

# ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設の新設について

2022年2月7日

**TEPCO**

東京電力ホールディングス株式会社

## ALPS処理水の海洋放出設備の申請内容等に係る主要な論点※

### に対する回答

※：ALPS処理水審査会合（第3回）資料1-2

#### （2－1 原子炉等規制法に基づく審査の主要論点）

#### （2）保安上の措置

##### ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

#### （1）海洋放出設備

##### ③海水の取水方法・希釈後のALPS処理水の放水方法

##### ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護、誤操作防止、信頼性等

## ALPS処理水の海洋放出設備の申請内容等に係る主要な論点※ に対する回答

※：ALPS処理水審査会合（第3回）資料1-2

### （2－1 原子炉等規制法に基づく審査の主要論点）

#### （2）保安上の措置

##### ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

# 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

## 1. 分析施設の配置

### ■ 分析対象試料の放射能濃度によって分析施設を選択

#### 環境管理棟

前処理操作（魚の前処理）



分析室+計測室：480 m<sup>2</sup>  
実験台：4

- 化学分析棟と5,6号分析室へ機能移転
- 機能を限定し運用

#### 化学分析棟

低放射能濃度試料用



分析室+計測室：1,000 m<sup>2</sup>  
実験台：15 、 ドラフト：35

- 2013年から運用開始

#### 5・6号分析室

高放射能濃度試料用



分析室+計測室：850 m<sup>2</sup>  
実験台：23 、 ドラフト：26

- 2016年に震災前より運用していた施設を拡張



- 震災以前より運用
- 震災により運用不可
- 震災後、新規に建設・運用
- 震災後、既存施設を改造・拡張



## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### 2.1.1 分析体制

#### ■ 分析体制の概要

- ALPS処理水プログラム部は、実施計画を含む分析にかかる計画策定を実施
- 防災・放射線センターでは、計画に見合うリソースを準備し、分析作業などを実施

#### ALPS処理水プログラム 処理水分析評価G

- プロジェクトの計画と進捗管理
- ALPS処理水の放出にかかる計画策定
- ALPS処理水の分析条件※1
- 海域モニタリングの分析条件※1
- 分析機能の条件  
    必要なリソースの提示など
- モニタリング調整会議に参画し、必要に応じて計画へ反映
- 分析技術の調査・開発

※1：試料採取個所、採取頻度、分析精度・確度

#### 防災・放射線センター

- 委託先作業員の力量管理
- 監理員の力量管理
- 品質管理

#### 分析評価G

- 分析施設の運用
- 分析機器の管理
- 分析作業管理
- 分析データの評価・管理
- 分析環境の整備

#### 放出・環境モニタリングG

- 試料採取作業管理
- 海域モニタリング評価
- 排水可否判断
- 排水データの管理・公表
- 陸域・海域環境モニタリング

#### 委託先※2

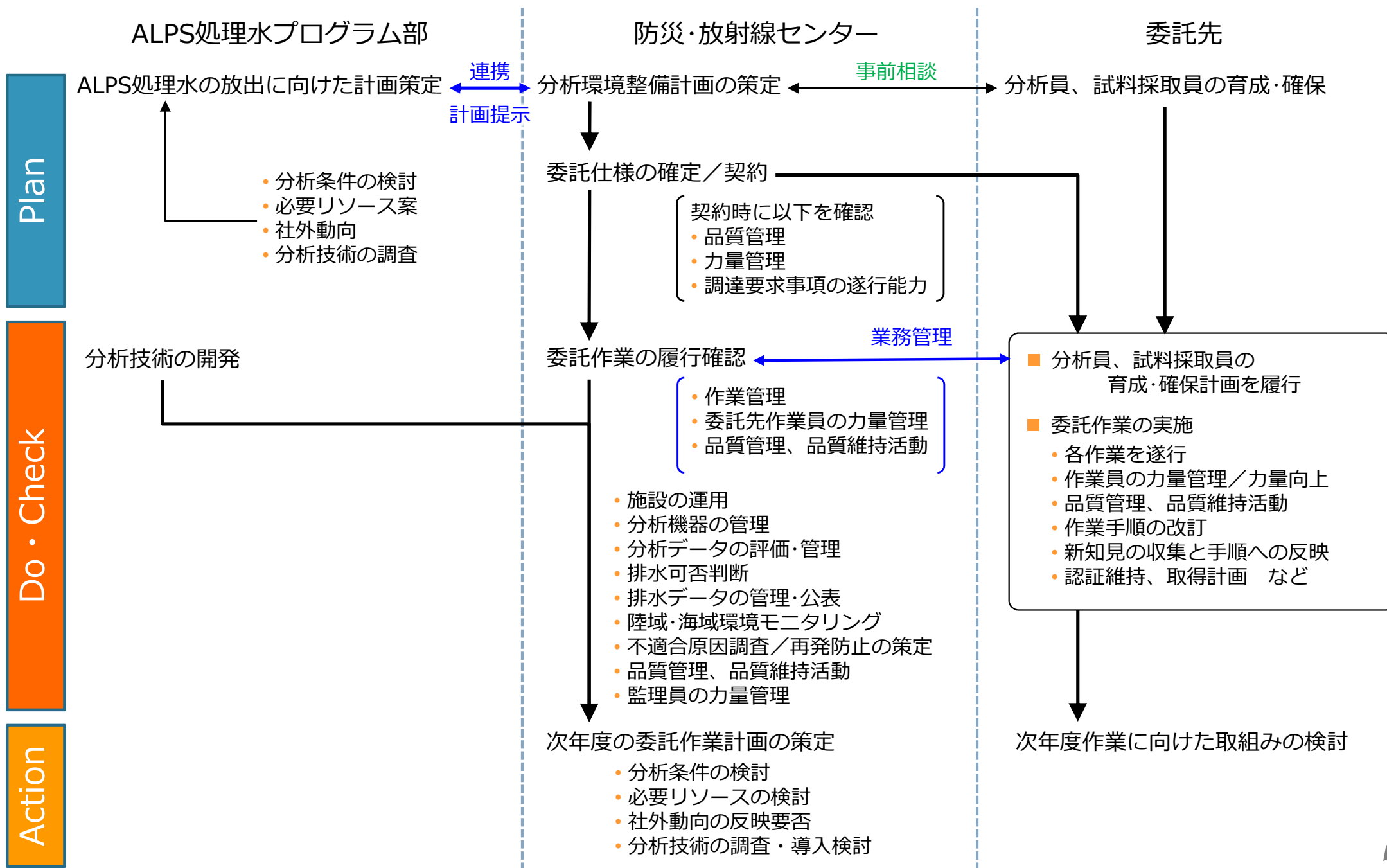
- 分析手順の策定
- 分析作業
- 技能試験
- 認証取得
- 試料採取手順の策定
- 試料採取作業
- 分析員、試料採取員の  
    育成・確保

※2：委託先：東京パワーテクノロジー株式会社（TPT）

震災以前より、福島第一、福島第二、ならびに柏崎刈羽原子力発電所にて試料採取、放射化学分析を実施

# 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

## 2.1.2 分析体制



### 2.2 分析リソースの状況

#### ■ 分析監理員（東電社員）の力量把握

- 社内現業技術・技能認定制度により、技術・技能水準を有することを認定
- 力量評価、有効性評価を定期的実施し、不足する力量の会得を計画的に実施

#### ■ 分析員の力量

- C-14のような、測定にあたり高い技能を有する核種（以下「難測定核種」）を確実に分析できるように、技能の高い分析員を増員・確保し、定常分析機能を維持しつつ、力量の維持を行っている
- 所内分析室間分析技能試験をはじめ、第三者の視点で客観的に技能確認ができるよう、国内外の分析機関との分析技能試験に継続的に取り組んでいる
  - Proficiency Test Exercise（主催：IAEA）
  - 放射能測定分析技術研究会、公益財団法人日本分析センター、株式会社化研とクロスチェック等

#### ■ 分析員個々の力量把握

- OJTにより難測定核種の分析対応者を増員し、今後は反復研修を実施
- 化学分析棟分析員を対象として、既知濃度試料を用いた測定により、力量の確認を実施（ISO/IEC-17025認証対象核種に対して年1回）（次頁）
- 当社は実施状況を確認し、力量者を把握（2022年度より、四半期毎に確認）

#### ■ 品質保証

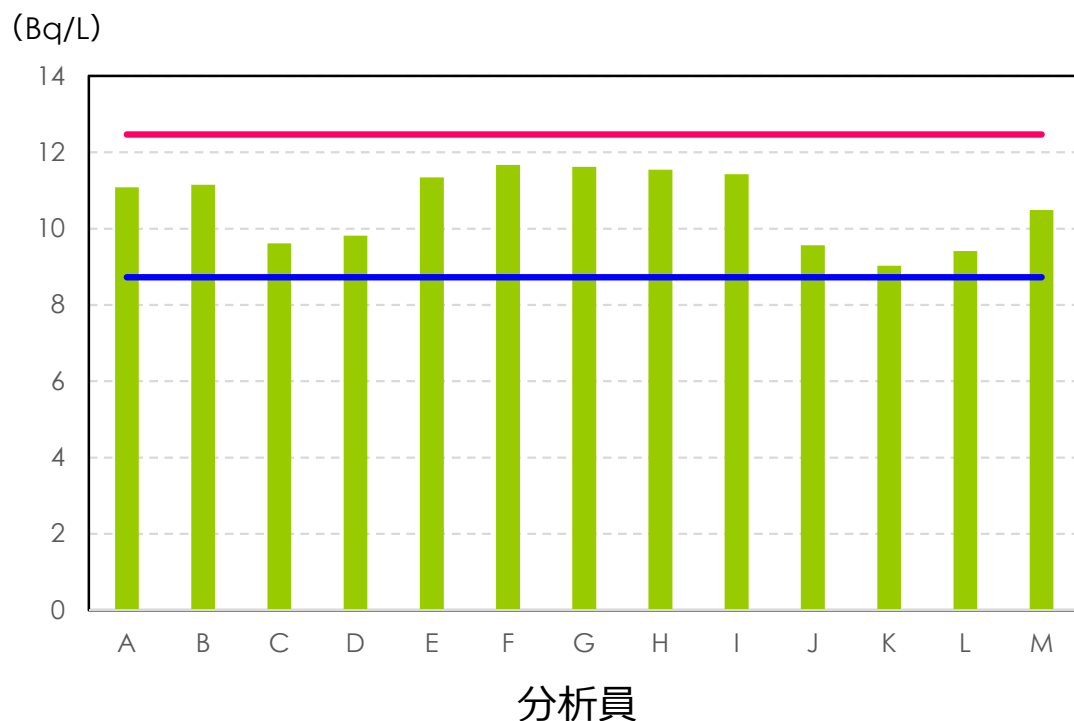
- 海域モニタリングを実施する化学分析棟では、Cs-134、Cs-137、H-3にかかるISO/IEC-17025を取得し定期的な審査を受けている
- 排水データについては、第三者機関の分析値と比較して妥当性を確認  
トリチウムは±10%以内で妥当と判断しているが、今後、測定結果とともに不確かさをあわせて妥当性を確認することを検討

## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### 2.3 分析リソースの状況



- 化学分析棟分析員を対象として、既知濃度試料を用いた測定により、毎年、力量確認を実施
- 2020年度に実施した力量確認（技能試験）では、分析員全てがZ値で2を満足していることを確認
- Z値を満たしていない場合には、結果の検証を行い、技術管理者の立ち合いのもと、再度、力量確認を実施



H-3技能試験対象者：分析員13名

検体濃度：10.2Bq/L

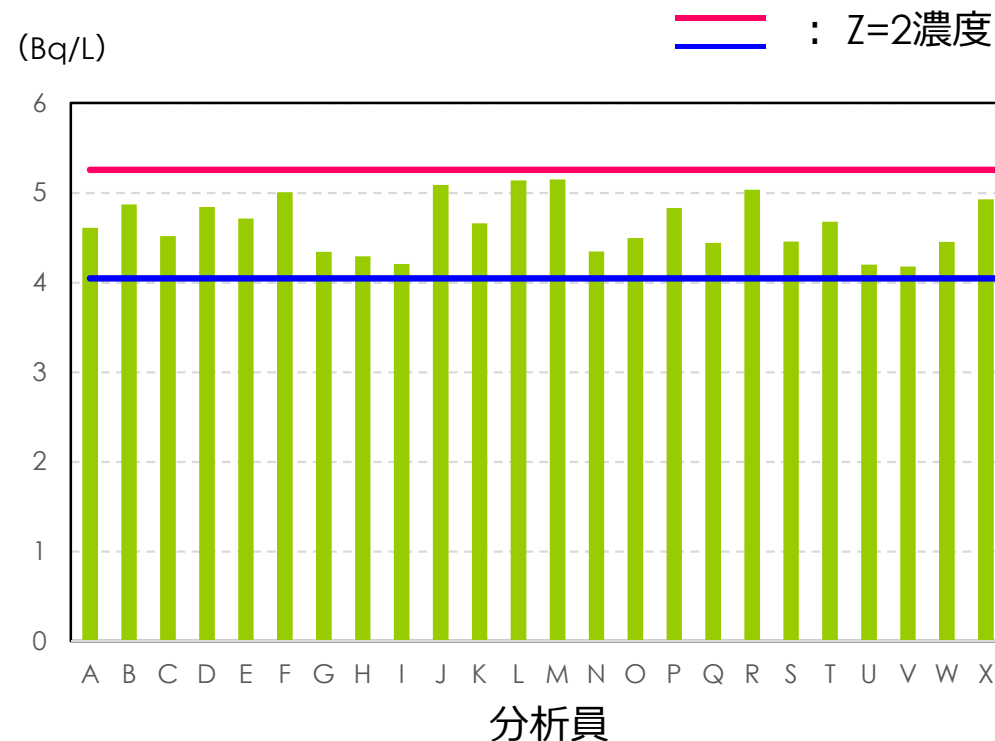
試料作成者による3試料10回繰返測定値の中間値

実施期間：2020/10/9～29

実施場所：化学分析棟

判定方法：Zスコア (ISO審査手法)

判定値： $|Z| \leq 2$



Cs-137技能試験対象者：分析員25名

検体濃度：4.5Bq/L

試料作成者による10回繰返測定値の中間値

実施期間：2020/7/29～8/6

実施場所：化学分析棟

判定方法：Zスコア (ISO審査手法)

判定値： $|Z| \leq 2$

# 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

## 2.4 分析データの品質



- Cs-134/137とH-3のISO/IEC-17025認証を取得し、同等レベルの分析を他核種へ展開
- 今後、Sr-90分析についても認証取得を計画していく

**PERRY JOHNSON LABORATORY ACCREDITATION, INC.**

*Certificate of Accreditation*

*Perry Johnson Laboratory Accreditation, Inc. has assessed the Laboratory of:*

**Tokyo Power Technology Ltd. FUKUSHIMA Nuclear Power Branch**  
 Environmental Chemistry Department: 182-1 Nishikidaai Kuma Okumamachi Futaba-gun, Fukushima 979-1305  
 Chemical Analysis Department/ Environmental Control Department: Fukushima Daiichi Nuclear Power Station  
 Chemical Analysis Building/Environmental Control Building  
 22 Kitahara Ottozawa Okumamachi Futaba-gun, Fukushima 979-1301

*(Hereinafter called the Organization) and hereby declares: that Organization is accredited in accordance with the recognized International Standard:*

**ISO/IEC 17025:2017**

This accreditation demonstrates technical competence for a defined scope and the operation of a laboratory quality management system (as outlined by the joint ISO-ILAC-IAF Communiqué dated April 2017):

**Analytical test of radionuclide (including Cs134/Cs137 and H-3) in public waters, wastewater, soil, ash and sludge (As detailed in the supplement)**

Accreditation claims for such testing and/or calibration services shall only be made from addresses referenced within this certificate. This Accreditation is granted subject to the system rules governing the Accreditation referred to above, and the Organization hereby covenants with the Accreditation body's duty to observe and comply with the said rules.

For PJLA:

	<b>Initial Accreditation Date:</b> June 13, 2016	<b>Issue Date:</b> June 26, 2020	<b>Expiration Date:</b> June 30, 2022
Tracy Szerszen President	<b>Revision Date:</b> June 28, 2021	<b>Accreditation No.:</b> 89362	<b>Certificate No.:</b> L20-355-R1

Perry Johnson Laboratory Accreditation, Inc. (PJLA)  
755 W. Big Beaver, Suite 1325  
Troy, Michigan 48064

*The validity of this certificate is maintained through ongoing assessments based on a continuous accreditation cycle. The validity of this certificate should be confirmed through the PJLA website: [www.pjla.com](http://www.pjla.com)*

Page 1 of 3

**ベリージョンソン ラボラトリー アクレディテーション インク**

**認 定 証**

ベリージョンソン ラボラトリー アクレディテーション インクは、  
下記の試験所を審査しました。

**東京パワーテクノロジー株式会社 原子力事業部 福島原子力事業所**  
 環境化学部：〒979-1305 福島県双葉郡大熊町大字熊手台 182-1  
 化学分析棟/環境管理棟：〒979-1301 福島県双葉郡大熊町大字大沢字北原 22  
 福島第一原子力発電所 化学分析棟/環境管理棟

ここに本組織が、以下の認知された国際規格に基づき、認定されたことを証します。

**ISO/IEC 17025:2017**

本認定により、以下の範囲及び試験所品質マネジメントシステムの運営における技術的能力を  
実証するものとします。(2017年4月発行ISO-ILAC-IAF共同コミュニケに準ずる)

**公共水域水、排水、土壌、灰及び汚泥の  
放射性核種 (Cs134/Cs137 及び H-3 を含む) 分析試験**  
(詳細は付属書に記述)

上記試験及び/又は校正サービスに対する認定資格は本認定証内で言及された住所のみを対象とする。本認定は、上記規格の認定を管理するシステム規定に従い授与され、組織はその規定を遵守し、認定機関の任務を尊重することをここに誓約する。

PJLA	初回認定日	発行日	認定有効期限
	2016年6月13日	2020年6月26日	2022年6月30日
	改定日	認定番号	認定証番号
	2021年6月28日	89362	L21-355-R1

この認定証の有効性は、持續不斷的認定に基づき(継続審査を通して維持されています。PJLAウェブサイト ([www.pjla.com](http://www.pjla.com)))で確認いただけます。

両、本認定証は日本語版であり、英文の認定証を正式のものとする。

トレーシー サーズェン  
プレジデント  
Perry Johnson Laboratory Accreditation, Inc. (PJLA)  
755 W. Big Beaver Rd., Suite 1325  
Troy, Michigan 48064

1/3頁



## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### 2.5 分析データの品質

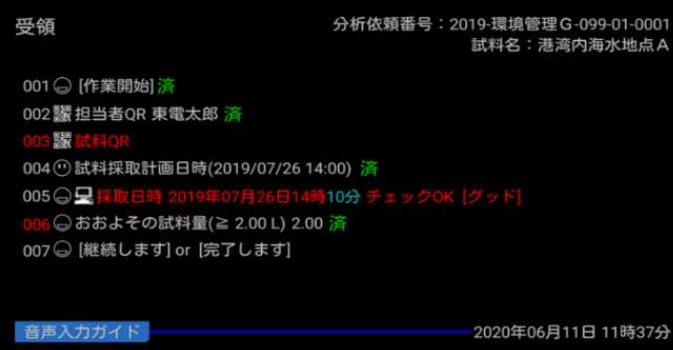
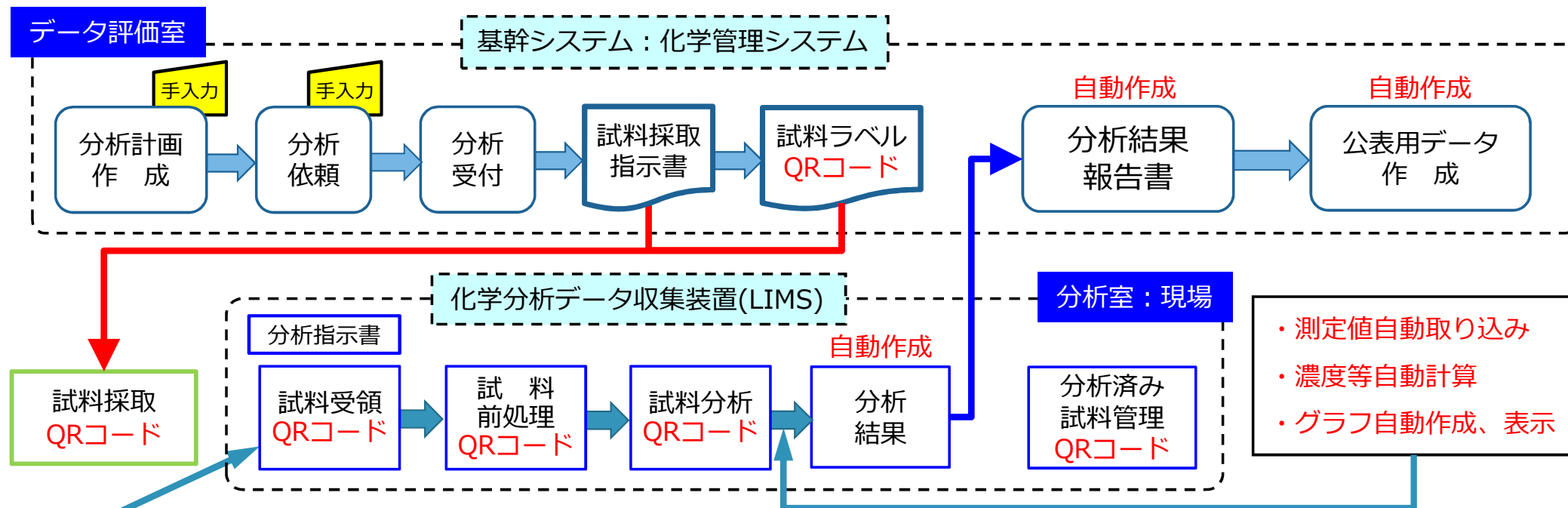
- 当社は、品質管理基準規則に則り管理を実施
  - 実施計画第3条（品質マネジメントシステム計画）を踏まえ、委託先に対して定められた分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し、分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認
- 第三者機関は、ISO/IEC-17025認証などの取得状況から選定

機関	認証	取得状況（17025）
TPT（福島第一）	ISO/IEC17025 ISO9001	（化学分析棟） Cs-134, Cs-137, H-3
化研	ISO/IEC17025	Cs-134, Cs-137 I-131 Sr-90 H-3
日本分析センター	ISO/IEC17025 ISO9001	ガンマ線放出核種 H-3 放射性ストロンチウム プルトニウム 等
東北緑化環境保全	ISO/IEC17025 ISO9001	Cs-134, Cs-137 I-131 H-3

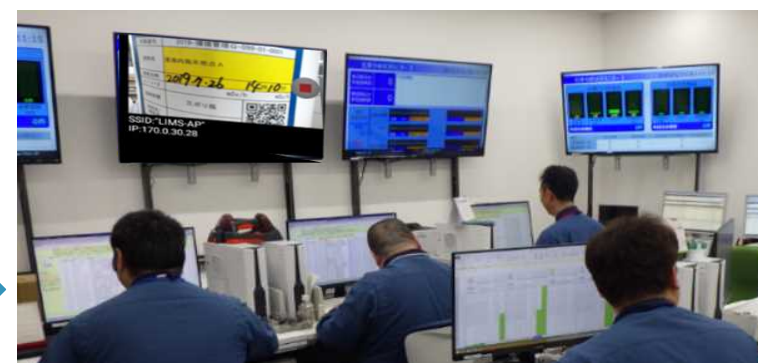
## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### 3.1 分析プロセスの品質管理

- 分析プロセスを一定品質に保ち、データの異常を検知する仕組みを構築



<分析室：現場>  
スマートグラスの表示に従い音声入力・映像を送信



<データ評価室>  
カメラ画像からLIMS端末に入力

【分析員情報と評価室監理員の確認情報が一致した場合に試料情報を登録】

## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### 3.2 分析プロセスの品質管理

- 化学分析データ収集装置（LIMS）の現場操作端末にスマートグラスを採用

#### カメラ

- ・ QRコード読取り
- ・ 映像送信



#### ヘッドホン



#### マイク

- ・ 評価室との会話
- ・ SGによる指示に対応

#### スマートグラス：SG

- ・ 実施すべき事項を表示
- ・ 分析手順を表示
- ・ トレンドグラフ表示

#### 音声・画像の連携



#### 当社の取組み

- 2020年度より、手順書の使用状況や仕様書の履行状況の確認を現場分析室で定期的実施（1F構内で実施する分析作業全てを対象に展開）
- 業務品質および作業安全を確保するため、分析員が交代しても同じ手順で作業ができることを要求：データの連続性を確保
- 手順書の確認方法を標準化
- 第三者機関に対しても作業手順書の提出を仕様書で要求しており、作業プロセスの品質管理に対する当社の関与をより一層強めていく
- 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう、以下の取組みを実施
  - 業務着手前に委託先に対して、安全事前評価におけるリスク抽出の指導を実施  
当社より、過去の不適合事例を説明し、ルール遵守の徹底を意識付けし指導
  - 毎月、委託先に対して、分析業務における課題や過去の不適合の再発防止対策の実施状況について協議を行い、パフォーマンスの維持に努める
  - 毎月、委託先とともに、分析作業の現場パトロールによる不安全状態の抽出を行い、現場の安全確保・作業品質の維持に努める
  - 当社は昨年度より、委託先が制定した分析手順書の履行状況の確認を開始し、作業上の改善点の抽出・是正を指導

#### 委託先の取組み

- 手順書は、準拠する公定法や公知の文献等を明記するなど、より使いやすいものにしていく計画
- 業務品質および作業安全を確保するため、分析員が交代しても同じ手順で作業ができる体制を構築：データの連続性を確保

### 4.1 異常時への対応

- 新規、または追加する海域モニタリングへの対応だけでなく、以下を準備
  - 廃炉作業において系統水の漏洩など異常が発生した場合に、昼夜を問わず緊急分析ができるよう、分析員を24時間配置
  - 緊急分析が発生した場合に迅速な対応ができるよう、定例分析から除外する計測器を選定・確保
  
- 具体的な体制例
  - $\gamma$ 線放出核種およびトリチウム分析への緊急対応
  - 夜間対応を想定し、5,6号分析室の分析員を常に2名配置（全9名）
  - 緊急対応のうち極低濃度の放射化学分析が必要な場合は、コンタミ（試料汚染）防止のために化学分析棟へ移動のうえ対応
  - $\gamma$ 線放出核種の分析専属を1名、トリチウムの分析専属を1名で対応する体制



## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### 4.2 異常時への対応

- 緊急分析への対応にあたる化学分析棟は電源を二重化しており、γ線放出核種分析とトリチウム分析を確実に実施できるようインフラを強化
- 分析員は、日勤帯であれば化学分析棟分析員、夜間帯であれば5,6号分析室の分析員が化学分析棟へ移動して測定作業に対応する  
夜間対応要員（5,6号分析室）の低放射能濃度試料の分析技能向上計画を策定し、確実に分析対応ができる力量を確保
- 監理員は、夜間緊急時の対応メンバーとして大熊単身寮在住者が対応する体制を準備  
新規配属者に対しても、独力で対応できるよう計画的に評価対応の力量向上に取り組む

	所 属	所属人数	平日昼間 (最大)	休 日	夜 間	備 考
分析員	化学分析棟	34名	34名	5名	0名	日勤のみ
	5,6号分析室	59名	37名	21名 <sup>※1</sup> <small>※1：延べ人数</small>	2名	交代勤務と日勤
監理員	分析評価グループ	15名	15名	2名	0名 (7名 <sup>※2</sup> )	日勤のみ

