

# 外的事象に対する包括的な安全確保の体系の現状と課題

## (4) 自然事象に対する研究開発と実務への適用

「2018年春の年会 原子力安全部会、標準委員会合同セッション」

2018年3月27日

電力中央研究所  
原子力リスク研究センター (NRRC)  
梅木 芳人

## はじめに

- 原子力リスク研究センター(NRRC)の研究開発の概要
- 自然事象のリスクにかかる研究開発

# 原子力リスク研究センター(NRRC)の研究開発 の概要

## NRRC設置の経緯

### 福島第一原子力発電所事故を踏まえた反省

- ・ 原子力のリスクと正面から向き合う意識と仕組が不足
- ・ 大地震、大津波など低頻度だが影響が大きな事象への対応が不十分



リスクを直視し、規制遵守に留まることなく安全性を追求する意識と仕組が必要



#### 各事業者のリスクマネジメント強化

- ・ 社内体制整備
- ・ リスク評価の充実（確率論的リスク評価：  
Probabilistic Risk Analysisの活用）
- ・ リスク情報の積極的利用 等



（各事業者が継続的に実施）



#### 低頻度事象に伴うリスクの低減

- ・ 技術課題解決（発生メカニズム、応答、対策）
- ・ 決定論的手法と確率論的手法の効果的な組合せ
- ・ 一元的研究開発体制構築→現場適用&フィードバックを促進 等



NRRCの設置 2014. 10. 01

## ねらい、ミッション・ビジョン

2014. 06. 13 電中研プレスリリースより

### ねらい

- ・ 事業者の自主的な安全性向上の取り組みに必要な研究開発の中核に。
- ・ 低頻度ではあるが大きな被害をもたらす事象を解明し、対策を立案してリスク低減に役立てるため、確率論的なリスク評価手法（PRA）も積極的に活用。
- ・ 研究開発ロードマップを策定し、成果の利用までを含めたPDCAを回して効果的に研究開発を推進。

2014年10月 NRRC作成、HP掲載

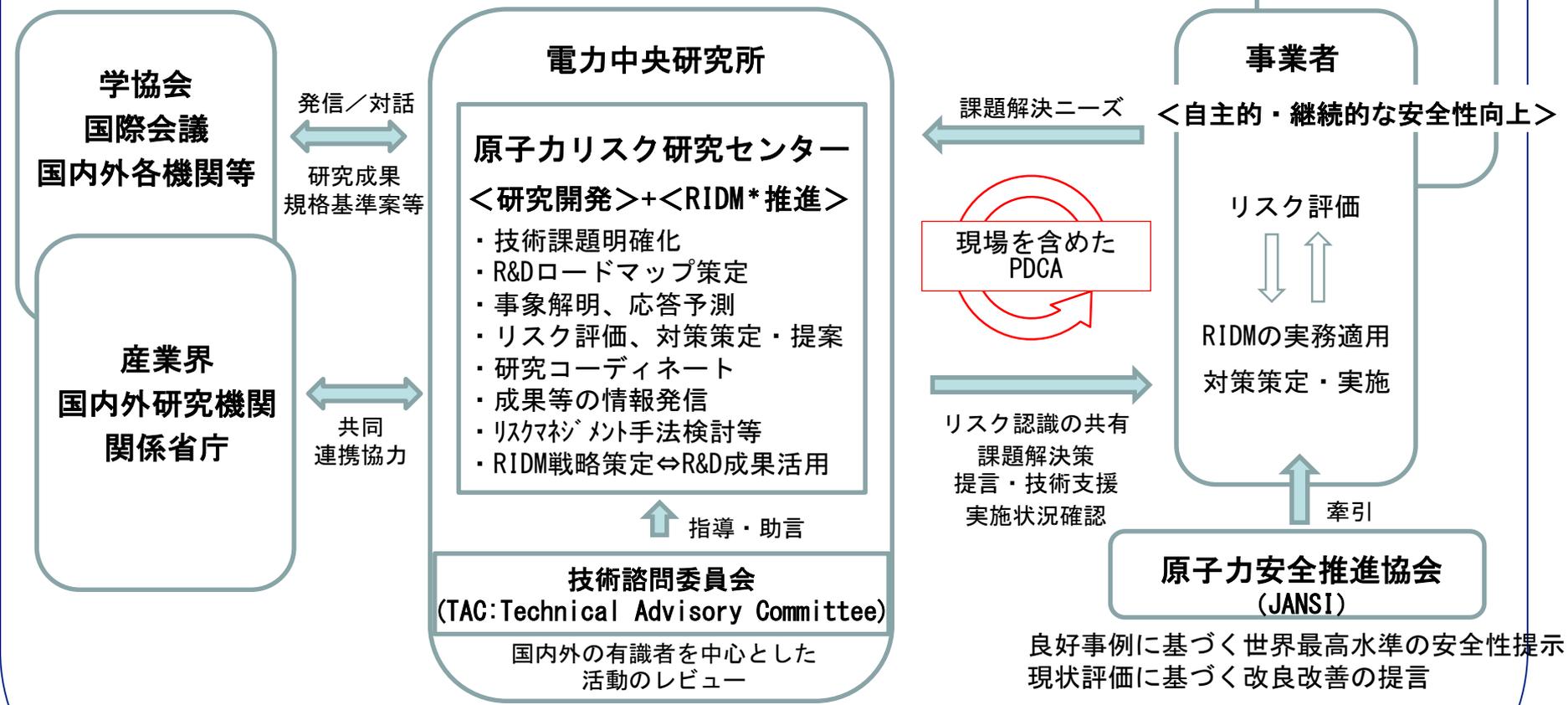
### ミッション

確率論的リスク評価(PRA)、リスク情報を活用した意思決定、リスクコミュニケーションの最新手法を開発し用いることで、原子力事業者及び原子力産業界を支援し、原子力施設の安全性を向上させる。

