

主題5 福島事故から学ぶ(1)

**止めて 冷やして 閉じ込める
(事故の状況)**

5. 福島事故から学ぶ(1)

— 止めて冷やして閉じ込める (事故の状況) —

どうして?

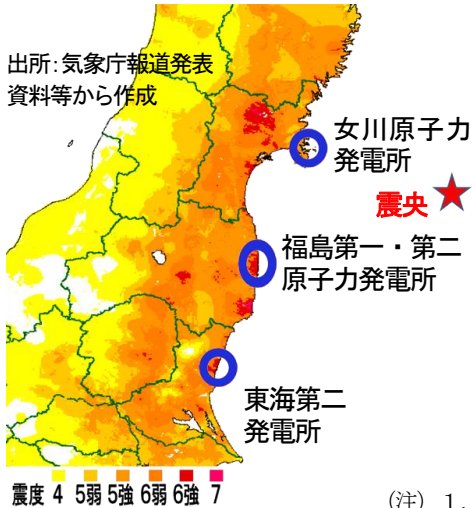
東日本大震災において、津波に襲われた原子力発電所の結果は大きく異なった。この違いはどこにあるのだろう。



※遡上高

各発電所の地震発生から数日間の状況

1. 東日本大震災と近隣の原子力発電所の状況

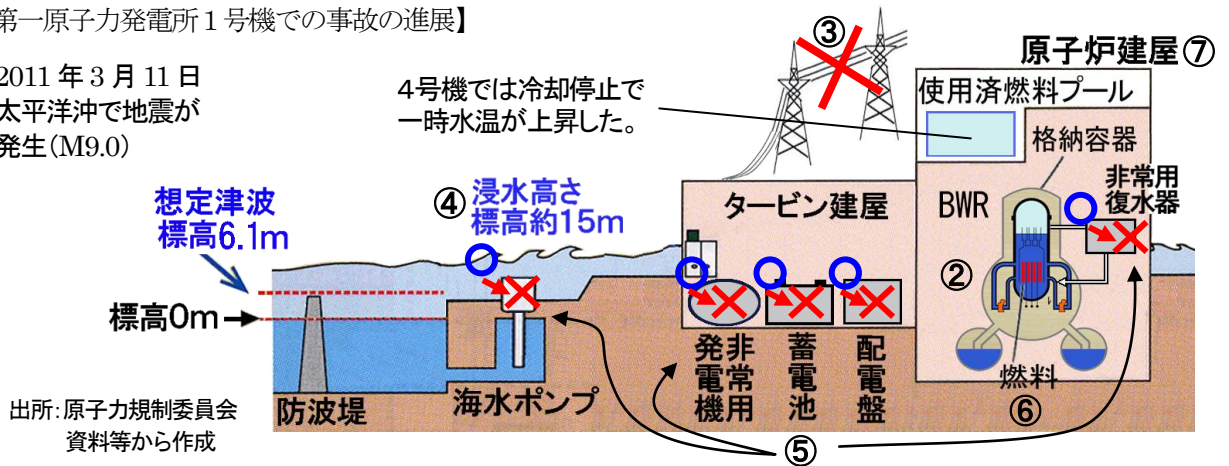


| | 福島第一 | | 福島第二 | 女川 | 東海第二 | |
|-------|----------------|---------|----------|---------|-------|-----|
| | 号機 | 1 2 3 4 | 5 6 | 1 2 3 4 | 1 2 3 | 1 |
| 津波高さ | 15.5m** | | 14.5 m** | 13 m | 5.3 m | |
| 敷地高さ | 10m | 13m | 12m | 13.8m | 8m | |
| 地震発生後 | 制御棒挿入 | ○ | — | ○ | ○ | ○ |
| | 外部電源 | × | × | ○ | ○ | × |
| | 非常用発電機 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 海水ポンプ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 津波襲来後 | 燃料の状態 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 外部電源 | × | × | ○ | ○ | ×→○ |
| | 非常用発電機 | × | △ | △ | ○ | ○ |
| | 海水ポンプ | × | ×→○ | △ | ○ | ○ |
| 燃料の状態 | 1-3号機× 4号機○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |

(注) 1. 赤丸の番号は地震発生時運転中、黒丸は停止中の号機を示す。
2. △は号機によって運転または停止したことを、×→○はその後復旧したことを表す。

【福島第一原子力発電所1号機での事故の進展】

- ① 2011年3月11日 太平洋沖で地震が発生(M9.0)



| 出来事 | 発電所の状況 | 止めて・冷やして・閉じ込める |
|---|---|---|
| 地震の発生 (①) 14時46分 | <ul style="list-style-type: none"> 制御棒自動挿入で原子炉停止。(②) 非常用発電機や海水ポンプなど燃料の冷却に必要な機器が自動起動。格納容器は健全。 発電所外の送電線が壊れ、外部から発電所への電力供給(外部電源)が停止。(③) | 止めて: ○ 冷やして: ○ 閉じ込める: ○ |
| 津波の襲来 (④) 15時27分頃(第一波) 15時35分頃(第二波) | <ul style="list-style-type: none"> 海水ポンプ、非常用発電機・蓄電池などが海水で故障、全電源がなくなり冷却停止。(⑤)* 燃料温度が上昇し損傷。(⑥) 燃料損傷で発生した水素が原子炉容器、格納容器を抜けて原子炉建屋に漏れ出し滞留。水素爆発で原子炉建屋が損傷し放射性物質が拡散。(⑦) | 止めて: ○ 冷やして: × 閉じ込める: 当初○→その後× (注) ○: 成功 ×: 失敗 |

*国会事故調報告書はより早い段階での非常用発電機の停止などを指摘しており、原子力規制委員会で分析されている。

2. 事故の直接的影響

(1) 事故直後の周辺地域への影響

事故によって放射性物質が周辺に拡散した。福島第一原子力発電所周辺の地域は汚染状況によって、三つの区域に分けられ、これらの措置によって約11万5,000人程度が避難した。

国際原子力・放射線事象評価尺度で、チェルノブイリ事故と同じレベル7と評価された（放射性物質の放出量はチェルノブイリ事故の1割程度）。

(2) その後の影響や被害

① 周辺地域の人々及び発電所の状況

避難が長期化し、多くの住民が自宅へ帰れないままである。発電所では、今後、壊れた原子炉から燃料を取り出し、安全に処分していく必要がある。

② 放射能汚染

周辺の土壌が放射性セシウムによって汚染された。
また、発電所からの汚染水の流失が長期化している。

=> 食品の放射能基準の見直し、
検査体制の強化が行われた。

③ 健康影響

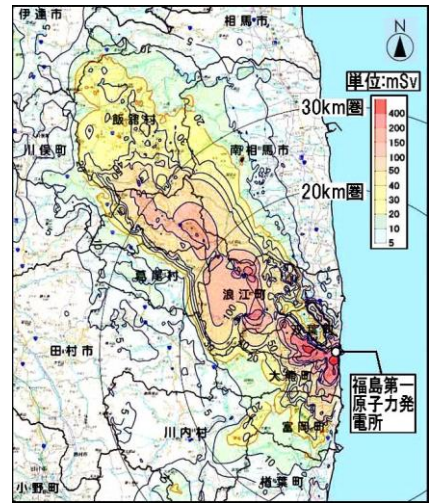
全県民対象に被ばく線量の推計調査が行われている。
また、事故時18歳以下を対象に甲状腺の継続検査が行われている。

④ 風評被害

海外で日本の食料品や製品の輸入が制限された。
また、避難者への偏見が問題となった。



汚染状況による地域区分



平成24年3月11日までの
積算放射線量推定マップ

3. 事故の二次的影響

(1) 原子力発電の安全性への懸念の広がり

☞ 福島事故から学ぶ (2) へ

① 国内の全原子力発電所の運転停止

政府による停止要請や定期検査入りによる順次停止によって、平成24年5月5日に国内の全原子炉が停止した。その後、大飯3,4号機が再起動したが、平成25年9月15日に再び全部停止した。

② 原子力規制委員会の発足と原子力災害対策指針・新規規制基準の策定

原子力規制委員会が発足し、原子力災害対策の見直しが進められた。
平成25年7月8日に新規規制基準が施行された。

③ 海外の原子力政策への影響

ドイツは古い発電プラント7基を直ちに停止し、その他の10基についても2022年までに段階的に停止することを決定した。一方、フランスや米国は原子力発電の利用を継続することを確認している。

