

# 1号機RCW熱交換器(C)のサンプリング結果について

※RCW：原子炉補機冷却系

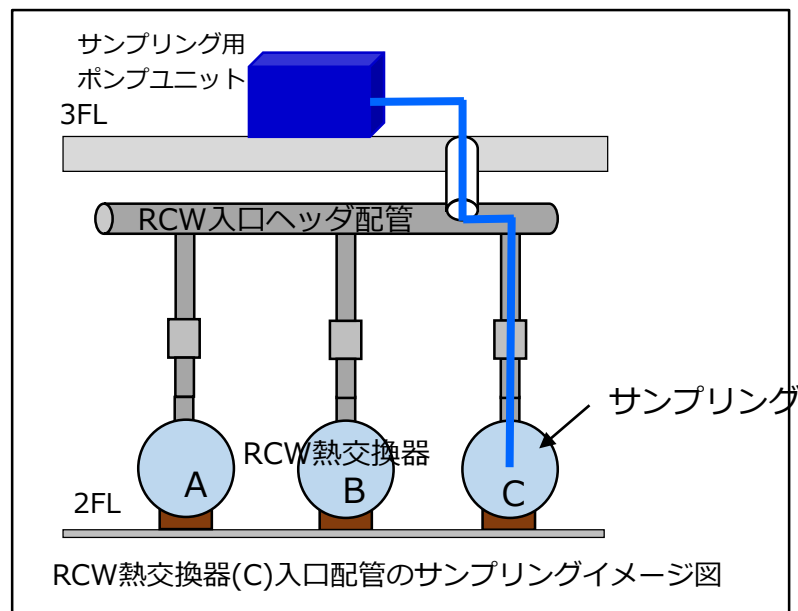
2023年7月27日

---

**TEPCO**

東京電力ホールディングス株式会社

- 1号機原子炉建屋（R/B）内の高線量線源であるRCW内包水について、線量低減に向けた内包水サンプリングに関する作業を2022年10月より実施。
- RCW熱交換器(C)について、2023年6月より本体側の内包水サンプリングを実施。熱交換器の上・中・下部のサンプリングを終え、現在、試料の分析中（上・中・下部のサンプリング結果の一部について判明したところ）。
- サンプリング作業で発生した余剰水は、これまでと同様にRO処理水により1号機R/B滞留水と同等の濃度に希釈した上、1号機R/B地下階へ移送し、建屋滞留水としてPMB/HTIを經由し水処理設備で処理を実施。
- 今回のサンプリング作業や分析結果を踏まえ、熱交換器本体の水抜きに向けた希釈方法・被ばく低減等の検討を行う。



## 2. 分析項目

- RCW熱交換器(C)本体のサンプリングで得る内包水試料は、構内ラボ持ち込み線量基準1mSv/hを満足するため、約1~3mL<sup>※0</sup>の採取を実施。
- 分析項目(予定)を下表に示す。前回(入口配管内包水)で実施した項目に加え、追加実施と記載した項目を実施する。また、試料量に応じて候補1~3に記載した項目を実施予定。(追加理由：事故調査のためFP移行や炉内・PCV内構造物等の成分に着目)
- 試料の線量により、採取量・分析項目について制約があり、変更する場合もある。

処理作業のための分析項目	
Cs-134	前回実施 (入口配管内包水)
Cs-137	
Sr-90	
H-3	
全β	
全α	
pH	
導電率	
Cl	
Ca <sup>※3</sup>	
Mg	
Na	
SS	
TOC	
油分	
発泡性	

事故調査のための分析項目	
Co-60 <sup>※2</sup>	前回実施 <sup>※5</sup> (入口配管内包水)
Ru-106 <sup>※1</sup>	
Sb-125 <sup>※1</sup>	
Eu-154 <sup>※1</sup>	
Am-241(γ) <sup>※1</sup>	
I-129(γ) <sup>※1</sup>	追加実施 <sup>※5</sup>
Ag-108m <sup>※1</sup>	
Ba-133 <sup>※1</sup>	
Ag-110m <sup>※1</sup>	
Ce-144 <sup>※1</sup>	
Eu-152 <sup>※1</sup>	
Eu-155 <sup>※1</sup>	
K-40 <sup>※4</sup>	

