

2010 年度 循環ワーカー養成講座記録集

『循環型社会と原子力発電』

目次

■はじめに	1
■講師プロフィール	2
■第 1 回 われわれはなぜ脱原発をめざすのか 山口 幸夫 氏 (原子力資料情報室 共同代表)	3
■第 2 回 原発は温暖化防止に役立つか？ アイリーン・美緒子・スミス 氏 (環境ジャーナリスト)	14
■第 3 回 放射性廃棄物に関するわれわれの責任 —高レベル放射性廃棄物の地層処分について 増田 純男 氏 (元 原子力発電環境整備機構 理事)	27
■第 4 回 日本の原子力関連施設周辺における活断層評価の問題 渡辺 満久 氏 (東洋大学 教授)	40
■第 5 回 核燃料サイクル技術とその施設の安全性について 松本 史朗 氏 (独立行政法人 原子力安全基盤機構 技術顧問)	54
■第 6 回 原発のない社会は可能か 牛山 泉 氏 (足利工業大学 学長)	65
循環型社会とは調和しない原子力発電 NPO 法人 循環型社会研究会	78

はじめに

循環ワーカー養成講座は、環境問題と循環型社会に関する基礎的な知識と新しい視点を提供する連続講座です。2010年度のテーマは「循環型社会と原子力」。

もちろん、このテーマの企画段階では、2011年3月11日の東日本大震災で、福島第一原子力発電所がこのような深刻な事態になるとは、誰も予測していませんでした。しかし、漠然とした不安は、多くの人が長い間持ち続けていたことも事実です。そんな不安の想定を最大級、いや最悪の想定をはるかに超えた事態が、現在進行形で起きています。

今回の連続講座の中で反対派、推進派、中立派、それぞれの講師のお話をお聴きするなかで、原子力発電や核燃料サイクルの実態と抱える問題の論点が私たちにも少しずつわかってきました。しかし、それらはあくまでも平常時の議論でした。いま、取り返しのつかない事故が起きた後に、各講師の講演内容を読み返すと、また違った示唆が得られます。

原子力資料情報室共同代表の山口幸夫氏は、連続講座の冒頭にふさわしく循環型社会のイメージからお話いただき、核燃料サイクル政策の転換に向けてのご提言で締めさせていただきました。われわれは真摯にこの提言を検討し、循環型社会に向けて大きく舵を切りなおさなければなりません。グリーン・アクション代表アイリーン・美緒子・スミス氏からは、世界の原発の動向や趨勢についてお話いただきました。原発は温暖化対策として間に合わないどころか、いまや日本の惨事を契機に世界は脱原発の動きを加速させています。

元原子力発電環境整備機構（NUMO）理事の増田純男氏からは高レベル放射性廃棄物の地層処分についてうかがいましたが、使用済み燃料がこれほどわれわれに脅威を与えるものとは、この事故まではわかりませんでした。東洋大学の渡辺満久教授には、変動地形学の観点から原子力関連施設周辺に大地震を起こしかねない活断層が多いことを指摘いただきました。いままさに原発震災の恐怖が現実のものとなりました。この国で原子力発電を続けるのであれば、このままでよいはずがありません。

原子力安全機構技術顧問の松本史朗氏からは核燃料サイクルと「深層防護」「多重防護」「停めて、冷やす、閉じ込める」という原子力施設の安全確保の仕組みについてご説明いただきましたが、やはりいまとなっては空虚に響きます。むしろ、「技術は社会環境の変化に伴い修正しなければ死んでしまう」という指摘が的を射ています。そして、足利工業大学学長の牛山泉教授からは、日本の再生可能エネルギーのポテンシャルは原子力発電所の発電量と同程度はあるとの指摘をいただきました。循環型社会は、「再生可能な資源で暮らす」ことが原則です。枯渇性資源のウランに頼り、将来世代に禍根を残す原子力から、再生可能エネルギーへの転換が、我々の世代がなすべきことであり、人類の未来への希望です。

連続講座の内容を踏まえ、受講した会員有志で議論し、循環研としてまとめた見解を巻末に掲載しました。ただし、これも東日本大震災直前のものです。

最後になりましたが、講師の方々、ご後援、ご協賛いただいた方々に心から感謝申し上げます。

2011年3月

NPO 法人 循環型社会研究会 事務局担当理事 久米谷 弘光

【講師のプロフィール】

山口 幸夫(やまぐち ゆきお)氏

1937年新潟県生まれ。1965年、東京大学数物系大学院修了。物性物理学専攻。工学博士。米ノースウエスタン大学、東京大学を経て、現在、原子力資料情報室共同代表。

アイリーン・美緒子・スミス(あいりーん・みおこ・すみず)氏

コロンビア大学で環境科学の修士号取得。71年秋から水俣病取材のため、水俣に3年間住む。75年写真集「MINAMATA」の英語版をユージン・スミス氏と出版。スリーマイル島原発事故調査のため、現地に1年間住みその後も住民インタビューを行う。83年以来、福井県若湾の原発の安全性の問題に取り組み、90年高速増殖炉計画に反対する「ストップ・ザ・もんじゅ」事務局設立に参加。原子力委員会の長計の円卓会議、高レベル廃棄物関連も招聘された。現在、日本の原子力政策、プルトニウム利用問題に取り組む市民グループ「グリーン・アクション」代表。京都在住。

増田 純男(ますだ すみお)氏

東京都出身。成蹊大学大学院工業化学専攻修士課程修了。1969年、動力炉・核燃料開発事業団(動燃)に一期生として入社、1976年から高レベル放射性廃棄物のガラス固化技術開発、1979年から地層処分研究開発に従事。2000年、原子力発電環境整備機構(NUMO)に移籍。現在、非常勤参与として(財)原子力安全研究協会に勤務。

渡辺 満久(わたなべ みつひさ)氏

東洋大学社会学部教授。新潟県生まれ、東京大学理学系研究科地理学専攻博士課程修了、理学博士。専門は地形学(変動地形学)。「新編 日本の活断層」(東大出版会)、「九州の活構造」(東大出版会)、「都市圏活断層図」(国土地理院)、「活断層地形判読—空中写真による活断層の認定」(古今書院)などを共同執筆。国内および海外(中国・ロシア・韓国・台湾など)で活断層調査を実施。安全に原子力を利用するための活断層評価の問題点を指摘している。

松本 史朗(まつもと しろう)氏

1941年東京生まれ、東京工業大学大学院理工学研究科化学工学専攻修士課程修了、東京工業大学原子炉工学研究所助手、ウィスコンシン大学化学工学科博士研究員、埼玉大学工学部環境化学工学科助教授、埼玉大学大学院理工学研究科教授を経て、現在、(独)原子力安全基盤機構 技術顧問。専門は化学工学、核燃料サイクル工学。

牛山 泉(うしやま いずみ)氏

1942年長野県長野市生まれ、上智大学大学院理工学研究科博士課程修了。1971年足利工業大学機械工学科専任講師、助教授を経て1985年より教授、1998年放送大学客員教授、1998年中国・浙江工業大学客員教授、1998年足利工業大学総合研究センター・センター長、2006年足利工業大学副学長、2008年から足利工業大学学長。日本機械学会フェロー、日本風力エネルギー協会元会長、日本太陽エネルギー学会前会長、日本機械学会フェロー、日本太陽エネルギー学会前会長、日本風力エネルギー協会元会長、新エネルギー産業技術総合開発機構風力委員会委員長、新エネルギー財団企画委員会委員長及び風力委員会委員長などを歴任。文部科学大臣賞(科学技術普及啓発功績者)、国際協力推進協会学術奨励賞、World Renewable Energy Congress パイオニア賞など受賞歴多数。「新エネ・省エネの経済的導入法～事例に学ぶ計画と評価～」オーム社(2009)、「トコトンやさしい風力発電」日刊工業新聞社(2010)、「エネルギー工学」オーム社(2010)など風力及びエネルギー関連著書多数。

循環ワーカー養成講座「循環型社会と原子力発電」第1回 『われわれはなぜ脱原発をめざすのか』

講師：山口 幸夫 氏（認定NPO法人 原子力資料情報室 共同代表）

日時：2010年6月23日（水）18：30～20：30

場所：ノルドスペース セミナールーム（東京都中央区京橋 1-9-10 フォレストタワー）

1. 循環型社会のイメージ

きょうお話したいことは大きく3つあります。まず私自身の「循環型社会」イメージについてお話をしたいと思います。次に、そのように考えるに至ったいくつかの事由をお話したいと思います。そして3つ目に、やはり「脱原発」でいくしかないんじゃないかという話をしたいと思います。

ある時期までは私も循環型社会など考えてもみませんでした。新潟県の信濃川のほとりで生まれて育ちましたが、大学の学部が終わる頃までは、科学がわかれば、世界のすべてがわかるという想いでいました。

私が生まれたのは柏崎刈羽から直線距離で30kmくらいのところで、原発で大事故が起きればもろに影響のある、雪の深い片田舎です。そんなところで高校をおえて東京大学の駒場寮に入りました。寮委員の名前の中に亀井静香というのがありました。なぜ男子寮に女子の名前があるのか不思議に思いましたが、後に政治家になった亀井静香でした。彼は私の1年上で、酒を飲んであばれまわる、はなはだ迷惑な人間でした（笑い）。1年後に入って来たのが高木仁三郎さんでした。彼はその頃から、寄らば斬るぞというような独特な雰囲気をもっていました。

循環型社会を考えざるを得なくなった契機が2つありました。

1つは60年安保です。今年で50年になります。ちょうど私が大学院の修士1年のときでした。私は応用物理学科の物理工学コースで、コースがもう2つありました。計測工学、数理工学のコースです。鳩山由紀夫さん、共産党の志位和夫さん、経済学者の野口悠紀雄さんも応用物理学科の、それぞれ数理、物理、物理コースの出身です。60年安保の時に、連日教室会議やデモなどが行われていましたが、その教室会議では日ごろ尊敬していた偉い先生方は何もおっしゃらない、黙ってばかりでした。授業や研究を続けるのか、さし当たってやめて、この政治状況を考えるのか、大学院生は非常に活発に発言しているのに、先生方は何もおっしゃらないんです。これは、おかしいなと思いました。

それから物性物理の研究を続け、できたての物性研究所で学位を取った後、アメリカに



渡りました。その2年目の終りくらいに日本で大変なことが起こりました。

1966年に半導体物理の国際会議が京都で開かれましたが、そこにアメリカ軍がお金を出した。当時の日本物理学会のボス教授たちは、ほとんど疑うことなく受け入れたんです。軍と共同の研究をしてよいのかと若手物理学者たちから反対意見が出て、かなりもめました。日本物理学会は大揺れに揺れました。

67年の夏から秋にかけて、物理学会の全会員にアンケートで、4つの決議について賛否がとられました。私はそれをアメリカで受け取りました。ひとつは、米軍から金をもらったのは間違いだった。2つ目は、半導体物理の国際会議実行委員会は過ちを犯した。3つ目は軍との共同研究は物理学会としては今後一切やらない。4つ目は、当事者はしかるべき責任を取るべきだということです。

そうした中で、60年安保まで神様のように尊敬していた先生方が、若手の追及にあってしどろもどろになり、論理も破綻してしまった。例えば小谷正雄という私自身も彼の本を読んで勉強したえらい先生が実にみじめな状態でした。高橋秀俊という高名な物理学者でパラメトロンを発明者も、まったく子どものような反応でした。

それ以来、大学の先生はだめだなどと思ってしまいました。大学の先生を尊敬する気がなくなりました。要するに専門馬鹿に過ぎないのではないか、その人達の学問の中身は何なのかを深刻に自分自身に問わざるを得なくなりました。高木仁三郎さんとの関係もその頃から深くなりました。

私は循環型社会の基本は、平和で持続的なエネルギーに基づかなければならないと思っています。ここで資料にある「循環」について書いた私の文章を読ませていただきます。最近この箇所が高校や大学の試験に引用されて、本人も驚いています。

「春、咲きにおう桜はやがて散って葉桜になる。秋には紅葉し、冬は枯れ木のようになるけれど、春がめぐって来れば再び見事な花を見せてくれるでしょう。ただし、自然の環境がこわされずに保たれているかぎりは、です。動物も植物も個体としては死にますが、腐敗し、発酵し、大地にかえり、大地の養分となり、豊かな土壌を生みます。その土壌で草や野菜や樹木が育ち、鳥や獣が木の実を食べ、それらの動植物の生命をヒトがいただいて、ヒトが生きていけるのです。多種多様な生きものが存在することなしには、ヒトが生きることはできません。

「森は海の恋人、川はその仲人」と言った人がいます。川口でカキを育てている畠山重篤さんという漁師ですが、上流に広葉樹の森が広がっていないと、川に栄養分がなくなると、魚もカキも育たないことを実感し、山に木を植えています。江戸時代の日本人はこういうことを知っていて、魚付き林と呼んでいました。

サケという魚も自然の循環の中で生きています。海に流れ出た森の栄養分を体内に取り込み、川を遡ってきて産卵して死ぬ。動物や鳥がそれを食べ、あるいは上流の土地を肥やし、それが森を豊かにする。まさに循環です。

ニワトリが先かタマゴが先か、よく論じられますね。これは、どちらが先ということは

ないのです。ぐるぐると廻っている循環の過程の、目立つ二点を、ニワトリと言っているのはタマゴと表現しているだけなのですから…。この循環が成り立っているかぎりは、ニワトリという種は存続できるわけです。

開発のために森林を伐採した結果、イヌワシが巣づくりできなくなった、と報道されたことがあります。工業化社会をそんなふうに進めていくと、イヌワシは卵を育てられなくなって、滅びていくでしょう。

農薬を使い続けていくうちに、田んぼにドジョウもつづ貝もいなくなって、それらを餌にしていたトキが減りました。メダカが姿を消しつつあります。

くり返し、くり返し、同じ状態がめぐるってこと。これが循環です。それを断ち切ってしまうわないことです。地球史上、そのことが現代ほど重要になったことはありませんでした。

里山の大切さが最近では強調されます。集落に接した雑木林のある地域を里山というのですが、ここを伐採してしまったらどうなるのでしょうか。昆虫や鳥や小動物が棲めなくなります。キノコや山菜、木の実もとれなくなります。雑木林がもっていた洪水調節のはたらきも失われ、水源の涵養も果たせなくなるでしょう。下枝をおろして薪にしたり、下草を刈って堆肥にすることも、できなくなります。

生命は自然の循環と共にあった。これは疑いえない事実ですね。自然は実に多種多様でした。石油や石炭がなくとも、自然を上手に工夫すれば、エネルギーを取り出すこともできます。バイオマス（＝生物資源）とか自然エネルギーという言葉に耳にしたことがあるでしょう。

いままでの科学技術はそれを考えてきませんでした。二十一世紀を生きるあなたは、新しい視点で、これまでかえりみられなかった科学や技術に取り組むことが可能です。ひとことで言うと、循環を断ち切らないシステムをつくる、そういう科学や技術です。」

これが、私が抱いている循環型社会のイメージです。

私が循環型社会を考えざるを得なかった契機のもうひとつは三里塚闘争です。成田空港建設に反対する百姓や全国の人たちの闘争に私も成り行きで深くかかわりました。そこで農業や農について深く考える機会を得ました。いまは亡き福岡正信さんという人の自然農法というのは非常に魅力的なものです。日本ではあまり知られていませんが、植物の共生を徹底して追求した人でした。「雑草なんか」といういい方はせずに、いろいろな植物が畑、大地に根ざしている。それでいいんだという考え方です。粘土団子（ねんどだんご）という、いろいろな作物の種を粘土、堆肥と混ぜて団子にして撒いておけばいいというんです。『自然農法—緑の哲学の理論と実践』（時事通信社、1976年）という本もあります。生物多様性を植物の面について追求した農法だと思います。

三里塚闘争で出会った百姓たちは、慣行農法、つまり化学肥料や農薬を使う農法だと土が死んでいくと感じて、微生物を使った農法を考え出しました。「三里塚微生物農法の会」といいます。共同でバウムフードという醗酵微生物菌と牛糞、鶏糞、ぬか、おがくずなど

を混ぜ堆肥づくりをやっていました。そこでできた野菜をワンパックにして都会の消費者に送るということを始めました。消費者のほうは、スーパーとは違う泥つきの野菜をひとつひとつ料理して食べなければならないので大変です。学生や独身男性なんかだと難しいでしょうが、私のところでは、なんとか条件が整っているので続けています。そのワンパック野菜を続けているときに、ある消費者からバイムフードや鶏糞などが身体に合わなくて、ジンマシンが出たり、野菜についている臭いでとても食べられないという声が上がりました。それで、小泉英政・美代夫妻というワンパックを創始した生産者が、バイムフードや鶏糞を使わないで、落ち葉だけの堆肥で野菜づくりをやりだしました。「小泉循環農場」といいます。うちは、両方から野菜を購入してくらしています。

いのちのつながりを断ち切らないような科学や技術が必要だろうと思います。1962年にレイチェルカーソンの『沈黙の春』という本が出て、すぐ翌年に「生と死の妙薬」という青樹築一さんによる翻訳が出ています。それは DDT など化学物質が微生物や小動物、やがて人間にも害を与えるということを警告したものでした。

化学は学会誌が「化学と工業」という名前で、工業とは切っても切れない関係にあるということを示しています。化学をやった高木仁三郎さんもそのことを気にしていっしょにいました。

完全無農薬の有機農法野菜で、一番すぐれているのは小泉さんの循環農法による野菜だと思います。すくなくとも、虫を殺さない、土を殺さない農法で作られていること。未来を考えていくと、そういうものと一緒に生きていくのが正しいだろうと思います。

2.わたしたちの文明観

自然には生命系と物質系があり、当然重なっているところもあります。その関係について近代の考え方は、物質系を人間のために利用するというものでした。ですから、物質資源という言葉が当然出てきます。資源というのは人間の都合のよいように、物質を採取して利用するためのものという考えかたです。

長い間私たちは、大量生産・大量消費・大量廃棄のサイクルがうまく回っていることが必要だと考えていました。よその国から鉱物やエネルギー資源を持ってきて大量に生産する、生産物を大量に消費すると、必ず大量廃棄になり、物のごみや、熱のごみ、騒音などが出てくるという考えかたでした。しかし、その考えは少し浅かったようで、白鳥紀一さんと中山正敏さんの『環境理解のための熱物理学』（朝倉書店、1995）という本には、採取、精製・加工、使用、廃棄、それぞれのプロセスについても資源・エネルギーが投入され、それぞれのプロセスから廃棄物・廃棄エネルギーが出てくるという考えかたが紹介されています。

私たちは生産のために資源を使うわけですが、環境ということが視野に入ったのは、それほど古いことではありません。日本では、足尾鉍毒事件あたりが、環境問題が明らかになった最初だと思います。そのことをずっと忘れてしまっていて、1956年、ちょうど私が

大学に入った年ですが水俣病が問題になり、工業社会の高度成長の裏側の問題として、ワンセットで事態が進行していきます。今年は、60年安保の年から数えて50年になりますが、「いのち」の問題が、60年代から軽んじられるようになってきたのではないかと思います。

夏目漱石の『行人』という、近代知識人の悩みを描いた小説の中で、漱石は主人公の長野一郎にこんなことを言わせています。

「人間の不安は科学の発展から来る。進んで止まることを知らない科学は、かつてわれわれに止まることを許して呉れたことがない。徒歩から俵、俵から馬車、馬車から汽車、汽車から自動車、それから航空船、それから飛行機と、どこまでも休ませて呉れない。何処まで伴われていかれるかわからない。実に恐ろしい。」

この作品は、ライト兄弟の飛行機の発明（1903年）から10年も経たないうちに書かれたものです。私はこれを読んだとき、すっかり考え込んだのを覚えています、

現代はなんでも速く仕上げるのが良いこととされているけれど、そのときの熱エネルギー消費はどうなっているのでしょうか。カルノーの研究によれば「捨て熱」は避けることができない。それは環境に捨てられる。いまの日本の家庭では、使うエネルギーの3分の2は熱の形です。快適で便利な暮らしの背後で、エネルギーと環境はどうなってゆくのだろう。漱石の作品に触発されて、その頃の私はそんなことを考えました。

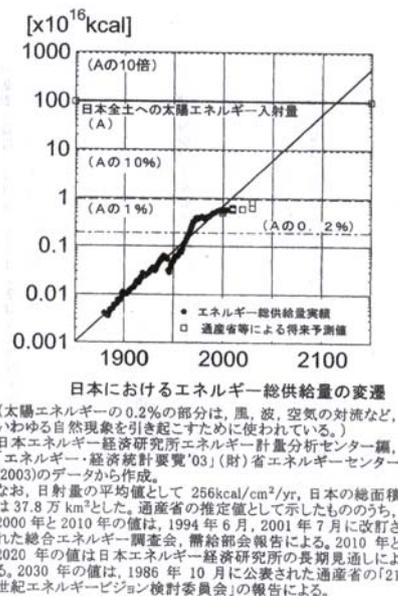
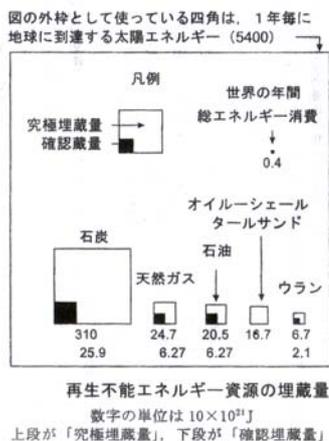
みなさんをご自宅で月にどれくらいの電力を使っているかご存知でしょうか。私は、平均的な3~4人家族の家庭であれば月に250kWhで済むと思っています。

電気は非常に便利で、クリーンなものと言われまして、電気をつくる方法はいろいろありますね。騙されやすいのですが、最近の広告に、刑事ドラマによく登場する俳優さんと女優さんが、「電気はごみを出しますよ」というのがあります。それは原子力発電から出てくる高レベル放射性廃棄物のことなんですが、それを安定的な地層に埋めて、将来の子どもたちに迷惑をかけないようにしようというわけです。原子力発電を推進する人たちの言い分ですね。

家庭で使うエネルギーの3分の2が熱エネルギーなら、太陽エネルギーから直接エネルギーをもらおうということで、わが家では屋根にパイプを並べています。そのパイプに水を通して太陽光で暖め、お風呂におとして使っています。お風呂におとしたときの温度を1990年の4月から1991年の4月まで1年間測ってグラフにしてみました。水道水の温度も同時に測ってみました。1月の半ばから4月の始めにかけてはお風呂に適温の42℃を少し下回ってしまうので、ガス釜で追い焚きしましたが、それ以外はガスを使うことなくお日さまのお風呂に入ることができます。

太陽エネルギーは無限だと思っていいいし、循環型エネルギーと呼んでもいいと思います。

「再生不能エネルギー資源の埋蔵量」の図は小出裕章さんの書いた教科書にある図ですが、外側の白い四角が究極埋蔵量、黒い四角が確認埋蔵量を示しています。これを見ると石油などは早晩なくなりますが、太陽光エネルギーは無限と言っていいいでしょう。



「日本におけるエネルギー総供給量の変遷」の図も小出さんが整理されたもので、横軸が西暦年、縦軸が対数軸になっていますが、日本における総エネルギー供給量が年々増えてきています。しかし、まだ日本の全土への太陽エネルギー入射量の1%に達していないということを示しています。これを見ますと、私たちはやはり太陽エネルギーをうまく使っていくしかないと思います。

私たちは「能率」という概念と「効率」という概念を持っていますが、しばしば混同していると思います。どれだけ時間が短縮できるかが「能率」という概念です。エネルギーをどれだけ節約できるかが「効率」という概念です。「能率」は仕事÷時間でジュール毎秒という単位になります。しかし「効率」は仕事量÷投入エネルギーで、分子ともエネルギーですから、エネルギー÷エネルギーで、ディメンションのない単なる比の値になるわけです。この値は必ず1より小さくなります。

こういう研究は19世紀のフランスの工学者というか、物理学者のサディ・カルノーという人がしていて、そこからエントロピーという概念も生まれてきました。

3. 「平和のための原子力」だろうか

私が1960年の3月に学部を出て、4月に大学院に入り、6月に安保闘争という頃には、まだ東京大学に原子力工学という学科はありませんでした。大学院の博士課程の1年の途中で原子力工学科ができました。理科I類の成績の優秀な学生がそこに殺到しました。物理工学コースには、若手のまさにこれから原子力をやろうとしている先生が講義をしにきて「諸君、これから夢のエネルギー源の話をしてします」と言ってウランペレットを見せ、「これ1個で家庭の1年分のエネルギーをつくることのできる。ぜひ野心ある君たちは原子力の世界に来たまえ」と誘っていました。そして野心ある若い人たちが原子力の世界に行くということが起こりました。

私は大学院に入る前の年、広島と長崎の原爆資料館を見ていました。また、田舎の小学校でしたが、新藤兼人が製作した「原爆の子」や永井隆を描いた「長崎の鐘」、そして「きけわだつみのこえ」などの映画を見せられていました。子ども心に戦争はいけないんだと強く思うようになっていて、原子力には手をつけてはいけないだろうと思って、先生の勧誘にはのらず、物性物理のほうに行きました。

資料に『新版 20 世紀理科年表』（岩波、1998 年）からの引用が載っています。1940 年に原子爆弾の可能性が示唆され、1942 年にマンハッタン計画、1945 年に広島、長崎、そして 1954 年にビキニの水爆実験と続きます。そこに「ビキニ被爆の翌日、原子力予算 2 億 3000 万円、突如として中曽根康弘議員（のちの首相）が国会へ提出した。ヒロシマ・ナガサキにこだわっていた日本の科学者が慎重な態度で議論していたのではちががあかないと見た中曽根は「学者がぐずぐずしているから、札束でほったをひっぱたくのだ」と語ったと伝えられる。」という武谷三男編『原子力発電』（岩波新書、1976 年）からの引用があります。中曽根さんはそんなことは言った覚えがないと否定したようですが、現実には当時、とても少なかった研究予算がどんと増えてびっくりした覚えがあります。

1955 年にはバートランド・ラッセルとアインシュタインが共同声明を出しています。私は田舎の高校の 2 年生で物理や化学にはまっていた頃でした。水爆実験に対して警告を発したわけです。アイゼンハワー大統領が「平和のための原子力」という大演説を国連総会でして、それを契機として日本も世界各国も原子力発電の研究に取り組みだしました。

ほとんどの学者たちは、研究費がたくさんくるということに引かれて参加したと思います。

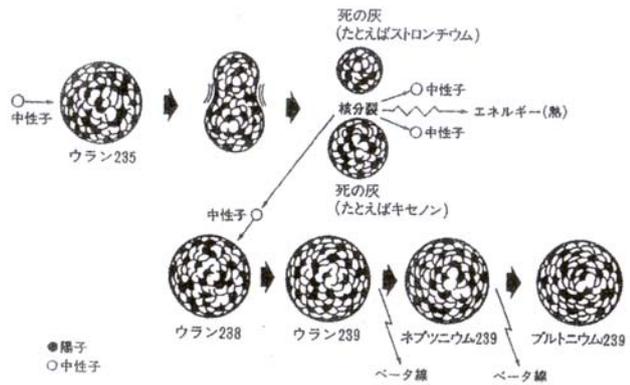
岩波書店の「科学」09 年 11 月号に私は短い文章を書きました。政権交代で鳩山政権に希望をもった編集者の求めに応じたもので、「原子力政策 転換のとき」というタイトルです。時代は変わりつつあるという認識です。読んでみます。

「核エネルギーには、核兵器と原子力発電という二つの側面がある。核兵器を開拓したオッペンハイマーは、「物理学者は罪を知ってしまった。しかも、それはもはや失うことができない知識である」と弁明した（1947 年）。朝永振一郎はこれに同情しつつ、「核の原罪」免れる、たとえば地球物理学などに科学の将来の姿を描いた。

ヒロシマ・ナガサキのあと、「平和のための原子力」の旗の下に原子力発電が始まった。政治家がイニシアチブをとり、科学者や技術者がこぞって参加した。しかし、彼らはあまりに楽観的で、冷静な科学的・技術的検討をしなかった。三宅泰雄に「放射性廃棄物と軍事利用の危険性」が「二つの厄介もの」だとの指摘がある（1970 年）。今日、その二つの厄介もの」のレベルをはるかに超えて、途方もなく困難な問題であることが明らかになった。」

