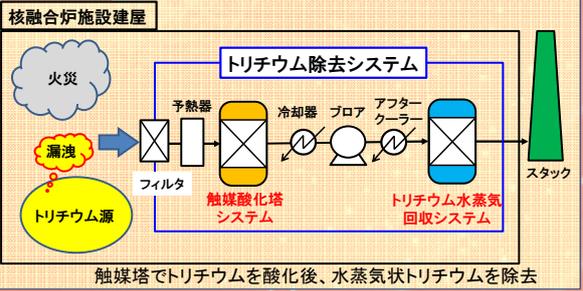




## 諸言



### ITER-DSへの要求

**火災等の異常時においてもトリチウムを確実に除去する**

- トリチウム除去性能: 異常発生時に過渡状態で90%以上、定常状態で99%以上、設計値は99.9%

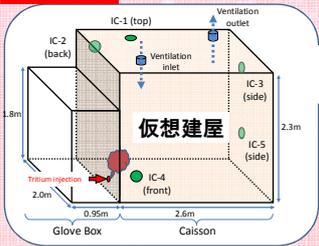
### 目的

ケーブル被覆材等の燃焼で生じる過剰な炭化水素や水蒸気が同伴する場合でも、漏洩トリチウムを確実に酸化させることができる**触媒塔の設計手法の確立**

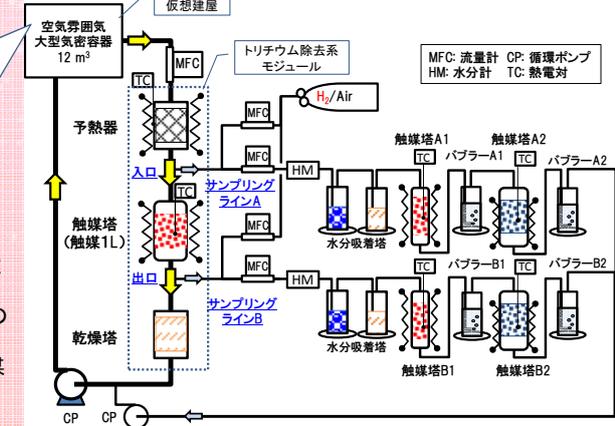
### 火災時に想定されるトリチウム除去シナリオ

- ①トリチウムのみの除去
- ②過剰な水蒸気を伴うトリチウムの除去
- ③過剰な炭化水素を伴うトリチウムの除去

## 実験



- 空気の循環がない気密容器(仮想建屋)内にトリチウムを放出。
- トリチウム除去系モジュールを所定の処理流量で稼働し、触媒塔入口及び出口のトリチウム濃度を測定し、触媒塔のトリチウム転化率を評価。



- ### 実験条件
- トリチウム濃度: 1.0 GBq/m<sup>3</sup>
  - 水素濃度: 0.5 ppm
  - 水蒸気濃度: 100 ~ 17000 ppm
  - 炭化水素濃度: 10000ppm
  - 触媒: TTK-H1P, 3mmφ, 1L
  - 初期触媒温度: 230°C
  - 流量: 1.3-1.8 Nm<sup>3</sup>/h

触媒塔のトリチウム転化率%:  $CR_T$

$$CR_T = \left(1 - \frac{A_{T,B}}{A_{T,A}}\right) \times 100$$

$A_{T,A}, A_{T,B}$ : パプラーA及びパプラーBのトリチウム捕集量

総括反応速度係数1/s:  $k_{overall}$

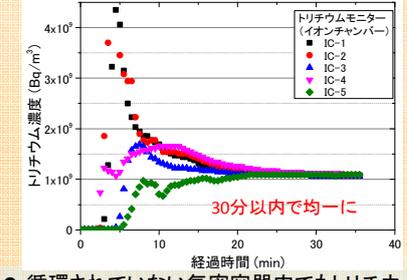
$$k_{overall} = \frac{Q}{V_{cat}} \ln\left(\frac{1}{1 - CR_T}\right)$$

$Q$ : 処理流量(NL/s)  
 $V_{cat}$ : 触媒容量(L)

総括反応速度係数を評価 → 設計値の99.9%のトリチウム転化率を得るために必要とする触媒量を評価

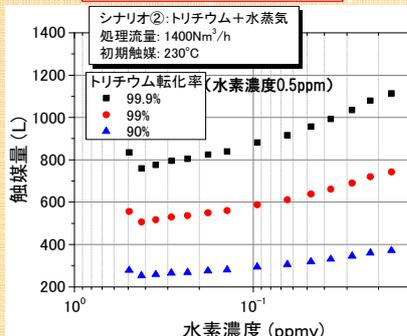
## 結果・考察

### 気密容器内へのトリチウム放出挙動



- 循環されていない気密容器内でもトリチウムは速やかに拡がった。
- DS設計において濃度の不均一性を考慮する必要はない。

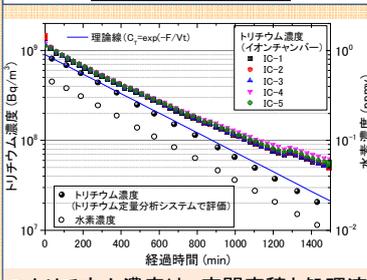
### 必要触媒量評価



ITER-DSの1モジュールあたりの処理流量 1400Nm<sup>3</sup>/hにおいて触媒塔の設計値として要求される**トリチウム転化率99.9%**を達成するために必要な触媒量は**800L**

