

ALPS処理水海洋放出用 トリチウム連続計測装置の完成



一般社団法人 新生福島先端技術振興機構
株式会社 テクノブリッジ
相双研究所：福島県南相馬市小高区飯崎字南原65-1



ALPS処理水の海洋放出に対して安心と安全を確保する

ALPS処理水全量の
海洋放出基準6万Bq/Lのスクリーニング装置
海水で薄めて海洋に放出するための
1500Bq/L以下連続サンプリング測定装置
ALPS処理水の海洋に放出後の
24時間監視可能な海洋モニタリング装置

が完成しました



一般社団法人 新生福島先端技術振興機構
株式会社 テクノブリッジ
相双研究所：福島県南相馬市小高区飯崎字南原65-1



ALPS処理水 トリチウムだけ取り除けない



放射性汚染水

福島第一原子力発電所構内に貯留

いずれ限界が来る

令和2年 海洋放出を想定した計測法開発 着手

事故以前よりトリチウムを放出

国際的に取り決め

濃度 6万Bq/L

総量 年間22兆Bq



ALPS処理水の現状
構内貯留タンクの設置限界



1日も早い処理法を検討



令和3年4月 日本政府は海洋放出を決定

* * 国際基準値 濃度6万Bq/L・年間22兆Bq * *

遵守するため

全量かつ連続計測が必須

放出量は濃度と流量の積で決まる

現状の計測法：サンプル20mL 結果は数日後



計測方法の比較

| 分析手法 | 細管個体シンチレータ による同時事象検出法 新開発技術 | 液体シンチレータ による同時事象検出法 従来方法 | 電解濃縮法 (試料の濃縮) 従来方法 | He-3成長法 (壊変後の利用) 従来方法 |
|-------|---|---|--|--|
| 原理 | 同時事象検出 ・細管形状の個体シンチレータを用いた計測法 ・但し、2個の検出器を用いた同時事象検出法 | 同時事象検出 ・液体シンチレータと試料水を混ぜて計測する ・但し、2~3個の検出器を用いた同時事象検出法 | トリチウムの濃縮 ・水の電気分解における同位体効果を用いてトリチウムを濃縮 ・液体シンチレータ法で計測 | 壊変後のHe-3を計測 ・トリチウムが壊変して生成するHe-3を分析し、元のトリチウム濃度を得る |
| 前処理 | 必要なし | 必要 | 電解濃縮法によるトリチウムの濃縮 | トリチウムの壊変待ち |
| 測定方法 | GAGGシンチレータ検出器 | 液体シンチレータ検出器 | 液体シンチレーションカウンタ | 質量分析 |
| 分析時間 | 100秒でも可能 | 通常12時間程度 | 1~4週間程度 | 数か月 |
| 装置の構造 | やや複雑 | やや複雑 | 比較的単純 | 複雑で大規模 |
| 課題 | 検出下限値1Bq/L限度 | シンチレータごと廃棄 | 計測精度のばらつき大 | 計測時間大 |

