

トリチウム水タスクフォースにおける 検討状況について

2015年12月11日
汚染水処理対策委員会事務局

各選択肢に係る概念設計の検討

汚染水処理対策委員会事務局
平成27年12月4日

目次

1. 目的と概要
2. 評価ケース
3. 横並び比較のための条件の設定
4. 各選択肢に対する具体的な条件の設定とその考え方
5. 各選択肢に係るコンセプト（概念設計）の検討
 - オペレーション方法
 - イメージ図
6. 各選択肢を横並び比較するための評価項目（案）

1. 目的と概要

- 本タスクフォース第12回会合（前回会合）において、地層注入、海洋放出、水蒸気放出、水素放出、地下埋設の選択肢ごとに、概要、課題、規制要件のほか、処理期間、経済性、実績、規制適合性について簡易的に整理。
- 今後、処理フロー、施設規模、建設工期・処理期間、処理能力、コスト、所要期間等について更に詳細な検討を進めることとしたところ。
- **このため、各選択肢を同様の条件下で比較検討するための条件設定（※これらの条件は、比較検討のため便宜的に設定。実際の処分条件を意図するものではない）を行い、それに基づくコンセプト（概念設計）の検討を実施した。**
注：既存設備の流用可能性は考慮していない。
- 上記コンセプトに基づく評価結果については、次回会合までに事務局で整理。
- その後、審議内容により必要に応じて検討を実施。

2. 評価ケース

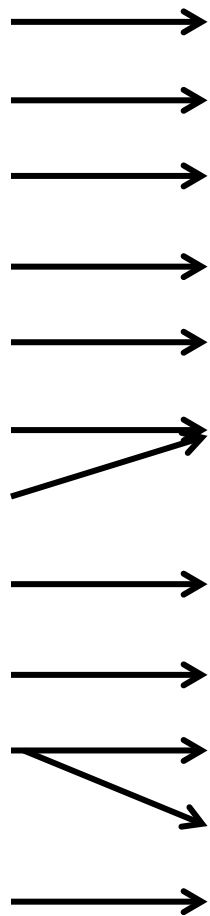
- 評価ケースは、本タスクフォースで検討を実施している11個の選択肢（※1）を基本とする。すなわち、
 - 地層注入（前処理なし／希釈／分離）
 - 海洋放出（希釈／分離）
 - 水蒸気放出（前処理なし／希釈／分離）
 - 水素放出（前処理なし／分離）
 - 地下埋設（前処理なし）
- ただし、水蒸気放出は、放出率（Bq/s）に影響を受け、濃度（Bq/L）には影響を受けない（後述）ため、濃度を低下させることを念頭に置いている「水蒸気放出（希釈）」は「水蒸気放出（前処理なし）」と統合した。
- また、水素放出はトリチウム水を電解等によって水素にすることを念頭に置くが、「水素放出（分離）」の場合、分離技術の種類によっては減損側が既に水素の状態のものがおり、その場合、減損側をそのまま水素放出することが可能であるため、当該ケースを新たな評価ケースとして加えることとした。
- 処分対象とするトリチウム水の原水濃度は、最も高い420万Bq/Lの場合と、最も低い50万Bq/Lの場合（※1）の2つのケースを設定することとした。
- 分離ケースについては、別途実施してる汚染水処理対策技術検証事業（トリチウム分離技術検証試験事業）にて、分離係数100（減損側の放射エネルギーが100分の1となること）を前提とした検討を実施しているため、本評価においても分離係数100を前提とした。

※1: 平成26年4月28日第12回汚染水処理対策委員会資料2-3「トリチウム水タスクフォース「これまでの議論の整理」」

2. 評価ケース

トリチウムの取扱いに関する選択肢

| 記号 | 処分方法 | 前処理 |
|----|-------|-----|
| A1 | 地層注入 | なし |
| B1 | | 希釈 |
| C1 | | 分離 |
| B2 | 海洋放出 | 希釈 |
| C2 | | 分離 |
| A3 | 水蒸気放出 | なし |
| B3 | | 希釈 |
| C3 | | 分離 |
| A4 | 水素放出 | なし |
| C4 | | 分離 |
| | | |
| A5 | 地下埋設 | なし |



本検討での評価ケース

| 記号 | 処分方法 | 前処理 | 処理水の濃度(Bq/L) |
|------|--------------------|------|--------------|
| A1-1 | 地層注入 | なし | 420万 |
| A1-2 | | | 50万 |
| B1-1 | | 希釈 | 420万 |
| B1-2 | | | 50万 |
| C1-1 | | 分離 | 4.2万 |
| C1-2 | | | 0.5万 |
| B2-1 | 海洋放出 | 希釈 | 420万 |
| B2-2 | | | 50万 |
| C2-1 | | 分離 | 4.2万 |
| C2-2 | | | 0.5万 |
| A3-1 | 水蒸気放出 | なし | 420万 |
| A3-2 | | | 50万 |
| | | | |
| C3-1 | | 分離 | 4.2万 |
| C3-2 | | | 0.5万 |
| A4-1 | | 水素放出 | なし |
| A4-2 | 50万 | | |
| C4-1 | 分離 | | 4.2万 |
| C4-2 | | | 0.5万 |
| D4-1 | 水素放出 (分離技術と一体型) | | — |
| D4-2 | 水素放出 (分離技術と一体型) | | — |
| A5-1 | 地下埋設 | なし | 420万 |
| A5-2 | | | 50万 |

3. 横並び比較のための条件の設定

□ 各選択肢を横並び比較するための統一条件として、以下の3つを設定した。

※これらの条件は、比較検討のため便宜的に設定。処分量、処分速度、処分濃度は実施時期や具体的な手法の検討により変動しうるものであり、下記条件は処分条件を意図するものではない。

1. 処分量 : 80万 m^3

- 現状の1～4号機タンク総水量（約74万 m^3 ：平成27年11月19日時点）を元に設定。

2. 処分速度 : 400 m^3 /日

- 別途実施してる汚染水処理対策技術検証事業（トリチウム分離技術検証試験事業）にて、前提としている処理速度。
※「汚染水増加量（当時の評価値） \leq 処分速度」となるよう設定

3. 処分濃度 : 告示濃度以下

- 被ばく影響を統一させるために、各選択肢に適用される告示濃度上限で処分するものとする。（告示濃度に達しない場合は、あえて濃縮等はせず、そのまま処分することとする）。

4. 各選択肢に対する具体的な条件の設定とその考え方

【地層注入】 ※これらの条件は、比較検討のため便宜的に設定。実際の処分条件を意図するものではない

□ 地層注入共通

- 工法・注入深さ：CCS（二酸化炭素貯留）の実証事例を参照して設定
- 注入運転時のトリチウムの原水の減少ペース：400m³/日

□ A1-1、A1-2：地層注入（前処理なし）

- 濃度：便宜上、制約を設けず注入する
- 処分量：前処理なしのため、80万m³

□ B1-1、B1-2：地層注入（希釈）

- 濃度：放水口の放射性物質の告示濃度である6万Bq/Lまで希釈した後、注入する
- 処分量：上記の希釈率に応じて処分対象トリチウム水は増加する

□ C1-1、C1-2：地層注入（分離）

- 濃度：分離係数100で分離した減損側の濃度で注入する
- 処分量：分離後濃縮側の物量は無視できると仮定し、80万m³とする
- 処分対象トリチウム水の状態：分離後減損側の状態は液体とする
- 濃縮側の取扱いと分離に伴う二次廃棄物の取扱いは、別途検討し、評価に反映する

