

環境学講義内容における原子力発電の環境保全面での 有効性と環境負荷の教授に関する教育研究（3）

勝田 悟^{*1}・藤野裕弘^{*2}

1. はじめに

原子力発電によるエネルギー確保においては、リスクを踏まえて、技術の進展及び法律による規制、並びに原子力安全委員会のガイドラインに基づく各地域の環境協定（都道府県，市町村，地域住民及び地域外の原子力発電慎重派等）がバランス良く運営される必要がある。また，源原三法等による高いリスクを負うことになる発電所周辺住民への利益の還元（交付金等）等も複雑に関係しており，分離融合型の問題といえる。また，メリットにおいては，発電時に主要な温室効果ガスである二酸化炭素を排出しないと言った面があり，京都議定書の遵守，ポスト京都議定書の実施においても重要な技術となっている。また今回，注目する使用済燃料については，一回の再処理利用（プルサーマル）においてもウランエネルギーを約1.5倍にする可能性があり，高速増殖炉が成功すれば理論的には国内に約7000年分のエネルギーをもてることとなる。したがって，経済面においても高い注目を集めている。これらを総合的に検討するには，分離融合の視点が不可欠である。

また，本研究が始まる直前の2011年3月に東日本大震災による福島第一原子力発電所事故が発生し，発電所周辺への放射性物質による汚染が極めて大きな問題となり，本事故を踏まえての視点を急遽加え研究を進めた。

他方，本教育研究は，2年間継続して実施きたものである。初年度は，濃縮ウランを利用した原子力発電を中心に教育研究を進めてきた。技術の発展，エネルギー資源不足，及び開発途上国の急激な経済成長は，原子力発電の原料であるウランの枯渇も早めている。この結果，地下深くに埋まっていた放射性物質（放射能をもった物質）を大量に地上に存在させてしまい，潜在的な環境リスクを高めてしまっている。また，エネルギー需要と資源の減少は，エネルギー資源の高騰を招き，国際的な経済問題及び他のエネルギーの大量使用による別の環境問題も発生させている。しかし，エネルギーは人類にとって不可欠なものであり，生活レベル等を低下させて，需要を減少することは不可能に近い。この対処として，エネルギー効率の向上は，現状では極めて重要といえる。但し，原子力発電の発電効率の向上は，安全面の確保の面から

提出日2012年9月26日 受理日2012年11月28日

*1 教養学部人間環境学科社会環境課程准教授 *2 教養学部人間環境学科自然環境課程教授

困難である。したがって、大量のエネルギーを秘めている使用済燃料を効率的に安全に利用することが合理的であると、2年間の研究結果としての結論を得た。しかし、前述の福島第一原子力発電所の事故により、原子力発電に慎重な意見が強くなり、政府のエネルギー政策等の大幅な転換も必須の状況となった。

これら現状を踏まえて、本教育研究の最終的な課題である使用済燃料の今後のあり方について、調査研究を行い、環境政策、環境法、環境戦略の面から、講義、研究指導に役立てた。具体的には、発電現場、制作現場への調査、及び大学院生または学部生とのフィールド調査に基づく議論、座学講義での学生の反応も適宜考慮し、研究内容を深め、検討を進めた。

2. 研究結果

2. 1 概要

本調査研究では、BWR（沸騰水型原子炉）及びPWR（加圧水型原子炉）の原子炉をもつ原子力発電所、原子力災害（緊急時）に関する地方公共団体（県庁防災機関）へのフィールド調査（ヒアリング調査）に基づく現状分析及び文献調査を行った。

①御前崎市役所企画財政課原子力政策課

ヒアリング調査内容：浜岡原発停止について

2011年9月5日

②中部電力浜岡原子力発電所

ヒアリング調査内容：浜岡原子力発電所全面停止と震災対策について

2011年9月6日

③日本原子力研究開発機構 もんじゅ

ヒアリング調査内容：高速増殖炉の今後

2011年9月14日

④関西電力大飯原子力発電所

ヒアリング調査内容：大飯原子力発電所の地震、津波対策等

2011年9月15日

⑤四国電力伊方原子力発電所

ヒアリング調査内容：伊方原子力発電所の現状と今後

2012年2月27日

2. 2 調査結果及び分析

2. 2. 1 御前崎市役所

－浜岡原発停止について－

(1) 概要

2011年4月から原子力対策課が原子力政策課になった。

当該課には2名の人員のみで行っている。1名は、原発から4km、1名は、3kmで原発の見えるところに住んでいる。

当該担当者は、2011年3月11日の東日本震災の津波で被災した東京電力福島第一原子力発電所周辺の市町村（福島県大熊町、双葉町）を調査してきた。避難者の避難先の確保や移動等は、実際は市町村が行っており、国、県は直接的な対処は行っていない。

※ 御前崎市の概要及び原子力発電所立地の経緯は、公表資料「御前崎市と原子力発電所」（平成23年9月5日）に記載されている。

・人口：35,573人（平成23年9月1日）

（浜岡町：平成16年－約24,000人）

等

(2) 原子力発電所立地を受け入れた理由

昭和42年に浜岡町「条件付き受け入れ」を表明した。

浜岡町は、農業が中心で、立地を考える企業はなく、働く場があまりなかった。

福島のように原発受け入れを要請したわけではなく、受け入れる用意があることを表明した。

平成11年以降は、地元住民2000人以上が原子力発電所及び協力企業に働いている（約45%）。中部電力も地元企業や地元在住者の雇用に努めている。

平成23年8月1日現在で、発電所従業員2759人の内、1233人（45%）が地元住民、隣接3市で、707人が発電所内で働いている。

御前崎市の一般会計は、167.8億円で、原発関係の固定資産税及び交付金を合わせて、71億円である。

昭和49年に原発完成以降（昭和50年から運転以降）、当時（S50～）浜岡町及び御前崎町時代から平成19年度まで、電源三法に基づく交付金として、約261億円が支払われており、公共施設の整備事業が行われている（1号機から5号機）。

・電源開発促進税法

・特別会計に関する法律

・発電用施設周辺地域整備法

〈浜岡原発の総発電量〉

…約500万kW

(3) 耐震と全面停止

3, 4, 5号機は、現在1000ガル¹⁾に耐えられる構造にリプレイス（改造）している。1, 2号機は、まだ使用可能であるが、古いため（昭和50年から運転（1975年～））、商業炉として初めて廃炉にした。施設した6号機（136kW）はまだ操業許可は出していない。プルサーマル

に関しては既に市として受け入れをしている。

5月に総理が突然、浜岡原子力発電所の全面操業停止の要請を御前崎市に伝え、5月14日に一方的に操業停止になった。市長への要請は、午後6時半に伝えられ、30分後の午後7時に政府発表となった。市としては、突然、法人税等収入が無くなり、財政が急に苦しくなった。おそらく市民税も上げざるを得なくなるだろう。

・・・地域への影響が大きい。(国は地域への影響を考えていない)

