

令和3年度土木学会全国大会の研究討論会

原子力安全に係わる分野横断の壁の現状と打開の方向性

2021年9月6日、15：30～17：30

- | | | |
|-------|---------------|----------------------------|
| 蛭沢 勝三 | (電力中央研究所/ | 専門分野：工学/土木工学—リスク評価、防災) |
| 大野 裕記 | (四国電力/ | 専門分野：理学/地震学) |
| 小長井一男 | (国際斜面災害研究機構/ | 専門分野：工学/土木工学) |
| 高田 毅士 | (日本原子力研究開発機構/ | 専門分野：工学/建築学—建築構造, リスク評価) |
| 中村 晋 | (日本大学/ | 専門分野：工学/土木工学—地震工学, 地震地盤工学) |
| 藤本 滋 | (神奈川大学/ | 専門分野：工学/機械工学) |
| 藤原 広行 | (防災科学技術研究所/ | 専門分野：理学/強震動研究) |
| 堀口 逸子 | (東京理科大学/ | 専門分野：社会科学/リスクコミュニケーション) |

研究討論会の進め方

■ 進 行： 蛭沢勝三（原子力土木委員会 前副委員長）

1. 開会挨拶・分野の壁とは

小長井一男（原子力土木委員会 前委員長）

2. 4つの壁の現状と打開の方向性の紹介

(1) 自然科学における理学と工学の壁

-地震ハザード認識論的不確実さ評価SSHAC の取扱い-

藤原広行、大野裕記、高田毅士

(2) 工学における土木・建築・機械・電気・安全という関連技術間の壁

中村晋、藤本滋、高田毅士

(3) プラント生涯における設計とリスク評価/原子力防災の壁

高田毅士、蛭沢勝三、高田毅士

(4) 自然科学と人文社会科学の壁 -リスクコミュニケーションの観点-

堀口逸子、高田毅士

3. 討 議

(1) 説明・紹介者間での討議

(2) Line 参加者も加えた討議

4. まとめ：蛭沢勝三

5. 閉会挨拶

中村晋（原子力土木委員会 委員長）

1. 開会挨拶 一分野の壁とは一

小長井 一男（原子力土木委員会 前委員長）

専門分野：工学/土木工学

第1章 利益相反 —土木学会の退廃

利益相反の問題事例のトップに原子力
土木委員会

下手な鉄砲
より高い事故
確率。

国会事故調

東京電力福島原子力発電
事故調査委員会

報告書

国会
事故調

NAIIC

添田孝史
Thaddäus Knödel
原発と大津波
警告を葬った人々

岩波新書
1515

大学における
利益相反を学ぶ
—利益相反研修用テキスト—

新谷 由紀子・菊本 虔
筑波大学

原子力
村？

Learning Conflicts of Interest on Campus
Textbook on Conflict of Interest Management at Universities

岩波科学ライブラリー 195

デタラメにひそむ
確率法則

地震発生確率 87%の意味するもの

林道正

ランダムな現象から
どんな法則が見えるか
多数回の試行や実験から
「確率」の意味
を考える



岩波書店

原子力（土木委員会）は どう見えている？

小委員会活動

- 規格情報小委員会
- リスクコミュニケーション小委員会
- ▷ 津波評価小委員会
- ▷ 断層活動性評価の高度化小委員会
- ▷ 地中構造物の耐震性能照査高度化小委員会
- 地盤安定性評価小委員会

2021年1月より。技術資料の体系に関する枠組みの共有化と情報共有化の**作法**を考える

2019年7月より。原子力発電のリスクとは何なのかを社会の視点で考え、そのうえで、原子力発電に関する**リスクコミュニケーションのあり方**を検討する。

デルファイ法：
リスクコミュニケーションに
対して私たちが持ち意識

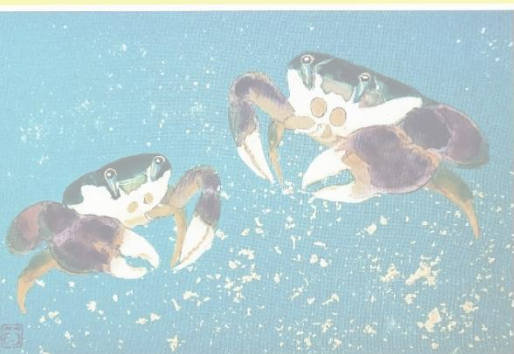


学会が受託する研究を実施する小委員会

原子力土木委員会の取り組み

分野横断で情報を共有し、社会に問いかけていく努力：

公開講演会、他分野からの委員会メンバー、第VIII分野（分野横断）への参加



新しい視点の
対談

福井県から発信する
原子力、明日への挑戦
嶺南Eコースト計画の実現への期待

来馬克美
〈福井工業大学教授〉
中川英之
〈福井大学名誉教授〉

座談会
原子力について
学んだことを
社会に還元したい

九州大学大学院工学研究院 エネルギー量子工学部門のみなさん
出光一哉／福島七瀬／中川直樹／吉田圭祐

地層処分事業の現状と課題
近藤駿介〈原子力発電環境整備機構理事長〉

原子力のいま 伊澤史朗〈福島県双葉町長〉
中塚寛〈福井県おおい町長〉
立地地域の声を聞く 脇山伸太郎〈佐賀県玄海町長〉

原子力は100億人時代の公共財

- 第1回 (2019 No.01) 小長井、蛭沢
 第2回 (2019 No.02) 藤原、中村、高田
 第3回 (2019 No.03) 藤本
 第4回 (2019 No.04) 大野、蛭沢
 第5回 (2020 No.01) 奈良

壁
土

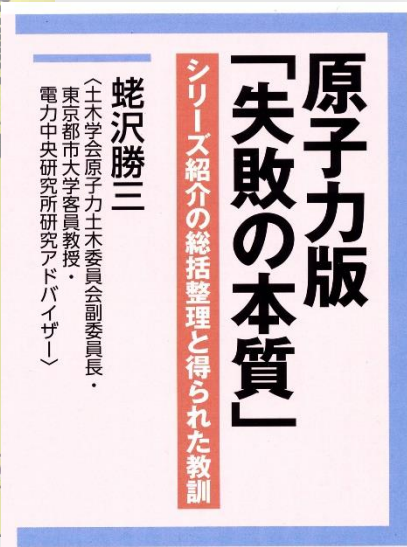
コミュ
ニケー
ション

- 第6回 (2020 No.02) 蛭沢

総括：4つの壁と教訓

四つの壁と教訓

壁の分類	教訓 (キーワード)
自然科学と 人文社会科学の壁	リスクコミュニケーション、 信頼構築
理学と工学の壁	研究分野間の隙間、 役割の違い
関連技術間の壁	分野間の連携、 不確実さの考慮
設計とリスク評価の壁	設計とリスク評価の連携・実 践、スピード感をもった意思 決定



委員会の取り組み紹介記事

何が考慮され、何が考慮されていない？



'Forbidden to smoke' by Quino
(Joaquín Salvador Lavado Tejón)

<https://www.tellerreport.com/life/2020-09-30-beyond-mafalda--the-quino-of-black-humor.ByZe1AVz8P.html>



何を考慮し、何を考慮しない！

Prioritizationの判断の明示

さらにその先へ

2. 4つの壁の現状と克服に関する紹介・討議

(1) 自然科学における理学と工学の壁

ー地震ハザード認識論的不確実さ評価SSHAC の取扱いー

藤原広行、大野裕記、高田毅士

(2) 工学における土木・建築・機械・電気・安全という 関連技術間の壁

中村晋、藤本滋、高田毅士

(3) プラント生涯における設計とリスク評価/原子力防災の壁

高田毅士、蛭沢勝三、高田毅士

(4) 自然科学と人文社会科学の壁

ーリスクコミュニケーションの観点ー

堀口逸子、高田毅士

(1) 自然科学における理学と工学の壁

-地震ハザード認識論的不確実さ評価SSHAC の取扱い-

藤原 広行（防災科学技術研究所）

専門分野：理学/強震動研究

地震ハザード評価の課題 不確かさといかに向き合うか

- 理学分野の中だけでも、地震発生地震学の研究分野と地震動に関する研究分野では意識の違いがある。

地震ハザードの評価には、2つの段階がある。

第1段階は、地震の発生そのものに関する予測(地震発生の長期評価)

第2段階は、地震が発生したという条件の下での、ある地点での揺れ(地震動)の予測(強震動評価)

- 工学分野との連携においては、このような縦割りの隙間を埋めることが、地震ハザード評価においては重要である。

確率論的アプローチ(確率論的地震ハザード解析)

決定論的アプローチ(シナリオ型地震動予測)

経験的手法、シミュレーション手法

問題解決のためのアプローチ、手法選択についての考え方の多様性

■ 「東日本大震災が突きつけた課題」

地震ハザード評価の本質的に難しい部分は、不確実な部分を如何に評価するかであるが、専門家と呼ばれる人々が集まると、分かっている部分を如何に詳細化し精密化するかという議論に置き換わる場合が多い。ここに落とし穴があった。

● 偶然的ばらつき (Aleatory Uncertainty)

