

原子力を どうする？

東京電力福島第一原子力発電所事故を受け、エネルギー政策の見直しが行われている。

今後、原子力をどうするのか？

事故後、関西電力が取り組んでいる安全対策について、
関西電力の原子力の責任者に訊くとともに、エネルギー選択への視点をはじめ、
情報開示、リスクコミュニケーション、放射線、放射性廃棄物など、
今回の事故で明らかになった原子力の課題と対策・望ましいあり方について、
識者の意見を聴いた——



関西電力の安全対策

地震／津波／過酷事故対策はいま

福島第一原子力発電所事故はなぜ起きたのか？
関西電力は事故をどう捉え、どのような対策を打っているのか？
関西電力の原子力の責任者に訊いた。

豊松秀己 関西電力取締役副社長 原子力事業本部長



●福島第一原子力発電所事故の原因と対策
— 東京電力福島第一原子力発電所の事故をどのように受け止めているか？ 事故はどうして起きたのか？

私は学生時代に原子力を専攻し、入社以来、一貫して原子力に携わり、主に安全対策を担当してきた。常々、炉心溶融こそ起こしてはならない事故であり、我々はそのために働いているんだと思っていただけに、事故の報を聞いたとき、決して起こしてはならないことが起きてしまったと慚愧に堪えなかった。

福島では、地震発生により原子炉が自動停止するとともに、非常用ディーゼル発電機をはじめ原子炉の冷却に必要な機器は全て正常に動作した。しかし、その後の津波で、非常用ディーゼル発電機や配電盤

— 今回の事故を踏まえた関西電力の安全対策は？ 東日本大震災と同レベルの地震・津波が発生しても、同様の事態に陥ることはないか？

関西電力の原子炉は加圧水型（PWR）と呼ばれる炉で、蒸気発生器という装置があり、緊急時にはこれを使って炉心を冷却する。PWR

Rでは、電源を喪失しても蒸気力で動くタービン動補助給水ポンプを使って蒸気発生器の二次系に給水し、放射性物質を含まない蒸気を大気に放出することににより炉心（二次系）を間接的に冷却することができる。さらに今回、万一、全電源を喪失した際の対策として大型の空冷式非常用発電装置を設置したり、炉心を冷却する機能を確保する対策として海水ポンプの代替となるディーゼル駆動式の大容量ポンプ車などを配備し、より多重化・多様化の強化を図っている。

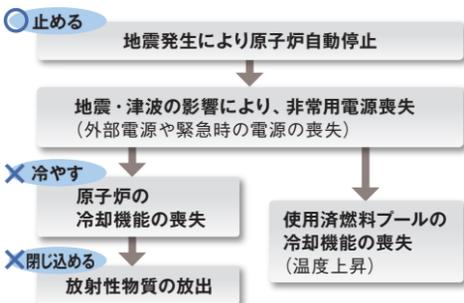
— それでも水素等によって格納容器内の圧力が高まり、爆発する可能性はないのか？

PWRは格納容器自体が大きい容器内の圧力上昇に対して余裕のある設計となっている。仮に圧力が高まり水素が漏れたとしても、格納容器の周りに設けたアニユラスという隔離された空間に滞留し、排気ファンを通じて外に放出されるので爆発する可能性は極めて小さい。

加えて、過酷事故対策として、水素爆発による施設破壊を防ぐために、電源を必要としない水素濃度低減装置を二〇一三年度に設置する。

完了済の対策の有効性はストレステストでも審査され、国から「妥

東京電力福島第一原子力発電所 事故の要因



対策の視点 決して二度と、今回と同様の事故を起こさない

冷やす・閉じこめるの「多重化」と「多様化」

プラントを監視するために必要な電源設備を確保
電源確保



空冷式非常用発電装置を高台に設置

蒸気発生器などへの給水設備を確保
水源確保



消防ポンプを追加配備

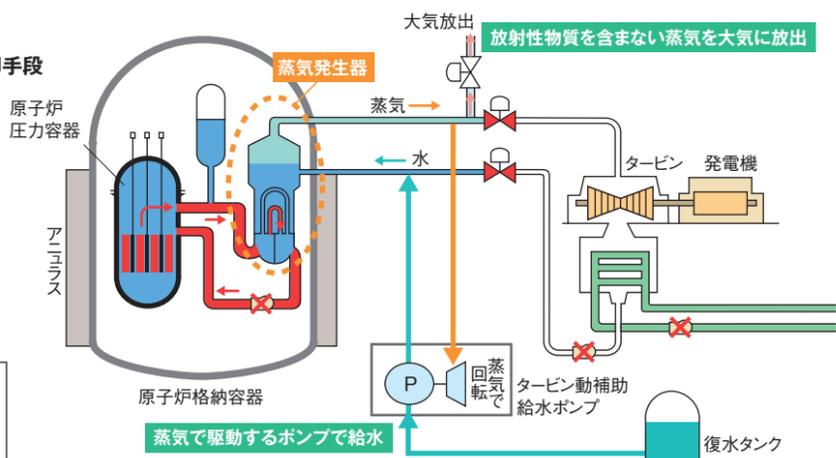
建屋への浸水を防ぐための対策を実施
浸水対策



扉のシール施工

水密扉への取り替え

電源喪失時における 加圧水型原子炉（PWR）の炉心冷却手段



●原子力発電所の再起動にあたっての安全性に関する判断基準

基準1	基準2	基準3
外部電源および非常用内電源を喪失しても事態の悪化を防ぐ安全対策の実施 →緊急安全対策等を実施済	福島第一原子力発電所を襲ったような地震・津波が来襲しても、冷却機能を維持し、燃料損傷に至らないことの確認 →ストレス評価について国が確認済	事業者による ・さらなる安全性・信頼性向上対策の計画 ・新規制への迅速な対応 ・自主的な安全確保の姿勢 →4月9日実施計画等報告済

●福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する30の安全対策

- ①外部電源対策
 - 1 外部電源系統の信頼性向上
 - 2 変電所設備の耐震性向上
 - 3 開閉所設備の耐震性向上
 - 4 外部電源設備の迅速な復旧
- ②所内電気設備対策
 - 5 所内電気設備の位置的な分散
 - 6 浸水対策の強化
 - 7 非常用交流電源の多重性と多様性の強化
 - 8 非常用直流電源の強化
 - 9 個別専用電源の設置
 - 10 外部からの給電の容易化
 - 11 電気設備関係予備品の備蓄
- ③冷却・注水設備対策
 - 12 事故時の判断能力の向上
 - 13 冷却設備の耐浸水性確保・位置的分散
 - 14 事故後の最終ヒートシンクの強化
 - 15 隔離弁・SRVの動作確実性の向上
 - 16 代替注水機能の強化
- 17 使用済燃料プールの冷却・給水機能の信頼性向上
- ④格納容器破損・水素爆発対策
 - 18 格納容器の除熱機能の多様化
 - 19 格納容器トップヘッドフランジの過温破損防止対策*
 - 20 低圧代替注入への確実な移行
 - 21 ベントの確実性・操作性の向上
 - 22 ベントによる外部環境への影響の低減
 - 23 ベント配管の独立性確保
 - 24 水素爆発の防止
(濃度管理及び適切な放出)
- ⑤管理・計装設備対策
 - 25 事故時の指揮所の確保・整備
 - 26 事故時の通信機能確保
 - 27 事故時における計装設備の信頼性確保
 - 28 プラント状態の監視機能の強化
 - 29 事故時モニタリング機能の強化
 - 30 非常事態への対応体制の構築・訓練の実施

