

## 第3部

# 資料編

## 第1章 日本のエネルギー安全保障を考える

**問1** エネルギー安全保障は私たちの生活にどのように関わっているのですか

**豆知識1** 東日本大震災が日本のエネルギー自給率へ及ぼした影響

日本のエネルギー自給率は、国際エネルギー機関（IEA）の定義に従って原子力を自給率に算入すると、震災前の日本のエネルギー自給率は199%でした。この自給率は震災後に原発がすべて停止したことによって6%にまで低下しました。

**豆知識2** 日本の原油・石油製品、天然ガスの備蓄量と輸送体制

2012年7月、国と民間で198日分、8,782万キロリットルの石油を備蓄していました。そのうち78.2は原油の備蓄です。原油を消費に回すには精製し、貯蔵し、流通させる仕組みが必要です。

また、天然ガスについては、2012年現在の国内備蓄量は、国が20日分、民間が61日分、合計で257万トンでした。日本各地には天然ガスの備蓄基地がありますが、それぞれを結ぶパイプラインがないために、地域間の融通が極めて難しくなっています。問題は、このような備蓄状況のもとで、エネルギー危機に対して国民生活を守るか、どうかです。

**豆知識3** 福島原発事故が化石燃料の輸入取引額へ及ぼした影響

福島原発事故後の2012年の日本の化石燃料輸入額は約24兆円となり、輸入総額約71兆円の約3分の1を占めています。（図1-1参照）

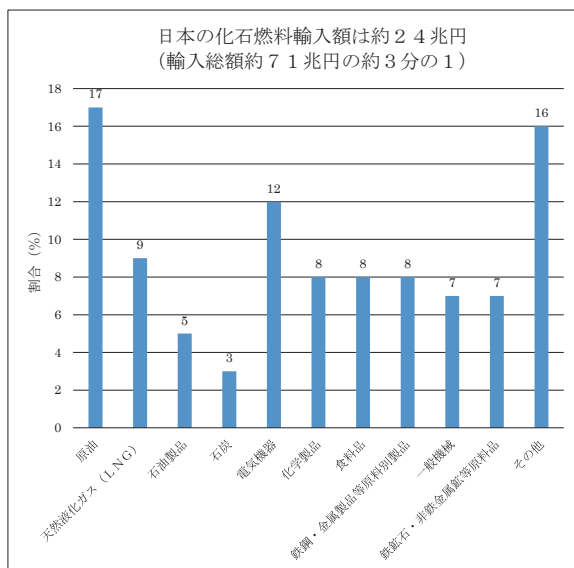


図1-1  
日本の貿易に占める  
エネルギー取引 (2012)  
財務省貿易統計等をもとに作成

#### 豆知識4 東日本大震災が電源構成に及ぼした影響

東日本大震災前の2010年、原子力が電力の電源構成比で28.6%でした。それに対し、石炭、石油、天然ガスを合わせた化石燃料が電源構成比で60.7%、このうち、国内炭は0.4%でした。なお、水力、再生可能エネルギーが電源構成に占める割合は、それぞれ8.5%、1.1%でした。

福島原発事故後の2013年、大飯原発が再稼働しましたが、それでも電源構成における火力発電の割合は88.8%と過去最高を記録しています。

#### 豆知識5 発電方式コストの評価

経済性の観点から最新のデータを基に試算されたいろいろな発電方式によるコストを考えてみましょう。発電コストは、発電方式によってかなり違います。試算結果によると、二酸化炭素を出さない再生可能エネルギーや原子力に注目すると、発電コストは、原子力、水力、地熱、風力、太陽光の順番になります。(図1-2参照)

発電コスト(円/kWh)は、発電規模(kW)が大きくて効率がよい発電の場合には安くなります。同じ水力発電でも規模の違いにより試算されています。太陽光も住宅用の小規模なものとは大規模なメガソーラー発電とは違います。

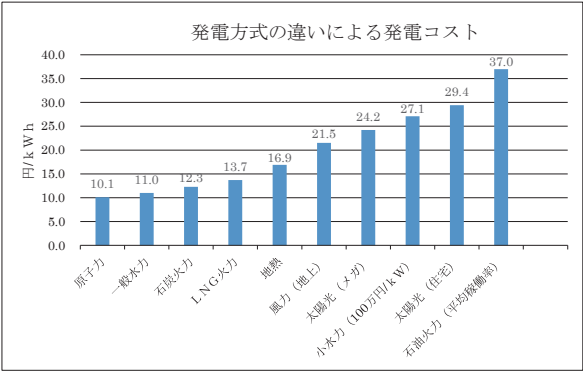


図1-2 発電方式の違いによる発電コストの比較

また、石炭火力は、ベースロード電源として利用されているので、70%の稼働率を想定しています。したがって、相対的にコストが安くなります。一方、石油火力は、必要とする電力の変動に対応して運転させるため、稼働率を10～30%に想定しており、発電コストが高くなっています。