6月に市の補正予算を計上した。原発6号機は、初期対策として、1億4000万円、立地可能性調査として9億8000万円が認められた(原発を止めたための対処だろう)。しかし、プルサーマルで支給されるはずだった4800万円は、3月31日現在の状況の確認後確定するため、今回は配布が見送られた²⁾。

・原発が止まったため、核燃料税、商業運転関係の税等市の収入が減額となったが、交付金に関しては政府が一方的に原発を止めたため、稼働しているときと同額の交付金を支給することを認めた。国策で作り稼働した原発であるので、交付金交付は当然である。

・・・絶対の安全は無いことは。市町村、(県)は、最初から認識している。

・・・注釈……………

1) ガル

Gal 加速度をあらわすCGS単位で、おもに地球物理学でもちいられる。1ガルは、1秒間に秒速1cm(= 1×10^{-2} [m/s²])の速度変化を生じさせる加速度である。単位記号には「Gal」がつかわれる。ガルという名は、イタリアの物理学者ガリレオ・ガリレイにちなんでつけられた。

2) 担当者の考え方

原子力発電はコストが安価なため、原発停止は、国民の電気料金にも大きく影響するはずである。中部電力の原発発電コストは、1kWhあたり5.5円であるが、水力となると11円となる。100万kWの原発で、1時間のコストは550万にしかない。

(しかし、このコストには、廃棄コスト、無駄(一度発電するとなかなか止められない)及び安全・リスクに対するコスト、さらに研究開発コストが含まれていないため、そのまま受け止めることはできない。)

(4) 全面停止による地域への影響

商工会では、そもそも経済が停滞していたため、大きな影響は現在のところでない。宿泊施設(メンテナンス等の季節作業員)に影響が出ていると思われる。

地域の大手企業であるスズキ自動車の主力工場が、電力不足のため外国等への工場移転(リスク分散)を検討しており、工場が閉鎖されると地域への経済損失は極めて大きいだろう。

しかし、市民は比較的落ち着いている様子である。

〈原子力政策課への反応〉

これまでに約900件のメールまたはファックスがあった。そのうち7%(63件:キケンを懸念)のみが御前崎市民のものである。海外からは、ドイツ、イタリアから多くあった。緑の党など同じ機関から莫大な量のものが一度に届いたものもある。海外メディアでは、ブルーグバ

ーグからのインタビューもあった。

メール等の意見は、名前を名乗らない人が多いので、返事が出せない場合が多い。市民のヒトで住所等がわかる人は、返事を出している。市民は一概に原発を止めることを要求してくるわけではない。原発廃止について東京都や神奈川県から同じ人が10通まとめて出してくる場合もある。

石原知事は、市役所内で50分間交付金について非難を言っていた（TV 放送）。

5月5日には海江田経済産業相が視察に来て、国会議員が複数来たが、ほとんど説明は聞かないまま帰って行った。

市の説明会（中部電力主体が多い）を行っても、県外の原発反対派の人が沢山これ、非難が強く説明会にならない場合がある。市民だけを対象にしようとしても、過激な反対派がどうしても入ってくるので、苦労が多い。

（5）リスクに関して

（安全性という表現は使うが、リスクという言葉は全く使わなかった。）

原発推進は、国の政策で行っているものであるもので、安全性は国で対処すべきである。

津波による被害を防ぐことは無理である。事故後に原子炉の冷却が維持できれば、安全は保たれると思っている。

原子力発電所は、プルサーマルも含めて必要なものだと思っている。しかし、増設に関しては何ともいえない。

今後は、国の安全性（原子力防災）に関してのハードルは拡大すると考えている。

EPZ（Emergency Planning Zone）が10kmから30kmになると、現在の4市から9つの市町村が含まれることになり、焼津市や磐田市など大きな市も含まれることになり、避難等が困難となるだろう。御前崎は、長野県飯田市と友好関係にあるため、問題が発生した場合、飯田市のホテル等に避難を考えている（具体的には、市役所の防災課の担当：原子力政策課ではない）。しかし、地震では飯田市も被害を受けることもあり、実際には避難できるかどうか不明である。（保安院の緊急対策は？）

SPEEDIの開示が十分にされていないことが問題である。いいだて村、浪江町では、避難に非常に苦労している（住民の県外移動等の把握も行っている）。

津波の災害は、時間的余裕がないが、原子力災害は時間的余裕がとれるため、対策は可能と考えている。

静岡県では、今後計画を立てていく予定である。佐賀県、玄海原子力発電所では、避難の方法がほぼ決まっている。

（6）もんじゅ及び新エネルギーについて

もんじゅに関しては、核ゴミの処理が確実にできなければならない。

風力発電は、御前崎市にある施設近くの住民が、既に30件ほど高周波に悩んでいる報告がある。この被害から避難するため既にホテル暮らしを行っている人もいる。太陽光は効率が悪すぎると考えられる。

(7). その他

原子力発電に関する啓発（教育）として、小中学校の児童、生徒を対象とした見学会を行っており、愛知県のエネルギー放射能監視センターなどもいっている。放射能測定に関しては小中学校の親の関心も高い。

2. 2. 2 中部電力浜岡原子力発電所

－浜岡原子力発電所全面停止と震災対策について－

(1) 原子力発電の必要性

わが国は、エネルギー資源に乏しく、自給率が非常に小さいため大きなエネルギーを生み出す原子力発電は必要である。

・100万 kW の発電所を 1 年間運転するために必要な燃料

ウラン	21 t
天然ガス	95万 t
石油	155万 t
石炭	235万 t

⇒エネルギー密度が極めて高い。

ウランは、現在、環境中に0.6%存在していない。

(2) 温排水について

浜岡原発では、冷却用の海水を取水口から毎秒80～90t 取り入れ、排水時には、約7℃上昇した状態で排水している。排水溝は、沖合600mのところにある。環境にはほとんど影響がないと考えられている。

(3) 放射能について

放射能は、水1mを通過すると、その線量は1/1000になる。

2mになると1/1000000になる。(2乗に比例)

原子力発電所の放射能の防護

- ①ペレットの状態、周りを被覆して一次防御している
- ②燃料棒？ ジルコニウム化合物酸化（ジルコミウム）：ジルカロイ
- ③圧力容器（シュラウド：炉心の燃料集合体を包んでいるステンレス製の円筒）
- ④格納容器
- ⑤建家

(4) 津波・地震について

浜岡原子力発電所の海側には砂丘（18m）があり、自然の津波の防波堤がある（通常の原子力発電所には、ウラン及び放射性廃棄物運搬用に港があるが、浜岡にはない。御前崎港から陸路で運搬している：燃料棒に関しては、神奈川県横須賀の工場から燃料棒に封入した形で運搬されてくる）。また、遠浅の海であるので、大きな津波が発生することはないとの科学的な知見がある。深いほど大きい津波がくる。

