

ロボットの社会実装に必要な環境・基盤整備

東京大学大学院 工学系研究科 精密工学専攻
浅間 一

産業競争力懇談会「災害対応ロボットの社会実装」, プロジェクトリーダー
日本原子力研究開発機構 (JAEA) モックアップ試験施設専門部会, 部会長
原子力損害賠償・廃炉等支援機構, 技術委員

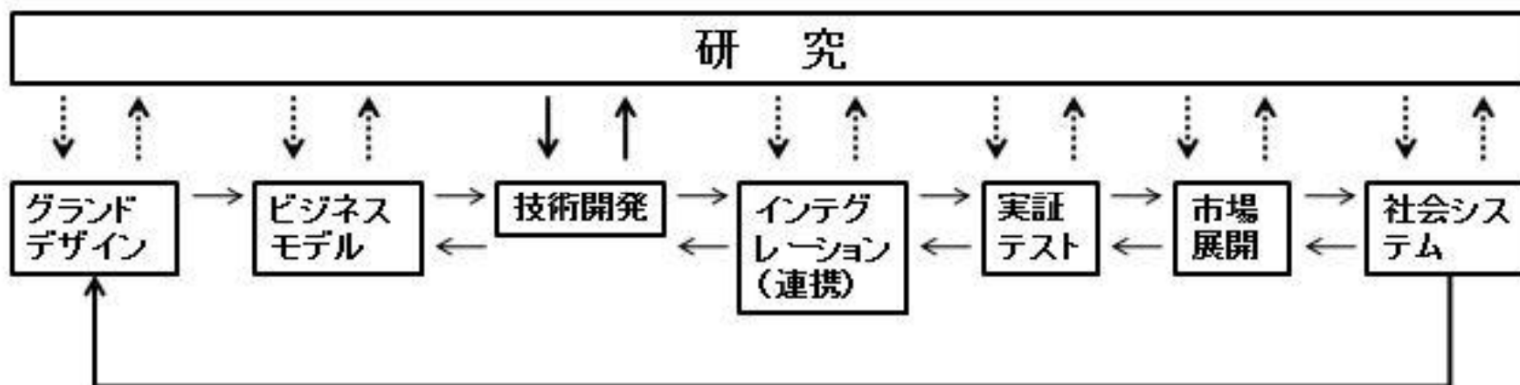


災害対応・防災・介護・サービスにおけるロボットの社会実装の課題

技術はある程度あるものの現場への導入・実用化・事業化・普及が進まない
現場のニーズに応えられない(技術的課題), 人材不足
(民間の努力だけでは困難)

グランドデザインに関する環境・基盤整備

- 社会システムデザインからのアプローチ
- ロボットを利用する環境の整備
- ユーザへの知識普及と訓練
- 人材育成(アーキテクト, プロデューサ, コーディネータ)



ロボット技術(RT)が拓く豊かな日本
～介護サービスへの産業的挑戦～
社団法人 日本経済調査協議会

実用化・事業化のための環境・基盤整備

- 官による市場創出(シーズpush型からニーズpull型へ)
 - 機器の調達, 調達の補助金, 免税措置, 配備の義務付け(官需調達, 発注)
- 実用化支援・事業化支援
 - 現場模擬をする公設実証試験フィールドの設置・利用・運用経費補助
 - 実証試験, 性能評価, オペレータ訓練の場(テストフィールドやモックアップ)
 - ユーザとディベロッパーによるニーズの明確化
 - 高度実用化プロジェクト, 運用実証プロジェクト, 等
 - 信頼性・耐久性・頑健性・保守性向上のための支援
 - 機能評価の評価手法の確立と標準化(米国NISTなどの活動)
 - 国家的標準化戦略, 機器の標準化活動支援(ISO, OMG, 他)
 - モジュール構造, I/F, H/W, MiddlewareやRobot OSなどのS/W
 - 実用化・事業化人材の育成



日本版Disaster City

社会実装阻害要因排除のための環境・基盤整備

- 法規制(航空法, 道交法, 電波法, 治験, その他)
 - 法整備・制度設計
 - 規制緩和・特区(訓練時, 非常時)
 - 規制強化
 - ノーフット・ポリシー, 数値目標(ロボット化率, 台数)の設定
- 遠隔操作時の無線通信インフラの限界(混信, 輻輳, 出力, 等)
 - 専用無線周波数帯の確保, 高出力の認可
 - 局所的／一時的電波規制
- 安全性の確保と開発者・生産者のリスクへの対応
 - 安全性・防爆性等の評価手法・システムの確立(リスクアセスメント)
 - 認証制度: 公的資格・認証(機器, オペレータ)
- 緊急対応, 長期的・継続的運用
 - 運用・配備のためのパーマネントな組織・体制
 - 災害対応ロボット利用推進本部＋災害対応ロボット技術センター

長期持続的運用のための環境・基盤整備

- 国による継続的予算措置・経済的支援, 長期的継続的戦略策定
 - 運用／開発／実用化経費
- 長期的運用現場の確保・設置
- 中小企業・ベンチャーの支援
 - リスクを伴う事業, 小規模事業に参画する企業の拡大
 - 開発資金, 実証試験の場, リスク, 製造者責任, 等の負担を軽減する支援策
- 人材育成と雇用創出
 - 研究教育の強化(拠点), 教育カリキュラム, プロジェクト・ベースト・ラーニング, ハッカソン, ロボット競技会, 等
 - オペレータ訓練
 - 技術者の待遇改善
- ロボット技術・ニーズ・事例のデータの集積化・一元的管理・運用
 - データベース化・アーカイブ化
- 国際連携
 - 国際的情報共有, 協力的問題解決(叡智の結集), 機材の相互配備, 研究者交流, 共同研究開発, 協調的ファンディング

