原子力資料情報室連続ウエビナー
「原子炉の老朽化の現状と原因」第9回

総まとめ

2023年6月14日

山口幸夫（原子力資料情報室）

内　　容

Ⅰ　はじめに

Ⅱ　各回の話題のポイント

Ⅲ　質疑

Ⅳ　まとめ

Ⅰ　はじめに

1.これまでの老朽化問題についての議論

1995年 「原子力資料情報室通信」で連載
2005年 『老朽化する原発－技術を問う－』（原発老朽化問題研究会）
2018年 『原発はどのように壊れるか』（小岩昌宏・井野博満）
2023年 『原発の老朽化はこのように－圧力容器の中性子脆化を中心に』
（原発老朽化問題研究会）

2016年～、40年廃炉名古屋訴訟（高浜1・2号機、美浜3号機）

2.今国会で原発回帰法案審議

3.鹿児島県、川内原発の運転期間延長をめぐる議論

「原子力資料情報室通信」1995年4月～12月号

連載：原発の老朽化を検証する

①	予知できない老朽化の危険性	（上澤千尋）
②	炉心シュラウド損傷	（小村浩夫）
③	VHPC=圧力容器貫通管の損傷	（上澤千尋）
④	圧力容器の中性子照射による脆化	（伴　英幸）
⑤	日本における原発老朽化対策	（西尾　漠）
⑥	廃炉の決断をいつするか	（高木仁三郎）

『老朽化する原発
―技術を問う―』（2005年3月）

はじめに

1	老朽化すすむ原発	（上澤千尋）
2	原発の材料劣化	（井野博満）
3	高経年化対策という虚構	（田中三彦）
4	設計技術からみた維持基準の意味	（柴田宏行）
5	近代技術の性格と事故	（湯浅欽史）
6	柏崎刈羽からの現地報告	（武本和幸）