(2) 電力供給の危機

☞ 福島事故から学ぶ (3) へ

① 節電

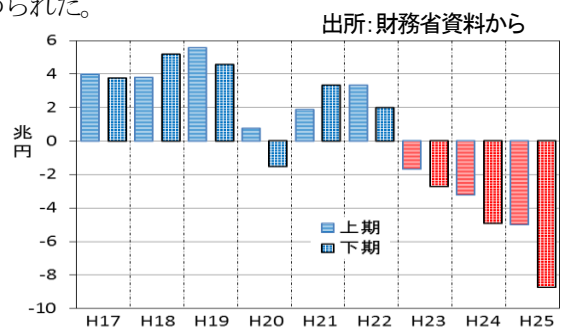
直後は東京電力の供給地域で計画停電が行われた。その後、毎年、全国的に夏と冬に節電が呼びかけられている。

② 火力発電による代替

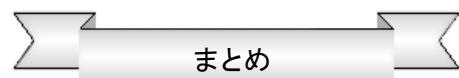
原子力発電の停止分は火力発電で補われている。燃料の液化天然ガス (LNG) や石油の輸入量増加などによって、わが国の貿易収支は赤字が続いている。また、各電力会社は電力料金の値上げを実施した。



・多くの人々が今も風評被害に苦しんでいると言われている。どのような風評被害があるか、調べてみよう。



貿易収支の半期別推移



- ・東日本大震災において、津波に襲われた原子力発電所の結果を比較してみよう。
- ・原子力発電所の事故は、社会にどのような影響を与えたのか、考えてみよう。

主題5 「福島事故から学ぶ（1）（止めて冷やして閉じ込める（事故の状況）」の学習展開

授業のねらい：炉心損傷に至った福島第一原子力発電所と、損傷に至らなかった近隣の原子力発電所との状況を比較し、その相違点や類似点から、炉心損傷という最悪の事故が起こった原因を考える。炉心損傷に至ったのは何が足りなかったのか、何があればそうならなかったのかを、事実を踏まえて客観的に考察し、自分自身の言葉で考えを簡潔に説明できる。

所要時間：3時間（1－3を通して）

学習の展開（1）

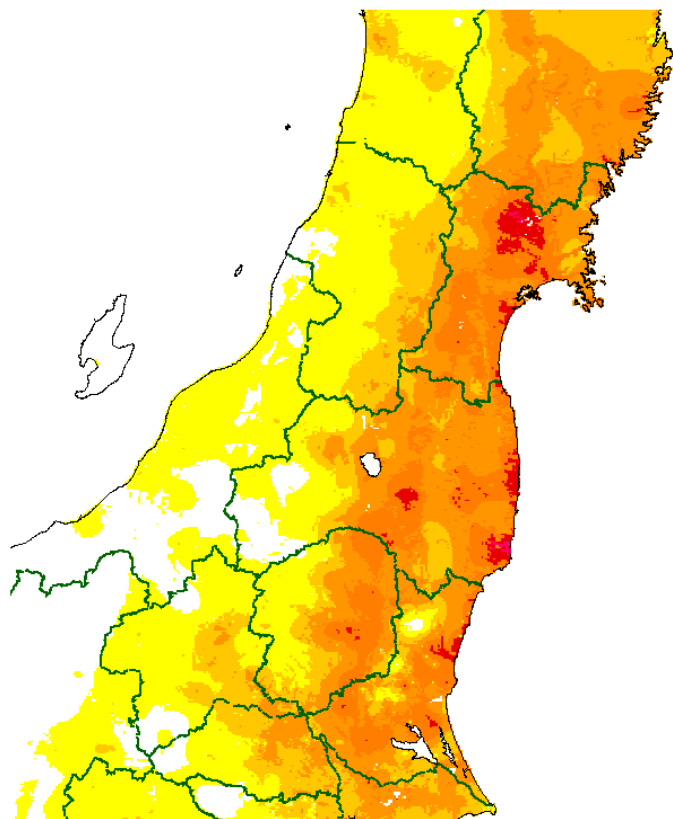
| 学習項目と内容 | 学習のポイント | 教師用資料・WSとの関連等 |
|---|--|--|
| <p>＜問いかけ＞</p> <p>東日本大震災において、津波に襲われた原子力発電所の結果は大きく異なった。この違いはどこにあるのだろう。</p> <p>1. 東日本大震災と近隣の原子力発電所の状況</p> <p>2. 事故の直接的影響</p> | <p>東日本大震災において、福島第一、福島第二、女川及び東海第二の4発電所が津波に襲われ、炉心損傷に至ったのは福島第一原子力発電所だけであった。これらの発電所の地震及び津波による被害とその後の対応状況を比較することによって、炉心損傷に至った理由、炉心損傷に至らなかった要因を考察することができる。生徒用資料の図で主要なポイントの比較ができるが、より詳しく知りたい生徒には別途用意した福島第一と福島第二の事故対応状況の時系列表を利用するとよい。生徒自身に考えさせよう。</p> <p>燃料の健全性を維持し、放射性物質が漏れるのを防ぐのにするのに必要なことは、「止めて」「冷やして」「閉じ込める」に尽きる。この3つの機能に注目して、「各発電所の地震発生から数日間の状況」表などをもとに比較させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「止めて」（制御棒挿入）：4つの発電所の全号機で成功。 ・「冷やして」（冷却水の注入）：冷却水の注入には水源、ポンプ及びポンプの電源が必要である。 ・「閉じ込める」（原子炉格納容器の健全性維持）：原子炉格納容器の健全性を維持にも冷却水の注入が必要である。 <p>一福島第一原子力発電所での爆発は、燃料の損傷で発生した水素が原子炉建屋に漏れ出し引火したものと推定されている。原子炉の爆発と誤解されている場合があるので、必要に応じ説明を加えておくとよい。</p> <p>周辺環境が放射性物質によって汚染されたことによって引き起こされた事態を確認する。また、その影響は今も継続しており、長期的な対応が必要なことを認識させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・事故を受けて食品規制が強化されたこと、福島県民を対象に健康影響調査及び福島復興に向けた取り組みなどの状況を伝え、その後の状況について関心を持ち続けることの大切さを認識させる。 | <p>時系列表「福島第一原子力発電所での事故対応状況（冷却水注入・住民避難まで）」</p> <p>時系列表「福島第二原子力発電所での事故対応状況（冷温停止状態移行まで）」</p> <p>教師用 Q1-4</p> <p>WS1「震度・津波高さと近隣の発電所の位置」</p> <p>WS2「地震・津波後の発電所の状況」</p> <p>時系列表「福島第一原子力発電所事故後の関連動向」</p> <p>教師用 Q5-10</p> <p>WS3「福島第一原子力発電所事故の影響」</p> |

| 学習項目と内容 | 学習のポイント | 教師用資料・WSとの関連等 |
|--|--|---|
| <p>3. 事故の二次的影響</p> <p><まとめ></p> <ul style="list-style-type: none"> 東日本大震災において、津波に襲われた原子力発電所の結果を比較してみよう。 原子力発電所の事故は、社会にどのような影響を与えたのか、考えてみよう。 | <p><質問></p> <ul style="list-style-type: none"> 多くの人々が今も風評被害に苦しんでいると言われている。どのような風評被害があるか、調べてみよう 一時間があれば、風評被害とは何か、加害者にならないためどのように心がけるべきか考えさせてみよう。 <p>福島第一原子力発電所の事故が国内外の原子力発電所の運転や原子力政策に及ぼした影響、及び原子力発電所の停止による電力不足への社会の対応状況について、知っている範囲内で振り返らせる。また、それらが日本社会の現状にどのように影響しているかを考えさせ、次の学習につなぐ。</p> <ul style="list-style-type: none"> ここでの生徒の疑問等を、以降の学習において深める構成であるが、生徒の関心が高いものについては、必要に応じこの段階で、次の時間の資料を利用して説明を加えておくとよい。 <p>以降の学習につなげる観点で整理させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> 福島第一、福島第二、女川及び東海第二の4発電所の比較結果を、「止めて」「冷やして」「閉じ込める」の3つの安全機能から振り返り、福島第一原子力発電所だけが炉心損傷に至った直接的な原因をまとめる。 一炉心損傷に至った背景要因にまで検討を深めたい場合は、次の時間において、いくつかの調査組織が行った調査報告書を参考に進めるとよい。 社会的影響については、余裕があれば、これまでの影響だけでなく、今後の長期的な影響についても考察させるとよい。 | <p>時系列表「福島第一原子力発電所事故後の関連動向」</p> <p>WS3「福島第一原子力発電所事故の影響」</p> <p>必要に応じ「福島事故から学ぶ(2)-(3)」の教師用資料参照</p> |