4. 各選択肢に対する具体的な条件の設定とその考え方

【海洋放出】 ※これらの条件は、比較検討のため便宜的に設定。実際の処分条件を意図するものではない

□ 海洋放出共通

- 放出運転時のトリチウムの原水の減少ペース： 400m³/日

□ B2-1、B2-2： 海洋放出（希釈）

- 濃度：放水口の放射性物質の告示濃度である6万Bq/Lまで希釈した後、放出する
- 処分量：上記の希釈率に応じて処分対象トリチウム水は増加する

□ C2-1、C2-2： 海洋放出（分離）

- 濃度：分離係数100で分離した減損側の濃度は6万Bq/Lを下回るため、そのまま放出する
- 処分量：分離後濃縮側の物量は無視できると仮定し、80万m³とする
- 処分対象トリチウム水の状態：分離後減損側の状態は液体とする
- 濃縮側の取扱いと分離に伴う二次廃棄物の取扱いは、別途検討し、評価に反映する

4. 各選択肢に対する具体的な条件の設定とその考え方

【水蒸気放出】 ※これらの条件は、比較検討のため便宜的に設定。実際の処分条件を意図するものではない

□ 水蒸気放出共通

- 放出運転時のトリチウムの原水の減少ペース：400m³/日
- 濃度：周辺監視区域の外で、空気中の放射性物質の告示濃度である5Bq/L以下であること
- 排気筒出口以後で、結露しないこと（液体とならないこと）

□ A3-1、A3-2：水蒸気放出（前処理なし）

- 排気筒高さ：周辺監視区域の外で5Bq/L以下とするための排気筒高さ、直接燃焼装置を用いる際の一般的な排気筒高さを比較し、より高い排気筒高さを採用
- 処分量：前処理なしのため、80万m³

□ C3-1、C3-2：水蒸気放出（分離）

- 排気筒高さ：周辺監視区域の外で5Bq/L以下とするための排気筒高さ、直接燃焼装置を用いる際の一般的な排気筒高さを比較し、より高い排気筒高さを採用
- 処分量：分離後濃縮側の物量は無視できると仮定し、80万m³とする
- 処分対象トリチウム水の状態：分離後減損側の状態は液体とする
- 濃縮側の取扱いと分離に伴う二次廃棄物の取扱いは、別途検討し、評価に反映する

4. 各選択肢に対する具体的な条件の設定とその考え方

【水素放出】 ※これらの条件は、比較検討のため便宜的に設定。実際の処分条件を意図するものではない

□ 水素放出共通

- 定格放出運転時のトリチウムの原水の減少ペース：400m³/日
- 濃度：周辺監視区域の外で、空気中の放射性物質の告示濃度である7万Bq/L以下であること
- 排気筒出口で、水素燃焼濃度を下回ること

□ A4-1、A4-2：水素放出（前処理なし）

- 排気筒高さ：周辺監視区域の外で7万Bq/L以下とするための排気筒高さと、直接燃焼装置を用いる際の一般的な排気筒高さを比較し、より高い排気筒高さを採用
- 処分量：前処理なしのため、80万m³

□ C4-1、C4-2：水素放出（分離）

- 排気筒高さ：周辺監視区域の外で7万Bq/L以下とするための排気筒高さと、直接燃焼装置を用いる際の一般的な排気筒高さを比較し、より高い排気筒高さを採用
- 処分量：分離後濃縮側の物量は無視できると仮定し、80万m³とする
- 処分対象トリチウム水の状態：分離後減損側の状態は液体とする
- 濃縮側の取扱いと分離に伴う二次廃棄物の取扱いは、別途検討し、評価に反映する

4. 各選択肢に対する具体的な条件の設定とその考え方

【水素放出（分離技術と一体型）】

※これらの条件は、比較検討のため便宜的に設定。実際の処分条件を意図するものではない

□ D4-1、D4-2 : 水素放出（分離技術と一体型）

- 分離技術の種類によっては、減損側の状態が水素のものがある（CECE法、電解法、等）。
- その場合、減損側をそのまま大気放出することで、水素放出という処分方法が可能となる。
- 詳細は、別途実施してる汚染水処理対策技術検証事業（トリチウム分離技術検証試験事業）の結果を待って検討することとする。
- 濃縮側の取扱いと分離に伴う二次廃棄物の取扱いは、別途検討し、評価に反映する

4. 各選択肢に対する具体的な条件の設定とその考え方

【地下埋設】 ※これらの条件は、比較検討のため便宜的に設定。実際の処分条件を意図するものではない

□ A5-1、A5-2 : 地下埋設（前処理なし）

- 定格埋設運転時の原トリチウム水の減少ペース：400m³/日
- 工法：コンクリートピット処分为ベースとし、ピットの区画内にトリチウム水とセメント系固型化材を混練して直接流し込み、施設と一体的に固化する（※1）
- ベントナイト層厚さ：人工バリア（ベントナイト層）からの浸出水のトリチウム濃度が、放水口の放射性物質の告示濃度である6万Bq/Lとなるようなベントナイト層厚さを算定：約2m（原水420万Bq/Lの場合）、約1m（原水50万Bq/Lの場合）
- 処分量：前処理なしのため、80万m³

※1: 平成26年10月24日第10回トリチウム水タスクフォース資料1「トリチウム水の浅地中処分に係る検討」

5. 各選択肢に係るコンセプト（概念設計）の検討

【地層注入】 概念設計

□ A1-1、A1-2 : 地層注入（前処理なし）

- トリチウム水を、貯水タンクからサンプリング槽に移送し、槽単位で濃度を測定後、圧入ポンプにより大深度地下の貯留層に送り、地層内に封入する。
 - ① 貯水タンク（80万m³）はプラント直近（100m）にあるものとする。
 - ② プラント設置位置の標高 O.P.+10.0m
 - ③ 電力は要求する電圧で十分量供給されるものとする。（変電設備等は範囲外）
 - ④ 地層注入したトリチウム水が、長期間に安定して滞留することができる地層が、掘削可能な範囲に存在するものとする。
 - ⑤ 地層注入に適した地層深さは、CCS（二酸化炭素貯留）の実証事例を参考に、深度2,500mとする。
 - ⑥ 作業環境（放射能汚染等）による制約はないものとする。

