



# 幌延における原子力機構 / 電中研共同研究成果 - 幌延地域における地下水年代調査 -

---

電力中央研究所 長谷川琢磨

札幌市教育文化会館

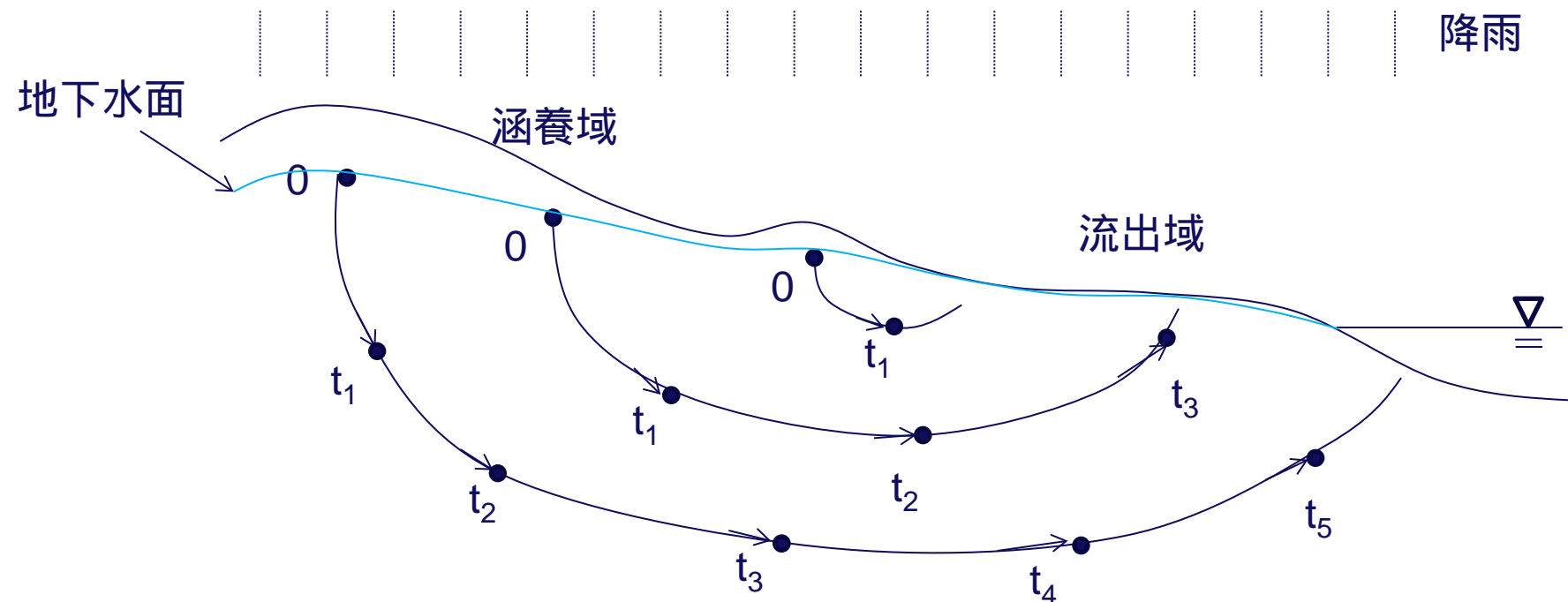
2014/8/22

 電力中央研究所

# 地下水年代とは

「地下水年代は、降水(雨、雪など)が地下に浸透し、地下水になってからの時間」

滞留時間とも呼ばれ、地下水の年齢のようなもの。



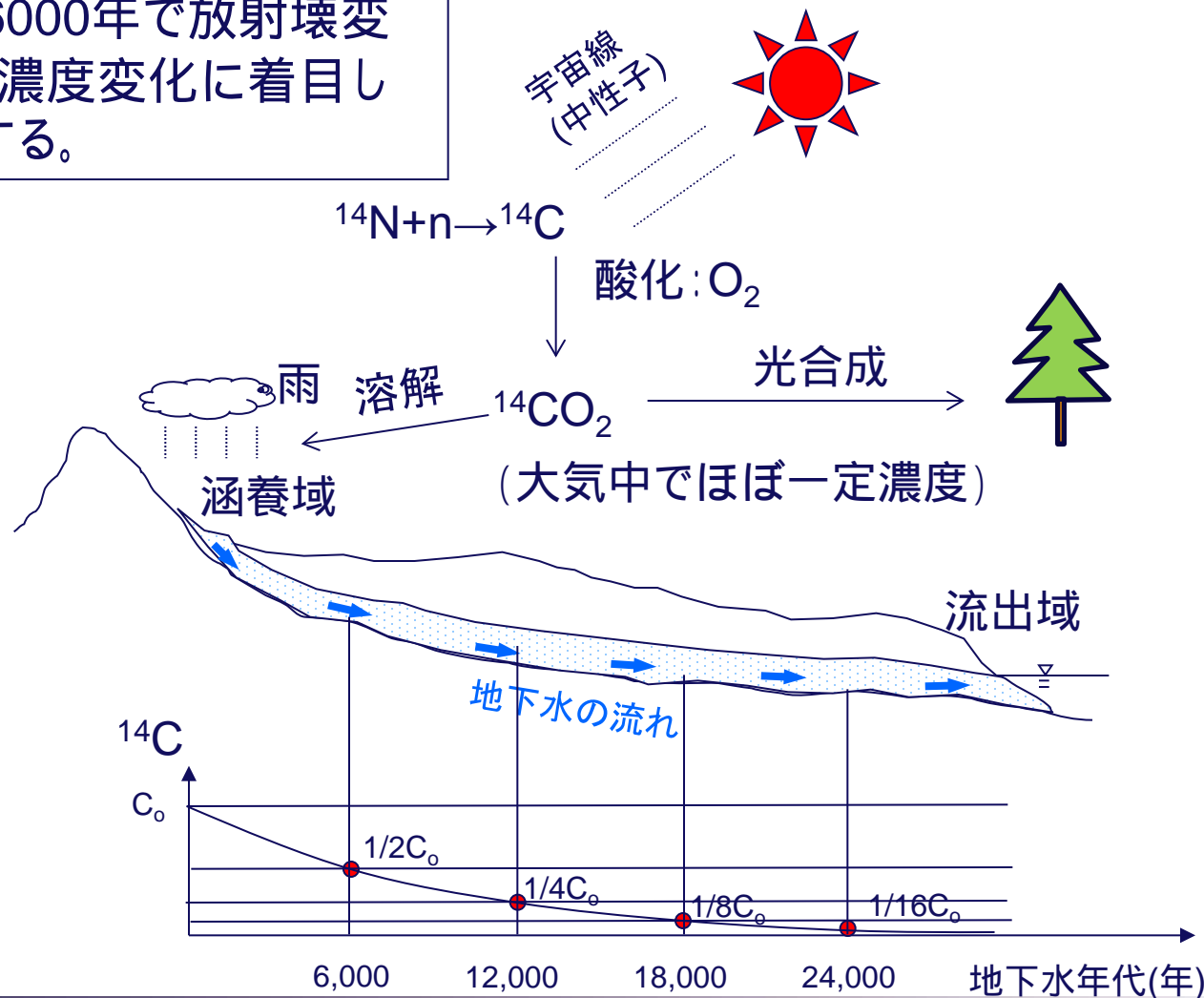
# 地下水年代の測定方法

- u 地下水に溶解している放射性物質の濃度変化に着目する方法 ( $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ など)
