

包括的核実験禁止条約(CTBT)に関する 原子力機構の役割と最近の活動状況

2024年8月22日



国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
核不拡散・核セキュリティ総合支援センター
CTBT技術協力室

令和6年度 第1回 核不拡散科学技術フォーラム

核兵器を巡る情勢

1. 北朝鮮の情勢

- ・北朝鮮の豊溪里(プンゲリ)核実験場の坑道の再整備（2022年6月報道）
- ・北朝鮮の寧辺（ニョンビョン）の実験用軽水炉の臨界の可能性（2023年12月報道）

2. 核兵器保有国の核実験場の再整備の動き

- ・中国のロプノール核実験場の再整備（2023年12月報道）
- ・ロシアのノバヤゼムリヤ島核実験場の再整備（2024年4月報道）

3. 核兵器の使用の可能性

- ・ロシアが戦術核兵器を使用する可能性に言及（2022年11月、2024年3月報道）



核リスクの高まり

CTBT(包括的核実験禁止条約)

宇宙空間、大気圏内、水中、地下を含むあらゆる空間での核兵器の実験的爆発及びその他の核爆発を禁止

現在、**未発効**（署名国：187ヶ国、批准国：178ヶ国）

核兵器国、潜在的な核兵器開発能力を有する44ヶ国のうち35ヶ国しか批准していないために発効していない。2023年11月2日にロシアが批准を撤回し、現在下記の9か国が批准していない

未署名国(3)：インド、パキスタン、北朝鮮

未批准国(6)：中国、エジプト、イラン、イスラエル、米国、ロシア

地球上での核実験を検知するための国際監視制度(IMS)施設を整備

・認証済み監視観測所(地震波、微気圧振動、水中音波、放射性核種の4種類)：

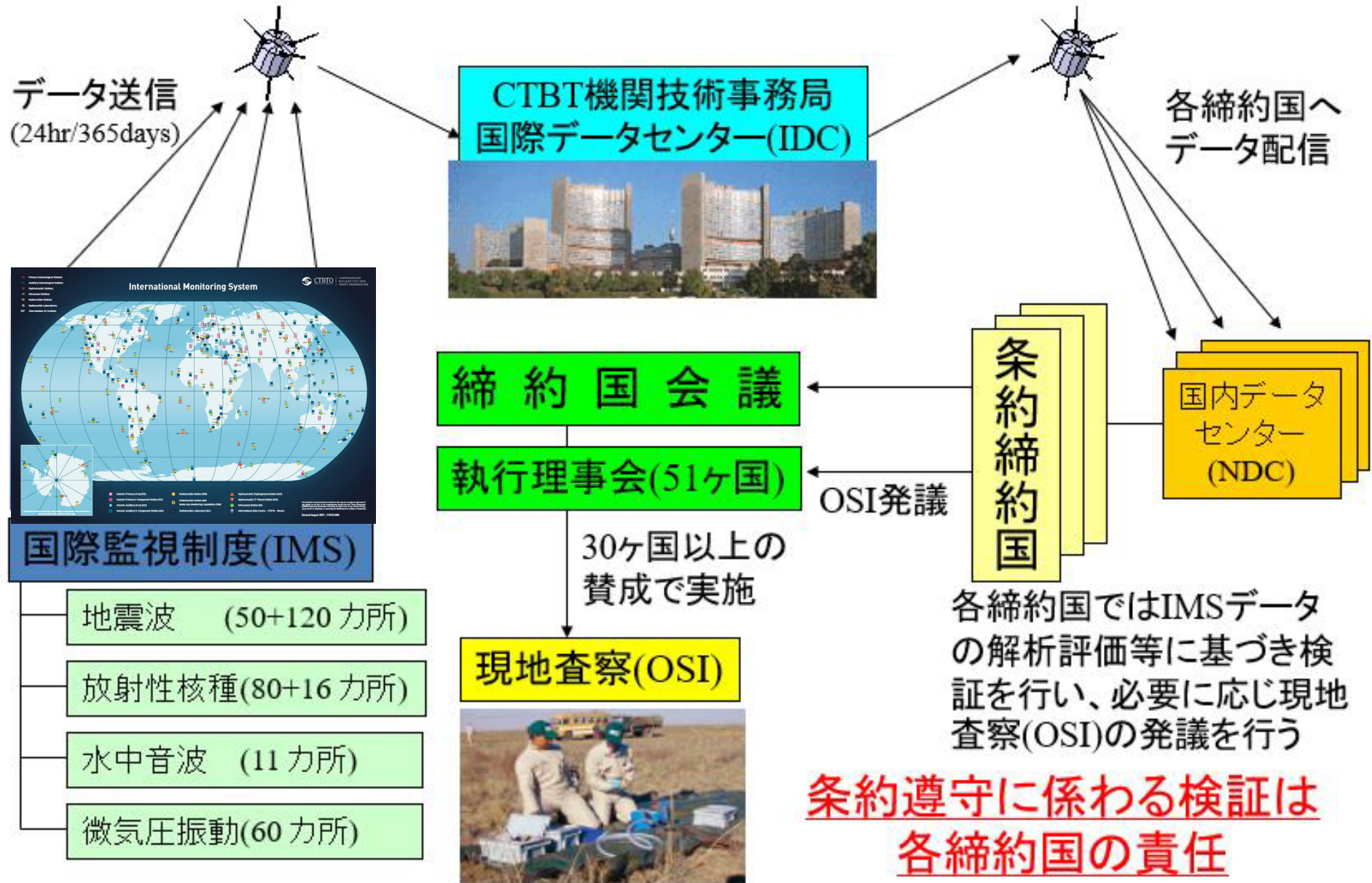
306/321ヶ所(95.3%)

