

水素生成増進可能性評価に向けた基盤的地質情報整備

山崎 徹

国立研究開発法人産業技術総合研究所 地質情報研究部門

ご注意

本資料で示した岩石・地域等は、説明を理解するために分かりやすいと思われる例であり、**天然水素の採掘や増進に有望な地域を意味するものではありません**

2025年10月28日

天然水素ワークショップ

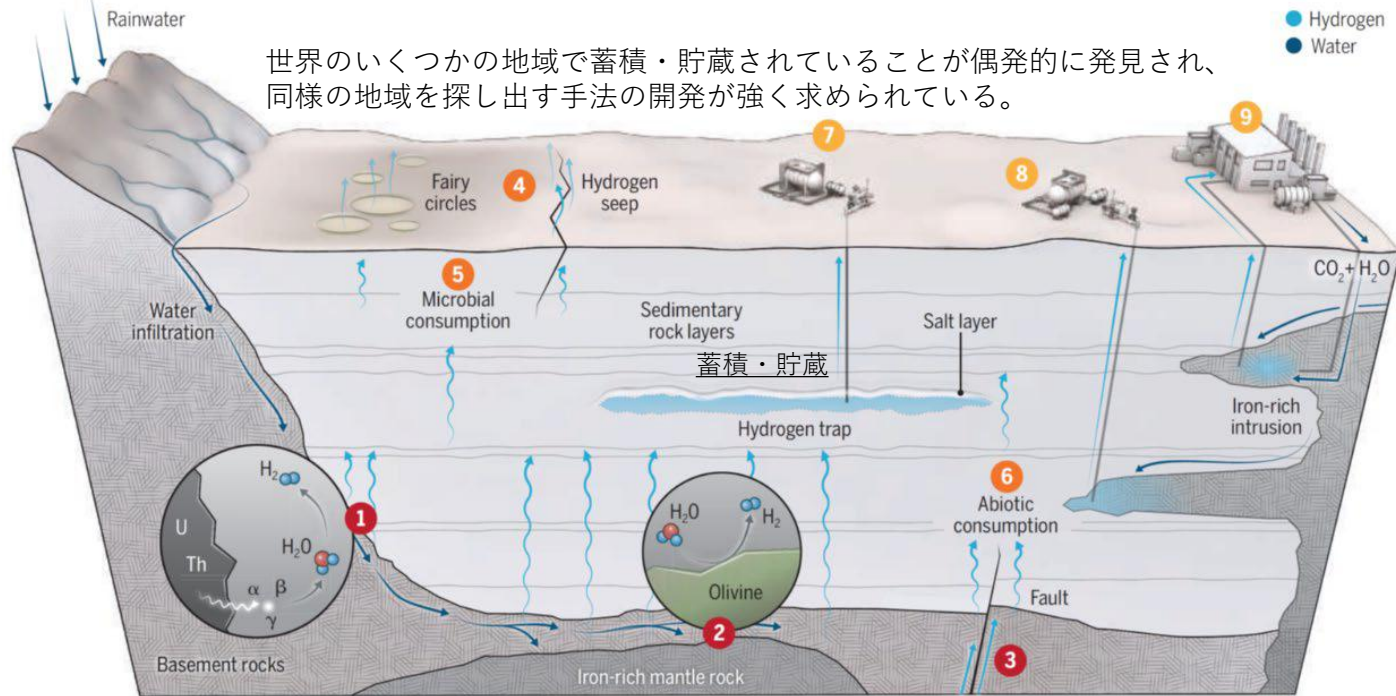
NATIONAL INSTITUTE OF
ADVANCED
INDUSTRIAL
SCIENCE &
TECHNOLOGY

研究背景と概念整理

- 天然水素の起源に関して提案されているいくつかのメカニズム → 本研究開発では、蛇紋石化について検討

岩石から水素が発生する反応(1-3)は古くから知られていたが、大気に逸散したり、生物・非生物の消費・反応によって、資源として利用可能な程の量が地下に存在するとは考えられてこなかった。

