

原発災害へのロボット技術の適用

浅間 一

東京大学大学院工学系研究科
対災害ロボティクス・タスクフォース

福島第一原子力発電所災害対策



特別PT:

- (1) 放射線遮蔽・放射性物質放出低減対策
- (2) 放射線燃料取り出し・移送
- (3) リモートコントロール
- (4) 長期冷却構築
- (5) 放射性滞留水の回収・処理
- (6) 環境影響評価

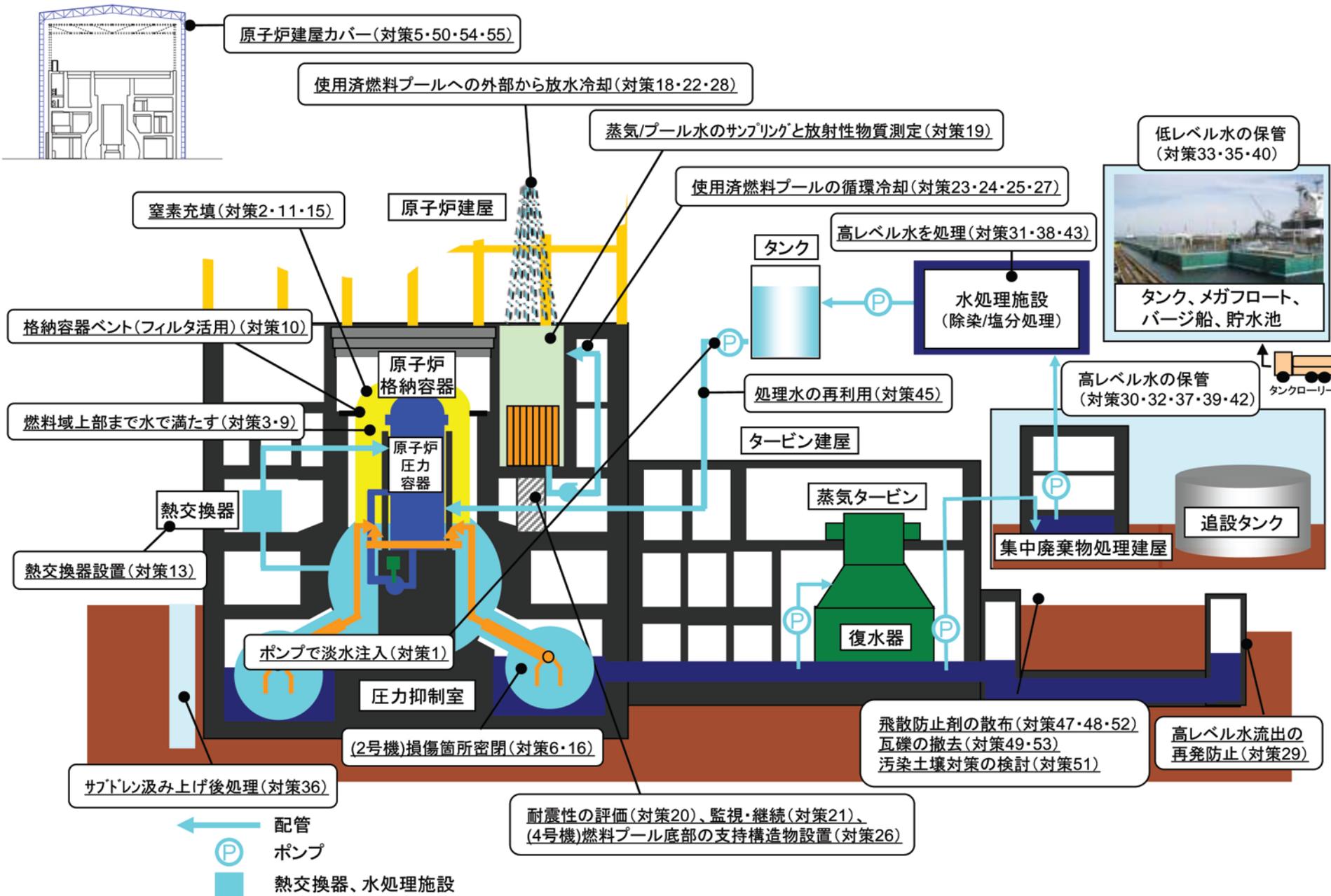
福島原発収束に向けた道筋

	ステップ1 (3か月程度)	ステップ2 (今から6～9か月程度)
目標	放射線量が着実に減少	放出が管理され、大幅に抑制
原子炉	安定的に冷却 (水で満たす)	冷温停止状態
燃料プール	安定的に冷却	水位の安定(遠隔操作)
汚染水	外部流出の防止	汚染水の処理・減少
汚染した大気・ 土壌	飛散の防止	建物全体を覆う

