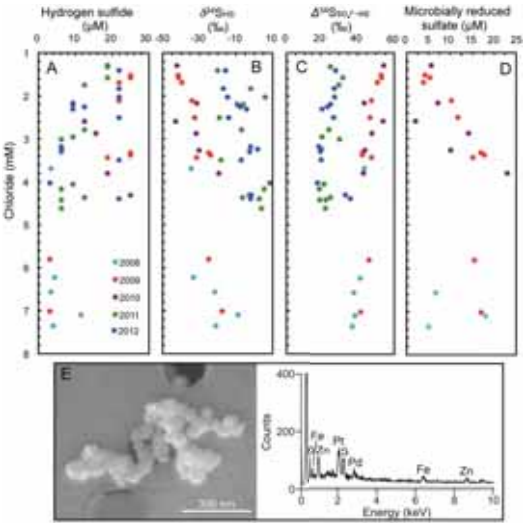
「高レベル放射性廃棄物：拡散抑制に微生物の呼吸が貢献」

毎日新聞 2014年12月24日付 朝刊に掲載

地底には地球上最大の微生物生態系が存在すると推定されています。しかし，地上からの調査では，掘削に伴い地上の微生物が混入するため，地下深部の極貧栄養状態で生息する微生物の活動を識別することは困難であり，その実態は謎に包まれていました。



硫酸イオン(SO_4^{2-})中の酸素を使って呼吸する硫酸還元菌による水質の変化(A～D)，生成した硫化鉱物(E)

記事のポイント

- 瑞浪超深地層研究所の研究坑道で東京大学，日本原子力研究開発機構，産業技術総合研究所，名古屋大学，金沢大学が共同で6年間にわたり地下水を採取・分析した。
- これまで識別が困難であった微生物の硫酸呼吸により生じる硫酸の変化を検出し，極貧栄養状態の地下深部においても微生物が生息することを明らかにした。
- 微生物が硫酸呼吸の過程で硫化水素を生成することにより，地下深部において放射性元素の移動を抑制する環境の形成に寄与していることを示した。

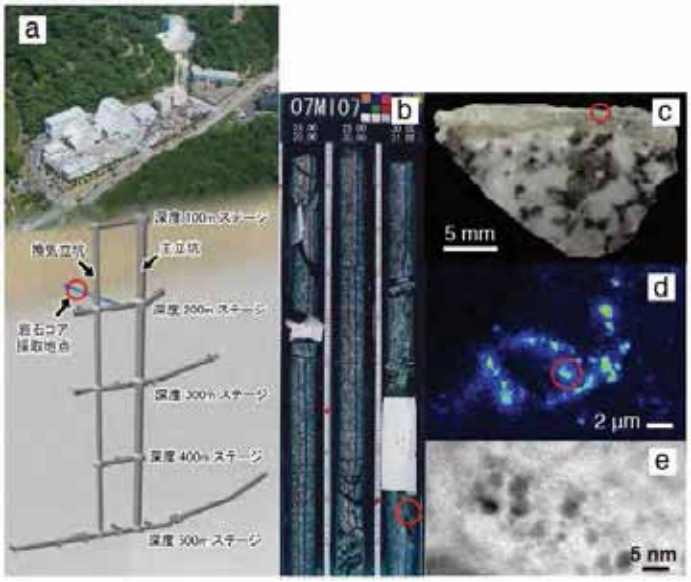
「地下水含有ウラン粒子固定 炭酸カルシウム鉱物内に　東大など発見」

日刊工業新聞 2016年3月8日付 朝刊，マイナビニュース 3月8日 ほかに掲載

放射性元素による地下水汚染に対して，地下水中の微生物の働きを利用して放射性元素を固定する技術が提案されています。微生物はウランなどをナノ粒子として固定するため，その長期安定性の確認が課題として挙げられていました。

