原発の老朽化

老朽化とは何か、全体の見通し、問題の所在

2023.4.12

上澤千尋
（原子力資料情報室）

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

原子炉	事業者	出力[万kW]	炉型	運転開始	運転経過年数	新規制基準	
						申請	許可
高浜１	関西電力	82.6	PWR	1974/11/14	48	2015/3/17	2016/4/20
高浜２	関西電力	82.6	PWR	1975/11/14	47	2015/3/17	2016/4/20
美浜３	関西電力	82.6	PWR	1976/12/1	46	2015/3/17	2016/10/5
東海第二	日本原電	110.0	BWR	1978/11/28	44	2014/5/20	2018/9/26
川内１	九州電力	89.0	PWR	1984/7/4	38	2013/7/8	2014/9/10
高浜３	関西電力	87.0	PWR	1985/1/17	37	2013/7/8	2015/2/12
高浜４	関西電力	87.0	PWR	1985/6/5	37	2013/7/8	2015/2/12
川内２	九州電力	89.0	PWR	1985/11/28	37	2013/7/8	2014/9/10
敦賀２	日本原電	116.0	PWR	1987/2/17	35	2015/11/5	審査中
浜岡３	中部電力	110.0	BWR	1987/8/28	35	2015/6/16	審査中
島根２	中国電力	82.0	BWR	1989/2/10	33	2013/12/25	2021/9/15
泊１	北海道電力	57.9	PWR	1989/6/22	33	2013/7/8	審査中
泊２	北海道電力	57.9	PWR	1991/4/12	31	2013/7/8	審査中
大飯３	関西電力	118.0	PWR	1991/12/18	31	2013/7/8	2017/5/24
大飯４	関西電力	118.0	PWR	1993/2/2	29	2013/7/8	2017/5/24
浜岡４	中部電力	113.7	BWR	1993/9/3	29	2015/1/26	審査中
玄海３	九州電力	118.0	PWR	1994/3/18	28	2013/7/8	2017/1/18
伊方３	四国電力	89.0	PWR	1994/12/15	28	2013/7/8	2015/7/15
女川２	東北電力	82.5	BWR	1995/7/28	27	2013/12/27	2020/2/26
柏崎刈羽６	東京電力	135.6	ABWR	1996/11/7	26	2013/9/27	2017/12/27
柏崎刈羽７	東京電力	135.6	ABWR	1997/7/2	25	2013/9/27	2017/12/27
玄海４	九州電力	118.0	PWR	1997/7/25	25	2013/7/8	2017/1/18
東通1	東北電力	110.0	BWR	2005/12/8	17	2014/6/10	審査中
志賀2	北陸電力	135.8	ABWR	2006/3/15	17	2014/8/12	審査中
泊3	北海道電力	91.2	PWR	2009/12/22	13	2015/12/18	審査中
建設中							
島根3	中国電力	137.3	ABWR			2018/8/10	審査中
大間	電源開発	138.3	ABWR			2014/12/16	審査中

もろくなる原発

予知できない老朽化の危険性

■事故リスト
配管やノズルの応力腐食割れ
復水器細管のピンホール
蒸気発生器細管の損傷（PWR）
ポンプのシール部の機能低下
発電機ノータービン軸の亀裂
電気プリント基板の劣化
機械的な振動による部品の折損

■事故リスト以外
コンクリート材の腐食
電気ケーブルの絶縁機能低下
圧力容器の中性子照射脆化

炉心シュラウドの損傷（BWR）
小村浩夫
原子炉容器上ぶたの損傷（PWR）
上澤千尋
原子炉の中性子照射脆化
伴英幸
老朽化対策
西尾漠
蒸気発生器細管の損傷（PWR）
川野眞治
廃炉決定の判断をどうするか
高木仁三郎

原発の老朽化とそれが引き起こす危険
刻化してきたからである。その第1回
、またその本質的な危険性は何かを一

化関連のトラ
とが読みとれ

具体的にどん

具体的な現
きているのだ
手元にある
ノズルの腐食
蒸気発生器細
プのシール部
軸の亀裂やタ
電気回路プリント基盤の劣化、機械的な振動による部品の折損などさまざまな形で老朽化が現れてきている。さらに、リストの上ではっきりとしたトラブルの形では現れてはいないが、原子炉建屋・タービン建屋等の構築物に使われているコンクリート材の腐食、電気ケーブルの絶縁機能の低下、圧力容器の構造材の中性子照射による脆化なども確実に進行している。

から、来年で30年
の商業用原子炉・
）が営業運転を開
現在までに日本で
し、現在も稼働中
である。それらの原発のうちで、運転開始から20年以上経たものは8基、15年以上のものは長い原発が増えてきてい
原発のトラブル、とくに
思われるトラブルの件数
いる。
94年9月までの期間に日
事故・故障について、老
われるものの件数を調べてみた。機器・部品の劣化といった、大まかにいって原発の老朽化問題と関係があると考えられるトラブルをとりあげて、原発の運転年数別にトラブルの件数が何件あるかを数え、さらに原子炉1基あたりの件数になおしたのが次頁のグラフである。右側にいくにつれて棒グラフのチャートが高くなっており、このグラフからは、運転年数を経るにつれて老朽

材質別の問題

老朽化の大きな原因は、金属・コンクリート・ビニールなど材質そのものが、時間とと

高木仁三郎
米国での60年運転?!
30-40年の設計寿命が倍増?!
原子力産業の延命

金属の腐食による応力腐食割れ
金属の中性子照射による脆性破壊
高温の運転で金属が硬化：熱時効
金属疲労（熱，振動）
配管のすり減り（減肉）
コンクリートの劣化
電線・電気回路部品などの劣化

並行して原発全体のシステムに
起こってくる

今月の話題

の寿命引き延ばし

をもうけ、いまホットな問題となっていることを、なるべくや
す。この『通信』は、多くの読者にとって、難しく読みにくいも
側もわかっているのですが、ある程度具体的な点にまでふみこ
てものを言っていく場でもあるため、どうしても専門的になっ
のです。しかし、これは多分にこちらの力不足に対する言いわ
はじめて原子力問題に出会う方にも読んでいただき、問題のポ
いうコーナーになるよ

