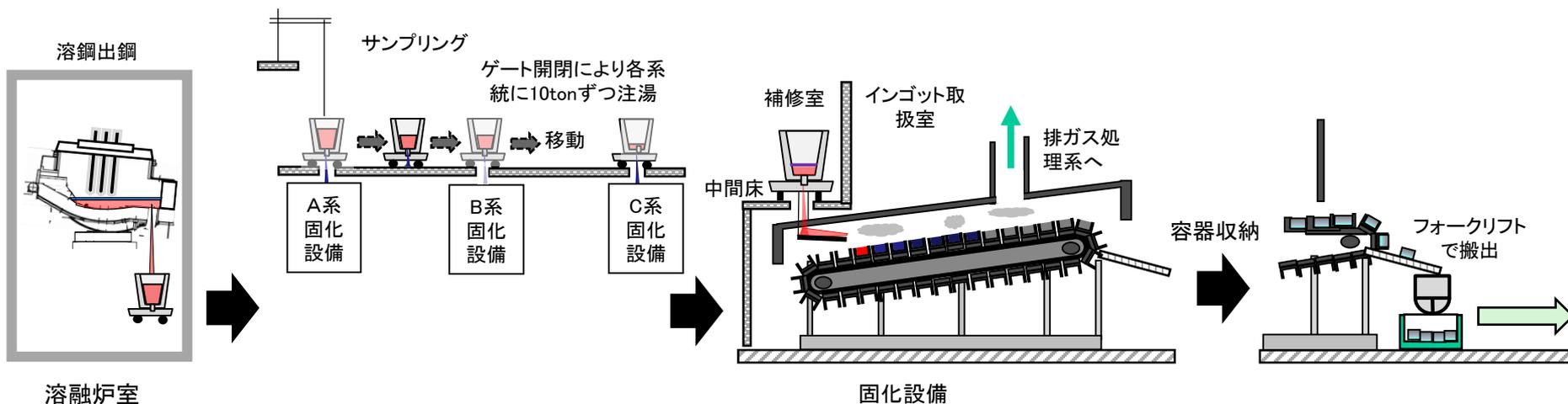
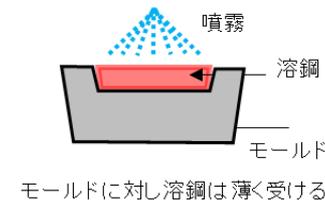
## 【確認すべき事項】

- 鋳鉄機の既存実績の温度帯が1400°Cに対して、本設備の溶鋼は約1600°Cと高いため、温度変更によるモールド設計への影響
- モールド形状・水噴霧の冷却条件も、既存実績と完全同一では無いため、モールドからインゴットの取出しへの影響

