

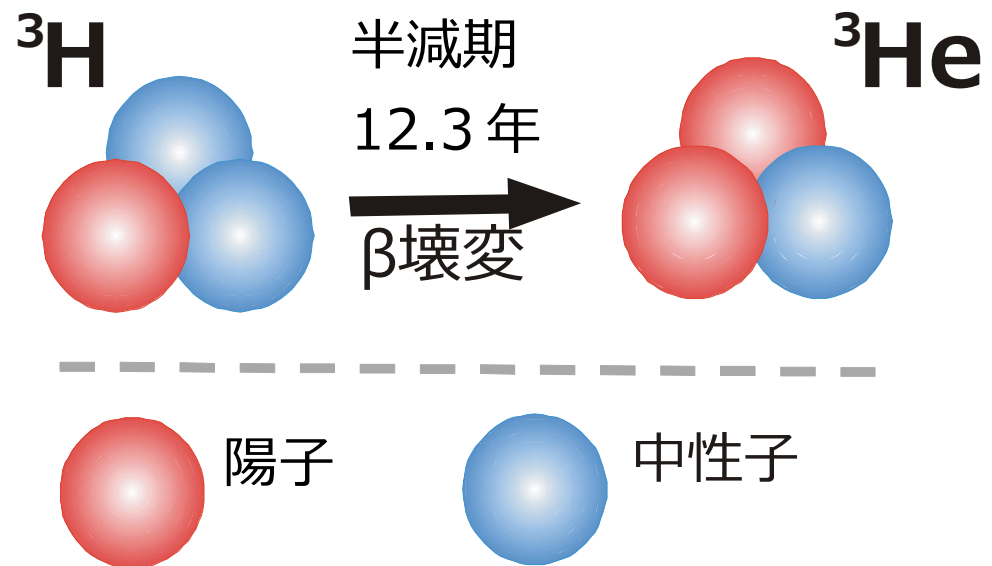
# 環境中のトリチウム測定について

- ・ 環境トリチウムの分類
- ・ トリチウムの分析法

## トリチウムとは

(<sup>3</sup>H, T)

- 水素の同位体
- β壊変して<sup>3</sup>He  
(平均エネルギー 5.7 keV)



$^3\text{H}$ は低エネルギーβ線放出核種であるため、ヒトへの影響を考える場合は体内摂取、すなわち内部被ばくを考慮する。

国際放射線防護委員会（ICRP）が提示している $^3\text{H}$ の線量換算係数（Sv/Bq）は、吸入および経口摂取のいずれの場合も、その化学形により大きく異なっているので、環境中の $^3\text{H}$ の存在形態を知することは、その挙動を知るためだけでなく、ヒトへの影響を考える上でも重要である。

# トリチウムの主な化学形

- 水・水蒸気 (**HTO**)
- 分子状水素 (**HT**)
- 炭化水素 (**CH<sub>3</sub>T**)
- 有機物 (**OBT**)

炭水化物、脂質、  
核酸等

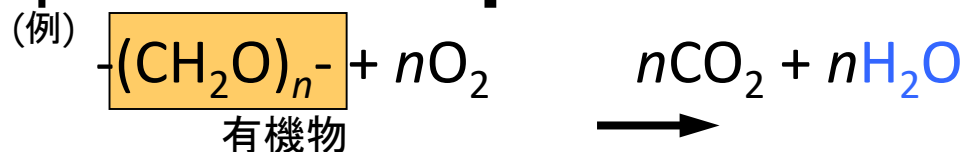
# 環境試料中<sup>3</sup>H濃度の表し方

## 水

- ・ 1Lあたりに1 Bq存在 → 1 Bq L<sup>-1</sup> (1 Bq/L)
- ・ 水素原子10<sup>18</sup>個あたり<sup>3</sup>H原子が1個存在  
→ 1 TU (= 0.118 Bq L<sup>-1</sup>)

## 有機物

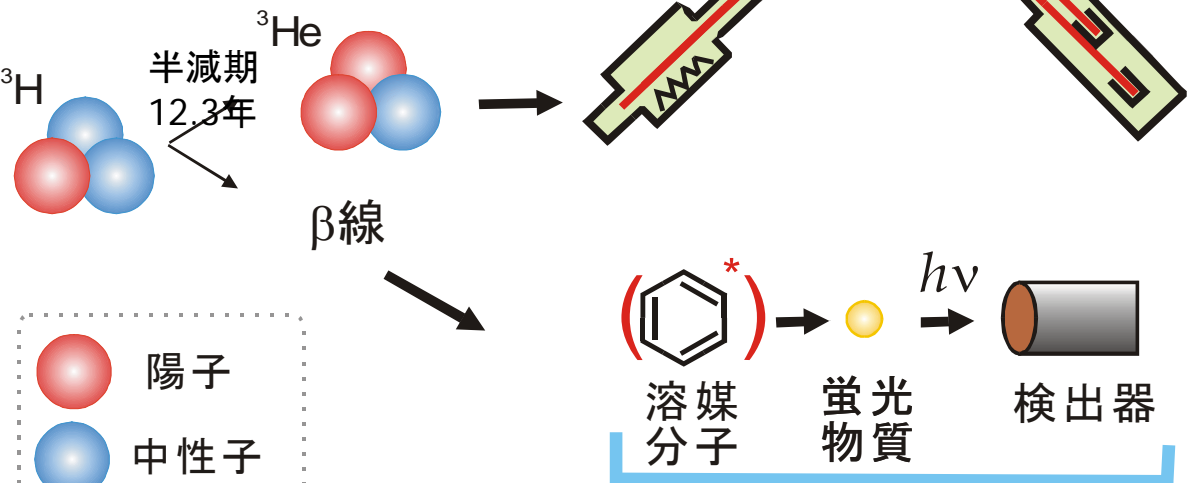
- ・ 有機物試料1kgあたりに1 Bq存在 → 1 Bq kg<sup>-1</sup>-湿
- ・ 乾燥試料1kgあたりに1 Bq存在 → 1 Bq kg<sup>-1</sup>-乾
- ・ 燃焼水1Lあたりに1 Bq存在 → 1 Bq L<sup>-1</sup>-燃焼水



