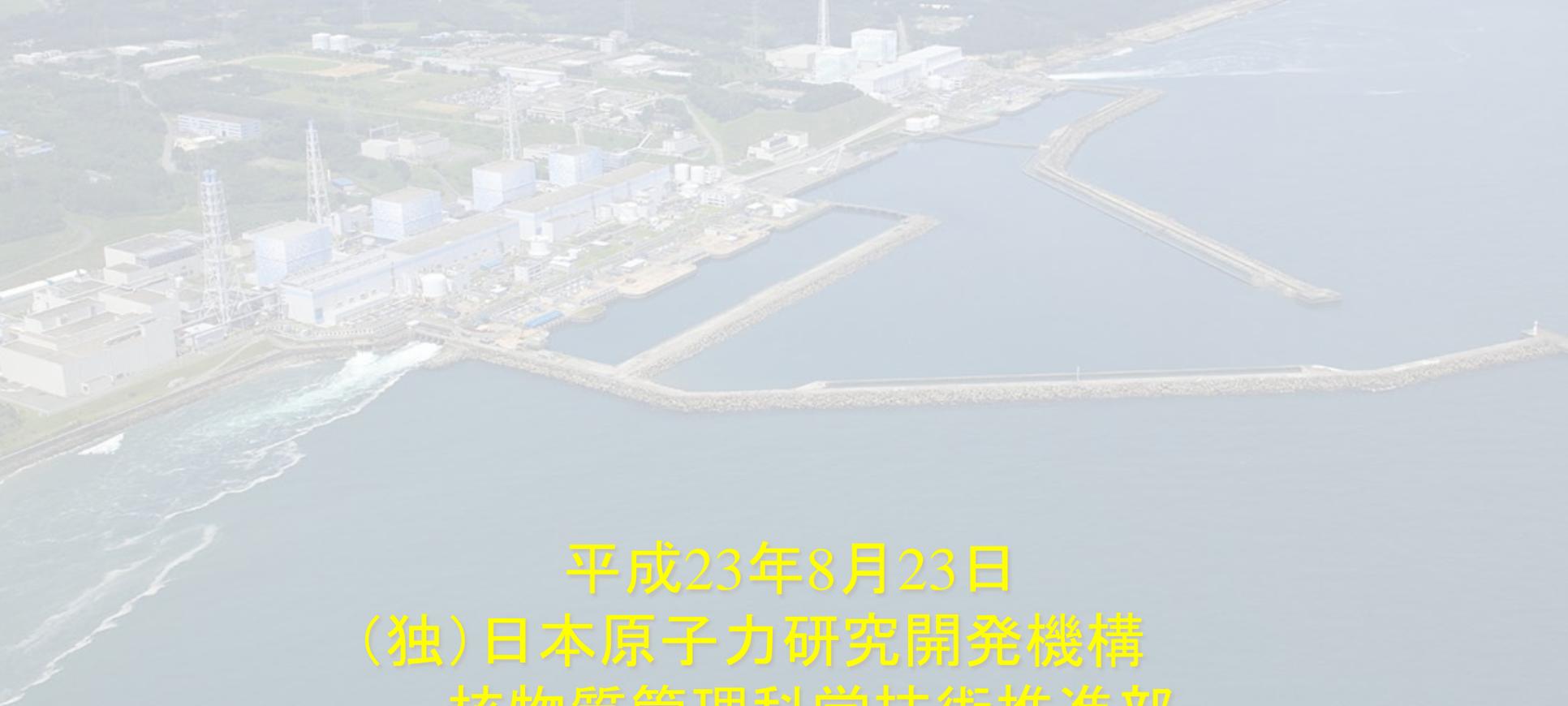


福島第1原子力発電所事故対応 (核不拡散関連)



平成23年8月23日

(独)日本原子力研究開発機構
核物質管理科学技術推進部

福島第1原子力発電所事故関連対応 (核不拡散関連)

• 破損燃料等の核物質管理技術・手法の検討

福島第一発電所内に大量の核物質が位置・形状を変えた形で残留している。今後、事業者、国、IAEA間でなされるべき対応に資するため、過去の原子力事故における対処事例を調査分析するとともに、今回のケースについて核物質管理技術的の検討を行う。

• 地球規模での放射性核種拡散挙動評価

福島第一発電所を起源とする地球規模での放射性核種の大気中拡散挙動の世界的規模での影響評価に資するために、高分解能 γ 線スペクトル・希ガス用 $\beta - \gamma$ 同時計数スペクトル実測データ等を解析評価し、大気輸送モデルを用いたシミュレーションと組み合わせ地球規模での拡散挙動を評価する。

破損燃料等の核物質管理技術・手法の検討

目的および概要

福島第一原子力発電所内には大量の核物質が残されているが、核物質管理の観点から、これらを如何に対応するか(当面の措置、移送時の措置、長期的な措置)今後、事業者、国、IAEAで検討が行われるものと予想される。そこで、本検討に資するため、過去の原子炉事故における事例を調査・分析するとともに、福島第一発電所における対処方法について技術的な検討を行う。

破損燃料等の核物質管理技術・手法の検討項目

- ・ スリーマイルアイランド原発事故、チェルノブイリ原発事故における核物質管理技術・手法の調査
- ・ 福島第一発電所内核物質初期インベントリー評価
- ・ アクセスパス(アクセスポイント)の推定解析
- ・ 封じ込め・監視(C/S)手法検討
- ・ 核物質管理方法(全体案)の策定(国・IAEAとの話し合いに基づく「核物質管理全体の基本概念、保障措置アプローチを策定)ー再処理、保管廃棄、処分、それぞれにおける保障措置上の取扱いの検討を含む
- ・ 使用済み燃料など無傷物(intact)と溶融固化物等の核物質マッピング:
ストラータ毎の核物質質量推定
- ・ デブリ中の核物質推定(他部署との連携による核物質濃度・同位体分析・概要量の推定)
- ・ デブリ移送搬出の検討(輸送方法、輸送時のMobileモニタリングなど)
- ・ 再処理時等における測定(計量)ーDA、NDA
(直接処分のケースでは、保障措置上の扱い)

