

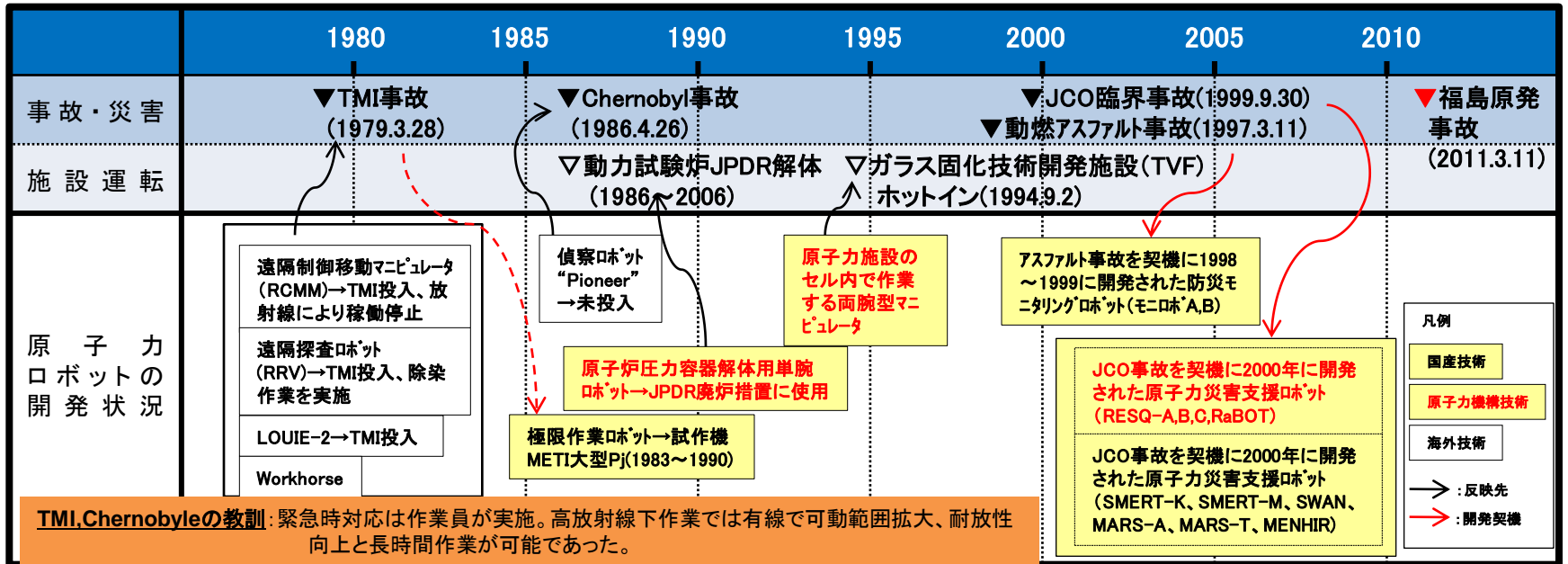
# 日本原子力研究開発機構の原子力災害ロボット

－ 福島第一原子力発電所事故における対応と教訓 －

2011年7月12日

日本原子力研究開発機構  
福島支援本部 復旧支援部  
遠隔操作技術担当

# 1. 原子力機構における原子力ロボット開発の経緯



JPDR炉内構造物解体に適用



両腕型マニピレータ



RESQ-A



RESQ-B

# 2. 地震発生後の原子力機構の対応

	3	4	5	6	7
ロボットコントロール車		整備	訓練・改良	▽1F搬入	
JAEA-1号改造整備 (屋内瓦礫除去用)		改造・整備		ケーブルリール搭載等改良	
JAEA-2号改造整備 (屋内除染作業用)		改造・整備		ケーブル改良・除染装置搭載等改良	
JAEA-3号改造整備 (屋内γ線可視化計測等用)				改造・整備、γ線可視化計測装置試作	訓練・改良 ▽1F搬入
ロボットコントロール車 2 (東京電力の要請)					整備 ▽1F搬入
その他			4/17～▽PackBOTによる1-3号炉観察	5/上～▽TARON3号炉大物搬入口付近の放射線計測、	6/20▽Quince投入