・公認実験施設(放射性核種監視観測所の品質管理・詳細分析)：14/16カ所（87.5%）



320/337ヶ所（**約95%**）のIMS施設が稼働中

CTBT検証制度のしくみ



CTBTに関するJAEAの役割

1. 国際監視制度(IMS)施設

(1) 放射性核種監視観測所

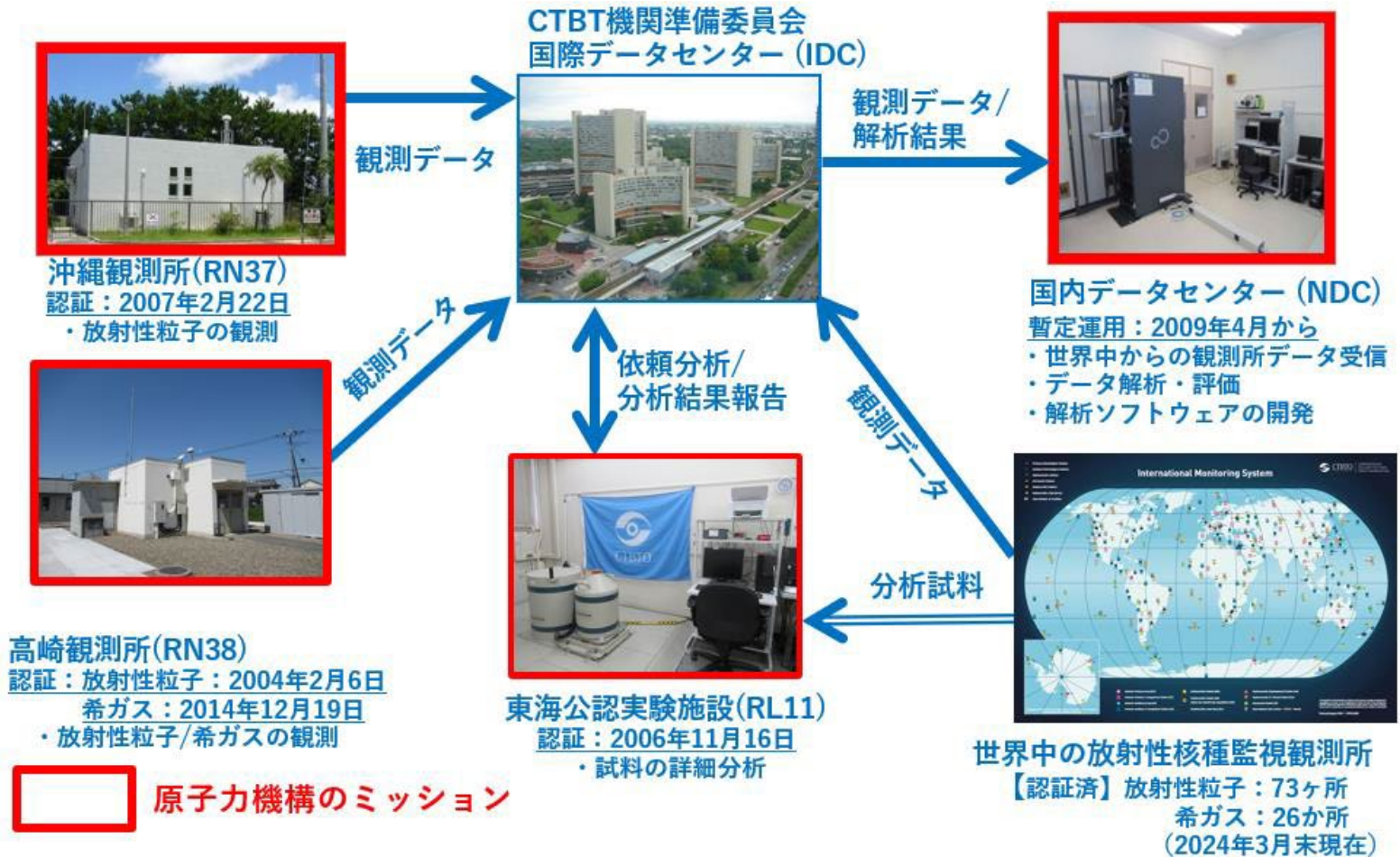
- 1) 沖縄観測所（JAXA・沖縄宇宙通信所内）
 - ・粒子状放射性核種の観測
- 2) 高崎観測所（QST・高崎量子応用研究所内）
 - ・粒子状放射性核種の観測
 - ・希ガス（放射性キセノン）の観測