- ・自然現象として本質的な不確かさで、予測モデルにおいて確率変数により表現されるもの。

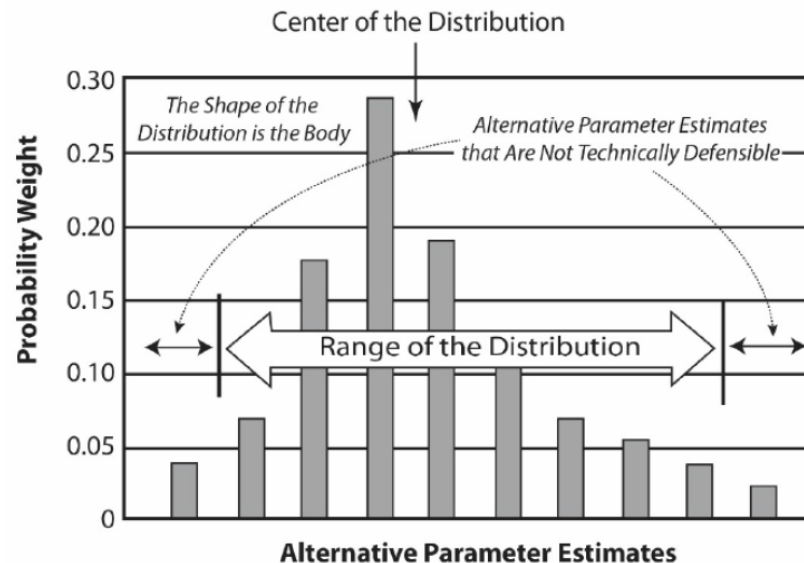
● 認識論的不確定性 (Epistemic Uncertainty)

- ・知識やデータが不足していることに起因する不確かさで、考え方や手法選択の違いによる不確かさも含む。

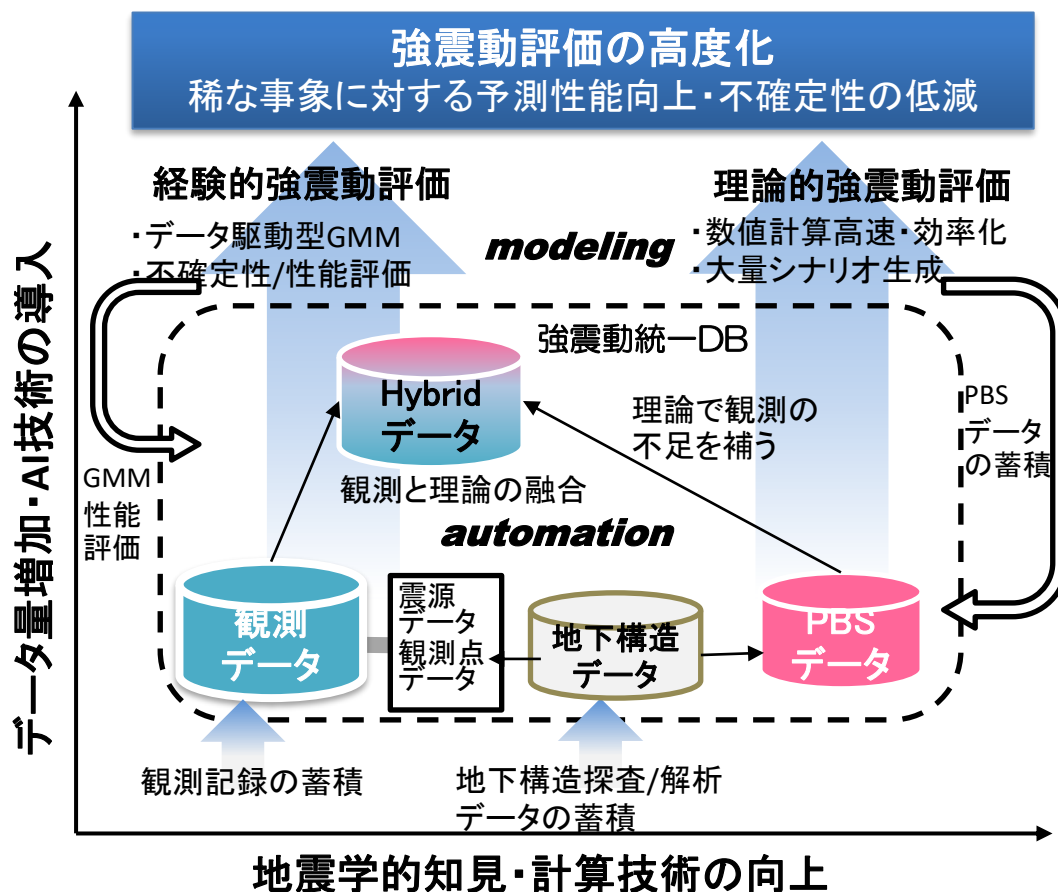
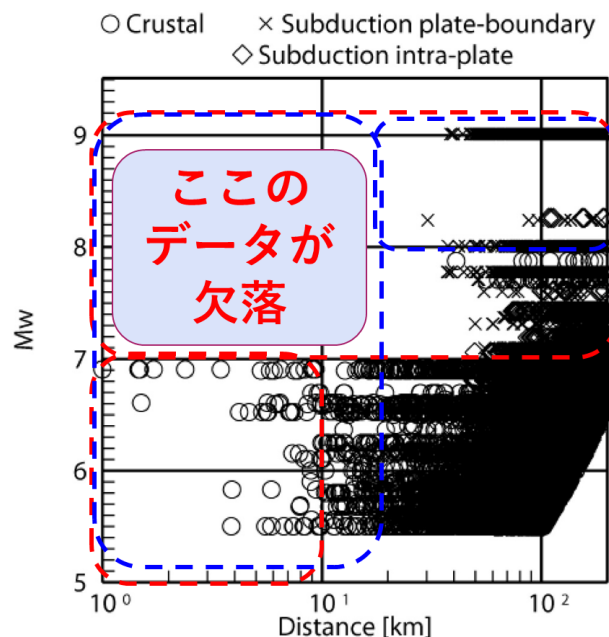
これまでの地震ハザード評価においては、
認識論的不確定性の取り扱いが不十分。

■ 「東日本大震災が突きつけた課題」

- ・ 我が国の耐震設計審査指針における基準地震動策定においては、決定論的シナリオ型の地震動評価が採用されており、確率論的地震ハザード評価は補助手段として位置づけられ、米国等とのアプローチと異なる。
- ・ 地震ハザード研究における最も大きな課題は、私たちの持つ知識の限界、認識論的な不確実さをどのように克服するかである。この不確実さを体系的・定量的に取り扱う手順として、米国原子力規制委員会策定のSSHAC手順が公表されており、四国電力伊方原子力発電所を対象とした我が国初の伊方SSHACレベル3の取り組みが実施されている



- 得られている情報が多い割に、それら情報を研究から実務に繋げて活かすための組織や知識の体系化に対する取り組みが弱い。このような弱点を補う仕組みづくりに当たって、SSHAC手順は日本的な視点ではないものを与えてくれており、参考にすべき。



大野 裕記（四国電力）

専門分野：理学/地震学研究

1. SSHACの概要

(1) SSHACとは

● **SSHAC**とは、**Senior Seismic Hazard Analysis Committee** の略であり確率論的な地震動評価で必要となる認識論的不確定性について、その検討内容や検討手順を検討するために米国原子力規制委員会の下に設置された委員会（**地震ハザード解析専門家委員会**）

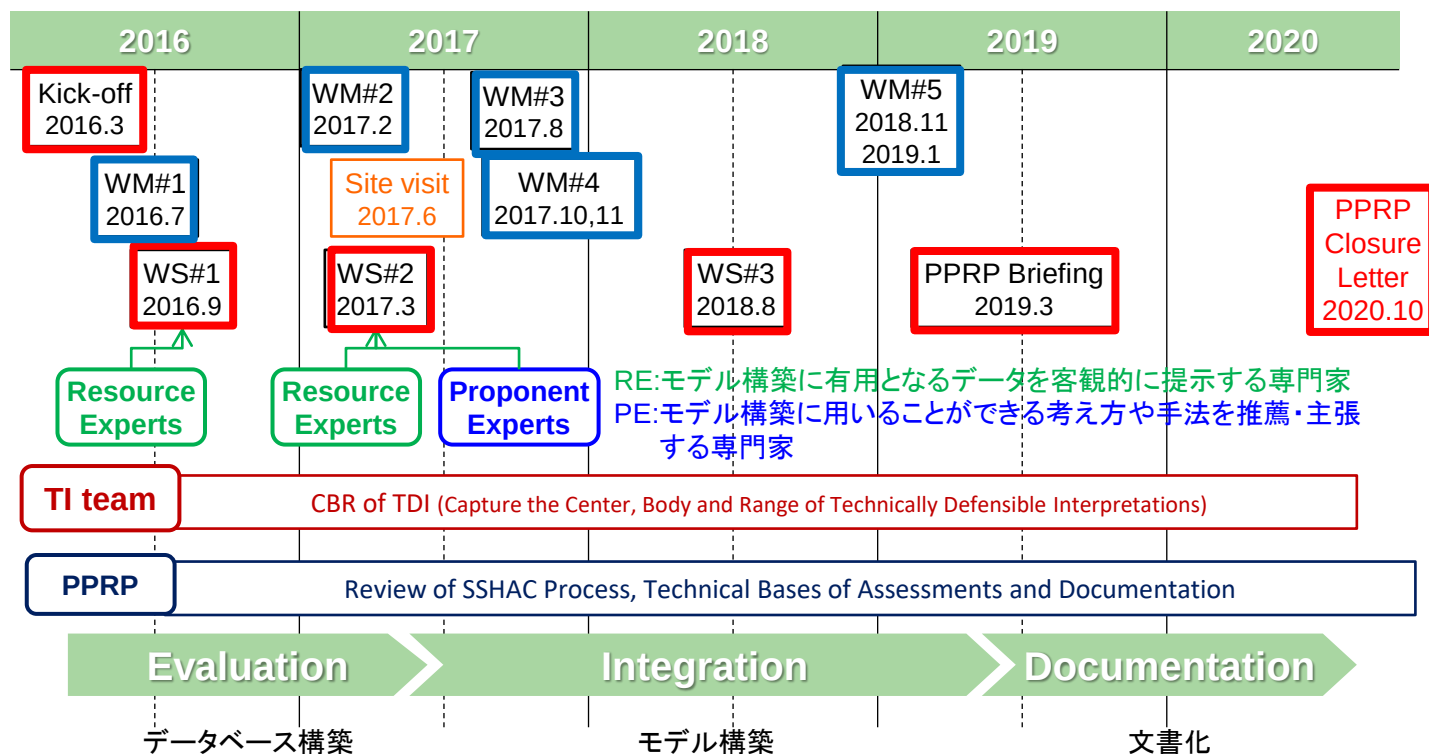
● その検討結果が、「**SSHACガイドライン** (NUREG-2117)」として制定

