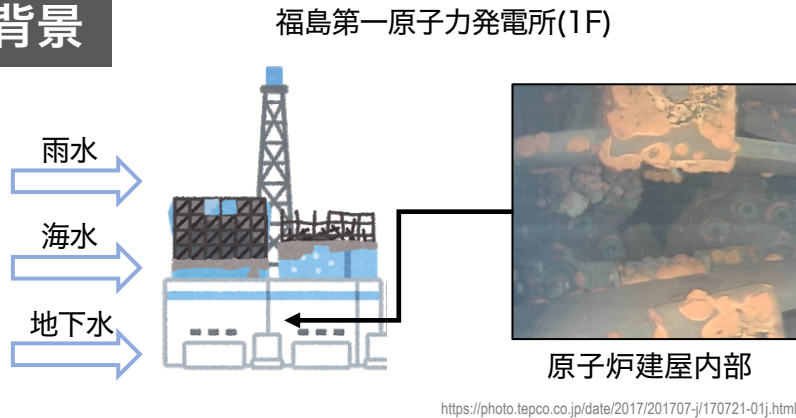


高放射線環境および福島第一原発に由来する微生物群集解析

Microbial community analysis of high-radiation environments, Fukushima Daiichi

Nuclear Power Plant and the surrounding areas 政策・メディア研究科 修士課程2年 藁科友朗

背景



- 鉄酸化細菌や硫黄酸化細菌などの一部の細菌では、金属やコンクリートの表面上で繁殖し、腐食を促進することが知られている。
- 福島第一原子力発電所（1F）内部の微生物調査は行われていない。

表. 微生物腐食を引き起こす細菌の例

属名	微生物のタイプ
<i>Desulfovibrio</i> sp.	硫黄還元
<i>Desulfomonas</i> sp.	
<i>Gallionella</i> sp.	鉄酸化・マンガン酸化
<i>Leptothrix</i> sp.	
<i>Mariprofundus</i> sp.	
<i>Pseudomonas</i> sp.	鉄還元
<i>Shewanella</i> sp.	
<i>Geothermobacter</i> sp.	
<i>Thiobacillus</i> sp.	硫黄還元
<i>Clostridium</i> sp.	酸産生細菌
<i>Fusarium</i> sp.	
<i>Penicillium</i> sp.	

Kip et al., *The ISME journal*, 2015 より引用(2).