- (2) 東海公認実験施設（原子力科学研究所内）
 - ・粒子状放射性核種試料の詳細分析

2. 国内データセンター（原子力科学研究所内）

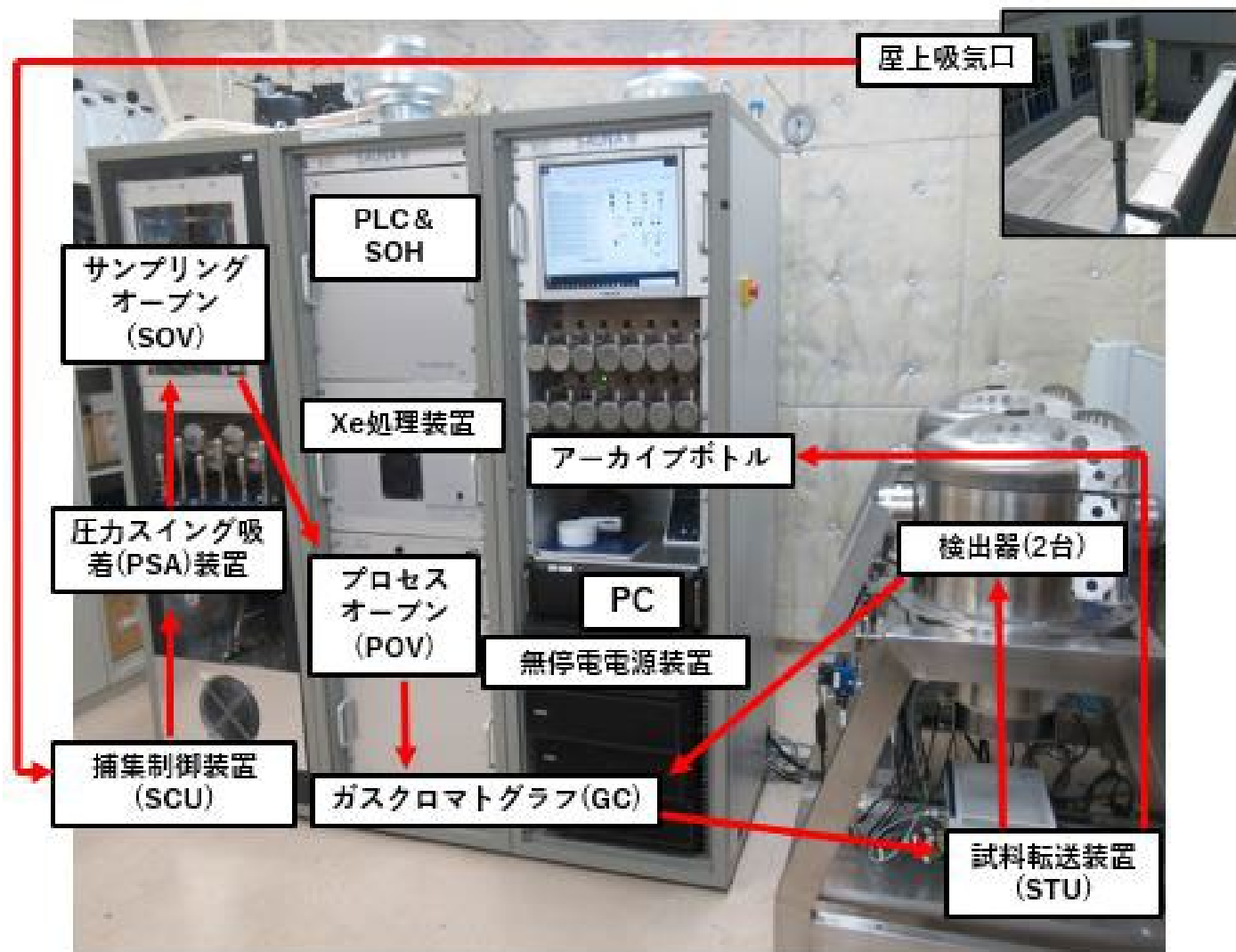
- ・放射性核種観測所のデータ解析
（粒子状放射性核種、放射性キセノン、
放出源解析）
- ・解析ソフトウェアの開発
- ・統合運用試験（核実験を想定した解析訓練）

3. CTBTOとの放射性希ガス共同観測



高崎観測所 希ガス観測装置の次世代機へのアップグレード

- スウェーデン、ノルウェーについて3番目に次世代機へ更新
- 測定結果が従来の12時間毎から6時間毎に得られ、時間分解能が向上
- キャリアガスに従来のヘリウムに替えて窒素を使用することで、運用コストを大幅に低減
132万円/年 ⇒ 9万円/年 : **93%減少**
- 検出器のエネルギードリフトを自動調整
- 遠隔操作と診断が可能



