

環境中トリチウムの放射線防護に関する 専門研究会 (略称:トリチウム専門研究会)について

柿内 秀樹 環境科学技術研究所

- 環境トリチウムの分類
- トリチウムの分析法
- 一般環境のトリチウム
- 事故由来のトリチウム

トリチウム(^3H , T)とは
水素の放射性同位体

■天然のトリチウム

宇宙線との相互作用により生成

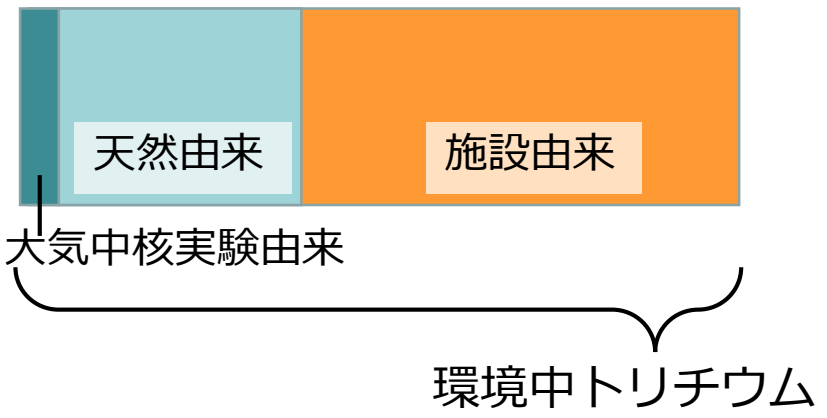
■人為起源のトリチウム

トリチウムの環境中挙動

(1)地球規模での挙動

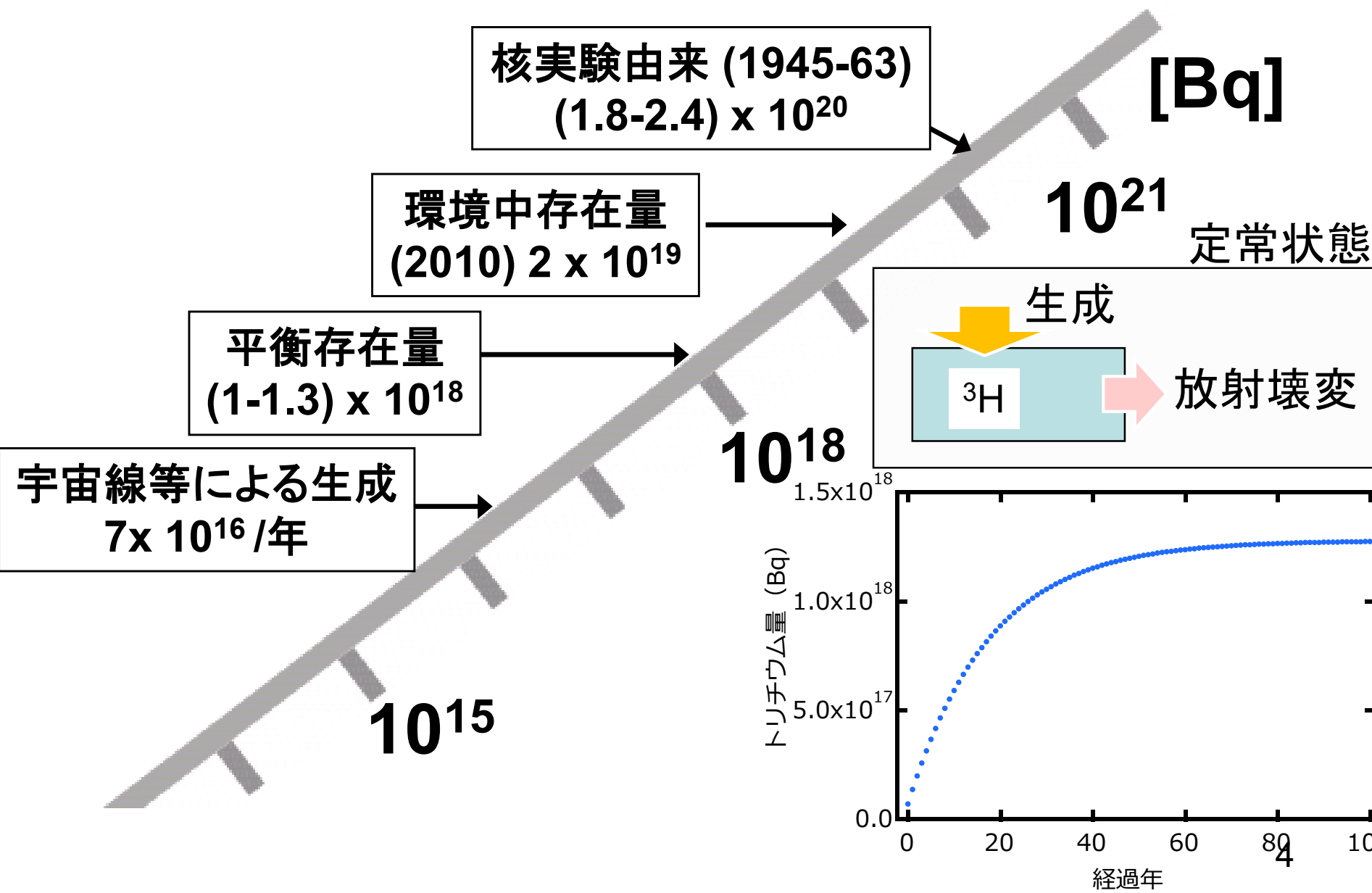
(2)局所的に放出された場合の挙動

原子力関連施設から放出されたトリチウムの評価

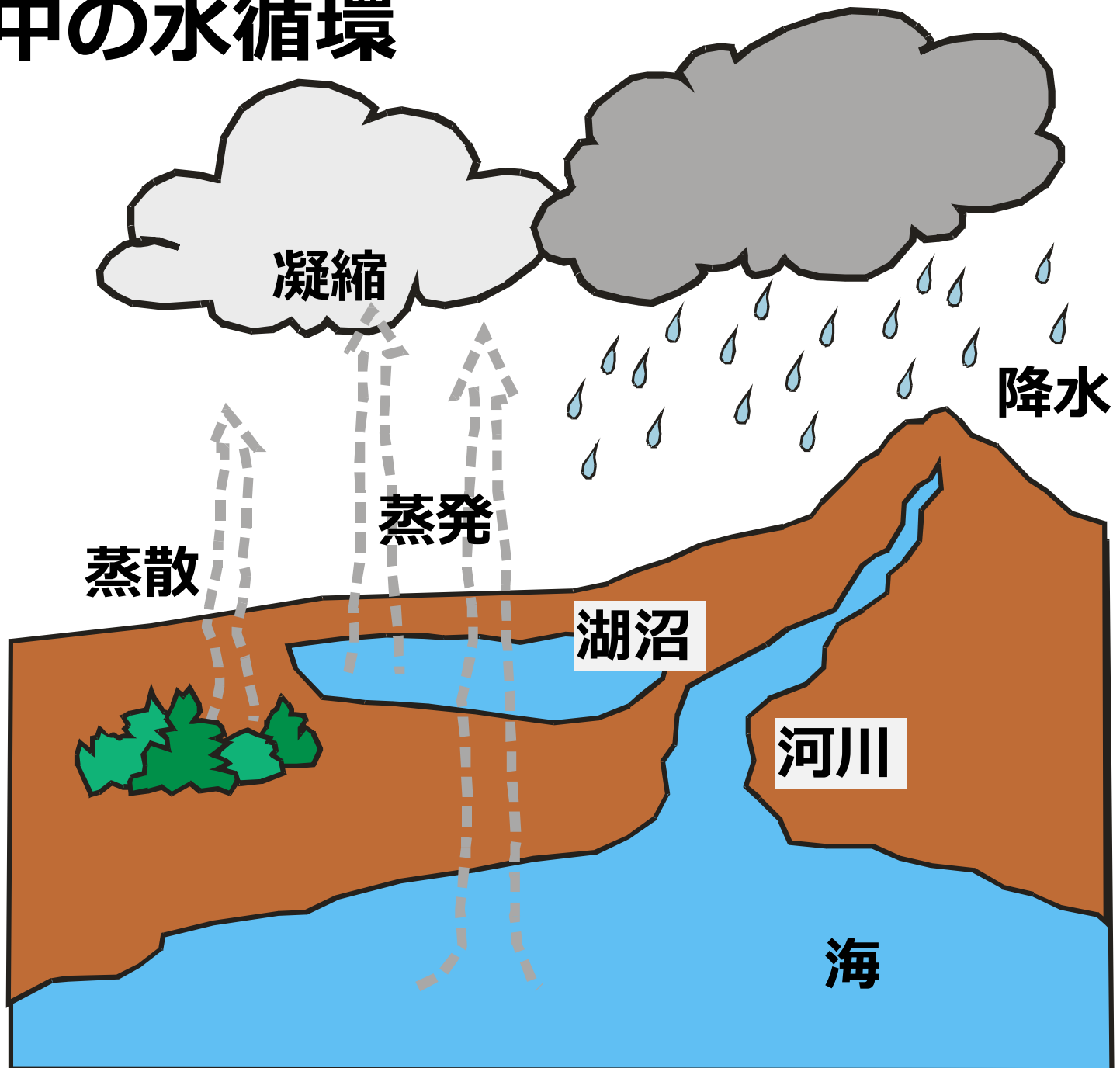


施設から放出されたトリチウムを評価するには、天然に存在するトリチウム、および過去の大気中核実験由来のトリチウムの寄与分を差し引いて評価する必要がある。

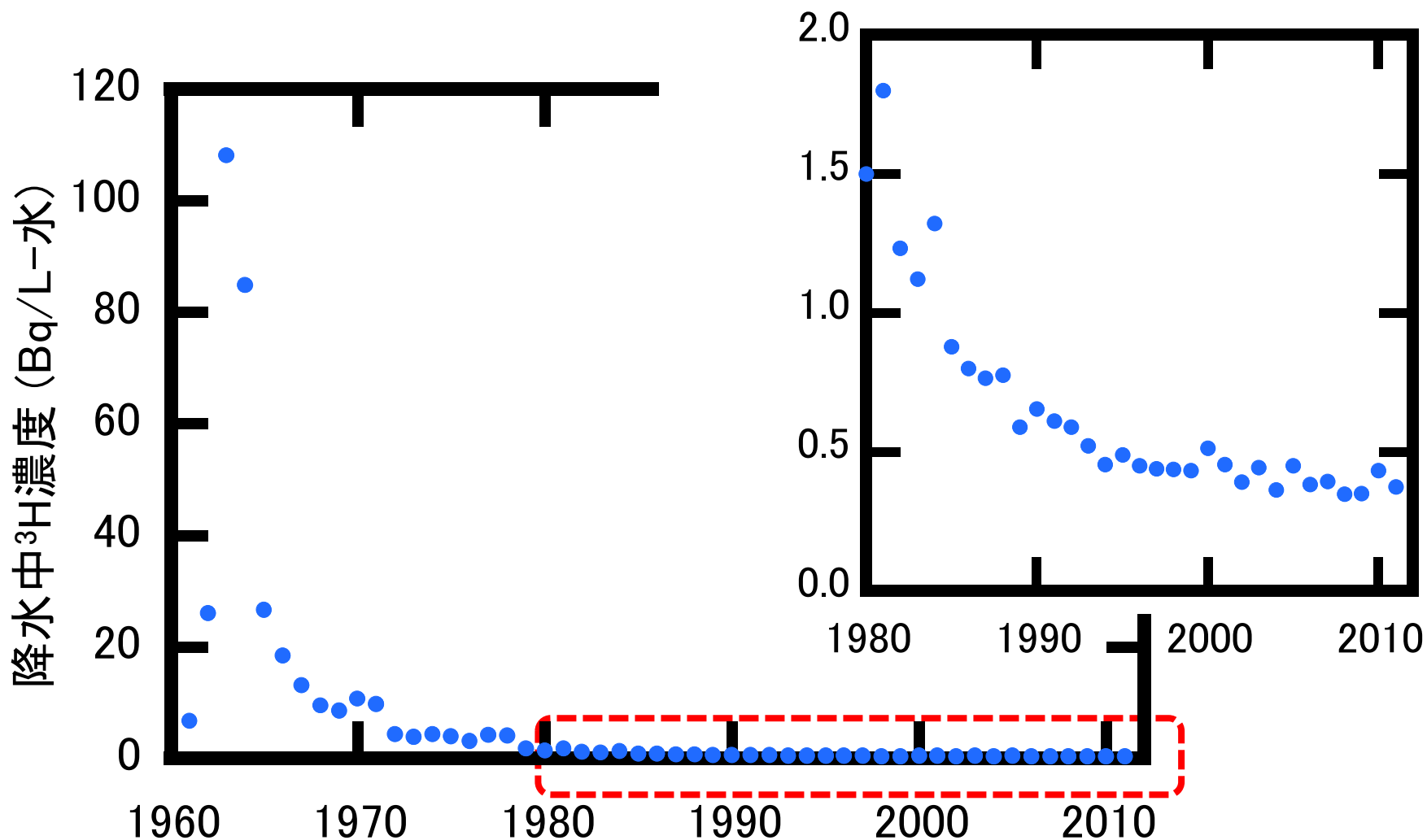
環境中トリチウムの存在量



環境中の水循環



降水中濃度(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