□ B1-1、B1-2 : 地層注入（希釈）

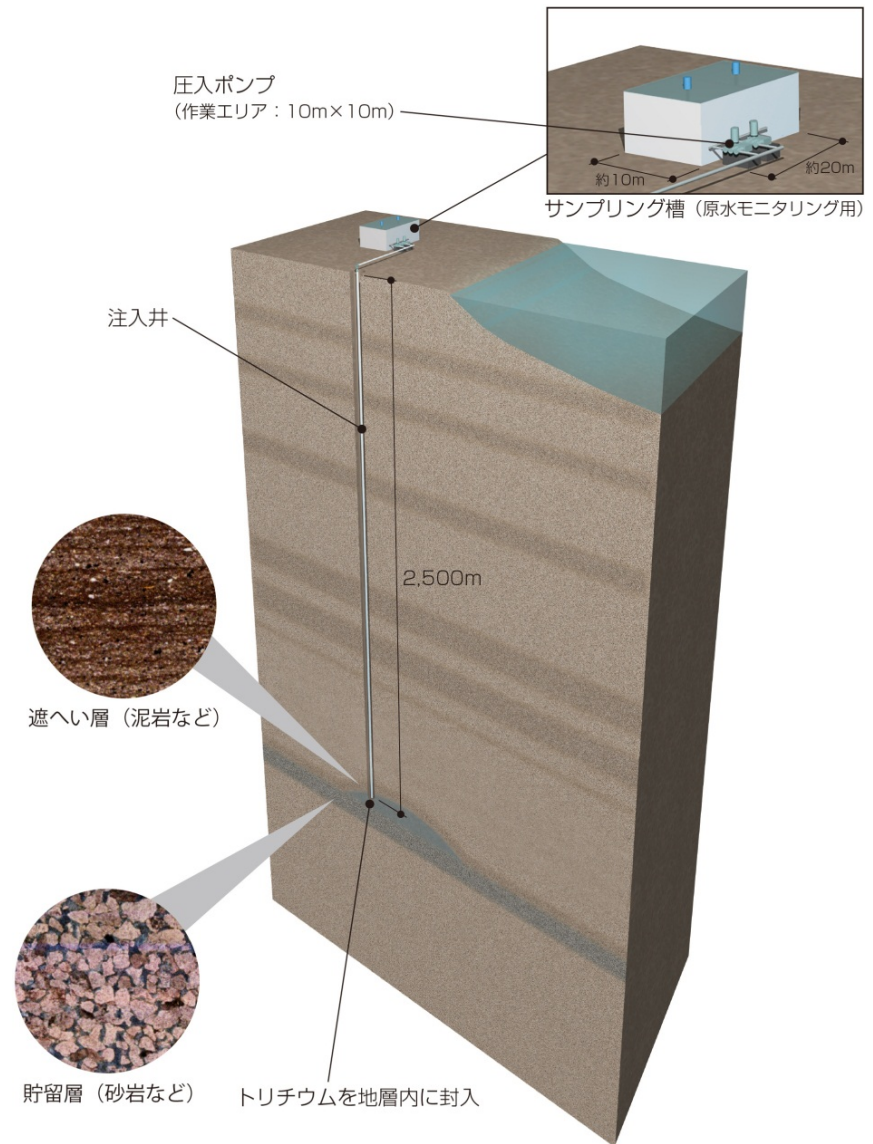
- トリチウム水を、貯水タンクからサンプリング槽に移送し、槽単位で濃度を測定後、所定濃度まで海水で希釈し、圧入ポンプにより大深度地下の貯留層に送り、地層内に封入する。
 - ① 海水のトリチウム濃度は、希釈に際しては無視できるほど低いものとする。
 - ② 以下、地層注入（前処理なし）の①～⑥と同様

□ C1-1、C1-2 : 地層注入（分離）

- トリチウム水を、分離処理水タンク（減損側）からサンプリング槽に移送し、槽単位で濃度を測定後、圧入ポンプにより大深度地下の貯留層に送り、地層内に封入する。
 - ① 分離処理水タンクはプラント直近（100m）にあるものとする。
 - ② 以下、地層注入（前処理なし）の②～⑥と同様

5. 各選択肢に係るコンセプト（概念設計）の検討

【地層注入】イメージ図： 地層注入（前処理なし）の例



5. 各選択肢に係るコンセプト（概念設計）の検討

【海洋放出】 概念設計

□ B2-1、B2-2 : 海洋放出（希釈）

- トリチウム水を、貯水タンクからサンプリング槽に移送し、槽単位で濃度を測定する。その後、取水ポンプを用い海水と混合希釈し、ポンプで海中に放流する。

- ① 貯水タンク（80万m³）はプラント直近（100m）にあるものとする。
- ② プラント設置位置の標高 O.P.+10.0m
- ③ 海面近傍標高:O.P.+4.0m(潮位：O.P.+0.2m～+2.0m)
- ④ 電力は要求する電圧で十分量供給されるものとする。（変電設備等は範囲外）
- ⑤ プラントから海岸（取水口、放流配管口）までの距離は1,000mとする。
- ⑥ 埋設配管にはアクセスポイントを設けない。
- ⑦ 作業環境（放射能汚染等）による制約はないものとする。
- ⑧ 海水のトリチウム濃度は、希釈に際しては無視できるほど低いものとする。