地震については、今までは600ガルまでの耐久性を確保してきたが、改造工事（リプレイ

ス)により、1000ガルまで耐えられる構造に変更した。安全性を優先した結果である。

1号機2号機は、まだ使用できる状態であるが、地震対策等困難なことから、日本では商業炉として初めて廃炉とした。廃炉にして、安全な状態になるまで約30年を要する予定で、平成40年頃まで作業が続く予定である。

(5) 原発立地の経緯

原子力発電所を作る際は、通常は電力会社から立地したい地域(複数)に打診をして、受け入れを承諾した場所に立地を進めていく方法をとる。浜岡は、原子力発電所に隣接して港(燃料及び核廃棄物の搬入搬出)がないため、あまり適した場所ではなかった。

昭和42年(1967年)に立地の計画をしている際に、浜岡町の漁業協同組合が反対の意思を表明して、立地が困難になった。

・原発は、立地先の地域住民の理解を得ることが最も優先される

(6) 津波対策の詳細

浜岡では過去の地震を調べると365ガルのつよさ(加速度)のものが最も大きいため、既存の600ガルの耐震性でもよいが、さらなる安全性を追求して1000ガルの耐久性に変更した。

浜岡では、科学的に考えてマグニチュード9(M9)は、起こりえないとの結論に達している。M8.7でも十分の対策といえる。

〈対策〉

対策の要約

①防水壁

②浸水防止(原子炉内への海水進入防止)

この2つの対策で福島の災害での対策として十分安全が確保できる

③冷却機能を確保

高台に炉内の二次電源とは別にガスタービン発電機を設置する予定

④中央制御室を自動のみではなく、手動でも動けるようにして液体窒素なども使用できるようにする。

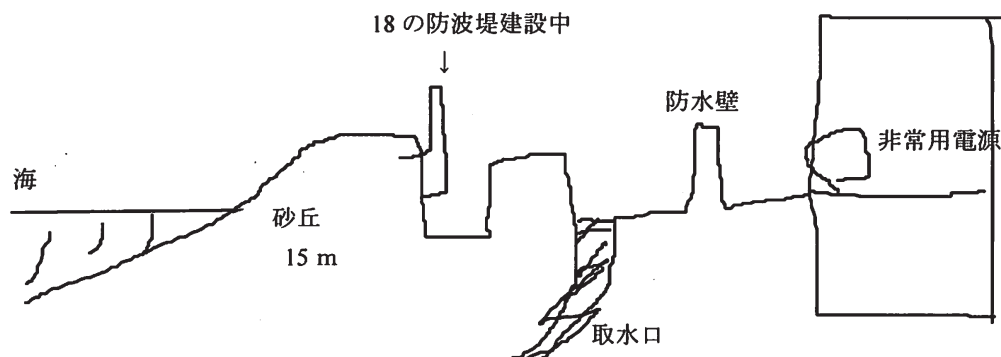
現在、①～④の工事を行っている。

18mの防護壁の建築が最も大変である(コストも大きい)

2012年12月に完成予定

これら対策費用全体で1000億円を要すると試算している。

①50万 kW 及び20万 kW の外部電源を設置している。ガスタービン



②

⇒ 現在考えている原子力発電所（原子炉）は、サブマリン構造と読んでいる

③現在、二次電源等が到達しなくなったときに、既存の蓄電池で8時間（数時間）の冷却機能を維持できるようになっているが、今後蓄電池を大きくして1週間程度の供給を維持できるようにしようとしている。

・冷却することが最も重要

※ 二次電源には、腐食性が少ない燃料電池が適切ではないかとの質問をしたが、技術的によくわからないとのこと（ガスタービンは劣化するのでは？）

7月22日に把握できるかぎりの情報（東京電力及び政府は、正確な情報をあまり公表していないので検討が困難）で、リスク分析をして対策を考えた結果を出している。

例．福島第一発電所事故での問題点

原子炉では異常状態になると制御棒が挿入され、（中性子が吸収され）新たな核反応が生じなくなるが、核反応物質の崩壊熱が出続けるため、水等で冷却する必要がある。

福島第一では、二次電源装置（ディーゼル発電機）が津波により破壊（機能を失った）されたため、蓄電池による冷却が行われたが（実際にはよくわかっていない）、蓄電池の電力量が8時間でされ压力容器内の温度が異常状態へと上昇していった。その後海水等水による冷却が始まった。二次電源は地上にあるべきものだったが、地下にあった。

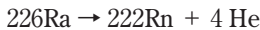
放射性物質は先に説明したように水で大きく遮蔽できるため、水の存在は重要である。燃料棒が入っているプールも水で満たされている。燃料棒は、ジルカロイという合金（酸化ジルコニウム）でできており、水に浸されている。放射性物質の拡散も防止できる。

…… 参考 崩壊熱 ……………

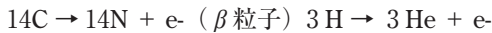
壊変 (崩壊)

放射性核種が放射線を放出して壊れていくことを壊変 (または崩壊) とよぶ。壊変は、放出する放射線の種類により大きく3つに分けられる。

① α 壊変: α 粒子 (α 線: He の原子核) を放出して原子核が壊れていく。このとき、元の原子核は原子番号が2つ、質量数が4つ小さくなった原子核になる。



② β 壊変: β 粒子 (β 線: 電子のこと) を放出して原子核が壊れていく。このとき、元の原子核は原子番号が1つ大きくなった原子核になる。



③ γ 壊変: γ 線 ($\rightarrow$ 放射能) とよばれる X 線より強いエネルギーの電磁波を放出して原子核が壊れていく。原子番号、質量数に変化はない。 α 壊変, β 壊変にともない生じることが多い。

マントル対流説では、岩石中の放射性元素による崩壊熱で熱対流が生じ、それにひきずられてマントルにうかぶ地殻も移動したとして山脈や大陸移動を説明した。この説は、その後のプレートテクトニクス理論の先駆けとなった。

……………

(7) シビアアクシデント対策

- ① 中央制御室を使用できるようにする。
- ② 水素爆発対策として天井に穴を開ける
- ③ 構内等通信手段を確保する。

PHS など

防災体制は、総合災害に対して行う

地震, 津波, 原子力災害

- ・ 東京電力から詳細な状況の正式な発表が未だない
(電力会社等の中央防災会議で)

(8) 原子力発電所停止によるデメリット

- ・ 節電の要請 夏の一番暑いときに企業に協力を望まなくてはならなかった。
- ・ 停止していた火力発電所 (石油, LNG) を再稼働させ, 燃料費及び試験運転など, 新たに2500億円のコストを生じた。……火力では排煙, 二酸化炭素を大量に排出
- ・ 中部電力では, 新たに生じたコストについて, 企業努力で, 電気代の値上げで対応することはなかった (高い値段にすると企業が外国に移転するなどデメリットが生じる)。しかし, 3年は耐えられるが, その後は電力価格を上げるしかないだろう。