(2) 伊方SSHACプロジェクトの概要 (1 / 3)

① 検討期間：2016年3月～2020年10月 (約4年半)

○2016年に開催した**Kick-off Meeting**以降、3回の**Open Workshop**、SSCとGMCで各5回の**Working Meeting**、1回の**PPRP Briefing**、数十回以上の準備会(非公式会合)を実施し、**4年半に亘る議論**を経て2020年10月の**PPRP Closure Letter**発出によってプロジェクトが完了した。

○Open Workshop (SSC/GMC各3日間×3回)とWorking Meeting (SSC/GMC各2日×5回)は「**全員参加**」が原則であり、専門家の日程調整に苦勞した。



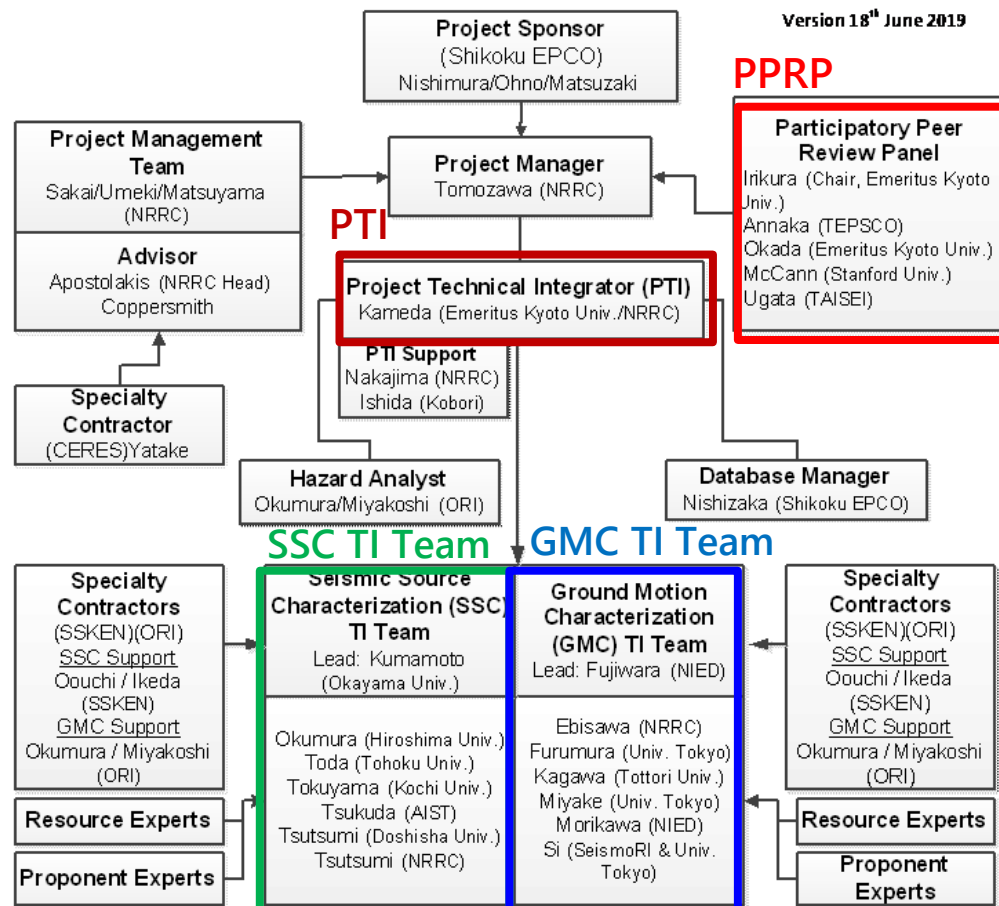
(2) 伊方SSHACプロジェクトの概要 (2 / 3)

② 検討体制

○伊方SSHACプロジェクトでは、SSHAC Level 3の規定に基づき、

- ・ プロジェクト全般の技術的リーダーである **Project Technical Integrator (PTI)** の下、
- ・ 震源に関する特性を評価するチーム(**SSC TI Team: 7名の専門家**)、
- ・ 地震動評価に関する特性を評価するチーム(**GMC TI Team: 7名の専門家**)、
- ・ SSCとGMCによる議論と評価の技術的妥当性がSSHAC Level 3のガイドラインに準じているかを確認するParticipatory Peer Review Panel (**PPRP: 5名の専門家**) で構成

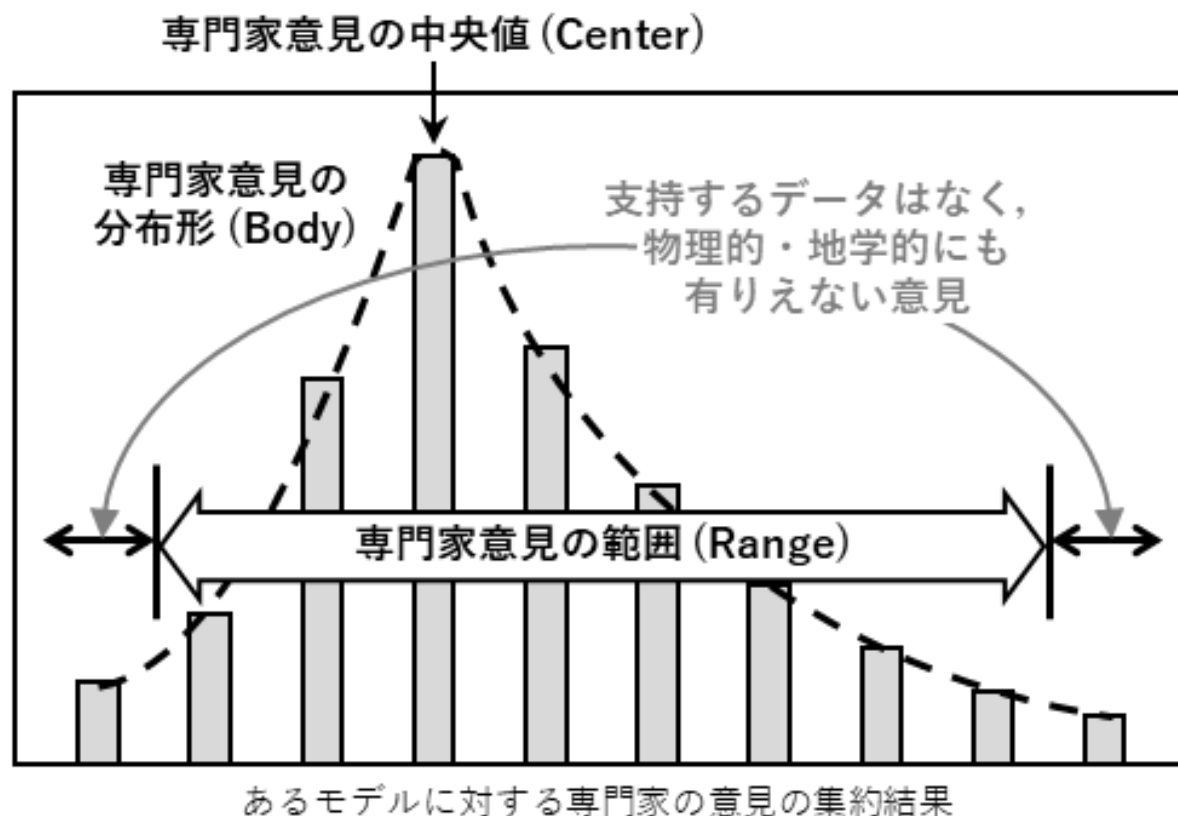
○SSC TI Teamによって震源モデルが構築され、GMC TI Teamによって強震動モデルが構築された



(2) 伊方SSHACプロジェクトの概要 (3 / 3)