*PWRは対策不要



必要な設備に電気を供給するため、電源車から電源盤にケーブルを接続、電源を復旧する訓練



大飯発電所中央制御室横会議室の指揮所での原子力防災訓練の初動対応の様子。初動対応以降は、この会議室を含め、合計約380㎡のスペースで、約200人が事故時対応を実施予定

「発電所では緊急時対策拠点が機能不全となつて対策が実行できないことはないか？」
発電所にはもともと耐震性も高く耐放射線設計がなされている緊急時対策所がある。しかし巨大津波の場合、そこが浸水する可能性はゼロ

「今回の事故は設備面の不具合のみならず、政府や事業者の対応のまずさが指摘されているが、万一の場合、本当に的確な対応ができるのか？」
関西電力は原子力事業本部を福井県美浜町に置いており、緊急時の対応権限の大部分は発電所に持たせている。だから仮に蒸気発生器に海水注入が必要な場合も発電所長の権限でできる。万一の事故発生時の避難については国・自治体と協力して行うこととなるが、発電所の安全に対する措置は事業者の一元的責任で行わないといけない。その意味で責任を持って対処できる体制を確立している。
私は昔から安全対策を担当してきた関係で、現場の運転員とよくディスカッションしており、彼らはそれぞれのプラントの特性などをよく勉強しているが、それに安住することなく、過酷事故時の訓練を徹底的に行うとともに、緊急時対応や発電所支援の体制を強化した。
発電所支援体制は、メーカーとの連携強化に手を打った。美浜にメーカーのプロが十人程度常駐することに加え、何かあれば数時間で神戸にある拠点に設計者などが五百〜六百人集まりテレビ会議ができるなどのバックアップ体制を整えた。

「今回の事故では消防ポンプなどに加え、海水を使う大容量ポンプを設置」
冷却用の海水取り込み口にホースをつなぐ訓練



●原子力発電所の再稼働
「原子力発電所の再稼働にあたり、拙速ではないかという声があるが、どのように考えているのか？」
事故以降の経緯を考えると、我々は事故後直ちに自主的に対策をとり、政府からは昨年三月に緊急安全対策、四月に外部電源対策、六月にシビアアクシデント対策の指示が出て、それぞれ確実に対応してきた。その後、七月に再稼働可否の判断材料としてストレステストが導入され、大飯3号機については十月にストレステストの報告書を提出。原子力安全・保安院が現場確認も含めてかなり時間をかけて審査され、

「今回の事故ではオフサイトセンターが機能不全に陥つたが、その場合はどうするのか？」
オフサイトセンターは国の施設であるが、若狭には美浜、高浜、大飯、敦賀の四カ所にそれぞれあり、仮に大飯が使えなければ他の三カ所のいずれかで対応可能と聞いている。
国では事故を踏まえた防災指針の改訂において、今後、司令塔的役割を果たす「緊急時対応拠点」（発電所から離れた距離に設置）と前線基地的役割を果たす「対策実行拠点」を整備するという方向性が示されている。

「この対策で問題はないと考えるが、不断の安全性向上努力として、免震構造で放射線遮蔽性能を有する「免震事務棟」の建設を美浜・高浜・大飯の三発電所で計画しており、二〇一五年度に運用を開始する。」
「この対策で問題はないと考えるが、不断の安全性向上努力として、免震構造で放射線遮蔽性能を有する「免震事務棟」の建設を美浜・高浜・大飯の三発電所で計画しており、二〇一五年度に運用を開始する。」

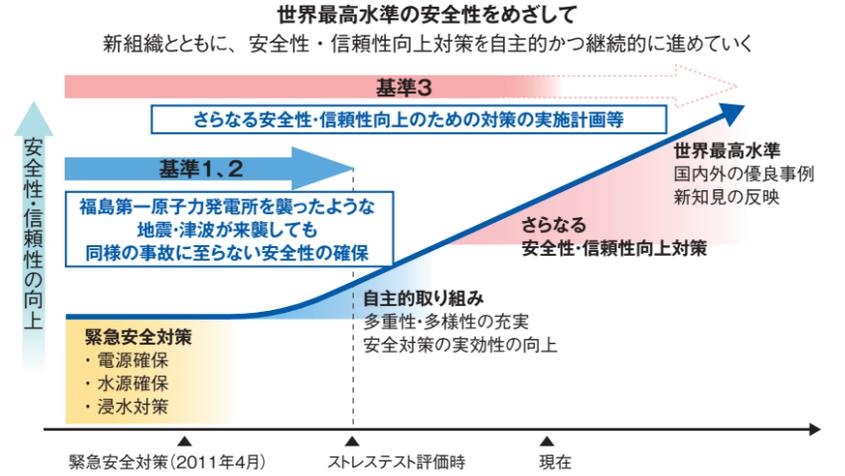
● **原子燃料サイクル**
 中間貯蔵施設や高レベル放射性廃棄物の最終処分場、再処理などが決まっていないことを理由に脱原子力を唱える人も多いが、どう考えているか？

資源の乏しい日本が将来にわたりエネルギーを安定的に供給していくためには、リサイクルできる資源は有効活用すべきであり、原子燃料サイクルの確立は不可欠だと考えている。従って六ヶ所村の再処理工場を早く竣工させると同時に、中間貯蔵施設立地などの使用済燃料対策を進めることが必要だ。これには皆さまの理解が不可欠なので、国がブレることなく今までの政策を推進されることが大事だと考えている。

中間貯蔵施設は、キャスクという専用容器に入れた使用済燃料を貯蔵する施設。キャスクは放射線を遮蔽する機能を持ち、環境に影響を与えない。地元の方々にご納得いただければ、消費地でも立地は可能

● **四十年運転制限**
 日本の原子力開発のバイオニアである関西電力には運転年数の長い発電所が多いが、四十年運転制限について、どう考えるか？

将来、原子力発電所を何基に減らすというのは政策判断だが、四十年問題は科学的・技術的根拠に基づく安全技術論で判断されるべきである。従って、四十年で本当に技術的に問題があれば止める必要があるし、なければ運転すべきと考えている。だから今までの高経年化対策の技術検討も踏まえ、四十年を区切りとするこの技術的根拠や、これを超える運転を承認する際の技術基準を明確にしてほしい。運転期間延長の認可は、厳に科学的・技術的根拠に基づく基準でなされるべきと考えている。