ワークシート1：震度・津波高さしんと津波高さつと近隣りんの発電所の位置

次の図は東日本大震災で観測された震度と津波高さの分布を示したものである。
震度分布の地図上で、太平洋側にある原子力発電所の位置を確認してみよう（マークしよう）。

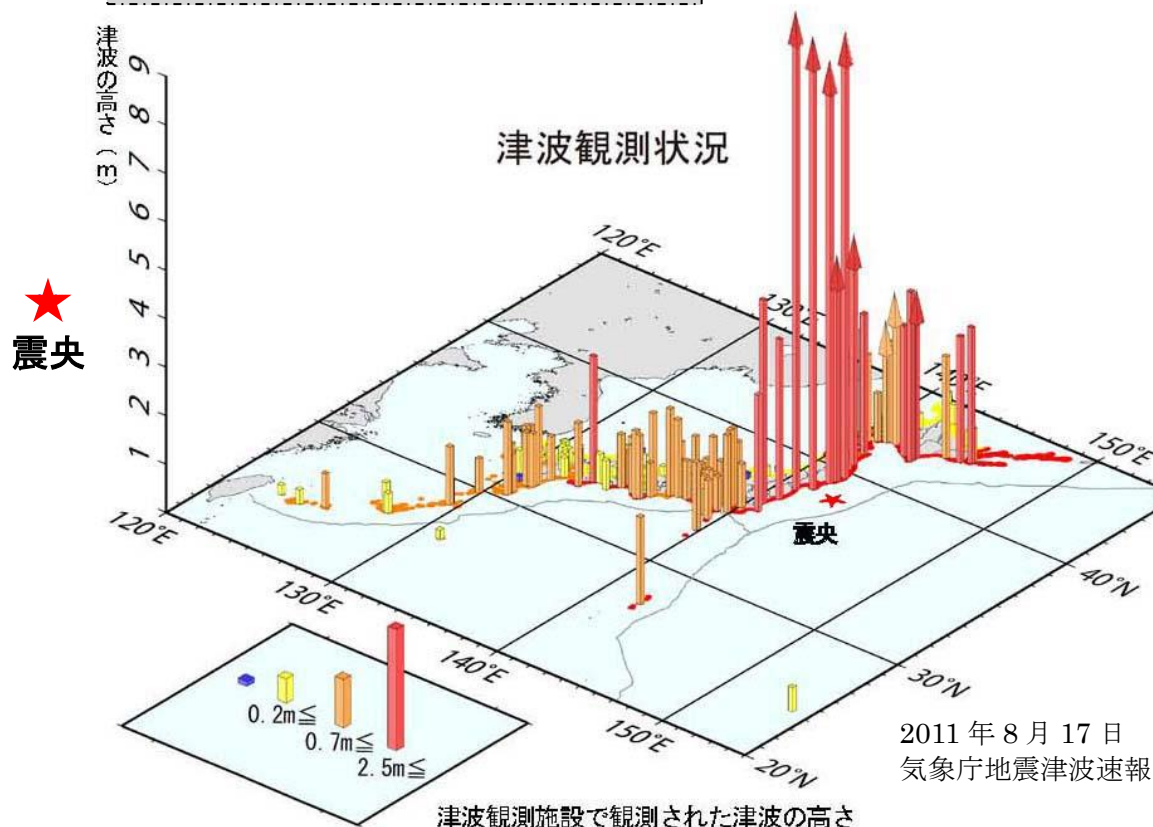
平成23年3月11日14時46分頃の三陸沖の地震 推計震度分布図



【震源要素】
2011年03月11日14時46分 三陸沖 M7.9 震度 4 5弱 5強 6弱 6強 7
【情報時刻】
2011年03月11日15時01分

気象庁報道発表資料から (M 値はその後 9.0 に変更された)

- 女川原子力発電所
- 福島第一・第二原子力発電所
- 東海第二原子力発電所



2011年8月17日
気象庁地震津波速報から

津波観測施設で観測された津波の高さ
矢印は、津波観測施設が津波により被害を受けたためデータを手に入れない期間があり、後続の波でさらに高くなった可能性があることを示す。

ワークシート2：地震・津波後の発電所の状況

1. 燃料の損傷を防ぎ、放射能を閉じ込めるには、「止めて」「冷やして」「閉じ込める」の安全機能が、正常に働くことが必要だ。

地震と津波によって、安全機能に関わる設備がどうなったのか、福島第一原子力発電所1-4号機※、

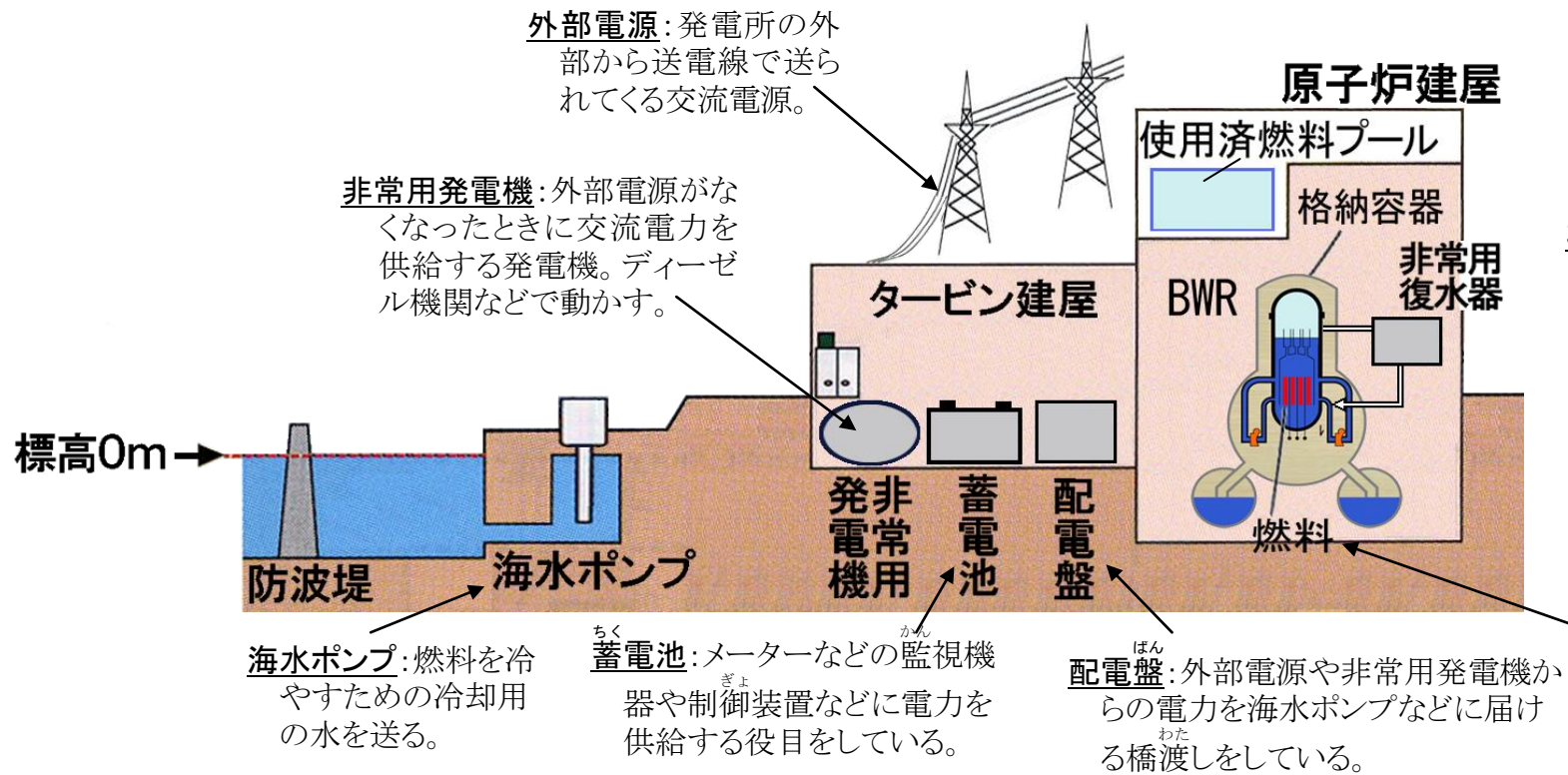
福島第二原子力発電所1-4号機、及び女川原子力発電所1-3号機について、比較してみよう。

