

極低濃度ラドン測定システムの開発

岐阜大学:中村琢,犬飼騰浩, 田阪茂樹,松原正也,三輪美代子

東京大学:Guillaume Pronost, 関谷洋之

(SK Radon Group)

共同利用研究経費 旅費・消耗品:30万円

旅費:岐阜⇄神岡 岐阜⇄柏

消耗品:液体シンチレーター, ガラス容器,
ラドン計・ロガー製作, 水中ラドン較正実験用備品,
溶媒抽出処理用備品

東京大学宇宙線研究所 令和元年度 共同利用研究成果発表会
2019年12月14日(土)

研究の目的と概要

SK実験のバックグラウンドとなるラドン低減

純水中の極低濃度ラドン測定(2011-2014)

極低濃度ラドン測定(2015-2017)

⇒神岡坑内の環境のラドン濃度モニター

- 小型ラドン計による長期間測定

- Raspberry Pi を用いた小型データロガーの開発

- 坑内側溝水中のラドン濃度測定(2016-2019)

⇒栃洞坑内の側溝水のラドン濃度測定(2019)

水中ラドン濃度測定方法

ラドン：水相⇒有機相
溶媒抽出法による分離

液体シンチレータ法：ラドン濃度測定
20分間測定 $C_{\text{水道水}}$ 8Bq/L

- 1) 水サンプリング 650mL フラスコ
- 2) 水量を450mLにそろえ、液体シンチレーター(Scinitisol AL-1) 30mL 添加
- 3) バブリング 振とう器10分
- 4) 静置 40分～1時間
- 5) 液体シンチレーターと水を分離、バイアル瓶に取る
- 6) 静置 4時間
- 7) 液体シンチレーションカウンターで20分間測定



R_n : 水中ラドン濃度 (Bq/L)

C_b : 振とう前の空気中ラドン濃度 (Bq/L)

C_w : 振とう後の水中ラドン濃度 (Bq/L)

C_a : 振とう後の空気中ラドン濃度 (Bq/L)

C_t : トルエン中のラドン濃度 (Bq/L)

D_w : ラドンの水に対する分配係数

D_t : ラドンのトルエンに対する分配係数

$$\begin{array}{c} C_b V_a + R_n V_w \\ \text{空気} \quad \text{水} \end{array} = \begin{array}{c} C_a V_a + C_t V_t + C_w V_w \\ \text{空気} \quad \text{トルエン} \quad \text{水} \end{array}$$