研究開発戦略

➤ 研究開発戦略の明確化

- 対象の特定(ロボットのユーザ・用途)
- 国際市場向け商品としての開発

➤ 研究開発方式の転換

- ユーザの視点に立った研究開発, ニーズ駆動型基礎研究・基盤技術開発
- ユーザ・システムインテグレータ・サービスプロバイダなどと一体となったプロジェクトの推進

➤ 国による戦略的な研究開発の推進

- 教育と科学技術とイノベーションの一体的推進
- 国家的プロジェクトとしての推進体制の確立
- 省庁連携とプロジェクトの継続性
- 国のイニシアチブ

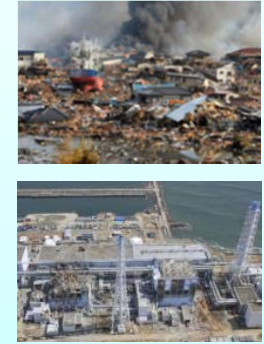
➤ 経済的効用の定量的評価・シミュレーション

参考資料

災害対応・防災ロボットのニーズ

自然災害や社会インフラ・設備事故への備え

- **自然災害**(地震, 台風, 火山爆発, など)の脅威
 - M7クラス首都直下型地震発生確率:50%(4年以内)
- **人工災害**の脅威
 - **社会インフラ**(トンネル, 道路, 橋梁, 等)の**老朽化対策**
 - コンビナートなどの**設備事故**の増大
コンビナート事故は10年で10倍に急増
 - **今後の原発事故に対する備え**



災害や事故の脅威の増大

人が行うことが**困難・不可能・危険な作業・環境**
作業の**効率化**

ロボットや遠隔操作機器の導入が求められている

東日本大震災・福島原発事故への対応で明らかになったこと
高度な技術力はあるものの, 投入可能なロボットがほとんどない
実用化・事業化・普及が進まない

小さい市場(低頻度, 官需中心), 多様性

(民間の努力だけでは困難)