③ 最も重要な概念

○専門家の意見分布等を踏まえた上で、不確かさの評価における「**技術的に十分主張できる解釈に基づく中央, 分布, 範囲** : **C**enter, **B**ody, **R**ange of **T**echnically **D**efensible **I**nterpretations (**CBR of TDI**)」に基づくモデルを構築すること



① SSHACにおける専門家間の合意形成では、多数決やメンバー意見の平均ではなく、専門家間の議論によって**専門家意見の分布を導くことを原則**としており、この大変さを痛感

このような合意形成を通して、**透明性・公開性を確保**し得るとのSSHAC神髄の一端を体験

② SSHACにおける専門家の位置づけでは、日本における定足数を設定しての運営ではなく、合意形成のために「**全員参加での議論が必須**」というこれまでと異なる体験

その他（参考資料等）

● SSHACのレベル

- ・ レベル 1：公表データに基づきTI（Technical Integrator）自身によりモデルを構築
- ・ レベル 2：TIに加え、関係者も参加してモデルを構築
- ・ レベル 3：少なくとも3回のWorkshopの開催や、参加型ピアレビューが要求事項とされ、また、TIは個人ではなくTI Teamとして多くの検討を実施する
- ・ レベル 4：TI Teamを構成するメンバー各自が独自のモデルを提案する

● 参考資料

- ・ 大西耕造・塩田哲生・酒井俊郎、2021、伊方SSHACプロジェクトによる安全性向上に向けた取り組みについて、電力土木、2021

高田 毅士（日本原子力研究開発機構/東京大学名誉教授）

専門分野：工学/建築学-建築構造/リスク評価

理学と工学の間の壁

○ 理学(Science)と工学(Engineering)の役割の違い

理学	=	エビデンスを提供し、その妥当性呈示（事実認定）
工学	=	決定手続きの正当性の確保（価値判断の下で意思決定）
理学	=	真理の追求
工学	=	モノづくり

上記に従うと、

SSHACの活動は、現在の知識・情報を反映した地震ハザードの真実の姿（真実是不確実なもの）を求めるものであり、「理学」的作業

理学と工学の壁打開のヒント

⇒ (理学の部分)と(工学の部分)の役割の明確化が必要

それぞれの定義に従うと、

(**真実の部分**)と(**判断の部分**)に役割を明確にする必要

真実の姿を評価すべき部分(理学の役割))に工学的判断を入れてはならない。⇒このような評価可能な枠組みの構築と利用が必要

バイアス(保守性を含む)を排除し事実にも忠実に学术界の知見を評価しようとする枠組みが「SSHAC」の手法と言える

⇒ **壁打開のヒント**

理学と工学の役割を明確にした共通の枠組みと場の構築
(ex. SSHACの評価枠組み、PRAの枠組みに沿った活動)

(2) 工学における土木・建築・機械・電気・安全という関連技術間の壁

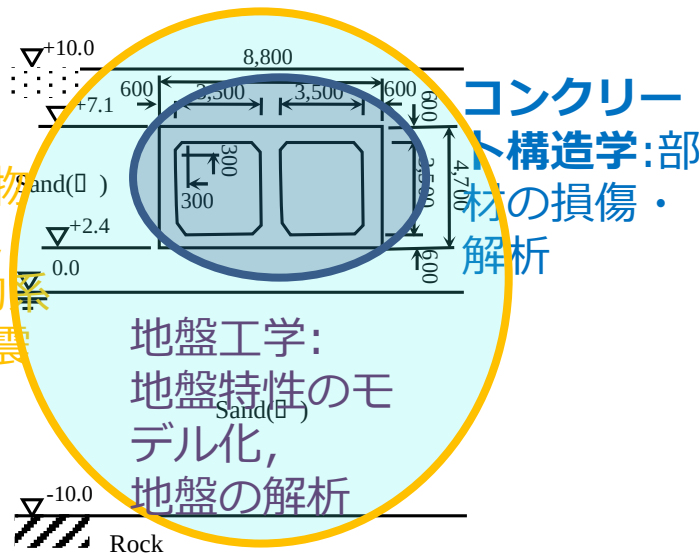
中村 晋（日本大学）

専門分野：工学/土木工学—地震工学・地震地盤工学

土木分野における壁

- 原子力発電所内の土木関連構造物他：海水管ダクトなどの冷却水の取水施設や防潮堤，斜面・基礎地盤，深層防護の様々な水準で必要となる様々な施設(可搬型の緊急対応車両の設置場所，搬入道路など).
- 対象施設の設計に係わる対象毎の**土木内専門分野**；

地震工学：
地盤と構造物の相互作用，
地盤-構造物系の解析，地震作用



地盤工学：

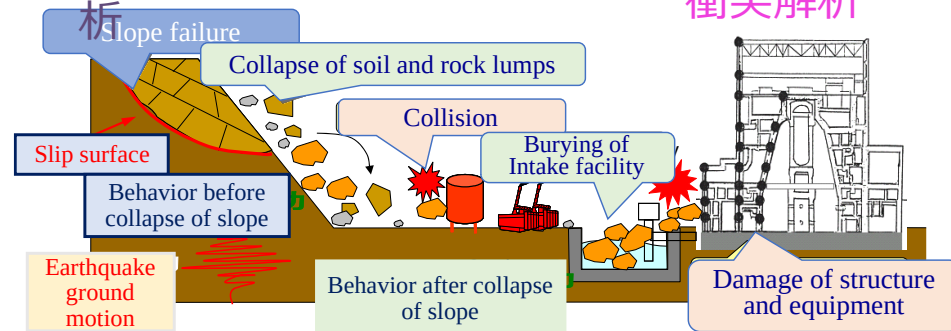
地盤の安定解析・崩壊/転動解析

構造工学：

部材の強度，
変形特性

衝撃工学：

岩塊・土塊の衝突解析



土木分野内の各専門分野にて技術の高度化が進み，分野間の連携が不十分となり，その領域では完結しても，全体としてその後の停滞をもたらす領域も生じている。

土木と理学を含む他の工学分野との壁 (深層防護の視点:4層まで)

■ 対象施設の起こりうるシナリオ(設計・設計超過事象への対応) :

- 取水施設の躯体損傷(間接的な影響)から配管の損傷を含む取水能力の低下(直接的な機能への影響)
- ◆ 施設を構成する要素, 例えば土木(躯体), 機械(配管, 支持物)の連携と横断的な評価, 系統システムを構成する構築物, 機器・設備の損傷の連鎖の合理的な評価が必要 ⇨ リスク評価のスキーム内では連携の可能性はあるが, 各分野で個別技術の高度化が目的となり, 分野間の連携は不十分(壁)

土木と理学を含む他の工学分野との壁 (深層防護の視点：第5層)

- 対象施設の起こりうるシナリオ(住民非難等)：
 - ・ 原子力防災：外部事象に対する敷地内外の被害想定と非難機能に及ぼす影響，放射能排出の影響(時間，既設を想定した)を踏まえた避難計画と実施体制のスキーム自体の作成が必要.
 - 避難における基盤となる避難路を構成する橋梁(構造工学)，盛土・斜面(地盤工学)，トンネル(トンネル工学)などのネットワークとしての性能(交通工学)，地震作用(理学)，放射能排出(原子力工学)などの分野間の連携と包括に基づく考え方が必要だが，土木工学内，他分野との連携には**高い壁**.

藤本 滋（神奈川大学）

専門分野：工学/機械工学

☆機械系設備・システムの耐震設計から見た壁

1. 活断層：過去10万年前 → 40万年前（断層なければ40万年前まで遡り？）

①断層：将来変位する可能性ある断層

⇒ 断層(10万年前)ない場合, 確率論的評価（確定論は不合理）では？

②設計：将来変位する可能性ある断層を考慮（直上施設の設置禁止）

⇒ 予測困難, 岩盤変位と地表変位は一致？, どこでも発生の可能性

⇒ 現状断層なし・地質的確証なしでも禁止, 恣意的審査(不合理)

2. 地震動（活断層：過去10万年前 → 40万年前の影響）

①震源・規模：不確か, 大きなばらつき, 想定超え, レベル大の傾向

②設計：予想され得る最大地震動(可能性ある断層, 地体構造)を考慮

⇒ 設計地震動レベル大の傾向（現存せずとも可能性ある(?)断層を想定して確定論として考慮 → 確率(リスク)で評価すべきでは

⇒ 設計(既設含む)見直し例多数

3. 地盤・土木構築物・建屋（機械系解析評価の精度と違い）

- ①大地震動により非線形応答（非線形解析評価の必要性）
- ②地盤の分布，材料定数にばらつき大
- ③地盤の非線形性，地盤と建屋の境界条件が不明確 ⇒ 応答のばらつき大
- ④地盤・建屋系の実応答と解析とは誤差（起振機試験による周波数応答）

4. 設備・設備集合（システム）

- ①地盤・建屋からのばらつき大の地震応答入力を基本とした耐震設計
- ②許容応力に基づく強度設計（あいまいな安全係数(率)より設定)
 - ⇒ 許容超は設計不可，許容超でも損傷なし(余裕)，実耐力との乖離
- ③地震動大による応答増加で非線形応答（弾性限界超える）
 - ⇒ 設計地震動が大でも許容応力以下の設計（基本、弾性設計審査）
 - ⇒ 設計余裕で対処，再設計の場合あり，コスト高(不合理)
- ④設備，設備集合（システム）の実耐力は大（かなり強い）
 - ⇒ ばらつきあり → 確率(リスク)評価が合理的