**豆知識6 原子力の発電コストは事故対応や廃棄物処理の費用を含む**

発電コストの試算には、発電に伴う諸経費も考慮に入れています。例えば、原子力発電では、福島原発事故による事故対応費用、立地交付金、高レベル廃

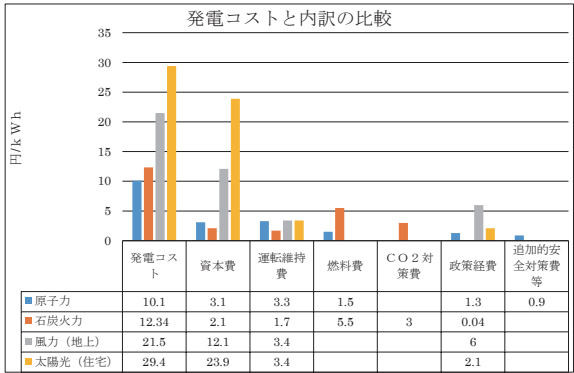


図1-3 発電コストの内訳

棄物処分・廃炉費用など（政策経費・その他）も含まれています。但し、事故対応費用には不確かな点があり、この試算では12兆円程度を考慮していますが、1兆円増えると、コストは0.04円/kWh上昇します。各種発電コストの内訳を図1－3に示します。各種発電方式の特徴により、資本費や燃料費などが発電コストに占める割合が分かります。

### 豆知識7 これまでに経験したエネルギー危機

その1：第四次中東戦争が勃発した1973年にOPEC加盟産油国6カ国が原油価格を引き上げました。第一次オイルショック後、1バレル当たり3ドル台から10ドルを超える3倍ほどの水準にまで値上がりしました。その結果、世界経済は大きな影響を受けました。また、1978年1月、イラン革命をきっかけとした第二次オイルショックでは、日量約450万バレルの原油の輸出が停止されました。

その2：第一次オイルショックによる“石油の供給制限で生産が停滞し、物不足が起きる”という『噂』が人心を惑わせました。この騒動は、NHKの朝の主婦向け番組で『紙不足はどうなる』を取り上げ、番組に出演した通産大臣の「紙の節約」の呼びかけがきっかけでした。全国のスーパーからトイレットペーパーが売り切れるという大パニックになりました。今後も所謂“トイレットペーパー騒動”のような不測の事態を招くかもしれません。

その3：日米開戦の直前、A B C D（アメリカ America、イギリス Britain、支那 China、オランダ Dutch）包囲陣が構築され、日本を窮地に陥れるために石油禁輸措置などが行われた歴史的事実があります。ここでは日本資産の凍結、鉄鉱禁輸措置も取られましたが致命的だったのは石油禁輸でした。当時、石油がなければ国家の存続は困難でした。日米交渉で日本が譲歩し、石油禁輸が解かれればアメリカと戦争する必要はなくなるという一縷の望みは決裂し、真珠湾攻撃に踏み切ったのです。この歴史的な事実関係を知っておくことは極めて重要です。エネルギー資源は『資金』だけ用意すれば入手できるという安易な考えは禁物です。

## 問2 再生可能エネルギーを増やせば原発はなくせるのではないですか

### 豆知識1 発電量の需給バランスの調整作業「しわとり」

太陽光発電や風力発電は天候にすぐ影響される不安定電源です。このため、

瞬時に他の発電所を起動させて発電量を補完し周波数を調整する作業が必要です。これは「しわとり」と呼ばれています。この「しわとり」に失敗すると大停電を起こしかねません。

### 豆知識2 メガソーラーと規制対象外の中規模ソーラーの実態

風光明媚な観光地や別荘地でのメガソーラー（1,000kW 以上）や中規模ソーラー（10～50kW）は、すでに環境破壊を引き起こしています。日照時間が日本一長い山梨県北杜市には、規制対象外の中規模ソーラーが建設され住環境の破壊による反対運動が起こっています（写真1－1参照）。



写真1 中規模太陽光発電の送電のために立ち並ぶ電柱と変圧器  
（山梨県北杜市清里地区の別荘地の道路にて撮影：経済・環境ジャーナリスト石井孝明氏提供）

### 豆知識3 政府の「エネルギー基本計画（2015年4月）」（抜粋）

- ① 化石燃料への依存の増大とそれによる国富の流出、供給不安の拡大、原子力発電所が停止した結果、2012年時点におけるエネルギー自給率は、6.0%まで落ち込み、国際的に見ても自給率の非常に低い脆弱なエネルギー供給構造となっている。原子力を代替するために石油、天然ガスの海外からの輸入が拡大することとなり、電源として化石燃料に依存する割合は震災前の6割から9割に急増した。（以下、省略）
- ② 原子力発電の停止分の発電電力量を火力発電の焼き増しにより代替していると推計すると、2013年度に海外に流出する輸入燃料費は、東日本大震災前並（2008年度～2010年度の平均）にベースロード電源として原子力を利

用した場合と比べ、約 3.6 兆円増加すると試算される。現在、原油の 83%、LNG の 30% を中東地域に依存しており（2013 年）、中東地域が不安定化すると、日本のエネルギー供給構造は直接かつ甚大な影響を受ける可能性がある。（以下、省略）