3/11東北太平洋沖地震発生  
R1/S1/Q1/A/B/Cの不可動を確認

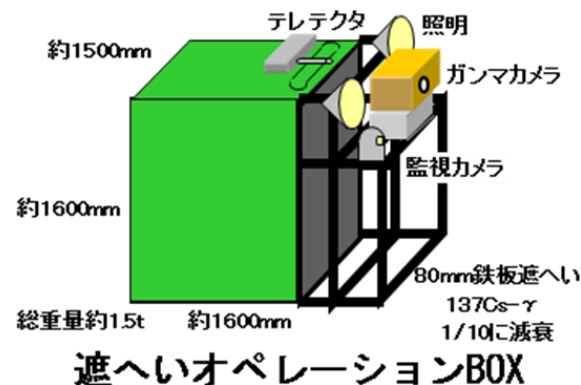


## 2. 地震発生後の原子力機構の対応

### 2.1 ロボットコントロール車の整備



ロボット操作車内部



ガンマカメラによる汚染源確認結果

目的:放射線計測やロボット操作を迅速かつ安全に行う

機能:遮へい機能(鉄板80mm)

情報収集機能(ガンマカメラ、監視カメラ、テレテクタ)

補助機能(照明、発電機、等)

現状:5/1に福島第一に搬入し、5/5から使用開始。

## 2. 地震発生後の原子力機構の対応

### 2.2 JAEA-1号(屋内瓦礫除去用)の改造・整備



○概略寸法: 1400mmL × 800mmW × 800mmH、走行速度: 1.5km/h、総重量約600kg。

目的: 原子炉建屋内等の瓦礫・粉じんの排除

機能: 排除機能(排土板装備済、ブラシ・掃除機装備可)

耐放射線性(制御回路 数百Sv以上、耐放射線性カメラ搭載)

通信機能(有線化による電力給電と通信機能の統合と信頼性向上)

保守機能(水密構造により除染性向上)

現状: 東海にて待機中。並行して現場状況を踏まえ改良作業を実施。

(備考)

文部科学省原子力システム公募事業「セル内遠隔設備の開発」により購入した「遠隔保守移動装置」を大幅に改造(アーム撤去、大型排土板の装備、耐放カメラ装備、放射線計測器装備)したもの。

## 2. 地震発生後の原子力機構の対応

### 2.3 JAEA-2号(屋内除染作業用)



耐放射線性カメラ及び除染用  
水スプレイ装備したJAEA-2号



耐放射線性カメラ及び除染用  
水ブラシ装備したJAEA-2号

○概略寸法: 1000mmL × 400mmW × 700mmH、走行速度: 2km/h、総重量: 約35kg

目的: 原子炉建屋内の除染

機能: 除染機能(水スプレイまたはブラシ1機装備済、ブラシ2機装備可)

耐放射線性(制御回路 数万Sv以上、耐放射線性カメラ搭載)

通信機能(有線化による電力給電と通信機能の統合と信頼性向上)

保守機能(水密構造により除染性向上)

現状: 東海にて待機中。並行して事故現場状況に合せた改良を実施。

(備考) H11年度二次補正予算で製作した原子力災害時の情報遠隔収集ロボットRESQ-Aを大幅に改造したものの。

## 2. 地震発生後の原子力機構の対応

### 2.4 JAEA-3号( $\gamma$ 線可視化計測用)の改造・整備



$\gamma$ 線を可視化できるカメラ「 $\gamma$ -eye」、放射線計測装置(GM管)、ダストサンプラを装着したJAEA-3号

○概略寸法: 800mmL × 400mmW × 700mmH  
(センサー先端までは1300mm)

走行速度: 2km/h、総重量: 約70kg

目的: 放射線計測

機能: 計測機能( $\gamma$ 線可視化計測カメラ、GM管、ダストサンプラ)

耐放射線性(制御回路 数百Sv以上、耐放射線性カメラ搭載)

通信機能(有線化による電力給電と通信機能の統合と信頼性向上)

保守機能(水密構造により除染性向上)

現状: 東京電力からの要請に基づき改良を施し、7/2に福島第一に搬入。

(備考)