☆地震・原子力発電所設備耐震性の現実

1. 地震ハザード（地震動（震源・規模など）、地震随件事象（余震・津波・断層変位・斜面崩壊など））の規模は**不確か（ばらつき、想定超過）**
2. 地震ハザードおよび火災・溢水・浸水・暴風雨などが**重畳**（同時・事後）する可能性
3. 設備、設備集合（システム）の実耐力には**ばらつき（不確実性）**

☆あるべき発電所システム耐震設計体系の考え方*

- ⇒ 不確かさ対処のためには**深層防護**に基づいた方策・設計法が有効
- ⇒ 確率論に基づく**リスク**の考えの取り込み必要（不確かさを考慮）
- ⇒ 従来の決定論的設計法に加えて**リスク評価法**を活用
- ⇒ 安全目標から設定される**性能目標**を満足する設計
- ⇒ 多重性・多様性・独立性を考慮した**設備集合（システム）の最適化**
による耐震安全性向上

* 日本地震工学会「原子力発電所の地震安全の基本原則に関わる研究委員会」（2016-5～2019-7）

* 「原子力発電所の地震安全の原則～地震安全の基本的な考え方とその実践による継続的安全性向上～」, 日本地震工学会 資料集・報告書, No.63, 2019.09.30. (対地震ハザード設計体系))

高田 毅士（日本原子力研究開発機構/東京大学名誉教授）

専門分野：工学/建築学-建築構造/リスク評価

工学における専門分野間の壁

- コンフォートゾーン(居心地の良い領域)から出ようとしない
- コンフォートゾーンの中では、同じ価値観、既往の枠組み、ある意味体系化された小宇宙。この領域で「深堀」することが最良とされる
- 「全体最適解」とは程遠い「局所最適解」に陥りやすい



心理学用語:このゾーンに居る限り、人間は成長できないと言われる

専門分野間の壁打開のヒント

工学における専門分野の壁

⇒ 共通実現目標の共有の必要性

例えば、

目標：原子力発電所の地震時安全性を効率的に確保したい

⇒「要求性能に基づく」という概念の分野を超えた浸透の必要性
(Performance-based)

目標：地震に対する原子力発電所の真の安全性を評価したい

⇒「確率論的リスク評価の目的」の共有

ストレステストも発電所のクリフエッジを評価するという目的

(3) プラント生涯における設計とリスク評価/原子力防災の壁

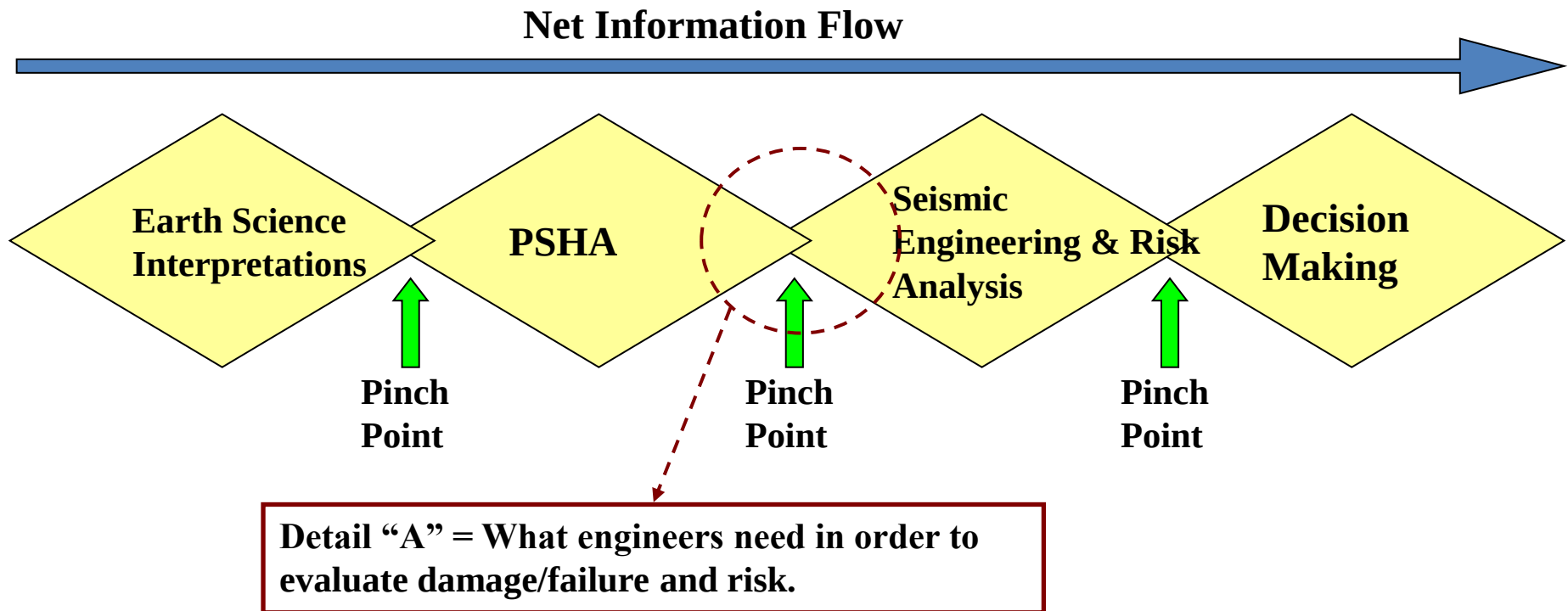
高田 毅士（日本原子力研究開発機構/東京大学名誉教授）

専門分野：工学/建築学-建築構造/リスク評価

リスク低減には多分野の知識融合が必要

Introduction: Body of Knowledge (BOK)

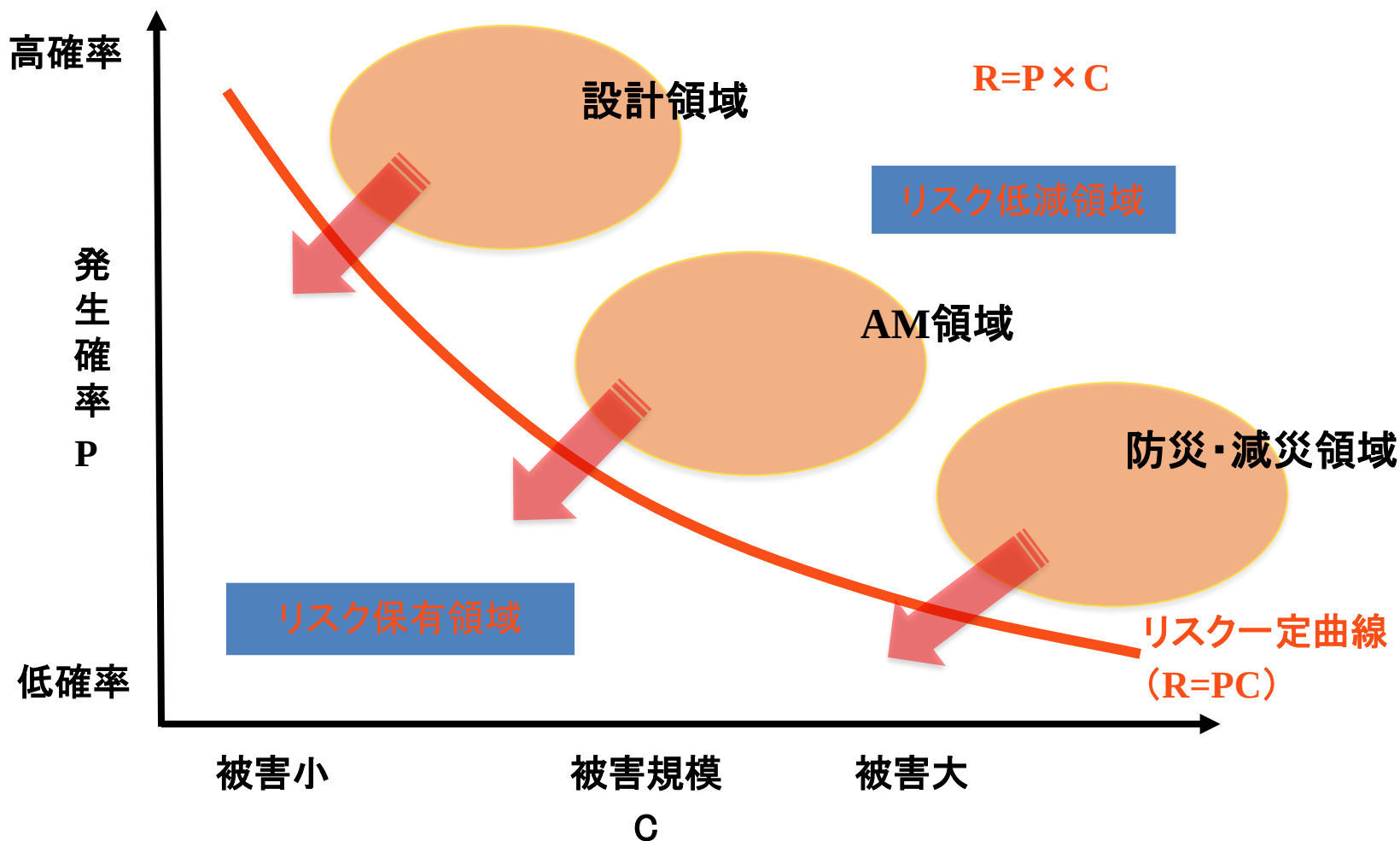
- PSHA–Engineering Interface 101*



(* Source: Adapted from Allin Cornell's "scribbles" to the author; circa 1984)