トリチウム影響の空間分布の概念

局所的

広域的



チェルノブイリ発電所事故
($\sim 10^3$ km)

核実験
(大気)

FDNPP事故
($\sim 10^2$ km)

■ 異常放出

原子力発電所

核燃料再処理
($\sim 10^1$ km)

■ 通常放出

核融合

■ 潜在的放出

環境³Hの試料分類と測定法

大気水蒸気(HTO)
分子状水素 (HT)
炭化水素 (CH₃T)

降水、水道水、河川水、
海水

有機物 (FWT)

有機物 (OBT)

土壌水分

水試料

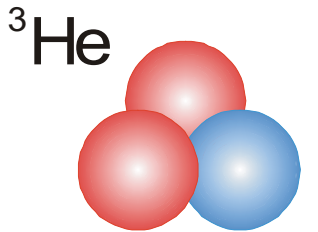
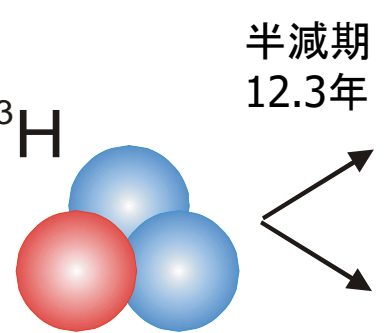
LSCによる
³H測定

LSC: 液体シンチレー
ションカウンター

乾燥試料

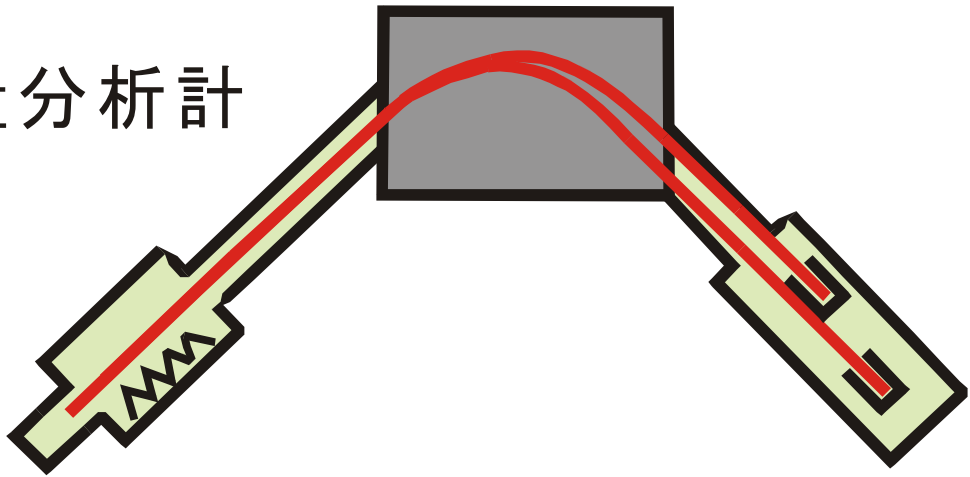
質量分析法に
よる³H由来の
³He 測定

環境³Hの計測



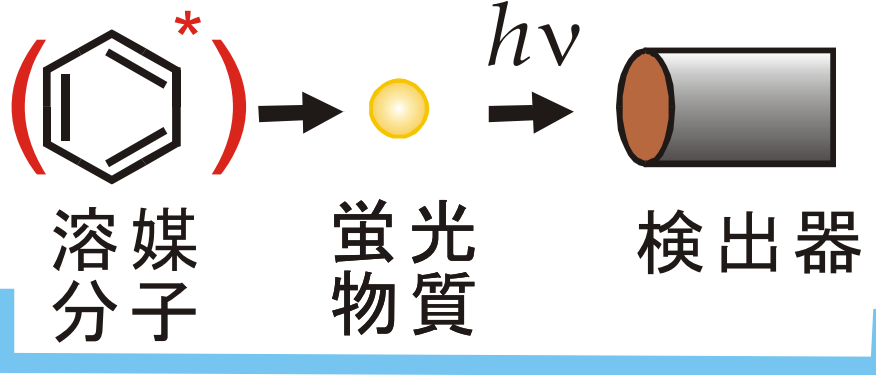
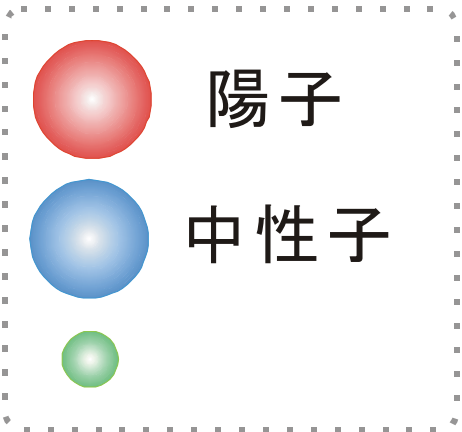
β線