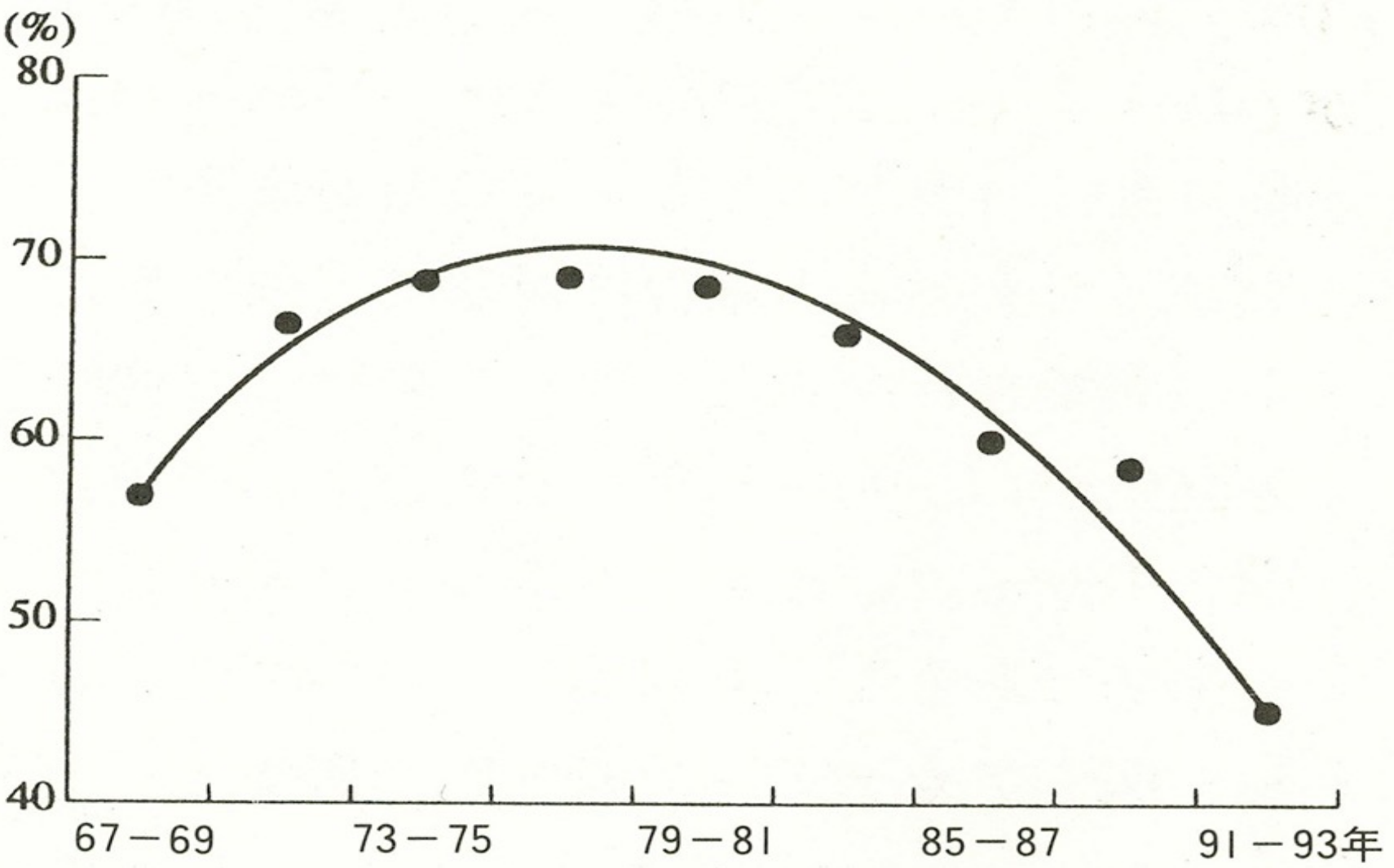


図１　東海第一原発の設備利用率（3年ごとの平均値）

廃炉にする基準（高木仁三郎、1995年）

① 稼働率の低下→経済性

② 原子炉容器などに重大な欠陥→経済性

③ 大事故の確率が高い

④ 運転に伴う社会的損失が大（労働者被ばく、廃棄物）

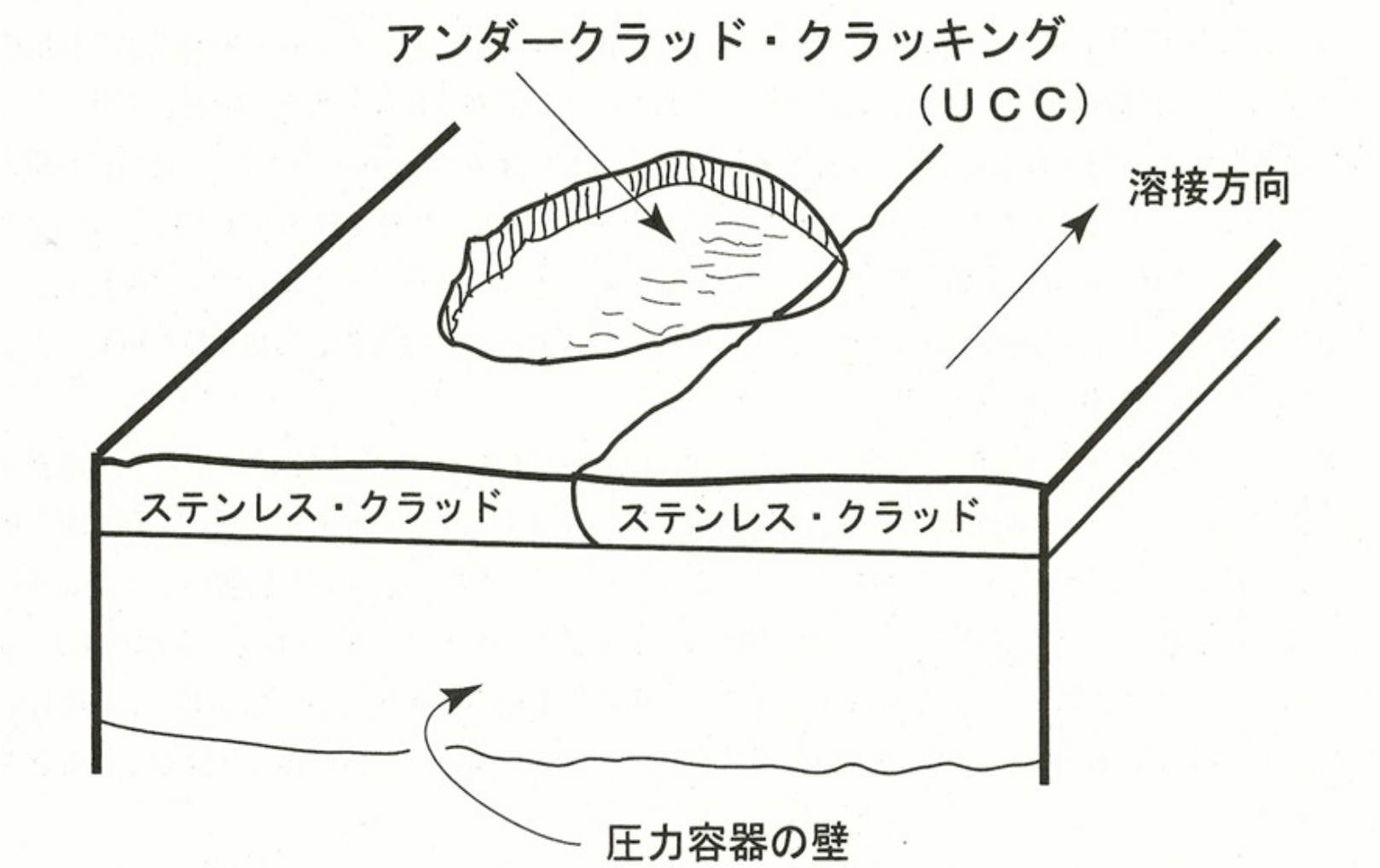


図3.2　アンダークラッド・クラッキング(UCC)