定期検査や安全レビューで見ぬけず，
配管の破断や亀裂，
炉心シュラウドなどの
大きな炉内構造物の崩壊が
予兆なしに突然発生する

将棋倒し式に事故がエスカレート

大規模な放射能放出

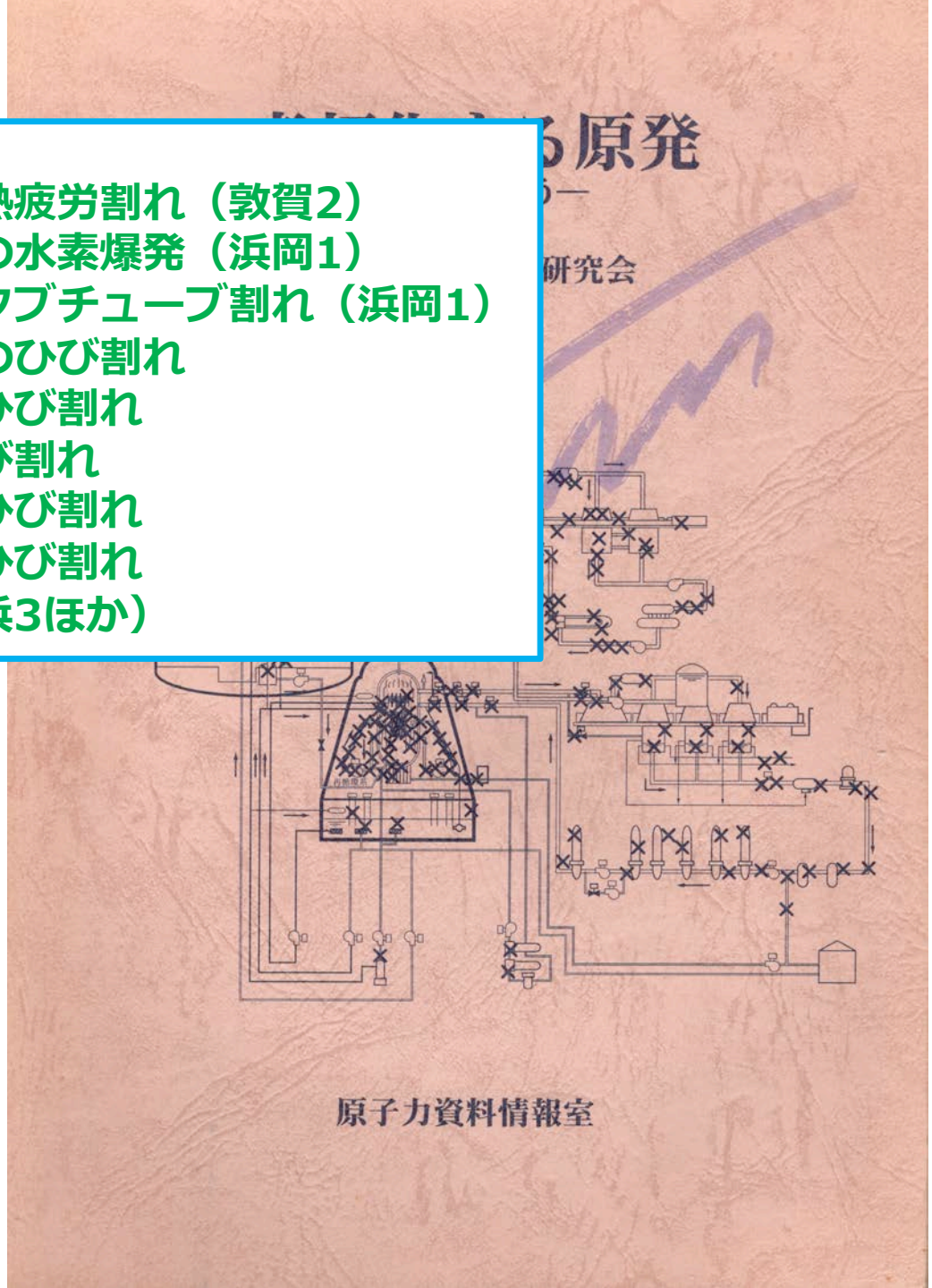
論が、通産省
とびついた形
)。原発寿命
んが、普通は
設・運転され
その倍も運転
誰しも「ほん
う。
しょう。アメ
と決めていま
めていません
(そこがするいところでしょう)。ところで、
そのアメリカあたりでも、40年の法定寿命を
60年に延長させようという動きが電力・原子
力産業側から盛んになったのです。理由は単
純、アメリカでは、新しい原発は全然建って
いませんから、40年の寿命で廃炉にしていく
と、2010～2020年頃にはどんどん廃炉がでて
きて、2030年代には原子力の時代は自動消滅
します。原子力産業はこれに必死に抵抗して、

新
対
さ
の
Pl
最
ら
Li
(I
い
原
と
念が生じます。

もちろん、今このことが日本でとくに持ち
出されたのは、(1)日本の原発が25～30年とい
う老朽化年齢にさしかかってきたこと、(2)新
規建設が望めないので、政府のエネルギー計
画に合うようにするには、老朽原発を動かさ
ざるをえないこと、(3)大事故さえ起こらなけ
れば、新規建設よりはるかに安上がりで、廃
炉解体の経費も当面いらないこと、が理由で

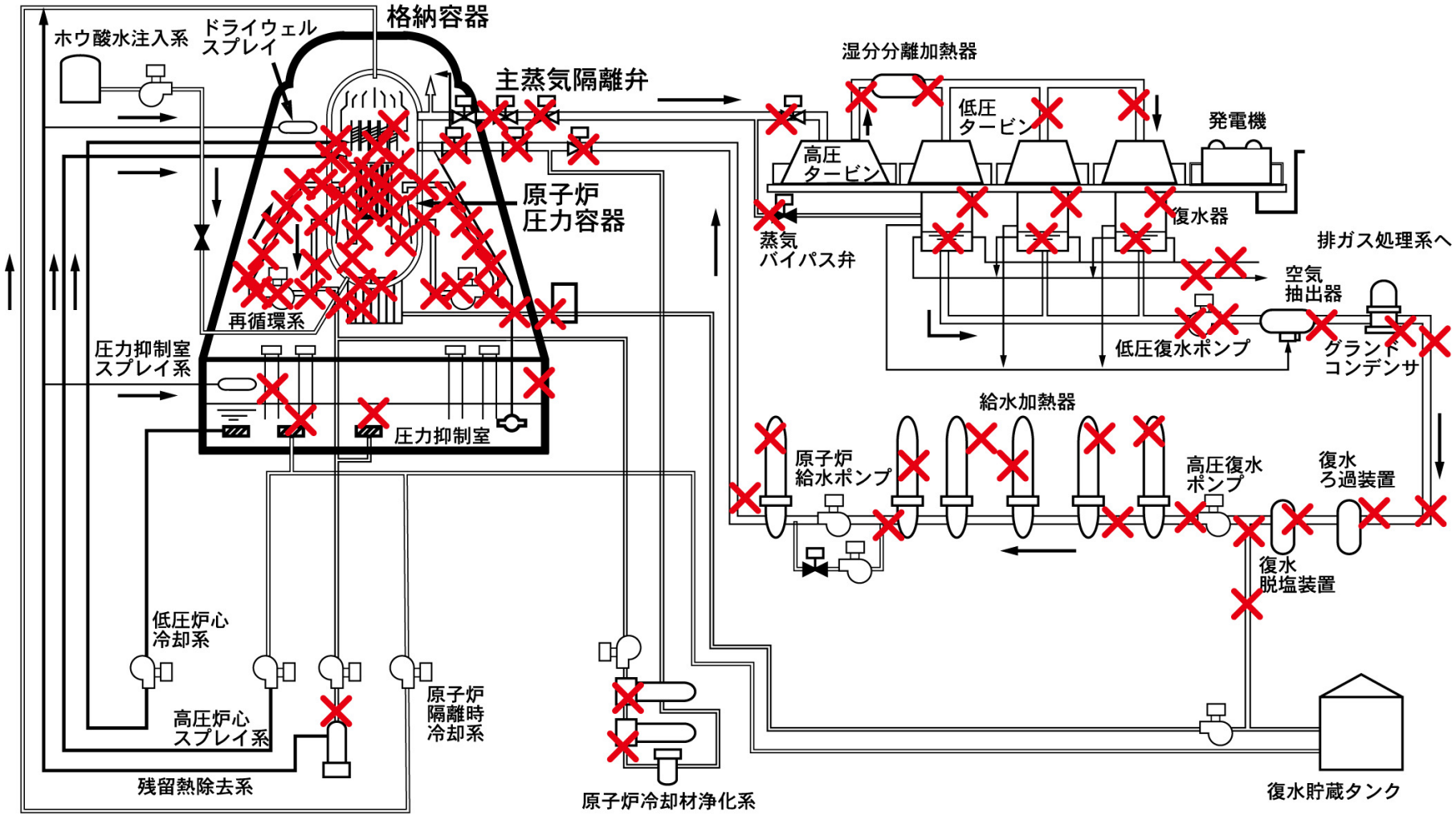
原子力資料情報室通信
1999.3.30 No.298

蒸気発生器細管
再生熱交換器の熱疲労割れ（敦賀2）
余熱除去系配管の水素爆発（浜岡1）
制御棒案内管スタブチューブ割れ（浜岡1）
炉心シュラウドのひび割れ
再循環系配管のひび割れ
原子炉上ぶたひび割れ
原子炉ノズルのひび割れ
加圧器ノズルのひび割れ
配管の減肉（美浜3ほか）