事故調査のための分析項目	
SiO <sub>2</sub> <sup>※2・3</sup>	候補1
K <sup>※4</sup>	
Fe <sup>※2・3</sup>	
Al <sup>※2・3</sup>	候補2
Cu <sup>※2</sup>	
Zn <sup>※2</sup>	候補3
Ni <sup>※2</sup>	
Cr <sup>※2</sup>	
Co <sup>※2</sup>	
Li <sup>※4</sup>	
Ti <sup>※2・3</sup>	
Ba <sup>※1</sup>	
V <sup>※2</sup>	
Mn <sup>※2</sup>	

※0 少量の小分けにした試料の総量

※1 核燃料物質・FP等燃料デブリ由来のもの ※2 炉内構造物・PCV内構造物由来のもの

※3 コンクリート由来のもの ※4 事故時の海水注入によるもの

※5 γ核種分析について、Cs濃度が高いため、他の核種の検出限界が高くなり、検出限界以下になると想定されることから、参考としてAMP法(リンモリブデン酸アンモニウム法)による分析も予定。

### 3. R CW熱交換器(C)本体の内包水サンプリング結果（1 / 2）

目的	測定項目	単位	入口配管 (2023年2月22日採取)	熱交換器－上部 (2023年6月21日採取)	熱交換器－中部 (2023年7月6日採取)	熱交換器－下部 (2023年6月29日採取)	参考:R/B3階床面雨水 (2023年4月17日)
処理作業の ため	Cs-134	Bq/L	2.85E+08	6.38E+08	5.31E+08	6.59E+08	5.46E+04
	Cs-137	Bq/L	1.34E+10	3.09E+10	2.83E+10	3.20E+10	2.70E+06
	Sr-90	Bq/L	4.29E+07	1.01E+08	8.29E+07	9.25E+07	2.43E+03
	H-3	Bq/L	2.94E+07	6.26E+07	6.37E+07	6.96E+07	1.50E+05
	全β	Bq/L	1.28E+10	2.88E+10	3.32E+10	3.40E+10	2.98E+06
	全α	Bq/L	<1.15E+04	2.14E+03	1.37E+03	1.74E+03	<1.82E+01
	pH※	—	6.2	6.2	5.9	5.9	7.6
	導電率※	μS/cm	8.8	19.0	18.0	19.0	1100
	Cl	mg/L	1800	3900	4000	3900	94
	Ca	mg/L	170	<100	<100	<100	69
	Mg	mg/L	130	200	220	200	5
	Na	mg/L	1000	2100	2200	2200	69
	SS	mg/L	<1000	<1000	<1000	<2000	340
	TOC	mg/L	<100	240	160	<100	247
	油分	mg/L	<300	<300	<300	<300	<3.0
発泡性※	—	なし	なし	なし	なし	あり	

(補足)

- ※については、分析時に実施した精製水による希釈(約1000倍)の影響あり(雨水除く)。
- 熱交換器(上中下部)のサンプリングについて、雨水の混入あり(雨水の混入量は、約600Lと推定)。入口配管のサンプリングについて、雨水の混入なし。なお、雨水のデータは、R/B3階の作業エリア周辺の床面の溜水を採取したもの。