新技術

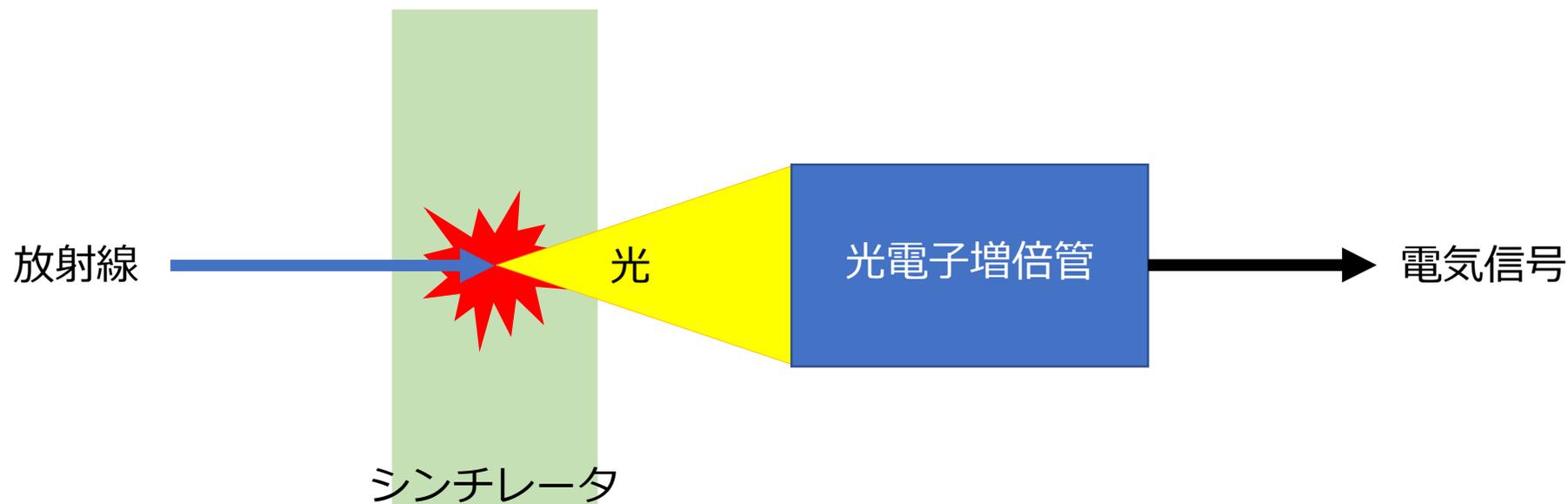
特別な前処理不要 短い計測時間 計測しながら放出 → 異常値検出で緊急遮断可能



一般社団法人 新生福島先端技術振興機構
 株式会社 テクノブリッジ
 相双研究所：福島県南相馬市小高区飯崎字南原65-1



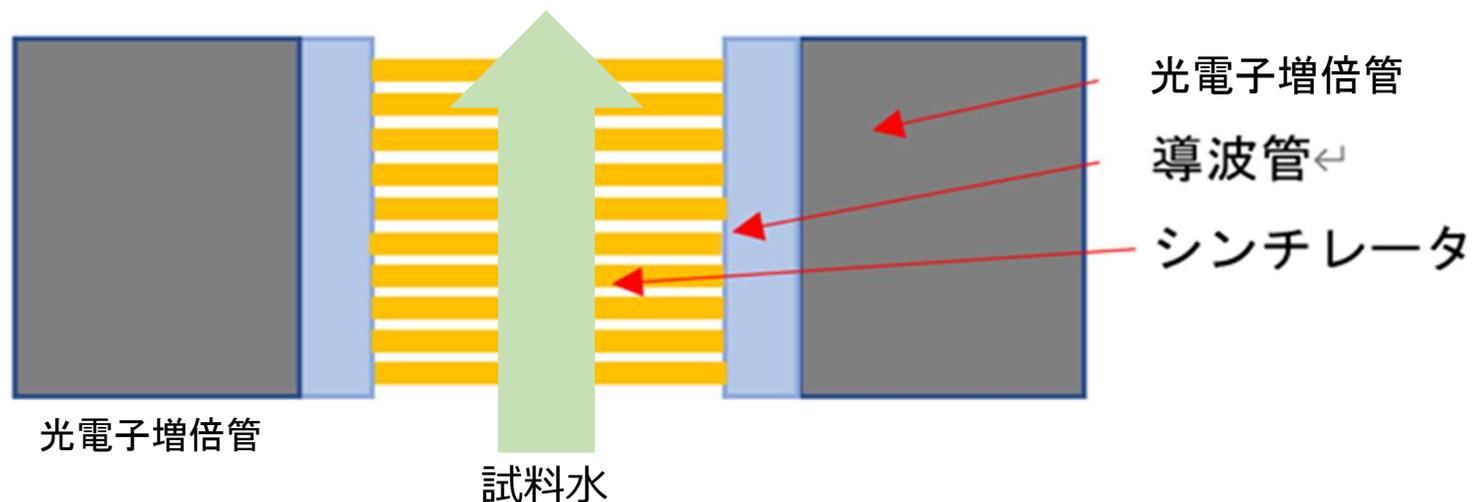
測定原理



放射線 間欠に放射 → 電気信号はパルス状
放射線量 : パルス数
エネルギー : 出力波高値



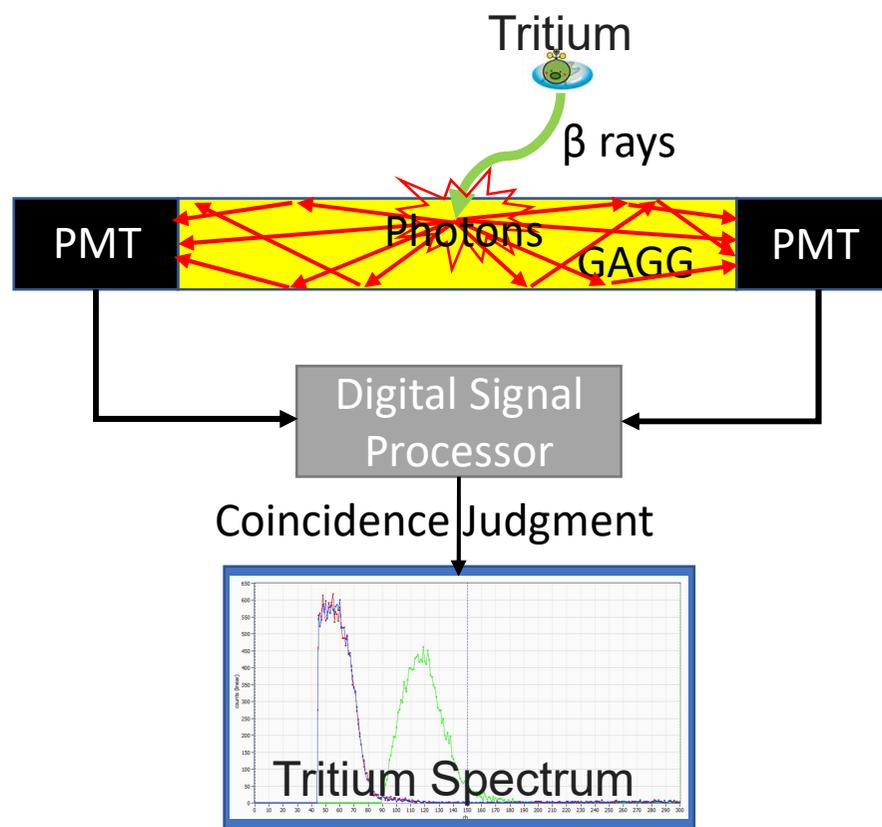
測定原理



トリチウム 放射線エネルギー 非常に弱い (数keV)
↓