振とう前

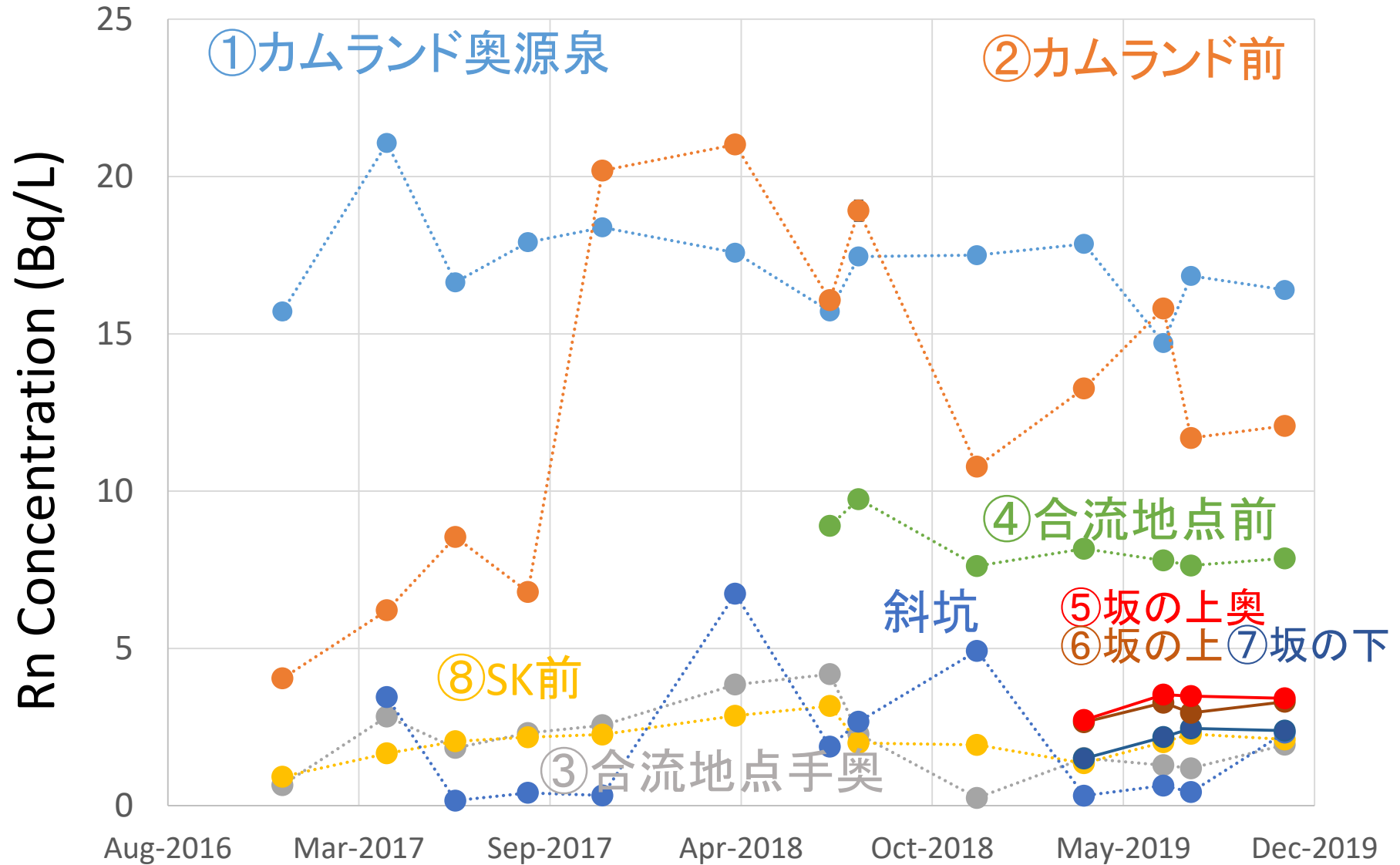
振とう後

$$R_n = \frac{C_a V_a}{V_w} + \frac{C_t V_t}{V_w} + C_w - \frac{C_b V_a}{V_w}$$
$$R_n = \left\{ \frac{V_a}{V_w D_t} + \frac{V_t}{V_w} + \frac{F_w}{D_t} - \left(\frac{C_b}{C_t} \right) \left(\frac{V_a}{V_w} \right) \right\} C_t$$
$$R_n = \left(\frac{V_a}{V_w D_t} + \frac{V_t}{V_w} + \frac{D_w}{D_t} \right) C_t$$