### 3. R C W熱交換器(C)本体の内包水サンプリング結果 (2 / 2)

目的	測定項目	単位	入口配管 (2023年2月22日採取)	熱交換器－上部 (2023年6月21日採取)	熱交換器－中部 (2023年7月6日採取)	熱交換器－下部 (2023年6月29日採取)	参考:R/B3階床面雨水 (2023年4月17日)
事故調査 のため	Co-60	Bq/L	<4.05E+06	<2.34E+07	<2.74E+07	<2.34E+07	<1.21E+03
	Ru-106	Bq/L	<1.60E+08	<6.43E+08	<5.01E+08	<5.99E+08	<4.45E+04
	Sb-125	Bq/L	<8.73E+07	<6.11E+08	<3.69E+08	<3.98E+08	<2.71E+04
	Eu-154	Bq/L	<1.07E+07	<8.54E+07	<6.17E+07	<7.88E+07	<4.10E+03
	Am-241 (γ)	Bq/L	<4.08E+07	<5.86E+07	<5.42E+07	<5.89E+07	<3.47E+03
	I-129 (γ)	Bq/L	<4.54E+08	<4.77E+08	<4.44E+08	<4.44E+08	<2.87E+04
	Ag-108m	Bq/L	<2.82E+07	<1.37E+08	<1.38E+08	<1.36E+08	<8.06E+03
	Ba-133	Bq/L	<3.14E+07	<1.43E+08	<1.42E+08	<1.46E+08	<9.20E+03

(補足)

- 熱交換器（上中下部）のサンプリングについて、雨水の混入あり（雨水の混入量は、約600Lと推定）。入口配管のサンプリングについて、雨水の混入なし。なお、雨水のデータは、R/B3階の作業エリア周辺の床面の溜水を採取したもの。
- Cs濃度が高いため、他の核種の検出限界が高くなり、検出限界以下になったと考えられる。γ核種分析について、参考としてAMP法(リンモリブデン酸アンモニウム法)による分析も予定。

追加実施する分析項目については、現在対応中。

### 建屋滞留水におけるCs-137, H-3, 全α濃度

測定項目		採取場所	濃度 (Bq/L)	採取日
Cs-137	過去建屋内で確認された高濃度汚染水の濃度	2号機R/B トレンチ最深部	3.37E+09	2019/5/21
		1号機R/B 北西三角コーナー	2.92E+09	2011/5/27
	至近の汚染水濃度	1号機R/B トーラス室	2.05E+07	2023/1/31
H-3	至近の汚染水濃度	1号機 R/B トーラス室	5.52E+05	2023/1/31
全α	過去建屋内で確認された高濃度汚染水の濃度	3号機R/B MSIV室	1.69E+06	2021/7/8
		3号機R/B トーラス室(深部)	5.39E+05	2021/7/13

### PCV内包水におけるCs-137, H-3, 全α濃度

測定項目	採取場所	濃度 (Bq/L)	採取日
Cs-137	1号機 D/W内包水	3.47E+07	2012/10/12
	3号機 S/C内包水	2.04E+08	2022/11/11
H-3	1号機 D/W内包水	1.43E+06	2012/10/12
	3号機 S/C内包水	3.30E+06	2022/11/11
全α	1号機 D/W内包水	<1.11E+01	2012/10/12
	3号機 S/C内包水	1.59E+01	2022/11/11

- 1号機RCW熱交換器(C)のサンプリング結果から、RCW熱交換器(3基分)の放射能(Cs-137)について評価を実施。

RCW熱交換器(3基)の放射能：約0.64PBq(0.064京Bq)

以下の条件にて算出。

- ・ RCW熱交換器(C)のCs-137濃度： $3.20 \times 10^{10}$ Bq/L (最大値：下部)
- ・ RCW熱交換器(淡水側)：1基 約 $6\text{m}^3$
- ・ RCW熱交換器内包水：約 $20\text{m}^3$   
熱交換器3基(満水) + 出入口配管の滞留水を加味し算出

RCW熱交換器(3基)の放射能

$$3.20 \times 10^{10} \text{ (Bq/L)} \times 20 \text{ (m}^3\text{)} \times 10^3 \text{ (L/m}^3\text{)} = 6.40 \times 10^{14} = 0.64 \text{ PBq (0.064 京Bq)}$$

「原子力規制庁 東京電力福島第一原子力発電所の中期的リスクの低減目標マップ（2023年3月版）、放射性物質(主にCs-137)の所在状況」において、1Fの総放射能は約520PBq(52.0京Bq)相当と評価。今回確認された放射能は総放射能に対し僅かである。