Quince



Survey Runner



無人化施工システム



ASTACO-SoRa



Kohga3



Hexa-rotor MAV

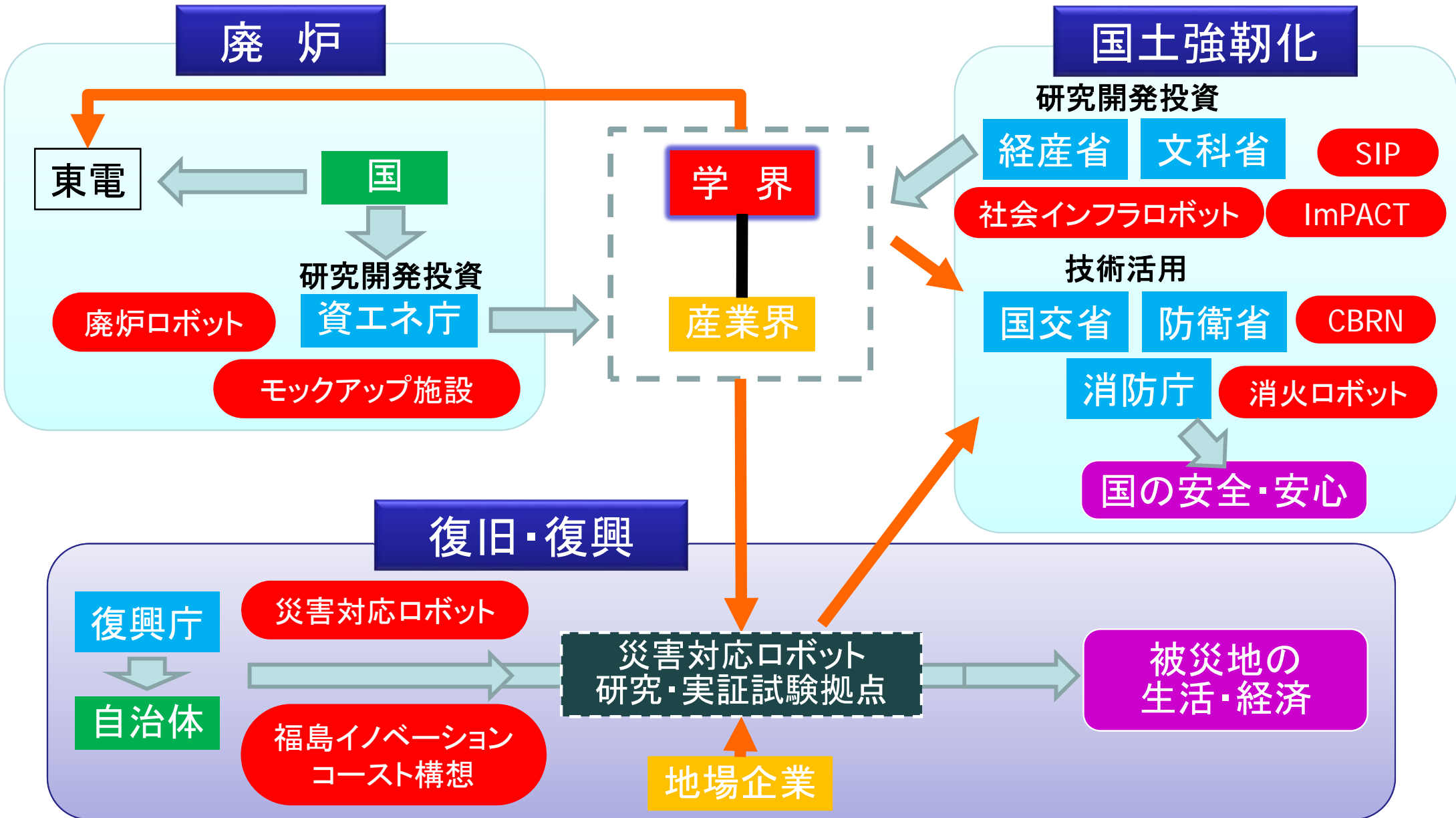


Anchoriver III



管内点検ロボット

東日本大震災後の活動

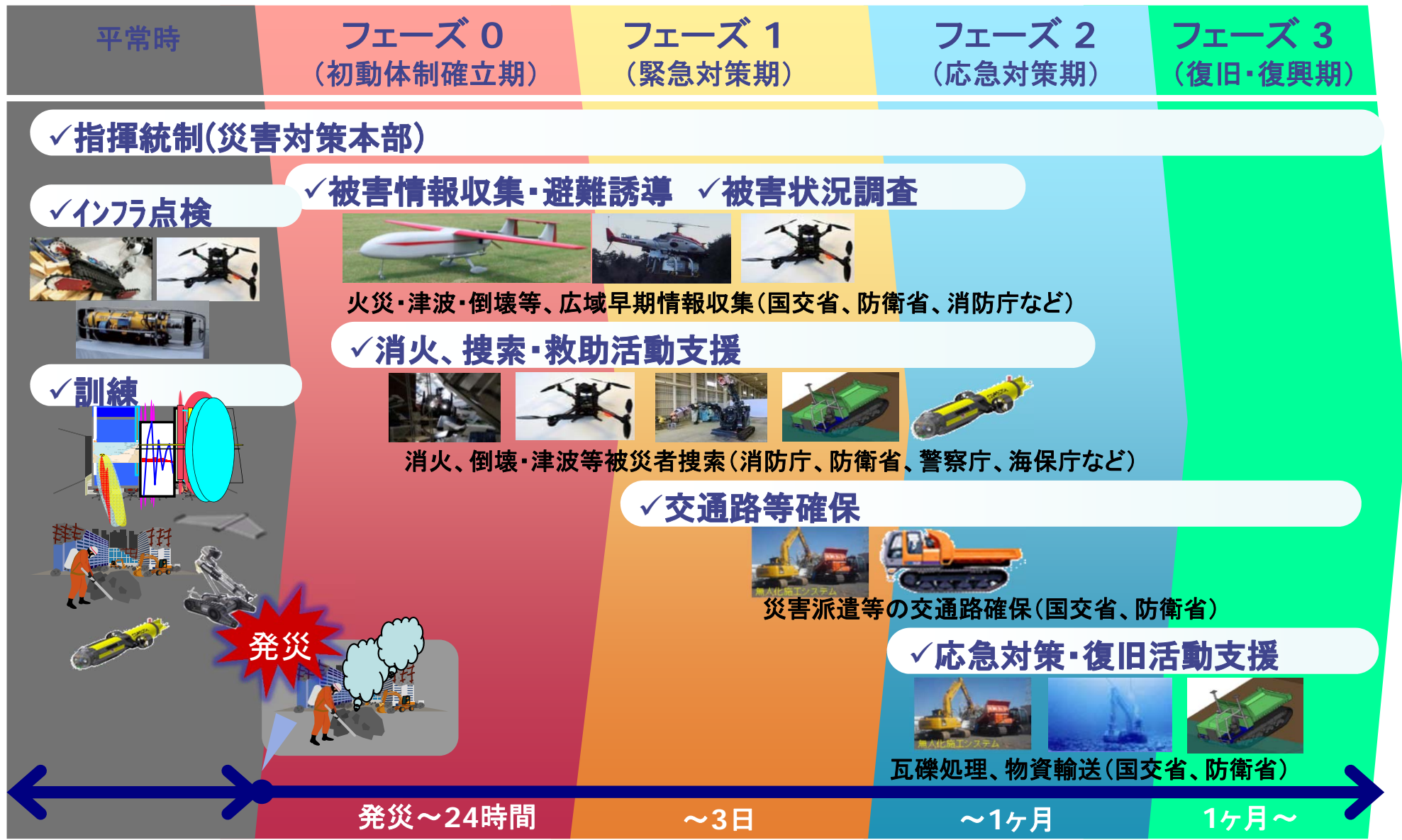


災害対応ロボットの必要性(自治体等の意見)