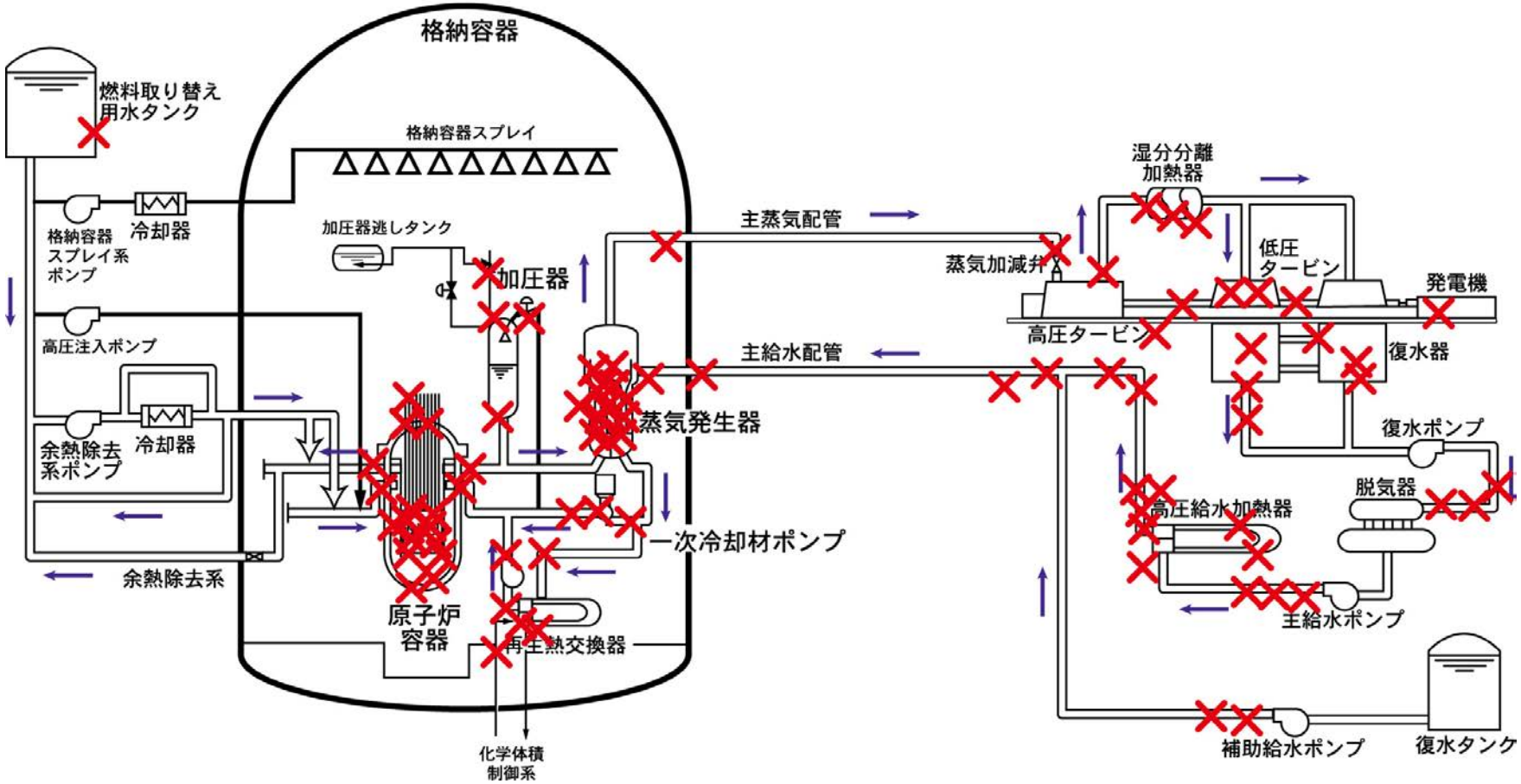


原発老朽化問題研究会
2005.3.31

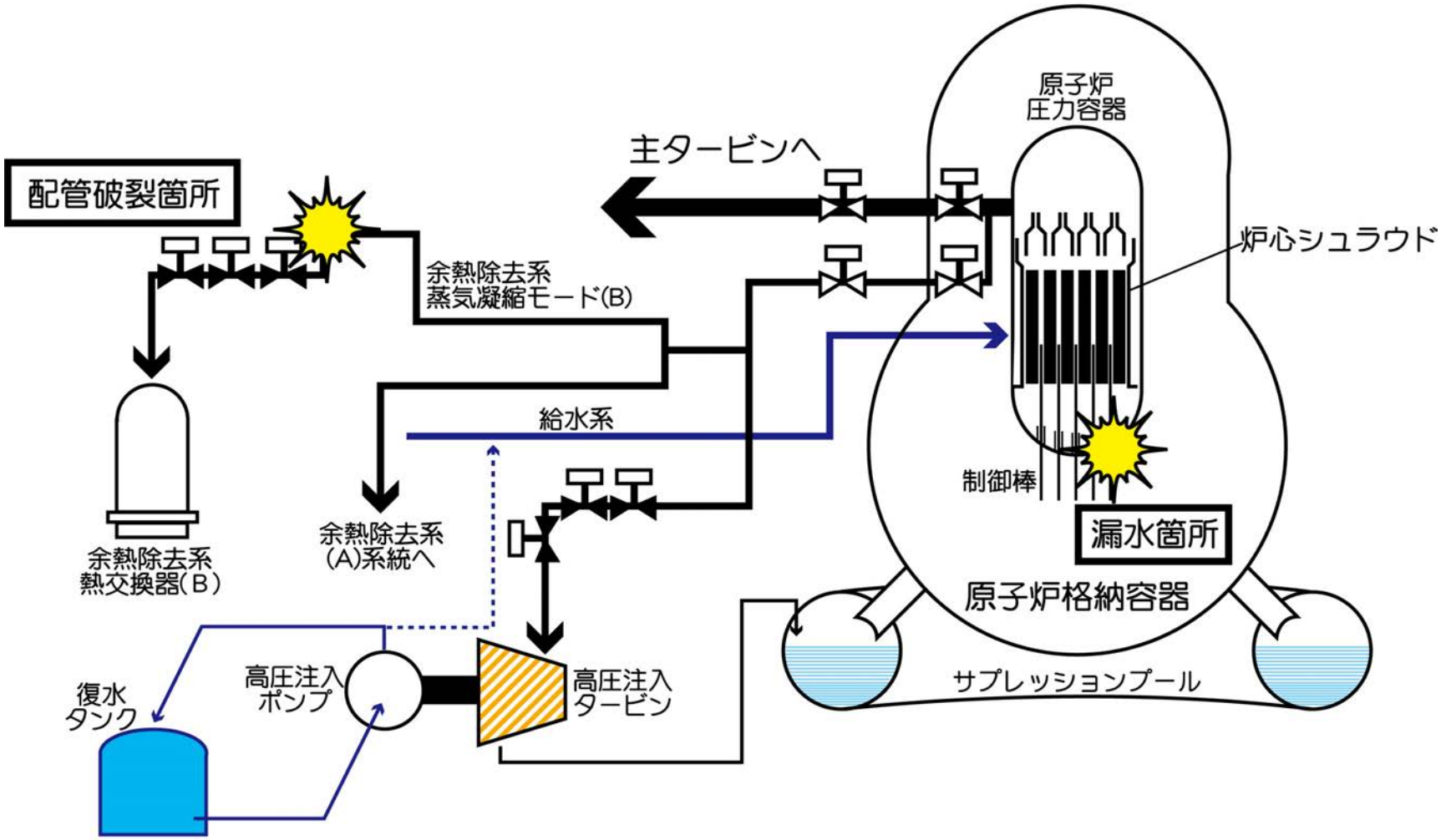
沸騰水型原発のしくみとおもな事故発生箇所



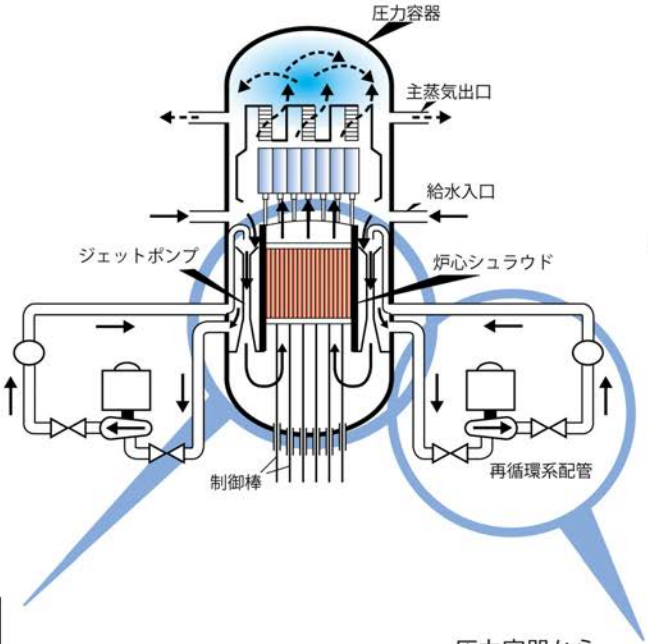
加圧水型原発のしくみとおもな事故発生箇所

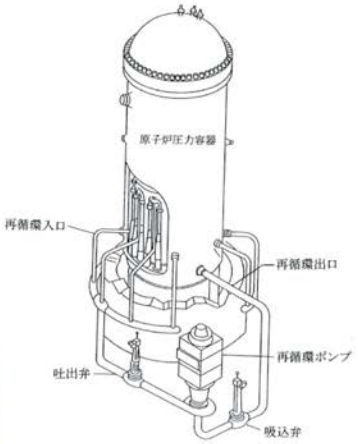


図表2.9　浜岡１号炉・系統概要と事故発生箇所



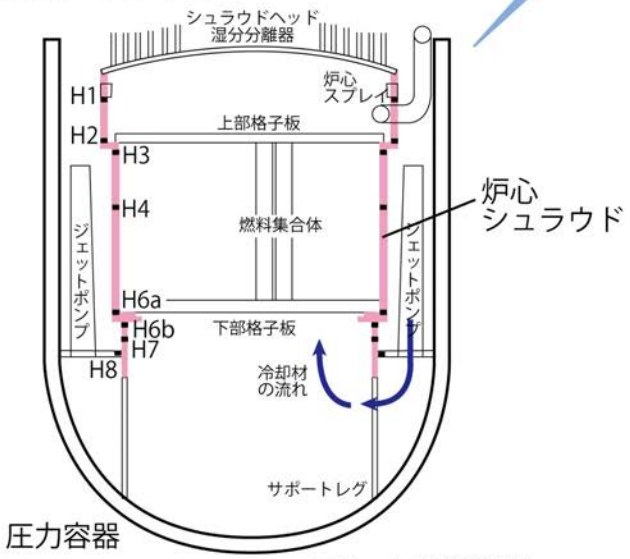
図表2.11　沸騰水型炉の構造とひび割れ



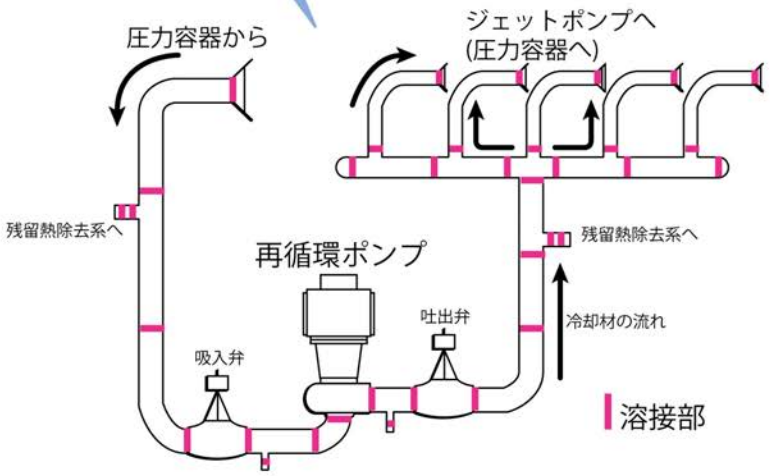


再循環系配管と
溶接部の位置

炉心シュラウドと
溶接部の位置

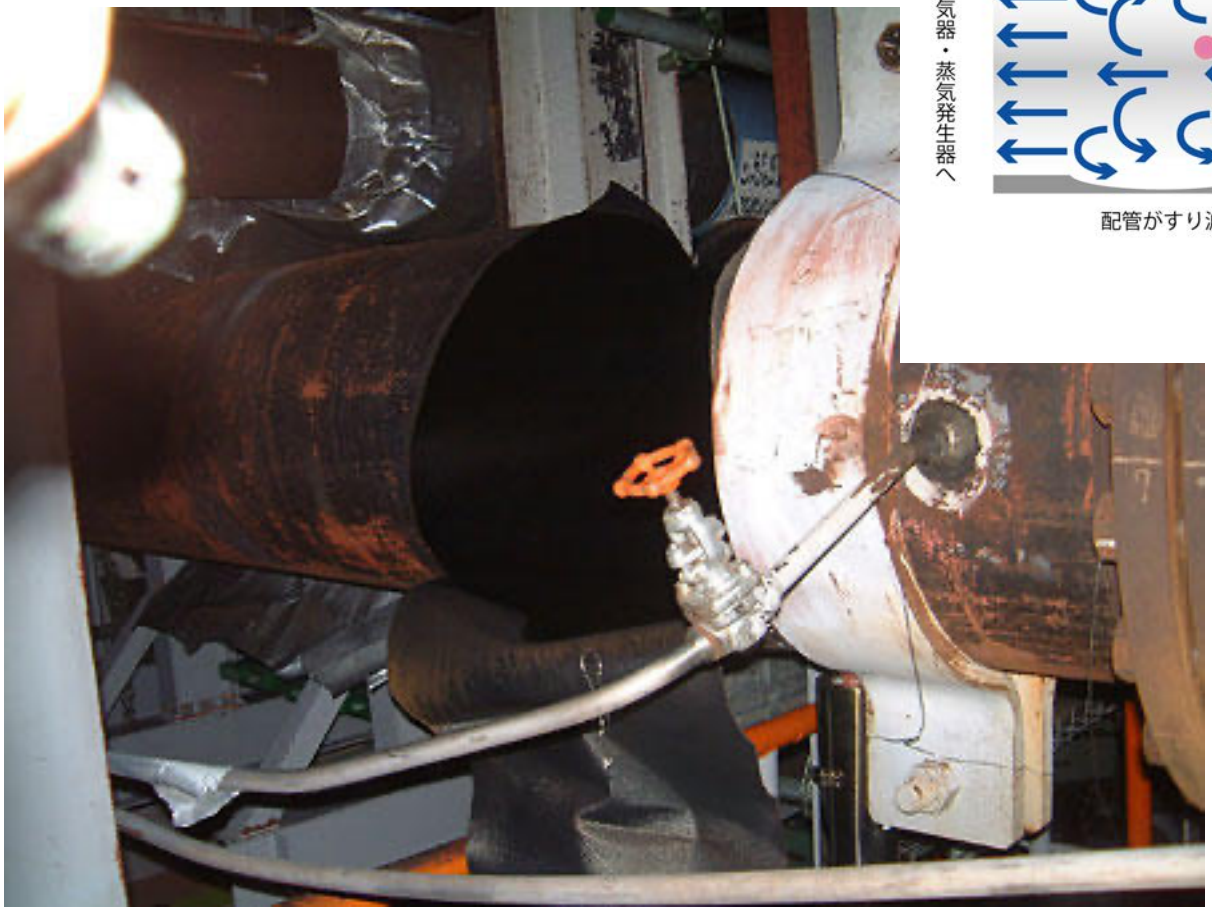


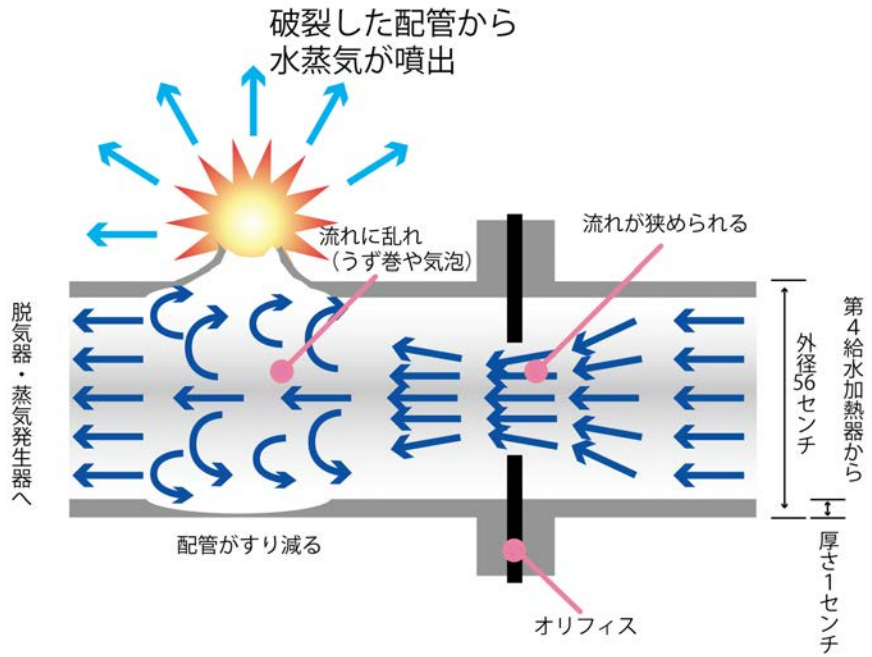
■Hx: 水平溶接部



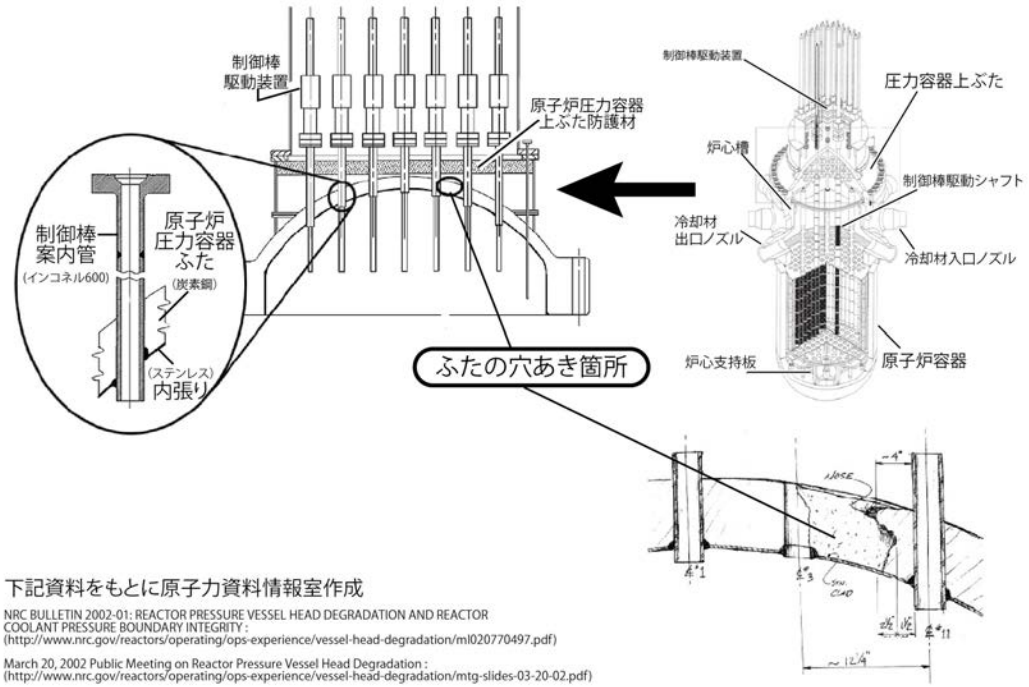
（原子力資料情報室作成）