質量分析計



陽子

中性子



液体シンチレーション
カウンティング
(LSC)

トリチウムの定量測定に関して

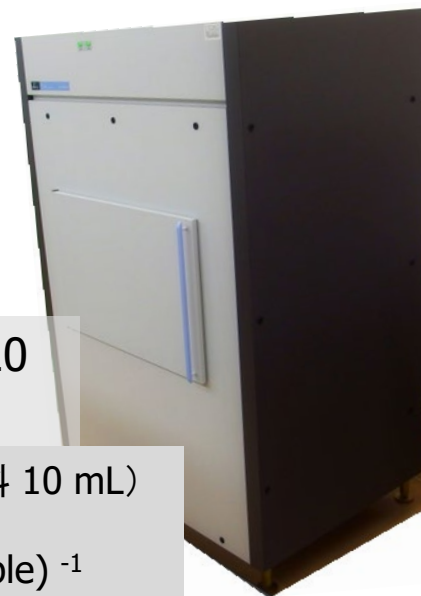
→ ^3H の壊変生成物 ^3He を測定
または酸化して水として回収
精製後LSC測定



検出下限 (供試料 10 mL)
濃度 : 0.02 Bq L^{-1}
量 : $0.2 \text{ mBq (sample)}^{-1}$

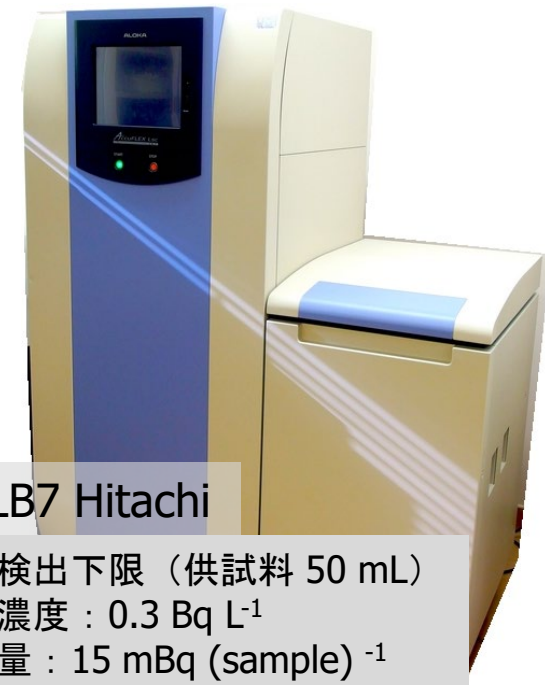
検出下限に
物理的な制約はない

Noblesse HR Chronos
Nu Instruments



Quantulus 1220
PerkinElmer

検出下限 (供試料 10 mL)
濃度 : 0.6 Bq L^{-1}
量 : $6 \text{ mBq (sample)}^{-1}$



LB7 Hitachi

検出下限 (供試料 50 mL)
濃度 : 0.3 Bq L^{-1}
量 : $15 \text{ mBq (sample)}^{-1}$

質量分析によるOBT測定



$$N({}^3\text{He}) = N_0 - N_1 = N({}^3\text{H}) (1 - e^{-\lambda t})$$

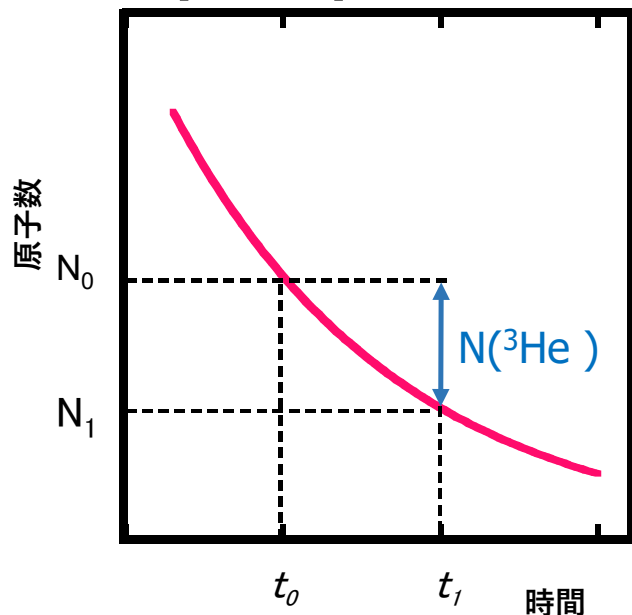
$N({}^3\text{H})$: ${}^3\text{H}$ 原子数

$N({}^3\text{He})$: ${}^3\text{He}$ 原子数

λ : 壊変定数

$${}^3\text{H} \text{ (Bq; 壊変 } s^{-1}\text{)}$$

$$= N({}^3\text{He}) / \text{貯蔵時間(s)}$$



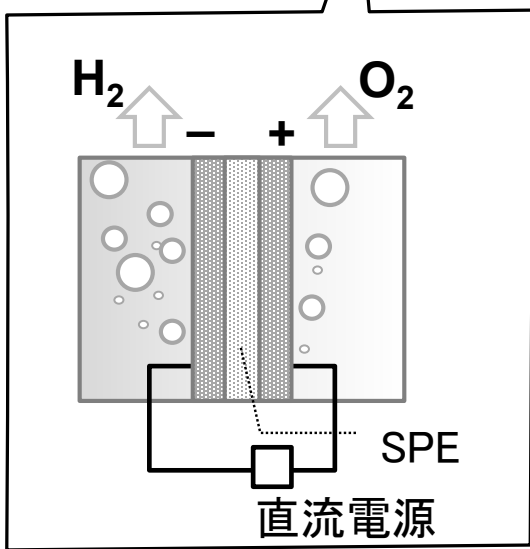
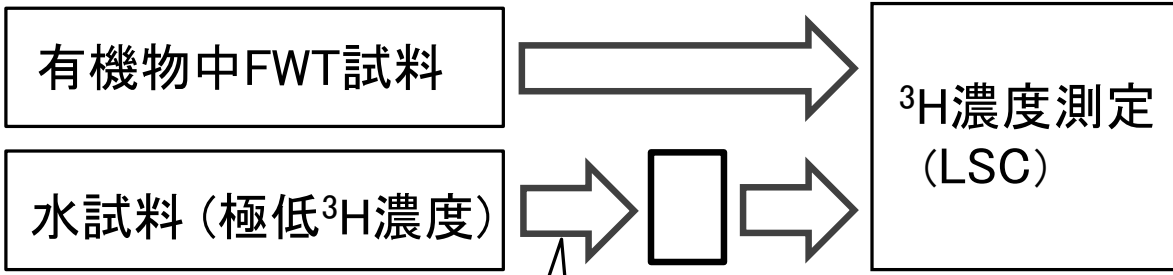
長所

