

下水汚泥焼却灰(新規灰)の 処分に向けた対応について

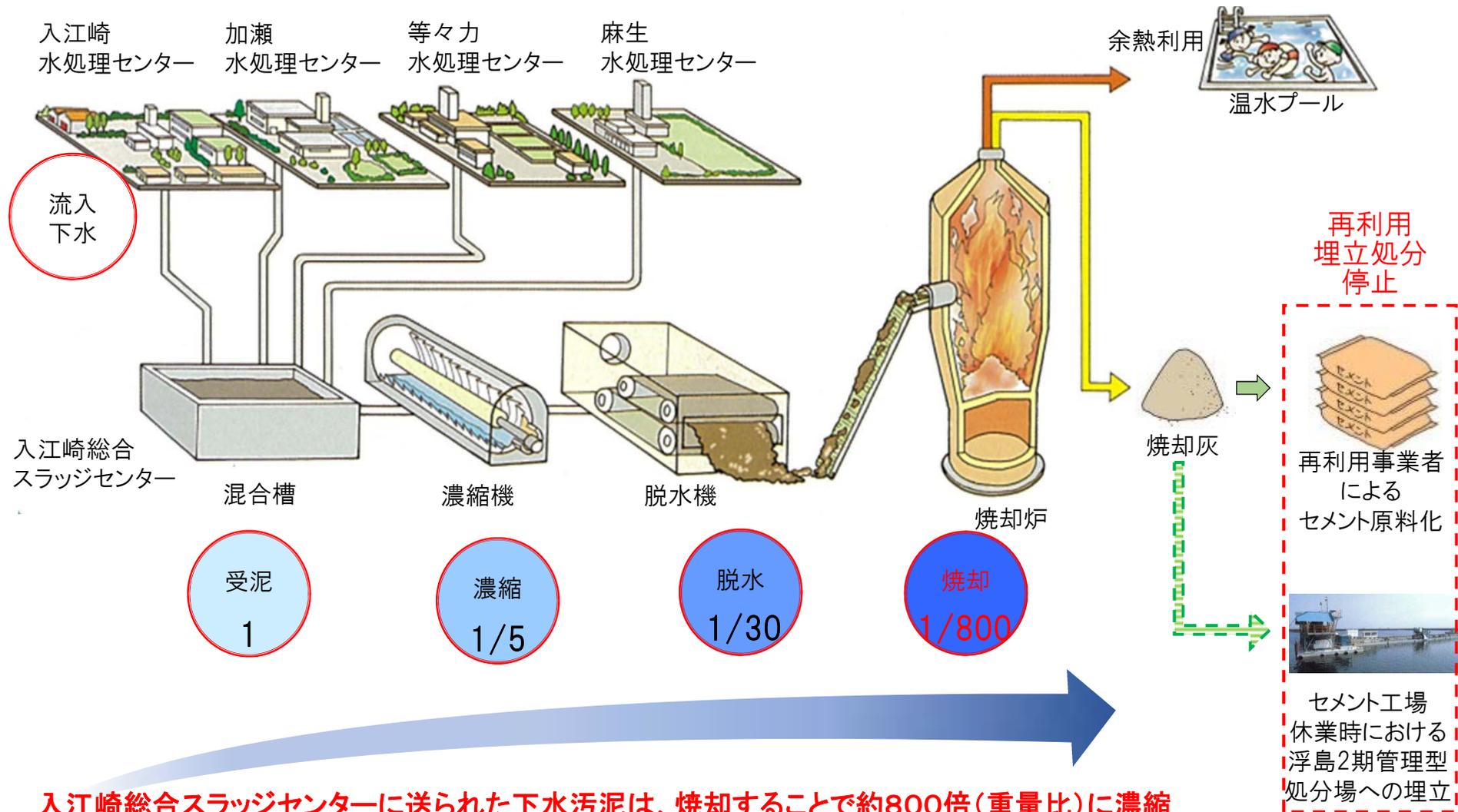
平成28年2月4日
上下水道局

目次

| | |
|--------------------------------------|----|
| ◆ 川崎市における下水汚泥処理の流れ | 1 |
| ◆ 下水汚泥焼却灰に含まれる放射性セシウムの現状 | 2 |
| ◆ 下水汚泥焼却灰の特性 | 3 |
| ◆ 下水汚泥焼却灰の特性(水中での沈降特性のイメージ) | 4 |
| ◆ 下水汚泥焼却灰の特性を踏まえたこれまでの検討① | 5 |
| ◆ 下水汚泥焼却灰の特性を踏まえたこれまでの検討② | 6 |
| ◆ 放射性セシウム濃度の今後の予測と、これまでの検討等を踏まえた取組方針 | 7 |
| ◆ 入江崎総合スラッジセンターの既存設備概要 | 8 |
| ◆ これまでの検討を踏まえた沈降性改善の考え方 | 9 |
| ◆ 下水汚泥焼却灰を粒状化するための改質剤の配合 | 10 |
| ◆ 沈降性改善に向けた改質剤の配合イメージとセシウムの溶出挙動 | 11 |
| ◆ 沈降性改善の状況 | 12 |
| ◆ 沈降性改善後の放射性セシウム濃度の確認方法 | 13 |
| ◆ 沈降性改善と埋立までの作業フロー | 14 |
| ◆ 浮島2期管理型処分場内水の放射性物質濃度予測 | 15 |
| ◆ 放射性物質のモニタリング計画 | 16 |
| ◆ 検討にあたっての有識者の確認・評価 | 17 |
| ◆ 今後の予定 | 18 |

川崎市における下水汚泥処理の流れ

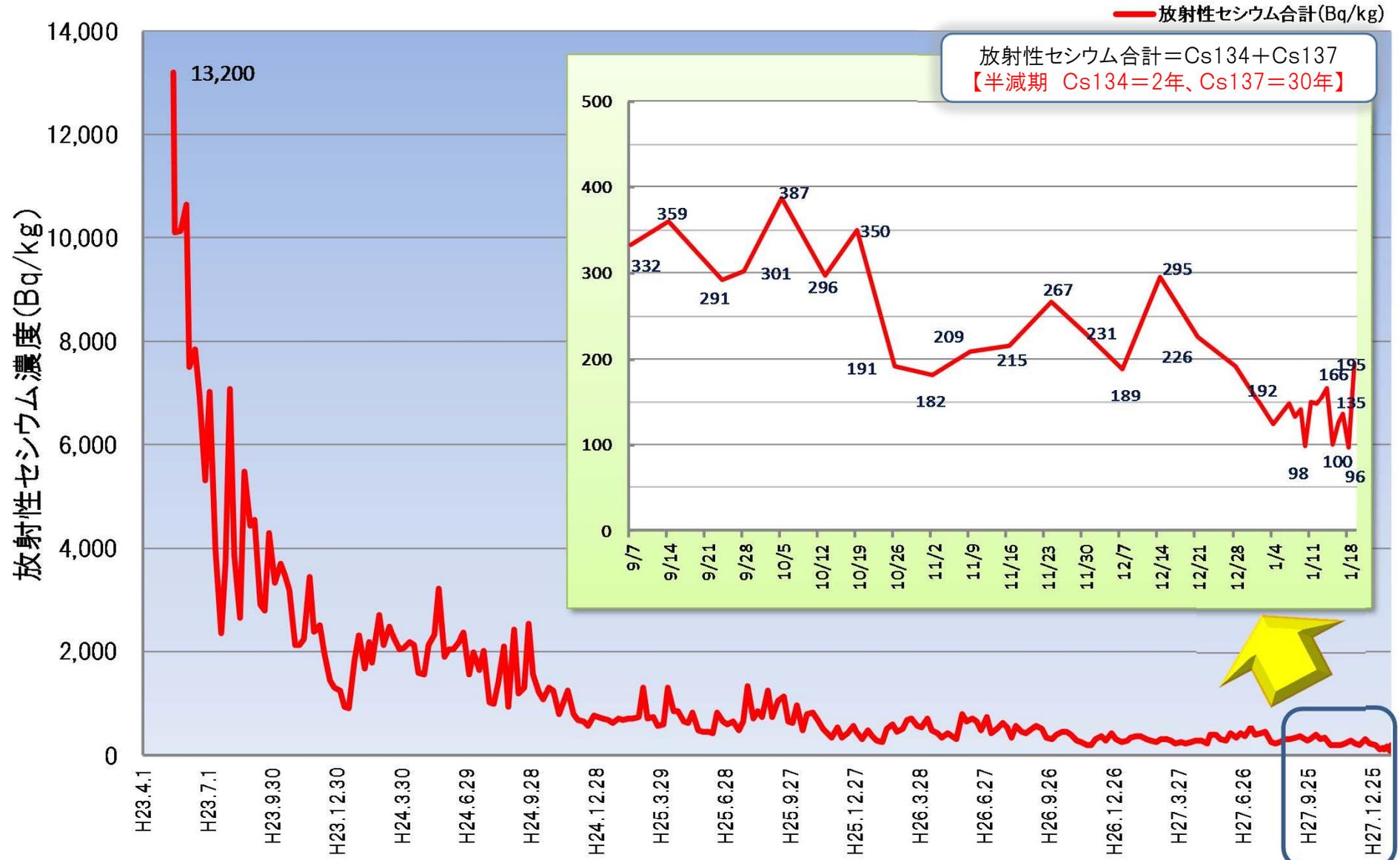
◆市内4箇所の水処理センターにおいて、下水処理の過程で発生する下水汚泥は、パイプラインで入江崎総合スラッジセンターに圧送・集約し、焼却処理