- u 地下水中に蓄積する物質の濃度変化に着目する方法 ( $^4\text{He}$ , Arなど)
- u 人為的な影響・古気候などによる地下水中の濃度変化に着目する方法 (フロンガス、水同位体など)

# 放射性物質の壊変に着目する方法

例)<sup>14</sup>C年代測定

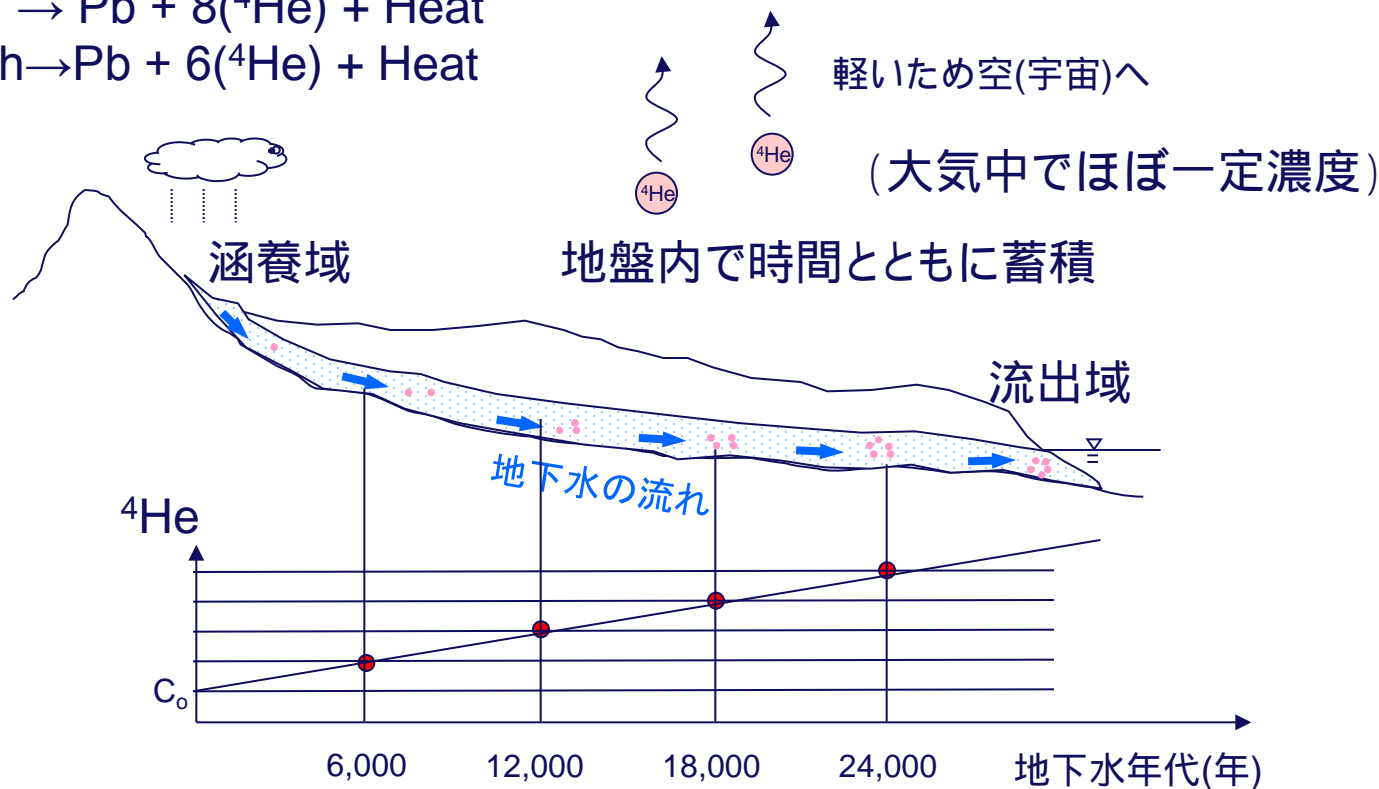
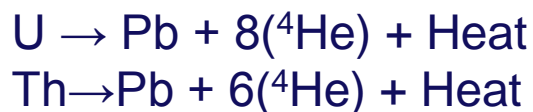
<sup>14</sup>C: 半減期約6000年で放射壊変するため、その濃度変化に着目して年代を推定する。