IAEA（国際原子力機関）も現地を確認し、その内容を含め、原子力安全委員会も確認された。またこれらと並行して福島事故の技術的知見や地震・津波、高経年化などの意見聴取会が開かれ、問題を一つずつ潰してきた。特に保安院が今年三月にまとめた「三十項目の安全対策」は、福島事故に鑑み行すべき対策について、技術的知見を有する専門家が公開の場で議論を積み重ねてきたもの。私には一年かけて基準ができたという思いがある。



ストレステストの適切性を確認するためIAEA（国際原子力機関）調査団が関西電力を視察



全交流電源喪失を想定した運転員の対応訓練



若狭湾での津波の痕跡を調べるボーリング調査



原子力防災総合訓練における原子力緊急時対策本部

● **津波・地震**
 若狭湾でも大津波があったとする説があるが、本当に大津波が来ないと言い切れるのか？

大津波は海溝型プレートズレで起こる。若狭湾沖合には海溝型プレートはなく、あのレベルの津波はまず来ないとされている。しかしながら一部の古文書に天正津波があったという記述があるため、疑義が生じた場合は徹底的に調べるといふ姿勢で、再度文献調査をするともに、昔から建っている神社を見に行き、古文書や天正以前の奉納された刀などを確認した。併せて若狭湾沿岸の陸上・湖面上でボーリング調査を行い、天正地震による大規模な津波を示唆するものはないということが国に確認された。但しこれは安心感の問題なので、そこで留まらず不断に調査を続けていく。

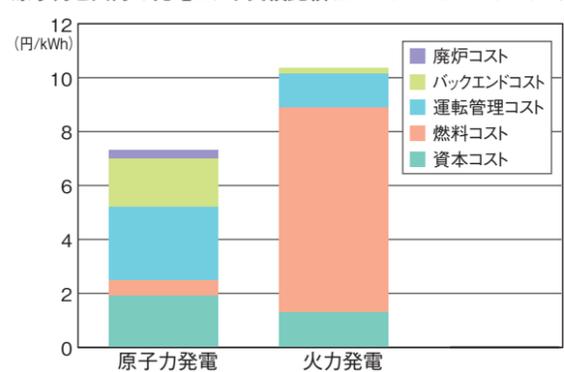
● **東北地方太平洋沖地震を受け、活断層の運動を指摘する声があるが、原子力発電所の耐震安全性は大丈夫なのか？**

活断層については、科学的知見をもとに運動するかしないかを議論しないと、合理的な判断にはならない。ただ、私どもとしては、皆さまに安心していただくために、引き続き活断層の運動に関する情報収集に努め、公開されている審議会の議論も踏まえて対応していく。例えば大飯では今までの地層調査の結果、運動はないとしている活断層についても、仮に運動させた場合の評価を行い、それでも今回のストレステストの範囲に収まっていることを確認した。



大飯発電所

原子力と火力の発電コスト実績比較(2006年度～2010年度平均)



出所:日本エネルギー経済研究所
「有価証券報告書を用いた火力・原子力発電のコスト評価」(2011.8)

テロは主に、発電所外部から攻撃される場合と、発電所に数人のグループで侵入される場合の二とおりが考えられる。原子力発電所は、一般産業施設に比べて堅牢な構造ではあるが、大規模兵器による攻撃はいわばテロというよりも戦争なので、国に防衛していただかないといけない。侵入されるケースについては、我々二十四時間体制で発電所への不審者の接近等を監視するとともに、できるだけ侵入に時間がかかるようフェンスや防護壁を設けている。同時に普段から治安機関や規制機関と連携を密にし、

だ。世界的には多数ある施設だが、原子力は専門的でわかりにくい面がある。いかにかにわかりやすく説明できるか。青森県むつ市で建設中の中間貯蔵施設を見ていただくなどして、理解を深めていただければと考えている。

また再処理の利点は資源の有効利用のほかに、放射性廃棄物の量を低減でき、最終処分場が極めて小さくなることである。電気事業者としては原子力の安全確保に全力で取り組み、放射性廃棄物の処分について理解いただけるよう努めたい。

●テロ対策

テロやミサイルへの対策を懸念する声もあるが、十分な対策がとれているといえるのか？

不審な兆候があれば警備を強化する等の対策を行っている。

●今後の取り組み

原子力の安全性に対する不安感や不信感は依然根強いが、今後、事業者として原子力をどう考え、どう取り組んでいくか？

どんな産業にもリスクはあるが、リスクは便益とのバランスで評価するものである。

原子力の便益、つまりなぜ日本が原子力を進めるかだが、

最大の理由はエネルギーセキュリティである。日本には自国で賄えるエネルギー資源がない。これが日本の発展の阻害要因にならないよう、技術力で克服しようとして原子力を導入した。原子力は準国産エネルギーといわれるように、燃料を一年以上使い続けることができ、安定供給の面で他の電源よりも圧倒的に優れている。

また、経済性にも優れており、原子力をやめて火力で代替すると発電コストは二〜三割上がる。そのときに日本産業が成り立つか。経済が破綻すると生活、社会全体に影響する。見落とされがちだが、火力は発電原価の約七割が燃料費であり、それらが全て外貨流出となるが、原子力は燃料費は一割で、残りの九割は国内でお金が回る。

一方、リスクとされる原子力の安全性については、徹底的に対策を打つことのでかなり高いレベルの安全性を確保し、リスクを極小化している。

これら便益とリスクを全てテーブルに置いて、将来のエネルギー政策について冷静に議論していただきたい。国家の発展とか、何が国民の幸せかという観点で、徹底的に議論していただかないと将来に悔いを残す。エネルギーは国を左右する最重要の国家施策である。資源のない日本が原子力をやるようでは国家として成り立たないのではないか。その議論は是非やっていただきたいと強く思う。

さらなる安全性向上をめざした新組織をつくるそうだが、最後に、その思いを聞かせてほしい。

電気事業者として今回の大きな反省は、規制を守っていればいいという文化があったこと。今後は規制の枠に捕らわれず、我々自身、不審の安全性向上努力をすべきであり、電気事業連合会として新組織を発足させる。アメリカのINPO(原子力発電運転協会)では、各電力会社の社長が定期的に議論して、継続的に改善しようという文化がある。やはり我々自身で相互にチェック&レビューしていくことが安全性を高める。そういう文化をつくり維持するための新組織だ。これは魂の入れ方が勝負であり、性根を入れて取り組みたい。

原子力の事故は経営を揺るがすものである。関西電力の場合、過去に美浜2号機、3号機で大きな事故を起こしてしまったが、リスクを持つ設備を四十数年見守り、我々を信頼してくれている地元がある。それを思うと地域のために絶対に福島第一原子力発電所のような事故を起こしてはならない。さらに言えば日本の繁栄のために原子力を失うことは致命的であり、何としてもそれは避けたい。それは歯を食いしばってもやるべき我々の責務であり、世界最高水準の安全性を達成すべく不断の努力を続けていく。