SAUNA III

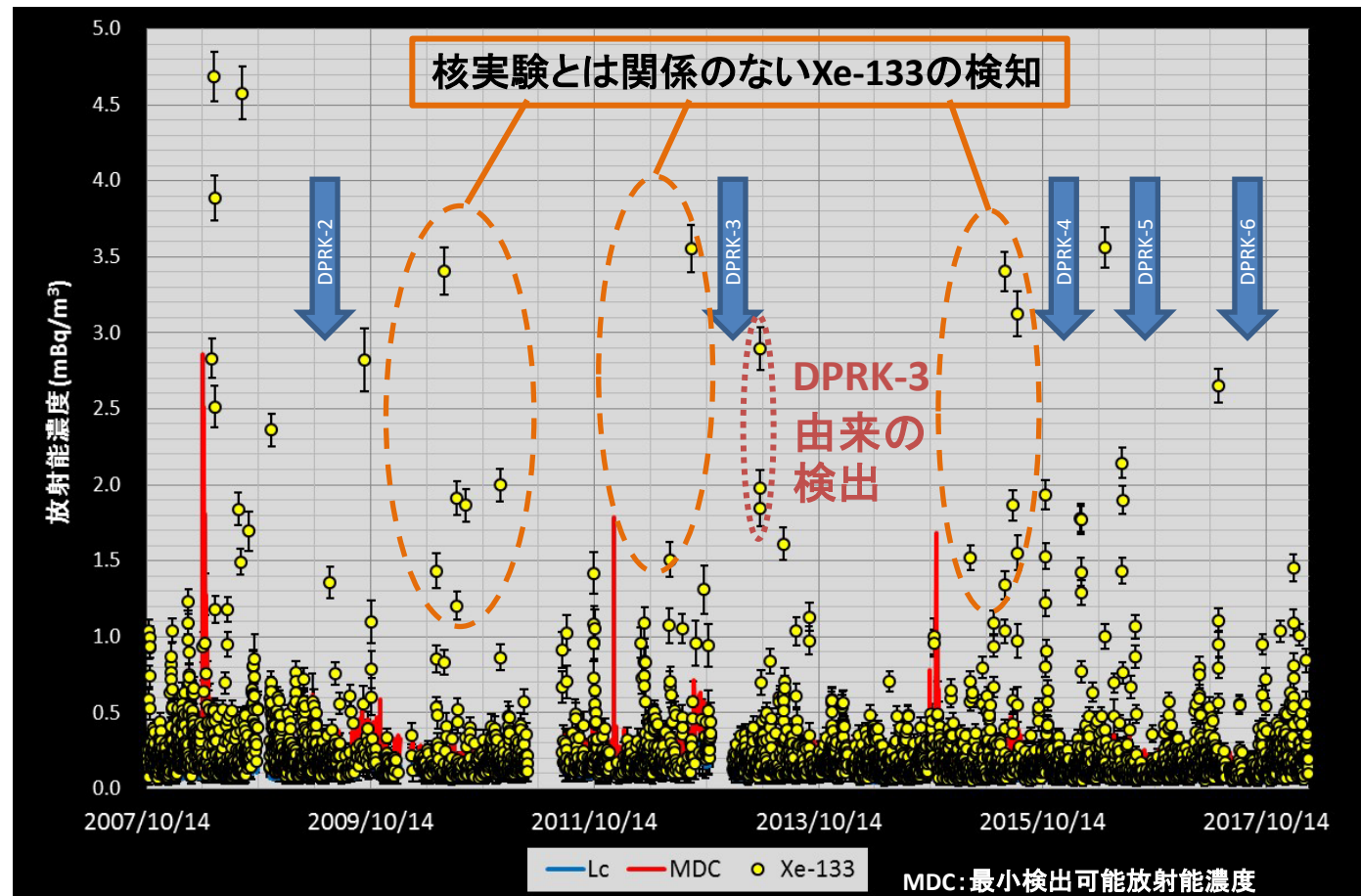
北朝鮮核実験に関するCTBT高崎観測所での検出実績

	核実験実施日	人工爆発の地震波検出状況	放射性物質の検出状況
第1回	2006年10月9日	検出	高崎観測所に希ガス観測装置は未設置
第2回	2009年5月25日	検出	未検出
第3回	2013年2月12日	検出	高崎観測所で4月8,9日の大気捕集試料からキセノン133とキセノン131mを通常と比べ高い放射能濃度で同時検出。その放射能比や放出源推定解析結果から、核実験由来と判定
第4回	2016年1月6日	検出	2月中旬に高崎観測所にて核実験起源の可能性のあるキセノン133を検出
第5回	2016年9月9日	検出	未検出
第6回	2017年9月3日	検出	10月上旬に高崎観測所にて核実験起源の可能性のあるキセノン133を検出

CTBT高崎観測所におけるキセノン133の検出状況

- 高崎観測所では高い濃度のキセノン133が検出されることがあるため、核実験後にキセノン133が検出されたとしても、それだけで核実験由来とは判断できない

CTBT高崎観測所におけるキセノン133の放射能濃度変化



キセノン133の放出量比較

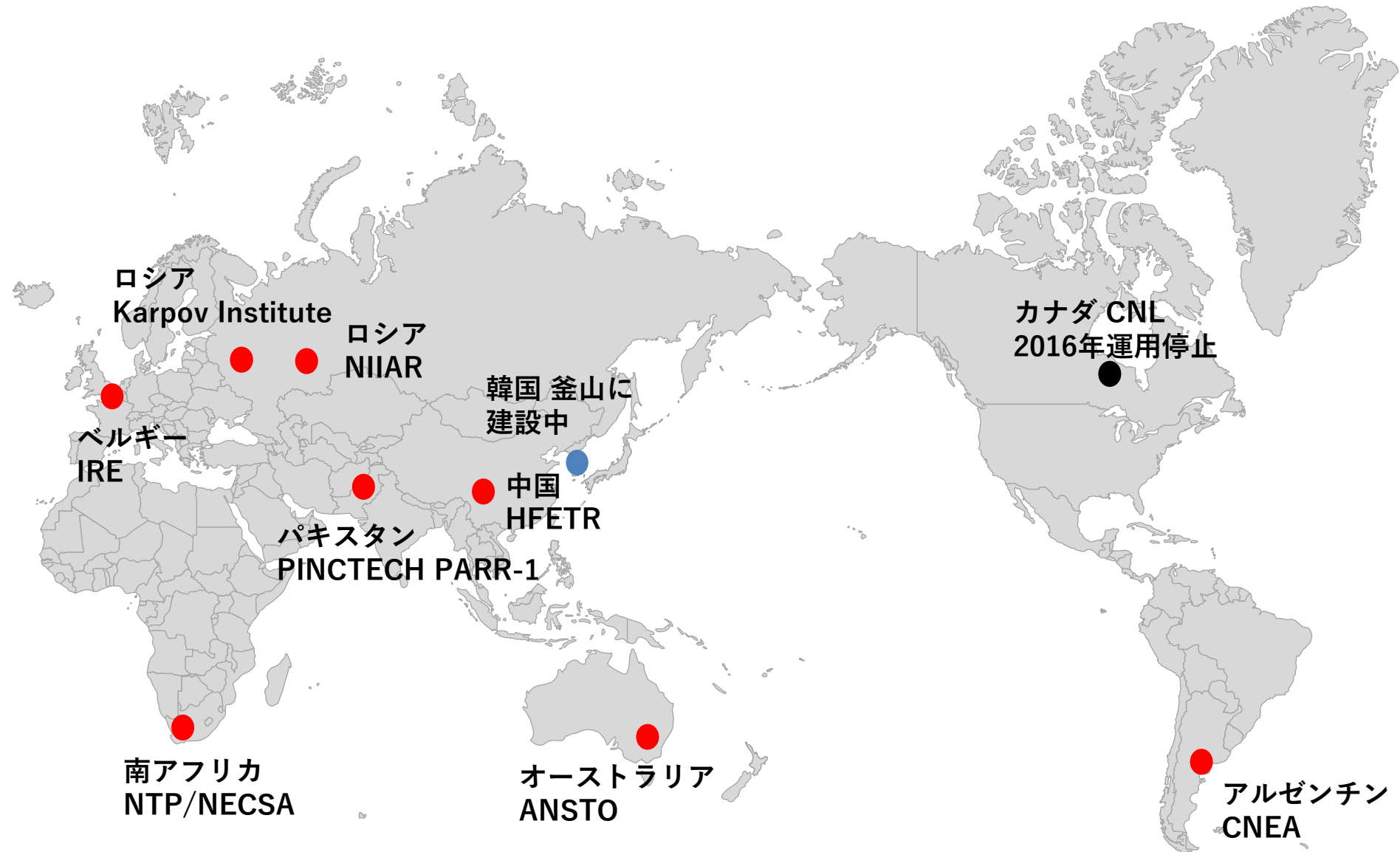
大気中へのキセノン133の放出量は、医療用放射性同位体製造施設が最も大きく、次いで原子炉等の原子力施設

放出源	キセノン133放出量 (TBq)
医療用	0.000074 – 0.0011
大型再処理工場（1日あたり）	約0.0003まで
原子炉1基(1日平均)	0.005
原子炉サイト（1日平均）	0.01
過去最大の原子炉からの放出（1日あたり）	1.84
医療用放射性同位体製造施設（1日あたり）	3 – 14
1ktの大気圏内核爆発	10000
地下で1ktの核爆発（1%放出）	100