次の空欄に、○：正常または正常に運転、△：号機によって運転または停止、×：停止または損傷のいずれかを記入しよう。

※少し離れた位置に5・6号機があるが、この作業では省略した。

| | | 福島第一原子力発電所 1-4号機 | 福島第二原子力発電所 1-4号機 | 女川原子力発電所 1-3号機 |
|--------------|---------|---------------------|---------------------|-------------------|
| 地震前の各号機の運転状況 | | ① ② ③ ④ | ① ② ③ ④ | ① ② ③ |
| 地震発生後 | 制御棒挿入 | ○ | ○ | ○ |
| | 外部からの電源 | × | ○ | ○ |
| | 非常用発電機 | ○ | ○ | ○ |
| | 海水ポンプ | ○ | ○ | ○ |
| | 燃料の状態 | ○ | ○ | ○ |
| 津波襲来後 | 外部からの電源 | × | ○ | ○ |
| | 非常用発電機 | × | △ | ○ |
| | 海水ポンプ | × | △ | ○ |
| | 燃料の状態 | 1-3号機× 4号機○ | ○ | ○ |

号機の運転状況 白丸数字：運転中 黒丸数字：停止中



使用済燃料プール: 原子炉から取り出した燃料を水中で冷やしながらか保管するプール。

非常用復水器: 交流電源が全部なくなった時に燃料を冷やす装置。原子炉で発生した蒸気を大気で冷して水にして、自重で再び原子炉に戻す。今回は正常に作動しなかった。2号機以降は別の方式の装置が設置されている。

燃料: 核分裂で発熱。制御棒が燃料中に挿入されると核分裂が停止する。

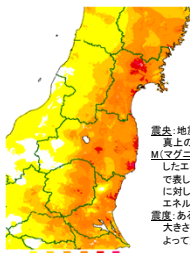
2. 前表の比較結果から、気づいたことや考えたことをまとめよう。

ワークシート3：福島第一原子力発電所事故の影響

福島第一原子力発電所の事故は様々な影響を国内外にもたらした。
思いつくものを次の分類にしたがってあげてみよう。

| 分 類 | 影 響 |
|--------------------|-----|
| 事故によって直接的にもたらされたもの | |
| 間接的・二次的にもたらされたもの | |

Q1 東日本大震災の地震とは？



正式名称:平成23年東北地方太平洋沖地震

- ・2011年3月11日14時46分発生、M9.0
- ・震源は北米プレートと太平洋プレートの境界

震災★

震災:地震が発生した場所(震源)の直上の地表部分。M(マグニチュード):地震で発生したエネルギーの大きさを対数で表したもので、したがって地震に対して1つの値が1増えるとエネルギーは32倍となる。震度:ある地点における揺れの大きさを表したもので、場所によって変わる。



震度 4 5弱 5強 6弱 6強 7
出所:気象庁報道発表資料から

国内観測史上最大規模。その後も余震が続き、M7.0以上が7回、M6.0以上が111回、M5.0以上が762回※も発生した。

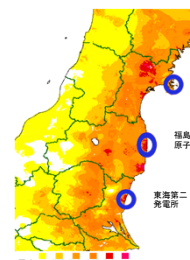
金震:大きな地震の後にその近くで発生する多数の地震のこと。最初の大きな地震が金震、その後の地震が余震。

※2013年1月18日08:00現在
気象庁ホームページから

震度と揺れ方の関係は……

震度と揺れ等の状況(気象庁広報資料から)

Q2 近くの原子力発電所の揺れはどの程度？



| 号機 | 最大加速度値(gal)※2 | | 近くの震度 |
|------|---------------|-------------------|----------|
| | 南北方向 | 東西方向 | |
| 女川 | ① | 540(532) 587(529) | 6強 |
| | 2 | 607(594) 461(572) | 石巻市(桃生町) |
| | ③ | 573(512) 458(497) | |
| | ④ | 460(487) 447(489) | |
| | ⑤ | 348(441) 550(438) | 6強 |
| | 4 | 281(447) 319(445) | 大熊町 |
| 福島第一 | ① | 311(452) 548(452) | 双葉町 |
| | 2 | 298(445) 444(458) | 浪江町楡 |
| | ③ | 254(434) 230(434) | 葉町 |
| | ④ | 243(428) 196(429) | 富岡町 |
| | ⑤ | 277(428) 216(430) | |
| | ⑥ | 210(415) 205(415) | 6弱 |
| 福島第二 | ① | 214(393) 225(400) | 6弱 |
| | ② | | 東海村 |

震度 4 5弱 5強 6弱 6強 7
出所:気象庁報道発表資料等から作成

gal(ガール):揺れの強さを加速度で表したもので、1gal=1cm/秒²、980ガルは1G(重力加速度)となる。

※1:赤丸は運転中であったことを表す。
※2:建屋基礎層上の値、括弧内は設計値、赤字は設計値を超えたことを表す。鉛直方向は全て設計値以下だった。

設計を超えて揺れて大丈夫だったの……

地震(①)発生後、全ての発電所は直ちに停止した。

- ・制御棒自動挿入で原子炉停止。(②) **止めて○**
- ・非常用発電機や海水ポンプなど燃料の冷却に必要な機器が自動起動。 **冷やして○**
- ・格納容器は健全。 **閉じ込める○**
- ・発電所外の送電線が壊れ、発電所外部からの交流電源(外部電源)が停止。(③)

非常用発電機:外部電源がなくなったときに交流電力を供給する発電機。ディーゼル機関などで動かす。用途:メーターなどの監視機器や制御装置などに電力を供給する役目をしている。

配置:外部電源や非常用発電機からの電力を海水ポンプなどに振り回している。海水ポンプ:燃料を冷やすための冷却用の水を送る。

非常用復水器:交流電源がなくなった時に燃料を冷やす装置。原子炉で発生した蒸気を大気中で冷して水に戻し、自重で再び原子炉に戻す。

使用済燃料プール:原子炉から取り出した燃料を水中で冷却しながら保管するプール。

出所:原子力規制委員会資料等から作成
※国会事故調の報告書はより早い段階での非常用発電機の停止などの可能性を指摘しており、原子力規制委員会分析が進められている。(主眼の資料参照)

地震後の各発電所の様子は……

原子炉が停止(制御棒が挿入され核分裂停止)し、燃料(崩壊熱がある)は冷却されていた。

各発電所の地震後(津波襲来前)の状況

| 発電所 | 福島第一 | | 福島第二 | | 女川 | | 東海第二 |
|--------------|-------------|---------|---------|-------|-------|---|-------|
| 発電状況 | 1 2 3 4 5 6 | 1 2 3 4 | 1 2 3 4 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 | 1 |
| 制御棒挿入(原子炉停止) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 外部電源 | ×(地震) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ×(地震) |
| 非常用発電機 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 海水ポンプ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 燃料の状態 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

【注】1:丸数字は号機、赤字は地震前は発電中、黒丸は停止中を表す。
2:○:正常または正常に運転、×:停止または故障を意味する。

制御棒が挿入されるとは……

出所:原子力図面集及び東京電力資料から

燃料と制御棒

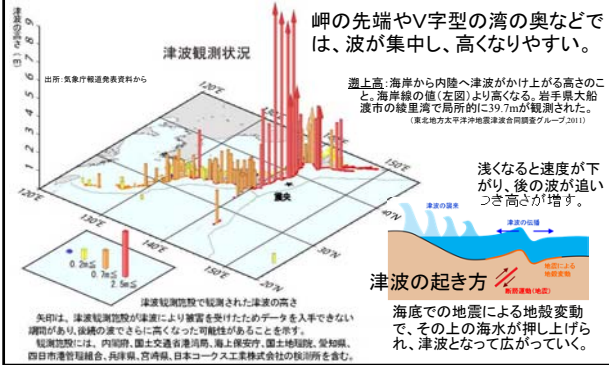
BWRは制御棒が下から挿入される(原子炉上部に蒸気用の装置があるため)