- 補足
- ・ 1号機RCW熱交換器内のH-3について同様な試算をしたところ、約1.40兆Bqの放射能と評価。1F発電所構内タンクのH-3の総放射能:約780兆Bq(2021年4月1日時点)に対し僅かである。
- ・ RCW熱交換器(C)の内包水の水質を踏まえた、RCW熱交換器(3基分)のCsインベントリー評価値であるため、今後、RCW熱交換器(A,B)の内包水のサンプリング結果により、インベントリー評価値は、変わる可能性がある。

- RCW熱交換器(C)内のCsの濃度について、これまで確認されたものよりも高い値であったが、想定していたものと同程度( $10^{10}$ Bq/L)であった。また、Cs等の放射性物質や水質に係る物質の濃度について、熱交換器内(上下間)で顕著な差異がないことを確認。
- 今回のサンプリング作業において、系統の内包水の一部をRO処理水による希釈にて処理を実施。今回の作業や内包水の分析結果から、今後計画している熱交換器の内包水の処理について、希釈により滞留水処理設備に影響なく処理ができる見込みが得られた。
- ただし、熱交換器本体の水抜き量は多いことから、今回のサンプリング作業を踏まえ希釈方法・作業員の被ばく低減等の検討を行う。また、サンプリング結果については、1Fにおける事故調査にも活用していく。