日本では, 脱原発は現状では困難である。

未だ, 十分な代替電力がない。

(9) 一般公衆, 行政

わが国は, エネルギーが自給率が低いため, 国策として原発再開の政策を打つべきである。新聞の論調が各社によってかなり違っている。これにより世論も大きく動くため注意を要する。

・国会議員は沢山見学にくるが, 積極的な質問はない。

・浜岡原発ストップは, 事前に何の連絡もなく, 地元にも相談が全くなかった。政府の一方的な判断で, 問題である。

(10) 外国からの見学者の意見

中国は, 総理の要請で止めた原発に対して, 止める必要がなかったのではないかと冷ややかな意見である (商業炉の1, 2号機の廃炉も批判的)。まだ使えるものは使った方がよい。

外国人は, 国策で行っていた原子力発電を簡単に止めることにほとんど疑問に思っているようである。

ベトナムは, これから原子力発電を建設していく計画であるため, PR館を作りたいとの考えから, 見学に来ていた。

2. 2. 3 日本原子力研究開発機構 もんじゅ

- 高速増殖炉の今後 -

(1) 原子力エネルギー開発の動向

①インド

トリウム (232) に中性子を照射し, 核分裂性のウラン233に励起させ, 原子力発電を考えている。しかしこの方法は技術的に非常に難しい。

… 参考1 ……………

トリウム Th

天然に存在するトリウムの同位体は, トリウム232のほか5種がある。トリウム232は約140億年の半減期でラジウム228に変化し, さらに原子核崩壊をくりかえしたのちに, 最終的には安定な鉛の同位体, 鉛208となる。原子炉内でトリウム232に速度のおそい中性子線を照射すると, 核分裂性のウラン233に変化することから, トリウムは核燃料として有望視されている。従来の原子炉は非分裂性のウラン238に速度のはやい中性子を照射して, 分裂性のプルトニウム239を生みだす方式だが (原子炉内の反応, 及び高速増殖炉による発電), このウラン・プルトニウム核燃料サイクルにかわるトリウム・ウラン核燃料サイクルの研究が現在おこなわれている。トリウムの利用が検討されているが, トリウムの核燃料が実用化された場合, 石炭, 石油, 天然ガスの何倍ものエネルギーが, トリウムによってまかなわれることになる。

金属トリウムは耐熱マグネシウム合金 (→ マグネシウム) に添加されるほか, 光電管, 放電管の材料に利用される。酸化トリウムは電球のフィラメントや電極に, また触媒として利用されることもある。

元素記号 Th。原子番号90。原子量232.0381。周期表3族のアクチノイドに属する。融点

175℃

②中国

2万5千kWの高速増殖炉実験を終了し、ロシアよりプラントを購入し、近い将来高速増殖炉による商業発電を計画している。

もんじゅにおいて、研修を受けた人材も当該プラントで活躍している。現在は中国は自力で研修を行える（経済的にも、技術的にも）が、日本に多くの初心者及び関係者が見学及び研修者を送ってくる。

③核融合

トリチウム（三重水素）[または二重水素：重水素]に中性子を照射し、DT反応等によって、プラズマにより高温（エネルギー）を得る。しかし、プラズマのコントロール等が困難で、実用化、普及は進んでいない。

低温核融合（水素－水素）（参考3）は、現状は？

… 参考2 ……………

トリチウム Tritium T

三重水素ともいう。原子核が陽子1個と中性子2個で構成されている、水素の放射性同位体。水素やジュウテリウム（重水素）とくらべると、融点、沸点などの物理的性質は多少ちがうが、化学的性質は似ている。半減期は12.33年で、ベータ線を放射して崩壊し、質量数3のヘリウム3に変化する。人工的につくるには、ジュウテリウム化合物に高エネルギーの重陽子を照射する。重陽子とは、ジュウテリウムの原子核で、陽子1個と中性子1個からできている。ほかの合成法としては、リチウムの同位体リチウム6に中性子線を照射する方法などがある。

自然界では、大気圏の上層で、宇宙線の中性子が窒素と衝突して生成される。そのため、雨水には微量のトリチウムがふくまれている。また核実験などによっても大気中に放出される。

トリチウム核融合反応の原料となり、反応の際には膨大なエネルギーが放出されるため、水素爆弾にはかかせない。濃縮ウランなどの核分裂から生まれるエネルギーを利用する現在の原子炉にかわるものとして、ジュウテリウムやトリチウムを原料とする核融合炉の開発が国際的にすすめられている。

トリチウムはトレーサーとして、化学、生化学の研究に利用される。たとえば、有機化合物の反応を解明する場合、有機化合物の一部の水素原子をトリチウムでおきかえて標識とする。トリチウムは放射線を放射するので、化学反応によってもとの化合物が別の化合物になっても、トリチウムを追跡して化学反応機構をしらべることができる。トレーサーとしては、医薬品、食品などの生物体内における代謝の研究にも広くつかわれている。またトリチウムには、放射線をだして崩壊する性質があるため、年代測定（→年代測定法）にも利用される。

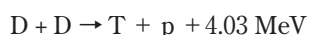
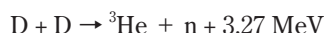
化学記号 ${}^3\text{H}$ またはT。質量数3。

… 参考3 ……………

核融合

質量数の小さい（軽い）2つの原子核を衝突・融合させて、より質量の大きい（重い）原子核をつくりだすこと。原子核どうしを衝突させて、原子核を融合すると、理論的には、1回の核融合につき、100万電子ボルト（MeV：電子ボルト）のエネルギーが放出される。これは通常の化学反応における原子1個当たりが放出するエネルギーの約100万倍にあたる。核融合はよく「地上の太陽」とよばれている。太陽などの星でおきている核融合を地上でおこして、その際に放出されるエネルギーを発電に利用しようというのが、核融合発電である。

核融合反応としては、質量の小さい水素の同位体である重水素（ジウテリウム、 ^2H または D ）と三重水素（トリチウム、 ^3H または T ）を融合させて 4He （ヘリウム4：→ヘリウム）と中性子（ n ）をつくる DT 反応が、低い温度（最大7億℃）で反応するため比較的容易で、とりだせるエネルギーも大きいとして、もっとも有力視されている。 $\text{D} + \text{T} \rightarrow 4\text{He} + \text{n} + 17.8\text{ MeV}$ ほかに、重水素どうしから ^3He （ヘリウム3）と中性子、あるいはトリチウムと陽子（ p ）をつくる DD 反応や、重水素と ^3He から 4He と陽子をつくる $\text{D}-^3\text{He}$ 反応があるが、これらの場合、トリチウムという放射性物質の取り扱いがむずかしく、中性子の発生がさげられない（ $\text{D}-^3\text{He}$ 反応でも、DD 反応が同時におこるため、中性子が発生する）。



この2つの反応は、ほぼ同じ確率でおこる。そして、生成された ^3He と T とが反応する。



中性子が発生せずに放射性物質の関与しない核融合としては、陽子と ^{11}B （→ホウ素）から 4He を3つつくる P-B 反応などがあるものの、反応率が最大となる温度が25億℃と高く、実現性は低い。 $\text{p} + ^{11}\text{B} \rightarrow 3(4\text{He}) + 8.68\text{ MeV}$