- ✓ 測定感度が良い
- ✓ 非破壊分析である

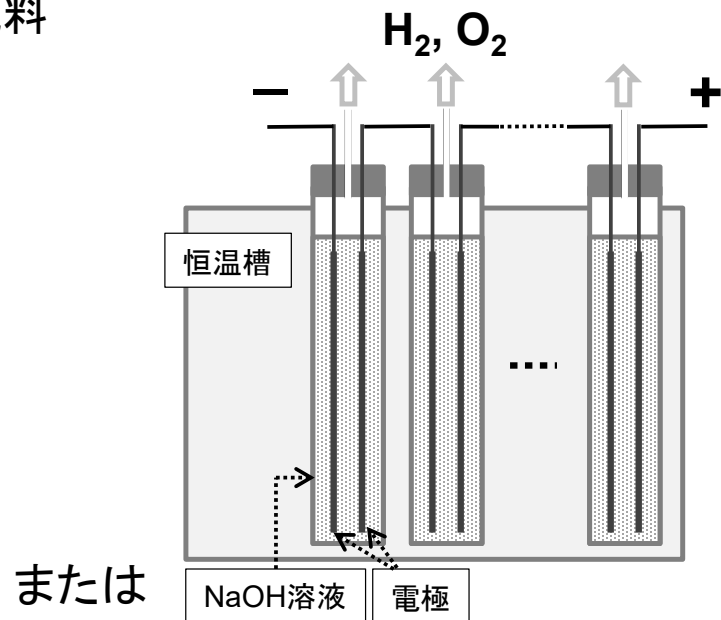


希ガス質量分析計
Noblesse HR Chronos
Nu Instruments

水試料中トリチウム分析



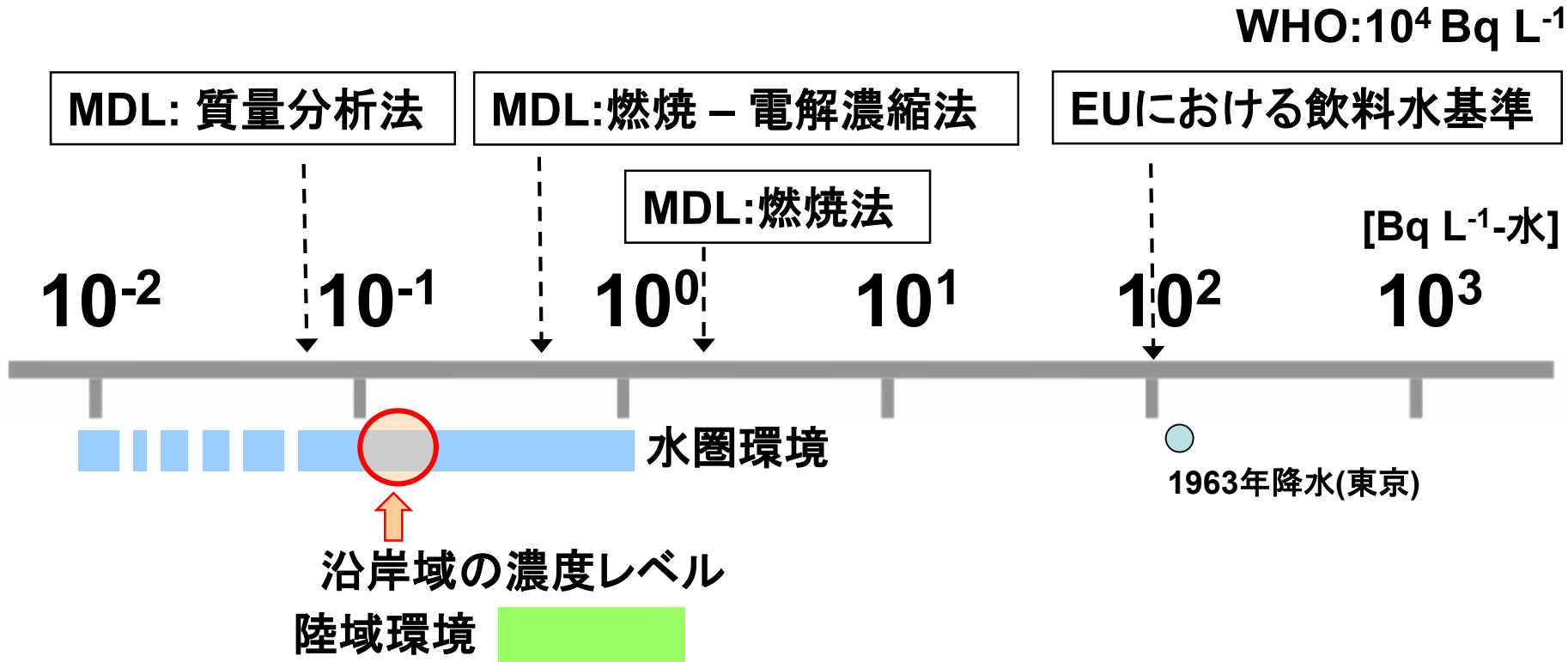
SPE電解
³H電解濃縮



または

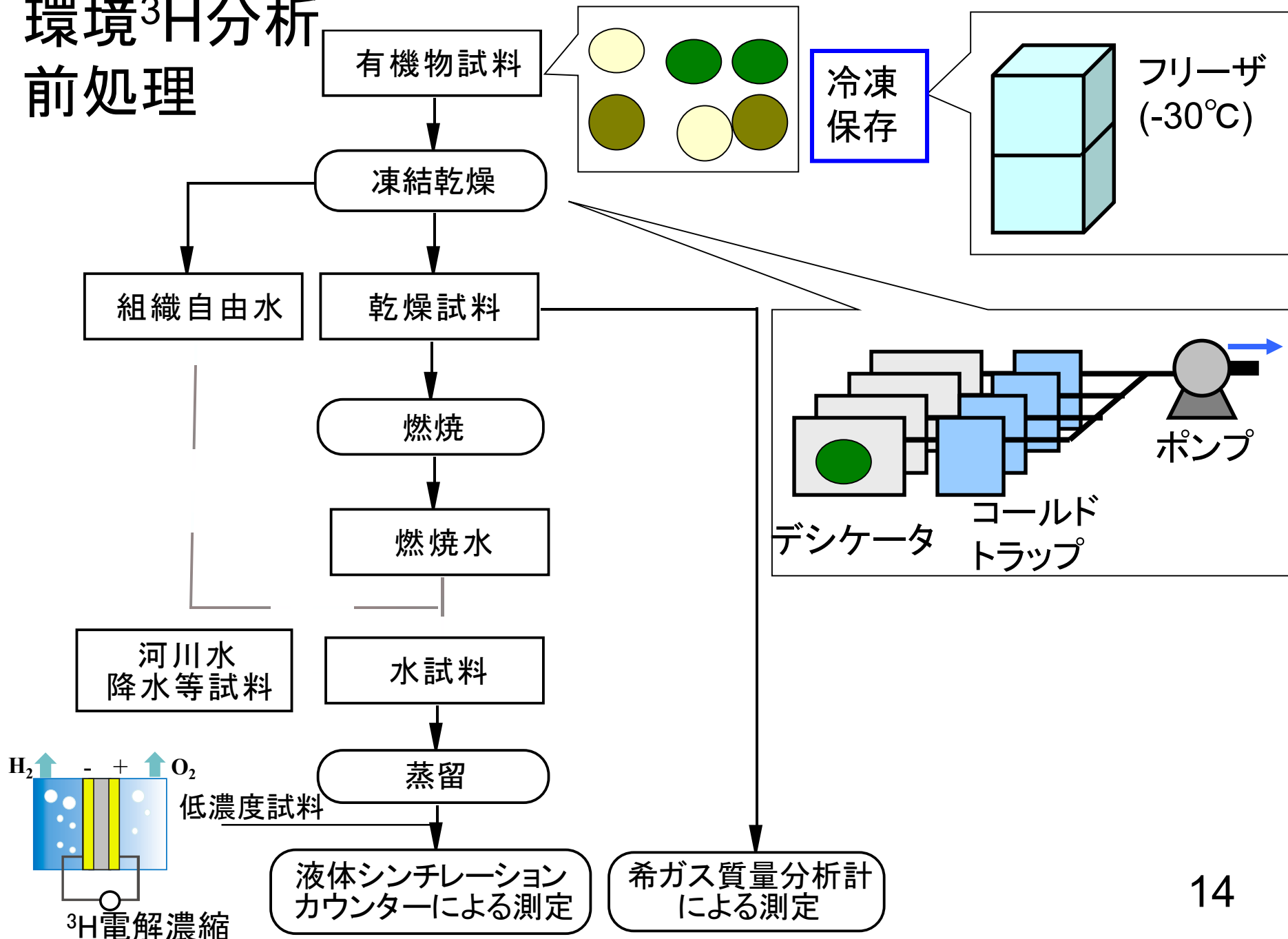
アルカリ電解

一般環境中の³H濃度レベル

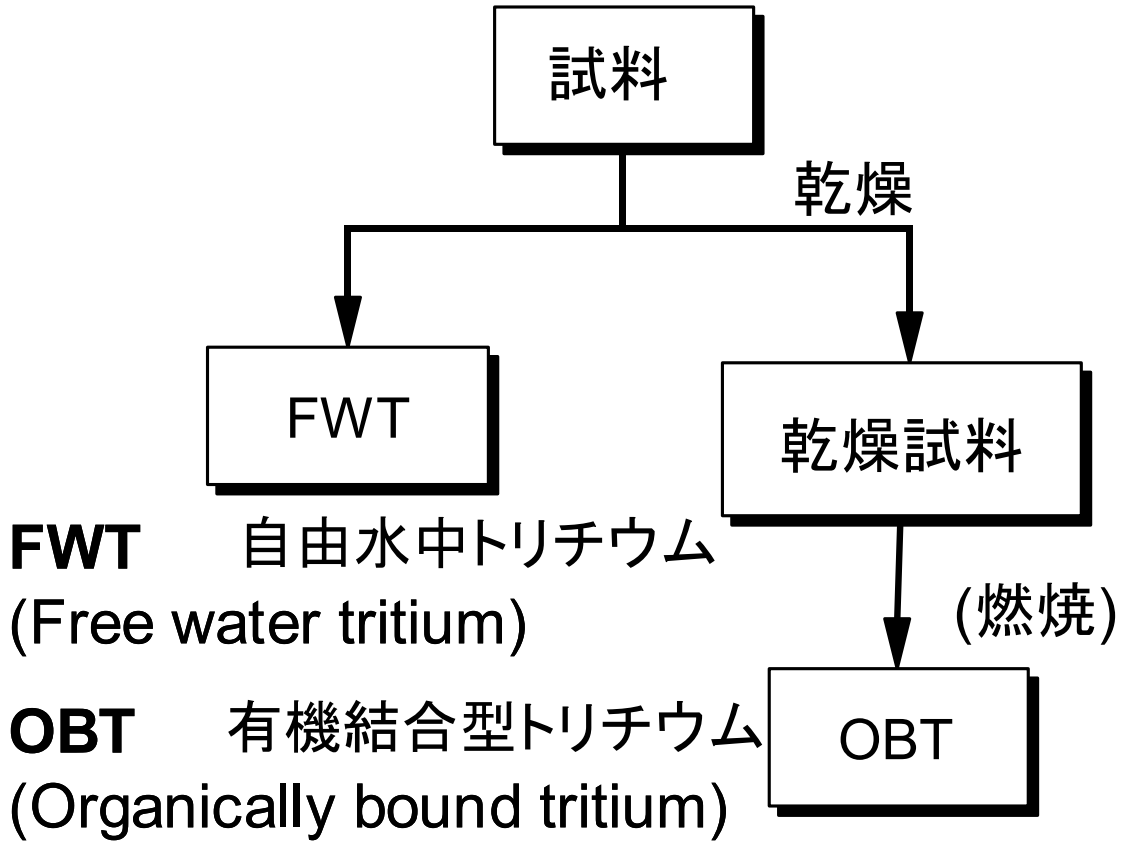