1970年にヨーロッパで最初に発見された。ステンレスのクラッドを剥いだら無数のクラック(ひび割れ)が見つかった。

Ⅱ　各回の話題のポイント

・老朽化の全体像
・脆化とは 何か
　　脆性の特徴、破壊力学、中性子照射効果、時効効果、
　　PTS事象、熱伝達率、クラッド、HAZ、監視試験片の役割、
　　試験片の再生
・電気ケーブル
　　絶縁性の低下、伸び破断の基準
・コンクリート
　　劣化の条件、劣化状況のいろいろ
・規制と利用の関係
　　安全と危険の境界は？

老朽化があらわれるところ

建物・構造物

機器・配管

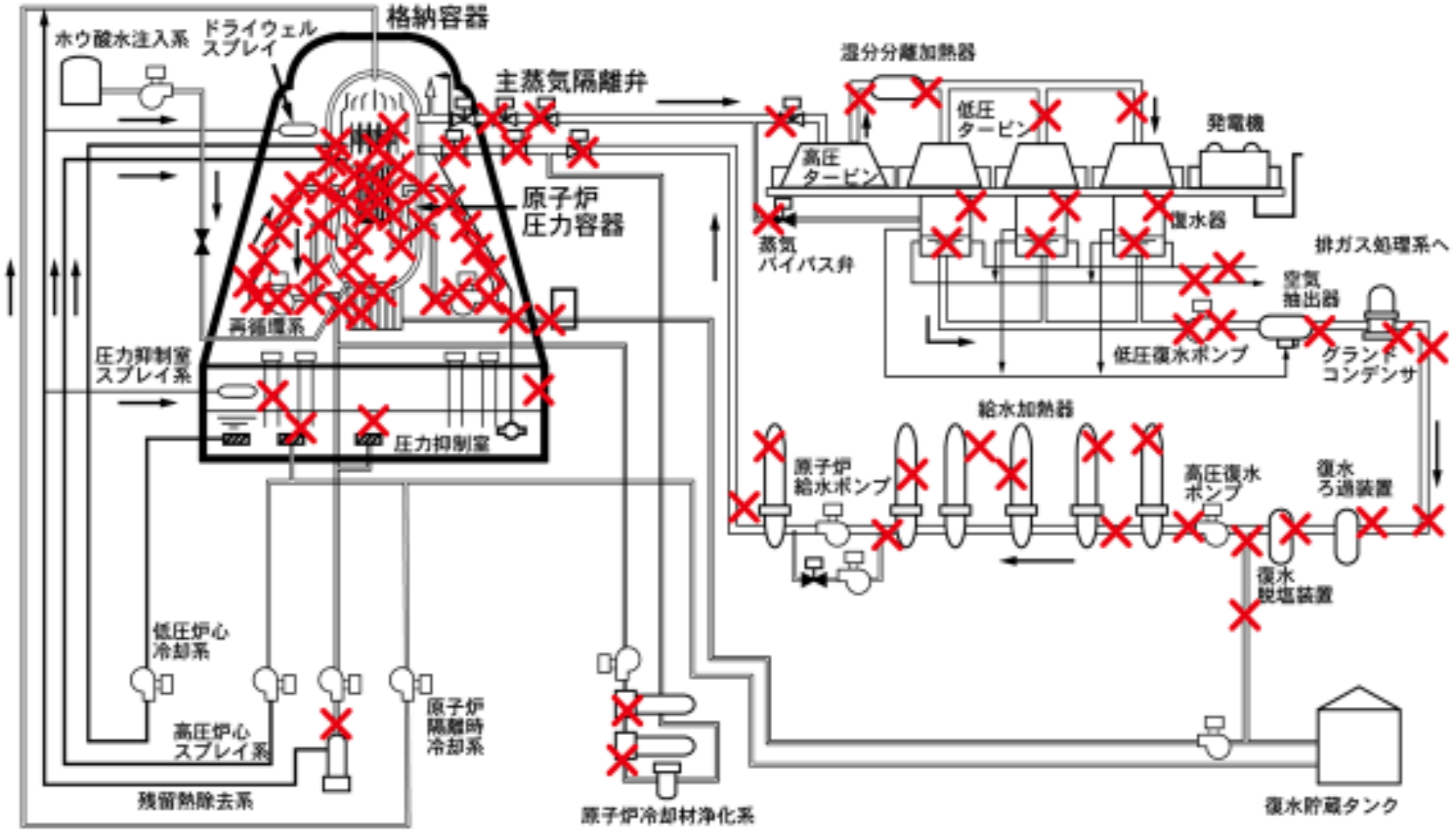
