

(1) 確率論的リスク評価(PRA) 内的事象レベル1PRA

東京都市大学

理工学部 原子力安全工学科

総合理工学研究科 共同原子力専攻

牟田 仁



2. 原子力発電所のリスクとは？



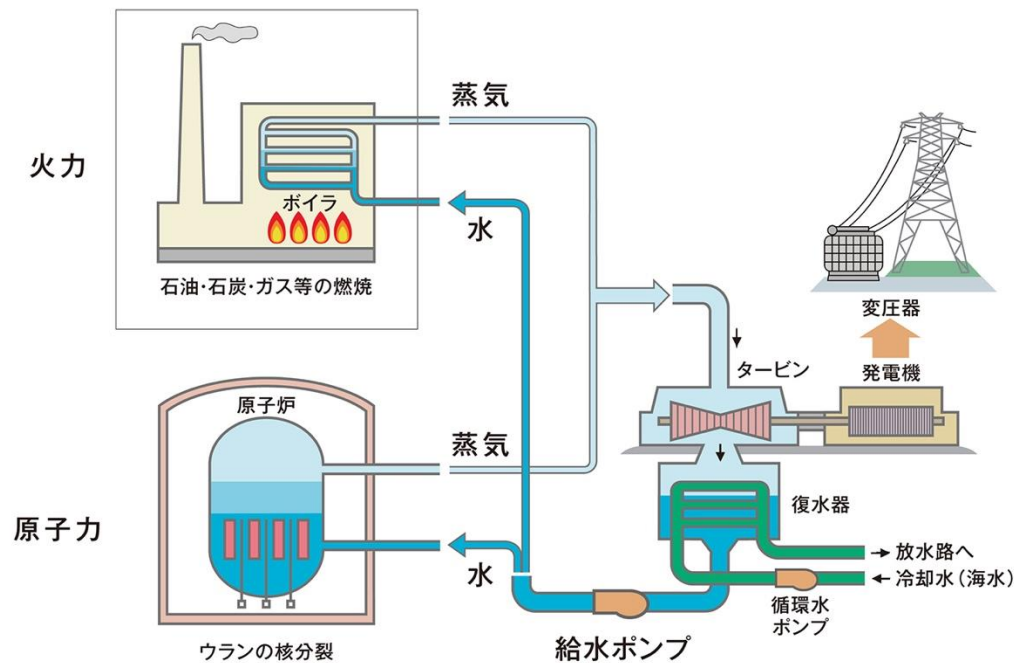
リスク論，確率論とは

- 「原子力施設のリスク」を考える
 - － 原子力施設の仕組みを知り，何が起こるか予測し，それに対処する



原子力発電の仕組み

火力発電と原子力発電の違い



5-1-1

原子力・エネルギー図面集

【1】出典：日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」

原子力発電所は…

- 炉心に**大量の放射性物質**を内蔵しており，原子炉を停止しても**崩壊熱**を除去し続ける必要があることにより，本質的に**大きな潜在的リスク**を有している
- このため，他の多くの産業施設に比較して**格段に高い安全確保の努力が要求される**
- 原子力発電を行う／行いたいのは，それでも，原子力発電は社会にプラスの便益をもたらすと思われることによる