# 蓄積に着目する方法

例)  $^4\text{He}$ 年代測定

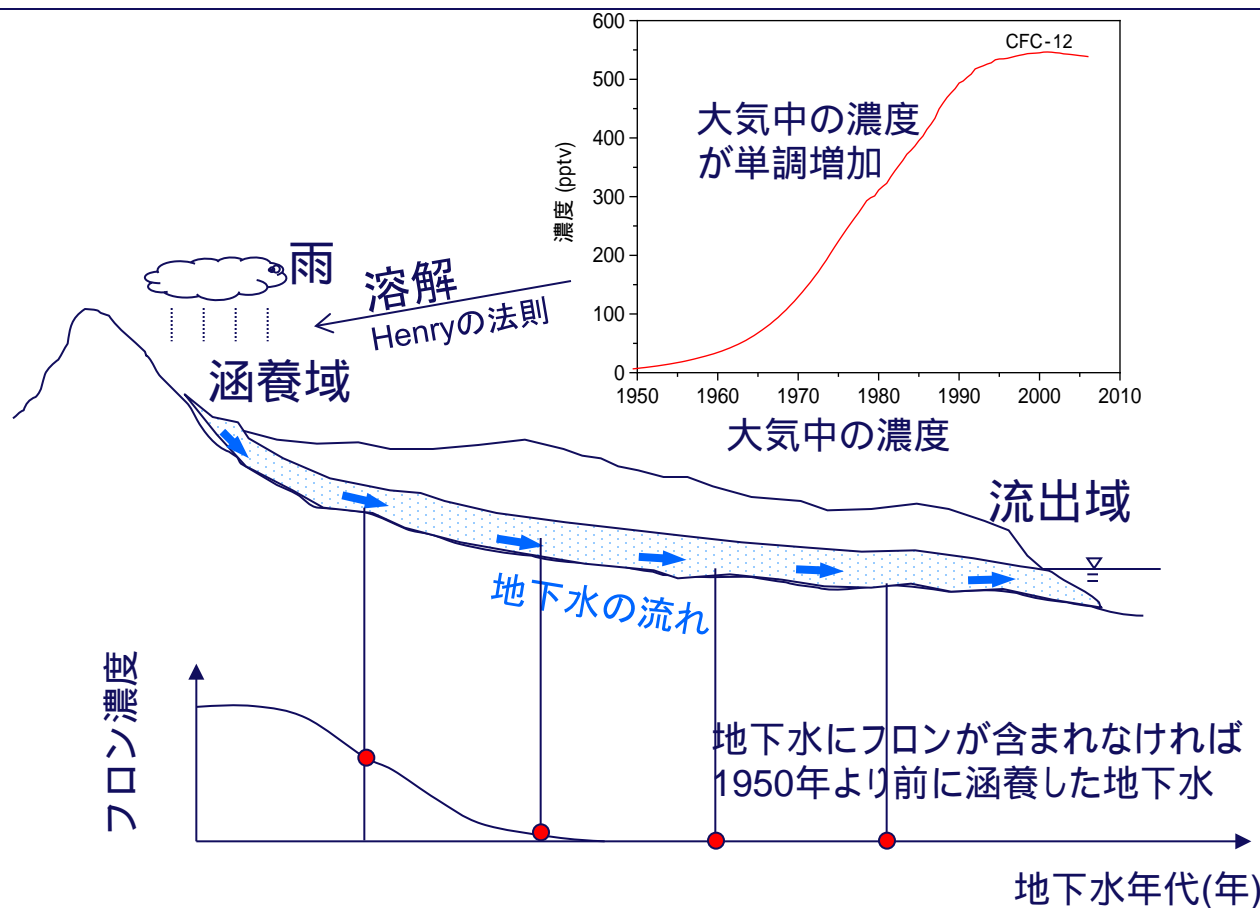
$^4\text{He}$ は地盤内に含まれるウラン(U)・トリウム(Th)の放射壊変で生成する。UとThの半減期は数十億年オーダーのため、ほぼ一定速度で生成し、時間とともに地下水中の濃度が増加する。