電線・電気回路

制御システム

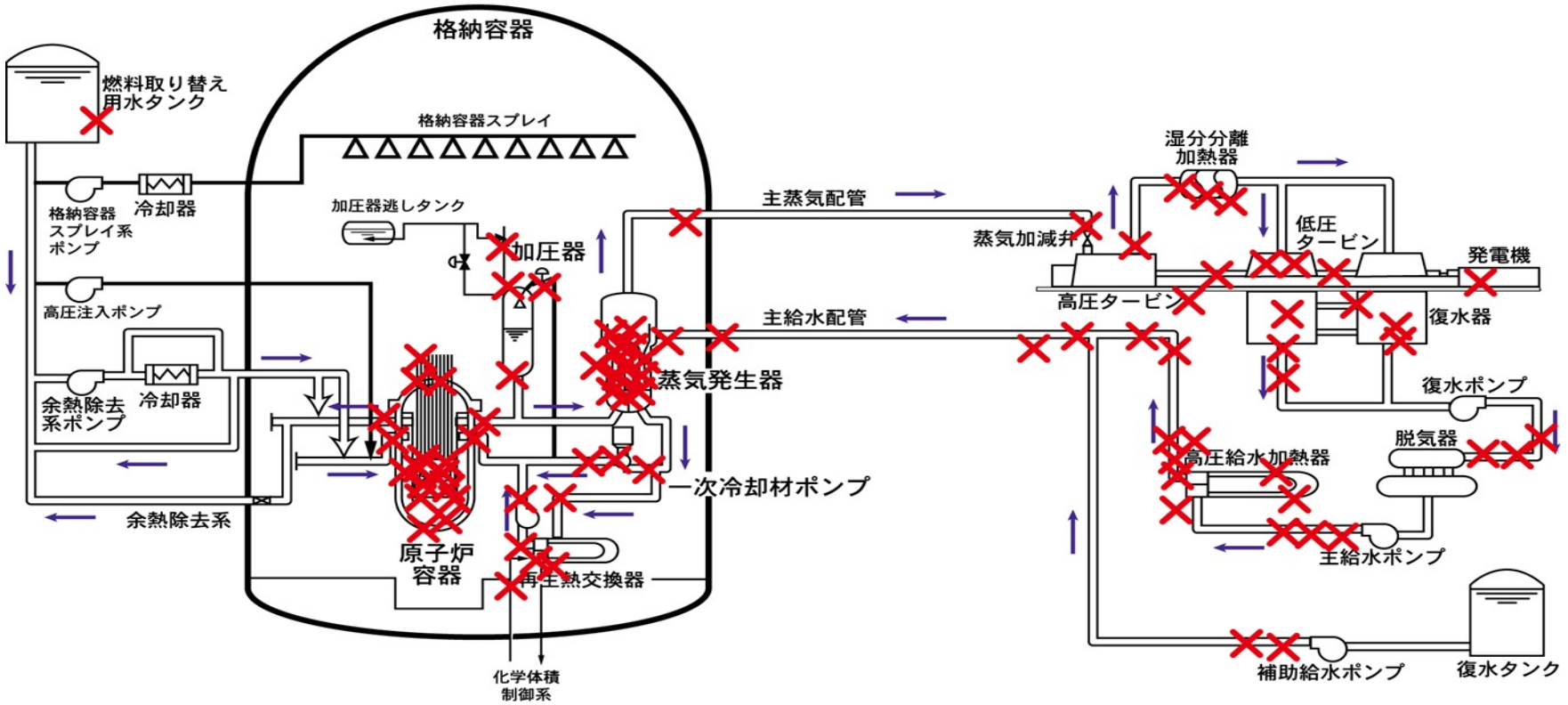
設計（構造，機器，耐震）

“原発”を使うという考え

沸騰水型原発のしくみとおもな事故発生箇所



加圧水型原発のしくみとおもな事故発生箇所



原子力発電所（100 万kW 級）の物量

- 熱交換器　140 台
- ポンプ　360 台
- 弁　3,000 台
- モーター　1,300 台
- 配管　170 km、10,000 トン
- 溶接点数　65,000 点
- モニター　20,000 箇所
- ケーブル長さ　1,700 km