### ビジョン

PRA手法及びリスクマネジメント手法の国際的な中核的研究拠点（センター・オブ・エクセレンス）となり、それによって、あらゆる利害関係者から信頼を得る。

# NRRCの位置づけ



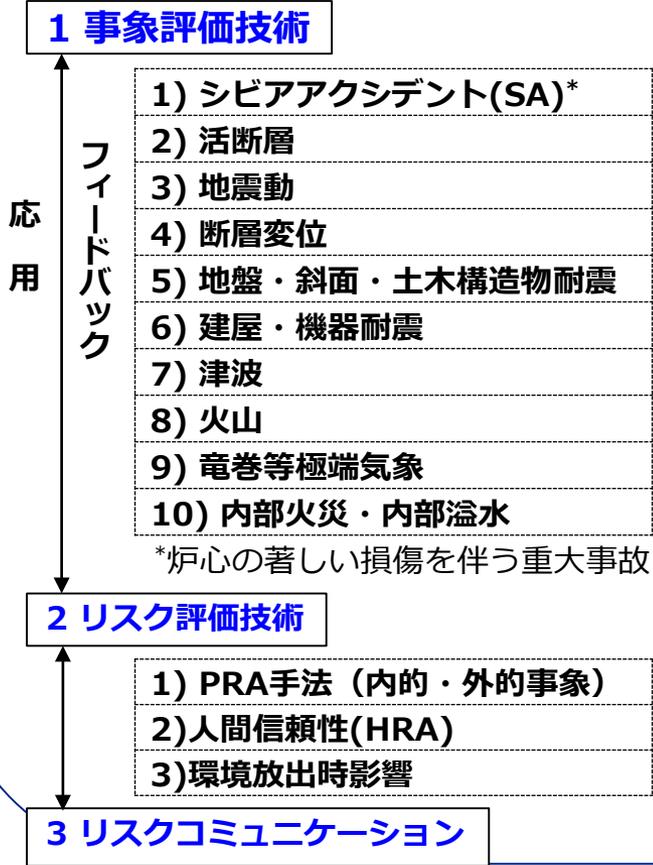
良好事例に基づく世界最高水準の安全性提示  
現状評価に基づく改良改善の提言

\* Risk-Informed Decision Making

# 安全性向上を支えるリスク研究開発

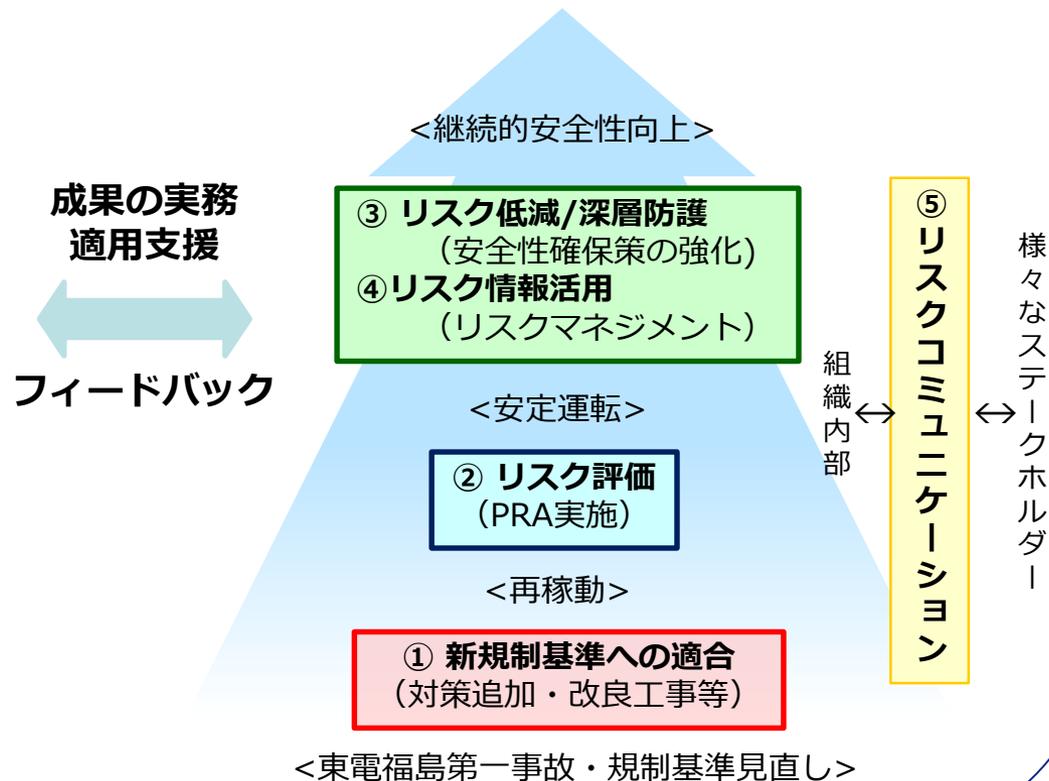
- 低頻度だが大きな被害をもたらし得る事象のさらなる解明と対策立案
- 従来の決定論的な手法に加えてリスク情報を活用する手法を適用

## 研究開発項目



## 継続的安全性向上の取り組み

\*番号①～⑤は、後述のロードマップの「成果の適用先」の番号に対応



# PRA技術の改良開発状況



		レベル1	レベル2	レベル3
内的事象	出力運転時PRA	2017年 内的事象HRAガイド 2018年 実施ガイド 2018年 ピアレビューガイド	2019年 過酷状況下HRAガイド 2019年 FCVSモデル高度化MAAP	2020年 早期被ばく評価ガイド
	停止時PRA			
	火災・溢水PRA	2019年 火災モデル・実施ガイド		
外的事象	地震PRA	2019年 SSHACプロセス導入 (随時) ハザード・フラジリティ評価高度化		
	津波PRA	2018年 低津波サイト評価手法 2020年 高津波サイト評価手法		
	上記以外の外部事象 (竜巻・強風、火山)			

# PRA技術の改良開発スケジュール



PRA項目	研究項目	年度	2016 以前	2017	2018	2019	2020	2021 以降
出力運転時	内的レベル1PRA手法改良		研究開発	パイロット	実務適用			
	人間信頼性評価（HRA）手法高度化		研究開発	パイロット	実務適用			
	過酷状況下HRA手法開発			研究開発	パイロット	実務適用		
	マルチユニットPRA手法開発				研究開発	パイロット	実務適用	
	放射性物質放出リスク評価手法高度化（レベル2）						要素技術毎に 随時実務適用	要素技術毎に 随時実務適用
	環境影響リスク評価手法開発（レベル3）						研究開発	パイロット
内部火災	内部火災リスク評価手法整備（レベル1）					研究開発	パイロット	実務適用
内部溢水	内部溢水リスク評価手法整備（レベル1）				研究開発	パイロット	実務適用	
地震	地震リスク評価手法高度化（レベル1-2）					研究開発	パイロット	実務適用
	SSHA Cプロセス確立			研究開発	パイロット	実務適用		
	ハザード評価手法高度化					要素技術毎に 随時実務適用	要素技術毎に 随時実務適用	要素技術毎に 随時実務適用
	フラジリティ評価手法高度化			要素技術毎に 随時実務適用	要素技術毎に 随時実務適用	要素技術毎に 随時実務適用	要素技術毎に 随時実務適用	要素技術毎に 随時実務適用
津波	津波リスク評価手法高度化（レベル1-2）			研究開発	パイロット	実務適用		
	ハザード評価手法高度化					要素技術毎に 随時実務適用	要素技術毎に 随時実務適用	要素技術毎に 随時実務適用
	フラジリティ評価手法高度化					要素技術毎に 随時実務適用	要素技術毎に 随時実務適用	要素技術毎に 随時実務適用
竜巻・強風	ハザード評価手法高度化、フラジリティ評価手法開発					研究開発	パイロット	
火山	ハザード評価手法高度化、フラジリティ評価手法開発					研究開発	パイロット	
リスクコミュニケーション	内部・外部コミュニケーション方法改善策策定					要素技術毎に 随時実務適用	要素技術毎に 随時実務適用	要素技術毎に 随時実務適用

# 自然事象のリスクにかかる研究開発

# 8. 地震/耐震【ハザード/フラジリティ】（全体概要）

▽：R&D成果（①-⑤：成果の適用先）

項目	ギャップ/解決策	～2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
地震ハザード評価 -活断層 -地震動	地震動評価における不確かさが大きい 日本において不確かさを、より現実的に評価する手法がない ↓ •地震動評価の不確かさをより現実的に評価する手法を構築	【活断層】 活断層の連動性・端部の定量的な評価指標の開発	連動性評価指標提案①, ②▽	PRAのための定式化②▽	次フェーズ			
		【地震動】 震源パラメータの定量評価・地下構造モデル化手法の体系化	震源パラメータカタログの提案①, ②▽		次フェーズ			
		地震ハザード解析専門家委員会(SSHAC)技術支援			次フェーズ			
		SSHACプロセス国内適用（課題抽出など）②▽ 確率論的地震ハザード評価の高度化						
地震PRAプロジェクト					計画中			
地震フラジリティ評価 -機器 -建物 -地盤・斜面 -地中土木構造物	耐力とフラジリティの評価が保守的な評価に留まっている ↓ •フラジリティを、より現実的に評価する手法を構築	【機器】 機器配管系の弾塑性評価法の構築	弾塑性解析法提案①, ②▽					
		【機器】 地震損傷データに基づく現実的フラジリティ評価手法構築	配管系簡易弾塑性解析法提案①, ②△	地震損傷データに基づくフラジリティ評価法構築①, ②▽				
		【建物】 大入力に対する建屋挙動評価(3次元モデル・地盤-建屋相互作用など)	大入力時の建屋挙動評価手法提案①, ②▽		次フェーズ			
		【地盤・斜面】 地盤・斜面の2次元, 3次元非線形解析手法の開発	基礎地盤への実用化（2次元）①, ②▽	▽実岩盤への実用化（2次元）①, ②				
		【地中土木構造物】 地中土木構造物の耐震性能照査手法の標準化/高度化/実用化	等価線形解析実用化（3次元）①, ②△	三次元地震応答解析手法実用化①, ②▽	▽終局耐震性検討手法構築①, ②			