実際に、相当長い間「原子力ブーム」は続きました。

「ウランの核分裂とプルトニウムの創成」という図をご覧ください。これは第二次大戦中マンハッタン計画で行なわれていた秘密研究です。ウラン235に中性子を1個ぶつかけると、それを吸ったウラン235は不安定になって、2つに分裂します。3つに分かれることもあります。たとえばストロンチウムやキセノンという「死の灰」に分かれ、そのときエネルギーと中性子を2



ウランの核分裂とプルトニウムの創成

～3個出します。その中性子がウラン238という核分裂しない同位元素に当たると、それを吸ってウラン239になり、それがネプツニウム239になり、やがてプルトニウム239になるということです。プルトニウムは自然界になかった物質ですが、米軍がマンハッタン計画の中で作り出していくわけです。1945年広島に落とされたのがウラン235の原子爆弾で、長崎に落とされたのがプルトニウム239の原子爆弾でした。

死の灰など放射性物質は相当に長い間、放射線を出し続けながら減っていきます。半減期というものですが、1半減期は放射能が半分になる期間です。最初の半減期で100%のものが50%に減ります。以降1半減期ごとに半分、半分、半分と減っていきます。

原子力で発電をすると死の灰と半減期の非常に長い放射性物質が同時にできるということを、原子力発電の旗を振った研究者たちはあまり重要と考えていませんでした。

伏見康治さんという人がいました。大阪大学や名古屋大学で教えておられた有名な物理学者です。彼は東大の茅誠司さんとともに中曽根さんに原子力研究をすべきという、いわゆる「茅・伏見提案」をされた方です。1984年のことですが、エントロピー学会の総会で私の質問に応じて伏見康治さんは、「原子力を始めたときは、原子力の後始末のことは考えていなかった」と述懐しています。

日本では1955年に原子力基本法が制定されました。「原子力の研究、開発及び利用を推進すること」というのが目的(第1条)です。基本方針(第2条)は「平和の目的に限る」というんですね。そして原子力委員会と原子力安全委員会というのを作り、特に安全問題を扱う原子力安全・保安院という組織を経済産業省のもとに設置しました。原子力委員会と原子力安全委員会は内閣府に属しています。経済産業省は原子力を推進する省ですから、それが一方で安全・保安を議論するというのは難しいことです。自転車のペダルを踏みながらブレーキをかけるという、そういう矛盾に対する指摘はずいぶん前からありました。鳩山首相は、原子力安全・保安院は経済産業省から分離しようとしていましたが、任期途中で辞めてしまいました。しかし、彼が辞めても、流れとしては、近い将来、原子力安全・保安院は経済産業省から分離されることになると思います。

中曽根さんの時代にはじまった原子力発電は、いま菅内閣の下で、世界に官民あげて売

っていこうとなっているのが実情です。しかし、歴史を振り返り今後のことを考えると、そうはいかないと思います。その理由を以下に述べます。

ひとつは被曝労働者の存在を抜きに原子力発電を運用することはできないということですが、しかし、大学を出たエリート的な立場の人はそういうところでは働きません。工業専門学校を出たとか、季節労働者で今回はあそこの原発で働いてもらうという下層労働者が被曝することになります。電力会社の社員は被曝労働者にはなりません。こういう差別された被曝労働者なしには成り立たないという原子力発電は、間違っていると思います。

平和利用の原子力かということですが、これも常に「核拡散」という問題がつきまっています。

核燃料サイクルは可能かという問題でも、使用済み燃料の中からプルトニウムや残っているウランを取り出してもう一度使おうということで青森県の六ヶ所村に再処理工場を建設しましたが、最後の試験運転をしようという状態になってから、すでに4年経っています。ガラス固化体がうまくつくることができず、また止まっています。たぶん今後もうまくいかないと思います。

制御可能性ということですが、新潟の柏崎刈羽や福島原発で大量のデータ捏造・隠蔽が発生しました。東京電力の上層部も責任を取ってやめました。巨大な技術で、技術者や担当者がすべてを目配りするには、やはり無理があると思います。担当者の判断で隠さざるを得ないところが出てきてしまう。いま、島根原発で510箇所の指摘が出されて問題になっていますが、やはり制御可能性は低いと言わざるを得ません。

エネルギー源として持続可能なものではない。ウランは有限な資源ですし、サイクルと言ってもいま考えられているのは1回限りです。

そして本当に安価かという問題ですが、大島堅一さんの『再生可能エネルギーの政治経済学』という出版されたばかりの本に電源ごとの総単価というのが示されています。非常に克明な計算をされたものです。これによりますと、1kWh当たり原子力は10.68円、火力は9.9円、一般水力は3.98円、揚水発電は53.14円、原子力と揚水発電はセットですので

		原子力	火力	水力	一般水力	揚水	原子力+揚水
1970年代	発電単価	8.85	7.11	3.56	2.72	40.83	11.55
	開発単価	4.19	0.00	0.00	0.00	0.00	4.31
	立地単価	0.53	0.03	0.02	0.01	0.36	0.54
	総単価	13.57	7.14	3.58	2.74	41.20	16.40
1980年代	発電単価	10.98	13.67	7.80	4.42	81.57	12.90
	開発単価	2.26	0.02	0.14	0.08	1.52	2.31
	立地単価	0.37	0.06	0.04	0.03	0.35	0.38
	総単価	13.61	13.76	7.99	4.53	83.44	15.60
1990年代	発電単価	8.61	9.39	9.32	4.77	50.02	10.07
	開発単価	1.49	0.02	0.22	0.11	1.16	1.54
	立地単価	0.38	0.10	0.08	0.06	0.29	0.39
	総単価	10.48	9.51	9.61	4.93	51.47	12.01
2000年代	発電単価	7.29	8.90	7.31	3.47	41.81	8.44
	開発単価	1.18	0.01	0.10	0.05	0.60	1.21
	立地単価	0.46	0.11	0.10	0.07	0.38	0.47
	総単価	8.93	9.02	7.52	3.59	42.79	10.11
1970～2007年度	発電単価	8.64	9.80	7.08	3.88	51.87	10.13
	開発単価	1.64	0.02	0.12	0.06	0.94	1.68
	立地単価	0.41	0.08	0.06	0.04	0.34	0.42
	総単価	10.68	9.90	7.26	3.98	53.14	12.23

大島堅一「再生可能エネルギーの政治経済学」東洋経済新報社 2010年

これを合わせると 12.23 円となります。原子力はけっして安価なエネルギーとはいえません。ずっと言われてきた原子力発電は安いという話は、嘘だということがはっきりしてきたということです。

というわけで、「平和のための安価な原子力」ということは、徹底的に検証すべき時代にさしかかってきたと私は思います。

最後に、原子力資料情報室の核燃料サイクル政策の転換についての提言についてご紹介します。

1 つ目が「原子力政策大綱」の改定、2 つ目が核燃料サイクル政策の放棄、3 つ目が放射性廃棄物の埋設から管理へ、4 つ目が原子力発電の道筋、5 つ目が安全規制機関の独立、6 つ目が情報公開・住民参加の保障となっています。

これは、近々緑風出版から『破綻したプルトニウム利用—政策転換への提言』という本として出版される予定ですので、ぜひ手にとって読んでいただければと思います。

以上、「われわれはなぜ脱原発をめざすのか」についてお話させていただきました。きょうのお話は私の個人的な経験と見解が入っていますが、原子力資料情報室の他のメンバーも脱原発ということで、おおむね同じ考えをもっていると思います。

核燃料サイクル政策の転換を提言する

原子力資料情報室／原水爆禁止日本国民会議

私たちは次のように政策を転換するよう提言する（各項目の説明文は一部略しました）。

○「原子力政策大綱」の改定

転換の第一歩として、「原子力政策大綱」を見直すことが必要である。原子力問題についてさまざまな見方が公平に反映される人選で策定会議を設け、現行「政策大綱」を根本から見直すべきである。

その際、合理的な手法を採用し、総合的な政策評価を実施することが求められる。

○核燃料サイクル政策の放棄

東海再処理工場、六ヶ所再処理工場は、ともに廃止されるべきである。

高速増殖実験炉「常陽」、原型炉「もんじゅ」も、廃止されるべきである。ウラン濃縮工場等も廃止されるべきである。

これら施設に保管されている使用済み燃料、プルトニウム、ウラン、放射性廃棄物については、旧政権下で行われてきた政策の誤りについて真摯に謝罪した上で立地地域住民の合意を得て、当面は各原子力施設で適切な管理・貯蔵が継続されることが必要である。

高速増殖炉の実用化計画、第二再処理工場計画は、放棄されるべきである。プルサーマル計画は中止されるべきである。

○放射性廃棄物は埋設から管理へ

放射性廃棄物は、いったん埋設してしまうと、問題が生じてから回収しようとしても困難であり、あえて実施するには大量被爆を必然とし、危険が大きく、多額の費用がかかる。当面は、管理をつづける政策に変更すべきである。

使用済み燃料、プルトニウム、ウラン、放射性廃棄物の最終処分については、将来世代による処分方法の選定の可能性等も考慮しつつ、研究開発を進めていくべきである。

放射能を野放しにする「クリアランス制度」は、廃止されなくてはならない。

金で釣って安全だとだまして最後は処分場にしてしまうやり方で解決することは、決してできない。高レベル放射性廃棄物とどのように向き合うかの大きな議論のなかで時間をかけて管理する場所を決めていくべきである。

○原子力発電廃止の道筋

原子力発電から脱していく具体的な道筋についての検討を早急に開始すべきである。エネルギー需給はもとより、日本全体、そして立地地域の経済への影響、雇用対社会的影響をも考慮し、社会的弱者に負担を強くない形での道筋をつける必要がある。

地震災害と放射能災害が複合する「原発震災」の危険が特に大きい原発については、即時停止することが求められる。安易な寿命延長を認めず、事業の許可年限を法に定めるべきである。

○安全規制機関の独立

現在の原子力安全委員会は「原子力の研究、開発および利用を推進する」目的に定めた原子力基本法に基づいて設立されている。欧米各国のように「危険の防護」を原子力基本法の目的のひとつに明記し、それをもとに規制機関を位置づけるべきである。

経済産業省のもとで推進行政の風下に立たされている原子力安全・保安院（経済産業省の「外局」である資源エネルギー庁に属する「特別の機関」）の分離独立が必要である。

同院と安全委員会のダブルチェック体制は、規制の実効性が発揮できるよう再考されるべきである。

○情報公開・住民参加の保障

情報公開をさらに徹底し、核セキュリティ上特段の配慮を要するもの以外はいっさいの情報の秘匿を認めないしくみとすべきである。

（原子力資料情報室／原水禁編著『破綻したプルトニウム利用—政策転換への提言』緑風出版近刊より）

（この記録は、事務局が作成し、山口氏にご加筆・ご修正いただいたものです。）

2010年度 循環ワーカー養成講座 第2回

『原発は温暖化防止に役立つか？』

講師：アイリーン・美緒子・スミス（グリーン・アクション 代表）

日時：2010年7月9日（金）18:30～20:30

会場：ノルドスペース セミナールーム（東京都中央区京橋1-9-10 フォレストタワー）

はじめに

必要なのは、色々な角度から話を聞くことであり、ディベートなんですね。同じ部屋に立場の違う人が並んで話を聞ける場の設定が、今必要とされていると思います。今日は私が一方的に話しますが、今後のセミナーでは色々な方が来られるので、その異なった角度からどうなのか聞いていただしてほしいと思います。



原子力発電が温暖化対策になるのかならないのかは非常に大きな問題です。原子力発電は今ある原子力発電所と新規に建てる発電所の両方で温暖化対策をすることなんです、実際に本当にできるのかお話ししたいと思います。

1. エネルギー源としての原子力

最初に、世界規模で原子力が温暖化防止にどれだけ貢献できるのかを考える時、どのくらい大きなエネルギー源なのかということを見る必要があると思います。原子力は日本国内ではものすごく大きなエネルギー源で、発展していると見られていたり、海外でも原発は重要なエネルギー源でいくつもの原発の予定があるため、更に発展していくかのように見られています。まず、世界規模での話をしたいと思います。

ドイツの環境省の委託研究で、去年9月に出された「世界の原子力産業現状報告 2009年一経済の諸問題に焦点」を紹介します。この報告は、出されたときヨーロッパで大きく報道されて業界紙でも取り上げられました。「原子力が提供したのは、世界の商業的一次エネルギー生産の5.5%、最終的エネルギーの約2%だった」、「今後20年間は、運転中の原子力発電所を増やすことはおろか、現在の数を維持するのも現実的に不可能。」とあります。ここで何を主張したいかということ、現在435基の原子力発電所が世界で動いていて、52基が具体的に建設されています。この建設のスピードは過去よりずっと遅いです。1979年の段階では233基、1987年には120基建設されていたのに比べて、現在では52基です。また、世界の原子力発電所は平均25歳ですから、どんどん古く、そして廃炉になっていくわけです。同じ基数を保つには何が必要かということ、基本的に規模は変わらないと考えて、

建設中の 52 基と、5 年以内に計画・建設して 42 基を動かさなければいけない。さらに今から 10 年の間に 192 基を実際に計画して動かさないとこの数字は維持できない、と書かれています。1 ヶ月半で平均 1 基を新しく動かしていかなければならないんですね。現状はどうかというと、2008 年には 1 基も新規の原発は電気を作り出せませんでした。2009 年は 1 基です。このスピードを上げるといっていますが、1 ヶ月半で 1 基は色んな意味で不可能とされています。

この基数の維持ですけれども、「原子力発電のルネッサンス」が起こっているのかということですが、エネルギー関連ではトップの情報を流している Power in Europe という業界紙に報告書が出たときのドイツの環境相 Gabriel（当時）は、「原子力エネルギーはフィクションだ」とはっきり言っています。私が知っている限り、これは日本では報じられていません。

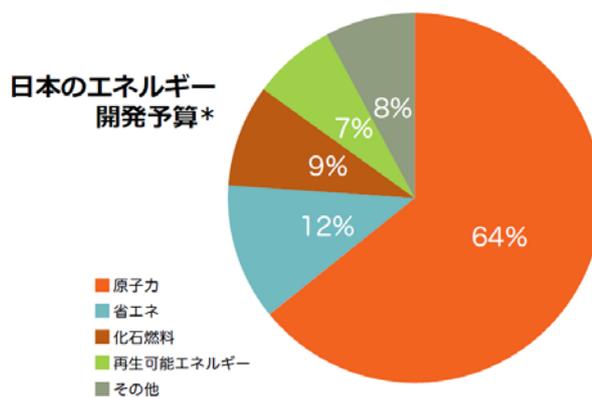
今ある 435 基は 2025 年には半減しています。これは原発の寿命を 40 年と仮定した場合です。耐用年数 20 年が 30 年に、30 年を 40 年に、これから 60 年と原発の運転認可を延ばす話もあります。いくつもの原子力発電所の寿命を延ばすことをもっと認可して 50 年、60 年としても、今までの実績は 22 年ですので、これを一気に平均 40 年にするのは非常に難しい話です。それがざっといってこれからの世界規模での原子力の状況です。

原子力が衰退している一つの大きな理由がインフラの崩れです。何年も原子力が建てられなかったので、建てるための膨大なインフラが必要なんです、それが崩れていて、このインフラを建て直すにはかなり大変な状況だと言われています。

2-1.日本の原子力発電

日本政府のエネルギー開発予算は、原子力が 64%、これは研究開発費ですが、膨大な量を占めています。省エネ 12%、化石燃料 9%、再生可能エネルギーが 7%、その他が 8%です。ぱっと見てよく分かるんですが、原子力が他のものを押し出しているというか、64%という数字があまりにも大きいので、これがために他のことができていないのではないかと、この 64%は何なのか、ということになるんですね。非常に大きな予算が付き、計画として重視されてきたのが、「核燃料サイクル計画」です。私は 1991 年からこの計画の問題に取り組んでいて、原子力が温暖化対策になるかということ調べるよりもさかのぼってこの問題を取り上げてきました。この 20 年間のことを見て、いろいろ話したいと思います。

核燃料サイクルは、まだ開発段階です。これで商業的に電気を供給しているわけではな



【出典：国際エネルギー機関 2006年】

いんです。日本では 54 基の原発があり、電気を約 3 割供給しているんですけども、これらはウランを燃やすように設計されている原発です。プルトニウムを燃やすように設計される炉はまだ商業化していません。まだ原型炉の段階です。高速増殖炉「もんじゅ」は、大きなリサイクル計画と言われていました。普通のウランを燃やす原子力発電所はだいたい毎年 1,000t の使用済み燃料を生み出します。原子炉の中では、自然界には全く存在しないプルトニウムが作られます。長崎原爆も原子炉を燃やして、生み出された死の灰からプルトニウムを 8kg 抽出し、ちょうどソフトボールの大きさのものをを使って爆弾を作ったんですね。日本の計画では、このプルトニウムという材料を大量に使います。エネルギー源として意味のある量を作るならば、400t というような量が必要で、世界中の核兵器に入っている量が約 250t ですから、それより多い量を商業的に使うという計画です。

この計画の開発が始まったのが 1956 年なんですけれども、まだ現実に商業的に電気を作っていないわけなんです。この「もんじゅ」ですけど、これは原型炉で、高速増殖炉が実際に商業化するまでは、まずは試験炉を作ってそれから原型炉、その次が実証炉、その次にやっと商業炉で、商業炉は 2050 年頃にできると。だからこの計画は商業的に電気を作るのは 2050 年頃を目指しています。しかし最近、原子力委員会の委員長から 2050 年と決めただけではないとの発言が口頭でありました。ですから 2050 年はもっと先に伸びるのではないかという報道が、ちょうど APEC のエネルギー大臣会議の前の 6 月上旬に流れました。

全体の核燃料サイクルというのは、プルトニウムを使える高速増殖炉を開発するだけでなく、プルトニウムという材料を国内で確保しないといけません。どういう工場かということ、再処理工場なんですね。普通の原子力発電所から使い終わった燃料を再処理工場に持っていき、硝酸で溶かし、プルトニウムやまだ残っているウラン、廃棄物に分離します。これが再処理工場で、国内で商業規模のものができたのが青森県の六ヶ所再処理工場です。まだ商業運転は始めていません。この工場は 2.3 兆円かかっています。工場完成（試運転終了）に向けて試験をしていたんですが、全くうまくいかなくなり、2008 年 12 月から長期中断しています。全ての試験を終えるのが今年 11 月ということになっていますが、間違いなく伸びます。（*（*9 月には 2012 年 11 月まで延期された。）

過去、使い終わった原発の燃料をずっとヨーロッパに送っていたので、向こうの再処理工場がプルトニウムが分離されてきました。今は、45t 以上の日本のプルトニウムが国内と海外、イギリスとフランスにあります。トン数でいうとアメリカの核兵器に入っているプルトニウムの半分近くを日本は所有しているということになります。（爆破力は半分より劣る。）日本は備蓄しないということになっているので、普通の原子力発電所でウランと混ぜて燃やすのがプルサーマル計画です。

去年の 1 月、民主党が政権をとる前に民主党の勉強会に呼ばれ、この計画がどういうふうに遅れているか話す機会がありました。高速増殖炉計画は商業化が 8 回延期されており、現在 90 年遅れとなっています。再処理工場の方は何年も遅れて 17 回延期*（*9 月を持って 18 回延期）されています。核燃料サイクル計画は全然うまくいっていないのです。この

50 年間、核燃料サイクルは「もんじゅ」で少しだけ電気を作ったのでそれを計算してみると 1kw あたり 9,054 円の電気になります。* (*「もんじゅ」計画を担っている日本原子力研究開発機構のデータに基づく。) 実際は、「もんじゅ」は事故を起こした後、ナトリウムを温めておかなければならないために大量の電気を使い、開発・建設など含めれば、明らかに使った電気の方が作った電力よりはるかに多いのです。こんな計画が温暖化対策になると、経産省は今でも法律に入れたいと言っているわけです。最近まで、これは温暖化対策になると言っていましたが、さすがに最近核燃料サイクルの方は省かれていますけれども、これからどうなるかというところです。

2-2.原子力発電で温暖化対策をするということ

次に、今ある原子力発電所、同じくウランを燃やす新しい原子力発電所を建設して、それらの原発で温暖化対策はどうやってできるのか、できないのかという話をしていきます。

全国に原発があります。ポイントは、原発で温暖化対策をするのなら、現在ある 54 基でするか新規で建ててするかの 2 つしかないわけですね。54 基でするということは、今までやってきたことを続けるだけでは新しく CO₂削減にならないので、この 54 基が今までやってなかったことをやらなければならないということの意味します。基本的に、もっとフルに動かして稼働率を上げて、そしてもっと長く動かし続けなければならないということになります。今ある日本の原子力発電所は運転開始から平均約 25 年たっています。つまり、どんどん古くなっていく炉の稼働率を上げるということなんですね。人間で例えれば、若いときにハーフマラソンをしていた人に、年をとってからフルマラソンを走ってもらうという、今までやらなかったことをもっと頑張って何かをやらなければならないという状況です。果たしてできるのか、限度があるのではないかと、バリバリやったら安全性の問題にも関係してくるのではないかとなくなってくるわけです。

今ある原子力発電所だけでなく、新しいものも建てましょうということも、「京都議定書」の策定の時から言われていました。温暖化対策に原子力発電をやる、何基も新しい原発を建てますと言われてきました。1998 年には、2010 年までに 21 基新しく建てるという計画がありました。実際、この時期に到底無理だと本当は分かっていたんですけども、一応、国の政策として、温暖化対策になるんだから原子力を進めていこう、ということで 21 基と打ち出したんです。結果はどうだったのかというと、延期と撤回で今年までに 21 基実現しなければならなかったところ、5 基しかできなかったんですね。これについて、ごめんなさいということは全くなかった。これが日本の京都議定書の後の温暖化対策の一つの大事な柱と言われていたんですね。始めから、ほとんど無理と分かっていたならば、国は温暖化対策として色々なことをしなければならなかったもので、パッケージが違っていたと思うんですけども、この時には原子力が大きな柱で、これでいくということになっていました。原子力が好きか嫌い、予定通り建設されなかったのが良かった良くなかったということとは別に、結果的に温暖化対策ができなかったという意味では、失われた 10 年を作ったと言

えます。

今はどうかというと、東京の原子力資料情報室が国のデータからまとめたものですが、2020年に9基増設となっているんですね。この9基という数は政権が変わっても、全く変わっていません。2020年までに各電力会社がやることになっているので、この数字をいじったら、勝手に自社の会社のものを外したのかということになるので、なかなかいじれず、残っているんです。去年の9月に、鳩山さんが国連で2020年までに温暖化効果ガスを1990年比25%減らすと言った中に大きな柱として入っています。これが現状です。

温暖化対策をするというときに一番重要なポイントは、1kw/h作る時に放出されるCO₂を減らしても、需要、つまり使用電力をどんどん伸ばしていけば、どんなにCO₂排出原単位を減らしても、結局CO₂は増えてしまうということです。減らせないんです。結局、どんどん需要を増やしましょうという努力がある限り、CO₂削減はできないんです。京都議定書以降、一番CO₂排出が増えているのは電力部門で、その中で一番CO₂を上げた原因が石炭火力の発電所をどんどん造っちゃったということなんです。

京都議定書以降も、電力会社は石炭火力発電をどんどん増やしたんです。温暖化対策に最悪なものをどんどん静かに増やしている間に、原発が温暖化対策になるというCMをいっぱい流してきました。黙ってCO₂対策に最悪のものをどんどん作っていたというのがこの何年間の状況です。私みたいな者が原発は温暖化対策にならないということを話題にして、原子力発電が温暖化対策になるのかならないのかに話題がいつてしまう。電力会社が「温暖化対策に原発が役立つ」とコマーシャルに流すのは一種のしかけにも思えます。シーンと石炭火力を増やしていることからみんなの目をそらすためにもやっているのかと思えます。石炭火力を止めましょうということを大きく言っていかなければなりません。

2-3.既存の原子力発電所で温暖化対策をすることの是非

日本では原子力発電所は1970年から始まりましたが、1980年には、熟した技術になっています。1980年から今までの全国の原発の設備利用率を平均すると、72.4%です。最高設備利用率が1998年に記録され、それが84.2%でした。しかし、それからがうまくいきません。大きく下がってしまったのは、まずは東京電力の「検査データ不正事件」のためです。どういう不正かということ、原子炉格納容器漏えい率検査の時、東京電力が、空気をこっそり注入することなどにより漏えい率を低下させる不正行為を行っていたのです。国が調べている時に隠れてポンプで空気を入れていたのです。そのような不正をしたため、東京電力の原発全て17基を止めなければならなくなりました。他の技術では、不正があってもこういう事にはなりません。原子力の場合には全部いっせいに止めなければならぬ、これが原子力のアキレス腱です。原発が止まると、バックアップの火力発電所が一気に動くんですね。新潟の中越地震の時も、柏崎刈羽の7基全てを一斉に長期間止めました。「原発が稼働していればCO₂は増えないのに、原発が止まっちゃったからCO₂が増えてしまった」と電力会社は言いますが、この地震国でこういうものを抱えているんです。大量の電

力供給を共倒れするものでやると、バックアップの火力を動かさなくてはならない、そこから脱皮していかなければ CO₂ 削減をしていけないのではないかと思います。原発を温暖化対策に使うということで、2007 年の段階で設備利用率を平均 88%に上げようとしたんですが無理で、2009 年には 80%になったんです。鳩山首相の温暖化効果ガス 25%削減はいいことなんですけれども、その中で環境省自身の案ですら原発の設備利用率は平均 88%になっています。法案は廃止になりましたけれども、この議論が 88%になるか 80%になるかいたりきたりしています。問題は数字に伴う中味が持つ意味が議論されていないことです。どうやって実現していくのか、実行可能なのか、そして実行する場合、安全上どのような問題があるのかです。環境省の方にこの中にはどのようなプランがありますかと聞いたところ、88%の中にプランはない、数字だけと言っている。今あるプランは実行できるかどうかわからないものばかりです。

設備利用率 88%に伴うことを少し言います。原子力発電所は定期点検をするんですが、定期点検の時期は 13 ヶ月に 1 回、原発を止めてしないといけない。設備利用率を上げる為、これから 24 ヶ月に 1 回の点検にして、1 回ふたをしてしまえば 2 年間そのまま動かすということが取り上げられています。今までの若かった原子炉で 13 ヶ月に 1 回のものをもっと古くなってから 2 年に 1 回にするということです。設備利用率を上げるということに対して身に染みて感じているんですが、関西電力の原発で若狭湾にある、大飯（おおい）という原発があります。ここの原発では炉から出てくる一番大きなメインの配管の壁の厚さが、ひびが入ってしまって、基準を満たさなかったんです。削ってもまだひびが入っていて基準を満たせなかったの、基準のほうを変え、変えた基準でも満たせなかったの、また基準を甘くしました。甘くした基準より 0.5 ミリしか肉厚がなかったんですけど、点検を終了させ、原発を動かしました。福井に行って原子力安全・保安院の担当責任者の方に聞くと、修理する時間がないとはっきりと言っていました。そういうものがあちこちに出ているわけです。ふたをした時に 0.5 ミリしか余裕がなかったものが 2 年間でどうなるのかという心配がその一例だと思います。

実際に京都議定書から今まで、原子力発電所で温暖化対策はどこまでできたのかというと、21 基建てるというのは達成できなかった。また、設備利用率を上げるんだといっても上げられなかったというのが現状です。

2-4. 新規原発建設の是非

ご存知の通り、深夜と昼間では電力の使う量が減ったり増えたりしますよね。原子力は電力需要の変動に対応しないのでベースロードの電力と言われているんですけれども、深夜の部分でベースロードがギリギリというか、もっと原子力発電所を建てると、夜中の電気がもっと余ってしまうんです。そうすると基本的に需要を増やしていくほうに物事が動くのではということで、単純に原子力発電所をもっと新しく造ればいい、温暖化効果ガスを削減できるということではないんです。