トリチウム信号 ノイズ信号に隠れる
↓
2個の検出器で同時に計測した信号がトリチウム信号



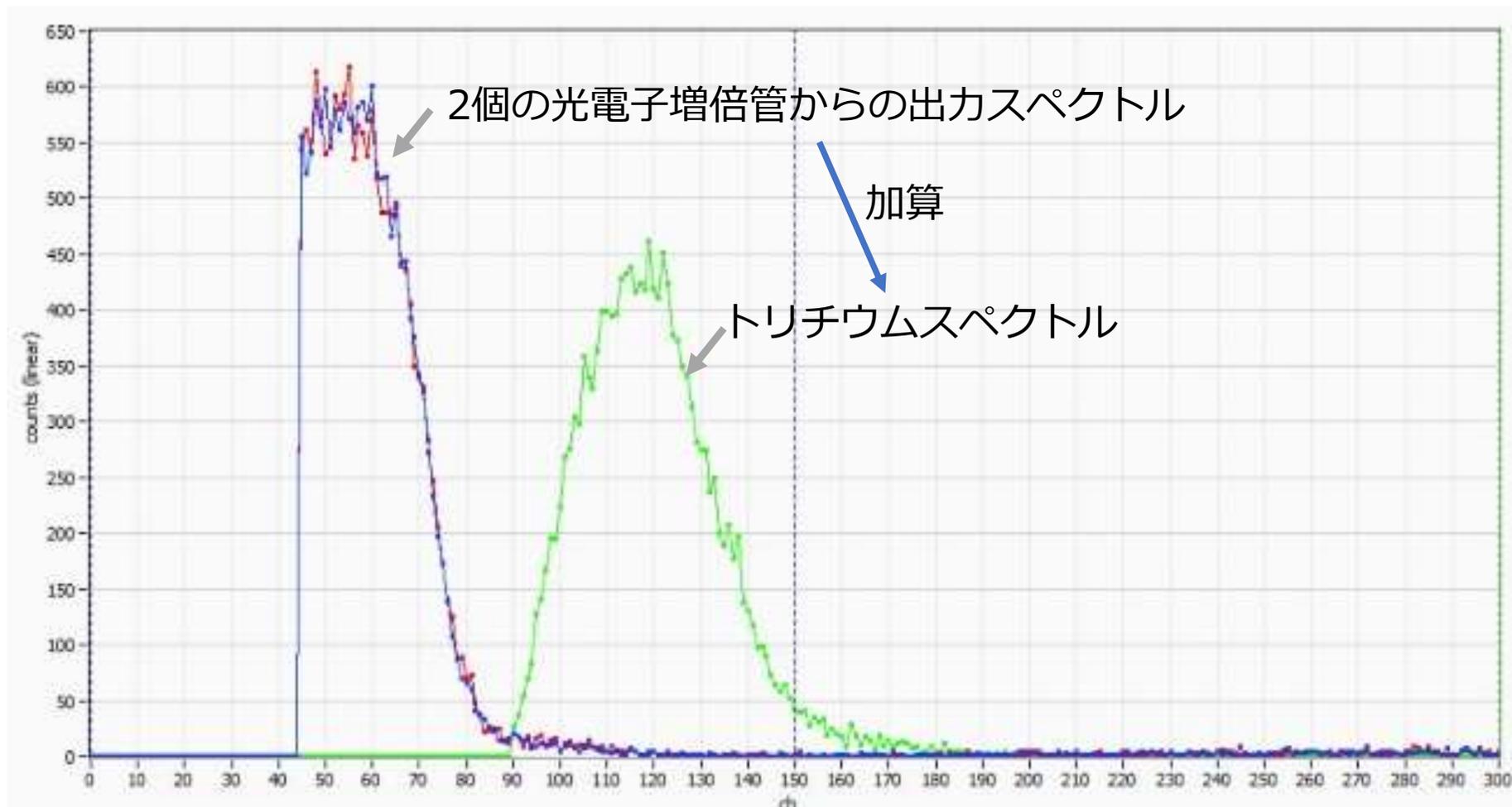
測定原理



一般社団法人 新生福島先端技術振興機構
株式会社 テクノブリッジ
相双研究所：福島県南相馬市小高区飯崎字南原65-1



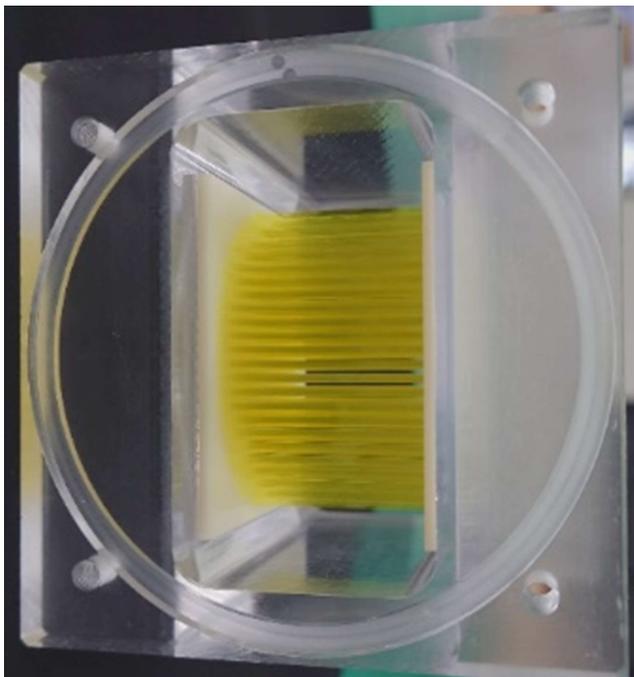
トリチウムのスペクトル（同一事象同時検出）



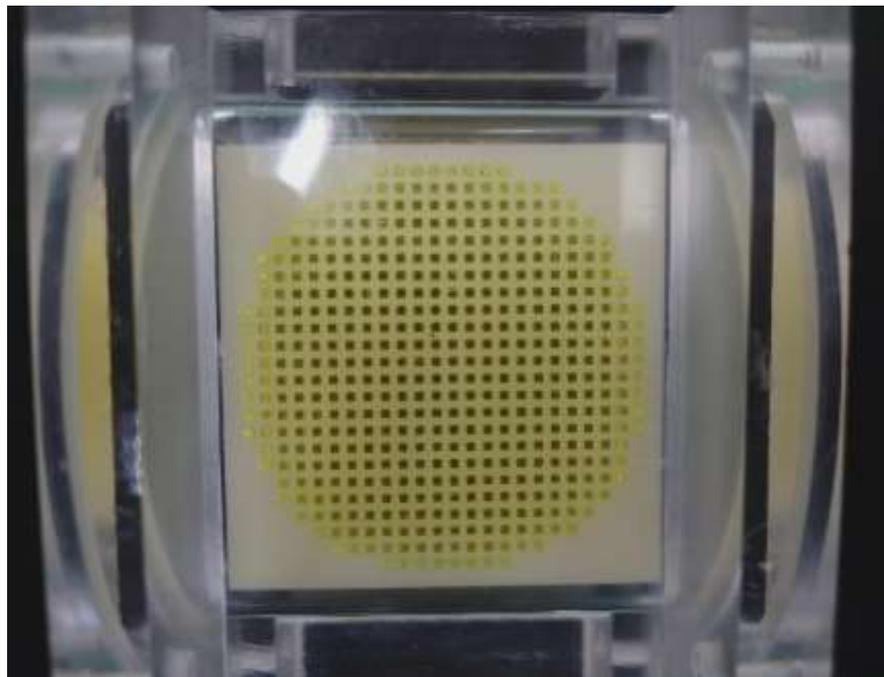
一般社団法人 新生福島先端技術振興機構
株式会社 テクノブリッジ
相双研究所：福島県南相馬市小高区飯崎字南原65-1



本装置のシンチレータ (GAGG)