目的

福島第一原発関連サンプル（土壌・汚染水など）からメタ16S解析を行うことにより、高い放射線環境下で繁殖している微生物群集の構造解析・性状解析を行う

手法

環境サンプル（土壌・海水・海底土など）の採取

DNA抽出

16S rRNAを増幅



シーケンシング

Raw Data

1.0 M reads –
2.6 M reads

品質管理

NANOPORE

illumina

Porechop

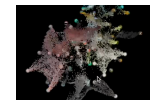
Q2

微生物群集推定

環境トピック予測解析

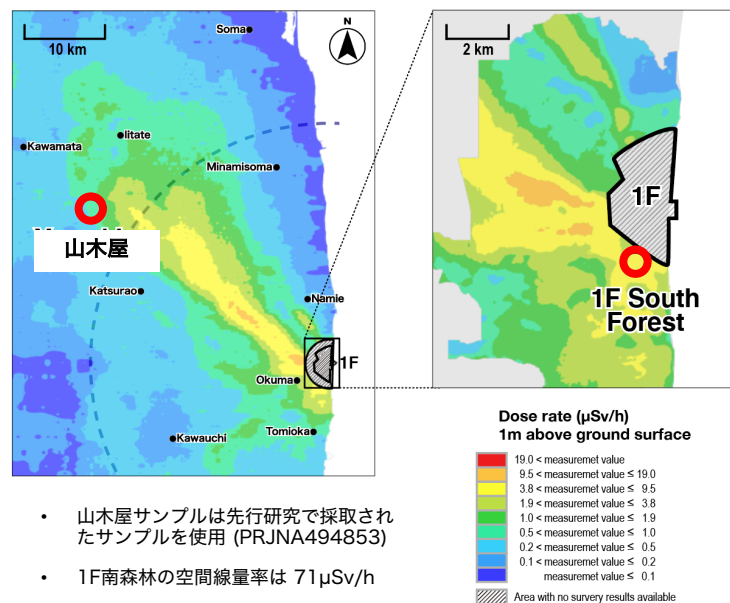


VITCOMIC2



LEA

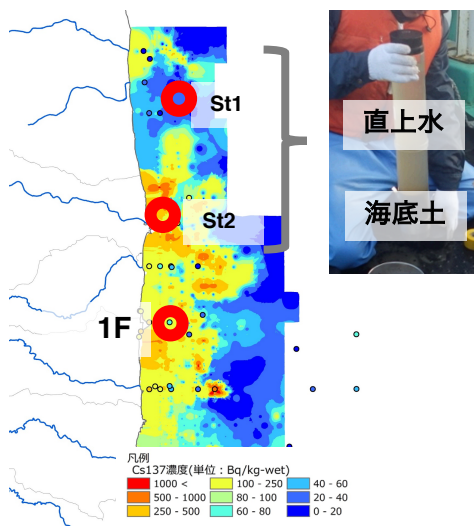
土壌



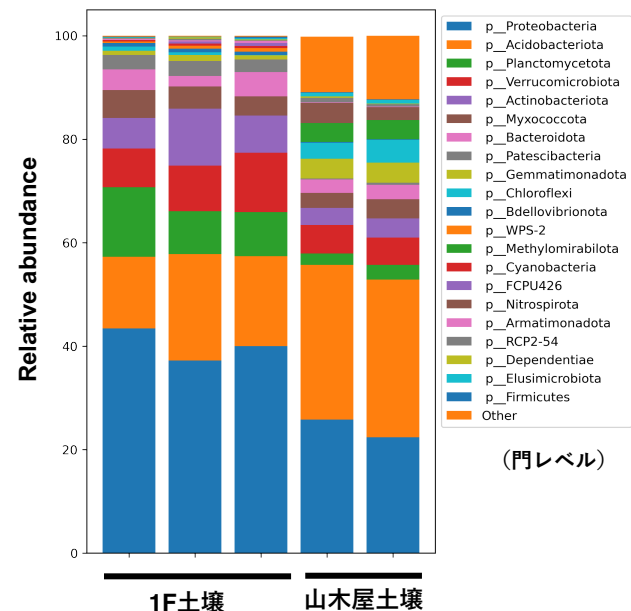
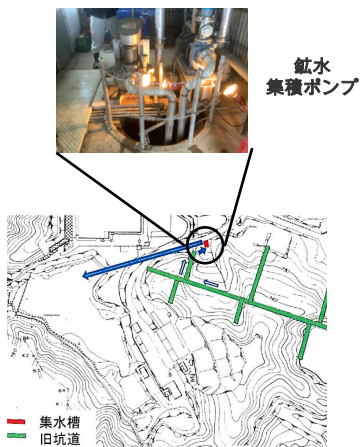
- 山木屋サンプルは先行研究で採取されたサンプルを使用 (PRJNA494853)
- 1F南森林の空間線量率は $71\mu\text{Sv/h}$

水系

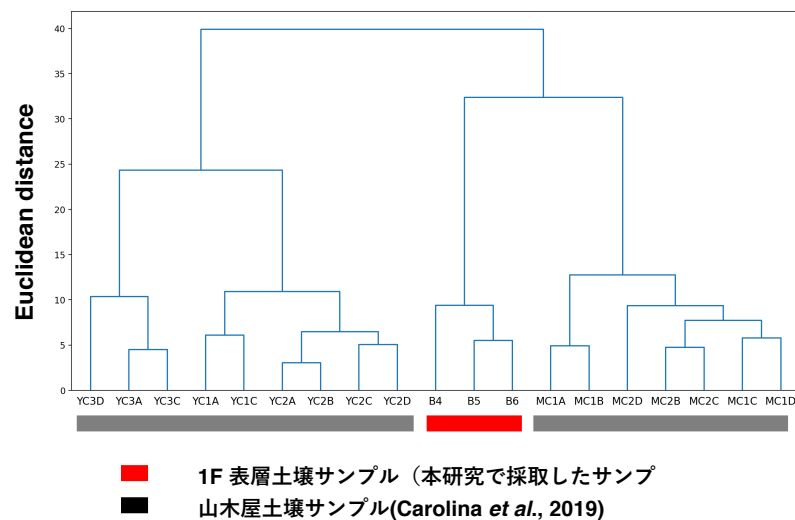
福島県沖の海洋サンプル



鉱水サンプル (人形峠)