燃料の間に、断面が十字の板状の制御棒が、下から水圧で挿入される

制御棒

【補足】PWRは上から重力で落下させて挿入する(原子炉内に蒸気部分がない)。

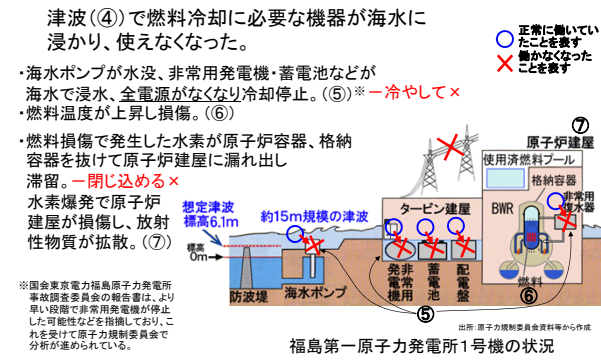
Q3 津波の状況は？



原子力発電所への津波の襲来は……



Q4 津波襲来後の原子力発電所の状況は？



津波後、その他の発電所はどうなった……

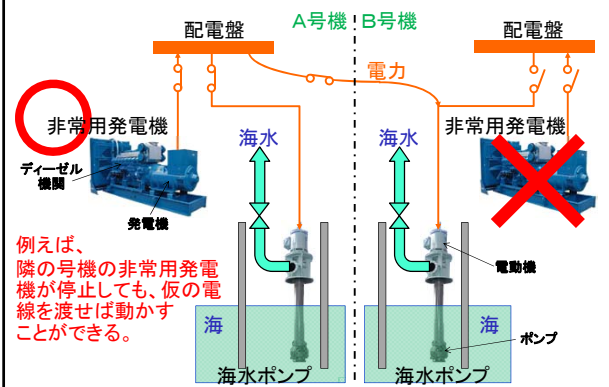
福島第一原子力発電所1~4号機以外は、冷却に必要な機器が動き続け、燃料は損傷しなかった。

各発電所の津波襲来から数日間の状況

| 発電所 | 福島第一 | 福島第二 | 女川 | 東海第二 |
|-------------|----------------|-----------------|-----|-------------|
| 発電状況 | ①②③④⑤⑥ | ①②③④ | ①②③ | ① |
| 津波高さ(遡上高) | 14-15m | 6-7m (14-15m※1) | 13m | 5.3m |
| 敷地高さ | 10m | 13m | 12m | 13.8m※2 |
| 外部電源 | ×(地震) | ○ | ○ | ×(地震) →○ |
| 非常用発電機(津波後) | × | △ | ○ | ○ |
| 海水ポンプ(津波後) | × | ×→○ | △ | ○ |
| 燃料の状態 | 1-3号機× 4号機○ | ○ | ○ | ○ |

【注】1. ○: 正常または正常に運転、×: 停止または損傷を意味する。
2. ×→○: 一旦停止したが、その後運転に復帰したことを意味する。
3. △: 号機によって運転または停止を意味する。
※1. 1号機建屋南側のみ。
※2. 地盤沈下1mを含む。

△の意味がわかりにくい……



福島第一の4号機燃料は「○」なの……



⇒1号機だけでなく、2・3号機の炉心も損傷
発電所で明暗が分かれたのは……

背景要因まで含めると様々な見方があるが、直接的に影響したものと、次の事項があげられる。

- ・津波による被害の差
 ⇒女川は敷地が高く、津波による被害が限定的だった。
- ・津波襲来後の電源の損傷状況
 ⇒福島第一は全電源を喪失したが、福島第二は外部電源が一つ使えた。東海第二は非常用電源が使えた。
- ・1号機(福島第一)の水素爆発を回避できなかった
 ⇒2・3号機は全電源がない時に働く緊急冷却装置が動いており、代替冷却への切替準備が進められていた。しかし、1号機の水素爆発によって準備が振り出しに戻り、緊急冷却装置の停止前に復旧できなかった。

地震の後に大津波が来ることは分かっていたのでは……

防潮堤、敷地高さなどの津波対策は、過去の津波を調べて、最も高かったものを基準に実施される。

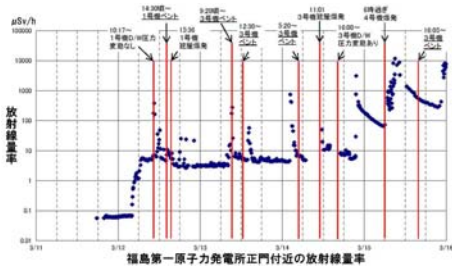
女川原子力発電所

⇒1号機建設時、文献調査や聞き込み調査では、想定された津波の高さは3m程度であったが、敷地造成の土量配分や三陸地方ということから、敷地高さを15mとした。

福島第一原子力発電所

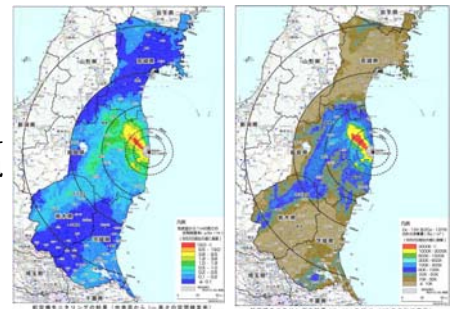
⇒建設時、既往最大の潮位として、昭和35年のチリ地震津波のとき小名浜港で観測された潮位3.122mを使用。敷地高さは10m、海水ポンプの高さは4m(その後想定高さを6.1mに見直し、海水ポンプ嵩上げ等実施)とした。
 ⇒平成20年、福島県沖の海溝沿いで明治三陸沖地震(M8.3)発生を仮定して津波水位を試算(浸水深(遡上高)最大で15.7m)。
 ⇒これを受けて土木学会へ審議を依頼

Q5 放射能(放射性物質)はどのように周辺環境に拡がった?



ベントや原子炉建屋の水素爆発によって、発電所周辺に拡がった放射性物質は、

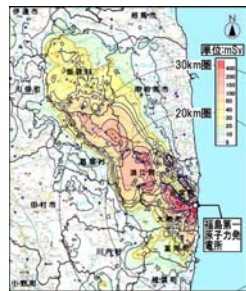
風に運ばれ、その時の風向・風速に応じて、周囲に広く拡散していった。



平成 23 年9 月原子力災害対策本部「国際原子力機関に対する日本国政府の追加報告書—東京電力福島原子力発電所の事故について—(第2報)」から

どうして北西方向の放射線量率が高い……

3月15日の午後、北北西上空に流されていった放射性物質が、たまたまその時に降った雨で、地表に落下したと推定されている。



H24.3.11までの積算放射線量推定マップ (H23.8.11までの実測値で推定)

航空機による測定するとき、放射性ヨウ素の量はなぜ測らなかった……

放射性ヨウ素は既にほぼなくなっていた。

測定は5月末から9月にかけて行われた。放射性ヨウ素の半減期は短いため、既に検出限界以下に減少している。このときに測定された空間線量の値は半減期の長い放射性セシウムによるもの(自然放射線は除いて)。

| 放射性物質 | 半減期 |
|---------|-------|
| ヨウ素131 | 約8日 |
| ヨウ素133 | 約21時間 |
| セシウム134 | 約2.1年 |
| セシウム137 | 約30年 |

Q6 漏れた放射能(放射性物質)の量はどれくらい?