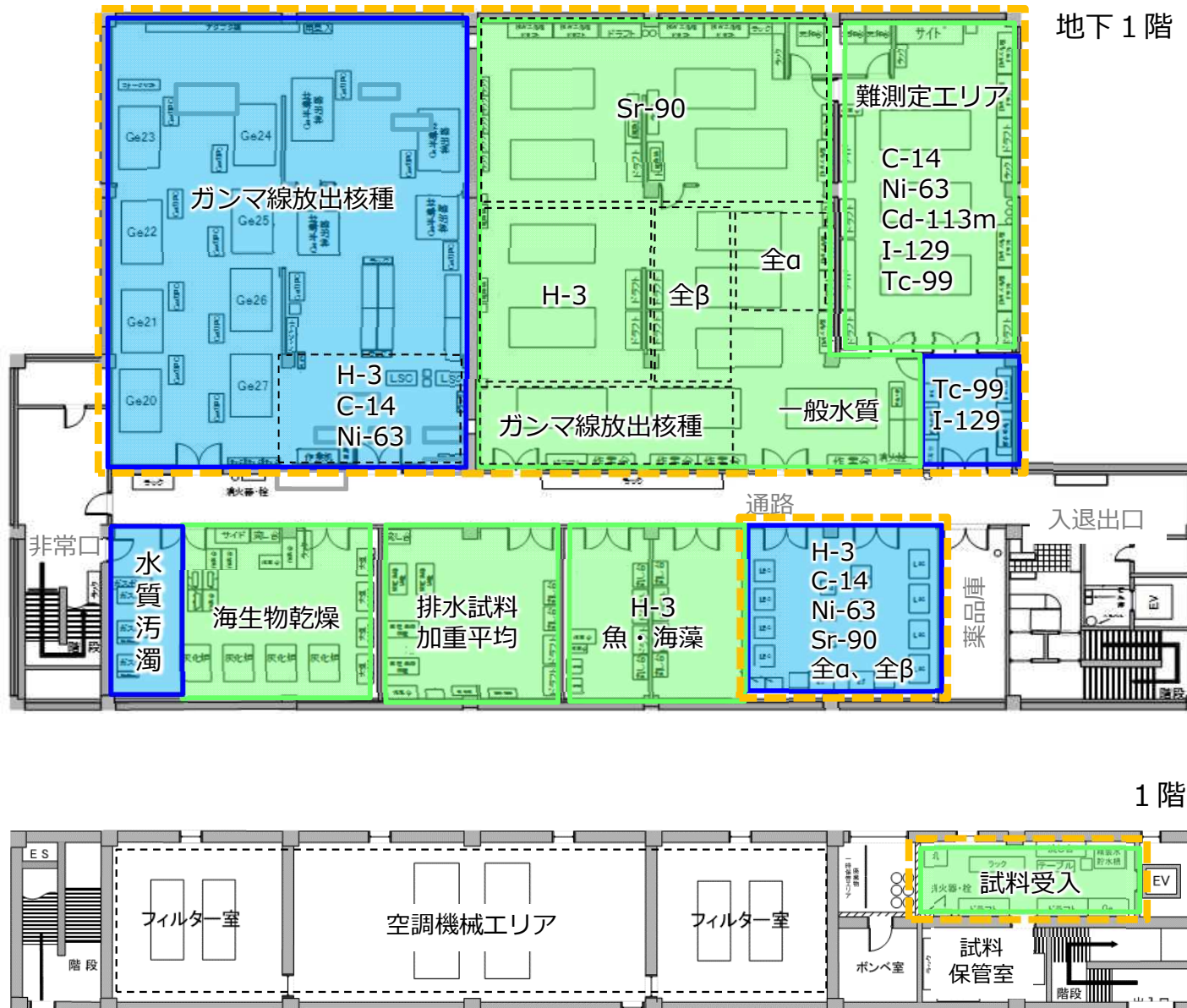
↑ 夜間対応  
化学分析棟へ移動

※2：夜間対応者を選任

## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### 5. 化学分析棟の機能

#### 低放射能濃度試料を確実に分析できるようにレイアウトを定義



- 全域 : 海域試料取扱エリア
- : ALPS処理水取扱エリア
- : 前処理エリア
- : 測定エリア

#### 低放射能濃度試料を扱うための措置

- 計測室を地下に設置し、環境線量による影響を低減（50cm厚コンクリート等）
- 試料の持ち込みは、海水等あらかじめ低放射能濃度であることが明確な試料に限定（他は5,6号分析室へ持ち込み）
- 入室時：靴下を追加で着用し、身体・物品サーベイを実施
- 室内の定期的な汚染確認を行い、必要に応じて清掃を実施（出入口の床面など）

	面積 (m <sup>2</sup> )
分析エリア	936
試料保管エリア	24
空調機械エリア	207
通路他	333
建屋延床面積	1,500

#### ■ 分析環境の整備

- 震災後、高放射能濃度試料に対応することに最大限傾注
- 環境試料の分析を行う環境が整ったので（前述、2013年7月の化学分析棟竣工）、海水等あらかじめ低放射能濃度であることが明確な試料の分析のための人員育成も並行して実施
- 地下水バイパス、サブドレン排水が開始されていくにつれて、5,6号分析室の作業員育成と並行し、化学分析棟の作業員の育成に傾注
- ALPS処理水の排水に向けて、化学分析棟のレイアウトの整備（前述）と分析体制の強化を進める
- 化学分析棟では、①ALPS処理水の分析環境を整備するに加えて、②海域モニタリングの強化（'21/8/25\_公表）に対応した環境整備を実施

## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### 6.2.1 ALPS処理水への対応



ALPS処理水は低放射能濃度試料なので、海域モニタリング同様に化学分析棟で下表核種（暫定）の分析評価を実施する

	核種	分析方法		核種	分析方法		核種	分析方法
1	H-3	LSC	23	Sn-119m	評価値	45	Pm-146	Ge
2	C-14	LSC	24	Sn-123	Ge	46	Pm-147	評価値
3	Mn-54	Ge	25	Sn-126	Ge	47	Pm-148	Ge
4	Fe-59	Ge	26	Sb-124	Ge	48	Pm-148m	Ge
5	Co-58	Ge	27	Sb-125	Ge	49	Sm-151	評価値
6	Co-60	Ge	28	Te-123m	Ge	50	Eu-152	Ge
7	Ni-63	LSC	29	Te-125m	評価値	51	Eu-154	Ge
8	Zn-65	Ge	30	Te-127	Ge	52	Eu-155	Ge
9	Rb-86	Ge	31	Te-127m	評価値	53	Gd-153	Ge
10	Sr-89	β-Spec	32	Te-129	Ge	54	Tb-160	Ge
11	Sr-90	β-Spec	33	Te-129m	Ge	55	Pu-238	ZnS
12	Y-90	評価値	34	I-129	ICP-MS	56	Pu-239	ZnS
13	Y-91	Ge	35	Cs-134	Ge	57	Pu-240	ZnS
14	Nb-95	Ge	36	Cs-135	評価値	58	Pu-241	評価値
15	Tc-99	ICP-MS	37	Cs-136	Ge	59	Am-241	ZnS
16	Ru-103	Ge	38	Cs-137	Ge	60	Am-242m	評価値
17	Ru-106	Ge	39	Ba-137m	評価値	61	Am-243	ZnS
18	Rh-103m	評価値	40	Ba-140	Ge	62	Cm-242	ZnS
19	Rh-106	評価値	41	Ce-141	Ge	63	Cm-243	ZnS
20	Ag-110m	Ge	42	Ce-144	Ge	64	Cm-244	ZnS
21	Cd-113m	LSC	43	Pr-144	評価値			
22	Cd-115m	Ge	44	Pr-144m	評価値			

Ge : Ge半導体検出装置

LSC : 低バック液体  
シンチレーション計数装置

β-Spec : β核種分析装置

ICP-MS : 誘導結合プラズマ  
質量分析装置

ZnS : α自動測定装置  
(ZnSシンチレーション計数装置)

評価値 : 計測した核種から同位体比、  
相対比にて存在量を算出評価

## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### 6.2.2 ALPS処理水への対応

#### ■ 各核種の分析方法と概略

	核種	分析方法	概略	備考
1	H-3	LSC	蒸留により単離し、試料とシンチレータを混合し測定	Geの測定にて、低エネルギー側の核種は、コンプトン散乱の影響により検出下限値が高くなるが、長時間計測を実施することにより目標※とする検出下限値を担保
2	C-14	LSC	吸収剤に捕集して単離し、試料とシンチレータを混合し測定	
3	Mn-54	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	
4	Fe-59	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	
5	Co-58	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	
6	Co-60	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	
7	Ni-63	LSC	レジンにより単離し、試料とシンチレータを混合し測定	
8	Zn-65	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	
9	Rb-86	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	
10	Sr-89	β-Spec	レジンにより単離し、沈殿回収したものをマウントし、ステンレス皿にてβ-Spec測定	
11	Sr-90	β-Spec	レジンにより単離し、沈殿回収したものをマウントし、ステンレス皿にてβ-Spec測定	
12	Y-90	評価値	Sr-90と放射平衡として濃度評価	
13	Y-91	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	
14	Nb-95	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定、親核種の半減期を使用	
15	Tc-99	ICP-MS	試料を希硝酸で希釈し測定	Ge : Ge半導体検出装置
16	Ru-103	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	LSC : 低バック液体シンチレーション計数装置
17	Ru-106	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	β-Spec : β核種分析装置
18	Rh-103m	評価値	Ru-103と放射平衡として濃度評価	ICP-MS : 誘導結合プラズマ質量分析装置
19	Rh-106	評価値	Ru-106と放射平衡として濃度評価	ZnS : α自動測定装置
20	Ag-110m	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	
21	Cd-113m	LSC	イオン交換により単離し、試料とシンチレータを混合し測定	
22	Cd-115m	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	



## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### 6.2.3 ALPS処理水への対応

#### ■ 各核種の分析方法と概略

	核種	分析方法	概略	備考	
23	Sn-119m	評価値	Sn-123との相対比より濃度評価	Geの測定にて、低エネルギー側の核種は、コンプトン散乱の影響により検出下限値が高くなるが、長時間計測を実施することにより目標※とする検出下限値を担保	
24	Sn-123	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定		
25	Sn-126	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定		
26	Sb-124	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定		
27	Sb-125	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定		
28	Te-123m	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定		
29	Te-125m	評価値	Sb-125と放射平衡として濃度評価		
30	Te-127	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定、親核種の半減期を使用		
31	Te-127m	評価値	Te-127との相対比より濃度評価		
32	Te-129	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定、親核種の半減期を使用		
33	Te-129m	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	※ 目標：告示濃度比総和1未満を満足していることを確認するために設定した核種毎の値	
34	I-129	ICP-MS	試料を試薬添加によりヨウ素酸イオンに調整後に測定		
35	Cs-134	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定		
36	Cs-135	評価値	Cs-137との相対比より濃度評価		
37	Cs-136	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定		Ge : Ge半導体検出装置
38	Cs-137	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定		LSC : 低バック液体シンチレーション計数装置
39	Ba-137m	評価値	Cs-137と放射平衡として濃度評価		β-Spec : β核種分析装置
40	Ba-140	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定		ICP-MS : 誘導結合プラズマ質量分析装置
41	Ce-141	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定		ZnS : α自動測定装置
42	Ce-144	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定		
43	Pr-144	評価値	Ce-144と放射平衡として濃度評価、親核種の半減期を使用		
44	Pr-144m	評価値	Ce-144と放射平衡として濃度評価		

## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### 6.2.4 ALPS処理水への対応

#### ■ 各核種の分析方法と概略

	核種	分析方法	概略	備考
45	Pm-146	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	Geの測定にて、低エネルギー側の核種は、コンプトン散乱の影響により検出下限値が高くなるが、長時間計測を実施することにより目標※とする検出下限値を担保
46	Pm-147	評価値	Eu-154との相対比より濃度評価	
47	Pm-148	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	
48	Pm-148m	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	
49	Sm-151	評価値	Eu-154との相対比より濃度評価	
50	Eu-152	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	
51	Eu-154	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	
52	Eu-155	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	
53	Gd-153	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	
54	Tb-160	Ge	均一化した試料をマリネリ容器に分取し測定	
55	Pu-238	ZnS	試料を鉄共沈させ除鉄した後、ステンレス皿に蒸発乾固し測定	※ 目標：告示濃度比総和1未満を満足していることを確認するために設定した核種毎の値  Ge : Ge半導体検出装置 LSC : 低バック液体シンチレーション計数装置 β-Spec : β核種分析装置 ICP-MS : 誘導結合プラズマ質量分析装置 ZnS : α自動測定装置
56	Pu-239	ZnS	試料を鉄共沈させ除鉄した後、ステンレス皿に蒸発乾固し測定	
57	Pu-240	ZnS	試料を鉄共沈させ除鉄した後、ステンレス皿に蒸発乾固し測定	
58	Pu-241	評価値	Pu-238との相対比より濃度評価	
59	Am-241	ZnS	試料を鉄共沈させ除鉄した後、ステンレス皿に蒸発乾固し測定	
60	Am-242m	評価値	Am-241との相対比より濃度評価	
61	Am-243	ZnS	試料を鉄共沈させ除鉄した後、ステンレス皿に蒸発乾固し測定	
62	Cm-242	ZnS	試料を鉄共沈させ除鉄した後、ステンレス皿に蒸発乾固し測定	
63	Cm-243	ZnS	試料を鉄共沈させ除鉄した後、ステンレス皿に蒸発乾固し測定	
64	Cm-244	ZnS	試料を鉄共沈させ除鉄した後、ステンレス皿に蒸発乾固し測定	

## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### 6.2.5 ALPS処理水への対応

#### ■ 日常点検における検出効率の確認

➤ 標準線源や標準液により、装置性能の維持を確認したうえで試料の測定を行っている

計測器	標準線源	確認方法
Ge半導体検出器	Co-57、Ba-133、Cs-137 Mn-54、Co-60	頻度：日々の作業開始時  方法：標準線源の各エネルギー毎に検出効率を求め、判定値以内（±10%）を確認  逸脱時の対応：前回の判定値以降の計測試料に対し再評価を実施し、必要に応じて逸脱期間の試料を対象に再計測を実施
α自動測定装置	Am-241	
β核種分析装置	Sr-90 Cs-137	
低バック液体 シンチレーション計数装置	H-3	

計測器	標準液	確認方法
ICP-MS	Li、Co、Y、Tl	頻度：使用の都度  方法：元素毎の強度を測定し、判定値以上を確認後、測定前に検量線を作成  標準液の強度：Li：> 1000 Co・Y：> 200 Tl：> 800

## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### 6.3 ALPS処理水試料の分析方法

核種	分析方法	目標検出下限値※1	準拠手法
γ線放出核種	マリネリ容器に試料を分取し、Ge半導体検出器にて測定	0.07 Bq/L Cs-137にて設定※2	放射能測定法シリーズNo.7 (ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー)
Sr-90、Sr-89	SrレジンによりSrを精製した後、炭酸塩として沈殿・回収したものをβ核種分析装置にて測定	0.04 Bq/L Sr-90にて設定※3	JAEA-Technology2009-051 (研究施設等廃棄物に含まれる放射性核種の簡易・迅速分析法(分析指針))
I-129	試料に次亜塩素酸を添加してヨウ素酸イオンに調整した後、誘導結合プラズマ質量分析装置にて測定	0.2 Bq/L	放射能測定法シリーズNo.32 (環境試料中ヨウ素129 迅速分析法)
H-3	蒸留によって不純物を取り除いた試料とシンチレータを混合した後、低バック液体シンチレーション計数装置にて測定	30 Bq/L	放射能測定法シリーズNo.9 (トリチウム分析法)
C-14	試料に濃硝酸、過硫酸カリウムを添加して加熱し、発生したCO <sub>2</sub> を吸収剤に捕集してシンチレータと混合した後、低バック液体シンチレーション計数装置にて測定	10 Bq/L	放射能測定法シリーズNo.25 (放射性炭素分析法) 日揮：放射性廃棄物の放射化学分析方法について
Tc-99	試料を硝酸で希釈し、誘導結合プラズマ質量分析装置にて測定	2 Bq/L	原子力環境整備センター：放射化学分析手法の高度化・合理化研究
全α放射能	α核種を水酸化鉄に共沈させ、抽出操作により除鉄した後ステンレス皿に蒸発乾固後焼き付けしたものをα自動測定装置にて測定	0.04 Bq/L	動力炉・核燃料開発事業団東海事業所：標準分析作業法
Cd-113m	イオン交換によりCdを精製・回収し、シンチレータと混合した後、低バック液体シンチレーション計数装置にて測定	0.2 Bq/L	分析化学, vol.63, No.4 (低バック液体シンチレーション計数装置を用いるβ線計測法による福島第一原子力発電所の滞留水中の <sup>113m</sup> Cd分析法の検討)
Ni-63	NiレジンによりNiを精製・回収し、シンチレータと混合した後、低バック液体シンチレーション計数装置にて測定	20 Bq/L	JAEA-Technology2009-051 (研究施設等廃棄物に含まれる放射性核種の簡易・迅速分析法(分析指針))

※1：告示濃度比総和1未満を満足していることを確認するために設定した核種毎の値  
 ※2：他の核種はベースライン、妨害核種、バックグラウンドおよびγ線放出率によって変動  
 ※3：Sr-89はSr-90濃度によって変動

## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### 7.1 海域モニタリングへの対応



■ 低放射能濃度（海域モニタリング）試料は、化学分析棟で分析評価を実施する

対象	採取場所	測定対象	現在	変更（案）	備考
海水	港湾内	10ヶ所	セシウム：毎日 トリチウム：1回/週	セシウム：毎日 トリチウム：1回/週	放水立坑（放出端）は毎日実施
	2km圏内 （及び近傍）	7ヶ所	セシウム：1回/週 トリチウム：1回/週	セシウム：1回/週 トリチウム：1回/週	採取箇所3ヶ所を追加（計10カ所）
	20km圏内	6ヶ所	セシウム：1回/週 トリチウム：1回/2週	セシウム：1回/週 <b>トリチウム：1回/週</b>	トリチウムの分析頻度を倍増
	20km圏外 （福島県沖）	9ヶ所	セシウム：1回/月 トリチウム：0回	セシウム：1回/月 <b>トリチウム：1回/月</b>	トリチウムを追加
魚類	20km圏内	セシウム 134,137 ストロンチウム トリチウム	セシウム：1回/月（11ヶ所） ストロンチウム：四半期毎 （セシウム濃度上位5検体） トリチウム：1回/月（1ヶ所）	セシウム：1回/月（11ヶ所） ストロンチウム：四半期毎 （セシウム濃度上位5検体） <b>トリチウム：1回/月（11ヶ所）</b>	現在は、11ヶ所で魚を採取しセシウムを分析、うち1ヶ所でトリチウムを分析、変更後は <b>他の10ヶ所においてもトリチウム分析を追加</b>
海藻類	港湾内	セシウム 134,137	セシウム：1回/年（1ヶ所）	<b>セシウム：3回/年（1ヶ所）</b>	3月、5月、7月の年3回実施
	港湾外	セシウム 134,137 ヨウ素129 トリチウム	セシウム：0回 ヨウ素：0回 トリチウム：0回	<b>セシウム：3回/年（2ヶ所）</b> <b>ヨウ素：3回/年（2ヶ所）</b> <b>トリチウム：3回/年（2ヶ所）</b>	港湾外2ヶ所を追加 3月、5月、7月の年3回実施 （生息域調査により今後設定）



- 発電所構内で測定している核種は下表であり、その他は社外機関で実施

核種	分析方法	目標検出下限値	準拠手法
γ線放出核種	マリネリ容器に試料を分取し、Ge半導体検出器にて測定	1 Bq/L Cs-137にて設定※1	放射能測定法シリーズNo.7 (ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー)
H-3	蒸留によって不純物を取り除いた試料とシンチレータを混合した後、低バック液体シンチレーション計数装置にて測定	0.4 ~ 3 Bq/L	放射能測定法シリーズNo.9 (トリチウム分析法)

※1：他の核種はベースライン、妨害核種、バックグラウンドおよびγ線放出率によって変動

## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### 8.1 分析装置の配備

- 化学分析棟の分析機能
  - 下記の装置を配備し低濃度試料の計測に対応
  - 今後建屋を増設し、さらに分析機能を拡充（次頁）

2022年2月現在

取扱試料	分析装置	主な用途	配備数
モニタリング試料：海水等 排水試料： 地下水バイパス、サブドレン浄化水 ALPS出口水：最終段 等	Ge半導体検出装置	γ線放出核種 (Cs-134、137など)	12
	α自動測定装置	全α	2
	低バックガスフロー計数装置	全β、Sr-90	5
	β核種分析装置	Sr-90	2
	低バック液体シンチレーション計数装置	トリチウム、C-14 Cd-113m、Ni-63	9
	誘導結合プラズマ質量分析装置 (ICP-MS)	I-129、Tc-99	2

## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### 8.2 分析施設の拡張と装置の追設

#### ■ 化学分析棟の機能拡大

- 前処理設備として下記施設の追設を計画しており、仮に測定対象が下表のとおり増加しても対応できる（2023年度内の竣工目標）

#### 【前処理エリア】

対象	測定対象	拡大規模 (最大年間試料数)	前処理設備 (計画台数)	
			設備名	台数
海水	H-3	156	ドラフトチャンバー	4
			ロータリーエバポレータ	5
			電解濃縮装置	4
	I-129	8	実験台	2
	C-14	20	ドラフトチャンバー	7
	γ核種 (Sn-126含む)	12	ドラフトチャンバー	4
α核種	12	実験台	2	
		Sr-90	12	実験台
海底土	Sn-126	20	ドラフトチャンバー	4
魚類	C-14	1	ドラフトチャンバー	6
	Sn-126	1	実験台	3
海藻類	C-14	2	凍結乾燥器	6
	Sn-126	2	電解濃縮装置	6
			H-3→He変換装置	2

#### 【測定エリア】

測定対象	測定装置 (計画台数)	
	装置名	台数
H-3	LSC	3
C-14	He-MS※1	2
γ核種 (Sn-126含む)	Ge (LEPS※2)	2

※1：He-MS：希ガス質量分析装置  
H-3分析に使用

※2：LEPS：低エネルギー光子用高純度Ge半導体検出器

- 新たに600m<sup>2</sup>程度の施設拡張を計画
- 分析装置は今後のモニタリング計画、施設詳細設計の状況に応じて必要台数の増減の可能性あり

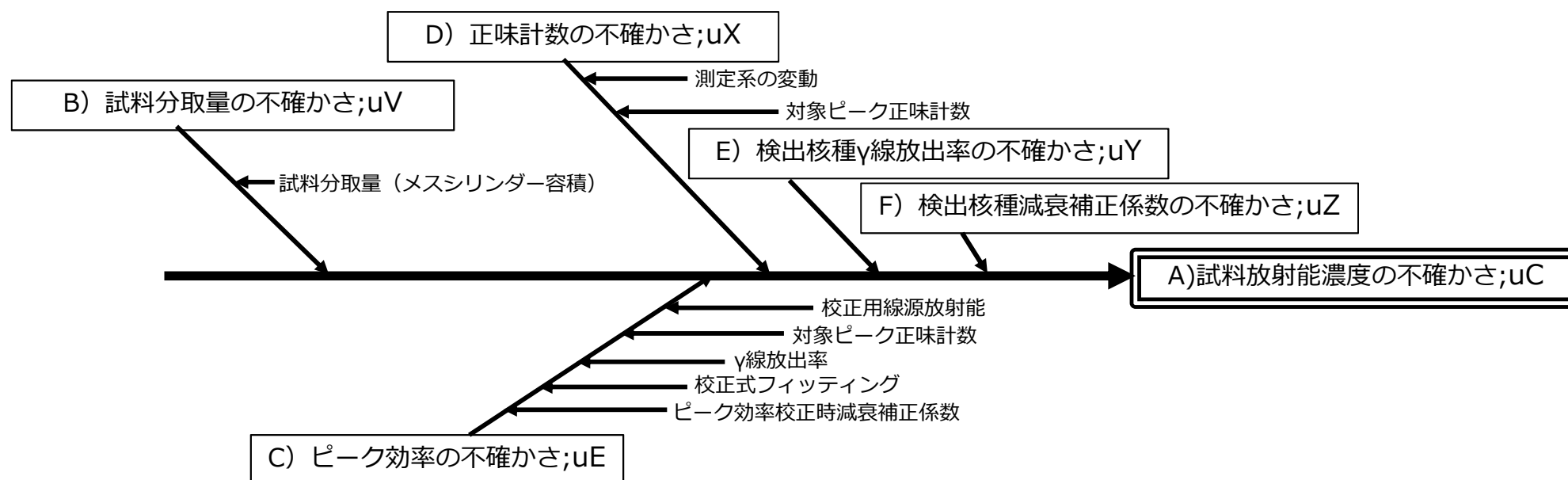
### 9.1 不確かさ評価の検討状況

#### ■ 第三者による分析手順の妥当性検証

- Ge半導体検出器による分析において、事故による環境線量の変化などを十分に考慮できなかったことから、特殊な分析環境である福島第一に適した分析手順に改訂し、その内容を日本原燃株式会社による分析現場と分析手順のレビューを実施（2013年9月）
- 放射能測定法シリーズや公知の論文・文献等をもとに、分析手順を整備

#### ■ 不確かさ評価の結果と今後の取組み

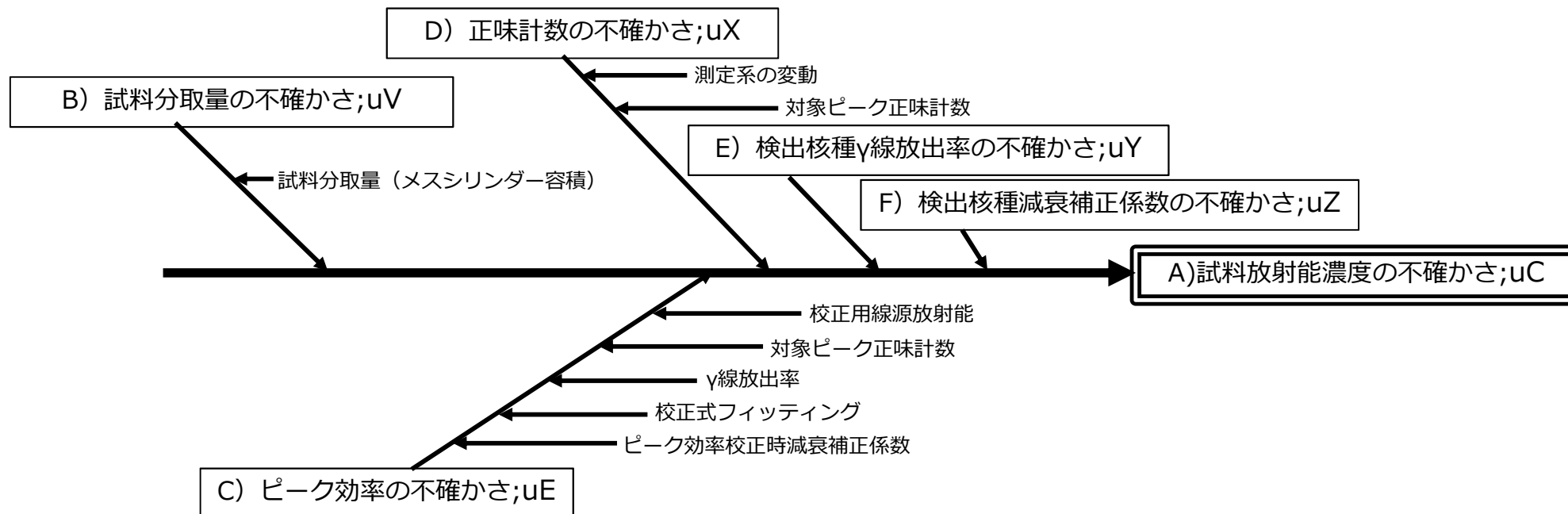
- 第三者との不確かさを比較するにあたり、お互いが両者の不確かさの範囲に含まれれば、その分析値はお互いに妥当であるものと判断する
- 放出対象核種のうち、分析によって求める核種に対して特性要因を検討し、不確かさを評価
- ALPS二次処理試験時に社外分析機関（株式会社化研）の測定結果に対して、実施した不確かさを考慮した比較評価を今後展開していく



例)  $\gamma$ 線放出核種放射能濃度の分析にかかわる不確かさ特性要因図

## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

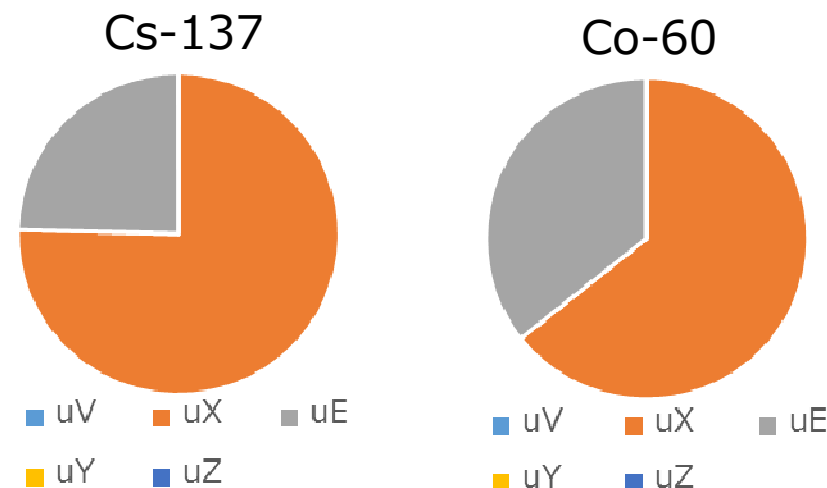
### 9.2.1 不確かさ評価の検討状況



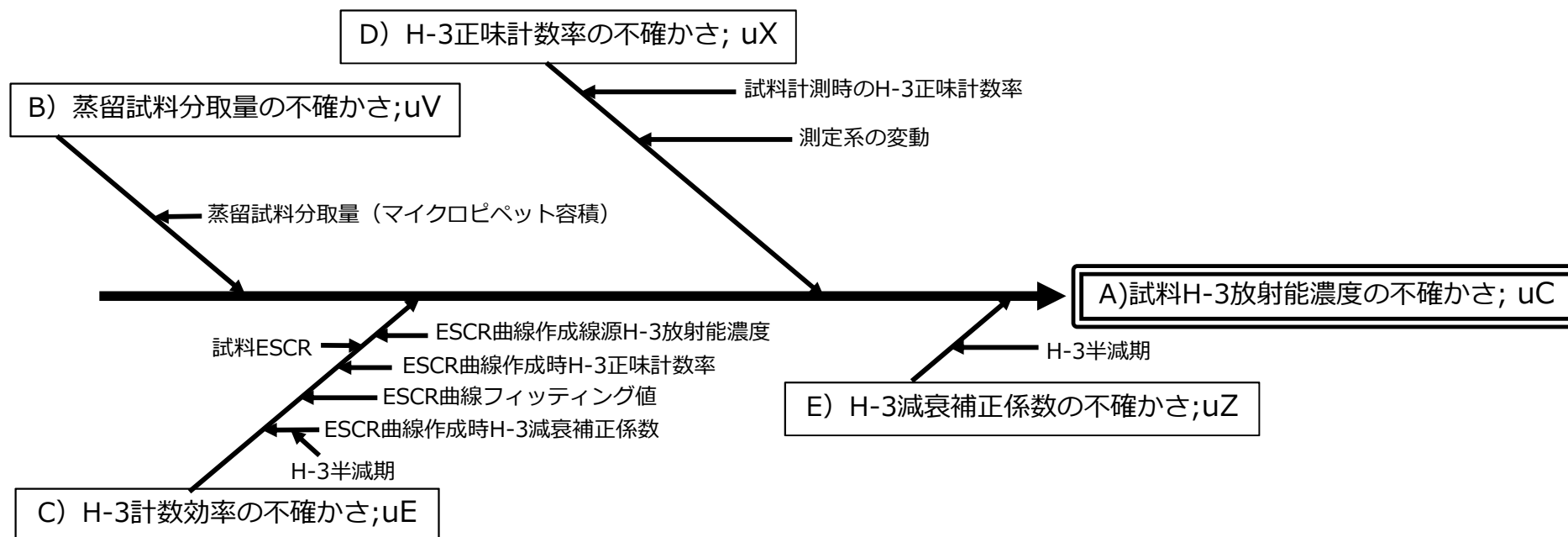
例)  $\gamma$ 線放出核種放射能濃度の分析にかかわる不確かさ特性要因図