出典：Kalinowski, M.B.et al, J. Environ. Radioactivity 100, 58-70

(2009)

医療用放射性同位体製造施設 (MIPF)



CTBT機関(CTBTO)との放射性希ガス共同観測プロジェクト

【背景と目的】

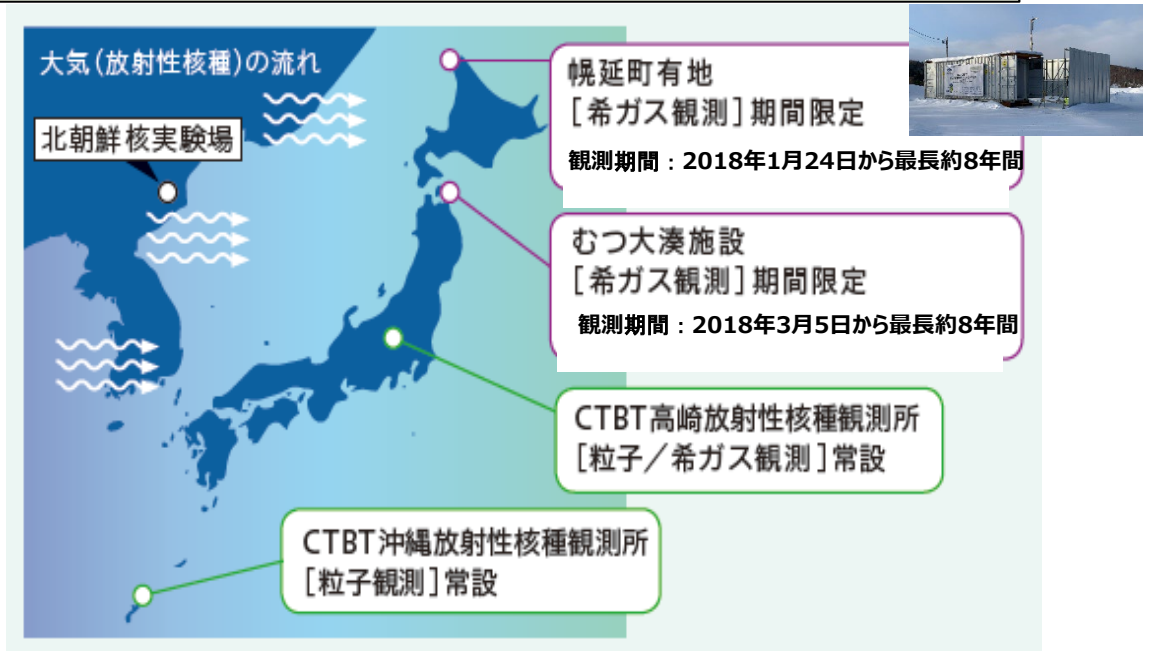
- 度重なる北朝鮮の核実験を踏まえ国連安保理はCTBTOの国際監視制度(IMS)整備の推進を奨励することを含む決議を2016年に採択。これを踏まえ、**日本政府はCTBTOの核実験検知能力強化を目的として2017年2月、希ガス観測プロジェクトのための資金（約240万米ドル）を拠出**
- CTBTOは、科学的見地等を踏まえ、当面の間**日本の北海道から東北で観測を行うこと**、既に日本での観測に経験と実績のあるJAEAを実施協力機関とすることが目的に適うと判断

【実施概要】

移動型希ガス観測装置(TXL)を下記の2ヶ所に設置し、原子力機構が運用

- ・ 北海道の幌延町有地
- ・ 青森県むつ市の原子力機構大湊施設

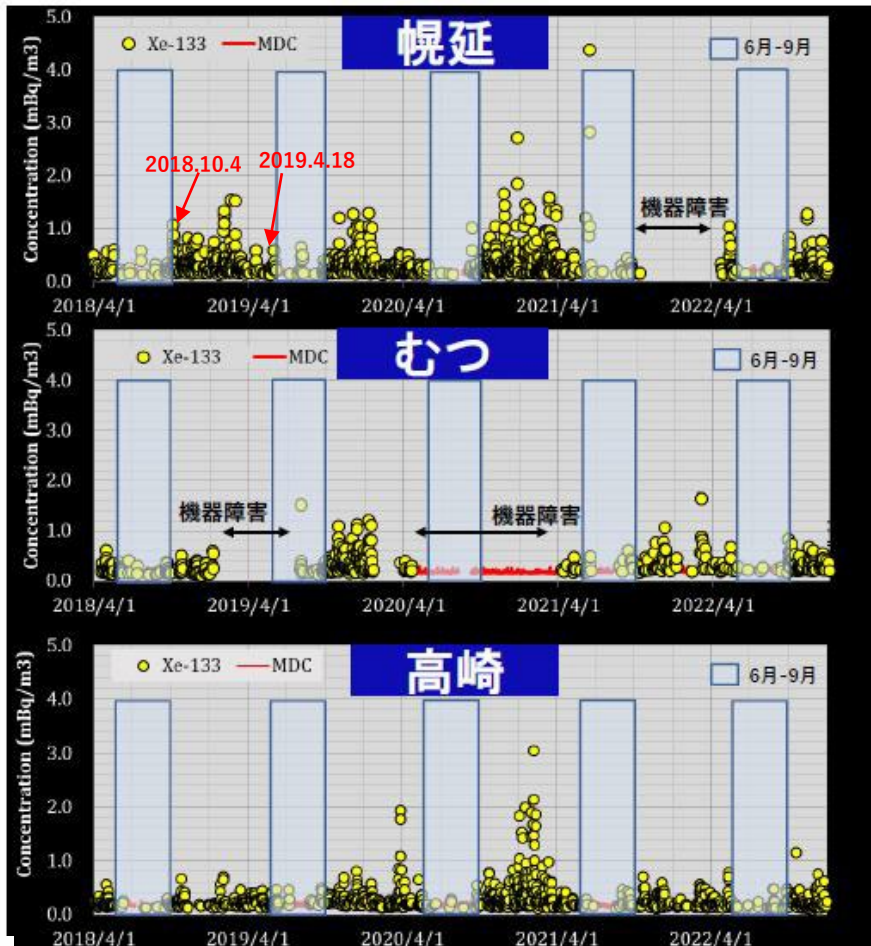
幌延、むつ及び高崎観測所での同時監視により、**放射性キセノンのバックグラウンド挙動**を把握することで、**核実験検知能力の向上**が期待される