入江崎総合スラッジセンターに送られた下水汚泥は、焼却することで約800倍(重量比)に濃縮
(水処理センターへの流入下水に対して約48,000倍に濃縮)

下水汚泥焼却灰に含まれる放射性セシウム の現状

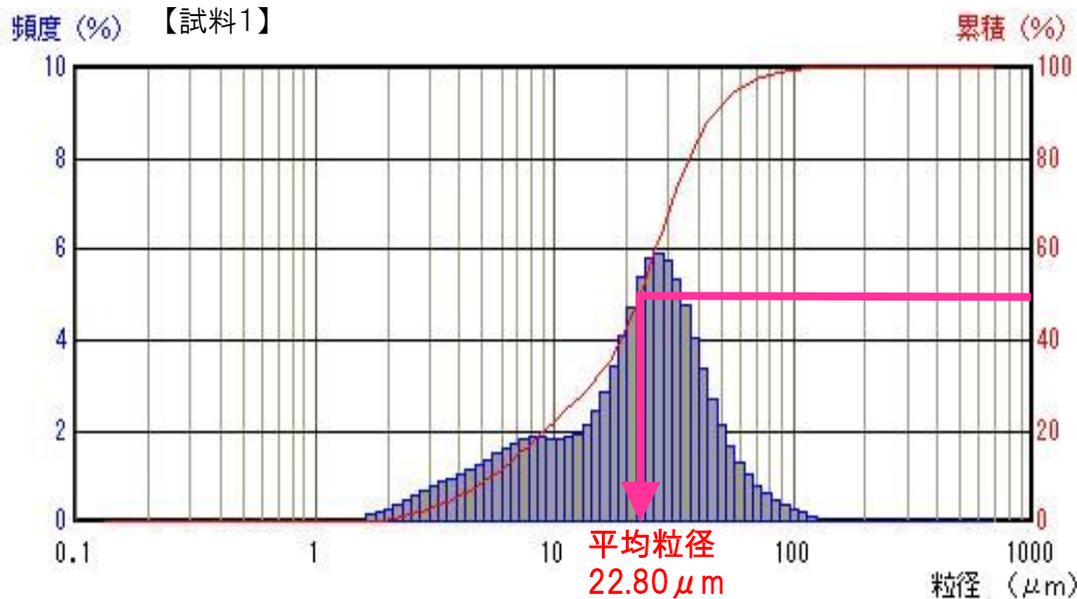
放射性セシウム濃度の推移(Bq/kg)



下水汚泥焼却灰の特性

- ◆ 下水汚泥焼却灰は水に沈む密度であるが、粒径が微細であるため沈みにくい
- ◆ 下水汚泥焼却灰に含まれる放射性セシウムは、ほとんど水(海水)に溶出しない

下水汚泥焼却灰の粒径分布



【参考】下水汚泥焼却灰粒子の大きさのイメージ

下水汚泥焼却灰の平均粒径は、

- ◎ 髪の毛(直径50~70 μm)^{※1}の約1/2~1/3
 - ◎ 海岸の砂(粒径90 μm)^{※1}の約1/4
- (※1 米国EPA資料より)

粒径の分布は、

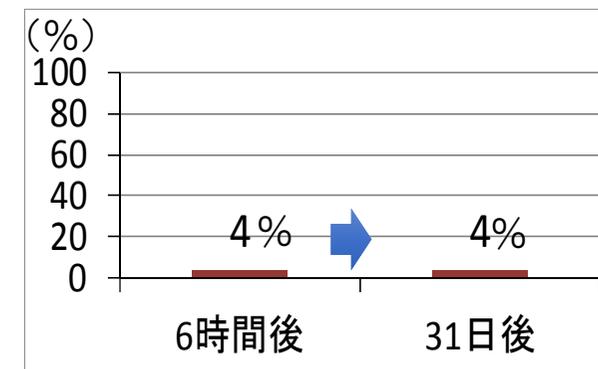
- ◎ 片栗粉の粒径(15~120 μm)^{※2}と同等以下
- (※2 農畜産振興機構HPより)

下水汚泥焼却灰の密度・平均粒径

| | 密度 (g/cm ³) | 平均粒径 (μm) |
|-----|----------------------------|--------------|
| 試料1 | 2.61 | 22.80 |
| 試料2 | 2.60 | 19.30 |