#### ■ 不確かさ評価の結果

- 正味計数、ピーク効率、検出核種 $\gamma$ 線放出率、試料分取量、検出核種減衰補正係数の不確かさの順に影響が大きい



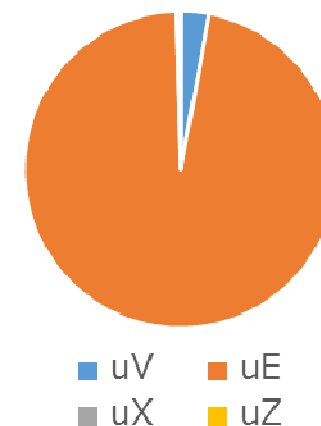




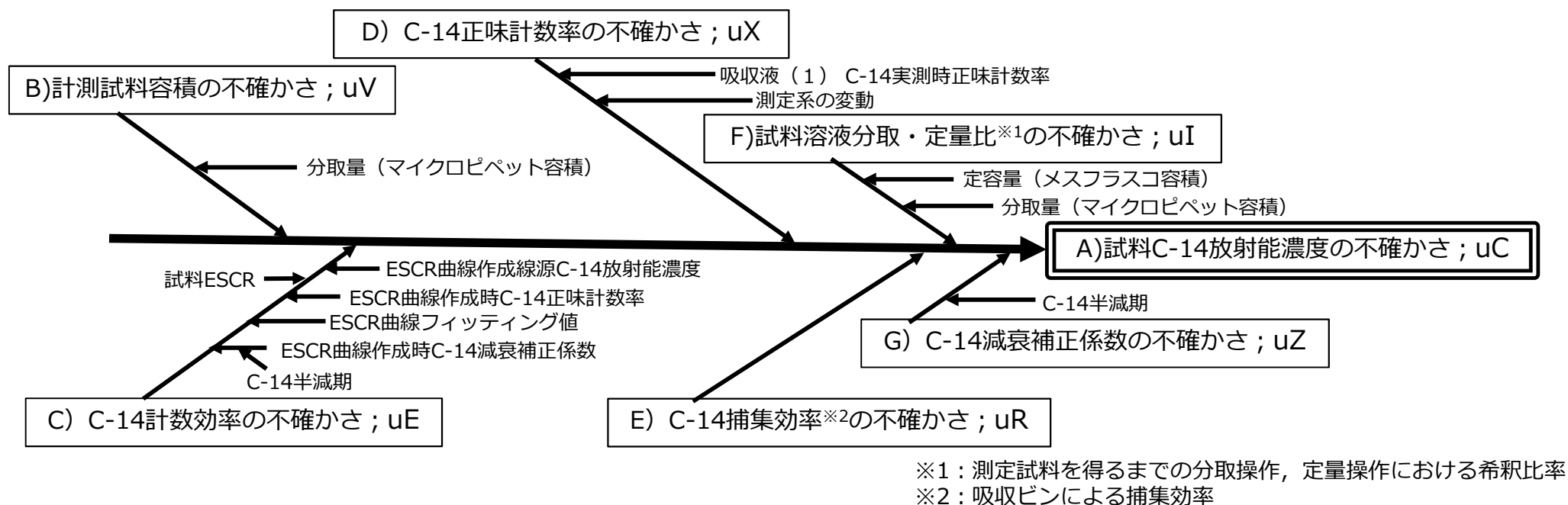
例) トリチウム放射能濃度の分析にかかわる不確かさ特性要因図

### 不確かさ評価の結果

- H-3計数効率、蒸留試料分取量、H-3正味計数率、H-3減衰補正係数の不確かさの順に影響が大きい
- 厳密には、HTO (あるいは $T_2O$ ) 水と $H_2O$ 水の蒸気圧差によるHTO (あるいは $T_2O$ ) 水回収率への影響も考えられるが、蒸留は沸騰条件で行っており、試料水の大半を蒸留しているため考慮していない
- クエンチング補正はESCRにて考慮している



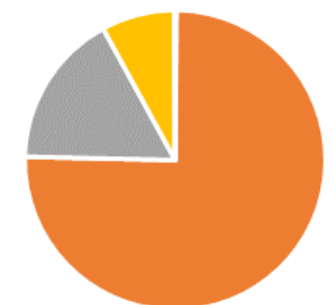
## 9.2.3 不確かさ評価の検討状況



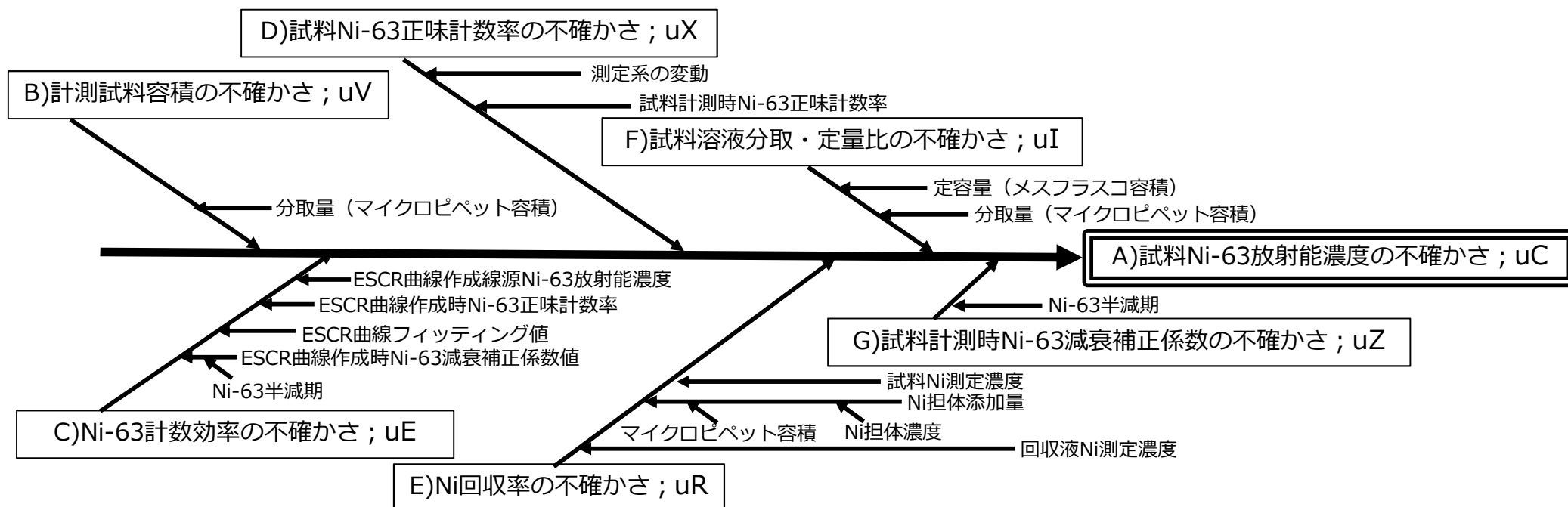
例) C-14放射能濃度の分析にかかわる不確かさ特性要因図

### ■ 不確かさ評価の結果

- C-14計数効率、C-14正味計数率、C-14捕集効率、計測試料容積、試料溶液分取・定量比、C-14減衰補正係数の不確かさの順に影響が大きい



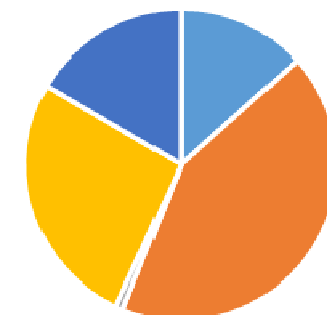
9.2.4 不確かさ評価の検討状況



例) Ni-63放射能濃度の分析にかかわる不確かさ特性要因図

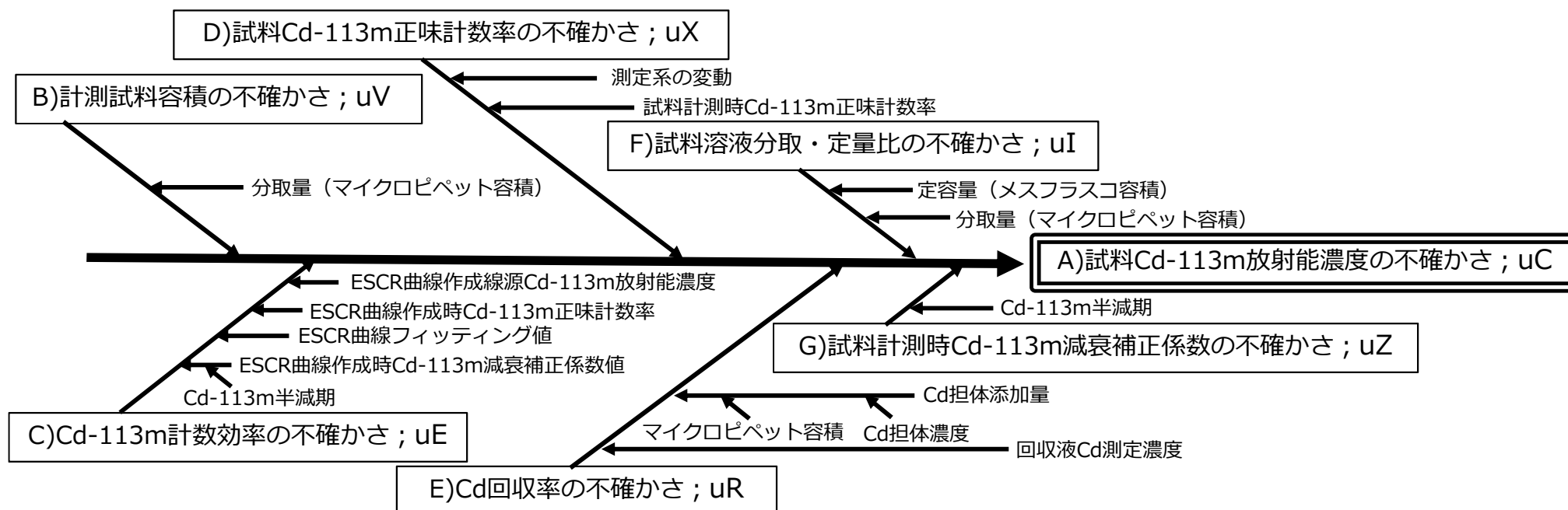
■ 不確かさ評価の結果

- Ni-63計数正効率、Ni回収率、試料溶液分取・定量比、計測試料容積、試料Ni-63正味計数率、試料計測時Ni-63減衰補正係数の不確かさの順に影響が大きい



■ uV    ■ uE    ■ uX  
■ uR    ■ uI    ■ uZ

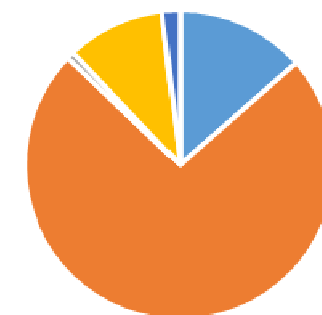
9.2.5 不確かさ評価の検討状況



例) Cd-113m放射能濃度の分析にかかわる不確かさ特性要因図

■ 不確かさ評価の結果

- Cd-113m計数効率、計測試料容積、Cd回収率、試料溶液分取・定量比、試料Cd-113m正味計数率の不確かさの順に影響が大きい
- 試料計測時Cd-113m減衰補正係数の不確かさの影響はない

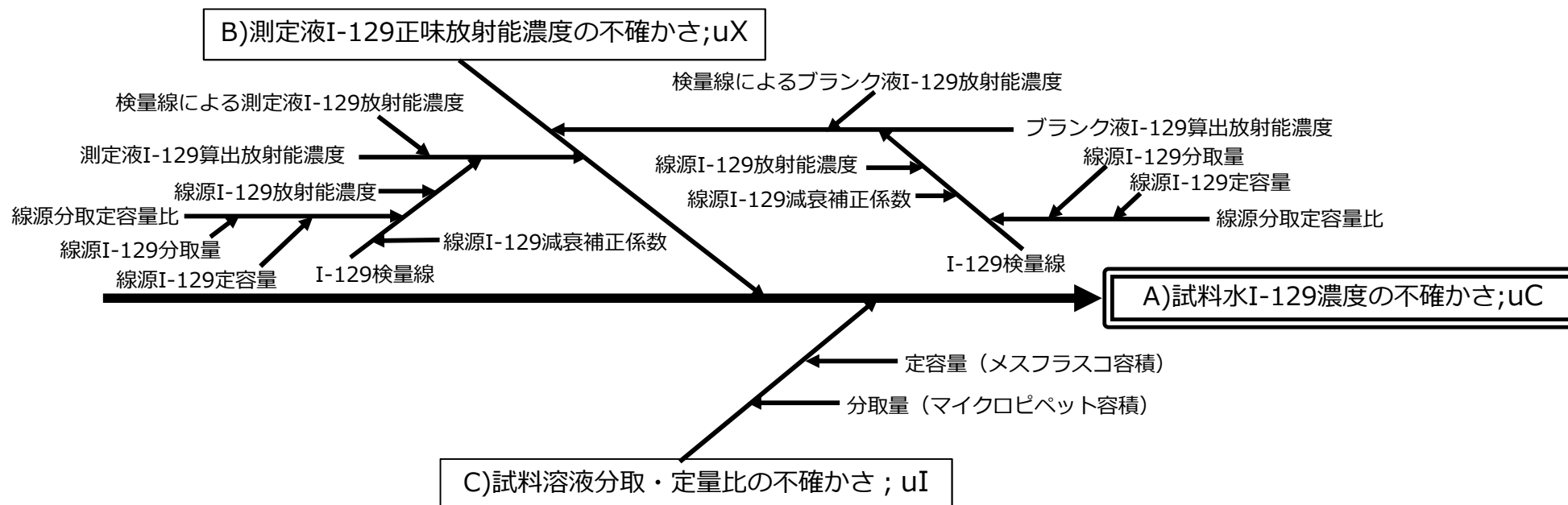


■ uV ■ uE ■ uX  
■ uR ■ uI ■ uZ





9.2.7 不確かさ評価の検討状況

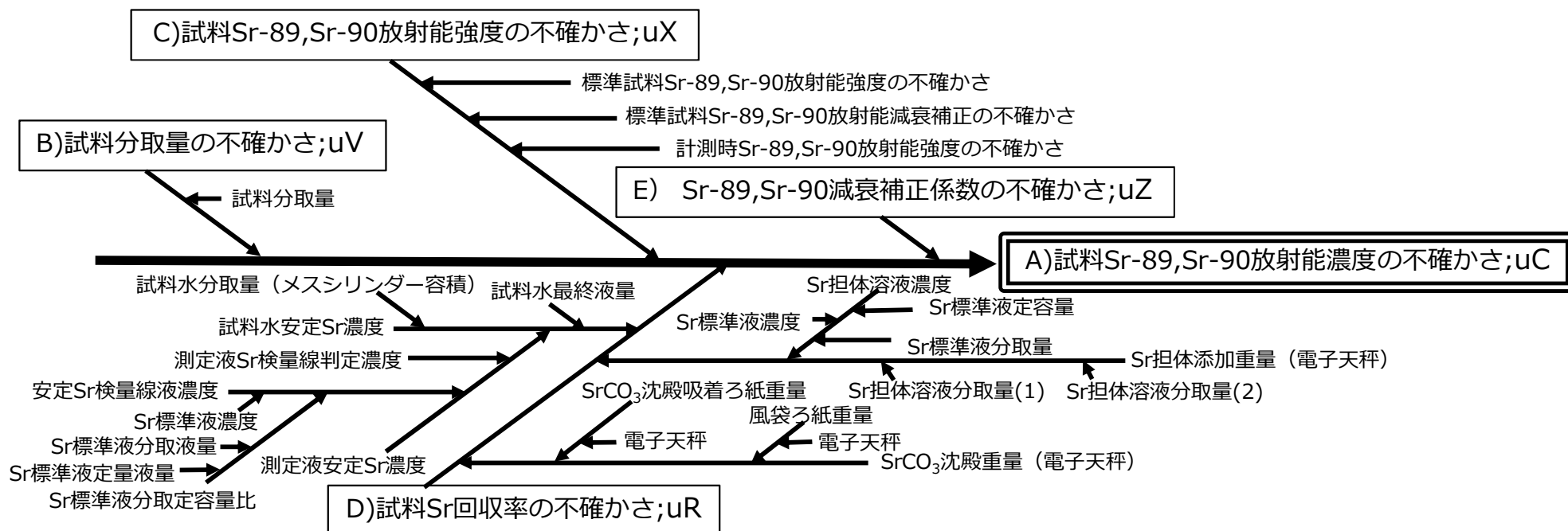


例) I-129放射能濃度の分析にかかわる不確かさ特性要因図

■ 不確かさ評価の結果

- I-129は検出されたため、測定液I-129正味放射能濃度、試料溶液分取・定量比の不確かさの順に影響が大きい

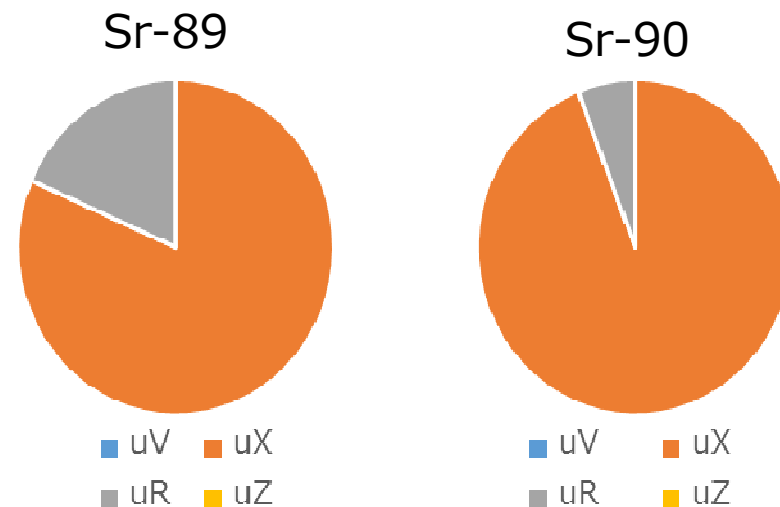


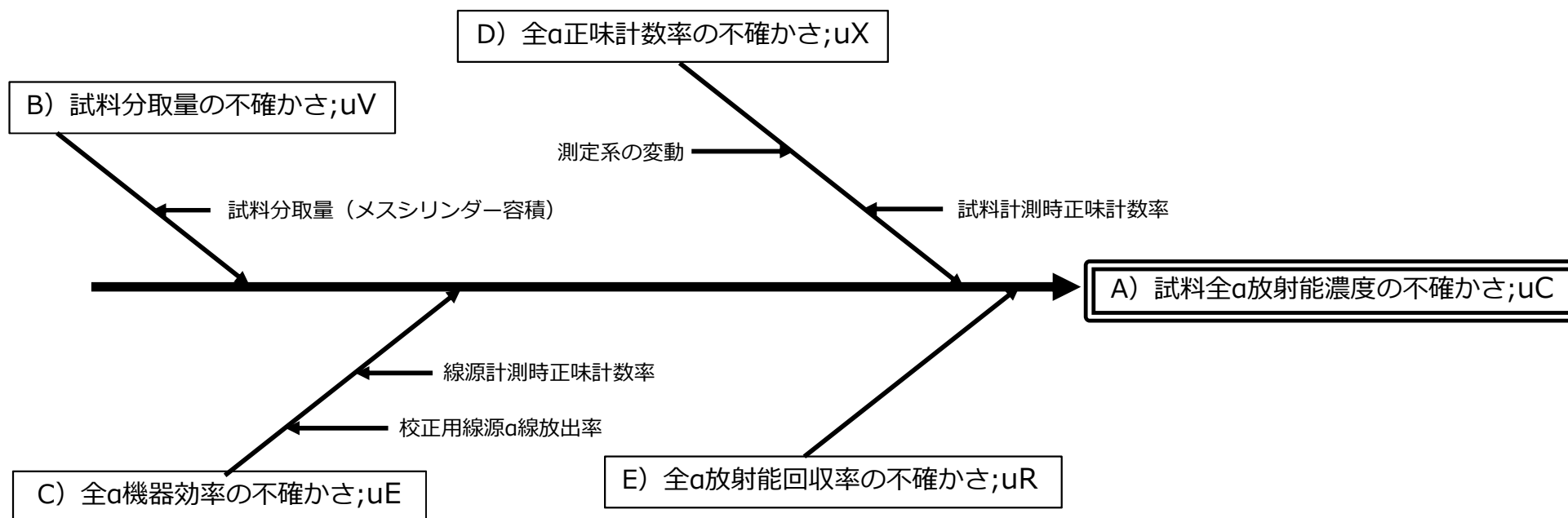


例) Sr-89, Sr-90放射能濃度の分析にかかわる不確かさ特性要因図

■ 不確かさ評価の結果

- 試料Sr-89, Sr-90放射能強度、試料Sr回収率、試料分取量、Sr-89, Sr-90減衰補正係数の不確かさの順に影響が大きい

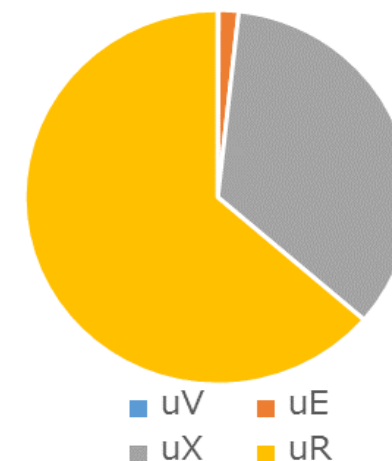




例) 全α放射能濃度の分析にかかわる不確かさ特性要因図

■ 不確かさ評価の結果

- 全α放射能回収率、全α正味計数率、全α機器効率、試料分取量の不確かさの順に影響が大きい



## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### 9.3.1 分析結果の検証・妥当性確認



#### ALPS二次処理性能確認試験（J1-C群）

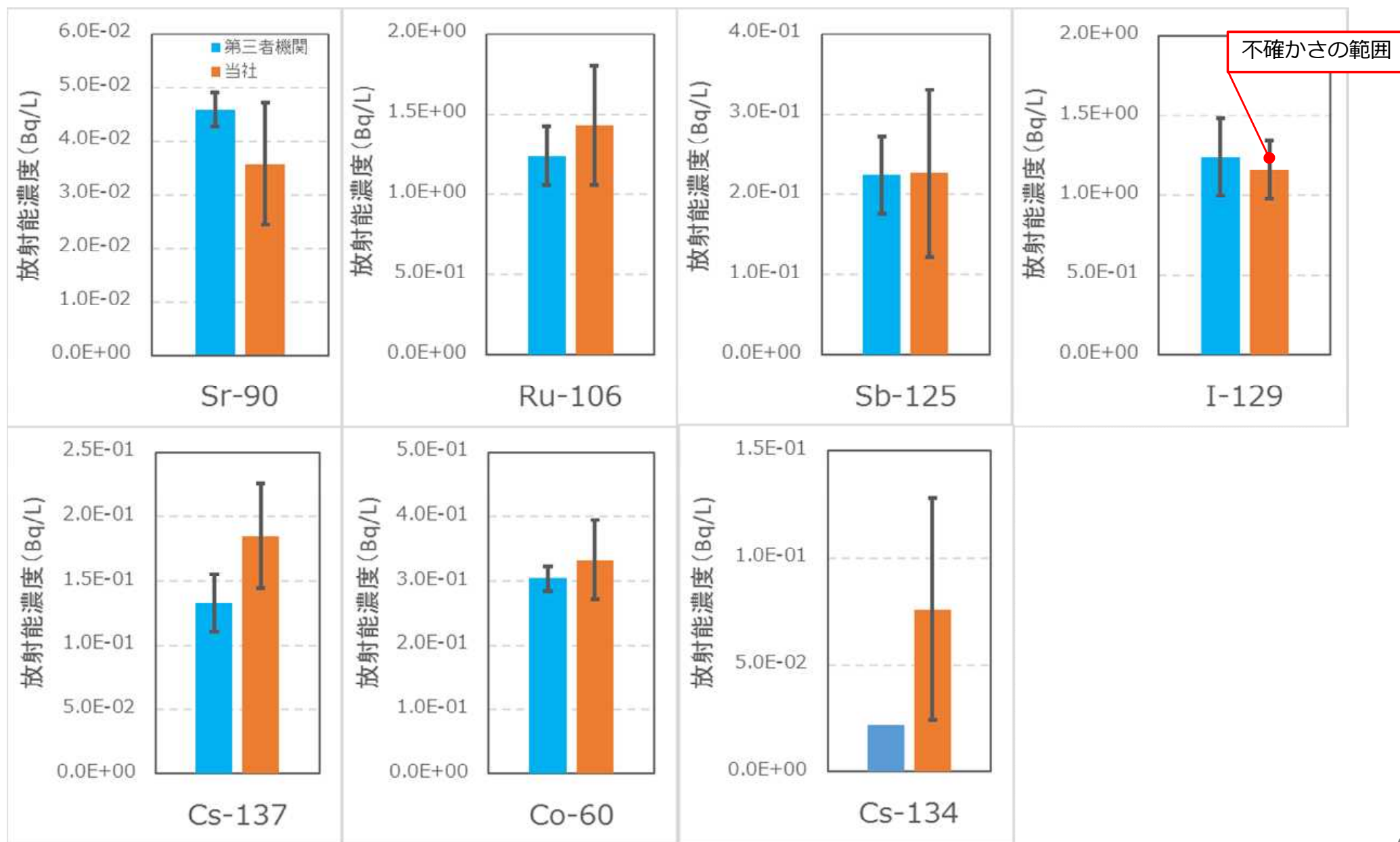
- J1-C群の告示濃度比の総和は【0.35】
- 不確かさを加味すると告示濃度比の総和は【0.49】
- 不確かさの範囲が重複していることから、両者の測定結果は一致しており、当社の告示濃度比総和が【1】未満であるとの評価は妥当と判断

例) 主要7核種

核種	第三者分析機関	
	分析結果 (Bq/L)	拡張不確かさ (k=2) (Bq/L)
Sr-90	4.59E-02	3.12E-03
Ru-106	1.24E+00	1.81E-01
Sb-125	2.24E-01	4.77E-02
I-129	1.24E+00	2.41E-01
Cs-137	1.33E-01	2.22E-02
Co-60	3.04E-01	1.95E-02
Cs-134	<2.20E-02	—

核種	当社分析施設	
	分析結果 (Bq/L)	拡張不確かさ (k=2) (Bq/L)
Sr-90	3.57E-02	1.14E-02
Ru-106	1.43E+00	3.72E-01
Sb-125	2.26E-01	1.04E-01
I-129	1.16E+00	1.83E-01
Cs-137	1.85E-01	4.08E-02
Co-60	3.33E-01	6.12E-02
Cs-134	<7.60E-02	5.17E-02

■ 両者の不確かさがお互いの不確かさの範囲に含まれれば、測定値は妥当と判断





## 海水

核種	分析方法	目標検出下限値	準拠手法
γ線放出核種	<p>例：九州環境管理協会</p> <p>海水試料をろ過後、酸性とし、塩化セシウムを担体として加えた後、リンモリブデン酸アンモニウム（AMP）を加える。一夜放置して上澄みを取り除いた後、AMPをろ過、回収する。AMPを乾燥後、計測容器に充填し、Ge半導体検出器にて測定する。</p>	<p>0.001 Bq/L</p> <p>Cs-137にて設定※1</p>	<p>放射能測定法シリーズNo.7 （ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー）</p> <p>放射能測定法シリーズNo.13 （ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法）</p>
Sr-90	<p>例：日本分析センター</p> <p>イオン交換樹脂カラムによる予備濃縮、炭酸塩沈殿生成操作によるストロンチウムの濃縮、イオン交換法によるストロンチウムの精製、スカベンジング操作によるY-90の除去、ミルク操作による放射能測定試料の調整を行い、低バックガスフロー計数装置にて測定する。</p>	<p>0.001 Bq/L</p>	<p>放射能測定法シリーズNo.2 （放射性ストロンチウム分析法）</p>
Pu-238, 239+240	<p>例：九州環境管理協会</p> <p>あらかじめ硝酸で酸性とした試料にPu-242トレーサーと鉄（Ⅲ）担体を加え、プルトニウムを水酸化鉄（Ⅲ）に共沈させその後、陰イオン交換によりプルトニウムを分離精製する。精製した試料中のプルトニウムを、ステンレス板上に電着してα線計測用試料とし、シリコン半導体検出器にて測定する。</p>	<p>0.01 mBq/L</p>	<p>放射能測定法シリーズNo.12 （プルトニウム分析法）</p>