- ③ 高騰する燃料価格等により、全国で標準世帯のモデル料金が 2 割程度上昇している。さらに、2012 年 7 月から始まった固定価格買取制度により、再生可能エネルギー供給のための設備投資が加速し始め、非住宅向け太陽光発電を中心とした導入が急増している。同制度開始以降 2013 年 12 月末までに、再生可能エネルギーの設備導入量は制度開始前と比較して 34% 増加したが、電気利用者への負担は、2014 年度、賦課金が kWh 当たり 0.75 円であり（国全体で 6,520 億円）、標準家庭モデルで月に 225 円ほどとなっている。固定価格買取制度に基づいて導入される再生可能エネルギーは、今後増加していくと考えられ、電気利用者の負担の上昇要因となっていくと考えられる。（以下、省略）

#### 豆知識 4 火力発電所が東京湾に今後 10 年間に大增設される？！

太陽光発電や風力発電は、天候に直ちに影響されるため同量の予備電源がバックアップのために必要であり、火力発電所の増設が計画されています。今後 10 年間で福島事故直前の 21% 増に相当する 4,700 万 kW が増加するでしょう。温室効果ガスの排出による環境問題よりも経済性を優先しているからでしょうか。今後、米国や中国が石炭火力発電を抑制していく政策により石炭の値段が下がるからだといわれています。日本が地球環境に逆行していくことに注目しましょう。

#### 豆知識 5 東京湾の富津火力発電所と大規模 LNG 基地

東電・富津火力発電所には、なんと 504 万 kW の発電設備と、1,000 万 kW 相当の液化天然ガスを送出する LNG 基地があります。福島原発事故後、不足電力分は昼夜を問わず供給されてきました。中東などから大型タンカーで LNG を調達しており、年間百数十隻に及んでいます。それでも備蓄量は十分ではありません。

**問3** ドイツの脱原発政策は社会問題を生じていないのですか

**豆知識1** F I P制度（フィード・イン・プレミアム）とは？

自由化された市場にもかかわらず再生可能エネルギーだけを優先してグリッドに受け入れ、再生可能エネルギー事業者が必ず固定価格で受け取れる仕組みになっています。すなわち事業者は卸売市場で売りに出し、市場での販売価格と固定価格との差は送電事業者を通じて最終消費者に「賦課金」の形で請求できます。これが、現在のフィード・イン・プレミアム（F I P）制度です。再生可能エネルギーの供給（kWh）が増えれば市場価格は下がる一方なのです。（Handelsblatt 記事：小野章昌氏提供）

**豆知識2** 発電量の需給バランスの調整方法

太陽光発電や風力発電は天候にすぐ影響される不安定電源です。このため、瞬時に他の発電所を起動させて発電量を補完し周波数を調整する作業が必要です。これは「しわとり」と呼ばれています。ドイツの大手電力会社はイルシング最新鋭ガス火力発電を国の助成でこの役割を果たすという皮肉な状況に陥っています。

**豆知識3** 再生可能エネルギー発電設備の過剰供給の非合理性

ドイツの根本的な問題の原因は過剰発電設備の供給にあります。太陽光・風力などの変動電源は既存の安定電源（火力、原子力）を代替することはできず、むしろそのバックアップを必要としています。ドイツでは結果として最大需要（kWh）の2.5倍の発電設備（kW）を持つことになりました。過剰発電設備が生じれば個々の発電設備の採算が合わなくなるのは当然です。

**豆知識4** ドイツの“原発ゼロ”政策の実態

2000年、ドイツは“国内17基の原発を2022年末までにすべて停止する”政策を決めました。2015年6月27日、エーオン社は、1981年以来稼働してきた最古のグラーフエンラインフェルト原発を停止しましたが、8基が稼働中です。（2016年1月末現在）

一方、太陽光発電などの再生可能エネルギーは、競争力があるからではなく、固定価格で買い取ってもらっているから増えています。不必要な電気が入り込んで卸売価格が下がるほど、買取り価格との差額は広がり、その費用が一般の

電気料金に上乗せされています。

#### 問4 地球温暖化を考えるとエネルギー政策はどうすべきですか

##### 豆知識1 地球温暖化による異常気象の事例

世界各地における異常気象による以下のような被害が報告されています。

- ① アメリカ海洋大気局の最近の発表によると、10月の世界平均気温が、過去最高を更新し、観測を開始した1880年以降、最も高くなった。
- ② アメリカ西部では大規模な森林火災が1980年半ばから急増し、1970～1986年の平均と比べて、森林火災の頻度は約4倍、焼失面積は6.5倍以上となった。
- ③ アジア太平洋のツバルやモリディブなど標高が海拔数m未満と極めて低い小さな島嶼（とうしょ）国では、海面上昇の影響が深刻であり、水不足が懸念されている。

出典：地球温暖化資料集（環境省2009.2）

##### 豆知識2 COP21「パリ協定」

2015年12月にパリで開催されたCOP21で地球温暖化の対応策が検討され、「パリ協定」が採択されました。この協定では、世界の平均気温の上昇を産業革命前から2℃未満に抑える目標とともに「1.5℃」が努力目標として盛り込まれました。全加盟国196か国・地域が自主的な削減目標を国連に提出し、国内対策を行うことを義務付けました。日本は、2030年までに、2013年と比べて温室効果ガスを26%削減する約束を国連に提出しました。この目標値を遵守しなければなりません。