## 8-1. 地震/耐震【地震ハザード（活断層）】

▽：R&D成果（①-⑤：成果の適用先）

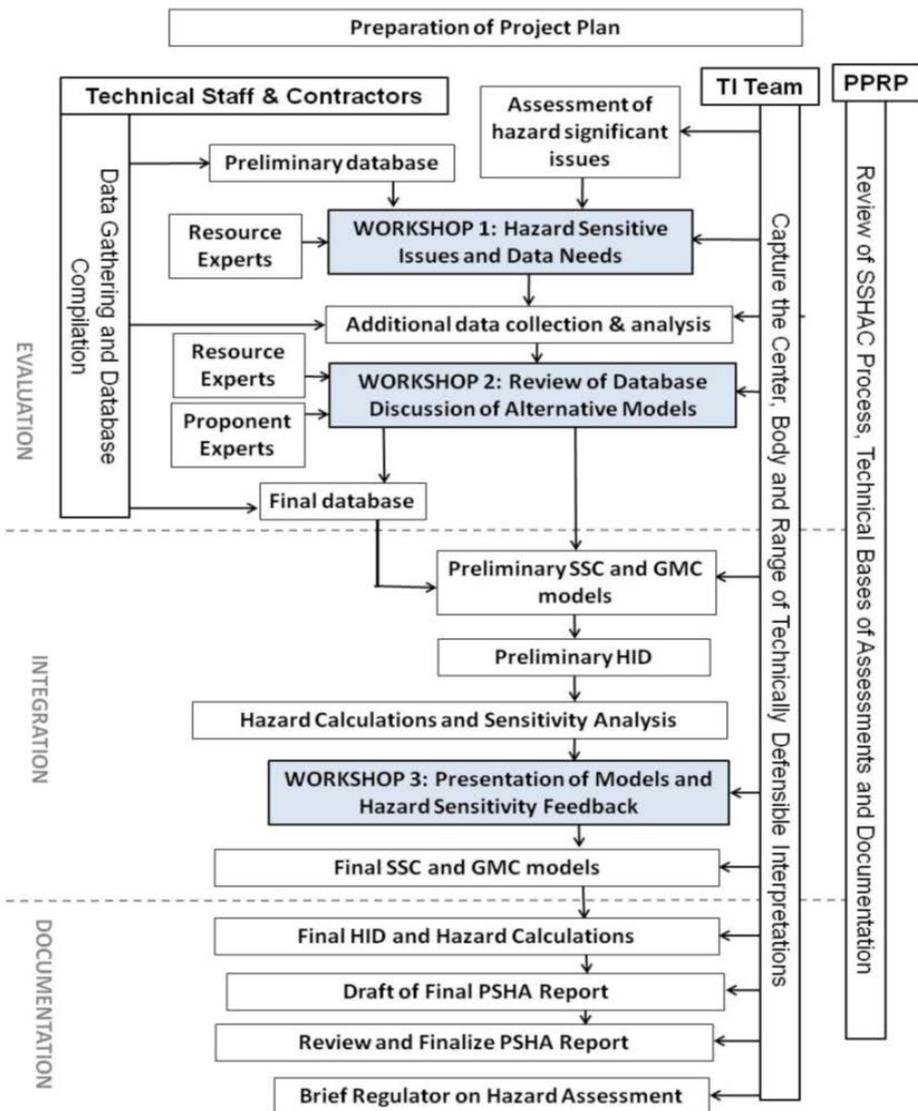
項目	ギャップ/解決策	～2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
活断層の震源断層評価	<p>地震規模評価において、活断層の連動区間・端部に関する評価基準に関する知見の補強が必要。また、活構造の認定において、地域性の不確かさが大。</p> <p>↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 実地震の破壊停止要因に基づく連動性評価指標の提示</li> <li>• 活断層が認めにくい要因の分析とそれに応じた認定手法の蓄積</li> </ul>		<p>連動性・端部の定量的な評価指標の開発</p> <p>知見反映</p>	<p>連動性評価指標提案①, ②▽</p> <p>火山地域の認定手法提案①▽</p>	<p>次フェーズ：新たな指標を踏まえたセグメンテーション評価手法の開発</p> <p>PRAのための定式化②▽</p>			
			<p>震源を特定しにくい地域における活構造認定手法の開発</p> <p>知見反映</p>	<p>地域性を考慮した震源断層評価手法の構築</p> <p>活断層の未成熟な地域の認定手法提案①▽</p>				
近年発生した地震を対象にした断層調査	<p>活断層が未確認の地域における地表地震断層の出現事例の増加。</p> <p>↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 当該断層の破碎性状や活動性の調査に基づき、事前に評価しうる可能性を明確化</li> </ul>		<p>活断層として認識されていなかった地表地震断層の調査</p> <p>破碎性状・活動性</p>		<p>事前評価の可能性に関する検討</p> <p>知見反映</p>			
				<p>地表地震断層の特性提示①△</p>				

## 8-2. 地震/耐震【地震ハザード（地震動）】

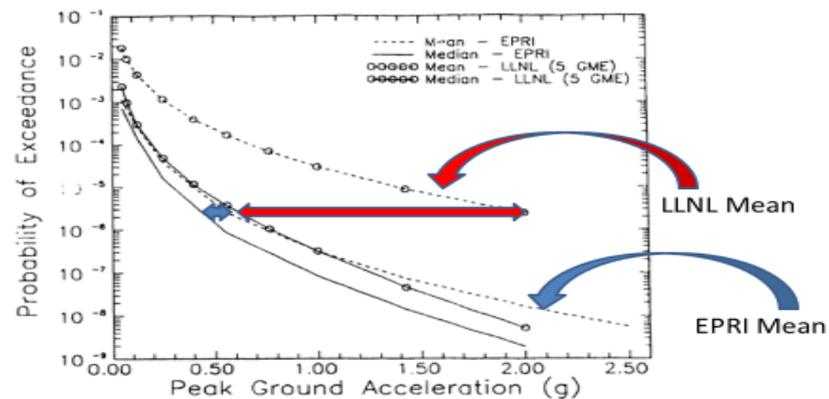
▽：R&D成果（①-⑤：成果の適用先）

項目	ギャップ/解決方策	～2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
震源を特定して策定する地震動の評価	<p>既往被害地震の震源モデルが質・量とも少ない、地下深部の速度構造モデル化手法の高度化が必要</p> <p>↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>統一した手法を用いた震源モデル化</li> <li>観測データに基づく地下構造評価法の確立</li> </ul>			<p>近年の被害地震、計器観測初期の地震の震源パラメータカタログ提案①② ▽</p> <p>インバージョン手法による震源パラメータの定量評価</p>		<p>震源近傍記録の共通事項、サイト固有事項の解明と新知見創出① ▽</p> <p>次フェーズ：震源近傍強震動と深部地盤構造の評価</p>		
震源を特定せず策定する地震動の評価	<p>M6級の中規模地震の際に震源近傍で稀に得られる大加速度記録の発生要因に関する知見の補強が必要</p> <p>↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>強震記録の取得地点での詳細調査に基づく発生要因の解明</li> <li>地盤増幅の影響を除去した基盤地震動の評価</li> </ul>			<p>震源を特定せず策定する地震動に資する地震動評価① ▽</p> <p>防災科学技術研究所の強震観測点における大加速度観測記録の ①地下構造調査による発生要因解明と基盤地震動推定 ②鉛直アレイ地震観測の実施による検証（同研究所との共同研究）</p>		<p>非線形サイト特性・地形サイト特性・3次元サイト特性モデル構築①②▽</p> <p>次フェーズ：サイト特性予測モデルの構築とGMPEへの取り込み</p>		<p>サイト特性モデル構築への反映</p>
確率論的地震ハザード評価	<p>SSHACの国内適用方法が未確立</p> <p>↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>確率論的地震ハザード評価における認識論的不確実さ考慮を目的としたSSHACレベル3手法の国内適用方法確立</li> <li>確率論的地震ハザード解析で用いる要素技術の高度化</li> </ul>			<p>プロジェクト報告書作成支援② ▽</p> <p>伊方SSHACプロジェクトの技術支援</p> <p>△プロジェクトプラン作成② ▽SSHAC Level 3に基づく確率論的地震ハザード解析の課題抽出② ▽</p> <p>確率論的地震ハザード解析高度化のための要素技術の高度化</p>		<p>ばらつき評価への反映</p> <p>次フェーズ：全社展開/地震・津波重畳等のマルチハザード評価</p> <p>▽SSHACプロセス国内適用②</p>		<p>▽地震予測モデルの定量的選択方法高度化② ▽断層モデルも考慮した確率論的地震ハザード解析手法開発②</p>
				<p>IAEA TECDOC：確率論的地震ハザード解析の検証・更新方法開発</p>				

# SSHACの意義、概要



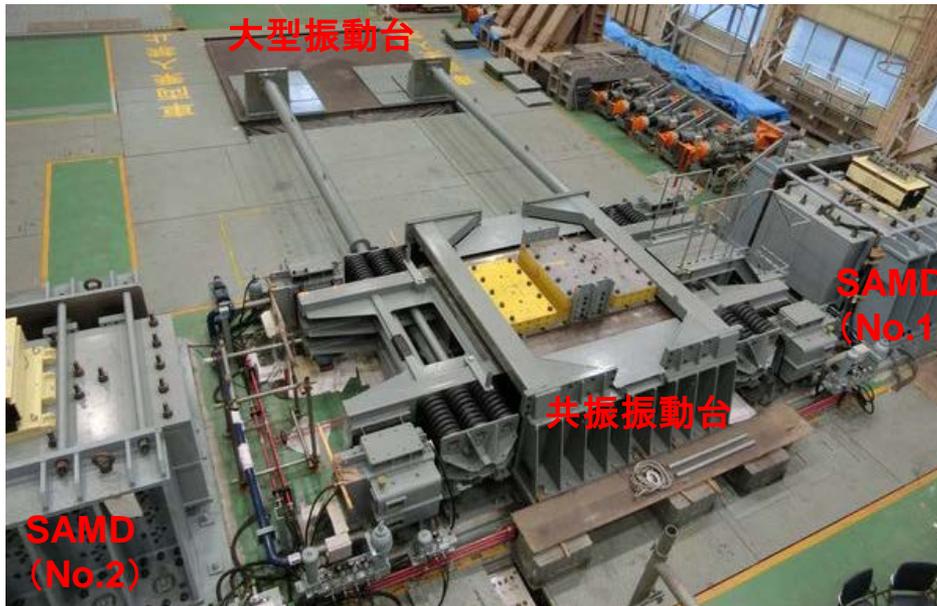
- SSHAC(NUREG-2117): Practical Implementation Guideline for seismic hazard assessment.
- No experience with SSHAC applications in Japan.
- Guarantees the objectivity and transparency.
- NRRC is collaborating with electric utilities.