※1：他の核種はベースライン、妨害核種、バックグラウンドおよびγ線放出率によって変動

## 海生生物

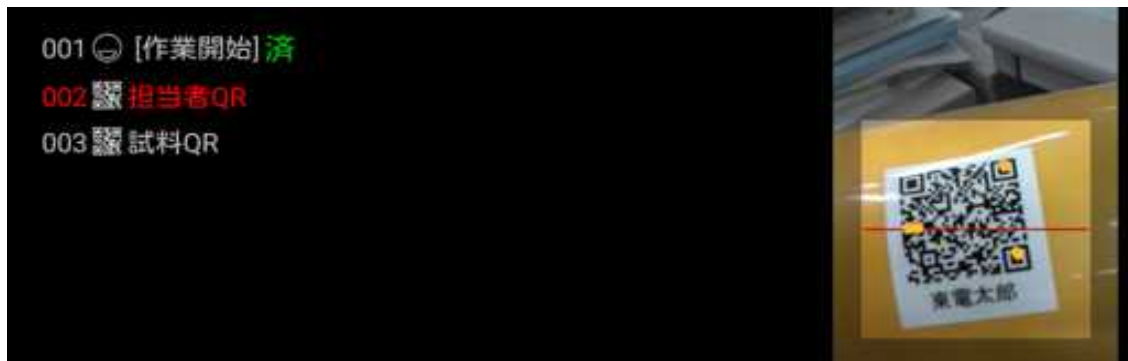
核種	分析方法	目標検出下限値	準拠手法
γ線放出核種	<p>例：東京パワーテクノロジー環境事業部</p> <p>魚介類試料から筋肉部分を取り分けてミンチ状にし、混合したうえで測定容器（U-8容器）に充填する。充填したU-8容器はGe半導体検出器にて測定する。</p>	<p>10 Bq/kg生</p> <p>Cs-137にて設定※1</p>	<p>放射能測定法シリーズNo.7 （ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー）</p> <p>放射能測定法シリーズNo.13 （ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法）</p>
Sr-90	<p>例：KANSOテクノス</p> <p>魚介類試料について乾燥・灰化し、得られた灰から硝酸によってSr-90を抽出する。その抽出液について、イオン交換、クロム酸バリウム処理等の化学分離によりSr-90を精製する。その後2週間以上放置し、Sr-90と放射平衡になったY-90をミルクキングにより分離し、2 nガスフローカウンターにて測定する。</p>	<p>0.01 Bq/kg生</p>	<p>放射能測定法シリーズNo.2 （放射性ストロンチウム分析法）</p>
H-3	<p>例：九州環境管理協会</p> <p>&lt;TFWT&gt; 試料を冷凍後、真空凍結乾燥し、コールドトラップにより組織自由水を得る。得られた水試料を還流分解、精製した後に電解濃縮を行い、濃縮水を蒸留精製し測定用試料水とする。</p> <p>&lt;OBT&gt;全有機結合型 真空凍結乾燥後の試料を石英管燃焼法により燃焼水を得る。燃焼水に過酸化ナトリウムを加え中和し、さらに過マンガン酸カリウムを加え還流分解、蒸留により精製し、測定用試料水とする。</p>	<p>0.1 Bq/L (TFWT)</p> <p>0.3 Bq/L (OBT)</p>	<p>放射能測定法シリーズNo.9 （トリチウム分析法）</p>

※1：他の核種はベースライン、妨害核種、バックグラウンドおよびγ線放出率によって変動

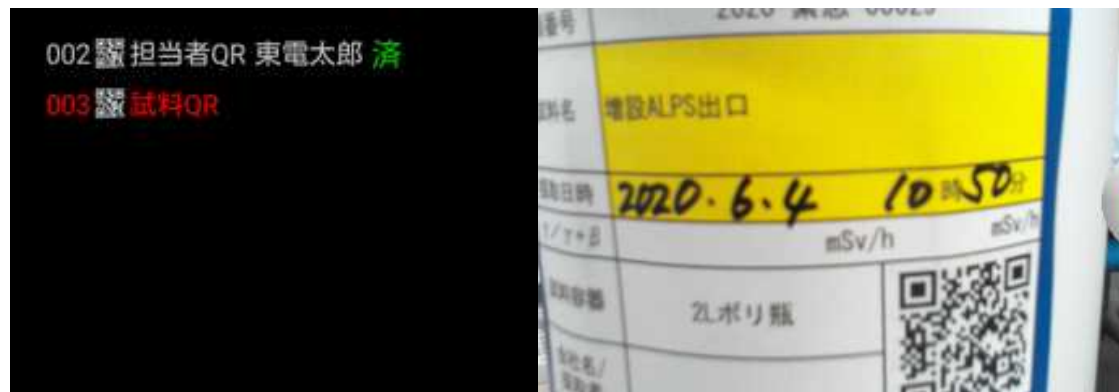
## ① 「作業開始」と音声入力



## ② 試料受領者用QRコード読み取り



## ③ 試料容器のQRコード読み取り

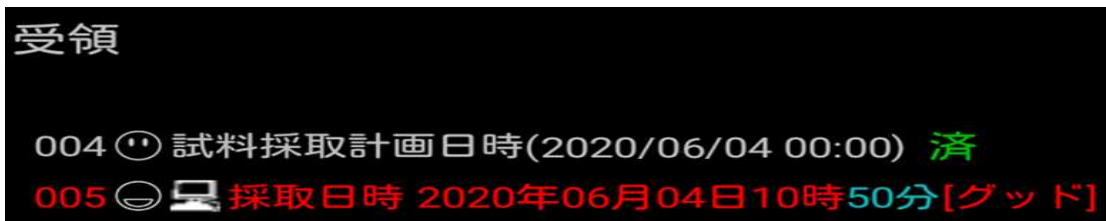


④ QRコード情報から試料名や採取計画日時が表示される

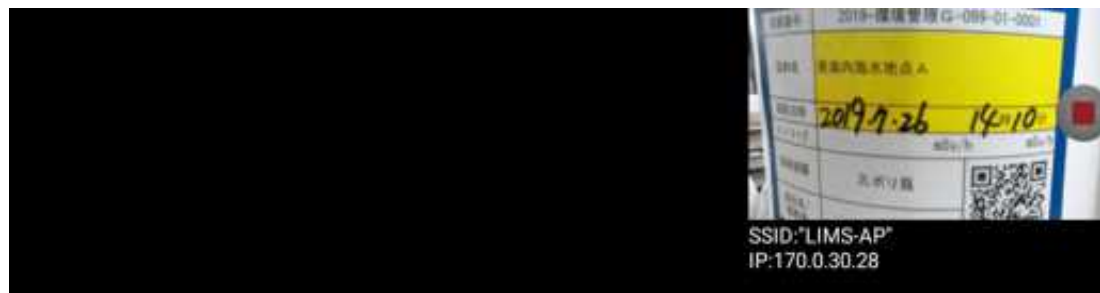


「グッド」と発話し次の項目へ

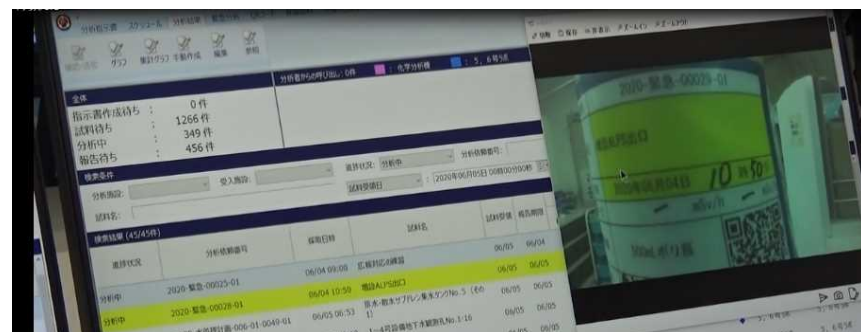
⑤ 採取日時を音声入力



⑥ 試料ラベル画像をデータ評価室に転送



データ評価室で試料採取日時をキーボード入力





- ⑦ 値一致 → 「チェックOK」 → 登録  
「グッド」と音声入力し次の項目へ

受領 分析依頼番号：  
試料名

004 ☺ 試料採取計画日時(2020/06/04 00:00) 済

005 ☹ 🕒 採取日時 2020年06月04日10時50分 チェックOK [グッド]

- ⑧ 試料量を音声入力  
この場合、「2」と発声し入力  
「グッド」と音声入力し次の項目へ

受領 分析依頼番号：2019-環境管理G-099-01-0001  
試料名：港湾内海水地点A

005 ☹ 🕒 採取日時 2019年07月26日14時10分 済

006 ☹ おおよその試料量(≥ 2.00 L)

- ⑨ 「完了します」の音声入力での  
工程へ
- 「継続します」の音声入力での  
試料の受領操作を継続

受領 分析依頼番号：2019-環境管理G-099-01-0001  
試料名：港湾内海水地点A

005 ☹ 🕒 採取日時 2019年07月26日14時10分 済

006 ☹ おおよその試料量(≥ 2.00 L) 2.00 [グッド]

007 ☹ [継続します] or [完了します]

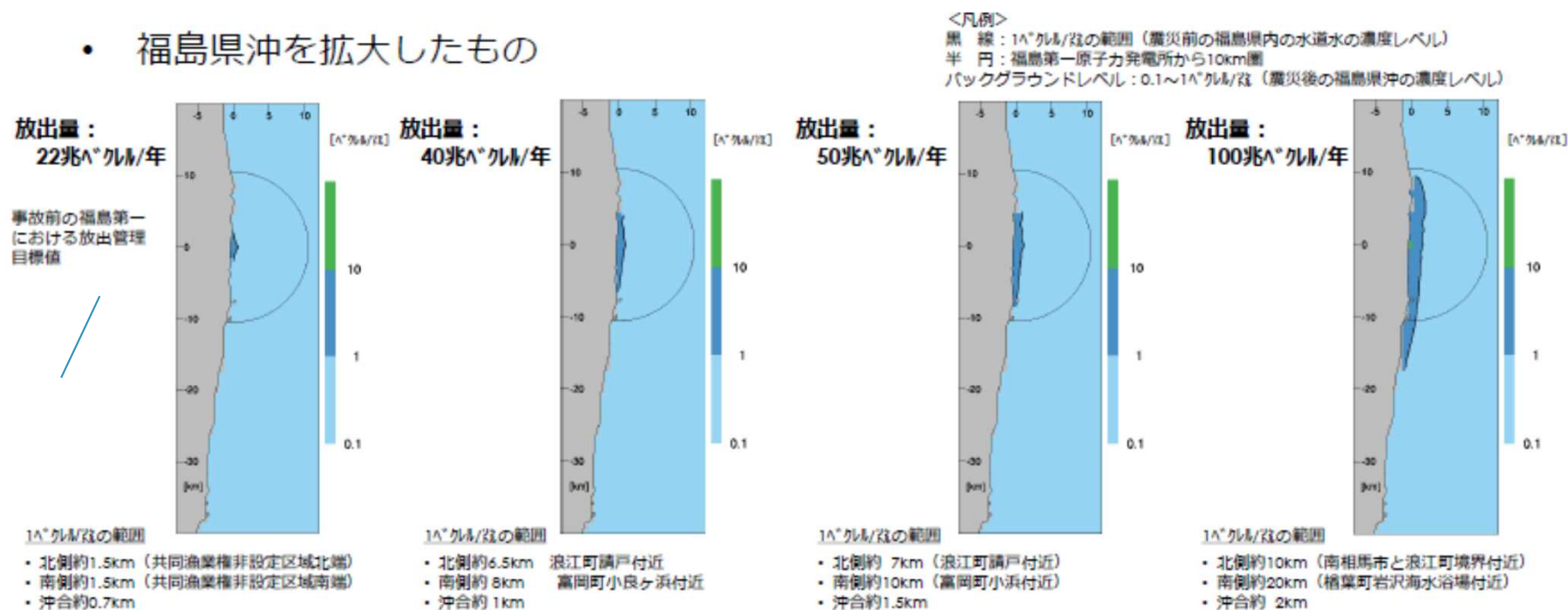


## 5-1 海洋放出拡散シミュレーション（検討素案再掲）

TEPCO

- シミュレーション条件（セシウム-137の実測データで検証したモデル）
  - 対象海域：福島県を中心に南北約500km、沖合約600kmの範囲
  - 解像度：水平方向は1kmメッシュ、鉛直方向は水深に対して30層（深さ1kmまで）
  - 気象条件等：2014年1月～12月の風速、気圧、気温、湿度、降水量を採用（福島県沖合の流況（黒潮・中規模渦）含む）

### 福島県沖を拡大したもの



<多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会報告書を受けた当社の検討素案について>

日：<https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watertreatment/images/200324.pdf>

英：<https://www.tepco.co.jp/en/decommission/progress/watertreatment/images/200324.pdf>

63

## 5-2 海域モニタリング（計画）（海水）（1/5）



- シミュレーション結果（前頁）の1ベクレル/ℓ※以上となる範囲は限定的であるが、拡散状況を把握するため、セシウム測定地点でのトリチウム測定追加等、モニタリングを強化する。

※ 福島県内における水道水のトリチウム濃度は1ベクレル/ℓ程度であることから、その濃度を超える範囲の測定頻度を増加する。なお、WHO飲料水基準の10,000ベクレル/ℓを十分に下回る。

- 測定の頻度は、福島第一原子力発電所からの距離に応じて変更する。
  - ✓ 港湾外は原則として、現行の試料採取頻度と合わせる。
  - ✓ 港湾内は、放水立坑（放出端）は毎日とするが、その他の箇所は週1回とする。
  - ✓ 採取箇所を3ヶ所追加する。

海水トリチウムの測定案

場所	箇所数	現在		変更（案）	備考
		セシウム	トリチウム	トリチウム	
港湾内	10ヶ所	毎日	1回/週	・1回/週※1	※1 放水立坑（放出端）は毎日 ・それ以外は変更なし
2km圏内	7ヶ所	1回/週	1回/週	・1回/週※2	※2 採取箇所を3ヶ所追加
20km圏内	6ヶ所	1回/週	1回/2週	・1回/週	
20km圏外 （福島県沖）	9ヶ所	1回/月	0回	・1回/月	

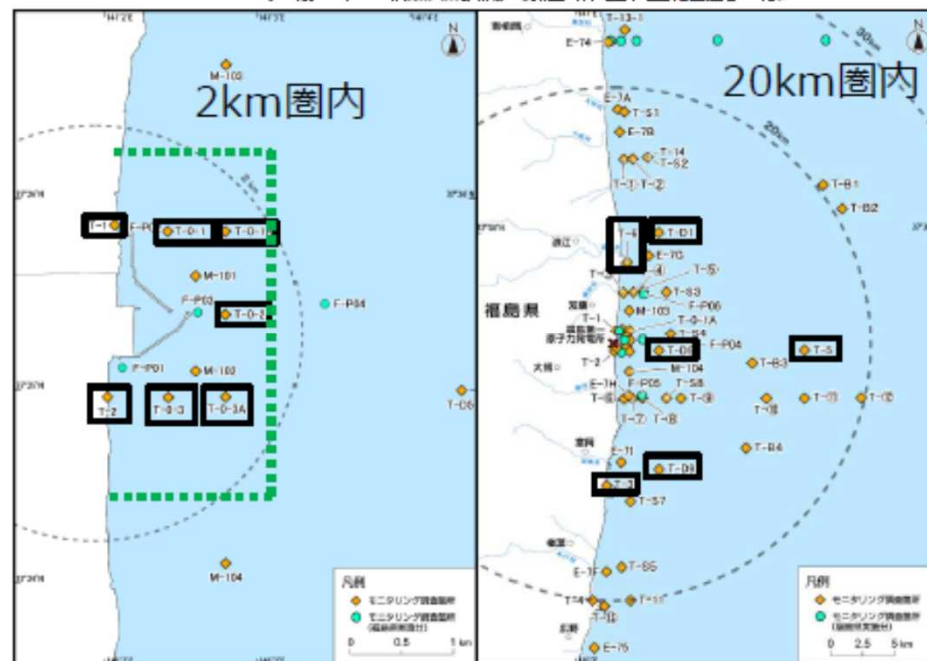
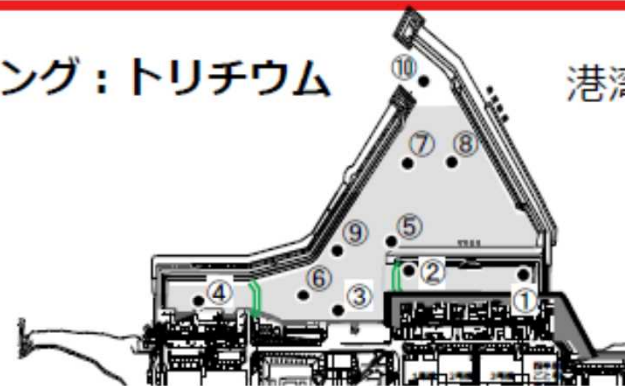
5-2 海域モニタリング（計画）（海水）（2/5）

TEPCO

（現状） 港湾内～20km圏内の海水モニタリング：トリチウム

港湾内

場所	試料名称	分析頻度
港湾内	②東波除堤北側	週1回
	①南側遮水壁前	週1回
	③物揚場前海水	週1回
	④6号機取水口前海水	週1回
	⑩港湾口海水	週1回
	⑦港湾内東側海水	週1回
	⑨港湾内西側海水	週1回
	⑥港湾内北側海水	週1回
	⑧港湾内南側海水	週1回
	⑤港湾中央	週1回
2km圏内	南放水口付近(T-2)	週1回
	5、6号機放水口北側(T-1)	週1回
	港湾口東側海水 (T-0-2)	週1回
	北防波堤北側海水 (T-0-1)	週1回
	南防波堤南側海水 (T-0-3)	週1回
	港湾口北東側海水 (T-0-1A)	週1回
	港湾口南東側海水 (T-0-3A)	週1回
20km圏内	2F北放水口(T-3)	月2回
	請戸港南側(T-6)	月2回
	請戸川沖合3km(T-D1)	月2回
	1F敷地沖合15km(T-5)	月2回
	1F敷地沖合3km(T-D5)	月2回
	2F敷地沖合3km(T-D9)	月2回



  日常的に漁業が行われていないエリア ※ 東西1.5km 南北3.5km  
  トリチウム分析点（港湾内は全ての点で分析） ※：共同漁業権非設定区域



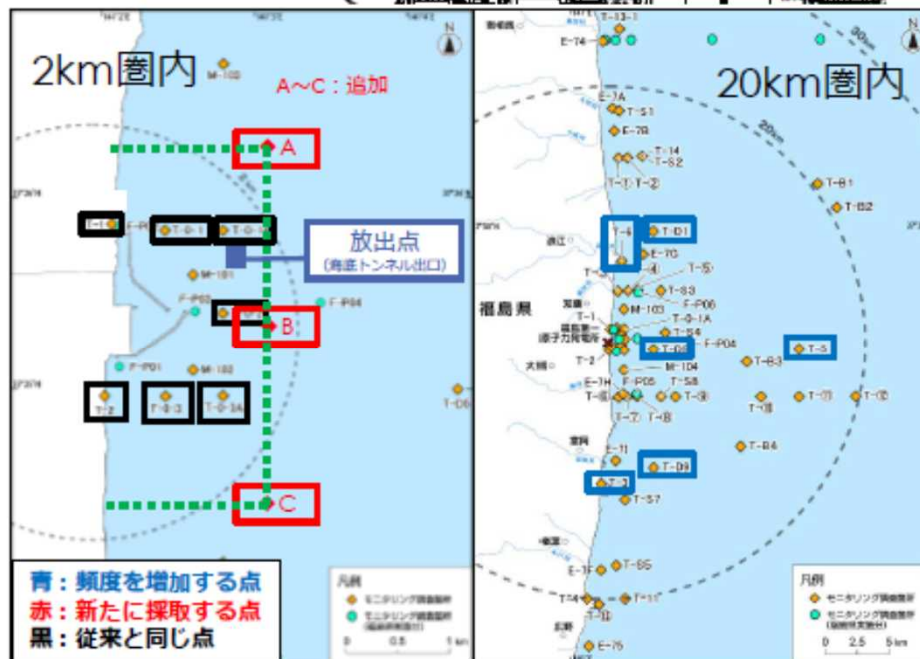
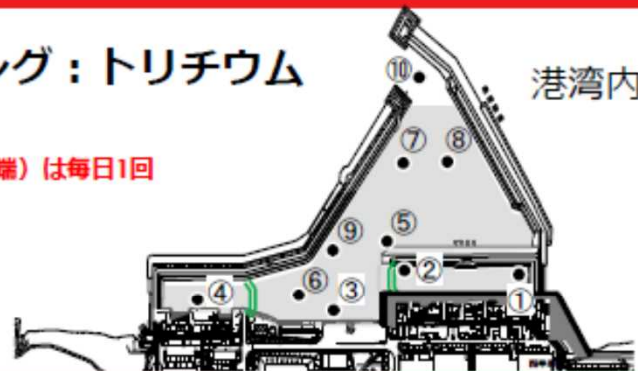
5-2 海域モニタリング（計画）（海水）（3/5）



（見直し後） 港湾内～20km圏内の海水モニタリング：トリチウム

場所	試料名称	分析頻度
港湾内	②東波除堤北側	週1回
	①南側遮水壁前	週1回
	③物揚場前海水	週1回
	④6号機取水口前海水	週1回
	⑩港湾口海水	週1回
	⑦港湾内東側海水	週1回
	⑨港湾内西側海水	週1回
	⑥港湾内北側海水	週1回
	⑧港湾内南側海水	週1回
	⑤港湾中央	週1回
2km圏内及び近傍	南放水口付近(T-2)	週1回
	5、6号機放水口北側(T-1)	週1回
	港湾口東側海水 (T-0-2)	週1回
	北防波堤北側海水 (T-0-1)	週1回
	南防波堤南側海水 (T-0-3)	週1回
	港湾口北東側海水 (T-0-1A)	週1回
	港湾口南東側海水 (T-0-3A)	週1回
	日常的に漁業が行われていないエリア*	週1回
	東端北側 (新規採取点：A)	週1回
	東端中間地点 (新規採取点：B)	週1回
日常的に漁業が行われていないエリア*	週1回	
東端南側 (新規採取点：C)	週1回	
20km圏内	2F北放水口(T-3)	週1回
	請戸港南側(T-6)	週1回
	請戸川沖合3km(T-D1)	週1回
	1F敷地沖合15km(T-5)	週1回
	1F敷地沖合3km(T-D5)	週1回
2F敷地沖合3km(T-D9)	週1回	

放水立坑（放出端）は毎日1回



青：頻度を増加する点  
赤：新たに採取する点  
黒：従来と同じ点

青い点線：日常的に漁業が行われていないエリア\*  
東西1.5km 南北3.5km

黒い枠：トリチウム分析点（港湾内は全ての点で分析）

※：共同漁業権非設定区域

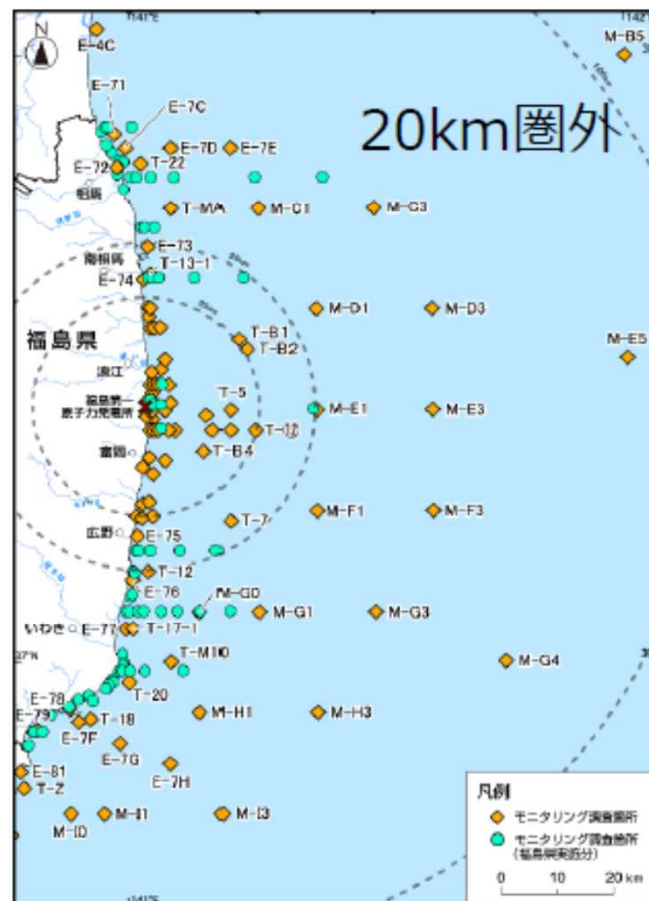
## 5-2 海域モニタリング（計画）（海水）（4/5）



（現状）20km圏外の海水モニタリング：トリチウム

場所	試料名称	現状
20km圏外（福島）	相馬沖合3km(T-22)	0
	鹿島沖合5km(T-MA)	0
	新田川沖合1km(T-13-1)	0
	岩沢海岸沖合15km(T-7)	0
	いわき市北部沖合3km(T-12)	0
	夏井川沖合1km(T-17-1)	0
	沼の内沖合5km(T-M10)	0
	豊間沖合3km(T-20)	0
	小名浜港沖合3km(T-18)	0

20km圏外ではトリチウム分析は行って  
いないが、セシウム分析のため1回/月の  
頻度で試料採取を行っている。





5-2 海域モニタリング（計画）（海水）（5/5）

（見直し後）20km圏外の海水モニタリング：トリチウム

緑：分析を追加する点

場所	試料名称	分析頻度
20km圏外（福島）	相馬沖合3km(T-22)	月1回
	鹿島沖合5km(T-MA)	月1回
	新田川沖合1km(T-13-1)	月1回
	岩沢海岸沖合15km(T-7)	月1回
	いわき市北部沖合3km(T-12)	月1回
	夏井川沖合1km(T-17-1)	月1回
	沼の内沖合5km(T-M10)	月1回
	豊間沖合3km(T-20)	月1回
	小名浜港沖合3km(T-18)	月1回



## 5-3 海域モニタリング（計画）（魚／海藻）（1/5）

TEPCO

- 放出による魚類と海藻類への放射性物質の移行状況を確認するため、測定を行う。
- 魚類については、現在、セシウム分析用に福島県沖20km圏内の11ヶ所（うち、1ヶ所は現在トリチウム分析を実施）で採取しているが、トリチウムの濃縮の影響を確認するために、この全11ヶ所を対象とし魚のトリチウム分析を行い、同地点での海水もトリチウム分析を行う。
- 海藻類は、現在、港湾内1ヶ所でガンマ核種を分析しているが、ヨウ素、トリチウムの濃縮を確認するため、港湾外2ヶ所の海藻を新たに採取し、ガンマ核種に加えトリチウム、ヨウ素129を追加して分析する。

## 魚類／海藻類のトリチウム、ヨウ素129の測定案

		現在	変更 (案)	備考
魚類	20km圏内	1回/月 (1ヶ所)	1回/月 (11ヶ所)	【現在】11ヶ所で魚を採取し、うち1ヶ所でヒラメのトリチウムを分析。 【変更後】セシウム分析用に採取している10ヶ所についてもトリチウム分析を行う。
海藻類	港湾内	3回/年(1ヶ所)	3回/年 (1ヶ所)	【現在】港湾内 1ヶ所について、3月、5月、7月の年3回実施 (夏枯れと冬場の生育がないことを考慮)
	港湾外	0回	3回/年 (2ヶ所)	【変更後】港湾外で2ヶ所追加し、ガンマ核種、ヨウ素129、トリチウムを分析（生息域調査により検討）

### 5-3 海域モニタリング（計画）（魚）（2/5）



#### （現状）水産物（魚）モニタリング：トリチウム

試料名称	魚	海水
	分析頻度	分析頻度
太田川沖合1km付近（T-S1）	—	—
小高区沖合3km付近（T-S2）	—	—
請戸川沖合3km付近（T-S3）	—	—
1F敷地沖合3km付近（T-S4）	—	—
木戸川沖合2km付近（T-S5）	—	—
2F敷地沖合2km付近（T-S7）	—	—
熊川沖合4km付近（T-S8）	月1回 （詳細分析）	月1回 （詳細分析）
小高区沖合15km付近（T-B1）	—	—
請戸川沖合18km付近（T-B2）	—	—
1F敷地沖合10km付近（T-B3）	—	—
2F敷地沖合10km付近（T-B4）	—	—



魚（トリチウム）分析点

	詳細分析
検出限界値	約0.1 <sup>Bq</sup> /kg/匹



### 5-3 海域モニタリング（計画）（魚）（3/5）

#### （見直し後）水産物（魚）モニタリング：トリチウム

試料名称	魚	海水
	分析頻度	分析頻度
太田川沖合1 km付近（T-S 1）	月1回	月1回
小高区沖合3 km付近（T-S 2）	月1回	月1回
請戸川沖合3 km付近（T-S 3）	月1回	月1回
1F敷地沖合3 km付近（T-S 4）	月1回	月1回
木戸川沖合2 km付近（T-S 5）	月1回	月1回
2F敷地沖合2km付近（T-S 7）	月1回	月1回
熊川沖合4 km付近（T-S 8）	月1回 （詳細分析）	月1回 （詳細分析）
小高区沖合15km付近（T-B 1）	月1回	月1回
請戸川沖合18km付近（T-B 2）	月1回	月1回
1F敷地沖合10km付近（T-B 3）	月1回	月1回
2F敷地沖合10km付近（T-B 4）	月1回	月1回



### 5-3 海域モニタリング（計画）（魚）（4/5）



（変更なし）水産物（魚）モニタリング：セシウム、ストロンチウム

試料名称	セシウム	ストロンチウム
	分析頻度	分析頻度
太田川沖合1km付近（T-S1）	月1回	年20回 四半期毎にセシウム濃度上位5試料を測定
小高区沖合3km付近（T-S2）	月1回	
請戸川沖合3km付近（T-S3）	月1回	
1F敷地沖合3km付近（T-S4）	月1回	
木戸川沖合2km付近（T-S5）	月1回	
2F敷地沖合2km付近（T-S7）	月1回	
熊川沖合4km付近（T-S8）	月1回	
小高区沖合15km付近（T-B1）	月1回	
請戸川沖合18km付近（T-B2）	月1回	
1F敷地沖合10km付近（T-B3）	月1回	
2F敷地沖合10km付近（T-B4）	月1回	