破損燃料等の核物質管理技術・手法検討の 今後の進め方

- ◆文部科学省、原子力安全・保安院、(財)核物質管理センター、東京電力(株)等、関係機関と密接な情報交換を実施しつつ、検討項目精査
- ◆過去の事故対応関係者/IAEAを支援する米国DOE担当者へのヒアリング
- ◆必要に応じて、日米協力(JAEA-USDOE)を実施
- ◆核物質等の把握に関しては、福島支援について関係各部の専門性を最大限活用し、福島支援に関する今後解決すべき中・長期的課題に戦略的に取り組む目的で設立したJAEA内「福島支援本部」と連携し実施

TMI-2原発事故における核物質管理方法の調査

- ・ **TMI-2事故(1979.3.28)の核物質管理(事故後特定核物質(SNM)の計量管理の認可)**
 - 集合体のほとんどが健全性を保っていないことが判明し、デブリが炉心中に散りばめられていること、燃料の一部はプラント内の他の様々な区域に蓄積されていることから、通常のSNM計量管理手法は適用できず、新たな手法が必要であるとの指摘。
 - ✓ 1982年6月：NRCがTMI-2燃料取り出しの計量ガイドラインを発表
 - ✓ 1983年3月：GPU(事業者)が炉心計量計画(健全燃料の詳細情報と破損燃料及びデブリの推定重量を提供)をNRCに提出、1983年4月にNRCが却下
 - ✓ 1985年2月：GPUが改定案(燃料取出し作業終了後に、入量と残留量からSNMの計量を実施)を提示、NRC/DOEが概ね了承
 - ✓ 1985年8月：GPUは10CFR70.53(物質状態の報告)、10CFR70.54(核物質移送報告)、10CFR70.51(d)(物質収支インベントリ、記録の要求)の免除を反映して炉心計量計画を発行
 - ✓ 1985年10月：NRCがTMI-2計量計画を認可。

TMI-2原発事故における核物質管理方法の調査

TMI-2 Core End-State Configuration

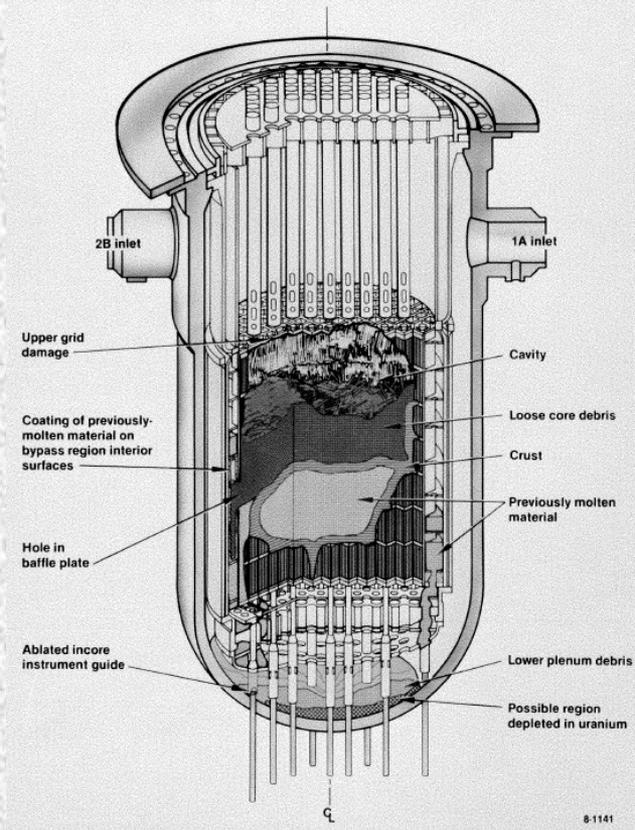


図 TMI-2炉心状況

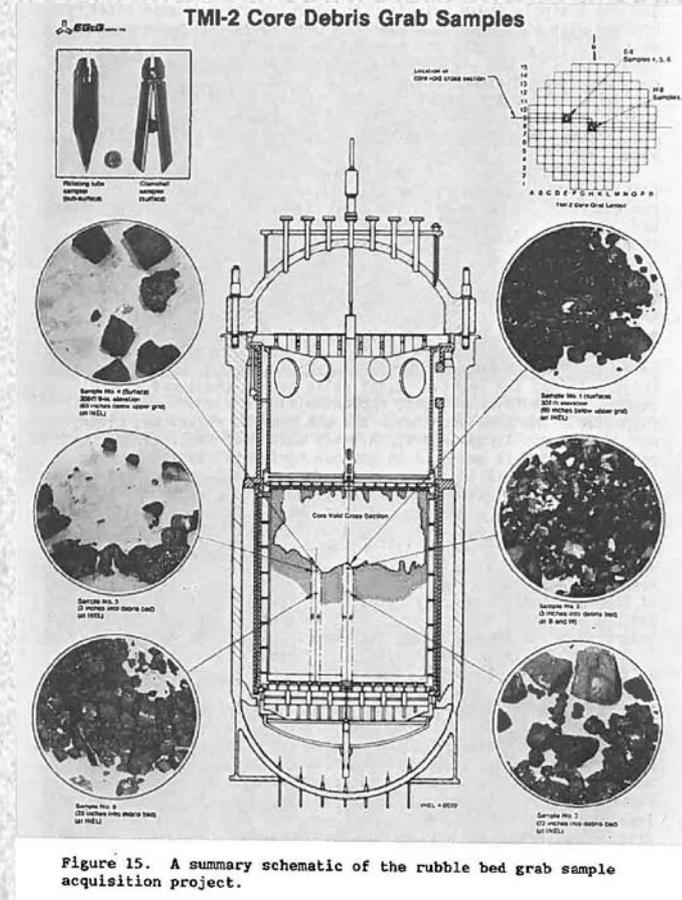


Figure 15. A summary schematic of the rubble bed grab sample acquisition project.