事故・トラブルに対する INES※において、レベル7と暫定評価された。但し、放射性物質の放出量は、同じレベルのチェルノブイリ事故の1割程度である。

(テラ:10¹²)

| | 福島第一での想定放出量 (原子力安全委員会発表値) | チェルノブイリでの 放出量 |
|-------------|------------------------------|------------------|
| ・ヨウ素131 (a) | 15万テラベクレル | 180万テラベクレル |
| ・セシウム137 | 1.2万テラベクレル | 8.5万テラベクレル |
| ヨウ素換算値 (b) | 48万テラベクレル | 340万テラベクレル |
| (a)+(b) | 63万テラベクレル | 520万テラベクレル |

※INES(International Nuclear Event Scale):
国際原子力・放射線事象評価尺度

IE2.4.12原子力安全・保安院「東北地方太平洋沖地震による福島第一原子力発電所の事故・トラブルに対するINES(国際原子力・放射線事象評価尺度)の適用について」から

国際評価尺度とは・・・

IAEA:国際原子力機関
OECD/NEA:経済協力開発機構 原子力機関

IAEAとOECD/NEAが、原子力施設等の個々の事故・トラブルについて、それが安全上どのような意味を持つものかを簡明な指標として提言したものを。

| レベル | 3基準の中で最も高いレベルが当該事象の評価結果となる | | | 事例 |
|---------------|---|--|---|------------------------|
| | 基準1: 人と環境 | 基準2:施設における 放射線バリアと管理 | 基準3: 深層(多重)防護 | |
| 7 深刻な事故 | ・放射性物質の大規模な放出。 | | | チェルノブイリ事故(1986年) |
| 6 大事故 | ・放射性物質の相当量の放出。 | | | |
| 5 広範囲な影響を伴う事故 | ・放射性物質の限定的な放出。 | ・炉心の重大な損傷。 ・施設内での放射性物質の大量放出。 | | 米国スリーマイルアイランド事故(1979年) |
| 4 局所的な影響を伴う事故 | ・軽微な放射性物質の放出。 | ・炉心の一部損傷。 ・著しい公衆被ばくの可能性がある放射性物質の相当量の放出。 | | JCO臨界事故(1999年) |
| 3 重大な異常事象 | ・放射線による非致命的な確定的健康影響(例:ヤけど)。 ・10 mSvを超える公衆の被ばく。 | ・著しい公衆被ばくの可能性は低い ・想定区域外での重大な汚染。 | ・安全設備が残されていない原子力発電所における事故直前の状態。 ・実際の影響を伴わない安全設備の重大な欠陥。 | 東浜2号機蒸気発生器伝熱管損傷(1991年) |
| 2 異常事象 | | | ・安全設備が残されていない ・十分な安全防護層が残ったままの状態での安全機器の軽微な問題。 | もんじゅナトリウム漏れ(1995年) |
| 1 逸脱 | | | | |
| 0 尺度未済 | | | 安全上重要ではない事象 | |

【注】表内の項目は一部の例示

放射能漏れで誰がどんな指示を出した・・・

原子力災害対策特別措置法で決まっている

第10条通報(事業者から国への報告)

- ・事業所境界の放射線量が5 μ Sv/h以上
- ・政令で定める事象(原子炉運転中における冷却材の漏えいなど)の発生

第15条通報(国による原子力緊急事態の宣言)

- ・事業所の境界での放射線量が500 μ Sv/h以上
- ・政令で定める事象(原子炉への注水が全部できないなど)の発生

- ・原子力災害対策本部(本部長:内閣総理大臣)を設置。
- ・避難、屋内退避の勧告や指示が行われる。

当時の目安(年間被ばく線量)
屋内退避:10mSv
避難:50mSv

米国の避難指示は広範囲だったのでは・・・

日本の避難・屋内退避指示との時系列は次のとおり

- 3/11 19:03 原子力緊急事態を宣言、原子力災害対策本部設置
- 21:03 福島第一原発の半径3km圏の避難と、半径10km圏の屋内退避指示。
- 3/12 05:44 半径10km圏の避難指示に拡大。
- 18:25 半径20km圏の避難指示に拡大。
- 3/15 11:00 半径20~30km圏の屋内退避指示。
- 3/16 米国大使館は半径80km圏の米国人に対して、避難、避難できない場合は屋内退避を勧告。英・豪・韓国などもこれに続く。
- 4/22 半径20km圏以上について計画的避難区域を設定し、おおむね1ヶ月以内の避難を指示。

半径20km圏以上の住民に対する指示に差が生じた。

- ・日本の指示は現地モニタリングに基づいて実施されている。
- ・在住の米国人だけの移動で済む米国は「予防保全的措置」として、安全側の指示を早期に出している。

Q7 区域の変遷は?