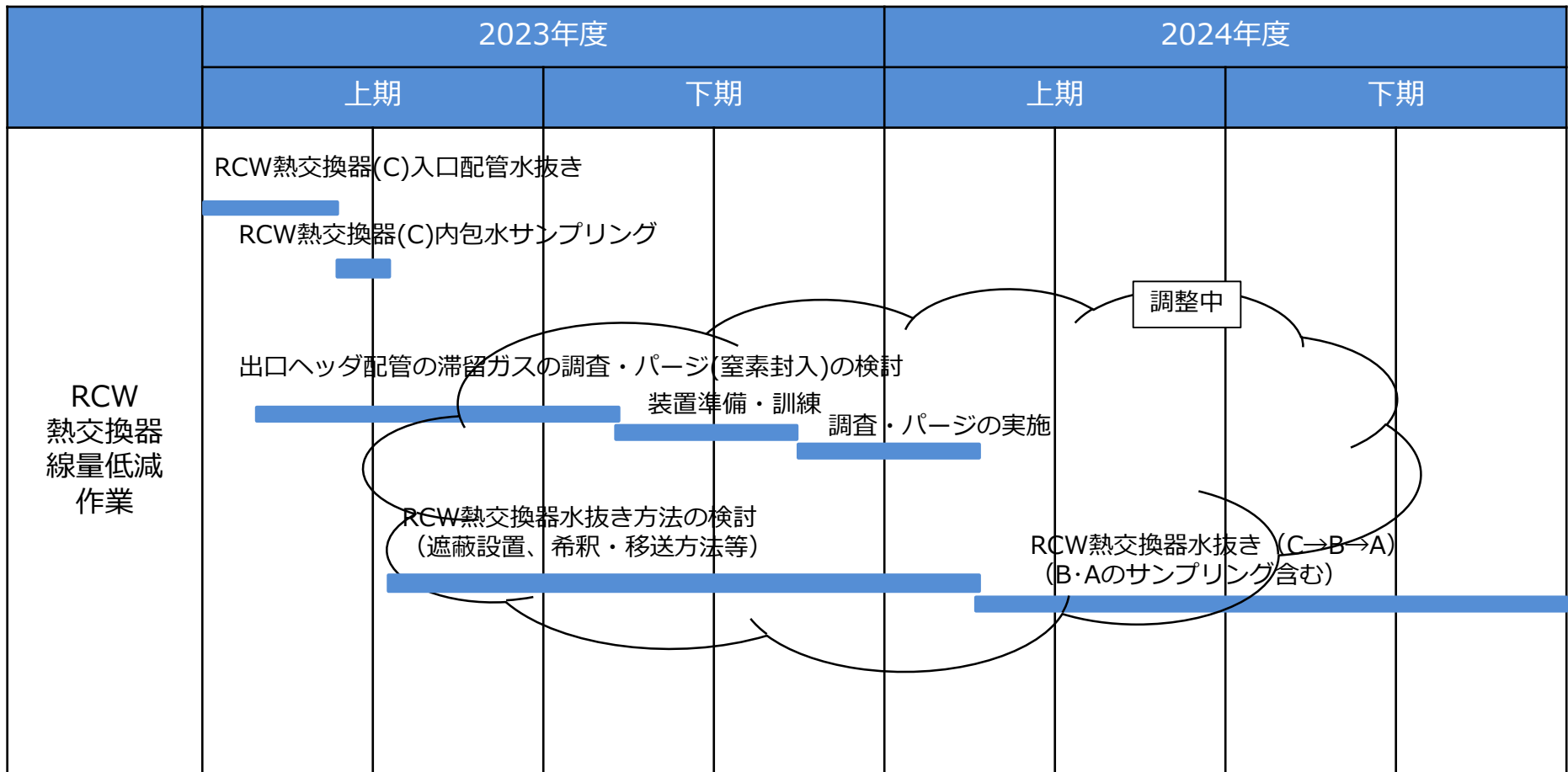
## 6. RCW熱交換器(C)サンプリング工程

- RCW熱交換器(C)内包水のサンプリング作業は、7/6に完了。

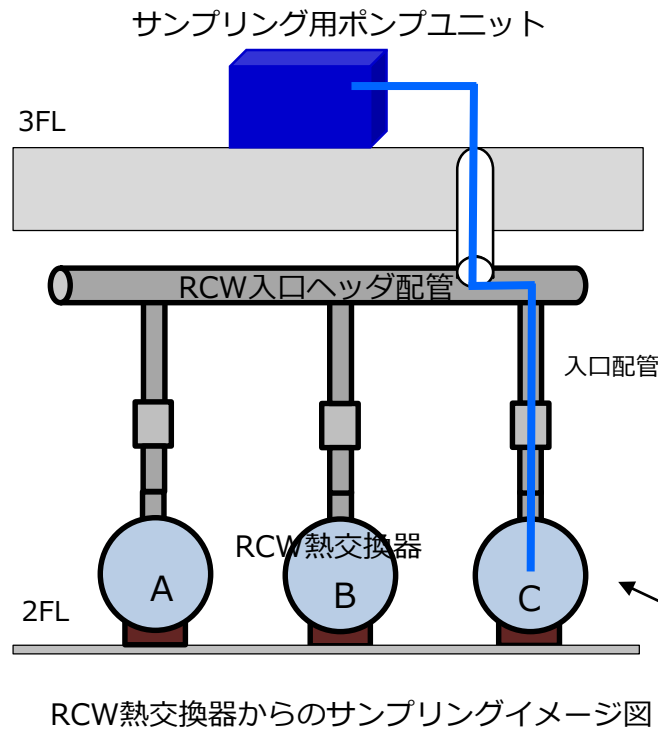
	6月					7月	
	第1週	第2週	第3週	第4週	第5週	第1週	第2週
RCW熱交換器(C)サンプリング	入口配管水抜き			~6/20			
				採水装置設置 6/20			
				熱交換器サンプリング 6/21~ ~7/6			

## 7. RCW熱交換器本体の水抜き（線量低減）の予定

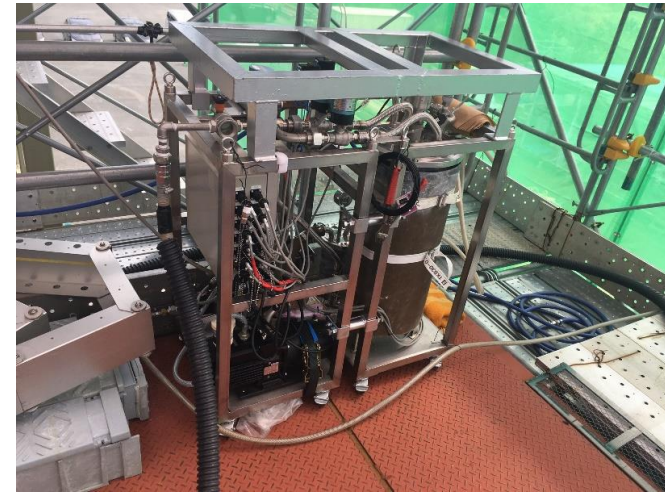
- RCW熱交換器（A,B,C）の水抜き（線量低減）は、RCW熱交換器の出口ヘッダ配管の滞留ガスの調査やパージ作業後に実施する予定。
- 今回のサンプリング作業を踏まえ、熱交換器水抜きに向けた希釈方法・被ばく低減等の検討を行う。