図 TMI-2炉心から採取した
デブリ情報

J. J. Byne*, "Three Mile Island Unit 2 Licensing History," Nucl. Technol., vol.87, p. 683-689, 1989

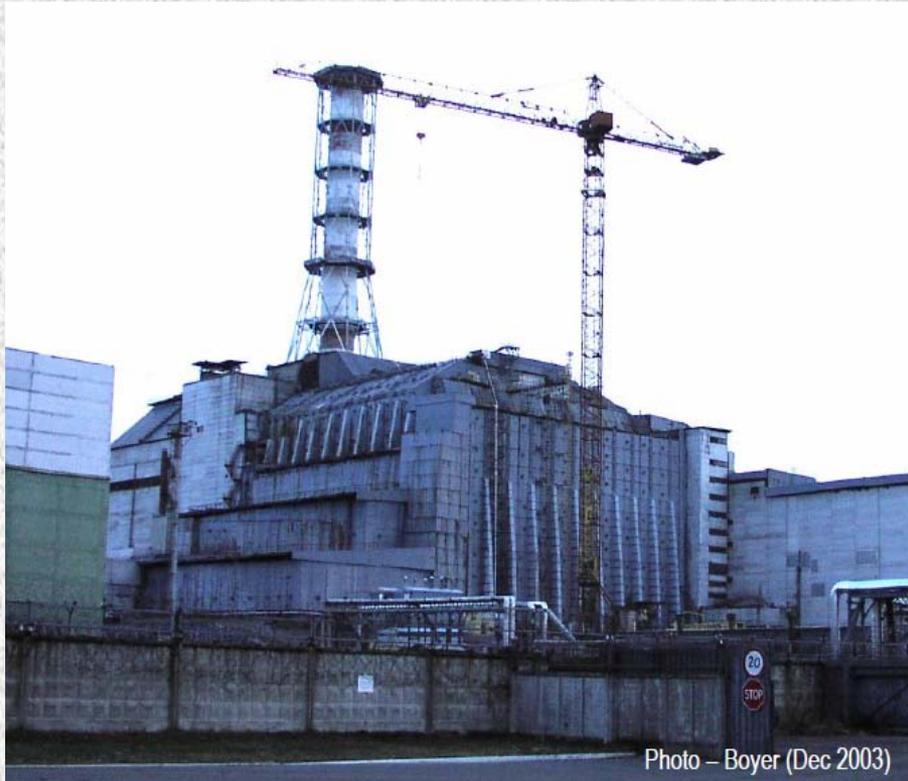
ChNPP Unit4原発事故における核物質管理技術・手法の調査

- ・ ChNPP 事故(1986.4.26)に適用しうる保障措アプローチ(事故後特定核物質(SNM)の計量管理の認可)
 - IAEAが考案したサンプリングによるユニークなアプローチは、ISTCが採取・保管していたシェルターのサンプルから抜き取り、サイバースドルフで分析するというもの。これにより、サンプルに含まれる核物質の種類について独立に評価し、燃料含有物の階層分類ができる。
 - シェルターでは従来の計量管理は不可能であるため、IAEAは核物質防護と封じ込め・監視(C/S)を組み合わせた保障措置アプローチを実施
 - 設計情報検認(DIV)は、シェルターの変更或いは新設の際にIAEAが適時性を持って実施
 - 封じ込め・監視(C/S)の方法として次のようなもの検討
 - 放射線監視システム(γ 線および中性子線検出器、NaI、 ^3He)をシェルターの主要なアクセスポイントを配置する。
 - 放射線モニターと監視カメラシステムを設置