電気事業連合会として原子力安全新組織を立ち上げるためアメリカのINPO(原子力発電運転協会)を訪問

安全保障、この国の 独立性を守るための選択

中野剛志 京都大学大学院准教授



なかの たけし
京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻准教授（経済ナショナリズム）1971年神奈川県生まれ。東京大学教養学部（国際関係論）卒、英エディンバラ大学大学院政治思想専攻優等修士号取得、博士号（社会科学）取得。通商産業省（現・経済産業省）入省、資源エネルギー庁長官官房原子力政策課原子力専門職、資源・燃料部政策課課長補佐などを経て、2010年京都大学助教、11年より現職。著書『レジーム・チェンジ』『国力論』『経済はナショナリズムで動く』『恐慌の黙示録』『自由貿易の罠』『TPP亡国論』、共著『それでも日本は原発を止められない』など。

古来、国は外からの攻撃でなく内から崩壊するといわれる。3・11後の日本政治の混乱やマスコミの過剰反応は、まさにそうした「滅びのサイクル」に入ったかのようだ。

例えば事故直後の電力会社に対する激しい非難。その後の対応に責められるべき点はあるかもしれないが、原子力はもともと国策として進めてきたわけで、電力会社が勝手に進めたわけではない。事故の責任を問うなら、安全を審査し許可を出した政府に対しても問うべきなのに、電力会社ばかりを批判する。

事故後、急ぎ行うことは、事故の収束、他の原子力発電所の安全性確認、電力安定供給の三つ。当事者である電力会社が生命を危険にさらしながら事故収束に努める一方、他の電力会社は安全性確認と安定供給のために走り回っている。そのときに脱原子力や発送電

分離といった電力システム改革の議論を持ち出すのは明らかに常軌を逸している。

火事が起きたとき、まずは消火が必要なのに、火も消えないうちから家の建て替えを議論しているようなものだ。物事の優先順位を正しくつけられないのは、日本人のレベルが劣化している証拠ではないか。この国は原子力発電所が他国からテロ攻撃を受けたとき、相手国を責めるのではなく、電力会社の責任を追及するのではないかとさえ思える。

もちろん今、原子力に対する眼が厳しくなっているのは、事故を起こした以上当然だし、健全だと思う。ただ、軽々しく「脱原子力」を口にするには異論がある。

そもそも日本が原子力を選択したのは、安全保障のためだ。原子力をやめても電気は足りると言う人もいるが、原子力の代わりに輸

コストもかかる。それでも原子力を選択する意味は、民主主義国家としての独立性を堅持するためだ。

ところが日本は、国の独立性のためにコストを払いリスクを背負うという意識に乏しく、エネルギー安全保障の観点から見た原子力の重要性を述べてもピンと来ない。だから原子力を推進する人々は、それを環境性や経済性に置き換えて説明してきた。しかしCO₂を出さないと安いというだけの理由では、リスクを正当化することはできない。世界的にエネルギー価格の上昇が続くなか、各国ともエネルギー自立戦略を強めており、日本も早

くエネルギー安全保障の重要性に気づかないと、取り返しがつかなくなる。

エネルギー自給率を高めるといえば、太陽光発電、風力発電といった再生可能エネルギーもある。しかし残念ながら、これらは立地条件などの制約が大きく、原子力に代わることは不可能だ。固定価格買取制度の開始で普及が進み「規模の経済」が働いて安くなると期待する声もあるが、現実とは異なる。太陽光や風力は発電効率の良い場所から設置していくので、一定レベルまで増えた後は、逆に立地コストがかかり「規模の不経済」が働く可能性も高い。ドイツやスペインなど先行す

入の化石燃料に頼ると、産油国に自国の生命線を握られることになる。安全保障を軽視するのは、民主主義を軽視するに等しい。民主主義とは「自分の国のことは自分たちで決め、自分たちで守る」——つまり外的要因を排し自立すること、国家の独立性を守ることだ。軍備をはじめ、食料やエネルギーの自給率を高めるといふ安全保障がなければ民主主義は成立せず、それらはコストとリスクを負ってでも勝ち得なければならぬ。だから、独立性が危ぶまれる国の人々は、命を賭けてまでそれらを勝ち取ろうとする。

他国の情勢や国際市場に左右されないエネルギー源を持つことは民主主義国家の基本であり、資源のない日本にとって、そのエネルギーが原子力だ。原子力の安全性を強化するのは当然だが、リスクはゼロにはならないし、それらを勝ち取ろうとする。

昨年の事故以来、電力各社は世間のバッシングを受けながらも、「安定供給こそ自らの使命」という姿勢を保ち続けている。ただ、その意識の高さは、安全保障に疎い日本人には理解されず、逆に何か利益を隠しているのではないかと見られる。まさに悪循環であり、不当な批判だとは思う。

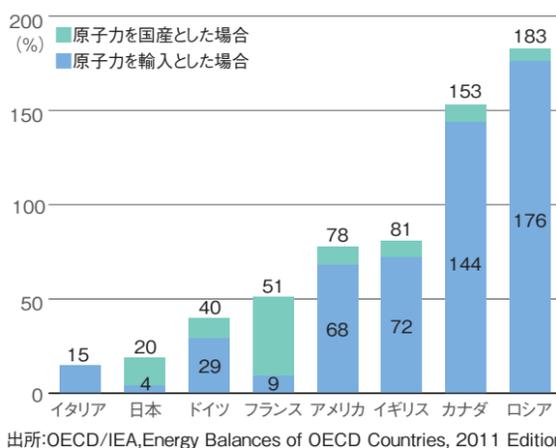
しかし電力会社が反省すべきは、ここ十年余りの電力自由化により原子力の安全対策コストを削減していないかどうか。また規制に服すだけで、政府に対し自ら主張してこなかったのではないかと、ということだ。窮地に陥っている今、これまでを反省するとともに、ここで屈したら日本は足元から崩れる——そういう気概で、腹を括って、国にも社会にも正しいと思うことを主張し続ける。それしか手はないと思う。

（肩書は取材当時のものです）



日本は化石燃料のほとんどすべてを輸入に頼っている

主要国のエネルギー自給率



「説明文化」の構築を望む

長辻象平 産経新聞論説委員



ながつじ しょうへい
産経新聞 論説委員
1948年鹿児島県出身。京都大学農学部卒。産経新聞社入社。科学部長などを経て現職。科学分野での取材が長く、米ソの宇宙開発やチェルノブイリ原子力発電所事故の取材経験を持つ。科学ジャーナリストとしての活動のかたわら釣魚史研究家、時代小説家としても活躍。著書『江戸の釣り』『闇の釣人』『元禄いわず侍』など。「中越沖地震における原子力施設に関する調査・対策委員会」委員など歴任。

圧倒的に説明不足だった。今、世の中の人々は、原子力や電力会社に対し、「原子力がなくても電気は足りる」「電力会社は再生可能エネルギーに背を向けてきた」といった見方をしている。その見方が正しいとは言わないが、誤解を生んだ責任は電力会社にある。日頃から自らの仕事について語ってこなかったからだ。