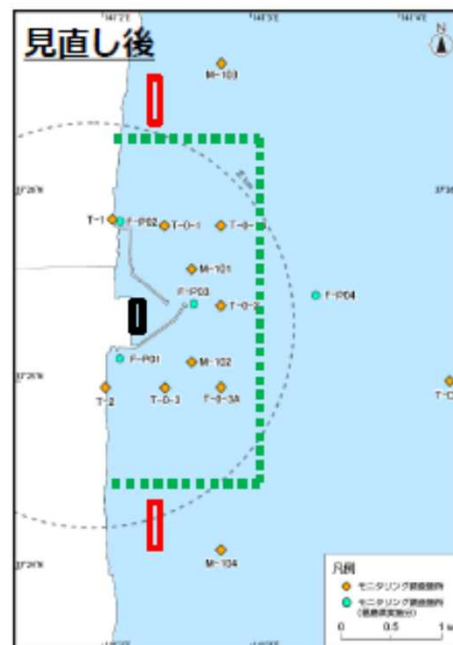
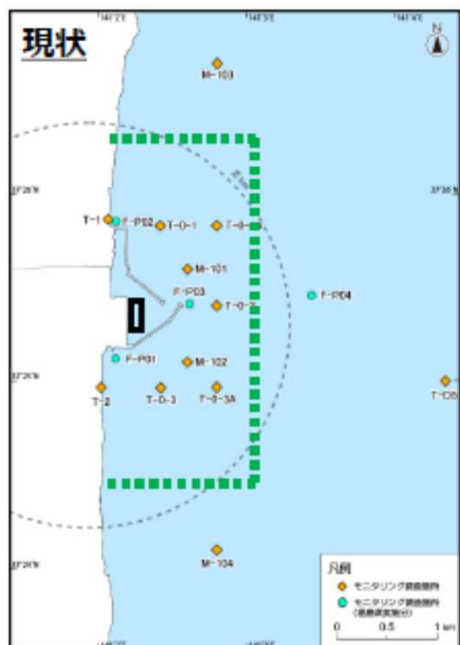


魚（セシウム、ストロンチウム）分析点

5-3 海域モニタリング（計画）（海藻）（5/5）


（現状・見直し後）海藻モニタリング：セシウム、ヨウ素129、トリチウム（回/年）

採取地点	分析項目	現状	見直し後
港湾内 （南防波堤内側）	セシウム134、137	3	3
	ヨウ素129	0	0
	トリチウム	0	0
港湾外	セシウム134、137	0	3×2箇所
	ヨウ素129	0	3×2箇所
	トリチウム	0	3×2箇所



赤：新たに採取する点  
（生息域調査により検討）  
黒：従来と同じ点

港湾外の採取点は日常的に  
漁業が行われていないエリア※  
の外側に設定

 日常的に漁業が行われて  
いないエリア※  
東西1.5km 南北3.5km

※：共同漁業権非設定区域



#### 5-4 海域モニタリングにおける考慮事項

TEPCO

- 海域モニタリングについては、放出開始予定の約1年前（2022年春ごろ）から実施する予定です。
- 海域モニタリングの実施（試料採取、放射能測定等）にあたっては、農林水産業者や地元自治体関係者等の方々のご参加やご視察をお願いする予定です。
- 現在、海域モニタリングの強化案については、前述のとおり福島第一原子力発電所からの距離に応じて検討しています。なお、海域モニタリングのさらなる強化・拡充の実施要否、方法等については、政府のモニタリング調整会議等を踏まえながら、検討します。
- なお、海洋放出拡散シミュレーションについても、更なる精度向上に向けて、引き続き検討するとともに、人及び環境への放射線の影響評価を実施します。

## ALPS処理水の海洋放出設備の申請内容等に係る主要な論点※

### に対する回答

※：ALPS処理水審査会合（第3回）資料1-2

### （2－1 原子炉等規制法に基づく審査の主要論点）

#### （1）海洋放出設備

#### ③海水の取水方法・希釈後のALPS処理水の放水方法

#### ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護、誤操作防止、信頼性等

#### （希釈設備及び関連施設（放水設備））

- 海洋放出設備を構成する構築物、系統及び機器ごとに、安全機能、安全機能喪失時の影響、基本仕様及びその設定根拠、主要構造、適用規格・基準等を整理して説明すること。

## ALPS処理水の海洋放出設備の申請内容等に係る主要な論点※

### に対する回答

※：ALPS処理水審査会合（第3回）資料1-2

### （2－1 原子炉等規制法に基づく審査の主要論点）

#### （1）海洋放出設備

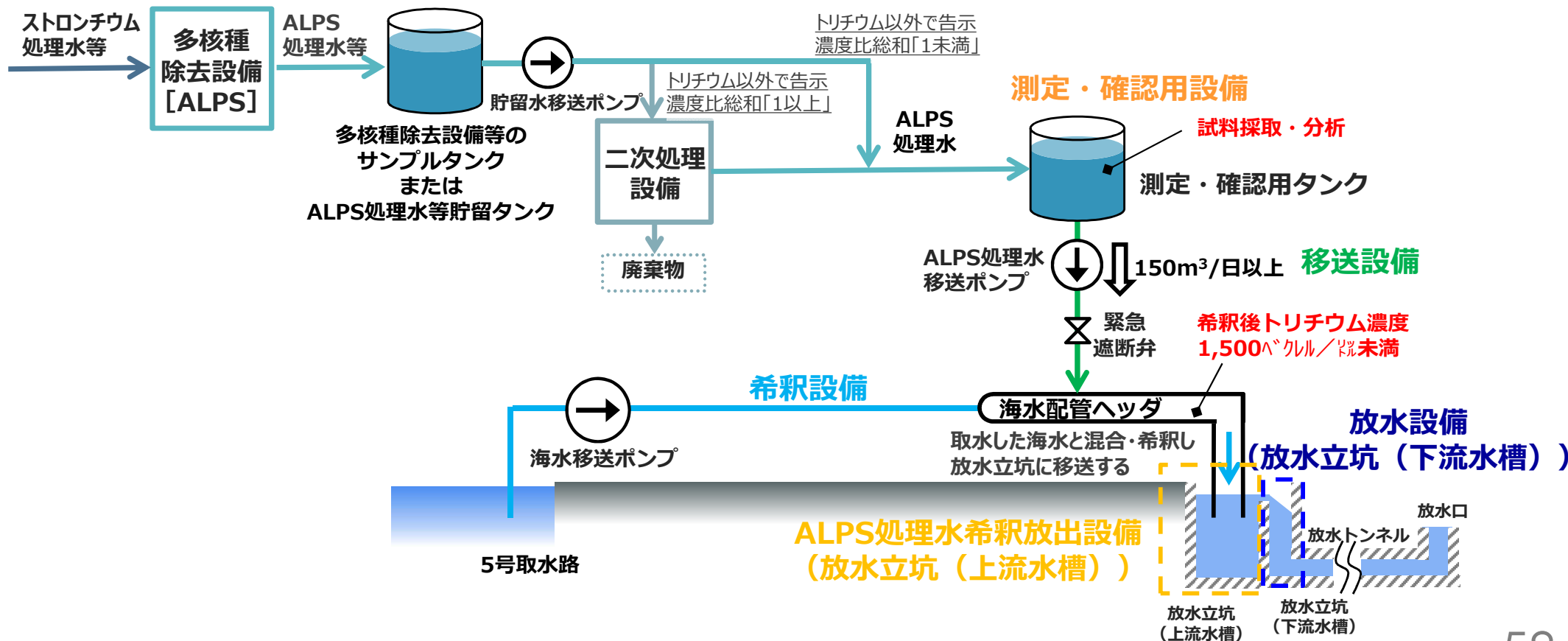
#### ③海水の取水方法・希釈後のALPS処理水の放水方法

（希釈設備/関連施設（放水設備）に関する設計）

## 2 - 1 (1) ③海水の取水方法・希釈後のALPS処理水の放水方法

### 1. ALPS処理水希釈放出設備の全体概要

- ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設のうち、放水立坑（上流水槽、下流水槽）について、構造・強度、自然現象に対する防護及び信頼性を整理した。

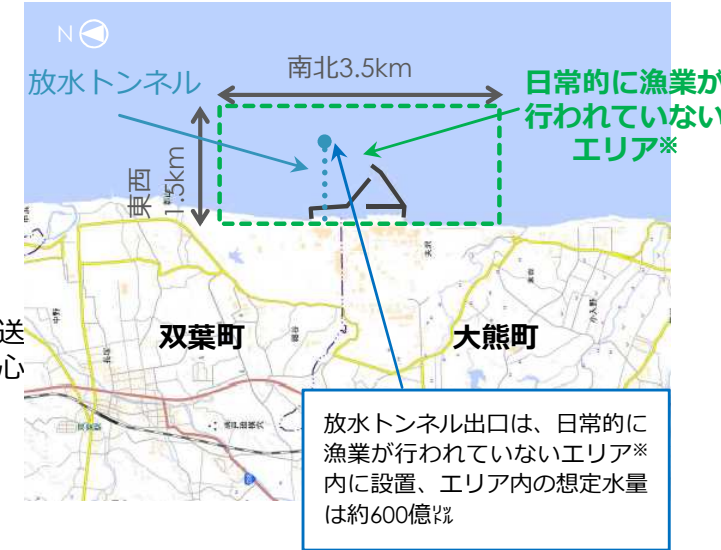


# 2-1(1) ③海水の取水方法・希釈後のALPS処理水の放水方法

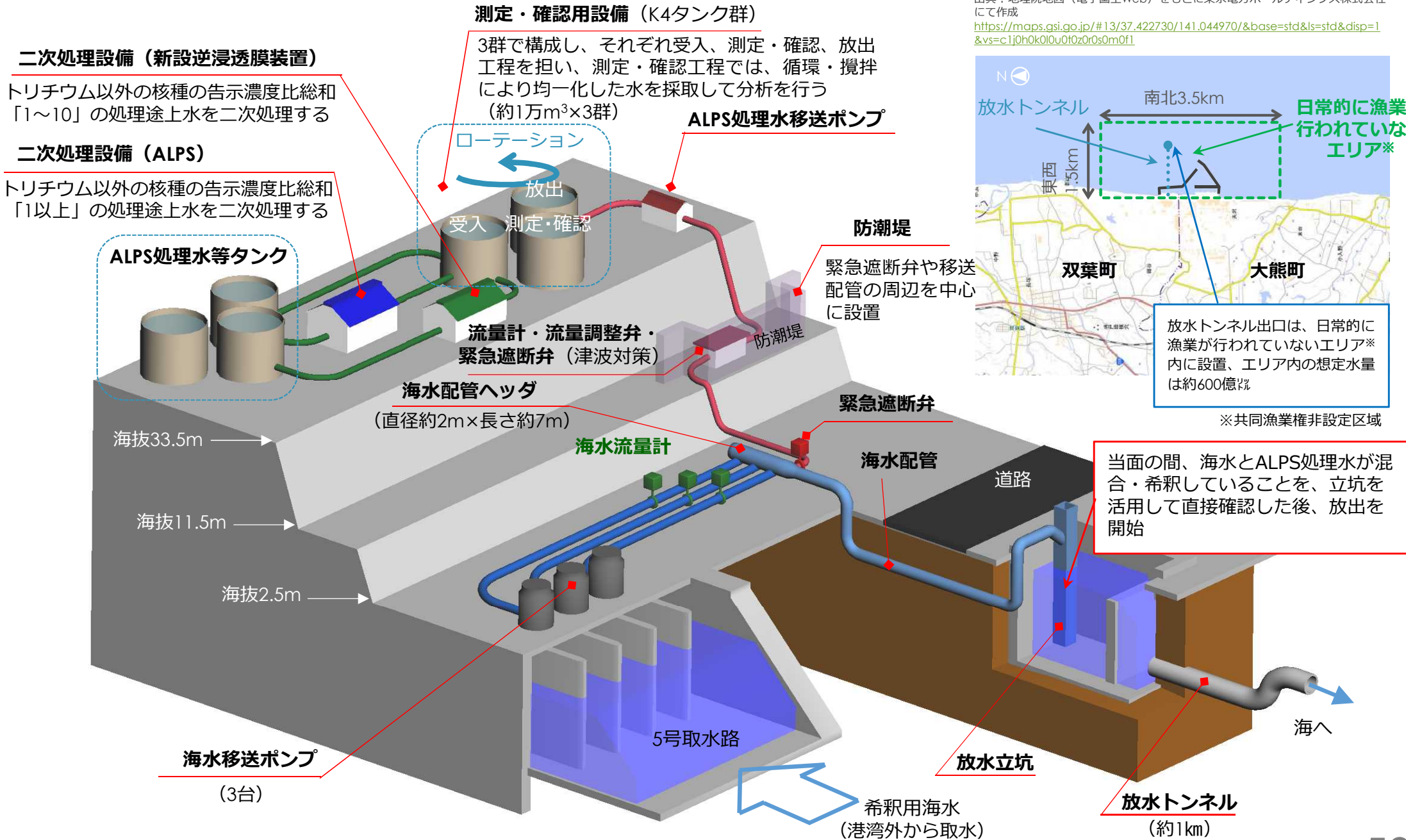


## 2. 安全確保のための設備の全体像

出典：地理院地図（電子国土Web）をもとに東京電力ホールディングス株式会社にて作成  
<https://maps.gsi.go.jp/#13/37.422730/141.044970/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0f0z0r0s0m0f1>



※共同漁業権非設定区域

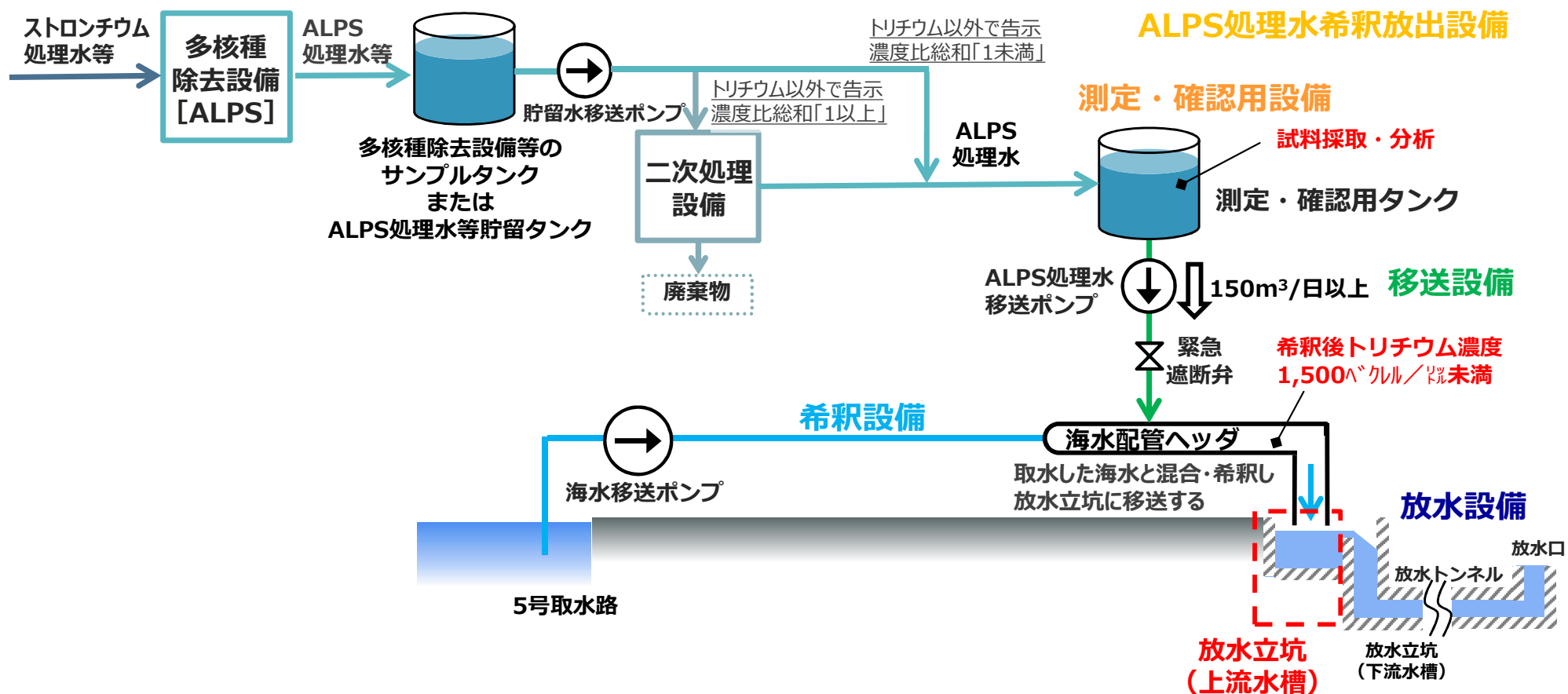




## 2 - 1 (1) ③海水の取水方法・希釈後のALPS処理水の放水方法

### 3. 放水立坑（上流水槽、下流水槽）の構造確定

- 放水立坑（上流水槽、下流水槽）について、構造・強度、自然現象に対する防護及び信頼性を整理する中で、放水立坑（上流水槽、下流水槽）の構造を確定した。





# 2-1(1) ③海水の取水方法・希釈後のALPS処理水の放水方法

## 4. 放水立坑（上流水槽、下流水槽）構造確定後の全体像



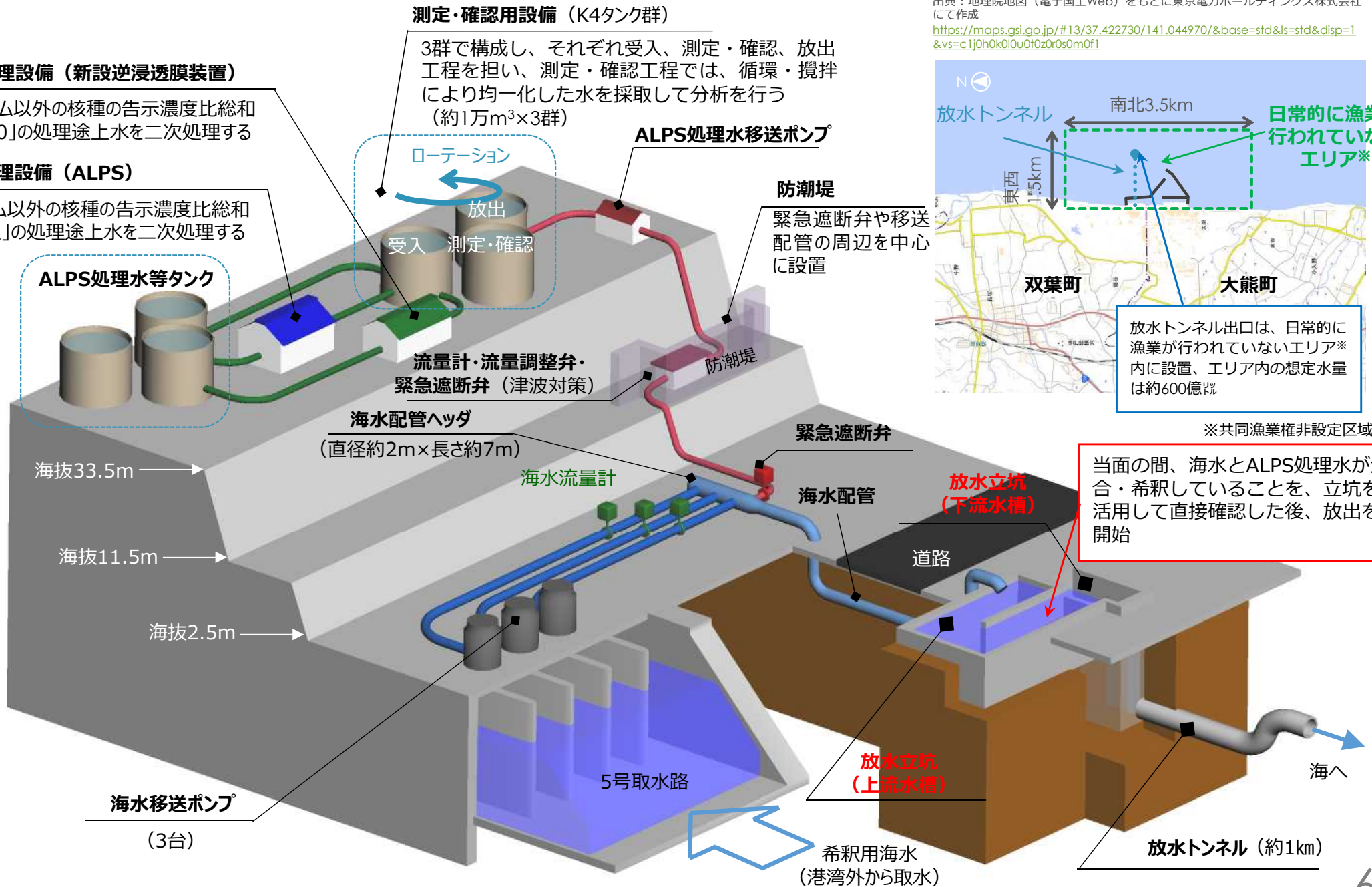
出典：地理院地図（電子国土Web）をもとに東京電力ホールディングス株式会社にて作成

<https://maps.gsi.go.jp/#13/37.422730/141.044970/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>



※共同漁業権非設定区域

当面の間、海水とALPS処理水が混合・希釈していることを、立坑を活用して直接確認した後、放出を開始



## 2-1(1) ③海水の取水方法・希釈後のALPS処理水の放水方法

### 【補足】放水立坑（上流水槽、下流水槽）の構造概要

- 放水立坑（上流水槽、下流水槽）構造確定の経緯
- 放水立坑（上流水槽、下流水槽）の当初計画は、基本設計の段階で沖合放水方式の他発電所事例を参考に、トリチウム濃度を直接計測するため、内部に隔壁（堰）を設け、上流側に容積（約2,000m<sup>3</sup>）を確保する構造としていた。
- 放水立坑（上流水槽）については、施工時の安全性、供用後の保守性などを考慮したうえで検討を実施することで、広くて浅い水槽へと構造を見直した。

	当初計画	構造確定後
構造		

※:上流水槽の容積約2,000m<sup>3</sup>を確保する点は、当初計画から変更無し  
※:構造強度に影響のない範囲内で寸法変更の可能性あり

## 2-1(1) ③海水の取水方法・希釈後のALPS処理水の放水方法 【補足】放水立坑（上流水槽、下流水槽）の構造確定のメリット

- 放水立坑（上流水槽、下流水槽）の構造確定による施工時／供用後の効率化  
約2,000m<sup>3</sup>の放水立坑（上流水槽）に関しては、以下の観点から構造を確定。
  - 1) プレキャスト製品活用により、設備品質向上・作業省力化を図ることができ、施工作业時の安全性が向上すること。
  - 2) 保守性・緊急時対応等の運用面を考慮した場合には、当初計画の深い水槽よりも、浅い水槽の方が保守が容易であること。
  - 3) 自然災害対策の観点においても、海水移送配管（オリフィス流量測定範囲）の前面に水槽を配置することで、高潮や発生頻度が高い津波来襲時（2m程度（10年に1回程度））の被災リスクを低下できること。（浸水はするが、直接の波力を緩和できる）

## ALPS処理水の海洋放出設備の申請内容等に係る主要な論点※

### に対する回答

※：ALPS処理水審査会合（第3回）資料1-2

### （2－1 原子炉等規制法に基づく審査の主要論点）

#### （1）海洋放出設備

- ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護、誤操作防止、信頼性等

## 放水立坑の設計※

### 放水立坑（上流水槽）の設計

### 放水立坑（下流水槽）の設計

※：一般土木構造物としての規格及び基準に準拠し、十分な安全性・耐久性・耐震性等を有する設計であることを照査した結果を記載したものである。

## 2-1(1) ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護等

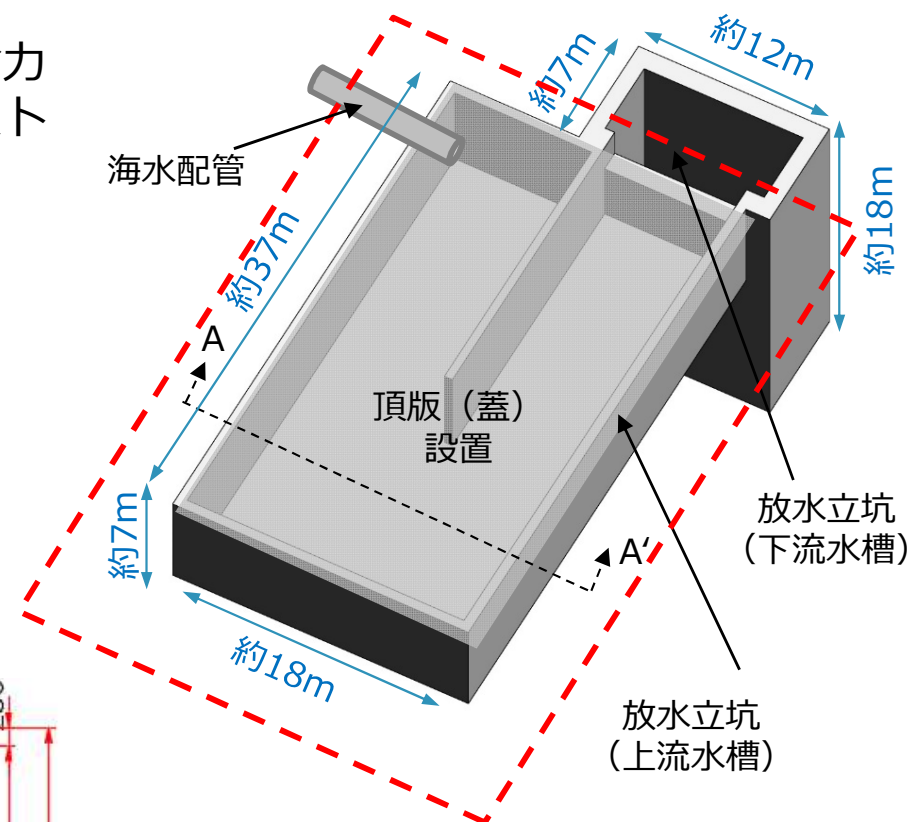
### 1.1 放水立坑（上流水槽）の設備概要

- 放水立坑（上流水槽）については、設備品質向上・作業省力化をおよび施工作业時の安全性の向上のため、プレキャスト製品を活用する。

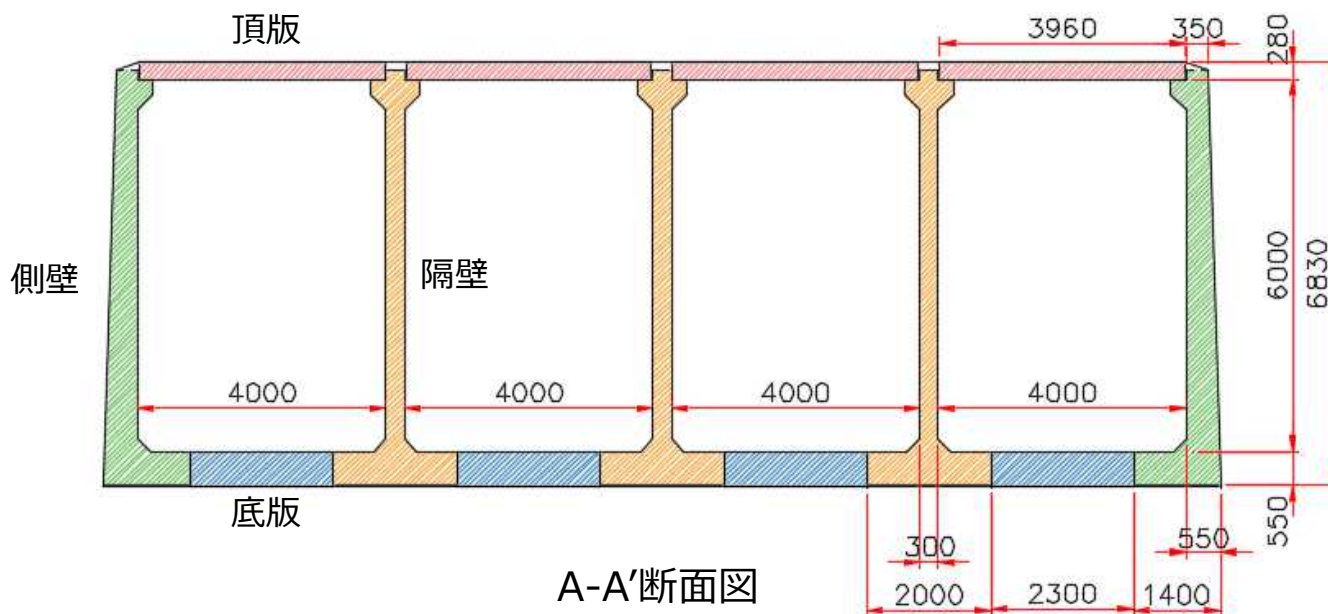
#### 放水立坑（上流水槽）の諸元※

躯体寸法	幅 約18m × 長さ 約37m × 高さ 約7m
------	---------------------------

※：構造強度に影響のない範囲内で寸法変更の可能性あり。



上流水槽・下流水槽イメージ図



A-A'断面図

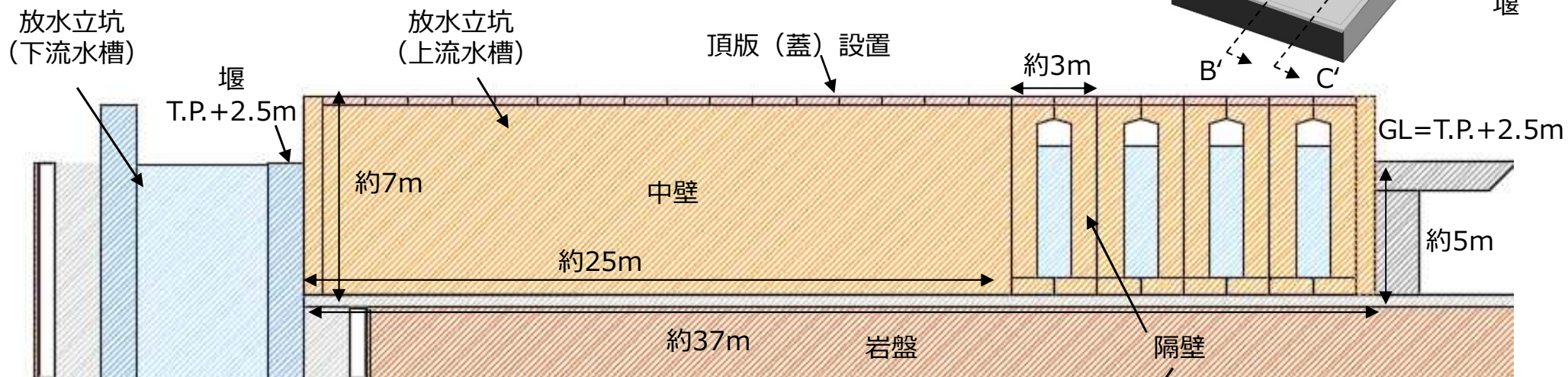
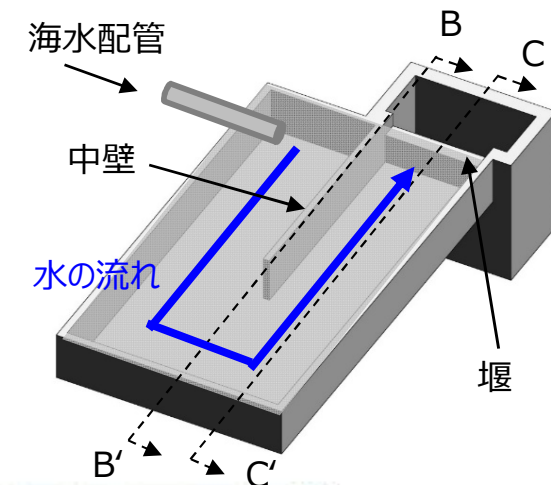
単位:mm