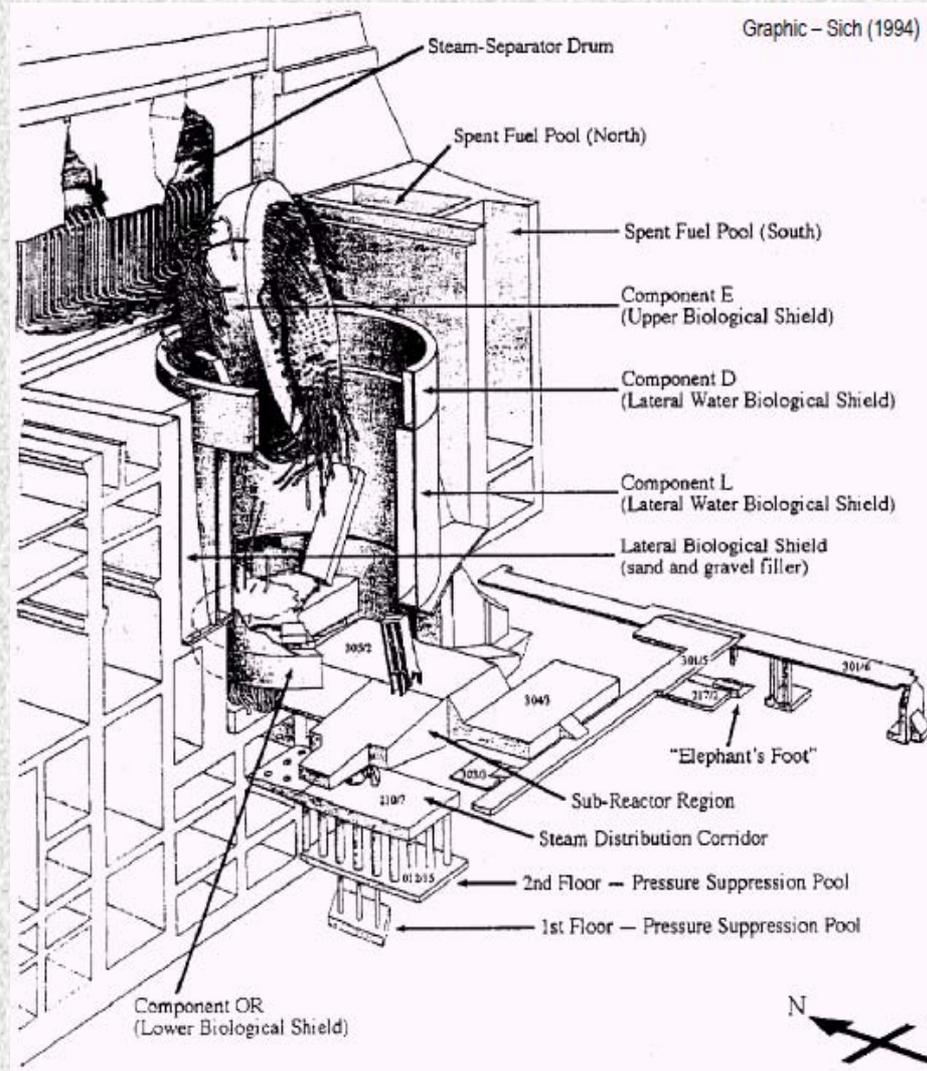


B. Boyer (BNL) 他、"Technical Challenges in Implementation of Safeguards at Chernobyl Unit 4"(INMMIに発表)

ChNPP Unit4 石棺と事故後の内部状況



チェルノブイリ4号炉



参考文献

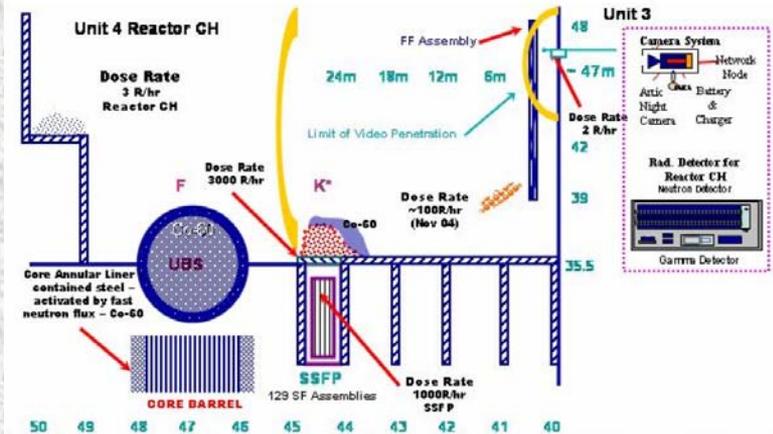
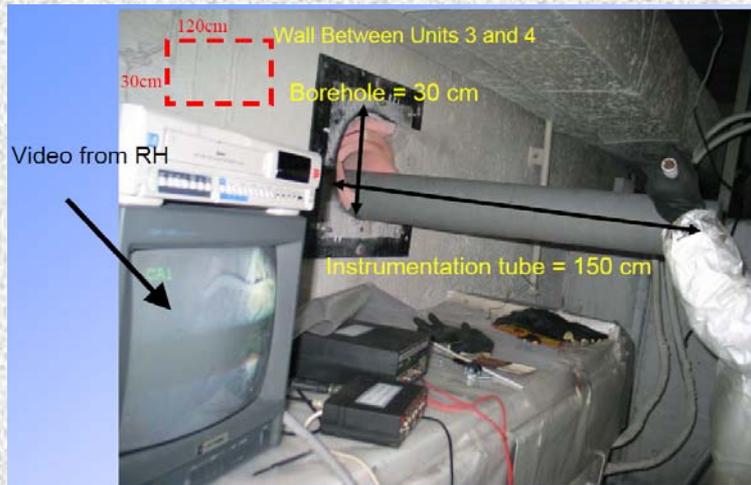
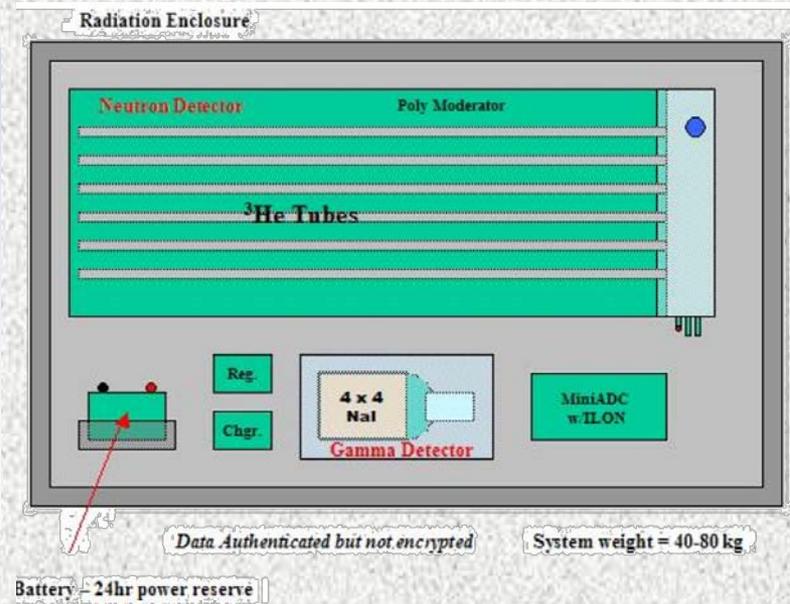
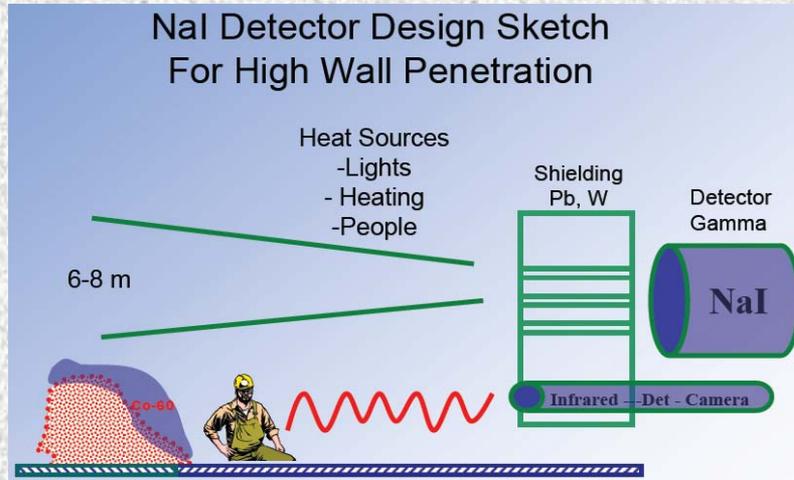
- 1) B. Boyer (BNL) 他、7th International Conference on Facility Operations (Feb. 2004, Charleston)
- 2) B. Boyer (BNL) 他、"Technical Challenges in Implementation of Safeguards at Chernobyl Unit 4"(INMMに発表)
- 3) C. Carroll, "System Requirements Specification for the Chernobyl Shelter Unattended Monitoring System", ISPO-509 (May 2004)