## 大気

- ・ 大気1m<sup>3</sup>あたりに1 Bq存在 → 1 Bq m<sup>-3</sup> (1 Bq/m<sup>3</sup>)
- ・ 水蒸気1 Lあたりに1 Bq存在 → 1 Bq L<sup>-1</sup> (1 Bq/L)

# 環境<sup>3</sup>Hの計測



VG-5400  
Micromass

液体シンチレーション  
カウンティング (LSC)

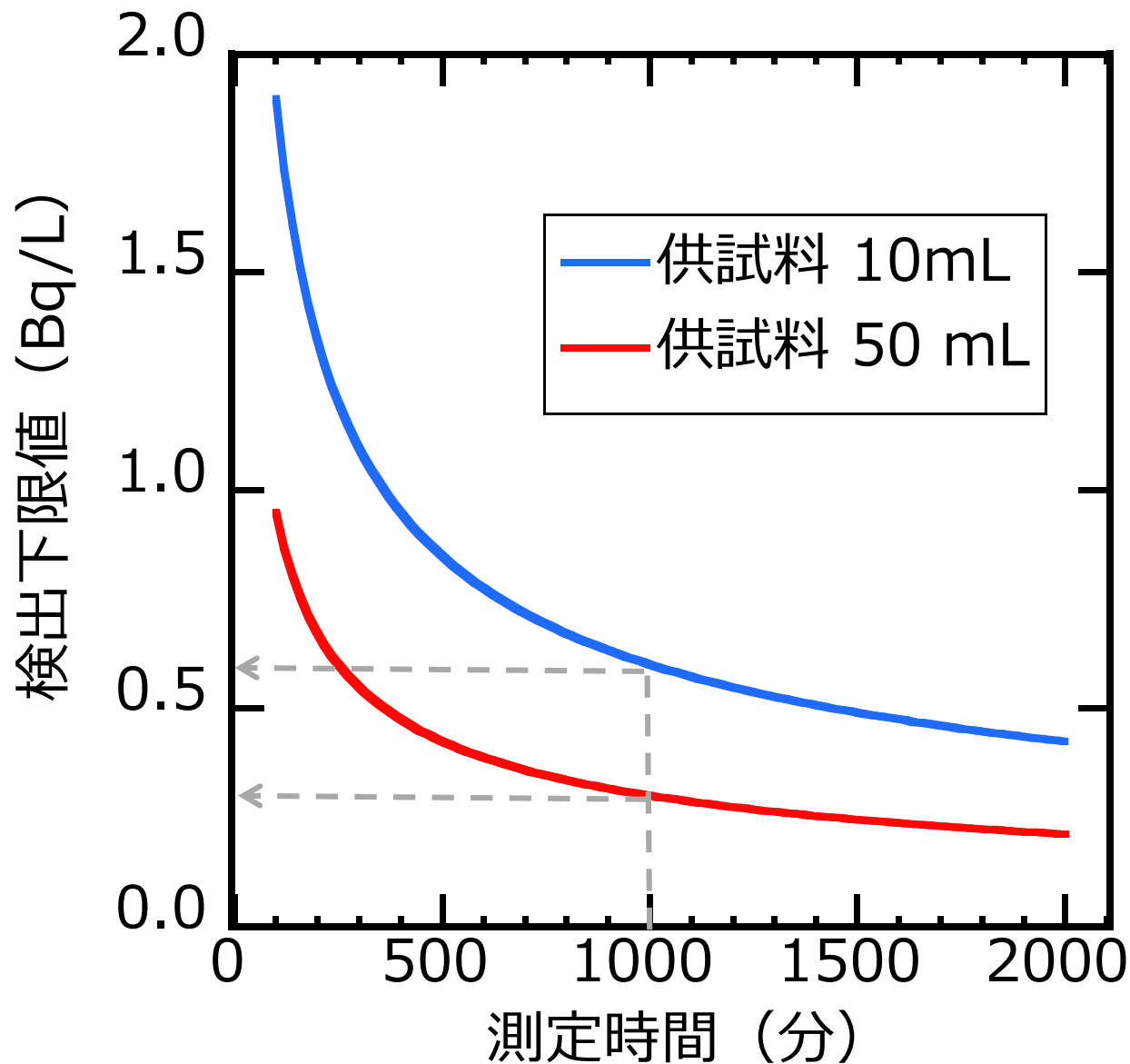


Quantulus 1220  
PerkinElmer



Hitachi  
LSC-LB7

# 液体シンチレーションカウンターの測定時間と検出下限値の関係



# 環境試料中トリチウム分析

試料採取 → 前処理 → 測定

有機物含有水試料

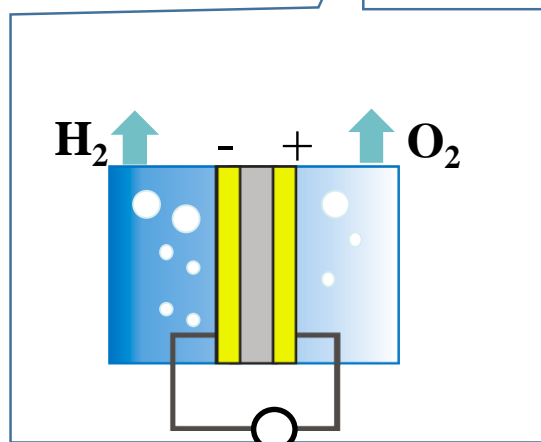
蒸留・精製

大気試料  
(水蒸気状、分子状、炭化水素状)

水試料 (極低 $^3\text{H}$ 濃度)

$^3\text{H}$ 濃度測定  
(LSC)