Very different results, in terms of mean hazard and associated uncertainty, from the two studies for a single NPP site



## 共振振動台の概要



共振振動台の基本性能

	共振振動台	従来設備※
最大加速度	20G	10G
搭載重量	10t	10t
テーブルサイズ	2×2m	2×2m
加振周波数	10Hz	10Hz

- ・導入計画は、311以前から進めていた。
- ・311を契機に、開発と導入を加速した。

### 導入の経緯

- ・2011 概念設計開始
- ・2013.7 本体完成  
(振動対策工事)
- ・2014.12 工事完了
- ・2015.2 運用開始

※スペックは概略値

## 共振振動台による重要機器の加振試験

### 【背景・目的】

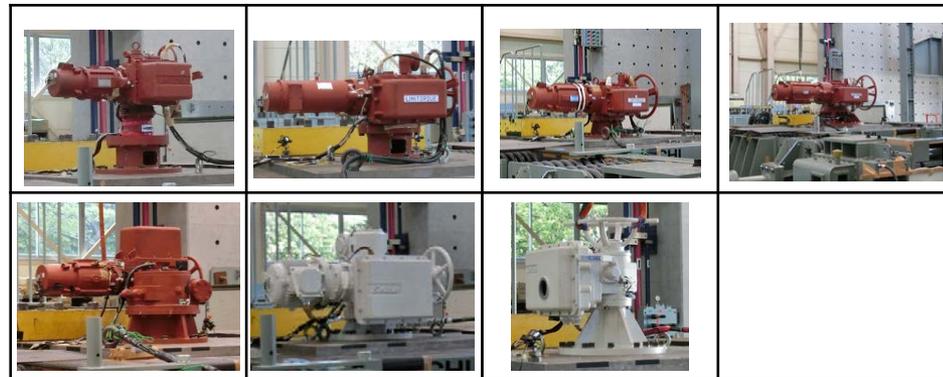
基準地震動の増大により原子力機器の耐震余裕が小さくなっている。このため、最大加速度20Gの共振振動台を導入し、機能確認試験を行う。

### 【実施内容】

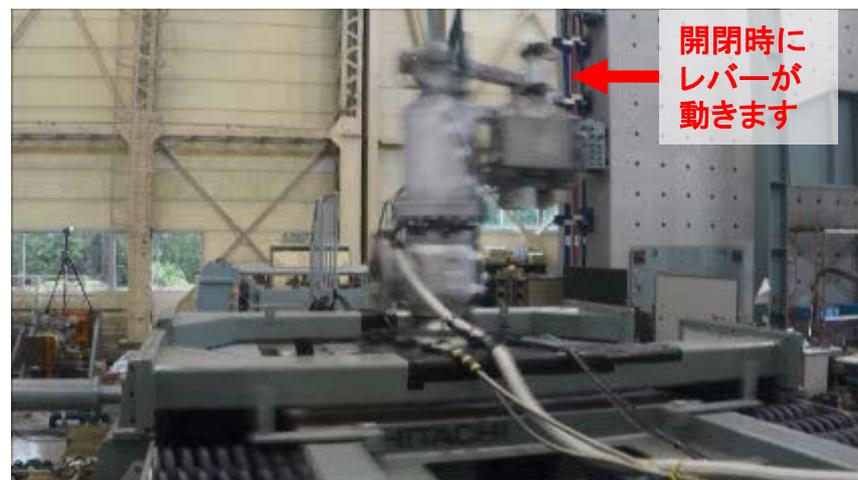
耐震評価上重要機器である、主蒸気逃がし安全弁・電動弁について、実物の模型を共振振動台に据え付け、最大加速度20Gの加振試験を行う。加振中に弁の開閉操作を行い、機能を確認する。

### 【主な成果】

主蒸気逃がし安全弁および電動弁は、最大加速度20Gでの動作機能が確認された。この成果は、耐震規程JEAC4601の動作機能確認済加速度に反映される。



電動弁駆動部(7種類)の加振試験



主蒸気逃がし安全弁加振試験ビデオ

## 8-4. 地震/耐震【地震フラジリティ（建屋）】

▽：R&D成果（①-⑤：成果の適用先）

項目	ギャップ/解決策	～2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
合理的な耐震設計手法及び耐震安全性評価手法	大入力に対する建屋の3次元挙動に関する知見の補強が必要 RC部材の地震経験依存性に関する知見の補強が必要 ↓ ・建屋3次元FEM解析による建屋挙動に関する知見の蓄積 ・建屋の3次元振動特性評価法の提案 ・地震後剛性低下を考慮した地震荷重評価法の整備								
		大入力に対する建屋挙動評価（3次元モデル・地盤-建屋相互作用など）						次フェーズ：耐震安全性評価高度化研究	
		実建屋の地震観測による3次元振動特性同定法開発							
		地震経験を考慮した地震荷重評価法の開発							
免震構造の極限荷重設計法	免震建屋の耐震設計限界が線形までとなっている ↓ ・線形限界を超える免震建屋の応答評価法の提案								
		現行設計限界を超える免震応答評価法①、②▽							
		免震建屋の終局挙動評価手法の構築							次フェーズ：免震建屋フラジリティ評価手法開発