※1 μm=0.000001m=0.001mm

下水汚泥焼却灰からのセシウムの溶出特性

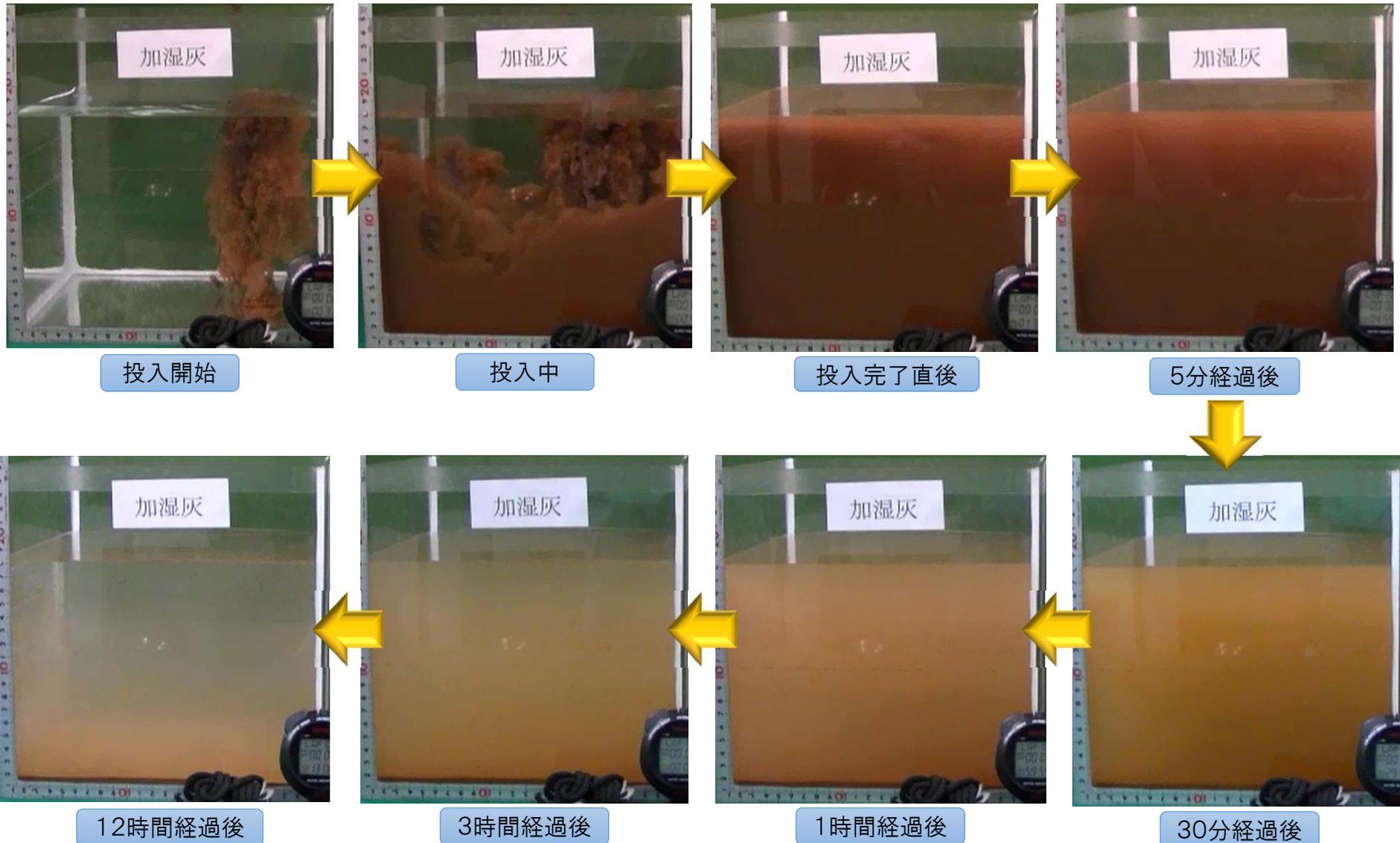


水(海水)への放射性セシウムの溶出率は、31日経過後も約4%と変化がなく、ほとんど溶出しない

下水汚泥焼却灰の特性(水中での沈降特性のイメージ)

◆ 下水汚泥焼却灰(加湿灰)の水中への投入状況

- 焼却灰は、水(海水)に沈むものの、投入直後から微細な粒子が水中で舞う現象が起き、12時間経過後も濁った状態が継続



下水汚泥焼却灰の特性を踏まえたこれまでの検討①

【保管】

◆【H23.6.16 国通知】「放射性物質が検出された上下水処理等副次産物の当面の取扱いに関する考え方」

8,000Bq/kg以下の場合、敷地境界からの離隔を要せずに、管理型処分場の埋立敷地内等に仮置き可能

（スラッジセンターに保管していた8,000Bq/kgを超えていた焼却灰(約240t)について、核種分析等の調査の結果、H26年11月までに、全ての焼却灰が8,000Bq/kgを下回っていることを確認。
H27年1月までに浮島地区の保管場所に全量を移動。）

浮島地区における下水汚泥焼却灰の保管状況



フレコンバッグのコンテナへの収納状況
 飛散防止のため焼却灰を加温
 ⇒フレコンバッグへ封入⇒紫外線防止カバー⇒コンテナ収納



コンテナの保管状況

(平成27年12月31日現在)

| 保管重量 | フレコン数 | コンテナ台数 |
|-----------|----------|---------|
| 18,033 トン | 33,571 袋 | 1,675 台 |

【埋立(処分)】

◆【H24.3.30 国通知】
 「特定一般廃棄物又は特定産業廃棄物の埋立処分を行う水面埋立地の指定について」

水面埋立地における、**内水のセシウム濃度**の上限を規定
 【Cs134/60+Cs137/90 ≤ 1】

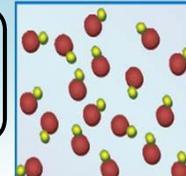
管理型処分場における**内水のセシウム濃度**のめやす…75Bq/L

<焼却灰の特性>
 ○粒子が微細
 ○水中での沈降性が悪い
 ○溶出率が低い(約4%程度)

<課題>
 ○水中で焼却灰が浮遊しやすい

<対策方針>
 ○水中での沈降性の向上
 ○水底で安定化

水中での沈降性が悪い場合

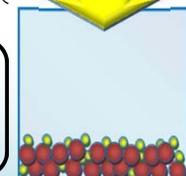


放射性セシウムが、焼却灰とともに**水中に浮遊**

●放射性セシウム
●下水汚泥焼却灰

沈降性の向上

水中での沈降性が良い場合



放射性セシウムが、焼却灰に付着したまま**水底で安定**

焼却灰の性状を改善し、沈降性を向上することで、水面埋立も理論上可能であることを確認

川崎市における管理型処分場の内水濃度の管理目標は、隣接する東扇島東公園の人工海浜を考慮し、海水浴場の基準値と同じ**10Bq/L**と厳しく設定

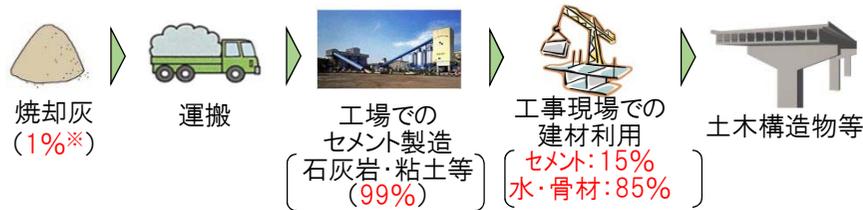
下水汚泥焼却灰の特性を踏まえたこれまでの検討②

【セメント再利用】

- ◆【H23.6.16 国通知】「放射性物質が検出された上下水処理等副次産物の当面の取扱いに関する考え方」
- ◆【H23.6.22 国通知】「放射性物質が検出された上下水処理等副次産物の当面の取扱いに関する考え方に基づく脱水汚泥等のセメント利用について」

流通前にクリアランスレベル(100Bq/kg)以下となる「セメント」「コンクリート」は利用可

焼却灰をセメント原料として再利用した場合のセメント及びコンクリートの放射性物質濃度



下水汚泥焼却灰の“りん”含有量及び、セメントの品質確保より、セメント原料としての下水汚泥焼却灰の含有率は約1%※
(セメント工場に確認)

- 下水汚泥焼却灰のりん含有率……………約20%
(廃棄物資源循環学会論文誌、セメント・コンクリート論文集より)
- セメントクリンカー中のりん含有率……………約0.2%以下
(セメント協会資料より)

■ 300Bq/kgの焼却灰を、セメント原料として1%有効利用した場合の、セメント及びコンクリートの放射性物質濃度の試算
(コンクリート中のセメント含有率は、安全側の15%として試算)

- セメント = 300 Bq/kg × 1% = **3.0 Bq/kg** (≤ 100Bq/kg)
- コンクリート = 3.0 Bq/kg × 15% = **0.45 Bq/kg** (≤ 100Bq/kg)

焼却灰を再利用した模擬コンクリートによる安全性確認試験

模擬コンクリートの線量率を比較
(セメント中の焼却灰添加率:
0%, 1.0%, 5.0%, 10%)

- ◇使用材料
- 焼却灰: 1,170 Bq/kg
 - セメント: ND
 - 骨材: ND



模擬コンクリート試験体
(40cm × 40cm × 40cm)

| 焼却灰添加率 | コンクリート中の放射性Cs濃度(Bq/kg) | 線量率(μSv/h) | |
|--------|------------------------|------------|------|
| | | 表面 | 孔内 |
| 0.0% | 0 | 0.08 | 0.14 |
| 1.0% | 1.8 | 0.08 | 0.14 |
| 5.0% | 8.8 | 0.08 | 0.14 |
| 10% | 17.6 | 0.08 | 0.14 |

(バックグラウンド=0.06 μSv/h)

- コンクリート中の放射性セシウム濃度は基準値(100Bq/kg)以下
- 焼却灰の添加率によらず、表面及び孔内線量率は同一
- バックグラウンドに対する上昇分は、骨材及びセメントに含まれる天然核種(K-40等)の影響