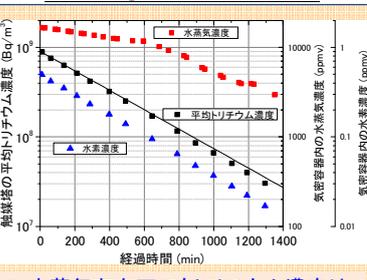
### トリチウム除去挙動

#### シナリオ①:トリチウム



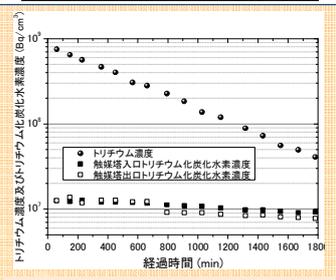
- トリチウム濃度は、空間容積と処理流量から導出される理想的な除去挙動に従い低減した。
- イオンチャンバーのトリチウム濃度はHTO吸着のため実際より高くなる。

#### シナリオ②:トリチウム+水蒸気



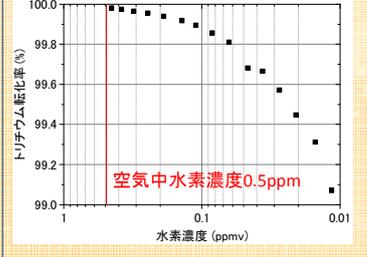
- 水蒸気存在下でもトリチウム濃度は理想的に低減した
- 疎水性の触媒は水蒸気による大幅な活性低下が起こらない

#### シナリオ③:トリチウム+炭化水素



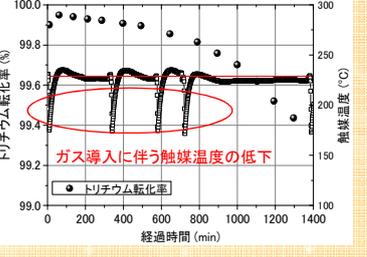
- 触媒塔内でトリチウムと炭化水素の反応で生じる難燃性トリチウム炭化水素の生成速度が十分に小さい。

### トリチウム転化率の水素濃度依存性



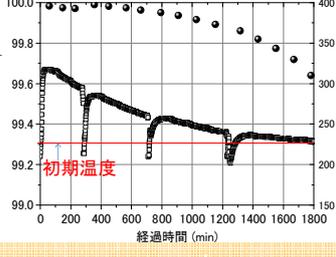
- トリチウム転化率は空気中水素濃度(初期濃度0.5ppm)に依存。
- ワンスルーで運転する異常時ITER-DSでは水素濃度は一定。

### トリチウム転化率の経時変化



- 触媒塔へのガス導入直後に触媒温度が低下するため、転化率が低下。
- 触媒塔の温度低下を極力抑制するための予熱器設計が重要。

### トリチウム転化率の経時変化



- 炭化水素の燃焼熱により自発的に触媒温度が上昇するため、初期触媒温度からの大幅な低下は起こらない。
- トリチウム転化率は炭化水素燃焼に伴う触媒温度上昇により高く保たれる

## 結論

- 室内に漏洩したトリチウムは速やかに拡がり、トリチウム濃度は短時間で均一化するため、濃度の不均一性を設計で考慮する必要はない。
- 室内のトリチウム濃度はいずれのシナリオに対しても空間容積と処理流量から導出される理想的な除去挙動に従い、トリチウム除去系モジュールによって時間とともに低減していくことを実証した。
- トリチウム転化率は水素濃度依存性を持つ。室内の水素濃度(初期値0.5ppm)がトリチウム除去に従い減少していく場合は、トリチウム転化率は低下していく。しかし、ITERのSB-DSにおいてワンスルー処理で空気中水素濃度が一定の場合はトリチウム転化率は一定となる。
- 空気中に自然に含まれる水素濃度条件において、触媒塔設計で要求されるトリチウム転化率99.9%を達成するために必要な触媒量を評価した。ITER-DSの1モジュールあたりの処理流量である1400Nm<sup>3</sup>/hにおいて全てのシナリオにてトリチウム転化率99.9%を達成できる触媒量は800Lと評価した。