記事のポイント

- 東京大学，日本原子力研究開発機構，京都大学，茨城高専が共同で，瑞浪超深地層研究所の研究坑道から採取した花崗岩試料を調査した。
- 割れ目中に沈殿した炭酸カルシウム鉱物に，ウランを主成分とするナノ粒子が取り込まれ，100万年近く固定されていることを明らかにした。
- この発見は，地下水中のウランのナノ粒子が鉱物に取り込まれることで，長期間にわたり，ウランが隔離され得ることを示唆する。
- 微生物によるウランのナノ粒子形成と炭酸カルシウム鉱物の沈殿は，人為的に容易に起こすことができ，放射性元素の長期固定技術に応用できる。

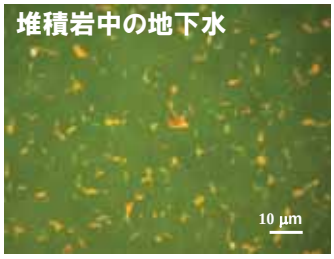


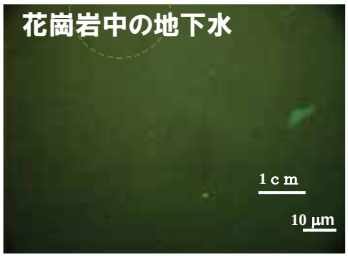
a. 瑞浪超深地層研究所用地内に建設された大型地下研究施設坑道と試料を採取したボーリング孔のレイアウト図。
b. 長さ1メートルの岩石コア写真。
c. 亀裂を充填する炭酸カルシウム鉱物を伴う花崗岩。
d. ウランの分布を示すマッピング像。
e. ウランのナノ粒子(黒いコントラスト)の透過型電子顕微鏡像。

あなたの知らない地下生物の世界

地下深部に生息する微生物

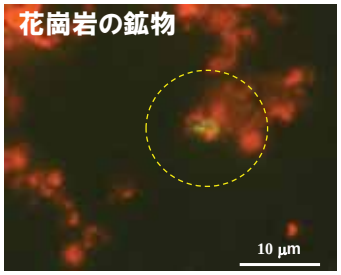
地上の何十倍もの圧力の下，酸素のない環境で新種を含む微生物がたくさん見つかりました。これらは地下水に溶けている成分を食べて鉱物を作ったりしながら，金属が錆びにくくなる還元環境の形成に役立っていることが明らかになっています。