⇒技術的にコントロールが難しい・・・

核融合を実現するには、プラズマとよばれる状態を1秒間以上にわたり保持することが必要となる。プラズマとは、原子核とその周りをまわっている電子がばらばらになってとびまわる状態をいう。原子核はプラスの電気をもっているので、原子核どうしがたがいに反発しあって融合してくれない。そこで、原子核がはげしくうごき、反発する力をふりきって衝突するように、数千度以上の超高温でプラズマ状態をつくりだす。

核融合で生じたエネルギーの一部は、プラズマ粒子の拡散やアルファ線、ベータ線などの放射線（→放射能）として外部ににげだすために損失分となる。したがって、プラズマ状態を持続させるためには、この損失分とつりあうエネルギーを外部から注入しなくてはならない。こうした外部からのエネルギー注入により核融合反応を維持できる条件のことを臨界プラズマ条件（ローソン条件とも）という。さらに、外部からの注入エネルギーがなくても核融合反応を持続することができるようになる条件のことを自己点火条件とよんでいる。

○トカマク型は1950年代に旧ソ連のクルチャトフ研究所で開発され、以後の実験装置の主流となっている。イギリスには EU（ヨーロッパ連合）9カ国が共同開発をすすめる JET（Joint

European Torus) があり、83年から実験を開始している。日本では茨城県那珂町（現、那珂市）にある日本原子力研究所の JT-60 が 85 年（昭和 60）に完成し、89～91 年（平成元～3）には性能を大幅に向上させる改造（JT-60U）がおこなわれた。98 年 6 月に、プラズマ温度 1.9 億℃、閉じ込め時間 1.1 秒という臨界プラズマ条件を達成している（重水素だけの実験で、半分をトリチウムと想定しての解析値）。ほかにも九州大学の TRIAM-1M などがある。

1993 年、ニュージャージー州のプリンストン大学の研究者が、トカマク型反応炉で核融合の実験に成功している。反応炉内の温度は太陽の中心温度のおよそ 3 倍に達した。トカマク型反応炉では、巨大な磁石により高温高压のプラズマを閉じこめている。水素が核融合をおこなうときに莫大なエネルギーが解放される。

○ヘリカル型は 1950 年代初頭にアメリカのプリンストン大学で研究がはじめられ、日本では岐阜県土岐市にある大学共同利用機関法人・自然科学研究機構（NINS：National Institutes of Natural Sciences）の核融合科学研究所（NIFS：National Institute for Fusion Science）に大型ヘリカル装置 LHD（Large Helical Device）などがある。ミラー磁場方式は、70 年代末に開発された改良型のタンデムミラー（複合ミラー）方式が主流となっていて、日本では筑波大学プラズマ研究センターの GAMMA10 などがある。慣性閉じ込め方式（レーザー核融合）は、日本には大阪大学レーザーエネルギー学研究センターの激光 XII 号や独立行政法人・産業技術総合研究所の Super-ASHURA がある。

.....

④福島第一原発の事故による原子力発電所停止の代替措置

火力発電所での代替が進んでおり、石油、石炭、天然ガスなどの燃料でも、燃焼できる炉が開発され、使用されている。この目的は、化石燃料は、近年、国際的なファンドにより、値段操作が行われる（マネーゲーム：値段の変動の時間差により儲けを得る：上がる前に一瞬に買い、高くなるとすぐ売る）ため、そのヘッジを行っている（リスク回避）。

⑤海水からのウランの採取

海洋全体からウラン 43 億トンが現在採取可能であるが、3 ppb の濃度であるため、吸着等（細い繊維による吸着など開発）で濃縮する技術などで対処しようとしているが、全くコストが見合わない。他の貴金属（金など）、レアメタルなどの回収を同時にしてコストの対処を考えている。

（2）もんじゅ

原子力発電所の原子炉で燃えているウランは、0.7% しかない存在しないウラン 235 のみを利用しているため、世界ではあと数十年で燃料が枯渇することとなる。高速増殖炉では、残りの 99.3% を占めるウラン 238 に高速中性子を吸収させプルトニウムを燃やすため、大量の燃料が得られる。この燃料で発電が可能となれば、ウラン全体を燃料することができ、数千年のエネルギー源を得られることとなる。（最終処分されることとなる高レベル放射性廃棄物が利用可能となる）

もんじゅ（高速増殖炉の原型炉）は、実用化のための可能性を確認するための原子炉であり、

実験炉である。もんじゅの発電によりさまざまなデータを収集し、研究開発を実施している。

もんじゅは、PWR型の発電を行っており、BWRに比べ、熱交換器等多くの部品を必要とし、熱効率も低いが、放射能汚染等リスクは少ないメリットがある。いわゆるシステムの安全性が高い（リスクが低い）ことに注目した。

通常のPWR原子力発電所では、一次系統での加圧により160～170気圧に調整し（沸騰しない水は280℃となる）、二次系統のパイプ（熱交換しているため、放射性物質はなく放射線管理区域ではない）は、60～70気圧に保たれ、280℃の蒸気をタービンに供給することとなる。

もんじゅでは、一次系統で冷却材（熱媒体）は、ナトリウムを利用し原子炉で熱を得る。この冷却材は放射能物質となっている。この後、通常原子炉と同様に二次系統の配管のナトリウムに熱交換器によって熱が伝えられる。この二次系統のナトリウムには、放射能は得ていない。その後さらに三次系統の水に熱交換器・蒸気発生器によって、熱が伝えられ、130気圧483℃で水蒸気を生成させ、タービンを回し発電している。タービンを回した後は、この蒸気を復水器（タービンの下の部分にある）で30℃まで冷却（圧力は急激に低下）され、また熱交換器へと送られる。もんじゅは、30万kWの発電能力がある。タービンは、30万kWの火力発電所と同様である。ゆえに、軽水炉専用の機器を使用している。

復水器には、13764本のチタン配管が設置されており、約2～3割は余裕を持たしている。もし、配管にピンホールや破損が生じた場合は、両側に栓をして不使用にする。

ナトリウムは熱伝導がよく、冷却材に適している。100℃で溶解（融点）し、約880℃（沸点）で沸騰する。もんじゅでは、約500℃でナトリウムを液体の状態にして運転を行っている。したがって、高圧をかけることが無く、PWRとは異なっている。しかし、ナトリウムは、300℃で空気中の酸素と反応し、燃え出す。また、水と激しく反応し、水素を発生させ、酸素が存在すると燃焼する。もんじゅのプラント内に存在するナトリウムの確認は、超音波を使って確認している。周波数が異なるため、確認が可能である。光を通さないため、目視による確認は難しい。ナトリウムは、物を腐食し、鉄やビスマスなど重金属等と反応し、合金などを生成するため、注意を要する。