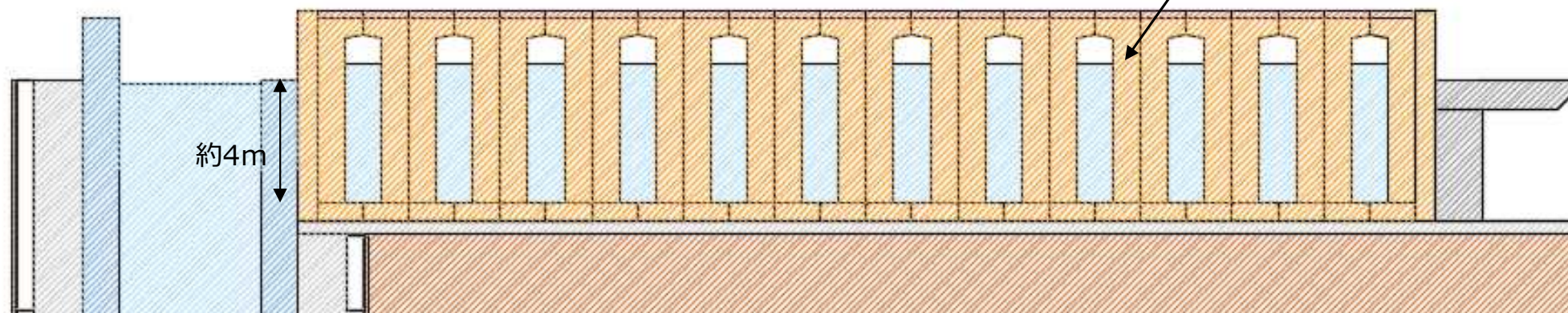
## 2-1(1) ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護等

### 【補足】放水立坑（上流水槽）断面図

- 海水配管から流入した希釈水を下流水槽に導くため、上流水槽内北側の一部に中壁を設ける。
- 上流水槽から下流水槽の間に設けられた堰を越流することで、下流水槽に流入する。



B-B'断面図



C-C'断面図

### 1.2 措置を講ずべき事項への適合性確認

#### 「14. 設計上の考慮 ①準拠規格及び基準」

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、設計、材料の選定、製作及び検査について、それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して適切と認められる規格及び基準によるものであること。
- 設計、材料の選定、製作について、下記に準拠して評価を行う。
- プレキャスト式雨水地下貯留施設技術マニュアル（改訂版；2020年）（公財）日本下水道新技術機構
- コンクリート標準示方書（設計編；2017年制定）（公社）土木学会
- コンクリート標準示方書（構造性能照査編；2002年制定）（公社）土木学会
- 下水道施設の耐震対策指針と解説 2014年版（公社）日本下水道協会
- 道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編2012年（公社）日本道路協会
- 道路橋示方書・同解説Ⅳ下部構造編 2012年（公社）日本道路協会
- 道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編 2012年（公社）日本道路協会
- エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針（改訂版；2013年）（公社）土木学会
- 共同溝設計指針1986年（公社）日本道路協会



### 1.2 措置を講ずべき事項への適合性確認

#### 「14. 設計上の考慮 ②自然現象に対する設計上の考慮」(地震)

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して、耐震設計上の区分がなされるとともに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計であること。
- ALPS処理水希釈放出設備のうち放水立坑（上流水槽）は、海水で希釈して、トリチウムを含む全ての放射性核種の告示濃度比総和が1を下回った水を取り扱う※ことを踏まえると、設備等の機能喪失時の漏えい量（ALPS処理水としては約3m<sup>3</sup>相当）は、測定・確認用タンクより十分少ないことから、ALPS処理水希釈放出設備の機能喪失時による公衆への放射線影響は測定・確認用タンクの評価で代表できると考える。

※：海水移送ポンプ2台以上運転する場合は、680倍以上希釈
- なお、測定・確認用タンク機能喪失時の影響を踏まえ、ALPS処理水希釈放出設備の耐震クラス分類が「Cクラス」が適当とした根拠は、第6回審査会合にて説明済み。

※頂版（蓋）を設置することで、地震時のスロッシングによる溢水を防止する。

#### 【評価方法】

- ✓ 耐震Cクラスとし、設計水平震度kh=0.2を用いて照査を行う。

### 1.2 措置を講ずべき事項への適合性確認

#### 「14. 設計上の考慮 ②自然現象に対する設計上の考慮」(地震以外の自然現象)

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、地震以外の想定される自然現象(津波、豪雨、台風、竜巻等)によって施設の安全性が損なわれない設計であること。重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器は、予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件、又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮した設計であること。

#### ■ 津波

- 津波に対する浸水は不可避であることから、復旧性に応じて、耐波圧性を有する仕様とする。

#### ■ 台風(高潮)

- 台風(高潮)で海面が上昇することによる影響についても考慮した設計とする。

#### ■ 積雪

- 積雪による設備の損傷を防止するため、建築基準法施行令及び福島県建築基準法施工細則に相当する積雪荷重を見込んだ設計とする。

### 1.2 措置を講ずべき事項への適合性確認

#### 「14. 設計上の考慮 ④火災に対する設計上の考慮」

- 火災発生防止、火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の方策を適切に組み合わせて、火災により施設の安全性を損なうことのない設計であること。
- 火災（実施計画：Ⅱ-2-50-5）
  - ALPS処理水希釈放出設備は、火災発生を防止するため、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する。

#### 【評価方法】

- ✓ RC構造物であるため、火災の懸念は無い。



#### 「14. 設計上の考慮 ⑧信頼性に対する設計上の考慮」

- 安全機能や監視機能を有する構築物、系統及び機器は、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計であること。

#### ■ 構造

- 放水立坑（上流水槽）を岩盤に着底することで、地震の影響を受けにくい構造とする。

#### ■ 健全性に対する考慮

- 常時荷重、地震時荷重に対して、許容応力度以内であることを確認し、構造を設定している。また、構造物の浮上がりが生じないことを確認している。さらに、鉄筋コンクリート製の躯体に生じるひび割れ幅および塩害の照査を実施し、適切な鉄筋かぶりを設定し、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。なお、供用期間中は、鉄筋コンクリート製の躯体に対して、保全を不要とするまでの保守的な設計とする。（定期点検は長期点検計画に基づき実施する。）

1.2 措置を講ずべき事項への適合性確認（照査項目）

- ALPS処理水希釈放出設備のうち放水立坑（上流水槽）については、下表の照査を行うことで、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

放水立坑（上流水槽）の照査項目

照査項目		放水立坑 (上流水槽)	照査内容
常時	構造	○	許容応力度以内であること※1
	ひび割れ	○	ひび割れ幅が許容ひび割れ幅以下であること※2
	塩害	○	鋼材位置の塩化物イオン濃度が鋼材腐食発生限界に達しないこと*2
	浮き上がり	○	浮き上がりが生じないこと
地震時		○	地震に対して許容応力度以内であること※3

※1 安全性：荷重の作用によって生じる材料の応力度が許容応力度以内であること

※2 耐久性：設計供用期間中に、ひび割れや塩化物イオンの進入に伴う鋼材腐食により、構造物の性能が低下しないこと

※3 耐震性：耐震Cクラスとし、設計水平震度kh=0.2を用いて照査を行う。

■ 応力度の照査

- 放水立坑（上流水槽）に用いる材料のうち、コンクリートは普通コンクリート（普通ポルトランドセメント）とし、設計基準強度は40N/mm<sup>2</sup>とする。鉄筋はSD345とする。
- 荷重の作用によって生じる材料の応力度が許容応力度以内であることを確認する。

コンクリートの許容応力度

コンクリートの 設計基準強度	長期		短期	
	圧縮 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 (N/mm <sup>2</sup> )
40N/mm <sup>2</sup>	14.0	0.55	21.0	0.825

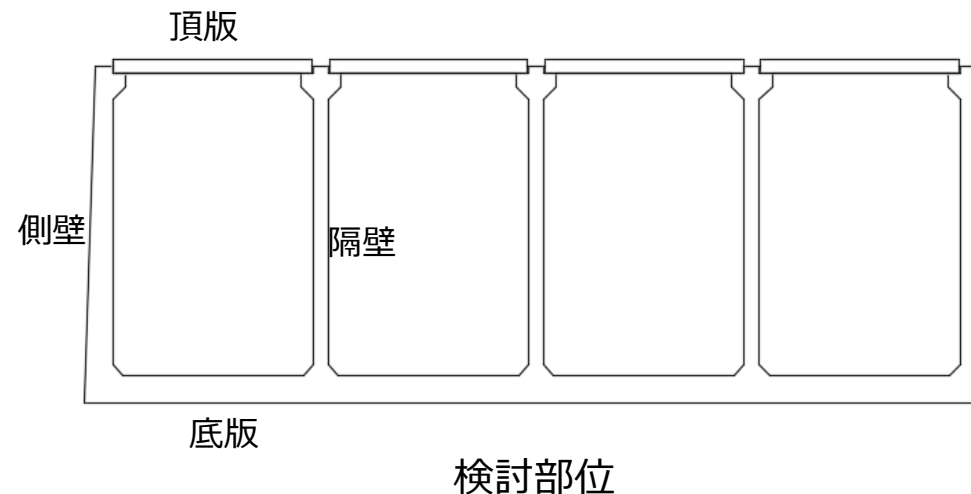
鉄筋の許容応力度

使用材料	長期	短期
	引張 (N/mm <sup>2</sup> )	引張 (N/mm <sup>2</sup> )
SD345	200	300

➤ 応力度照査の結果、耐力が確保されることを確認した。

荷重の組合せ

検討荷重	常時（長期）	地震時（短期）
自重	○	○
載荷荷重	○	○
土圧	○	○
内水圧	○	○
浮力	○	○
地震時慣性力		○
動水圧		○



- 作用応力を許容応力と比較し、作用応力/許容応力の比が最大となる部位および荷重ケースの照査結果を下表に示す。
- 常時荷重および地震時荷重に対して、許容応力度以内であること（作用応力/許容応力<1.00）を確認した。

応力度照査の結果

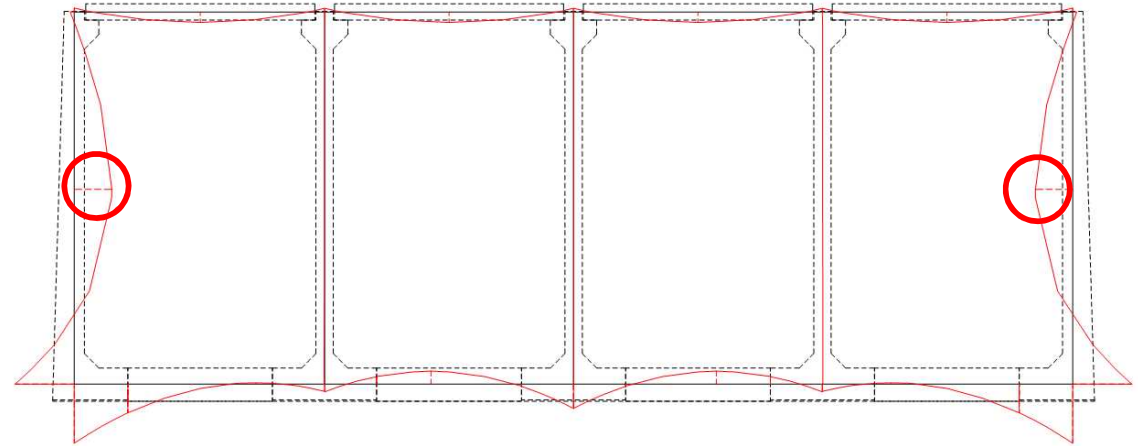
検討部位	荷重ケース	対象材料	応力	作用応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力 (N/mm <sup>2</sup> )	作用応力/許容応力
底版	常時	鉄筋	曲げモーメント	75	200	0.38
側壁	常時	コンクリート	せん断力	0.31	0.55	0.56
隔壁	地震時	鉄筋	曲げモーメント	94	300	0.31
頂版	常時	コンクリート	せん断力	0.15	0.55	0.27

■ 各検討部位の応力度照査結果

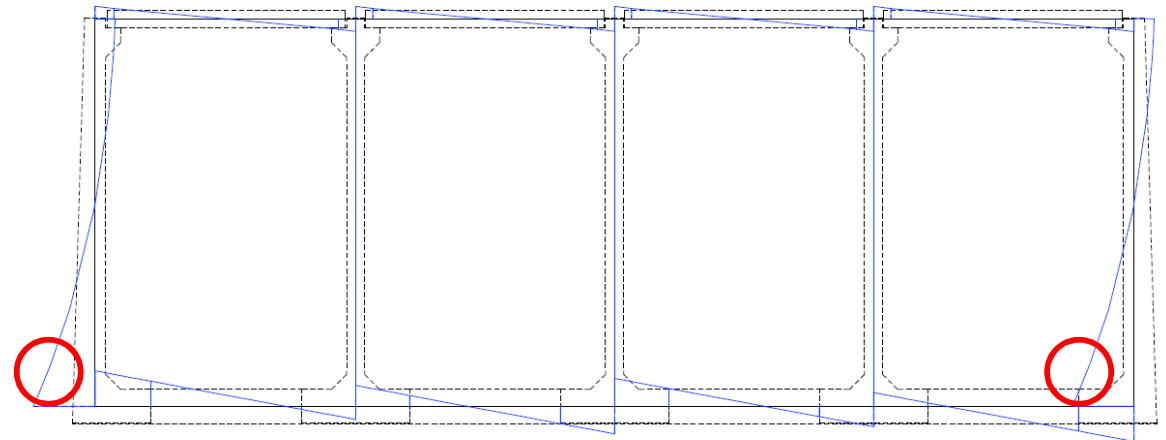
応力度照査の結果

検討部位	応力度照査 (作用/許容)	
	曲げ モーメント	せん断力
底版	0.38	0.33
側壁	<b>0.45</b>	<b>0.56</b>
隔壁	0.31	0.22
頂版	0.22	0.27

※赤字：応力度照査の最大値



断面力図（曲げモーメント）



断面力図（せん断力）

○：応力度照査 最大位置



■ ひび割れ幅の照査

- ひび割れ幅の照査は、以下の式にて行い、コンクリート表面のひび割れ幅 $w$ が鋼材の腐食に対するひび割れ幅の限界値 $w_q$ 以下であることを確認する。

$$w / w_q \leq 1.0$$

ひび割れ幅 $w$

$$w = 1.1 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \{4c + 0.7(c_s - \phi)\} \left[ \frac{\sigma_{se}}{E_s} + \varepsilon'_{csd} \right]$$

ここに、

$k_1$  : 鋼材の表面形状にひび割れ幅の及ぼす影響を表す係数。エポキシ樹脂塗装鉄筋を採用しているため1.1

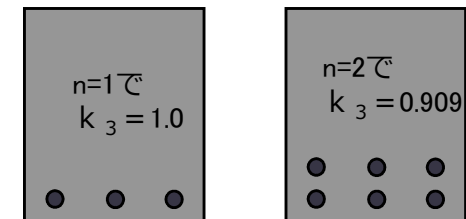
$k_2$  : コンクリートの品質がひび割れ幅に及ぼす係数で、次式による

$$k_2 = \frac{15}{f'_c + 20} + 0.7$$

$f'_c$  : コンクリートの圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)、一般に設計圧縮強度 $f'_{cd}$ を用いる

$k_3$  : 引張鋼材の段数 $n$ の影響を表す係数で次式による

$$k_3 = \frac{5(n+2)}{7n+8}$$



引張鋼材段数 $n$ と $k_3$ の関係模式図

$c$  : かぶり(mm)、 $c_s$  : 鋼材の中心間隔(mm)、 $\phi$  : 鋼材径 (mm)、

$\sigma_{se}$  : 鉄筋の応力度の増加量 (N/mm<sup>2</sup>)、

$\varepsilon'_{csd}$  : コンクリートの収縮及びクリープによるひび割れ幅の増加を考慮するためのひずみ

(鋼材の腐食に対する照査を行う場合、 $\varepsilon'_{csd}$ の値は $150 \times 10^{-6}$ 程度)

■ 塩害の照査

- 鋼材位置における塩化物イオン濃度が、設計供用期間中に鋼材腐食発生限界濃度に達しないことを確認する。
- 鋼材の腐食に対するひび割れ幅の限界値は、環境条件、かぶり、鋼材の種類に応じて定める。
- 上流水槽では、エポキシ樹脂塗装鉄筋を採用することで、耐久性を確保している。
- 環境条件は特に厳しい腐食性環境とし、ひび割れ幅の限界値は $0.0035c \cdot 1.1$  (mm) とする。  
(c：純かぶり)

	照査式
設計拡散係数 算定式	$D_d = \gamma_c \cdot D_k + \left[ \frac{w}{1} \right] \cdot \left[ \frac{w}{w_a} \right]^2 \cdot D_0$
鋼材位置における塩化物イオン濃度設計値の算定式	$C_d = \gamma_{cl} \cdot \left\{ 1 - erf \left( 0.1 / 2\sqrt{t} \left( c / \sqrt{D_d} + c_{ep} / \sqrt{D_{epd}} \right) \right) \right\}$
鋼材位置における塩化物イオン濃度の照査式	鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値が鋼材腐食発生限界濃度以下 $\gamma_i \cdot \frac{C_d}{C_{lim}} \leq 1.0$

$D_d$ ：設計拡散係数

$D_k$ ：コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数特性値 (cm<sup>2</sup>/年)

$D_0$ ：コンクリート中の塩化物イオンの移動に及ぼすひび割れの影響を表す係数(cm<sup>2</sup>/年)。一般に200cm<sup>2</sup>/年とする

w：ひび割れ幅(mm)

$w_a$ ：鋼材の腐食に対するひび割れ幅の限界値(mm)、 $\gamma_i$ ：構造物係数。一般に1.0とする。

w/l：ひび割れ幅とひび割れ間隔の比

$C_d$ ：鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値

$C_{ep}$ ：エポキシ樹脂塗膜厚さの期待値(mm)

$D_{epd}$ ：エポキシ樹脂塗膜内への塩化物イオンの侵入を拡散現象とみなした場合の塩化物イオンに対する見かけの拡散係数の設計用値 (cm<sup>2</sup>/年)。一般に $2.0 \times 10^{-6}$ cm<sup>2</sup>/年とする。

## 2-1(1) ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護等

### 1.2 措置を講ずべき事項への適合性確認（耐久性の照査結果）

- 放水立坑（上流水槽）のひび割れ幅および塩害の照査の結果、供用期間中の耐久性が確保されることを確認した。

#### 【ひび割れ幅の照査】

放水立坑（上流水槽）の発生曲げひび割れ幅を許容曲げひび割れ幅と比較し、発生曲げひび割れ幅/許容曲げひび割れ幅の比が最大となる部位の照査結果を下表に示す。

ひび割れ幅の照査結果

検討部位	発生曲げひび割れ幅 (mm)	許容曲げひび割れ幅 (mm)	発生曲げひび割れ幅/ 許容曲げひび割れ幅
底版	0.22	0.27	0.81
側壁	0.25	0.27	0.93
隔壁	0.06	0.27	0.22
頂版	0.15	0.27	0.56

#### 【塩害の照査】

放水立坑（上流水槽）における塩化物イオン濃度を鉄筋腐食発生限界濃度と比較し、鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度の比が最大となる部位の照査結果を下表に示す。

塩害に対する照査結果

検討部位	鉄筋位置における 塩化物イオン濃度 (kg/m <sup>3</sup> )	鉄筋腐食発生限界 濃度 (kg/m <sup>3</sup> )	鉄筋位置における塩 化物イオン濃度/鉄筋 腐食発生限界濃度
底版	0.06	1.20	0.05
側壁	0.07	1.20	0.06
隔壁	0.04	1.20	0.03
頂版	0.05	1.20	0.04

#### ■ 浮上がりの照査

浮上がりの照査は、以下の式にて行う。

$$F_s = W / U$$

$$U = V_w \cdot \gamma_w$$

U : 浮力 (kN/m)

W : 鉛直荷重 (kN/m)

$V_w$  : 地下水位以下の容積 (m<sup>3</sup>/m)

$\gamma_w$  : 水(海水)の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

浮上がりに対する安全率

適用条件	常時
浮上がり安全率	1.20

- 放水立坑（上流水槽）の浮上がりの照査の結果、供用期間中の耐力が確保されることを確認した。

放水立坑（上流水槽）の浮上がりの照査結果を下表に示す。

浮上がりに対する照査結果

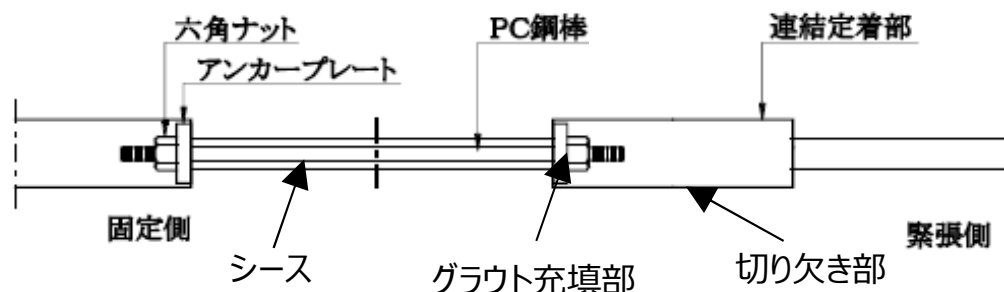
	常時
計算値	1.48
浮上り安全率	1.20



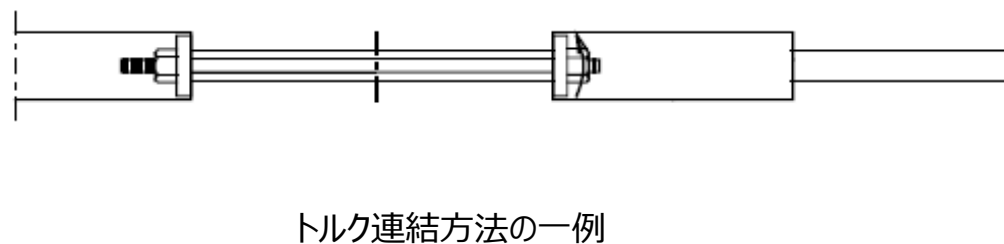
### 【補足】プレキャスト部材同士の接続方法

- プレキャスト部材同士の接続は、トルク連結方法により接続する。トルク連結は、一般的なPC部材同士の接続方法として採用されている。
- 切り欠き部より、トルクレンチを用いてトルク管理を行い、シーす内の空隙にはグラウトを充填し、鋼材に錆が生じないように保護する。
- 連結定着のための切り欠き部は、締付け完了後に無収縮モルタルを充填して防護を行う。
- 詳細な接続方法については検討中。

① PC鋼棒挿入および定着具のセット。



② メガネレンチ等で六角ナットを締め付ける。



切り欠き部

プレキャスト製品組立状況例



充填

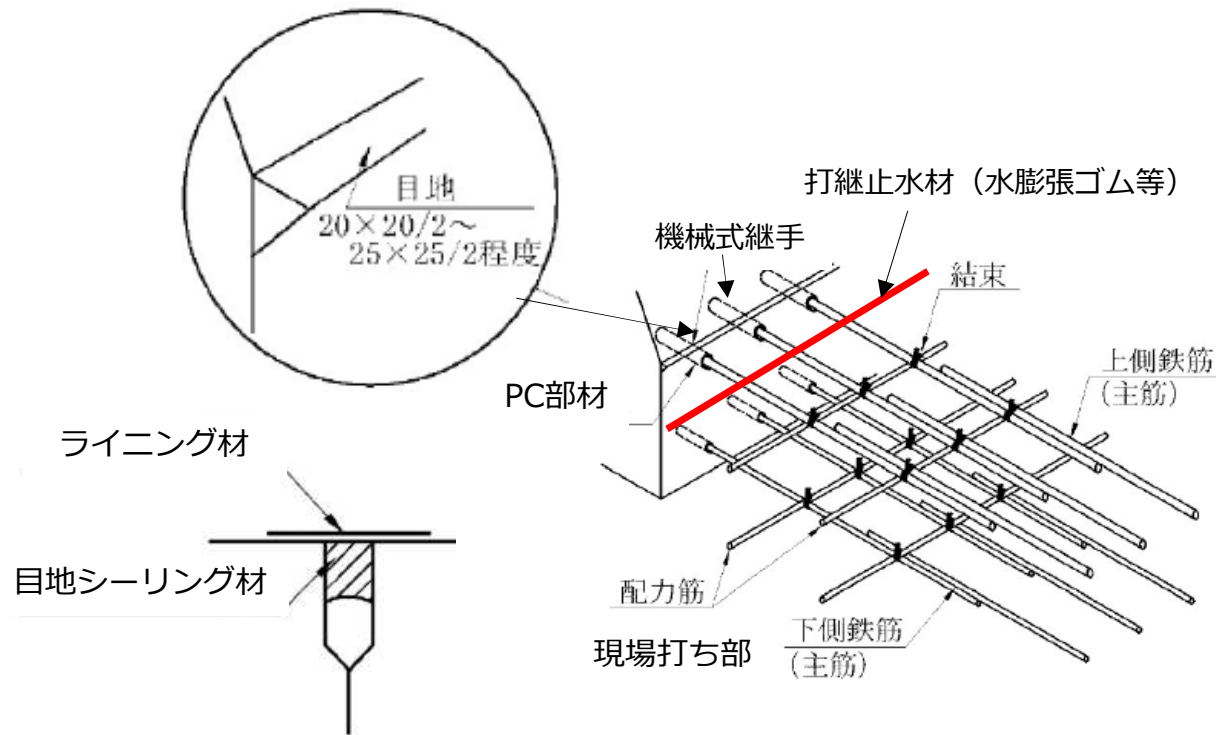


切り欠き部のモルタル充填

## 2-1(1) ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護等

### 【補足】プレキャスト部材-現場打ちコンクリート部の接続方法

- 底版現場打ち部の配筋は、主筋、配力筋および本体ブロックからの継手鉄筋で構成され、強固に結束する。
- 本体ブロックからの継手鉄筋は、一般的に採用されている機械式継手を採用する。また、PC部材は事前に製作工場で見荒らしを行い、現場打ちコンクリートの一体化を行う。
- 止水対策としては、打継止水材や目地シーリング材を使用するのが一般的であり、詳細な止水方法については検討中。



止水対策の施工状況の一例  
(目地シーリング材)