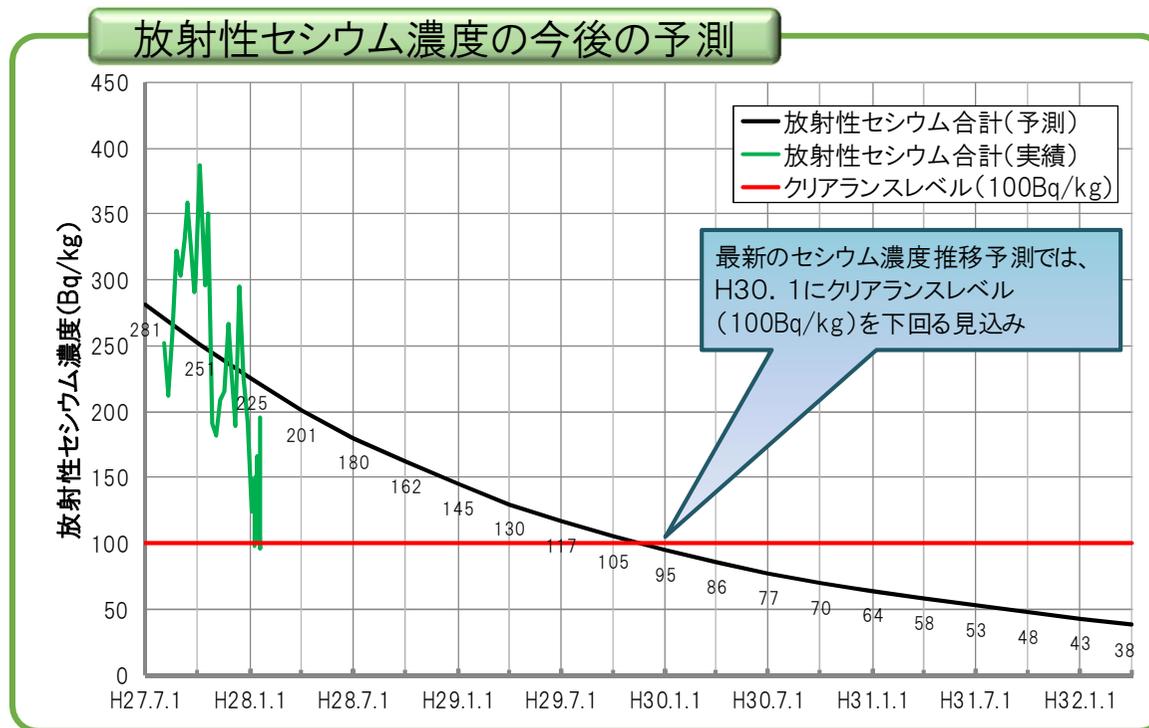
線量率にセシウムの影響はなく、安全であることを確認

- セメント事業者は、クリアランスレベル(100Bq/kg)以下となった焼却灰を受入れる方針

【風評被害への懸念】

- 放射性セシウムの濃度に注視し、セメント事業者と再利用再開に向けた協議を継続

放射性セシウム濃度の今後の予測と、これまでの検討等を踏まえた取組方針



取組方針

考え方

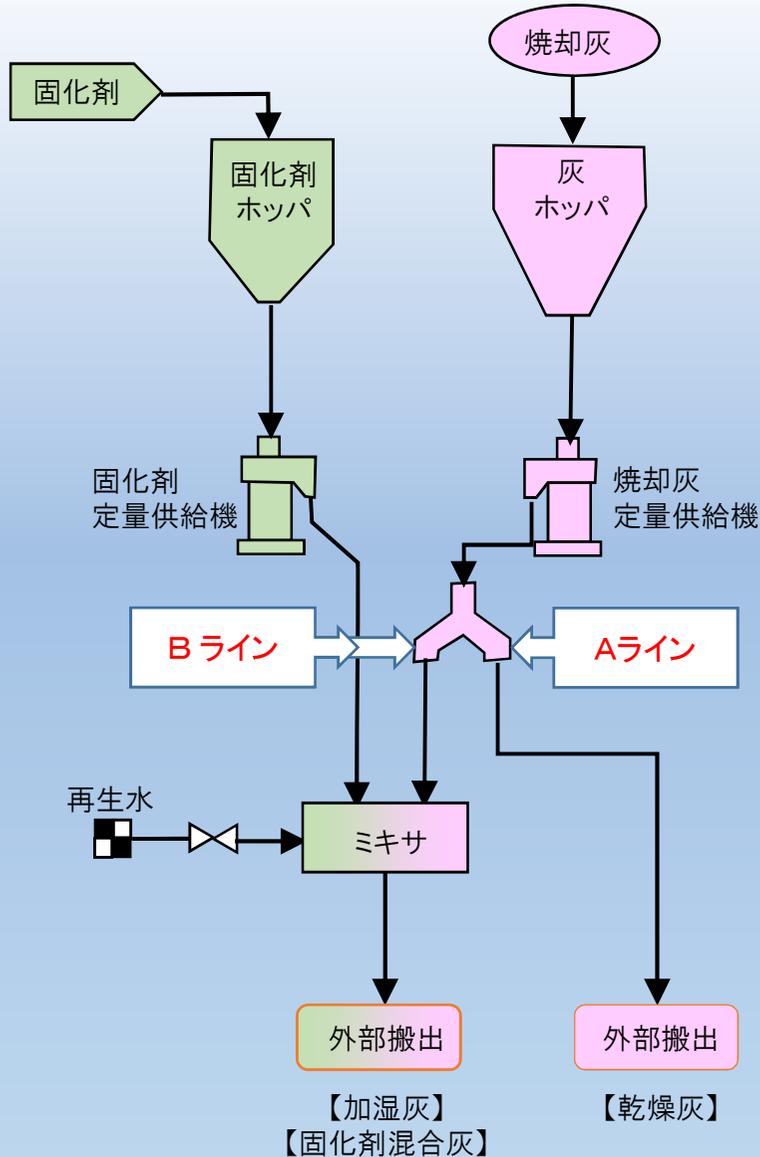
- ・新たに発生する下水汚泥焼却灰は、**再利用再開までの間**(平成30年度再開想定)、**焼却灰の沈降性を改善した上で**、浮島2期管理型処分場に**埋立**
- ・放射性物質が**100Bq/kgを下回る**など、セメント事業者との協議が整い次第、セメント再利用を再開

取組内容

- ・既存設備を**最大限活用**し、新たに発生する下水汚泥焼却灰の**水中での沈降性を改善**
- ・跡地利用に支障とならない、**低廉で安全な固化手法**を確立
- ・放射性セシウムの濃度に注視し、セメント事業者と再利用再開に向けた協議を継続

入江崎総合スラッジセンターの既存設備概要

入江崎総合スラッジセンターの既存設備のイメージ



| | 搬出状態 | 搬出先 | 目的 | 備考 |
|------|--------------|---------|------------------|--------------|
| Aライン | 乾燥灰 | セメント事業者 | セメント再利用 | 放射性物質 検出前 |
| Bライン | 固化剤混合 加湿灰 | 管理型処分場 | 処分場内仮置 時の飛散防止 | 放射性物質 検出後 |
| | 加湿灰 | 浮島保管場所 | フレコン保管時 の飛散防止 | |

Bラインを活用することで、飛散防止に加えて**沈降性を改善**

これまでの検討を踏まえた沈降性改善の考え方

沈降性の改善

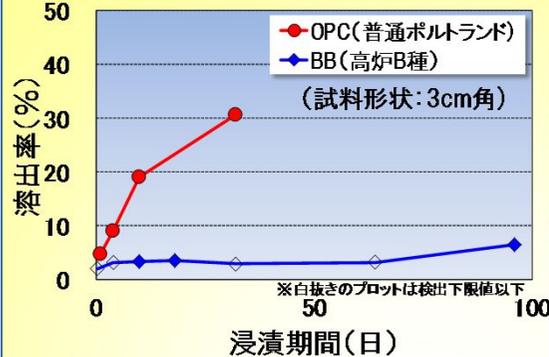
焼却灰の微細粒子をまとめることで、焼却灰粒子を拡大

焼却灰を粒状に改善

ミキサから排出される段階で粒状化

これまでの検討による知見

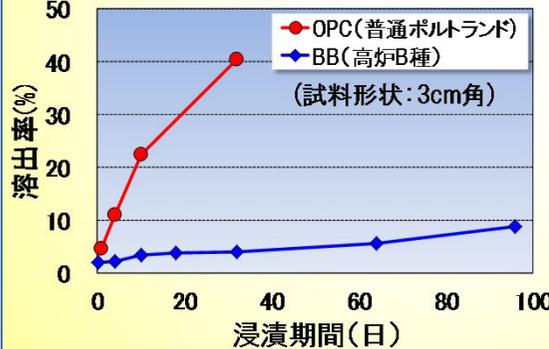
セメントによる溶出の変化(Cs-134)



● セメントの種類によって、セシウムの溶出挙動が異なる

● 高炉スラグが混合された高炉セメント(高炉B種)は、セシウムの溶出抑制効果がある

セメントによる溶出の変化(Cs-137)