もんじゅでは、既に6000億円の費用を支出しており、通常の軽水炉（100万kWで3000億円～4000億円）に比べ、高コストといえる。しかし、研究炉であるので、あまり比較にはならない。リスク低下及びこの後の商業炉の運転のためには、部品をなるべく少なくし、熱膨張などによる配管のひずみによる破損等を防止するために、材料等を慎重に選定している。例えば、クロムコーティング材料（腐食防止）などの検討を行っている。

（3）もんじゅの見学者

もんじゅ見学には、2010年度は、約8000人、2011年度は約10000人が訪れる予定である。来訪者は増加傾向である。慎重派も見学にくるが、よくわからないため率もわからない。テレビ（朝日放送）で、福島第一原発事故後取材・見学にきて、特別番組を放送されたが、編集で内容が偏ったものが作られてしまった。原子力に批判的な要素が強い（悪いイメージになるように製作されている）。

(4) 将来計画

2010年度に作られた原子力大綱（基本計画と思われる）を、菅元首相が福島第一原発事故後、変更することを決めているが、これについては明確な回答が得られなかった。地震では、一般的には建物が倒壊することは少ないため、耐震性建築をしていればリスクは少ないと思われる。日本の岩盤は、結晶質岩、堆積岩などであり、その岩盤上に建築物を作れば、リスクは低くなる。東日本震災（470～500ガル）では、建築物はほとんどが津波で破壊されている。倒壊したのは、違法建築物及びピロティーなど、耐震性が低い建物のみである（ただし、学校など建築物は、天井の作りが弱いため、崩れてくるハザードがある：耐震基準外）。

ウラン235は、あと100年以内に枯渇し、ガラス固化体としている高レベル廃棄物が大量に発生し、最終処分場で10000年から20000年（？ 4万年）保管しなければならない。ウラン238を利用し、高速増殖炉で核分裂させれば、少量のウラン（99.3%存在する238を利用し）で大量のエネルギーを作り出し、廃棄物も少量にすることができる。既存の高レベル放射性廃棄物も利用できる？・・・

もんじゅは、2030年までに設計目標があり、研究開発を行っている。2050年には、商業炉へと進む計画である（2010年原子力基本計画）。

ぜいせい制御温度・・・ 耐久性の余裕の評価 事故耐久性

軽水炉・・・引っ張り試験 5年など

もんじゅ等の必要性に関して、一般公衆への説明・理解は困難である。

・・・放射能へのイメージが、もんじゅのイメージも悪くしており、データや正確な情報を示しても、論理的に理解を得ることは難しい。

2. 2. 4 関西電力大飯原子力発電所

－大飯原子力発電所の地震、津波対策等－

(1) 福井県若狭湾にある関西電力の原子力発電所

発電所概要配下の通りである。

美浜発電所

1号機：34万 kW

2号機：50万 kW

3号機：82.6万 kW

高浜発電所

1号機：82.6万 kW

2号機：82.6万 kW

3号機：87万 kW

4号機：87万 kW

大飯発電所

1号機：117.5万 kW

2号機：117.5万 kW

3号機：118万 kW

4号機：118万 kW

制御室は、1、2号機用、3、4号機用にそれぞれ設けられており、2つある。

2011年9月15日現在4つの原子炉のみ運転中である。

(2) PWR

PWRでは、一次系蒸気から二次系蒸気に熱交換（蒸気発生器：熱交換機）され、タービンへ送られるため、電気を作る部分は火力発電所と同じである。一次蒸気は、高温（沸騰させないために）を得るために160気圧（高圧）にしている。このため、一次系統の途中に加圧器（放射線管理区域内）が設置されている。

放射性物質は、原子炉格納容器（原子炉圧力容器から）一次系蒸気までに存在している。

原子炉は、20階建てのビルに相当する。

燃料棒（約4m）は、3年間使用し、1／3ずつ交換する。原子炉、高レベル放射性廃棄物貯蔵プール（約13m、使用済燃料プール：水の中で冷却、水による放射線遮断：？ ホウ酸水）など管理するための窓には、鉛ガラスが使用されている。

(3) 放射性物質の封じ込める方法

原子炉内で発生する放射性物質は、次の2つがある。

- ・燃料棒内のウラン燃料（酸化ウラン）が中性子を吸収し、核分裂（励起）し生成する。
- ・原子炉内圧力容器内の物質が、中性子によって放射化（励起：エネルギー準位が高くなる）し生成する。

核分裂によって生成した物質は核分裂生成物質（Fission Product:FP）といい、大部分が放射性物質である。

（筆者：核爆弾の場合300種類となる）

FP等の放射性物質を報じ込める5つの防壁（強い地震では自動停止；制御棒の挿入）

①ペレット

酸化ウランを焼き固めセラミック化し（焼き固め）、FPが飛散しないようにしている。

②被覆管 ジルコニウム化合物

酸化（ジルコニウム合金）：ジルカロイ

ガス状のFPも封じ込めるため密封している。

燃料棒

③原子炉格納容器

被覆管にピンホールが空いた場合の防護壁となる。FP等放射性物質が外部に放出されないようになっている。

④原子炉格納容器

鋼鉄製または鋼鉄製ライナー（テンドー：ドイツ語で筋の意味）を内張りしたコンクリート性の防壁である。原子炉機器を収納している。圧力容器から出てきた放射性物質の周辺への放出を防止する。

原子炉は岩盤の上に直接建設されるため、地震による液状化（流砂）、耐震に対して耐

久性がある。

⑤原子炉建屋

コンクリートで立てられている。

(4) 東北地方太平洋沖地震にかかる関西電力原子力発電所の対応

①二次電源の確保 (ECCS [非常用炉心冷却装置] による冷却用電源)

i. 既存ガイドラインに基づく非常用電源 (水冷: 1800kW)

非常用ディーゼル発電機 (水冷) を配備 1 炉につき 2 台配備の予定

ii. 初期電源として、電源車 (空冷: 約800kW) を配備

若狭地区に 3 台配備→ 新たに19台配備し、22台を配備する予定

iii. 現在使用している非常用ディーゼル発電機の代替電源として、移動が可能な (コンテナに収納し、移動式電源として設置) 発電機 (水冷: 約1800kW) を設置 (2011年9月までに設置予定)

福島第一原発の事故では、非常用の蓄電池の電源が8時間分しかなかったため、その後冷却が困難になった。

通常の原子力発電所の安全対策は、原子炉を止める、冷やす、閉じこめるの3つの考え方が基本となっている (原子力安全委員会; ガイドライン)。しかし、福島第一の事故では、冷やすの段階が失敗し、水素爆発 (おそらく燃料の温度上昇によって水素が発生した) により閉じこめるも失敗した。さらに、メルトダウンによって、核反応が発生した。

②送電線の強化

③化学消防車の配備、消防との連携

④外部から発電所へのアクセス道路の整備

2. 2. 5 四国電力伊方原子力発電所

－伊方原子力発電所の現状と今後－

(1) 原子炉、発電装置概要

以下の3つの加圧水型軽水炉 (PWR) があるが、2012年1月24日に、国及び県の要請により、メンテナンスのために停止している。特に問題はないが、福島第一原子力発電所の事故の影響をうけて、対処が目的である。