立命館大学の¹大島堅一教授は、原子力と水力を別々にした電源別の単価を計算されています。水力の中に揚水発電を含んで計算されたものをよく目にしますが、揚水発電は原子力のために使われているので、先生は原子力と揚水発電を合わせて計算したんですね。さらに、原子力特有のバックエンドコスト、そして国からの資金投入、つまり開発費用と立地費用という財政支出を各電源コストに足しました（2.42 円/kWh のうち 2.1 円/kWh、つまり殆どが原子力に与えられている）。すると、原子力は一貫して水力だけでなく火力よりも高いのです。2000 年代は原子力 10.11 円、火力 9.02 円、水力 7.52 円となります。原子力は全然安くないんです。つまり、新しい原子力発電所を造る時、夜中のいらぬ電力をセーブするために水を持ち上げ、昼間の需要の多いときに流すという、揚水発電とセットになるので、その意味でも新規の原子力発電所のコストは過去の原発だけで建てるものより高くなるんです。

	原子力	火力	水力	一般水力	揚水	原子力+揚水
1970年代	13.57	7.14	3.58	2.74	41.20	16.40
1980年代	13.61	13.76	7.99	4.53	83.44	15.60
1990年代	10.48	9.51	9.61	4.93	51.47	12.01
2000年代	8.93	9.02	7.52	3.59	42.79	10.11
1970-2007	10.68	9.90	7.26	3.98	53.14	12.23

単位:円/kWh

※事故の場合の被害額、被害補償額は上記の表には含まれない。

【電源別の単価（総合）出典：立命館大学国際関係学部、大島賢一作成「原発は温暖化対策になるの？—経済学からみた本当の話」2009年6月】

これらは政府や電力会社の資料から作っていて、先生の主観がまったく入っていないのです。

3.海外の資料から読み解く：原子力発電は温暖化対策になるのか

海外の資料や議論が国内のメディアや議員、国会の場に入っていないんです。大きいハードルは外国語なんです、その資料を紹介します。

まず、去年の10月に出版された、世界銀行の開発と気候変動の報告書を紹介します。基本的に世界銀行は技術推進・原子力推進といって、補助金をもっと与えるべきだと言っていますが、リアリティをきちっと書いています。原子力はリードタイムが非常に長いので、短期の炭酸ガス排出削減の効果は限られている。何を意味するかというと、計画して建設して実際発電するまでに少なくとも10年はかかるので、これからの10年の勝負にはなかなか新規の原子力は入っていないとしています。

他にも海外の大手 NGO、金融情報サービス、マサチューセッツ工科大学(MIT)など原子力の技術開発を推進しているところ、シティバンクなどが原子力は温暖化対策になるのかという問題について報告書を出しています。アメリカに拠点をもち、20万人以上の科学者

と市民に支えられている、「憂慮する科学者同盟」というところの「原子力は温暖化対策に貢献できるのか」についてのポジションペーパーを紹介します。ここでは、温暖化対策は、ここ 10 年が勝負なので、即効性が必要だと言われています。それから低コスト。お金には限りがありますから、できるだけ低コストでなくてはだめ。それと低リスク。低リスクというのは事故を起こしてはいけないということも含まれていますが、やるといってできなかったら困るので、あてにできるといったいろいろな意味での低リスクのもの、つまり確実性が必要だとしています。そして原子力は即効性も低コストも低リスクも全ての面で駄目だと言っています。

よく原発は CO₂ を出さないと言われていまして、電力会社もそのように宣伝していましたが、ある人が JARO(日本広告審査機構) に訴え、電力会社の広告を批判したのですね。この数年間、テレビ CM をよく聞くと分かるんですが、原子力発電は「発電時」に CO₂ を出さないという風になりましたね。電力会社も認めています、原子力発電は CO₂ を出さないわけではなく、全体のサイクルでは CO₂ を出します。

電気を 1 kWh 作る時、どのくらい CO₂ を出すかですが、エナジー・ポリシーという専門雑誌に掲載されているシンガポール大学のベンジャミン・ソブアクールという学者の文献が一番包括的に調べられています。彼は原子力発電のライフサイクルによる温暖化ガスの放出についての様々な調査報告 (108 の文献) を集め、その中から情報の正確さなどの選択基準を設け、基準を満たした 18 本の文献について報告しています。それによると、一基あたりの原発のライフサイクルの温暖化ガス放出量の平均値は 66gCO₂/kWh でした。ソブアクールは、原子力発電は再生可能なエネルギーと小規模分散型発電より成績が悪く、太陽光発電の最新のものは原発より温暖化ガス放出量が少ないと述べています。また、原発はフロントエンド (つまりウランを採掘する時) の部分で多くの温暖化効果ガスを出しており、ウランの質が落ちると、ウラン採掘のプロセスで排出される温暖化ガスが増加する (質が 10 分の 1 に落ちると排出量が 10 倍に上がる) と報告しています。

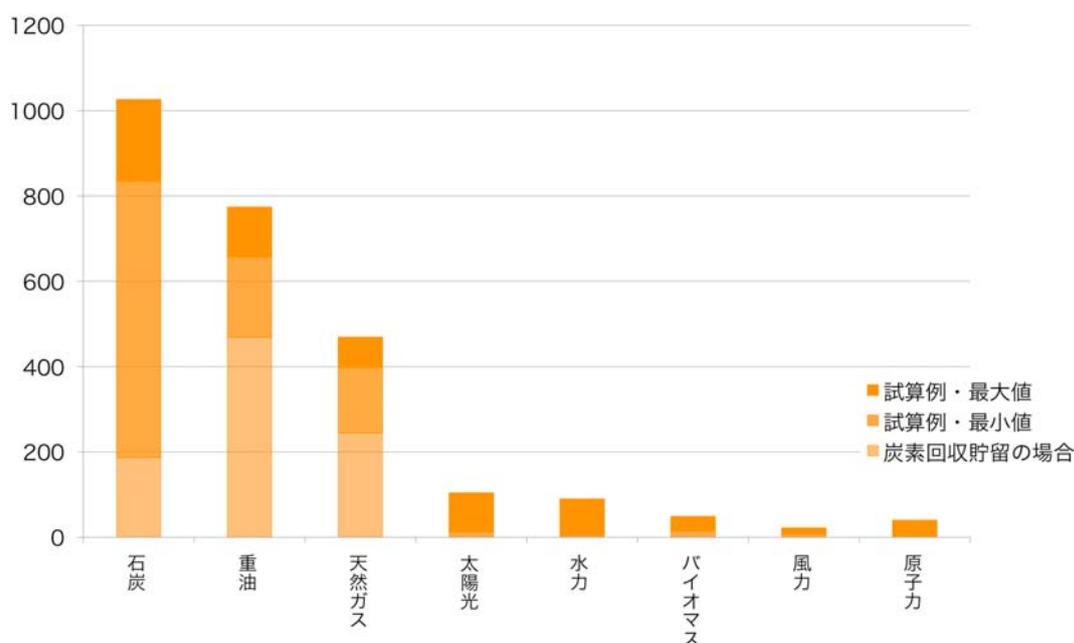
彼はもう一つ重要なことを言っています。原子力発電所を運転する電力会社が原発による温暖化効果ガス排出量を (行政などに) 報告するガイドラインとなる産業の報告基準が存在しておらず、例えば ISO14040 とか 14044 のような標準化した基準を設けるべきだ、と主張しています。これは重要なことです。なぜなら、ソブアクールが報告している 66gCO₂/kWh は正確な数字とは言えません。18 の文献では 1.4gCO₂/kWh から 288gCO₂/kWh まで報告書にばらつきがあったのです。平均すると 66gCO₂/kWh だったのです。いかにきちっとしたシステムができていないかが分かります。

電力会社は、日本の電力中央研究所が出した 25gCO₂/kWh という数字をよく出します。研究所から出ているのはこれです。根拠となる資料は古かったり、問題があります。電力会社も非常に弱腰で「25g くらいじゃないかなというようなことも聞きますけども」というのが例えば今年の関西電力の株主総会で私が尋ねたときの取締役の正式な回答だったので。自信がないんですね。そういう意味では、例えばこちら側も、ソブアクールの文献に

出てくる資料がどのくらいきちんとしているのかとか、電力中央研究所の批判の分析もどれだけきちんとして出しているのかとか、電力会社の側も 25g くらいとかというような言い方とか、そのレベルよりもレベルアップしなければならない。それこそ、ディベートときちんとした資料作りが必要です。

いくつかの技術的な報告書を出しているロッキーマウンテン研究所では、原子力推進派と反対派が一日中議論するディベートを主催しました。You Tube にも載せました。賛成派が自信をもって、こういうことをみんなに伝えたいと出てくるわけです。日本にはこれがない。繰り返し、パブリックで議論したいと、推進している学者さんや政府の原子力・核燃サイクル政策を担っている省庁の役人に言っていますが、断られます。新聞社などの中立なモデレーターの企画を提案しても断られる。議論をしないと、お互いが成長しないと思うんですね。

下の図は、一昨年の 3 月に出された原子力委員会の懇談会報告書の参考データから試算された CO₂ の排出単位試算です。発電時に原子力は温暖化効果ガスを出さないけれども全体のサイクルでは出すわけで、それがこの図に載っています。風力が原子力より放出が少



【原子力委員会・懇談会報告書（2008年3月）原子力委員会・懇談会報告書 参考データより。

数値は、Comparison of Energy Using Life Cycle Assessment, WEC, 2004 より。

図作成・原子力資料情報室作成図に基づき グリーン・アクション要約 1
なくてバイオマス、水力も太陽光もある程度多い。政府と電力会社は原子力は化石燃料と比べてどんなにましかと言います。それは当たり前ですよ、CO₂ を出す量が少ない。再生可能エネルギーもそうです。でも、いつも言われているのが、原子力はすごくまして、再生可能エネルギーはとにかくあてにならないから、だから原子力しかない。要するに原子力はちゃんと電力作っているけど、再生可能エネルギーは当てにならない、だから原子

力がましという論理立てです。ここで皆さんご存知のように、再生可能エネルギーがすごくましになってきて、当てになるんです。この春、温暖化防止基本法の法案が議論されていたころ、甘利明元経済産業大臣など、原子力推進の議員が勉強会をされていて、再生エネルギー専門の方を呼び、再生可能エネルギーの話をしてもらいました。議員たちは、再生可能エネルギーは良いけれど、需給としてあてにならないでしょと言ったら、呼ばれた専門家がどんどんあてになるようになりましたと答え、議員たちが愕然としていたという話を聞きました。再生可能エネルギーがあてにならないから原子力が必要だという、ここが原子力が温暖化対策に必要なだという一番の売り文句ですね。

4. コストから見る原子力発電の是非

コストの問題に入っていきたいと思います。マサチューセッツ工科大学が、2003年に膨大な調査を行い、原子力の未来について報告書を出しました。それから6年後の2009年にアップデートを出しています。一番大事なポイントは、この6年の間に新規原子力発電所の建設コストが倍になったことです。実際、今、新規の建設コストが毎年15%上がっています。この計算は韓国と日本の実際の原発建設コスト上昇のデータとアメリカの新規原発建設の推定コストに基づいていると書かれています。この報告書は、データを一つ一つ詳しく欲しいと思っても出典が載っていない点が問題なんですが、ただ、実際に原子力発電所の新規建設のコストはものすごく上がっています。フィンランドで建てられている、ヨーロッパの希望と言われるオルキルオト3号炉は既に42ヶ月遅れており（現在運転開始の予定は）建設コストは約30億ユーロ（保証された固定価格）より既に27億ユーロ（90%）余分にかかっています。

違う側面で、アメリカの原子力規制委員会の元委員、ピーター・ブラッドフォードが「原子力産業の将来がなぜ危険に曝されているか（2007.1）」の中で大事なポイントを書いています。それは、“**opportunity cost**”（機会のコスト）という発想ですね。新しい原子力発電所を造ることは、気候保全のための最も安い、簡単に入手できる再生可能なエネルギー及びエネルギー効率向上のオプションから民間及び公的投資をそらしてしまうと。このパイチャート（15 ページ）は日本の国のエネルギー研究開発予算に当てられているお金を示しています。日本は64%の中に「もんじゅ」のようなものがあり、2050年の高速増殖炉の商業化もどうなるか分からない。そういうものにお金をつぎ込み、リアルなものにお金を入っていない、そらしてしまうと。だから使える限られた金融資源を原子力は浪費してしまうとブラッドフォード氏は警告しています。これがすごく大事なポイントだと思います。

報告書でもう一つ大事なものは、よく温暖化対策はものすごく大事なものなので全てのオプションを使わなければならないと言われていますが、温暖化対策は非常に重要であるからこそ、全てのオプションなんて使っていられないという指摘です。一番良いオプションを使わなければならない。私が例を申しあげると、例えば、あまりお金がないけれど株に投資したいと、色んなオプションがあった方がいいので、非常に悪いと分かる株も20%買

いなさい、そんなのおかしいでしょ。時間やお金が限られている中では、一番いいものを選ばなければならない。全てのオプションを何となく、まんべんなく使うなんてことはやっていられない、ベストな方法でやらなければならないというのがブラッドフォード氏の主張です。

では実際に世界ではどうなっているのかですが、アジアに住んでいると中国やベトナムで原発は建てられている、またはこれから建てられるじゃないか、日本でも建設されているじゃないかと思われるかと思います。しかし世界全体を見ると、投資家は原子力に投資していないんですね。例えば、リーマンショックの前年、景気が良かった時も、ウォール街は1セントも原子力に投資しませんでした。リーマンショック後はより投資の環境が悪くなっています。金融情報会社のスタンダード&プアーズは、「原子力を抱える電力会社は、それを持たない会社よりも、信用評価が低く、信用のために余分に払うことになり得る」との結論に達しています(2006年)。原子力に投資する会社は格下げされてしまうんですよ。今、アメリカでもオバマ政権が財務保証を新規の原子力にどんどん出していこうとしています。しかし、ある会社が原子力に投資する、それにより格下げされたとなったら、会社は融資が貰えなくなったり貰いにくくなったりする心配があるわけです。このような会社が格下げされるとNGOもホームページで報告しています。これはアジアが持つ原子力のイメージと随分違うと思います。

ロッキーマウンテン研究所のロビンズは色々な報告書を出していますが、一番まとまっただけで簡単なNuclear Power: Climate Fix or Folly (Rocky Mountain Institute 2008.12)という報告書を紹介します。この報告に書かれているのはまず、原子力は温暖化対策になると言っているが、民間市場が投資していないという落とし穴があるということです。投資家型電力会社は原発を買わず、公共資本を引き出せる中央集権の計画者が政策を担っている所しか原発は建たないと書いています。ロビンズたちの主張は、例え融資できても、新規原発の建設コストがものすごく高くなってきているため、原発は温暖化対策には失格だということです。また、インフラが大きくダメージを受けていることは、ここでも書かれています。ロビンズは、世界原子力機関もあまりにもコストが上がっていて新規原発のコスト推定をするのは不可能だという発言を引用しています。また彼は、エネルギー効率向上の方が手軽で、安く早くCO₂を削減できるオプションだと言っています。

効率向上は、アメリカのEPRIも言っているんですが、効率向上の進展は非常に早く進んでいて、技術が商業製品として普及した時にはもう技術が遅れているくらい早く技術が回転しているとしています。結局、ロビンズは、同じ1ドルをもってCO₂を減らすのであれば、もっと速く、もっと効果的に減らせるのは再生可能エネルギーとか効率向上で、同じ1ドルを原子力に投資すれば投資するほど、遅くて高くつく、つまりその分、CO₂を減らせないと主張しています。新規原子力発電所は温暖化対策に対して高いコストと時間が掛かるので、もっと速くもっと効率がいいものに投資しないことは、罪が非常に大きくて、石炭火力を建てるより、温暖化対策に悪いと断言しています。

もう一つロビンズが主張しているのは、マイクロパワーは原子力の進展スピードよりも速く、シェアがとても速いスピードで増えていると言っています。原子力も設備利用量を少しアップする技術もできているんですが、ほんとにわずかで、トータルの電力に寄与している電力を作った増加分の2%だけが原子力のおかげで、マイクロパワーの方がずっと増加分を占めているんです。

次に、イギリス政府が原子力発電推進は温暖化対策に必要なだと政策を大きく打ち出した同日に発行されたシティグループの報告書です。この中では、経済分析は新規原発に青信号を出したみたいだが、本当に出したのか？と書かれています。どういうことかということ、政府は新規原発建設の認可方法を簡素化して計画プロセスを促進すると言うが、原子力の建設中・運転中・解体・廃棄物処理に関するリスクがどんどん悪化する中で、政府は民間部門が容認できないリスクを担うことを前提としている、補助金など公共のお金をつぎ込まないと原子力なんて我々はやってられないよというようなことを言っています。このように、実際イギリス政府はそっぽを向いています。中国とかは建っていくと思うんですけどもイギリスのようなところは建たないと思います。

最後に

原子力が温暖化対策になるかということについて3つの傾向、トレンドを見ていく必要があると思います。この3つは全部お互いに絡み合っています。

1つは、原子力のトータルのシェアがどのくらいか、要するに電力需要、エネルギーに寄与している部分、トータルのシェアがどのくらいかということです。原子力のシェアが縮んでいったら、その小さなシェアの中でどんなに頑張っても限られてくる。実際のトレンドですけれども、ドイツ政府の報告書でもありましたが、シェアが減っていく傾向にあります。

2つ目は、原子力の建設コストが上がっていく一方で、再生可能エネルギーの方が費用が下がっている傾向です。だから今年がどうなのかということ争うだけじゃないんです。1年後、3年後、5年後がどうなのかというときに、明らかにトレンドははっきりしています。原子力は根本的に新規原発を建設するためのインフラのシステムからしてトラぶっていて、様々な理由で新規原発を建設するコストが年々上がっていているという問題があります。それと、今申し上げた再生可能エネルギーの方のコストが下がっている。コストの傾向を見ていくと、どんどんどんどん再生可能エネルギーの方が有利になり、原子力が不利になっています。

3つ目のトレンドは技術開発です。原子力はスタートから半世紀たち、開発できるものももう結構開発しているんですね。高速増殖炉のような夢のような、2050年にもしかしたら商業化、みたいなものもありますが、基本的に今ちゃんと電気が作れるというものは、だいたい開発したところは開発しちゃっているんですね。しかも原子力の開発はすごくスローで、20年くらいのサイクルでやっと一回転という感じです。つまり、原子力はすごい大

型で、恐竜みたいなもので、変わって行く環境に対応できません。1つ造るのに時間がかかって、それを動かしてこういう風に改善できると分かったら、それから20年先の開発で実行できるというものです。それに比べて先ほどロビンズの話にもありましたが、効率向上（efficiency）の技術とか再生可能エネルギーなどは速く建てちゃって、これが失敗だなあと分かったら直してまた造るという風に、ラーニングカーブの回転が速いんですね。速く回転できる方が、速く改善できるわけです。

今申し上げたように、幾つかのトレンドがあるわけです：相対的に原子力のシェアが下がっている、新規原発建設コストがどんどん上がっている、再生可能エネルギーとのギャップが大きくなっている、技術開発の進展速度にギャップができています。だから、今年新規原発が稼動するのと、10年、20年後はどうなのかという話は全然違うんですね。原発は温暖化対策に役に立つのかのディベートは日に日に原子力が不利になっているのです。これが一番大事なポイントだと思います。

（この記録は、事務局が作成し、アイリーン氏にご加筆・ご修正いただいたものです。）

2010年度 循環ワーカー養成講座 第3回

『放射性廃棄物に関するわれわれの責任

—高レベル放射性廃棄物の地層処分について』

講師 増田 純男 氏 (元原子力発電環境整備機構理事)

日時 2010年8月4日(水) 18:30~20:30

会場 ノルドスペース セミナールーム (東京都中央区京橋 1-9-10 フォレストタワー)

はじめに

今日の話は、私がほぼ30年やってきました地層処分についてです。まず、廃棄物問題をどう考えるべきか、高レベル放射性廃棄物対策が何故必要かについて触れたいと思います。2つ目に、現在は地層処分という技術が選択されていますので、なぜそれを選択するのか、どういう対策なのかということの説明させていただきます。3つ目には、既に準備段階から実際に処分を行う段階に入っていますが、現状はどうか、社会からどう受け取られているか、そして最後に、地層処分は安全性に疑問があるという受け止められ方もしているので、安全性



はどうなっているのか。多くの方に安全性を納得してもらって、事業に対する理解をいただくということが課題ですので、その辺について考察してみたいと思っています。

1.高レベル放射性廃棄物対策について

我々は今、いろいろなものを使っていますが、元は地球の中にある資源を掘り出してきて、そこから不要なものを取り除くことで初めて製品ができます。①製品をつくる過程で廃棄物が出る。②せっかくつくった製品でも、価値がなくなれば廃棄物になってしまいます。車などは好例です。もうひとつ、③資源はモノをつくるだけではなくて、石油も原子力もエネルギーを取り出す過程で廃棄物が出ます。この3つを考えると、資源の利用は結局、廃棄物問題に帰結します。ですから資源の利用は、廃棄物対策が適切に行われることによって初めて正当化されるという考え方が廃棄物管理の哲学ではないかと考えます。

「循環型社会」というのは、フローのエネルギーに頼るということと思いますが、それに対して、石油・石炭・天然ガスというのは、地球が長い時間かけて貯めたものですから、ストックのエネルギーです。それとはまったく別のエネルギー源である原子核のエネルギーを使うというのがあります。

昔、薪や油を燃やしていた時代は、CO₂が出れば植物によって循環され、フローが成り

立ったわけですが、近代のエネルギー利用状況になると、とてもそれでは間に合いませんので、18世紀から石炭、19世紀から石油、20世紀は天然ガスと、化石資源を使うようになってきました。それによって、循環可能量を越える廃棄物が出てきたことが、現在最大の廃棄物問題であると考えられます。

原子力と比較してみましょう。例えば、出力100万kwの炉を1年間運転するために、火力発電所では石油が250万tくらい使われます。その結果、500万tぐらいの二酸化炭素が出ます。同じだけのエネルギーを原子力で得ようとする、ウランはだいたい30tくらい必要です。

ウランを核分裂させることによってエネルギーがでます。その核分裂による生成物は今の技術では使えませんので、廃棄物となります。CO₂は我々の吐く息にも含まれますから、毒性はないですが、非常に大量に出ますので、それが地球温暖化の原因になるのではと心配されています。

原子力廃棄物の量は極めて少ないですが、放射能が高いので近づくと極めて危険。両者の対策は非常に異なっており、大量に出てしまったCO₂の（廃棄物）対策をすることは、ほとんど不可能なので、排出の抑制が図られています。一方、原子力廃棄物は量がきわめて少ないので発生抑制対策は不要ですが、近づくと危険なので、我々の環境から完全に隔離しなければいけないという対策が取られています。

高レベル放射性廃棄物とは何か、という説明をします。原子力発電所では、新しい燃料を3年くらい入れておくと取り替えることになります。それを「使用済み燃料」と言っています。多くの国では使用済み燃料を捨てていますが、日本では使用済み燃料の中から、再処理によって核分裂生成物を取り除き、ウランとプルトニウムをリサイクルするという考え方を採っています。ウランとプルトニウムは、原子力発電所でもう一度燃料として使うため、リサイクルされます。

再処理後の核分裂生成物を含む放射性廃棄物は、ガラス原料と混ぜて1,200度ぐらいの熱をかけて固めます。核分裂生成物は熱を加える過程で無機の酸化物になって、それがガラスの原料であるシリカやアルミナなどの成分とガラス構造をつくります。ですから、正しい言い方はガラス固化というよりガラス化です。実際にどのようなものかといいますと、高さが1.3mくらい、外形が40cmくらいのものです。台所の外にプロパンガスのボンベが置いてありますが、あれに似た形のもので、

放射能を持っているということを除けば、物理的・化学的に考えるとガラスと同じ性質を持つものです。無機物で、中に揮発性のもの（ガス）は入っていません。10万世帯の1年分の電力をすべて原子力でつくったと仮定すると、このガラス固化体が1本発生します。別の換算では、一生80年のうちに我々が使う電気をすべて原子力でまかなったとして出るガラスの量は、一人あたりゴルフボール3つ分くらいといわれています。

それぐらいの量ですから、決して量的に問題になるわけではありません。ただし、この中には放射能が半分くらいになるのに30年くらいかかる、極めて放射能の高い、核分裂生

成物が入っているのです、数百年間にわたって、大変高い放射線を出します。ガラス固化体から 1m の位置に人間がいると、2 秒間で職業人の年間被曝限度の放射線を浴びてしまいます。しばらくそばに立っていれば確実に死ぬ、というくらいのもすごい量の放射能を持っています。ある程度近づけるようになるまでにも数万年かかります。近づくと大変危険だという特徴の廃棄物です。ただし、物理的にも科学的にも安定で、爆発するようなものではありません。

2.地層処分の考え方

日本には、すでに昨年末現在で、ガラス化されたものが 1,660 本くらい、将来、再処理してガラス化するものが 23,000 本分くらいあります。放射線というのは、その間に遮へい物を置くと遮ることができるという特徴がありますので、現在、遮へい体を置くという管理をしています。



【日本原燃（株）貯蔵管理センター 出典：資源エネルギー庁放射性廃棄物ホームページ】 上の写真は、六ヶ所村にある日本原燃の貯蔵管理センターというところです。コンクリートに鉄の蓋がしてある円筒状の貯蔵ピットの中に 9 本ずつ縦積みに入っています。コンクリートの厚さは約 2m。先ほど、1m のところにいるとほとんど即死するような量だと言いましたが、このように立ってられるのは、遮へい物があるからです。現在は、この貯蔵管理センターのピットの中に入れて、安全に貯蔵管理されています。これによって、影響を受けた人はいませんし、この状態であれば、きわめて安全に貯蔵管理することができます。

ただし、貯蔵管理を続ける場合の期間というのは、（放射能が）低レベルになるまでの万年単位を考えなければなりません。貯蔵施設は工学的な施設ですから、やがてコンクリートが劣化したりして建て替えなければなりません。例えば 1 万年とすると、施設の寿命が 100 年としても 100 回建て直さなければいけないわけです。人間の管理がいつまで続くのか、貯蔵施設の建て直しなど、財源の裏付けも必要ですし、制度に頼ることについては限界があり、人間の歴史的スケールでの安全性が保証の限界だろうということになり、貯蔵ではない方法、つまり、最終的には処分しなければなりません。

放射線は距離に反比例して弱くなります。地表の遠くに置くと、自分からは遠くなるけれど、誰かには近づくことになるので、宇宙、地下、あるいは海の底というように垂直

方向の遠くなるわけです。我々が住む足元（地下）というのは、地質学や鉱山の開発等でも分かっていますから、地下深部を利用しようというのが、地層処分のそもそもの発想です。

地下 300m の深いところに施設を作って、その中に 1 本 1 本、ガラス固化体を置き、最終的に施設はすべて埋め戻して、岩盤の中にガラス固化体があるような状況をつくらうというのが地層処分の考え方です。

ではなぜ、地層処分が選ばれたのでしょうか。原則として考えなければいけないことは、人間の管理は本当に確実かということです。人間の歴史は文明的にどんなに長く見ても万年オーダーですから、制度的な管理に依存しすぎないようにしなければいけない。誰もセプテンバーイレブン(9.11)の前には、こんなことが起こるなんて思わなかった。しかし現実にはこういうことも起きる訳ですから、制度的管理に依存することの危うさがあります。1982 年に、制度的管理に依存しないという原則を、OECD・NEA（Nuclear Energy Agency＝原子力局）が国際的な集約意見としてまとめています。

また、倫理的に世代間の負担の公平性を考えた時、例えば原子力発電をどれぐらい続けるかと考えた時に、せいぜい世代を越えるくらい。例えば現状のまま貯蔵を続けると、将来世代に負担がかかるかもしれない。過度の負担をかけないようにしないとイケない。一方で、将来世代の選択の自由を完全に奪うことは公平性に欠けるという考え方もある。それから、汚染発生者負担の原則（Polluter Pay Principle）という環境の原則があります。汚染発生者というのは当然我々の世代です。将来世代の人も出すかもしれないけれども、現在世代は間違いなく出していますから、やはり責任を負うべきです。