#### 問5 世界の原子力政策は福島原発事故後に変わったのですか

##### 豆知識1 中国の原発増設が日本へ及ぼす影響

原発事故が発生した場合に日本へ放射性物質の飛来による被害などを及ぼす可能性があります。また、中国の原子力発電の輸出に着目すると、次のように、

- ①パキスタン：運転中2基、建設中2基、契約済2基、②英国：EPR4基（仏国アレバ社と連合）、③米国：4基の部品調達（東芝・WHと連合）、④ルーマニア、ベラルーシ、アルゼンチンなどと協力契約を既に締結し、原子力大国として世界進出を計画しています。これは、日本の高い技術力が買われ、部品調達が期待されているからかも知れません。私たちは、これらの状況に対してどのように向き合っていけばよいのでしょうか。



## 第2章 放射線の怖さを考える

### 問1 多量の放射線を浴びるとどんな症状になるのですか

#### 豆知識1 放射線が人体へ及ぼす影響のメカニズム

放射線には、物質を「透過する能力」があり、人体の内部を見るためやがんの治療に使われています。また、アルファ線やベータ線と呼ばれる荷電粒子には、物質に当てると電子と静電的に作用して自由電子を生成する「電離作用」があります。放射線が生体内の水や生体を構成する物質と反応すると、この電離作用により活性化酸素や活性化分子が発生します。これらの放射線や活性化酸素などにより、細胞や遺伝子（DNA）が損傷され、生体の機能が損なわれて人体への影響がでてきます。多量の放射線を短期間で浴びると放射線量に応じて急性の障害が生じ、限度を超えて被ばくすると死にいたります。

#### 豆知識2 放射線に関する単位「シーベルト」と「グレイ」

放射線が人体へ与える影響を表す単位に「シーベルト」（Sv）があります。その1000分の1の単位が「ミリシーベル」（mSv）であり、日常生活でもよく使われます。

一方、放射線がものへ与えるエネルギー量を表す単位に「グレイ」（Gy）があります。放射線が物質に当たった時にどのくらいのエネルギーを与えたかを表します。

1グレイは物質キログラム（1kg）あたりに1ジュール（エネルギー量を表す単位）のエネルギーを吸収したことを意味します。1ジュールは約0.24カロリーです。

シーベルトの値＝（組織のグレイの値×放射線加重係数×組織加重係数）の全身組織の合計値

### 問2 微量な放射線でも人体に悪影響があるのですか

#### 豆知識1 自然放射線が場所によって異なる理由

- ① 海上は地中からのガンマ線が海水で遮蔽され、ほとんどが宇宙からの放射線（宇宙線）
- ② 木造住宅では地表と宇宙からの放射線量はほぼ同じ。しかし、鉄筋住宅や東京の銀座界限では大理石などが建材に使われているため、そこから出るガ

ンマ線が多くなっています。

- ③ 地表と宇宙からのガンマ線がそれぞれ年間で0.5と0.4ミリシーベルト（世界平均）

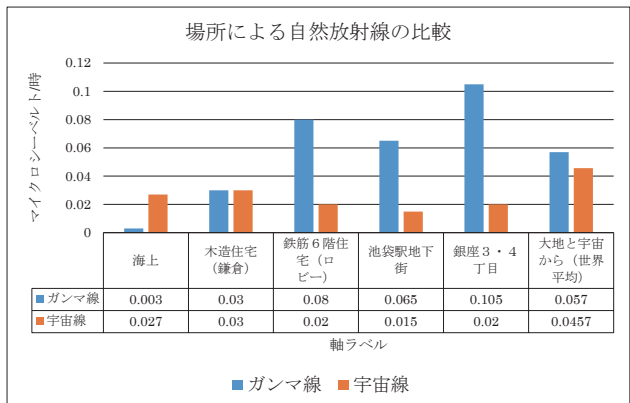


図2-1 場所による自然放射線の比較

## 豆知識2 細胞の損傷を修復する免疫力

細胞に放射線が当たると、細胞中のDNAに傷がつくことがあります。傷ついたDNAはすぐさま修復機構により、損傷部位が取り除かれ修復されます。ほとんどの場合は修復されますが、修復されなかった細胞も残ります。しかし、発がんには多数の要因が関与して初めてがんに至るので簡単にはがんは発症しません。がんの発症は、その6～7割がストレス、喫煙、摂取食物、放射線などの環境による因子、3～4割が個人の体質などの遺伝的な要因の関与であることが疫学的な研究により明らかになっています。

## 豆知識3 ラジウム温泉の健康効果

低線量被ばくでは健康に良い場合があります。ご存じのようにラジウム温泉は昔から健康によいといわれ療養温泉として利用されています。例えば、玉川温泉（岩盤源泉）の1時間当たりの放射線量は、0.015ミリシーベルト（最大値）です。浴びたほうが良いかどうかは放射線の『数量』によるのです。低線量では人の免疫力が高められ、がんの抑制効果があるというデータが得られています。