$^3\text{H}$ 濃縮試料



トリチウム電解濃縮

# 降水中トリチウム濃度測定

大気降下物試料：1ヶ月毎に採取



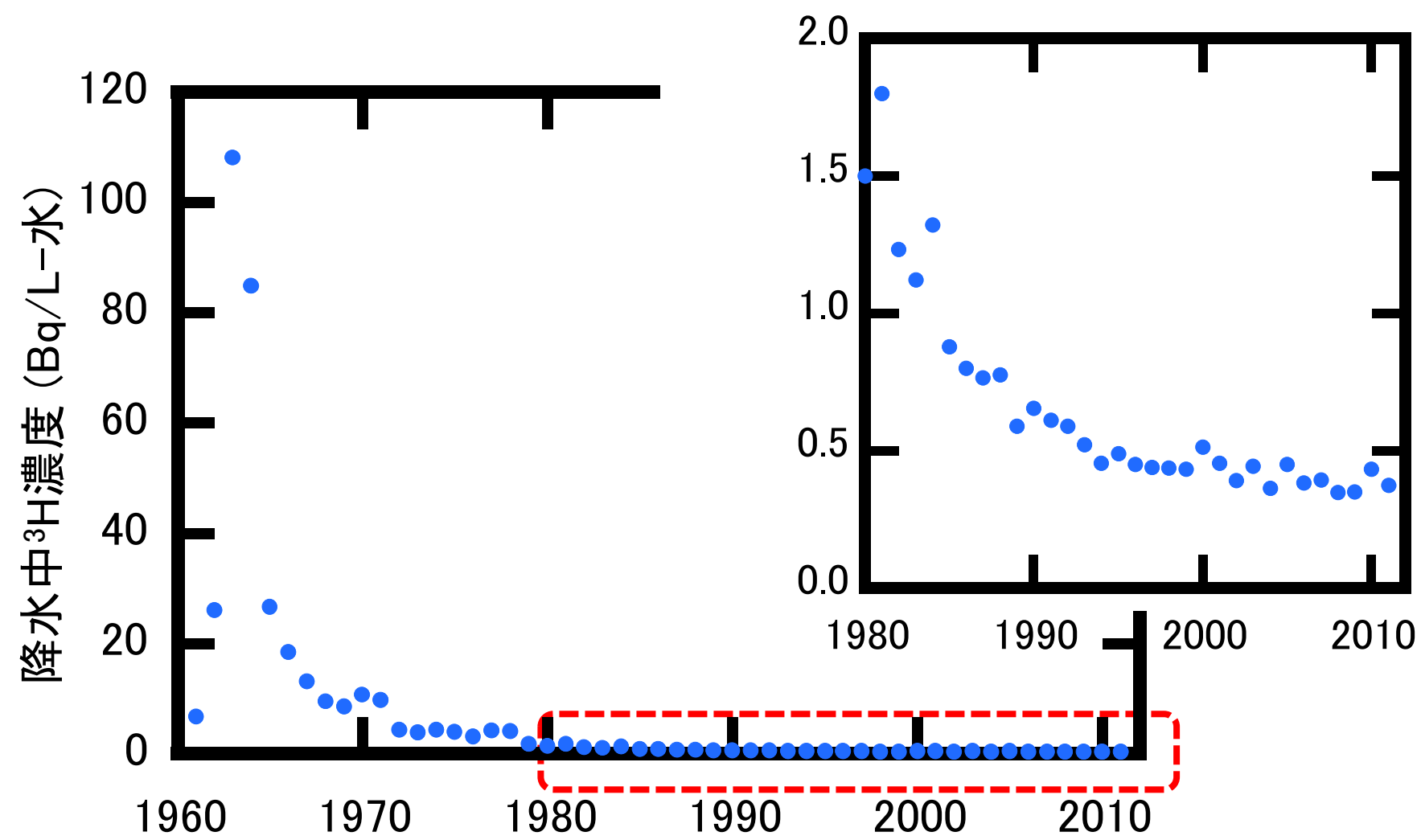
採取期間内の蒸発防止のため、  
流動パラフィン100 mLを入れて採取

試料前処理・測定方法

蒸留→電解濃縮→LSC測定



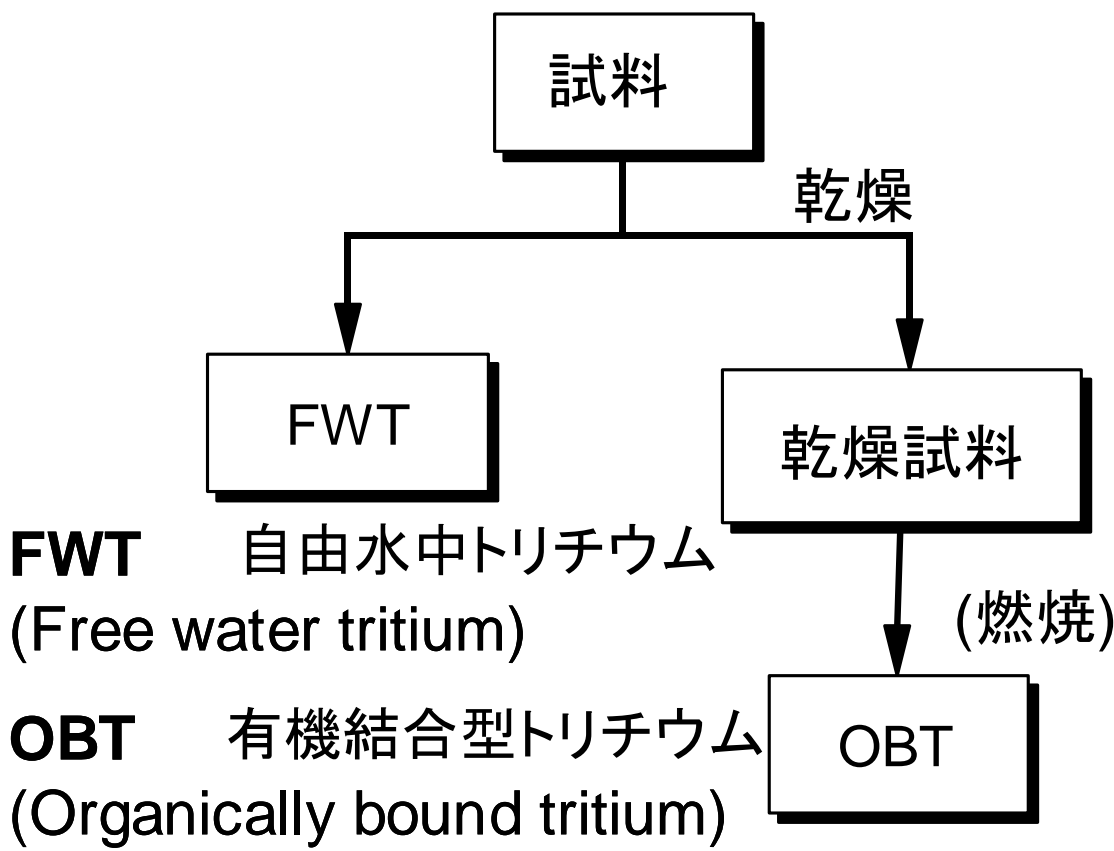
# 降水中<sup>3</sup>H濃度の推移(東京、千葉)



<http://www.nirs.go.jp/db/anzendb/NetsDB.html#>.  
<http://search.kankyo-hoshano.go.jp/servlet/>