世代内においても負担の公平性を考えないといけません。政策決定プロセスについても、現状ではどうしても国や電力会社がリードして、それを納得してもらおうという形をとっていますが、倫理的にも大きな問題、世代を越える問題ですから、世代内における意思決定への参加というのは、負担の公平性を図る意味でも非常に重要です。

さらに、適切な資源配分。例えば、廃棄物容器が腐食することを考えたとき、金や白金の容器を使えば確実かもしれないけれど、将来世代にとって稀少な資源になるものを不当に使いすぎるのは、倫理的に正しくないという点があります。

もうひとつ、この問題では世代内のすべての国民が実際に参加することになるわけなので、処分場を受け入れる地域と受け入れなくて済む地域との負担の公平の問題があります。

技術的には、地下深部は安定的であるということと、ものが動きにくいという点があります。地表ではいろいろな自然現象や人間の行為の影響を受けますが、地下深部はそれに比べてきわめて安定性が高い。それから、地下には酸素がない。モノが変質するというのは酸化が一番大きく、人間の老化も長い間の紫外線と酸素だと言われています。地下には全く酸素がないので、化学的に安定だということになります。

このような、様々な理由から、処分場を地下深部に置くということは世界的にも共通し

た考え方になっています。

3.最終処分場事業の計画と現状及びその社会的課題

2000年は、日本の地層処分計画のターニングポイントになった年でした。1999年に私が在籍していました核燃料サイクル開発機構（現・日本原子力研究開発機構）、その前身の動燃時代も含めて、1976年から研究してきた約四半世紀分の研究成果を取りまとめて、日本における地層処分の技術的信頼性に確かな見通しがあるという報告書を出しました。5,000ページくらいの報告書です。それを1999年の終わりに国に提出・報告し、国は約半年かけてレビューしました。

国内の学術的レビューだけではなく、国際レビューも受けました。OECD・NEAに評価委員会をつくってもらい、原子力廃棄物処分で行先している国の専門家に集まってもらって、一週間缶詰で内容を説明して質問を受け、いろいろなコメントをもらいました。国も原子力委員会が国際的な専門家と日本の専門家も集めて、大きな討論会を3日間行いました。その結果、原子力委員会が日本でも地層処分を行うための技術基盤が整ったという判断をし、これを技術的拠り所として、2000年6月7日には経済産業省が提出した最終処分の事業を進めるための法案が国会を通りました。これによって、最終処分を行うための制度が整ったことになります。

法案には、地層処分を行うために、基本方針とその方針を全うするための計画を5年ごとにつくり経済産業大臣の認可を必要とすることが書かれています。最初の基本方針は2000年9月に閣議決定がされ、ここで関係機関の役割と連携、事業を進めるための透明性の確保、国民の理解促進が必要であること、地域との共生を考えて行かなければいけないということなどが決まりました。

実施主体となる原子力発電環境整備機構。英名は Nuclear Waste Management Organization of Japan(通称 NUMO)ですから、原子力廃棄物対策機構です。NUMOは2000年10月18日に発足し、私は当時の核燃料リサイクル開発機構からこちらに移籍しました。

処分費用は、核燃料サイクル開発機構による技術的信頼性に関する報告書に示されている処分概念をもとにして、約3兆円と見積られました。それを電気料金に換算すると1kwhあたり13銭となります。処分事業が行われるのが数十年先で、完全に終わるのはさらに100年ぐらい先になりますから、その間の資金の運用を考え、十分な見積もり根拠のある金額が設定されています。

処分費用は、既に2000年から徴収されています。原子力発電量が年間約3千億kwhなので、既発電量分と併せて年間700億円くらい積立が行われています。既に10年経っていますから7,000億円。この基金を年2%で運用するための機関が指定されています。

選定プロセスについては、意思決定に関する公平性という観点で、一気に決めてそこに押し付けるということではなく、段階的に徐々に決めていくことが、2001年の「基本的考え方」の中で述べられています。

安全規制についても、核燃料サイクル開発機構の技術報告書をもとに考え方がまとめられており、処分概念、安全確保の基本的考え方、処分地に要求される環境条件、処分に係る安全規制をどう進めていくかということなどが、原子力安全委員会により定められています。10年経ちますので、そろそろ見直しが行われることになっています。

「処分地に要求される環境条件」については、2002年9月に原子力安全委員会から、明らかに不適切な場所の要件が挙げられています。地下深部であっても隆起があっても、さらに浸食されるようなところ、地震そのものというよりも、地震によって断層のずれが生じるようなところ、マグマを吹き上げるような火山地帯、火山の熱影響をうけるところも避けられます。せっかく地下深部に置いたつもりが、鉱物資源の開発のためのボーリングにぶち当たったらいけないので、鉱物資源のあるところもよろしくない。それから、岩盤の特性はあまり柔らかいものでない方がよい。こういったことが、原子力安全委員会のガイダンスとして決められています。

主管大臣は経済産業大臣で、基本方針策定に対する認可、建設についての許認可を行います。また、原子炉設置者は拠出金を納付するということになっています。これを NUMO に納め、集められたお金は原子力環境整備促進・資金管理センターというところが管理をして、NUMO の事業推進にあたり必要な経費は、経済産業大臣の認可を経て拠出金を取り戻すというかたちになります。

制度ができ、いよいよ 2002 年 12 月 19 日、公募の手続きに入りました。文献調査をすることになれば、将来処分場になる潜在的な場所となりますので、それを NUMO が指定するとやはり押し付けになりますから、公募方式をとっています。公募があったところについて、いろいろ文献を調べ、概要調査を行う場所を選びます。概要調査ではボーリングや物理探査を行って、実際の地下深度を調べ、良さそうなところは、さらに精密調査をします。精密調査では、実際に地下に施設をつくって地下深部から調査を行い、最終的に建設を行う地域を決めていくという段階的プロセスです。

応募を求める資料は、①解説、②応募要領、③処分場の概要、④選定上の考慮事項（望ましい条件、好ましくない条件）、⑤共生プログラムをパッケージし、当時 3,239 あった全市町村に配りました。

「処分場概要」では、処分場とはどういうものか、どういう場所に設置するか、基本的にどんなことをするのか、などをいろんなパターンをつくって説明しています。選定上の考慮事項では、先ほどの法定要件、例えば火山の中心から半径 15km 以内にある地域や隆起・侵食の著しいところは応募資格がない、現在から 170 万年前までの第四紀の未固結堆積物は、きわめて新しい地層なのであまり好ましくないとか、そこに重要な鉱物資源があれば、将来世代が掘るかもしれませんから、好ましくない。こういったことを学術的な根拠をもとに説明した資料です。

例えば噴火については、過去 170 万年前から現在までの間、活動している活火山は、日本に約 350、正確に言うと 348 あると言われているのですけれど、調べてみると、同じ火

山がほぼ同じ場所で再噴火しています。地下に溜っているマグマの量が増えて出てくる時に、地殻からつながっているマグマの道「火道」を通るわけです。それで 15km 以内で繰り返し噴火するというこのようです。170 万年前からみていると、15km 以上離れていれば、再噴火の可能性はきわめて少ないと言われています。

地域共生策というのは、100 年以上続く地層処分の事業は地域に様々な経済効果があるという観点から、事業規模を想定して見積もったものです。5 年おきに見直すことになっていまして、最近、見直されており、これはわりと最新の数字です。それから、世代内の公平性ということで、ボランティアになる地域には交付金が出ます。交付金は、廃棄物処分を行うための拠出金（基金）からではなく、国の電源開発に関する特別会計から支払われることになっています。文献調査に応募した段階で 10 億円。概要調査、ボーリング調査が始まれば、20 億円となっています。

最初に応募があったのは、私がまだ NUMO に在籍していた頃。高知県佐賀町からでしたが、正式な応募にはなりません。続いて複数の自治体で応募を検討している様子がありましたけれども、正式な応募があったのは、高知県東洋町一カ所です。ところがこの東洋町も、6 割の住民が反対署名をして、さらに県知事、隣接市町村が反対表明。最終的には県議会で反対決議され、応募が取り消されました。そのときの反対表明の申入書に、南海地震が起きれば保管容器が破損するような事態が起き、この辺り一帯に環境汚染が広まるとあったことによって、ほとんどの方がこれは危険だと認知されて応募を取り下げることになってしまいました。この辺りの地域では、一番最近では 1940 年代に M8 レベルの大きな地震が起きており、1000 年以上前から、100～150 年おきくらいに地震が起きているので、地震が起これば放射性廃棄物の施設は影響を受けて、環境汚染を引き起こすんじゃないかと心配されたようです。例え、地震が起きても、それが直接的に環境汚染につながるということには、もちろんならないんですけども。

ここからは、当時、東洋町の応募失敗について私が個人的な見解として勝手に分析したことです。原子力の推進派としての、あるいは事業者としての責任は全くないことをご理解頂いた上で、お聞きいただきたいと思います。

実際、いろいろな自治体が検討してくださったんですけども、表に出たとたんに断念してしまいました。首長さんが共通して言っているのは「安全性を自分で説明できない」ということ。取りざたされれば、当然安全が確かであることを自ら言わなければいけないが、説明がわからない、自信がないということで、説得を断念されたということがありません。

これは、安全性や技術的信頼性に対する説明の理解が不十分であるということが現在に至る課題として大きく残っていることと思います。

四半世紀にわたり 1 千億円を超える巨額な国費を投じた研究開発成果をもとに、包括的な技術報告書が取りまとめられ、ハイレベルな学術的国際レビューを受けて、地層処分概念の安全性が確認され、地層処分の実施に当たって、確かな技術的信頼性があるものと確

認められました。それをもとに国会でも議論し、安全性に問題がないということで実施に関する法律が成立したということは、民主的な手続きが踏まれた結果のはずですけれども、残念ながら実体としては、国民に認知されたとは言えない。たぶん皆さんも、この安全性の問題は難解で、十分には納得されていないというのが実状と思います。

それから、交付金を出すということに対しても誤解があります。金で危険な施設を押し付けるとするのはおかしいという見方がありますが、むしろ、この考え方が本当はおかしいのです。

こういう状態というのは NIMBY(Not in my backyard) といって、総論としては必要だけど私のところはダメだという、国際的にも迷惑施設と言われているものに対する現象です。これについて、ハーバート・インヘーバー先生というリスクに関する学者が、お金はボランティアの正当な報酬と書いています。世代内の負担の公平というのは正しくはこのように考えるべきではないかと思えます。

4.地層処分の安全性とその理解促進のための課題

もうひとつ、安全性の問題があります。処分場は地下につくってしばらくは人間が介在して操業します。地下の施設を完全に埋め戻して閉鎖するまでの数十年間は通常の原子力施設と同じですので、六ヶ所村の貯蔵施設と同じような管理をすればいい。でも、人間による管理の確実性は、放射能の影響が完全になくなる期間には及ばないので、閉鎖した後の数万年間単位の安全確保のために、地質環境の中に多重にバリアを設けて影響を受けないような受動的な仕組みに依存する方が確実と考えられます。

制度的管理を行う場合は、放射性物質を「閉じ込める」とか「入れる」とか、人間が主語になる機能が有効です。それに対して地下の持っている機能は地下から自然に与えられるものです。例えば、「閉じ込められる」とか放射性物質の地下水へのしみ込みが「遅らされる」とか、受け身で表現される機能ですので、「受動的」と言います。人間が介在しない機能ですから、人間がミスをして自然に働いてくれる。自然の持つこのような受動的な機能からなる施設をつくろうというのが地層処分の基本です。

そのためには、深い地質環境で、人間と接触しないようなところが必要です。地上の人間活動や火山等の影響を受けにくく、水を通しにくい、還元性のある性質をもっているところを選び、そこにガラス固化体を厚い鉄の容器に入れ、さらに容器の外側にベントナイトという粘土を置きます。この粘土は水を吸うとふくれる性質があり、将来地下



【多重バリアによる受動的な安全確保システム
出典：原環機構，2002】

水が入って来たとしてもふくれることによって水を遮断する性質があります。

さらに、たとえ数千年から数万年経って、放射能が出てきたとしても、岩盤や土壌には物質を吸着する性質があります。微粒子もろ過する作用があるので、溶け出てくるのを遅らせる効果があります。受動的なシステム全体で、放射性物質が出てくるのを抑え、さらに動きを遅らせる作用が期待できます。

他の化学物質と違う放射性物質の特徴は、時間が経つと安定な物質に変わって放射能を出さなくなることです。ウランは、放射線を出さなくなるまでに 46 億年かかります。高レベル廃棄物になると、半減するまでに数十年。半減期が短いものほど高い放射能を持っています。放射性物質は、放射線を出すことによって放射能が減るという法則があるので、確かなのは時間が経てば放射性物質が消えるということです。多重のバリアを設けて地下におくことによって、地下で放射能が減衰する効果を持たせようということで、理論的にはそれが最も確かなことといえます。

地下に置いたガラス固化体が人間に影響を与える可能性のあるプロセスとして、火山や断層が処分場を破壊して廃棄物を地表に持ち上げたりすることを検討しておく必要があります。地質学では火山の場所や活動の起きやすさはかなり明確な法則性が調べられています。処分場を設置する所を地質学的によく調べることによって、影響を避けられるかどうかを判断することが可能です。それから、人間が地下に接近する手段を考えると、典型的なのはボーリングですが、ボーリングは深さ 1,000m で 1 億円ぐらいお金がかかりますから、何もないところに打つことはないだろうと思われませんが、例えば金・銅の鉱山があるところは将来掘るかもしれませんから避けます。

このような直接的な影響は処分の場所を選定するときに、回避できたとしても、日本列島は雨が多く降ります。周りが海で囲まれ、急峻な山がありますから海の水が蒸発して雨として降ってくる。雨は山を流れて地下に浸みこんでいきますから、日本列島はどこを掘っても地下水が出ます。例えば、アメリカの処分場は地下水が全くないような砂漠の真ん中を選んでいる訳ですけども、日本は、非常にありがたい資源ですが、どこを掘っても地下水がありますから、地下水の動きによって地表に至る可能性というのは、当然考えなければいけません。

レジュメにわざわざ書きましたが、水に放射線をいくら当てても水は放射能を持つようにはなりません。光を水に当てても水は光らないことと同じで、放射線を水に当てても放射能をもつことにはなりません。水に放射性物質が溶け出す反応が、水が放射能を持つ過程になります。ガラスの成分の多くがケイ素ですが、地下水は既にケイ素をたっぷり含んでいるので、ガラスをそれ以上は溶かしづらいという法則に基づき、ガラスの水への溶解度を調べる根拠になります。

それから、水の動き。地下 400~500m というのは海水面より低いですから、水の動きの勾配はほとんどついていない。水の動きは、圧力と水の通りやすさによって解析することができます。電気の流れ、つまり電流が電圧と抵抗で決まるのと同じような法則です。

こうなったらどうなるかということ、予測して評価するのが安全評価のやり方です。数万年にわたる変化を同じ空間で同じ時間を使って実験することはできませんので。すべて予測によって、安全性を確かめるしか方法はありません。ここに示してある FEP リストというのは、安全性へ影響を及ぼす様々な性質(Feature)や、事象(Event)、それにどういう反応が起きるか(Process) ということのリストをつくって、何がどう進展していくかということ、シナリオとして描くために用いられるものです。

例えば、地下水によって放射性物質が動いてくるモデルというのは、処分場を地下 1,000m くらいに置いたケースの場合、処分場から 100m くらいのところに断層の破碎帯があると想定すると破碎帯はすき間が大きいので、水の動きが速くなり、やがて、井戸を掘るような地表近くのところの帯水層に入り、さらに川に入り、その川の水を使って農業や牧畜が行われて、それを人間が摂取する、というシナリオに基づいて、作られています。

また、年間 1mm ずつ地層が隆起すると想定して、100 万年後に地表に出る場合でも、100 万年分は放射能が減衰していますから、受ける放射線被曝の量は現在提案されている処分に関しての安全基準を下回っています。花崗岩がむき出しの所などからは、自然の放射線を直接受けたり、ビルの中にもセメントや花崗岩を材料に使っていますから、放射線を受けています。こういった自然放射線による被曝量に比べても十分小さい。

バーナード・コーエン先生というピッツバーグ大学教授が 1979 年当時からいろいろなリスクを評価しています。当時なかった事象についても後から数値化して追加したものもあるということです。いろいろなリスクについて、その行為によってその人の寿命がどれくらい短くなるかという値を比較した研究結果として発表されたものです。この研究によると、これは私も意外だったんですが、男性が生涯独身でいると 10 年くらい寿命が短い。それから喫煙は 6~7 年くらい短くなる。心臓病、大気汚染などもあります。原子力産業は、当時のコーエン先生の資料で 0.02 日というのが出ているのですが、その後地層処分が付け加えられて、0.007 日、つまり「分」のオーダーです。この値と同等なリスク値は、「少し太めの人パンを一切れ余分に食べるリスク」、つまり、その分だけカロリー摂取が増えるから余計に太るリスク。それから煙草を一本余計に吸うリスク。3 年間に歩行者が 1 回道を横切ったことに対するリスク。1 年間に 300m 余計に運転したことに対するリスクに相当すると考察されています。

しかし、こういうデータでは誰も安心しないんですね。リスクの値と人が安全を感じるかどうかアンケートをとった結果を比較した研究があります。例えば、「煙草を吸う」というのと「鎮痛剤を飲む」というのは、オーダー的にだいぶ違いますけれども、リスクと人々の意識が比例しています。煙草に比べると鎮痛剤の方がリスクが小さい。原子力発電所の近くに居住するのは、10 のマイナス 8 乗というリスクです。ちなみに我々がもともと持っているリスクの値は、100 年で死ぬので 10 のマイナス 2 乗です。それに比べると百万分の 1 くらいというリスクということで、この値はエレベーターに乗るリスクとほぼ同じです。実際の原子力発電も 40 何年経って、原子力関連で亡くなった方のことを考えてみると、だい

たい同じだと思われます。ところがアンケートを取ると、こんなに違うわけですね。感覚的に誰もこの値を信じていないということが根底にあるので、この認識のギャップを埋める問題には非常に大きなチャレンジがあると思います。

ウイーンで開かれた IAEA（国際原子力安全機関）の国際会議に行った時、同じ会議に出ていた、サリバンさんという環境問題の教育の専門の方が、原子力発電所はこのくらい危ないということを絵で説明していました。チェルノブイリの近くのタンポポはこんなに大きくなってしまった、1980年に事故があったアメリカのスリーマイルアイランドのバラはこんな奇形が出ている、また、この写真に写っている人は、アメリカのウラン鉱山で働いている作業員だが、目をつぶっている。なぜつぶっているかということ、私の掘ったウランが将来の人に与える影響に対し目をつぶるという意味だと。こうした説明をして、放射線は危険だという説明に使っているのですが、我々はこういう術を持ちません。安全はこういうやり方ではとても説明できません。

以前に、地層処分の安全性の説明について、「あなたの話は音楽でいえば楽譜を見せられているようなものだ。演奏してみせてくれればいいか悪いかわかる」と言われたことがあります。残念ながら、その術も我々専門家は持ちません。演奏することは、感覚に訴える、抽象化するというのですが、地層処分の安全性はそう簡単には抽象化できないからです。例えば地下の施設を中から見れば、地下の壁を見ることができてもその向こう側の本当の地下空間は見ることはできない、化石をみればある時間を切り出してこういうメカニズムがあるということは説明できるかもしれないけれども、全部のプロセスを実証したことにはならないわけです。

経済産業省の HP から、地層処分場について地下でどんなことが行われるかをバーチャルで見ることができます。でも、本当の実証というわけではありません。地下は見えない、放射線は見えない、遠い将来は見えない。直接見えないことを、どうやって説明するか、これが一つの課題だと思います。

「1902年には人間が安全に空を飛ぶ説明は非常に難しかった」でしょう。例えば、流体力学なんかで説明されたとしても、聞いた人は、理解が非常に難しかっただろうと。けれども、ライト兄弟が飛んでくれたことによって、百聞は一見に如かずになりました。ところが地層処分は一見はできない。部分的に切り出して見ることはできるけれども、全体を見ることはできない。そしたら、百聞しかない。

聞いてもらうには、説明する人が信じてもらえることが大前提です。すでに 2000 年に法律が国会を通ったということは、民主的手続きを踏んだのだから、信頼も構築されているはずだという言い分があるかも知れませんが、実際には信頼が構築されている状況とはなっていません。日本語の「信頼」にはいろんな意味があって、英語ではこのへん使い分けています。「confidence」は、自分たちがまず自信を持っていないといけない。確信をもっていないといけない。「soundness」はよくサイエンスに使われます。やはり信頼という意味です。信頼に足るといえるのは reliable といいますが、これは特に技術的な信頼を

「reliability」と使います。組織だとか何かあったときの保障に対して「credibility」も使われます。それから組織だとか人間は特に信用が大事ですから「trust」というのも使います。「competence」というのはその人が信頼に足る資格を持っているかということです。compete というのは競争という意味ですから、それだけの力があるという意味です。こういった各種の信頼に対する取り組みが重要ではないかと思います。

地層処分技術については、安全だということをキチンと説明しなければいけない。特に専門家は、説明技術を自ら持っていなければならない。

規制も competent などという意味で信頼されていないといけない。十分な信頼が得られていない機関がいくら安全だと判定してもだめであって、他の国の規制当局の人たちも、地層処分の問題については、営利事業を規制しているのではないので、規制側にも安全な処分の責任がある、その責任は何かというと、住民側にとって、心配な点を事業者に橋渡しをすることが非常に重要だと言っています。

セーフティケースというのは珍しい言葉なのですが、「地層処分システムの長期的な安全性について人を納得させる十分な論拠」のことです。十分な論拠というのは、こういうプロセスを経て、こういう安全方法を行うということ、あらゆる観点から説明できないといけない。そのための文言です。セーフティケースというのは、もともと、1920年代にイギリスの国鉄で起きた大事故の際に、国鉄が安全性を立証する責任を果す上で使われて以来の言葉のようです。安全性を説明する全体文脈のことで、事業者がそれを作る責任があります。

意思決定のプロセスについては、勝手にどんどん進めていくのではなく、段階的にその都度意思決定をして進めて行くが、問題があれば次には進めず、最終的に廃棄物処分場に廃棄物を埋めた段階であっても、新しい情報によって安全性に問題があるとなれば、後戻りしなければならない。その際、必要に応じて廃棄物の回収可能性を用意しておくという、進め方です。

規制側の行う安全確認も、段階毎に分け、その間の安全確認についてモニタリングして監視するという事です。また、段階的意思決定の過程の透明性、追跡可能性を保証するために必要な情報は常に提供可能でなければならないという考えで、日本原子力研究開発機構が、つい最近報告した、「CoolRepH22」という報告書は、web ベースで必要な情報にアクセスできるシステムになっています。必要な情報のもとをたどっていき、一番元の根拠にもたどることができる情報ベースです。是非見てください。

(<http://kms1.jaea.go.jp/CoolRep/>)

意思決定プロセスには必ずステークホルダー、すなわち、実施主体以外のすべての関係者、規制当局も関心のある人たちも地元住民も、すべて関わるべきです。フランスでは法律で、あらゆる時点において、回収可能性がなければいけないとしています。ただし、それが安全性への信頼性が低いことの理由によるものであってはならないとしています。これは、何か問題があったときの是正措置として用意するが、回収可能性を高めるための措

置によって操業中に被ばくしたり、閉鎖後に安全性に問題があったりしてはいけない。それから場合によっては、何らかの形で核燃料物質が盗まれる心配についての配慮が重要であり、また、コストの問題も、将来世代になるべく負担にならないように、と書かれています。IAEAの会議でスウェーデンの人が言ったんですけれども、今まで原子力のアプローチというのは、DAD、英語の「ダッド」つまり「お父さん」のやり方だったと表現しました。まず、どこかに行く決めて(Decide)、それを子どもに伝え(Announce)、子どもからクレームがあっても、理由を述べてその決定を守ろうと(Defense)する。この反省として、まず対話によってよく見えるようにする意識改革が必要だということが言われています。これは処分に関連する人たちが最近良く話題にして、認識しようとしていることです。

まとめ

原子力選択の是非に関わらず、廃棄物問題は既に存在しており、逃げられません。対策には人間が管理する方法＝貯蔵と、地球にまかせて人間は受け身となる方法＝地層処分とがあります。地層処分の選定理由には、さまざまな側面がありますが、それぞれに納得できる確かな根拠があります。

廃棄物対策が制度化され、日本人が有しているに違いない公共心に期待した候補地の選定が始まりましたが、残念ながらまだ顕在化していません。NIMBYの問題はまだ解決していません。

安全性の説明技術がうまくいかずに、誰にでも納得いただける状況には至っておらず、この点が大きな課題として残っています。安全性の説明においては、聞き手と話し手との間の信頼がカギで、信頼構築のためには、話し手側の一層の改善努力が必要と思われます。

最後に。1991年にフランスの処分場に関する法律を草案したバタイユさんという国会議員が「原子力エネルギーの未来は、民主主義を発達させるその能力にかかっている」と、法律案説明文の最後に書いています。個人的に、この精神を肝に命じるようにしています。

L'avenir de l'énergie nucléaire dans notre pays dépend de notre capacité à développer la Démocratie.