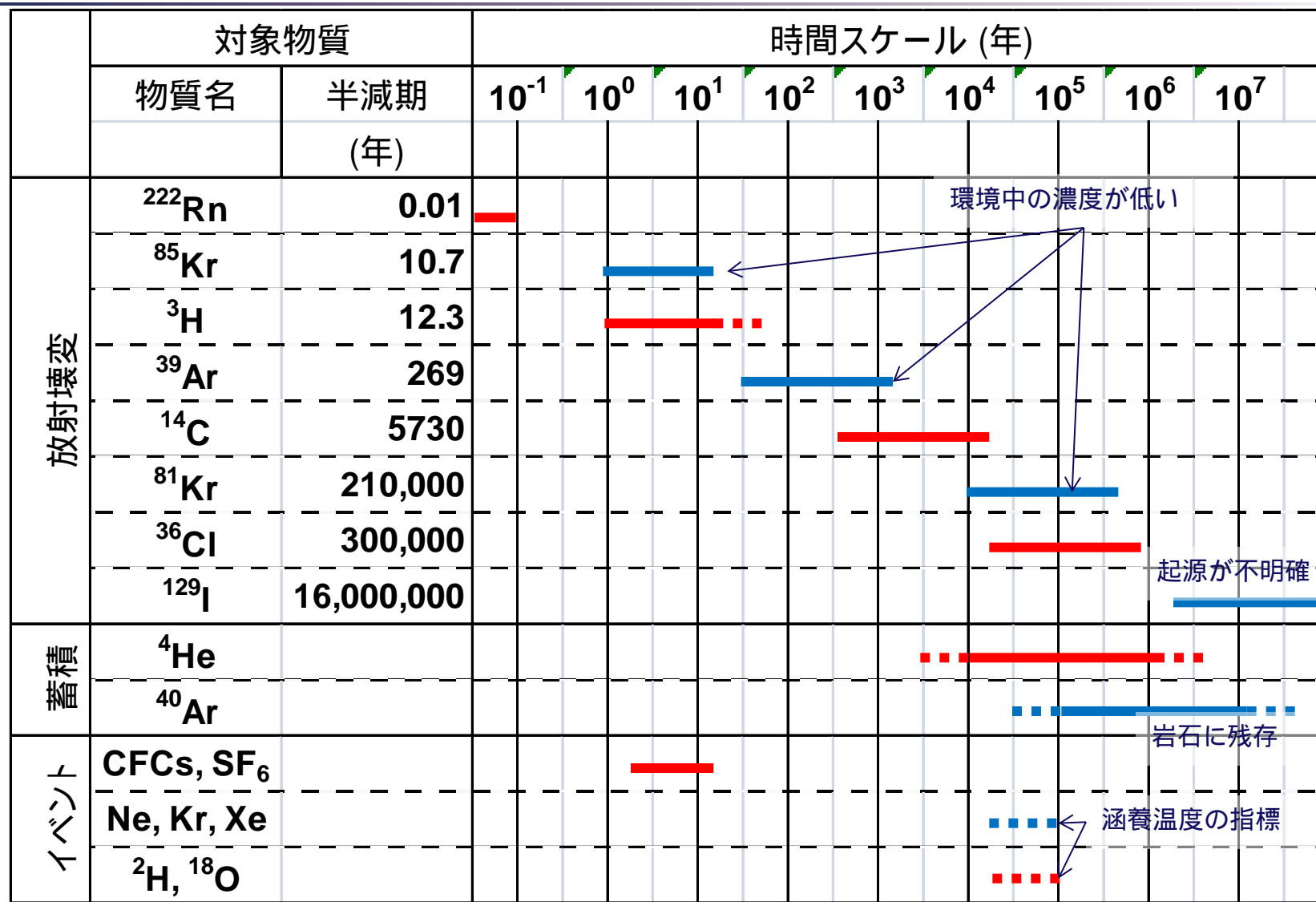
# イベントに着目する方法

例) フロンガス

1950年代から生産が開始され、大気中の濃度は単調増加している。大気中の濃度が増えると、地下水への溶存濃度も増えるため、その濃度から年代を推定する。



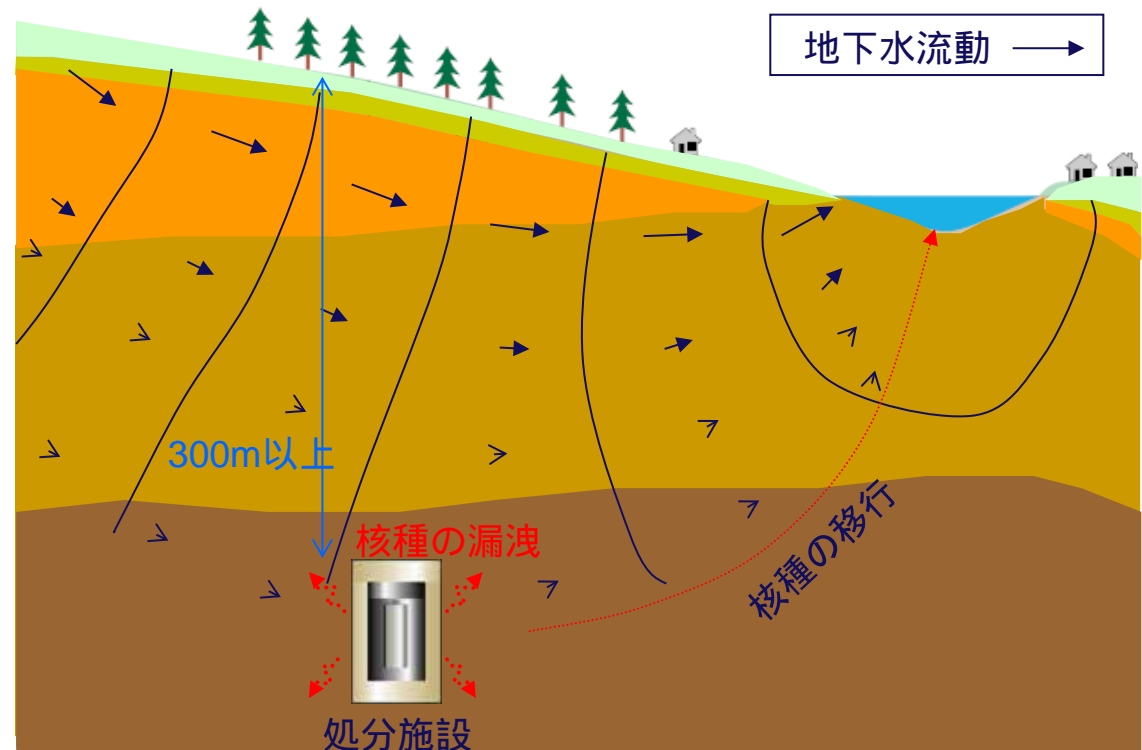
# 地下水年代測定法と適用範囲



# 地下水年代の意義

- ⌋ 放射性廃棄物処分では地下水シナリオが重要である。
- ⌋ 放射性物質は時間とともに放射壊変するため、滞留時間が長い方が濃度は低下する。
- ⌋ 地下水年代測定は自然に存在する放射性物質を用いて地下水流速(滞留性)を評価できる。
- ⌋ 特に遅い流速の評価に有効である。

\*非常に遅い流速を直接的に計測することは難しい。



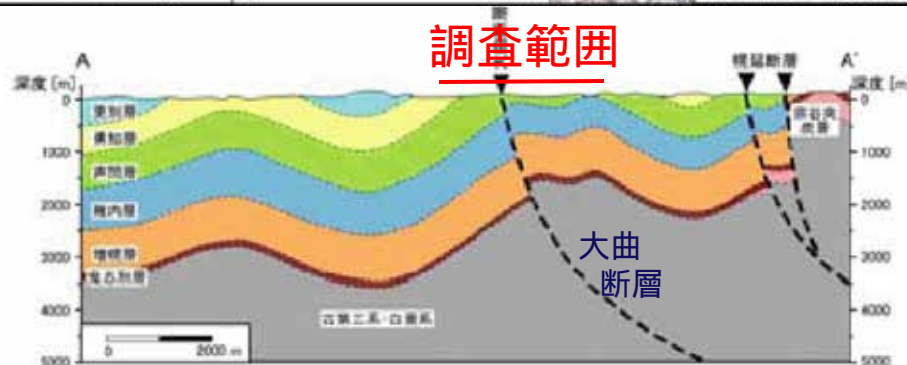
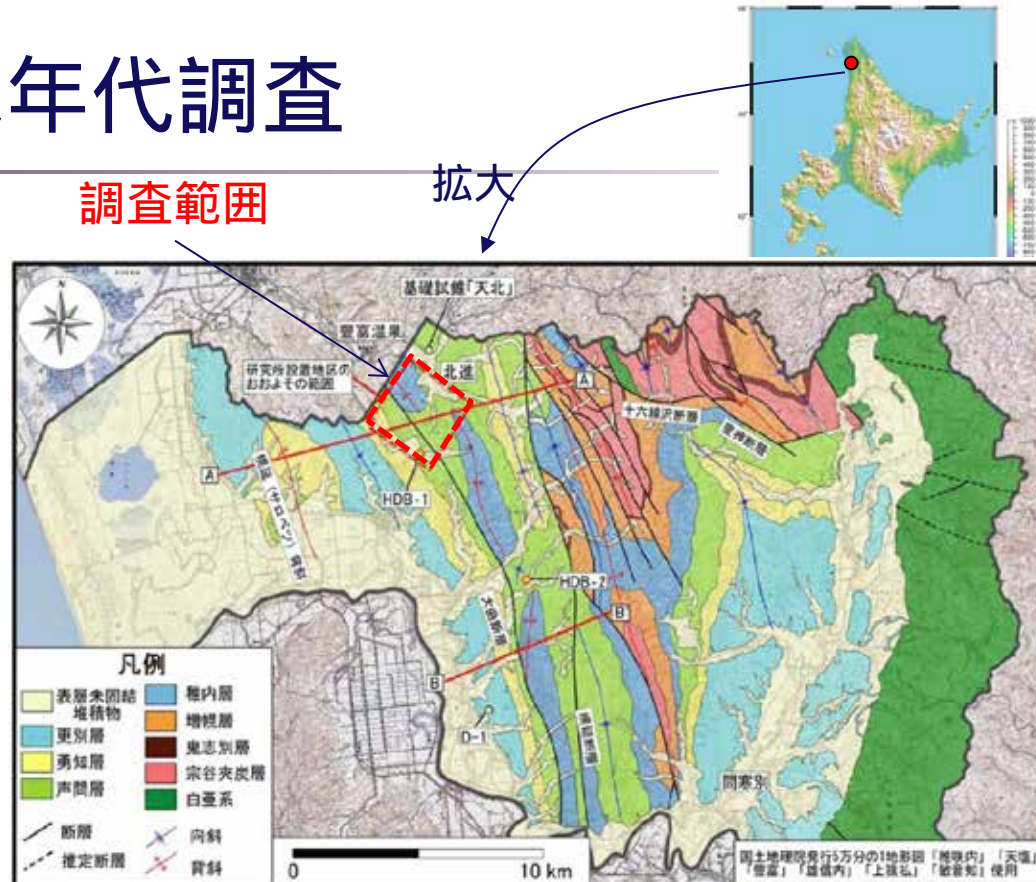
地下水シナリオの概念図