原子力発電所のリスク・メリット

- ここで質問です
原子力発電所のリスクとメリットはどちらが大きいと
考えますか？

1. リスク

事故時の放射線による健康被害，経済的損失

2. メリット

比較的安価で安定的な電力，資源の安定供給に
期待できる



原子力発電所のリスク・メリット

- リスクとメリットとはどちらも非常に大きい
- したがってリスク側を極力小さくしなくてはならない



どうやって安全を確保？

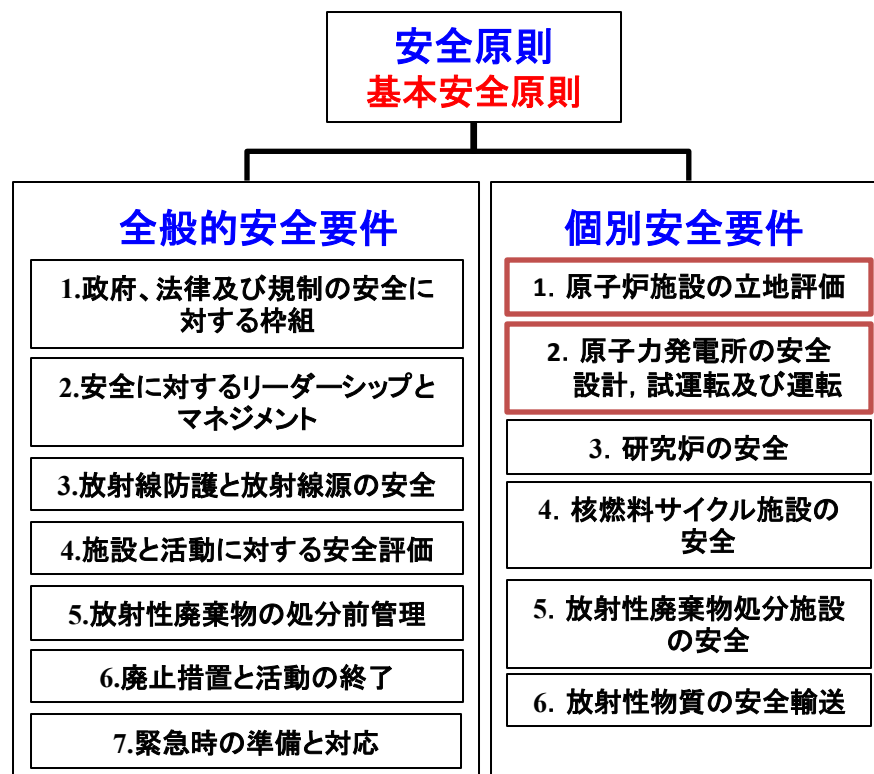
- 国が規制する産業
 - 何をするにしても許認可が必要
 - ルールは多岐に渡り，厳格
 - 合理的とはいいきれない部分も
- 但し，事業によるリスクは電力会社が全て請け負う
 - 原子力災害が及ぼす被害に対しては保険が掛かっている



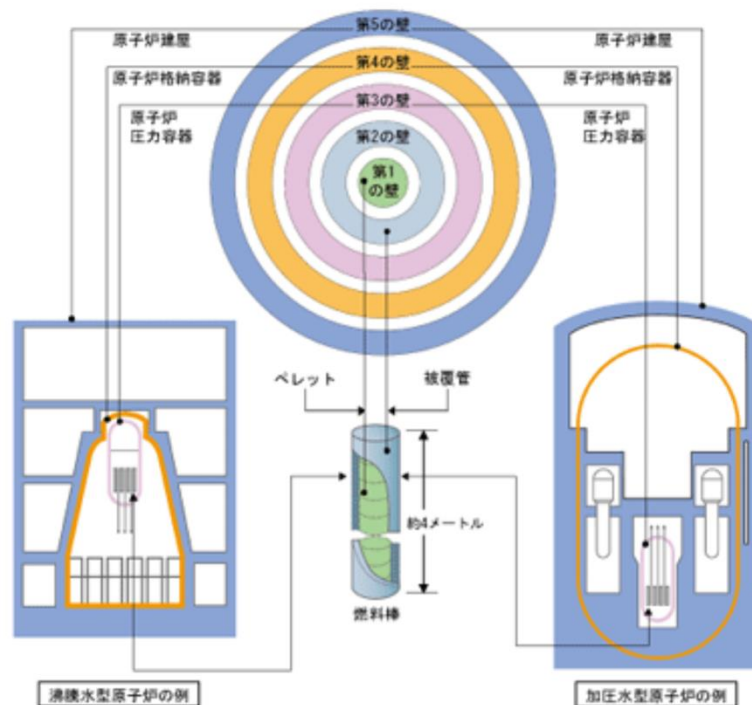
国際原子力機関(IAEA)の基本安全原則(SF-1)

□ 基本安全目的は、**人及び環境を電離放射線の有害な影響から防護**することである

□ 放射線リスクを生じる施設の運転又は活動の実施を過度に制限することなく達成されなければならない



放射能を閉じ込める5重の壁



【2】 出典:電気事業連合会「放射能を閉じ込める5重の壁」

(<http://www.fepec.or.jp/nuclear/safety/shikumi/jikoseigyosei/index.html>)



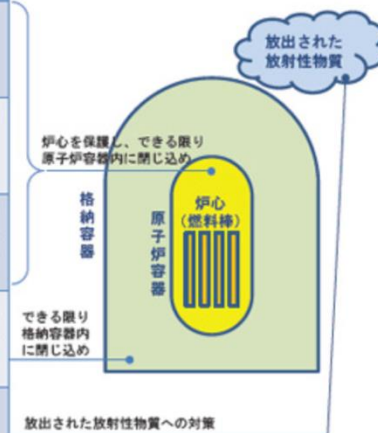
基本安全原則を満足するための考え方: 深層防護

□ 深層防護という考え方

- 「ある目標をもった幾つかの障壁(以下「防護レベル」という)を用意して、あるレベルの防護に失敗しても次のレベルで防護する」という概念
- 原子力発電所等の施設は、深層防護の考え方に基づき、単一の防護レベルや対策に頼ることなく、複数の防護レベルで様々な対策を準備