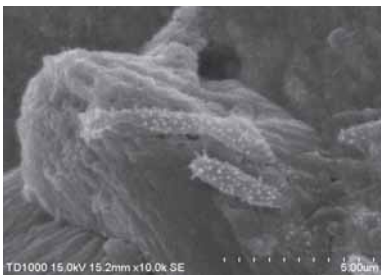


堆積岩と花崗岩にいる微生物では，数や大きさ，元気の良さがずいぶん違います。

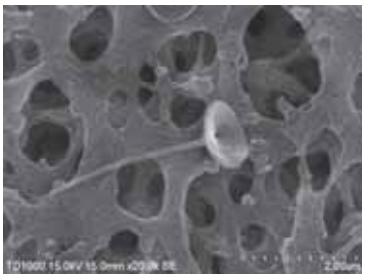
ウランを食べる微生物



鉱物の隙間に発見された微生物細胞



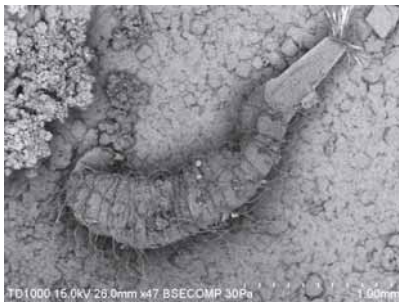
深度500mの研究坑道近傍で見つかった硫黄を作る微生物



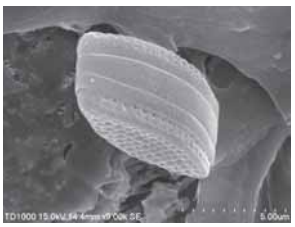
冠水坑道内部で確認された微生物

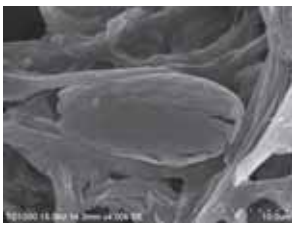
おまけ：地上から侵入した生物たち

研究坑道の建設工事用の資材と伴に地下に持ち込まれた地上の生物が，換気用の空気や坑道内の照明などを利用して，研究坑道の環境に適応して生息しています。



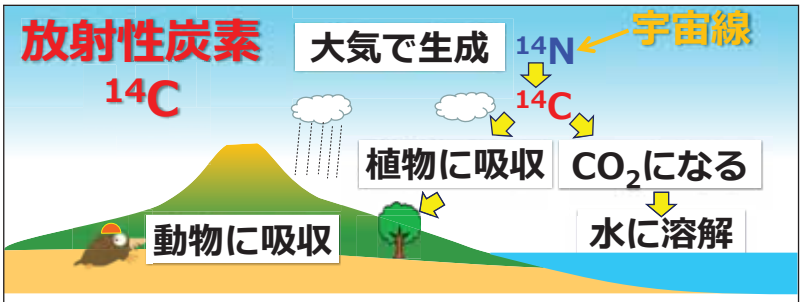
オオチョウバエの幼虫：坑道壁面のセメント吹付が溶けだしている所で，流れてくる栄養分や微生物を食べながら生活しています。





