

IV 知っておきたい福井県原子力の特性と課題

1. 原子力の基礎知識

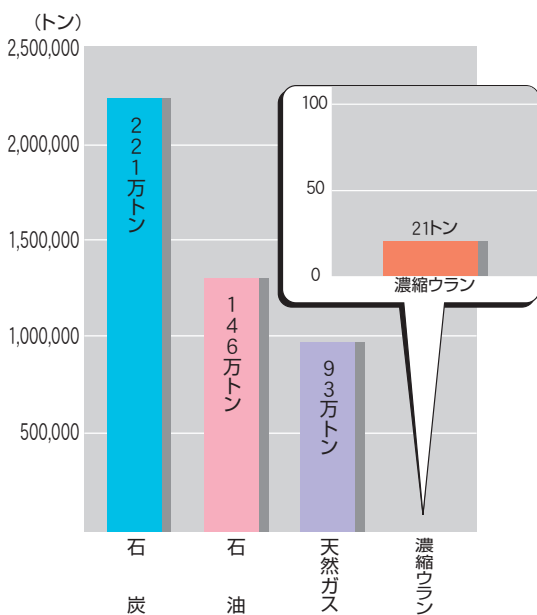
■ 原子力の特長と課題

原子力には、さまざまな特長がある反面、課題もあります。これを正しく理解し、将来に向けて原子力とどう付き合っていくかを考える必要があります。

特長1 少ない燃料で大きなエネルギーを生み出す

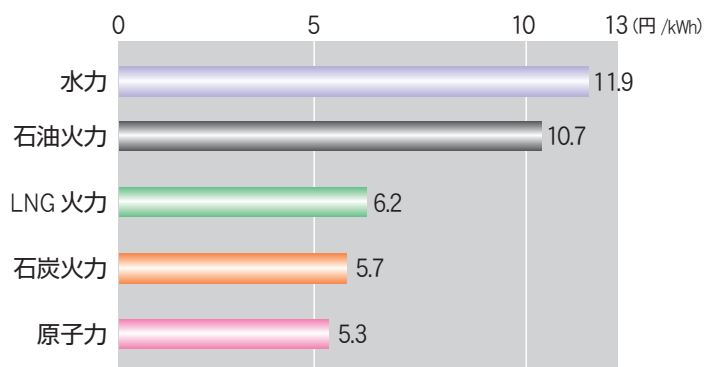
原子力発電の燃料であるウラン 235 は 1 g で石油 2 kℓ に相当するエネルギーをつくることができます。また、1 kWh を発電するときにかかるコストも、水力発電が 11.9 円程度、石油火力発電が 10.7 円程度、石炭火力発電が 5.7 円程度となっているのに対し、原子力の場合は 5.3 円程度と割安になります。

100万キロワットの原子力発電所が1年間で発電する電力量を他の発電方式で代替した場合に必要な燃料



(出所：原子力2007)

電源別の発電コスト



〈試算の前提〉

電源別諸元	運転年数	設備利用率	1基当たりの出力
水力	40年	45%	1.5万kW
石油火力	40年	80%	40万kW
LNG火力	40年	80%	150万kW
石炭火力	40年	80%	90万kW
原子力	40年	80%	130万kW

(出所：エネルギー・環境を考える4つのキーワード)

特長2 供給が安定している

原子力発電に欠かせない燃料のウランは、日本ではほとんど採掘できませんが、カナダ、オーストラリア、イギリスといった複数の国と長期購入契約を結んでおり、安定的に供給を受けることができます。また、ウランも限りある資源ですが、燃料として使用した後のウランからは、再処理をすることでウランやプルトニウムが回収でき、ふたたび燃料として使用することができます。これを核燃料サイクルといい、これが実用化することにより、資源の有効利用が図られます。

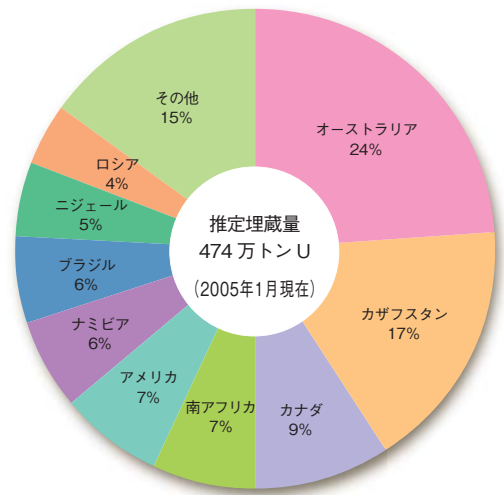
⇒ 特長4 核燃料サイクルとは を参照

日本の確保状況（2005年3月現在）

購入契約形態	相手先国	契約数量 (U ₃ O ₈ ショート・トン)
長期契約、 短期契約および製 品購入	カナダ、イギリス、南アフリカ、 オーストラリア、フランス、 アメリカなど	約 265,700
開発輸入分	ニジェール、カナダ、オーストラリア	約 59,700
	計	約 325,400

※ 1 ショート・トン=約 0.907 トン （出所：「原子力・エネルギー」図面集 2007）

ウラン確認可採埋蔵量

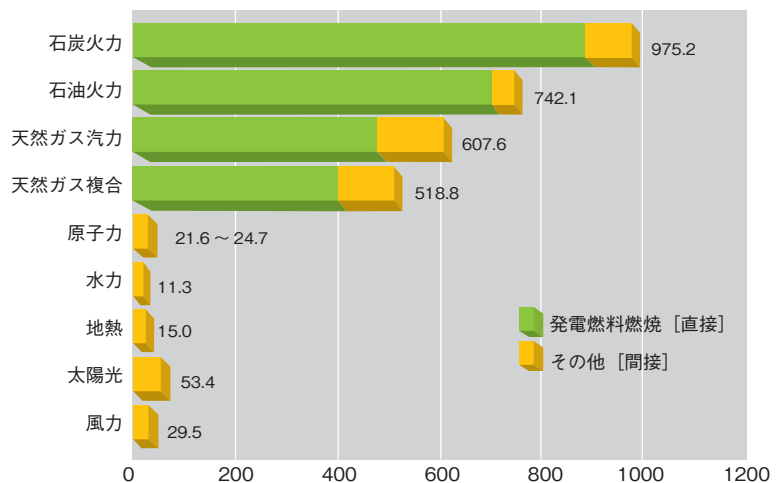


トンU：金属ウランでの重量トン

特長3 二酸化炭素 (CO₂) の排出量が少ない

地球温暖化が進行し、生態系などに大きな影響を及ぼしていますが、その主な原因は、石油、石炭などの化石燃料を燃焼させる過程で、大量のCO₂が大気中に放出されることにあります。その点、原子力発電は、運転中にCO₂は発生せず、クリーンなエネルギーであるといえます。

各種電源のライフサイクルCO₂排出量（メタンを含む）



(注) この試算は化石燃料の燃焼によって発生する量だけでなく、原料の採掘から建設・輸送・精製・運用・保守などのために消費される全てのエネルギーを対象として算定されたもの。原子力については再処理・廃棄物処分を含みます。

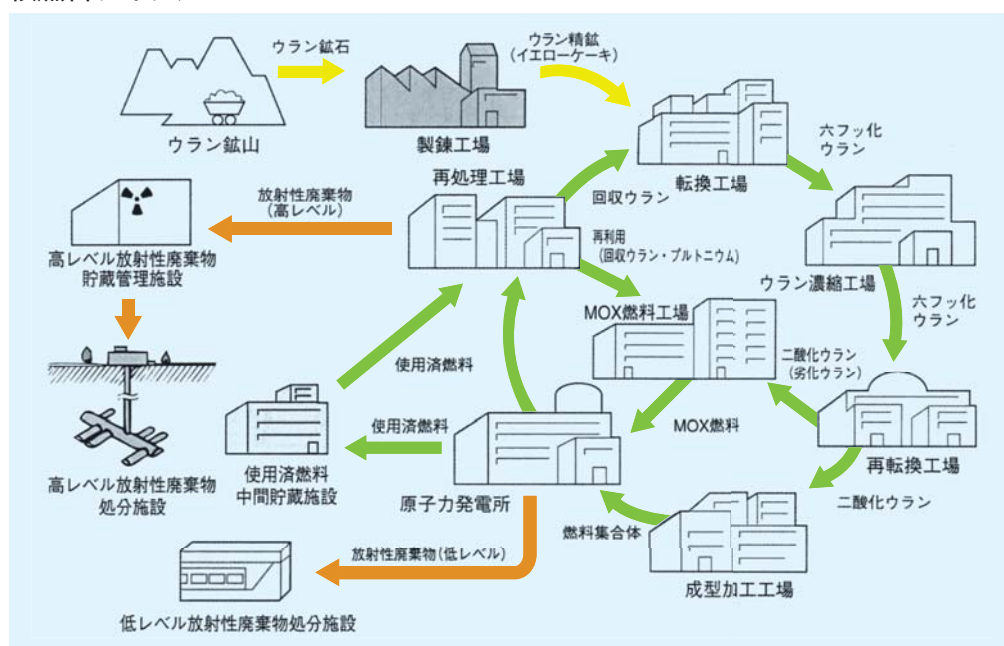
(出所：原子力 2007)

特長4 核燃料サイクルとは

原子力発電所で使い終わった燃料（使用済み燃料）からは、ウランとプルトニウムを取り出すことができます。この作業を行なっているのが再処理施設で、ウランは転換工場へ、ウランとプルトニウムの混合燃料は成型加工工場へ送られます。この一連の流れが核燃料サイクルです。

また、プルトニウムとウランを混合した燃料（MOX 燃料）は、もう一度発電に利用できます。この燃料を一般の軽水炉で利用することをプルサーマルといい、これによりウランの有効利用が図られ、ウラン資源の節約になるだけでなく、高レベル放射性廃棄物の発生量を減らすことができます。

核燃料サイクル



(出所：図表で語るエネルギーの基礎 2006-2007)