### 【製鋼会社の連続鋳造設備】



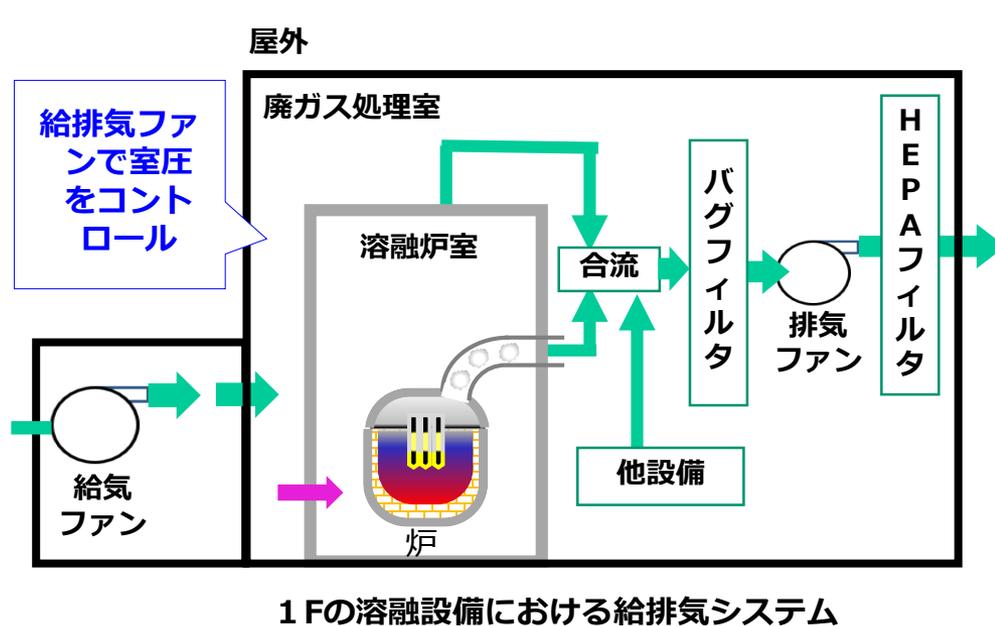
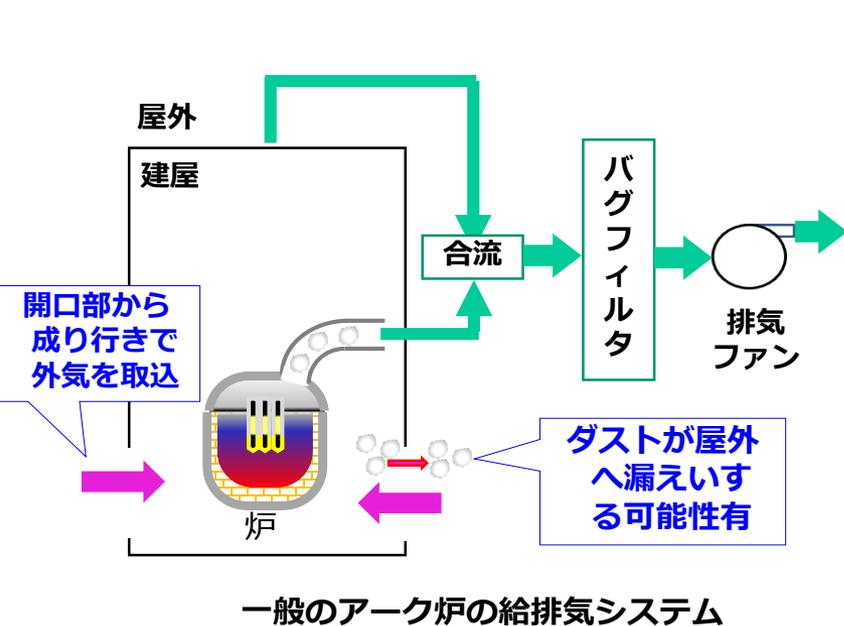
### 【鋳鉄機】



## 【給排気システムの差異】

- 一般のアーキ炉では、排気ファンのみにより運転時に生じるダストを回収。建屋の搬入口等が常時オープンであり、屋外への漏えいを許容する設計となっている
- 一方で、本設備では、一般産業にはないダストの閉じ込め対策が必要となるため、建屋の気密性及び、給排気ファンによる制御を行う設計

	一般の製鋼会社のアーキ炉	1Fの溶融設備
建屋の気密性	無し（開口部等有り）	有り
建屋の堅牢性	無し	有り
換気方式	排気ファンのみ 給気は開口部等から成り行きで外気を取込	給気／排気ファン等で室圧をバランス