・ 最近の降水中トリチウム濃度は 0.5 Bq/Lを下回っている 9

# 有機物中トリチウム

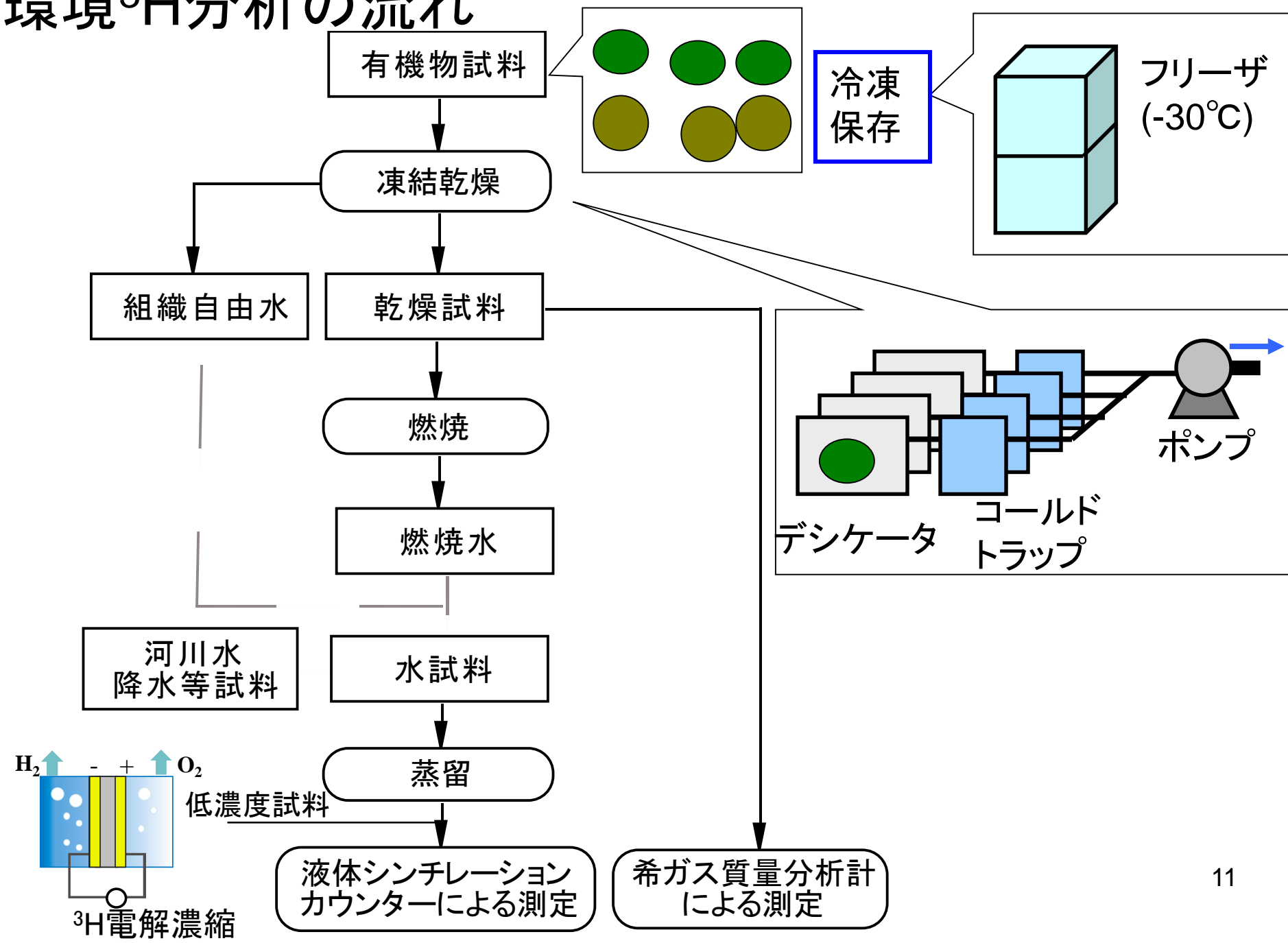


- 交換型OBT
  - 非交換型 OBT
- 同位体交換の有無

OBTはFWTと比較して生物学的半減期が長いため、線量評価上重要



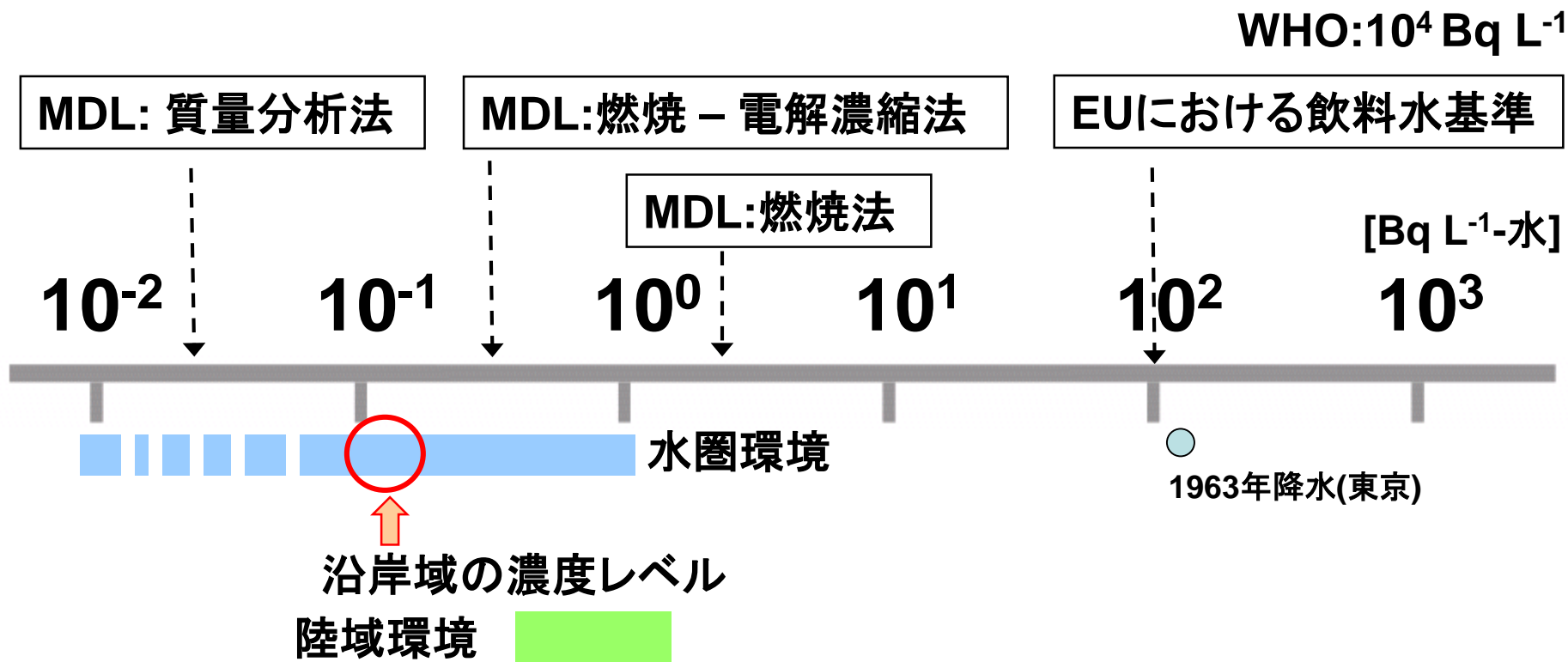
# 環境<sup>3</sup>H分析の流れ



## 環境試料中OBT濃度定量法の比較