(BWRとPWRを平均したもの）

Ⅲ　質疑

①　破壊力学の問題点 - 確率事象と考えてよいのか

②　川内原子力発電所の運転期間延長の審議

③　国会、辻元議員と山中規制委員長とのやり取り

④　原子炉の停止中には脆化は進まないか

⑤　脆性現象に伝導電子の果たす役割は？

⑥　クラッドとは？　UCCをどう考える？

⑦　コンクリートの生体遮蔽効果

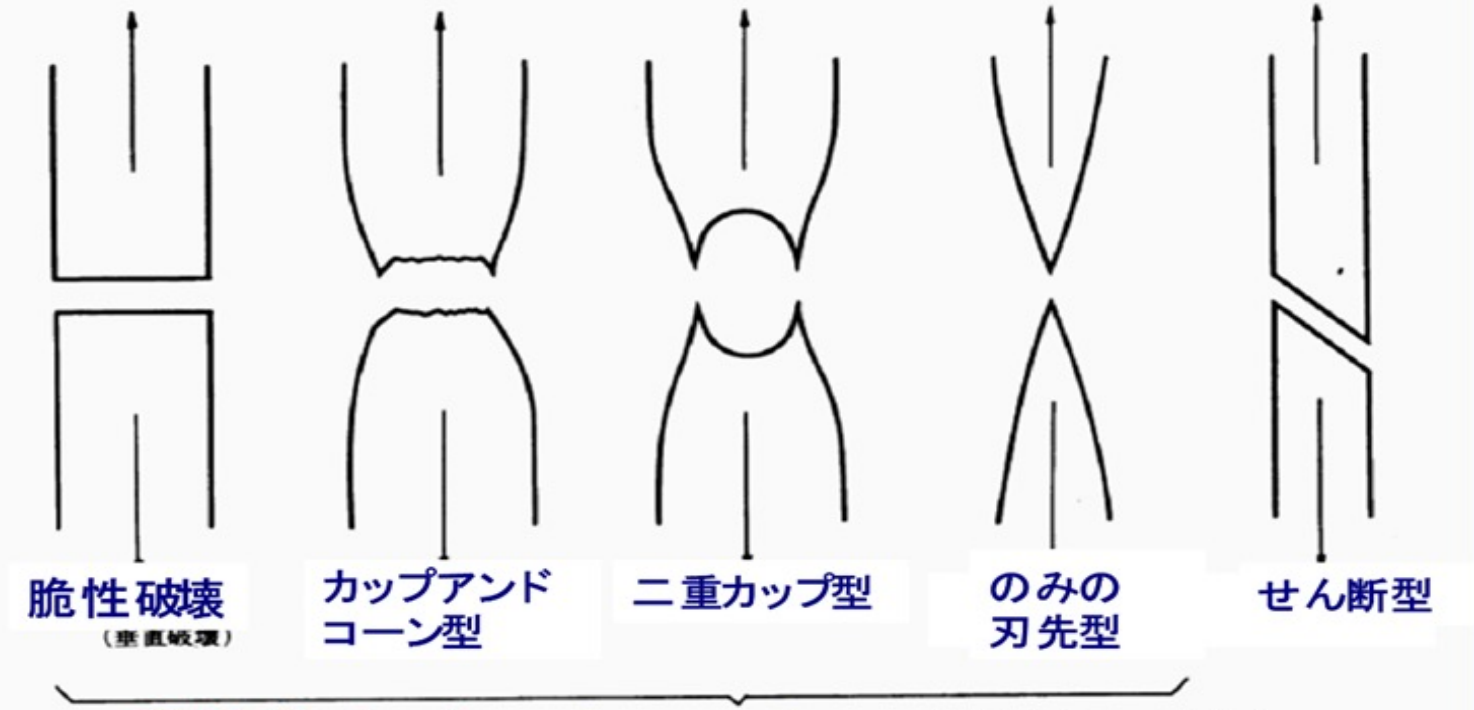
⑧　電気ケーブルの安全性の確保