珪藻の一種（人間が持ち込んだ照明により光合成が起こり，緑色になっている側溝などで，地下水中のケイ素を取り込んで生長しています）

地下深部の地下水の流れが非常に遅いことを地下水の年代によって確認しています

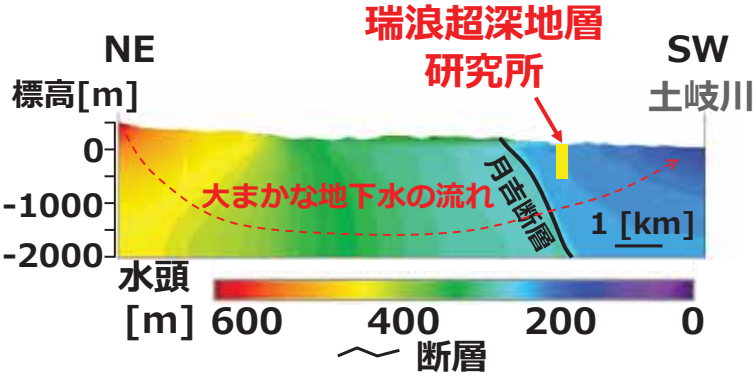


^{14}Cは時間とともに減少　5730年で半分

大気の^{14}Cはほぼ一定

^{12}C		^{13}C		^{14}C
99	:	1	:	0.0000000001

雨水が地下に浸透し，大気中から新たな^{14}Cの供給が止まると徐々に^{14}Cが減っていく

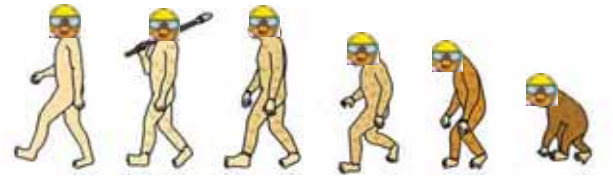


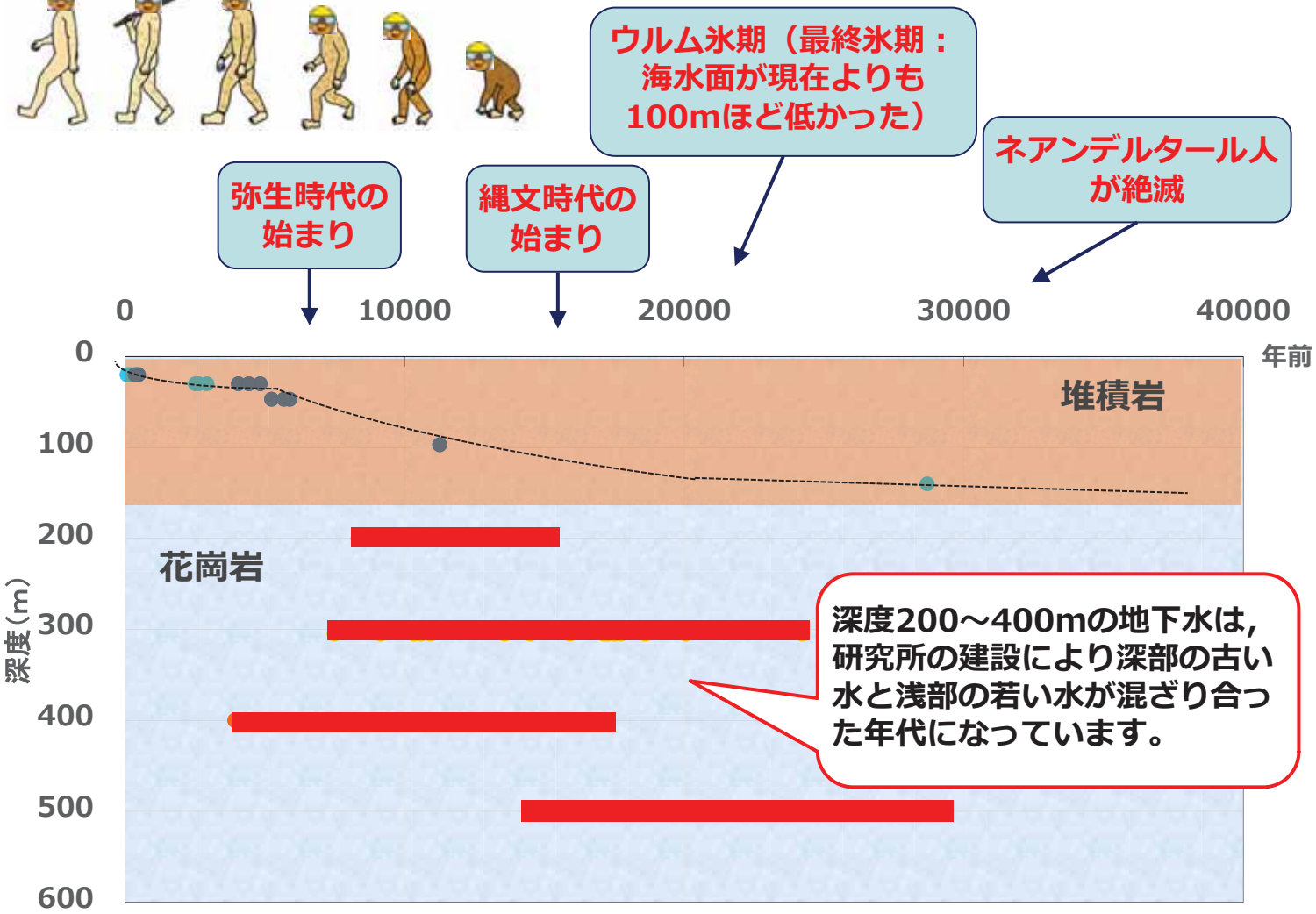
瑞浪超深地層研究所の深度500m付近の地下水の流れる速さ*を解析すると約0.3～3mm/年

*地下水が地中を一様に流れたとみなした場合の流速

色々な場所で地下水中の^{14}Cの量を計ることで，地下水の年代と流れる速さを推定できます。

地表から入った水はどのくらいの時間が経っているのか？





瑞浪超深地層研究所における地下水の炭素年代（年）

深度500mには，氷河期に降った雪や雨に由来する地下水が数万年間かかって浸透してきたと推定されています。