① 1号機: 定格電気出力 56.6万キロワット

ウエスティングハウス及び三菱重工の製造であるが、現在はほとんどが三菱重工製の部品 (国産) で作られている。中央制御室は、三菱電機製である。

運転期間: 約34年 PML 運転延長申請が許可になった。

燃料集合体: 121本

40年の運転が可能であるが、60年運転を検討中である。

PWR 蒸気発生装置のため軽水は、海水より淡水化装置で水を作り蒸気を作っている。米国や欧州などのように河川の水を使用できないため、海水を淡水化する必要があった。タービンは、昭和48年 (1973年) 6月当時世界で最も大きいものであった。

原子炉格納容器及び蒸気発生器は、取り替え工事を行っている。放射線管理区域の構造物であるので、使用済のものは、放射線による汚染物として発電所内に現在も保管している。PWRの最も注意を要する装置である蒸気発生器は、運転開始から10年間全く故障、支障はなかった。

- ② 2号機：定格電気出力 56.6万キロワット 三菱重工製
運転期間：30年 PML 運転延長申請を検討中である。

燃料集合体：121本

PWR 蒸気発生装置のため軽水は、1号基と同様に海水より淡水化装置で水を作り蒸気を作っている。

米国や欧州などのように河川の水を使用できないため、海水を淡水化する必要があった。

- ③ 3号機：定格電気出力 89万キロワット 三菱重工製
運転期間：約17年
燃料集合体：157本

PWR 蒸気発生装置のため軽水は、海水より逆浸透膜によって水を作り蒸気を作っている。

- ・ 1, 2, 号基は、2ループのタービンによる発電、3号基は3ループで発電を行っている。
- ・ 送電は、18.7万Vである。
- ・ 3号機は、2010年2月よりMOX燃料を投入し、3月よりプルサーマルを実施した。燃料集合体157本のうち、16本をMOXを利用していた。国への申請では、全燃料体数の1／3（52本）まで投入可能であるが、1／4まで投入予定であった（39本 or 40本）。MOX燃料は、フランスのアレバ製である。しかし、現在は停止中である。（最も早くにプルサーマルを行っていた九州電力も停止）
- ・ 全原子炉が稼働すると、1日に約4000トンの淡水を必要とする。
- ・ 1号基、2号基のタービンと巻き線は、検査時に取り替え済みである。

（2）電力供給の現状

四国全体の人口は約400万人であり、将来は増加することはあまり予想されないため、電力供給も増加しないと考えている。原子炉、原子力発電所の新規立地は考えておらず、現在の原子力発電所のリフォームを中心に延命を考えている（経済分析上の判断）。原子力発電の利用率も現状では増加は考えられない。

原子力発電が稼働しているときは、四国電力管内の電気の4割の供給を行っていた（2011年まで）。運転の実績については、yonden「伊方発電所の運転実績」パンフレットに、①運転・検査の実績（運転の稼働率、休止期間、検査内容）、②設備利用率（伊方原発と全国平均：全国平均よりほぼコンスタントに高い）、③低レベル放射性廃棄物貯蔵量・搬出量実績（搬出量はあまりない：搬出先は青森県六ヶ所村で埋設、貯蔵は平成22年〔2010年〕でドラム缶30,019本）、④使用済燃料貯蔵量（平成22年〔2010年〕で、燃料対数1324本）{キャスク：最終処分場で頑丈な金属容器内（おそらくステンレス製）に詰めて処分、キャニスター：MOX燃料等リサイクルを目的としてガラス固化体としてステンレス製容器に保管・最終処分でも実施して

いる}

原子力発電が停止しているため、平成12年（2000年）にタチバナ事業所にJ Power と共同で設置した石炭火力を代替用のエネルギー供給源（電気供給源）としてフル稼働している。石油及び天然ガス火力を、最大限活用（休止していた発電所を再開）して電力不足を補っている（火力発電所のメンテナンスまでの期間を延長して使用しており、ぎりぎりの状態である）。工場等からの自家発電も520kW も供給源として需要に応じている。海外から新たに石油、石炭、メタンを購入する必要がある、四国電力だけで1日約4億円の追加費用となっている。日本全体では、1日約100億円のコストが追加に必要となっている。国力低下が懸念される。揚水発電の揚水に使用していた余剰原子力発電電力（夜間など）もなくなり、火力発電を利用しているため、極めて非効率な供給を余儀なくさせられている（ただし、近年は深夜電力は、以前に比べて使用量が増加〔電気代を低く設定しているため〕している）。

四国電力管内にダムを60数カ所設置（治水、水道用も含めて）しており水力による発電機（タービン）は58基設置している。県営のもの（小規模）は15基ある。新たなダム設置は、水利権等で今後ほとんど不可能であり、現状でめいばいである。風力発電施設も当該原子力発電所がある佐多岬半島等複数に設置しており、風力発電専門業者（商社も含む）も多数設置している。しかし、風力発電は、風きり音の健康問題（高音の騒音）や自然破壊が問題となっている。

（3）運転時の状況（臨界運転など）

PWR において低温加圧運転で発電しているため、調整が難しい。

ホウ素（制御棒）運転で臨界状況を調整する。臨界状態になるまで、運転率を段階的に調整して発電を行っていく。したがって臨界状態になっても出力0%の場合もある。通常タービンの稼働まで、1日+ α の時間がかかる。臨界状態を作り出すために調整しながら行っていくため（低温加圧：PWR 調整）、ケースバイケースで時間が異なる。いわゆる出力調整運転は、毎回適時調整をしながら実施している。

加圧水型軽水炉の格納容器内は、タービン（ループ）数だけ蒸気発生器（熱交換機）が設置されているため、沸騰水型軽水炉（直接発生させた蒸気をタービンへ送る）よりも約10倍の容積が必要である。したがって、建屋はその大きさに合わせて作られ、円柱形のものになる。BWR では、使用済核廃棄物が、建屋内にあるが、PWR では、格納容器の外側に作られており、何らかの事態によって核反応が起こっても冷却水が供給できるように、0mのところに設置している（？ 津波等では、海洋へ流れ出しやすい）。福島第一原子力発電所では、建屋内の使用済燃料貯蔵用（冷却用）プール（水）が、比較的高いところに設置されていた。このことが、事故拡大に繋がった可能性がある。当該伊方原子力発電所では、使用済燃料は、冷却しやすくなっている。

現在、3号基のストレステストを原子力安全・保安院によって実施している。原子炉を全てこのように停止した経験がないため、メンテナンスに十分注意している。タービンの酸化劣化防止などのために温風乾燥等を行っている。何らかの異常が発生しないか、懸念している。