測定水が入る方向



光電子増倍管が接する面
光が出る面

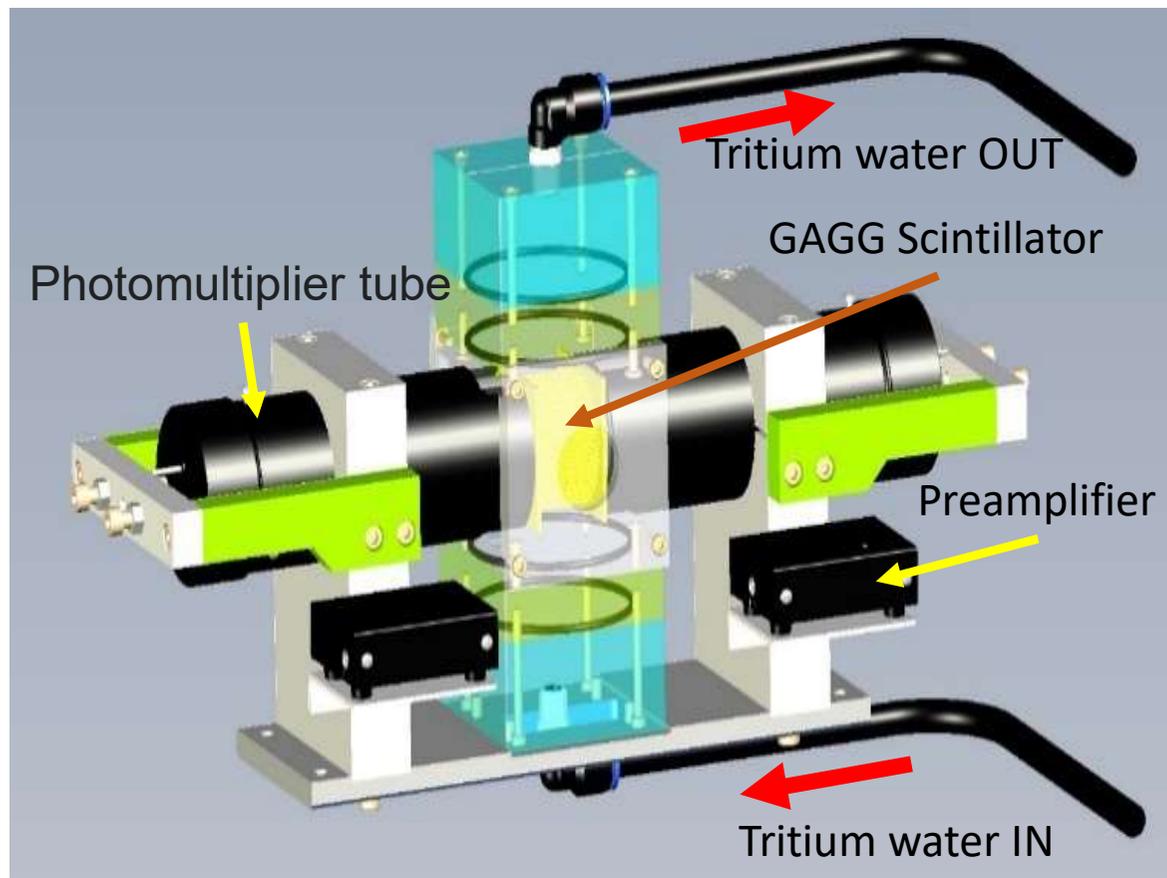
GAGG $\text{Gd}_3(\text{Ga,Al})_5\text{O}_{12}(\text{Ce})$ (ガドリニウムアルミニウムガリウムガーネット)
東北大学金材研 吉川研究室で開発 (国産・東北発)