図表2.25　美浜3号炉事故
エロージョン／コロージョンによる配管破裂
（削れ／サビ）





デビスベッセ原発・原子炉上ぶたの損傷状況



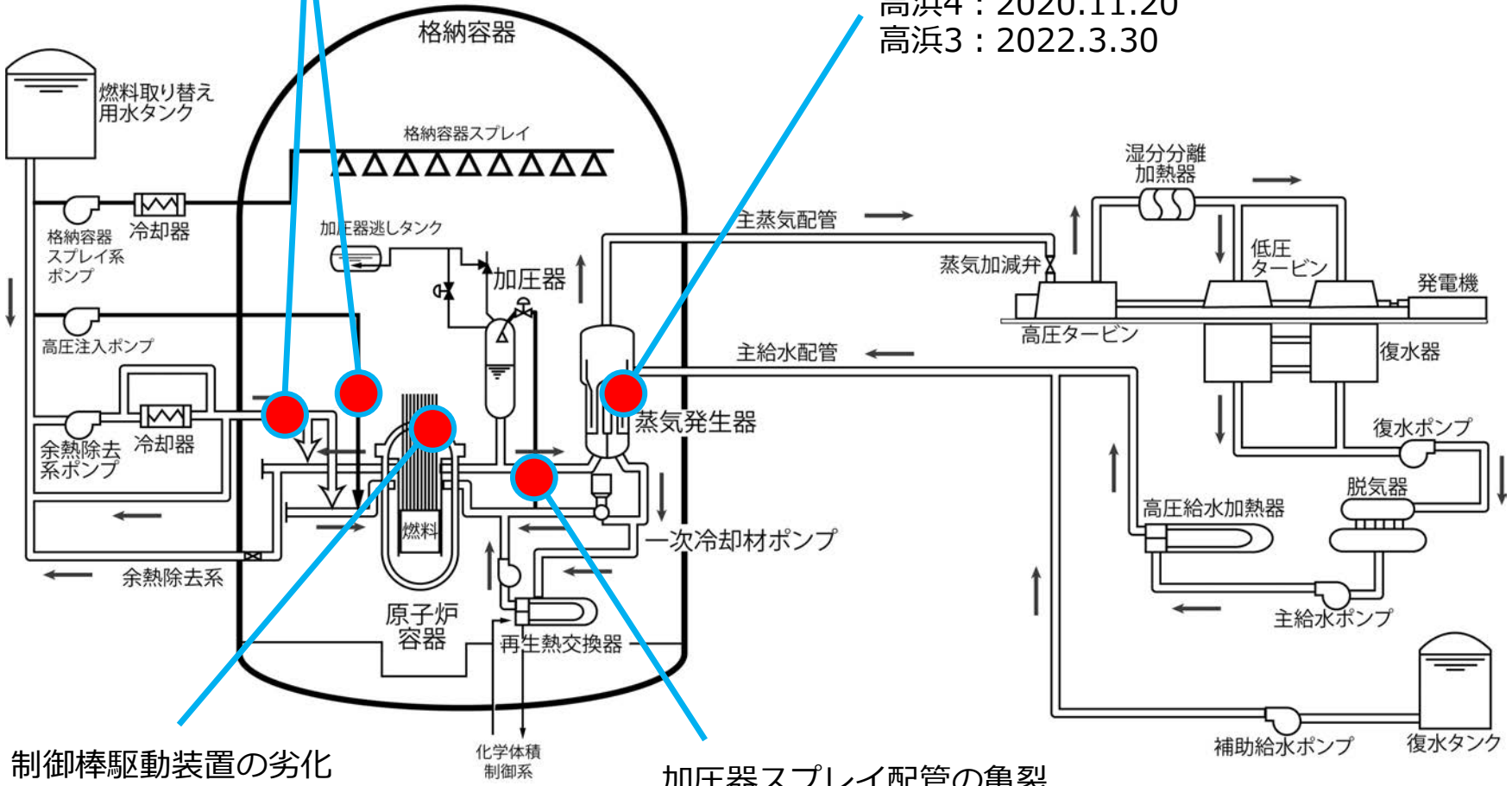
下記資料をもとに原子力資料情報室作成

NRC BULLETIN 2002-01: REACTOR PRESSURE VESSEL HEAD DEGRADATION AND REACTOR COOLANT PRESSURE BOUNDARY INTEGRITY :
(http://www.nrc.gov/reactors/operating/ops-experience/vessel-head-degradation/ml020770497.pdf)

March 20, 2002 Public Meeting on Reactor Pressure Vessel Head Degradation :
(http://www.nrc.gov/reactors/operating/ops-experience/vessel-head-degradation/mtg-slides-03-20-02.pdf)

フランスのPWR
安全注入系配管・余熱除去系配管の
応力腐食割れ・疲労割れ（2021～）