MDL: 検出下限

環境³H分析 前処理

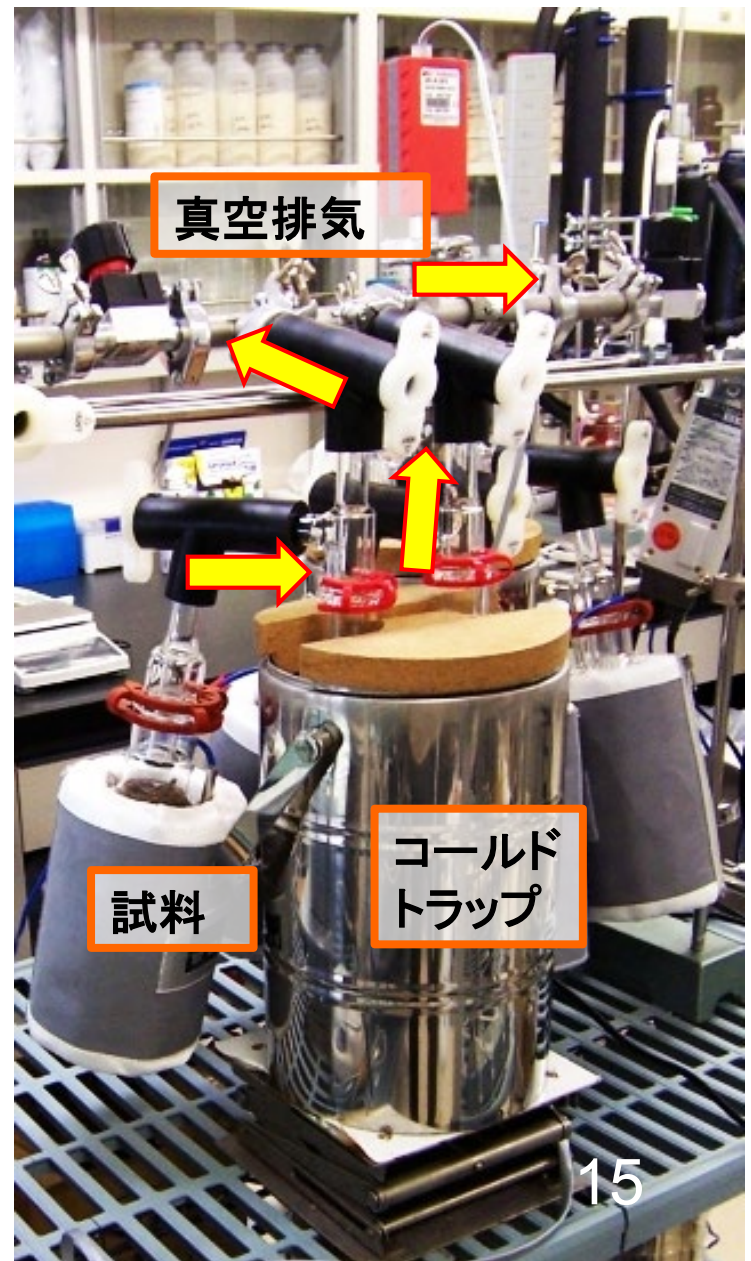


有機物中トリチウム

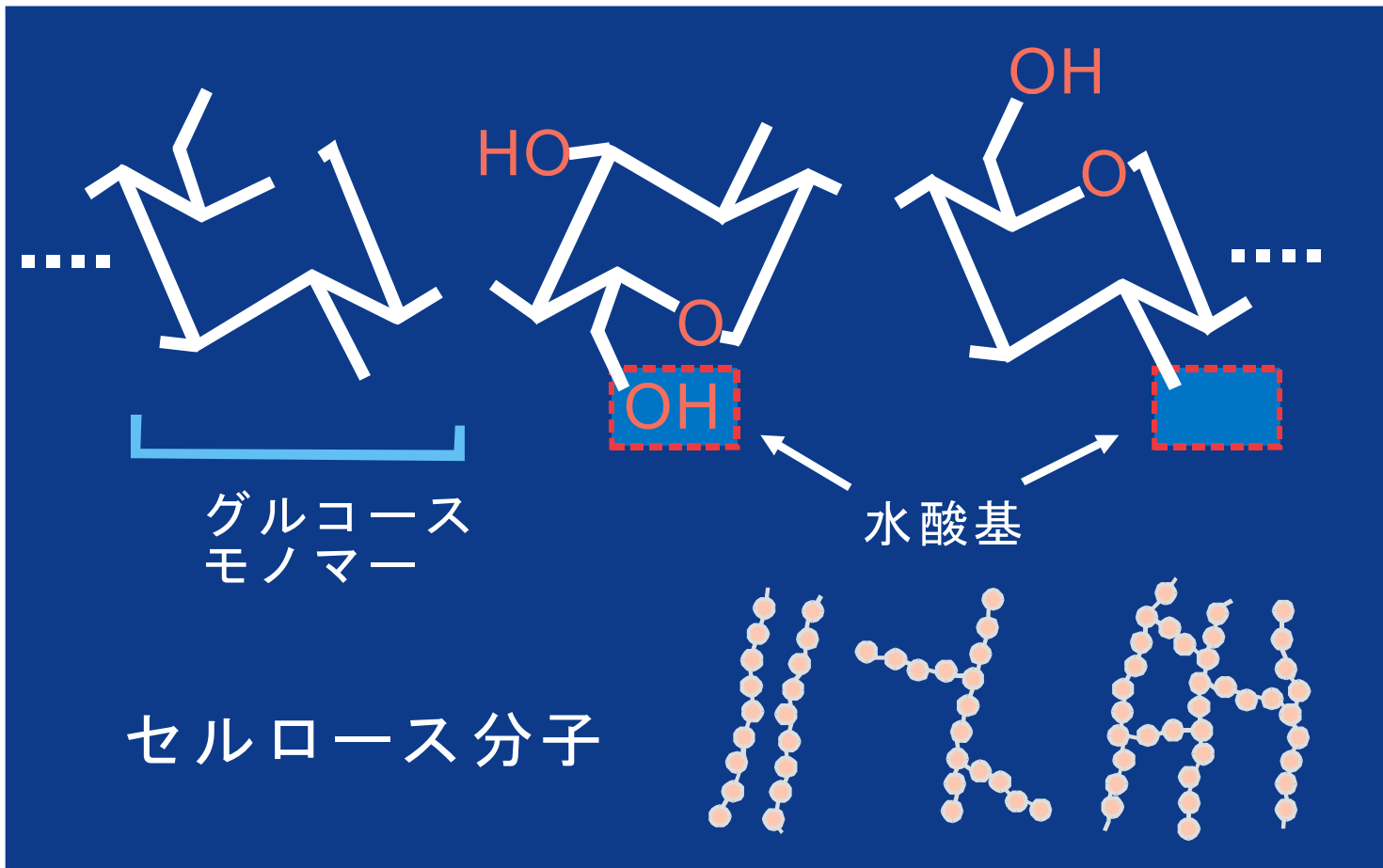


{ 交換型 OBT
非交換型 OBT 同位体交換の有無

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



有機物の例



Exchangeable H fraction: f_{ex}