ChNPP Unit4原発事故における 核物質管理技術・手法の調査

Strata	Description of Material	Location		Items # of	U, Metric Tonnes U	U Conc., Weight %	Avg. U-235 Enrich., Weight %	Calc. Pu, kg Pu
A	Spent Fuel	505/3	South SF Pool	129	14.8	85	0.92	57
B	Fresh Fuel	504/2	Whole - Central Hall	48	5.5	88.2	2	0
C	Dispersed Fuel Outside of Shelter	Offsite	Offsite	NA	10		1	36
D	Core Fragments Scattered after Explosion	914/2, etc...	Central Hall, Walls, Outside	NA	36		1	129
E	Dispersed Fuel in Dust and Hot Particles	ChNPP Unit 4 Wide	ChNPP Unit 4 Wide	NA	1		1	4
F	Dissolved materials in liquids	Lower reactor	~20 rooms in Shelter	NA	0.1		1	0.4
G	Fuel Containing Materials	Lower reactor rooms	Pressure Suppression Pool, Steam Dist. Corridor, etc...	NA	143	4-10	1	518
TOTAL INTACT FUEL ASSEMBLIES IN SHELTER (unit form) (A,B)				177	20.3			57
TOTAL CORE FCM IN SHELTER (with uncertainties) (D-G)					180+/-30			651
TOTAL MATERIAL ACCOUNTED FOR (with uncertainties) (A-G)					210+/-33			744

B. Boyer (BNL) 他、“Technical Challenges in Implementation of Safeguards at Chernobyl Unit 4”(INMMに発表)

ChNPP Unit4原発事故における核物質管理技術・手法の調査



B. Boyer (BNL) 他、"Technical Challenges in Implementation of Safeguards at Chernobyl Unit 4"(INMMに発表)

福島第一発電所における核物質管理に関する当面の課題

- **処理・処分等における測定(計量)基盤的技術検討**

計量管理・検認は、処理・処分の際には必要であるが、そのための核物質測定技術につき、サンプルの溶解性(分析レベル)等基盤的技術の検討の開始が必要

- **アクセスパス(アクセスポイント)の推定解析**

1号機建屋カバーが9月末までに完成する計画があり、その際にアクセスパスの把握が必要



「建屋カバー」設置のため福島第1原発に陸揚げされる鉄骨部材＝7月26日(東京電力提供)

- **封じ込め・監視(C/S)手法検討**

従来の計量管理は不可能であるため、核物質防護と封じ込め・監視(C/S)を組み合わせた保障措置アプローチが必須、そのための手法検討が必要

福島第1原子力発電所事故による 地球規模での放射性核種拡散挙動評価

目的および概要

- ・ 東日本大震災後に発生した福島第1原子力発電所事故において、大量の放射性物質が環境中に放出された。
- ・ この放射性物質は国内／周辺地域のみならず地球規模で拡散しており、世界的にも懸念および関心を高めている。
- ・ 2000年以降、包括的核実験禁止条約(CTBT)に係る国際検証体制の一環として地球規模での放射性核種監視ネットワークの整備が進められており、ここから得られる実測データを利用して日本の福島第一原発を発生源とする地球規模での放射性核種の大気中拡散挙動を解析評価し、その世界的影響評価に資するデータを得心することを目的として本事業を実施する。

実施内容

- CTBT国際監視制度(IMS)から得られるデータを用いて、地球規模で拡散した福島起源の放射性核種の拡散挙動を評価する。
- 8月現在、粒子状放射性核種(ヨウ素／セシウム／テルル等)の観測については60ヶ所、希ガス(^{131m}Xe 、 ^{133m}Xe 、 ^{133}Xe 、 ^{135}Xe)の観測については27ヶ所のIMS施設が稼働しており、このデータは毎日、ウィーンの国際データセンター(IDC)を經由して各国に配信されている。国内では、JAEA東海研究開発センター内に、こうした世界中の放射性核種データを受信し解析評価する国内データセンター(NDC)が設置されている。
- 本件では、これまでJAEAが実施してきたNDC機能を拡大し、IMSの高分解能 γ 線スペクトルおよび希ガス用 β - γ 同時計数スペクトルの実測データを解析評価するとともに、大気輸送モデルを用いたシミュレーションと組み合わせて地球規模での拡散挙動を評価する。

