

原子力発電と環境汚染

立教大学原子力研究所長
服部 学

一 原子力発電と大量の放射能

現在の原子力発電、つまり核分裂反応の連鎖反応を利用する原子炉で電気をつくり出すとき、さけることのできないのは放射能の問題である。原子炉を運転すれば、運転時に強い放射線を出すばかりでなく、いわゆる「死の灰」と呼ばれる強い放射能を持った核分裂生成物が生ずる。熱出力一、〇〇〇キロワットの原子炉を一日運転すると、一グラムのウランを消費するという覚えやすい数字がある。したがって、たとえばこのごろ計画されている原子力発電所のように、一〇〇万キロワットの電気出力を出すには、約三〇〇万キロワットの熱出力が必要であり、この発電炉を一日運転すれば、三キログラムのウランを核分裂で消費し、その分だけ死の灰が原子炉の炉心の中に

生ずることになる。三キログラムの死の灰というと、広島に落とされた原子爆弾のまきちらした死の灰の約三倍の量である。もちろんこの死の灰は、原子爆弾の場合のように、外部にまきちらされるのではなく、燃料棒の中に閉じこめられているわけであるが、毎日毎日広島原爆三分の放射能物質が蓄えられて行くというのは、大変な放射能の強さである。原子力発電ではこうした膨大な量の放射性物質を扱わなければならないのであり、その一部でも外に出てくれば大変なことなのだということをまず念頭におかなければならない。

原子力発電に関係して環境汚染の生ずる可能性を考えてみると、いくつもの場合がある。その一つは原子炉自体に万一の事故が起った場合である。これは確率は小さいかもしれないが、生ずる放射能汚染は非常に大きなものになる可能性がある。次に事故が起らなくとも、日

常運転にともなって排出されたものによる放射能汚染がある。これは微量のもの長期間にわたる蓄積が問題となってくる。さらに使用済み燃料の再処理工場からの放射性排出物がある。環境に放出する放射性物質の量としてはこれも多量と多く、しかも技術的に未解決の問題がたくさん残っている。また最終的に生じた高レベルの放射性廃棄物の貯蔵や処分

の問題がある。あるいはこれらに付随して起こる輸送その他の問題がある。その他に、放射能とは直接関係はないが、温排水の問題は環境破壊として見逃せない問題である。これらの各項目についての検討を以下に述べることとする。

二 原子炉の事故による環境汚染

原子炉には膨大な量の放射性物質が蓄積されており、これが突然放出されるよ

うなことがあれば、大きな被害を招く可能性を持っていることは明らかである。そこで原子炉が事故を起こすことのないように、綿密に安全対策がとられていることは事実である。しかしこれまでに起こった原子炉の事故の統計を分析してみると、小さい事故まで入れると、原子炉の事故の起こる確率は、それほど小さいものではない。しかもその中には、放射性物質を外部にまきちらしたり、人体に被害を及ぼした例がかなり含まれている。

アメリカのAFLL・CIOのレオ・グッドマンが、一九四五年から一九六七年までの各国の二七四件の原子炉の事故のリストを発表したことがあるが、この中にはF・Pガスつまり死の灰の中に含まれている放射線の気体の放出、放射性汚染、大量被ばくと分類されるものが四六件も含まれている。東海村の日本原子力研究所のJAEERI・REPORT四〇五二でも世界の原子力施設における事故(二八五例)を分析しているが、同じような結果が出ている。十分に注意しながら、それでも原子炉の事故が結構起こっているという事は、やはり原子力の開発が最初軍事目的でスタートし、その後の開発のやり方もかなり無理をして性急に進めているということの反映であろう。

原子炉の事故でもっとも有名になって

いるのは、一九五七年一〇月、イギリスのウィンズケールにあったブルトニウム生産用原子炉で生じた事故である。このときには環境中に約二万キュリーのヨウ素一三一を放出させ、風下では数週間わたって、幅一六キロメートル、長さ五〇キロメートルにも及ぶ二〇〇平方マイル以上の広範な地域で、牛乳の飲用が禁止された。さらにこのときに放出された放射性物質の一部は、遠く海を渡ってヨーロッパの各地でも検出されている。この事故は、原子炉が非常に広い地域に放射能汚染を及ぼしうるものであることを実証してくれたものであった。