## 【設計上の工夫】

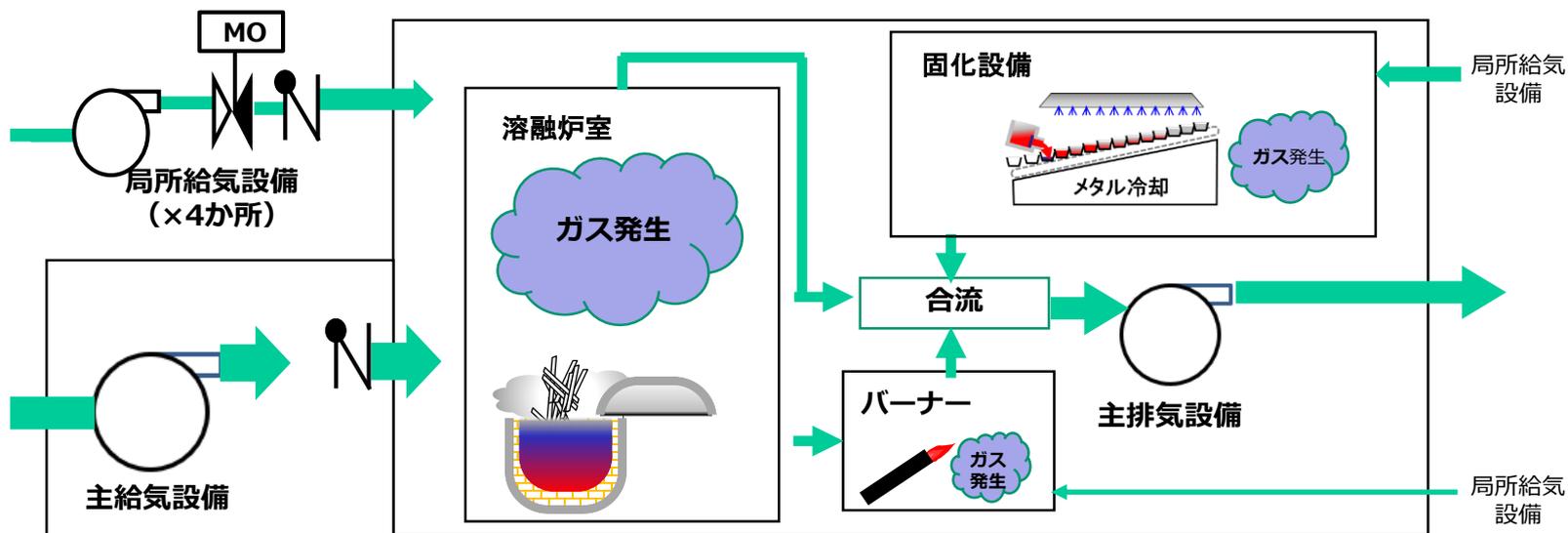
- 運転時は、処理物に含まれる水分や可燃成分によるガス、水噴霧等の蒸気が発生することから、ガス発生量に応じた給排気風量を制御することが必要
- このため、ガス発生により室圧が変動する各部屋に局所給気設備を設け、室圧の変動に応じてMOダンパーの開度を調整し、外気取込量を調整