一般社団法人 新生福島先端技術振興機構
株式会社 テクノブリッジ
相双研究所：福島県南相馬市小高区飯崎字南原65-1



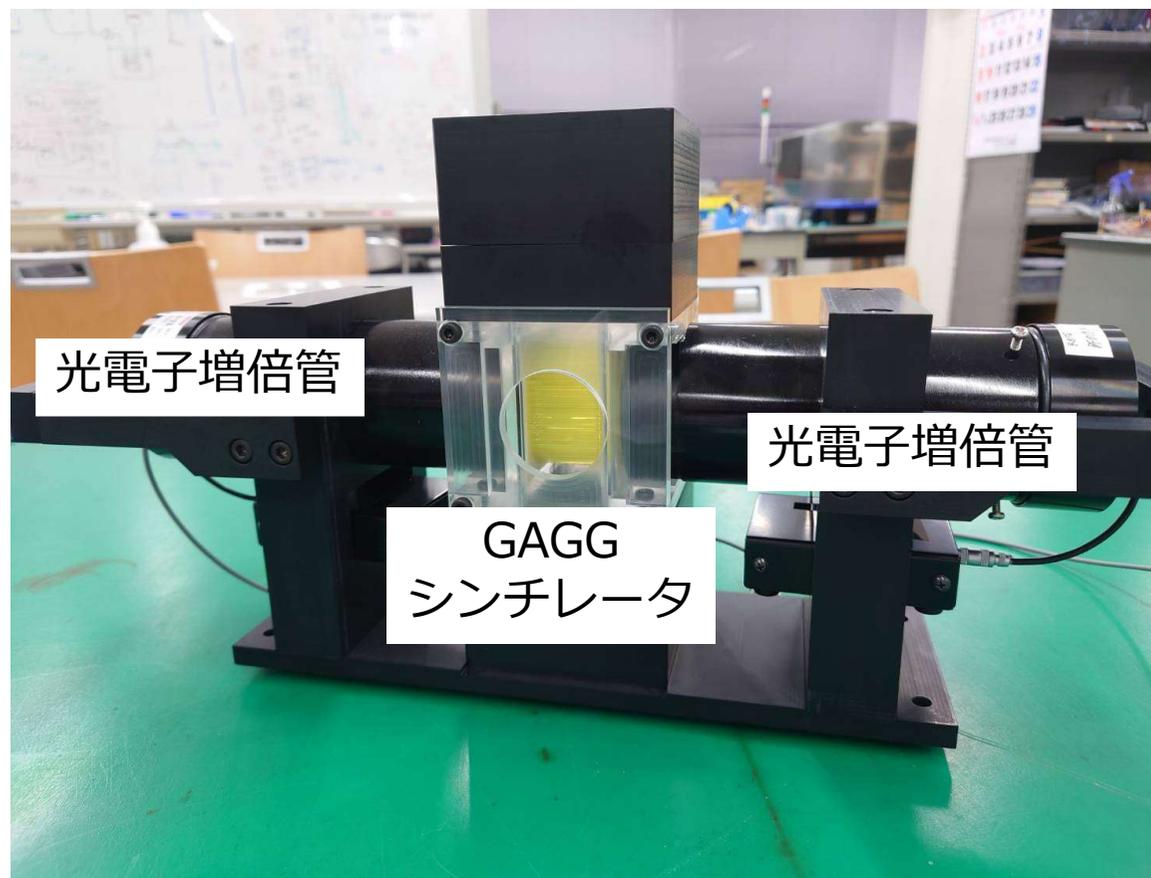
本装置の検出器構造



一般社団法人 新生福島先端技術振興機構
株式会社 テクノブリッジ
相双研究所：福島県南相馬市小高区飯崎字南原65-1



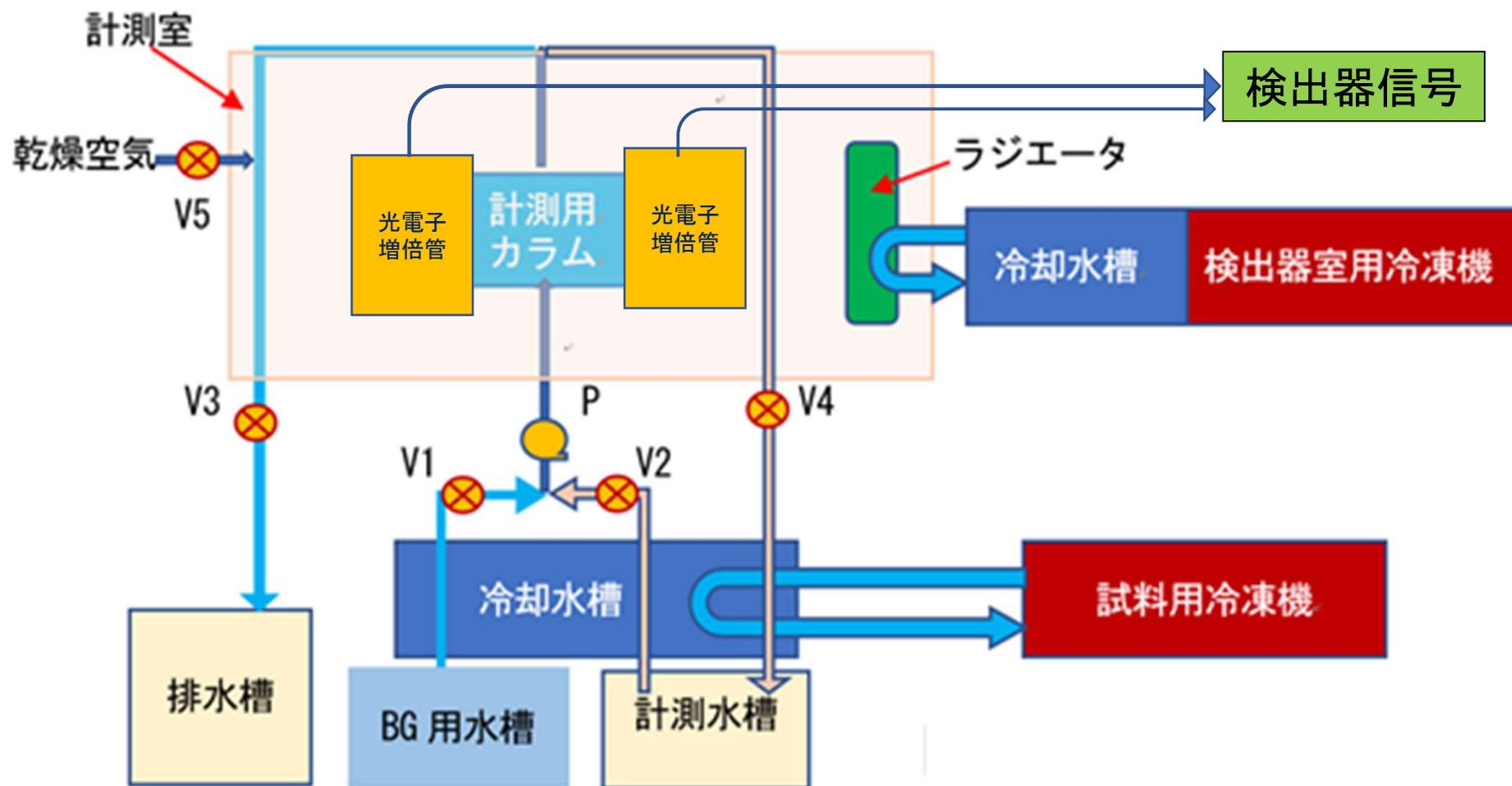
本装置の検出器構造



一般社団法人 新生福島先端技術振興機構
株式会社 テクノブリッジ
相双研究所：福島県南相馬市小高区飯崎字南原65-1



トリチウム連続計測装置 1系列仔細



トリチウム連続計測装置



8個の計測室からなる
常時計測は6系列 2系列は洗浄工程
* 洗浄工程：バイオフィルム等の除去



一般社団法人 新生福島先端技術振興機構
株式会社 テクノブリッジ
相双研究所：福島県南相馬市小高区飯崎字南原65-1



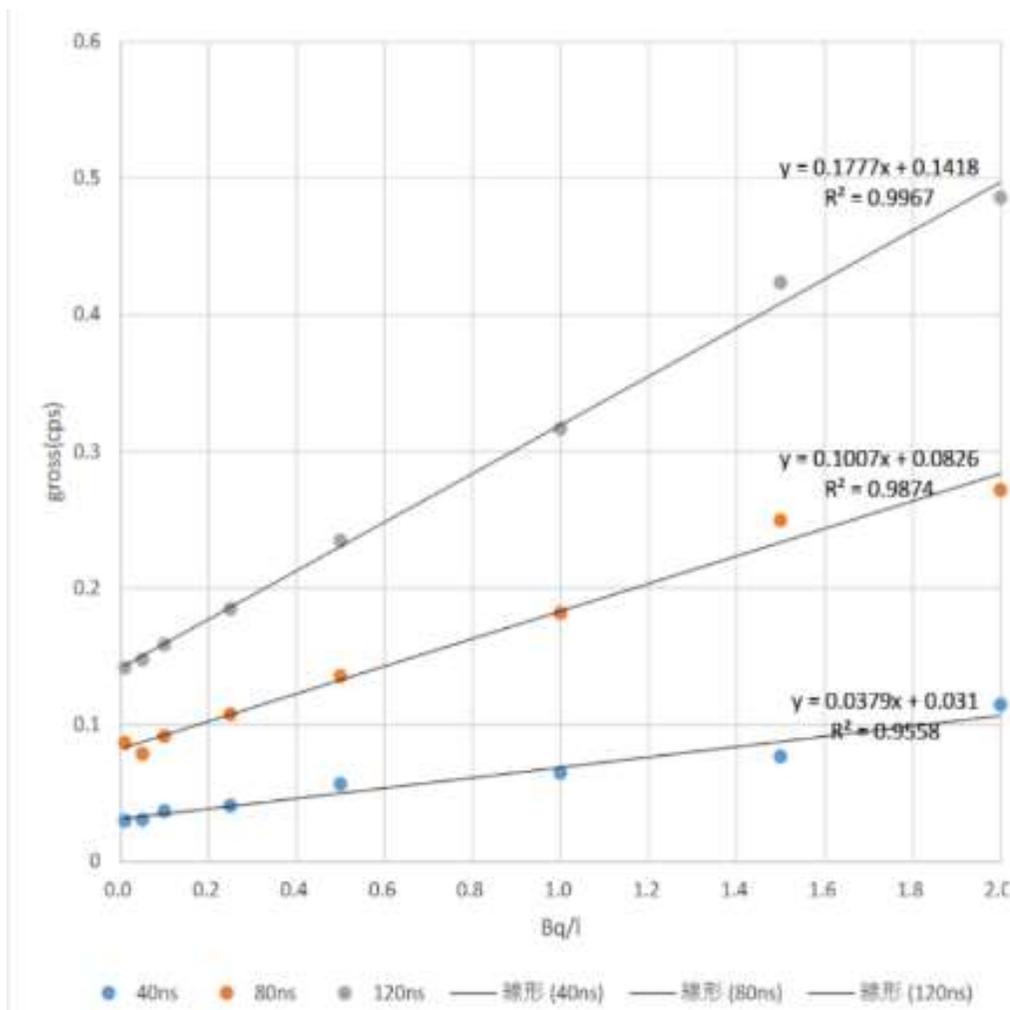
トリチウム計測結果 1系列

トリチウム濃度 0.01MBq/L~2MB/L

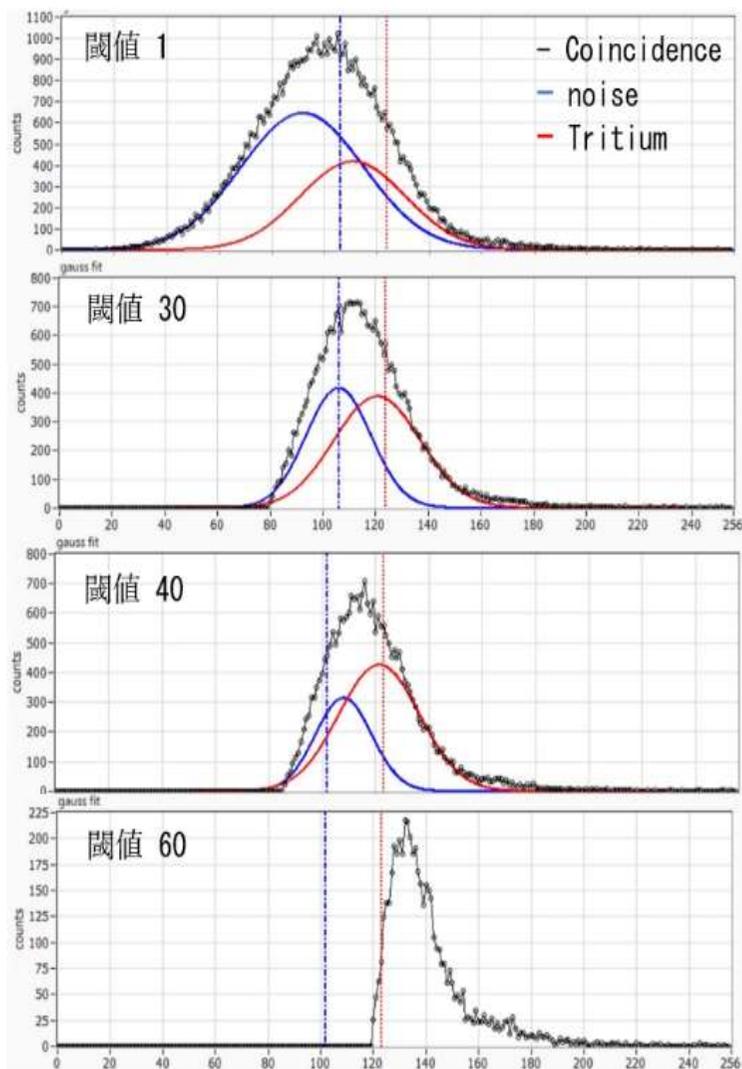