蒸気発生器の伝熱用細管の損傷
高浜4：2020.11.20
高浜3：2022.3.30



制御棒駆動装置の劣化
高浜4：2023.1.30

加圧器スプレイ配管の亀裂
大飯3：2020.8.30

フランス・大型原発の安全注入系配管を中心に一次系配管でひび割れ広がる

■シヴォー１号炉の安全注入系でひび割れ発見

2021年10月21日、フランス電力（EDF）はフランス原子力安全局（ASN）に、シヴォー原発１号炉の安全注入系（非常用炉心冷却系）配管のエルボ（曲管）部の溶接付近でひび割れ（亀裂）が発生している徴候がみつかった、と報告した。シヴォー１号炉は、N4型とよばれる1450万kW級（定格電気出力156.1万kW）のPWRである。シヴォー１号炉は1997年12月に初めて送電をおこない、2002年１月に営業運転が開始された。EDFがひび割れを発見したのは２度目となる10年ごとに実施される安全性総点検のため運転停止中（2021年８月から）のことで、超音波探傷装置をつかって配管の検査をおこなっていた。

安全注入系は、燃料取り替え用水タンクなどを水源として、一次系からの冷却材漏えい事故が起きたときに、原子炉にホウ酸水を注入するための非常用の装置である。N4プラントであるシヴォー１号炉の安全注入系は、低圧注入系（20気圧）と中圧注入系（120気圧）と蓄圧タンク（原子炉圧力が40気圧以下で起動）からなり、４つの一次系ループそれぞれに接続されている。低圧注入系は一次系の高温側（原子炉を出たところ；蒸気発生器の上流側）と低温側（原子炉に入るところ；蒸気発生器の下流側）の両方から注入され、中圧注入系と蓄圧タンクは低温側からのみ注入されるしくみになっている。

シヴォー１号炉でひび割れがみつかった場所は、安全注入系が一次系の主配管につながる直前の配管のエルボ部の溶接付近で、隔離弁の下流側にあたる。この配管はステンレス製で直径が約30センチ、厚さが約30ミリである。原因調査のためひび割れ箇所を切り出して金属ラボでの調査をおこない、溶接部の周囲に応力腐食割れが発生しており、深さが0.75～5.6ミリに達していることがわかった。

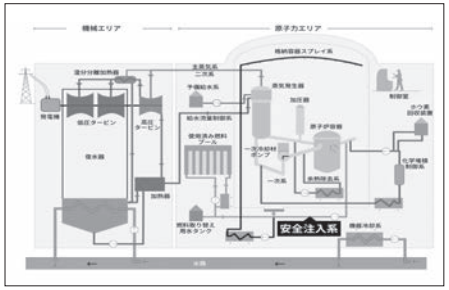
問題は、このひび割れが進展をつづけたとき、地震の揺れや安全注入系稼働による応力が加わることによって、安全注入系に漏えいないしは破断事故が発生して、その状況では、一次冷却材の喪失事故につながる危険性がある、ということである。緊急時に使う可能性のある配管に信頼がおけないのは致命的である。