JAEAが運用している希ガス観測施設

キセノン133の検出状況

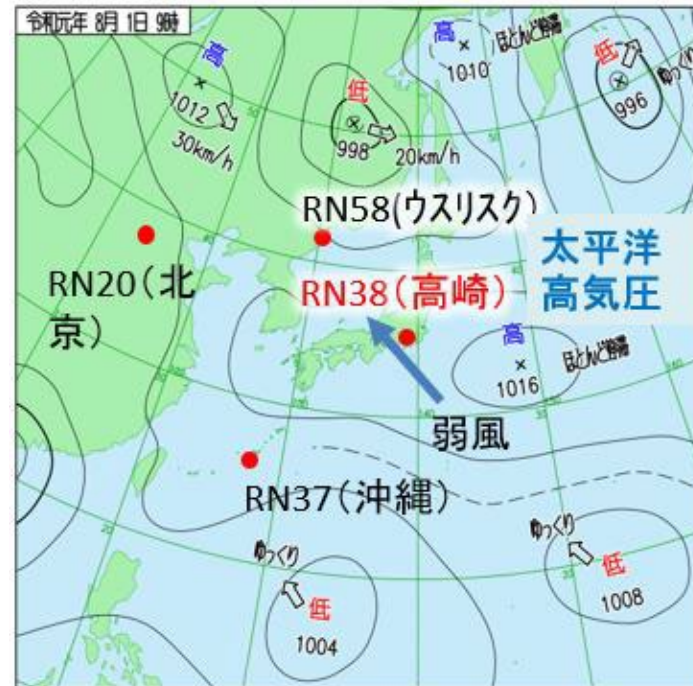
3観測点ともキセノン133（半減期：5.2日）の検出が頻繁にあり、6月から9月に検出が少なく、秋から冬にかけて多くなる季節変動がある



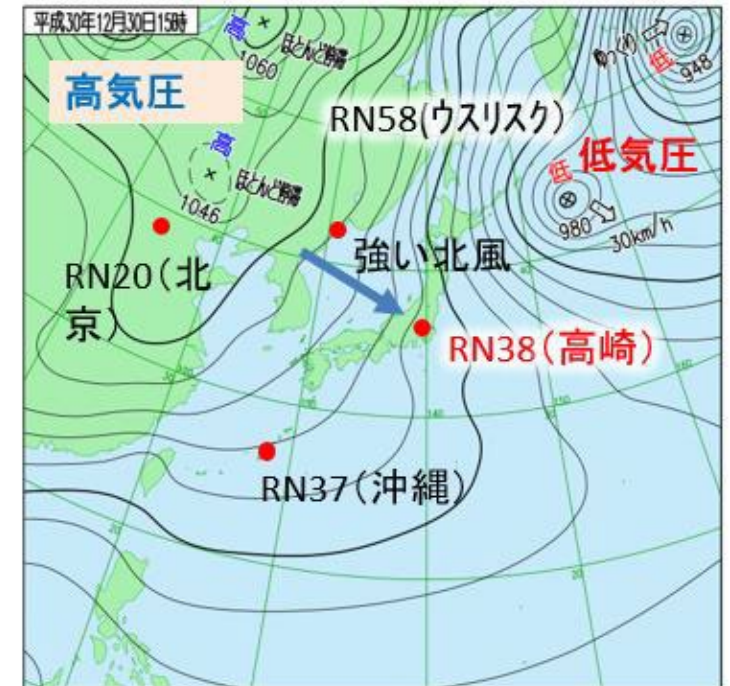
夏：太平洋高気圧の配下で、海洋から大陸に吹く弱風となるため、アジア大陸から来る希ガスは、日本の観測所に届きにくい