世界のいくつかの地域で蓄積・貯蔵されていることが偶発的に発見され、同様の地域を探し出す手法の開発が強く求められている。



起源 (1-3)

- 1: 鉱物からの放射線による水の分解
- 2: 鉱物の蛇紋石化に伴う水の還元
- 3: マントルからの供給

喪失メカニズム (4-6)

- 4: 大気への逸散
- 5: 微生物による消費
- 6: 鉱物やガスとの反応

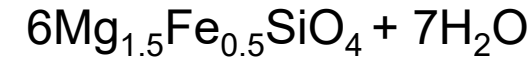
採掘・利用 (7-9)

- 7: 貯留層からの採掘
- 8: 生成域からの直接採掘
- 9: 人工的生成増進

- 蛇紋石化による水素生成反応

(※単純化のため、ブルース石は省略)

かんらん石 (鉱物)



蛇紋石 (鉱物) 磁鉄鉱 (鉱物)

水の存在下で、鉱物としてのかんらん石が蛇紋石と磁鉄鉱に変化する際に、鉄が酸化・水が還元され、水素が発生する

ポイント:

- 完全に新鮮なかんらん岩 (岩石) である必要はない (蛇紋岩化したかんらん岩も候補)
- 岩石 (鉱物) から水素が発生するわけではなく、水の還元によって発生
- 相対的に短時間で多量の水素発生が期待される
- (他の起源と異なり) **人工的に促進可能**

研究背景と概念整理

1) 鉄の酸化/水の還元による水素の発生

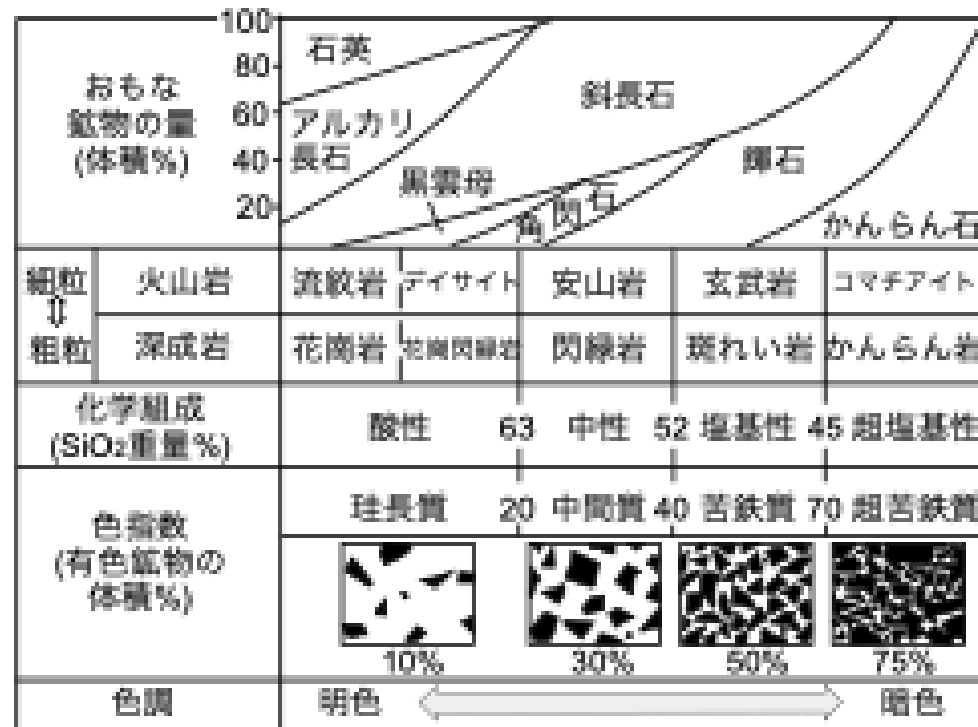
- 必ずしも蛇紋石化に限定されない
 - Mg-Feに富み、普遍的に産する岩石は、**苦鉄質鉱物**を多く含む火成岩類
 - 苦鉄質鉱物はマグマの分化に伴いFeに富むが、鉱物量比が減少するため、Feの絶対量は相対的に苦鉄質な岩石で富む
- ⇒ “**超苦鉄質岩類**” (深成岩) が起源物質のターゲットとなる