安全確保の分野を超えた一貫性(シームレス化)

耐津波工学の報告書(2015.3)より抜粋



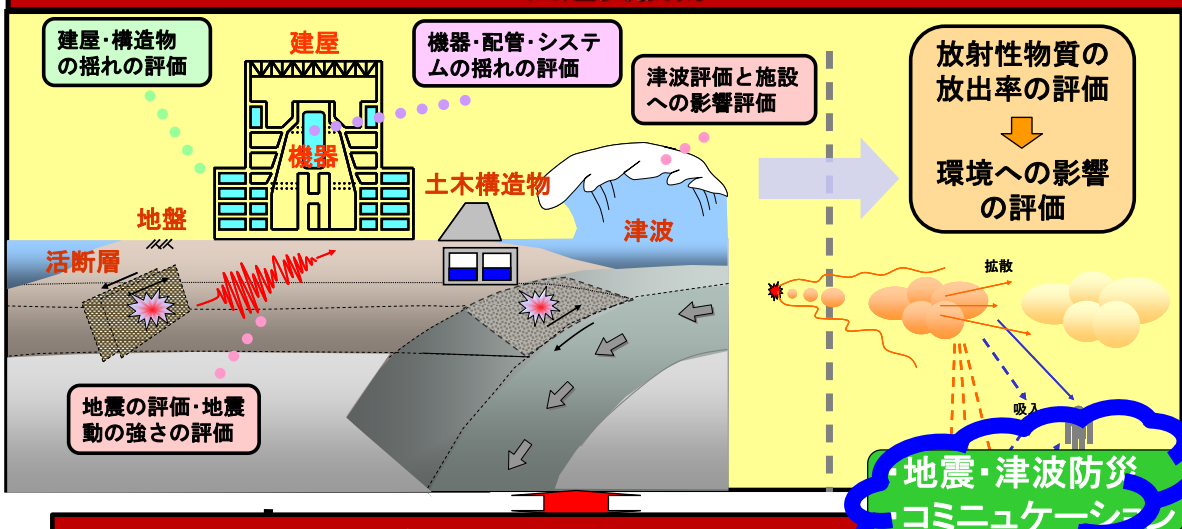
耐震設計審査指針(2006)には、既に「残余のリスク」が導入され、リスク概念の必要性が謳われたが...

蛭沢 勝三（電力中央研究所）

専門分野：工学/土木工学-リスク評価/防災

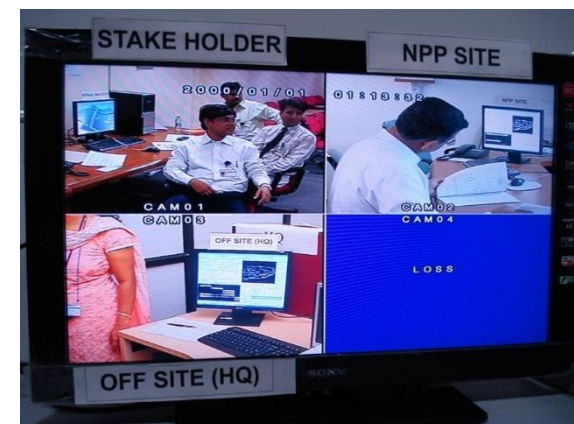
地震・津波等外的事象に対する原子力防災の位置づけ

地震・津波から地盤/建屋/機器/システム/FP/被曝/防災/リスコミまで
一貫通貫技術



プラント生涯に亘る対応

1. 立地	2. 設計/ 3. (リスク) 評価	4. 建設	5. 運転/ 6. 防災・避難	7. 廃炉/ 8. 高レベル廃棄物 地層処分
9. リスク評価 10. リスクコミュニケーション				



インドの規制/電力主催のインド電力公社でのIAEA/JNES支援によるTiPEEZを用いた机上防災訓練
(2010年2月)

TiPEEZ: Protection of NPPs against Tsunami and Post Earthquake consideration in the External Zone

■ 地震・津波等外的事象に対する原子力防災の変遷

◆2011年3月11日福島原子力発電所事故以前

- ・ 原子力防災指針に地震・津波に対する原子力災害は未規定
- ・ 旧JNESは、スマトラ沖津波(2004年)によるインド/マドラスNPP海水ポンプ冠水を契機に、IAEA/津波特別拠出金事業(2007～2010年)として、「**地震・津波に対する原子力防災システム (TiPEEZ)**」の整備と活用 (2010年2月インド/クダングラムNPP机上防災訓練)。

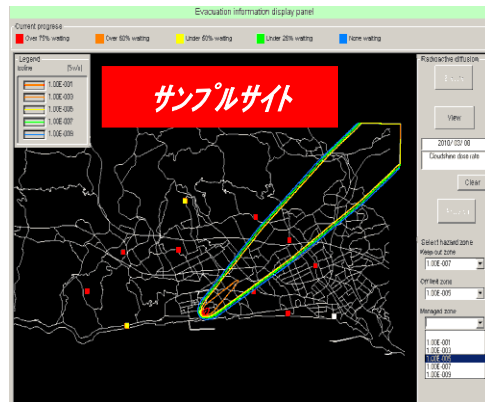
◆2011年3月11日福島原子力発電所事故以降

- ・ 原子力防災指針に地震・津波に対する原子力災害は規定

TiPEEZの主な機能

原子力施設サブシステム

- 現地計測データに基づく線量分布推定



支援機関サブシステム

- ハザード(地震、津波)推定

地震動分布

津波遡上

- フラジリティ(地震、津波による被害)推定

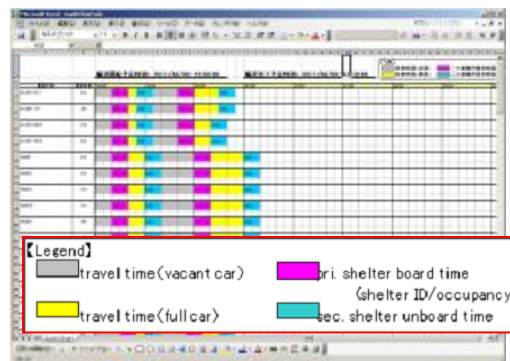
橋梁被害

急傾斜地被害

立地地域
自治体、
関係機関等



- 輸送(配車)計画推定
(ガントチャート表示)



- 避難ルート推定

緑線: 通行可能ルート

赤線: 輸送経路(車両毎)

選択した車両

サンプルサイト



TiPEEZを用いた原子力防災のデモンストレーションの例

- 対象地域：柏崎・刈羽地域/
- 参加者：柏崎市、刈羽村、両地域市民、新潟工科大、 JNES
- 会 場：新潟工科大自然事象原子力防災用多目的視聴覚ホール(2010年11月完成)
- 時 期：2012年11月，2013年3月、8月

柏崎・刈羽地域

柏崎市役所

柏崎刈羽原子力発電所

コミュニティセンター

新潟工科大学 (NIIT)

刈羽村役場

日本地図

平常時から緊急時へ遷移

新潟工科大学原子力耐震構造研究センターが柏崎市と刈羽村を支援

Google earth

柏崎市役所(市職員とNIIT学生)