底版現場打ち部の機械式継手および止水対策の一例

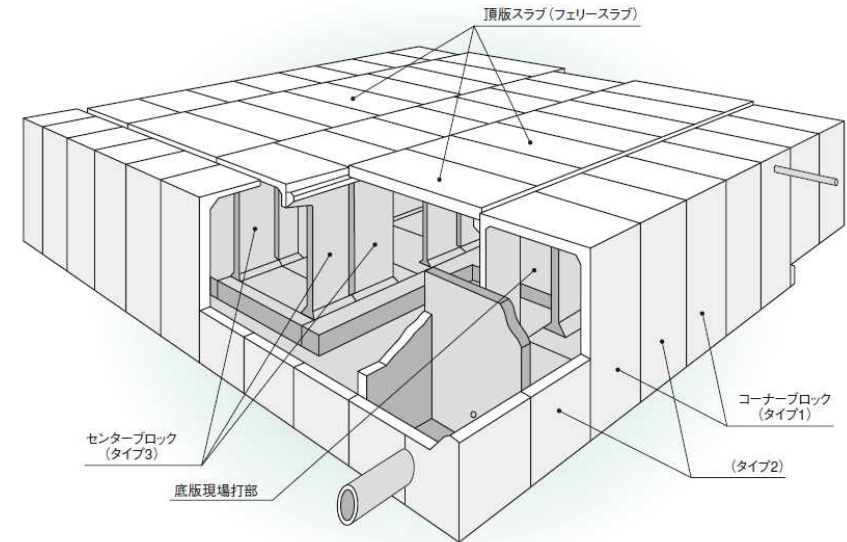
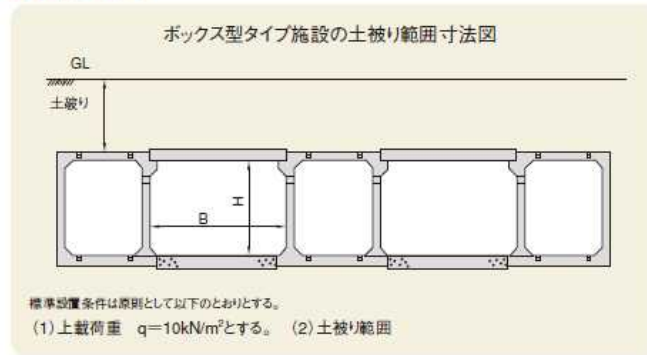


## 2-1(1) ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護等

### 【補足】プレキャスト水槽の実績

- プレキャスト雨水地下貯留施設の技術を活用。
- プレキャスト製品であることの特徴として、耐震性能に優れ、工場製品であるため、品質の向上、施工工期の短縮、施工の省力化が可能。

#### ■土被り範囲



#### 日比谷公園の地下貯水槽の事例

国土交通省と東京都下水道局の連携により、限られた工期および狭小な作業帯の施工条件の下、工期短縮が可能な、プレキャスト式水槽を採用

## 放水立坑の設計※

放水立坑（上流水槽）の設計

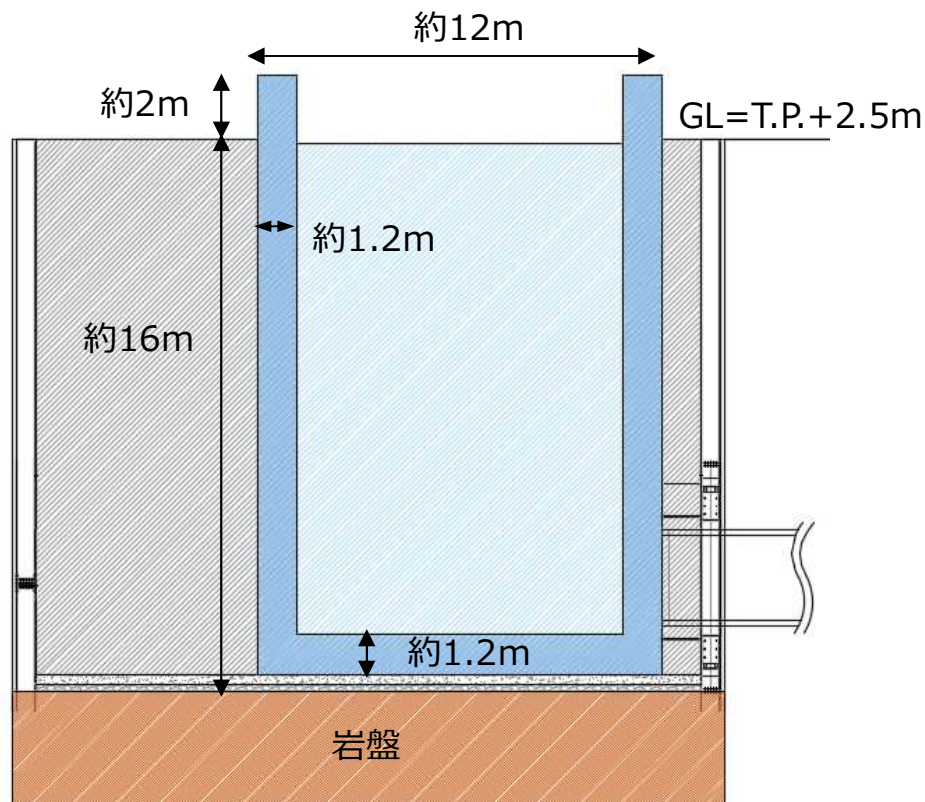
放水立坑（下流水槽）の設計

※：一般土木構造物としての規格及び基準に準拠し、十分な安全性・耐久性・耐震性等を有する設計であることを照査した結果を記載したものである。

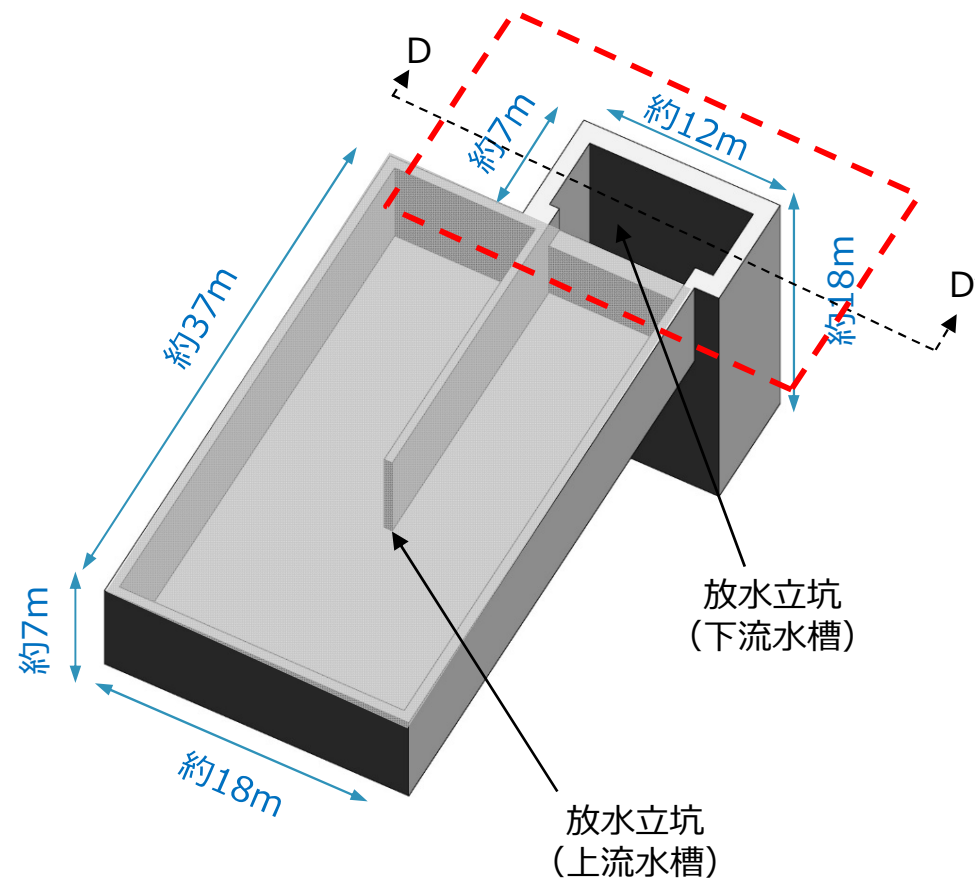
2.1 放水立坑（下流水槽）の設備概要

放水立坑（下流水槽）の諸元

躯体寸法	幅 約7m × 長さ 約12m × 高さ 約18m
------	---------------------------



D-D'断面図



上流水槽・下流水槽イメージ図



## 2-1(1) ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護等

## 2.2 措置を講ずべき事項への適合性確認

## 「14. 設計上の考慮 ①準拠及び基準」

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、設計、材料の選定、製作及び検査について、それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して適切と認められる規格及び基準によるものであること。
- 設計、材料の選定、製作について、下記に準拠して評価を行う。
  - 火力・原子力発電所土木構造物の設計（増補改訂版）（一社）電力土木技術協会
  - コンクリート標準示方書（設計編；2017年制定）（公社）土木学会
  - コンクリート標準示方書（構造性能照査編；2002年制定）（公社）土木学会\*
  - トンネル標準示方書〔共通編〕・同解説/〔シールド工法編〕・同解説（2016年制定）（公社）土木学会
  - トンネル標準示方書開削工法・同解説（2016年制定）
  - 港湾の施設の技術上の基準・同解説 2018年日本港湾協会
  - 道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編 2017年日本道路協会
  - 道路橋示方書・同解説Ⅳ下部構造編 2017年日本道路協会
  - 共同溝設計指針1986年日本道路協会\*

※赤字：放水立坑（下流水槽）の設計に適用

\*実施計画Ⅱ章2.50 添付資料5からの記載の適正化

## 2-1(1) ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護等

### 2.2 措置を講ずべき事項への適合性確認

#### 「14. 設計上の考慮 ②自然現象に対する設計上の考慮」（地震）

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して、耐震設計上の区分がなされるとともに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計であること。
- 放水設備は、ALPS処理水希釈放出設備の排水（海水で希釈して、トリチウムを含む全ての放射性核種の告示濃度比総和が1を下回った水）を取り扱うことを踏まえ、設備等の機能喪失による公衆への放射線影響の程度により、耐震Cクラスと位置付けられる。  
(実施計画：Ⅱ-2-50-添5-1)
- 耐震Cクラスの位置付けの妥当性は第6回審査会合にて説明済み。

#### 【評価方法】

- ✓ 耐震Cクラスとし、設計水平震度 $k_h=0.2$ を用いて照査を行う。

## 2-1(1) ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護等

### 2.2 措置を講ずべき事項への適合性確認

#### 「14. 設計上の考慮 ②自然現象に対する設計上の考慮」（地震以外の自然現象）

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、地震以外の想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）によって施設の安全性が損なわれない設計であること。重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器は、予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件、又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮した設計であること。

#### ■ 津波（実施計画：Ⅱ-2-50-8）

- 津波に対する浸水は不可避であることから、復旧性に応じて、耐波圧性を有する仕様とする。

#### ■ 台風（高潮）（実施計画：Ⅱ-2-50-8）

- 台風（高潮）で海面が上昇することによる影響についても考慮した設計とする。

## 2-1(1) ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護等

### 2.2 措置を講ずべき事項への適合性確認

#### 「14. 設計上の考慮 ④火災に対する設計上の考慮」

- 火災発生防止、火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の方策を適切に組み合わせて、火災により施設の安全性を損なうことのない設計であること。

#### ■ 火災（実施計画：Ⅱ-2-50-8）

- 火災発生を防止するため、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する。なお、設備内部に海水が充水されていることから火災のリスクは非常に低い。

#### 【評価方法】

- ✓ RC構造物であるため、火災の懸念は無い。

## 2-1(1) ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護等

## 2.2 措置を講ずべき事項への適合性確認

## 「14. 設計上の考慮 ⑧信頼性に対する設計上の考慮」

- 安全機能や監視機能を有する構築物、系統及び機器は、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計であること。

## ■ 構造（実施計画：Ⅱ-2-50-7）

- 放水設備を岩盤に着底することで、地震の影響を受けにくい構造とする。また、放水トンネルについては、岩盤内部に設置することとし、海底部の掘進における施工時のリスクや供用期間中の耐久性を考慮し、シールド工法を採用する。放水トンネルを構成する鉄筋コンクリート製の覆工板にシール材を設けることで止水性を確保する。

## ■ 健全性に対する考慮（実施計画：Ⅱ-2-50-7）

- 常時荷重、波浪荷重および地震時荷重に対して、許容応力度以内であることを確認し、構造を設定している。また、構造物の浮上がりが生じないことを確認している。さらに、鉄筋コンクリート製の躯体に生じるひび割れ幅および塩害の照査を実施し、適切な鉄筋かぶりを設定し、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。なお、供用期間中は、鉄筋コンクリート製の躯体に対して、保全を不要とするまでの保守的な設計とする。（定期点検は長期点検計画に基づき実施する。）

※赤字：放水立坑（下流水槽）の設計に適用



## 2-1(1) ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護等

## 2.2 措置を講ずべき事項への適合性確認

## 「14. 設計上の考慮 ⑧信頼性に対する設計上の考慮」（続き）

- 放水設備については、下表の照査を行うことで、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

放水設備の照査項目

照査項目		放水立坑 (下流水槽)	放水 トンネル	放水口	照査内容
常時	構造	○	○	○	許容応力度以内であること※1
	構造 (波浪)			○	許容応力度以内であること※1
	ひび割れ	○	○	○	ひび割れ幅が許容ひび割れ幅以下であること※2
	塩害	○	○	○	鋼材位置の塩化物イオン濃度が鋼材腐食発生限界に達しないこと※2
	浮き上がり	○		○	浮き上がりが生じないこと
地震時		○	○	○	地震に対して許容応力度以内であること※3

※1 安全性：荷重の作用によって生じる材料の応力度が許容応力度以内であること

※2 耐久性：設計供用期間中に、ひび割れや塩化物イオンの進入に伴う鋼材腐食により、構造物の性能が低下しないこと

※3 耐震性：耐震Cクラスとし、設計水平震度kh=0.2を用いて照査を行う。

## 2-1(1) ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護等

## 2.2 措置を講ずべき事項への適合性確認（主要材料の許容応力度）

## ■ 応力度の照査

- 放水設備に用いる材料のうち、コンクリートは普通コンクリート（普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種）とし、設計基準強度は24N/mm<sup>2</sup>、30N/mm<sup>2</sup>、42N/mm<sup>2</sup>とする。鉄筋はSD345とする。
- 荷重の作用によって生じる材料の応力度が許容応力度以内であることを確認する。

コンクリートの許容応力度 ※赤字：放水立坑（下流水槽）の設計に適用

コンクリートの 設計基準強度	長期		短期		備考
	圧縮 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 (N/mm <sup>2</sup> )	
24N/mm <sup>2</sup>	9.0	0.45	13.5	0.675	放水立坑（下流水槽）
30N/mm <sup>2</sup>	11.0	0.50	16.5	0.75	放水口
42N/mm <sup>2</sup>	16.0	0.73	24.0	1.095	放水トンネル

鉄筋の許容応力度

使用材料	長期	短期
	引張 (N/mm <sup>2</sup> )	引張 (N/mm <sup>2</sup> )
SD345	200	300

2.2 措置を講ずべき事項への適合性確認（応力度照査の結果①）

- 応力度照査の結果、耐力が確保されることを確認した。

荷重の組合せ

検討荷重	常時	地震時
自重	○	○
地表面載荷	○	
側圧	○	○
揚圧力	○	○
内水圧	○	○
慣性力		○
動水圧		○

- 作用応力を許容応力と比較し、作用応力/許容応力の比が最大となる部位および荷重ケースの照査結果を下表に示す。
- 常時荷重および地震時荷重に対して、許容応力度以内であること（作用応力/許容応力<1）を確認した。

応力度照査の照査結果

検討部位	荷重ケース	対象材料	応力	作用応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力 (N/mm <sup>2</sup> )	作用応力/許容応力
底版	常時	鉄筋	曲げモーメント	98.0	200	0.49
側壁	常時	鉄筋	曲げモーメント	148.3	200	0.74

2.2 措置を講ずべき事項への適合性確認（応力度照査の結果②）

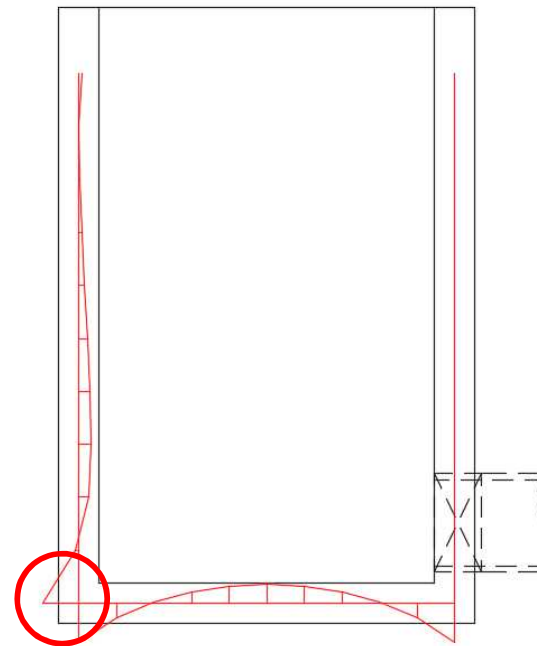
■ 各検討部位の応力度照査結果

応力度照査の結果

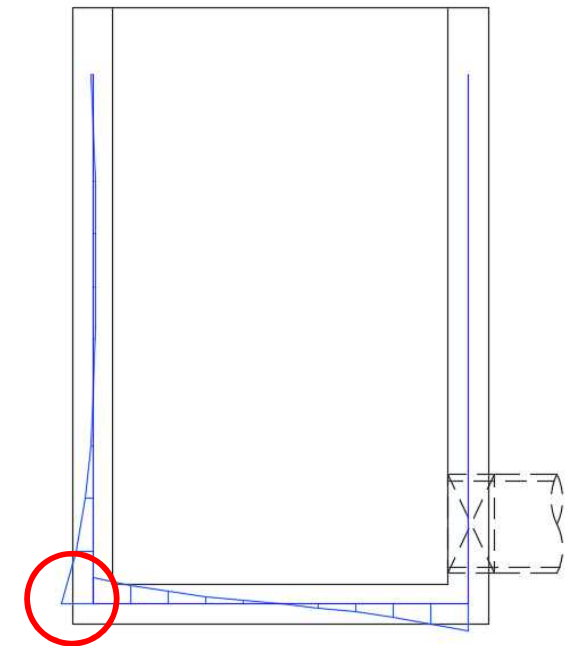
検討部位	応力度照査 (作用/許容)	
	曲げ モーメント	せん断力
底版	0.49	_*
側壁	<b>0.74</b>	_*

※赤字：応力度照査の最大値

\*せん断力の評価については、作用応力が許容応力を超過するが、せん断補強筋を配筋することで、耐力を確保している。（コンクリート標準示方書（構造性能照査編；2002年制定）（公社）土木学会準拠）



断面力図（曲げモーメント）



断面力図（せん断力）

○：応力度照査 最大位置

## 2-1(1) ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護等

### 2.2 措置を講ずべき事項への適合性確認（耐久性の評価（ひび割れ幅））

#### ■ ひび割れ幅の照査

- ひび割れ幅の照査は、以下の式にて行い、コンクリート表面のひび割れ幅 $w$ が鋼材の腐食に対するひび割れ幅の限界値 $w_q$ 以下であることを確認する。

$$w / w_q \leq 1.0$$

$$\text{ひび割れ幅 } w = 1.1 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \{4c + 0.7(c_s - \phi)\} \left[ \frac{\sigma_{se}}{E_s} + \varepsilon'_{csd} \right]$$

ここに、

$k_1$  : 鋼材の表面形状にひび割れ幅の及ぼす影響を表す係数。一般に、異形鉄筋の場合1.0

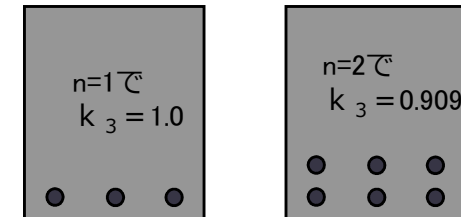
$k_2$  : コンクリートの品質がひび割れ幅に及ぼす係数で、次式による

$$k_2 = \frac{15}{f'_c + 20} + 0.7$$

$f'_c$  : コンクリートの圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)、一般に設計圧縮強度 $f'_{cd}$ を用いる

$k_3$  : 引張鋼材の段数  $n$  の影響を表す係数で次式による

$$k_3 = \frac{5(n+2)}{7n+8}$$



引張鋼材段数 $n$ と $k_3$ の関係模式図

$c$  : かぶり(mm)、 $c_s$  : 鋼材の中心間隔(mm)、 $\phi$  : 鋼材径 (mm)、

$\sigma_{se}$  : 鉄筋の応力度の増加量 (N/mm<sup>2</sup>)、

$\varepsilon'_{csd}$  : コンクリートの収縮及びクリープによるひび割れ幅の増加を考慮するためのひずみ

(鋼材の腐食に対する照査を行う場合、 $\varepsilon'_{csd}$ の値は $150 \times 10^{-6}$ 程度)



## 2-1(1) ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護等

## 2.2 措置を講ずべき事項への適合性確認（耐久性の評価（塩害））

## ■ 塩害の照査

- 鋼材位置における塩化物イオン濃度が、設計供用期間中に鋼材腐食発生限界濃度に達しないことを確認する。
- 鋼材の腐食に対するひびわれ幅の限界値は、環境条件、かぶり、鋼材の種類に応じて定める。
- ひび割れ幅の限界値は $0.005c^*$ （mm）とする。（ $c$ ：純かぶり）

\*実施計画Ⅱ章2.50 添付資料5からの記載の適正化

	照査式
設計拡散係数 算定式	$D_d = \gamma_c \cdot D_k + \lambda \cdot \left(\frac{w}{l}\right) \cdot D_0$
鋼材位置における塩化物イオン濃度設計値の算定式	$C_d = \gamma_{cl} \cdot C_0 \cdot \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{0.1 \cdot C_d}{2 \cdot \sqrt{D_d \cdot t}} \right) \right\} + C_i$
鋼材位置における塩化物イオン濃度の照査式	鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値が鋼材腐食発生限界濃度以下 $\gamma_i \cdot \frac{C_d}{C_{lim}} \leq 1.0$

 $D_d$ ：設計拡散係数 $D_k$ ：コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数特性値（ $\text{cm}^2/\text{年}$ ） $D_0$ ：コンクリート中の塩化物イオンの移動に及ぼすひび割れの影響を表す係数（ $\text{cm}^2/\text{年}$ ）。一般に $200\text{cm}^2/\text{年}$ とする $w$ ：ひび割れ幅（mm） $w_a$ ：鋼材の腐食に対するひび割れ幅の限界値（mm） $w/l$ ：ひび割れ幅とひび割れ間隔の比 $C_d$ ：鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 $\gamma_i$ ：構造物係数。一般的に1.0とする。\*実施計画Ⅱ章2.50 添付資料5  
からの記載の適正化  $400\text{cm}^2/\text{年}$

2.2 措置を講ずべき事項への適合性確認（耐久性の評価結果）

- 放水立坑（下流水槽）のひび割れ幅および塩害の照査の結果、供用期間中の耐久性が確保されることを確認した。

**【ひび割れ幅の照査】**

放水立坑（下流水槽）の発生曲げひび割れ幅を許容曲げひび割れ幅と比較し、発生曲げひび割れ幅/許容曲げひび割れ幅の比が最大となる部位の照査結果を下表に示す。

ひび割れ幅の照査結果

検討部位	発生曲げひび割れ幅 (mm)	許容曲げひび割れ幅 (mm)	発生曲げひび割れ幅/ 許容曲げひび割れ幅
底版	0.34	0.50	0.68
側壁	0.39	0.50	0.78

**【塩害の照査】**

放水立坑（下流水槽）における塩化物イオン濃度を鉄筋腐食発生限界濃度と比較し、鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度の比が最大となる部位の照査結果を下表に示す。

塩害に対する照査結果

検討部位	鉄筋位置における 塩化物イオン濃度 (kg/m <sup>3</sup> )	鉄筋腐食発生限界 濃度 (kg/m <sup>3</sup> )	鉄筋位置における塩 化物イオン濃度/鉄筋 腐食発生限界濃度
底版	0.94	1.84	0.51
側壁	1.66	1.84	0.90

## 2.2 措置を講ずべき事項への適合性確認（浮上がりの照査）

## ■ 浮上がりの照査

浮上がりの照査は、以下の式にて行う。

$$F_s = W / U$$

$$U = V_w \cdot \gamma_w$$

U : 浮力 (kN)

W : 鉛直荷重 (kN)

$V_w$  : 地下水位以下の容積 (m<sup>3</sup>)

$\gamma_w$  : 水(海水)の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

浮上がりに対する安全率

適用条件	常時
浮上り安全率	1.20

2.2 措置を講ずべき事項への適合性確認（浮上がりの照査結果）

- 放水立坑（下流水槽）の浮上がりの照査の結果、供用期間中の耐力が確保されることを確認した。

放水立坑（下流水槽）の浮上がりの照査結果を下表に示す。

浮き上がりに対する照査結果

	常時
計算値	1.68
浮上り安全率	1.20

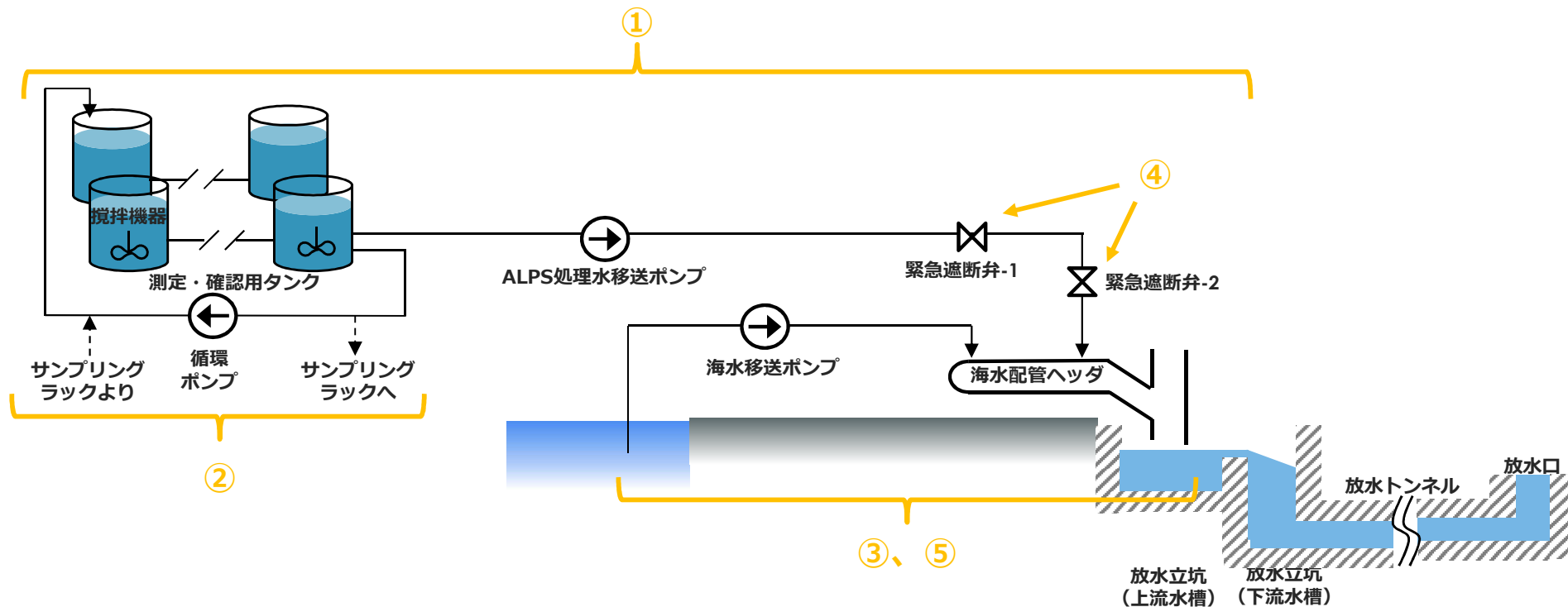
## 以降、参考資料



## 【参考】ALPS処理水希釈放出設備 要求される機能

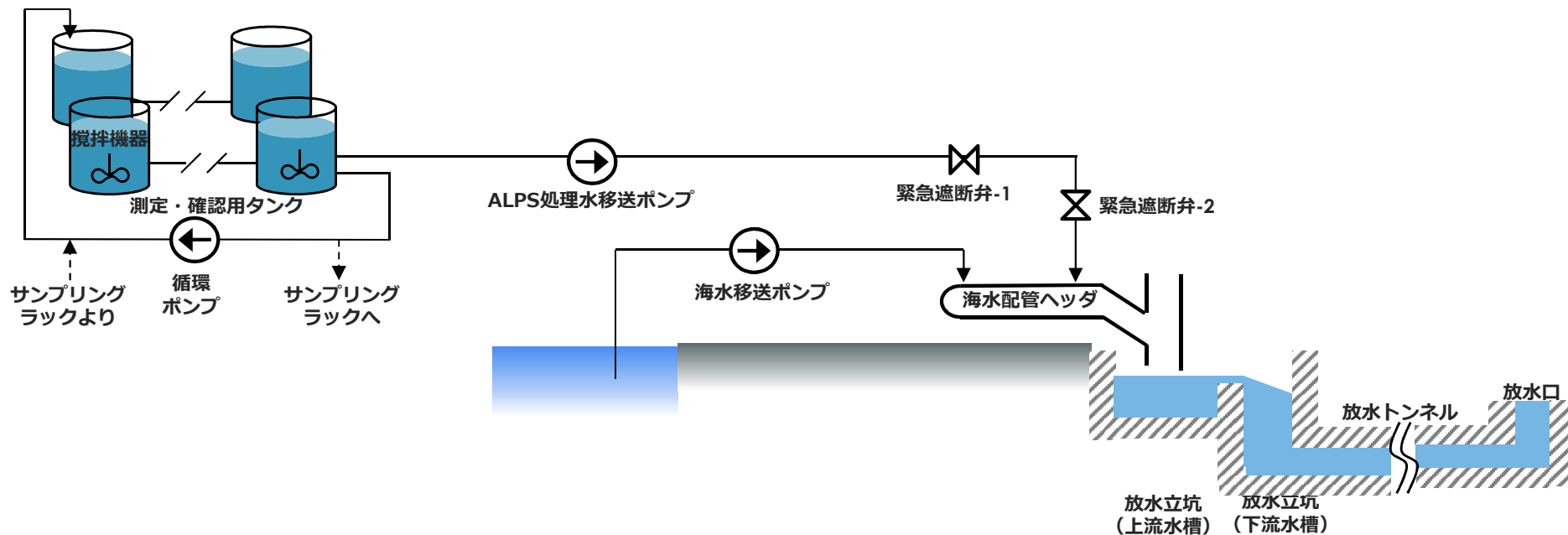
- ① 海洋への放出量は、発生する汚染水の量（地下水、雨水の流入による増量分）を上回る能力を有すること。
- ② 希釈放出前の水がALPS処理水であることを確認するため、タンク内およびタンク群の放射性物質濃度の均一化および試料採取ができること。
- ③ ALPS 処理水を海水で希釈し、海洋へ放出できること。
- ④ 異常が発生した場合、速やかにALPS 処理水の海洋への放出を停止できる機能を有すること。
- ⑤ 海水希釈後のトリチウム濃度が告示濃度限度（60,000Bq/L）を十分下回る水準となるよう、ALPS 処理水を100 倍以上に希釈する能力を有すること。