# 幌延地域での地下水年代調査

主に稚内層から岩石コアを採取し、 $^{36}\text{Cl}$ と $^4\text{He}$ による地下水年代測定を実施した。

地層名	声問層	稚内層
岩種	珪藻質泥岩	硬質頁岩
堆積年代	2 ~ 3 Ma	3 ~ 13 Ma
透水係数 (m/s)	$10^{-7} \sim 10^{-9}$	$10^{-5} \sim 10^{-11}$
間隙率	50 ~ 60%	30 ~ 40%



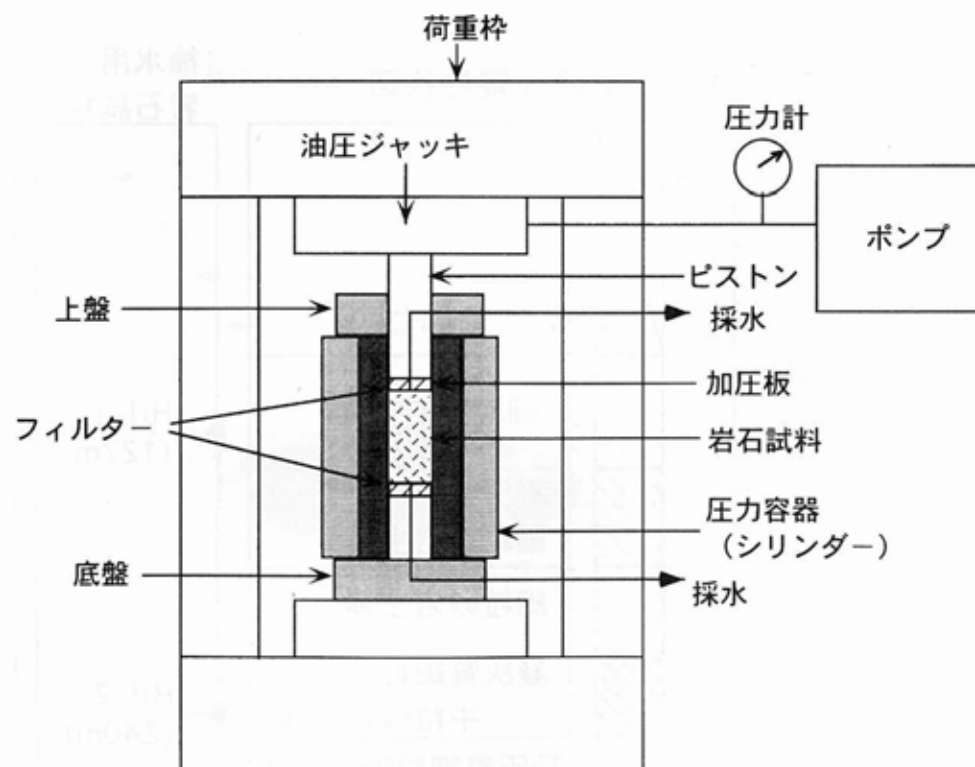
太田ほか(2007)を参照

# 地下水採取方法：圧縮抽水

低透水性の岩盤では地下水を採取することが困難なため、岩石コアを採取して地下水を取り出している。

例) 圧縮抽水  
岩石コアを圧縮することにより、水を搾って採取する方法

このほかに、リーチング、遠心分離などが良く用いられる。



圧縮抽水装置の概念図および写真