2) 蛇紋石化

かんらん石 (鉱物) が蛇紋石 (鉱物) に変化する反応
英語ではserpentinization (蛇紋石化) であって、
serpentinization (蛇紋岩化) ではないことに注意
⇒ 本発表；岩石としては**超苦鉄質岩類**を用いる

3) 蛇紋石化による水素の発生

- 超苦鉄質岩類は、大部分がマントル構成岩起源
- 地表付近にもたらされるまでに様々な程度に**蛇紋岩化**
⇒**1次的蛇紋岩化作用**
- 現在の地下 (地表付近) で水素発生が期待できるのは、
(かんらん石の残っている) **蛇紋岩の蛇紋岩化**
⇒**2次的蛇紋岩化作用** (※新鮮なかんらん岩の蛇紋岩化ではない)



山崎 (2021) GSJNL

苦鉄質鉱物の代表例(組成は $X_{Mg}=0.9$ の構造式に基づく)
かんらん石 $(Mg,Fe)_2SiO_4$, MgFeO 59wt%, SiO₂ 41wt%
斜方/直方輝石 $(Mg,Fe)SiO_3$, MgFeO 42wt%, SiO₂ 58wt%
単斜輝石 $Ca(Mg,Fe)Si_2O_6$, MgFeO 20wt%, SiO₂ 55wt%

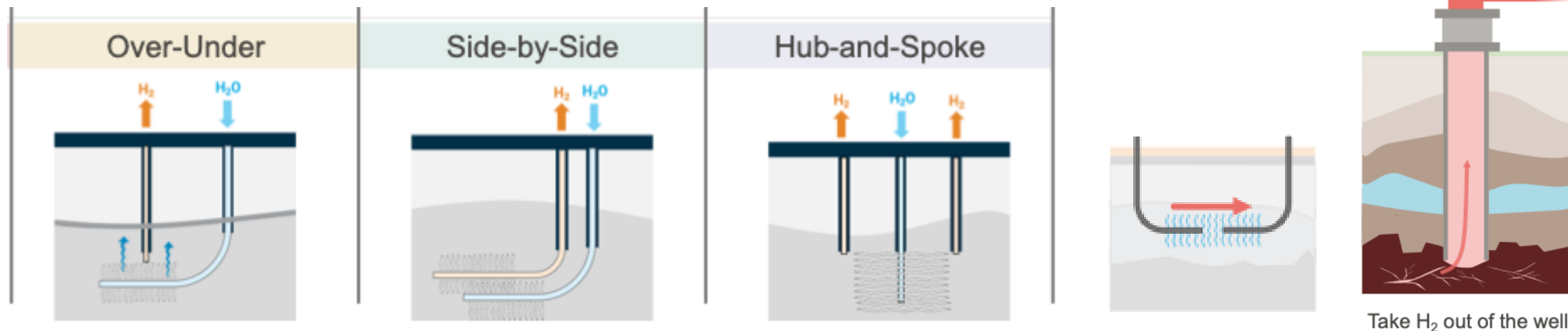
研究目的・ロジックとストラテジー

講演タイトル：「水素生成増進可能性評価に向けた基盤的地質情報整備」

1) 水素生成増進可能性を知るためには？ - 「増進」をどう考えるか？

- ① すでに水素を生成しているか、生成条件をわずかに下回る地域で、生成を“刺激”する (stimulation)
 - ② (現在の温度圧力条件に関わらず) 人工的に生成させる (enhancement/artificial production)
- 脱炭素の観点から考慮すべき要件：大きな生成量 / 相対的に小エネルギーでの生成が見込まれる地域 / 生成プラントの適地 / 効率的消費 or 輸送エリア etc...