高知県, 福島県の意見聴取結果

区分	使用目的・期待する能力	ロボットのイメージ
無人飛行ロボット	<p>【使用目的】</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 発災直後の広域被災状況の調査 (2) 孤立地域等の細部被害状況の調査 (3) 津波からの避難支援(局地の情報収集・伝達) <p>【期待する能力】</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 夜間、悪天候における情報収集 (2) 映像、位置、生体反応等の情報をリアルタイムに災害対策本部等へ伝送 (3) 津波からの避難に必要な情報・警報を住民に直接連絡 	  
陸上探査・作業ロボット	<p>【使用目的】</p> <p>余震・火災・水没等危険な時期・場所での調査・瓦礫除去・救助活動支援</p> <p>【期待する能力】</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 生体反応の感知等搜索能力 (2) 瓦礫、浸水、高温・火災等環境下での機動力 (3) 瓦礫等重量物の除去能力 	  
水中探査ロボット	<p>【使用目的】</p> <p>津波発生後の海洋における調査・瓦礫除去・救助活動支援</p> <p>【期待する能力】</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 瓦礫、汚濁等劣悪環境下の海洋での探索能力 (2) 同上環境下における機動力、瓦礫除去能力 (3) 被災者等の救助能力 	  
津波避難支援ロボット	<p>【使用目的】</p> <p>津波からの災害弱者などの避難・誘導活動の支援</p> <p>【期待する能力】</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 津波被害の予測・回避能力 (2) 避難住民を安全、迅速、努めて大量に輸送 (3) 居住地域、避難地域、避難経路の認識 	

災害対応ロボットの運用シーン例



◆ 災害現場での確実な機能発揮には運用機関と連携した運用研究、有効性評価と訓練が必要

災害対応の市場創出

区分 (全国配備想定数)	陸上ロボット				航空ロボット				水中ロボット			数量合計 (セット)	取得経費 (億円)	
	狭隘 特殊	小型	中型 ~大型	水陸	局地 10分	狭域 60分	広域 12h	管制・ 処理	小型 ROV	中型 UUV	大型 瓦礫			
コスト/1セット (単位100万円)	3	15	50	100	5	30	50	100	50	500	300			
官 有	国交省TEC-FORCE (10ヶ所)		23	25	23	46		23	23	23		46	232	225.3
	消防庁(103ヶ所)	127	87	23	1	127		23	23	127	1		539	138.7
	警察庁(103ヶ所)		127			127							254	25.4
	海保庁(11管区)					52	11	11	11	30	15		130	112.4
	防衛省(5方面)	300	75	75	15	300	75	15	15	75	15	5	965	260.3
	自治体(103ヶ所)	127				127							254	10.2
指定公共 機関	高速道路会社 (55事業所)		55						52	52			159	60.3
	電力会社(721事業所)		352	102	102	250	102			420			1,328	458.9
	ガス会社					47							47	2.4
	鉄道会社		94				94			15			203	49.8
民 有	石油コンビナート (370事業所)	1,850	740	370		740	370	370	370	740			5,550	1,424.5
	化学プラント(有毒) (220事業所)	1,100	440	440		440	220			440			3,080	627.0
	有毒ガス利用事業者(120 事業所)	600	240	240		240	120						1,440	222.0
	プラント会社 (全国220+ α 事業所)	1,100	440	220		440	220			440			2,860	517.0
数量合計(セット)	5,204	2,673	1,495	141	2,936	1,212	494	442	2,362	31	51	17,041	4,133.2	
備 考	コスト及び配備定数は目標値であり、詳細は今後の関係機関との調整により変動する。													

◆防災基本計画に配備基準を示すことにより災害対応ロボットの市場を創出

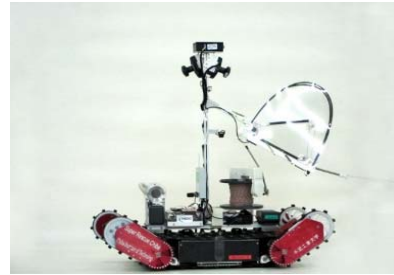
福島原発事故の廃炉措置で活用されている国産RTの例



無人化施工機械



Quince



Quince 2



Quince 3



JAEA-3



Survey Runner



4足歩行ロボット・小型走行車



FRIGO-MA



ASTACO-SORA



高所調査用ロボット



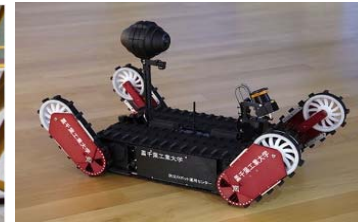
S/C水位測定
調査ロボット



水上ボート型
ロボット



Sakura



Rosemary



床面除染装置

社会実装推進に必要な施策提案

屋内ロボット



フィールドロボット



● 平時利用の場の設置

- 災害対応ロボット技術センター
- 実証試験, 機能評価, ロボット競技会

● 運用のための継続的投資

- センター運用(産官学連携)のための費用支援
- 遠隔操作機器を用いた除染・復旧工事発注(国交省・環境庁)