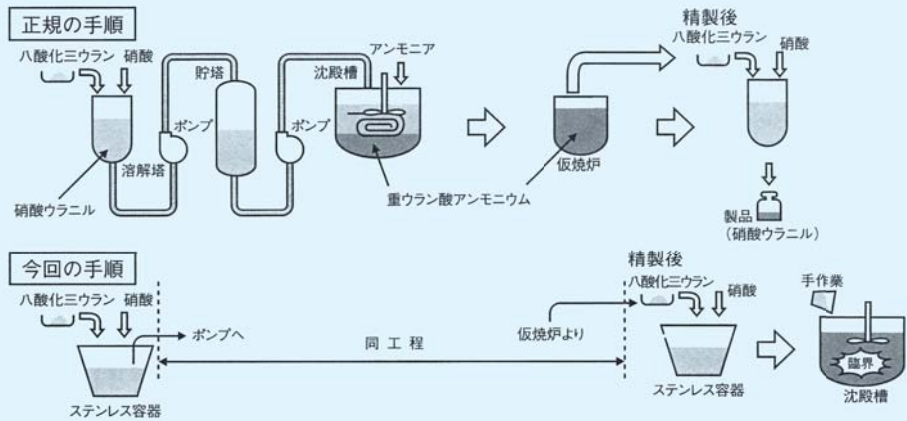
課題1 事故が起ると、大きな被害を出す恐れがある

原子力発電の燃料・ウランは放射性物質で、このため、その核分裂によって強い放射線などが発生します。もちろん、厳重な管理下で扱われることが大原則ですが、万が一事故が発生すると、被害は非常に大きなものになる恐れがあります。過去のスリーマイル・アイランド原子力発電所事故、チェルノブイリ原子力発電所事故、それと東海村のウラン加工施設（JCO）の臨界事故などの経験を踏まえ、より徹底した安全対策が求められます。

1986年にウクライナ共和国（旧ソ連）で起きたチェルノブイリ原子力発電所の事故は、実験運転中に原子炉が暴走して爆発が起こり、原子炉が破壊、大量の放射性物質が放出しました。この事故で、3ヶ月以内に31人が死亡、周辺30km圏内の住民約13万5,000人が避難しました。なお、このような事故は原子炉の型式が相違することから、日本では起こりえないといわれています。

事故の概要

平成11年9月30日、濃縮ウラン溶液を均一化する作業において、作業員が使用目的の異なる沈殿槽に臨界量以上のウラン溶液を注入したことにより、臨界事故が発生。これは、違法な社内マニュアルに従った行為であった。臨界状態は約20時間継続し、作業員2名が亡くなる結果となった。

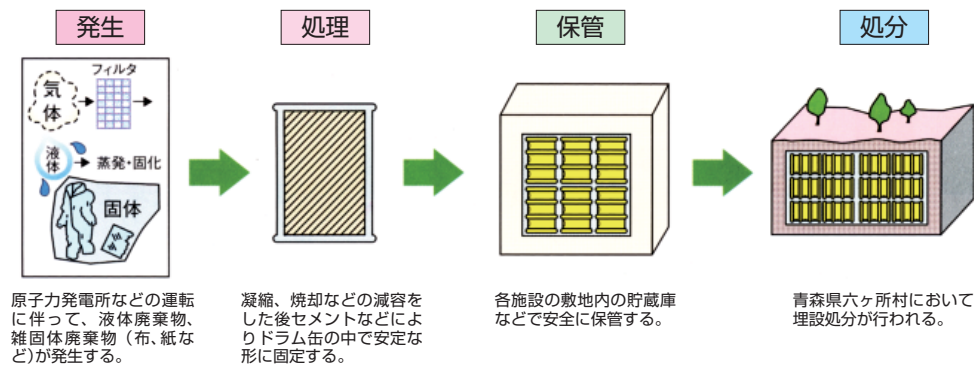


(出所：「原子力・エネルギー」図面集 2007)

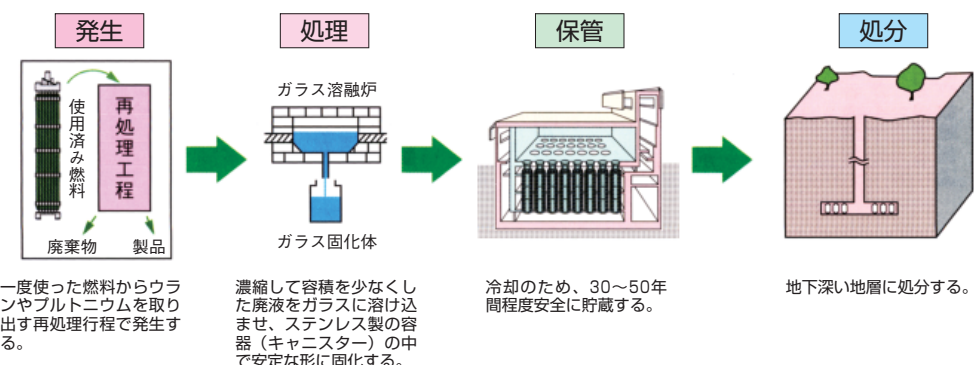
課題 2 放射性廃棄物が出る

原子力発電所から出る廃棄物は、放射性廃棄物として特別な処理をする必要があります。このうち、作業着や手袋、機器からの排水などを低レベル放射性廃棄物といい、一部は青森県六ヶ所村にある低レベル放射性廃棄物埋設センターに埋設・処分されています。また、使用済み燃料再処理施設から出る核分裂生成物などを多く含んだ廃棄物を高レベル放射性廃棄物といい、最終的に地下 300 m 以深の地盤の中に処分されることになっています。ただし、具体的な最終処分地については、まだ検討が進められている段階です。

低レベル放射性廃棄物の処理処分



高レベル放射性廃棄物の処理処分

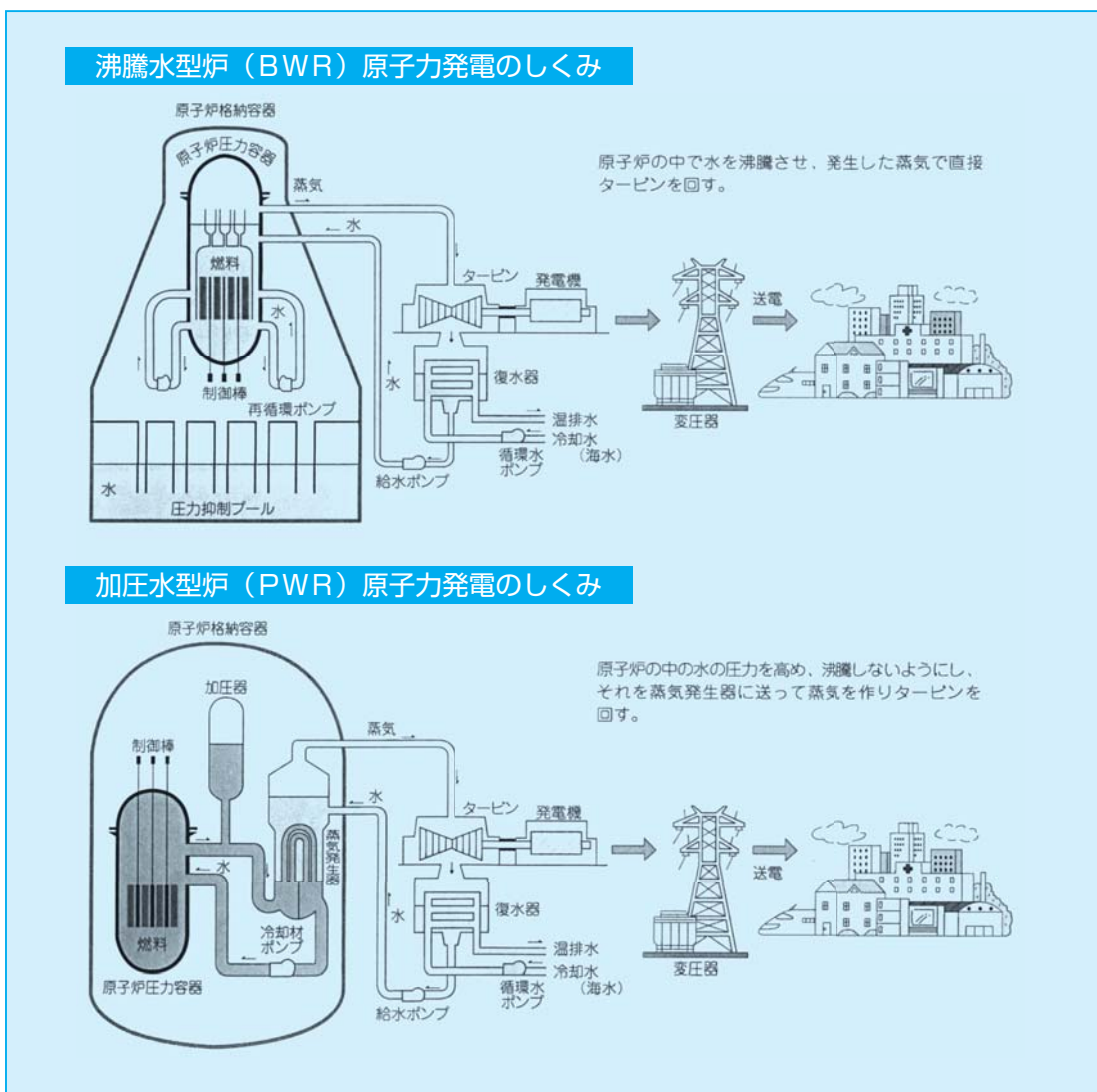


(出所：暮らしの中のエネルギー2006～2007年版)

■ 原子炉（軽水炉）の種類

原子炉には、ガス冷却炉、軽水炉、重水炉など減速材、冷却材および燃料によりいろいろな炉型があります。わが国最初の実用発電炉となった東海村の原子力発電所はガス冷却炉でしたが、現在の日本の原子力発電所は主に軽水炉になっています。また、軽水炉も沸騰水型炉（BWR）と加圧水型炉（PWR）に分けられます。