- 内包水のサンプリングは、RCW熱交換器(C)の熱交換器内の3カ所（上・中・下）を予定。熱交換器内の状況や内包水の線量状況によっては変更の可能性あり。



サンプリング用ポンプユニット外観

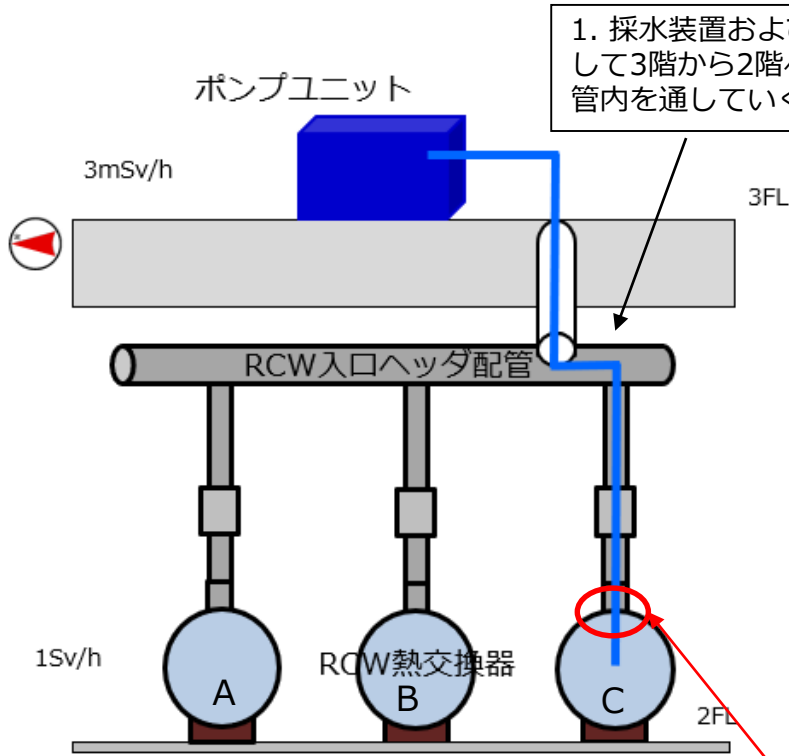


### サンプリング箇所

(熱交換器は上・中・下の3カ所)

サンプリング作業は、採水チューブを熱交換器内の細管隙間を通すため、内部の状況やチューブの曲がり等の影響により、下部側に到達しない可能性もある。

1. 内包水サンプルング・水抜きのため、RCW-Hx入口ヘッダ配管へ採水装置の挿入
2. 採水装置→給排水ポンプユニットによるサンプルングの実施



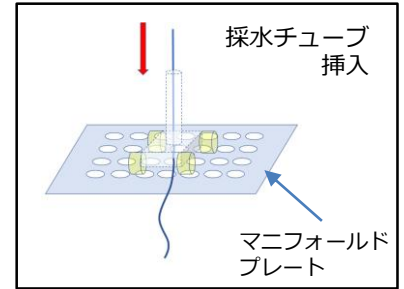
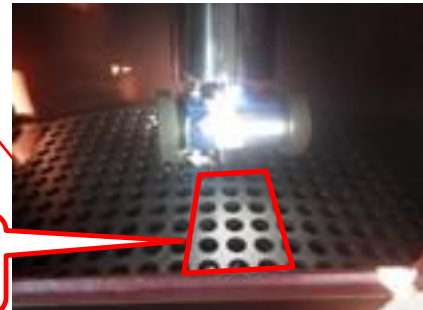
1. 採水装置およびホースの挿入に際して3階から2階へとクランク状の配管内を通していく