実施項目

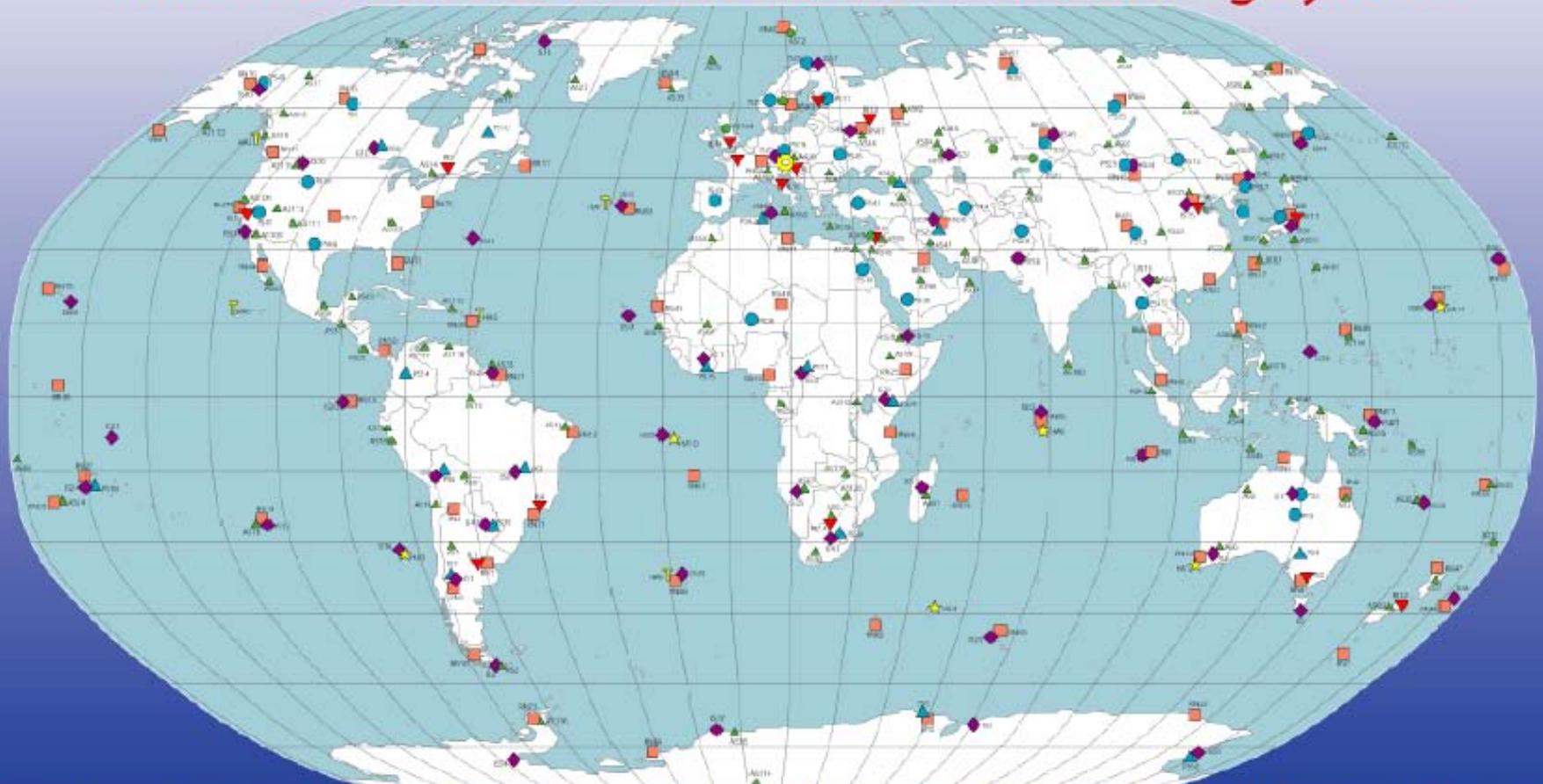
	実施項目
フェーズⅠ	IMSデータの解析、基礎データ取得 大気輸送モデルの調査
フェーズⅡ	大気輸送モデルの改良・高度化(I) 世界的な被ばく線量評価
フェーズⅢ	大気輸送モデルの改良・高度化(II) 広域原子力災害モニタリングシステムへの適用可能性調査
フェーズⅣ	可搬型高性能希ガス観測装置の導入(1~2台) 国内複数地点におけるデータ相関、バックグラウンド(放出源)解析と評価

世界337カ所の観測所ネットワーク



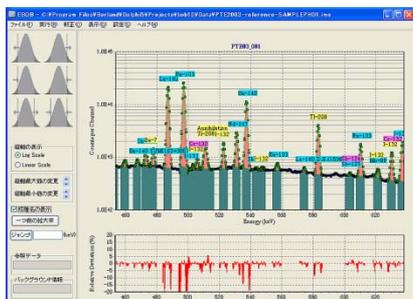
Preparatory Commission for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBTO)

Facilities of the CTBT International Monitoring System



- Seismic primary array (PS)
- ▲ Seismic primary three-component station (PS)
- ★ Hydroacoustic (hydrophone) station (HA)
- Radionuclide station (RN)
- Seismic auxiliary array (AS)
- ▲ Seismic auxiliary three-component station (AS)
- ⊥ Hydroacoustic (T-Phase) station (HA)
- ▼ Radionuclide laboratory (RL)
- ◆ Infrasound station (IS)
- International Data Centre, CTBTO PrepCom, Vienna