冬：西高東低の気圧配置となり、アジア大陸から日本に向かって北西の強い季節風が吹くので、日本の観測所に届きやすい

夏



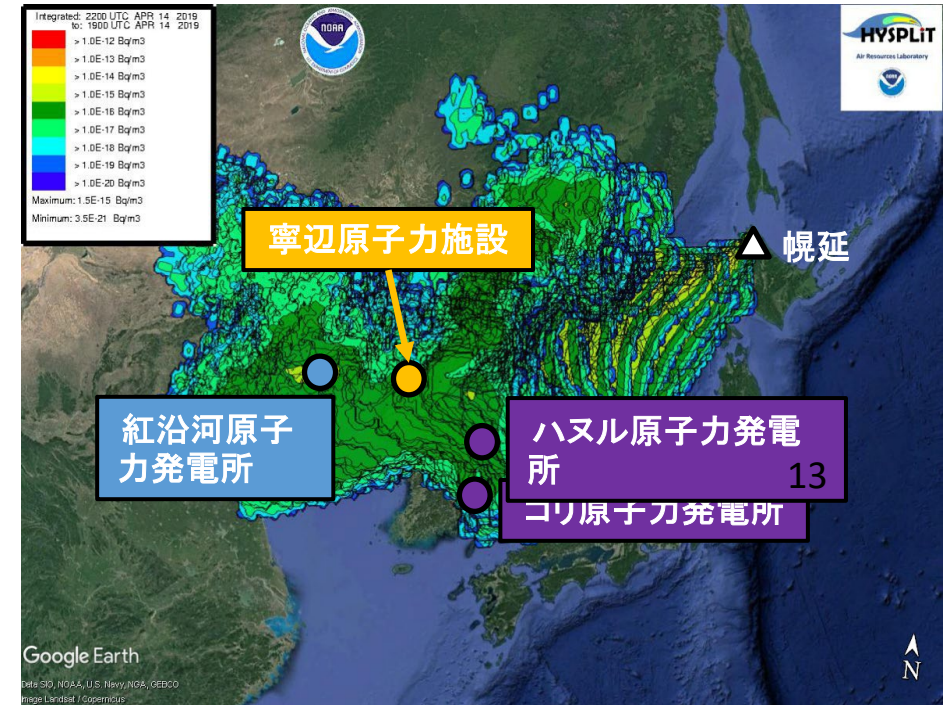
冬



2019年4月18日に幌延で検出されたキセノン133の 大気輸送モデル（ATM）バックトラッキングによる放出源推定解析結果

計算条件

ATM 計算コード	HYSPLIT
気象データ	NOAA NCEP（米国海洋大気庁）
放出核種	キセノン133
放出点	幌延
計算期間（UTC）	2019年4月16日 19:00 ～ 2019年4月14日19 : 00
放出期間（UTC）	2019年4月16日 18:51 ～ 2019年4月16日 6:51
放出放射能量	1 Bq
分解能	0.25×0.25 °



放出源推定地域に含まれる主な原子力施設

北朝鮮：寧辺（ニョンビョン）原子力施設

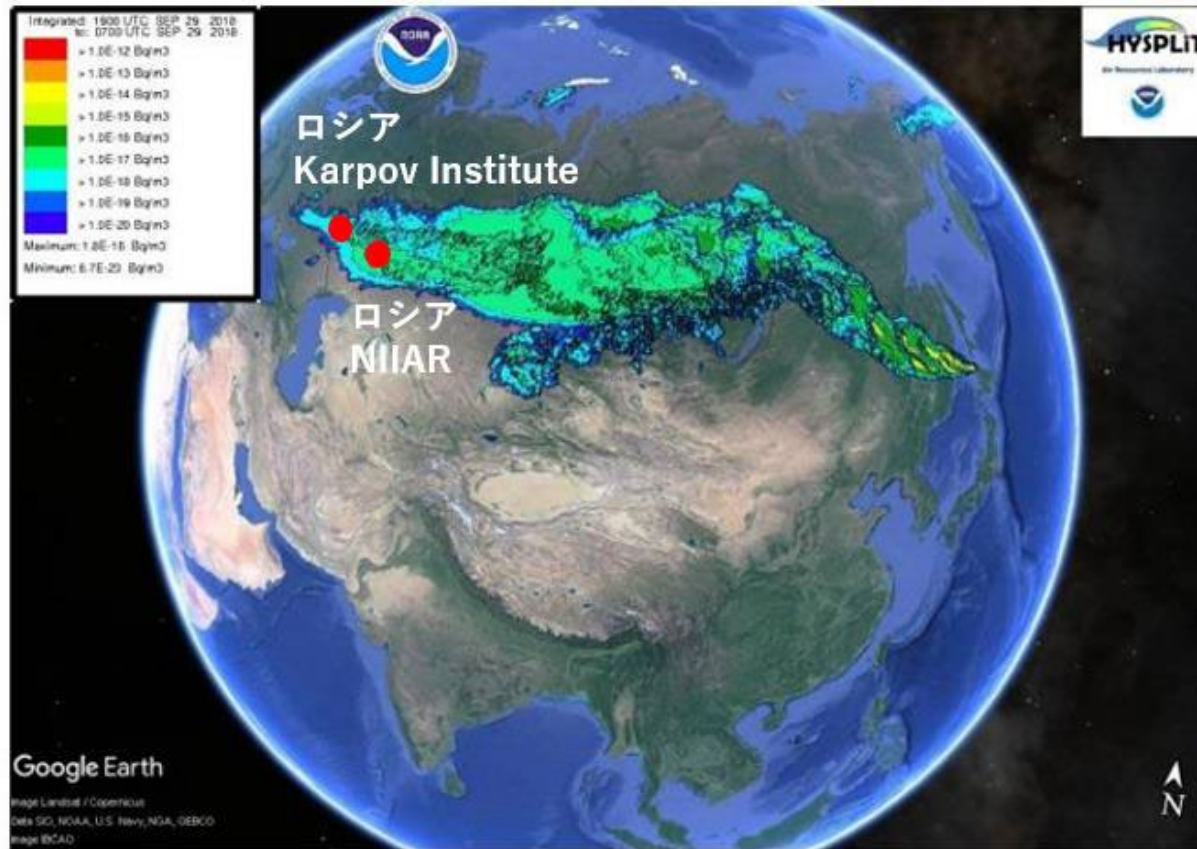
- ・IRT-2000研究炉(8,000kW), 5MW 原子炉, 50MW原子炉
- ・放射化学研究所(再処理工場), 核物理学研究所, 核燃料製造工場

中国：紅沿河（ホンヤンフン）原子力発電所（2019年時点で4基稼働, 総出力4,476MW）

韓国：・ハヌル原子力発電所（2019年時点で6基稼働, 総出力5,900MW）

・コリ原子力発電所(2019年時点で6基稼働, 総出力3,800MW)

2018年10月4日に幌延で検出されたキセノン133の ATMバックトラッキングによる放出源推定解析結果 (シミュレーション期間：5日間)