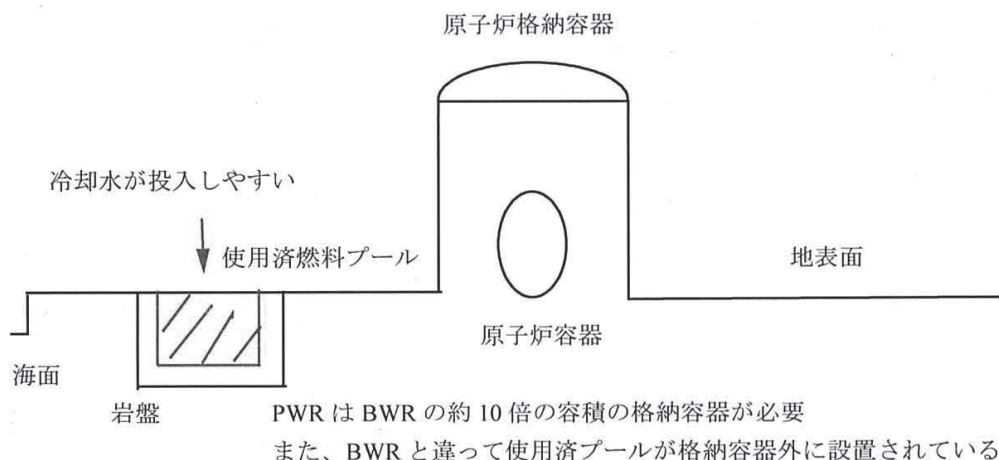


図1 伊方原子力発電所原子炉格納容器と使用済燃料プール

(4) 原子力発電所立地による経済効果など

伊方原子力発電所には、四国電力社員が約350人常駐しており、その他協力企業も含めると全体で1700人が働いている。地元の人（八西地域出身者）はそのうち半数の850名である。定期検査の際には、専門業者が訪れるため全体で約2500人（約800人増加）となる。新たな雇用が生み出され、経済効果も大きい。建設時は最も大きな経済効果があると予想される。

当該原子力発電所の近くの比較的大きな漁港をもつ八幡浜の漁獲による経済効果は、年間約40億円と試算されているが、伊方原子力発電所の稼働による定常時の経済効果は67億円とされており、地元の経済にとって重要な存在となっている（伊予銀行資産）。建設後約40年が経過しており、原子力発電所の停止は地元経済に大きな負の影響が予想されている。

(5) 地震、津波対策

地震対策は中越地震によって東京電力柏崎・刈羽原子力発電所が被災したことで、全国の原子力発電所で対策が既に行われている。当該発電所では、2ガル（人が関知できないレベルの地震）でも、自治体等へ通報している。

全国的にも有名になった「伊方方式」と呼ばれる通報システムを整備している。安全協定（愛媛県、伊方町）に基づいて、定常状態の全ての状態を通報している。施設内での作業員のけが（目にゴミが入っての障害も含む）等も報告している。その他、文科省、原子力安全保安院、地方公共団体へも通報している（内閣府 原子力安全委員会の回答はなかった）。

伊方原子力発電所では、災害・事故の原因を、①設備、②人（ヒューマンエラー）、③自然を想定し検討を行っている。

県の放射線量モニタリングは、県原子力広報センター（伊方町役場「庁舎」向かい建物）でリアルタイムで公開されている。愛媛県原子力発電所オフサイトセンターは、伊方町役場の建物内の二F分のスペースを占めて設置されている。四国電力の伊方原子力発電所周辺の放射線モニタリングは、四国電力HP等で公開している。

発電所立地からこれまでに1度のみ約10年前に芸予（注）地震が発生した。当原子力発電

所では64ガルを記録したが問題はなかった。

注) 芸予諸島 げいよしょとう 瀬戸内海中部、広島県と愛媛県の間に点在する島々の総称。名称はかつての安芸(あき)国と伊予国の間にあることによる。向島(むかいしま)、因島(いんのしま)、佐木島(さぎじま)、高根島(こうねじま)、生口島(いくちじま)、大崎上島、大崎下島、豊島(とよしま)、上蒲刈島(かみかまがりじま)、下蒲刈島などは広島県、弓削島(ゆげしま)、生名島(いきなじま)、岩城島、伯方島(はかたじま)、大三島、大島などは愛媛県に属する

福島第一原子力発電所被災(2011年3月)後に、新たに実施した対策としては、発電所をシールド加工(潜水艦用)を施し、海水ポンプエリア(冷却用)を設定し設備を設置している。また、大容量の電源車4台を海拔32mに設置している。さらに海拔95mの変電所から配電線を敷設している。他方、国の地震の安全基準570ガルの2倍の耐震裕度をもった対策の検討を進めている。これらの対策費用で、約60億円を要している。

なお、瀬戸内海は最大の水深で80mであり大きな津波の恐れはない。また、太平洋で発生する大きな地震による津波も佐多岬が自然の防波堤となっていることからリスクは低いと考えられる。

周辺住民とのコミュニケーションとして、社員が発電所周辺の2万件以上の家庭を毎年訪問している。福島第一原子力発電所被災(2011年3月)後は、厳しい意見もあり半径20km内の家庭に範囲を広げ対処している。

3. 講義での成果利用

東京電力福島第一原子力発電所の事故の影響から原子力発電の環境保全面からの社会的な注目が大きくなり、講義で大きく取り扱った。

具体的には次の成果があった。

①教養学部人間環境学科社会環境課程2011年度2012年度「環境政策論」講義

わが国における原子力発電のあり方、今後の稼働の是非などを本調査研究の成果に基づき現場の状況などを踏まえて解説した。学生からの質問も多かった。また、代替エネルギーの可能性も解析に加えた。

②教養学部人間環境学科社会環境課程2011年度2012年度「社会的責任論」講義

エネルギー供給の面から社会的な責任を考えた。原子力発電事故を科学技術の発展における社会的責任の欠如と捉え、グリーンサイエンスの面から考察し、議論した。

③大学院人間環境学研究科2011年度2012年度「環境保全行政研究」講義

原子力発電所事故における情報公開のあり方、日本の公開の欠缺などを取りあげ議論した。また、電力不足(電力供給の不安定)と電力自由化の観点からIPP、PPSのあり方についても検討した。

⑥2011年度2012年度「環境学特講 環境戦略」講義では、原子力発電の基礎研究、応用研究、

普及を企業の立場であるべき方針として説明できた。原子力開発において、LCA (Life Cycle Assessment) の面からの解析が不十分であったことが、環境戦略上の最も大きな失敗であったことを解説した。

4. 今後

本研究は、ライフワークの研究として検討を続けており、現在技術開発のあり方との関連、エネルギー政策と環境政策との関係、風評など予測が難しい社会的な影響などと関連づけて検討を進めている。未だ十分な結論が出ていないが、原子力技術に関して、否定、肯定、または反対、賛成といった考え方ではなく、技術としては肯定し、開発、利用方法、一般公衆への情報公開のあり方、有益な知的財産として、今後の原子力利用の研究開発、普及の進め方などを考察していきたい。