わが国における原子力エネルギーの未来は、民主主義を発達させるその能力にかかっている。

【出典：クリスチャン・バタイユ議員による高レベル放射性廃棄物の管理に関する報告書、フランス議会科学秘術選定評価局、1990年12月】

(この記録は、原田麻里子氏が作成し、増田氏にご加筆・ご修正いただいたものです。)

2010年度 循環ワーカー養成講座 第4回

『日本の原子力関連施設周辺における活断層評価の問題』

講師：渡辺満久氏（東洋大学 教授）

日時：2010年9月28日（火）18:30～20:30

会場：ノルドスペース セミナールーム（東京都中央区京橋1-9-10 フォレストタワー）

はじめに

私は原子力の専門家でもないし建物の専門家でもありません。あくまで変動地形とか活断層ということが専門であり、私の専門分野から見て日本の原子力施設の主に立地について数年扱ってきました。本日は、その中のいくつかにつき具体的に何が問題なのかを見ていこうと思います。私は原子力発電については、いわゆる反対派ではありません。また、活断層の専門家ではあるものの地震の専門家ではない。それを承知の上で話を聞いてください。そして、これらの説明を基に、この問題を審査している人、調査している人の意識と一般国民の意識とに大分ずれがあるのではないか。また、間違っただけはちゃんと反省して将来に役立つようなことをやってください、という形でまとめていきたいと思います。



私がこのような話をすると「渡辺は反原発だ」と、そういう片付け方をしたがる人がたくさんいます。しかし、私は推進派です。積極的推進派とは言いませんが、現状において原発はやむをえないし、利用すべきだと思っています。具体的な話に入る前に、二つ話をさせていただきます。

1.地形学とは？

一つ目は、「変動地形学」というものなのですが、これって一体どういうものなのか、また、これが活断層にどう関係があるのかということです。結論から言うと、活断層がどこにあるかということを知りうる、また、理解することが出来るのはこの分野の者だけなのです。

二つ目は、活断層の話をするのに何故社会学部の人間が来たのかということです。私の所属は、社会学部です。何か専門外の奴が来たと思われるのもいけないので、この点についてもご説明しておきたいと思います。

さて、私のような変動地形の研究者には、一つ特技があります。地下を見なくても崖を見ていて川が作った崖か、海が作った崖か、あるいは、断層が作った崖かを見分けること

ができるという能力です。一連の調査に手を染める 2006 年までは、不謹慎ながら、崖を見て次に何時動くのだろうかなどと楽しみにしていたところがあります。あと何回動くか山になるのだろうかとか、そういう勉強をしていました。

先ほど、地震の研究者ではないとご紹介いただいたのですが、地震を全くやっていないわけではなく、これは活断層だと分かっている、いずれは地震を起こすものだということが分かっている。これが動いたときに地殻変動によりどういう起伏が出来るのかということの研究をしています。それから、地盤がいいか悪いかということもある程度判断できるので、地震が起こったときの被害の中心地域（被害が何処に集中して起こるのか）に関する情報を私たちの分野から発信しています。それからもう一つ、地層のずれから、その活断層の過去の活動履歴（何時ごろに動いたのか）を調べるというのも私たちの仕事の分野です。

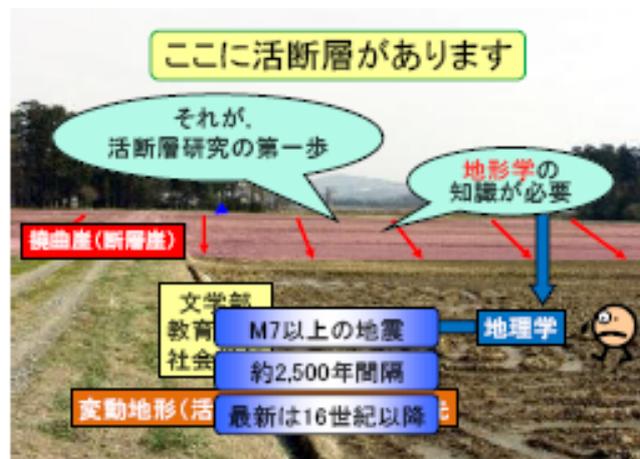
地震研究者の方は、ざっくり言ってしまえば、非常に深いところで何が起きているかということを考えておられます。地下でどういうひずみが起こって地震が起こるか、どのくらいのエネルギーが出てくるのか、震度はどうか、地震波がどのように伝わっていくか、どういうふうに揺れるのか。また、地下のここに境があるとか、そういうことをやっておられるのが地震の研究者です。

これは私が 18 年間生まれ育った田舎の風景なのですが、大学で勉強してここに活断層があることが分かりました。何故これが活断層なのかということをお簡単に言いますと、この集落があるところから向こう側は真平らなのですが、そこから何段かあぜ道があり下がってきます。そして、こちらは真平らになっています。

これくらいの起伏を見てここに活断層があると認定するのが変動地形の研究者

の仕事です。ここに「撓曲崖」という言葉が出てきますが、たくさん出てきますので先に説明させていただきます。ゆるい崖なんですね。これは逆断層の例ですが、固い岩盤に割れ目を入れてずらしてやるとこういう格好になる。通常、活断層、断層というところ、ずれを思い浮かべる方が多いのですが、しかし、実際には、地面には固まっていない粘土とか砂が溜まっていることが普通であって、岩盤は硬いものの地面は非常にやわらかいものです。こういうものを動かしたときに、ここは決して切れない。曲がるだけなんですね。もっとぎゅっとずらしても曲がるだけです。勿論、物性によって限度とか色々ありますが、通常は、この撓曲崖を見ているのですが、この下に活断層があることが分かります。

地震を調べようとしたときに、まず、活断層がどこにあるかということが研究の第一歩になります。私はここに活断層を認定しましたので、ボーリングをした結果、この活断層



は、マグニチュード7以上の地震を2500年間隔で起こしてきた、一番新しい地震は16世紀以降だということまで明らかにすることが出来ました。私の旅費を含めても調査に100万円掛かっていません。地震研究というと何億円という資金が掛かりますので、私たちの仕事は相当コストパフォーマンスは高いと思うのですが、このような活動は、実際は我々がやっているのです。ここに活断層があるということが第一歩です。そのためには、地面の起伏がどのようにしてできるのかという地形学の知識が必要なのです。その中の変動地形学が直接係わる学問です。

さて、学問の体系上、地形学は地理学の中に入っています。地形学者はすべて地理学者です。地理学というとほとんど人文の内容ですから、地理学者の圧倒的多数は人文・社会学系に所属することになり、変動地形をやりながら活断層を研究している人たちは当然ここに属することになります。理学部系にこれがあるのは、日本に二つ程度しかない。工学部系には全くありません。後はすべて文学部か社会学部にあるわけです。ということで、社会学部の研究者が活断層を語るのは当然であり、専門の学者ですからご安心ください。東京大学に地震研究所があり、そこが地震研究の中心ですが、あそこには活断層の専門家は一人もいないのが現状ですね。

2.断層とは何か？

そもそも「活断層」とは何かということからご説明します。断層というのは、強い力（地震の発生）で破壊が起こり、地層が食い違っている構造です。きれいな断層ですね。

平面的に見ると断層はこのように見えます。ここに断層があり、地層が食い違っているのが分かります。ただ、これは活断層とは言いません。日本には絶えず動いているという断層はなくて、普段は全く動かず、突如大きく動いて地震を起こすわけです。「活断層」という生きている断層は、死んだように見えるのだけれども近い将来動いて地震を起こすものを言います。一方、死んでいる断層もあるわけで、これは活断層ではないということはこのお話でお分かりいただけます。見分け方ですが、ここに地層とか断層を模式的に描いていますが、この中で例えば、地面



活断層の見分け方



付近まで変形が及んでいないものは死んだ断層と判断します。

即ち、黒で示したものは、古い地層にずれがあるが、上の新しい地層には全くずれがない。ある時期動いていたが最近動いていない。これからも多分動かないだろうと。一方、赤で示したもので地面まで届いているもの。これは地面まで動かしているの、最近まで動いていた。そうするとこれからも動くだろうと判断し、これを活断層と呼んでいるのです。難しい例も沢山あって、よく問題になるのは、地下の地層を見ていると右側が高く左側が低くなっており、一見活断層に見えます。しかし、地面は逆ですね。だから最近動いているとは思えないのです。難しいところですが、こういうものは活断層ではないと判断することが普通です。要するに、小さな活断層は別として大きな活断層であれば、地面に痕跡が出ているというのが普通です。従って、このように地面にしわがよっているというのは、ほとんどが活断層です。

当然のことですが、こういうものは簡単に動きはしない。非常に強い力で押されないと動くことはありません。何故動くかという、究極の原因はプレート運動によるものです。地球は熱的に非常にアクティブな天体ですので、あるところからマンツルの熱対流というものが沸き上がって来て、左右に動いていく。海嶺では地面が引き裂かれて地震が起こる。海溝ではプレートとプレートがぶつかり、岩石が押しつぶされて地震が起こる。これが究極の力ですね。これが非常に強い力で色々なところを押すわけです。日本はこういうところにあります。

ご存知の方も多いと思いますが、南米とアフリカはもともとつながっていたのですが、マンツルの熱対流により大陸が引き裂かれて、ついには大西洋という新しい海ができたということが解明されている事実です。地球が熱的に生きているからこういうことが起こるのでですね。

メルカトル図法で見ると、プレートが引き裂かれるところは延々と大山脈になっている。プレートとプレートがぶつかるところはこういうところでここで地震が起こっている。世界で地震が起こっているところを赤く示すと帯状につながります。ここにプレートとプレートの境目を入れるとぴったりとはまります。細かい例外はあるものの、何故活断層が動くかといえば、大まかにはこういうことだと言えます。

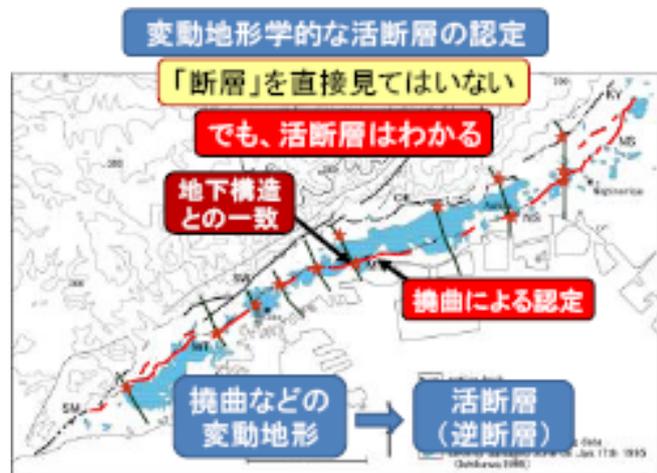
さて、世界の原子力関連施設と地震発生位置を重ねると、欧米には多くの原子力発電所がありますが、地震発生地にはほとんどないのですね。アメリカのカリフォルニアにはありますが、注意深く活断層を避けて建設されているようです。地震発生地に立地しているのは日本と台湾だけのようです。

実は 1995 年の兵庫県南部地震のときに変動地形が話題になったことがあります。神戸市灘区の活断層は、幅 100m くらいの撓曲崖です。学会でここに活断層があると発表したら、一体何を言っているのだ、こんなものは人工改変だ、と相当な論争になりました。人工改変だと言う方たちの主張は、これは阪神電鉄で、昔ここにあったのを上にあげている。だからこれは人間が作ったもので人工改変だ。これは扇状地という地形で、こう傾いていて

ここに道路のようなものを作ったときにできた段差だ。こんなものを断層と見ているのだ。全く地形学とはどうしようもないと言われました。しかし、あのような崖が 20km 続くのです。20km もこのような大工事をやるはずがないですね。その後に地下探査の資料が出てきて、まさにこの部分に断層があると分かり、ある程度納得されたと思います。それで地形学も役に立つんだとの信任を得たと思っています。

これが神戸市周辺の私たちが地震の後に認定した活断層の地図です。

後で物理探査をし、地下の構造を調査したのでここに活断層があるということが分かってきました。私たち変動地形の研究者は、地面を見ているだけで断層を直接見ることはない。それでも 100%とは言いませんが、ほとんど活断層が分かるということはこれでお分かりいただいたことと思います。



少しわき道に逸れますが、実はこの水色のところが、いわゆる「震災の帯」といわれたところで、非常に大きな揺れが発生したところです。「震災の帯」といわれるところの下には活断層はないというのが定説になっているのですが、そんなことは全くありません。一時期、ないという説がマスコミに報道されてそれで固定してしまっているのですが、私たちは活断層があるということを主張してきて、今はオーソライズされています。

3. 原発立地と活断層： 具体例を踏まえて

(1) 島根原発

島根原発の説明をします。

中国電力と国が示した活断層はこの緑の線ですね。これは最初は本当に短かった。それがだんだん長くなってここまで来た。それに対して広島大学の中田先生のグループは、活断層はこれだけあると主張していきます。実は、私は中田先生にこの活断層の調査を手伝ってくれと言われて、付いて行ってびっくりしたんです。拡大図を見ていただくと、我々の活断層調査とは全く違



うということが分かります。私は最初にこれを見たときに何の図か分かりませんでした。報告書を読むと「リニアメント調査」と書いてある。これは、直線構造といって定規で引

いたような直線があるところだけを抜き出す調査なんですね。こんなものは見たことがないので驚きました。なお、土木工学の人たちは、このリニアメントというのをよく使いますが、地形学的には、私たちはこの手法は使いません。現在は、このリニアメント調査はほとんど行われていません。

変動地形的に、これは横のずれなんです。もともとまっすぐに流れていたものが直角に曲がっている。川のずれを使って地形学的にはここに活断層があると認定して、中田グループの活断層はこういう形になっています。邪魔なものを消しますと、何となく重なっていたものが全く違うものだとお分かりいただけますね。それから中電と国は、断層はこちらには絶対はないと言ったのですが、我々は延々とこれを描いています。何故こんなに違うのかということで驚きです。私たちの立場から言うと、全く地形を見ていないということです。好意的に言えば活断層を認定する能力がないのだろうと考えますが、意図的な操作で、ひょっとしたら両方ではないかとも思いました。

中電と国が絶対はないといった場所で、分からないというのだから掘って見せてやれと考えると掘ったところ、活断層が出てきたのです。そこには岩盤があってやわらかい堆積物があります。重要なのはこの部分で、ここをクローズアップして見ていただくと、断層がこれです。岩盤があって礫層があり、活断層はずっとここまであります。

地層は、この青い線のところまで活断層がずらしています。この上には全く乱れはありません。つまり、この活断層は、この地層が溜まった後に動いています。活断層が動いた後にこれが溜まっています。活断層が動くというのは地震の発生ですから、この青い線のところで地震が発生したということです。いつごろかということ調べたのです。この

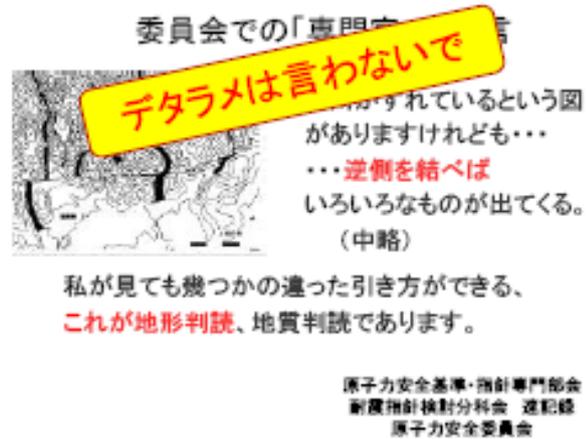


下から大量の奈良時代末期の茶碗が出てきました。そして、これが江戸時代の水田土壌です。地震が起こったのは鎌倉と奈良の間、平安時代です。平安時代に出雲に大きな地震記録が一つだけあるのです。西暦 880 年に出雲の大地震があり、出雲大社がひっくり返っている。この地震は大変有名なのですが、どの活断層が引き起こしたのか分かっていなかった。掘った結果これが出てきた。国が絶対はないと言ったところにこんな地震を起こした活断層が出てきた。これは大変大きなニュースで、大きな見出しで新聞に出ました。しかし、これが大阪で止まって東京には流れなかった。それは何故なのか…。中田先生と名古屋大学の鈴木康弘という私の後輩と私の 3 人が電力会社に相当恐れられているらしいのですが、私は電力会社の邪魔をしているつもりは全くない。味方をしているつもりなのですが、なかなか伝わりません。

この鹿島断層調査のときに、私は非常に怒ったことがあります。安全委員会の専門家といわれる方々が議論している議事録を見ていて怒ったのです。河川が横ずれている図がありますが、先ほどこれは横ずれを示す、河川が曲がって流れていると説明しました。しかし、元東京大学のある方の見解として、逆側を結べば色々なものが出てくる。私が見てもいくつかの違った引き方が出来る。これが地形判読だと書いてあるのです。これに私は猛烈に腹を立てました。全く地形学のことを分かっていない。これが専門家だということ非常に腹を立てたわけです。この方が言った逆に結ぶというのはとてもない話です。地形を線でしか見ていない。実際には、これは川なのです。彼がどういうことを言っているかという、尾根を越えろと言っていることになるのです。尾根を越えて隣の川を流せということ彼は言っているんですね。当然ながらこんなことはありえない。違った引き方なんか出来ないのです。地形的にこれはこう行くしかないのです。どうやってもこういう流れにしかなりません。

このような審査が行われていることにショックを受けて、他のところはどうかしているのかということが気になって調べ始めた結果、最初にお話したように、あつという間の業績になったのです。鹿島断層は最初は2kmと言っていたのです。それが8kmになり、10kmになり、しばらくはここで止めていたのですが、中田グループが掘った結果により24kmまで来ました。何故国がこのようなにしたがるのかと言うと、断層が長くなると想定される地震の規模が大きくなるからです。これほど長いのは困る。こんな大きな地震が起きてしまったら困るから、この辺にまけてくれというような言い方をしているのではないかと。それを「値切り」と批判しているのです。ようやく24kmにたどり着いたのですが、私はもっと長いと思っています。なお、絶対ではないのですが、あくまで経験則で言うと、活断層は、100km近くなると全てマグニチュードは8に達します。50~60kmくらいだとマグニチュードが7.6くらいでしょうか。ともかく少しでも値切って、建設コストを安くしたいということではないのでしょうか。

もう一つの問題は、全く反省がないことです。彼らはここには絶対はないと言っていたのです。ここまで伸ばしたのは中田さんの研究成果です。それを自分たちがやったような



形で報告をしている。
全く反省がありません。

(2) 敦賀

次は、敦賀です。敦賀、若狭湾周辺には原発がいっぱいあるのですが、ここには養老断層とって、本州をぶった切っている大断層があります。ここの柳ヶ瀬断層は、この養老断層と合わせて柳ヶ瀬－養老断層系と称されることがある断層群であり、すぐ横にあるのです。これをまず値切っています。

これだけ原発があります(右図)。それでこれが柳ヶ瀬断層です。ものすごく長いです。問題にしたのは、ここの浦底断層ですが、日本原電が値切ったのは2つです。



1つは、この断層をここでぶった切って、マグニチュード7少しの地震にしていますが、それは多分ありえない。日本で有数の長大な断層なので8クラスを想定しなければいけないと思いま

す。それから、この断層をこことつながずにここで切っている。それも値切りです。それは小さな値切りだとは思いますが、問題はここで大地が裂けるということです。活断層がまともにあってこれが動くとき強く揺れます。大地が裂けてしまうのです。それをどう扱っていくかというのは大変大きな問題です。1991年に日本の活断層ということで朝日新聞が問題にして、活断層として報道されたのですが、その後これは完全に否定されました。これは違うとされたのです。ちゃんと調査したのだから私はこれが正しいと思うのだろうと思っていました。

鹿島断層の件で心配になり、こちらに来てこういう写真を見ました。

この写真は少し古く、2号機はまだ出来ていません。「ふげん」はもう止まっています。この写真をよく見たら、川が曲がっていてこれは大変なことだと考え、私たちは2008年1月の段階で、ここに確実にでかい活断層があると結論しました。これを日本原電等がどのように扱っているのだろうと分析したわけです。何がされているかということ、さっき出てきました「リニアメント」なんです。定規



はありません。しかし、頑として責任は認めません。そんなことでは新しい調査結果は信用できないと申し上げました。土地のずれにより、このところの土地が裂けるわけですが、この下にこれと同じものがないという保証がどこにあるのか。断層調査が正しく実施されているのであれば信用するが、この状態では信用できない。ここに何もないのかというと、多くの断層があるのですね。過去の間違いをしっかりと反省して、何故間違っただのかということに基づいて調査をやり直してきちっとやったということであれば信用できますが、この状態であれば、これが活断層でないということにはわかには信じられません。反省がないとか信頼がないというのはこういう点です。

(3) 佐渡海盆、中越沖地震

次は、佐渡海盆、中越沖地震です。プレート境界で、地震がいっぱい起こっています。非常に大きな凹み（盆地）に対応するところでは、マグニチュードは非常に大きいのですが、ところが、佐渡海盆はすごく大きいのですが、地震の規模としては、マグニチュード 6.8 と非常に小さかった。これは不思議だということで検討を始めたわけです。

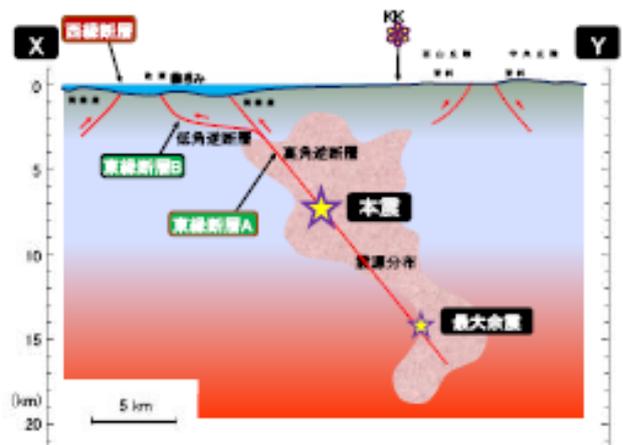
これが柏崎刈羽原発です。こちらが北で地図が少し寝ていますが、これが大きな凹みでこの断層が地震を起こしました。それで海岸部が 20~25 cm くらい隆起したのです。



原発の敷地の中に地割れがいくつか見えているのですが、それは活断層とは関係ないという結論になっているので信じたいと思います。

こういう方向に断面を取ると、ここが柏崎刈羽でこれが海底です。

ここに A,B 二つの断層があるのです。こういう形になっていて、ここで本震が起きて、最大余震がここで、ここが震源域ですから間違いなくこの断層が地震を起こしています。



さて、問題なのは、この断層が動いてここにふくらみが出来ている。海底が盛り上がっているのです。同様にこれが動いてここに撓曲崖を作っている。地震前には活断層はないと言っていた。ここに断層はあるが活断層ではないと言っていたのです。このような資料を私たちは初めて見て、本当に活断層はないのかということ地震の直後に 3 人でその資料を判読したのですが、あっという間にこれだけ断層が引けてしまったのです。これは驚くべき違いで、これはおかしいのではないかと断言したのです。すると、地震の後にこれは活断層だと言い直しました。しかし、これに

対しても私たちは疑問を提起したのです。

断面で見てももらいますと、盛り上がった部分がある。これは断層運動で盛り上がっている。ここに活断層があってそれが動くから盛り上がるのです。つまり、原因があって結果として膨らむのです。その結果がつながっているのに断層が切れるというのはどういうことか。原因だけ途中でなくなるという意味が分からないと主張してきました。そうしたら、新潟県の委員会でこの音波探査による地下の構造を出したのですね。それを見る限りここに活断層を認定することは科学的にありえない。渡辺たちはとんでもない嘘を言っているとされたのです。

しかし、あるとき、ないと言ったものが突然あつという間に 34 km まで成長した活断層に、私達が発表したものと全く同じものになりました。私たちの言っていることを無視し続けてきたものが、委員会のある一人が同じことを言うようになったのです。これは明らかに専門的知識の欠如による見落としだろうと思わざるを得ません。

先ほど科学的にありえないと言った音波探査の図は、実に大きな矛盾を露呈してしまいます。ここに地震が起こったところがあります。震源です。これで渡辺が言うような断層があるわけがないと言った。これが問題なのです。この音波探査が正しいとしたらここに断層はないというのは正しい。しかし、地震はあった。それでよく調べたら活断層はなかったと言っているのです。それは、例えば、火事があった。そこで現場検証に行ったが火元が見つからなかったので火事はなかったと言っているようなものです。地震が起こったら断層があるのは決まっていることで、音波探査では見えないだけです。音波探査では分からない断層があるのであり、これだけで活断層はないという否定の仕方はできないということで、これは大変重要な問題です。即ち、1980 年代のこの海域の調査を行ったときにこの活断層を見落とししたということであり、同じことが繰り返されている。全く反省しないし、間違っていたとも言わない。だから、また同じことを繰り返す。もっと大きな見逃しになる。こういう主張をしているわけです。

(4) 六ヶ所断層

具体例の最後、六ヶ所断層についてです。これは約 12 万年位前に海底に出来た平らなところですが。新聞社の方が描いた分かりやすいものがあります。

これは高さがこんなに高いのですね。これは専門的に見れば自然に出来たものではなく、必ず隆起していなければならない。問題は、何故隆起したのかということです。一つここに小さめの活断層があるということ



とは分かっていますが、全体を隆起させることは出来ません。私たちは、2008 年の 1~2

月にここを調査し始めて、本体はこれだという発表をしたのです。ここは平らですが、ここからぎゅっと傾いている。折れ曲がっていて地下に断層がある。これは六ヶ所断層といって、この曲がっているところを六ヶ所撓曲と名づけました。内陸部から海成段丘面は0.5度程度の傾きでほとんど平らですが、六ヶ所撓曲から海側に向かって2度とか1.5度とか急激に傾いている。2度くらい傾いているところで地層が観察できました。地表が2度傾いていて、10万年位前の地層が2度傾いている。こんなに傾いた段丘はないのです。そして、もっと古いのは5~6度も傾いている。右側が海ですが、海側に傾いていくような運動がずっと続いているので、このような傾きになる。こんな海岸段丘はありえないと報告しましたが、誰もが断層はないと言います。問題にしたいのは、リサイクル施設はここにあるということです。当局が行った最大の値切りは、ここに活断層がないと主張していることですが、もう一つは、このところが曲がってしまうということをもっと深刻に考えてほしいということです。昔、海底でほとんど平らだったところがこの断層で隆起してくる。この撓曲してくるところにリサイクル施設が出来ている。私たちの主張は、もともと平らだったものが断層によってたわんでしまって、ここにリサイクル施設が建っているということです。

これに対して日本原燃と原子力安全委員会は、実際には平らな地形が階段状にある。普通に海岸の地形があるだけで、渡辺たちはこの部分をつなげてしまって変に理解している、と言われました。

彼らは、これが海が作ったものであり、断層はないと主張しています。今年の5月に、その崖はどこにあるのか、だれにも見えない、と発表したのです。彼らはずっとこういう主張だったのですが、先にお見せした地層が傾いている資料が出てきてから、北部では確かにそうだと言い換えました。これについても反省はないし、謝罪もない。また、反省して評価方法を変えるということもしない。

私が気にしているのは、地震による被害というのは大きく二つある、ということです。一つは、揺れによる被害。しかし、私が言っているのは、全体が揺さぶられるという話ではなく、ここが折れ曲がると言っているのです。地下の様子を見てください。これは電力会社の調べた地下の様子です（著作権の関係上、図は割愛）。

私たちは、これが六ヶ所撓曲でこれが本体の断層だと言い続けています。これが60mでこちらが500mですから、スケールが違うということに注意して見ていただきたいのですが、段丘が平らなところは地層も平らです。段丘が傾いているところは地層も傾いている。しかもここで非常にはっきりと切れるのです。これが六ヶ所断層です。次にこの断面です。段丘が折れ曲がっている。地層も同じように折れ曲がっている。ここに断層があるのですね。この断層は、私が引いたものではなく日本原燃が引いたものです。彼らはこれが生きていると思わないから堂々と描いたわけです。これを総合的に見れば活断層であることは間違いない。

最後にここですね。もともと平らだったはずの段丘がずっと高くなっている。これはす

ごい崖のように見えますが、実は 700m で 15m くらいの高低差で、現場に立つと傾いているかなあといった程度のものです。しかし、遠くから見るとはっきり見えます。地下の様子も同じで、しっかりと地層がずれていて傾いている。段丘が折れ曲がっているのが分かりますと私たちは言うてきました。それに対する原燃の答えは、先ほども申し上げたように、ここは何段かの階段状になっているだけだと言うことです。

今年の 2 月に原子力安全委員会から出てきた最終報告書では、私が六ヶ所撓曲と呼んでいるところについて、ここはもともと急に傾いているのだと言っています。何故、急に傾いているのだという説明は何もないのです。ここに再処理施設があり、ここに活断層があるのは間違いないと思います。

更に、この海底が気になるのです。無関係なはずはないと最初から言い続けているのですが、ここに大陸棚外縁断層といわれている大きな断層がある。これが活断層かどうか大きな問題ですが、活断層ではないということになっています。音波探査では、活断層はないと言っているのですが、先ほどの中越沖でお分かりいただいたように、音波探査は重要な手法ではありますが、これで見えないから活断層はないということは断定できないのです。当然こういうものはあるので、安全側にたってこれ全体を活断層と評価すべきだ。値切らなければ、これはマグニチュード 8 クラスだと主張しています。

4.まとめ

レジュメで「正しい審査を」してくださいと書きました。東京電力東通原子力発電所の敷地及び施設設置位置付近の地質・地質構造を見ると、断層がいっぱいあって、活断層でなければいいがとずっと思っていました。しっかりと調査して活断層でないことを確認していればいいですが、それにしても断層がこんなにあるところに何故原発を作るのかと思います。少し外せばいいのではないかと。このようなところに作っているということは多分知らされていないと思いますが、これはきちんと知らせるべきです。自信をもってこれは活断層ではないと言い切れればいいのですが、それをしていません。何箇所かで穴を掘って調べた断面ですが、断層があると書いてある。断層があって破碎帯でずれている。最近動いているわけです。

10 万年位前の地層に断層があってずれているのです。私は、この断層が大きな地震を起こすとは考えません。もし地震を起こすとしても規模が小さいですから、その揺れは大丈夫です。問題は、この上に作ったときにずれが建物にどう影響を与えるかということです。こんなところに本当に作るのかということです。これを許可するのが専門家の仕事ですかと言っているわけです。それを日本の国民が了解するのであれば、そういう選択をしたのだということで、それはそれでいいのですが、それは難しいでしょうね。

調査するための手引き委員会というのがあります。ここで非常に変なことが問題になりました。中田先生が、断層の密集域には原子力発電所を建設すべきではない。特に活断層の可能性のあるところには作るべきではないということを手引きに書くべきであると主張

したのです。すると、そんなことは書く必要はない。大体、あれくらいなら大丈夫だ。活断層はあってもいいのだ、ということまで言い出して、私は啞然としてしまいました。これは一般国民の意識と大きくずれている。こんなことをみんな本当に思っているのだろうかと思いました。