当面の取組み(課題/目標/主な対策)のロードマップ

課題		現状	ステップ1(3ヶ月程度)	ステップ2 (ステップ1終了後3~6ヶ月程度)	中期的課題
I. 冷却	(1) 原子炉	淡水注入	窒素充填 (1・3号機)燃料域上部まで水で満たす 熱交換機能の検討・実施 (2号機)格納容器損傷部分の密閉	安定的な冷却 燃料域上部まで水で満たす 冷温停止状態	構造材の腐食破損防止
	(2) 燃料プール	淡水注入	注入操作の信頼性向上 循環冷却システムの復旧 (4号機)支持構造物の設置	安定的な冷却 注入操作の遠隔操作 熱交換機能の検討/実施	より安定的な冷却 燃料の取り出し
II. 抑制	(3) 滞留水	放射性レベルの高い水の移動 放射性レベルの低い水の保管	保管/処理施設の設置 保管施設の設置/除染処理	保管場所の確保 保管/処理施設拡充 除染/塩分処理(再利用)等	汚染水全体の抑制 本格的な水処理施設の設置
	(4) 大気・土壌		飛散防止材の散布 瓦礫の撤去	原子炉建屋カバーの設置	原子炉建屋コンテナ設置 汚染土壌の固化等
III. 除染	(5) 測定・低減公表	発電所内外の放射線量のモニタリング	モニタリングの拡大・充実 はやく正しくお知らせ	避難指示/計画的避難/緊急時 避難準備区域の放射線量を十分に低減	環境の安全性を継続確認・ お知らせ

発電所内における主な対策の概要図



ROBOTADとは

ROBOTics Task force for Anti-Disaster
(ROBOTics - Temporary Active Duty)
<http://roboticstaskforce.wordpress.com/>

Anchorman: 中村仁彦
Chairman: 浅間 一

- ロボット技術に関する専門家・科学者集団
- 東日本大震災と福島原子力災害の対応・復旧・復興のためのロボット技術適用
- 主な活動内容(緊急性の高い活動)
 - 動作環境やミッションに応じた最適なロボット技術・ソリューションの提供
 - 現場での補強, 改造も含めた導入・運用における実働支援
 - そのための技術情報の発信
- これまでの実績
 - ロボット技術導入のための具体的技術的検討
 - HPによる技術的情報や導入実績などの発信
 - リモートコントロール化PTへの協力
- 関連5学会・日本学術会議・産業界との連携
- 窓口: 国際レスキューシステム研究機構(IRS)

これまでの主な活動

- 3月31日 ROBOTAD設立
- 4月5日 日本ロボット技術関連学術団体共同声明
「東日本大震災およびそれに伴う福島原子力災害に対する
日本のロボット技術の適用に関する声明」
- 4月6日 リモートコントロール化PTへの協力開始
- 4月6日 第1回IRSデモ
- 4月13日 日本学術会議緊急提言
「福島第一原子力発電所事故対策等への
ロボット技術の活用について」
- 4月24日 第2回IRSデモ
- 5月2日 公開シンポジウム
「震災復興にむけてロボット技術のいま」
- 5月11日 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, Forum

日本ロボット技術関連学術団体共同声明

東日本大震災およびそれに伴う福島原子力災害に対する 日本のロボット技術の適用に関する声明

一般社団法人日本ロボット学会
一般社団法人日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門
公益社団法人計測自動制御学会システム・インテグレーション部門
IEEE Robotics and Automation Society, Japan Chapter
IFTtoMM, Japan Council

東日本大震災およびそれに伴う福島原子力災害への対策およびそれからの復興に向け貢献するとの強い決意のもと、ロボット技術に関連する学術団体が専門の観点から技術上の問題ならびにその適用と運用の方策などに関して発言する。

わが国には災害対策にかかわるロボット技術の研究開発の蓄積がある。また、わが国のロボット技術関連学術団体は世界の災害対策に関わるロボット技術にも深く関与しており、世界の研究開発機関との密接な協力体制も築いてきた。東日本大震災およびそれに伴う福島原子力災害の対策措置および復旧・復興に対しても、活用可能なロボット技術は数多く存在する。そこで、東日本大震災と福島原子力災害への対策およびそれからの復興に対して国内外のロボット技術を早急に役立てるべく、日本ロボット技術関連団体は、最先端のロボット技術とそれに関与する科学者・技術者を総動員し、日本学術会議および産業界と連携しながら*1、動作環境やミッションに応じた最適なロボット技術の提供、現場での補強、改造も含めた導入・運用における実働支援、そのための技術情報の発信を、迅速かつ積極的に行う。

技術的情報に関しては、各学術団体のホームページ*2等で逐次発信するとともに、情報共有・意見交換の場を設ける。

なお本件に関しては、超学会組織「対災害ロボティクス・タスクフォース」*3が担当し、「特定非営利活動法人国際レスキューシステム研究機構」*4を窓口とする。

無人化施工機械の導入

- 4月6日 瓦礫処理無人化施工開始
- 大成建設・鹿島建設・清水建設JV
- 使用機械 (4/6導入台数／総予定台数)
 - バックホウ(アイアンフォーク) (1台／2台)
 - バックホウ(ニブラ) (0台／1台)
 - クローラダンプ(11t) (1台／3台)
 - オペレータ車 (1台／2台)
 - カメラ車 (1台／9台)