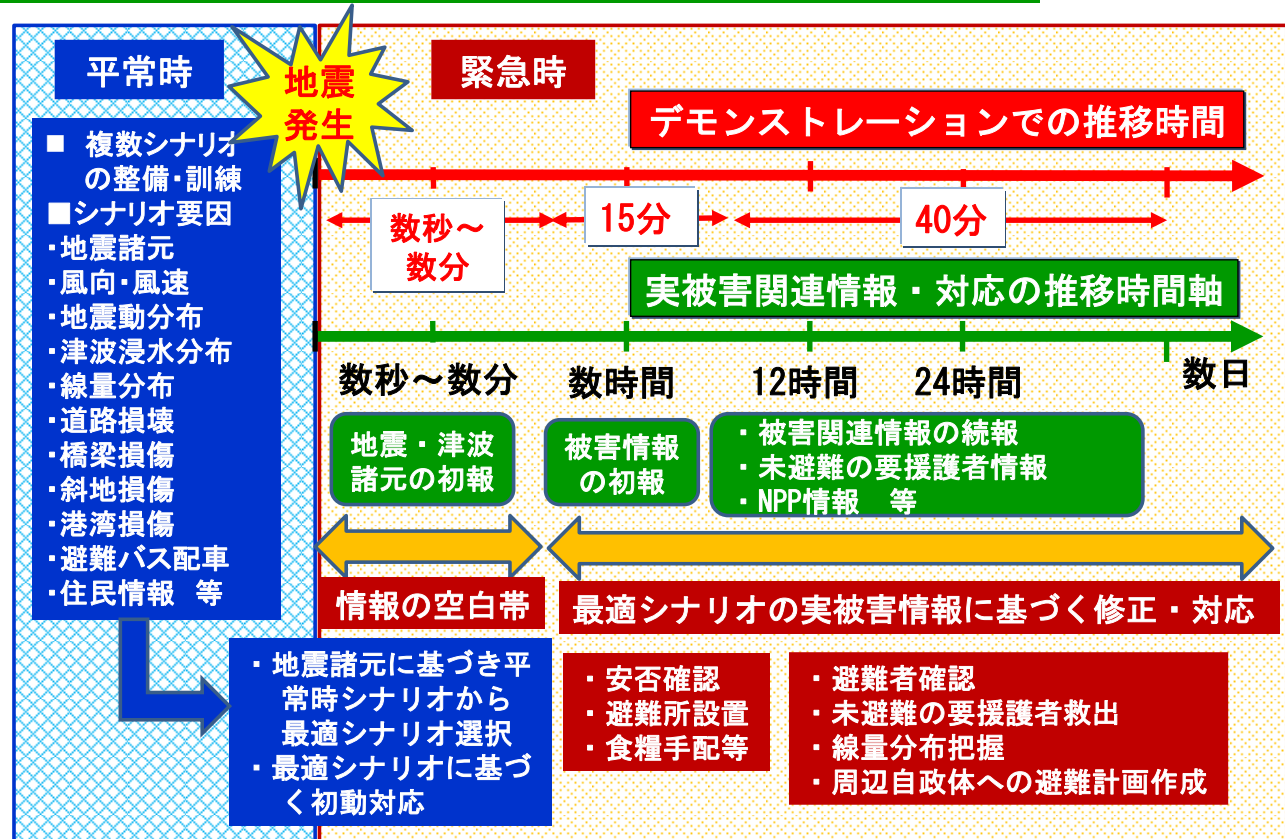
市民

刈羽村(ラピカ)(村職員とNIIT学生)

デモンストレーションにおけるシナリオ



平時における市民との対話



- ◆ シナリオ : 平時時から緊急時へのシームレスな移行 ⇒ 時間軸の壁
- 原子力敷地内から敷地外(広域)へ複合災害を伴う避難 ⇒ 空間軸・時間軸の壁
- ◆ 関係者 : 自治体/地域市民/支援機関との連携 ⇒ 市民と関連機関の壁
- ◆ 平時の実践: 地元大学による平時での市民との対話 ⇒ 継続の壁/リスクミの壁
- ◆ 国際機関活用: IAEA活用 ⇒ 規制の壁/ “事故後は誰でも如何様にも語れるが、事故前に語るには信念・勇気が不可欠” “スピード感を持った意思決定が不可欠”

高田 毅士（日本原子力研究開発機構/東京大学名誉教授）

専門分野：工学/建築学-建築構造/リスク評価

広範な分野間の壁打開のヒント

原子力安全に係る分野の壁

⇒ **包括的原子力安全確保の基本とプラットフォームの実現**
(ex. 「深層防護」という概念、リスクに基づく意思決定(RIDM))

原子力発電所の「深層防護(Defense-in-Depth)」の五つの層
(原子力安全・保安院2012.8)

第1層: 異常・故障の発生防止

第2層: 事故への拡大防止

第3層: 著しい炉心損傷防止

第4層: 大規模な放射性物質の放出抑制・拡散緩和

第5層: 人的被害防止・環境回復

(4) 自然科学と人文社会科学の壁 ーリスクコミュニケーションの観点ー

堀口 逸子（東京理科大学）

専門分野：社会科学/リスクコミュニケーション研究



原子力土木委員会
リスクコミュニケーション小委員会

原子力発電に関する リスクコミュニケーションのあり方 と専門家の役割の検討

デルファイ調査実施概要報告

2021年9月6日

自己紹介

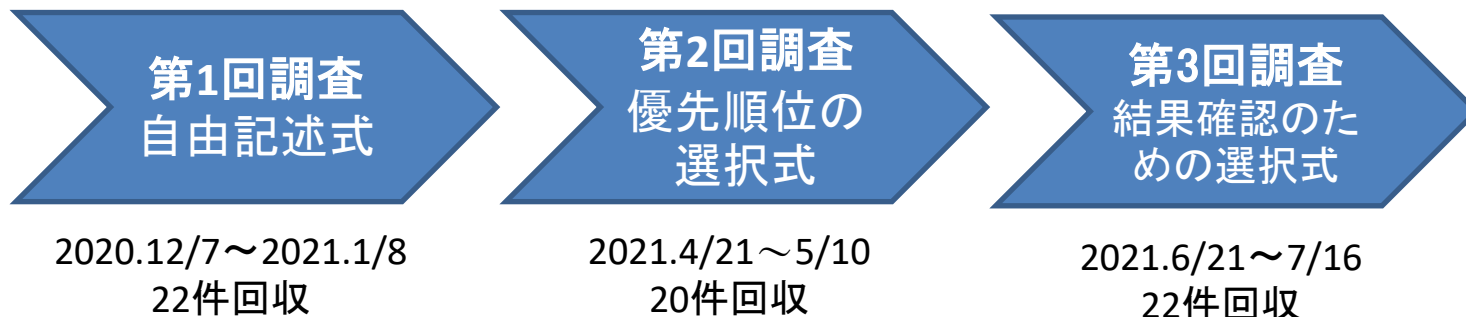
- 栃木県「放射線による健康影響に関する有識者会議」委員
- 福岡県防災会議委員(原子力災害)
- 内閣府食品安全委員会前委員
(リスクコミュニケーション担当)
- 長崎大学歯学部卒業
- 長崎大学大学院医学研究科博士課程公衆衛生学専攻修了

目的

原子力発電に関わる専門家自身が、社会のなかでの自らの役割およびリスクコミュニケーションをどのように考えているのかを明らかにすること。

対象及び方法

- 土木学会原子力土木委員会委員(委員長、副委員長、委員、委員兼幹事)41名
- デルファイ法
専門的知識や経験を有する複数人にアンケート調査を行い、その結果を互いに参照したうえで回答を繰り返して、集団としての意見を収束させていく方法



消費者に情報提供すべき食品安全の内容は？ 2018年

専門委員(26名)	食品安全モニター(25名)	自治体(食品安全部局担当)(29名)
1位 リスクという概念 社会全体にリスクの概念が浸透していない リスク=0を求める人が多い	1位 安全と安心 両者を混同している人が多く、食品に対して過剰かつ理不尽な要求が行われている	1位 肉の生食によるリスク 必要な知識が行き渡っておらず、誤認している消費者も少なくない
1位 いわゆる健康食品 科学的なデータを一般向けに説明する機会が少ない	2位 腸管出血性大腸菌による食中毒 怖さが知られていない 周知が行き届いていない	2位 カンピロバクターによる食中毒 行政と消費者の考えが大きく離れていると感じる
3位 安全のコストと適切なリスク管理 適切なリスク管理により効率的な安全の確保が可能となることを説明する必要がある	3位 ノロウイルスによる食中毒 食品製造過程ごとの対策立案が必要 食品製造従事者への教育がなされていない	3位 食中毒の予防と対策 十分な対策・情報提供がなされていない 対策の重要性を周知する必要がある
4位 安全と安心の違い 両者を区別できずに混乱している印象があるため、正しい解説が必要	4位 いわゆる健康食品 健康被害がなくならないのは、消費者の健康食品を見抜く知識が不足しているため	4位 食の安全と安心の考え方 リスク評価の仕組みやどのように基準が設定されているのか、正しく情報提供すべき
5位 自然毒(動物・植物性)による食中毒 毎年食中毒事例が発生しているが、消費者に十分な情報が行き渡っていない	5位 食品の表示 アレルギーの表示に統一性がない 機能性表示が正しく理解されていない	4位 ノロウイルスによる食中毒 消費者・事業者に情報が行き渡っていない 決め手となる食中毒防止対策がない

内閣府食品安全委員会

質問

原子力発電に関して

1. 社会への発信が必要な情報(伝えるべきことや、知ってほしいこと)は、どのような内容だと考えますか。
2. 社会との対話(社会からの視点の聴取と反映)が必要なものは、どのような内容だと考えますか。誰から、どのような意見を聴き取り、どう活用していく必要がありますか。
3. リスクコミュニケーションを進めるうえで、どのような課題があるとお考えですか。

7つまでそれぞれ理由とともに自由記載

結果(上位5つ)

順	社会への発信	点
1	「地震等の自然ハザード」:地震・津波・火山などの自然ハザードに関して、科学的に分かっていること、分かっていることを認識共有と工学的な取組みについての考え方(分かっていることと不確かさを考慮することにより、工学的・技術的には対処できること)	106
2	原子力発電の必要性	63
3	我が国のエネルギー政策における原子力エネルギーの位置づけ・役割	58
4	自然災害に対する不確実性を考慮した設計の考え方(地震動を用いた設計では、様々な裕度を見込み不確実性に備えていること)	57
5	日本のエネルギー情勢(原子力発電を含めた我が国の電力・エネルギーの現状と見通し)	35

順	社会との対話	点
1	原子力安全のうちリスク評価と設計との関係について	75
2	原子力のリスクと便益に係わる認識	74
3	地震など自然ハザードに関して、モノ造りにどのように科学的知見を取り込んでいるのか	66
4	原子力発電所の安全性向上対策に向けた取り組み状況について、原子力事業者から紹介を行うとともに、市民からの疑問やコメントを聞き取り、理解を深める対話の場を持つ。	43
5	原子力のリスク評価/安全性評価における不確かさの取り扱いの現状とゼロリスクの非合理性	42