坑内の側溝水のサンプリング地点



側溝水中のラドン濃度測定結果



高感度ラドン検出器・小型ラドン計

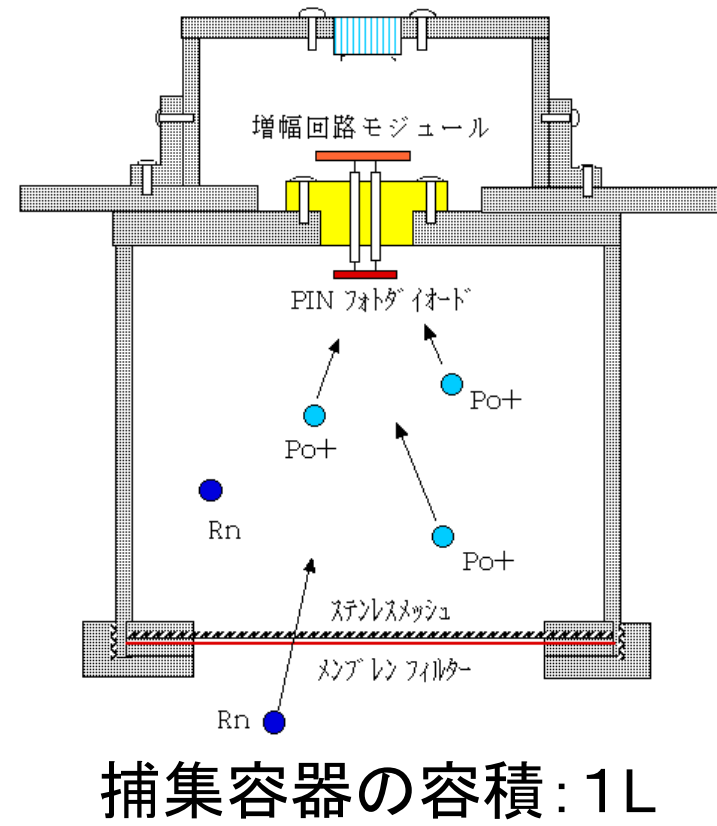
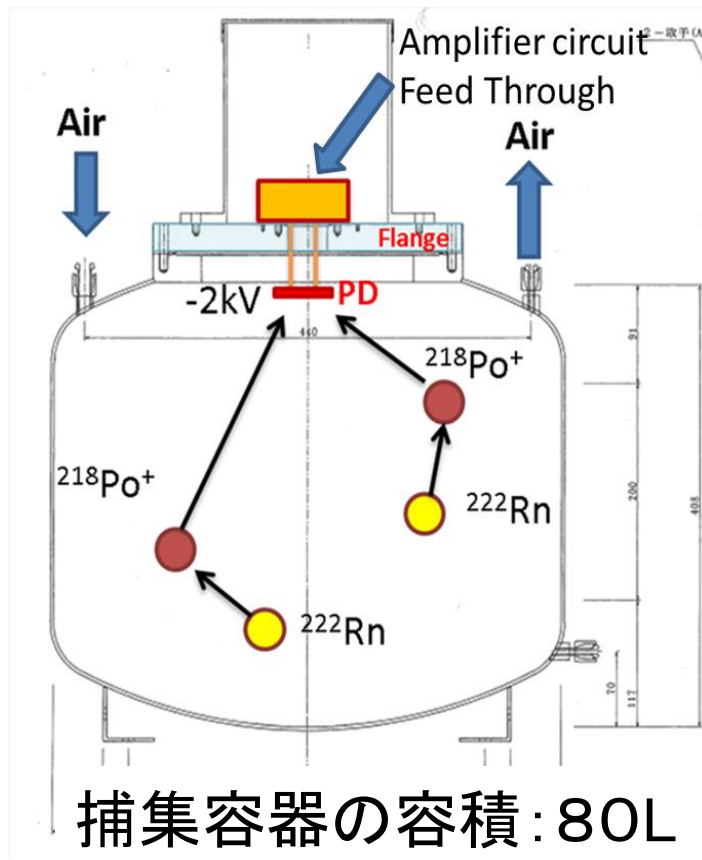
ラドンの静電捕集法:

1) ラドン娘核種 ^{218}Po の90%が正に帯電



2) 高電圧-2.0kV/-150Vを印加 娘核種を半導体(PD)に捕集

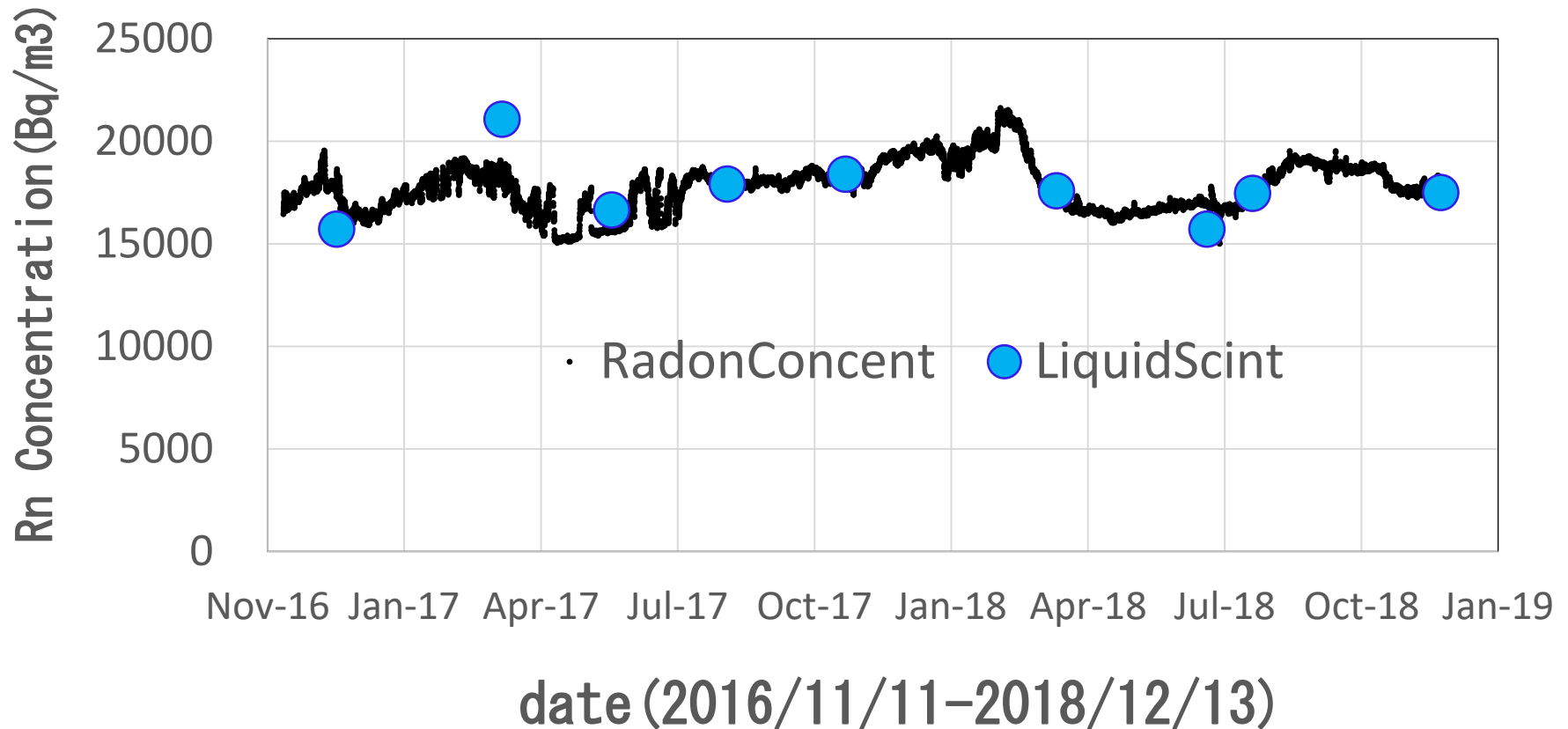
3) ^{214}Po 崩壊時に放出される α 線(7.68MeV)をPDで検出