#### 豆知識4 放射線による甲状腺がんや白血病の発症

放射線は人のDNAを損傷させ、また活性酸素を作り出します。甲状腺や造血器官または骨髄は特にその影響を受けやすい個所です。チェルノブイリ原発の事故後の周辺地域で甲状腺がんが多発しことから、甲状腺がんは放射性ヨウ素に誘発されることが判明したのです。広島や長崎の被爆地では白血病が数年に渉り発症しました。

#### 豆知識5 骨髄細胞の放射線に対する感受性

原爆のように全身被ばくで全身の骨髄が瞬時に被ばくすると、骨髄細胞は放射線感受性が高いので白血病のリスクは高まります。実際、広島・長崎の原爆被ばく後の生存者から、数年して白血病が発生し、6～8年でピークに達しています。被ばく線量と白血病による死亡頻度の関係を見ると、200ミリシーベルトまでは白血病の増加は見られません。

#### 豆知識6 ベルゴニー・トリボンドーの法則

“子供は放射線に弱い”と思い込んでいる根拠の一つは、『細胞分裂が盛んなほど、未熟な細胞ほど放射線に弱い』という1906年のベルゴニー・トリボンドーの法則です。これは、雄のラットの生殖細胞にガンマ線を照射したところ『精原細胞→精母細胞→精細胞→精子の順に分化が進むと影響が軽減する』という説です。この理論は現在誤りであるとされています。

### 問3 福島産の農水産物は食べても大丈夫ですか

#### 豆知識1 放射能の単位「ベクレル」(Bq)

放射性物質の原子が1秒間に崩壊する数を「放射能」といい、その強さを「ベクレル」であらわします。放射線を懐中電灯の光に例えると、「放射性物質」は光を出す懐中電灯であり、「放射能」は懐中電灯がもっている光を出す能力です。

#### 豆知識2 国の食品安全の基準値の設定

福島原発の事故後、国は、先ず市場の食品汚染率を50%と仮定して、年間の内部被ばく線量を5ミリシーベルトに抑えることを目的に食品中に含まれるセシウム濃度を1kg当り500ベクレルという暫定基準値に決めました。その後、1ミリシーベルトにするように基準値を更に引き下げ、説明しやすい100ベク

レルに定めたのです。

コーデックス委員会	EU	米国	ウクライナ	日本
乳児用食品 1000	乳幼児用食品 200 乳製品 200	全食品 1200	乳児用食品 40 牛乳 100 乳製品 100 肉製品 200	乳児用食品 50 牛乳 50
一般食品 1000	一般食品 500 飲料水 1000		飲料水 2	一般食品 100 飲料水 10

「コーデックス委員会」は、食品の安全性と品質に関して国際的な基準を定めています。各国の食品の基準は、この国際基準との調和を図るよう推奨されています。EUは、日本の規制値にならって暫定的に引き下げたとされます。したがって、いずれは、もとの規制値に戻る可能性があります。

表2-1 食品中の放射性物質に関する基準値の比較（セシウム：ベクレル/kg）

### 豆知識3 海外の食品摂取に関する規制

基本的にどの国も食品摂取による追加の内部被ばく線量を年間1ミリシーベルトに収まるように規制し、その後は、その国民の食習慣、年齢などを勘案して被ばく線量を計算し、具体的な規制値を決めています。福島原発事故では、ヨウ素とセシウム以外の放射能はほとんど放出されていません。事故の初期にヨウ素が問題となりましたが、8日経過すると半減するため3年経過すれば、放射性セシウム（Cs134とCs135）に着目して評価すれば十分です。放射性セシウムに対する各国の規制値は、表2-7のとおりです。日本とウクライナが世界で最も厳しい食品放射能の基準を採用しています。

### 豆知識4 福島県の農産物の安全性検査の実態

国や福島県の検査のほかに、生産者が自主的に放射性セシウムを測定しているため、福島産の牛乳・野菜類では基準値（表2-7参照）を超えた農水産物は流通していません。それだけではなく、有機JAS認定、特別栽培、減農薬・減化学肥料、エコファーマー栽培などの安全性を目指す自主的な活動がおこなわれています。このような実態の情報が適切に報道され、仲間と共有する必要があります。

## 第3章 原発の危険性を考える

### 問1 原子炉は原爆のように爆発しませんか

#### 豆知識1 広島・長崎の原爆による死者数

原爆による被害規模を甚大にするために、広島及び長崎の上空の予め決められていた高度からウラン及びプルトニウムの原子爆弾が投下されました。その結果、強烈な熱線による爛れや烈風による圧迫により多くは即死でした。建物などで直撃を免れた人も強烈な放射線によりその後間もなく命を失いました。その数は、それぞれ、およそ12～20万人及び7～14万人と推定されています（原爆投下直後～5年後）。

#### 豆知識2 IAEA保障措置協定

原子力が平和的利用から核兵器製造などの軍事目的に転用されないことを確保することを目的として、IAEA憲章に基づき、IAEAが当該国の原子力活動について実施する査察を含む検認制度である保障措置を規定する協定です。日本は核不拡散条約（NPT）に基づく保障措置協定を1977年12月に発効させています。2016年5月現在の締結国は167ヶ国あります。