※参考：“増進”のイメージ



研究目的・ロジックとストラテジー

講演タイトル：「水素生成増進可能性評価に向けた基盤的地質情報整備」

1) 水素生成増進可能性を知るためには？

「増進」をどう考えるか？

- ① すでに水素を生成しているか，生成条件をわずかに下回る地域で，生成を“刺激”する (stimulation)
- ② (現在の温度圧力環境に関わらず) 人工的に生成させる (enhancement/artificial production)

2) 水素生成増進可能性を知るために必要な要素

- ① 生成原理-化学反応
- ② 生成環境 (原理に基づき、効率的・効果的に生成するための地質的環境) -温度・圧力・組成条件
- ③ 生成された水素回収のために必要な地質条件-岩石力学的条件
- ④ 増進方法に応じた地質特性-①~③のうちの必要な条件

-このうち，①概ね理解*，②は一部について概ね理解，他の一部については本事業他課題で研究開発中

3) 水素生成増進可能性評価に向けた地質情報とは？

- ・岩石特性の観点からの適地 (ミクロ的視点) : 残存かんらん石量，岩石組織，蛇紋岩化の程度
- ・地質特性の観点からの適地 (マクロ的視点) : 岩体分布・規模，地質構造・亀裂，地熱・流体の存在 etc...

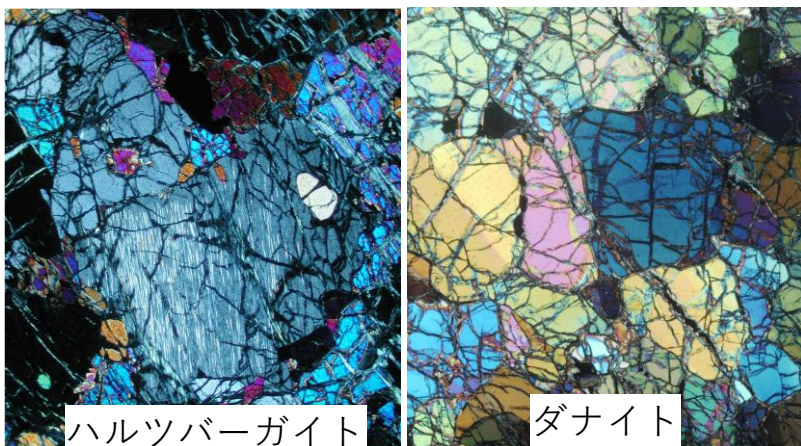
-①~④全てが関連⇒「**基盤的地質情報**」

研究目的・ロジックとストラテジー

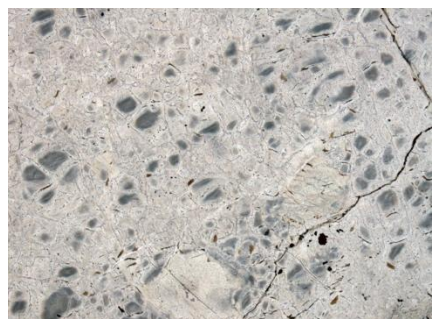
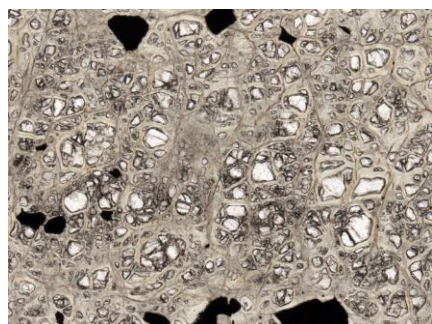
水素生成増進可能性評価に向けた基盤的地質情報のイメージ・具体例

- ・ 岩石特性の観点からの適地（ミクロ的視点）：残存かんらん石量，岩石組織，蛇紋岩化の程度
- ・ 地質特性の観点からの適地（マクロ的視点）：岩体分布・規模，地質構造・亀裂，地熱・流体の存在 etc...