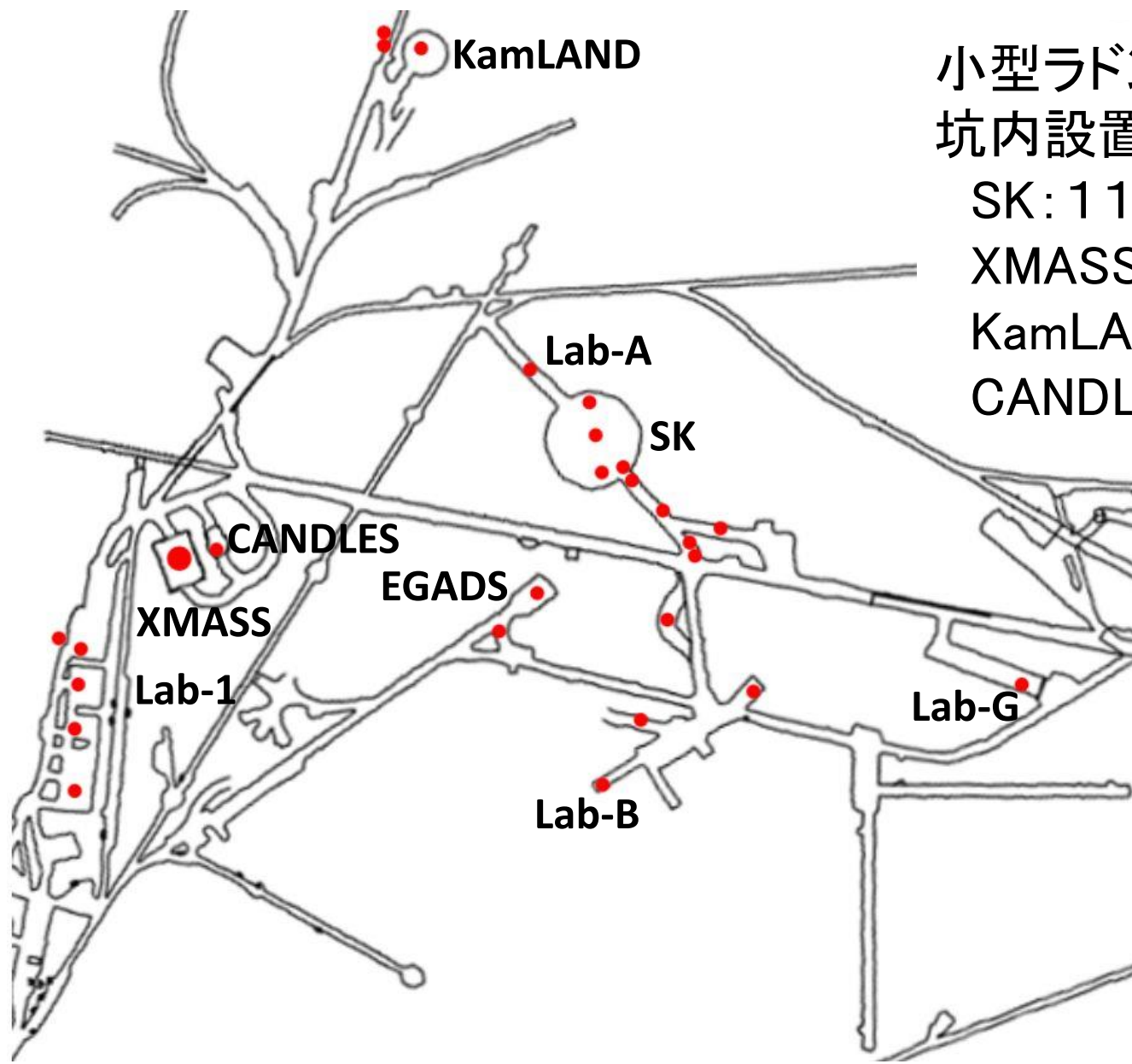
カムランド前源水中のラドン濃度の連続測定結果

- 高感度ラドン計(80L)による連続測定
- 液体シンチレーション法による測定結果と比較
- ラドン濃度の季節変動: 冬季に高く, 春季・夏季に低い傾向

①カムランド前源水(坑内地下水源泉)