深層防護のレベル

レベル	目的	対策	目標
レベル1	異常運転や故障の防止	余裕のある設計 フェールセーフ インターロック	異常発生 の防止
レベル2	異常運転の制御 及び故障の検知	異常の早期検出 炉心の自動停止	事故への拡大 の防止
レベル3	設計基準内への 事故の制御	非常用炉心冷却 炉心損傷防止策	著しい炉心損 傷等の重大な 事故への拡大 防止
レベル4	過酷なプラント 状態の制御	格納容器の保護 放出の抑制 拡散の緩和	早期又は大量 の放射性物質 の放出防止
レベル5	放射性物質の 大規模な放出に よる影響の緩和	敷地外の緊急時 対応(避難等の 防護対策)	サイト外の 被害の低減



□ 事象の深刻さに沿った考え方

【3】出典:平成28年度版原子力白書P84

(<https://www.aec.go.jp/kettei/hakusho/2016/pdf/zentai.pdf>)、PDL1.0

(https://www.digital.go.jp/resources/open_data/public_data_license_v1.0)



基本安全原則を満足するための考え方:新規制基準

□ 東京電力福島第一原子力発電所事故を受けて強化した新規制基準

- 従来と比較すると、シビアアクシデントを防止するための基準を強化するとともに、万一シビアアクシデントやテロが発生した場合に対処するための基準を新たに追加

□ 設計で考慮する事象の幅と深さを拡大

<従来の規制基準>

シビアアクシデントを防止するための基準(いわゆる設計基準)
(単一の機器の故障を想定しても炉心損傷に至らないことを確認)

自然現象に対する考慮
火災に対する考慮
電源の信頼性
その他の設備の性能
耐震・耐津波性能

<新規制基準>

意図的な航空機衝突への対応	新設
放射性物質の拡散抑制対策	
格納容器破損防止対策	
炉心損傷防止対策 (複数の機器の故障を想定)	新設
内部溢水に対する考慮(新設)	
自然現象に対する考慮 (火山・竜巻・森林火災を新設)	強化又は新設
火災に対する考慮	
電源の信頼性	
その他の設備の性能	強化
耐震・耐津波性能	