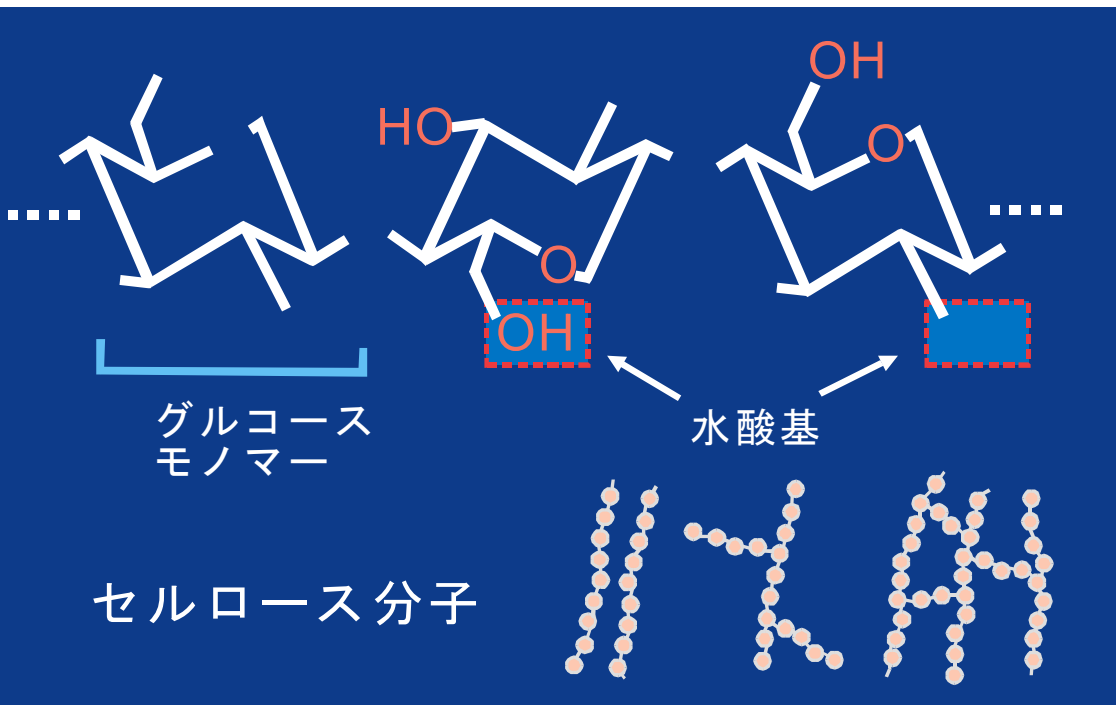
$$\text{OBT} = (1-f_{ex}) \text{Nx-OBT} + f_{ex} \text{Ex-OBT}$$

非交換型

交換型

OBT分析の問題点

有機物の例

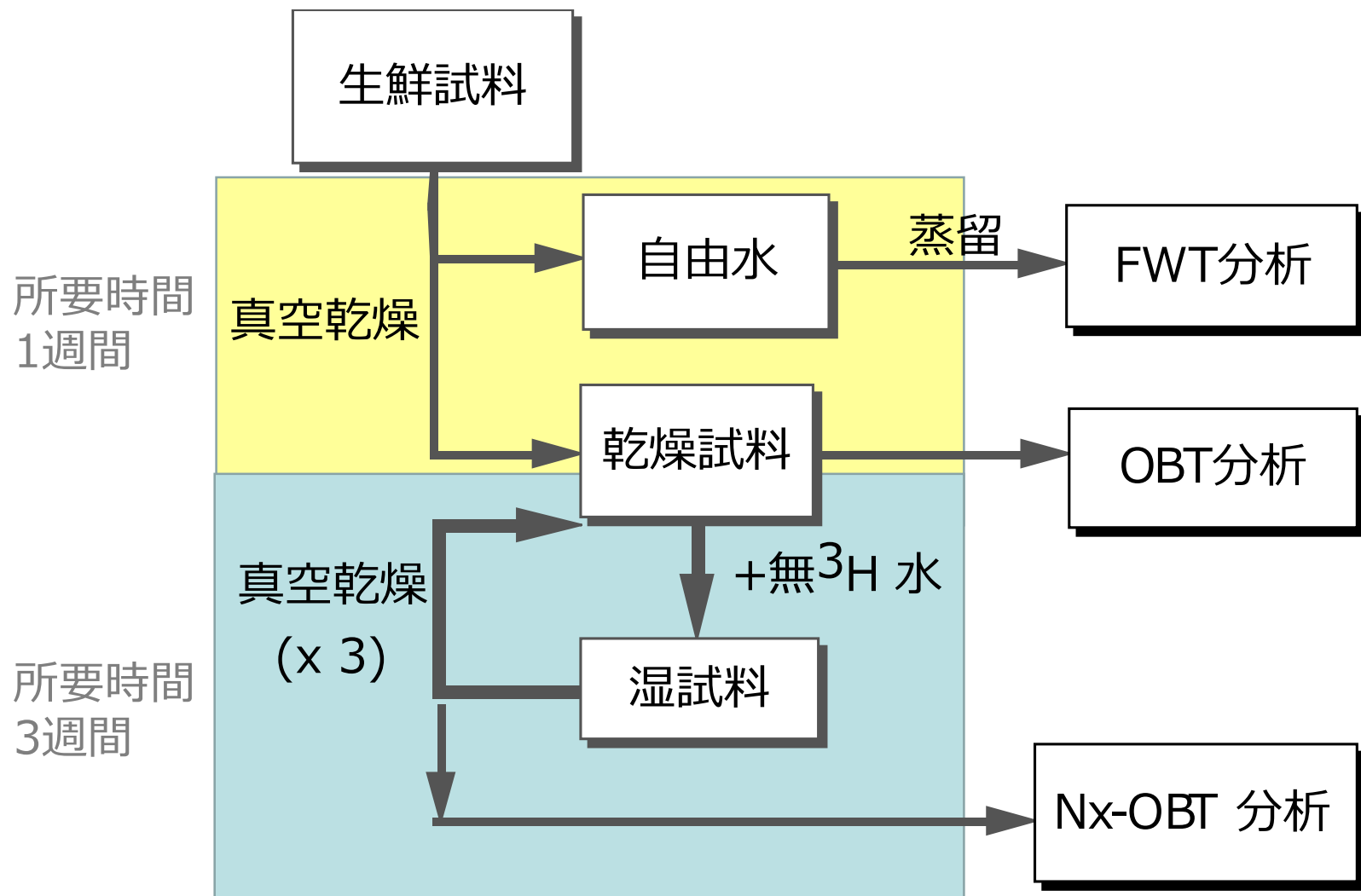


OBTは周辺に存在する水と同位体交換をする交換可能型OBT (exchangeable OBT; Ex-OBT) と炭素骨格に直接結合している非交換可能型OBT (nonexchangeable OBT; Nx-OBT) が存在