原子炉の数が増え、大型化するにつれ、また高速増殖炉の開発が進むにつれ、事故の発生率は当然高まってくるであろう。イギリスのリンドップ教授とロートブラット教授が、第二〇回バグウォッシュ会議で「放射能汚染の危険性」について報告したさいに述べているように「保険会社が原子炉の保険をいやがっている事実こそ、何よりも、事故発生の現実的な可能性を示している」ということができる。

三 日常運転時の放射性物質放出

原子炉を運転する場合、気体、液体、固体など各種の放射性物質の排出を、ま

ったくゼロにすることはできない。どうしても低レベルの放射性的排気や排水が環境に放出される。原子炉の燃料は被覆や容器に密封されているから、理論上は放射能が洩れることはありえない。しかしたとえば現在の核燃料製造技術というのは決して完全なものではない。多数の燃料棒の中には、被覆にピンホールがあったり、使用中に小さいクラックが生じたり、あるいは変形して破損したりするものがある。そこから死の灰が冷却水あるいは排気中に漏れ出してくる。また冷却水中の不純物とか、特殊な場合には、バーナブル・ポイズンと呼ばれる原子炉の反応度調整用の物質の一部が、炉心内を通じて放射化されることがある。一次冷却水は本来ならば閉回路になっていて、二次側その他には漏れてこない建前のはずであるが、実際は、どうしても一部分が外部に漏れ出してくる。

たとえばアメリカのサンオノフレ発電所での測定例によれば、後に述べるトリチウムという放射性ガスだけで、年間三、五〇〇キュリーもが煙突から外に出ている。あるいはわが国の例でも、敦賀の原子力発電所で、僅か数ヶ月の試験運転の後に、付近で採取したムラサキガイの体内に、一次冷却水中に生ずるコバルト六〇がある程度蓄積していたのが認められている。

こうした低レベル放射性物質の連続的

放出で問題となるのは、それが水産物などによって濃縮され、食物として人体内に入る可能性である。魚や貝や海藻といった水産物は、水の中に含まれている物質をとって成長して行くのであり、そのために必要な物質は、水の中の濃度が薄くとも、水産物の体内ではずっと濃いものになる可能性がある。もちろん放射性排出物質の水産物による濃縮の度合は、放射性物質の種類と水産物の組合せによって著しく異なっている。ところがこの濃縮係数の値が、現在の段階では必ずしも十分には知られていない。しかも悪いことに、原子炉からの放射性排出物の中には、水産物によって濃縮されやすいものが多い。

たとえばコバルト六〇は周辺の海底土や生物から検出されることが多いが、これは生物への濃縮係数が比較的大きく、また海底に沈積しやすいためである。長期にわたって海底土が汚染された場合、それが水産生物にどんな影響を及ぼすかについても、わかっていないことが多い。

四 核燃料再処理工場

しかし何と云っても、原子力発電における環境汚染の最大の犯人は核燃料再処理工場である。大出力の原子炉では、使用済み燃料の後始末をどうするかが大問

題である。燃料棒の中にたまってくる死の灰は、放射能が強いばかりでなく、原子炉の運転自体をも妨げる性質を持つものが含まれているので、原子炉の燃料というものは、ある程度燃やしたら、たまたまた死の灰とまだ残っている燃料とを分離する工程がどうしても必要である。これが核燃料の再処理といわれるものであるが、何しろ原子力発電で一番問題となる死の灰が蓄積したものを全部処理するのだから大変な仕事である。ほとんどが化学的な処理であり、大量の放射性廃液が生ずる。

これらの複雑な工程はすべて遠隔操作で行なわれるが、放射能漏れを防ぐことは実際上不可能である。もちろんお金をいくらでもかければ、外部に放出する放射性物質を少なくすることは可能である。しかし現実には、いわゆる許容レベル以下であるという理由で、ガス状のものもは空中へ、低い濃度の液体は水中へ、「計画的」に放出されている。たとえばイギリスのウィンズケールでは、年間数万キュリーの放射性物質が沿岸に放流されている。わが国でも、第一号の再処理工場を東海村に建設中で、一九七五年から操業開始の予定である。この再処理工場は、年間二〇〇トンの使用済み燃料を処理するという比較的小規模のものであるが、それでも工場から出る廃水は一日約三〇〇トンで、その中には約〇・七キ