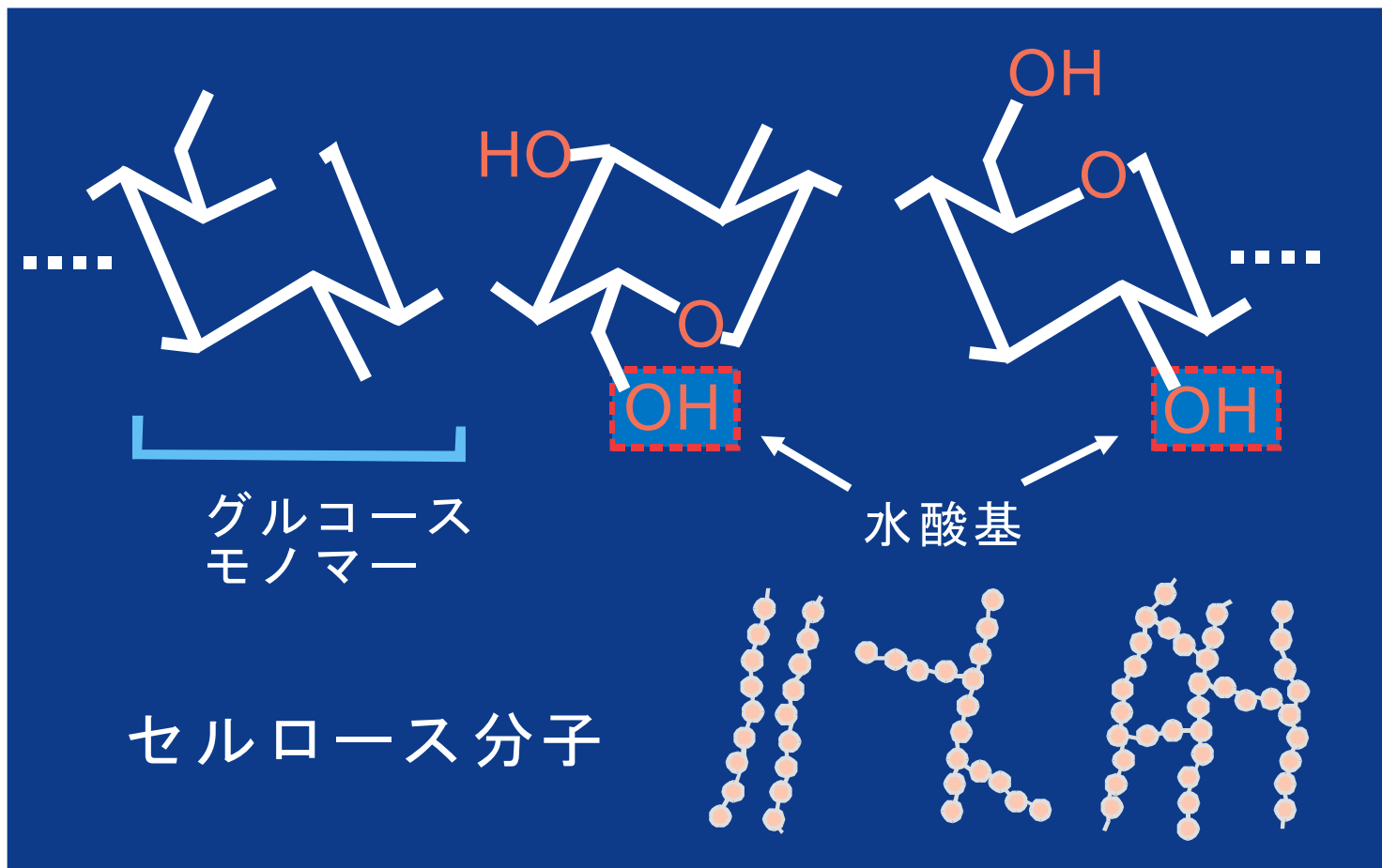
測定法	燃焼法	燃焼-電解濃縮法	質量分析法
試料 乾燥重量 (g)	30	500	30
検出下限 (Bq L <sup>-1</sup> )	2	0.2	0.02
前処理時間 (1試料当たり)	7 d	40 d	3 d
貯蔵期間	-	-	2 month

# 一般環境中の $^3\text{H}$ 濃度レベル



MDL: 検出下限

# 有機物の例



交換可能な水素原子の割合:  $f_{ex}$

$$OBT = (1 - f_{ex}) \text{Nx-OBT} + f_{ex} \text{Ex-OBT}$$

非交換型

交換型

# 有機物試料中トリチウム分析（例）

## 標準試料中トリチウム濃度

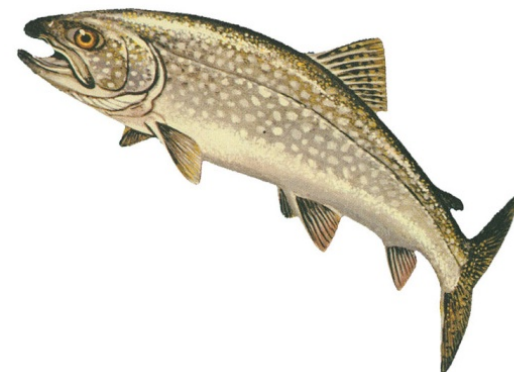
-FWT, OBT, 非交換型OBT (Nx-OBT) 濃度

NIST

SRM 1946 (Lake Superior Fish Tissue)