H11年度二次補正予算で製作した原子力災害時の情報遠隔収集ロボットRESQ-Aを大幅に改造(ブーム撤去、耐放カメラ装備、放射線計測器装備)したもの。



$\gamma$ 線を可視化できるカメラ「 $\gamma$ -eye」で、放射線源を撮影したPC画面

## 2. 地震発生後の原子力機構の対応

### 2.5 ロボットコントロール車2の整備



東電トラックに搭載された遮へい操作BOX



警戒区域に入る東電トラック(7/2)

#### 東電からの要請で、遮へい操作BOX等を製作。

目的:放射線計測やロボット操作を迅速かつ安全に行う

機能:遮へい機能(鉄板80mm)

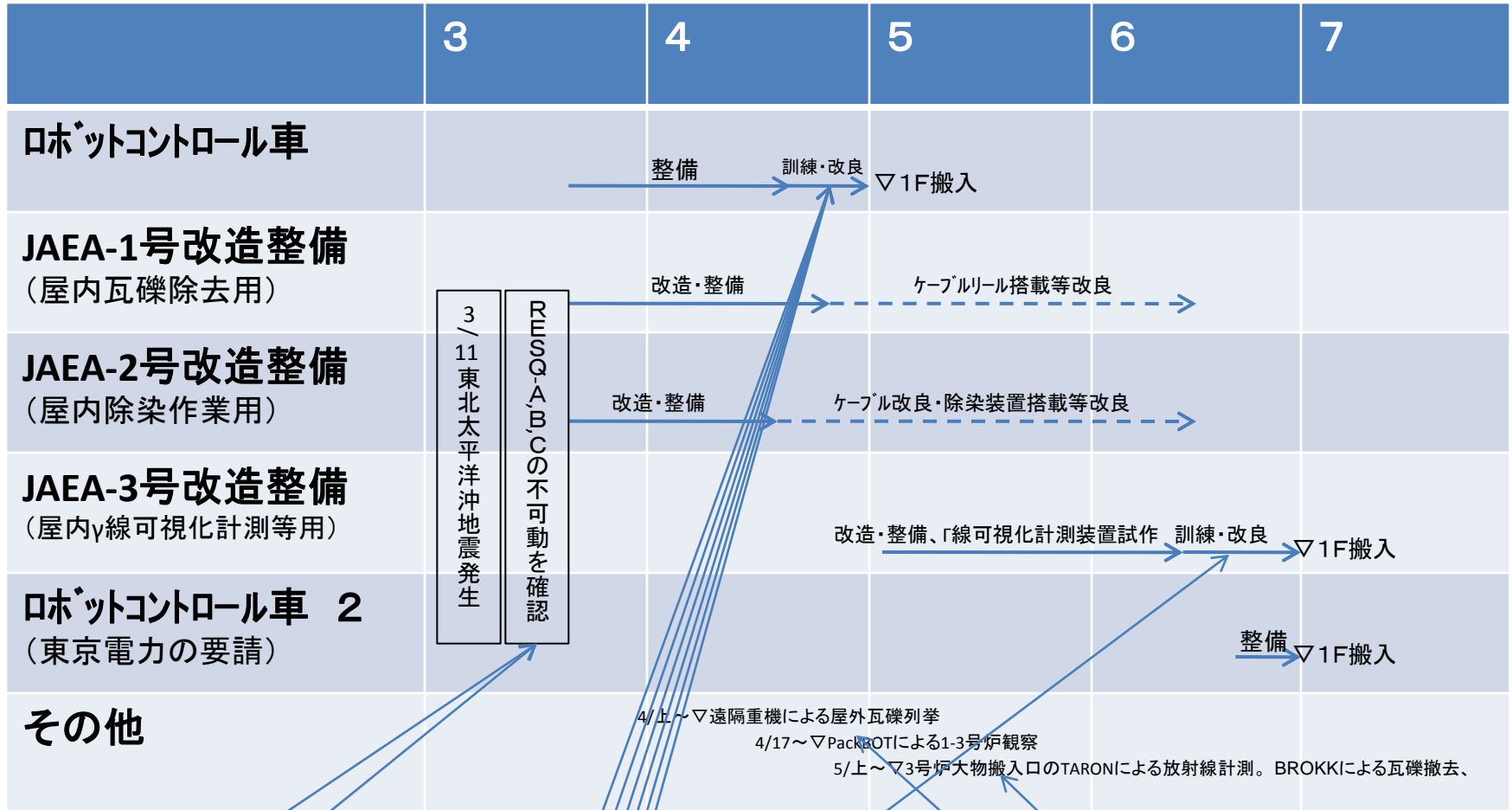
情報収集機能(監視カメラ、テレテクタ)