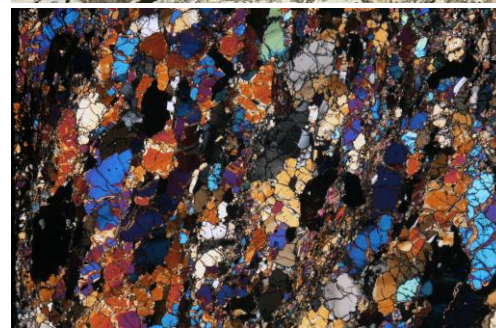
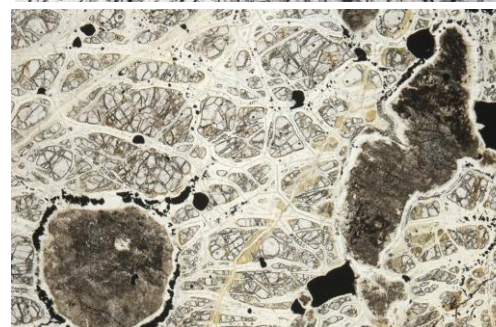
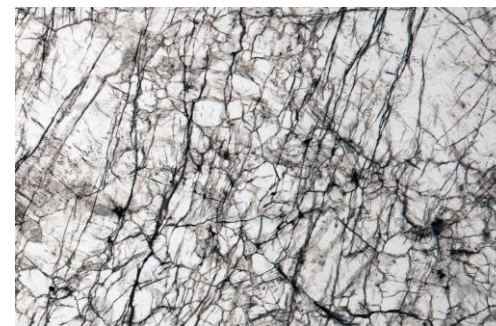
初生かんらん石量比