SRM 1947 (Lake Michigan Fish Tissue)

Lake trout (*Salvelinus namaycush*)

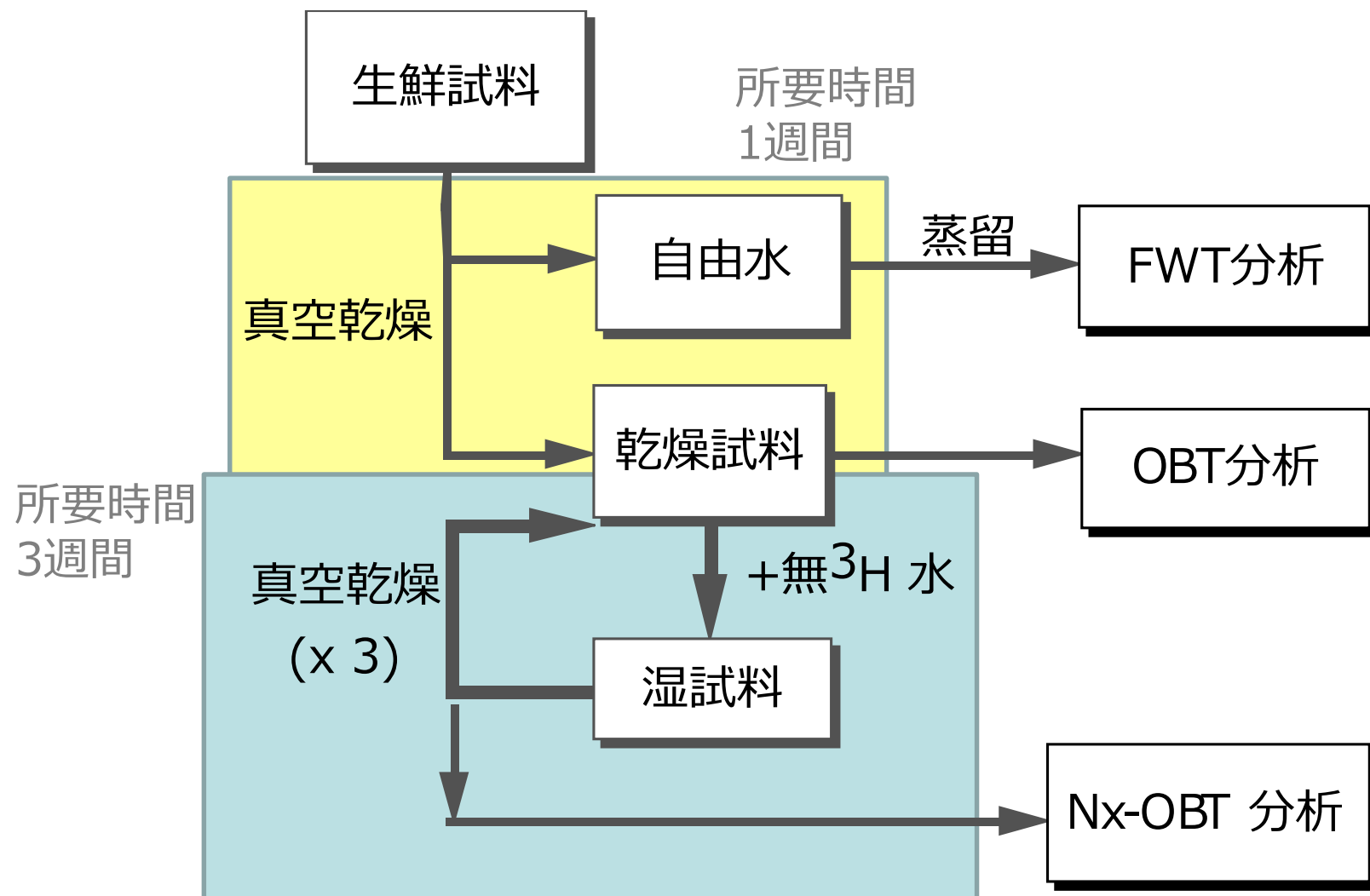


試料	FWT 濃度* (Bq L <sup>-1</sup> )	OBT 濃度* (Bq L <sup>-1**</sup> )	Nx-OBT 濃度* (Bq L <sup>-1**</sup> )	Nx-OBT比率 (%)
SRM 1946	8.6	2.71	2.09	90.4
	範囲	(2.38 - 2.40)	(1.83 - 1.86)	
SRM 1947	12.2	3.40	2.22	88.1
	範囲	(2.89 - 3.22)	(1.94 - 2.04)	