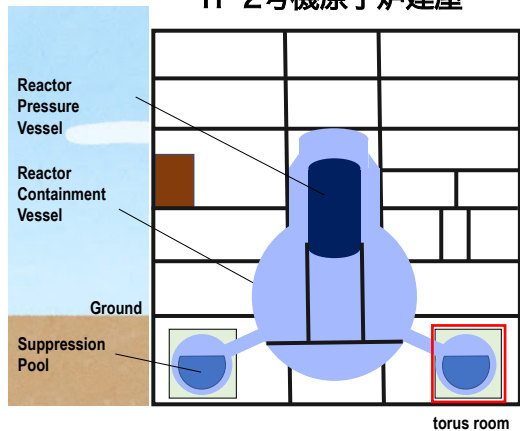
階層的クラスタリング解析



➤ 1F南森林の土壌中の微生物群集は低線量率の地域と類似している。

トラス室滞留水(汚染水)の微生物群集

1F 2号機原子炉建屋



トラス室



(1,300,000 Bq/mL)

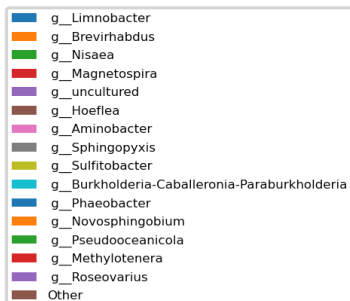


MinIONで
シーケンシング

Genus level

Proteobacteria
(97%)

(属レベル)



Alphaproteobacteria

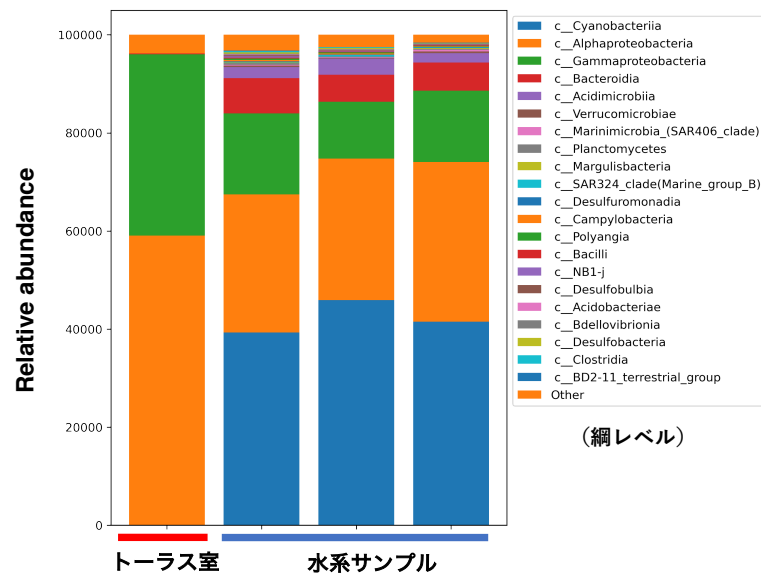
Gammaproteobacteria

(*Limnobacter thiooxidans*)

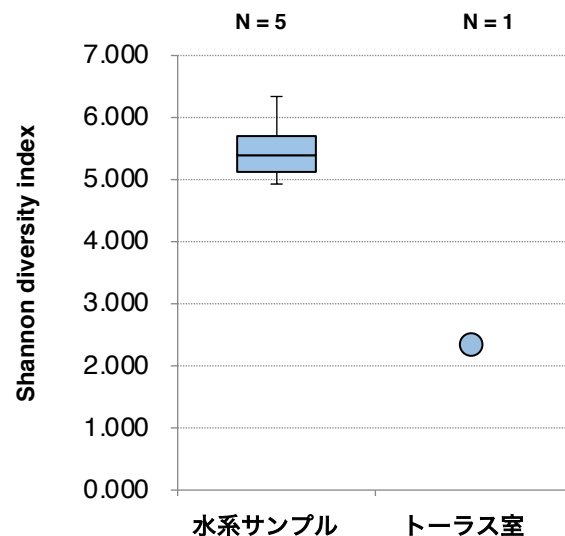
トラス室

➤ *Limnobacter thiooxidans* を中心とする細菌群集を同定.