例えば、時々刻々の電力の需給調整を行っている中央給電指令所。電気は「同時同量」、つまり需要と供給を常に一致させないと、悪くすれば停電が起きかねない。僅かなズレであっても周波数や電圧が変動すると、コンピュータ制御機器や工場の生産ラインなどに大きな影響を与えてしまう。

中央給電指令所の所員たちは、二十四時間刻々変わる需要に合わせて、発電設備ごと

に起動停止の指令を出し、緊急時には他電力に融通を要請し——と、息もつけないような緊張感で、秒単位の需給調整を行っている。

ところが、そうした努力や苦労はほとんど知られていない。多くの人は「電気なんて少し多めにつくって、適当に送っているんだろ」くらいの認識しかない。

「同時同量」がいかに大変か知っていれば、もっと再生可能エネルギーを拡大し、発電電分離してどんどん新規参入させろ、などと軽々には言えない。秒単位の綱渡りをしていくところに、風任せ、お陽さま任せの不安定なエネルギーが大量に入ってきたらどうなるか。発電電分離して細かな需給調整ができるのか。日頃から人々に向き合い、説明していれば、無責任な議論にはならないはずだ。

「原子力の安全文化がなかった」といわれ

るが、安全文化だけでなく「説明文化」もなかったと言わざるを得ない。

昨年の事故以来、電力会社の「隠蔽体質」を指摘する声が多いが、隠していなくても、説明が足りていなければ、何か隠しているように見られることは弁えておいたほうが良い。

また業界用語や専門用語を使った説明も誤解を招きかねない。一般の人には意味不明だし、とりわけ事故時はマスコミ側も、普段は電力会社を担当していない社会部などの記者が押しかける。難解な説明を理解できず、苛立ちだけが募る結果になる。

今回の事故で残念だったのは、日本では放射線や原子力について十分な教育が行われていなかったこと。基礎的な知識のバックグラウンドがあれば、ここまで混乱することはなかったのではないかと。

ただ、隠蔽体質とまではいかないとせよ、

透明度が上がっていないケースもある。これまで原子力に反対する一部の過激な人々からいわれのない誹謗中傷を受けてきたせいか、被害者意識を持ち、警戒感をむき出しにした対応をするケースもある。これでは負の企業イメージが形成されてしまう。

さちんと語ってこなかったことが、今日の状況を招いている。言わなくてもわかるだろう、というのにはある意味、謙譲の美徳だが、一方では傲慢でもある。電力会社はもって「顔」を見せた方がいい。これまで電力会社は、瞬時の電圧低下さえ

ほとんどない高品質の電気を送り続けてきた。

このため逆に、電気があるのは当たり前前になつてしまい、数日復旧できないような大規模停電でも起きない限り、電気の大事さには気づかない。しかし電力会社は停電を起こさないよう安定供給にいそむ。すると、原子力がなくても電気は足りたではないか。足りないと言っていたのは嘘で情報を隠していたんだらう、となる。安定供給が崩れることのリスク、現代社会が機能麻痺に陥ったときの怖さをわかってもらえていない。

中长期で見てもエネルギーがなくなることにリスクをイメージできていない。これは極

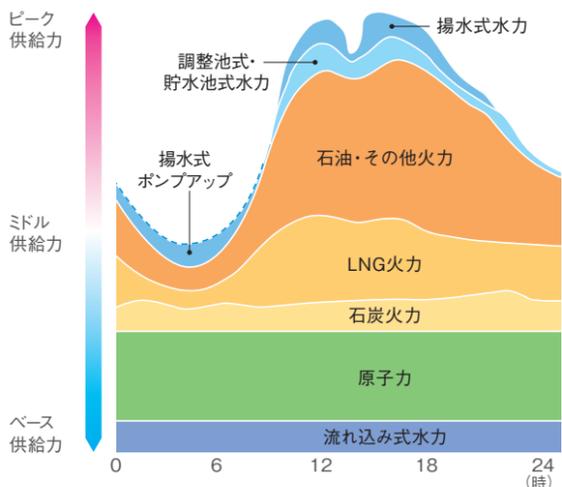
めて危険なことだ。

エネルギーがなければ文明は滅びる。メソポタミアも黄河もエジプト文明も、森林というバイオマスエネルギーを失ったことが衰退の大きな要因となった。今後、地球人口がこのまま増大を続けたら、かつてのオイルショックとは比較にならないほどのエネルギー不足が起きるだろう。そのとき日本はどうするのか。原子力を捨てて、本当にやっていけるのか——。

人々がエネルギー、そして原子力に冷静に向き合うよう、電力会社には説明文化の構築を望みたい。【躍】

原子力をどうする？

一日の電気の使われ方



電気の使われ方に合わせて、多様な電源を、それぞれの特性に応じて組み合わせ、供給量を細かく調整している



中央給電指令所



関西電力記者会見の様子

「打つ手なし」状態に しないことを前提として 「対話」へ

北村正晴 東北大学名誉教授



きたむら まさはる
東北大学名誉教授
(原子力安全工学/リスク評価)
1942年生まれ。東北大学大学院工学研究科原子核専攻博士課程修了。東北大学大学院工学研究科教授を経て、名誉教授。2012年3月まで東北大学未来技術共同研究センター教授。経済産業省、文部科学省等の委員会委員を多数歴任。原子力立地地域で「原子力技術に関わる諸問題」を材料として、住民との直接対話を積極的に推進。日本原子力学会倫理委員長。監修『安全の探究』、共著『技術者のための実践リスクマネジメント』『防災の心理学』など。

3・11の反省として、市民、企業、行政、専門家などの間のリスクコミュニケーションが機能不全であることが指摘されている。しかし原子力に関して言えば、コミュニケーションを云々する以前に改めるべき問題があると思う。

まず、原子力の安全性の問題がなぜこれほどこじれてしまったのかを考える必要がある。私自身、約四十年間、原子力研究に携わってきた立場だが、自分の反省も含めて残念に思うのは、原子力に肯定的な意見を持つ人と批判的な意見を持つ人の間で率直な対話がほとんどなされてこなかったことだ。

電力会社や政府は「いや、そんなことはない。我々はこれまでも市民との対話を大事にしてきた」と言うかもしれない。確かに対話集会や公聴会と称する場合は設けられていた。

コミュニケーションに進むべきである。

私は二〇〇二年から毎年五〜六回、宮城県女川町、青森県六ヶ所村などで住民の方々の「対話」を行ってきた。多様な意見を持つ方々と膝を交えて語るのは楽なことではないが、原子力研究者の社会的責任として逃げるわけにはいかない。参加人数は毎回十数人程度。「そんな少数人数で話し合っただけの意味があるのか」と言う人もいるが、繰り返し対話することで、表面的なコミュニケーションでなく、立場が違う人とも「違いはあるが、少なくとも互いの誠実さは信頼できる関係」が築けるようになる。