### 問2 東電福島第一原発の事故原因は、何だったのですか

#### 豆知識1 原子炉立地審査指針

国は、原子炉を設置する段階で「原子炉立地審査指針」により、“いかなる事故の場合でも公衆の受ける線量が十分に小さいこと”という基本目標を原子力事業者に課してきました。今回の福島第一原発事故の場合でもこの指針の基本目標は守られたといえます。

#### 豆知識2 原発が重大事故を起こす要因

原子炉のメルトダウンを起こす原因には、地震・津波などの“外部事象”と配管破断などの“内部事象”があります。今まで日本では津波のような外部事象に対して備えが不十分でした。この事故の教訓を生かし、新安全規制基準が制定されたのです。

**豆知識3 水素爆発による原子炉建屋の破壊**

水素爆発によって1号炉と3号炉の原子炉建屋は破壊されました。その後、3号炉の原子炉建屋内に流出した水素ガスが配管や排気設備を経て4号炉の原子炉建屋に流れ込み、ここでも水素爆発を起こしました。2号炉では水素は発生しましたが、原子炉建屋内が密封状態ではなかったため、水素ガスと空気が4～75%の範囲の爆発性気体にならず、水素爆発に至りませんでした。

**豆知識4 「格納容器ベント」とは**

原子炉格納容器の中の圧力が高くなって、冷却用の注水ができなくなったり格納容器が破損したりすることを避けるため、放射性物質を含む気体の一部を外部に排出させて圧力を下げる緊急措置です。今回の福島第一原発事故では、この「格納容器ベント」の操作が行われましたが、これにより放射性物質を含む気体の一部が外部へ放出されました。

**問4 原発事故の教訓は、安全対策にどう生かされたのですか****豆知識1 原子力災害時の体制**

事業者と国・自治体が協力して原子力災害を収束させます。事業者は発電所内を国・自治体は発電所外を分担します。国の「災害対策基本法」の下に「原子力災害対策特別措置法」が定められています。これらの法律に基づき、原子力事故が発生すると対策本部が設置されて防災活動を行います。自治体も原子力防災計画を有し、住民への周知や警報を行うほか、必要な場合には避難命令を出すなど放射線の影響を抑えるため防護活動を行います。また、的確な防護活動ができるように、防災訓練を行っています。

**豆知識2 原子力防災訓練**

原子力施設が立地する地元道府県を中心に、経済産業省、文部科学省、消防庁、自衛隊、海上保安部、日本赤十字社、電力会社等の原子力事業者が参加して、原子力発電所等の原子力施設で事故が発生したという想定のもとに、地域住民の安全確保を適切に行うために原子力防災訓練を実施しています。

**豆知識3 緊急時に放射線被ばくした場合の医療体制**

緊急時に被ばく医療活動をする医療体制は、従来から整備されています。し

かし、原子力規制庁の発足後、複合災害も見据え、原子力災害に対応する医療機関の体制が見直されています。

- ① 原子力災害拠点病院（立地道府県等が整備）：原子力災害時に、汚染の有無にかかわらず傷病者を受け入れ、被ばくがある場合には適切な診療を行います。また、原子力災害が発生した立地道府県等内において緊急医療をおこなう「原子力災害医療派遣チーム」を所有する。
- ② 原子力災害医療協力機関（立地道府県等が整備）：原子力災害時において行われる診療や立地道府県等が行う原子力災害等を支援する。
- ③ 高度被ばく医療センター（国が指定）：拠点病院では対応できない高度専門的な診療及び支援並びに高度専門教育研修等を行う。
- ④ 原子力災害医療・総合支援センター（国が指定）：平時において、拠点病院に対する支援や関連医療機関とのネットワークの構築を行うとともに原子力災害時において原子力災害医療派遣チームの派遣調整等を行う。
- ⑤ 原子力災害医療派遣チーム：拠点病院等に所属し、原子力災害が発生した立地道府県等内において救急医療等を行う。

#### **問5** チェルノブイリ事故と福島事故を比較するとどうなのでしょう

##### **豆知識1** 両原発の炉型の比較

チェルノブイリ原発の炉型は「黒鉛減速沸騰軽水圧力管型原子炉」と呼ばれるソビエト型です。1986年4月26日に事故を起こした4号炉は、1984年3月に営業運転を開始した原子炉であり、発電量110万kW。

福島第一原発は、「沸騰軽水冷却型原子炉」というBWR型炉であり、1号炉は米国GEが原子炉の主契約者でした。1971年3月に運転開始し、発電量は46万kWです。同2・3・4号炉は、GE・東芝・日立が順に原子炉の主契約者になりました。発電量は、いずれも78.4万kWです。

##### **豆知識2** チェルノブイリ原発の石棺と巨大なシェルター

現在、ウクライナでは、石棺の老朽化のため、これを覆うシェルター構築計画が進行中です。シェルター建設に莫大な費用（推定7億6800万ドル）や労力がかかると見込まれたことから、1997年に「チェルノブイリシェルター基金」構想が合意されて設立されました。原発から50kmほど離れた場所に森林を伐採して建設された人口約25,000人の町から作業現場へ通っています。