JAEAで開発したCTBT検証技術とJAEAの役割



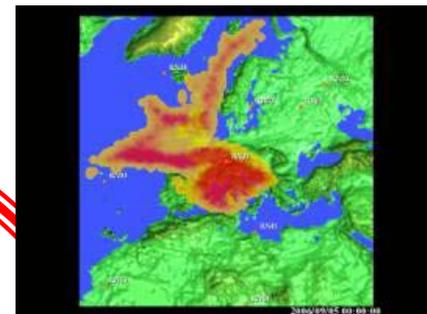
粒子状核種用
 γ 線解析コード

JAEAの役割

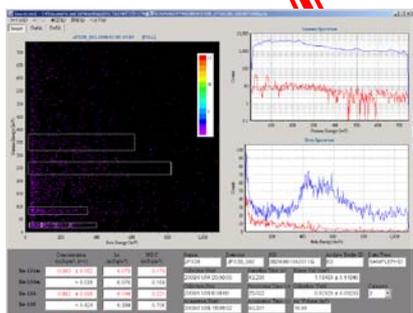
核実験監視に係わる放射性核種
データの技術的解析評価

条約上、核実験の評価同定は各締
約国の責任で実施する

→ 国内の技術的評価機関



バックトラッキングによる
放出源推定解析

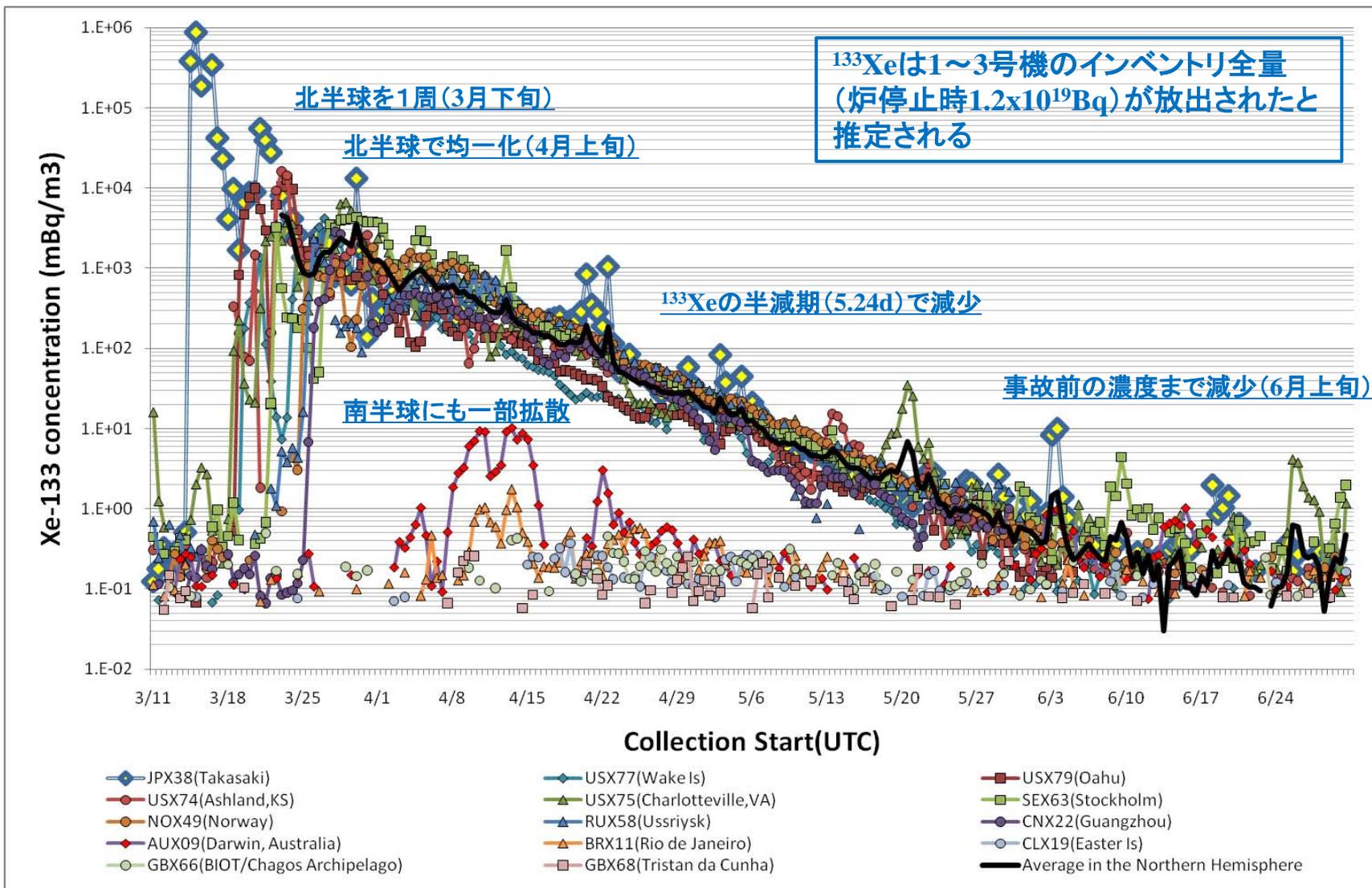


希ガス用 β - γ 解析コード

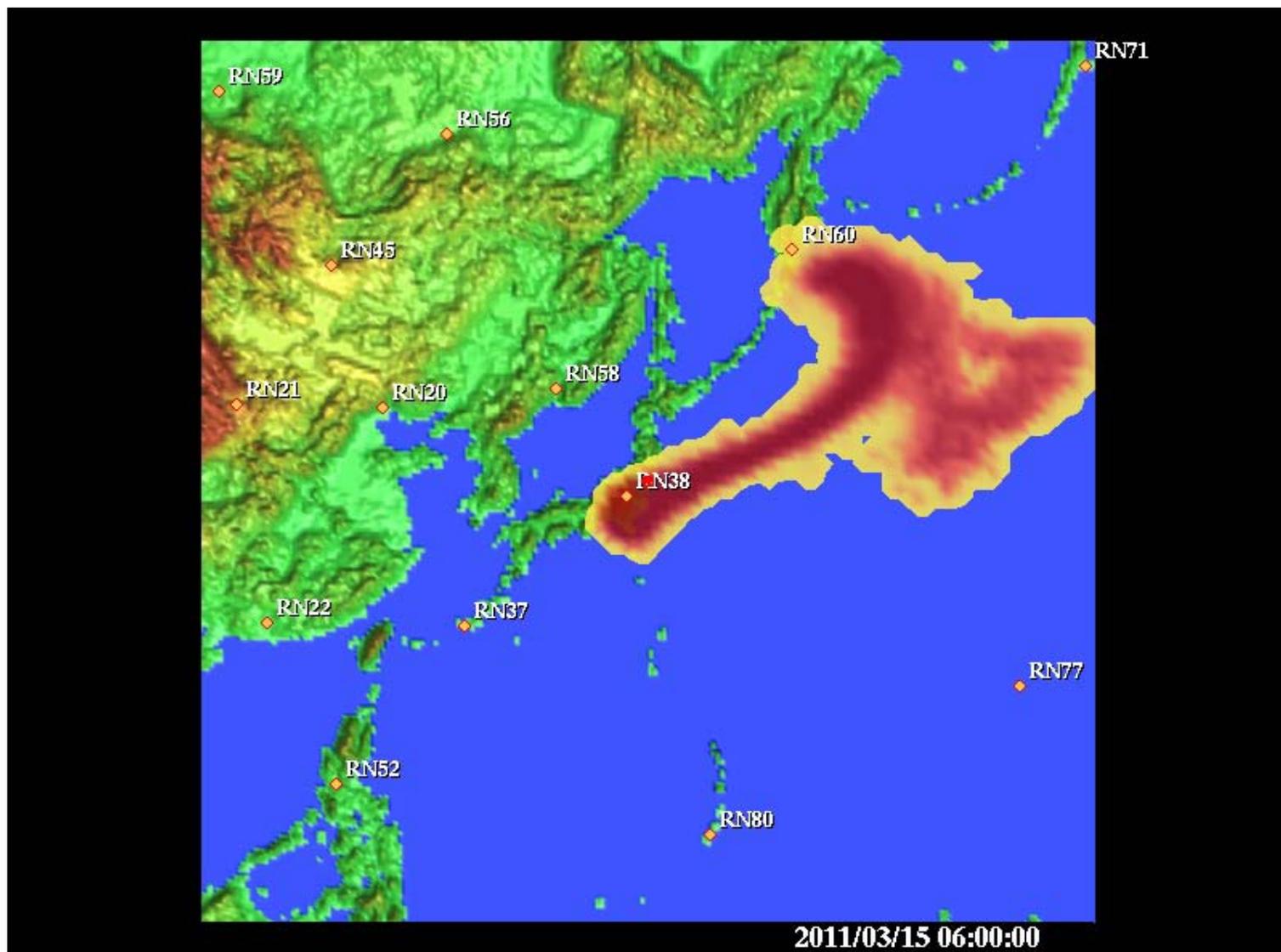
Name	Location	Country	Lat	Lon	Start Date	Received	Filtered	Type/Status
IMST01	Thessalonika	GR	55.67	22.93	2000-08-28	2000-08-28	2000-08-28	CTBT
IMST02	Berkeley	US	37.87	-122.27	2000-08-28	2000-08-28	2000-08-28	CTBT
IMST03	Adelphi-Lavry	GR	37.17	26.11	2000-08-28	2000-08-28	2000-08-28	CTBT
IMST04	Thessalonika-VL	GR	55.67	22.93	2000-08-28	2000-08-28	2000-08-28	CTBT