ガス発生量:増 ⇒ 室圧が浅くなる ⇒ 外気取込風量:減 ⇒ 室圧が深い側に向かって戻る

ガス発生量:減 ⇒ 室圧が深くなる ⇒ 外気取込風量:増 ⇒ 室圧が浅い側に向かって戻る

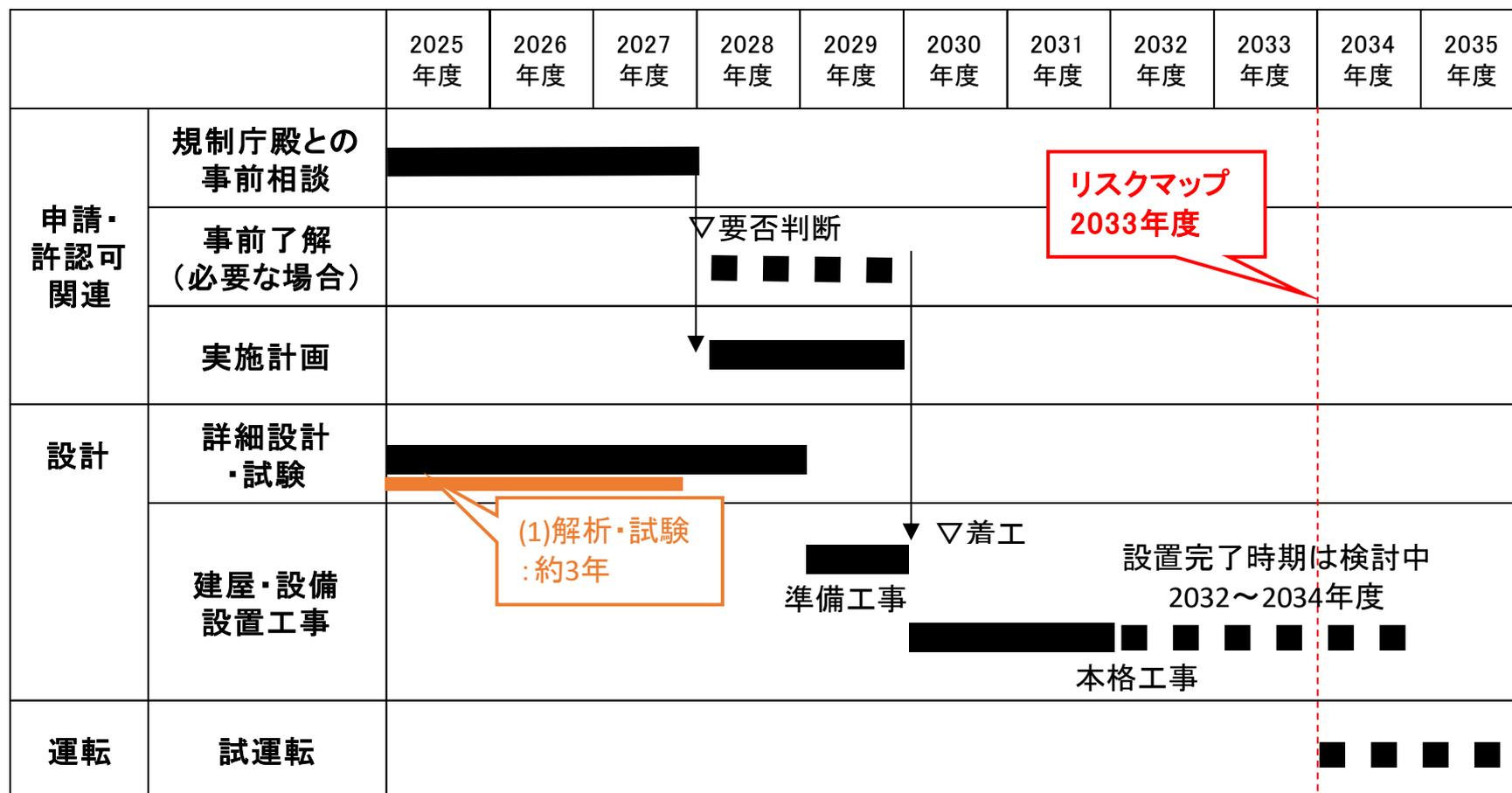
## 【確認すべき事項】

- 個々の単体機器は十分実績のある設備であるが、先行の原子力施設において同一の条件下・機器構成での制御実績が無い場合、ガス発生による制御システムの追従性と、負圧変動への影響レベル



# 8. 溶融設備の工程延伸

- 前項の確認事項については、試運転の中で確認する事項となるが、設計の精度を高めるためにも、この段階で、解析・試験を用いて部分的に確認することを計画する
- これに伴い、設置完了目標時期は、2032～2034年度となる
- なお、本変更は工程延伸を伴うが、試運転時での不具合・トラブルリスクの低減に大きく寄与するもので、本PJ全体を円滑かつ安全に進める上で、有効であると判断している

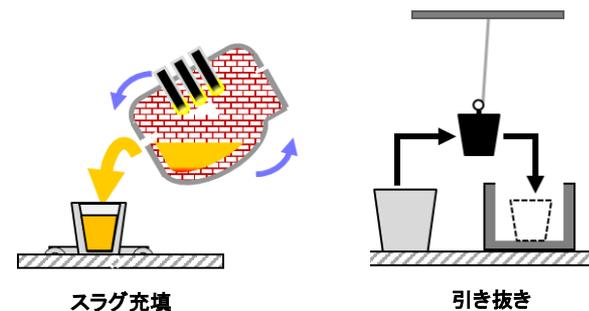


参考

## 【(1)スラグの固化物】

(実施内容)

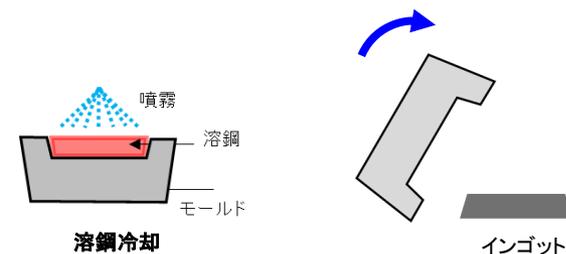
- 既存工場にて、実際の高温スラグを用い、計画中の手順で固化・引き抜き試験を行う



## 【(2)インゴットの固化】

(実施内容)