私の言っていることを聞いていると原子力発電所なんて作れない。そんなところまで備えてしまうともものすごくお金が掛かってしまい、それに伴って電力の単価が高くなる。そんな負担を国民に強いることはできない、と言いますが、これは国民に聞いてみるべきだと思います。即ち、今のままであれば原発はかなり危険だが、電気は安く作れる。これを安全にすることは出来るが、その分電気代が高くなる。どちらを選択するのかということです。今まで聞いたことがないので是非一度聞いてみるべきだと思います。

例えば、ここでマグニチュード 8 の地震が起こったときに、この建物が倒れるかどうか私には分かりません。しかし、マグニチュード 7 しか想定していないのが問題なのです。8 を想定しているのであればそれでいいのです。適切に地震規模を想定すべきであり、値切りはよくないと考えています。

それから「ずれ」を甘く見ないほうがいい。ずれる所があるとすると、そこは地面が裂けるのです。最初に言いましたように、私は心の中では、電力会社を応援しています。値切りを止めて、過去に対する真摯な反省を行って、それを踏まえてきちっとした安全なものを作ってくださいと申し上げています。

(この記録は、咲田宏氏が作成し、渡辺氏にご加筆・ご修正いただいたものです。)

2010年度 循環ワーカー養成講座 第5回

『核燃料サイクル技術とその施設の安全性について』

講師：松本 史朗 氏 (独)原子力安全基盤機構 技術顧問

日時：2010年10月14日(木)

会場：ノルドスペース セミナールーム(東京都中央区京橋1-9-10 フォレストタワー)

はじめに

東京工業大学原子炉工学研究所助手、ウィスコンシン大学化学工学科博士研究員、埼玉大学工学部応用化学科教授を経て、独立行政法人原子力安全基盤機構技術顧問をしています。専門は化学工学、核燃料サイクル工学です。大学にいたころに科学技術論の講義も担当していたので、そのころに作った資料を参考にして、最初は原子力という話とは異なりますが、そこから徐々に原子力、核燃料サイクル技術というお話に入っていくこととします。



1. 技術とは：その進歩と責任

まず最初に、「技術」と「科学」との仕切りをきちっとしておかなければならないと思います。「技術」とは「科学」の原理を実現し、実用化する手段であるということです。ですから、技術は社会を変えることもありますし、また、技術は、社会環境の変化に伴いそれに合った形で修正していかなければ、その技術はおそらく死んでいってしまうのだらうと思います。私は化学プロセス工学が専門であったものですから、その中で化学産業の基礎原料であるソーダの製造法の歴史を例に説明します。

18世紀終わり近くに世界で最初の工業的なソーダ製造法であるルブラン法が開発されました。しかし、初期のころの製品の品質は良くなく、コストは高いし、いわゆる公害を伴うような製造法でもあったわけです。技術的には、ある程度のものであったのですが、種々の欠点があった。世間はその欠点に対する技術改良を要請しますから、

その後、アンモニアソーダー法などのいくつかの技術が開発されてきて、品質はもちろん、

表 ソーダ製造法とその特徴

製造法	利点	欠点
ルブラン法(1789年)	世界最初の工業的製法	低品位、コスト高 煙害、水質汚濁
アンモニアソーダ法 ソルベー法(1860年)	ルブラン法に比べ良質、廉価	食塩利用率73%以下 残り廃棄物
シェライプ法(1885年)	食塩利用率向上、燃料の大幅な節減、塩安生成	残渣
塩安ソーダ法(改良型)(1950年)	ソーダ良質、効率的な塩安の析出	残渣
食塩水電解法 隔膜式(1890年) 水銀式(1897年)	無公害、塩素生成 良質、廉価、塩素生成	コスト高、低品位 水俣病(有機水銀中毒)
イオン交換膜式(1975年)	1973年クロード・システム化完成 良質、廉価、安全	膜性能

コストや環境にもいい製造法に改良されてきています。三つ目に出てくる食塩水電解法は食塩水からソーダを作り出そうという技術です。その中で水銀式というのがありますが、廃水中の有機水銀に伴う水俣病に繋がって行ってしまい、現在ではイオン交換法という、品質、コスト、環境によいという技術に進化してきているわけです。このように、技術というものは社会との接点において、きちっと社会の要請に対応していかなければなりません。一方、技術が社会を変えることがあります。それは例えば、イギリスで蒸気機関が発明されて社会の仕組みを変える形で産業革命が起こったことです。即ち、今まで人間が行っていたものを機械に置き換えるということが出来るようになったために、それを集中して工場を作ることになり、当時のイギリスの社会を変えることになりました。最近では、コンピュータというのがその典型で、この技術により社会が高度情報化社会という形に変化してきているのです。このように、技術というのは常に社会環境との接点でそれを見ていく必要があるのだということです。

一方、1985年にカナダの化学品生産者協会が、「Responsible Care」という運動を起しました。産業の初期のころは良いものさえ作ればそれでいいということで生産活動が行われてきたのですが、生産等の活動に伴い多くの廃棄物が発生し、その廃棄物が環境汚染を伴い人間への影響をもたらせ、さらに地球規模への環境問題へと及ぼすという懸念へと展開されてきた。これに対し、この運動は、生産者、取り扱い事業者として、製品の開発から廃棄にいたるまでの環境、安全、人間の健康に対して責任を持って配慮する。即ち、化学物質というものが開発されて、それが使われ、捨てられ、あるいは人体に入ることによって様々な影響を起こすということが生じてきたために、化学物質を開発し、その製品の製造、流通、使用、消費を経て廃棄にいたる製品の全ライフサイクルにおいて社会、環境にどのような影響を及ぼすかということを配慮し、安全、健康、環境を確保することを経営方針において宣誓し、対策を実行していくという自主的な管理運動です。

このことを如実に喚起している例が、冷媒としてのフロン（クロロフルオロカーボン）の問題です。今ではフロンは使えないことになっていますが、これが発明されたときには極めて有用なものとしてもてはやされたのです。1900年代に冷凍用冷媒というのは二酸化硫黄でした。これは人間が吸いますと危険なものでした。そして、1929年にアメリカのクリーブランド病院で冷凍システムの故障が生じ、二酸化硫黄で100人以上が死亡するという事故が発生しました。この事故がフロン開発のきっかけになりました。デュポンという化学メーカーとGM（ジェネラル・モーターズ）が共同して、新しい冷媒としてフレオン12を開発し、生産プラントを1930年に立ち上げました。その後、フレオンが冷媒として使用されてきたのですが、それに対し、ローランド博士らが1974年にフロンによるオゾン層の破壊予測の論文を発表したのです。（同博士らは、この研究で1995年にノーベル化学賞を受賞しています。）なお、フレオンという名称はデュポン社の商標で、日本以外ではフレオンと呼ばれていますが、日本ではフロンと呼ばれています。以下では、日本の通称に従ってフロンと呼びます。

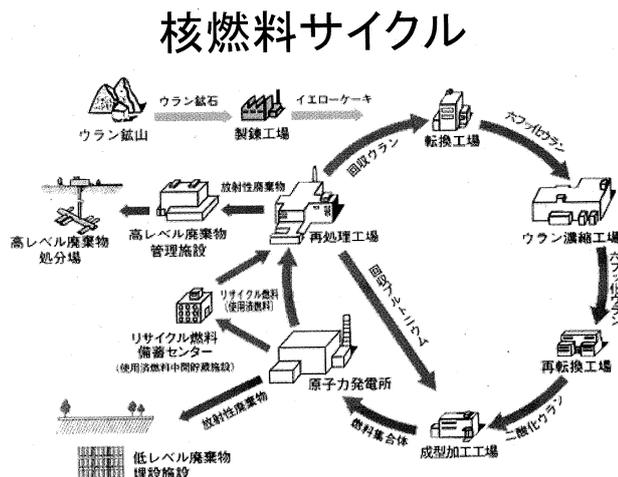
1970年ころのフロン生産量は100万tです。これにはGMが関与しており、車のエアコン用の冷媒としてどんどん使われて、自動車産業が活況を呈し、更にこれが半導体生産にも使われるようになっていきました。これに対して1974年にローランド博士が先の論文を発表し、そして、1982年にオゾン層の破壊が発見されたのです。一般的に、大気中の汚染物質は、太陽光により分解されるか、雨により洗い落とされるか、あるいは酸化してなくなると言われているのですが、フロンは、光分解を起こさず、水にも溶けないし、更には、大気中の酸化物質とも化学反応を起こさない。ということで、フロンは、紫外線のエネルギーが大きい高度25~35kmの成層圏中部に移行するまではほとんど分解しないということがローランド博士の研究により分かってきて、それがオゾン層の破壊につながるという予測となったのです。オゾン層破壊の問題は、スケールが極めて大きい。そして、それが現れるまでの時間が極めて長い。今までの公害問題では、その原因の究明と対策というものは比較的短時間で出来たものですが、このような地球規模的な環境問題は顕在化しにくい。即ち、原因が発生してからその結果が現れるまでに極めて長い時間がかかるということです。そういうことは、それに対する対策を採ったとしても、それが効果を現すまでには同じくらいの時間がかかるか、このような規模の問題が生じると恐らくそれを解決することは不可能なのではないかということが危惧されるわけです。これはどういうことかと言いますと、今までの公害問題は事後対策で対処可能だったのですが、これが通用しなくなり、今後は事前対策が必要になるということです。その意味では、ローランド博士が1974年にオゾン層破壊予測の論文を発表し、それが1982年に発見されたということは、科学の世界では極めて珍しいことであり、一つの啓示と言え、これからの地球規模の環境問題はこのような対応が必要になってくるのではないかと考えています。

2.核燃料サイクルについて

(1) 核燃料サイクルの概念

前置きはそこまでとして、核燃料サイクルの話に入ります。原子力技術の開発は、不幸にして原子爆弾の開発ということから始まったのですが、50~60年前に原子力発電用核燃料の開発が始まった時点では、既に核燃料サイクルということが考えられていたのです。それは、大量のエネルギーを安定的に得るために、原子力発電所に供給しなければならない核燃料及び使用済み核燃料のその後の処理及びリサイクルの体系が、自然環境のみならず政治、経済、安全保障の体系に大きなインパクトを与えるということが、原子力の平和利用の開発の初期から認識されていたということです。そして、核燃料サイクルに対する取り組みは、それが社会環境や自然環境に与える影響を定量的に評価することを目的としているということでした。即ち、核燃料サイクルという問題は、先ほど述べた地球環境問題における事後対策というよりも事前対策なのだということを意識しながら検討されてきたということを経験して理解いただきたいのです。

核燃料サイクルとは、右の図で説明しますと、ウラン鉱山からのウラン鉱石を製錬して転換工場に送り、ここでウラン化合物を六フッ化ウラン(UF₆)の気体にして、これをウラン濃縮工場ですべて天然に存在する質量数235のウランと質量数238のウランの存在割合を質量数235のウランの存在割合を高めるという、いわゆる濃縮するという作業を行います。質量数235のウランが濃縮した気体は原子力発電所で使えるような形の酸化ウラン(UO₂)に転換され成型加工され、核燃料として原子力発電所に供給されます。それが原子力発電所で3~4年くらい核分裂反応に使用された後、使用済み核燃料は再処理工場に送られ、そこでウランおよびプルトニウムと核分裂生成物に分離し、回収ウラン、回収プルトニウムはリサイクルして再び原子力発電用の核燃料として利用し、核分裂生成物を安全に処分しようというものです。簡単に説明すると核燃料サイクルというのはこういうことを言います。このような核燃料サイクルの中で、今日は、ウラン濃縮と再処理の技術的な話をさせていただきます。



(2) ウラン濃縮について

ウラン濃縮についてご説明します。天然に存在するウランは質量数235のウランを0.7%程度しか含んでおらず、残りは質量数238のウランです。現在主流の軽水型原子力発電所で使用するためには質量数235のウランの濃度を3~5%程度に高めなければなりません。ここにウラン濃縮技術が登場します。

現在わが国が採用している濃縮技術は遠心分離法です。分離の原理は、円筒を数万回転の速度で回すことによる遠心力で、重いガス(ウラン238)は壁の方に、軽いガス(ウラン235)は中心の方に集まりやすくなることです。この方法で、ウラン235の濃度を高めていくというのがこの技術です。物質を分離する技術を選択する上での重要な判断指標として分離係数が使われます。分離係数が1ということは、全然分離しないということで、分離係数が1から大きくなっていくほど分離しやすいということです。

アメリカで原爆が開発されたときには、遠心分離法が開発されていなかったため、隔膜を使ったガス拡散法という方法が用いられていました。この方法は今でも使われていますが、これは圧力差を利用して小さな穴の開いた隔膜を通して、高压側から低压側にガスを流すというものです。ガスの圧力が小さい状態では、隔膜を通過するガスの量は気体の重さによってわずかに違うという原理を用いているのです。この方法による分離係数は1.0042という1に近いものであります。それに対して遠心分離法はどうかといいますと、次に示す「分離法と分離係数」表のように、分離係数が1.04~1.3程度になっているわけで

す。その他の方法は、分離係数的には限りなく 1 に近くなっており、そう簡単には分離ができません。ただし、レーザー法は分離係数が非常に大きくて 20 とか 30 とかになるのですが、これは科学的な原理は分かっているものの、実用化技術としては現状では必ずしも成功していません。ということで、現在は、遠心分離法とガス拡散法が実用化されたものとして用いられているのです。

遠心分離法は、一台の遠心分離機でできるというものではなく、カスケード（階段状に液体が流れ落ちる状態）という形で、縦横に分離機を並べて、それを連続的に動かすということで、例えば、濃度 0.7% のウラン 235 の UF_6 を 6t 供給すると、濃度 3% の濃縮ウラン 235 の UF_6 が 1t 採れて、減損した濃度 0.25% のウラン 235 UF_6 が 5t となる。即ち、原子力発電に適した濃縮ウランは、供給したウラン量の 1/6 程度しか生産されないということです。分離係数が小さいためにこのようになるのです。なお、遠心分離法の原理を分かっているにもかかわらずこれを成し遂げるためにはかなり高度の工業的な技術力を持っていなければなりません。

現在、ウラン濃縮技術はガス拡散法から遠心分離法に変わってきていますが、その理由は、ガス拡散法の場合には、非常に多くの電力を必要とするということです。需要に合った形で核燃料の供給に対応しようとしますと、使用電力がガス拡散法の数十分の一で済む遠心分離法の方が経済性も高いこと、また、生産効率がいいことから、台数が少なく済みますので、需要を満たすということを考えれば遠心分離法がより妥当性があるということになります。

ここでも、最初に言いましたように、技術というのは社会的な要請に合った形のものに対応、変化していくということが現れていると思います。以上がウラン濃縮の話です。濃縮ウランは燃料に加工され、原子力発電所で使用されていくのです。

(3) 使用済み核燃料の再処理について

原子力発電所で所定量の核分裂反応をした核燃料は使用済み燃料として再処理工場にまわされていくわけです。どれだけ核分裂反応をさせたかということ「burn-up」（焼焼）という熱出力で把握しているのです。例えば、1t の核燃料を燃焼させたとして、使用済み燃料として出てきたものは、ウランの減少した量が 38kg、そして、プルトニウムが 8kg 程度生産されて、核分裂生成物（FP）が 30kg。ウランは 38kg 減少して、それにほぼ相当する量がプルトニウムと核分裂生成物に変換されている。即ち、質量（重さ）が減るということはほとんどない。このように核分裂反応というものはアインシュタインの唱えた相対性理論どおりの形で減った分だけがエネルギーに変わります。但し、物質は他のものに変

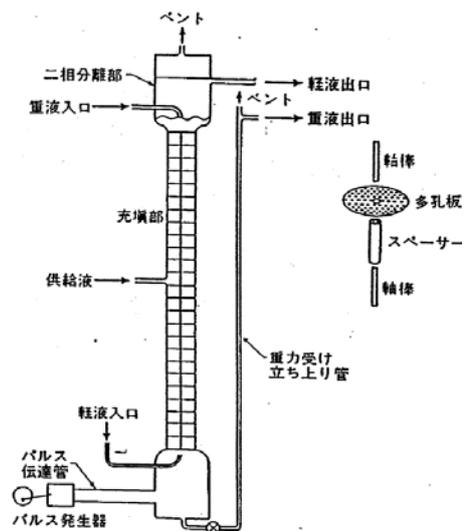
表12.2 分離法と分離係数

	段 分 離 係 数
遠 心 分 離 法	1.04~1.3
ノズル分離法	1.010 ~1.015
電 磁 法	≧ 1
ガ ス 拡 散 法	1.004
熱 拡 散 法	1.002
化学交換反応法	<1.0005
化学的分離法	<1.0005
レ ー ザ 法	≧ 1

換されているということです。その結果、使用済み核燃料中には、多くの放射性物質とともに、まだ多量なウランおよび新たな核燃料物質としてのプルトニウムが残っているということになるわけです。使用済み核燃料から核燃料物質をリサイクルするために分離回収する技術が、現在、フランスなど主要な国で行われている PUREX 法と言われる再処理技術です。PUREX とは、「Plутonium and Uranium Recovery by Extraction」の頭文字をとったもので、このまま訳せば、「抽出法によるプルトニウム及びウランの再生利用」ということになりますかね。これは、簡単に言えば、使用済み燃料を硝酸に溶解させ、その溶液からウランやプルトニウムを選択的に抽出するという性質を持つ、リン酸トリブチル（TBP）という有機溶媒を用いてウランとプルトニウムなどを分離回収する方法です。これを溶媒抽出といいます。

先ほどのウラン濃縮技術のところでは、分離係数ということをお話しましたが、再処理では物質分離度合いを「分配比」といいます。この分配比というのは、化学実験的に説明すれば、分液ロートを用いて、下に水相といわれる硝酸に溶解させた使用済み核燃料液、上に軽い有機溶媒（TBP 及びドデカン）を入れて、これを攪拌する。そうすると二つの液が混じりエマルジョン化する。これを静置すると再度分離するのですが、その時には有機溶媒と反応してウランやプルトニウムが有機溶媒側に移っている。このウランやプルトニウムが有機溶媒に存在している量と水相に存在している量の割合を「配分比」といいます。分配比は硝酸の濃度にもよりますが、数値的にはウラン、プルトニウムが 10 以上、ほとんどの核分裂生成物は 0.1 以下という形で現れてきます。このように溶媒抽出という方法で使用済み核燃料の溶解液からウランとプルトニウムを選択的に取り出すということが技術的なポイントなのです。

原理はこういうことなのですが、これをどのようにして工業的に成し遂げていくか。これは放射線場の非常に強いところで行われるわけですから、人間が立ち入ることは出来ません。ですから、遮蔽されたセルの中に装置を組み込んで、遠隔操作で動かすという工業的に高度な技術が必要なのです。パルスカラムという装置について簡単に説明します。これはどういう原理かといいますと、下から軽い液（有機溶媒）を入れて、上から重い液（硝酸水溶液）を入れます。そして、下からエアパルスを与えることにより軽液に圧力をかけることによって、軽液を多孔板という小さな穴が開いた板を通して押し上げます。この穴（孔）は小さなものなので、そこを通過した軽液は小さな液滴群として多孔板上部の重液中に分散されます。そのこと



【パルスカラム概略図】

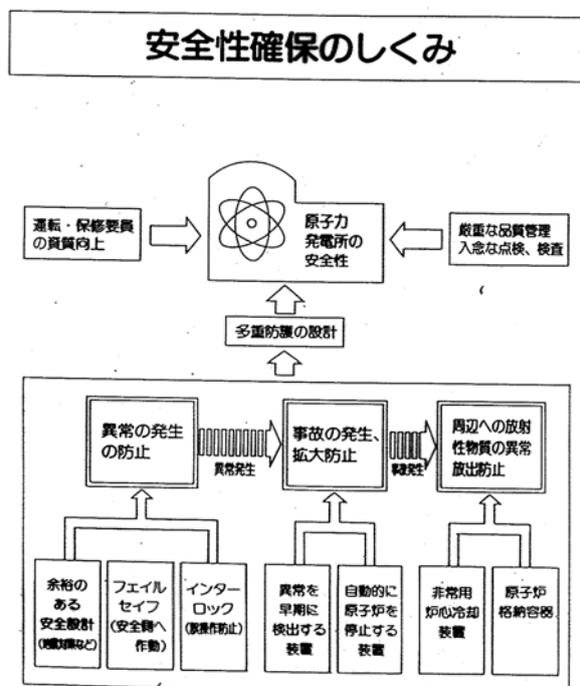
によって軽液と重液の接触表面積が大きくなり、硝酸溶液中にあるウランやプルトニウムが有機溶媒中に抽出されます。その後分散軽液滴は凝集し有機相として一体となります。その他の物質は硝酸水溶液に残るということとなります。次のエアパルスで上段の多孔板で同様なことを起こさせ、多孔板の数だけ繰り返すことによって、有機溶媒側にウラン、プルトニウムの所定量を抽出分離し硝酸水溶液側にほとんどの核分裂生成物を残すのです。

核燃料サイクル技術は、ウラン濃縮から核燃料加工技術および使用済み核燃料の再処理という一連の技術体系になっているのです。以上のように、原理そのものは非常にシンプルなのですが、それを実用化するという段階で高度な技術を要するという事なのです。と同時に、核燃料に関しては、安全保障という観点からの核不拡散という基本が守られなければならないという宿命を持っているので、これをしっかりと守っていくという中で技術開発ということになっていくわけです。以上で核燃料サイクルの中での、ウラン濃縮とか再処理という技術の基本的なところのお話をしました。

(4) 原子力施設の安全確保の仕組み

次に、原子力発電所の基本的な安全確保の仕組みがどうなっているのかの話に移していきます。核燃料サイクル施設も基本的には同じです。

右の図は、原子力発電所の安全性確保の仕組みを示したのですが、原子力設備に関する安全性確保は、基本的には「深層防護」(Defense in depth) という考え方に基づいて行われています。その内容は、第一に「異常の発生防止」。第二が「事故の発生、拡大防止」。そして、第三が「周辺への放射性物質の異常放出防止」ということです。



この三つの基本思想を踏まえてシステムのデザインをします。ですから、例えば、「異常の発生防止」ということについては、設備を地震対策などの観点から余裕のある安全設計にするとか、フェイルセーフやインターロックという考え方で、システムの作動に間違いがあったときや誰かが誤操作したときにこれを防止するという事。要するに、手順書にのっとった形で動かさない限りは、ブロックが掛かって作動しないというような思想でシステムの設計をするわけです。それでも運転をしている過程で機械の故障などの事象が発生することがあり得るわけですから、そういう場合には、「事故の発生、拡大防止」ということで、異常を早期に検出する装置とか自動的に原子炉を停止する装置とかを設備することで対応する。それでも万が一、事故が起こった場合には、非常用炉心冷却装置を作

動かせるとか原子炉格納容器の中に閉じ込めるという対策を講じて「周辺への放射性物質の異常放出を防止」するわけです。

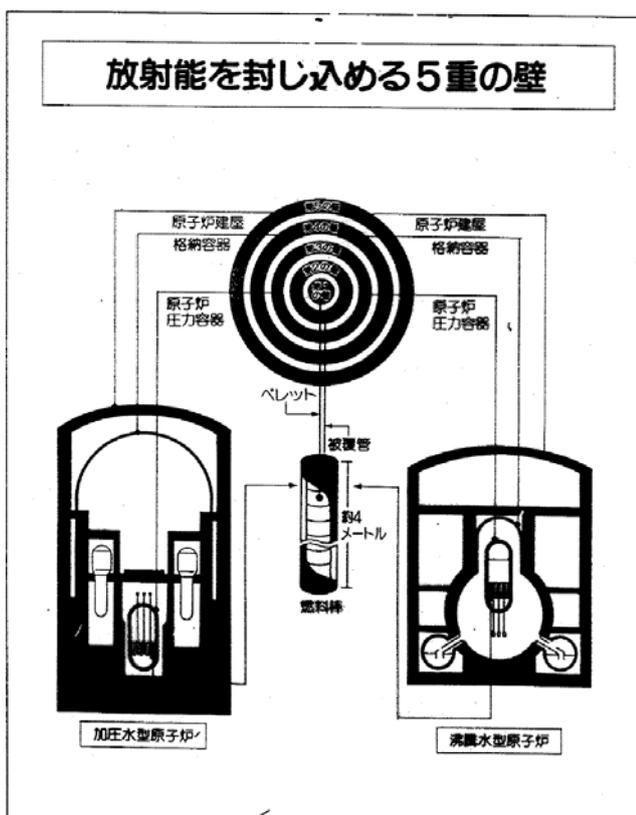
もう一つの重要な概念は、放射能を閉じ込めるということです。

原子炉は、その中心部に燃料棒があり、燃料ウランの核分裂により核分裂生成物が発生しますが、ウランは①ペレットに焼き固められ、かつ②被覆管という丈夫な容器に入れ、更に、これを③原子炉の圧力容器、④格納容器、そして、⑤原子炉建屋で覆うという形で、5重の壁で封じ込める設計がなされています。即ち、原子力のシステムは、「深層防護」という考え方と同時に、「多重防護」という考え方にに基づき設計されているということです。

再処理工場もほとんど同じような考え方で設計されており、当然、異常の発生を防止をする、異常の拡大及び事故への進展を防止するという考え方で設計をするし、事故が発生したとしても周辺への放射性物質の異常放出を防止するという仕組みを再処理工場の中でも考えているわけです。ただ、原子炉と少し違うのは、再処理工場は化学プラントですから、建屋の中の一部の機器類から出た排ガスは排ガス処理システムによって放射性物質の除去を行い、放出規定値を十分低いことを監視することとしており、また、閉じ込めの方法として、負圧の管理という考え方で行なわれています。即ち、建屋の外側の圧力より建屋の中の圧力が低い。更に、建屋内部の圧力より機器類を入れてあるセルの気圧のほうが低いという形で、圧力差を用いて封じ込めをするわけです。原子炉と閉じ込めの概念は全く同じですが、再処理施設の場合には、物質が機器間を移動させるわけですからこのような形での閉じ込めになるわけです。

原子炉と再処理施設の基本的な特性を比較すると、その閉じ込め機構は、炉の場合が多重の静的なバリアによるのに対して、再処理の場合には、負圧管理による動的な閉じ込めと放射性物質の一部については吸着除去によって環境への放出を制限値以下に抑えるというシステムで閉じ込めるわけです。また、施設のリスクという点を見ますと、炉の場合には、炉心自体が一番大切なものですからここに集中できますが、再処理の場合には、種々の機能が各工程に分散しているというところが炉と異なり、その点の配慮をする必要があります。

安全な操作という観点で考えますと、原子炉の場合には、「停めて、冷す、閉じ込める」



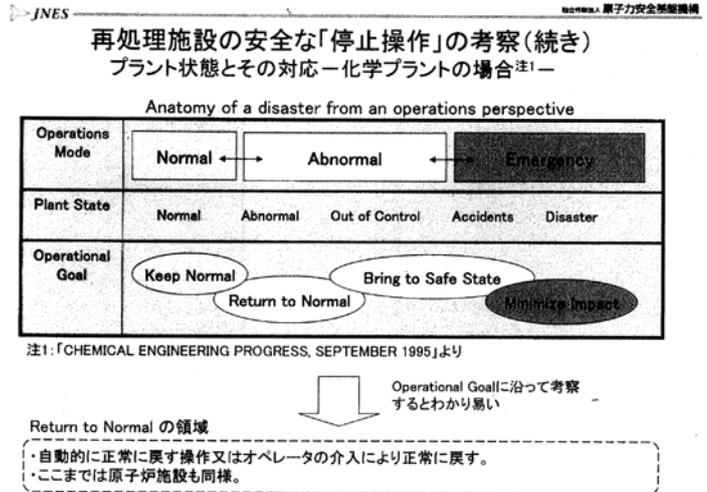
という言葉が標語になっていて、比較的単純なのですが、再処理施設の場合には、簡単に全体を停めるといふわけにはいきません。各工程がつながっていますので、停める場合には、その運転毎に合わせた形で停める操作を行わなければならないということになります。