\* 試料採取日(1997年10月)に半減期補正

\*\* Bq L<sup>-1</sup>-燃焼水

# より詳細な有機物試料中トリチウム分析 の前処理工程

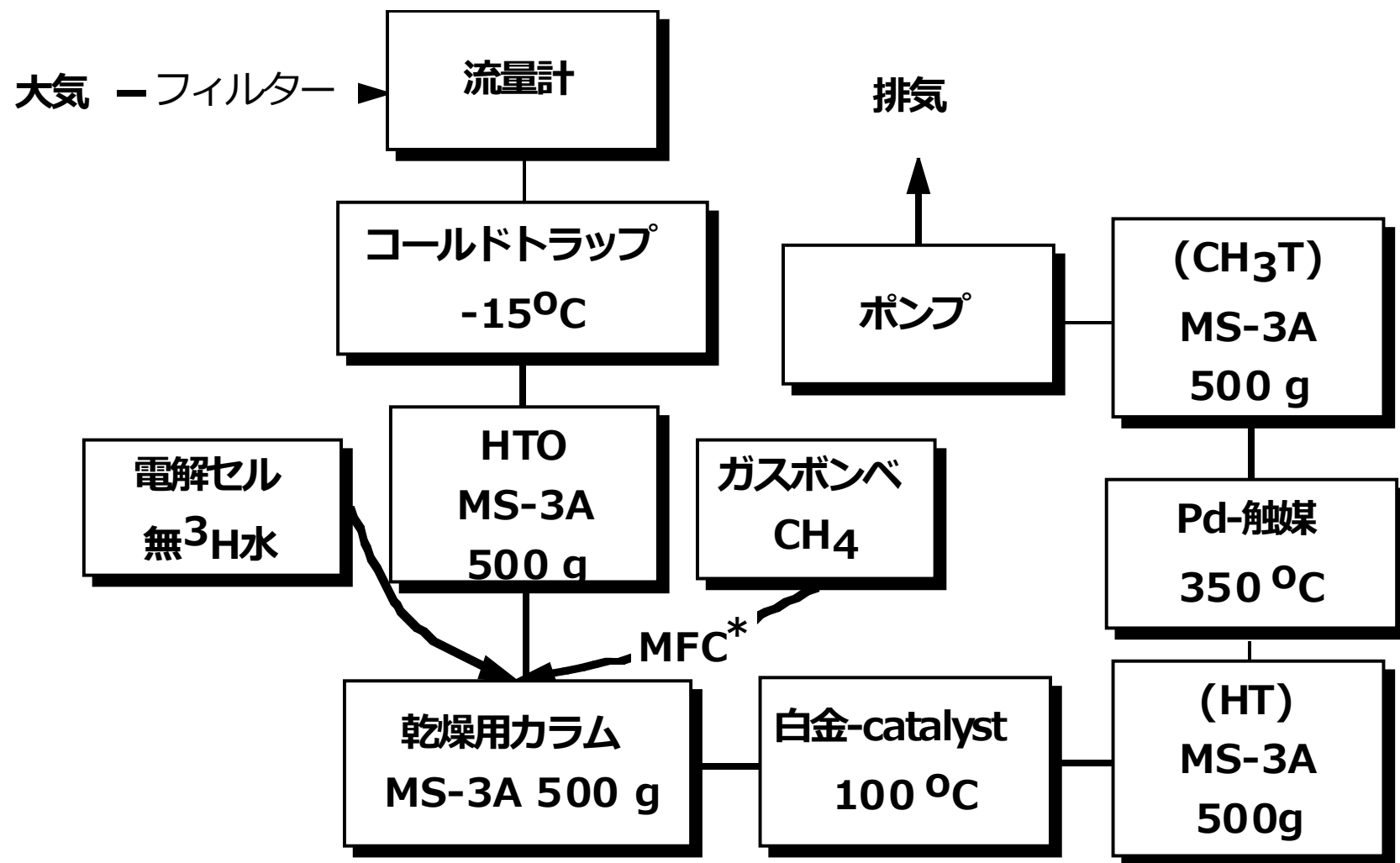




# 大気中トリチウムの観測

採取法：化学形別 (HTO, HT, CH<sub>3</sub>T)

採取間隔：約2週間-1か月毎



\*MFC : マスフローコントローラー

# 大氣中<sup>3</sup>H濃度

Location	Period	HTO (mBq m <sup>-3</sup> )	HT (mBq m <sup>-3</sup> )	CH <sub>3</sub> T (mBq m <sup>-3</sup> )
Kumamoto	2003–2005	6.7 ± 5.4	12.5 ± 6.9	9.0 ± 8.2
Toki	2003–2006	9.0 ± 6.5	9.0 ± 1.6	2.0 ± 1.2
Rokkasho	2005–2006	3.6 ± 2.3	8.5 ± 2.6	1.9 ± 0.8

# モニタリングによる原子力施設から放出されたトリチウムの評価



施設から放出されたトリチウムを評価するには、天然に存在するトリチウム、および過去の大気中核実験由来のトリチウムの寄与分を差し引いて評価する必要がある。

現在のトリチウムの濃度レベルを定量するには、さらに前処理の工程が必要である。分析の目標レベルによって、分析に供する量、および測定に要す時間は変わるので、適切な目標の設定が必要となる。

# まとめ

- ❑ 原子力施設からの環境中への放射性物質の放出が、管理された状態で行われていることを確認するため、施設周辺のモニタリングは重要。
- ❑ 環境中のトリチウムを分析するには、化学形ごとに分けて採取、前処理が必要。
- ❑ 分析の前処理は、時間のかかる複数の工程があり、かつ、それぞれ熟練を要す。現在のトリチウムの濃度レベルを定量するには、さらに前処理の工程が必要。
- ❑ 分析体制の構築が重要。
- ❑ 分析の目標レベルによって、分析に供する量、および測定に要す時間は変化する。したがって適切な目標の設定が必要。