私は参加された方々を説得するために話し

しかし実際にそこで行われていたのは「対話」ではない。推進派と反対派による「意見のぶつけ合い」に過ぎなかった。

そして、「もしこれこれの原因で大事故が起きたらどうするのか？」という声も「大丈夫です、そのようなことは起きませんから」と、議論を打ち切っていた。だから実際に福島第一原子力発電所事故の後では、「起きないはずの事故が起きたではないか」と言われたら返す言葉がない。本来の原子力安全論理の基本である深層防護の考え方では、「打つ手なし」の状況は、絶対につくってはいけない。この基本から逸脱してきたことが今回の事故における最大の反省点であり、教訓とすべきである。

「Xという深刻な事象が起きたらどうするのか？」と聞かれたとき、「そんな心配はしていないわけではない。「対話」というのは自分が変わることであり、それによって関係性を変えていくことである。私自身、当初は専門家として「説明」することばかりに意識が向きがちだったが、「対話」を通じて「聴くこと、そして必要に応じて変わること」が多少はできるようになったと実感している。

要するにリスクコミュニケーションに際しては、技術を語る側が合理性のある安全確保の論理に立って具体的な方策を実際に導入した上で臨むことがまず大前提である。その上で具体的な疑問や要望に段階を追って「対話」的に答えることが手順として必要である。さらに言えば、こうした「対話」から浮か

要りません」と門前払いをしてはいけない。

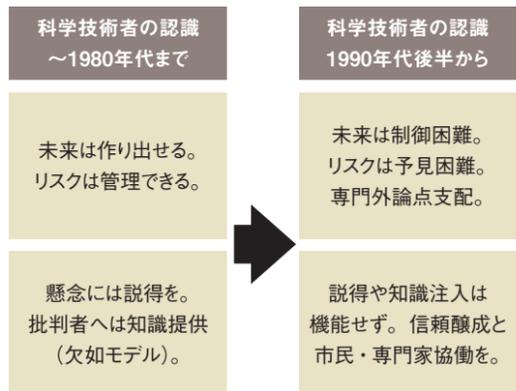
「私はXのような事故が起きる可能性は低いと思いますが、人間のすることは完全とはいえないので念のためAという手段を設けています。手段AがダメでもさらにBがありCがあります。決して「打つ手なし」状態にはしません。それでも万一避難が必要になった場合には住民の方々が整然と避難できる時間を十分に稼ぎます。だから発電所の運転について協議させてください」という論理の構成が必要である。要するに安全対策とコミュニケーションのあり方を図1の左側から右側のような形に進化させることが必要なのである。地震・津波に対してだけではない。別種の「想定外」についても同じように可能な限り想定して手を打っておくことが必要である。その段階まで進んでからようやく、リスクコ

びが上がってきた安全上の問題点を「安全性向上措置」に反映させることもあり得る。つまり意思決定自体に市民が関わっていく。互いの信頼関係をベースにした建設的な議論の成果として、技術の安全性を高めていくということだ。図2の市民参加の段階的ステージにおける最上位はこのような協働の形に対応しているのである。

今回の福島の事故を真摯に反省し、その結果を上記の意味で建設的な原子力の安全「対話」に結びつけていくことが、被害を受けられた多くの方々に対する原子力関係者の責任であろう。(談) 躍

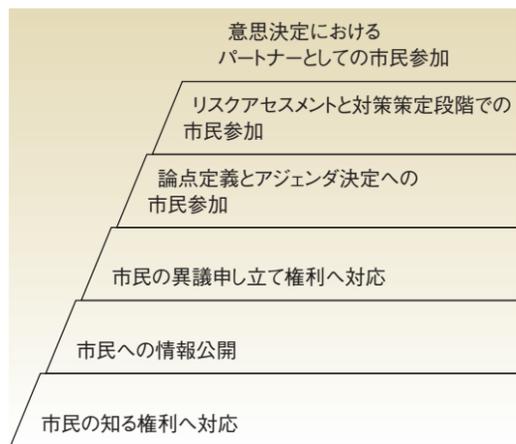
原子力をどうする？

図1 リスク認知とコミュニケーション指針の変容



北村正晴氏作成

図2 市民参加の段階的ステージ



Wiedeman, P.M., Femers, S.:Public participation in waste management decision making:Analysis and management of conflicts, J.Hazardous Materials, 33, pp.355-368,1993.の図をもとに北村正晴氏作成

「リスクのものさし」を持ち、正しく怖れる

中川恵一 東京大学准教授

福島第一原子力発電所事故以降、放射線被ばくに対する不安が高まっているが、その大きな責任は電力業界にある。リスクがあるに決まっているのにノーリスクであるかのように振る舞ってきたことには、私自身、怒りを禁じ得ない。

そのうえで言えば今の状況は、一部メディアが極端に危機を煽る報道を行い、不安をかき立てられた市民に政治家や行政が迎合し、科学的根拠に乏しい規制の厳格化が行われ、結果的に被災地の人を二重に苦しめている。

例えば四月から食品中の放射性セシウムの基準値が暫定基準の五分の一になった。これは被ばく線量で見ると年間0.8ミリシーベルト(mSv)減るに過ぎないが、野菜や肉は1kgあたり500ベクレル(Bq)から100Bqへと厳格化され、東北を中心とし

た地域の一次産業は壊滅的影響を受けてしまふ。

こうした状況を変えるには、より多くの人に、放射線についての正しい知識、リスクのものさしを持ってもらうしかない。

まず今回の事故による一般人への影響は「被ばくした本人が、わずかながら発癌リスクが上昇する可能性がある」という一点に尽きる。心臓が悪くなったりしないし、子や孫への遺伝もない。

「外部被ばくより内部被ばくのほうが怖い」という人も多いが、これも誤り。内部であれば外部であれ、数値が同じなら影響も同じ。また内部被ばくには体内に蓄積され生涯悪影響を及ぼし続けるイメージがあるようだが、セシウムが体内に取り込まれても、大人で二〜三カ月、乳児なら十日程度で半分が排出され

る。内部か外部かより、数値の多寡を問題にすべきだ。

では、どれくらい被ばくすると健康被害が生じるのか。放射線影響研究所が広島・長崎の原爆被ばく者十二万人を対象に五十年以上、追跡調査した結果によれば、被ばく量が100mSvを超えると、癌で死亡する確率が上昇する。その確率は100mSvで0.5%増、200mSvで1%増だ。

100mSv未満の場合は、発癌との因果関係はわかっていない。私は100mSv以下だと、発癌リスクは極めて低いと考えている。一方、たとえ100mSv未満でも発癌リスクは線量に比例して増加するという考え方(直線閾値なし仮説=LNNT)もあり、専門家の間でも見解が分かれている。但しLNNTは、データに裏づけられた「科学的知見」

ではなく、少しでも被ばくを減らすという「ポリシー」を示した一つの「考え方」だということを知っておくべきだろう。

低線量被ばくに比べれば、生活習慣による発癌リスクのほうが重大だと私は思う。例えば受動喫煙のリスクは100mSv程度の被ばくに相当する。野菜不足は200mSv、飲酒は500〜1000mSv、喫煙に至っては2000mSv程度に相当する。