遠隔操作重機（システム1）によるガレキ撤去 施工状況（2011/04/06）



処理前



コンテナ1個分の処理後

操作車
(鉛毛マット設置)作業位置
バックホウ1台
クローラダンプ1台

積み込み時配置



ガレキ積み込み



コンテナふた

ガレキ積み込み作業（約2時間）



仮置き場定置作業



仮置き場状況（コンテナ周辺約2.5mSv/h）

移送・仮置き場定置作業（約1時間）



コンテナ

バックホウ
(アイアンフォーク)

クローラダンプ

定置時配置

小型無人ヘリコプターの導入

- 4月10日 小型無人ヘリコプターによる空撮開始
- 1～4号機原子炉建屋, タービン建屋およびその周辺を撮影
- 使用機械
 - ハニーウェル社(Honeywell(米))製 T-Hawk
 - 操縦範囲: 10km程度
 - 航続時間: 50分
 - 映像撮影: 可動式カメラ・赤外線カメラによる夜間撮影や操作端末への動画伝送など
 - 飛行性能: ホバリングによる空中静止。GPSによる自律飛行・マニュアル飛行が可能。

Packbotの導入

- 4月17, 18日 Packbot導入
 - － 原子炉建屋内の放射線量・雰囲気温度・雰囲気湿度・酸素濃度の測定
- 使用機械
 - － iRobot社製Packbot 2台
 - － 寸法:長さ70×幅53×高さ(アーム格納時)18 [cm]
 - － 重量:35[kg]
 - － 機能:各種モニタリング(放射線量, 温度, 湿度, 酸素濃度), カメラ, マニピュレータ



ロボットの現場導入に関する検討事項

- ロボットを安易に放射線環境に導入すれば、導入したもののすぐ動かなくなったり、それが単なる「ごみ」となって、他の作業の妨げになるなどの問題が発生する。導入には慎重な検討が必要。
 - タスク
 - ロボットにどのようなタスクを行わせるかを決定する必要がある。場合によっては、ロボットの補強・改造などが必要になる。
 - 環境
 - ロボットが動作する環境を知る必要がある。空間の広さ、照明条件など、環境条件は、ロボットの動作としての制約となる。現場環境では、瓦礫など、様々な障害物も存在しており、それらの情報を正確に把握し、ロボットがその環境で動作できるかを検証する必要がある。
 - 対放射線
 - 対放射線量機能を検証する必要がある。動作環境の放射線量を把握しながら、導入させる必要がある。また、どの程度の被爆によって機能不全に陥るかを予め評価し、それを超えないような使用方法を取る必要がある。線量率の低い領域からのアクセス、作業時間の短縮なども重要な要件となる。
 - リソース(空間, 周波数)
 - リソースが競合しないようにする必要がある。同じ空間を同時に複数のロボットなどが使用することはできない。またリソースを周波数と捕らえれば、無線で動作させる場合、周波数が他の目的で使用しているシステムと干渉していないか、確認する必要がある。リソースが干渉している場合、使用する時間を計画的に割り振る必要がある。
 - 環境整備(含訓練)
 - ロボットを導入するための環境を整備する必要がある。遠隔操作の場合、操作室を安全な場所に設置しなければならない。電源や通信(有線の場合)、そのケーブルの引き回しをどうするかも決める必要がある。バッテリー駆動の際には、その充電方法を決める必要があるし、また、大量の被爆を避けるため、ロボットの退避や除染の場所を設けることが必要となる。

原子力ロボット関連プロジェクト

- これまで行われた原子力関連のプロジェクト
 - 極限作業用ロボット(通産省)
 - 原子力プラント点検ロボット(通産省)
 - 原子力基盤技術開発(科学技術庁)
 - JCO 対策原子力防災ロボット(通産省, 科学技術庁, 日本原子力研究所, 原子力安全技術センター, 原子力プラントメーカ)
- 残念ながら今回の災害に対して即導入可能なロボットシステムは存在しない。その主な理由は以下のとおり。
 - 実際に使用されている原子力用ロボットシステムの多くは, メンテナンス用の専用機であり, 災害対策の様々な状況に対応できる汎用的機能をもっていない。
 - 要素技術としては有効であるが, 実用機としてシステム化されていないものがある。
 - 実用を目指して開発された汎用的機能を有するロボットの開発はなされたが, 維持・運用が行われなかったために, すでに廃棄されているものがある。
- 事故発生確率は低くても, その被害のリスクを考慮し, 今後同じ轍を踏まないように, 国を挙げて戦略を再考する必要がある

今後について

- 災害が発生し、政府がプロジェクトチームを発足させてから、一刻も早く、現場の作業員の被爆を低減し、ラントを冷却機能を安定化し、封じ込めるべく、つぎつぎに発生する様々なミッションに対し、どのようなロボット技術を活用するか、ということが日夜継続的に議論され、随時、適材適所でロボットを投入する準備がされている。