(テロ対策)
新設
(シビアアクシデント対策)
新設

強化又は新設

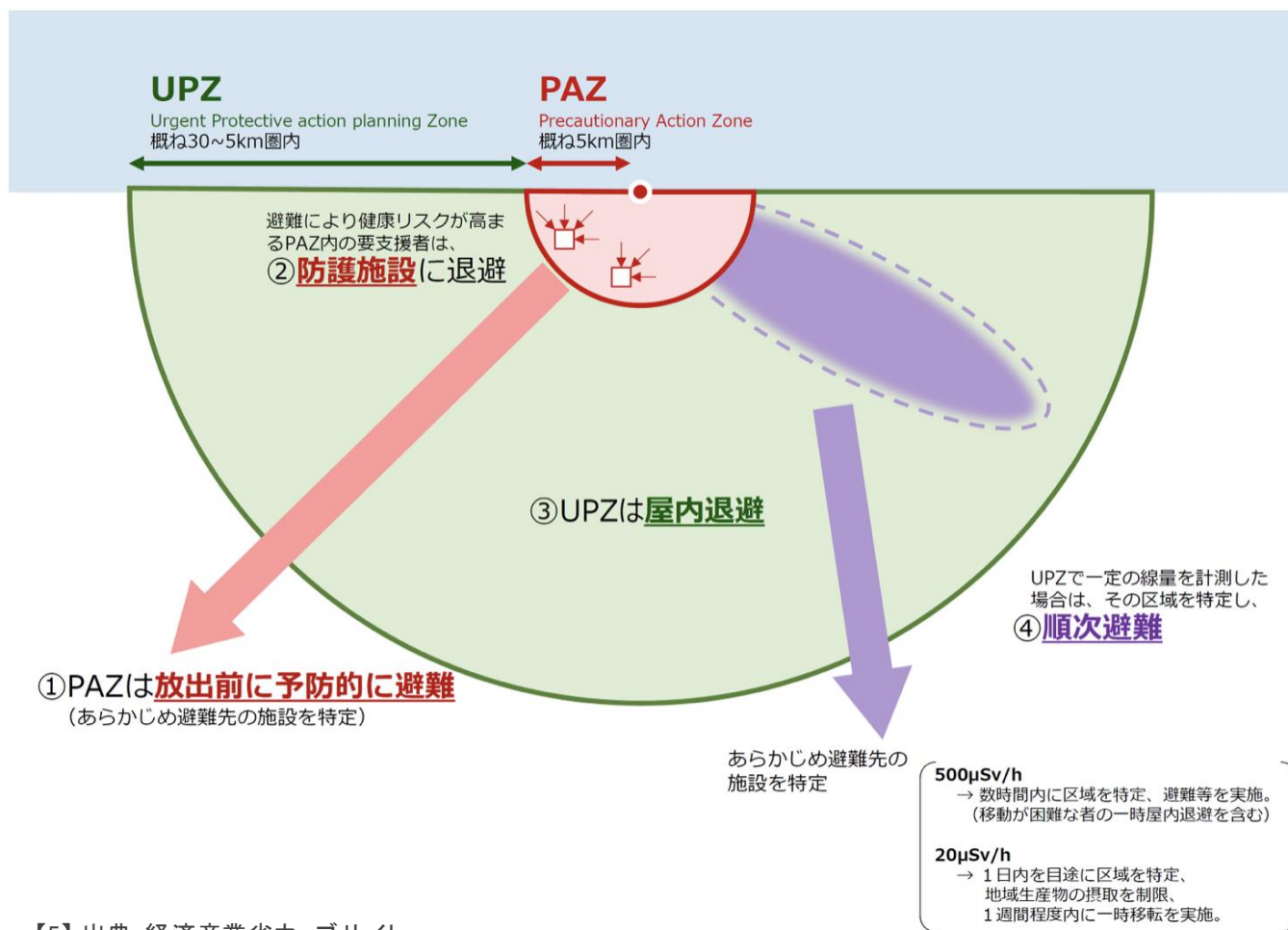
強化

9

【4】出典:原子力規制委員会「実用発電用原子炉に係る新規制基準についてー概要ー」
P9 従来の規制基準と新規制基準との比較(<https://www.nsr.go.jp/data/000070101.pdf>)



防災対策の強化(原子力災害対策指針)



【5】出典:経済産業省ウェブサイト

(<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/genshiryokubousai.html>)