**豆知識3 福島原発の廃炉プロジェクト**

福島の廃炉プロジェクトを完遂することが、この事故を最終的に収束させることになると考えられています。廃炉とは、事故を起こした福島第一原発の解体処分を行い、整地することです。これには30～40年かかる予定です。これを実行することにより、廃炉解体の技術が確立され、これから廃炉となる他の原子力発電所についても参考になります。福島第一原発の廃炉に関わる研究開発と人材育成の拠点となる「廃炉国際共同研究センター」の開所式（2016年4月）がおこなわれました。人員は100人～150人規模です。

（※文部科学省公開資料より抜粋）

## 第4章 地層処分を考える

**問1 原子力発電では、どんな放射性廃棄物が発生するのですか****豆知識1 核燃料サイクルとは**

原子炉で燃やした後の使用済燃料は、原子力発電所から再処理工場へ輸送され、そこで解体され、化学工程で処理されます。使用済燃料中のウランやプルトニウムは分離回収されます。これらの核燃料物質は燃料工場で再び燃料に加工されて原子炉で使用されます。一方、使用済燃料中の残りの放射性物質のうち放射能の高い廃液は高温の溶融ガラスと混ぜて再処理工程から取り出し、「高レベル放射性廃棄物」のガラス固化体になります。この一連の工程を「核燃料サイクル」と呼んでいます。

**豆知識2 高レベル放射性廃棄物**

再処理工場において使用済燃料を再処理して得られた高い放射能をもつ廃棄物を「高レベル放射性廃棄物」といいます。この中には、高い放射線を出す、半減期の短い放射性核種（ストロンチウム90、セシウム137など）と半減期の長い核種（ネプチニウム237、ジルコニウム90など）が含まれています。

**豆知識3 使用済燃料を再処理しない国**

エネルギー資源の豊かな国や原子力発電から出る使用済燃料が少ない国は、使用済燃料を再処理せずに直接処分する方法を選んでしています。スウェーデン、フィンランド、カナダなどは直接処分する計画です。いずれの場合も、地球環



境や日常生活に及ぼす悪影響を少なくする対策が必要です。

#### 豆知識 4 ガラス固化体は 10 万年より前に無害化

高レベル放射能のガラス固化体の放射線量は時間の経過と共に減っていきます。製造直後の放射エネルギーは、その元となった燃料の製造に必要なウラン鉱石の放射エネルギーと比較して約 2 万倍です。しかし 100 年後は 1000 分の 1、1000 年後には 10000 分の 1 程度になります。約 4 万年後に、ウラン鉱石とほぼ同じ程度の放射線量になり、人間はそばに長い間でも立つことができます（図 4-1 参照）。

また、高レベル放射性廃棄物を、早期に無害化する研究も進んでいます。別の核物質に、転換するという研究です。早く実用化されることが望まれています。

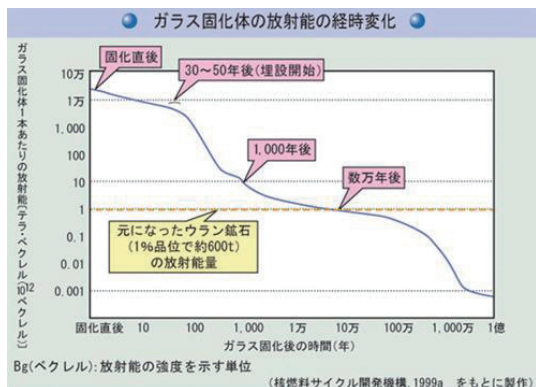


図 4-1 ガラス固化体の放射能の減衰の概要

(資源エネルギー庁、放射性廃棄物のホームページより)

#### 問 2 地層処分の安全研究はどのように進められてきたのですか。

##### 豆知識 1 「人間による管理」(貯蔵)の長期安全性

人間が管理する貯蔵施設は、原子力発電所敷地内や青森県六ヶ所村において安全に管理されています。しかし、ガラス固化体には、数十万年を超える半減期の長いネプチウム 237 やジルコニウム 90 などの放射性核種が含まれています。このため「貯蔵」ではなく、人間社会から隔離された深地層に処分するのです。

**豆知識2 「危険性をなくす」(核種変換)の可能性**

高レベル放射性廃棄物中には半減期の長い(長寿命)核種が存在します。これを半減期の短いかい核種に変換する技術開発が進行中であり、実用化には時間を要するといわれています。この核種変換によっても半減期の長いすべての核種をなくすることはできません。

**豆知識3 「十分に離れた場所」(宇宙・深地層)の安全・安定性**

宇宙にロケットで隔離する方法や大氷原の地下に埋設する方法が検討されました。両者とも安全確保の観点から問題点が指摘され採用には至りませんでした。こうして、人間が長期にわたって近寄らない深地層に安全に隔離する「地層処分」が世界中で採用されることになりました。