大入力に対する建屋挙動評価（3次元モデル・地盤-建屋相互作用など）

次フェーズ：耐震安全性評価高度化研究

△大入力時の建屋挙動評価法、影響評価法の提案①、②  
 △3次元耐震性能評価法の提案①、②

知見反映

知見反映

建屋の3次元応答特性評価手法提案①、②▽

実建屋の地震観測による3次元振動特性同定法開発

地震後剛性低下を考慮したRC部材の地震荷重評価法整備①、②▽

地震経験を考慮した地震荷重評価法の開発

RC部材の高加速度試験法の整備①、②△

現行設計限界を超える免震応答評価法①、②▽

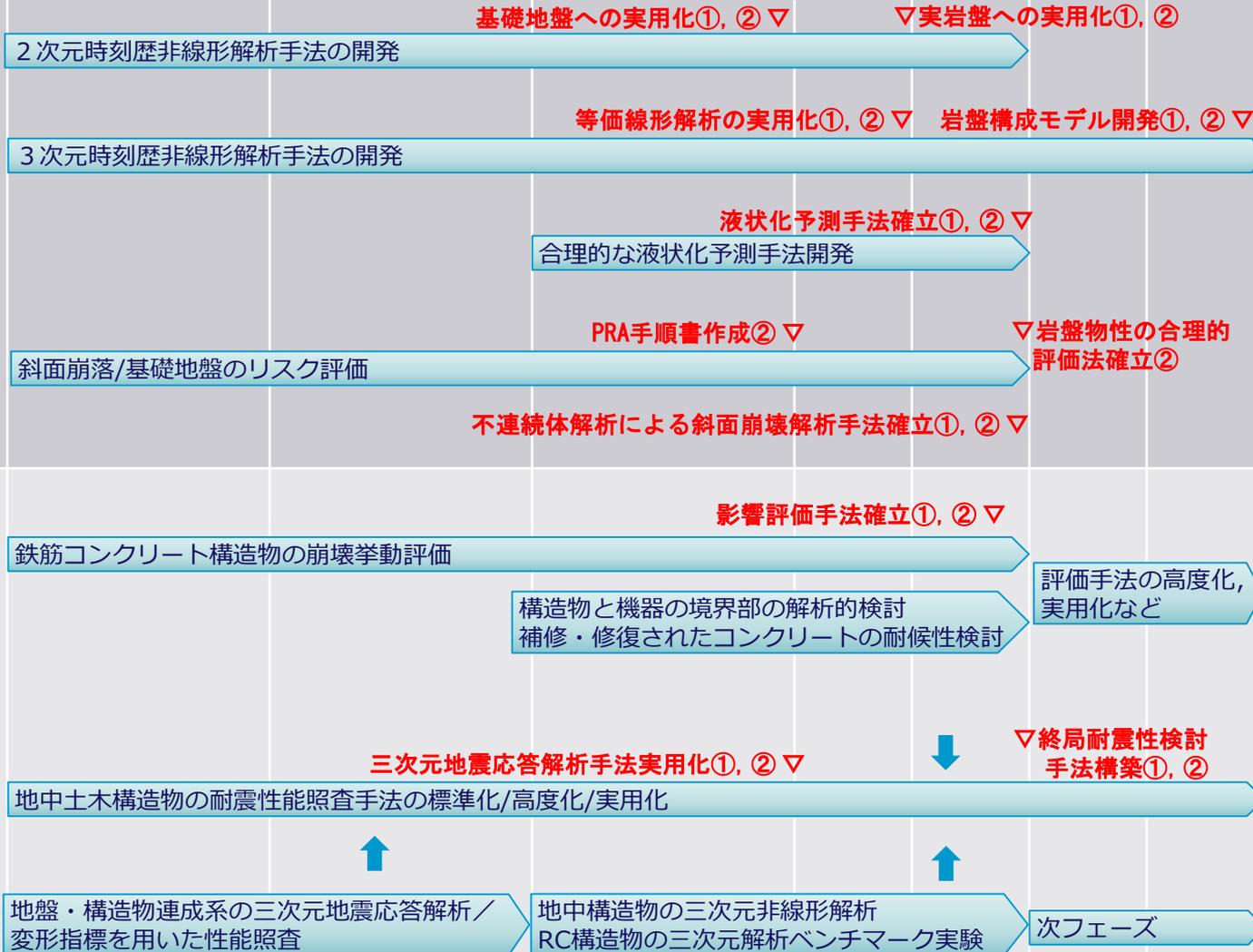
免震建屋の終局挙動評価手法の構築

次フェーズ：免震建屋フラジリティ評価手法開発

# 8-5. 地震/耐震【地震フラジリティ（地盤、斜面、土木構造物）】

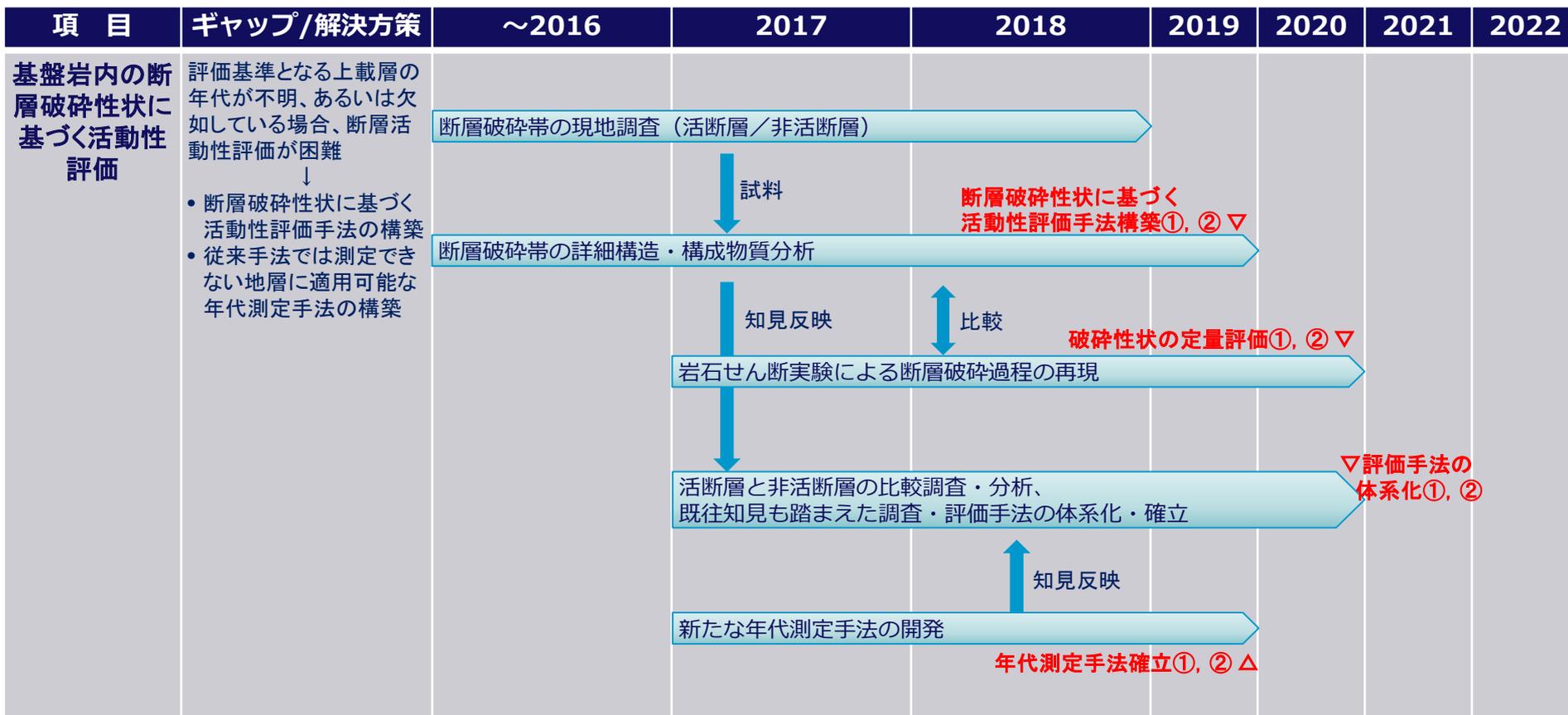
▽：R&D成果（①-⑤：成果の適用先）

項目	ギャップ/解決策	～2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
地盤・斜面 評価	基準地震動の増大に伴って、二次元等価線形に基づく照査及びリスク評価、液状化評価では厳しい場合があるため、より現実的な解析手法の開発と合理的なリスク評価の導入が必要 ↓ ・2D及び3D時刻歴非線形解析の実用化 ・非線形解析及び不連続体解析を用いたリスク評価手法の確立 ・合理的な液状化予測手法の開発								
		2次元時刻歴非線形解析手法の開発			基礎地盤への実用化①, ② ▽		▽実岩盤への実用化①, ②		
		3次元時刻歴非線形解析手法の開発							
		斜面崩落/基礎地盤のリスク評価							
土木構造物 評価	基準地震動の増大に伴って、二次元解析による安全側の照査では厳しい場合があるため、より現実的な解析手法や合理的な照査指標の導入が必要 ↓ ・地盤構造物連成系の三次元非線形解析および変形・ひずみに基づく性能照査手法を構築 ・詳細な崩壊機構、機器境界部、補修効果が耐震性に及ぼす影響評価方法の提案								
		鉄筋コンクリート構造物の崩壊挙動評価							
		地中土木構造物の耐震性能照査手法の標準化/高度化/実用化							
		地盤・構造物連成系の三次元地震応答解析/変形指標を用いた性能照査							