⑨　福島第一原発1号機の台座、コンクリートの役割は？

⑩　“安全第一”の規制基準をどう考えるか？

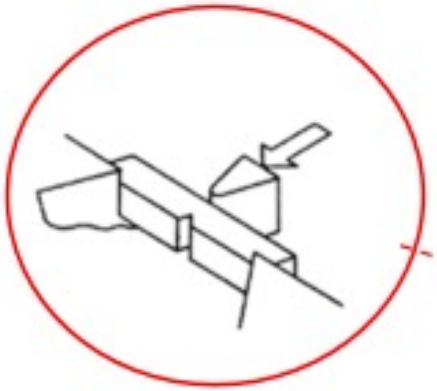
鋼材の引張り破壊モード（壊れ方）

試験体の丸棒を引っ張ると・・・

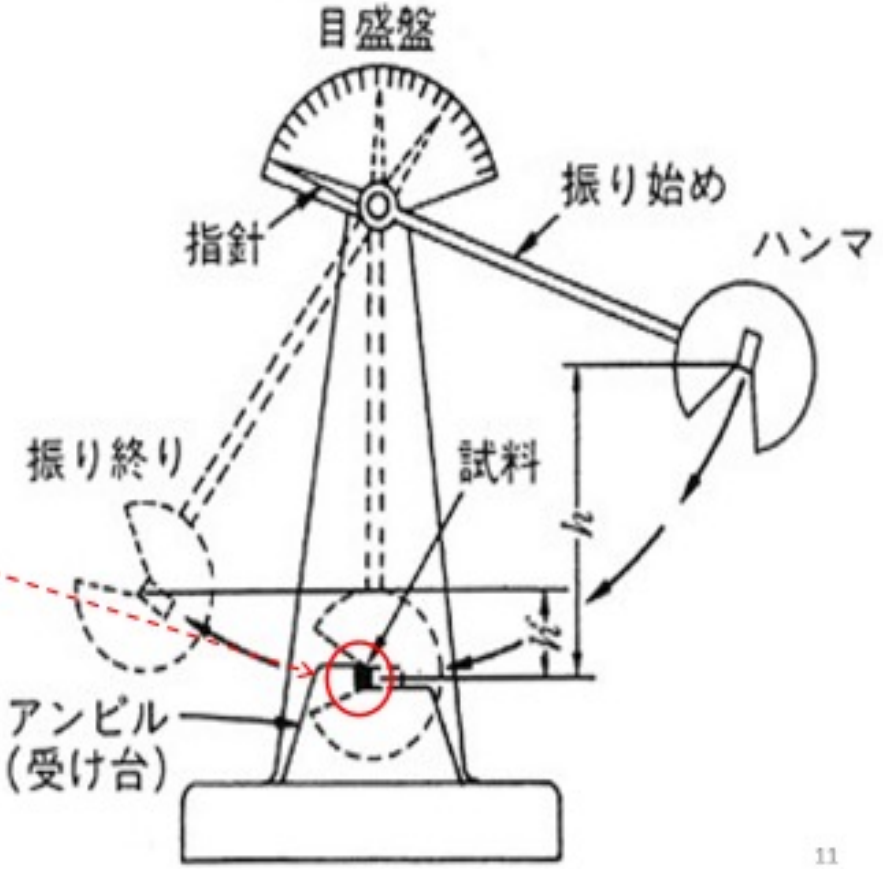


シャルピー衝撃試験

試料寸法
10mm角　55mm長

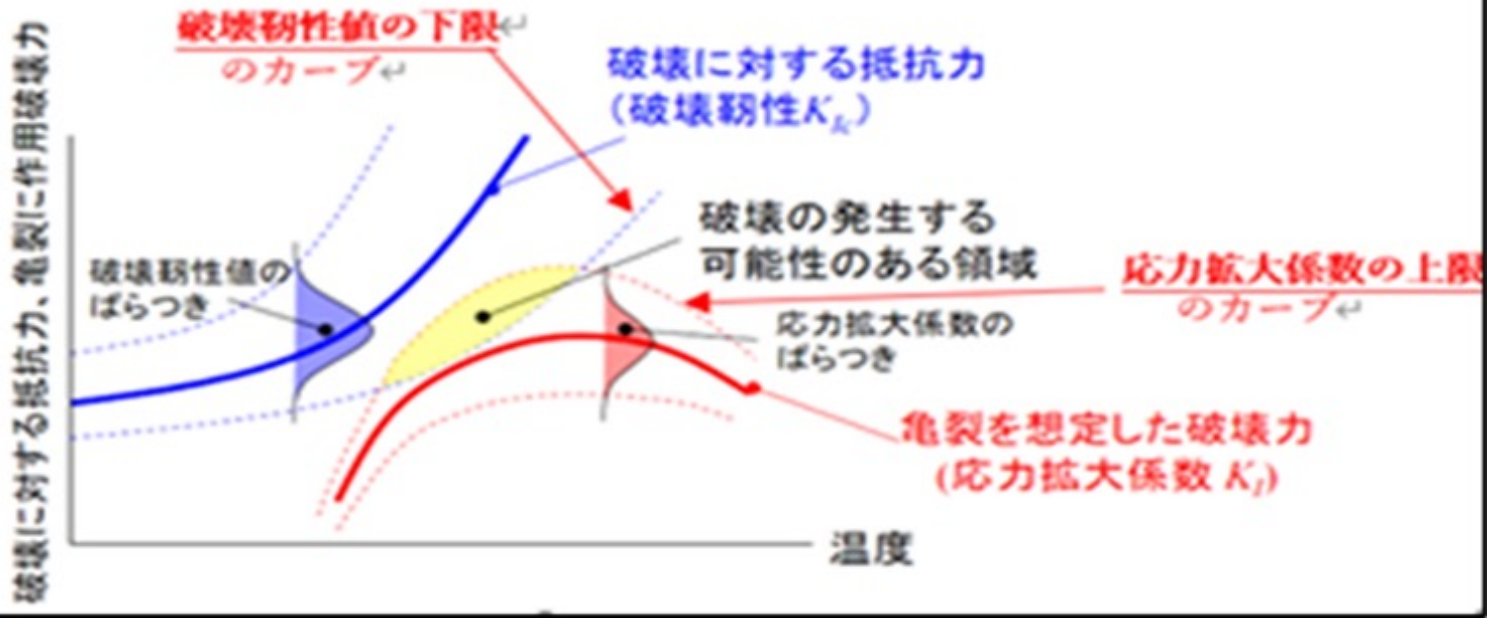