Nx-OBT/全OBT比

炭水化物	約70%
タンパク質	約70~90%
脂質	約90~100%

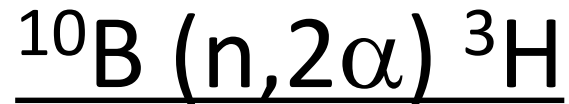
より詳細な有機物試料中トリチウム分析 の前処理工程



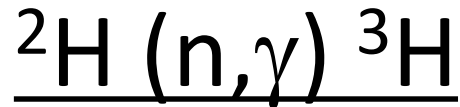
原子炉(BWR)由来トリチウム

トリチウム(^3H)生成反応

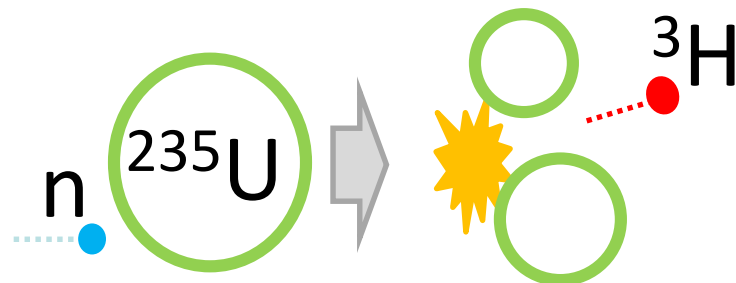
- ・ 制御棒中ボロン(B)と中性子(n)との反応



- ・ 重水と中性子との反応

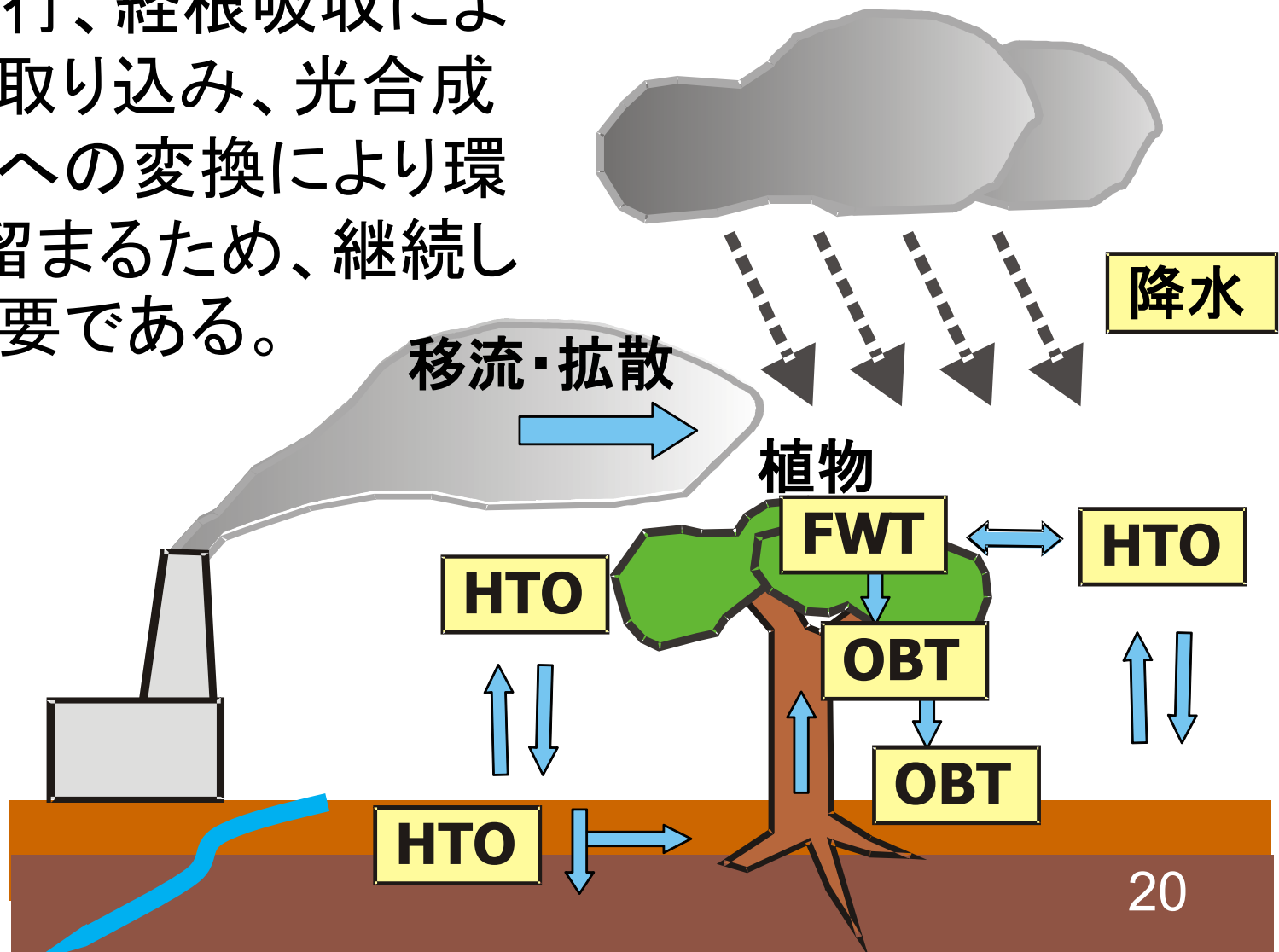


- ・ 三体核分裂

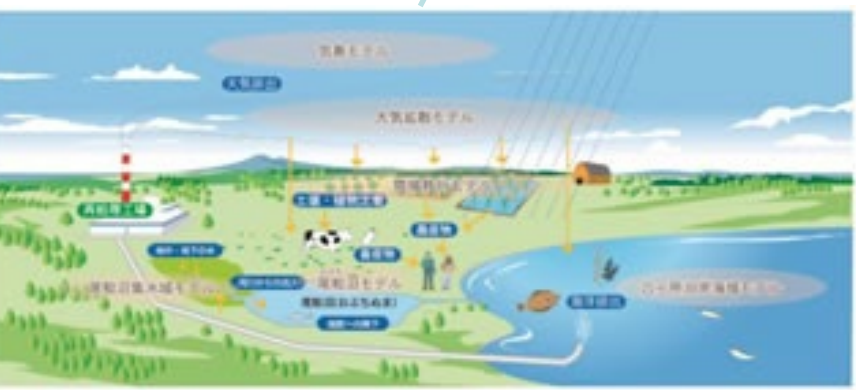
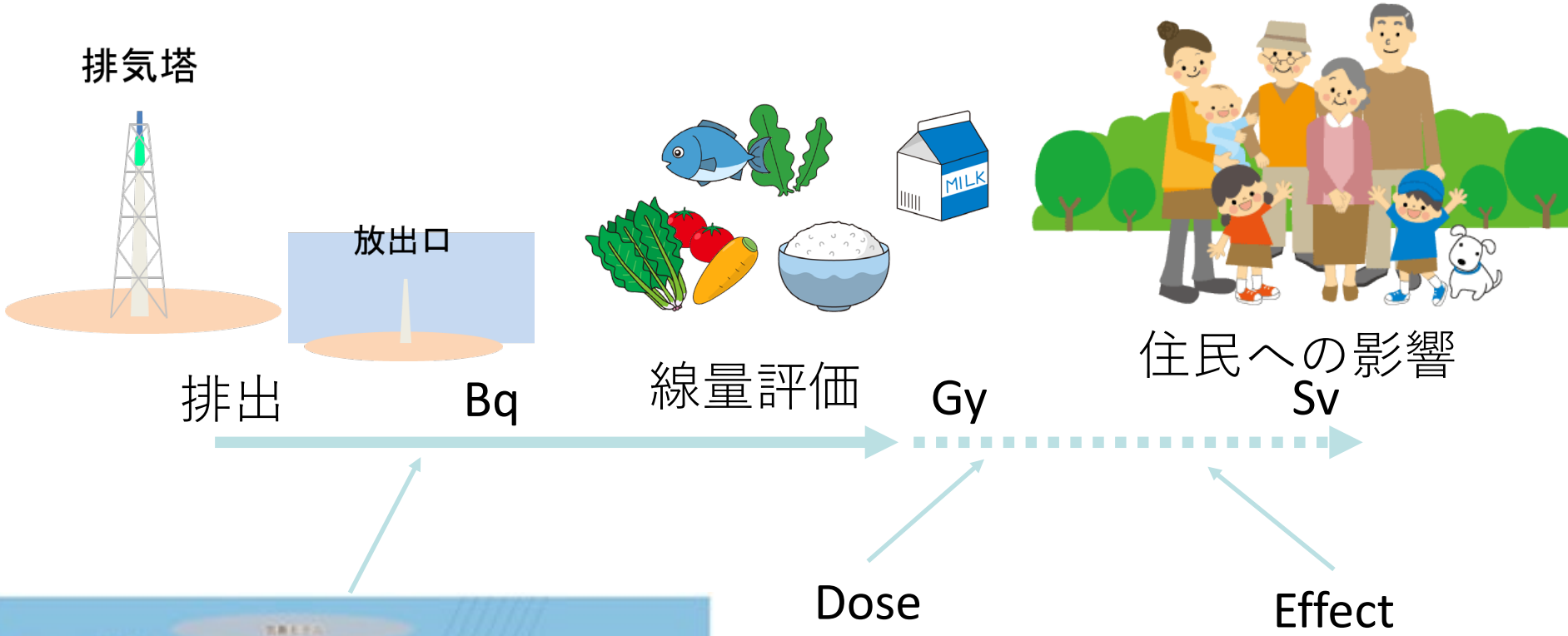