高炉セメントに配合されている高炉スラグは、セメントの硬化中に、水と反応して固まり、セシウムの溶出抑制効果を発揮する

【材料の選定条件】

- セシウムの溶出を高めないこと
- 市販の材料で容易に入手でき、低廉であること
- 既存設備を活用できること
 - 粉体であること(既存の固化剤ホッパの活用)
 - 液体であること(既存のミキサ内に注入可能)
- ミキサの攪拌のみで粒状化できること
 - (短時間で粒状化が可能であること)
- 浮島2期管理型処分場のフローティングコンベアシステムが利用できる性状であること(大きさが適当であり、コンベアに付着しないなど)

【材料の選定】

- 高炉スラグ微粉末 ⇒ 溶出抑制効果、粒子間の結合効果を期待
- 高炉セメント(B種) ⇒ 粒子間の結合効果を期待
 - (セシウムの溶出に影響が出ない程度に使用量を抑制)
- 泥土改質剤 ⇒ 短時間での固化作用を期待

下水汚泥焼却灰を粒状化するための改質剤の配合

◆実験の結果、次の配合とすることで、最も沈降性を改善できることを確認

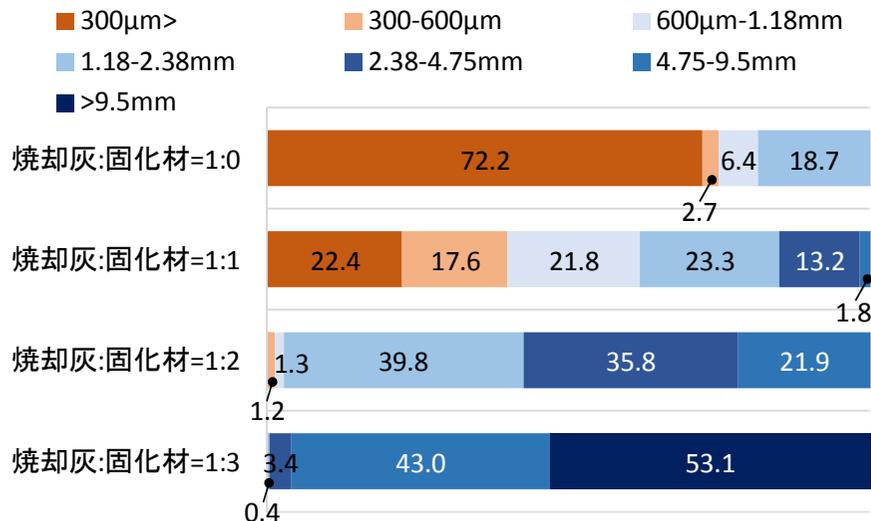
| 焼却灰 【粉体】 | 改質剤 | | | 水 【液体】 |
|-------------|----------|------------|---------|-----------|
| | 固化材【粉体】 | | 添加剤【液体】 | |
| | 高炉スラグ微粉末 | 高炉セメント(B種) | 泥土改質剤 | 下水処理水 |
| 1 | 1.83 | 0.17 | 0.01 | 1.35 |
| | 2.00 | | | |

(数値は焼却灰に対する比率)

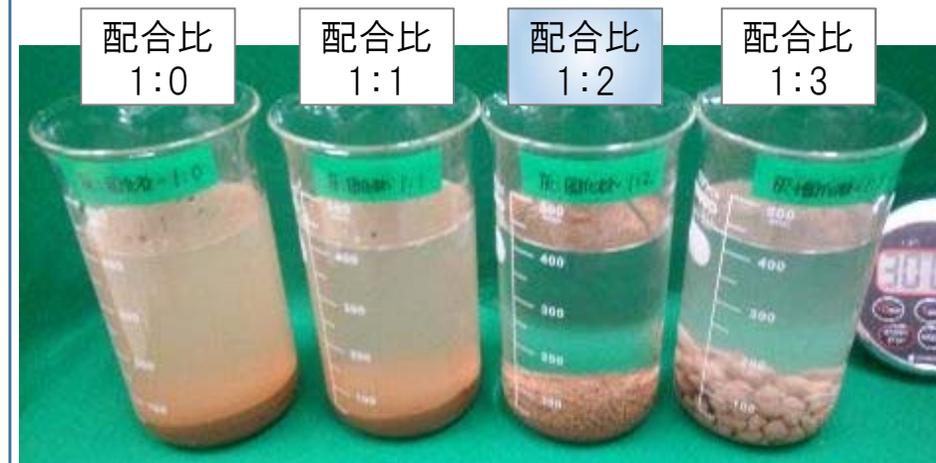
【参考】 ■ 使用量の多い固化材(高炉スラグ微粉末+高炉セメント(B種))の比率の決定根拠

□ 粉体である[焼却灰:固化材]の配合比を変化させた場合の、改質後の焼却灰の性状により決定

粒径分布試験結果



沈降性試験結果

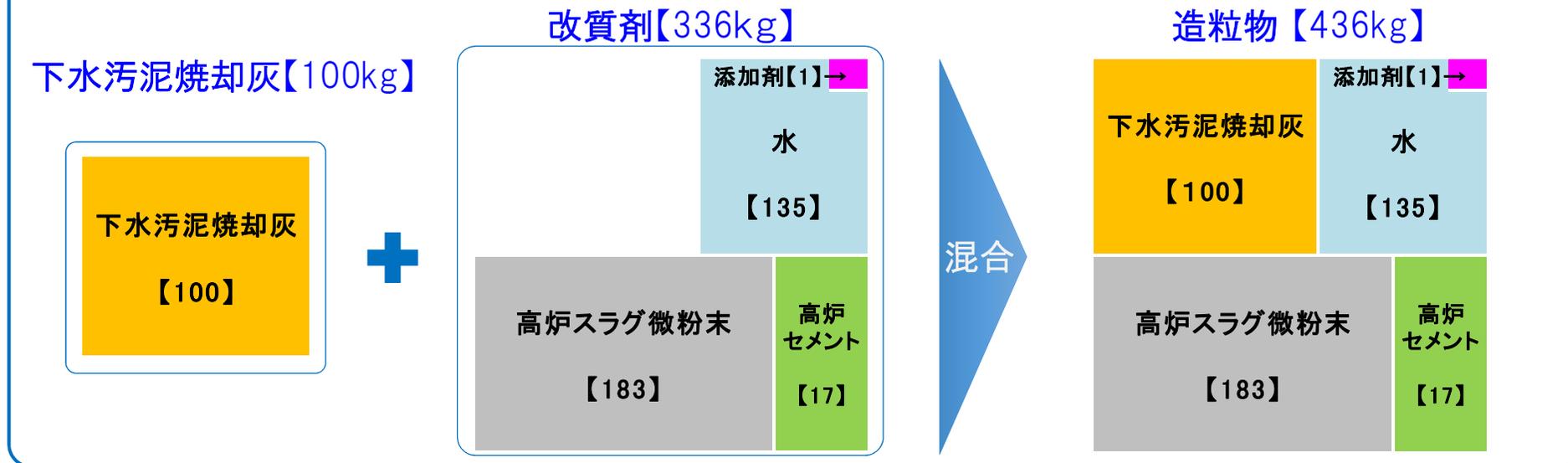


(30分経過後)

- 固化材の比率が増えるにつれ、粒径は大きくなる
- 焼却灰:固化材の配合比が「1:0」「1:1」の場合、十分な沈降性の改善効果が見られないが、300μm以下の粒径がほとんどなく2mm以上の粒径がほとんどを占める「1:2」「1:3」の配合比の場合、沈降性は大幅に改善 [⇒ 十分な飛散防止効果を有する]
- 水の濁りの状況や経済性を考慮し、焼却灰:固化材の配合比を「1:2」とした

沈降性改善に向けた改質剤の配合イメージとセシウムの溶出挙動

下水汚泥焼却灰の沈降性改善のイメージ（数値は標準的な配合）



- ① 粉体の「高炉スラグ微粉末」と「高炉セメント(B種)」は、納入業者にて事前に均質な混合が可能であり、混合された固化材として、既存の固化剤ホッパにストック
- ② 液体の添加剤は、ミキサの開口部から定量注入が可能
- ③ 放射性セシウムが溶出しない
- ④ 浮島2期管理型処分場の投入設備(フローティングコンベアシステム)の活用が可能な性状