直線性 良

同時事象判定時間と強度は比例

強度と濃度の良好な関係が得られた



ノイズと信号の分離



ノイズに埋もれたトリチウム信号

フィッティングでトリチウムのみ取り出す

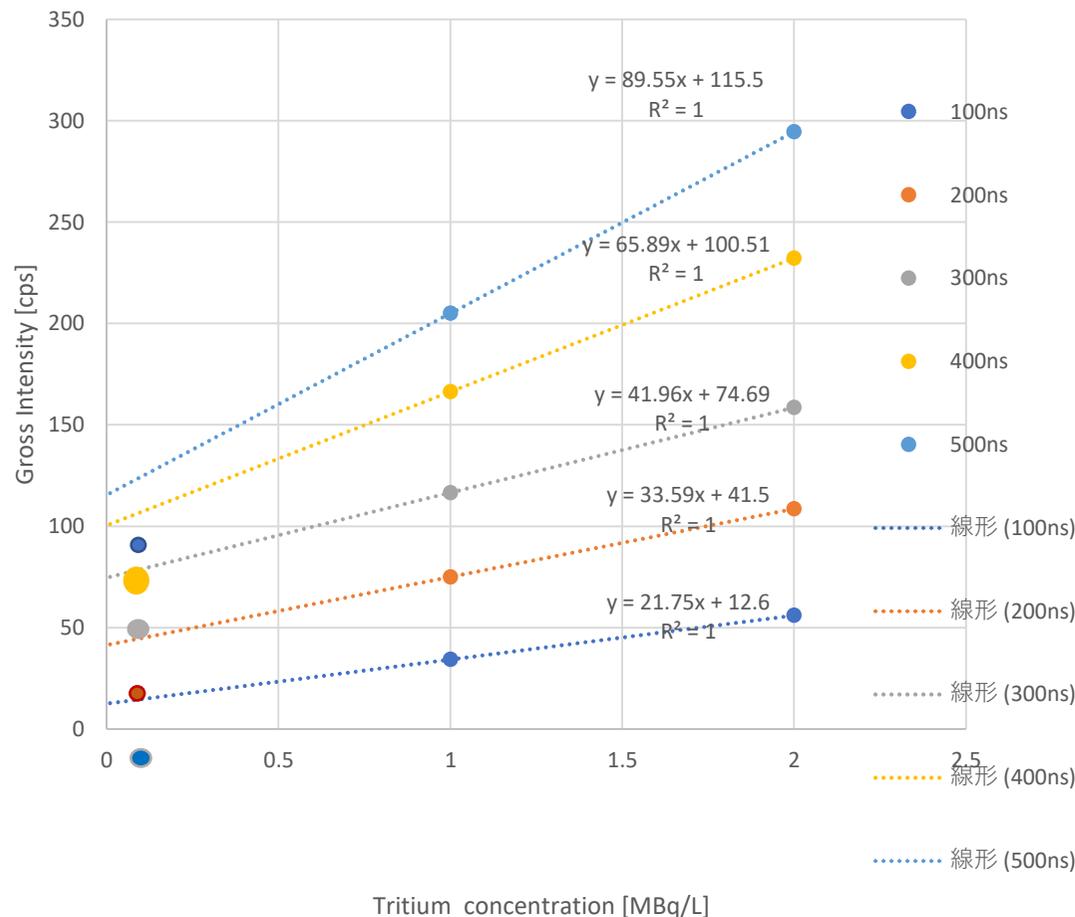
閾値60 トリチウム単独信号



一般社団法人 新生福島先端技術振興機構
株式会社 テクノブリッジ
相双研究所：福島県南相馬市小高区飯崎字南原65-1



ノイズと信号の分離の結果



閾値等の最適化

積分強度の飛躍的な増加



検出下限値の減少
計測時間の短縮化



検出下限値

$$\text{機器換算係数 } K = H / (N_s - N_b) \cdot n$$
$$\text{LLD} = K \cdot 3 \sqrt{(N_b - N_b/a) \cdot t}$$

トリチウム濃度 H [Bq/L]=1MBq/L
信号強度 Ns [cps]=123.9cps
バックグラウンド Nb [cps]=65.9cps
計測時間 t [sec]=100sec
移動平均回数 a [times]=10回
検出器の並列系統数 n [series]=6系列