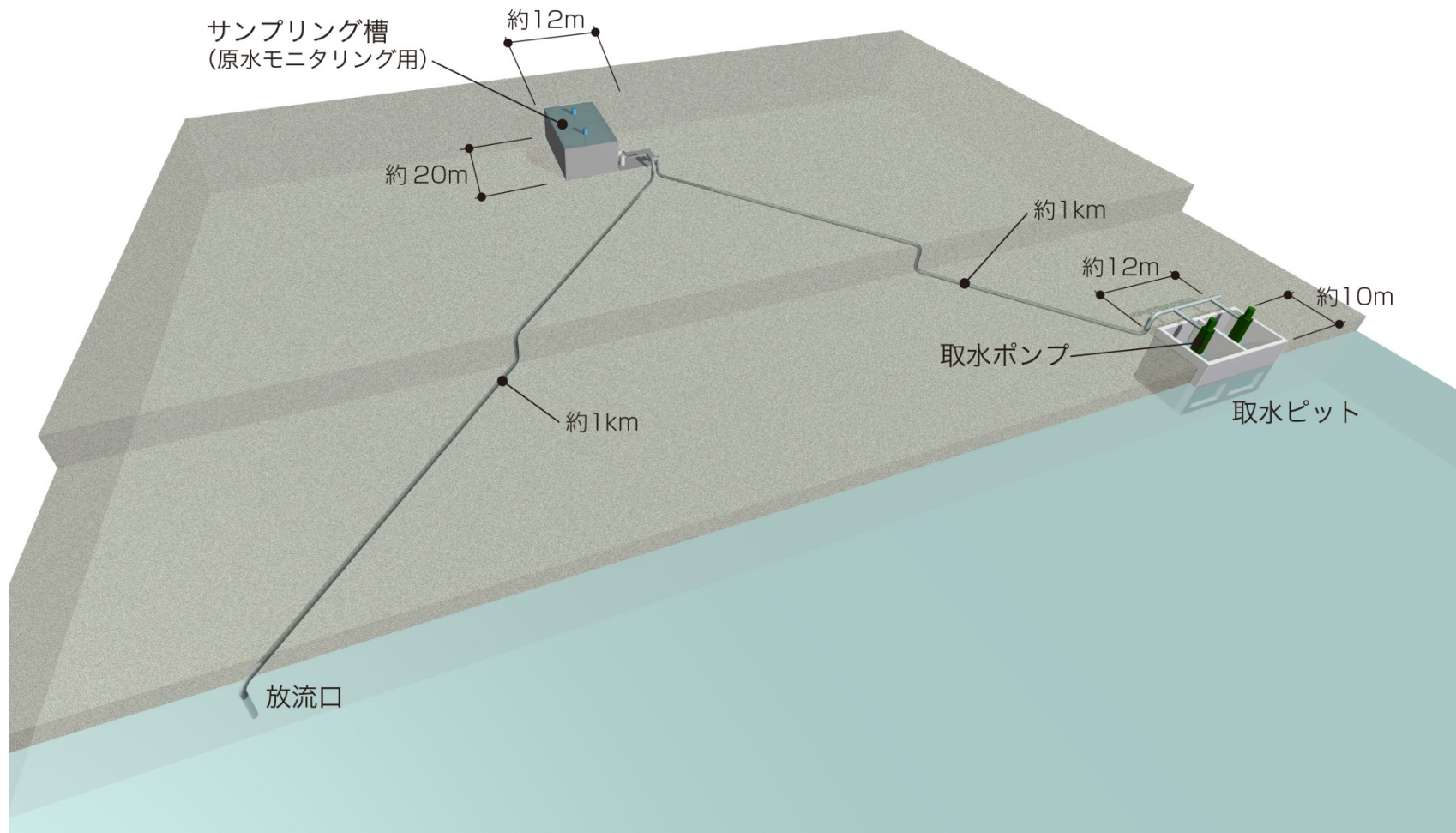
□ C2-1、C2-2 : 海洋放出（分離）

- トリチウム水を、分離処理水タンク（減損側）からサンプリング槽に移送し、槽単位で濃度を測定後、ポンプで海中に放流する。

- ① 分離処理水タンクはプラント直近（100m）にあるものとする。
- ② 以下、海洋放出（希釈）の②～⑦と同様

5. 各選択肢に係るコンセプト（概念設計）の検討

【海洋放出】イメージ図：海洋放出（希釈）の例



5. 各選択肢に係るコンセプト（概念設計）の検討

【水蒸気放出】 概念設計

□ A3-1、A3-2 : 水蒸気放出（前処理なし）

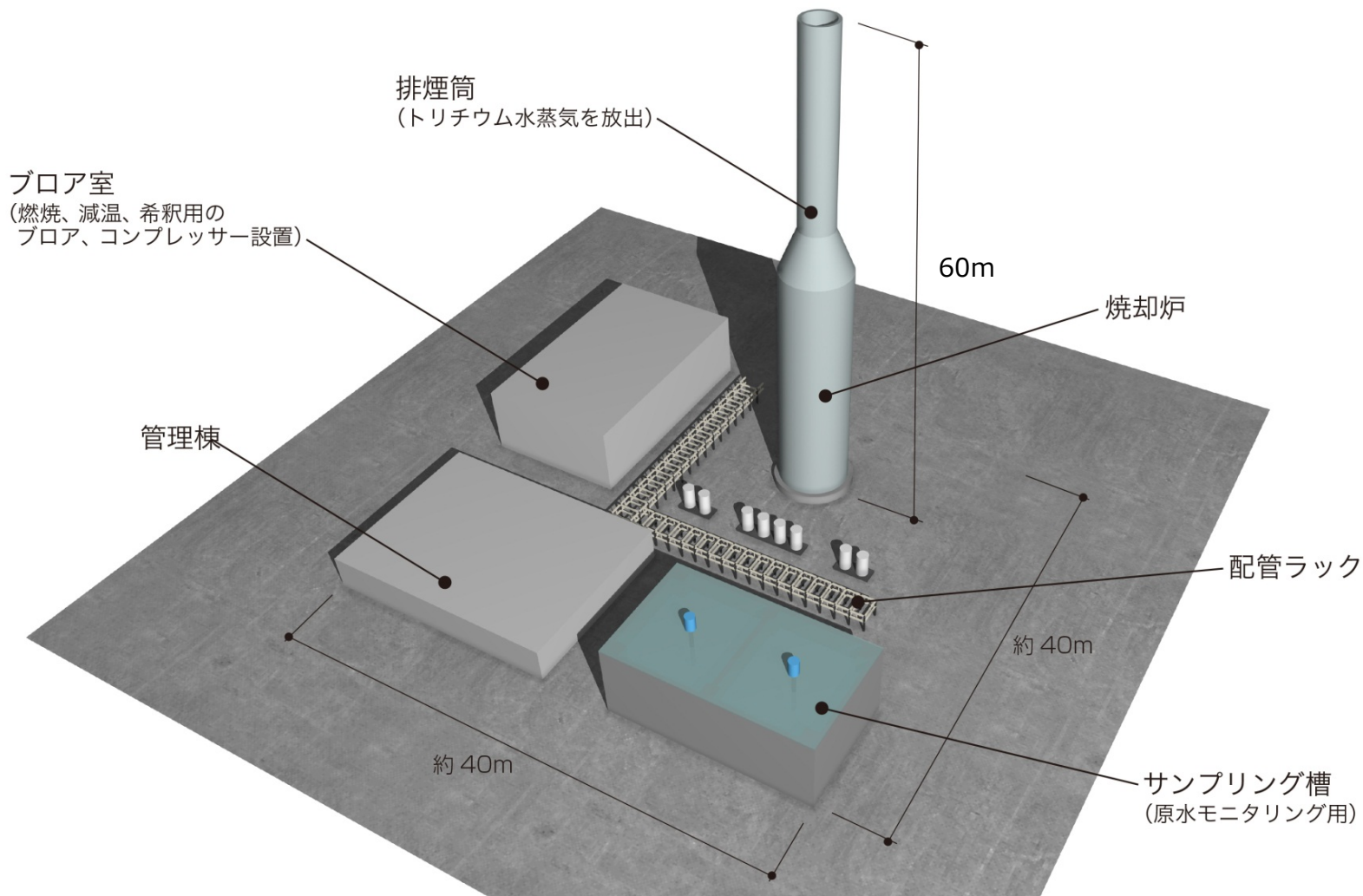
- トリチウム水を、貯水タンクからサンプリング槽に移送し、槽単位で濃度を測定する。サンプリング槽のトリチウム水を、900～1000℃で直接気化させ、排ガスを設備、機器劣化防止のため空気希釈し、地上60mの高さで大気に放出する。
 - ① トリチウムタンク（80万m³）はプラント直近（100m）にあるものとする。
 - ② プラント設置位置の標高 O.P.+10.0m
 - ③ 燃烧設備および付帯設備は屋外設置とする。
 - ④ 電力は要求する電圧で十分量供給されるものとする。（変電設備等は範囲外）
 - ⑤ 建設、運転に関しては、既存仮設焼却炉と同等の作業条件とする。
 - ⑥ 作業環境（放射能汚染等）による制約はないものとする。

□ C3-1、C3-2 : 水蒸気放出（分離）

- トリチウム水を、分離処理水タンク（減損側）からサンプリング槽に移送し、槽単位で濃度を測定する。サンプリング槽のトリチウム水を、900～1000℃で直接気化させ、排ガスを設備、機器劣化防止のため空気希釈し、地上60mの高さで大気に放出する。
 - ① 分離処理水タンクはプラント直近（100m）にあるものとする。
 - ② 以下、水蒸気放出（前処理なし）の②～⑥と同様