次のスライドに示すように、

<事故初期>

- 大きな被ばくを避けるため、
- ・避難区域
- ・屋内退避区域
- を設定。

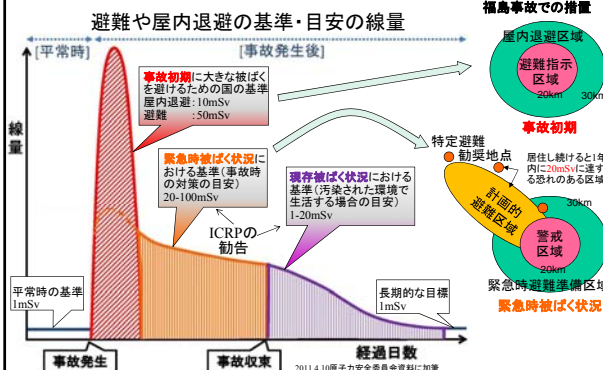
<緊急時被ばく状況>

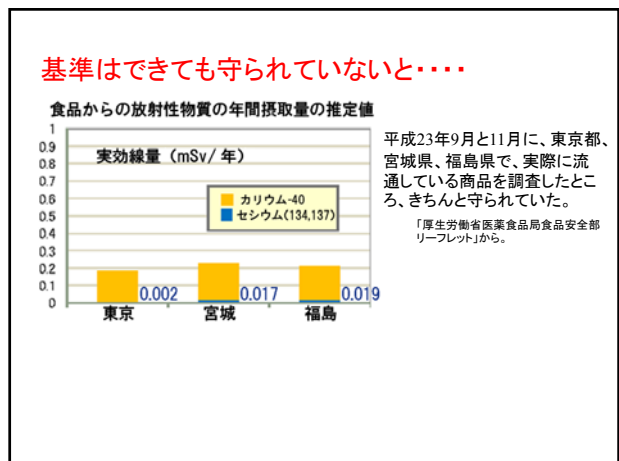
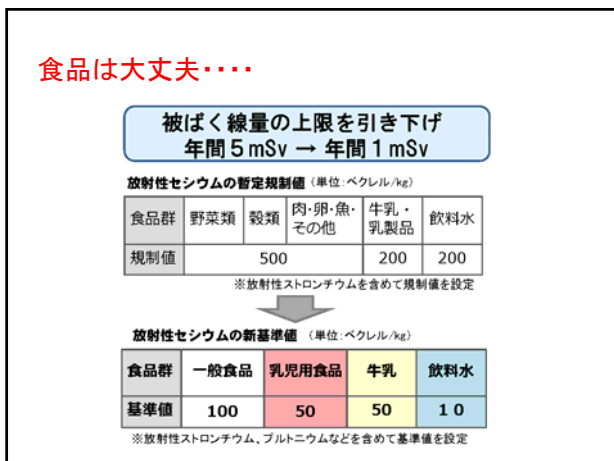
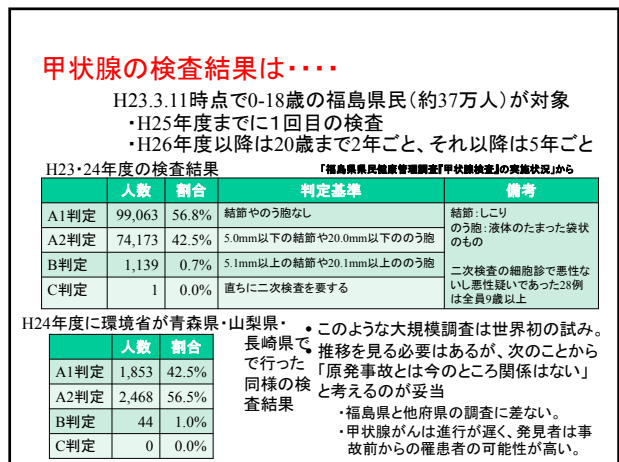
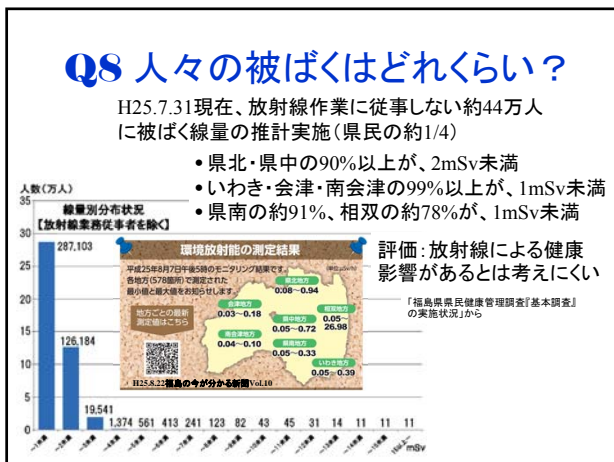
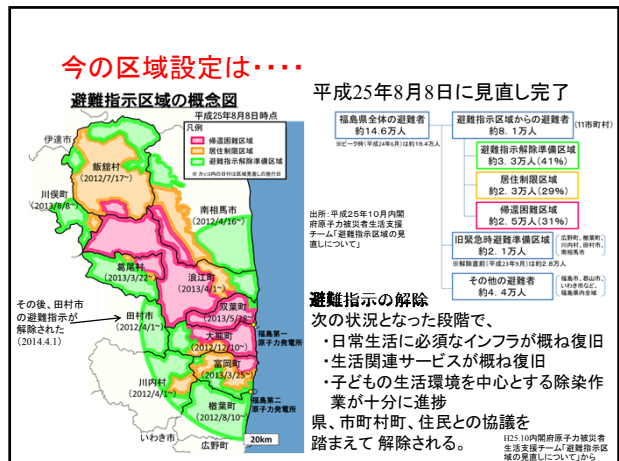
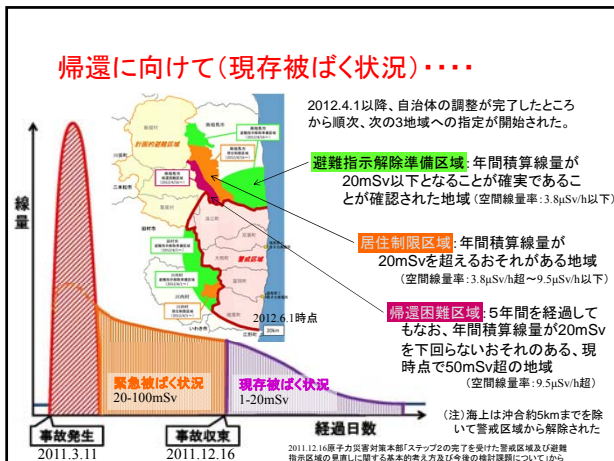
- 被ばく量を適切に抑制するため
- ・警戒区域(全員避難)
- ・計画的避難区域(限度内に全員避難)
- ・緊急時避難準備区域(指示があれば避難)
- ・特定避難勧奨地点(避難は住民が判断)を設定。

注1. 警戒区域は立ち入りが制限されている。
注2. 緊急時避難準備区域の設定は2011.9.30解除された。



事故への対応状況と区域設定

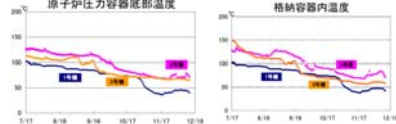




Q9 事故は収束したの？

平成23年12月16日、次をもって収束宣言がされた。

- 安定して冷却水が循環
- 原子炉の底の部分と格納容器内の温度が100℃以下
- 万一何らかのトラブルが生じても敷地外の放射線量が十分低く保たれる



平成23年12月16日
原子力災害対策本部(政府・東京電力)の統合対策資料から

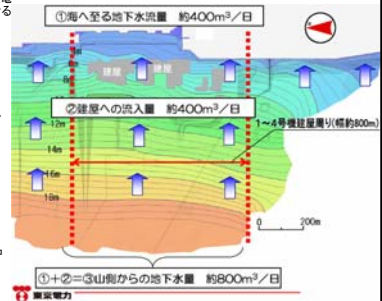
なお、福島第一原子力発電所の原子力緊急事態宣言は解除されていない【注】福島第二原子力発電所の原子力緊急事態はH23.12.26に解除された。

汚染水の漏えいが伝えられているけど……

平成25年9月3日、国が前面に出て、必要な対策を実行していくことが決定された。

H25.9.3原子力災害対策本部「東京電力株式会社福島第一原子力発電所における汚染水問題に関する基本方針」

9月27日の衆議院経済産業委員会閉会中審査での説明では、約400m³/日の地下水が海へ流出していた。



H25.9.27「衆議院経済産業委員会閉会中審査」での東京電力説明資料から

安倍首相はコントロールされているとオリンピック招致のときに言っていたけど……

東電資料によると、現時点で地下水とともに出ているのはトリチウムのみ。トリチウムは港湾内にほぼ閉じ込められている。



【補足】トリチウムは水素の同位体。水の形態(H₂O、T₂O)で存在するための分離が困難

H25.9.27「衆議院経済産業委員会閉会中審査」での東京電力説明資料から

告示濃度、原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示の別表第2の第6欄に掲げる周辺監視区域外の濃度限度

港湾内の放射能データのその後は……

東京電力(株)ホームページ「報道関係各位一斉メール」

福島第一原子力発電所における港湾内海水のトリチウム測定結果について(続報109)

平成26年5月2日
東京電力株式会社

福島第一原子力発電所1~4号機タービン建屋側観測孔においてトリチウムおよびストロンチウムが高い値で検出されたことについて、その後の状況についての続報です。現在、海側壁内の埋め立て工事を実施しておりますが、取水路開渠内の海水をサンプリングするため、工事の進捗に伴い、海側壁の外側の調査地点を追加しております。平成26年4月28日に初めて採取した海水の調査地点、福島第一号機取水口(取水壁前)におけるトリチウムの測定結果をお知らせいたします。

- <1号機取水口(取水壁前):4月28日採取分>
- トリチウム :130 Bq/L
 - セシウム134 :4.8 Bq/L(お知らせ済み)
 - セシウム137 :13 Bq/L(お知らせ済み)
 - 全ベータ :71 Bq/L(お知らせ済み)

- (参考)
- 告示濃度限度
セシウム134: 60 Bq/L
セシウム137: 90 Bq/L
ストロンチウム90: 30 Bq/L
トリチウム: 60,000 Bq/L
 - WHOの飲料水水質ガイドライン
セシウム134: 10 Bq/L
セシウム137: 10 Bq/L
ストロンチウム90: 10 Bq/L
トリチウム: 10,000 Bq/L

H25.12.20原子力災害対策本部「東京電力(株)福島第一原子力発電所における海中・汚染水問題に対する追加対策」で決定された方針
なおリスクが残存するトリチウム水について、あらゆる選択肢について、総合的な評価を早急に進め、対策を検討する。

どんどん悪くなっているのでは……

今後、次のような対策が実行される予定です。

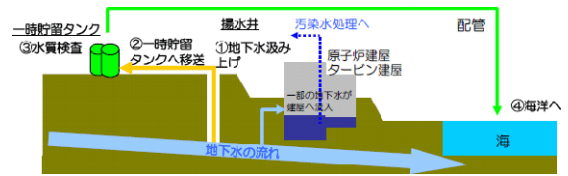


H25.12.03第10回汚染水処理対策委員会資料から

地下水バイパスとは何……

汚染源に水を「近づけない」対策

- 山側で地下水を汲み上げ、原子炉建屋への流入量を減少させる。
- 汲み上げた水はタンクに貯留し(①・②)、分析(③)。
- 水質が運用目標未満を確認し海洋に排水(④)。