● 緊急時も含めた司令塔機能の設置

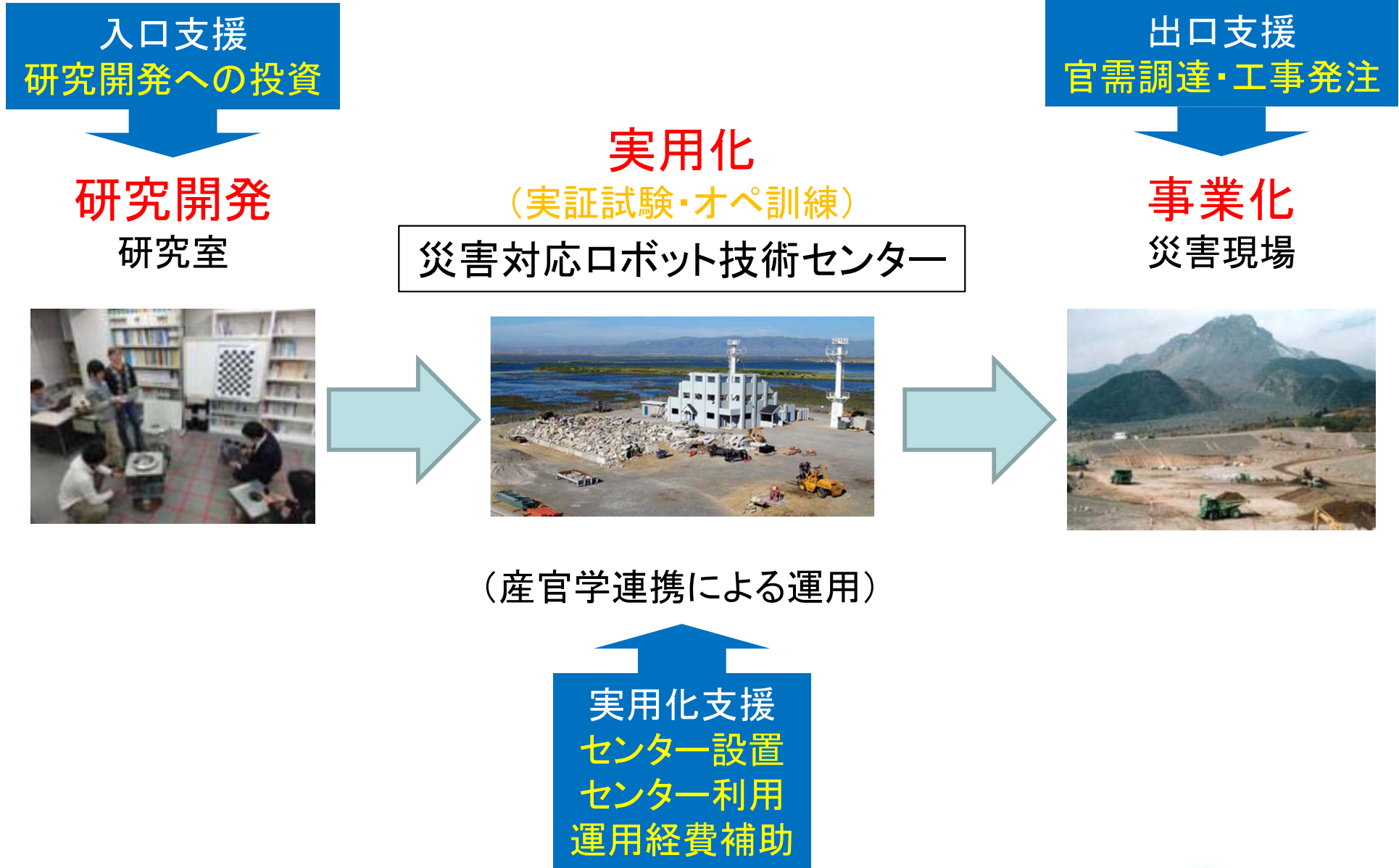
- 災害対応ロボット利用推進本部(内閣府?)



軍事ではなく災害対応・安全安心のための投資

国土強靱化・産業競争力の強化

災害対応ロボットの社会実装の推進



2014年産業競争力懇談会の提案

「災害対応ロボットの社会実装」プロジェクトの目的

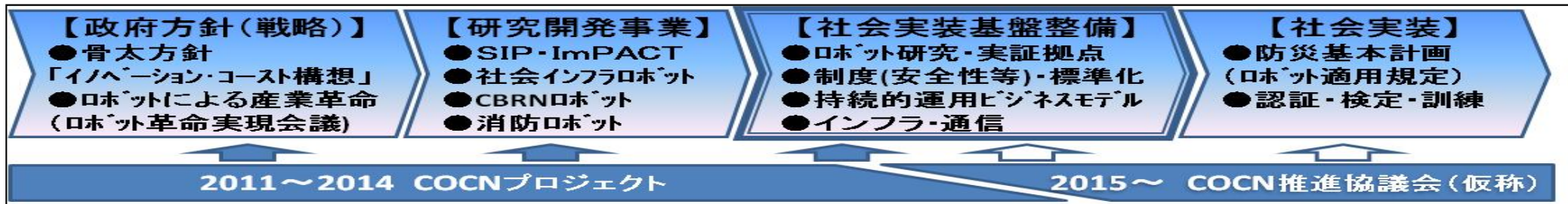
(産官学145名)

災害対応ロボットの社会実装を通して、安心・安全なレジリエントな社会の構築により国土強靱化を実現するとともに、ロボット技術(RT)の高度化・実用化推進により、産業全般に対する大きな波及効果を図る。

提案の概要

- 持続的運用のための施策:(官)
 - ロボット配備の義務化を含む法制度の整備及び研究開発の予算措置
- 社会実装の遅滞要因排除:(産官学)
 - ロボットの安全確保のためのルール制定及び防爆性を含む認証と法制化
- インフラ・無線通信の整備:(官)
 - ・ロボット専用周波数と帯域の確保
 - ・無線通信出力増大等、災害時の規制緩和と常時利用可能な特区確保
- ロボット研究・実証拠点整備:(官主導)