## 9-1. 敷地直下断層評価【活断層の判定】

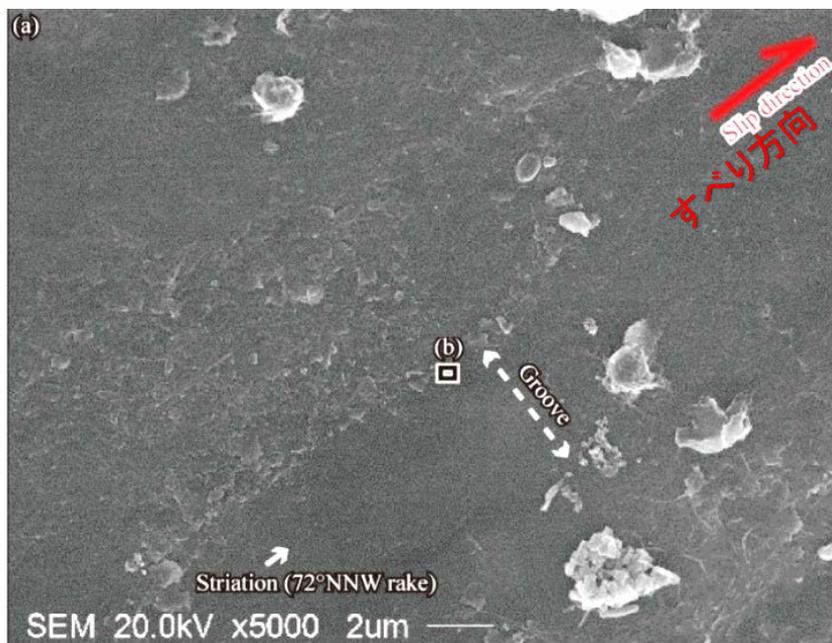
▽：R&D成果（①-⑤：成果の適用先）



## 断層活動性評価の最新成果例 —電子顕微鏡による破砕帯の観察—

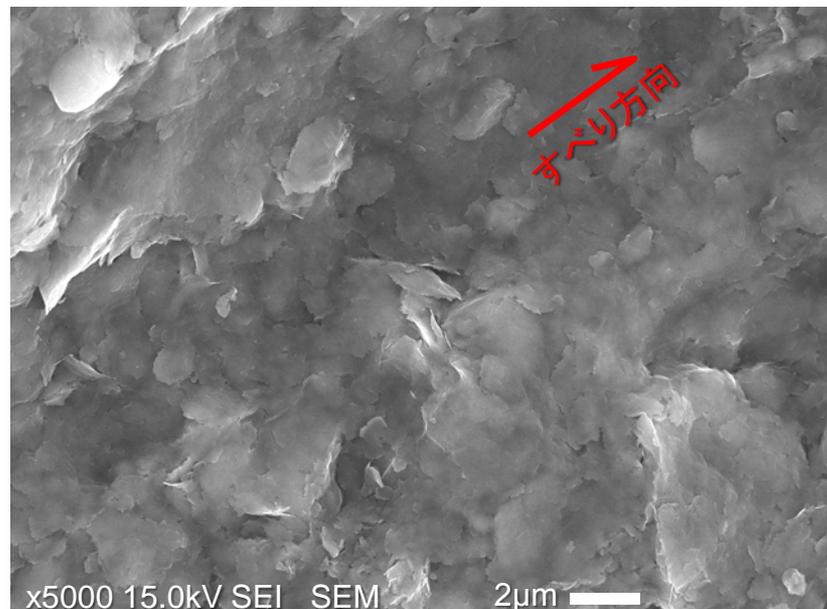
- 目的: 評価基準となる上載層がない場合に適用可能な, 断層破砕性状に基づく活動性評価手法を構築する。
- 成果: 上載層の変位状況から活動性が認定できる活断層と非活断層を対象にして, 破砕帯の性状を比較した。SEM(走査型電子顕微鏡)による断層面上の条線観察から, 両者に明瞭な差異が認められた。

### 活断層(茨城県北部)



ナノサイズの細粒粒子が分布

### 非活断層(福岡県)



板状の粘土鉱物(スメクタイト)が発達

破砕性状による断層活動性の指標に



# 10. 津波【ハザード/フラジリティ】

▽：R&D成果（①-⑤：成果の適用先）

項目	ギャップ/解決策	～2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
津波ハザード評価	<p>古津波による、信頼できる被害津波記録は少なく、津波規模推定の不確実性大。非地震性津波評価手法に関する知見の補強が必要</p> <p>↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地質学的調査で古津波の知見を増やし、不確実性の定量化精度向上</li> <li>数値解析手法や確率論的評価手法の確立により非地震性津波のリスク評価法確立</li> </ul>		<p>現地採取堆積物分析、堆積物生成過程模擬実験、評価手順確立</p>			<p>▽堆積物分析に基づく津波規模評価手法確立①,②</p>		
			<p>陸上及び海底の地すべり・火山現象等に起因する津波の評価手法の構築(数値解析手法)</p>					
				<p>非地震性波源の考慮による確率論的津波ハザード評価手法の拡張</p>		<p>▽地震性と非地震性の波源を考慮した確率論的津波評価手法提案②</p>		
津波PRAプロジェクト			<p>概略評価</p>			<p>詳細評価</p>		<p>▽国内適用③,④</p>
津波フラジリティ・耐力評価	<p>様々な津波影響を考慮した津波PRAの手法および手順に関する知見の補強必要</p> <p>また、津波影響評価技術に関する新知見の検証が必要</p> <p>↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>津波PRAにおけるフラジリティ評価の試行を通して、評価手法および手順を提案</li> <li>新知見を収集すると共に、それを踏まえた津波影響評価手法の検証および高度化</li> </ul>					<p>▽低ハザードサイトの津波フラジリティ評価手法提案②</p>		
				<p>津波PRAにおけるハザード評価～フラジリティ評価の試行</p>				
				<p>△ハザードレベルに応じたスクリーニング概念提案②</p>				<p>△高ハザードサイトの津波フラジリティ評価手法提案②</p>
			<p>▽波圧評価手法整備①,②</p>		<p>▽配管・機器の対津波設計手法整備①,②</p>			<p>▽溢水評価手法整備①,②</p>
				<p>津波影響評価手法の高度化(溢水/津波荷重/漂流物影響/浮遊砂影響)</p>				
				<p>△漂流物影響評価手法提案①,②</p>				<p>△浮遊砂影響評価手法整備①,②</p>

# 津波・氾濫流水路(2014年導入)

ヘッドタンク  
(650 トン)

制御ユニット

試験水路  
高さ2.5m,幅4.0m,長さ20m

地下水槽

バルブ

ゲート

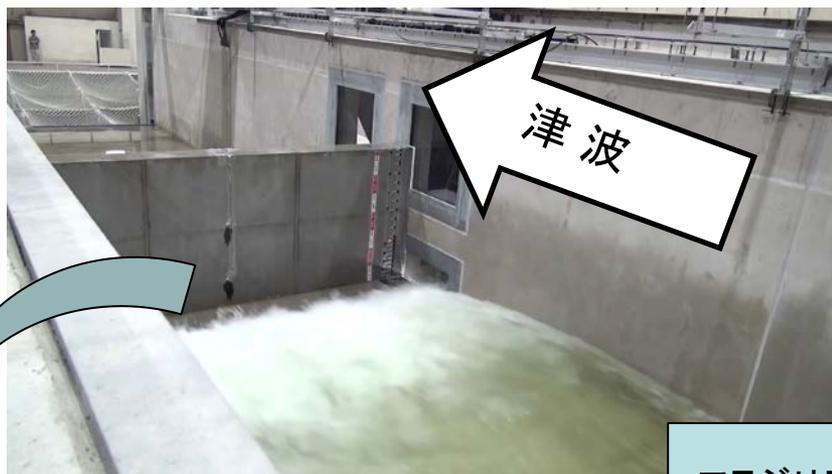
可動堰



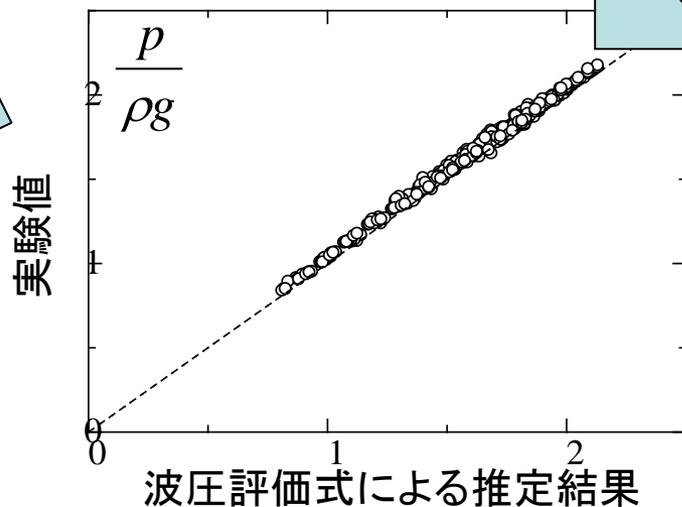
- バルブ・ゲート・可動堰の連動制御により、試験水路内で任意の流れを作成可能(最大流速7m/s, 最大流量10t/s)