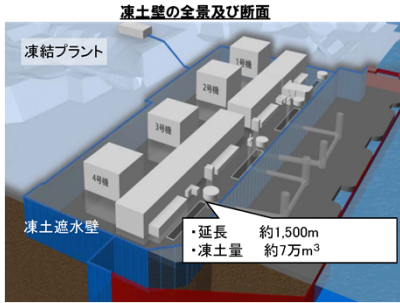
- 福島県や地元自治体、漁業関係者の了承を受けて、H26.5.21に開始。

東京電力(株)HPから

凍土遮へい壁とは何……

これも汚染源に水を「近づけない」対策

- 凍結管を打ち込み零下30℃の冷却材で周りの土を凍らす。



- H26年6月2日に着工、年度内の凍結開始を目指す。

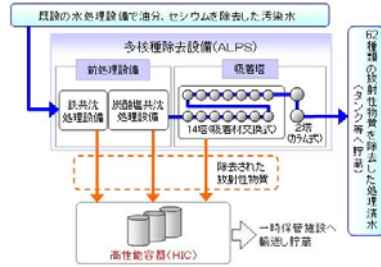
・延長 約1,500m
・凍土量 約7万m³

H25.3.31原子力規制委員会第19回特定原子力施設 監視評価検討会資料から

「ALPS」とは何……

東電が開発した「多核種除去設備」Advanced Liquid Processing System の略。事故後に設置された設備では汚染水から主にセシウムを除去していたが、その他の放射性物質も取り除くため(トリチウムを除く※)に設置された設備。

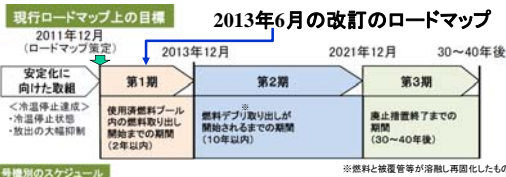
1日最大500トン进行处理する能力のものが3系統あり、平成25年3月30日、A系統から試験が開始されたが、トラブルが続き、まだ本格稼働に至っていない。(H26.7.1現在)



※ トリチウムは水素の同位体。水の形態(H₂O、T₂O)で存在するため「通」などでは除去できない。

東京電力HPから

Q10 廃炉に向けた取り組みは？



号機ごとの状況を踏まえて、見直しされた。

| 機別スケジュール | 燃料取り出し | 燃料デブリ取り出し |
|------------------|--------------------|---------------------|
| 1号機 (最速シナリオ2) | 2017年度下半期 | 2020年度上半期 (1年未満) |
| 2号機 (最速シナリオ1) | 2017年度下半期 | 2020年度上半期 (1年未満) |
| 3号機 (最速シナリオ1) | 2015年度上半期 | 2021年度下半期 |
| 4号機 | 2019年11月 (1ヶ月間) | — |

出所:H25.6.27経産省発表資料から

予定通り進んでいるの……



4号機燃料取出— H25.11.18に開始(第2期開始)
対象燃料は、使用済燃料:1331体、未使用燃料:202体
2014年6月30日現在の移送数(東電HPから)
使用済燃料:1166体、未使用燃料:22体
構内移送回数:54回

課題は1-3号機の燃料デブリ取り出し
=>初めての経験であり多くの研究開発が必要だ。

出所:H25.11.12東京電力「4号機使用済燃料プールからの燃料取り出し」から

Q11 福島県の復興に向けた取り組みは？

除染

放射性物質汚染対処特措法※(H23.8.30公布)

除染特別地域:警戒区域又は計画的避難区域の指定を受けたことがある地域、国が除染の計画を策定し、除染事業を進める。

汚染状況重点調査地域:年間の追加被ばく線量が1mSv以上の地域、指定された市町村が除染実施計画を定める。

※平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対応に関する特別措置法

除染の主な基本方針

- 追加被ばく線量が年間20mSv以上である地域については、段階的かつ迅速に縮小することを目指す。
- 追加被ばく線量が年間20mSv未満である地域については、長期的な目標として、追加被ばく線量が年間1mSv以下を目指す。

これらの目標については、土壌等の除染等の措置の効果等を踏まえて適宜見直しを行う。

環境省HP「除染情報サイト」から

復興

福島復興再生特別措置法(H24.3.31公布)

原子力政策を推進してきたことに伴う国の社会的な責任を踏まえ、国が基本方針を策定し、地域や産業の復興と再生のために継続的に施策を実施する。

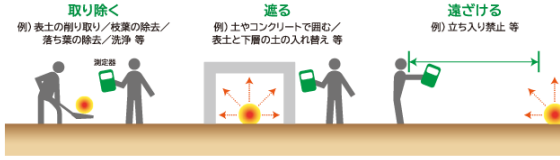
- 国が土地改良・港湾・道路などの公共施設の工事を代行。
- 農林水産物等の放射能濃度の測定等の支援など、安心して暮らすことのできる生活環境の実現のための措置。
- 被害を受けた福島県の産業の復興・再生の推進を図るための計画。
- 再生可能エネルギー源の利用、医薬品及び医療機器に関する研究開発など、新たな産業の創出等に寄与する取組。

復興庁HP資料から

除染はどのようにする……

除染：生活する空間において受ける放射線の量を減らすために、放射性物質を取り除いたり、土で覆ったりすること。

環境中の放射性物質による被ばく線量を下げることの方法



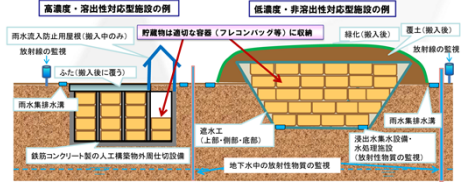
出所：環境省除染情報サイト http://josen.env.go.jp/about/method_necessity/

中間貯蔵施設って何……

除染により発生した土壌などを、一定期間、安全に集中的に管理・保管する施設。

- ・中間貯蔵施設の確保及び維持管理は国が行う
- ・平成27年1月を目途として施設の供用を開始するよう最大限努力する
- ・福島県内の土壌・廃棄物のみを貯蔵対象とする
- ・中間貯蔵開始後30年以内に、福島県外で最終処分を完了する

イメージ図



出所：H23.10環境省「中間貯蔵施設の基本的な考え方（ロードマップ）」から

除染や復興の取り組みは進んでいるの……

福島県の避難者向け情報紙「ふくしまの今が分かる新聞」を見てみよう。「避難者支援の状況や復興の動き」が報告されている。

「ふくしまの今が分かる新聞」
Vol.13 H25.11.11から抜粋

中間貯蔵施設
国からの受入要請（H25年12月）に対する福島県の見直し案（H26年2月）を踏まえて、大熊町と双葉町に集約される予定（H26年3月回答）。

出所：環境省除染情報サイト http://josen.env.go.jp/001/interim_storage_facility_action.html

風評被害とは……

風評被害：風評（世間の評判、噂、とりざた、風説）によって、売上減などの被害を受けること。（広辞苑第六版）

- ・海外で日本食レストランの売り上げが減ったり、汚染と無縁の工業製品の輸出が滞った。
- ・避難民が放射能検査を要求されたり、タクシー乗車を拒否されたり、いじめにあたりました。

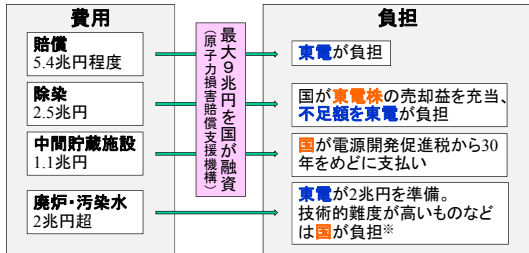
⇒これらは情報不足や事実誤認による風評被害と言える。

- ・しかし、出荷制限や放射線検査がきちんと実施されるようになって、西日本の農産物しか買わないと言う人もいる。

⇒これは風評被害ではなく現実の問題だ。そのほかの出来事も調べて、風評被害とは何か、福島復興に必要なことは何か、考えてみよう。

Q12 費用は怎么样了？

「原子力災害からの福島復興加速に向けて」で次の枠組みが決められた。（H25.12.20原子力災害対策本部）



※ H25.9.3原子力災害対策本部「東京電力(株)福島第一原子力発電所における汚染水問題に関する基本方針」「基本方針への対応」放射性廃棄物処理技術の開発/など、東土電へ1億1千112万5千円をH25年度320億円支出

巨額すぎてどう評価しているのかわからない……



コスト等検証委員会の原子力単価に関する次の注釈が一つの目安になる。

- 8.9円は下限。事故の損害額が5.8兆円から1兆円増えることに0.1円増
- 一損害額が11兆円の場合、単純計算すると約0.5円増加する