5. 各選択肢に係るコンセプト（概念設計）の検討

【水蒸気放出】イメージ図：水蒸気放出（前処理なし）の例



5. 各選択肢に係るコンセプト（概念設計）の検討

【水素放出】 概念設計

□ A4-1、A4-2 : 水素放出（前処理なし）

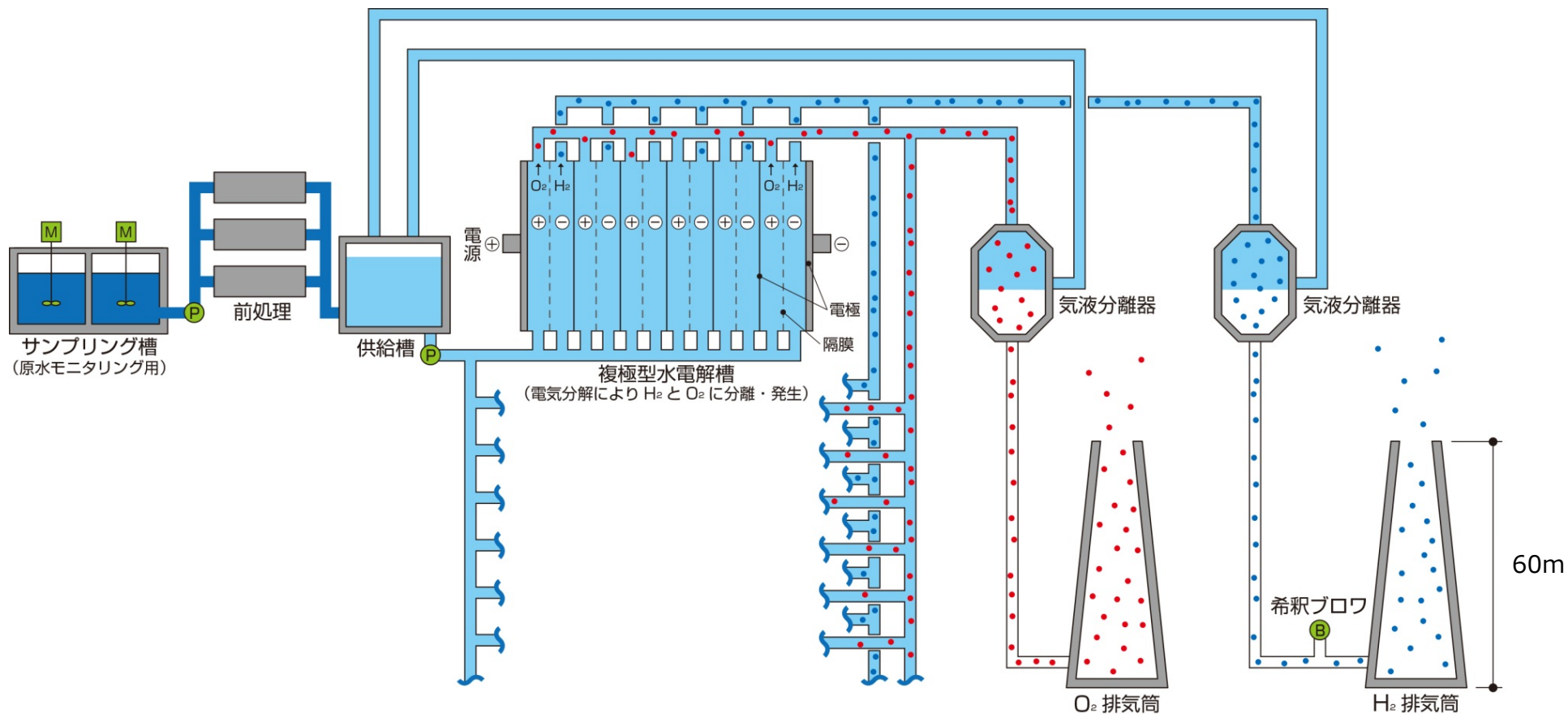
- トリチウム水を、貯水タンクからサンプリング槽に移送し、槽単位で濃度を測定する。サンプリング槽のトリチウム水を、電解槽で水素と酸素に電気分解し、発生した水素ガス（トリチウムガスを含む）を地上60mの高さで大気に放出する。
 - ① トリチウムタンク（80万m³）はプラント直近（100m）にあるものとする。
 - ② プラント設置位置の標高 O.P.+10.0m
 - ③ 電力は要求する電圧で十分量供給されるものとする。（変電設備等は範囲外）
 - ④ 前処理施設、発生残渣処理の検討は研究開発事項とする。
 - ⑤ 作業環境（放射能汚染等）による制約はないものとする。

□ C4-1、C4-2 : 水素放出（分離）

- トリチウム水を、分離処理水タンク（減損側）からサンプリング槽に移送し、槽単位で濃度を測定する。サンプリング槽のトリチウム水を、電解槽で水素と酸素に電気分解し、発生した水素ガス（トリチウムガスを含む）を地上60mの高さで大気に放出する。
 - ① 分離処理水タンクはプラント直近（100m）にあるものとする。
 - ② 以下、水素放出（前処理なし）の②～⑤と同様

5. 各選択肢に係るコンセプト（概念設計）の検討

【水素放出】イメージ図：水素放出（前処理なし）の例



5. 各選択肢に係るコンセプト（概念設計）の検討

【地下埋設】 概念設計

□ A5-1、A5-2 : 地下埋設（前処理なし）

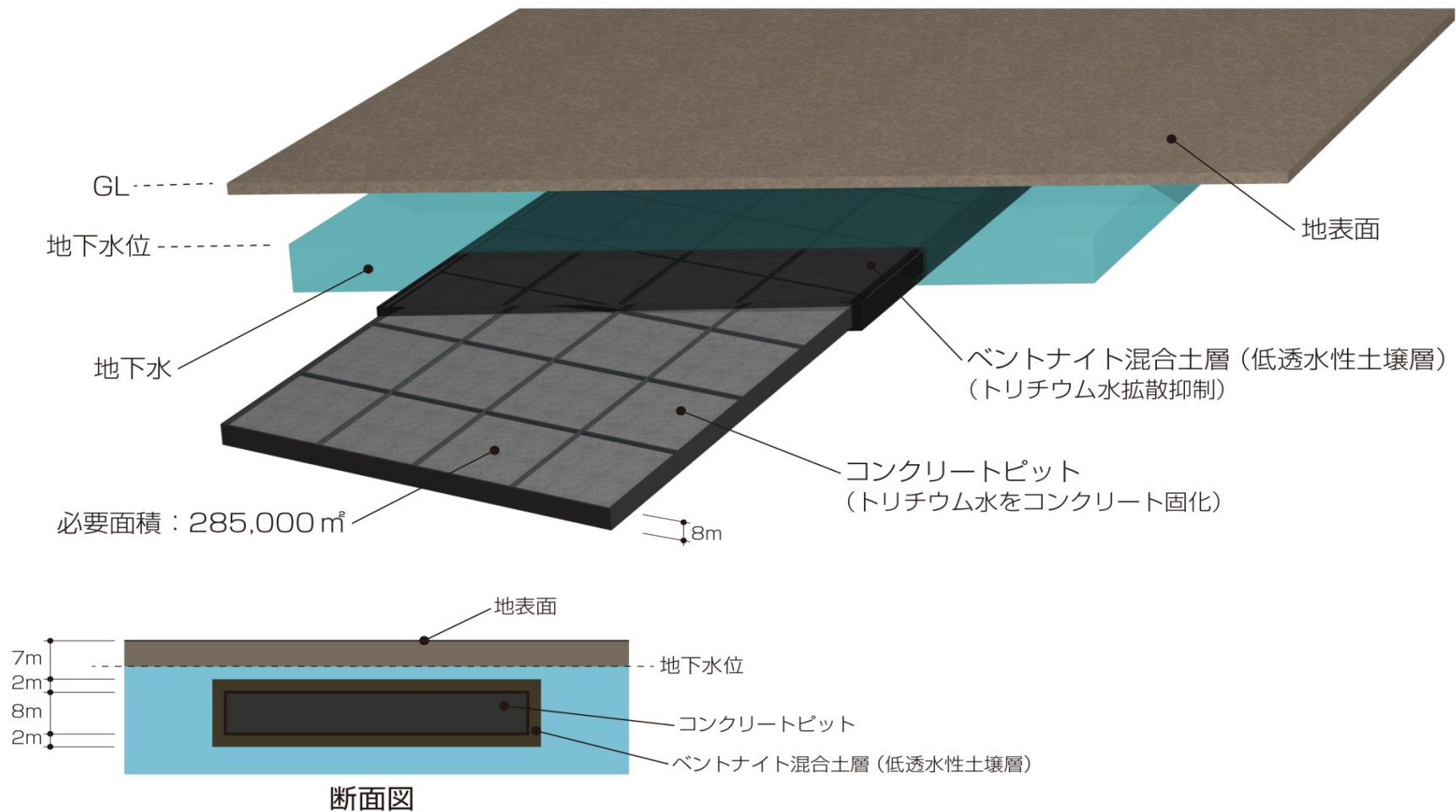
- 地下を掘削し、コンクリートピットを施工する。コンクリートピット周囲には、地下水の流入抑制、トリチウム水の浸出抑制のためベントナイト混合土（原水濃度420万Bq/Lの場合：厚2m、50万Bq/Lの場合：厚1m）を敷設する。完成したコンクリートピット内に、トリチウム水とセメント系固化材を混練したものを流し込み、コンクリート躯体と一体化させる。コンクリート躯体頂版を打設後、ベントナイト混合土（原水濃度420万Bq/Lの場合：厚2m、50万Bq/Lの場合：厚1m）を敷設、さらに盛土を行う。