# 希ガス採取：岩石コア

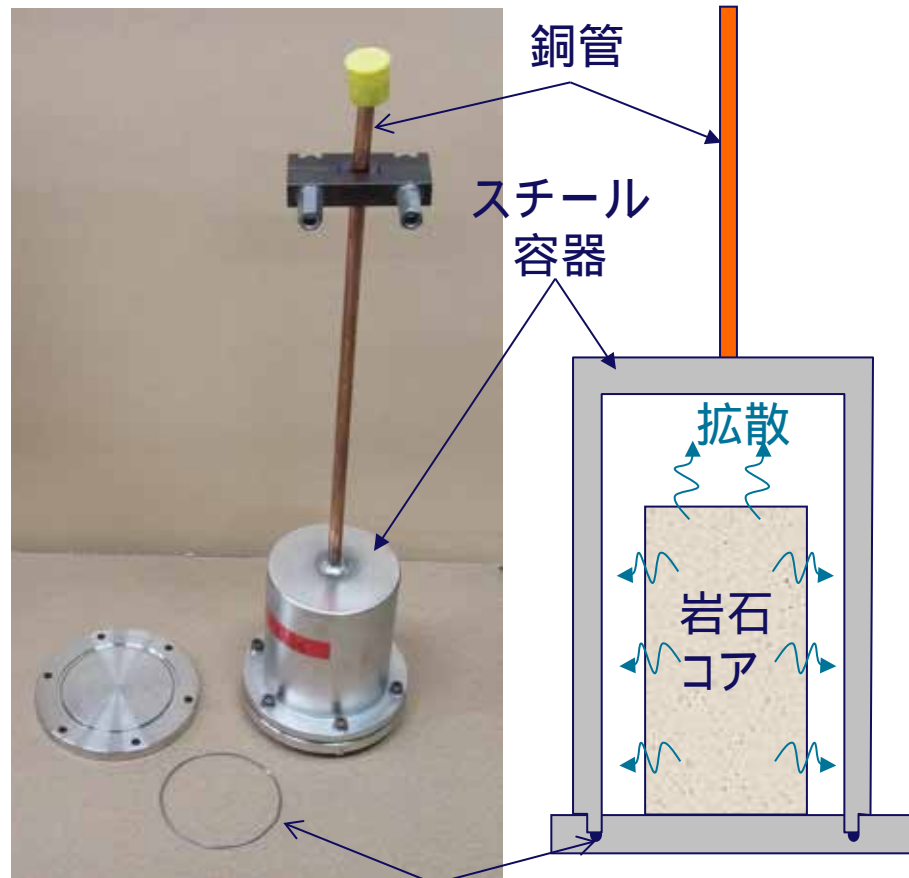


写真  
シール(鉛線)  
概念図

希ガス採取容器

地下水を採取することが困難な場合には、岩石コアを用いて希ガスを分析する技術を適用している。

1. 岩石を容器の中に入れる。
2. 容器を密閉する。



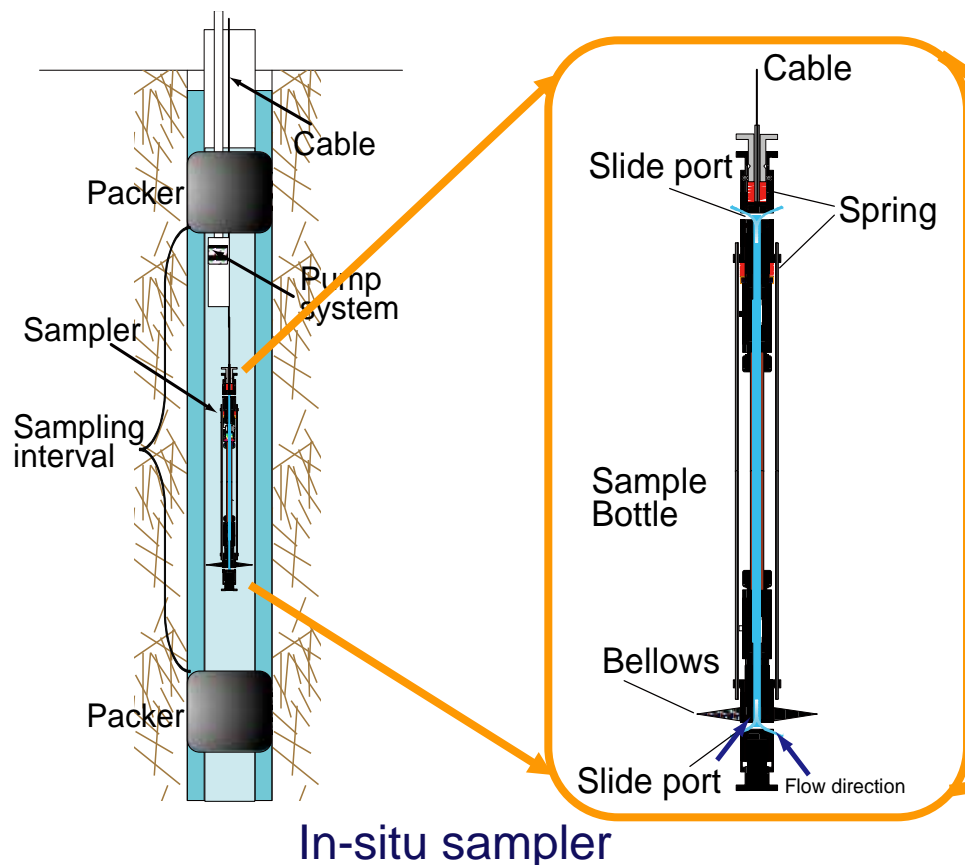
3. 容器内から空気を脱気する。  
(空気による汚染防止)



4. 容器を3ヶ月程度安置し、希ガスが拡散で出てくるのを待つ。
5. 希ガスを分析する。

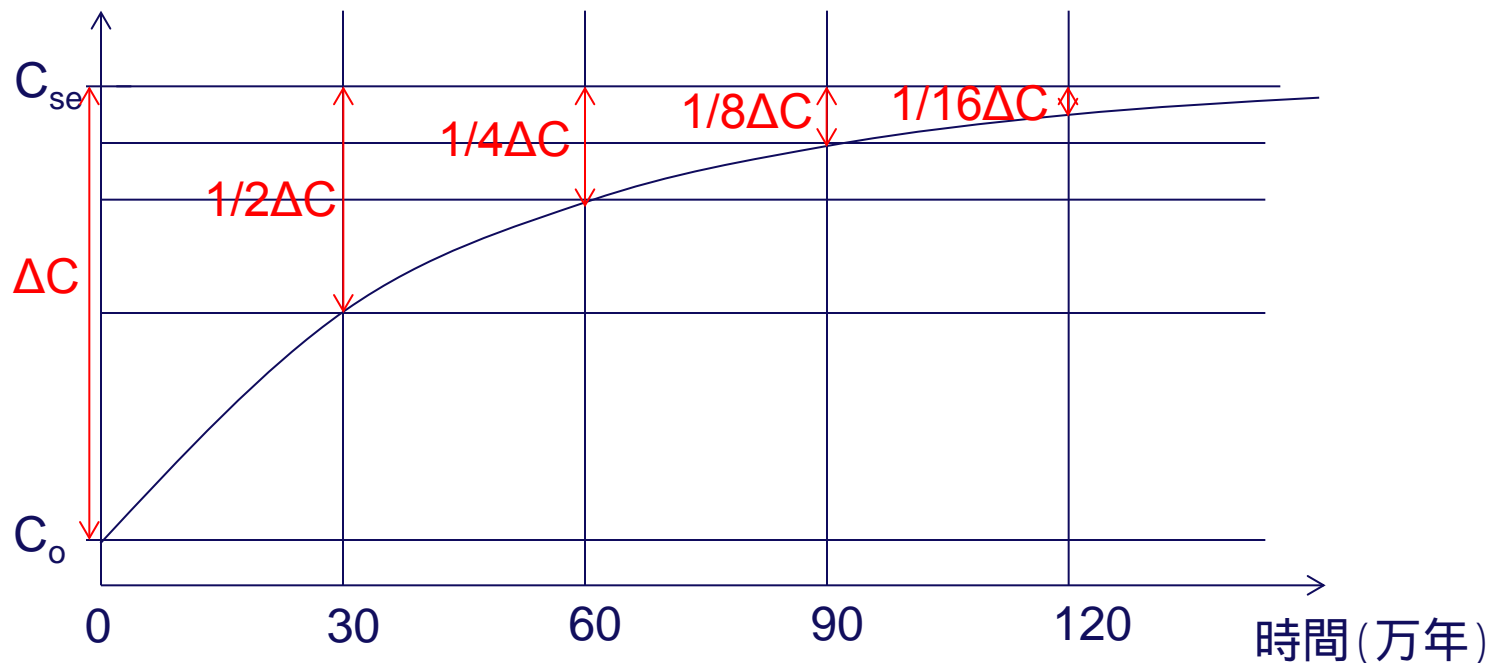
# 希ガス採取：原位置採水装置

- u 溶存ガスは圧力が低下すると分離(脱ガス)するため、原位置にサンプラーを降ろして採取する。
- u スライド式止水弁を備えており、おもりを落とすことにより原位置で作動させる。