エネルギーの吸収を調べる

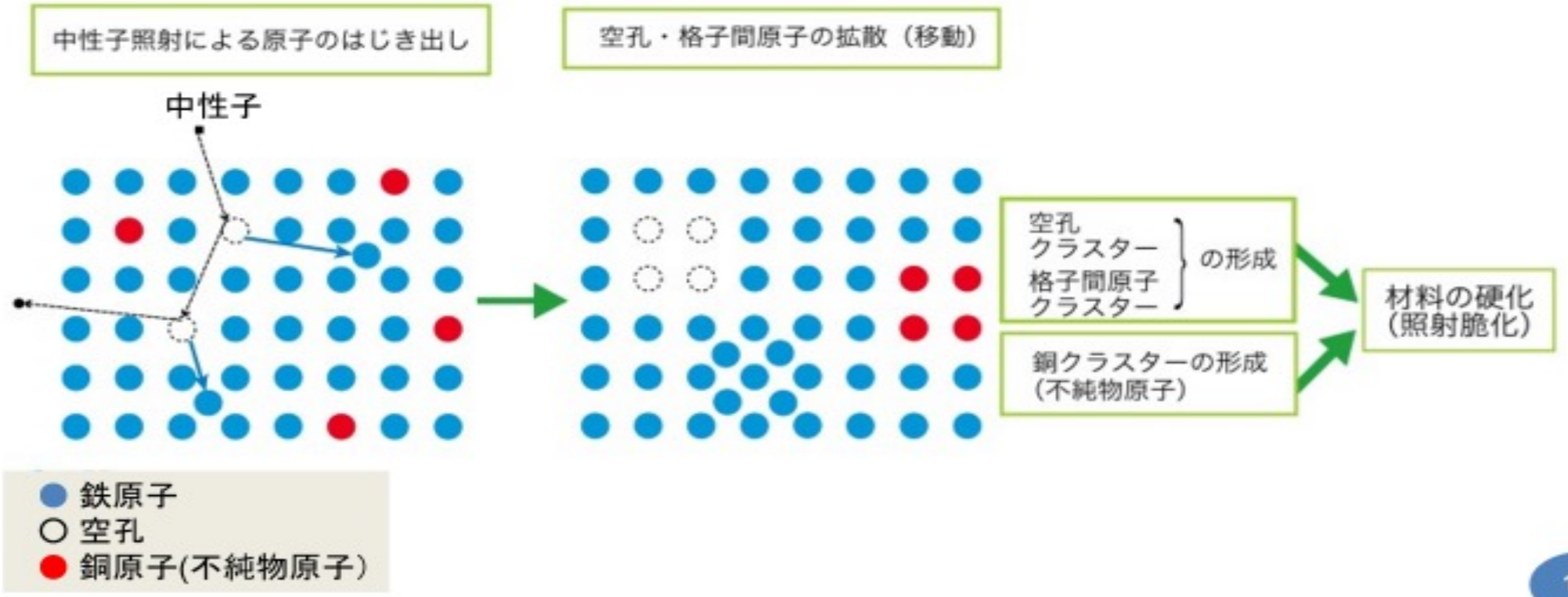


確率論的破壊力学評価(PFM)

- 破壊靭性値K_{Ic}、応力拡大係数K_Iは不確実さを有する。
  →不確実さを考慮して、合理的な破損頻度を求めることが必要
- 米国では破損頻度を数値指標とした規制活動が行われている。
- 新検査制度や安全性向上評価においてリスク情報の活用が期待されている。