蛇紋岩化の程度



岩石組織



完全に新鮮な
かんらん岩

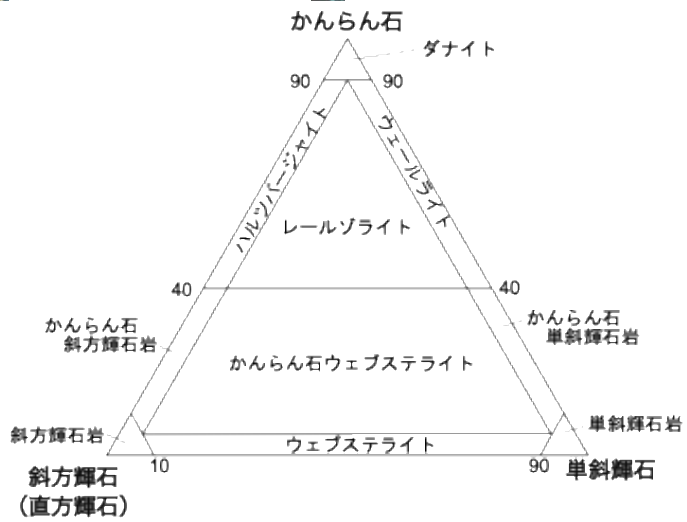
蛇紋岩化した
かんらん岩

完全な蛇紋岩

緻密・塊状

メッシュ状

片状

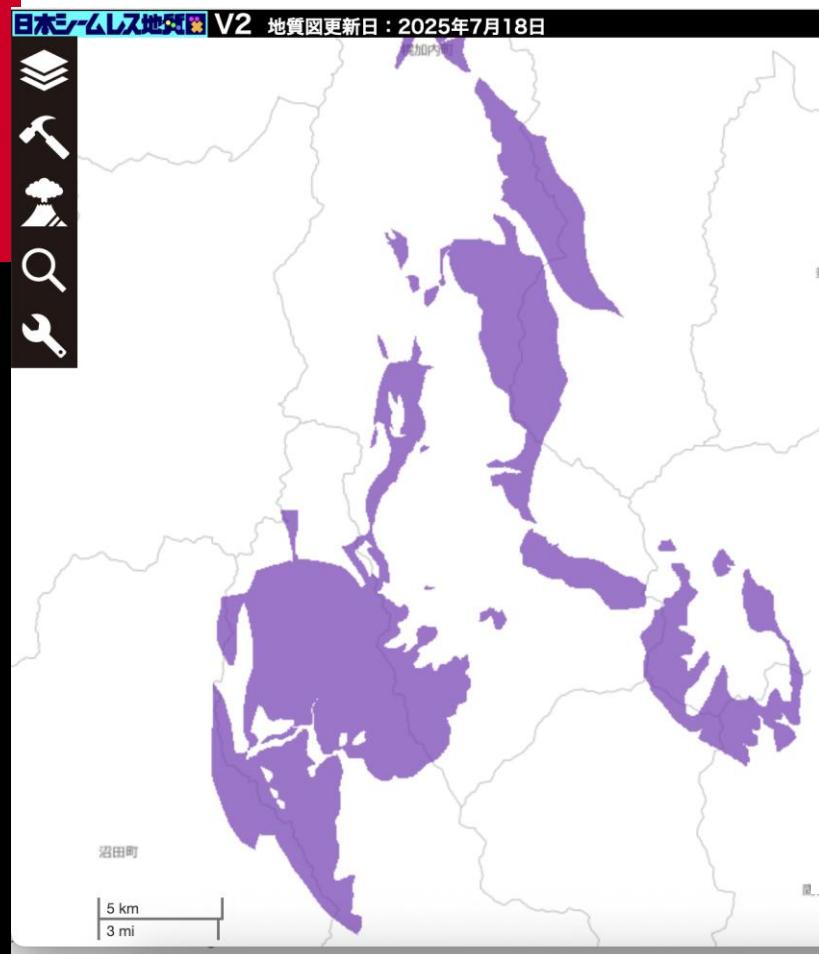


研究目的・ロジックとストラテジー

水素生成増進可能性評価に向けた基盤的地質情報のイメージ・具体例

- ・ 岩石特性の観点からの適地（ミクロ的視点）：残存かんらん石量，岩石組織，蛇紋岩化の程度
- ・ 地質特性の観点からの適地（マクロ的視点）：岩体分布・規模，地質構造・亀裂，地熱・流体の存在 etc...

岩体分布・規模



地質構造・亀裂（露頭規模）

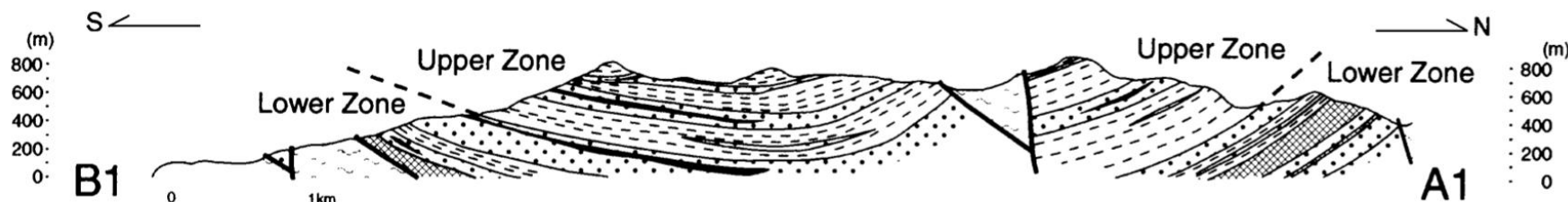


網目状脈



層状構造

地質構造（岩体規模）



Sawaguchi (2004)

実施概要

超苦鉄質岩に係る“公知の情報”の整理・統合と拡充

- ・ 岩石特性の観点からの適地（ミクロ的視点）：**残存かんらん石量，岩石組織，蛇紋岩化の程度**
- ・ 地質特性の観点からの適地（マクロ的視点）：**岩体分布・規模，地質構造・亀裂，地熱・流体の存在 etc...**