スラッジセンターの実際の設備を使用し、実現できることを検証済み（試験体は保管）



下水汚泥焼却灰
【含水比:0%】



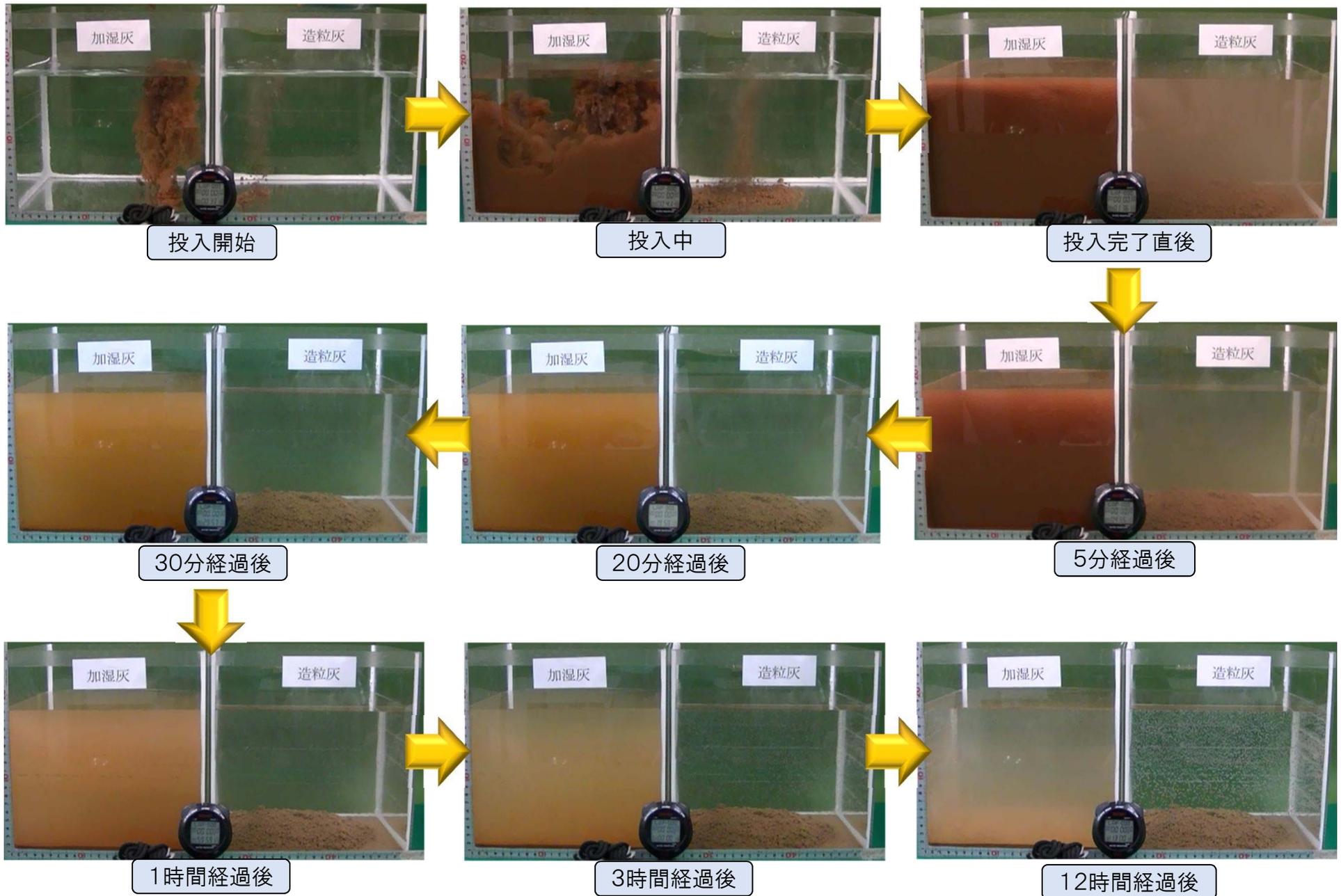
沈降性改善後
【含水比:約31%】

セシウム溶出挙動

| | |
|----------------|--------------|
| Cs-134 (Bq/kg) | ND (0.35) |
| Cs-137 (Bq/kg) | ND (0.40) |

※NDは検出下限未満、
括弧内の数値は検出下限値

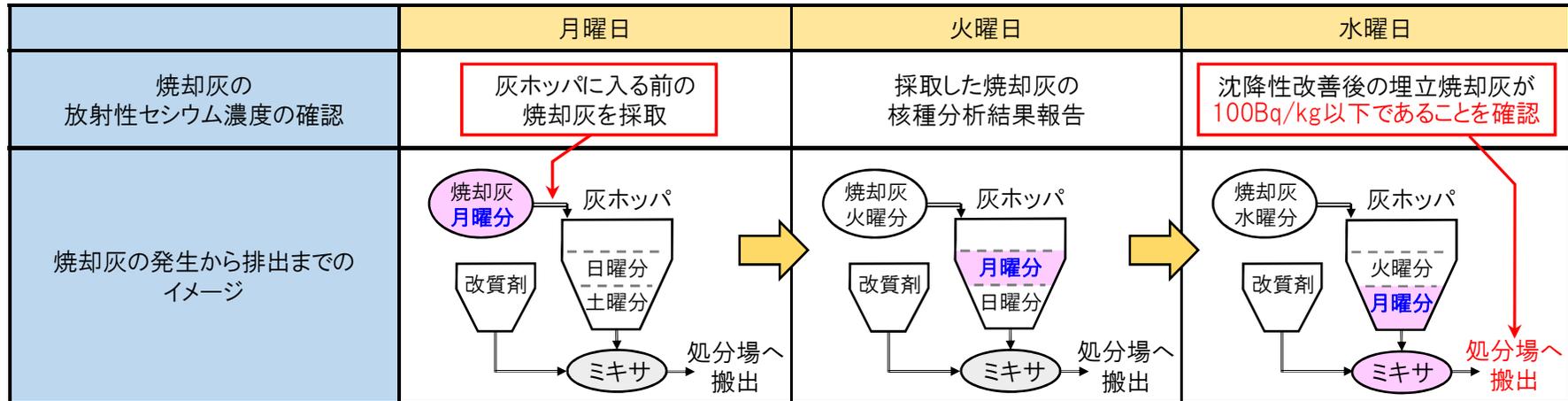
沈降性改善の状況



沈降性改善後の放射性セシウム濃度の確認方法

◆ 埋立焼却灰の放射性セシウム濃度の確認方法(月曜日に発生する焼却灰の例)

- ① 月曜日に、灰ホッパに入る前の焼却灰を採取し、放射性セシウムの核種分析を実施
- ② 灰ホッパには、2日分(土・日曜日分)の焼却灰が貯蔵されており、月曜日に発生した焼却灰は、水曜日に灰ホッパから排出
- ③ 水曜日に沈降性を改善する焼却灰(月曜日の焼却灰)は、月曜日に採取した焼却灰の核種分析結果から、沈降性改善後の埋立焼却灰の放射性セシウム濃度を算定[※]し、100Bq/kg 以下であることを確認した上で、浮島2期管理型処分場へ搬出



当面の間、核種分析の頻度を増やすとともに、沈降性改善後の埋立焼却灰についても、核種分析による検証を行う

※ 沈降性改善後の埋立焼却灰の放射性セシウム濃度の算定方法

| 標準配合 | 放射性セシウム濃度 | 計算式 |
|------------|-----------|-----------------------------------|
| 焼却灰 | 100kg | 【A2】= (【A1】Bq/kg × 100kg) / 436kg |
| 高炉スラグ微粉末 | 183kg | |
| 高炉セメント(B種) | 17kg | |
| 添加剤 | 1kg | |
| 水 | 135kg | |
| 計 | 436kg | |