（実施計画：II-2-50-1）



## 【参考】放水設備 要求される機能（1/2）

- ① ALPS処理水希釈放出設備の排水（海水で希釈して、トリチウムを含む全ての放射性核種の告示濃度比総和が1を下回った水）を、沿岸から約1km離れた海洋から放出できること。  
(実施計画：Ⅱ-2-50-7)



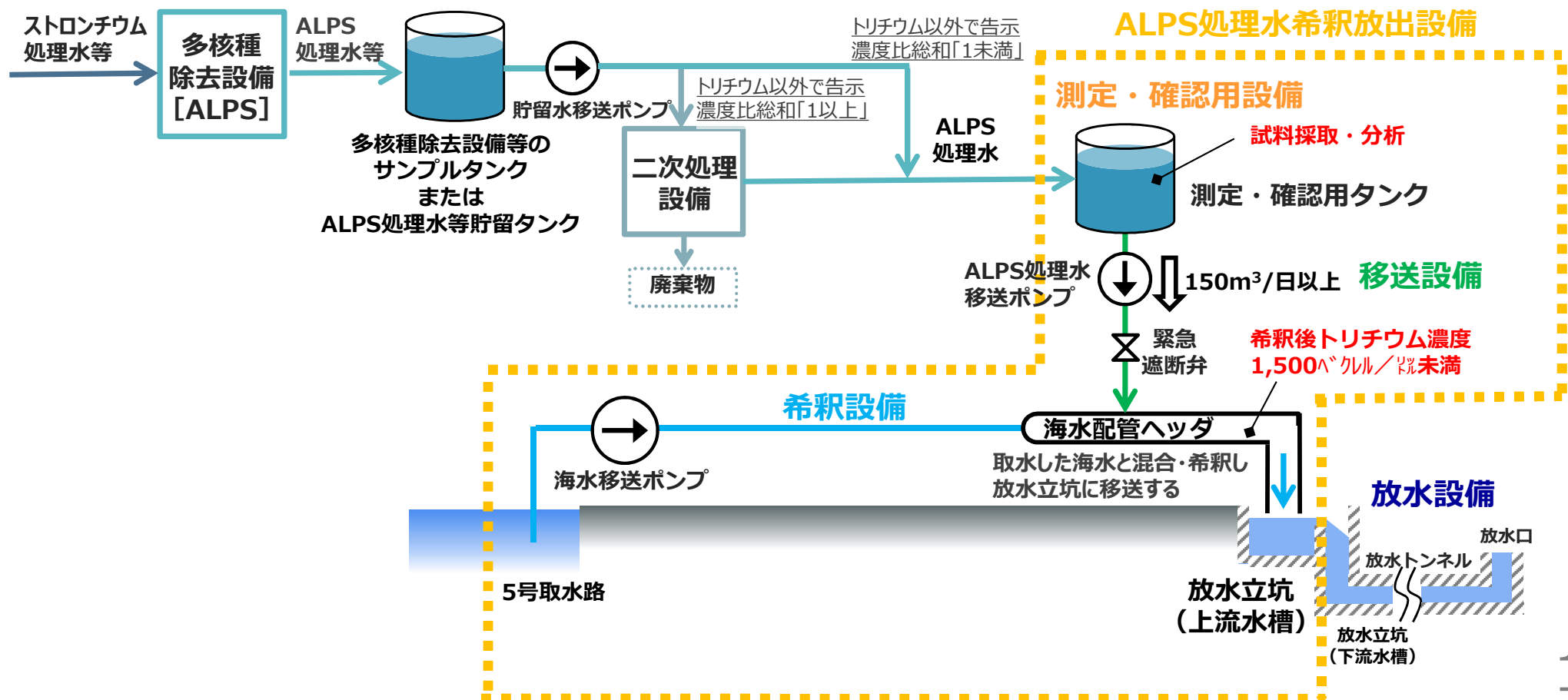
## 【参考】ALPS処理水希釈放出設備の全体概要

### ■ 目的

多核種除去設備で放射性核種を十分低い濃度になるまで除去した水が、ALPS処理水（トリチウムを除く放射性核種の告示濃度比総和 1 未満を満足した水）であることを確認し、海水にて希釈して、海洋に放出する。

### ■ 設備概要

測定・確認用設備は、測定・確認用タンク内およびタンク群の放射性核種の濃度を均一にした後、試料採取・分析を行い、ALPS処理水であることを確認する。その後、移送設備でALPS処理水を海水配管ヘッドに移送し、希釈設備により、5号取水路より海水移送ポンプで取水した海水と混合し、トリチウム濃度を1,500ベクレル/リットル未満に希釈したうえで、放水設備に排水する。





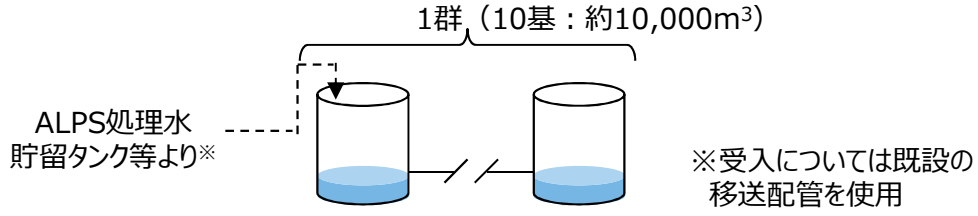
# 【参考】ALPS処理水希釈放出設備（測定・確認用設備）の概要

## ■ 測定・確認用設備

- 測定・確認用タンクはK4エリアタンク（計約30,000m<sup>3</sup>）を転用し、A～C群各10基（1基約1,000m<sup>3</sup>）とする。
- タンク群毎に、下記①～③の工程をローテーションしながら運用すると共に、②測定・確認工程では循環・攪拌により均一化した水を採取して分析を行う。

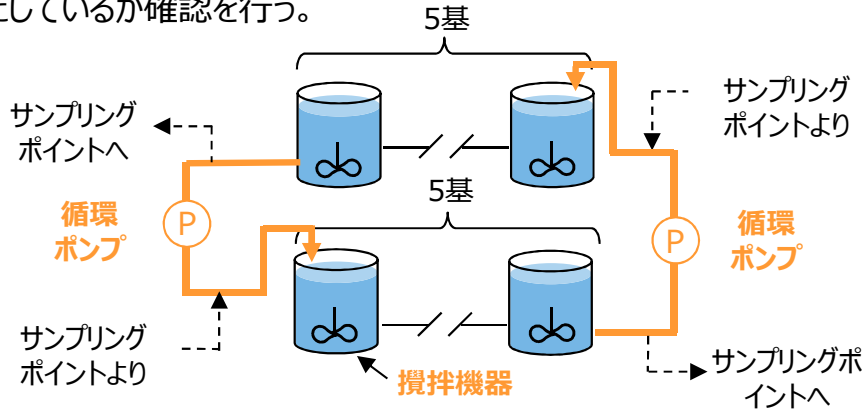
### ①受入工程

ALPS処理水貯留タンク等よりALPS処理水を空のタンク群で受入れる。



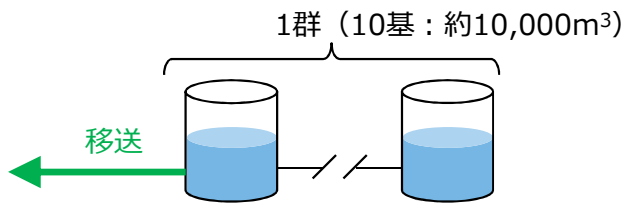
### ②測定・確認工程

攪拌機器・循環ポンプにてタンク群の水質を均一化した後、サンプリングを行い、放出基準を満たしているか確認を行う。

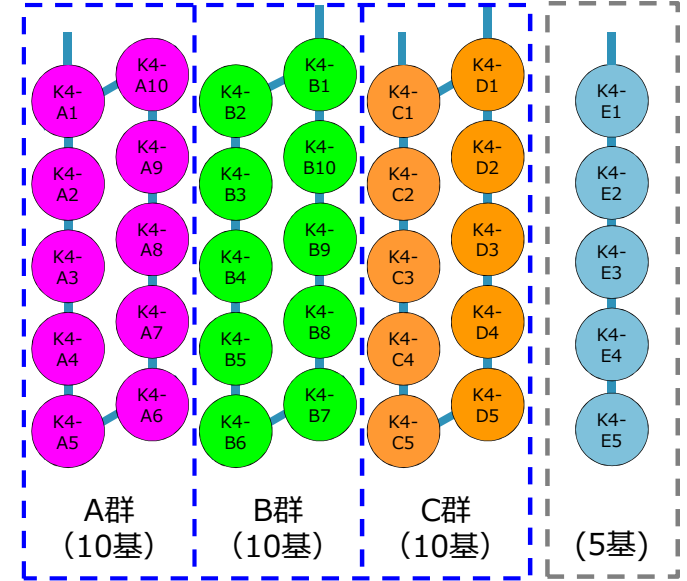


### ③放出工程

放出基準を満たしていることを確認した後、ALPS処理水を移送設備により希釈設備へ移送する。



K4エリアタンク群：35基



2.50章 ALPS処理水希釈放出設備

2.5章 多核種処理水貯槽

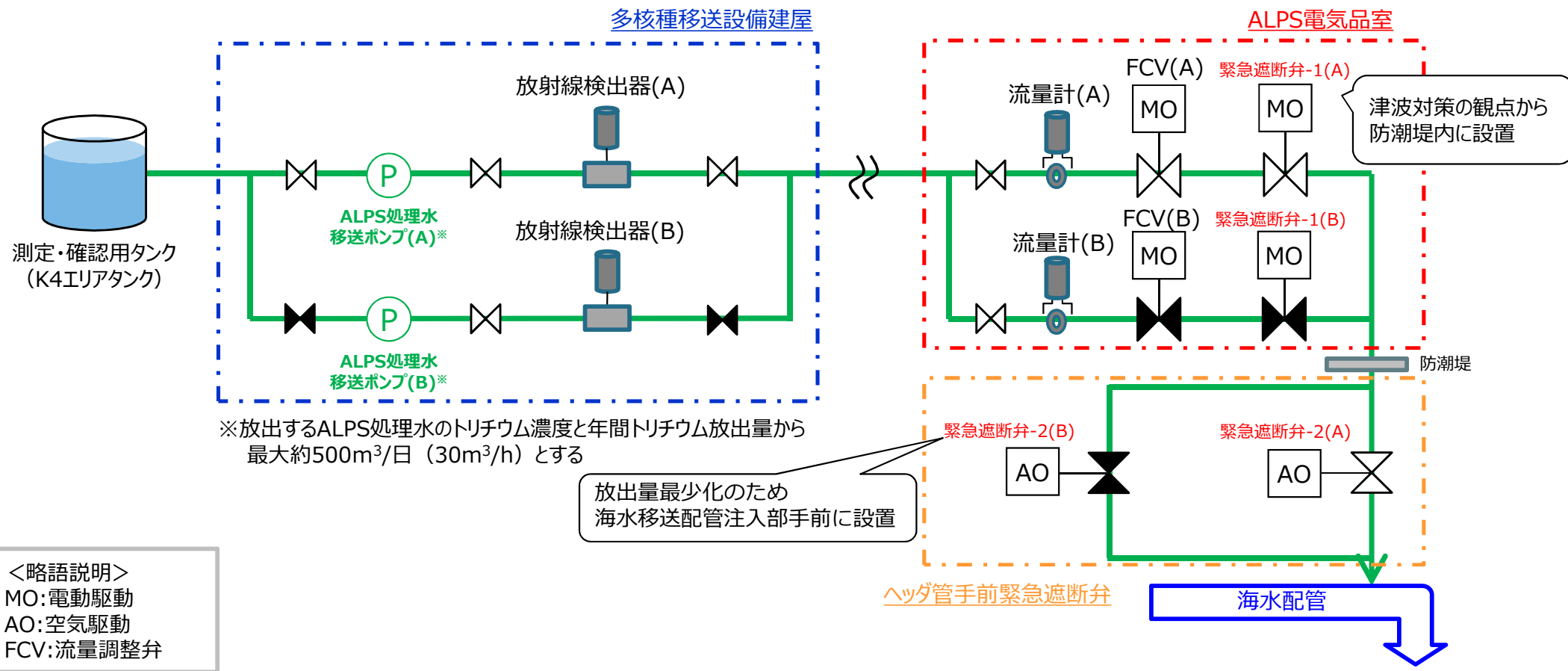
	A群	B群	C群
1周目	受入	—	—
2周目	測定・確認	受入	—
3周目	放出	測定・確認	受入
4周目	受入	放出	測定・確認
...	測定・確認	受入	放出



# 【参考】ALPS処理水希釈放出設備（移送設備）の概要

## ■ 移送設備

- 移送設備は、ALPS処理水移送ポンプ及び移送配管により構成する。
- ALPS処理水移送ポンプは、運転号機と予備機の2台構成とし、測定・確認用タンクから希釈設備までALPS処理水の移送を行う。
- また、異常発生時に速やかに移送停止できるよう緊急遮断弁を海水配管ヘッダ手前及び、津波対策として防潮堤内のそれぞれ1箇所には設置する。



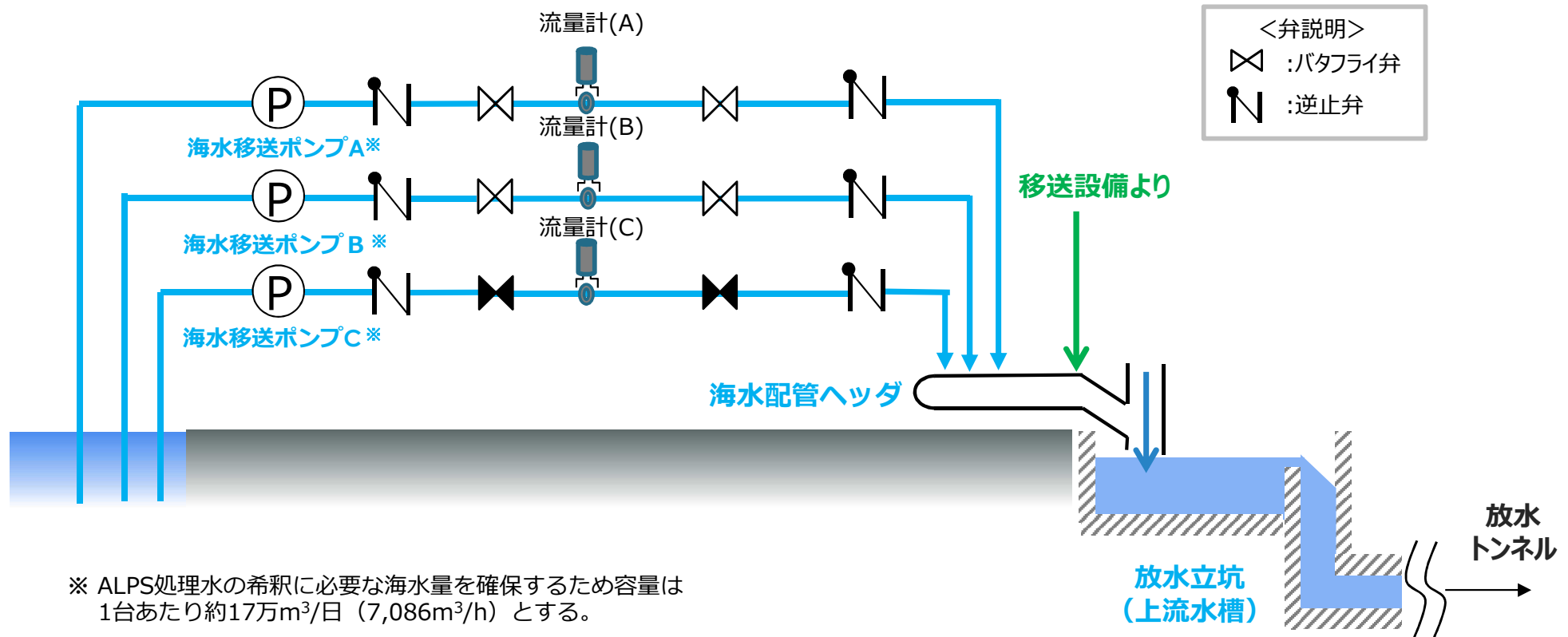
<略語説明>  
MO: 電動駆動  
AO: 空気駆動  
FCV: 流量調整弁



## 【参考】ALPS処理水希釈放出設備（希釈設備）の概要

### ■ 希釈設備

- ALPS処理水を海水で希釈し、放水立坑（上流水槽）まで移送し、放水設備へ排水することを目的に、海水移送ポンプ、海水配管（ヘッド管含む）、放水ガイド、放水立坑（上流水槽）により構成する。
- 海水移送ポンプは、移送設備により移送されるALPS 処理水を100倍以上に希釈する流量を確保する。



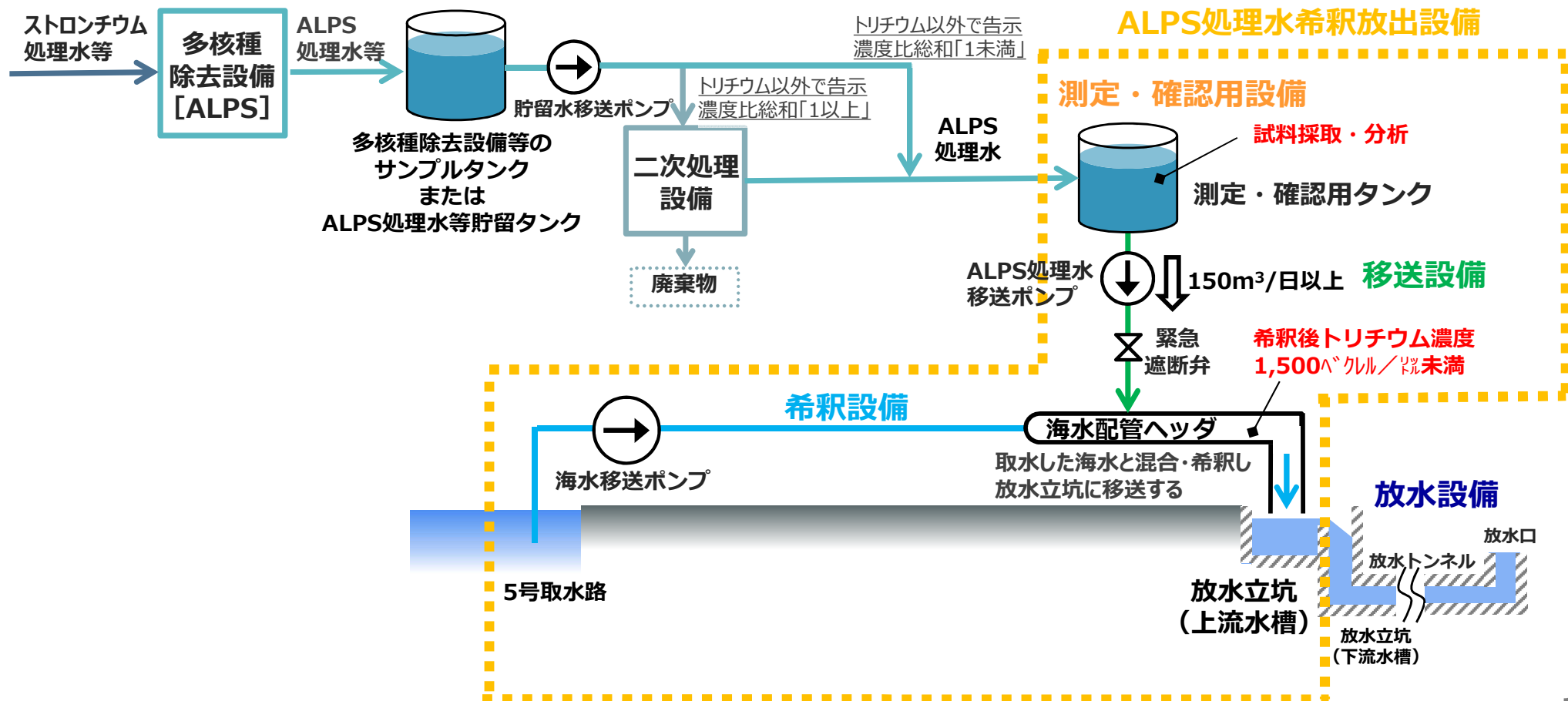
## 【参考】 関連施設（放水設備）の全体概要

### ■ 目的

ALPS処理水希釈放出設備の排水（海水で希釈して、トリチウムを含む全ての放射性核種の告示濃度比総和が1を下回った水）を、沿岸から約1km離れた場所から海洋へ放出する。

### ■ 設備概要

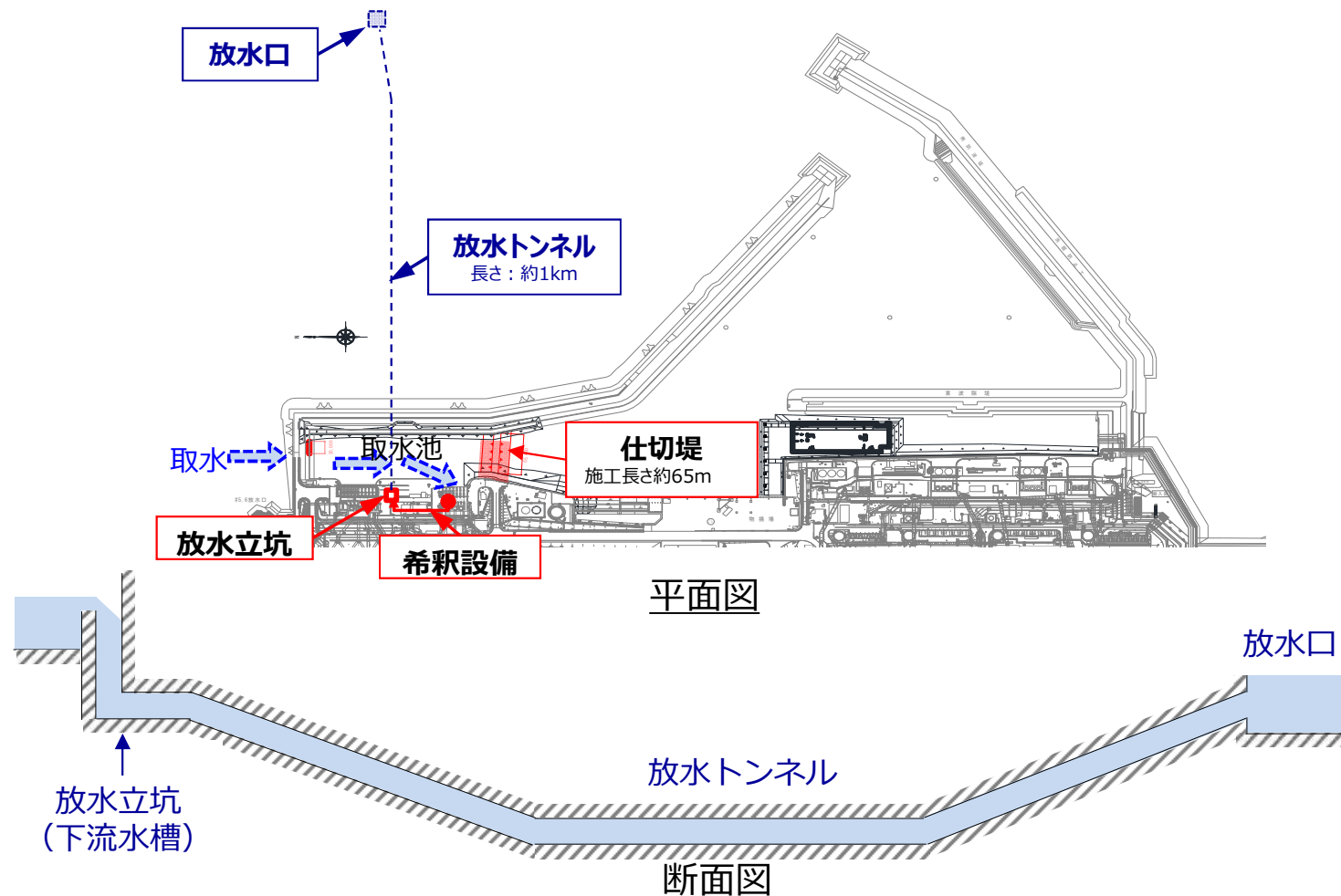
放水設備は、上記目的を達成するため、放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口により構成する。



## 【参考】 関連施設（放水設備）の概要（1/2）

### ■ 放水設備

- 放水立坑内の隔壁を越流した水を、放水立坑（下流水槽）と海面との水頭差により、約1km離れた放水口まで移送する設計とする。また、放水設備における摩擦損失や水位上昇等を考慮した設計とする。



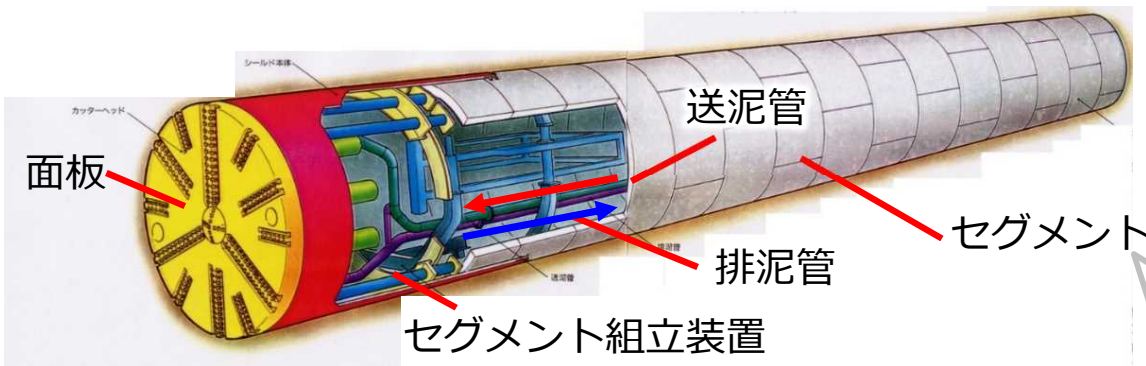
## 【参考】 関連施設（放水設備）の概要（2/2）

### ■ 構造設計の概要

- 岩盤層を通過させるため、漏洩リスクが小さく、且つ耐震性に優れた構造を確保。
- シールド工法を採用し、鉄筋コンクリート製のセグメントに2重のシール材を設置することで止水性を確保。
- 台風（高波浪）や高潮（海面上昇）の影響を考慮したトンネル躯体（セグメント）の設計を実施。

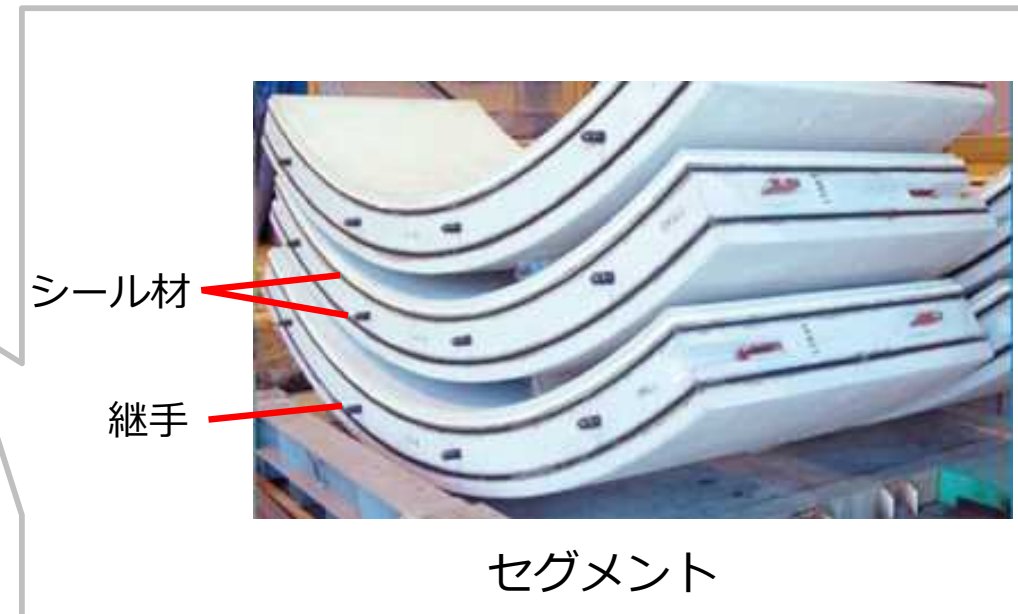
### ■ トンネルの施工（シールド工法）

- シールド工法による放水トンネルの施工実績は多数あり、確実な施工によりトラブルの発生の可能性が小さい。



※今回は泥水式シールド工法を採用

シールドマシンの概要図



## 【参考】 ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設の配置計画

- ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設を構成する設備の配置は以下の通り。  
(実施計画：Ⅱ-2-50-添1-2)