ロボット研究・実証拠点イメージ



防爆性の必要性

JR西日本福知山線脱線事故
2005年(平成17年)4月25日



1階駐車場でガソリン漏れ

新潟県南魚沼市トンネル内爆発事故
2012年5月24日



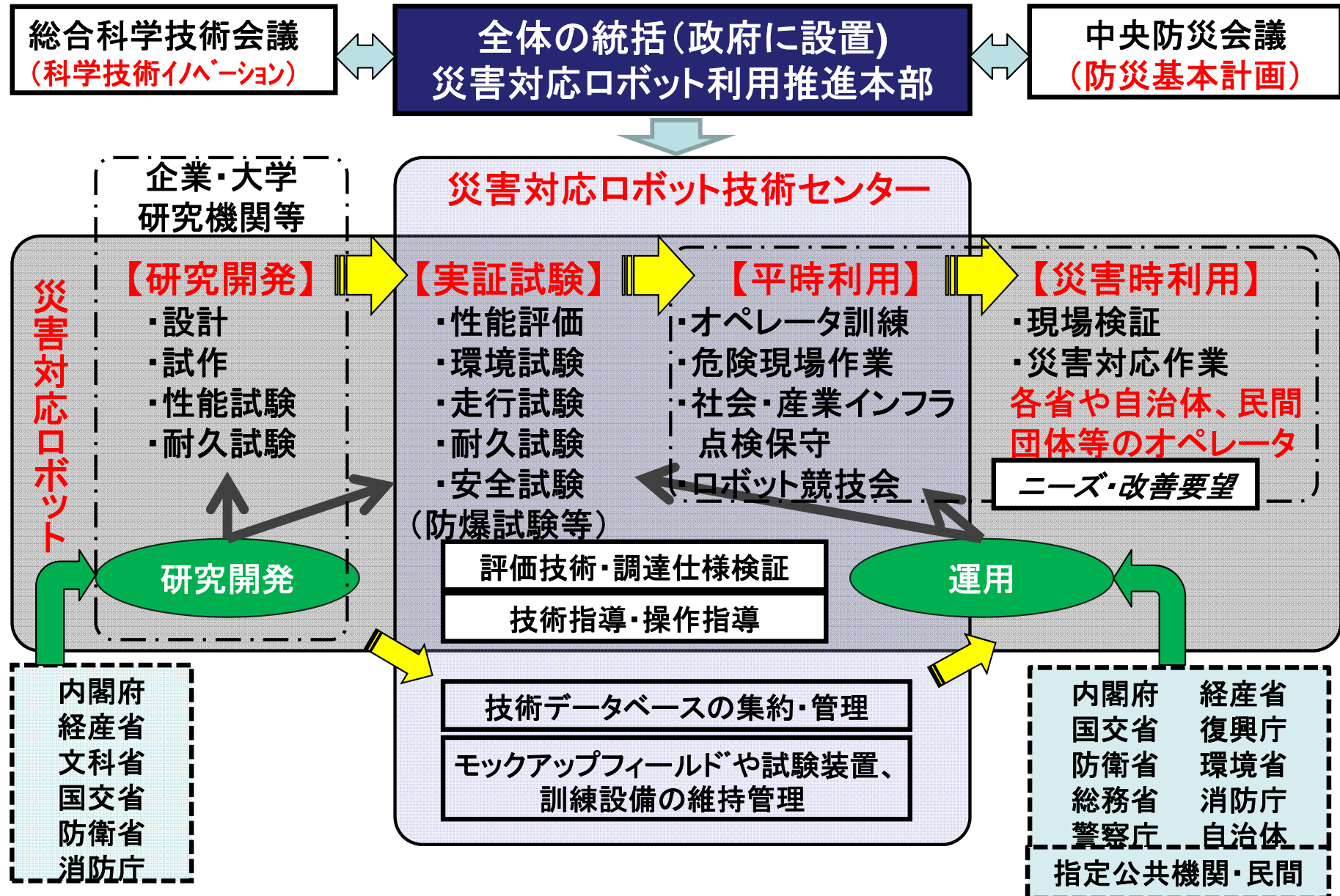
トンネル内で可燃性天然ガスが発生

引火の恐れがある機器は導入できず



防爆性の機能評価
認定された機器の導入

災害対応ロボット技術センターの機能



国際標準化による競争力強化



戦略的パートナーシップの構築

【継続的な開発と運営】

- ・ロボット及びロボット操作者の **認証制度** の構築。
- ・ **ロボット競技会** の企画・運営。

【施設の利用を促進】

- ・海外の遠隔技術開発や災害対応で活用される施設の調査及び今後の協力体制の構築を進める。

世界規模でのロボット認証制度の構築

日本国内の自動車における「車検」と「免許」の関係



車検

自動車の性能・安全性担保

免許

運転者の技量担保

第三者機関で実施

原子力災害対応ロボットにも適用

ロボット認証

性能担保、ユーザー側調達基準明確化

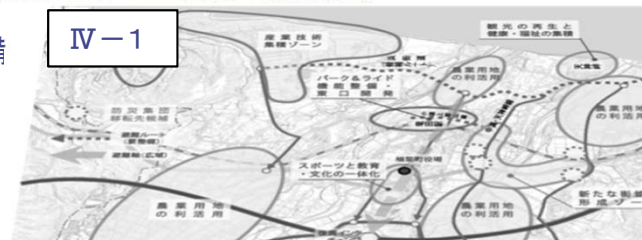
ロボット操作者認証

操作ミス等リスク回避、要員基準明確化

- 国際的な研究開発協力(国内外の叡智の結集)
- 施設の相互利用(実証試験・機能評価・オペ訓練の機能の相互補完)
- 研究者交流, 人材育成, ワークショップ・競技会開催
- 国際標準化の拠点構築(ロボットの性能評価や操作方法の標準化, 国際的な認証制度)
- 遠隔操作・ロボット技術やそのニーズに関するデータベースの構築・維持管理
- 国内の体制構築
 - 実証研究・訓練・配備の連携体制(JAEA, 産総研, 日本原電原子力緊急事態支援センター, 等)
 - 研究開発と人材育成の連携体制(JAEA, 大学, 研究機関)
 - 継続的な議論と恒久的な運用組織
 - 研究開発機関の職員枠の拡充

赤羽原子力災害現地対策本部長の私的懇談会として「福島・国際研究産業都市構想(イノベーション・コースト)研究会」を設置し、産学官の有識者で、今後の研究開発拠点、産業拠点、人材育成拠点、地域開発の在り方等を検討し、6月を目途に、地域経済の将来像、必要な取組み、支援策等について提言をとりまとめる。

- I. 廃炉研究開発拠点
 1. 放射性物質分析・研究施設
 - ・燃料デブリを扱う施設を国際的な共同研究の場とする