【焼却灰の放射性セシウム濃度が300Bq/kgの場合の計算例】

$$(300\text{Bq/kg} \times 100\text{kg}) / 436\text{kg} = 68.8\text{Bq/kg}$$

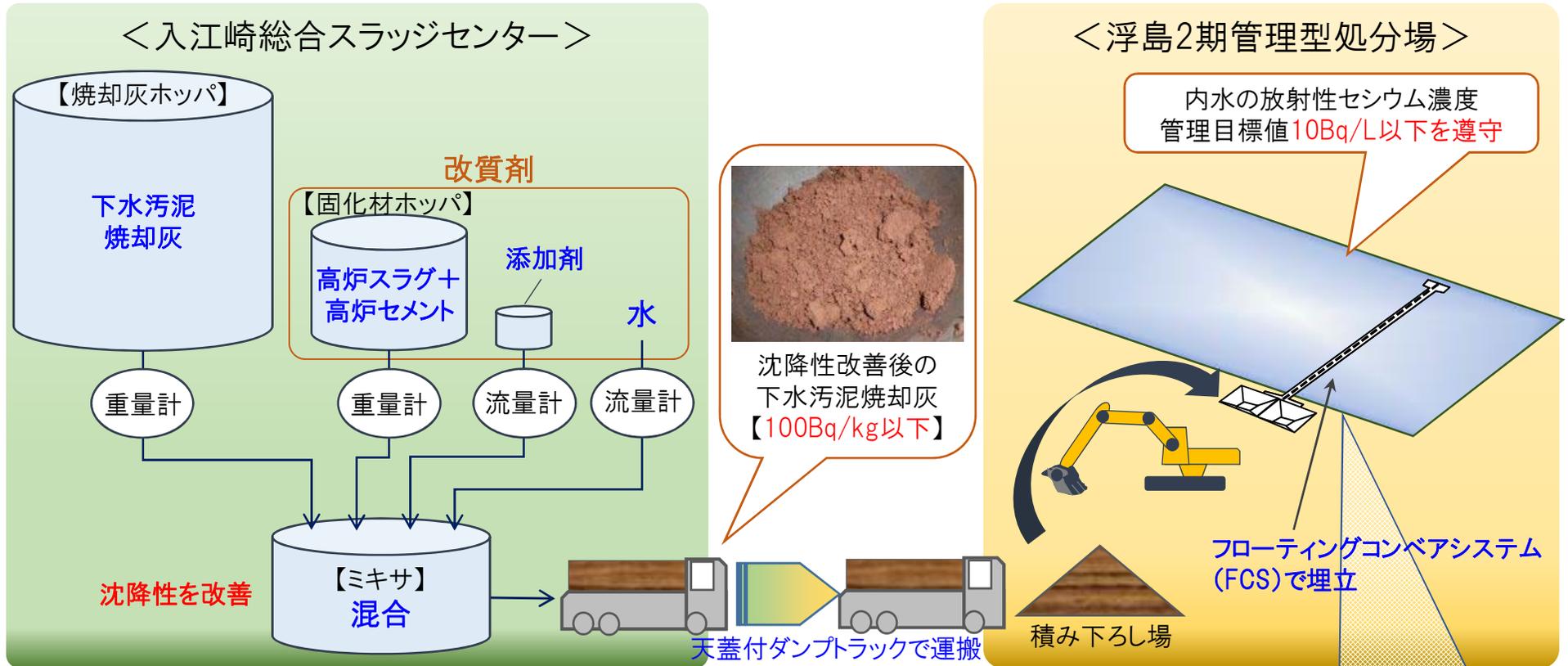
【焼却灰の放射性セシウム濃度が400Bq/kgの場合の計算例】

$$(400\text{Bq/kg} \times 100\text{kg}) / 436\text{kg} = 91.7\text{Bq/kg}$$

現在の焼却灰の放射性セシウム濃度は、100Bq/kg台～300Bq/kg台で推移しており、埋立焼却灰はクリアランスレベル100Bq/kg 以下となる見通し

沈降性改善と埋立までの作業フロー

- ◆ 入江崎総合スラッジセンター内の既存設備を活用し、沈降性を改善
- ◆ 浮島2期管理型処分場の積み下ろし場へ運搬し、既存の投入設備(フローティングコンベアシステム)で埋立



既存ホッパ・ミキサ室



既存 ミキサ



既存 ミキサ内部



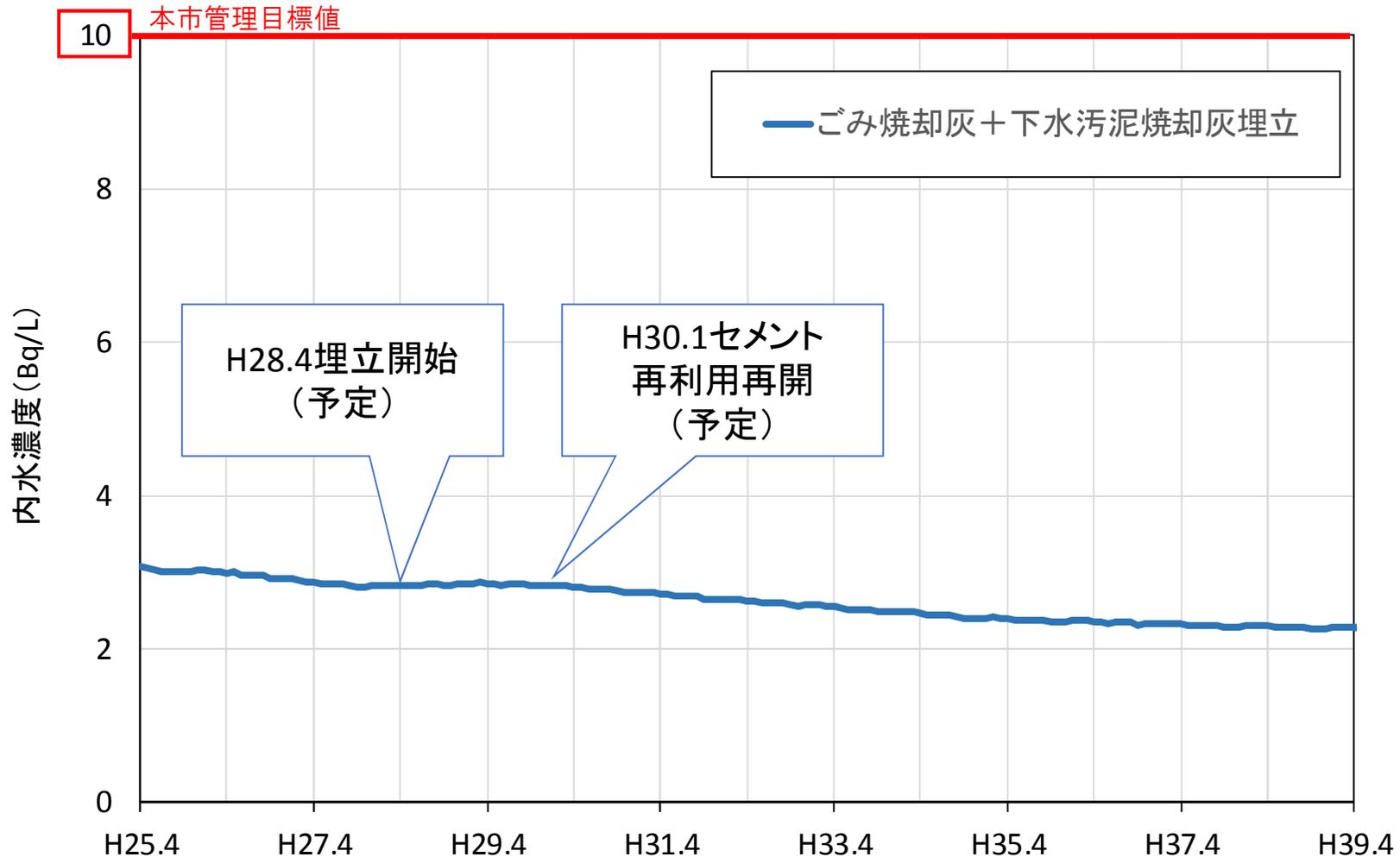
既存の浮島2期への投入装置(FCS)