沸騰水型と加圧水型では、蒸気を発生させる仕方が異なっています。沸騰水型は核分裂によって得られた熱を原子炉内の水を沸騰させることに用い、そこで発生した蒸気は直接タービンを回し発電することに用いられます。これに対して、加圧水型は、核分裂の熱エネルギーを受け取る原子炉内の水と、タービンを回す蒸気が分離されている点が沸騰水型と異なります。加圧水型では、原子炉の水を沸騰させずに高温高压の熱湯にし、この熱湯が蒸気発生器に送られて別の系統を流れている水を蒸気に変え、この蒸気がタービンを回します。



(出所：原子力 2007)

■ 原子力発電所の多重防護

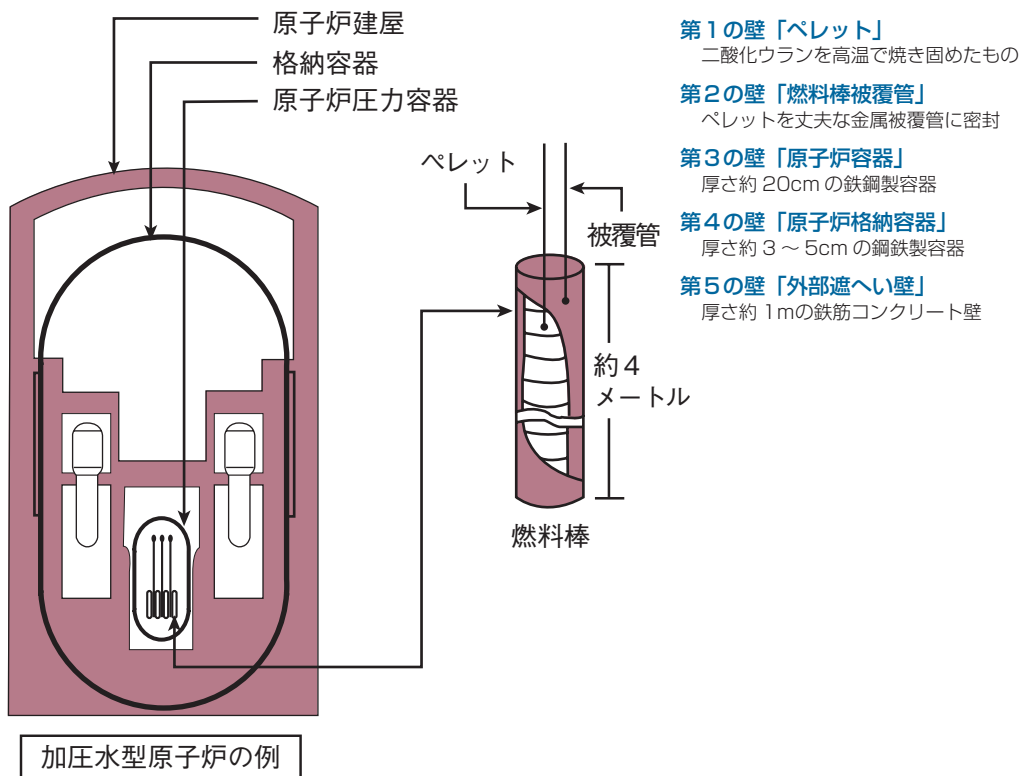
原子力発電所などの原子力施設は放射線や放射性物質を取り扱う施設であり、潜在的な危険性を持っているといえます。しかし、この潜在的な危険性によって発生する危機や損失の可能性（リスク）を低く抑えることにより、原子力利用によってもたらされる利益を受けることができます。

原子力発電所では、基本的には放射性物質を閉じ込める構造とした上で、異常な事態や事故の発生を防止することはもちろん、仮に発生したとしてもその拡大を防止するため、複数のレベルに分けた対策を講じています。これを多重防護と呼びます。

なお、ウランなど、原子核が壊れやすい物質から飛び出す粒子（電子、中性子など）や電磁波（X線やガンマ線）を「放射線」といいます。また、その放射線を出す能力のことを「放射能」といい、放射能をもつ物質のことを「放射性物質」といいます。

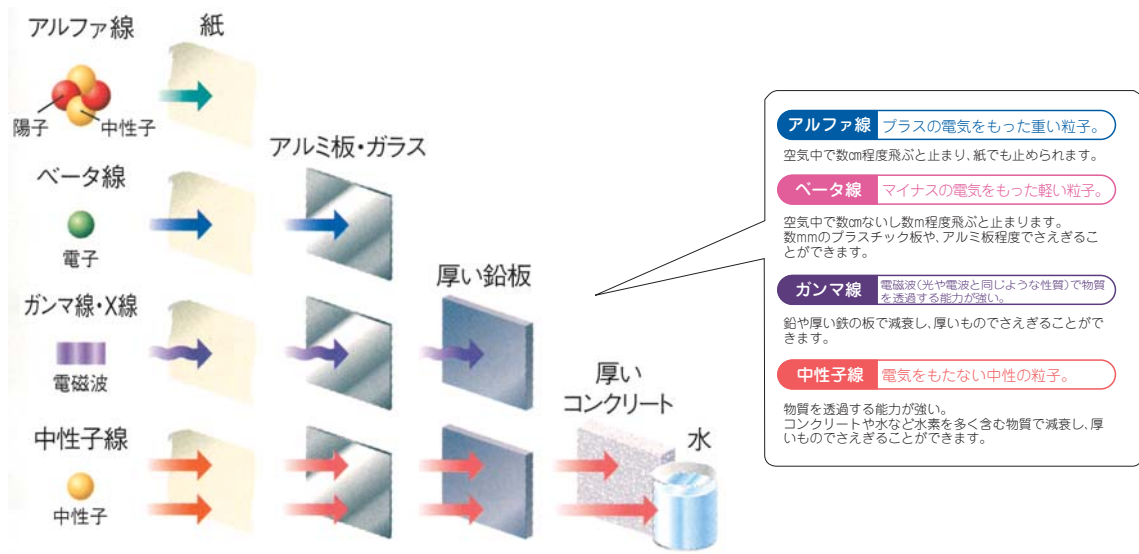
放射線にはいくつかの種類があり、それぞれに透過力（物質を通過する力）が違います。アルファ線は、透過力が弱く、1枚の紙でも止まってしまいます。ベータ線はやや強く、ガンマ線は厚い鉛の板で止まります。中性子線は、さらに通り抜けますが、水や厚いコンクリートで止めることができます。原子力発電所の原子炉が厚さ約1mの鉄筋コンクリートの壁で覆われ、減速材や冷却材に軽水が使われるのはこのためです。

放射能を閉じ込める5重の壁



放射線の種類と性質

放射線の種類には、大きく分けてアルファ（ α ）線、ベータ（ β ）線、ガンマ（ γ ）線、中性子線などがあり、それぞれ物質を通り抜ける力が異なります。

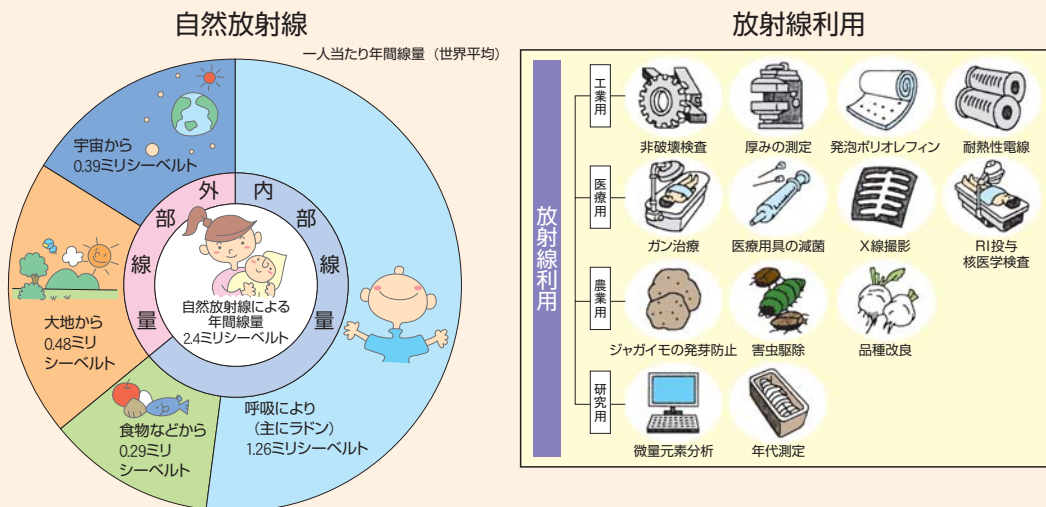


コラム

自然放射線と人口放射線

日常生活の中で、大地や宇宙、食物などから放射線を受けていますが、これを自然放射線といい、その値は世界平均で年間2.4mSv（ミリシーベルト・放射線が人体に与える影響を示す単位）程度で、この程度の放射線は体に全く影響ありません。一方、病院での治療や検診のためなどに放射線を受けることがあります、これを人口放射線といいます。