さらに言えば、多くの人が「癌は怖い」と一括りに考えがちだが、癌にも「怖がるべき癌」と「知らぬが仏の癌」がある。例えば甲状腺癌は、六十歳以上の八〜十割が持っているが、一部の種類を除けば非常に進行が遅く、

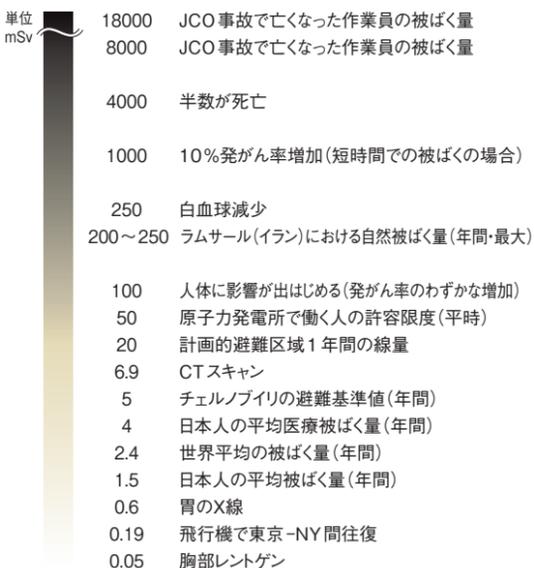
五年生存率は九八%。大半の人が気づかないまま一生を終えるほど「穏やかな」癌だ。

この甲状腺癌が今、韓国で急増している。検診ブームで超音波検査を受ける人が増えたため、甲状腺癌の「発見」が増えたためだ。日本も他人事ではない。今、福島で甲状腺癌の検査を行えば、韓国と同様、多くの人から癌が「発見」されるだろう。もちろんそれは原発事故によって増えたわけではない。しかし「もともとそういうものだ」と知らなければ、大パニックが起きてしまう。

放射線被ばくという目の前のリスクは確かに怖い。だが、それを過大評価して無闇に避けようとする、その背後に広がる膨大なリ

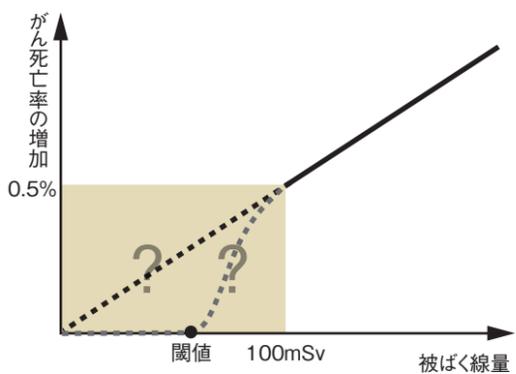
原子力をどうする？

放射線被ばく量と体への影響



出所:放射線医学総合研究所HPなどを参照し中川恵一氏作成

被ばくと発がんの関係



生活習慣と放射線被ばくの発がんリスク

*アミの部分は放射線被ばくによる発がん原因

発がん原因	発がんリスク
受動喫煙の女性	(タバコを吸わない人と比べて) 1.02~1.03倍
野菜不足	(野菜を食べる人と比べて) 1.06倍
100~200mSvを浴びる	1.08倍
塩分の摂りすぎ	1.11~1.15倍
200~500mSvを浴びる	1.16倍
運動不足	1.15~1.19倍
肥満	1.22倍
1000~2000mSvを浴びる	1.4倍
2000mSv以上を浴びる	1.6倍
喫煙	(吸わない人と比べて) 1.6倍
毎日3合以上の飲酒	(飲まない人と比べて) 1.6倍

出所:国立がん研究センター

*5年生存率

癌などの疾患で、最終的な診断後もしくは手術後、5年経過した時点での生存率。治療効果を判定する指標として用いられている。多くの癌では、癌が消失して5年後までに再発がない場合を「治癒」と見做す。

安全な場所はある。 その選定が我々の責任。

登坂博行 東京大学教授

原子力発電は「トイレなきマンション」と呼ばれ、発電によって生じる「放射性廃棄物」の最終処分方法が決まっていけないのに発電を続けてどうする、という批判を受け続けてきた。しかし、それをつくるべく、国際的に長年さまざまな議論がなされてきて、現在では地下深部への埋設（地層処分）が最善の方法として合意されている。

日本では、使用済燃料を再処理・再燃料化し、残った高レベル放射性廃液のガラス固化体が、二〇二〇年には約四万本に達すると見積もられ、これを地下深くの安定した地層にオーバーパック・緩衝材（ベントナイト¹粘土）で囲み埋設することが計画されてきた。実施主体・原子力発電環境整備機構（NUPMO）の全国公募は十年を経過したが、まだ候補地は現れない。昨年、東日本大震災の津

波による原発事故により今後の処分方針に流動的な面があるが、国が主導的に国内の複数の安定地域を明示するなど、応募しやすい状況をつくる方策が必要な時期とも考えられる。

地層処分は長期の事業である。建設開始から廃棄体埋設終了までに五十年程度要するだろうし、その後数百年程度のモニタリング・管理期間も想定されている。その期間はリトリバブル（再取り出し可能）とすれば、将来の進んだ科学のもとで再資源化や完全埋め戻しの判断ができることにもなる。我々の世代的責任は、遅れずに場所を選定し、十分調査しておくことだ。

地上付近の管理を主張する方もおられるが、将来における極めて長期の管理負担や事故・天災・攻撃へのリスクを考えれば、やはり地下深部への埋設がはるかに有利で、将来への



とさか ひろゆき
東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻教授（資源開発工学）
1950年北海道生まれ。東京大学工学部卒、同大学院工学研究科修士課程修了。石油エンジニアとして埋蔵量評価等に携わり、86年東京大学講師、のち現職。2000年に大学発ベンチャー起業。生活圏の資源・環境・汚染問題へのアプローチ、地圏物質・水熱循環システムの解明研究などを行う。著書『地圏の水環境科学』『地圏水循環の数理』など。

つけも最小化されることになろう。

現在公募されている埋設地の安全要件として、花崗岩や堆積岩などの堅固な岩盤地域で、近くに活断層や火山、鉱物資源がない地域が挙げられている。処分場のサイズは、広さ二km四方程度、深さ方向に1km程度、周辺影響範囲を含めて考えると数十〜百km程度を考えればよいだろう。この程度のスケールで安定した地質が見込める地域は多数あり、それを探しあてることが、十分可能と考えられる。

また、地下施設をつくる技術も十分ある。古くは鉱山開発、現代では地下空間利用として、地下深部に大規模な石油備蓄空洞などがつくられており、地層処分研究のための深地層研究施設も瑞浪、幌延に建設されている。