図1　フランスの原発地図

■次々にひび割れ発見

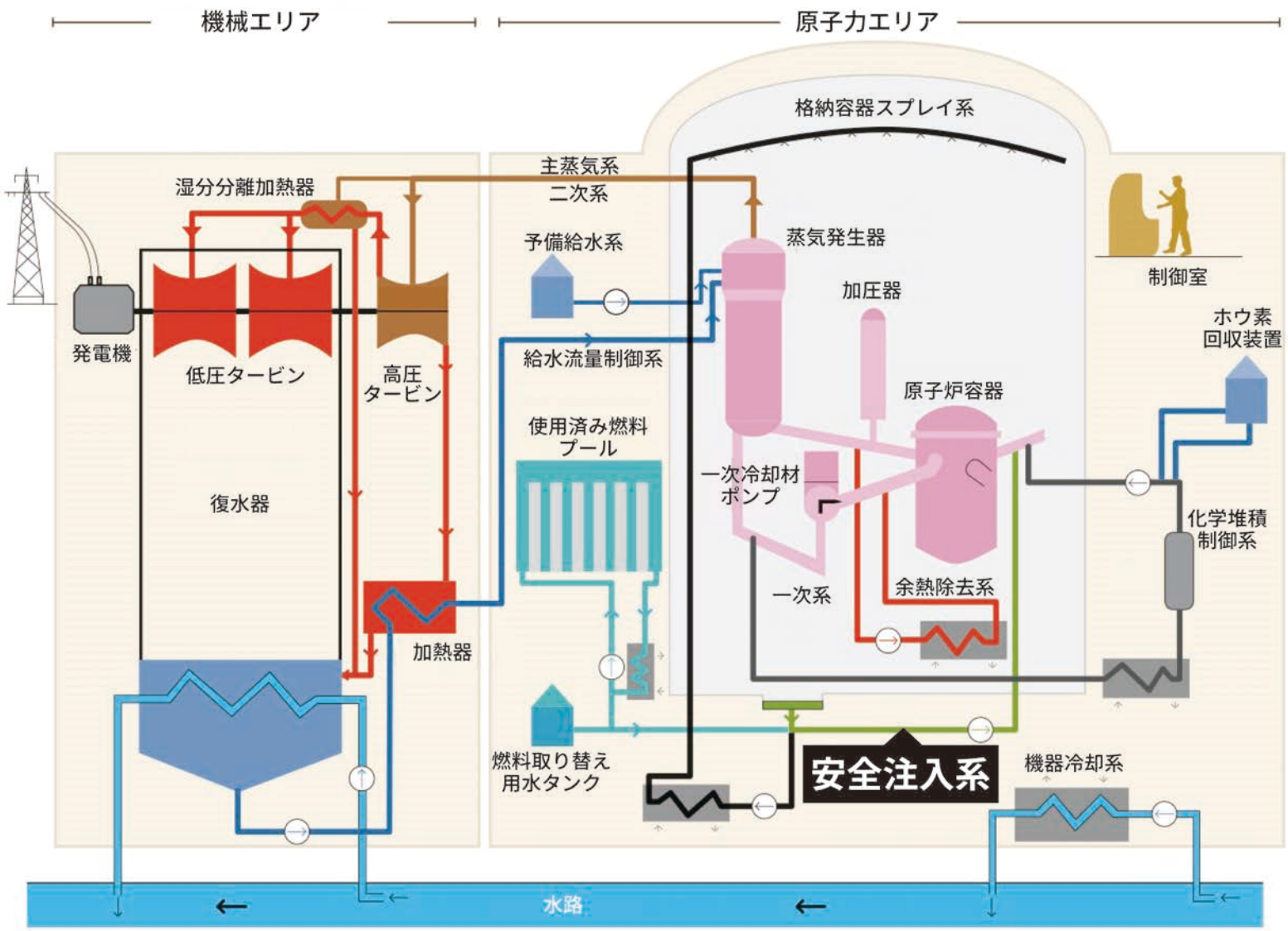
シヴォー１号炉でひび割れがみつかったことで、

図2　PWRのプラント概要（ASNの資料をもとに）



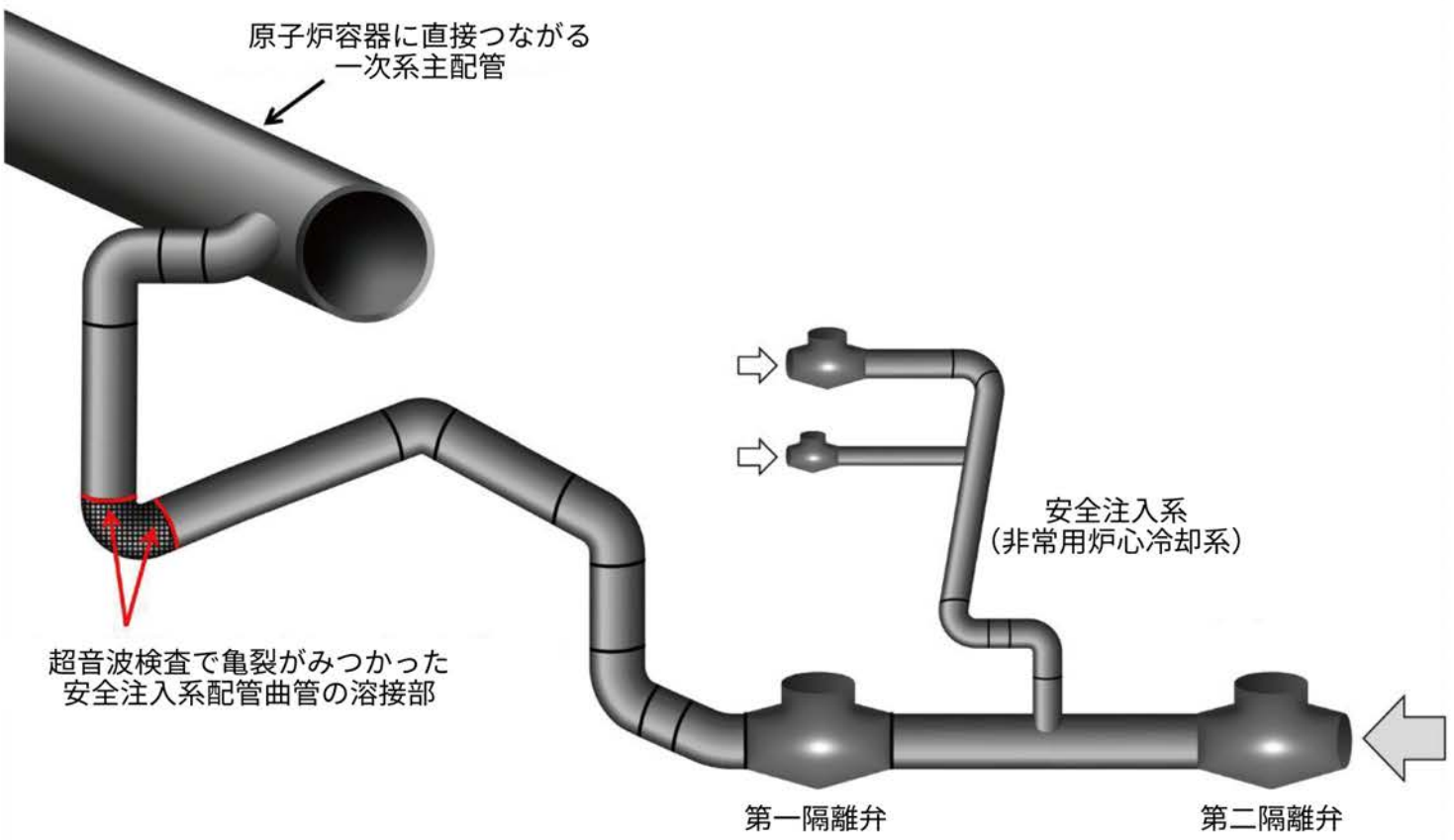
フランスの原発地図

−5°
0°
5°
10°
50°
45°
km
0
100
200
グラブリーヌ
リール
パンリー
パリュエル
フラマンビル
ショー
カットノン
パリ
ノジャン
ストラスブール
サンローラン
ダンピエール
フェッセンアイム
（閉鎖）
ベルビル
ディジョン
ナント
シノン
シヴォー
リヨン
ビュジェイ
サンタルバン
ルブレイユ
ボルドー
クリュアス
トリカスタン
ゴルフェシュ
マルセイユ
原発
都市