近年、医療用のほか、工業や農業などの分野で、放射線を利用する技術の開発が進められています。



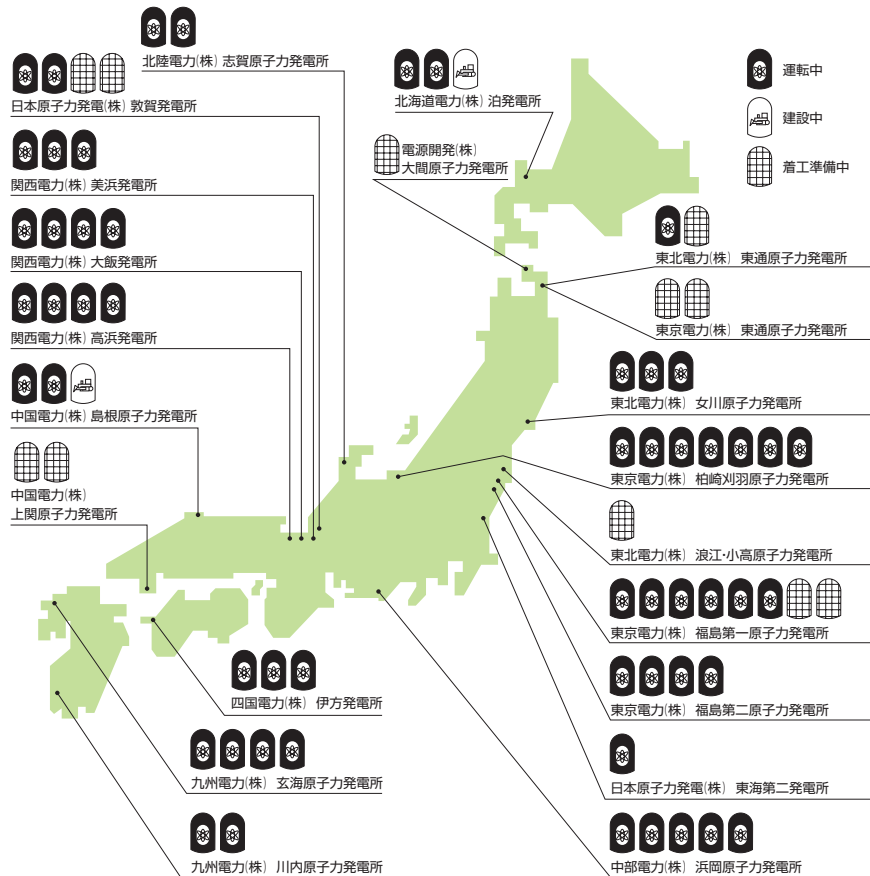
2. 福井県原子力の特性

特性1 原子力発電15基集中の特性

福井県は、原子力三原則を基本に、これまでさまざまな課題に対して慎重に取り組んできましたが、現在では、県内原子力発電15基体制が出来上がっています。なお、平成19年3月末における県内の原子力発電所は、運転中13基、建設中1基、建設準備中2基となっています。建設中の「もんじゅ」は近々運転再開される見通しであり、建設準備中の敦賀3号機は、平成28年度頃、また、同敦賀4号機は、平成29年度頃に運転開始が予定されています。しかし、すでに運転終了している「ふげん」に続き運転中の敦賀1号機が平成22年に運転停止の方針が示されていますので、結局、15基体制は維持されることになります。

また、国内の原子力発電所立地状況をみると、1発電所当たりの立地基数では、県内の発電所は東京電力の柏崎刈羽発電所の7基、同福島第一発電所の6基、中部電力の浜岡発電所の5基にはおよびませんが、県内のしかも嶺南という限られた地域に13基（商業用）も集中しているところはめずらしく、本県の大きな特性になっています。それだけ、地域と原子力発電所が経済的、社会的に深く関わっているといえます。

日本の原子力発電（商業用、2006年10月）



(出所：図表で語るエネルギーの基礎 2006-2007)

特性2 多種多様な原子力技術の集積

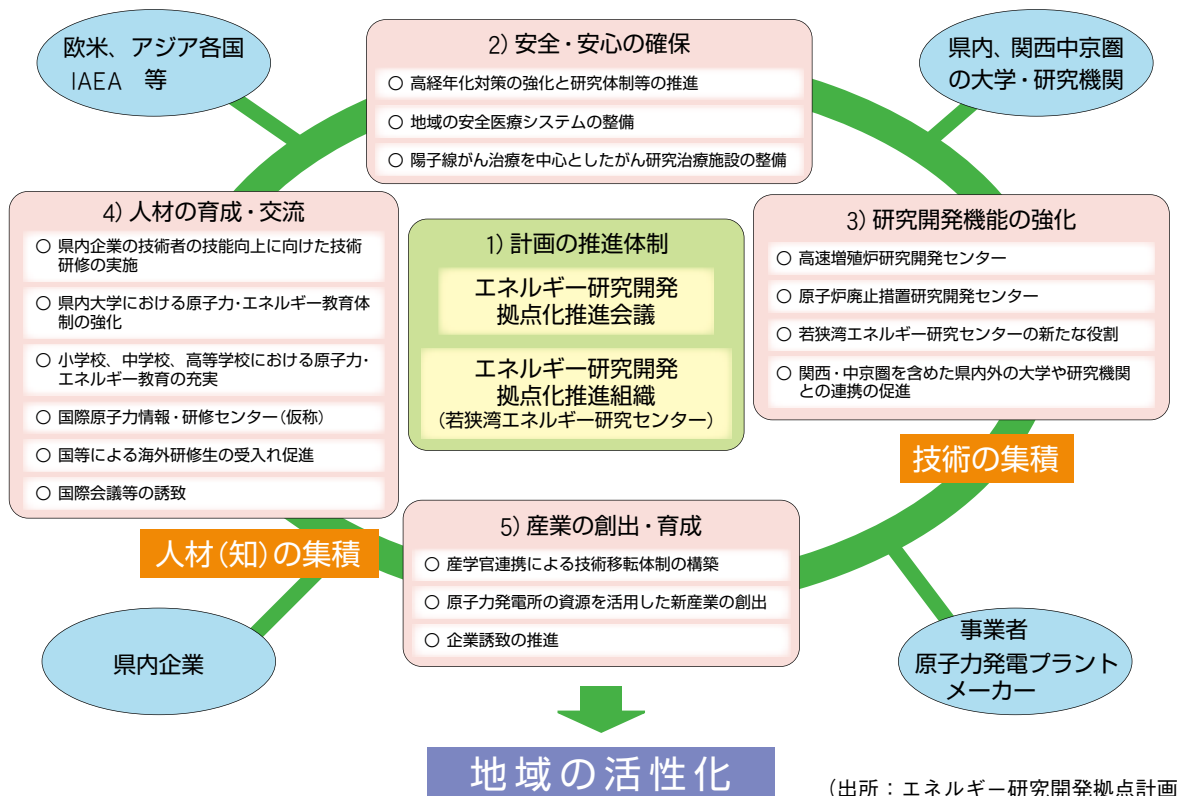
県内の原子炉は、敦賀1号機はわが国初の商業用沸騰水型炉（BWR）であり、また、美浜1号機は同じく初の商業用加圧水型炉（PWR）となっています。その後、新・増設された商業用炉は全て加圧水型炉です。また、2基の研究用炉のうち「ふげん」は、わが国独自に開発された新型転換炉（ATR）の原型炉、「もんじゅ」は高速増殖炉（FBR）の性能を技術的に確認するための原型炉となっています。さらに、準備工事中の敦賀3、4号機は改良型加圧水型炉（APWR）で、この炉型としてはわが国で最初のものとなります。

この様に、県内には多種多様な原子炉が立地しており、この多様性は、全国的にもまた世界的にも例がなく、それだけ、原子力関連技術の高度で多種の技術が県内には集積していることとなります。

平成17年3月、福井県は、この世界にも例を見ない特徴を活かして、原子力が持つ幅広い技術の地元産業への移転、優秀な国内外の研究者・技術者間の交流などによって、地域と原子力の自立的な連携を目指すべく「エネルギー研究開発拠点化計画」を策定しました。具体的には、「安全・安心の確保」、「研究開発機能の強化」、「人材の育成・交流」、「産業の創出・育成」の4つの観点から、16項目の取組みが盛り込まれています。

この計画は原子力との共生によって、持続可能で発展性のある地域振興を図るものとして全国の実験であり、計画策定から3年が経過し、多くのプロジェクトが着実に進められています。

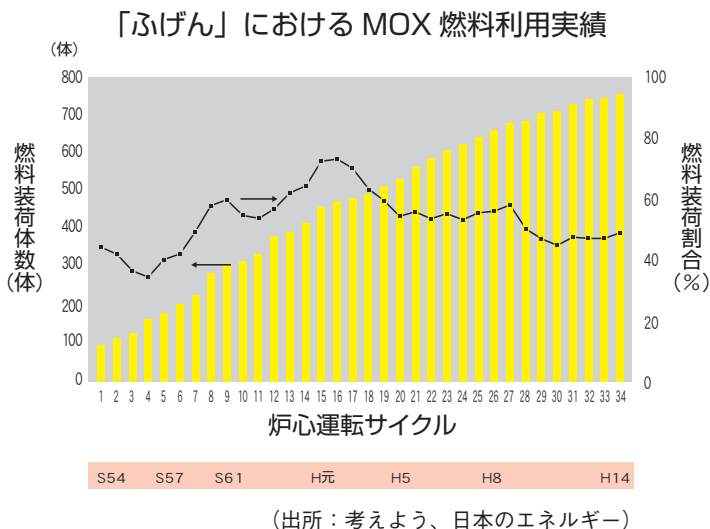
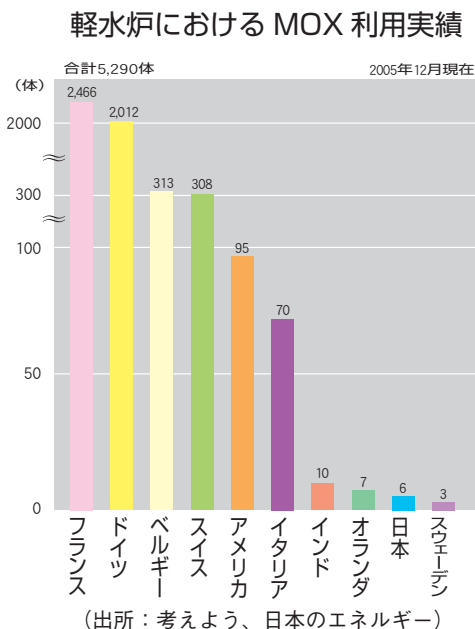
エネルギー研究開発拠点化計画の概要 (地域と原子力の自立的な連携を目指して)