✓ 非定常時における環境中トリチウム挙動

土壤表面に沈着した³Hは、
深部への移行、経根吸収による植物への取り込み、光合成での有機物への変換により環境中に長く留まるため、継続した測定が必要である。

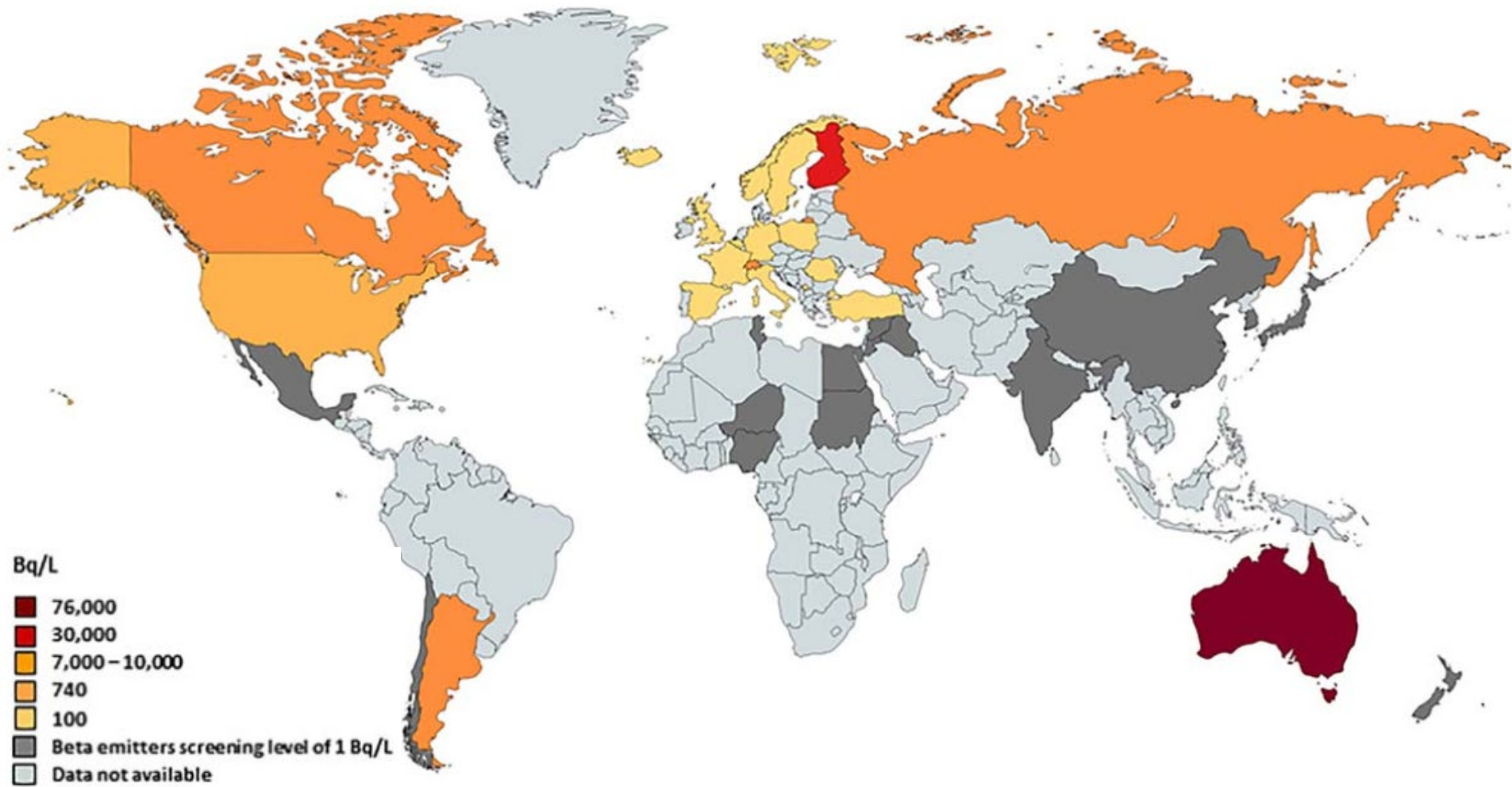


環境中トリチウムのヒトへの影響について一貫した説明

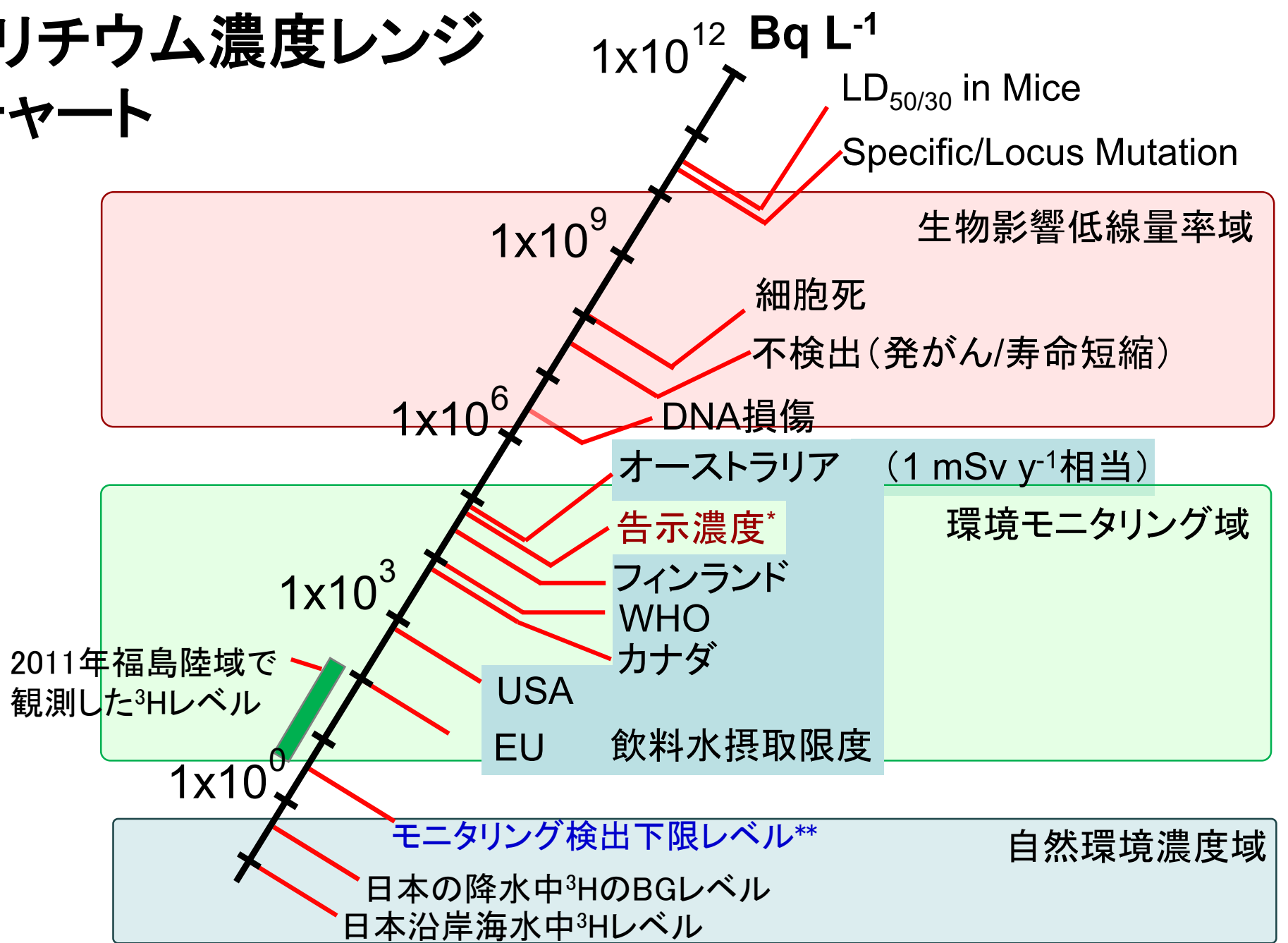


環境影響

規制に関するトリチウム濃度



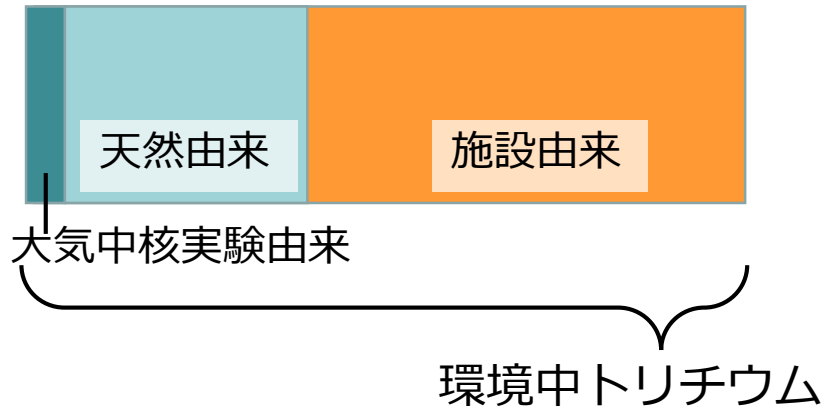
トリチウム濃度レンジ チャート



*告示濃度(周辺監視区域外の水中の濃度限度)

**原子力施設周辺モニタリングにおける検出下限値

まとめ



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。