原子炉の場合には、正常運転の状態と事故の状態ということしかありませんが、再処理施設の場合には、化学プラントですから、ノーマルな状態と事故の状態の間にアブノーマルな状態というものがあります。このアブノーマルな状態になったときにはノーマルな状態に戻す操作をします。ここでノーマルな状態に戻せない場合には安全な状態に戻すということを行うのです。それでも事故に至っ

てしまったときには、その影響をどれだけ少なくするかという運転を行うのです。ですから、再処理施設における「停止操作」というものは、安全な状態に持っていくということが停止操作の対応となるわけです。

再処理工場での唯一の大きな事故は、ロシアのトムスク7というところですが、この工場は六ヶ所再処理工場より小さいですが、事故の原因は、硝酸濃度の酸調整をするために濃硝酸を入れたところ発熱して爆発し、火災が起こってしまったというものです。このときの放射能の施設外への漏洩量がどのくらいのものかといいますと、ロシアの報告ですからその精度は分かりませんが、約40キュリーです。原子力発電所事故で有名なチェルノブイリの場合には、これが2,500万から5,000万キュリーということですから、桁違いに発電所の事故のほうが大きくなるということが言えます。再処理工場は、確かに放射性物質をハンドリングするわけですが、仮に事故が起こって屋外に放出するとしてもトムスクが40キュリーですから、それほど大きな被害を起こさせるものではないということです。

再処理工場の場合には、「Smooth and safe control」というような運転をするということが重要なことです。これはフランス人が考えた標語ですが、六ヶ所では「Smooth and safe control」という考え方の下で、運転されています。即ち、オペレーションのエリアがあって、更にその外側にセーフティ・エリアがある。その端にセーフティ・リミットがある。そのリミットを如何に超えないように運転するかということです。六ヶ所の場合には、ほとんどがフランスの技術で作られているものから、既にフランスで実績があるプラントを基に作られており、この思想に基づいた運転が行われていますので、プラントを動かす以上小さなトラブルはありますが、重大な事故は起こらないだろうと思っています。



3.六ヶ所再処理工場の現状について

六ヶ所再処理工場の状況ですが、基本的には、いくつかのステップを踏み使用済み燃料を処理する試運転が進められているところですが、使用済み燃料の溶解、溶媒抽出分離、それからウラン、プルトニウムの精製、それを混ぜてMOXの原料になるMOXの粉を作るまでのプロセスは、ほぼ順調に行われたと思います。ちなみに、MOXとは、Mixed OXidの頭文字をとったもので、MOX燃料とは混合酸化物燃料のことです。再処理により使用済み核燃料に含まれるプルトニウムを取り出し、二酸化プルトニウムと二酸化ウランを混ぜ合わせたものです。なお、六ヶ所再処理工場は試運転ですから、マイナーなトラブルは起こっており、それらのデータも収集しており、基本的なプロセスはフランス・イギリスからの導入技術であり、両国での経験に基づいた運転をしておりますので、問題はありませ

一方、皆さんも新聞等でご存知のように、現在、高レベル放射性廃液をガラス固化するという試験を行っている段階でトラブルが生じています。最初のころは、ケミカル試験と言って装置が正常に作動するのかということで炉の運転特性を見る上で、放射性物質を使わない形での試験を行っていました。そこまでは順調だったのです。しかし、実際に高レベル放射性廃液を使った試験を開始した段階で、ノズルから溶融ガラスをキャニスター（保管用のふたつき容器）に注入し、それにふたをしなければならぬのですが、ふたの溶接が上手く行かず手間取ってしまいました。そのことを含めて廃液中の核分裂生成物の一部の成分等による影響により、炉内の温度管理に不具合が生じ、炉底に白金族成分の堆積によって次の処理が難しくなっていました。この状態というのは、ガラスの粘性が高くなり流動性が悪くなるために、ノズルから流出しづらくなり、閉塞が起こってしまったということです。その炉底に溜まったガラスを、機械的に攪拌して、下のノズルから落とすような作業を行ったのですが、ノズルの直径は小さく、モニターを見ながら遠隔操作で行うものですから、なかなか難しく、少し強く押したときに攪拌棒が曲がってしまった。それと時系列は分からないのですが、上部レンガが落ちてしまった。落ちたレンガがノズルのところに溜まりガラスが流下できなくなった。このようなトラブルが起こったためにガラス溶融炉の運転がストップしております、それを解決するために東海にあるモックアップ（実物とほぼそっくりな溶融炉）施設で原因究明ならびにこのようなトラブルが起こらないような運転管理技術を確立するためにデータの取得試験を行っているところです。

4.六ヶ所再処理工場の安全性について：質疑を踏まえて

① 六ヶ所再処理施設の下に活断層があるという話は聞いてはいない。

地質の専門家ではないのでよくは分からないが、六ヶ所周辺で起こりえる地震の施設への影響は再検討され、近辺の断層などを震源とする地震などを考慮して、耐震性を解析した結果は妥当と判断され、安全は確保されていると聞いている。地震については、柏崎刈羽の地震以降、専門家が各地域の特性を調べて評価の条件を決め、それに基づいて

きっちりとやっているものと思う。

- ② 六ヶ所の計画は2年間延期されたと申し上げたが、そもそも炉の運用は5年程度で考えられており、既に新たな炉の設計が始まっている。それは今回のトラブルへの対応を含めたものとなっており、修正の検証を行っているところである。その検証結果を踏まえて改良炉の設計が行われるものと思われる。六ヶ所のガラス固化はトラブルを起こしていることは事実であるが、フランスなどでもガラス固化技術は最初の段階ではトラブルを起こしており、その技術の確立には相当の年月を要している。六ヶ所のガラス固化の技術は東海で開発されたガラス固化技術を採用したが、ある意味では、六ヶ所のトラブルは、その技術を確立する過程で生じているものと考えている。
- ③ 六ヶ所再処理施設から放射性の有害物質が出ているとの情報があるとのことであるが、どのような情報かは知らないものの、六ヶ所のガラス固化のトラブルがあったといっても、これで放射性物質が施設外に漏れるということはない。また、六ヶ所再処理施設の運転で人体に有害な物質が基準値以上排出されているということはない。一部の放射性物質が出ていることはあるが、水・空気・土壌などを総合的に見ても、これらは人間が被曝しても国際基準を十分下回った量であり、まったく問題はなく、心配する必要はない。
- ④ 高レベルの放射性廃液は冷却しないと爆発するののかという恐れについては、六ヶ所の廃液の中には当該成分はほとんど含まれていないので、爆発することはないと考えている。
- ⑤ 耐用年数が来た原子力発電所の解体をどうするのかということまでを考えた設計思想が初期の原発にあったかという点については、疑問といわざるを得ない。このような思想は、種々の問題がクリアーになってきて始めて生まれてくるものであり、解体まで含めて考え始めたのは最近のことだと思う。

(この記録は、咲田宏氏が作成し、松本氏にご加筆・ご修正いただいたものです。)

2010年度 循環ワーカー養成講座 第6回

『原発のない社会は可能か』

講師：牛山 泉 氏（足利工業大学 学長）

日時：2010年11月19日（金）18:30～20:30

会場：ノルドスペース セミナールーム（東京都中央区京橋1-9-10 フォレストタワー）

はじめに

本日のお話では、原発に賛成・反対ということはともかくとして、まずはこの国にあるエネルギーのポテンシャルを知っていただきたいと思います。例えば、デンマークでは原発を考えていたのですが、1986年に国会で原発は入れないということを決めて、現状では風力発電で電力需要の20%程度をまかなっています。また、デンマークといえば酪農の国で、酪農製品の輸出が多いのですが、風力発電の輸出でも世界一になっております。ですから、雇用も自然エネルギーで生み出しています。そして、風力発電、バイオマス、太陽光発電などの自然のエネルギーで国のエネルギー供給を成り立たせている。既にそのような国があるのですが、これは結局は、やるかどうかということになります。



1. いまなぜ再生可能エネルギーか？

(1) 人口の爆発的増加

本日のテーマは5つですが、まずは「いまなぜ再生可能エネルギーなのか」ということをお話します。

私は、今年の9月の末に産油国ではじめての自然エネルギーの会議に参加する目的でアブダビに行きました。アラブの国々は石油で成り立っていますから石油がなくなったらおしまいなので、彼らは50年後自分たちはどうするのかということを考えているのです。アブダビの隣にマズダールという実験都市があるのですが、そこでは自然エネルギーだけで成り立たせるという町を作っています。

今、国連で言われている21世紀の5大問題『人口問題、食糧問題、環境問題、資源問題、エネルギー問題』というのがあります。本日は、この中の環境問題とエネルギー問題をお話しするのですが、これらの問題の根本は実は人口問題なのです。

1945年、第二次世界大戦が終わった年の世界の人口は23億人でした。それが65年経った現在は67億人ということですから3倍近くに増えている。このような状態は増加とは言わないのです。爆発ですね。人口は爆発的に増えた。先進国の人口は微増なのですが、世

界的には爆発しているのです。

人口はこのように爆発的に増えているのですが、食料とかエネルギーを爆発的に増やせるかということこれは無理ですね。世界の総人口が 67 億人に対して、バイオ・水力・石炭・石油・原子力・天然ガスなど統計的に供給できるエネルギーはおよそ 40 億人分なのです。ですから、この差の 27 億人くらいはエネルギー難民ということになります。その人たちは、例えば、牛糞にわらを混ぜて干したものとかを燃料にしているのですが、このような生活をしている人たちが地球上に 25 億人以上いるのだということです。

(2) 地球温暖化の影響

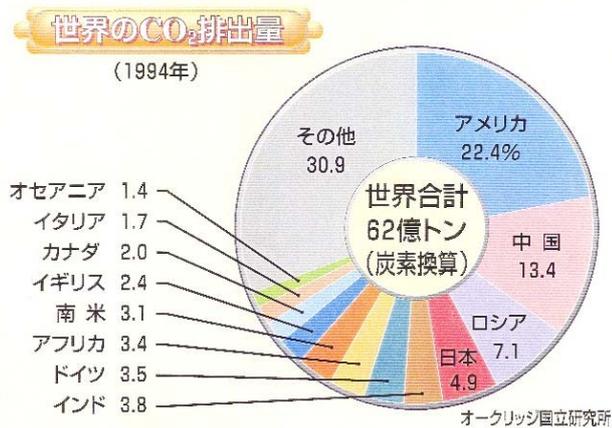
記憶している方も多いのではないかと思います。2005 年 8 月にカトリーナと命名された猛烈なハリケーンが米国のニュー・オーリンズを中心に襲いました。これは風速が 160 マイル/時間（日本的に表現しますと風速 70m/秒）という 50 年に 1 回、あるいは 100 年に 1~2 回しかないというものすごい強風なのです。何故このようなことが起きたのかというと、メキシコ湾の水温が徐々に上がってきていることが原因です。かつてメキシコ湾の水温が低かった時代には、発生したハリケーンはエネルギーを失って温帯性の低気圧に変わってしまいました。ところが最近、海水の温度が高く海面からの蒸気を取り込んでエネルギーを増してすごい勢いになるのです。また、他の例では、ヒマラヤの氷河が 30 年以上前にはかなりあったものが、現在ではほとんど失われているということもあります。つまり、地球の温暖化が進んでいるということです。そうすると海水面が上昇してくるのですが、ロンドンのテムズ川では北海の水位が上がって来ると水が逆流するのです。これを防ぐために防潮水門があるのですが、最近では、この閉鎖回数が極端に増加しています。

更に、オランダについては、北海の水位がこれ以上上がると現在の堤防では支えきれません。主要都市がほとんど海面下にあるという現状で、今のままで推移するとアムステルダムなども海面下に沈んでしまうこととなります。ですから、オランダは環境問題には非常に熱心なのです。

この温暖化の原因は、化石燃料にあるということが世界の科学者の中で結論付けられており、それを使わないエネルギーを考えなければならないということです。化石燃料を使いますと当然のことながら CO₂ が発生し、これが温暖化に最も影響を与えるわけです。ようやく最近はこれが原因だということが認知されてきたのですが、この点を産業界はなかなか認めようとしなかったのです。

原因が分かっているのだから減らせばいいということなのですが、産業革命以降、化石燃料をどんどん使ってきているものですから、大気中にこれが溜まってしまっています。時間をかけてこのような状態にしたのだから同じく時間をかけて戻していく以外にないのです。

どの国がどの程度の CO₂ を出しているかという、右図のようにアメリカ、中国、ロシアがワースト 1 位から 3 位となっています。日本は、4 番目です。日本の国土面積は全世界の僅か 0.2%、人口は世界の 2%に過ぎないのですが、そのような小さな国が CO₂ の排出量では世界第 4 位ということで、これは減らさなければなりません。



歴史的に見ると 1945 年以降、人類の生活を支えてきたのは、石炭、石油、そして、天然ガスといった化石燃料であったわけです。これらの燃料は炭素と水素から出来ているので燃焼すれば必ず二酸化炭素が出ます。ですから、これらの消費が進めば当然のこととして二酸化炭素が増えるわけで、これらの化石燃料の使用を減らす必要があるということです。

(3) 日本のエネルギー事情

今後のエネルギー政策として、欧州は再生可能エネルギー中心です。日本は原発中心ということはいこうとしているのですが、原発については別の問題もあります。

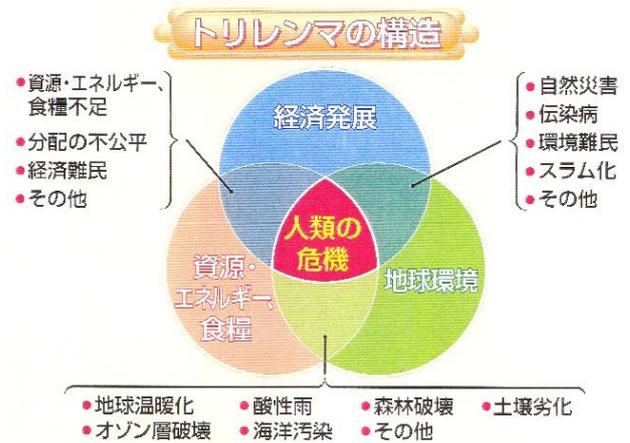
最近では、日本の食糧の自給率がカロリーベースで 40%を切ったということで大変だという話ですが、エネルギーの自給率は僅か 4%、96%は外国から輸入しているのです。先進国の中では最も低い自給率です。原子力を国産とした場合には 18%くらいが自給と言っているのですが、日本はウランをオーストラリアとかカザフスタンから輸入しているのであり、これをどうして国産に含めて考えようとするのか非常に不思議です。18%の自給率という数字がいきわたっている部分がないではないのですが、実質は 4%しかありません。

日本のエネルギーの消費構成を見ますと、石油がおおよそ 50%で、あとは石炭、天然ガス、原子力ということになっています。1973 年にオイルショックがありました。その当時の日本のエネルギーの石油依存度は 76%くらいでしたから石油がなくなるので大変だということでしたが、当時は環境問題などはほとんど問題になっていませんでした。環境問題がクローズアップされてくるのは 1980 年代以降です。70 年代は石油がなくなるということで石油代替エネルギーをと、日本ではサンシャイン計画が始まって太陽電池などの開発に力が入り始めたのです。それ以降、エネルギーの多様化ということが進められており石油依存度を 50%までに引き下げてきたのです。それでも石油・石炭・天然ガスで 80%を超えており、これらは全て CO₂を出しますから大変です。原子力は CO₂を出さないとされていますが、これは正しくはありません。後で説明します。

では、日本はその石油を何処から持ってくるかといいますと、UAE(アラブ首長国連邦)、サウジアラビア、イラン、カタール、クウェート(以上で 80%)など、ここまでは全て中東の国です。日本に 1 年間に輸入されている石油の量は約 245 百万klですが、これではどう

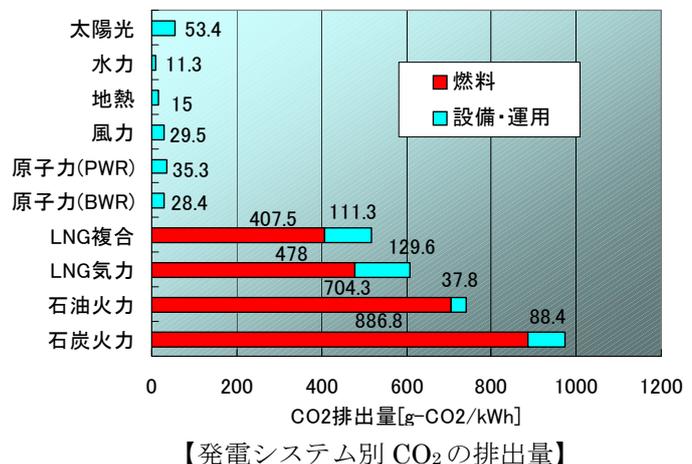
も分かりにくいので日本人一人当たりで換算すると日本人は1年間に2kl（ドラム缶2本）の石油を消費しているということになり、1日に換算すると5lの石油を消費しているという構造になっています。この石油をほとんど中東から輸入していますから、原油を運ぶためのスーパータンカーが1日で3隻必要となります。中東と日本の間は20日間かかりますので、片道で60隻のタンカーが日本に向かっていなければ日本はやっていけない。往復で考えますと120隻のスーパータンカーがぐるぐると回っていることでようやく日本がやっていける。これが日本の現実です。こんなことが何時までも続くはずがありません。石油はあと40年程度しかないのです。これからどうするかと言うことです。

ここにトリレンマの構造というものがあります。即ち、経済発展をするためには、資源・エネルギー・食料の確保が必要だが、そのエネルギーのほとんどが化石燃料ですから、それらが地球環境の破壊をもたらすという連鎖を起こすわけです。そして、このままでは人類は破滅の危機に直面する。それを回避するためにはエネルギー消費に伴うCO₂の発生を抑えなければならないのです。



そこで、自然エネルギーの役割が重要になってくるのです。自然エネルギーの役割としては、3つが考えられます。一つ目は「環境保全」です。これは温室効果ガスやSO_x、NO_xの削減ということです。二つ目は「エネルギーセキュリティ」。先ほど述べましたが、1日にタンカーが3隻来なければやっていけないという状況は全く安全ではないのです。自然エネルギーというのは日本にあるエネルギーを使うわけですから、これからの説明で日本にはそんなにエネルギーがあるのかということを感じていただければいいと思います。三つ目は「経済効果」です。例えば、風力発電だけでもこれにかかわる人は全世界で50万人います。日本では、三菱重工で大きな風車を作っていますが、長崎と横浜でそれに従事している人が3,000人いるのですね。このように雇用の創出とかエネルギーの地産地消ということが進むことでの地域経済の活性化が進むと考えられます。

次に、発電システム別の電力を1kWh作るのときに発生するCO₂の量を見てみますと、日本の電力の60%は火力であり、これらは燃料（石炭・石油・LNG）を燃やしますから当然CO₂の発生量が多い。これに対して自然エネルギーは、装置を作るときに少しCO₂を発生しますが、発電に



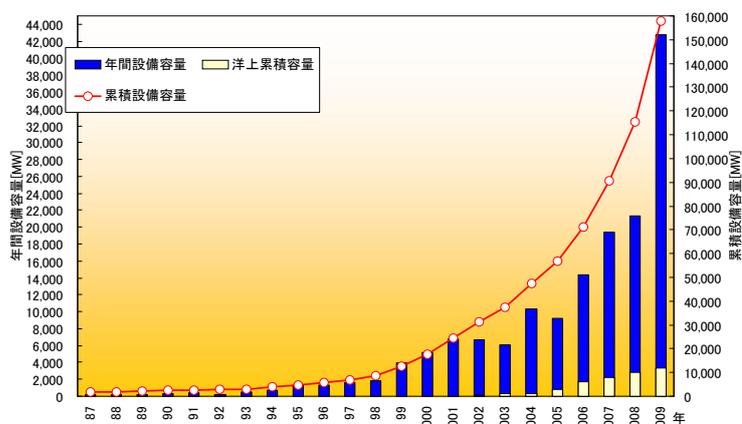
伴う CO₂ の発生が極めて少ない。一番の優等生は水力です。なお、電力中研のデータでは、原子力も大変少ないとなっているのですが、これは運転しているときだけです。

しかし、ウランの場合には、海外でウラン鉱石からペレット化するまでに精製工場で大変な CO₂ を出しているのです。これは日本では CO₂ を出していないだけで、海外では大変な CO₂ を出しています。それだけではなく、出来たウランを日本に運んでくるに伴って輸送に CO₂ の排出が伴います。更に、ウランを使用した後に使用済み燃料を 40 年間冷却しながら保存するのですが、この冷却に伴い全く CO₂ が発生しないのでしょうか。そういうデータを公表しないのですが、それは国民をだましているとしか言いようがないと思います。その後、2010 年には、電力中央研究所からライフサイクルで考えた CO₂ の排出量評価に関する報告が出ておりますが、これもアメリカの環境学者レスター・ブラウンなどのデータに比べて過少に見積もっています。また、わが国の原子力発電所の設備容量は 4,820 万 kW (2010 年) でアメリカ、フランスについて第 3 位にあるものの、その設備利用率は 2006 年に 69%、07 年に 61%、さらに 08 年に至っては 60% と、信じられないほど低いことも大きな問題といえます。

2. 風のエネルギー

続いて風のエネルギーについて述べたいと思います。

これが世界における最近の風力発電の伸びです。つい最近のデータですと 170 百万 kW になっています。170 百万 kW というのは、大型の火力発電、原子力発電が 1 基 1 百万 kW ですから、その 170 基分に相当する大変な量です。風力発電は、ここ 13 年くらいの間に平均年率 25% 近い勢いで伸び



【世界の風力発電設備容量の推移】

ているのですが、人類の歴史の中で年率 25% の伸びが 10 年以上にわたって続いたエネルギー施設というものは存在しないのです。そのような勢いで世界的に風力発電は伸びています。

これを国別で見ますと、それまではドイツが一番だったのですが、アメリカが一昨年のオバマ大統領のグリーン・ニューディール政策でぐんと伸びて一番になっています。最近の情報ですと中国がアメリカと肩を並べるくらいになったとのことです。日本は 13 位くらいです。

日本とドイツを比較して見ますと、両国の国土面積は日本がほんの少し大きいですがほぼ同じ。工業レベルもほとんど同じ。何故ドイツが世界の 1、2 位の風力先進国になってい

るのかといいますと、前の首相のシュレーダー氏のとときに、ドイツは 2020 年までに原子力発電を段階的に停めていくという政策を決定しました。原子力が減っていくとなるとそれに変わる CO₂ を発生しないエネルギーを何かで生み出さなければならない。それが風力とか太陽光ということですが、ドイツも決してお金があるわけではないので、お金をかけずに、これを推進する仕組みを導入したのです。「feed-in tariff」(固定価格買取制度、あるいは電力買取補償制度) という制度です。つまり、自然エネルギーで出来た電気は 100% 電力会社を買わなければいけないという義務を課し、しかもそれを十数年間に亘り比較的高い固定価格で買うことを法律的に義務付けているのです。

一方、日本の場合には、これを設備に対する補助金でやっている。風力発電をやりたいという民間事業者は日本にも沢山あるのですが、儲からないとやらないですから当然風の良い場所に風車を建てる。しかし、自治体には、シンボルとして建てたいと考える人たちなどがいて、その人たちは場所など関係なく建てる。補助金ですと後のことはどうでもよくてとにかく建ててしまうのです。

ドイツの場合は補助金は出さないが電力を高く買ってくれるのです。CO₂ を出さないことに貢献しているということで高く買うのです。日本の場合には、実際に稼動するかどうか分からないのに補助金(交付金)を出してしまう。ですから筑波で実際にあったような回らない風車というような事態が起こるのです。補助金のような古い体質のばら撒き政策は世界で最も遅れたものだと言っていると思っています。このような政策の違いで日本とドイツに大きな差が生じてしまったわけです。

他方、日本の風車の技術は優れていて、アメリカを始めとして世界各地で採用されており、英国は今年はじめに 40 億円出して洋上風車の開発を三菱重工に依頼しているというようなこともあります。このように、日本の風車技術は素晴らしいので、それをもっと活かすべきだと思います。なお、洋上風車の技術を本格的に発展させていけるのは三菱重工とドイツのジーメンスのみです。

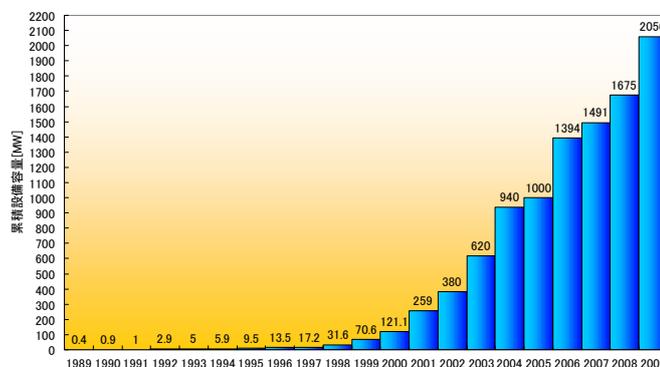
先ほど述べましたように、ドイツ、デンマークなどでは自然エネルギーで発電した電力を全て電力会社に買い取りを義務付ける。更にこれを高い固定価格で買い取らせるということをやっています。日本においては、昨年 10 月までは太陽光発電で出来た余剰電力を 24 円/kWh という固定価格で買い取っていたのですが、11 月からは 48 円/kWh で買い取ることとなりました。

ドイツの場合には、通常の電力価格は 18 円程度と日本より安いのですが、太陽光での電力は 75 円程度で買い上げているのです。しかも 10 数年間の固定価格です。そうすればこれを建てれば儲かるということになり、急増するわけです。ドイツ政府は一切お金を出さずにそのような仕組みを作っただけなのです。もっとも、これに伴い一般利用者の電力料金は少し高くなりましたが、国民はこれを受け入れてやっている。ただ最近では、少し増えすぎたので抑えなければならないということになっているようです。

2-1.風力発電の実際

標準的な風車である 2MW (2,000 kW) の風車では、風速が秒速平均 7m で年間約 700 万 kWh の発電量が得られます。単純に数字だけでいえば、13 万台のこの規模の風車があれば日本の全電力需要を賄えるということになります。

現在、日本にある風力発電装置は 1,700 台弱です。これを分かりやすく説明しますと、1 台の 2MW 風車の発電量は、一般家庭であれば 1,400 世帯分の電力に相当します。これだけの電気を火力で作るとすると、約 17,000 kl (ドラム缶 8,600 本) が必要となり、これに伴い 5,000t の CO₂ が発生



【日本の風力発電導入推移】

することになります。この CO₂ を樹木で吸収するということになると、杉の木が約 36 万本も必要ということになります。1 台の風車があるだけでこれだけの環境貢献が出来ることになります。日本でも風車の導入は進んできていますが、現状では 2,000MW (2 百万kW) 程度です。原子力発電所 2 基分程度ですね。

世界全体では、先ほど申し上げたように原発の 170 基分に相当するくらいの風車があります。日本で風車が多いのは北海道、東北地区、それから九州です。関東地方では千葉が多いですね。千葉では、銚子の先に洋上風車を立てるというプロジェクトも始まっており、私はその委員長をやっています。茨城にも少しありますが、栃木、群馬、長野、山梨にはほとんどない。これは内陸部は風が弱いということで、風車が立っているのはほとんどが海に面した場所ということになります。

では、どれくらいの風が吹いてくれれば風力発電が経済的に成り立つかということの説明します。今の風車は、kWあたり 20~25 万円あれば作ることが出来ます。即ち、1,000 kW の風車であれば 200~250 百万円くらいで建ちます。その風車で発電する電力のコストは、風速が 6m 程度であれば 10 円くらい、風速 7m であれば 7 円くらいでしょうか。電力会社を買ってくれるのは 10 円くらいですから、10 円以下で発電できないと黒字にならないのです。自治体が今やっているのは、風速 6m 以下のところが結構多いので上手くいかない。メンテナンスの費用さえ出ない。一方、事業者がやっているところはいい風のところを選んでいきますから、儲けが出て上手くいっているということです。