# 幌延での $^{36}\text{Cl}$ 年代測定

- 初期は海水 ( $^{36}\text{Cl}/\text{Cl} \quad 0.5 \times 10^{-15}$ )
- 時間とともに岩石中で生成し、濃度が増加
- 半減期毎に平衡値との差の1/2近づく
- 最終的に平衡値に近づく (100万年以上)



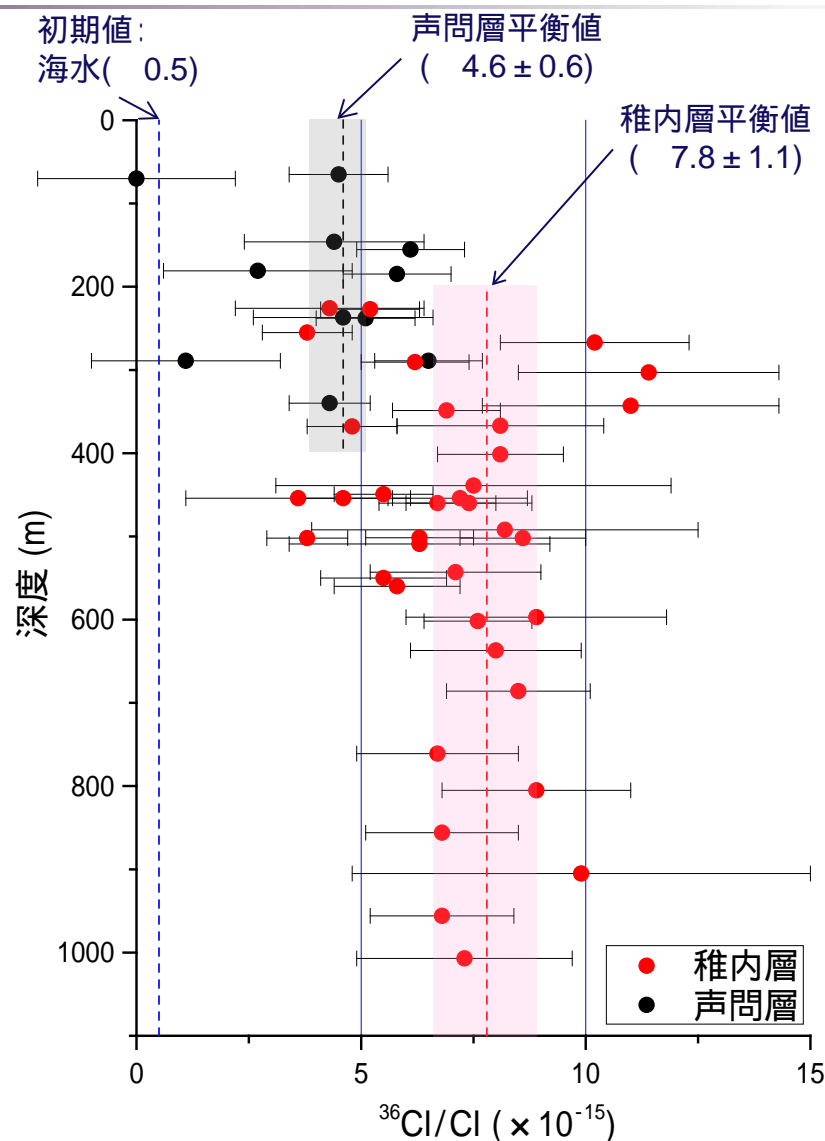
# 幌延での $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 分析結果

幌延深地層研究所周辺のボーリングコアを採取し、圧縮抽水、リーチングにより間隙水を採取し、 $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ を分析した。

- 海水( 0.5)が初期のため、有意に放射化されている。
- 稚内層の $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ は、深部において原位置平衡値程度  
→100万年以上の $^{36}\text{Cl}$ 年代

原位置平衡値(計算値)

- 声問層： $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}_{\text{se}} = 4.6 \pm 0.6 \times 10^{-15}$
- 稚内層： $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}_{\text{se}} = 7.8 \pm 1.1 \times 10^{-15}$



# $^4\text{He}$ 年代測定原理

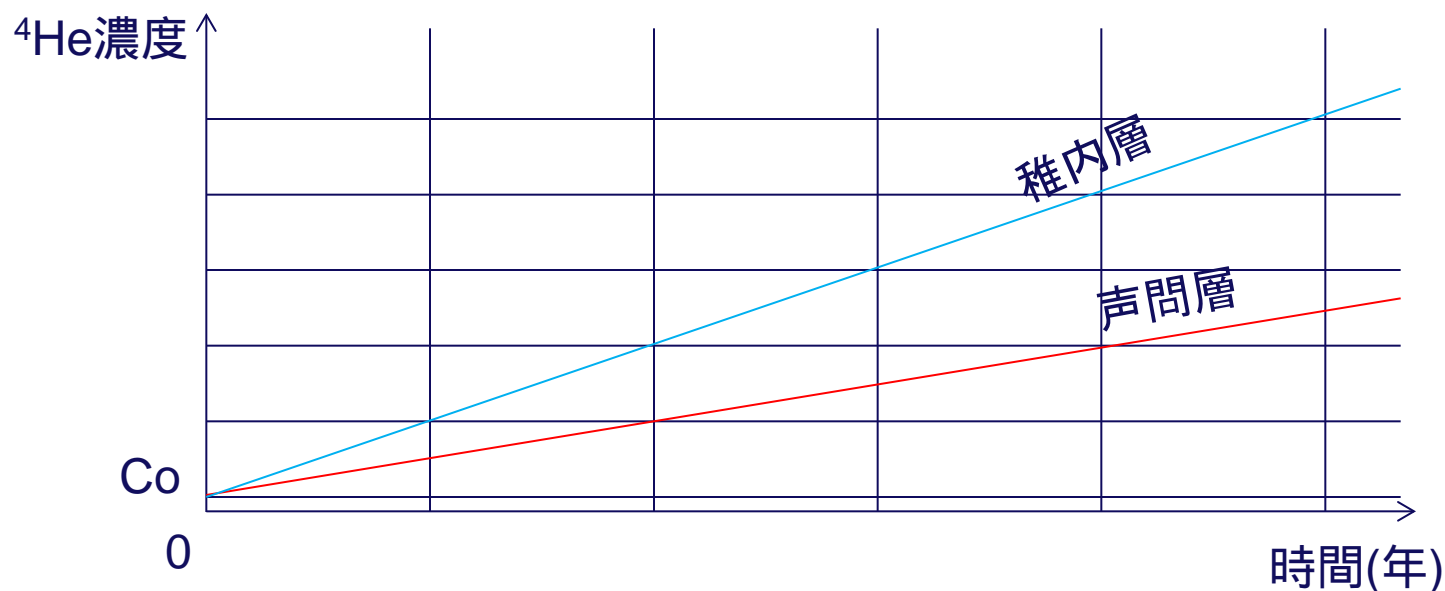
$^4\text{He}$ 年代は、地盤中に含まれるウラン・トリウムの変換により、蓄積するとして推定