### RCW熱交換器内包水サンプルング(イメージ)

2. RCW-Hx(A)、(B)、(C)、RCWポンプ出口ヘッダ配管内包水のサンプルングに際して、マニフォールドプレートの小口径(Φ16mm)の穴に採水チューブ(Φ12mm)を通していく。なお、RCW-Hxの下部まで通せる穴は一行のみ。

採水チューブを熱交換器内の細管隙間を通すため、使える孔に制限がある

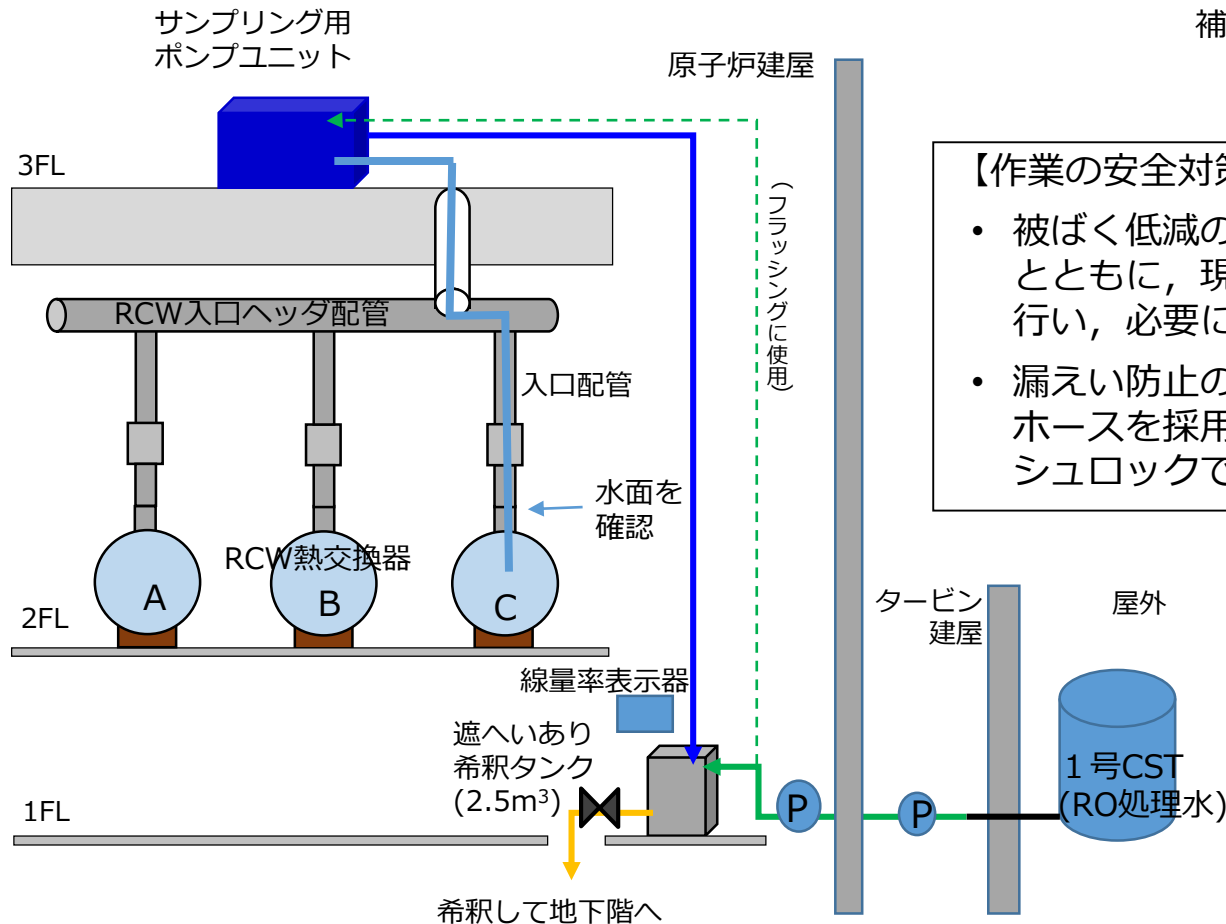


■ 水抜き・移送作業（余剰水）は下記のSTEPを繰り返し実施。

STEP1: 入口配管の水を少量（約10～20 L）水抜き，希釈タンクへ移送。

STEP2: RO処理水（1号CST）で100倍程度を目安に希釈。

STEP3: 希釈後，地下階に移送（約2m<sup>3</sup>）



補足: 希釈で使用するRO処理水濃度や処理状況等の影響により希釈量は変更する場合あり。

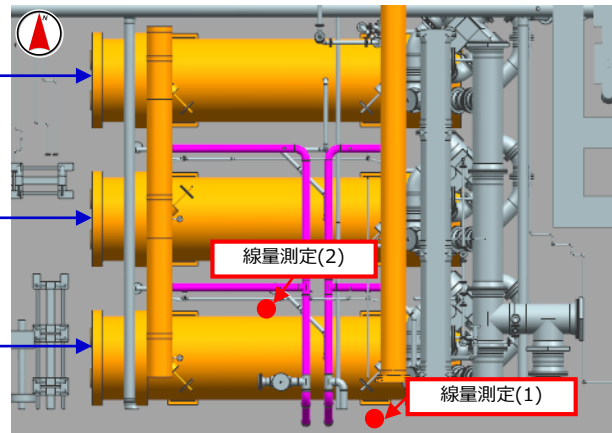
### 【作業の安全対策】

- 被ばく低減の観点から，遠隔にて作業を行うとともに，現場の雰囲気線量を確認しながら行い，必要に応じてフラッシングを実施。