浮島2期管理型処分場内水の放射性物質濃度予測

◆沈降性改善後の下水汚泥焼却灰を埋立てた場合における内水濃度への影響

- 内水濃度シミュレーションの結果、**本市管理目標値10Bq/Lを大きく下回って推移**

【沈降性改善後の溶出率が検出下限値以下であるため、改善前の溶出率4%を用いシミュレーション】



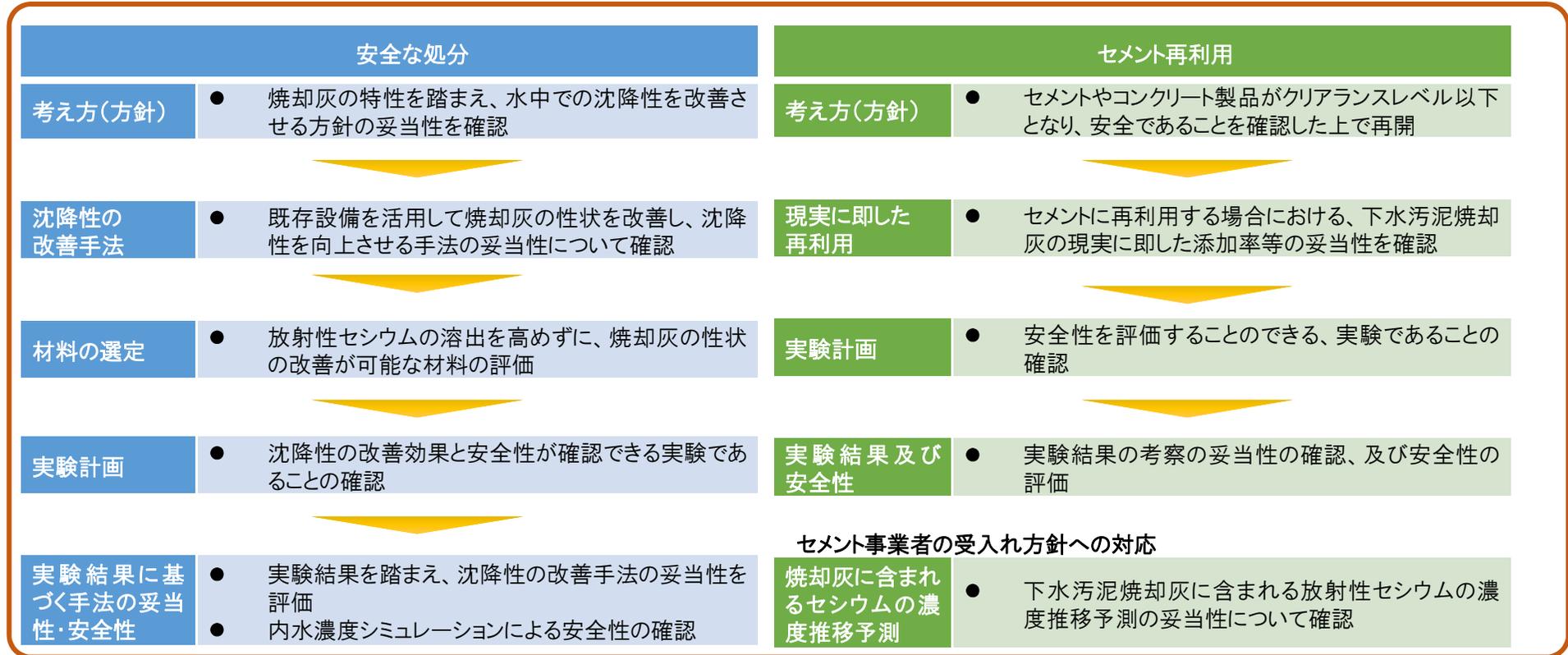
放射性物質のモニタリング計画

◆「川崎市東日本大震災に伴う放射性物質に関する安全対策指針」における
 “放射性物質モニタリング計画”に基づき、周辺の安全性を引続き確認

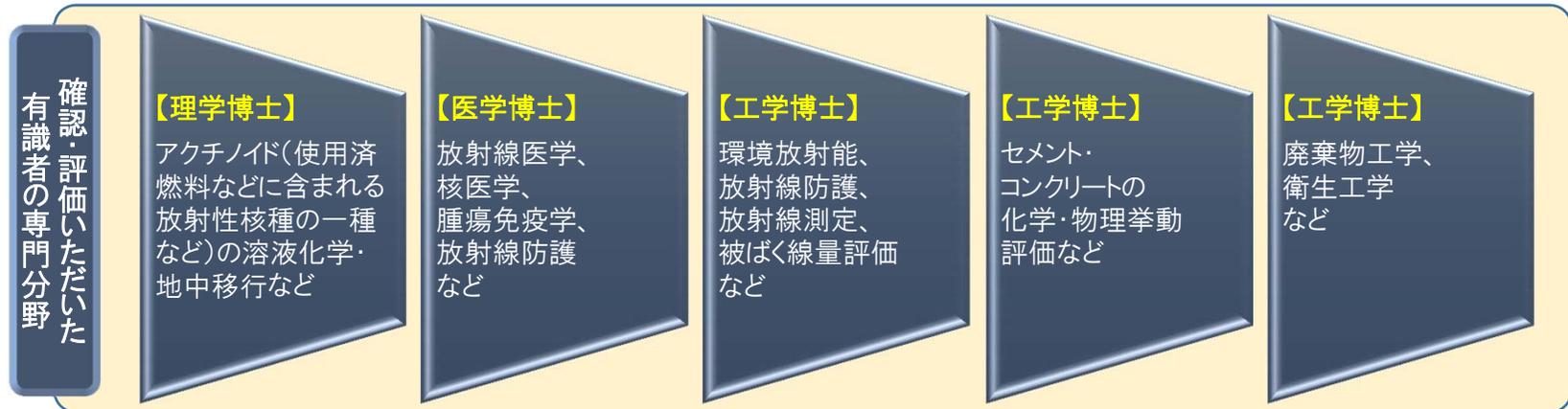
- 入江崎総合スラッジセンター: 脱水汚泥、下水汚泥焼却灰、大気(施設周辺)
- 浮島2期管理型埋立処分場: 内水、放流水・外海水、川崎港で採取された魚、大気
- 焼却灰一時保管場所: 大気

| 区分 | | 測定頻度 | 測定・試料採取箇所 | 測定項目 |
|----------------------------------|----------------|----------------|-------------------------------|--------------------------|
| 下水道汚泥処理施設 (入江崎総合 スラッジセンター) | 脱水汚泥 | 週に1回 | 入江崎総合 スラッジセンター | 放射性物質濃度 (セシウム134,137) |
| | 汚泥焼却灰 | - // - | - // - | - // - |
| | 大気(施設周辺) | - // - | - // - | 空間線量率 |
| 廃棄物埋立処分場 (浮島2期 管理型埋立処分場) | 内水 | - // - | 浮島管理型埋立処分場 | 放射性物質濃度 (セシウム134,137) |
| | 放流水・外海水 | 放流時 | - // - | - // - |
| | 川崎港で 採取された魚 | 随時 | 川崎港湾区域内 | - // - |
| | 大気 | 常時 (1時間に1回) | 浮島管理型埋立処分場の 敷地境界付近2か所 | 空間線量率 |
| | - // - | 週に1回 | 浮島管理型埋立処分場の 敷地境界付近4か所 | - // - |
| 焼却灰一時保管場所 | 大気 | - // - | 浮島1期埋立地内の 下水汚泥焼却灰の一時保管場所 | 空間線量率 |
| | - // - | - // - | 浮島1期埋立地内の 焼却灰(ばいじん)の一時保管場所 | - // - |

検討にあたっての有識者の確認・評価



有識者による各専門分野の視点から、検討の各プロセスの妥当性や安全性について確認・評価



今後の予定

◆当面の予定

| | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 |
|-----------------|-----------------|----|-----------------------------|----|----|----|----|----|------|
| 関係者への説明 | 関係団体・全町連正副会長会議等 | | | | | | | | |
| 新たに発生する焼却灰の試験埋立 | | | 試験埋立期間 | | | | | | |
| モニタリング | モニタリング | | 浮島2期管理型処分場の内水濃度等に異常がないことを確認 | | | | | | 継続 |
| 新たに発生する焼却灰の埋立 | | | | | | | | | 埋立継続 |

- 試験埋立期間中に、内水濃度等に異常があった場合は、試験埋立を停止し原因を明確にします
- 試験埋立期間中に異常がない場合、埋立・モニタリングを継続します

◆中期的な今後の予定

| | H27年度 | H28年度 | H29年度 | H30年度 | H31年度 | H32年度 |
|-----------------------|-----------|---------------|------------|-------|-----------|-------|
| 新たに発生する焼却灰のセシウム濃度(予測) | >100Bq/kg | | 【100Bq/kg】 | | 100Bq/kg≥ | |
| 焼却灰の沈降性の改善に向けた検討 | 検討 | | | | | |
| 新たに発生する焼却灰の埋立 | | 埋立 | | | | |
| モニタリング | モニタリング | 新たに発生する焼却灰の埋立 | | | | |
| セメント再利用 | | 再開に向けた協議継続 | | | セメント再利用再開 | |
| 保管中の焼却灰の処分等に向けた検討 | | 検討 | | | | |