# 津波波力に対する防潮堤のフラジリティ評価

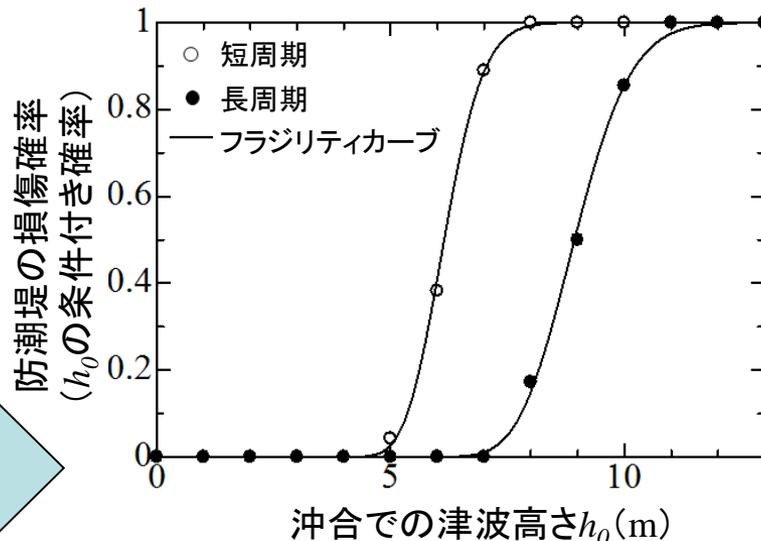
鉄筋コンクリート製防潮堤に作用する  
津波波力に関する水理実験※1



実験結果を用いた波圧評価式の精度検証



津波波力に対する鉄筋コンクリート製  
防潮堤(仮想)のフラジリティ※2



大規模水理実験から得た波圧評価式の精度に関する不確かさに加え、

- ✓ 津波高さの推定精度
- ✓ 浮遊砂濃度
- ✓ コンクリート・鉄筋の強度
- ✓ せん断耐力評価式の精度

に関する不確かさを考慮

※1 ... Kihara et al Coastal Engineering, 2015

※2 ... Kaida, Miyagawa and Kihara, ICONE24, 2015

# 11. 竜巻等極端気象【ハザード/フラジリティ】

▽：R&D成果（①-⑤：成果の適用先）

項目	ギャップ/解決策	～2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>極端気象ハザード評価、飛来物影響評価</b>	地形が竜巻に与える影響、竜巻の地域特性、飛来物衝突確率、台風ハザードに関する合理的な評価方法に関する知見の補強が必要 ↓ ・日本の地形条件、気象条件を適切に考慮できる合理的な設計竜巻評価法の開発 ・日本の発電所に適した確率論的竜巻飛来物影響評価モデルの確立 ・台風影響評価法の開発		ハザード評価モデルTOWLAの改良 飛来物速度評価コードTONBOSの改良					
			確率論的飛来物評価法の構築とその数値解析コードTOMAXIの開発	台風影響評価法の開発				
<b>竜巻等極端気象に対する対策工評価と固縛対策支援技術</b>	竜巻飛来物のリスクを定量化する方法が整備されておらず、過剰な対策を避けるための合理的な対策設計法が必要 ↓ ・フラジリティ評価に基づく合理的な対策工評価の提案 ・竜巻の検知・予測など、ソフト的な固縛対策支援策の開発							
			飛来物対策工評価に関するバックデータ蓄積/数値解析手法の確立 構造物健全性評価に関する数値解析手法の確立					

▽日本の諸条件に適合する竜巻影響評価法確立①, ②

▽確率論的な飛来物影響評価手法確立②

台風影響評価法確立①, ②▽

既開発のハザード評価ツールをベースとした強風リスク評価法の開発

▽竜巻飛来物に対する合理的な対策工や評価法確立①

▽固縛対策支援策確立①

損傷リスク情報に基づく対策設計手法の開発

# 高強度金網を用いた飛来物対策

## 高強度金網試験体

金網種別: ひし形金網

金網寸法: 展開4m × 幅3m (1枚)  
展開3m × 幅4m (1枚)

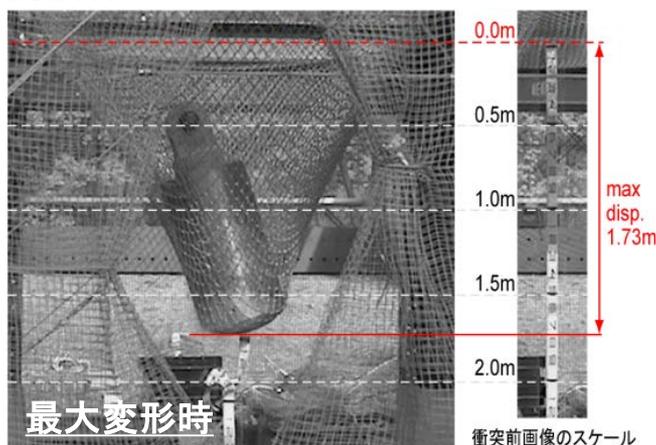
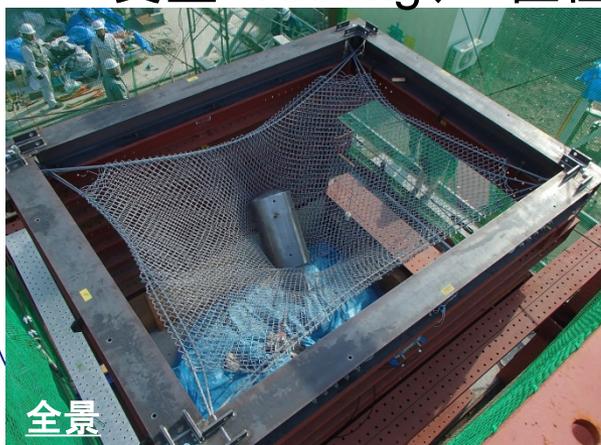
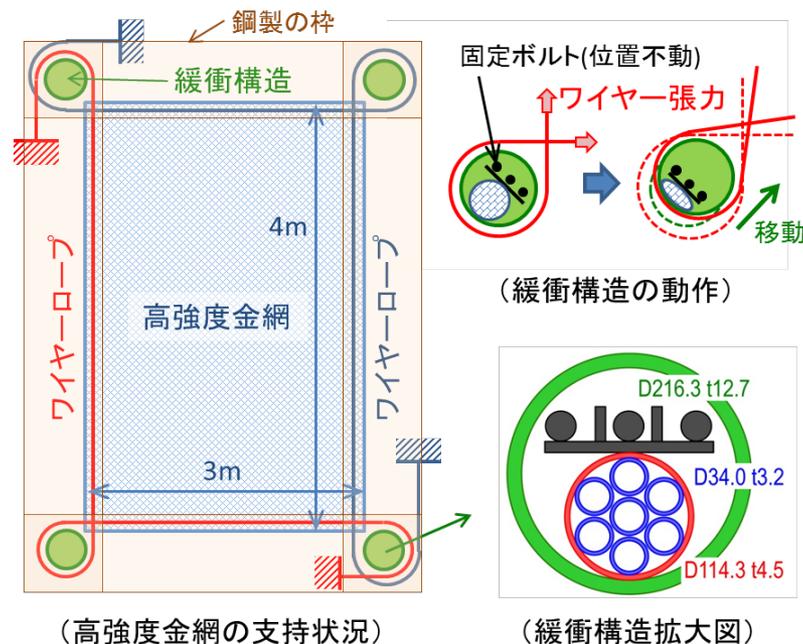
素線径: 4mm、素線強度: 1400N/mm<sup>2</sup>