特性3 新型転換炉「ふげん」の運転実績

「ふげん」は、エネルギー安全保障のための核燃料サイクルを確保する目的で、わが国独自の自主開発炉として運転されてきました。昭和53年の初臨界から、平成15年3月に運転を終了するまで25年間、多くの実績を残しています。そのひとつは、わが国のプルトニウムリサイクルの輪を達成したことであり、これら運転実績が、本県発の技術情報として世界の核燃料サイクルに活かされていくことが期待されます。

世界では、1960年（昭和35年）からプルサーマルが開始され、MOX燃料集合体にして、約5,300本、延べ55基の原子炉実績があり、その安全性は十分に確保されています。日本では、「ふげん」で約24年あたり772体、敦賀1号機で2体、美浜1号機で4体のMOX燃料利用実績があります。なお、「ふげん」は重水炉であり、下図の国別MOX利用実績には含まれていません。



コラム

ふげんランドマーク賞受賞

新型転換炉「ふげん」は、2003年9月、米国原子力学会のランドマーク賞を受賞しました。ランドマーク賞は、原子力平和利用のために重要な貢献をするとともに、新しい道を切り拓く成果をあげ、少なくとも20年以上の供用実績がある施設に対して贈られるもので、わが国では初めての受賞となるものです。2004年4月にはふげん発電所において、「ランドマーク賞」の認証プレートが授与されています。

認証プレート



(訳文)
 新型転換炉(ATR)の設計性能を実証するとともに、世界で最も多いMOX燃料集合体の利用実績を通して、日本のプルトニウムリサイクル技術を確立させた施設として、Nuclear Historic Landmark(原子力開発における歴史的功績達成の地)に認定する。
 2003年9月 米国原子力学会

特性4 県内総生産に占める原子力発電業の割合が高い

平成16年度の県内総生産(名目)は3兆2,643億円で、これを産業別にみると、製造業が6,968億円(構成比:21.3%)で最も多く、次いでサービス業の5,934億円(同18.2%)、不動産業の3,501億円(同10.7%)、電気・ガス・水道業の3,487億円(同10.7%)などとなっています。

また、総生産額の対前年比(名目経済成長率)は1.3%のマイナスとなっていますが、これはウェイトの高い製造業やサービス業、不動産業がプラスになったものの、電気・ガス・水道業が2.4%の大幅なマイナスになったことによります。これは電気・ガス・水道業の約96%を占める電気業において関西電力美浜発電所3号機の停止にともない、発電量が大きく減少したことが要因となっています。

経済活動別県内総生産(名目)

項目	実数(百万円)		増加率(%)		構成率(%)		寄与度(注)
	15年度	16年度	15年度	16年度	15年度	16年度	
1. 産業	2,990,743	2,935,455	0.2	△1.8	90.4	89.9	△1.7
(1) 農林水産業	41,485	40,856	△0.1	△1.5	1.3	1.3	△0.0
(2) 鉱業	3,483	3,041	16.6	△12.7	0.1	0.1	△0.0
(3) 製造業	693,329	696,763	0.6	0.5	21.0	21.3	0.1
(4) 建設業	226,939	238,603	△4.0	5.1	6.9	7.3	0.4
(5) 電気・ガス・水道業	427,478	348,673	1.1	△18.4	12.9	10.7	△2.4
(6) 卸売・小売業	282,799	287,947	0.0	1.8	8.6	8.8	0.2
(7) 金融・保険業	190,333	174,936	△1.4	△8.1	5.8	5.4	△0.5
(8) 不動産業	347,725	350,120	0.8	0.7	10.5	10.7	0.1
(9) 運輸・通信業	194,691	201,162	△1.8	3.3	5.9	6.2	0.2
(10) サービス業	582,481	593,354	1.8	1.9	17.6	18.2	0.3
2. 政府サービス生産者	382,785	387,269	0.4	1.2	11.6	11.9	0.1
(1) 電気・ガス・水道業	37,979	39,943	1.8	5.2	1.1	1.2	0.1
(2) サービス業	115,888	114,796	0.2	△0.9	3.5	3.5	△0.0
(3) 公務	228,918	232,531	0.3	1.6	6.9	7.1	0.1
3. 対家計民間非営利サービス生産者	63,263	63,638	△5.4	0.6	1.9	1.9	0.0
4. 小計(1+2+3)	3,436,792	3,386,362	0.1	△1.5	103.9	103.7	△1.5
5. 輸入品に課される税・関税	27,144	28,195	4.8	3.9	0.8	0.9	0.0
6. (控除) 総資本形成に係る消費税	12,029	17,273	△21.2	43.6	0.4	0.5	0.2
7. (控除) 帰属利子	145,099	132,979	△5.4	△8.4	4.4	4.1	△0.4
8. 県内総生産(4+5-6-7)	3,306,808	3,264,305	0.5	△1.3	100.0	100.0	△1.3

注: 寄与度とは、全体の増加率に対し、各構成項目がどの程度影響を与えたかを示す物である。

(出所: 平成16年度県民経済計算)

(注) 県内総生産

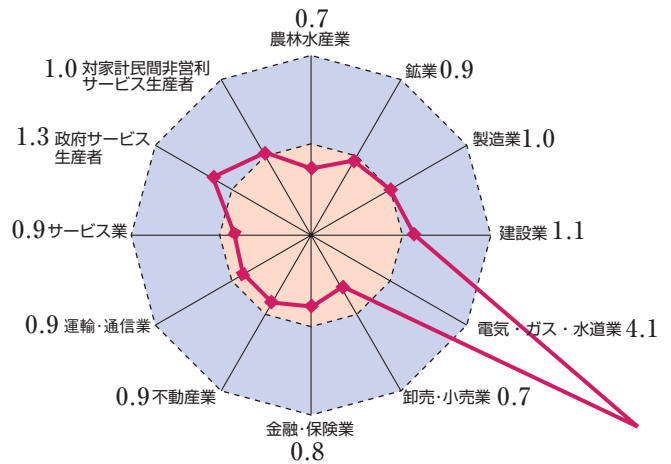
県内にある事業所の生産活動によって生み出された生産物の総額(産出額)から中間投入額(原材料費、燃料費、動力費など)を控除したもの。経済活動によって1年間に生み出された生産物の純価値(付加価値)を表します

なお、電気・ガス・水道業の生産額 3,487 億円のうち、約 2,960 億円（約 85%）は、原子力発電によるものと推定できますが、これは製造業の中の電気機械の 1,586 億円、繊維の 882 億円、化学の 694 億円をしのぐ県内の重要な基幹産業とみることができます。すなわち、原子力発電の動向が、本県の経済発展に大きく影響しているともいえます。

次に、国内総生産に占める電気・ガス・水道業の割合は 2.5% となっています。これに対して、本県の電気・ガス・水道業の割合は 10.3%（帰属利子等を除く）であり、特化係数は 4.1 となります。本県では、県内総生産の中で特に原子力発電が重要な地位を占めていることが、ここからも理解できます。

ちなみにこのほかの産業別の特化係数をみると、政府サービス生産者（主に公務や公的サービス）と建設業では 1 を超えています。卸売・小売業や農林水産業、金融・保険業などは 1 以下となっており、本県産業の特徴を垣間みることができます。

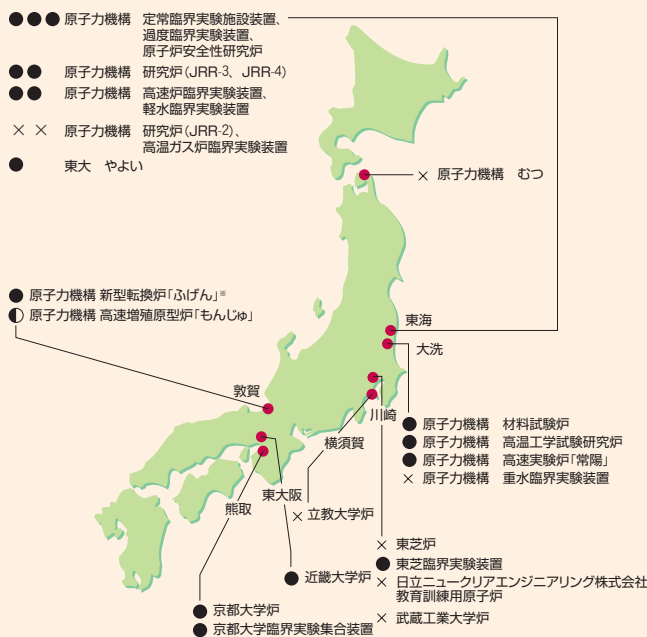
産業別構成比の特化係数



注：特化係数＝県内総生産の産業別構成比÷国内総生産の産業別構成比
特化係数は、1に近いほど国内総生産の産業構成割合に近いことを示す。

コラム

茨城県の原子力施設立地との比較



	運転中	建設中	計画中	解体中	計
原子炉施設	16 ●	1 ●	0 ○	8 ×	25

平成17年10月末現在
※平成15年3月運転終了 廃止措置準備中

原子力機構：日本原子力研究開発機構
出典：「原子力安全白書（平成16年度版）」他

福井県には15基の原子力発電所（ふげん、もんじゅを含む）が立地し、わが国で最も多い発電電力量を誇り、本県の経済・社会に大きく貢献しています。一方、茨城県に立地する原子力関連施設をみると、原子力発電所は東海第二発電所の1基のみであり、ほかには日本原子力研究開発機構の東海研究開発センター、大洗研究開発センター、那珂核融合研究所などが集中、また、試験研究用・研究開発段階の原子炉施設の立地状況をも、本県には「ふげん」「もんじゅ」がありますが、茨城県の東海、大洗には多数立地し、わが国の原子力研究開発拠点となっています。