- ① 「トリチウム水の浅地中処分に係る検討」（※1）に基づく設計、施工とする。
- ② コンクリートピット躯体は底版・壁を施工し、対象原水をコンクリート硬化した後に頂版を施工する。
- ③ 工事場所の既存構造物および地中埋設物の撤去までは考慮しない。
- ④ 残土の処分は考慮しない。
- ⑤ 仮に汚染土が発生した場合でも、その除染は考慮しない。
- ⑥ 作業環境（放射能汚染等）による制約はないものとする。

※1: 平成26年10月24日第10回トリチウム水タスクフォース資料1「トリチウム水の浅地中処分に係る検討」

5. 各選択肢に係るコンセプト（概念設計）の検討

【地下埋設】イメージ図



6. 各選択肢を横並び比較するための評価項目（案）

各選択肢を横並び比較するための評価項目案

| 評価項目案 | 解説 |
|-----------|--|
| 基本要件 | 当該選択肢が、成立するか否かの判断材料となる項目 |
| 技術的成立性 | 当該選択肢が技術的に実現可能か、技術的成熟度はどの程度か、実績の有無は |
| 規制成立性 | 当該選択が規制要件に適合可能か否か |
| 制約となり得る条件 | 実際に当該選択肢を適用した場合、制約条件となる可能性のある項目 |
| 期間 | 処分に必要な期間（研究開発、測量・設計、建設、処分、解体、監視、等） |
| コスト | 処分に必要なコスト（研究開発、測量・設計、建設、処分、解体、監視、等） |
| 規模 | 処分に必要な面積、高さ・深さ |
| 二次廃棄物 | 処分を行うことに伴い二次廃棄物が発生しないか、発生する場合の種類と量は |
| 作業員被ばく | 処分を行うことにより過度な作業員被ばくが発生することがないか |
| 付帯条件 | 付帯的な条件（地層処分に適した土地の制約、地下埋設の際の残土の処理、等）が存在するか |
| その他 | その他考慮すべき点はあるか |

※本タスクフォースでは、科学的合理性に基づく検討を行うこととしており、社会的合理性・受容性は考慮していない。
（コストについても、合意形成コスト等は含まない）

➤ 評価項目の過不足について御意見を頂きたい。

参考資料（水蒸気放出、水素放出：排気筒高さの算出）

- 水蒸気放出、水素放出の場合、敷地境界外の濃度は、それぞれ5Bq/L、7万Bq/Lを下回る必要がある。
- 処分濃度評価地点の放射能濃度は「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（※1）で定められている年間平均濃度の計算方法において算出する。
- 式のとおり、評価地点の放射能濃度（Bq/L）は、排気筒出口の放射能濃度（Bq/L）には依存せず、放出量（Bq/s）に依存する。（他に、排気筒高さや、気象条件に依存する）。

$$\chi = \sum_{S=A}^F \left[\begin{aligned} & \frac{Q}{\pi \cdot \sigma_{yS} \cdot \sigma_{zS} \cdot U_{S1}} \cdot \exp\left(-\frac{H_1^2}{2\sigma_{zS}^2}\right) \cdot F_{S1} \\ & + \frac{Q}{\pi \cdot \sigma_{yS} \cdot \sigma_{zS} \cdot U_{S2}} \exp\left(-\frac{H_2^2}{2\sigma_{zS}^2}\right) \cdot F_{S2} \\ & + \frac{Q}{\pi \cdot \sigma_{yS} \cdot \sigma_{zS} \cdot U_{S3}} \exp\left(-\frac{H_3^2}{2\sigma_{zS}^2}\right) \cdot F_{S3} \end{aligned} \right]$$

式中記号の意味

$\chi(x, y, 0)$: 点(x, y, 0)における放射性物質の濃度 (Bq/m³)
 Q : 放出率 (Bq/s)
 σ_{yS}, σ_{zS} : 大気安定度Sの時の σ_y, σ_z (m)
 σ_y : 濃度分布のy方向の拡がりパラメータ (m)
 σ_z : 濃度分布のz方向の拡がりパラメータ (m)
 U_{S1} : 大気安定度Sの時の着目方位の風速 (m/s)
 U_{S2}, U_{S3} : 大気安定度Sの時の隣接方位の風速 (m/s)
 H_1 : 着目方位に対する放出源の有効高さ (m)
 H_2, H_3 : 隣接方位に対する放出源の有効高さ (m)
 F_1 : 大気安定度Sの時の着目方位の濃度の平均化の係数 (m)
 F_2, F_3 : 大気安定度Sの時の隣接方位の濃度の平均化の係数 (m)