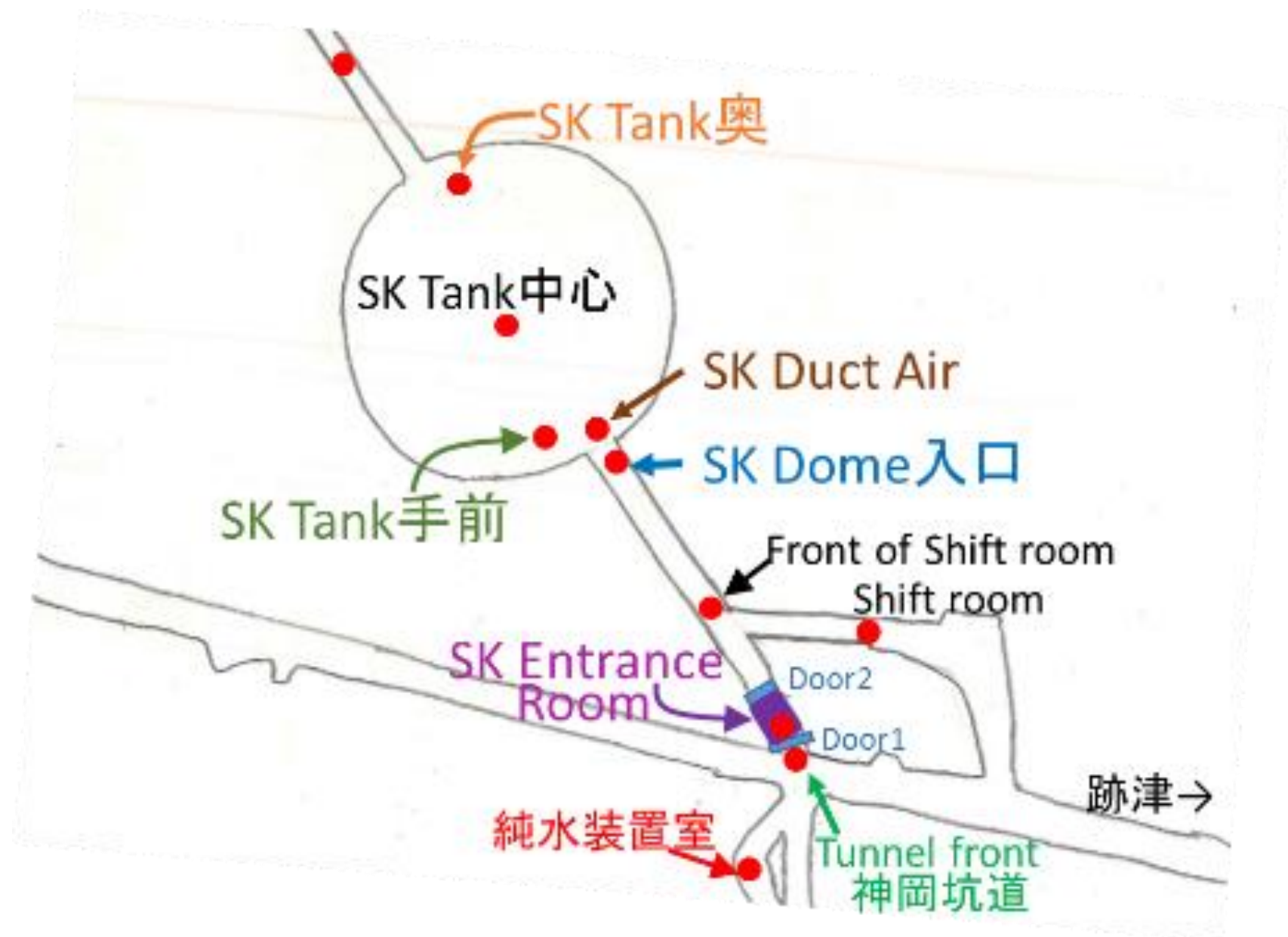
小型ラドン計に坑内空气中ラドン濃度測定地点(2019)