原子力発電所のリスクの特徴は？

原子力発電所の持つリスクについて考えてみよう

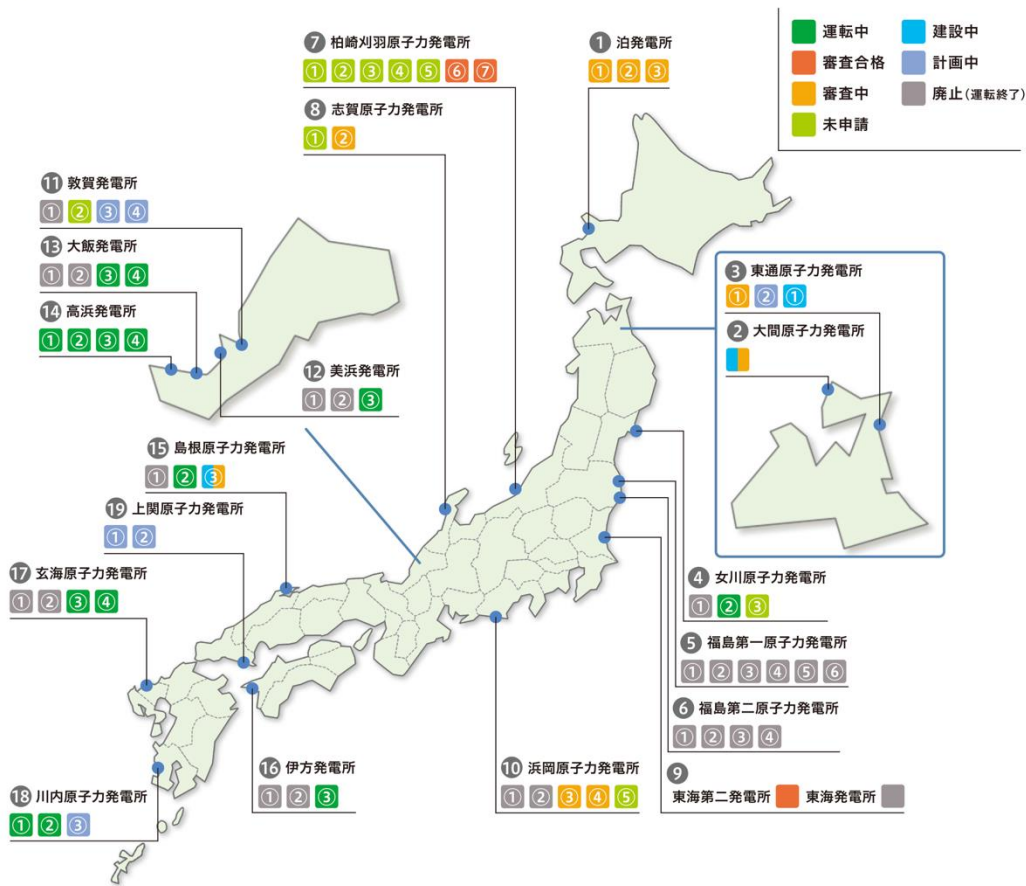
- 原子力発電所の「リスク」と、飛行機に乗る人の「リスク」とは性質が異なる



日本の原子力発電所

日本の原子力施設

(2025年1月14日現在)



【6】出典：日本原子力文化財団「原子力総合パンフレット2024年度版」

松江市人口:196,748人



 東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

原子力発電所のリスクの特徴は？

原子力発電所の持つリスクについて考えてみよう

- 原子力発電所の「リスク」と、飛行機に乗る人の「リスク」とは性質が異なる
 - 原子力発電所については
 - 周辺住民はそもそも「リスクを取る、リスクを受け入れる」という選択が可能か？
住んでいた場所の近くに発電所ができたケースでは選択困難
 - 事故が起きたときに被るリスクを（意識的でも、無意識的でも）認識し、受け入れているとは限らない
 - そもそも何が起こるか、すべて明らかにはなっていない



事故の具体的な影響は？

- 東京電力福島第一原子力発電所を振り返る
原子炉内の燃料が損傷、溶融するとどういったことが起こるのか
→ 原子炉内の核燃料が冷却できなくなり、放射性物質が発電所外に広く放出



- 急性白血病, 晩発性がんなどの直接的な健康被害, 移動困難者の避難による間接的な健康影響
- 土地汚染, 立入禁止区域設定などによる経済的損失
- 農産物の風評被害による影響



では、どうしたらよいか？

原子力発電所の持つリスクにどう向き合えばよいか？

- 原子力発電所の「リスク」の性質を踏まえて、考える.



では、どうしたらよいか？（続き）

- リスクの対処法は、保持（容認），移転（共有），低減（最適化），回避の四つの方法
 - － 保持（容認）：
発生頻度も低く，影響も小さいリスクに対しては，そのまま保持（容認）する
 - － 移転（共有）：
第三者に経済的な損失を移転する
 - － 低減（最適化）：
起こりうるリスクを最小限に抑制する（事故防止策，リスク分散）
 - － 回避：
リスクの基となる活動を停止する



では、どうしたらよいか？（続き）

- 発生確率は低いが、影響が大きいことには「低減（最適化）」、「移転（共有）」で対処する
 - リスク源である事故を起こさないための対策によりリスクを低減する
 - 事故の時には発電所周辺の人々が集中的に被害を受けるので、被害を軽減するための対策を行う
 - 掛かる費用は、税金、あるいは電気代に上乗せして、皆で負担する ⇒ 保険と同じ構図



- 被害の軽減に効果的な対策を行わなくてはならない



出典一覧

No.	ライセンス	出典情報
【1】	✦	日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」
【2】	✦	電気事業連合会「放射能を閉じ込める5重の壁」 (http://www.fepec.or.jp/nuclear/safety/shikumi/jikoseigyosei/index.html)
【3】	✦	平成28年度版原子力白書P84 (https://www.aec.go.jp/kettei/hakusho/2016/pdf/zentai.pdf)、PDL1.0 (https://www.digital.go.jp/resources/open_data/public_data_license_v1.0)
【4】	✦	原子力規制委員会「実用発電用原子炉に係る新規規制基準について－概要－」P9 従来の規制基準と新規規制基準との比較 (https://www.nsr.go.jp/data/000070101.pdf)
【5】	✦	経済産業省ウェブサイト (https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/genshiryokubousai.html)
【6】	✦	日本原子力文化財団「原子力総合パンフレット2024年度版」
【7】	✦	Googleマップ