- II. ロボット開発・実証拠点
 1. 「モックアップセンター」関連施設の集積
将来的に廃炉用途に限定しない、様々なロボットの開発・実証拠点
 2. 「福島ロボットテストフィールド」の整備
・より実用可能性の高い災害対応ロボットを開発・実証するフィールド
 3. ロボット国際競技会の開催
・ロボット開発能力の向上とイベントによる地域の活性化を図る手段
- III. 国際産学連携拠点
 1. 全国の大学・研究所の研究室を集積した産学連携施設の整備等
 2. 国際共同研究の実施
- IV. 廃炉・復興関連事業所の集積促進
 1. 関連事業所の誘致
 - ・廃炉、除染、復旧・復興関連事業所等の設置
 2. リサイクル拠点の整備
 - ・災害廃棄物の再商品化、廃炉用資材等へのリサイクル拠点整備
- V. その他
 1. 生活・交通インフラの整備
 - ・廃炉関連の研究機関、関連事業所、研究者等の生活環境整備
 2. 「浜通り」エネルギー関連プロジェクトの推進
 - ・原発に代わる新たなエネルギープロジェクト
 3. 現場課題に対応した農林水産関連研究の実施
 - ・食の安全性に関するモニタリング
 4. 震災遺構の保存整備



Disaster City® II-2

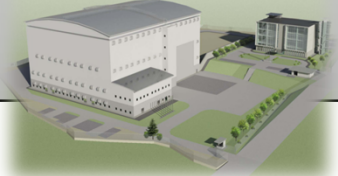
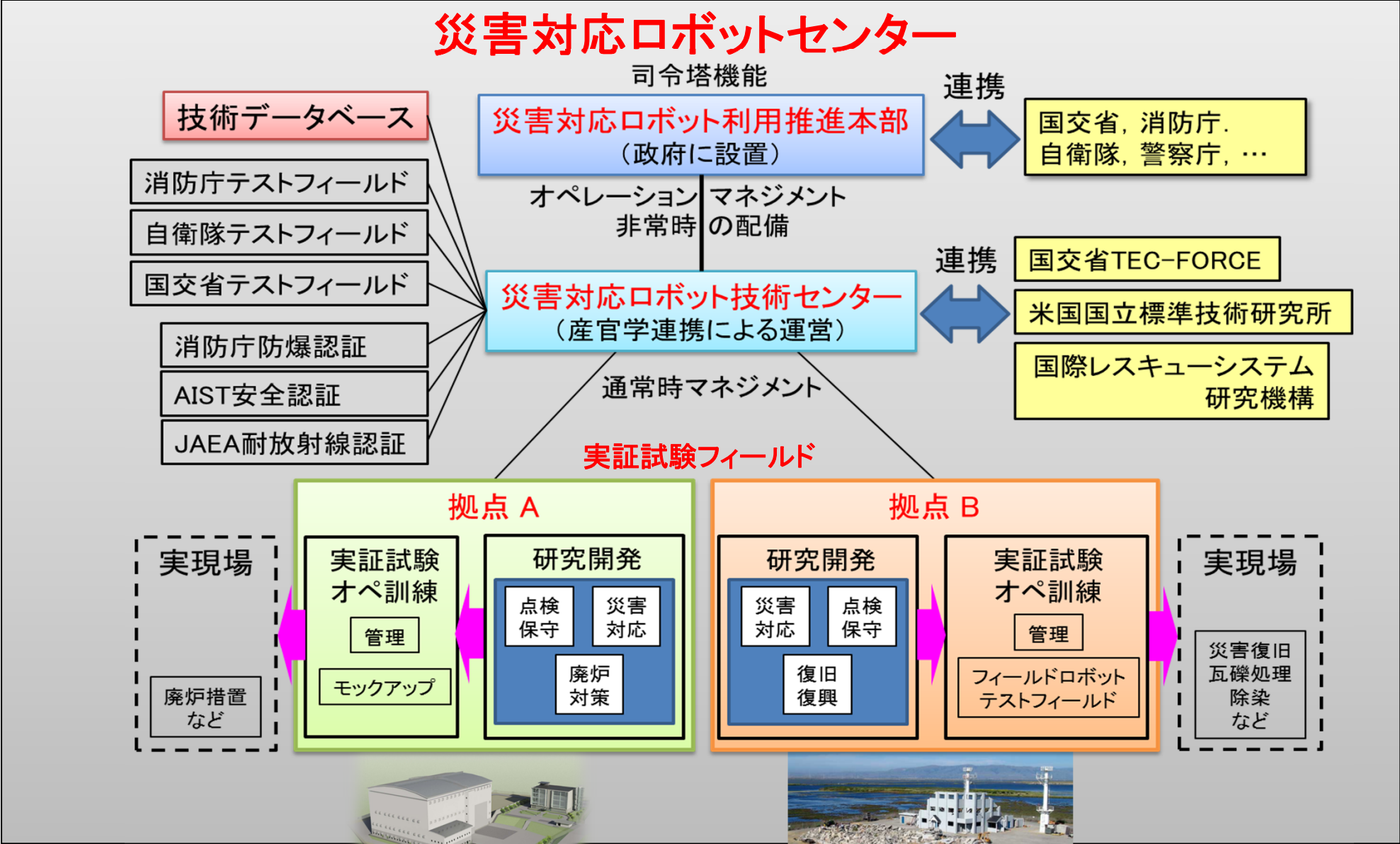
- Building Collapse
 - Industrial Complex Collapse
 - Strip Mall Collapse
 - Office Complex Collapse
 - Single Family Building Collapse
 - Multi-Purpose Building Collapse
- Rubble Piles
 - Canine Training
- Technical Skills Training Area
 - Crane Operations
 - Exterior Shoring
 - Interior Shoring
 - Breaching-Breaking Tunnel
 - Trench Rescue
- Transportation Disaster Training Area
 - Chemical and Freight Train Derailments
 - Passenger Train Derailment
- Government Complex