⇒ 多くの情報は，すでに産総研発行の5万分の1地質図幅，地球科学図，学術論文等で公表済み

現状の制約要因

① 多くの情報は，定性的で断片的-文章による説明や写真による部分的な情報，岩体によって情報量が異なる
⇒ 統一的視点で再度観察し，不足している情報を補う

② ほとんどの情報が，異なる目的のために公表され散在

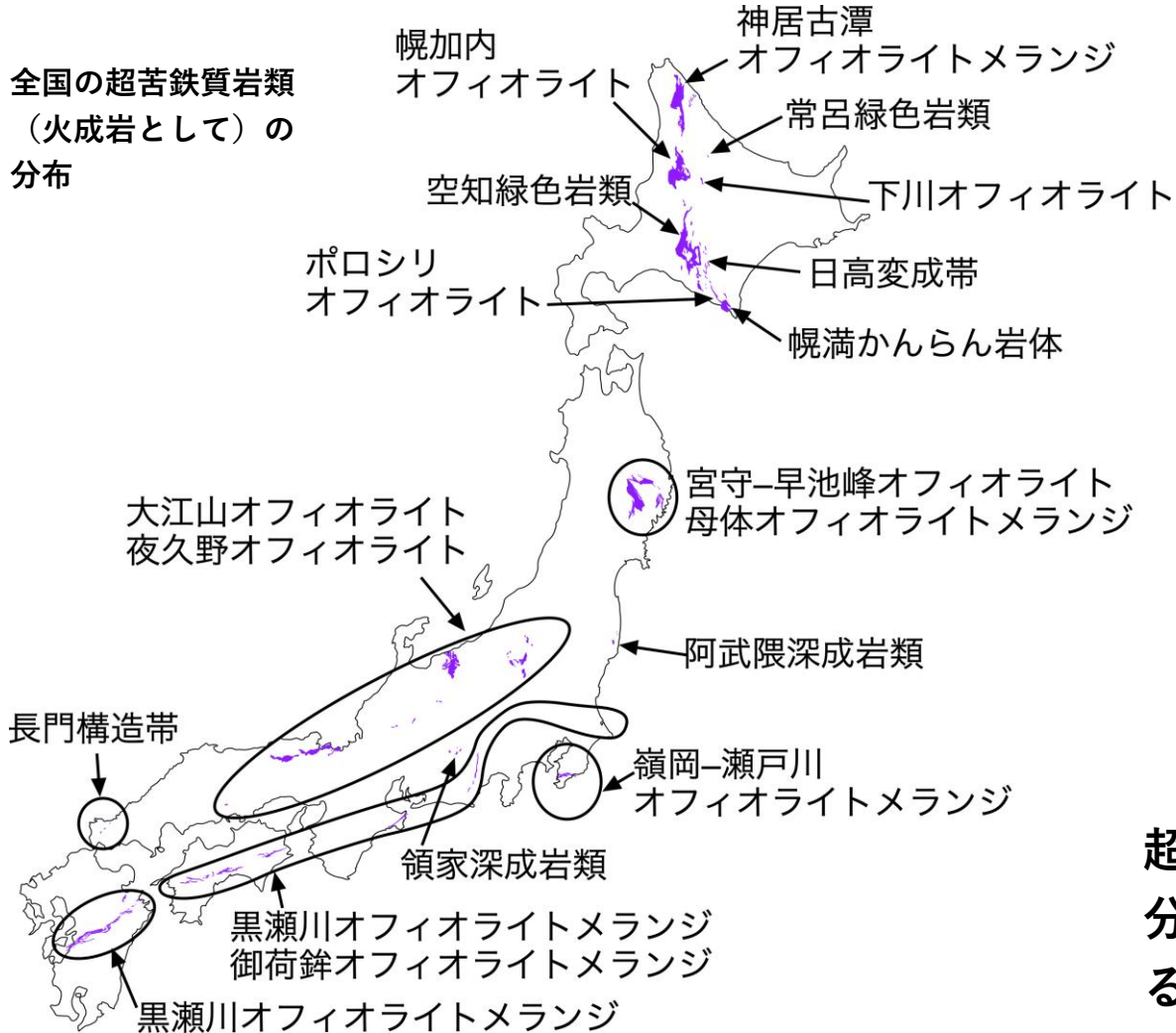
- ・ 公共経済学的に，官製地質情報は，同時に複数のユーザーが利用しても混雑費用なしに再利用やアクセスが可能であるため，非競合性・非排除性を備えた，公共財であると考えられている（例えば，Bernknopf et al., 1993; Bhagwat and Ipe, 2000; Kim et al., 2006).
- ・ 地質情報の経済的利益は，その利用に伴って初めて得られるものであるため，経験財としての特性をもつ（Häggquist and Söderholm, 2015）が，公共財といえど，地質情報を利用するためには，専門知識を必要とする。