このため、本県の多種多様な原子炉の立地による原子力技術の集積を活かした、本県の新たなエネルギー研究開発拠点地づくりが期待されます。

3. 県内原子力の今後の開発と課題

高速増殖原型炉「もんじゅ」の運転再開

現在、日本で運転されている原子力発電所では、発電に伴って燃料は消費されるだけですが、高速増殖炉は、発電するために消費した燃料よりも多くの燃料をつくり出すことができます。このため、高速増殖炉は、ウラン資源の利用効率を飛躍的に高め、ウラン資源を長期にわたって利用することを可能にします。高速増殖炉の実用化は究極の核燃料サイクルの姿であり、エネルギー問題を解決する将来の最も有望な電源の一つです。

高速増殖炉の「高速」は、核分裂を引き起こす中性子と呼ばれる小さな粒子のスピードが速いものを利用するという意味です。また、「増殖」は、発電しながら消費した以上の燃料をつくり出すことができるという意味です。現在運転されている原子力発電所では、比較的スピードの遅い中性子を利用して、熱エネルギーを取り出し発電しますが、「増殖」することはできません。

ウラン資源の有効利用

利用法	ウラン利用効率
軽水炉 *(ワンスルー)	0.5%
高速増殖炉を用いる 核燃料リサイクル	60%程度

※リサイクルしない方式

85年分といわれるウラン資源を、数世紀以上にわたって利用することが可能になります。

100倍以上にアップ

高速増殖炉「もんじゅ」の位置づけ

日本では高速増殖炉の開発を、実験炉→原型炉→実証炉と段階的に進め、実用化へとつなげていく計画です。

実験炉「常陽」

実験炉では、燃料の燃え方や材料について基礎的な研究開発を行っています。高速実験炉「常陽」は1977年の初臨界から現在まで、重大なトラブルもなく順調に運転を続け、技術経験を積み重ねています。

原型炉「もんじゅ」

原型炉では、実際に発電するプラントとして運転経験を積み、信頼性の実証や運転を通じたナトリウム取り扱い技術の確立などを行います。原型炉の「もんじゅ」は1994年に初臨界し、1995年に発送電を達成しましたが、その後ナトリウム漏えい事故を起こし停止しています。

現在は、運転再開をめざしてプラント全体の確認が進められているところです。

実証炉

実証炉では、安全性、信頼性、運転・保守性および経済性の向上を図り、次の実用炉の計画に反映します。「もんじゅ」に続く実証炉は2015年頃から基本設計を開始し、2025年までに運転を開始することが計画され、基本設計開始までの高速炉開発のエンジニアリング等を行う中核企業が、2007年4月に選定されました。



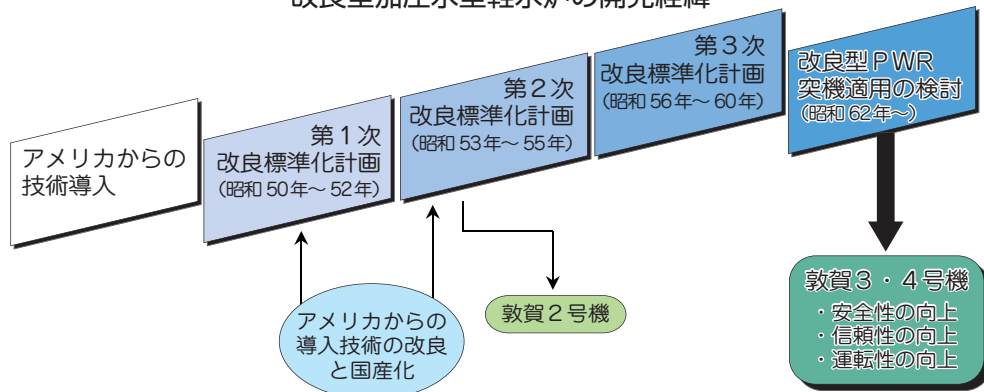
高速実験炉「常陽」 茨城県大洗町－熱出力14万kW（発電設備はありません）



高速増殖原型炉「もんじゅ」 福島県敦賀市－熱出力71.4万kW・電気出力28万kW

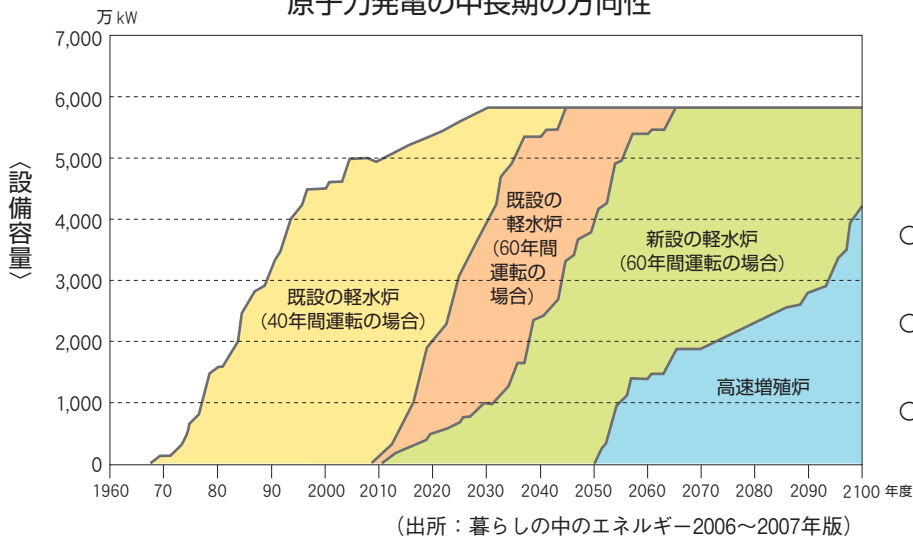
実証炉

改良型加圧水型軽水炉の開発経緯



(出所：日本原子力発電広報)

原子力発電の中長期の方向性



- 左図は、イメージを示すためのものであり、設備容量は58GWで一定と仮定。
- 既設の軽水炉は40～60年で廃炉。2030年前後から現行の軽水炉を改良したものに順次代替。
- 2050年頃から高速増殖炉導入。

原子力発電所の高経年化対策

わが国初の原子力発電所は昭和41年に運転開始されて以来40年以上が経過しています。平成8年4月、通産省（当時）は原子力発電所の「高経年化に関する基本的な考え方」をまとめ、その中で運転開始後30年を目安に定期検査等の内容を充実するとともに、事業者は、運転開始後30年を目途に、各機器に対し技術的観点から詳細評価（長期健全性評価）を実施し、それ以降の具体的保全計画（長期保全計画）を策定することとしています。

本県は、わが国原子力政策の先頭を走ってきましたが、それだけ30年を経過した原子炉が多く、平成19年3月末現在で運転中13基のうち6基存在しています。日本原子力発電および関西電力は、国の方針に基づき、これら原子力発電所について60年の運転を想定した技術評価を行い、現状の点検・補修等で60年間運転継続できるという報告書を国や県、立地市町に提出しています。

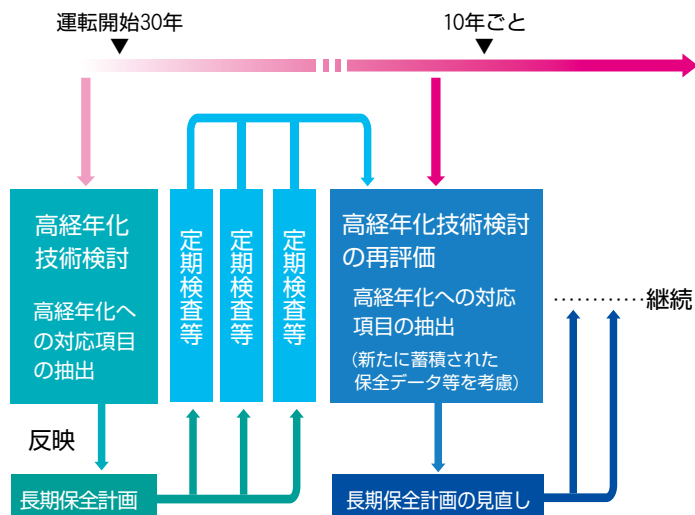
ただし、日本原子力発電は、敦賀1号機は、3、4号機増設計画の進捗を踏まえ、平成22年に運転停止の方針を示しています。また、平成16年8月に美浜3号機事故等を教訓に、国はこれまでの高経年化対策の意義を改めて確認し、平成17年8月に「実用発電用原子炉施設における高経年化対策の充実について」を取りまとめています。

運転後 30 年を迎える原子力発電所

発電所名		運転開始	運転後 30年目
敦賀	1号機	S45. 3	H12.12
	2号機	S62. 2	H29. 2
美浜	1号機	S45.11	H12.11
	2号機	S47. 7	H14. 7
	3号機	S51.12	H18.12
高浜	1号機	S49.11	H16.11
	2号機	S50.11	H17.11
	3号機	S60. 1	H27. 1
	4号機	S60. 6	H27. 6
大飯	1号機	S54. 3	H21. 3
	2号機	S54.12	H21.12
	3号機	H 3.12	H33.12
	4号機	H 5. 2	H35. 2

■ …高経年化

高経年化への取り組み



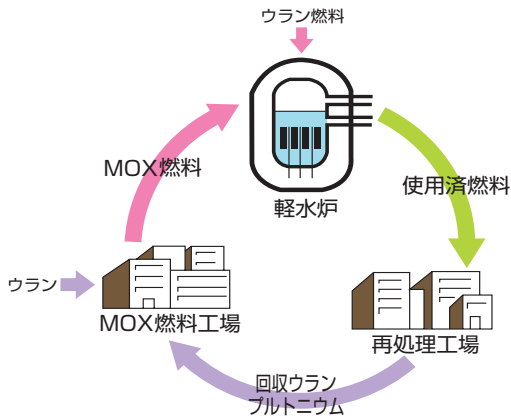
県内発電所のプルサーマル計画

平成 11 年 6 月、県と高浜町は、関西電力高浜発電所 3、4 号機のプルサーマル計画を事前了解しましたが、イギリスの原子燃料会社で MOX 燃料の製造中データの一部不正が判明し、プルサーマル計画は一時中断されました。その後、関西電力は海外からの MOX 燃料調達について品質保証体制の改善に取り組み、平成 16 年 3 月に県と高浜町はその取り組みを妥当と判断し、今後のプルサーマル計画を了承しました。これを受けて、関西電力はフランスのメーカーと MOX 燃料製造の基本契約を締結しましたが、平成 16 年 8 月に発生した美浜発電所 3 号機事故により、関西電力はプルサーマル計画を自主的に中断しました。その後、関西電力は、平成 19 年 2 月に美浜発電所 3 号機の本格運転を再開し、平成 20 年 1 月にプルサーマル計画の準備作業再開を表明しました。