- 漏えい防止の観点から，移送ラインは二重ホースを採用し，接続部（カプラ）はインシュロックで固縛，養生を実施。

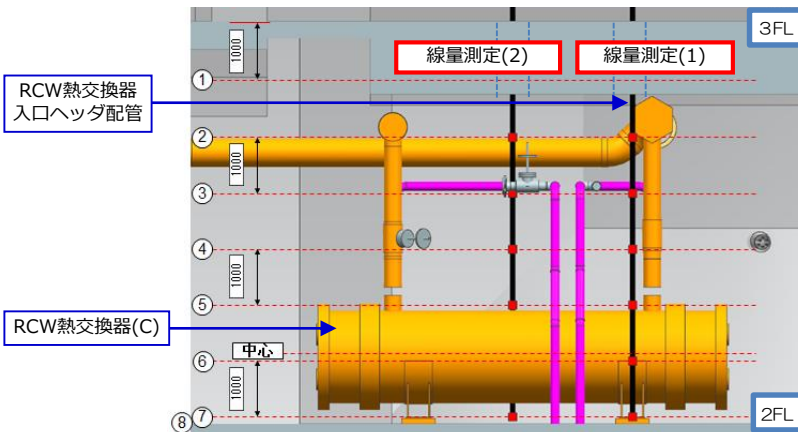
## 参考5. 2階RCW熱交換器エリア 調査結果

## RCW熱交換器エリアの線量測定結果(2020年9～10月実施)

- 3階床面の調査用穿孔部より線量測定を実施。RCW熱交換器中心付近が高線量となっていることから、熱交換器が線源と推定される。
- 線量調査結果より内包水の放射能濃度は約 $1.8E+10$  Bq/Lと推定される。



線量測定位置(3階からみた2階平面図)



線量測定位置(3階-2階断面図)

単位：mSv/h

測定位置	線量測定(1)	線量測定(2)
①3階床面から1000mm下	9.7	47
②3階床面から2000mm下	58	205
③3階床面から3000mm下	103	410
④3階床面から4000mm下	207	560
⑤3階床面から5000mm下	380	790
RCW熱交換器中心 (3階床面から5950mm下)	550	1150
⑥3階床面から6000mm下	490	1040
⑦3階床面から7000mm下	215	590
⑧3階床面から7200mm下(2階床面)	225	320