風車はどんどん大きくなってきており、現在では、直径 126m という大型の風車がドイツにあります。何故、風車をこれだけ大きくするかというと、空気は密度が薄いものですからまとまったエネルギーを作り出そうとするとどうしても風車を大きくせざるを得ないということなのです。また、風車は、風を受けるためにむき出しで設置しなければならない。そのために、雷を受けたり、台風に襲われたりしますが、この点が難点と言えます。

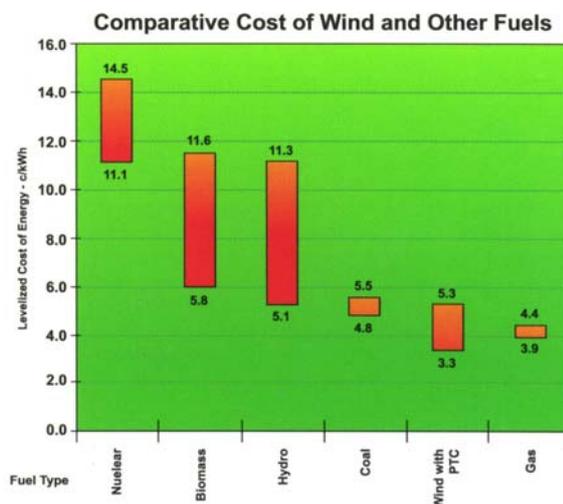
更に、風車の場合には、音の問題があるということです。耳に聞こえる音に関しては、国際基準で風車から 200m離れた所で 45 デシベル以下と決められています。北海道や東北では土地がありますから十分な距離をとって風車を建設できるのですが、最近は、儲かればいいということで人口が多い地域にも風車が建つようになってきたという問題があります。

また、最近問題になっているのは、この可聴音ではなく、例えば、除夜の鐘の後の低周波音のように、耳では聞こえないのですが体を感じる音。不定愁訴などの原因といわれている音もありますが、この低周波音については、現在、環境省で調査を始めています。基本的には、可聴音にしても低周波音にしても、距離を離せばいいのですが、自治体によってはコンサルに丸投げしてしまい、質の悪いコンサルですと、仕事を取りたいために大丈夫だとしてやってしまう。結果、今あちらこちらで問題が起きています。昔、ソーラー発電でも一世を風靡した企業がねずみ講のようないい加減なことをして評判を落とし、それだけで技術はよくても導入が進まなくなったというようなこともありました。非常に情けないことですが、推進する側にてしっかりと技術倫理を確立しないと困ることになると思います。

なお、このような問題から、これからは風車は陸には建てにくくなってくると思います。デンマークでは、景観と騒音の問題から陸には建てられなくなりました。

2-2. 発電種類別のコスト

次に、米国での種類別の発電コストを見てみましょう。米国では、天然ガスが最も安い、ついで風力、石炭、水力（地域によってコストに幅があります）、バイオマス、原子力と続きます。日本の場合には、原子力は安いと言いますが、廃棄物処理のコストを入れないのです。米国はこれを正直に入れているので高くなっている。日本もこのところをはっきりとしなければいけません。後になって間違っていたとか（意識的に）忘れていたというようなことでは駄目です。米国の示しているのが世界の常識であり、原子力発電のコストは高いのです。



さらに、このコスト比較の中に環境コストというものが織り込まれていないのですが、これをどう定量化するかという点が課題です。例えば、CO₂を出さないとか、当該設備の近くに喘息など特定の疾病にかかる人の比率が高いというようなことを定量化して行けば、このコストも更に違ったものとなってくるものと思われます。自然エネルギーが有利な点はそういうところにもあるものと思われます。

2-3. 「WIND FORCE 12」 と風力技術開発

EUには「WIND FORCE 12」という標語がありまして、2020年までに全世界の電力の12%を風力発電で賄おうとしています。デンマークは既に18%、ドイツ・ポルトガルは8%くらい、更にアイルランドは6%行っており、5%以上やっている国が5~6カ国あります。やろうと思えば出来ないことはありません。また、米国のオバマ大統領がグリーン・ニューディールの中で言っているのは、2030年までに米国の電力の20%を風力で賄うということです。

さて、オバマ大統領がグリーン・ニューディールの演説を2回行っているのですが、それは共に風車の工場においてです。どういうことかといいますと、当時、米国の自動車工業がかなり危機的な状況になっており大騒ぎしていたのです。それに代わるものをどうするのかということですが、自動車の部品点数は3万点。それに対して風車の部品は1万点くらいなのですが、一つずつが大きくて、且つ高いものですから自動車以上の価値があるし、また、それを作るのに人が要するということが背景にあります。

風車の心臓部（ナセル）には色々な部品が入っているのですが、日本で大型風車を作っているのが三菱重工、富士重工、日本製鋼所など。その他発電機なども作っていますが、日本は特に、軸受けの技術が優れていて、ジェイテクト、日本精工、NTNの3社で世界のベアリングの6割以上を生産しています。このような日本の優れた技術を更に活かすような国策が不可欠だと思います。なお、日本製鋼所は、この風車以外にも世界の原子力発電所の圧力容器と炉心の60%近くを供給している会社です。昔は、戦艦大和などの直径40cmもある大砲を作っていた。それを作るのに鋼を鍛える技術（鍛鋼）があり、その技術が原子力発電所の炉心や圧力容器に活かされているということです。

3. 太陽のエネルギー

次に、太陽エネルギーの話をしてします。

地球上に降りそそぐ太陽エネルギーは、人類の使用している全エネルギーの1万倍くらいあります。ただ、太平洋に降り注ぐものなどはエネルギーとして使えませんが、より実用的に日本に限っていえば、100倍くらいということですから、この1%でも使えばいいのです。非常に重要です。日本は、日照に恵まれています。日本よりかなり北に位置し日照の条件が悪い欧州各国でも一生懸命太陽エネルギー利用をやっているわけですから、日本はもっとやるべきだと思います。

太陽光発電は、一般の戸建て住宅の屋根に10㎡（発電力3.5kW）くらいありますと、標準世帯で消費する年間の電力（約3,600kWh）とほぼ同じか少し多いくらいの電力を得られます。これを更に進めていこうというのが日本の国策でもありますし、この電力を高く買い上げるといことにもなりましたからよかったと思っています。ただ、現実的には、日本での太陽光発電の導入実績はまだまだ僅かな状態であり、これを伸ばしていかなければならないのですが、このやり方として補助金でやるのではなく、先にご説明しました「固

定価格買取制度」(feed-in tariff) で、できた電力は高く買いますよということにすべきだと思います。

太陽電池の製造コストは、当初は、ガリウム砒素などという高い素材を使っていたのですが、今は安い素材でできるようになったので、大幅に安くなっており、目標に近いのですが、もう少し安くなればいいと思います。なお、世界のエネルギー消費に対してそれを賄う太陽電池システムは、地球上の全砂漠面積の 4%程度があれば可能だと言われています。

4. バイオマスエネルギー

次に、バイオマスの話をします。

バイオマスとは、化石燃料を除く生物資源（草・木・生ごみ・汚泥・糞尿など）のことです。植物は、炭酸同化作用で CO₂ を吸収し酸素を出すという非常にいい機能を持っています。ですから、植物を燃料に使ったとして、これと同じ量を植栽しておけばカーボンが減りも増えもしない状態（カーボンニュートラル）を作ってくれる。まさに循環型社会にお勧めのエネルギーと言ってもいいですね。

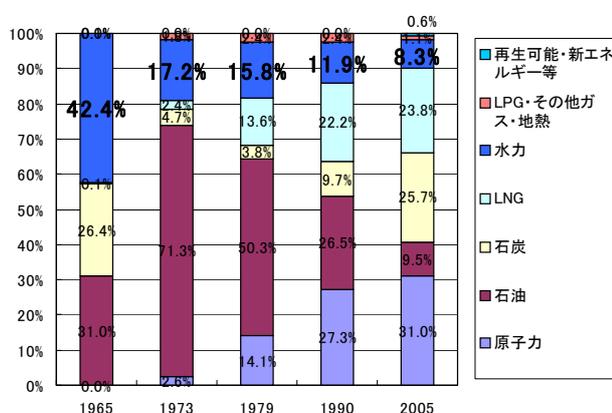
米国ではトウモロコシ（これは本来家畜の飼料用なのです）が、バイオ燃料の方が高く売れるということで、価格が高騰して牧畜業者が困っているという状態が起きています。食べるものを燃料に使ってはまずいのではないかという気がします。日本の場合には、里山をきちっと保全して木炭や薪を作るとか、都市ごみや畜産廃棄物からメタンを作るなどが重要です。

少し森林のことにも触れておきます。フィンランドは「森と湖の国」ということで有名であり、森林が国土面積の 66% を占めるのですが、日本は 67% とフィンランドを上回る森林があります。ただ、日本の場合には地形的にこれらの資源を採りだして利用するということには制限があるのですが、これだけの資源があるのですからこれをもっと利用するということを考えるべきだと思います。

5. 水力・地熱・海洋エネルギー

最後に、水力・地熱・海洋エネルギーについて触れておきます。

昔は、発電については、「水主・火従」といわれて、水力が中心で火力はそれを補うために使っているということだったのです。右図は、わが国の発電電力量構成の推移を示したものです。1965 年当時は水力が 42% 強もありました。これ以前はもっと比率が大きかったのですが、それが石油・



【わが国の発電電力量構成の推移

出典：資源エネルギー庁「平成 18 年度電源開発の概要参考資料（追加）より作成」

ガスと原子力に置き換わって、現在は8%程度でしかありません。日本には3万本の川があり、年間の平均降水量は1,800mmもあります。このような水資源に恵まれた国は世界でも少ないのですから、水力発電をもう少し増やす必要があると思います。包蔵水力という観点から見ると、未だ未開発な利用可能水力がかなり残っています。

*包蔵水力：日本でどのくらいの水力発電が可能かを推定したもの。日本の包蔵水力はおおよそ4621万kWで、未開発なものは1,904万kWと推定されている。(2009年 資源エネルギー庁)

また、日本の川の特徴は、落差が大きく急流であるということで、この特長を発電に活かすべきだと思います。ただ、大型のダムは環境破壊を伴いますので、これは止めるべきだと考えています。現在では、環境負荷の少ない1,000kW程度の小さな規模の水力発電があり、地場電力として開発が期待できるようです。

地熱については、現在、東北と九州を中心にやっていますが、そのほかでもポテンシャルはあります。世界的には、米国が圧倒的に多いのですが、アジアではフィリピンが多くなっています。日本では1996年ころまでは地熱発電量は増えていたのですが、そこで頭打ちになり、最近では発電量は減少しつつあります。その理由の一つは、温泉業者の反対です。即ち、地熱をやればどんどんエネルギーを持っていかれて温泉が駄目になってしまうというのです。しかし、地熱発電の場合には1,500mもの深井戸を掘って蒸気を得る。それに対して温泉の多くの場合には比較的地表に近い部分を利用するので、地熱発電は温泉には影響を与えないのですが、そのあたりをしっかりと温泉業者の方々に説明できていないのが問題だと思います。特に、最近の温泉では、深度が1,000mを超えるものが増えてきておりますので、サイトの実情に応じた定量的な説明が必要でしょう。さらに、地熱発電に適した場所の多くが国立公園や国定公園内にあり、規制があることも開発が進まない原因のひとつと言えます。

波力発電ですが、「マイティホエール」という波動発電システムがあります。これは波の上下運動を効率よく吸収し、空気室への空気の出入により空気タービンを回して電気エネルギーに転換するという沖合浮体式波力装置です。プロトタイプによる実験は終了しています。

フランスには、潮力発電施設があります。これは海と貯水池との間に堤防を設けて、その下の流路に発電装置を取り付け、満潮時には海から貯水池に潮が流れ、干潮時にはその逆に流れるようにします。この潮の流れを利用して発電するというものです。韓国でもこの方式の発電設備を設置しましたので、近く見に行こうと思っています。これは干満の差がなければならないので、日本でやるとしたら有明海なのですが、あそこは別の問題があって難しいと思います。

もう一つ面白い取り組みがあるのですが、深海の温度(4~5度)と海面の温度(24度程度)との差を利用して発電しようという海洋温度差発電です。作動流体にはアンモニアを利用するのですが、僅か20度くらいの温度差があればアンモニアの蒸気が出る。その蒸気を利用してタービンを回して発電するのです。アンモニアを海面と深海の間で循環させ

ることで発電するのです。この技術は日本が一番進んでおり、現在、インド洋で 1,000 kWのものをやっています。ただ、20 度くらいの温度差であれば発電効率は極めて悪く、余り面白くないと思います。また、日本近海では、海面温度が 24.5 度になるのが難しいかなという感じです。

その他には、海流を利用した発電というのがあります。

6. 足利工業大学での取り組み

最後に、私ども足利工業大学の例をご紹介します。

私どもの大学には「風と光の広場」というのがありまして、各種の発電システムがおかれています。そこに、トリプルハイブリッド発電システムがあります。トリプルというと、風、太陽光、そして、木質バイオマスです。風と太陽光は自然任せなので、それらが使えないときの安定的な電力供給源としての木質バイオマスを組み合わせているわけです。原料は、隣接する桐生市の製材所の端材を利用しています。

昔はそれらの端材は自分で燃やして処理することが出来たのですが、現在はそれを処理場まで運搬して処理してもらわなければなりません。それに毎日 10 万円掛かっているようです。私どもではただです。ですから、私達が必要なときに声をかければ喜んで持ってきてくれます。私たちの場合には、近隣の環境を利用しての木質バイオマスですが、バイオマスでなくても、水があるところであれば中小水力発電が安定していていいと思います。

このように、自然エネルギーとコントロール可能な安定的なエネルギーとの組み合わせにより、常に安定的に電力を得ることが出来るのです。これがトリプルハイブリッド発電です。これからはエネルギーも地産地消を考える時代だと思います。遠くで作った電力をロスしながら延々と送電するというようなことは止めなければなりません。各地場にある自然エネルギーを利用してそこでやれることをやればいい。大規模発電を考えるのではなく、コミュニティ発電というような発想でいいのではないかと思います。

また、秋田の企業がやっているマグナス風車というのがあります。これは普通の風車の羽根とは違って、プロペラの代わりにらせん状のフィンを付けたスパイラル円柱翼を使って風車を回す仕組みです。スパイラル円柱翼が回転するときのマグナス効果により風車を回転させるもので、高い発電能力を持つものです。

* マグナス効果：野球やサッカーで回転に伴い球が曲がったり、浮き上がったりする原理のこと。

回転している円柱が風を受けると風と同じ方向の側の風の流れが速くなり、圧力が小さくなる。

これと逆の側は風の流れが遅くなり圧力が増える。

この原理を応用してスパイラル円柱を使用して、風車回転の効率を上げることに成功したものの。

まとめ

最後にまとめとして、日本における再生可能エネルギーにより期待される発電容量を示しておきます。

それぞれの研究機関が発表している数字に基づき、これから開発が可能とされる太陽光発電、風力発電、中小水力発電、バイオマス発電、地熱発電、波力発電などを合わせますと、その総発電容量は102百万kWといわれています。更に、これに洋上風力が50百万kW加わることになり、合計で152百万

太陽光発電	5,000万kW(黒川・浜川による)
風力発電	2,500万kW(JWPAIによる)
中小水力発電	1,200万kW(METIによる)
バイオマス発電	1,000万kW(NEFより推定)
地熱発電	350万kW(NEFより推定)
波力発電	150万kW(国土交通省資料)
合計	10,200万kW
原子力発電	4,820万kW(2010年3月現在)
	6,842万kW(建設予定含む)

【日本における再生可能エネルギーによる発電容量】
kWということです。これに対して、原子力発電は、本年3月現在で48.2百万kW。これに建設予定などを加えると68百万kWくらいですから、これから期待される再生可能エネルギーの発電容量だけで原子力発電の容量を十分に上回っています。ただ、発電量はどうかといいますと、原子力は燃料を投入しますと基本的に継続稼働します（なお、日本の原子力の稼働率は、65%程度です）が、太陽光15%、風力30%というように自然環境により自然エネルギー発電の稼働率は落ちますので、これから開発が期待される自然エネルギーで発電量的には原子力発電と同程度ということができるとおもいます。

持続可能な社会を作るためには持続可能なエネルギーが必要なのです。食料に例をとって考えて見ますと、人類は、大昔は、狩猟・漁労で食料を調達していたのです。これは食料ハンティングであり、常に明日の食料のことを心配しなければならなかった。これではいけないということで「食料の栽培」、即ち、農業を覚えたのです。これでようやく人類は生きのびることが可能となったのです。

これをエネルギーに当てはめて考えてみますと、現在やっていることは、化石燃料のハンティングです。ハンティングするだけに留まらず、環境汚染もやっているのです。そして、もうこれがなくなることが分かってきた。今は過渡期だからということで原子力をやっていますが、これも永続性のあるものではありません。ウランはあと70年しかないといわれています。これを食料の例で考えると、生き延びるためには、「エネルギー栽培型」すなわち、再生可能エネルギーの開発・利用が不可欠ということになります。これができて初めて持続可能な社会ということになるわけであり、私は原子力には持続可能性はないと考えています。

(この記録は、咲田宏氏が作成し、牛山氏にご加筆・ご修正いただいたものです。)

循環型社会とは調和しない原子力発電

2011年3月10日

NPO 法人 循環型社会研究会

2010年度の循環ワーカー養成講座は「循環型社会と原子力発電」と題して6回の連続講座を開催いたしました。これに参加した会員有志12名により2月9日ワークショップを行い、「原子力発電や核燃料サイクルはわれわれがめざす循環型社会や持続可能な社会と調和するものなのか」をメインテーマに議論いたしました。

その結果、放射性廃棄物の処理処分技術が確立されていないこと、喧伝されている温暖化防止効果は希薄であること、ウランが枯渇性の資源で経済性や持続可能性がないこと、多くの原子力関連施設周辺に活断層があること、そのほか労働者被爆、放射能漏洩、事故、テロ攻撃、兵器利用など、生命の脅威につながる問題を多く抱えていることから、原子力発電や核燃料サイクルは、われわれがめざす循環型社会と調和するものとはいえず、できるだけ早期に原子力発電への依存から脱していくべきだという結論に至りました。

一方で現実的な電力需給を考えれば、原子力発電を即時全面的に廃止するのは難しく、すでにある危機として原子力関連施設や使用済み核燃料など放射性廃棄物をいかに安全に運転・管理していくのが重要であることも共通認識となりました。

1.放射性廃棄物の処理処分の技術が確立されていない

「資源の利用は、廃棄物対策が適切に行われることによって初めて正当化される」というのは、元原子力発電環境整備機構理事の増田純男氏の言葉です。循環型社会を考えるときに欠かせない視点として共感できる言葉です。しかし、少なくとも現時点においては、放射性廃棄物の処理処分技術は確立しておらず、原子力発電の廃棄物対策は適切に行われているとは言えません。

原子力発電の使用済み燃料の中から、再処理によって核分裂生成物を取り除き、ウランとプルトニウムをリサイクルするという核燃料サイクル開発は、失敗を繰り返しています。最近では、六ヶ所再処理工場でガラス固化工程の事故・トラブル、「もんじゅ」では燃料交換装置（炉内中継装置 重さ 3.3t）が炉内に落下する事故があり、ともに長期にわたって操業や試験が延期されています。さらにガラス固化した高レベル放射性廃棄物を地下300メートルより深いところに地層処分するという計画については、その処分地の目処が立っていません。

国内 54 基の原子力発電所からは年に約 1,000t の使用済み燃料が排出され、既存の貯蔵プールは満杯になりつつあります。人間が近づけば数秒で死に至り、それが無害化するまでには百万年かかるという高レベル放射性廃棄物をこれ以上野放図に増やすことは許されることではありません。

2.原子力発電の温暖化対策効果は希薄である

グリーン・アクション代表のアイリーン・美緒子・スミス氏が紹介されたドイツ環境省の「世界の原子力産業現状報告 2009 年」によると、今後 20 年間は、運転中の原子力発電所を増やすことはおろか、現在の数を維持するのも現実的に不可能とのことでした。また、アメリカに拠点を持つ「憂慮する科学者同盟」は、温暖化対策はここ 10 年が勝負で即効性が必要であり、さらに低コスト、低リスクの対策が必要だが、原子力は、即効性、コスト、リスク、すべての面で駄目だと結論しているとのこと。

原子力発電のライフサイクルにおける温室効果ガス排出量に関しては、シンガポール大学のベンジャミン・ソブアクール氏による文献調査によると、1.4gCO₂/kwh から 288gCO₂/kwh のばらつきがあり、平均すると 66 gCO₂/kwh だったとのこと。日本の電力中央研究所が 2010 年 7 月に発表したデータでは 20 gCO₂/kwh となっていますが、これに対して足利工業大学学長の牛山泉氏は、アメリカの環境学者レスター・ブラウンなどのデータに比べて過少に見積もっていると指摘しています。われわれとしては、原子力発電を推進する電力会社出資による電力中央研究所の数字を鵜呑みにすることはできません。

日本に原子力発電の火が灯って 50 余年。歴史的に明らかなことは、原子力発電所が増え、その発電量の割合が増えたにもかかわらず、日本の二酸化炭素排出量はむしろ増加してきたという事実です。それは、原子力発電が石油等化石燃料に依存した二次的エネルギーであり、ベース電源として組み込まれることで電力需要の固定化とさらなる需要拡大が進み、一方で再生可能エネルギーの普及が阻害されたことなどに起因していると思われます。

3.ウランは枯渇性資源であり、長期的には経済性も持続可能性もない

循環型社会や持続可能な社会におけるエネルギー資源は、基本的に再生可能なものでなければなりません。しかし、ウランは明らかに化石燃料と同じ枯渇性の資源です。石炭などより早く枯渇することが予想され、その採掘には、深刻かつ長期にわたる環境汚染が伴います。その後の洗練、濃縮などの核燃料製造工程、核燃料としての使用、使用済み燃料の管理などにおいても多くのリスクとコストがつきまといまいます。また、逼迫する財政状況の中、核燃料サイクルを中心とする原子力関連の開発費が、再生可能エネルギーの開発・普及にかけるべき予算や機会を奪っているようにも見えます。

立命館大学教授大島堅一氏の電源ごとの総単価計算によると、原子力は 1kWh あたり 10.68 円と、火力の 9.9 円を超えており、けっして安価なエネルギーとは言えません。同志社大学教授和田喜彦氏のエコロジカル・フットプリントを応用した計算によると、日本の原子力

発電所を耐用年数の 30 年稼働させた場合の総エネルギーコストをウラン鉱山の管理（1 万年間）と高レベル放射性廃棄物の管理（100 万年間）のための投入エネルギーを含めて算出すると、原子力発電所が産出するエネルギーの 16 倍になるとのことです。長期的な視点に立てば、原子力発電はエネルギーの浪費であり、経済性も持続可能性もないということになります。

4.多くの原子力関連施設周辺に活断層がある

柏崎刈羽原発の震災は、地震国日本における原子力発電所の危険性についての大きな警告となりました。そして変動地形学を専門とする東洋大学教授の渡辺満久氏の指摘はショッキングなものでした。島根原発、敦賀原発のほか「ふげん」や「もんじゅ」も立地する敦賀地域、そして再処理工場の立地する六ヶ所など多くの原子力施設周辺に活断層があるというのです。活断層は長いほど大きな地震を起こす可能性があり、渡辺氏は、立地当局によって意図的にその活断層の長さを実際より短く認定する「値切り」が行なわれ、活断層の存在が無視されているケースもあると憤りを込めて指摘されています。

大きな震災被害が予想される活断層の周辺には原子力関連施設を立地しないという安全上当然と思えることが、実際にはなされてない。これを知り、恐ろしさと不安を感じるばかりです。第三者専門家をまじえた調査団による既存施設周辺の活断層を中心とした地下構造の調査実施とその結果の公表、既存原発の耐震強度に関する見直しと必要に応じた補強対策を求めます。

5.再生可能エネルギーによって原子力発電分の電力は確保できる

では、原子力発電に依存しない社会は可能なのかということですが、牛山氏からは日本の再生可能エネルギー（太陽光発電、風力発電、中小水力発電、バイオマス発電、地熱発電、波力発電）の発電容量のポテンシャルは現在の原子力発電の発電容量を超えており、稼働率等を考慮した発電量でも、現在の原子力発電の発電量と同じ程度がまかなえるとの試算を示してくださいました。さらにこれに洋上風力発電などが加わり、省エネルギーや低炭素化、低エネルギー型の生産・生活様式の定着による需要低減が進展すれば、化石燃料の使用を極力抑えながらの「脱原発」も将来的には夢ではないという希望をもつことができました。

6.放射性廃棄物に対するわれわれの責任について

高レベル放射性廃棄物について増田氏は、原子力選択の是非に関わらず、廃棄物問題はすでに存在しており、人間が管理する「貯蔵」より、地球にまかせる「地層処分」にすべきと主張されます。これに対し、原子力資料情報室の山口幸夫氏は、「いったん埋設してしまうと、問題が生じてから回収しようとしても困難であり、あえて実施するには大量被爆を必然とし、危険が大きく、多額の費用がかかる。当面は管理をつづける政策に変更すべ

きである」としています。

地層処分の事業はそもそも 100 年以上かかると言われています。処分地の目処すら立っていない現状では、当面管理をつづけざるを得ず、両者の差はあまりないかのようにも思えます。しかしここで重要なのは「高レベル放射性廃棄物の地層処分」はそもそも使用済み燃料の中から、再処理によって核分裂生成物を取り除き、ウランとプルトニウムをリサイクルするという核燃料サイクルを前提にしているということです。これに対して原子力資料情報室は再処理工場や高速増殖実験炉「常陽」、原型炉「もんじゅ」等の廃止を訴えています。つまり核燃料サイクル政策を放棄せよということです。

我々としては、原子力発電の恩恵を享受している世代として、放射性廃棄物に責任をもたねばならないと考えます。われわれの世代でなんらかの結論を出し、処分に着手するためには、筋の悪い現状の核燃料サイクル技術システムにこだわることなく、使用済み燃料をそのまま、現有原子力関連施設のサイト周辺の最も安定した地盤・地層における長期管理または処分が検討されるべきと考えます。それは現有サイト周辺の活断層を含む地盤・地層の再確認にもつながり、原子力関連施設の安全性に対する信頼を増すためにも、また、放射能汚染を他の地域に拡大しないという観点からも有効です。また、その管理地・処分地の決定は科学的安全性がすべてに優先する基準であり、経済的インセンティブや政治的かけひきで決定すべきことではありません。ぜひいまこそ変動地形学、地質学、地震学、火山学、鉱物学、地球科学などの専門家の英知を結集し、その場所を国民に納得できるかたちで示していただきたいと思えます。

7.原子力発電の輸出や新規サイト開発はすべきではない

現在日本では官民共同による原子力発電施設の海外での受注活動に熱心です。しかし、放射性廃棄物の処理処分の見通しが立たない原子力発電技術は、いくら海外諸国に比べ安全性や技術水準が相対的に高かったとしても、輸出すべき技術ではありません。

科学技術や安全管理の水準が高い日本においてさえ、原子力発電は先述したさまざまな問題を抱えています。それを安全管理に不安のある途上国に輸出するというのは、核兵器の惨禍に苦しんだ日本が、途上国に対して恐ろしい事故や放射能汚染の惨禍を撒き散らすことになりかねません。政府及び業界関係者には慎重な行動を期待します。

国内においては、放射性廃棄物や放射能汚染地域をこれ以上増やさないという観点から、原子力発電所の新規立地は抑制し、現有サイト内の老朽化した施設の更新にとどめ、新規地域での立地は中止すべきと考えます。

ただし、現有施設を安全に運転する責任はわれわれ世代にあり、放射性廃棄物の安全管理は将来世代にわたる気の遠くなるような作業です。そのための不断の技術開発や技術要員の育成は将来にわたって継続していかなければなりません。

原子力安全基盤機構技術顧問の松本史朗氏は、技術は社会環境の変化に対応して修正されなければ死んでしまう。核燃料サイクルは地球環境問題などへの事後対策ではなく事前

対策として検討されてきた、と指摘されています。いまこそ、原子力発電や核燃料サイクル技術には、人類史の破局を防ぐ事前対策として社会環境の変化に対応した修正が必要と考えます。