順	リスクコミュニケーションを進める上での課題	点
1	原子力発電のリスクがどの程度であれば社会的に受け入れられるのか、安全目標を社会で共有すること	93
2	社会に必要な情報・事実を伝えること、共有すること	64
3	エネルギー情勢・放射線影響等に関する基本的な知識・理解を有すること	59
4	社会が許容できるレベルは明確か、どこまでわかって不確実性がどれだけあってリスクがどれだけか説明すること	58
5	技術的に正しいこと、まだわかっていないことが正確な情報として伝わりにくいこと	54

まとめ

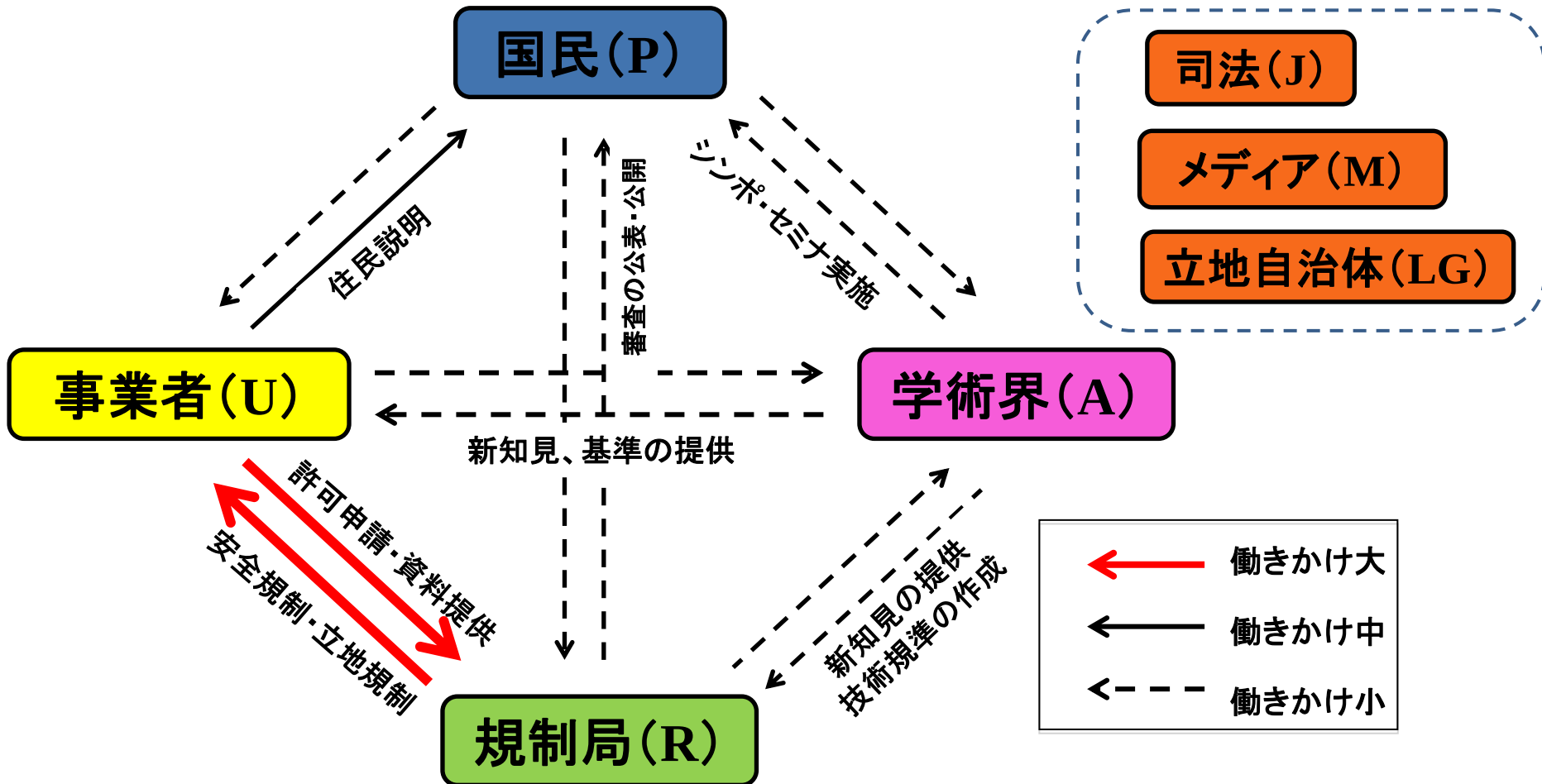
- デルファイ法は、合意形成のひとつの方法
- 結果は、戦略に基づいた平時のリスクコミュニケーションの資料として活用可能
- 結果の共有は原子力土木委員会所属会員の目標共有につながる
- 原子力学会リスク部会との「連携」のためのツール
 - ー デルファイ法調査の実施を企画中
- 違いを認識し互いを認め、同じ目標に向かう

高田 毅士（日本原子力研究開発機構/東京大学名誉教授）

専門分野：工学/建築学-建築構造/リスク評価

ステークホルダー間の壁(学術の果たす役割)

高田毅士(2014):福島事故後の原子力安全確保のためのリスク論の重要性、解説、日本原子力学会誌、Vol.56, No.4, 2014, pp.34-39 より抜粋(第4図)



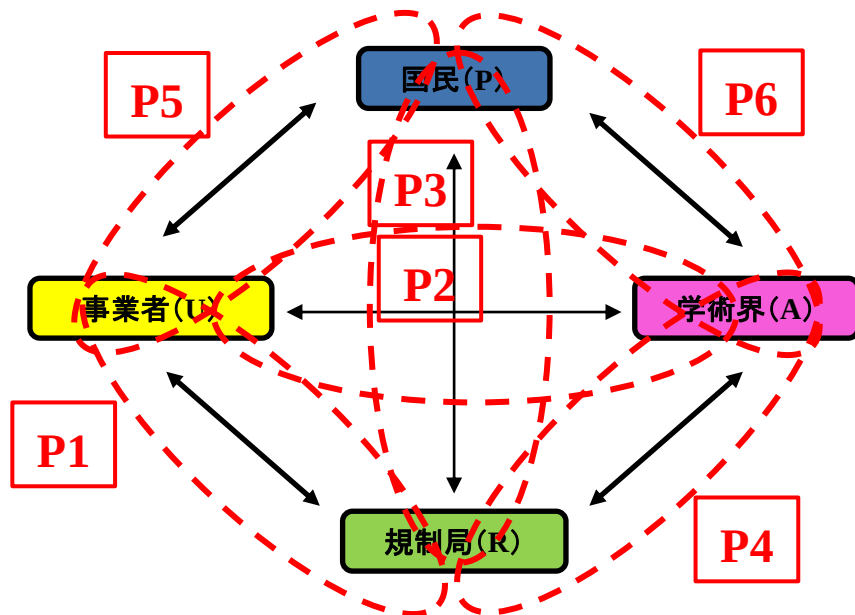
原子力界におけるステークホルダー間の働きかけ(現状)

ステークホルダー間の壁打開のヒント

ステークホルダー間の壁

⇒ 議論、意見交換、情報共有、対話のための領域の創出と
対話のためのコミュニケーションの場の創出が必要

ステークホルダー間での交流・対話・情報共有の場の創出



ステークホルダー間のプラットフォーム

P1: 事業者⇔規制局

P2: 事業者⇔学術界

P3: 国民 ⇔規制局

P4: 学術界⇔規制局

P5: 国民 ⇔事業者

P6: 学術界⇔国民

3. 全体討議

- (1) 4つの壁紹介者間での討議
- (2) Line参加者も含めた討議

4. まとめ

■研究討論会の背景：

- ・ 2006年耐震設計審査指針に「**残余のリスク**」の概念が導入されたが、活動が鈍かった。
- ・ 2011年福島事故の国会事故調から原子力土木委員会はアカデミアとして唯一糾弾を受ける。
- ・ 自己改革の一環として、**分野横断の委員を集い、分野横断の壁**について議論する。

■分野横断の壁と打開のヒント：

- ◆**理学と工学の壁** ⇒ **理学(真実部分)と工学(判断部分)の役割を明確にした枠組みの構築**
(ex. SSHACの評価枠組み/ PRAの枠組みに沿った活動)
- ◆**工学における専門分野の壁** ⇒ **共通実現目標の共有**
(ex. 目標：「要求性能」の浸透・必要性(Performance-based))
(ex. 目標：「確率論的リスク評価」の共有)
- ◆**原子力安全/リスクに係る分野の壁** ⇒ **包括的原子力安全確保のプラットフォームの実現**
(ex. 「深層防護」の概念/ リスクに基づく意思決定(RIDM))
- ◆**自然科学と人文社会科学の壁/ステークホルダー間の壁** ⇒ **ステークホルダー間での交流・対話・情報共有の場の創出** (ex. 事業者、規制局、学术界、国民、司法界、自治体、メディア)



実践の壁

- ・ 事故後は誰でも如何様にも語れるが、
事故前に語るには、**強い信念に基づく責任感・勇気**が不可欠。
- ・ リスク情報に基づき、**スピード感をもった意思決定**が不可欠。

5. 閉会挨拶

中村 晋（原子力土木委員会 委員長）