補助機能(照明、発電機、スポットクーラー等)

現状:7/2に福島第一に搬入。



# 3. 教訓



ロボットが動かない！  
 ロボットを直せない！  
 発電機・ガソリンが買えない

誰が動かす？  
 ロボットだけでは使えない！  
 無線が届かない  
 24h対応が必要。

USBが使えない！ Win 95, ISAボード！  
 現場状況に合わせて改造して！

廃炉の経験が反映  
 軍事応用の経験が反映  
 普賢岳・有珠山での経験が反映

# 3. 教訓

## 3.1 ロボットが動かない！

事故後の機構ロボットの稼働状況(調査結果)

- RESQ-A,B,C : 不可動
- RaBOT : 廃棄
- BROKK40(第二応用試験棟) : 可動

### 背景

- JCO事故後(平成11年度二次補正予算で)製作したRESQ(3種4台)は不可動状態で、RaBOTは廃棄されていた。
- ロボット製作後の維持管理体制が曖昧だった。
- H14, 15の評価委員会で、改善等の指摘を受けていたが、改善のみならず維持管理の予算も無く、H16年以降は放置に近い状態あった。

## 10億円原発ロボ不動

### 5台中4台 廃棄・故障

福島第一原発事故で、旧特殊法人・日本原子力研究所(現日本原子力研究開発機構)が二〇〇一年に完成させた原子力防災ロボット四機種五台が廃棄されたり、保守管理をせずに放置、動かなくなったりしていたことが分かった。旧科学技術庁(現文部科学省)の予算約十倍で開発されたが、その後、保守管理の予算が付かなかったためという。

原子力機構「保管予算つかず」

一九九九年に茨城県 原研は国の九九年度東海村の核燃料加工会 補正予算で四機種五台社「ジェー・シー・オ」を開発。内訳は①初期「JCO」で起きた 情報収集用RESQ-Iとして、その四機臨界事故の処理で数台 A二台②詳細情報収集人が被ばくしたことを用RESQ-B一台③受け、国は、原発事故 汚染された気体や液体の際に放射線量や映像 を採取する試料等収集などの情報収集と、事用RESQ-C一台④二本のアームも無軌道走行能力、十万円ま

線耐性型RaBOT一  
台は写真(いずれも文  
科省原子力安全課原子  
力防災ネットワークの  
HPから)。

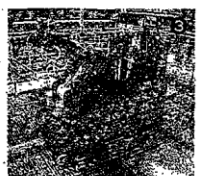
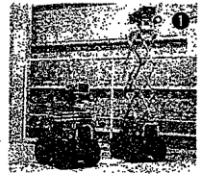
開発費はRESQ四  
台が計約六億円、Ra  
BOTが約四億円だった。  
文科省原子力安全  
課原子力防災ネットワ  
ークのホームページは  
十六日現在も 現在、  
開発しているロボット  
として、その四機  
種を紹介している。

ところが、機構は西  
日本新聞の取材に、重  
守管理の予算が付か  
なかったから分らない。  
二〇〇〇年度以降は  
国の予算が一切つかず  
(原研の経費で)消耗  
品をほぼすべて購入し  
ていたが、〇三年以降  
はメンテナンスでき  
なくなり、さすが浮か  
ぶなど老朽化が進ん  
だ(報道課という)。

同課は「組織が替わ  
り、資料が残っていな  
いので、なぜ国から保  
管の予算がつかないの  
か」と話している。

二〇〇〇年度以降は  
国の予算が一切つかず  
(原研の経費で)消耗  
品をほぼすべて購入し  
ていたが、〇三年以降  
はメンテナンスでき  
なくなり、さすが浮か  
ぶなど老朽化が進ん  
だ(報道課という)。