**豆知識4 日本の処分方法は「深地層処分」が前提**

日本では、再処理して「ガラス固化体」にしてから深地層に処分する方式を20年間進めてきました。フランスやドイツも同じ方式です。ただし、“可逆性のある地層処分”を選択肢に加えています。近い将来に燃料の処理技術に進歩があればその時点で深地層から取り出して対応するというものです。

**豆知識5 長期間にわたる自然現象の調査方法**

長期間で進行する現象は、要因に着目してそれぞれ単独で実験した結果を解析モデルで部分的に確かめてモデルを検証します。そして、長期間の現象を時間・空間の総合的シミュレーションを行います。例えば、人工バリア周辺や岩盤中の温度変化、地下水の流れなどの個々の現象に分割してデータを取り、それぞれの関係を検証します。また、よく似た長期的な自然類似現象(ナチュラルアナログ)を観察して類似の現象を定量的に確認することができます。

ナチュラルアナログ研究によって、例えば、ガラスと成分が類似の火山ガラスの研究から変質速度は1000年で100万分の1mmと非常に遅いことが確かめられています。また、カナダのシガーレイクウラン鉱床は、約13億年前に鉱床が形成された後、長期間放射性物質が当初の場所から移動しなかったことが知られています。その理由は、その場所に形成された粘土層がウランと地下水の接触を防いでいたからです。更に、海底から引き揚げられた大砲や数十年間地中に埋まっていた鉄製水道管の腐食量と酸素濃度の関係などが明らかに

なっています。

**問4** 最終処分場が決まらないのは、なぜですか。

**豆知識1** 地層処分は海底も候補地

地層処分場の地下施設は、必ずしも陸地に建設する必要はありません。海底の岩盤を利用する場合には陸地からアクセス道でつなげます。地層処分場は、大規模な立ち退きなどを必要としません。ガラス固化体を収納するために必要な地下施設は5～6平方キロメートル程度です。また、300 m以深に建設されるトンネル内に処分孔が設置されるので、人が住めなくなるなど地上の大規模な整備は避けることができます。

**豆知識2** 深地層に埋設されたガラス固化体からの放射能の漏洩

ガラス固化体が破損して万一地下水と共に地上に漏れる場合、万年単位の年月を要するといわれています。それほど、地下水に染み込んで地表に向かって移動する速さはゆっくりしているのです。

また、断層活動が処分場を直撃し、断層に沿って定置されていた廃棄体が300体壊れるという極めて非現実的に仮定しても、線量評価を保守的に行った結果1.6ミリシーベルト/年(mSv/y)と報告(JAEAのH-12レポート)されています。しかし、実際には活断層を避けた場所を最終処分場に決めるので“この様な想定”は不要です。

**問5** 最終処分場は海外では決まっているのですか

**豆知識1** フィンランドの最終処分場「オンカロ」

原発の使用済核燃料の処分は、国によって様々です。最終処分場として、フィンランドのオルキオト原発の敷地内の「オンカロ」は世界初の施設となります。

**豆知識2** 小泉純一郎元総理大臣と孫正義氏が見てきた最終処分場

オンカロとは、フィンランド西海岸の離島にあるオルキオト原発の敷地内にトンネル状に掘られた使用済核燃料の最終処分場です。これはフィンランド語で「洞窟」を意味しています。2004年から建設が進められ、2022年から稼働、つまり燃料の埋設を始める計画です。2100年ごろまで埋設を続け、その後は、坑道と入口を閉ざし密閉してしまう予定です。地層は主に花崗岩であり使用済

燃料は地下 455 m より下に埋められます。核燃料サイクルや燃料再処理を行わず、使用済燃料をそのまま直接処分する方法です。

### 豆知識3 フィンランドの国情

フィンランドは 1996 年までは国内から発生した使用済核燃料は、ロシアのマヤク処理場に運搬されていました。ところがロシアがフィンランドに対して運搬時の安全性の向上を要求するなどの負担増を求めてきました。フィンランドは原子力法を改正し、1997 年からは国内で発生した使用済燃料は国内で処分することを決定したのです。ロシアは、歴史上、フィンランドにとってさまざまな脅威であり続けてきた国です。同国への依存を避けるため、同施設の構想は 1983 年からすでに練られていたのです。

### 豆知識4 エウラヨキ市議会計画の承認理由

最終処分場の候補地で、オルキオルト原発の所在地でもあるエウラヨキ市議会の計画を承認した理由は、①実施主体であるポシヴァ社が住民に処分場の安全性を根気よく説明したこと、②処分場の完成予定が約 20 年後と差し迫ってはいなかったこと、③ポシヴァの本社をエウラヨキに移転するなどして住民に誠意を示したことなどに加え、④エウラヨキ市がポシヴァ社からの税収で潤い、住民には数十年分の雇用が確保できるという経済効果も大きな判断材料となったということです。

### 豆知識5 最終処分場問題はトランス・サイエンス？

最終処分場の問題は、これまで“政策への信頼がない”ことが技術的な“安全性への疑問”となり、賛成が得られませんでした。これからは、これらの技術領域に社会が信頼を寄せるために価値観の共有が必須であり、“意志決定に住民が参加する手続きが法的に保証される仕組み”（トランス・サイエンスの領域）が重要になるかもしれません。