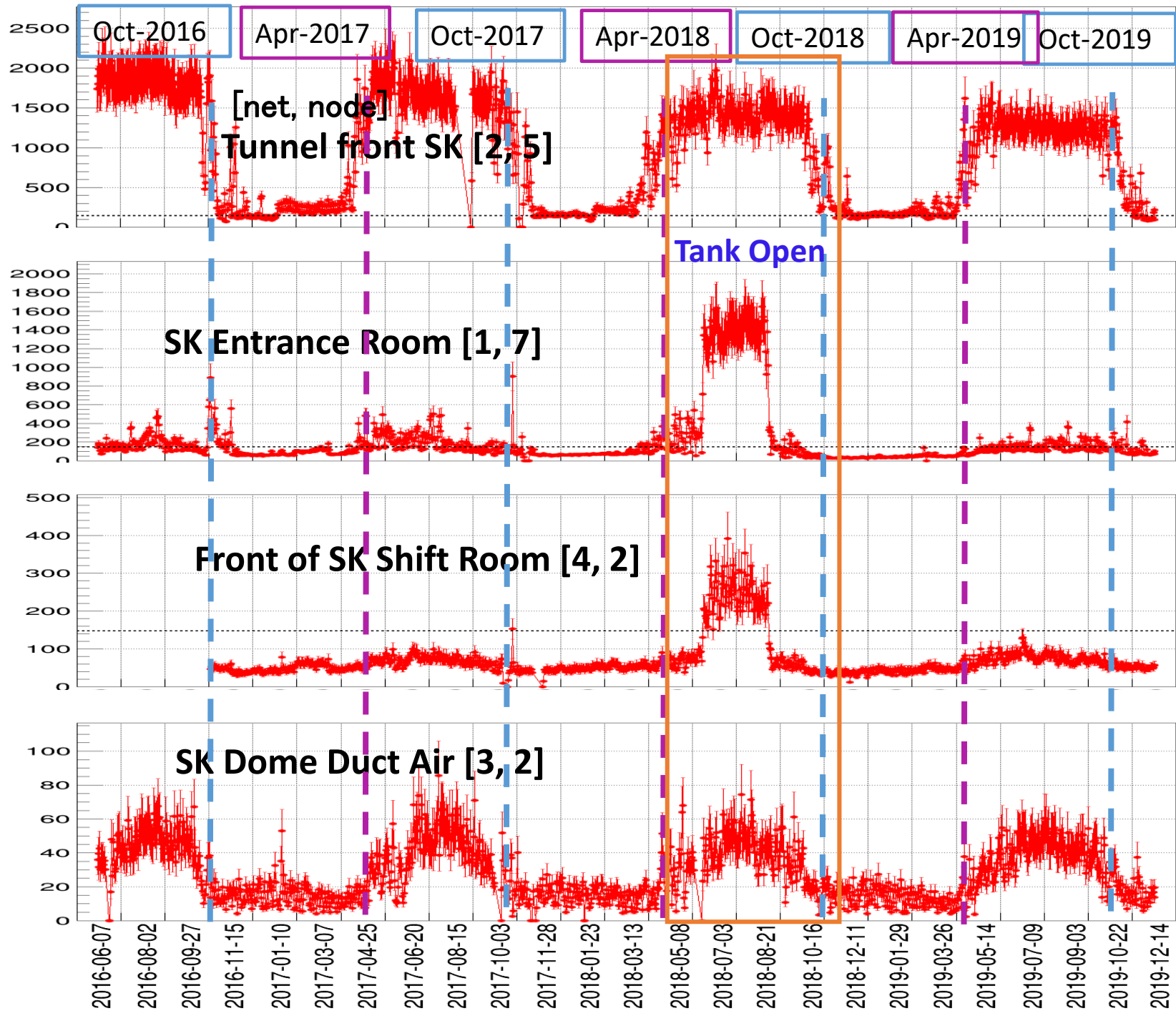
小型ラドン計
坑内設置台数: 27台
SK: 11台
XMASS: 6台
KamLAND: 2台
CANDLE: 1台

跡津坑口→

US-Rn-Hut



Radon Concentration(Bq/m3)



High

Low

枋洞坑の側溝水ラドン濃度測定



2019年8月28日 採水

水中ラドン濃度(液体シンチレーション法)

- -370m 円山 $1.70 \pm 0.09 \text{ Bq/L}$
- -370m 坑道入口 $1.35 \pm 0.08 \text{ Bq/L}$
- 水源消雪井戸 $13.50 \pm 0.02 \text{ Bq/L}$

カムランド奥源水 $17.21 \pm 0.06 \text{ Bq/L}$
SK前 $2.06 \pm 0.03 \text{ Bq/L}$



まとめ

坑内側溝水中のラドン濃度測定

- ①カムランド奥源水 $17.21 \pm 0.06 \text{Bq/L}$
- ④合流地点前 $8.25 \pm 0.03 \text{Bq/L}$
- ③合流地点奥 $2.05 \pm 0.02 \text{Bq/L}$
- ⑦坂の下 $2.13 \pm 0.02 \text{Bq/L}$
- ⑧SK前 $2.06 \pm 0.03 \text{Bq/L}$

- 上流から下流にかけてラドン濃度が低下する(大気中へラドンの移行)
- 合流地点から100m下流でラドン濃度は2Bq/Lまで減少
- カムランド奥源水でラドン濃度の連続測定と較正

小型ラドン計による坑内空气中ラドン濃度測定

- Raspberry Pi を用いた小型データロガー開発
- 多地点ラドン濃度システム構築
- 神岡坑内27台設置(SK11台)
- 2012年以降, 最長7年の長期モニタを継続
- 大気の流れによる季節変動 冬季に低く夏季に高い

HKサイトのラドン濃度測定

- 茂住坑道と比べてラドン濃度低い