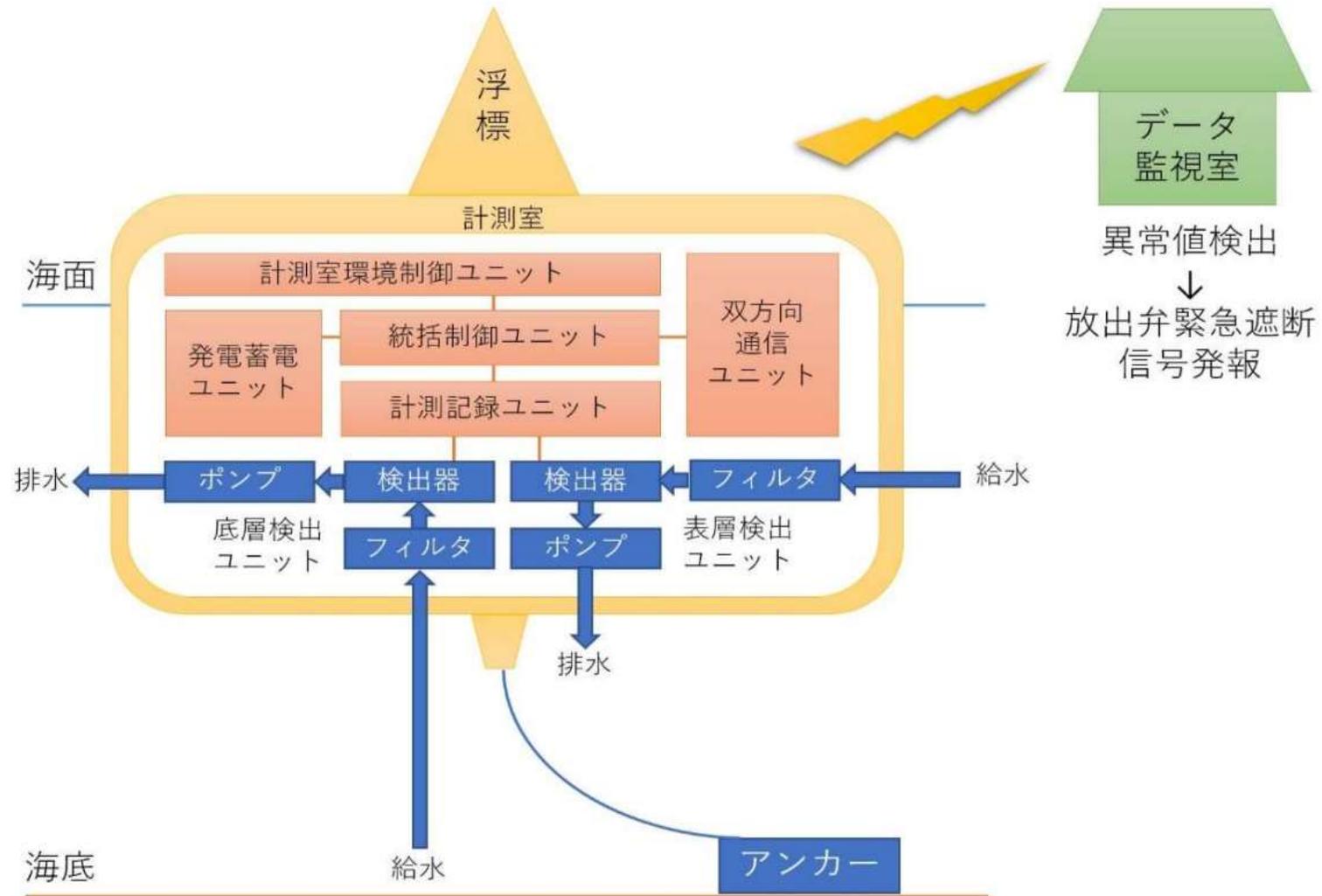
1系列機器換算係数 K = 17,218 Bq/Lcps
t = 100 sec
LLD = 41,915 Bq/L
1系列・移動平均10回
LLD10 = 10,262 Bq/L
6系列・1回
LLDx6 = 6,986 Bq/L
6系列・10回
LLD10x6 = 2,209 Bq/L

6万Bq/Lスクリーニング 検出下限1.5万Bq/L
計測時間 2.2秒

1500Bq/L連続サンプリング 検出下限1000Bq/L
計測時間 488秒



海洋環境モニタリング



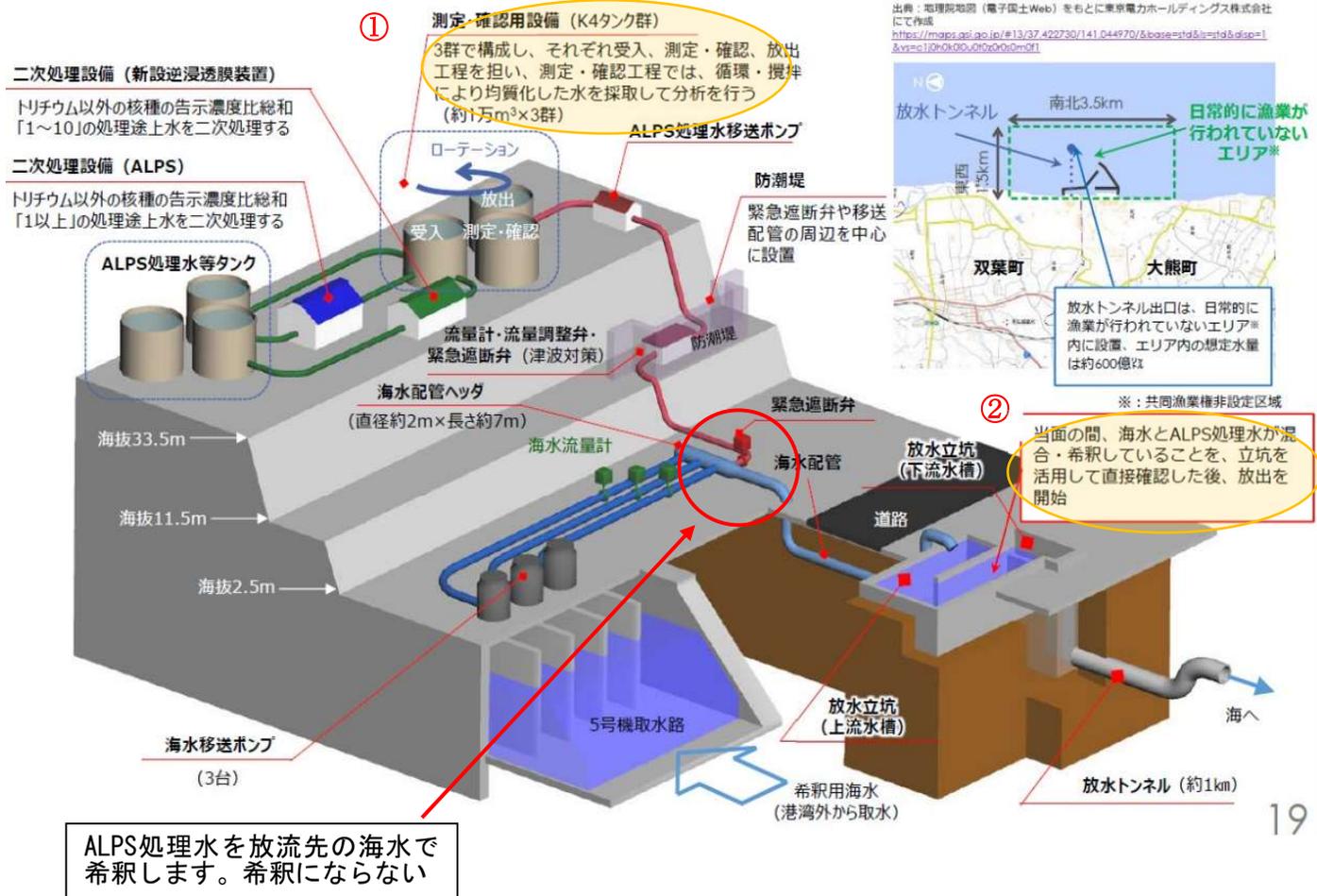
一般社団法人 新生福島先端技術振興機構
株式会社 テクノブリッジ
相双研究所：福島県南相馬市小高区飯崎字南原65-1