⇒ 天然水素増進を念頭に，必要な（公知の）情報を，使いやすい形で整理する必要がある

実施概要

超苦鉄質岩に係る“公知の情報”の整理・統合と拡充-全国の岩体の性状の把握と整理（データベース化）

全国の超苦鉄質岩類
(火成岩として)の
分布



(産総研地質調査総合センター、20万分の1日本シームレス地質図V2、オリジナル版より作成)

産総研 地質図Naviでのデータベース化イメージ

The screenshot shows the GSI Geology Navi interface. On the left is a menu with various data layers like '第四紀火山' (Quaternary Volcanoes) and '活断層データ' (Active Fault Data). The main map displays geological data with a color-coded legend. A pop-up window for '鳥帽子・鷲ヶ岳' (Eboshi-Washigatake) is open, showing a photo and a 'PHOTO GALLERY' section. Below the gallery is a table with volcanic data.

火山番号	E69
火山名	鳥帽子・鷲ヶ岳
読み	えぼし・わしがたけ
地域	本州(北関東・中部)
旧番号(第四紀火山DB)*	71
火山番号**	E69
凡例記号**	Q1m
主な活動期	前期更新世後半(カラブリアン期)
活動年代・最新活動年***	約160万~110万年前
火山の型式・構造	複成火山
卓越する岩質	中間質
主な岩石****	安山岩
所在地(都道府県)	岐阜: 地理院地図 (GSI Maps)

超苦鉄質岩体についての地質情報を
分かりやすく使いやすい形で提供す
ることを目指す

(※公表の可否についてはNEDOと協議)

実施概要

NEDO事業における他の取り組み

1) 水素生成増進可能性を知るために必要な要素

- ① **生成原理**—化学反応
 - ② **生成環境**（原理に基づき、効率的・効果的に生成するための地質的環境）—温度・圧力・組成条件
 - ③ 生成された水素回収のために必要な地質条件—**岩石力学的条件**
 - ④ 増進方法に応じた地質特性—①～③のうちの必要な条件
- このうち、①概ね理解*、②は一部について概ね理解、他の一部については本事業他課題で研究開発中

2) 水素生成増進可能性評価に向けた地質情報とは？

- ・ 岩石特性の観点からの適地（ミクロ的視点）：残存かんらん石量，岩石組織，蛇紋岩化の程度
 - ・ 地質特性の観点からの適地（マクロ的視点）：岩体分布・規模，地質構造・亀裂，地熱・**流体の存在** etc...
- ①～④全てが関連⇒「基盤的地質情報」



- ・ 地下深部での現在進行形の現象を知る重要な手がかり—流体・ガス調査
- ・ 産総研の有する油ガス探鉱やCO₂地中貯留の知見を活かした，地下での水素挙動メカニズムの検討
- ・ 脱炭素を念頭に置いた社会的条件と基盤的地質情報を踏まえた現時点での国内岩体の有望性に関する第0次的評価と今後の研究開発課題の明確化



遊離ガス採取の様子



水質調査（温度，pH，酸化還元電位，溶存酸素濃度，塩濃度など）