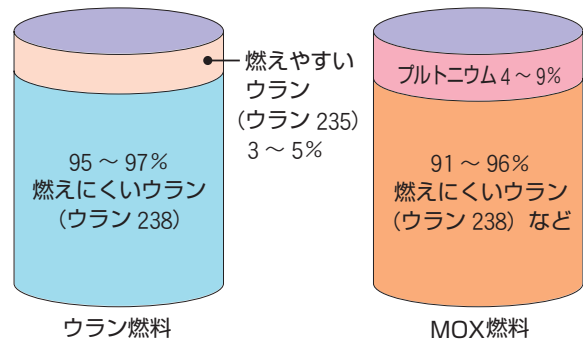
平成 17 年 10 月の原子力政策大綱では、「当面、プルサーマルを着実に推進する」としており、事業者も 2010 年までに合計 16 基～18 基において順次プルサーマルを導入することを目指しています。現在、九州電力玄海原子力発電所、四国電力伊方発電所、中部電力浜岡原子力発電所でのプルサーマル実施に対し地元の了解を得ており、中国電力島根原子力発電所では国の安全審査を受けています。

なお、本県で敦賀発電所 1 号機および美浜発電所 1 号機で MOX 燃料利用実績があり、良好な結果が得られています。また、先に見た通り、新型転換炉ふげん発電所では、772 体の使用実績があり、1 原子炉当たりでは世界一の実績があります。

プルサーマルのしくみ



ウラン燃料と MOX 燃料の比較



「ふげん」発電所の廃止措置

原子力発電所の高経年化に対し、適切な検査や確認を行い、故障等を未然に防ぐ予防的な措置で安全性や信頼性を確保することができますが、いずれ運転を終了することが、現実の問題として発生します。

この場合、国土の狭いわが国では、最終的に解体撤去し、その跡地は地域社会と協調を図りつつ原子力発電所用地などとして引き続き有効に利用するというのが基本的方針となっています。

本県の「ふげん」は、平成15年3月に運転を終了、平成20年2月に廃止措置計画が認可され、「新型転換炉ふげん発電所」から「原子炉廃止措置研究開発センター」に改組されました。今後、廃止措置に必要な技術の開発研究、施設の廃止措置、廃棄物の処理・処分等の事業が行われ、必要な設備については原子炉等規制法に基づく定期検査を行い、適切な維持管理、地元の雇用や経済に十分配慮し、着実に事業が進められることとなります。

県としても、安全性の確保を最優先に確実に廃止措置が行われるよう、運転終了後も運転中と同様、安全協定を基に安全性の確認を行なうこととしています。

なお、平成22年度には敦賀1号機が、また、20～30年後には次々と運転を終了する原子炉が出現すると予想され、「ふげん」の廃止措置実績から今後の対応を考える必要があります。

廃止措置に向けた諸準備

年	約10年間は本格解体に向けた準備作業期間	
	平成15年3月末	国への認可手続き
主要工程	運転	廃止措置準備 廃止措置認可
廃止措置に向けた準備 事前検討 事前検討 廃止措置	炉心燃料取出し 使用済燃料搬出 重水回収・搬出/重水系の乾燥保管 解体手順検討・安全評価等 廃止措置計画検討 重水系機器解体技術の開発 炉心の解体技術の開発 エンジニアリング支援システムの開発 既存技術の改良・高度化	原子炉等規制法の一部改正(H17.12施行)を受け 廃止措置計画の認可(H20.2)を受けて廃止措置へ移行
廃止措置		廃棄物処理設備等の導入 本格解体

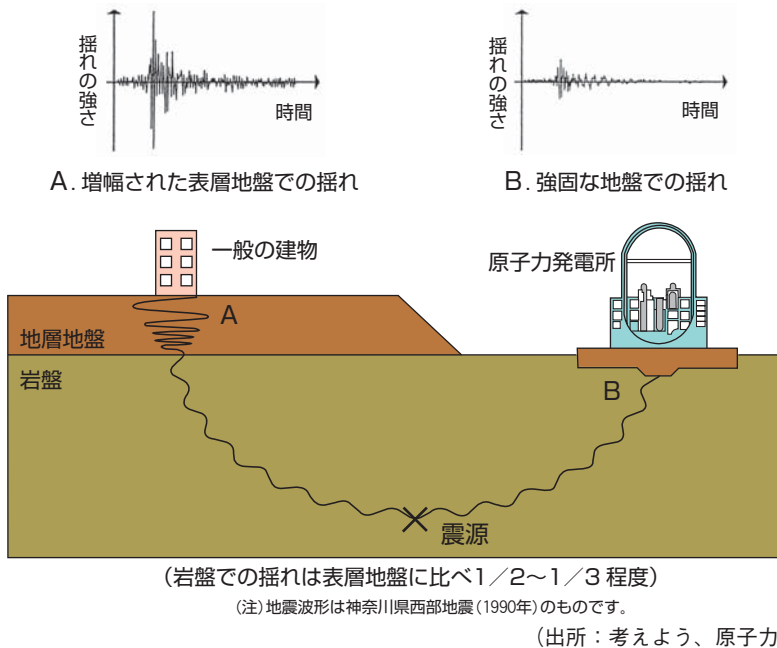
4. 原子力発電所の安全対策

地震対策…新潟県中越沖地震からの教訓

原子力施設の安全確保の上で重要な役割を持った設備や、その内部に多くの放射性物質を有する設備は、大きな地震が起きた場合にもその機能を失なったり、壊れて放射性物質が周辺環境に放出されることがないようにする必要があります。

原子力施設の地震対策として、①活断層の上には建物を造らない、②強固な岩盤の上に直接建物を支持させる、③過去の地震などから最大の地震を考慮して設計する、④信頼性の高い解析プログラムを用いて評価する、⑤地震に対する自動停止機能、⑥大型振動台により実証する、⑦津波に対する対策を講じるなど十分な対策が施されています。

岩盤上に設置した原子力発電所と一般の建物の揺れの伝わり方



新潟県中越沖地震の教訓

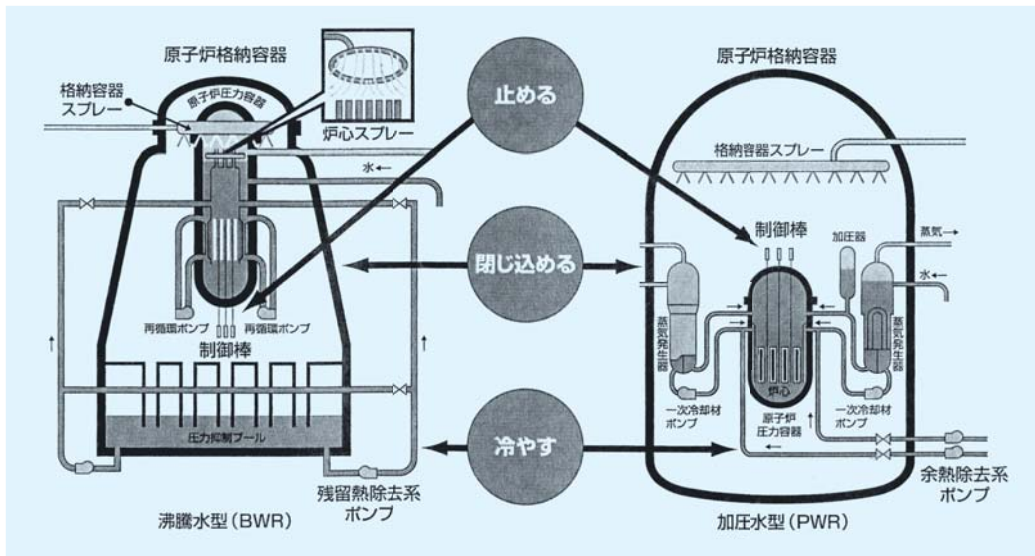
新潟県中越沖地震による揺れと被害は、これまで世界の原子力発電所が経験した中で最大のものであったといえます。このため、今後明らかになる調査結果を含め、今回の地震により得られる知見や教訓が、全国そして全世界の原子力発電の安全性向上のために活かされることが求められています。

今回の地震によって、柏崎刈羽発電所に7基ある原子炉のうち、運転中と起動中の4基(残る3基は定期検査で停止中)が地震の揺れを感知して自動停止しました。また、これまでの目視点検では、原子炉格納容器など高い耐震性が求められる設備の損傷は確認されていません。原子力発電所における異常発生時の対処として最も大切な、原子炉を「止める」「冷やす」「閉じ込める」という機能が維持されたことを意味しています。

地震時の1号～7号機の状況

		1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
地震発生時の状況	運転状況	定検中	定検中(起動中)	運転中	運転中	定検中	定検中	定検中
	自動停止	—	○	○	○	—	—	○
	燃料の所在	全燃料取出中(燃料プール)	炉内	炉内	炉内	炉内	炉内	炉内
	圧力容器上蓋	開	閉	閉	閉	閉	閉	閉

原子力発電所の安全を守る基本



なお、県内の事業者は、今回の地震により柏崎刈羽原子力発電所の原子炉建屋で観測された揺れのデータをもとに、原子力発電所における安全上重要な施設への影響を検討し、その結果、いずれの事業者も「安全上重要な機能を持つ主要施設の安全機能は、維持されることが確認された」と、県や立地市町等に報告しています。