場所と技術があるとはいえ、放射線レベルが生物にとって安全なレベルに下がるまでに

これらの疑問に関して、人間の知識や想像力のみで議論しても、何らおさまりがつかないだろう。そこで、不確定性を考慮した多様なシナリオのもとで中立（客観的）かつ定量的なシミュレーションを実施することが考えられる。計算技術は十分実用的レベルにあり、わが国でも整備が進んでいる。腐食、溶出、吸着、拡散などによる人工バリア内の動きを追跡すると共に、地形・地層物性、降水条件などを与え、処分地全体の地下水流動系と核種の動きを追跡するのである。断層直撃などの稀事象の影響も計算に反映させることができる。

しかし、結果が示されても、それが妥当かどうか、専門家以外には判断がつかないし、鵜呑みにできるものでもない。最も重要なことは、使用した計算手法やデータが、国内外の第三者機関による独立の計算で再現され、適切なケースが網羅されていると確認されること、また、それらがオープンにされ、他の方も追検証できるようにすることである。処分地選定にはさまざまな段階でさまざまな立場の議論が出てこようが、科学的解析結果から候補地の高い安全性を論拠立てることが、地域との対話の出発点ともなる。

昨年の原発事故は原子力政策に逆風をもたらしたことは確かである。現在原発が止まり、火力が九割以上の発電を担う形となっている。この状態は、海外への大きな資本流出に他ならず、電力会社のみならず社会全体も次第に苦しくなる。将来を見据えれば、火力より、核燃料サイクルを考慮した原子力利用は現実的で有力なオプションとも思える。今後の核科学の進展と原子力発電の安全性確保への十分な対応を期待したい。 **躍**

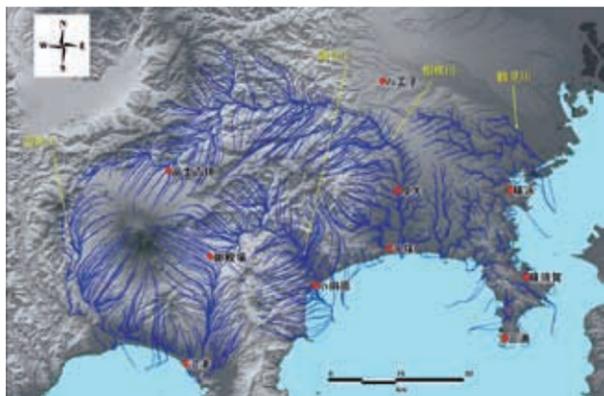
原子力をどうする？

広域水循環シミュレーションの事例



真ん中の図は、神奈川県を中心とし東京湾から富士山まで含む領域の地形モデル、左下の図は地下の地質・水理構造、右上の図は地表の土地の状態（森林、田畑や都市域）を表している。地上4km程度（富士山頂）から地下4kmまでがモデル化され、全体で130万個程度の格子に分割されている。このモデルは広域を対象としているが、地層処分に関わるシミュレーションでは、内部の人工バリアも含め、より細かな離散化を行い、核種移行の計算に適用できる。地形の変化、海水準の変化なども与えることができる。

モデル全域に一定降雨を与えた時の流動系



青い線は河川および地表から地下浸透した水が河川に流出する3次元軌跡を真上から見たもの。例えば、富士山の北側では、地表水や地下水からの流出水が河川となり、最終的に相模川を通じて相模湾に注ぐ様子がみられる。地下の流れや地表の流れの様子は動画で見ることができ、市民への説明に資することができる。

上下図とも、佐土原聡編(2010):時空間情報プラットフォーム、東京大学出版会より

原子力発電で使用した燃料(使用済燃料)を再処理し、再利用できるウランやプルトニウムを回収、再び燃料として使用する「原子燃料サイクル」は、資源小国日本にとってエネルギーセキュリティの観点から極めて重要だ。原子燃料サイクルにおける発電後の工程、いわゆる「バックエンド」の状況は？――

中間貯蔵

国内での使用済燃料発生量と再処理工場処理能力を考えると、原子力発電所構内の貯蔵に加え、再処理できるまでの間、使用済燃料を貯蔵するための中間貯蔵施設が必要となる。リサイクル燃料貯蔵(株)が2013年の事業開始に向けて建設を進めている中間貯蔵施設では、金属製の頑丈な容器内に使用済燃料を密閉する「金属キャスク方式」が採用されている。

再処理

使用済燃料に含まれている燃え残りのウランと新しくできたプルトニウムなど、燃料として再利用できるものを取り出す「再処理」。日本はこれまで再処理をフランスやイギリスに委託してきたが、これを国内で行うために、青森県六ヶ所村に「再処理工場」を建設。現在、試運転を行っている。

放射性廃棄物の地層処分

「地下の力」を活用

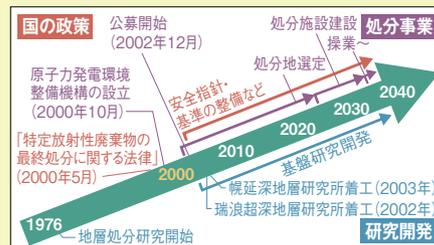
高レベル放射性廃液を「ガラス固化体」にし、金属製の容器「オーバーパック」に密封したうえで、粘土の「緩衝材」で包み込み(3重の人工バリア)、地層深くの岩盤の中に埋設する――人間による管理を必要としない方法として、宇宙・海洋底・氷床処分なども検討されたが、深地層が本来持つ「物質を閉じ込める」性質(天然バリア)を利用した「地層処分」が国際的な共通認識になっている。深地層には石油や石炭、鉄などの鉱床が何百万年、何千万年も安定した状態で保存されてきた。地下での地震の揺れは地上より遙かに小さいうえ、地下深部での地下水の動きは非常に遅く、酸素をほとんど含まないことから物質を溶かしにくく、金属を腐食させにくい。

既に10年、深地層での研究が進展

日本は地層処分の研究を1976年に開始。日本原子力研究開発機構(JAEA)が中核機関として研究を推進し、地層処分の技

術的可能性・信頼性を示してきた。2000年には「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」が制定され、地層処分が法制化されるとともに、実施主体・原子力発電環境整備機構(NUMO)が設立された。2002年にはJAEA「瑞浪超深地層研究所」、2003年に「幌延深地層研究所」がそれぞれ着工され、実際に深地層での研究を進めている。

地層処分計画の進展

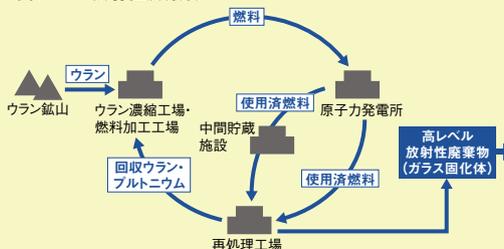


瑞浪・幌延での調査研究



- 第1段階 地上からの調査研究段階
- 第2段階 坑道掘削(地下施設建設)時の調査研究段階
- 第3段階 地下施設での調査研究段階

原子燃料サイクル・再処理過程で発生する高レベル放射性廃棄物



多重バリアシステム(例)