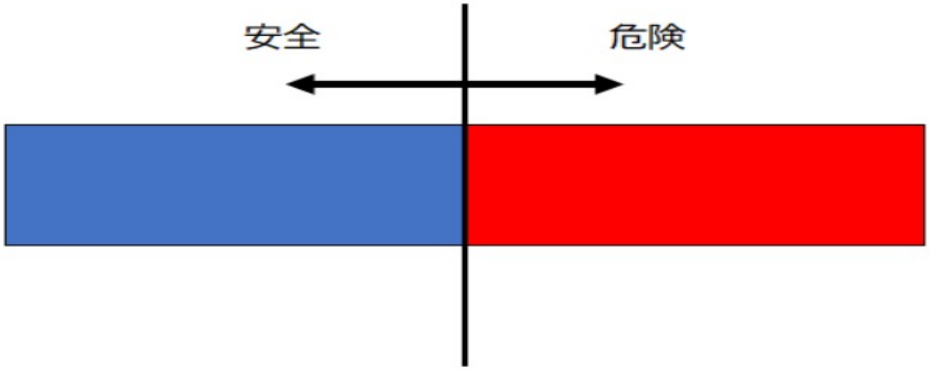


■中性子照射により金属が脆化するメカニズム



期待されている原発の審査

安全・危険の明確な境界線があり、審査に合格していれば、安全サイドに入っている



現実の原発の審査

安全・危険の明確な境界線が存在せず、大きな不確実性があるなかで経験に基づき、基準に適合しているかどうかを判断。安全を保証するものではない

ここで適合とすることもあるし　　ここで適合とすることもある

Ⅳ　まとめ

(1) 原子力発電所の技術規定は正しいか

JEAC4201－2007（原子炉構造材の監視試験方法）

JEAC4206－2007（原子力発電用機器に対する破壊靭性の確認試験方法）

(2) 規定の適用方法は正しいか

(3)“原発”を使うという考え自体が老朽化している（注）

(注)「原発を使用する」ということの古さ

2023年6月10日
上澤千尋

原発の設備は耐用年数を想定して設計がおこなわれる．たとえば，原子炉圧力容器・原子炉容器なら，30〜40年という年数を考えて，その間におこる通常イベント，異常イベント，事故などの回数を想定して，それらに耐えうるギリギリ＋α の条件を課して，強度の設計がおこなわれる．

しかし，原子炉に付属する給水ノズルのサーマルスリーブでは運転開始後数年のうちに熱疲労によるひび割れが発生したことが

知られている（BWR）．熱疲労に対する理論的な設計がうまくいかなった事例である．原子炉圧力容器・原子炉容器の他の部位でも，想定と異なる条件で使用されれば，設計時に想定した耐用年数に到達する前に壊れてしまうこともある．想定と異なる条件としては，地震や津波などの自然環境に左右されるもの，使用する温度や圧力の変更，燃料の変更，想定していたイベント回数を超えて使用しつづけることなどが考えられる．

　原発を動かしつづければ，機器・建物に劣化が生じる．点検時に部品などの劣化がみつかれば，補修や交換がおこなわれ，その時点ではいったん回復する．点検時に劣化を見逃すこともある．超音波探傷や渦電流探傷などをおこなっても，検出された信号を

キズかそうでないかを最終的に判断するのは人なので，どんなに良心的にふるまっても見逃しはおこる．見逃しが蓄積され，その結果，とりかえしのつかない事故がおこることがある．

補修・修理ができないケースがあれば，機器をまるごと交換する．しかし，設計・建設の段階では交換を想定していない機器もある．交換できない・交換を想定していない機器の代表は原子炉圧力容器・原子炉容器である．当初は交換する想定ではなかったが，損傷があまりに激しく使用しつづけることが安全上の問題を引き起こすとされ，交換を余儀なくされた機器もある．蒸気発生器（PWR），原子炉上ぶた（PWR），炉心シュラウド（BWR）などである．

問題が発覚した機器だけをつぎつぎに交換していっても，原発を運転しつづければ，見逃しなどによる損傷の蓄積がつづき大事故の発生に近づく．

原発が花形である時代はとっくに過去のものである．地球規模で放射能汚染をもたらす事故が何度もおきた．原発の燃料を起源とする放射性廃棄物をどうやって生物圏から隔離するかという問題も放置されたままだ．運転時にも，気体や液体として放射能を環境中に放出しつづけ，そこで働く人たちに無用な放射線被曝をさせる．利用開始から50年以上たっても，安全性や利便性において，原発での本質的な技術発展は達成されなかったし，解決される見通しもない．

古い原発だけが問題なのではない．核分裂反応（核融合反応も）を電力生産をはじめとするエネルギー源として利用する技術そのものが，野蛮な古い技術なのである．この点は，原子力関連産業が生き残りのためにさかんに売り込んでいる“新型”と呼ばれている原発であっても，まったく変わらない．