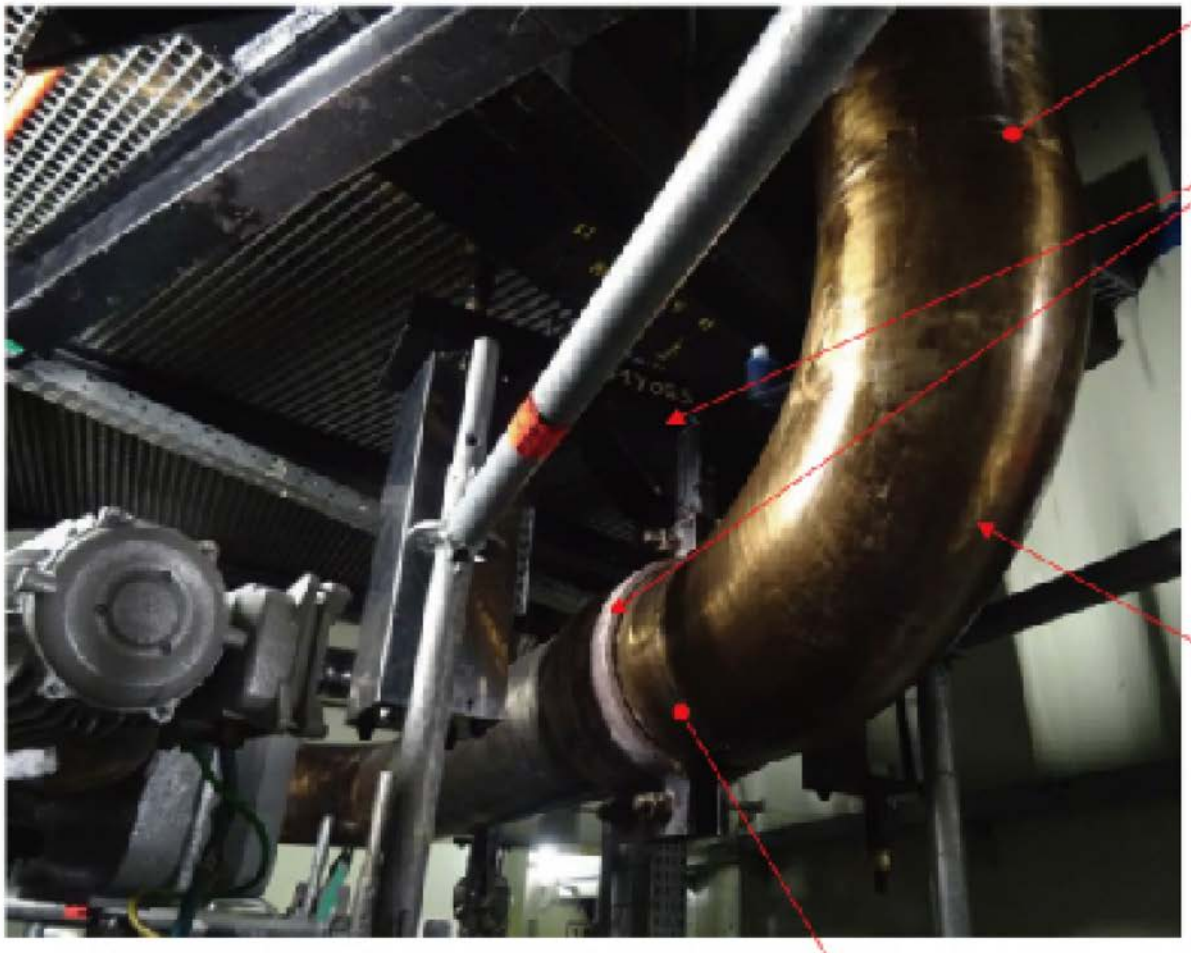


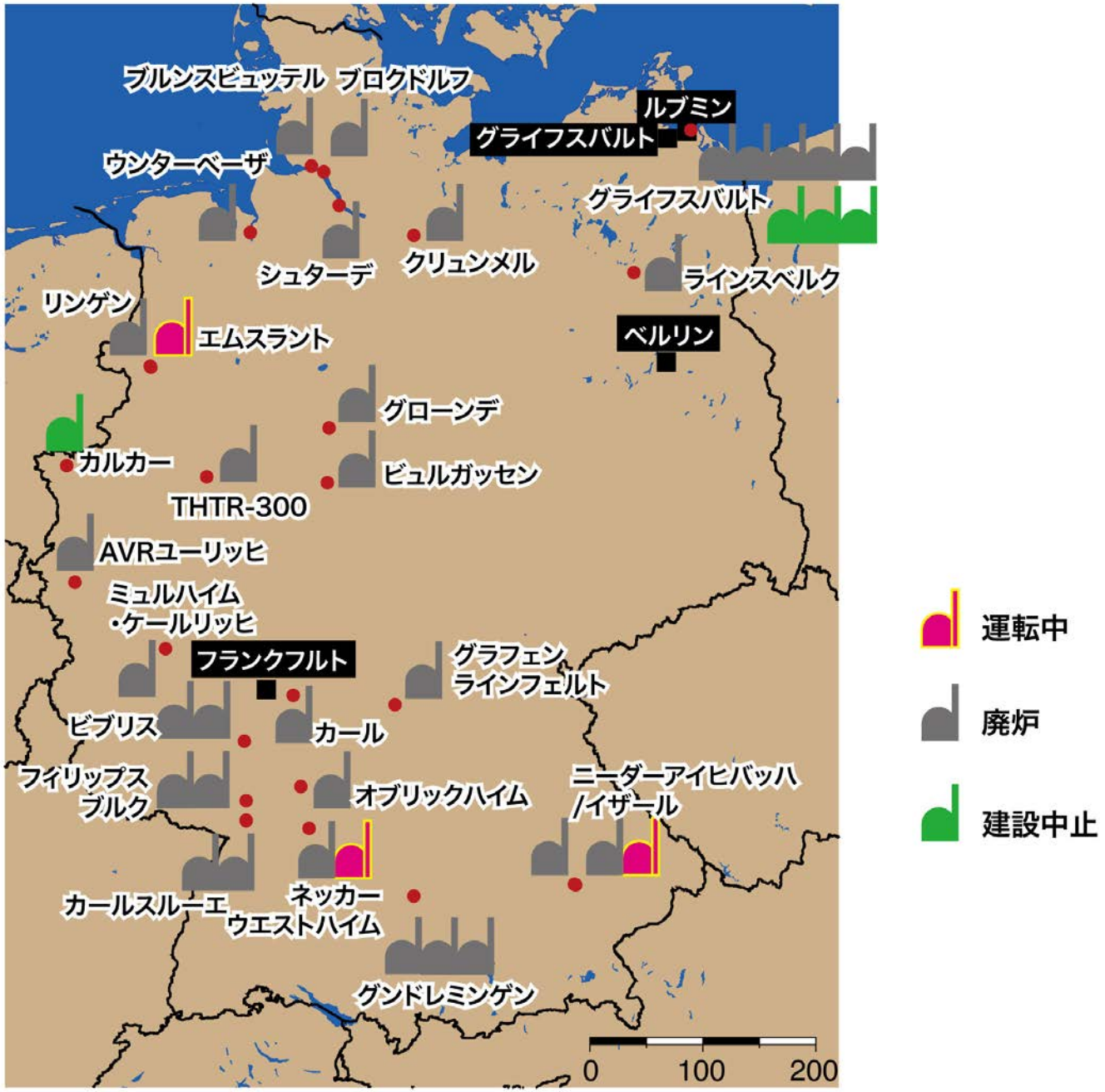
PWRのプラント概要（ASNの資料をもとに）

安全注入系と一次系主配管の接続状況（IRSNの資料より）



シヴォー１号炉の安全注入系のひび割れ位置（ASNの資料より）




ブルンスビュッテル
ブロクドルフ
ルブミン
グライフスバルト
ウンターベーザ
グライフスバルト
シュターデ
クリュンメル
ラインスベルク
リンゲン
エムスラント
ベルリン
グローンデ
カルカー
ビュルガッセン
THTR-300
AVRユーリッヒ
ミュルハイム
・ケールリッヒ
フランクフルト
グラフェン
ラインフェルト
ビブリス
カール
フィリップス
ブルク
オブリックハイム
ニーダーアイヒバッハ
/イザール
ネッカー
ウエストハイム
カールスルーエ
グンドレミンゲン
0
100
200
運転中
廃炉
建設中止