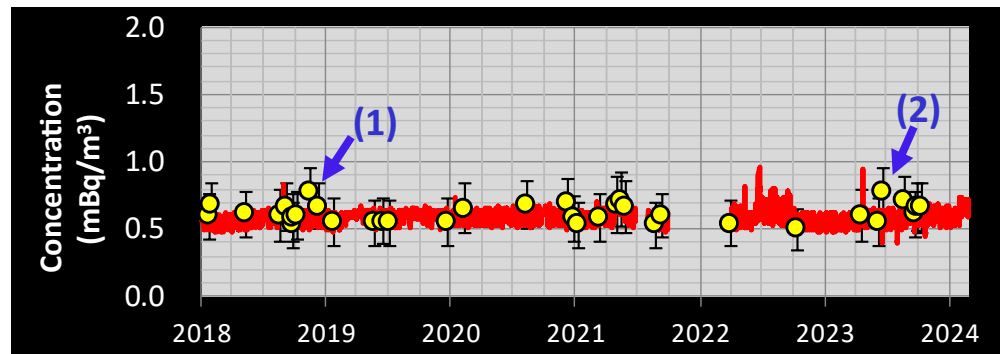
幌延を放出点として5日間時間を遡って拡散解析を実施

放射性プルームは、対流圏上層にある強い偏西風（ジェット気流）によって5日間で大陸を横断して欧州に到達

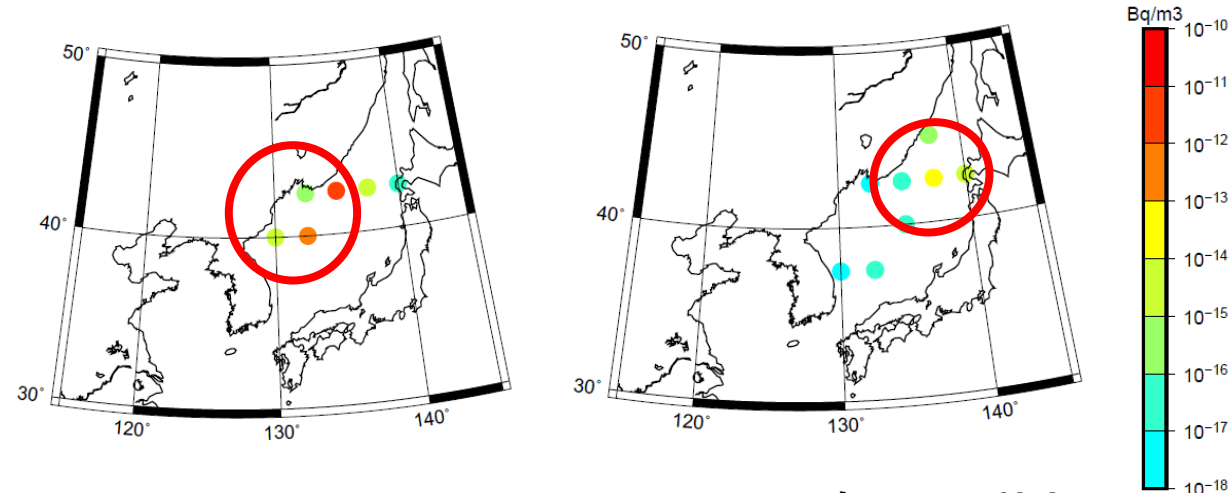
ロシアの放射性同位体製造施設も可能な発生源に含まれる

幌延で検出されたキセノン135の ATMフォワードトラッキングによる放出源推定解析結果

- ・キセノン135は、高崎で検出されることは、ほとんどなく、幌延、むつでは時々検出される
- ・半減期が約9時間と短いため、日本近隣に放出源がある可能性が高い



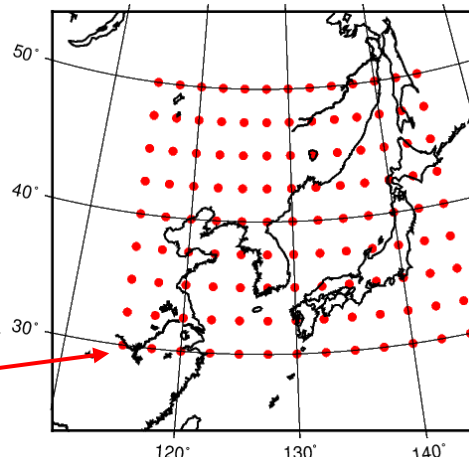
幌延におけるキセノン135の検出状況



(1) 2018年12月2日検出の
放出源推定解析結果

(2) 2023年7月7日検出の
放出源推定解析結果

- モデル: WRF-FLEXPART
- 入力気象データ: GFS
- シミュレーションエリア:
3,500 km × 3,500 km
- 水平解像度: GFS: 0.5°
FLEXPART: 10km
- トレーサー粒子数: 1,000,000/1ケース
- 放出速度: 1Bq/時間
- 放出点候補右図



幌延で検出されたキセノン135の放出源は
北朝鮮からロシア沿岸部の可能性がある

CTBTO-九州環境管理協会の福岡での希ガス観測プロジェクト

1. 目的

高崎観測所から1,000kmの範囲で、幌延、むつ、福岡の4ヶ所の同時観測することで、高崎観測所で検出される高濃度放射性キセノン検出事象についての科学的理解を深めることができる

2. 実施期間

2024年内開始予定

3. ISCNからの支援

1) 幌延、むつ、高崎、福岡での4箇所での希ガス観測結果に加え、近隣のCTBT観測所のデータを含めて総合的に解析評価

2) 九州環境管理協会への解析支援

- ・放射性キセノンガスの放射能濃度解析
- ・簡易的な放出源推定解析



その他のCTBTOへの貢献

ISCNからCTBTOへコストフリーエキスパート（CFE）1名を派遣

- 派遣期間：令和3年4月～令和6年3月（3年間）
- 派遣部署：国際データセンター局（IDC） ソフトウェア応用課
- 担当業務：
 - ・放射性キセノン同位体が2核種同時検出された場合における、同位体比及び大気輸送モデルを用いた放射性キセノンの放出源を推定するための手法の検討
 - ・放射性希ガス共同観測プロジェクトやCTBT東海公認実験施設に係るCTBTOとの調整

まとめ

- 原子力機構は、常設の放射性核種監視観測所、公認実験施設、国内データセンターの運用のほか、CTBTOと共同で幌延とむつで放射性キセノンの観測を実施中（2018～）
- CTBOと九州環境管理協会が福岡で始める希ガス観測に対し、原子力機構は支援の予定
- 高崎観測所では、2023年5月に希ガス観測装置をアップグレードし、SAUNAⅢを導入
- キセノン133の検出は夏場に少なく、冬場に多い、季節変動がある
放出源は日本近隣諸国の原子力施設や遠方の医療用放射性同位体製造施設の可能性がある
- 半減期の短いキセノン135の放出源は北朝鮮からロシア沿岸の可能性があるが、具体的な施設は不明
- CTBTOへの人的貢献としてCFE1名を派遣完了