汚染水中の微生物群集構造の比較

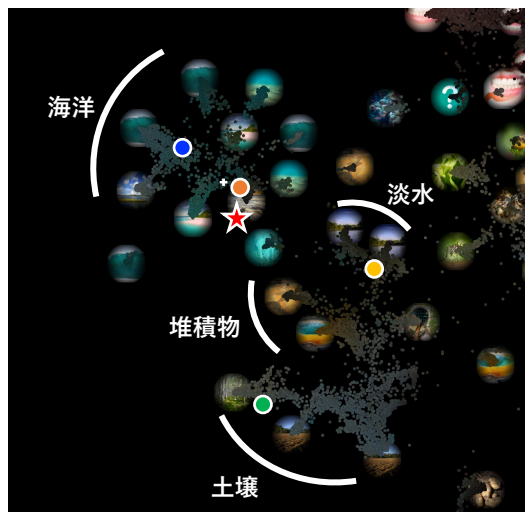


多様性の解析



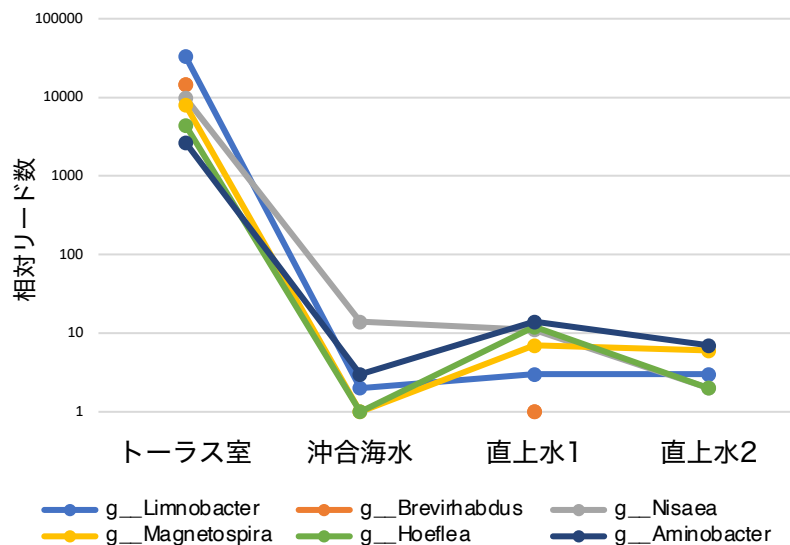
➤ 汚染水サンプルは、他の水系サンプル（海水・淡水）に比べて多様性が低い.