また、2006年(平成18年)に国の原子力安全委員会が、兵庫県南部地震や鳥取県西部地震

耐震設計審査指針(耐震指針)の改訂概要

【改訂のポイント】

(2006年9月19日改訂)

項目	旧耐震指針	新耐震指針
想定する地震動	最強地震と限界地震の2種類の地震動を策定	2種類の地震動の策定方針を一本化
一律に考慮する地震動	マグニチュード6.5の直下地震	過去の地震観測記録に基づき原子力発電所ごとに設定
考慮する活断層	5万年前以降の活動が否定できないもの	後期更新世(最長13万年前)以降の活動が否定できないもの
施設の重要度分類	As(最重要)、A(重要)、B、Cの4クラスに分類	最重要クラス(AsからSに呼称変更)の範囲をAクラスまで拡大(S、B、Cの3クラスに分類)

旧指針

重要度分類	主な対象施設
As	原子炉格納容器 原子炉圧力容器 制御棒と駆動装置 残留熱除去系
A	非常用炉心冷却系
B	タービン建屋
C (建築基準法に基づき一般構造物の設計に考慮される地震力)	上記以外の設備 (変圧器など)

As : 現実に起りそうもない大きな地震の地震力を考慮
A : Cクラスの地震力の3倍
B : Cクラスの地震力の1.5倍

などで得られた最新の知見や耐震設計技術の進歩を反映して、耐震設計審査指針が25年ぶりに改訂されていますが、各事業者は、この新指針に照らした安全性評価を行なっています。

さらに、今回の地震では、発電所構内での消火体制のあり方が問われましたが、県内の各事業所はこれを教訓に、原子力発電所構内での火災への対応強化に向け、初期消火班を24時間体制にし、化学消防車の配備や消防訓練の充実、また消防署への専用通信回路の確保などの対策を打ち出しています。

県内における事故・トラブルの発生と安全対策

県内の原子力発電所や関連施設では、今まで何度か事故やトラブルが発生しています。

その中で、国際原子力事象評価尺度（INES）に照らしてみると、レベル2（異常事象）に相当するものとして、平成3年の関西電力美浜2号機の伝熱管損傷（事象発生に伴う放射性物質の放出はごくわずかであり、周辺環境への影響は認められませんでした）があります。また、

国際原子力事象評価尺度（INES）と県内の異常な事象の位置

	レベル	基準			参考事例
		基準1 所外への影響	基準2 所内への影響	基準3 深層防護の劣化	
事故	⑦ (深刻な事故)	放射性物質の重大な外部放出 (ヨウ素131等価で数万テラベクレル相当以上の放射性物質の外部放出)			チェルノブイリ事故 (1986年)
	⑥ (大事故)	放射性物質のかなりの外部放出 (ヨウ素131等価で数千から数万テラベクレル相当の放射性物質の外部放出)			
	⑤ (所外へのリスクを伴う事故)	放射性物質の限られた外部放出 (ヨウ素131等価で数百から数千テラベクレル相当の放射性物質の外部放出)	原子炉の炉心の重大な損傷		スリーマイル・アイランド事故 (1979年)
	④ (所外への大きなリスクを伴わない事故)	放射性物質の少量の外部放出 (公衆の個人の数ミリシーベルト程度の被ばく)	原子炉の炉心のかなりの損傷/ 従業員の致死量被ばく		東海村のウラン加工施設臨界事故 (1999年)
異常な事象	③ (重大な異常事象)	放射性物質の極めて少量の外部放出 (公衆の個人の十分の数ミリシーベルト程度の被ばく)	所内の重大な放射性物質による汚染/ 急性の放射線障害を生じる従業員の被ばく	深層防護の喪失	バンデロス発電所火災事象 (1989年)
	② (異常事象)		所内のかなりの放射性物質による汚染/ 法定の年間線量当量限度をこえる従業員の被ばく	深層防護のかなりの劣化	関電美浜2号館伝熱管損傷 (1991年)
	① (逸脱)	安全上重要でない事象		運転制限範囲からの逸脱	旧動燃もんじゅ2次系ナトリウム漏えい事故 (1995年) 原電敦賀2号機1次冷却材洩れ (1999年) 関電美浜3号機2次系配管破損事故 (2004年)
尺度以下	① (尺度以下)			0+	安全に影響を与える事象
	評価対象外			0-	与えない事象
		安全に関係しない事象			

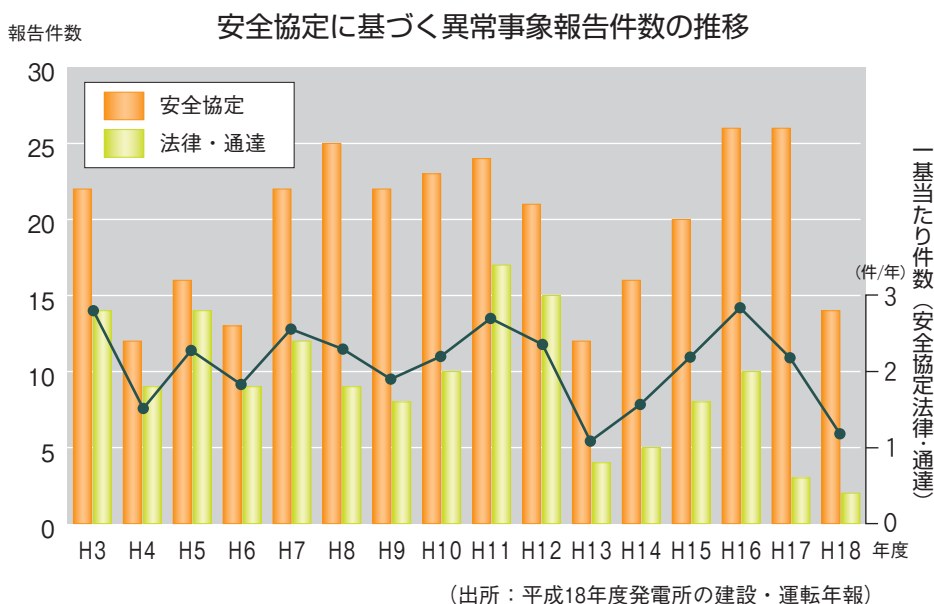
シーベルト(Sv)は、放射線が人体に与える影響を表す単位(ミリは1,000分の1)。ベクレル(Bq)は、放射性物質の量を表す単位(テラは $10^{12} = 1兆$)。3つの基準について評価し、一番高いレベルとなったものをもって当該事象の評価対象とする。

(出所：「原子力2005」ほか)

レベル1（逸脱）に相当するものには、平成7年の旧動燃もんじゅ2次系ナトリウム漏えい事故（原子炉の安全性は十分確保され、作業員の被ばく、環境への放射性物質の影響はありませんでした）や、平成11年の日本原子力発電敦賀2号機における1次冷却材漏れ（放射性物質は、格納容器に閉じ込められ、外部に漏れることはありませんでした）、平成16年の関西電力美浜3号機2次系配管破断事故（破損した配管付近で作業していた作業員が破口部から流出した蒸気及び高温水により被災し、5名が死亡、6名が負傷しました）があります。

また、事故等については、原子炉等規制法によって報告が義務付けられているもの、県および立地市町と施設設置者の間で締結されている安全協定（原子力発電所周辺環境の安全確保等に関する協定書）に基づいて、非常事態が発生した場合はもとより、計画外の原子炉の停止や発電所で故障が発生した場合などに、直ちに県および立地市町に連絡することを事業者に求められているものがあります。

これら事故やトラブルの原因は、設備・機器等の老朽化、管理上の欠陥、人的ミスなどさまざまなものが考えられますが、設置事業者は、ハードに関するものについては日常的に機器の点検を行い、法律に基づき約1年に1回原子炉を止めて、精密かつ膨大な点検や検査を行うなど、技術面のさらなる追及が行われ、設備・機器等の改善改良を行なっています。一方、人為的なミスについては、社内の安全対策のための組織を強化したり、メーカーや協力会社との協業体制の確立、人材育成などに力を入れています。



人材の育成・技術力の向上

県内には、原子力研修センター（高浜町）、原子力運転サポートセンター（おおい町）および原子力発電訓練センター（敦賀市）があります。原子力研修センターでは、原子力発電所の保修業務に従事する技術系社員が、実物模型などを使って保修・点検作業の訓練を行なっています。また、原子力運転サポートセンター、原子力発電訓練センターでは、発電所の運転員を養成するため、通常運転や異常状態に対する対応操作などを繰り返し訓練することができます。

さらに、若狭湾エネルギー研究センターでは、人材の育成の交流に関する事業が展開され、事業者と県内企業間の技術交流等を通じて、原子力関連技術の向上が図られています。このほか、県内大学の原子力・エネルギー研究の充実が図られるなど、「機械は故障し、人間はミスをする」を前提に、原子力の安全を確保するための人材育成、技術力の向上が積極的に進められています。



原子力研修センター全景



主動弁分解点検訓練（原子力研修センター内）

コラム

原子力安全システム研究所の役割

（株）原子力安全システム研究所は、平成4年3月、美浜町に設置されました。これは、平成3年2月に発生した美浜発電2号機の蒸気発生器細管破断事故を契機に、原子力発電の安全性・信頼性の一層の向上を目指して、幅広い調査・研究を行い、その成果を国内外に公開しようというものです。



蒸気発生器細管検査訓練設備



原子力安全システム研究所（美浜町）

当研究所内には、社会システム研究所と技術システム研究所があり、前者は、主として、科学技術と人間・社会のより良い調和の条件を探ることを目指して、さまざまな調査研究を行なっています。また、後者は、原子力発電の安全性を技術の側面から、例えば、高経年化問題に取り組むとともに、原子力発電所の事故や故障に関する情報収集、調査分析などを行なっています。