材質: 亜鉛メッキ鋼線

緩衝構造: ワイヤークラッチを低減

## 重錘

質量: 1500kg、直径: 0.5m



## 12. 火山【ハザード/フラジリティ】

▽：R&D成果（①-⑤：成果の適用先）

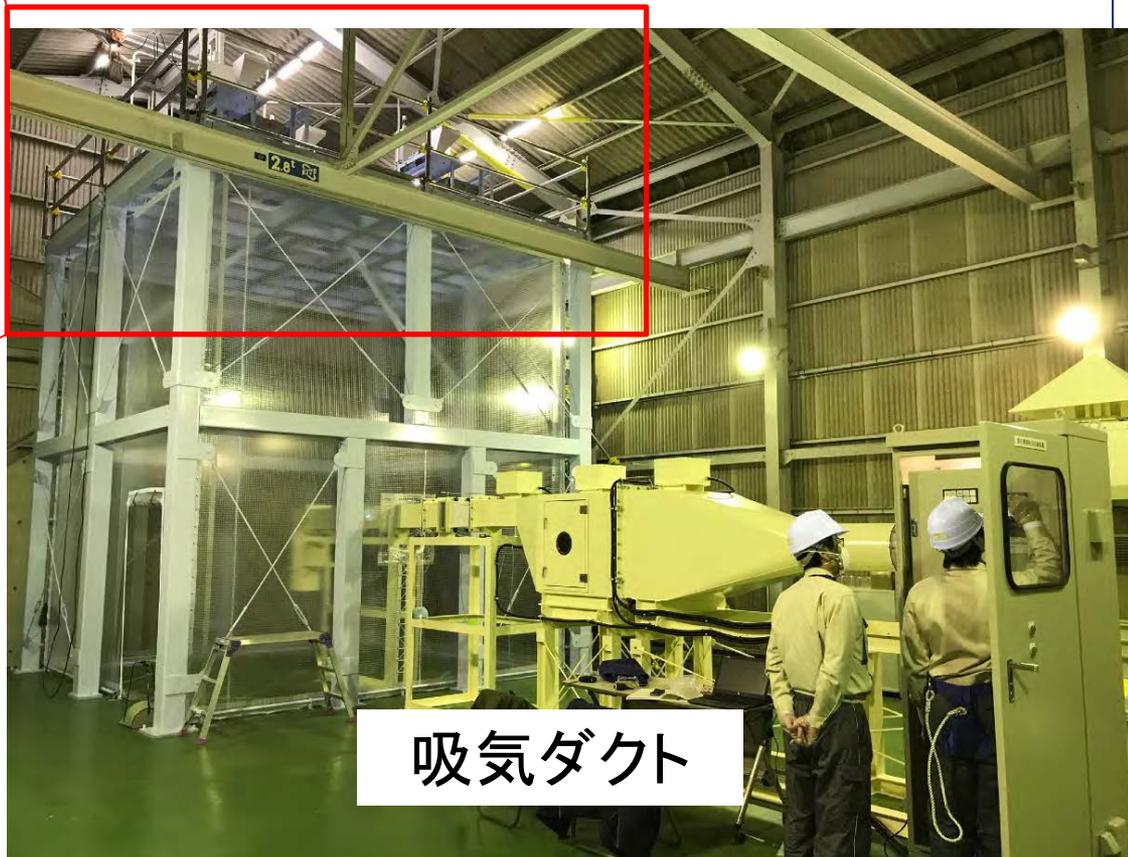
項目	ギャップ/解決策	～2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
火山灰 ハザード評価	<p>降灰荷重ハザードについて、既存の評価は決定論（既往最大値の参照）に留まる。機器脆弱性評価と関連が深い噴煙・降灰の数値解析では、適切な初期条件の設定が分野全体の本質的な課題であり続けている。</p> <p>↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>降灰履歴に基づくハザード曲線を新たに策定</li> <li>噴煙・降灰の数値解析について、適切な初期条件の決定手法を開発</li> </ul>	<p>ハザード曲線</p> <p>降灰量・年代等のデータの拡充</p> <p>↓</p> <p>マグマ特性と降灰の特性を関連づけるモデル構築、検証</p> <p>↓</p> <p>代表的気象条件の選定</p>	<p>噴煙高度の設定手法開発（噴煙柱モデルと噴煙/降灰モデルとの融合）</p>	<p>▽文献ベースのハザード曲線提案②</p> <p>▽噴煙規模/マグマ特性/降下火山灰評価式構築①, ②</p> <p>▽降下火山灰ハザード評価モデル確立①, ②</p> <p>▽ハザード曲線改良②</p>	<p>ハザード曲線の改善</p> <p>大規模噴火の噴煙・降灰挙動の解明</p>			
火山灰 に対する 脆弱性評価	<p>火山灰に対する機器脆弱性について、定量データが不足。効率的な対策の選択肢も乏しい。</p> <p>↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>火山灰に対する機器脆弱性試験を実施</li> <li>数値解析手法を開発</li> <li>効率的なプレフィルタを提案</li> </ul>		<p>▽効率的なプレフィルタ提案①</p> <p>侵入する粒子量に対する粒径の影響評価（ディーゼル発電機吸気口を模擬した試験）</p> <p>効率的なプレフィルタの開発</p>	<p>▽プレフィルタ改良①</p> <p>フィルタシステム（プレフィルタ等）の改良</p> <p>▽数値解析手法提案①</p>	<p>機器周辺の気流の数値解析手法</p> <p>粒子を含める</p> <p>形状効果</p>			

# 降灰環境吸気試験設備

## 降灰装置



## 降灰チャンバ

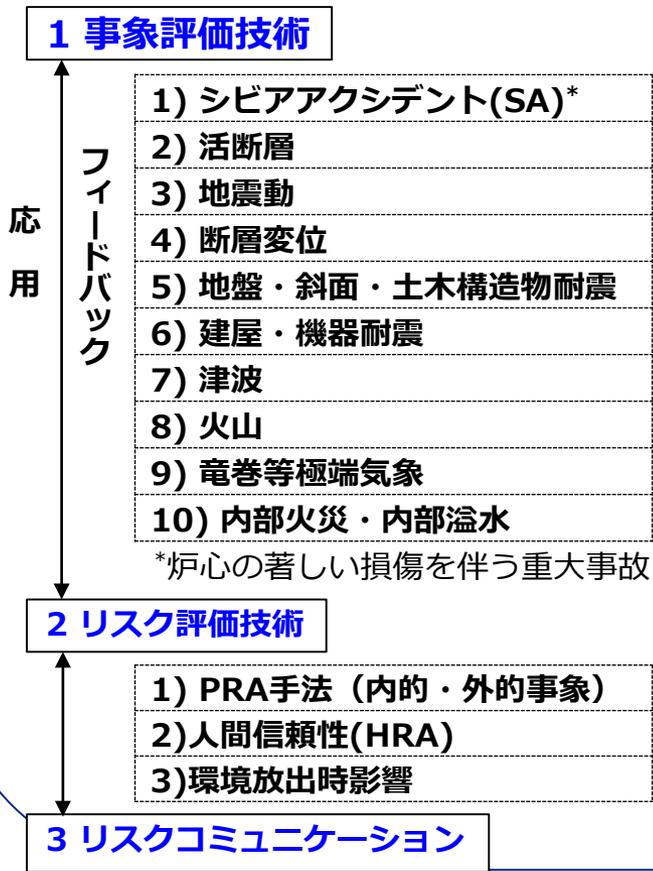


## 吸気ダクト

# 安全性向上を支えるリスク研究開発

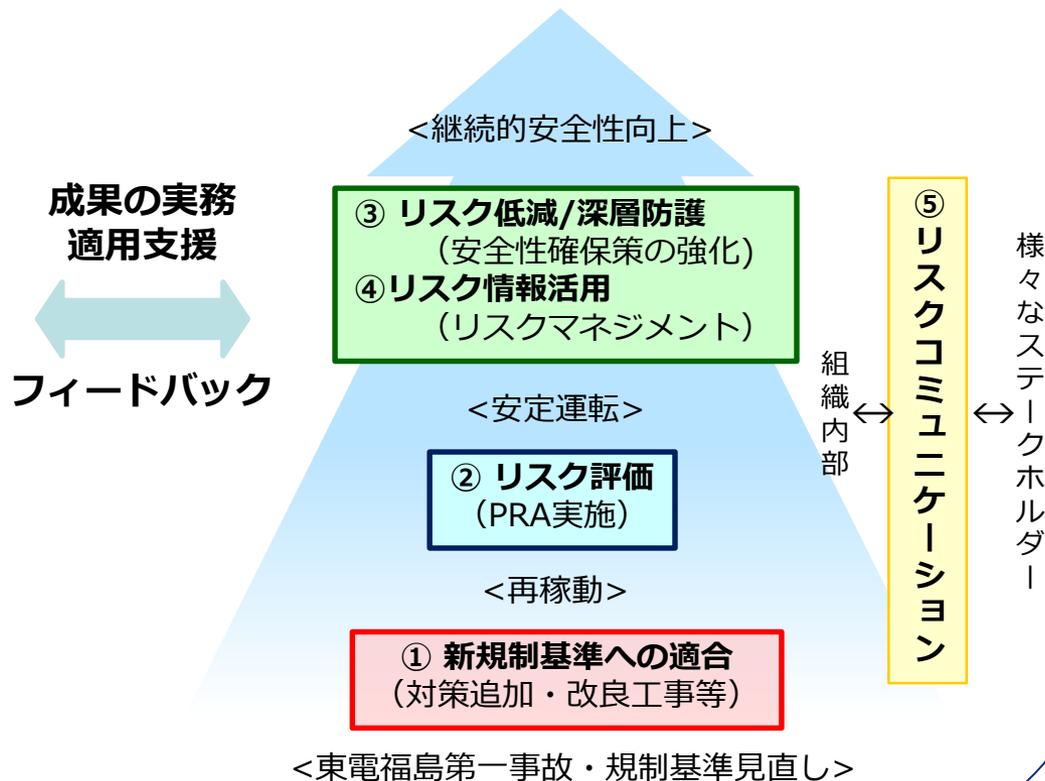
- 低頻度だが大きな被害をもたらし得る事象のさらなる解明と対策立案
- 従来の決定論的な手法に加えてリスク情報を活用する手法を適用

## 研究開発項目



## 継続的安全性向上の取り組み

\*番号①～⑤は、後述のロードマップの「成果の適用先」の番号に対応



ご清聴ありがとうございました