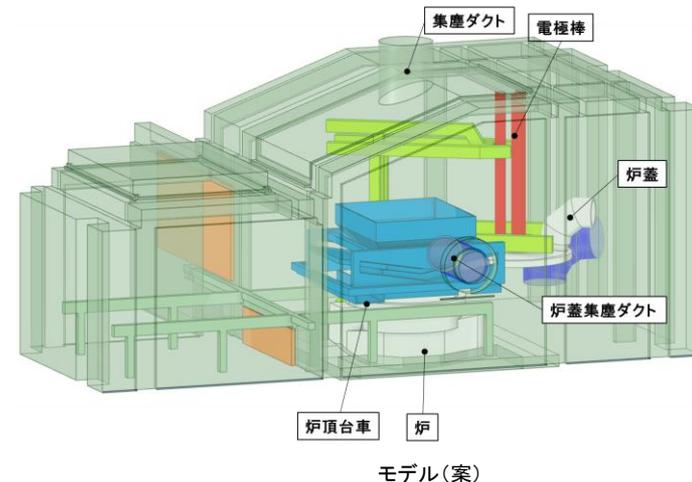
- 既存工場にて、1600°Cの溶鋼を用いた、固化・冷却・取出しの試験を小規模にて行う



## 【(3)溶融炉のダスト回収】

(実施内容)

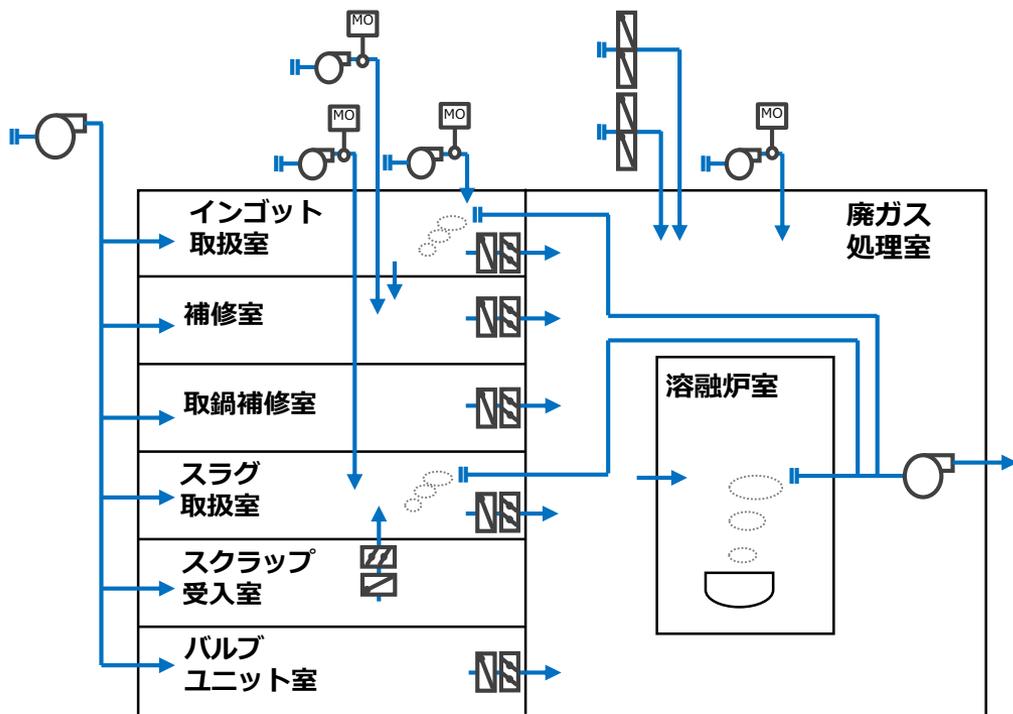
- 溶融炉室及び室内機器をモデル化し、処理対象物装入時に発生したダストの流動解析を行い、吸引風量やダクト位置の影響評価を実施する



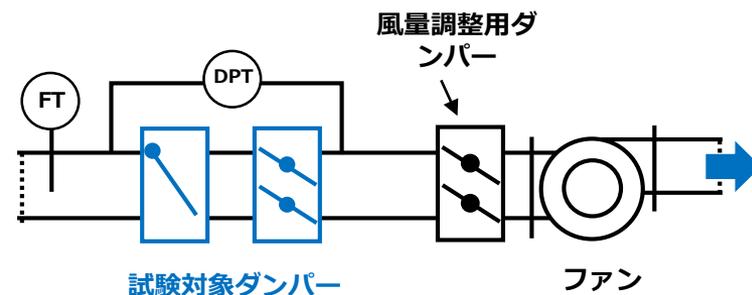
## 【(4)放射性物質の閉じ込め】

(実施内容)

- 空気移送とガス発生の変動を時間軸で模擬し、解析により負圧の推移を確認する
- 負圧制御に用いるダンパーの圧損等の物性データを採取し、解析の確度を向上する



<解析モデル(検討中)>



<ダンパー特性把握試験>