TEPCO様の放出計画

(参考)安全確保のための設備の全体像

変更なし
TEPCO



①の試料をサンプリング
液体シンチレータ法で計測
海水で1500Bq/L以下になるよう
100倍以上で希釈

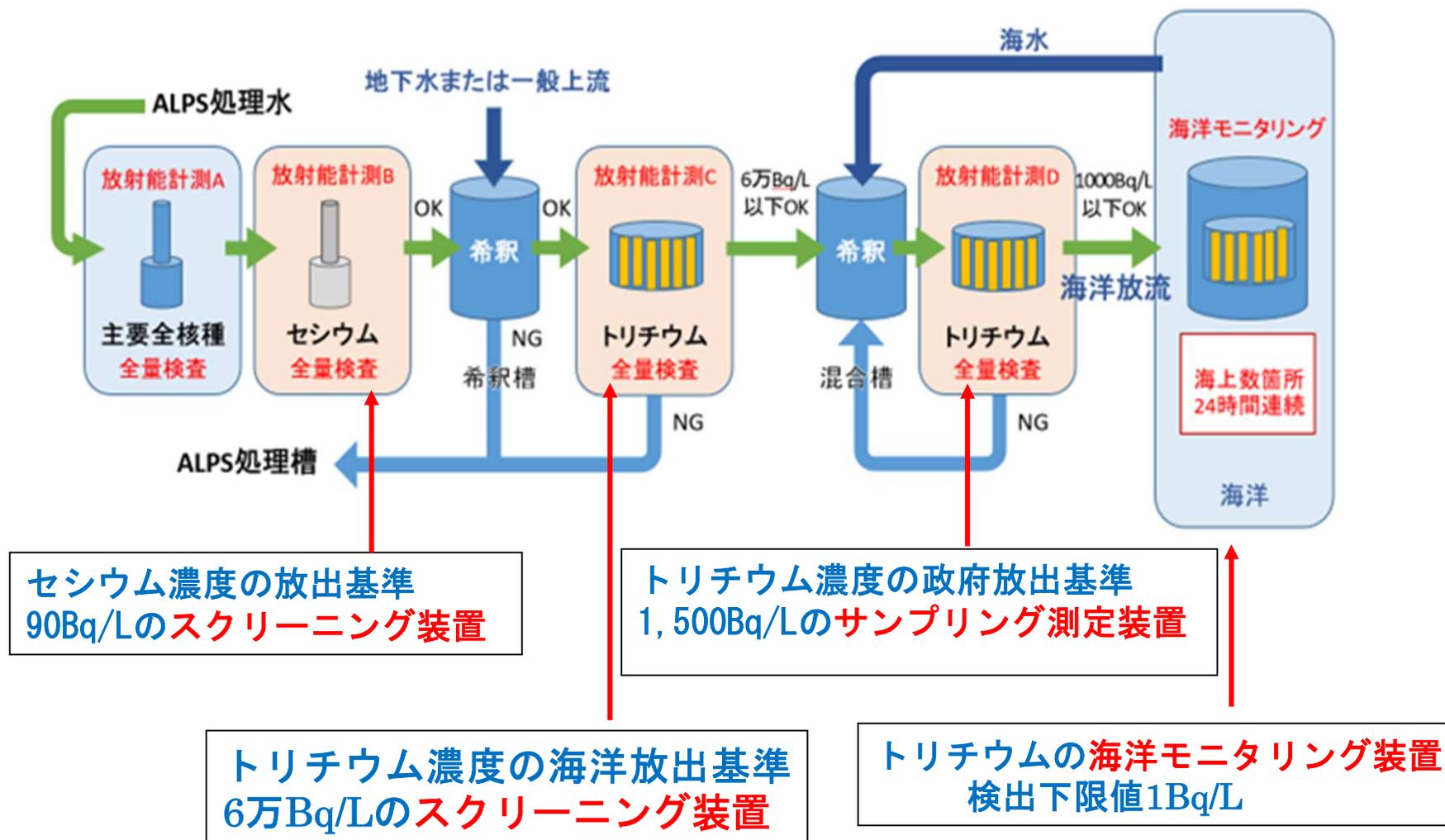
②の試料をサンプリング
液体シンチレータ法で計測

異常値計測時：
放出のある程度時間経過後に遮断
* 緊急ではない *

水質汚濁防止法
放出先の水で希釈してはならない



本装置の適用範囲（提案）



日本国民の安心・安全を担保するために

福島第一原子力発電所のALPS処理水の海洋放出を可能にする
トリチウムの連続計測スクリーニング装置

海洋放出可能なALPS処理水をさらに海水で薄めた1500Bq/Lを監視する
トリチウムの連続サンプリング測定装置

海洋に放出後の24時間監視可能な
トリチウムの海洋モニタリング装置

特別な前処理不要・測定即結果・緊急遮断に対応
海洋での異常値にも対応

東北発のシンチレータ・福島発の計測技術

福島・浜通りの真の復興を心より願い技術開発を邁進しました



一般社団法人 新生福島先端技術振興機構
株式会社 テクノブリッジ
相双研究所：福島県南相馬市小高区飯崎字南原65-1