初期値： $4.8 \times 10^{-8} \text{ cc}_{\text{STP}}/\text{g}_w$  (大気平衡濃度)

蓄積速度：声問層： $1 \times 10^{-12} \text{ cc}_{\text{STP}}/\text{g}_w\text{y}$

稚内層： $2 \times 10^{-12} \text{ cc}_{\text{STP}}/\text{g}_w\text{y}$

単位： $\text{cc}_{\text{STP}}/\text{g}_w$   
 1gの水に標準温度・圧力でどれだけの $^4\text{He}$ が溶けているかを示している。



# 幌延での<sup>4</sup>He濃度分析結果

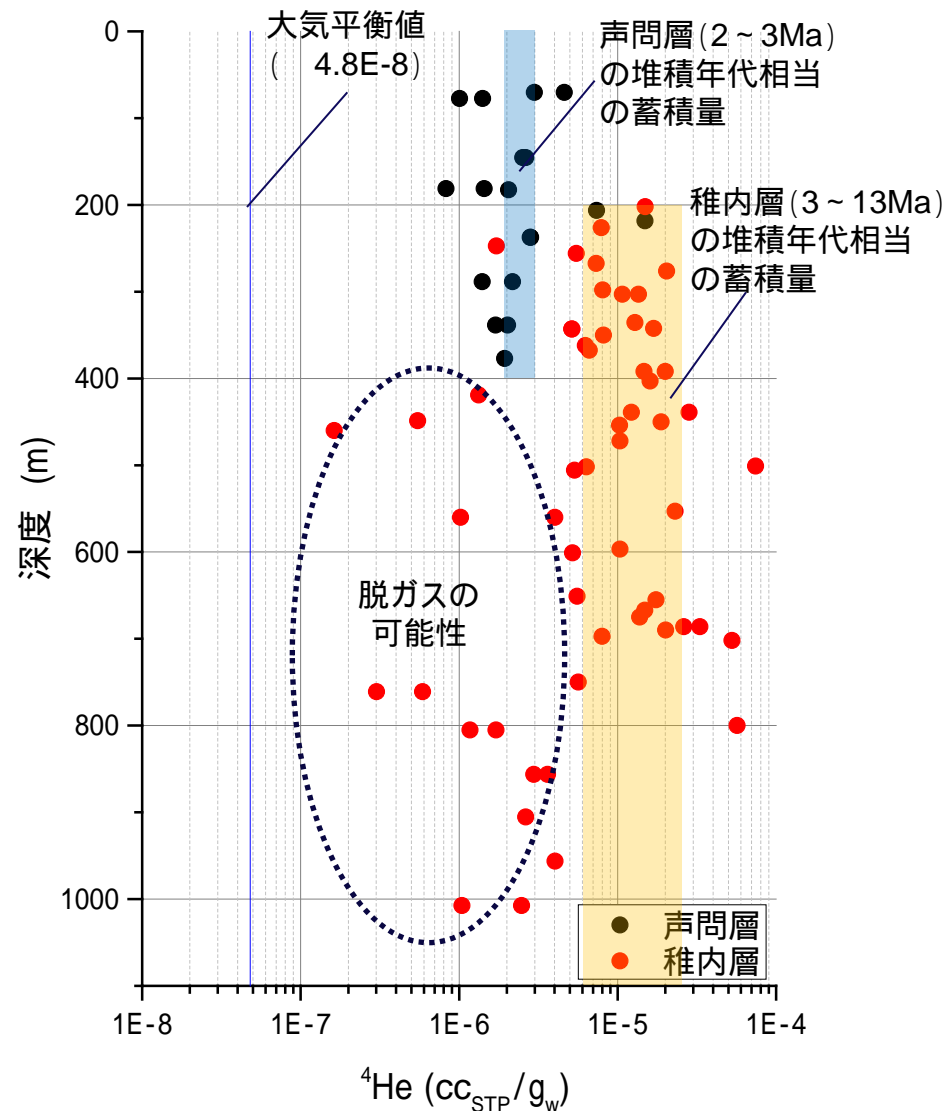
<sup>4</sup>He濃度は、声問層と稚内層の地質年代に相当する程、蓄積が進んでいる。

\*深部では<sup>4</sup>He濃度は低いが、圧力解放による脱ガスの影響と考えられる。特に、深部岩盤では、メタンガスを多く含み、脱ガスが起こりやすい。

蓄積速度:

声問層:  $1 \times 10^{-12}$  cc<sub>STP</sub>/g<sub>w</sub>y

稚内層:  $2 \times 10^{-12}$  cc<sub>STP</sub>/g<sub>w</sub>y





# 主な成果

- U  $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ は放射平衡値程度であるため、 $^{36}\text{Cl}$ 年代は100万年以上と推定される。
- U  $^4\text{He}$ 蓄積量は、数百万～一千万年分に相当するほど、蓄積している。これは堆積年代と同程度であり、地下水は堆積時からほとんど動いていないと推定される。

以上の結果から、幌延地域の深部地層では、堆積時に取り込まれた海水(化石海水)が残留していると推定される。

# 主な課題

U  $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ の分析結果はバラツキが大きい。

→分析精度が低い。

→発生源(ウラン、トリウム)が偏在している可能性がある。

U  $^4\text{He}$ の分析結果はバラツキが大きい。

→メタンガスなどが多く、脱ガスしやすい。

U  $^4\text{He}$ の起源が不明確である。

→外部から流入している可能性があり、地下水年代を過大評価している可能性がある。

## おわりに

- u 地下水年代測定により地下水の流れが十分に遅いことを示すことができた。
- u 地下水年代が若ければ、地下水が流れていることを示すことができる。
- u 地下水年代により、地下深部の非常に遅い地下水の流れの理解が進むことを期待している(地下水年代測定技術の認知度があがるように努力していきたい)。

# 謝辞

本研究は、経済産業省からの受託研究「岩盤中物質移行高度化開発」などにおいて実施したものである。

馬原保典京都大学名誉教授をはじめとする検討委員会委員各位には、調査方法や結果の解釈についてご助言をいただいた。

JAEAの共同研究関係者には、岩石コア・地下水のサンプリングにご協力いただき、解釈などについて議論していただいた。