微生物群集構造比較



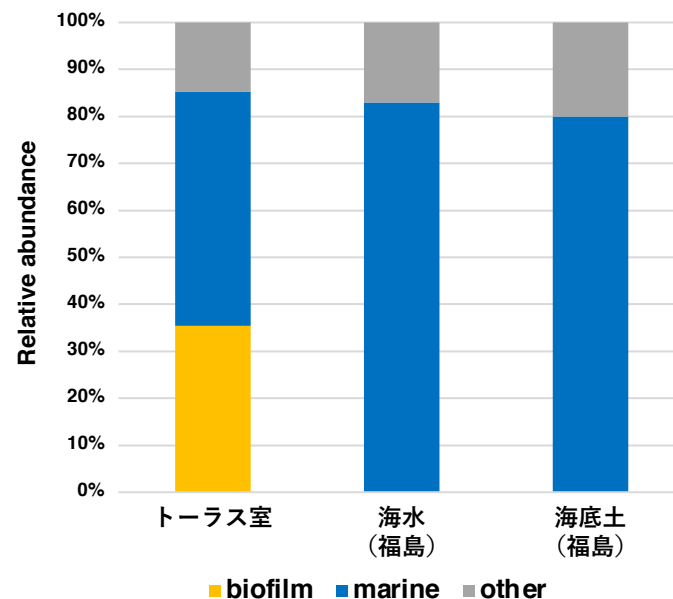
★ トーラス室 ● 土壌 ● 海水 ● 海底土 ● 河川の水

他の水系環境との比較

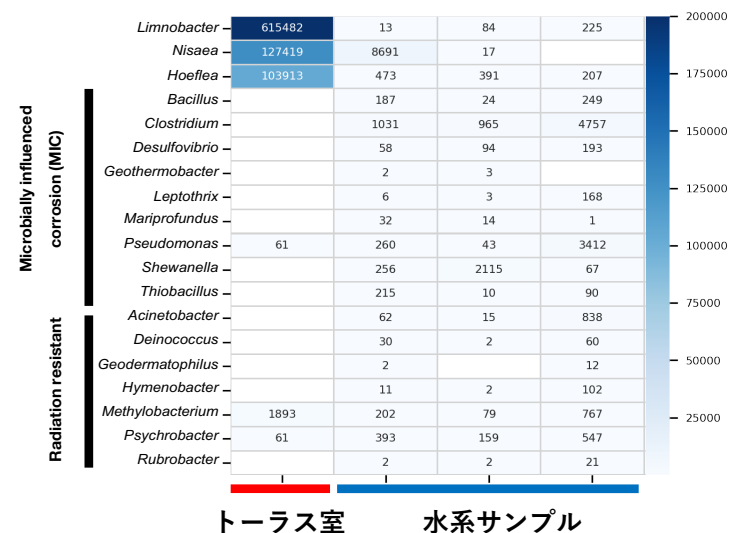


- 汚染水サンプルの微生物群集構造は、海洋環境に類似しており、
優占種は、他の水系環境では優勢ではない。

汚染水中の優占種の解析



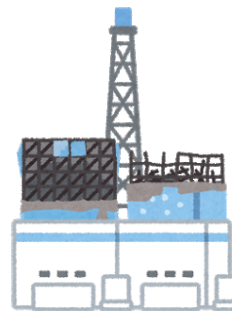
放射線耐性菌・微生物腐食関細菌の割合



- バイオフィーム環境のトピックも検出されたが、これまで知られて
いる放射線耐性・金属耐性菌の割合は低い。

- 1F南森林の土壌中の微生物群集は低線量率の地域と類似している。
- 汚染水中には、チオ硫酸塩酸化細菌である *Limnobacter thiooxidans* を中心とする細菌群集の存在が明らかになった。鉄腐食に関連する可能性が報告されており、また、核燃料貯蔵プールからも同定されている。
- 汚染水内で主要な細菌は、他の水系サンプルでは1%以下の割合であったことから、汚染水環境で適応する特定の細菌が増殖している可能性が示唆された。
- 汚染水内では、初期に注入された海水に含まれる細菌の一部が増殖し、バイオフィームが形成されていることが示唆された

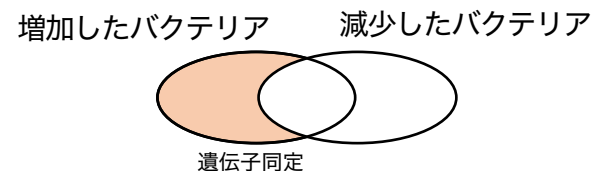
① 冷却のために注入された海水とともに含まれる細菌が流入



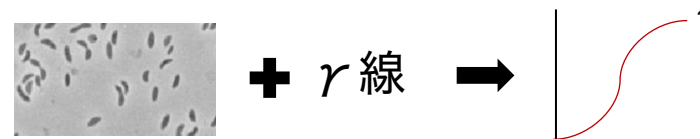
海水

② 建屋内環境に適応した *Limnobacter*, *Brevirhabdus* などが繁殖

① 原子炉建屋内環境に適応する遺伝子の探索



① *L. thiooxidans* の放射線抵抗性試験

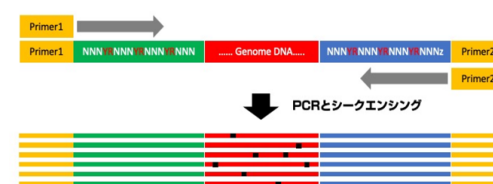


③ Nanoporeを用いた高精度シーケンシング

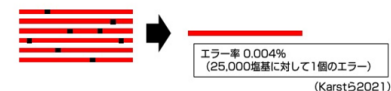
1. それぞれのゲノムDNAの両端にバーコードとプライマー配列をライゲーション



2. 両端のプライマー配列をもとにPCRで増幅した後シーケンシングを行う



3. コンセンサス配列を得ることでシーケンスエラーを無く



謝辞

サンプル(トラス室滞留水)をご提供いただきました。東京電力ホールディングス株式会社に深く御礼申し上げます。 **TEPCO**