$$\chi_{cont, S} = Q_{cont} \cdot \bar{\chi}_S \cdot \frac{1}{N_t} \cdot S_d$$

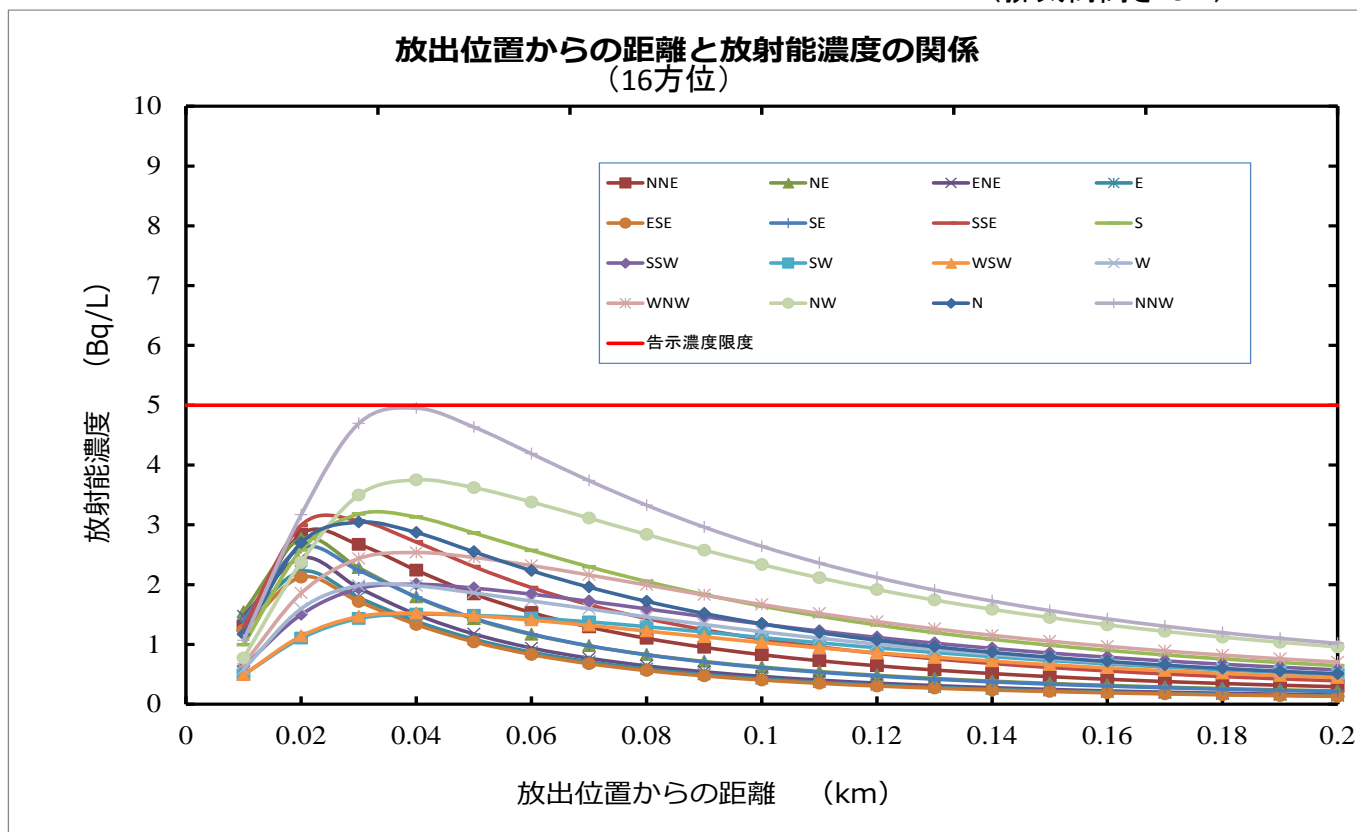
式中記号の意味

$\chi_{cont, S}$: 大気安定度Sの時の連続の年間平均濃度 (Bq/m³)
 Q_{cont} : 連続の線量が1年間に一様に連続して放出されるとしたときの放出率 (Bq/s)
 $\bar{\chi}_S$: 単位放出率 (1Bq/s)、単位風速 (1m/s) の時の地表空气中濃度の1方位内平均値 (Bq/m³)
 N_t : 総観測回数 (8,760 回)
 S_d : 風向別大気安定度別風速逆数の総和 (s/m)

参考資料（水蒸気放出、水素放出：排気筒高さの算出）

- 敷地境界外において、告示濃度を超えない様にするための排気筒高さを算出した結果例。
 - 420万Bq/Lのトリチウム水を1日400m³処理するとして、放出率Qは約 1.95×10^7 Bq/sと設定。
 - 最大放射能濃度が水蒸気の告示濃度である5Bq/Lとなる様な排気筒高さを探索した結果、排気筒高さ3mの際に、放出位置から約40m地点で最大放射能濃度が5Bq/Lとなると評価。
- 評価に用いた気象条件は、東京電力福島第一原子力発電所原子炉設置変更許可申請書に記載された標高132m地点での値を用いた。放出位置からの距離に応じた放射能濃度の算定結果は以下のとおり。

（排気筒高さ：3m）



参考資料（地下埋設：ベントナイト層厚さの算出）

- 地下埋設において、人工バリアの最も外側であるベントナイト層からの浸出水のトリチウム濃度が6万Bq/L以下となる様な、ベントナイト層の厚さを算出する。
- ベントナイト層浸出水の放射能濃度を評価するためには、コンクリート層の透水係数、拡散係数、ベントナイト層の透水係数、拡散係数、地下水の動水勾配を設定する必要がある。それらの数値の設定根拠は以下のとおり。
 - ✓ コンクリート層の透水係数： 1.0×10^{-6} m/s
 - 「TRU廃棄物処理処分検討書－第2次TRU廃棄物処分研究開発取りまとめ」（※1）における、セメントモルタルの透水係数のデータを参照
 - セメントモルタルにひび割れが無い場合： 5×10^{-11} 、ひび割れがある場合： 4×10^{-6}
 - ✓ コンクリート層の拡散係数： 3×10^{-10} m²/s
 - 「TRU廃棄物処理処分検討書－第2次TRU廃棄物処分研究開発取りまとめ」における、セメントモルタルの拡散係数のデータを参照
 - ✓ ベントナイト層の透水係数： 1.0×10^{-9} m/s
 - 「TRU廃棄物処理処分検討書－第2次TRU廃棄物処分研究開発取りまとめ」における、各種ベントナイトの透水係数のデータを参照して保守的に設定
 - ✓ ベントナイト層の拡散係数： 3.0×10^{-10} m²/s
 - 「日本原子力学会標準 浅地中ピット処分の安全評価手法」（※2）を参照
 - ✓ 地下水の動水勾配：0.5%
 - 一般的な地下水の動水勾配として示された環境省資料（※3）を参照

※1: 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構「TRU廃棄物処理処分検討書－第2次TRU廃棄物処分研究開発取りまとめ」

※2: 日本原子力学会「浅地中ピット処分の安全評価手法」

※3: 環境省「土壌汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン(改訂第2版)－特定有害物質を含む地下水が到達し得る「一定の範囲」の考え方」

参考資料（地下埋設：ベントナイト層厚さの算出）

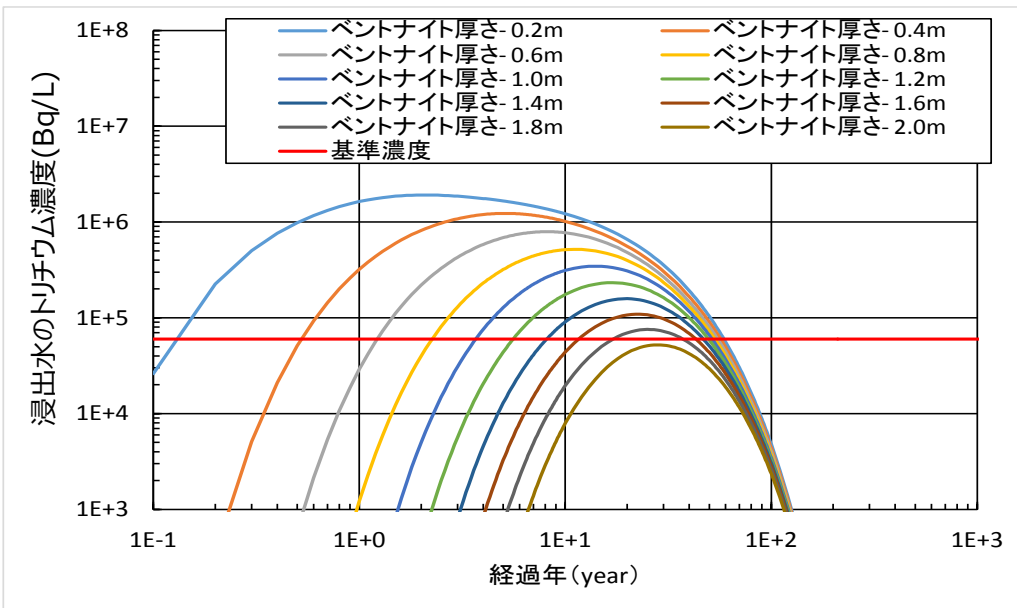
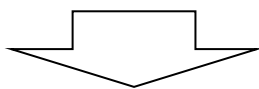


図 1 浸出水のトリチウム濃度の時間変化
(固化前の原水の濃度が420万Bq/Lのケース)