【相馬 LNG 受入基地完成イメージ(基本設計)】



【新たな産業の集積】

体制・組織・拠点の整備



【環境・基盤整備】

【社会実装】



- 戦略・ロードマップ策定
- 配備計画
- 災害時の運用統制・指示
- 研究・実証フィールド(特区)
- 認証制度(防爆性含む)
- オペレータ訓練・検定
- 安全基準・ルール
- ロボット技術管理
- ソリューション導出競技会

- 原子力災害 ⇒ 原子力災害対応ロボット
- 土砂災害等 ⇒ 重作業人命救助ロボット
- 水難・山岳事故 ⇒ 救難・捜索ロボット
- 津波、山林火災 ⇒ 災害警戒・監視ロボット
- コンビナート事故 ⇒ 消火・救助ロボット
- 避難区域保全 ⇒ 巡回監視ロボット
- インフラ維持管理 ⇒ プラント点検ロボット

- ロボット基盤技術研究 (アクセス、空間認知、通信、自律化、知能化、点検・診断・メンテ等)
- 高度実用化研究
- 情報収集・分析技術研究
- 除染技術研究 等

大学、企業

復興の加速

災害対応ロボットセンター

- 災害対応ロボット利用推進本部
- 災害対応ロボット技術センター

国土強靱化

波及効果、派生事業

成長戦略

- 資源開発 ⇒ 海底資源探査・開発ロボット
- 農業省力化 ⇒ 農業ロボット
- 林業省力化 ⇒ 斜面移動ロボット
- 建設省力化 ⇒ 高度情報化施工ロボット
- 資源・インフラ受注 ⇒ 地雷処理ロボットなど
- 輸出、国際貢献 ⇒ 災害対応ロボット

復興庁、経産省、文科省、国交省、総務省、環境省、防衛省・・・企業

◆ 福島浜通り復興でイノベーションを創出し国土強靱化・成長戦略へ展開

ロボット技術(RT)が拓く豊かな日本

～ 介護サービスへの産業的挑戦 ～

社団法人 日本経済調査協議会

委員長	福川 伸次	機械産業記念事業財団会長
主査	岡崎 哲二	東京大学大学院経済学研究科教授
副主査	浅間 一	東京大学大学院工学系研究科精密機械工学専攻教授
委員	伊藤 健三	ニチイ学館執行役員
	小原 之夫	昭栄会長
	久村 春芳	日産自動車フェロー
	栗田 瑞夫	ジェムコ日本経営監査役
	坂本 裕寿	読売新聞東京本社論説委員(2010年5月～)
	山海 嘉之	筑波大学大学院システム情報工学研究科教授
	杉井 清昌	セコム顧問、セコム科学技術振興財団理事長代行
	炭谷 茂	済生会理事長
	高木 宗谷	トヨタ自動車パートナーロボット部理事
	田中 辰雄	慶應義塾大学経済学部准教授
	柘植 綾夫	芝浦工業大学学長
	松日楽 信人	東芝研究開発センター技監
	丸山 淳一	読売新聞東京本社論説委員(～2010年4月)
	山内 繁	早稲田大学研究推進部参与
	山本 澄子	国際医療福祉大学大学院福祉援助工学分野教授
オブザーバー	福田 洋一	機械産業記念事業財団調査企画部長