同課は「組織が替わ  
り、資料が残っていな  
いので、なぜ国から保  
管の予算がつかないの  
か」と話している。



能を誇ったRaBOT  
を昨年九月に廃棄した  
と回答した。

倉庫に眠ったままた  
ったRESQ四台は福  
島第一原発事故後、状  
態を確認したところ、

# 3. 教訓

## 3. 1 ロボットが動かない！

- 不可動のロボットを修理すべく、製造メーカーに依頼したところ、「当時の技術者もおらず、海外製部品を使用していて調達に時間がかかる」ことから事実上断られた。
- JAEAで修理をトライ
  - + 電池交換もできないような設計
  - + 現場使用経験がフィードバックされていない。
  - + 制御系がブラックボックス

↓
- JAEAで改造を決定。経験者を中心に招集。

# 3. 教訓

## 3. 2 誰が運用するの？

- 米国DOEのロボットTALONが東電に供与され、米国専門家が50mile圏外で東電本店職員に対して訓練を行った(4/14-15)。
  - TALONをJAEA原子力緊急時支援研修センターに4/15に搬送し、遮へい操作BOXとともに、ロボットコントロール車(Team NIPPON)に搭載。
  - ロボットコントロール車を福島県に搬送し、福島第一職員への操作訓練(4/22)を実施。その後、遮へいBOX、ロボットアンテナなどの改良を実施(~28)
  - 再度ロボットコントロール車を福島県に搬送し、操作訓練を実施(29)。
  - 部品を茨城県で製作し、福島県でロボットコントロール車に搭載(30)。
  - 福島第一に搬入(5/1)。
- ⇒ 原子力災害ロボットを事故現場に迅速に投入するためには、発災後に事業者には操作教育するのではなく、専任の操作員が事故現場で活動できるような、指揮命令システムも考慮したスキームの検討が必要。

## 3. 教訓

### 3.3 ロボットだけでは使えない

- 米国DOEからロボットを運用するために
  - ⇒ 被ばく低減の三原則（距離、時間、遮へい）
  - + 機動力（ロボット操作車）
  - + 遮へい操作BOX

↓

JAEA整備中のロボットコントロール車の提供依頼
- 福島までどうやって行くの？（モニタリング班の例）
  - ⇒ 道路網は寸断。ガソリンは入手困難。職員も被災者。
  - ⇒ 自衛隊との連携が不可欠。

## 3. 教訓

### 3.4 事故現場状況に合わせた組合せ・改造が必要

- 事故現場の状況は様々。  
全てに対応可能なロボットは非現実的（大型化、重量化）。  
  
⇒ 複数のプラットフォーム（移動体）とツールを用意しておき、事故現場の状況に合わせた組合せや改良ができるようなシステム。  
⇒ 極力汎用部品を多用。特注複合ケーブル、水密コネクタなどは備蓄。  
⇒ 非常用発電機・工作車など機動力・即応性の確保

# 3. 教訓

## 3.5 今後のために

原子力緊急時に対応するためには、どんな原子力災害ロボットが必要か？

- 福島原発事故のみならず、TMI事故、JCO臨界事故、Chernobyl事故、動燃アスファルト施設火災爆発事故等を踏まえ、検討する必要がある。

### 私見

- 事故現場は様々で、予め全てに対応できるロボットを開発するのは非現実的。複数のプラットフォーム(移動体)とツールを用意しておき、事故現場にあわせて臨機応変に組合せを変えて改造ができる即応性が必要！？
- 初期観察には、小型、低重心、無線操作可能な観察ロボットが有効！？
- 高放射線下作業には、耐放射線性を有した有線ロボットが有効か？

### 3. 教訓(まとめ)

- 長期的な維持管理体制とその為の要員と予算確保が重要。事故現場でロボットを操作する操作員を含む運用体制の整備が重要。また、自衛隊等との連携も重要。(維持・運用体制)
- ロボット単体ではなく、遮へい体、計測器、照明、発電機、ロボットコントロール車を含めたシステムとしての整備が必要。(システム化)
- 事故現場に様々な状況にあわせ、組合せ・改造等ができる即応力が必要。また、速やかな器材搬送・部品供給などができる機動力も重要。(即応・機動力)



# We shall overcome !!