ベントナイト層厚さ2mと算定

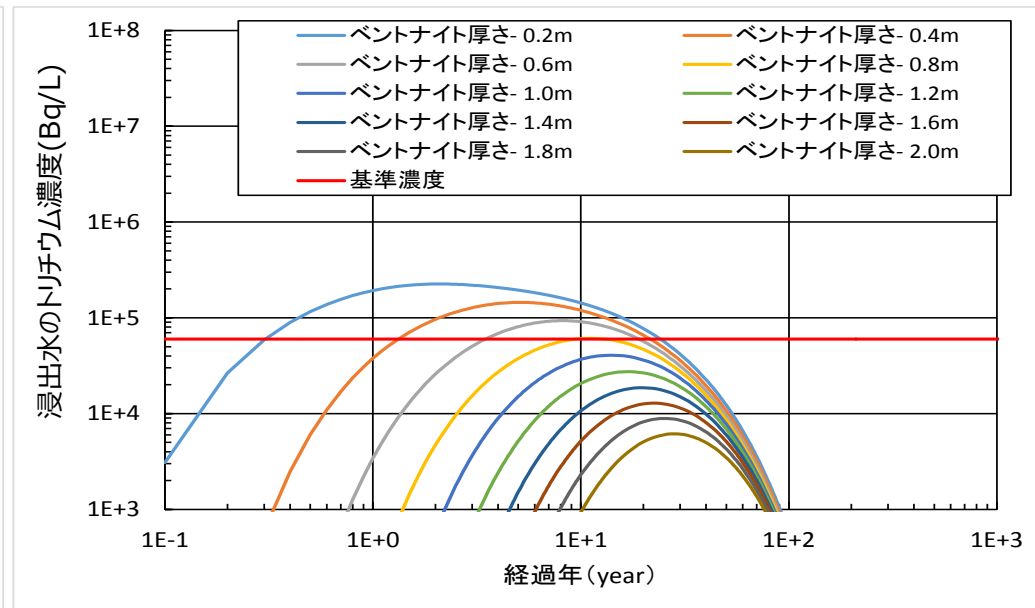
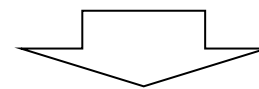


図 2 浸出水のトリチウム濃度の時間変化
(固化前の原水の濃度が50万Bq/Lのケース)



ベントナイト層厚さ1mと算定

各選択肢の整理表

＜参考資料＞
トリチウム水タスクフォース
(第12回)資料より

各選択肢ごとの整理

※下表は、議論のたたき台として整理したものであり、今後のタスクフォースの議論、トリチウム分離技術検証事業の成果等を踏まえ、評価項目や内容の充実を行っていくものである。

| | 処分方法 | 前処理 | 処理完了までの期間 | | 経済性 | | 実績 | 規制適合性 | 備考 |
|----|----------|------|--|--------------------------------|--|--|---|-----------------------------------|---|
| | | | 建設期間 | 処理期間 | イニシャルコスト | ランニングコスト | | | |
| A1 | 1. 地層注入 | A.なし | 合致する事例がなく不明 ※CCSの事例が参考となる | 規制要求、地質条件等による | 合致する事例がなく不明 ※CCSの事例が参考となる | 合致する事例がなく不明 ※CCSの事例が参考となる | 合致する事例はない ※CCSの事例が参考となる | 対応する規制が存在しない | 処分地が必要 |
| B1 | | B.希釈 | 希釈設備建設に要する期間増分は、大きくないものと想定 | 希釈により処分量が増大するため、処理期間は希釈率に応じ増大 | 希釈設備建設コストは、大きくないものと想定 | 希釈により処分量が増大するため、処理コストは希釈率に応じ増大 | 希釈して地層注入した事例は把握できていない | 同上 | 処分地が必要 |
| C1 | | C.分離 | 分離設備建設に要する期間増分は、分離技術検証の結果を踏まえ、検討 | 分離処理に要する期間増分は、分離技術検証の結果を踏まえ、検討 | 分離設備建設に要するコスト増分は、分離技術検証の結果を踏まえ、検討 | 分離に要する処理コストの増分は、分離技術検証の結果を踏まえ、検討 | 小規模な分離実績はあるが、福島第一原発で保有しているような低濃度かつ大量の分離実績なし | 同上 | 処分地が必要 濃縮側の取り扱いの検討が必要 |
| B2 | 2. 海洋放出 | B.希釈 | 放出設備および希釈設備とも、建設に要する期間は大きくないものと想定 | 希釈率、設備規模による | 放出設備および希釈設備とも、建設に要するコストは大きくないものと想定 | 放出のコストは大きくないものと想定されるが、希釈により処分量が増大するため、処理コストは希釈率に応じ増大 | 国内外の原子力施設において実績あり | 水中の濃度限度：60 Bq/cm ³ | |
| C2 | | C.分離 | 分離設備建設に要する期間増分は、分離技術検証の結果を踏まえ、検討 | 分離処理に要する期間増分は、分離技術検証の結果を踏まえ、検討 | 分離設備建設に要するコスト増分は、分離技術検証の結果を踏まえ、検討 | 分離に要する処理コストの増分は、分離技術検証の結果を踏まえ、検討 | 小規模な分離実績はあるが、福島第一原発で保有しているような低濃度かつ大量の分離実績なし | 同上 | 濃縮側の取り扱いの検討が必要 |
| A3 | 3. 水蒸気放出 | A.なし | TMI-2の事例を考慮すると、蒸発設備建設に要する期間は大きくないものと想定 | 規制要求、設備規模等による | TMI-2の事例を考慮すると蒸発設備建設に要するコストは大きくないものと想定 | TMI-2の事例を考慮すると、処理コストが大きくなる可能性がある | TMI-2における実績あり | 空気中の濃度限度：0.005 Bq/cm ³ | |
| B3 | | B.希釈 | 希釈設備建設に要する期間増分は、大きくないものと想定 | 希釈により処分量が増大するため、処理期間は希釈率に応じ増大 | 希釈設備建設に要するコスト増分は、大きくないものと想定 | 希釈により処分量が増大するため、処理コストは希釈率に応じ増大 | 希釈して水蒸気放出した事例は把握できていない | 同上 | |
| C3 | | C.分離 | 分離設備建設に要する期間増分は、分離技術検証の結果を踏まえ、検討 | 分離処理に要する期間増分は、分離技術検証の結果を踏まえ、検討 | 分離設備建設に要するコスト増分は、分離技術検証の結果を踏まえ、検討 | 分離に要する処理コストの増分は、分離技術検証の結果を踏まえ、検討 | 小規模な分離実績はあるが、福島第一原発で保有しているような低濃度かつ大量の分離実績なし | 同上 | 濃縮側の取り扱いの検討が必要 |
| A4 | 4. 水素放出 | A.なし | 合致する事例がなく不明 | 水素還元に係る事例情報は無いが、A3と同程度と想定 | 合致する事例がなく不明 | 水素還元に係る事例情報は無いが、A3よりも大きくなるものと想定 | 水素還元の実績はあるものと考えられるが、トリチウム水を水素還元し放出した事例は把握できていない | 空気中の濃度限度：70 Bq/cm ³ | 可燃性ガスの取扱いについて、別途検討が必要 |
| C4 | | C.分離 | 分離設備建設に要する期間増分は、分離技術検証の結果を踏まえ、検討 | 分離処理に要する期間増分は、分離技術検証の結果を踏まえ、検討 | 分離設備建設に要するコスト増分は、分離技術検証の結果を踏まえ、検討 | 分離に要する処理コストの増分は、分離技術検証の結果を踏まえ、検討 | 小規模な分離実績はあるが、福島第一原発で保有しているような低濃度かつ大量の分離実績なし | 同上 | 可燃性ガスの取扱いについて、別途検討が必要 濃縮側の取り扱いの検討が必要 |
| A5 | 5. 地下埋設 | A.なし | 合致する事例がなく不明 ※低レベル放射性廃棄物の埋設実績が参考となる | 規制要求等による | 合致する事例がなく不明 ※低レベル放射性廃棄物の埋設実績が参考となる | 設備の運転等を要しないため、大きくないものと想定 | トリチウム水に対する実績はないが、国内外において低レベル放射性廃棄物の埋設実績あり | 埋設に関する事業認可等 | 処分地が必要 処分後も管理が必要 |