IMST05	Thessalonika-VL	GR	55.67	22.93	2000-08-28	2000-08-28	2000-08-28	CTBT
IMST06	Thessalonika-VL	GR	55.67	22.93	2000-08-28	2000-08-28	2000-08-28	CTBT
IMST07	Thessalonika-VL	GR	55.67	22.93	2000-08-28	2000-08-28	2000-08-28	CTBT
IMST08	Thessalonika-VL	GR	55.67	22.93	2000-08-28	2000-08-28	2000-08-28	CTBT
IMST09	Thessalonika-VL	GR	55.67	22.93	2000-08-28	2000-08-28	2000-08-28	CTBT
IMST10	Thessalonika-VL	GR	55.67	22.93	2000-08-28	2000-08-28	2000-08-28	CTBT

国際監視観測所ネットワーク
データベースシステム

希ガス観測所における ^{133}Xe の濃度推移 (福島第一原子力発電所事故以後)



大気輸送モデルによる拡散シミュレーション

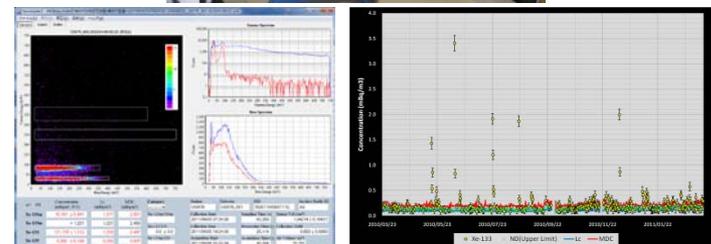


高感度の放射性核種 (Xe) 観測ネットワーク(案)

日本列島を南北にカバー



可搬型Xe観測装置



データセンターにおける解析評価システム