ユリーの死の灰が含まれることになる。かりに原子力委員会の原子力発電長期計画が実現したとすると、昭和六〇年度には年間約七〇〇トンくらいの使用済み核燃料を再処理しなければならぬことになる。しかし原子力発電長期計画の中には、第二号以降の再処理工場は民間にまかせるとしているだけで、具体的には何の計画もない。発電所自体よりもけたちがい、大気や海を汚染する再処理工場の具体的計画なしに、発電所だけをどんどん建設してしまうことは、し尿処理工場やごみ焼場の計画がないままに、大規模な宅地造成をやってしまうようなものである。

再処理工場から出てくる放射性物質は、既に燃料棒を長時間冷却した後処理するものであるから、ほとんどが長寿命のものである。しかも前にも述べたように、死の灰の中の放射性物質は水産物によって濃縮されやすいものが多い。このような放射性廃液が沿岸に放出された場合、とくに問題となることが予想されるのは、ストロンチウム九〇、ルテニウム一〇六、セシウム一三七、セリウム一四四などである。

現在の再処理の技術の中で、もっとも問題になるのは、気体の放射性廃棄物である。これについては別に述べたい。

五 クリプトン八五とトリチウム

原子炉でつくられる死の灰の中には、何百種類もの放射性物質が含まれており、その中には気体のものもある。その一つのクリプトン八五は、再処理工場から排出される放射性物質の中で、もっとも重大な問題を含んでいる。クリプトン八五は半減期が約一年の核分裂生成物であるが、何しろクリプトンという元素は稀ガスに属しているため、他の物質と化学反応を起こさず、したがって化学処理でつかまえることはできない。燃料棒を溶かせば全部がガスとなって煙突から外に出てしまう。東海村に建設中の第一号燃料再処理工場では、毎日八、〇〇〇キュリーものクリプトン八五が放出されることになっている。

クリプトン八五は天然にはほとんど存在しなかった。しかし核兵器開発競争で、核爆発実験がさかんに行なわれていた時期に、大気中のクリプトン八五の濃度は急激に上昇した。この分は核爆発実験が一応停止されてからは、半減期一年で減衰して行くはずなのに、その後も濃度は、次第に上昇を続けている。北半球における大気中のクリプトン八五の濃度は、現在一立方メートルあたり一五ピコキュリーを越えている。これは明らか

に核燃料再処理工場から放出されたものである。現在のような急速な原子力発電計画が世界的に進められるならば、今世紀末には世界中の大気中のクリプトン八五の濃度が問題となってくるであろう。

クリプトン八五は、本来は燃料の中に封じこめられていて、再処理工場で初めて外に出てくるはずのものであるが、現実には発電所の段階でも既に排気の中に含まれている。原子力発電所では最近、活性炭吸着法などで放射性のキセノンやクリプトンの放出を少なくするようにしているが、この方法でつかまえられるのは短寿命のものだけであり、長寿命のクリプトン八五についてはほとんど意味がない。

トリチウム(三重水素)は水素の同位元素の一つで、原子炉の中では主としてウランの三核分裂で生ずるが、特殊な場合にはリチウムの核反応で生ずることもある。これも結構大量のものがつくられ、大部分がガスとなって、一部は排水に入って放出される。たとえば東海村の第一号再処理工場では、毎日約二〇〇キュリーのトリチウムが放出されることになっている。

トリチウムは水素の同位元素であるから、一旦外に出てしまうと今度は生物の体内に入りやすい。トリチウムはかなり薄い濃度でも海洋生物の遺伝に影響があるらしいと言われている。おまけに出す

放射線が低エネルギーのベータ線なので、測定が非常に難しい。

クリプトン八五とトリチウムが再処理技術の泣きどころであり、原子力発電全体の過程のネックになるところがわかっていながら、何らの具体的解決策のないままに、膨大な原子力発電所の建設計画が押し進められようとしている。このままでは全世界的な規模で大気の放射能汚染をさげることができない。取り返しがつかないほど地球が汚染されてしまう以前に手を打たなければならぬ。

六 放射性廃棄物の最終処理

再処理工場で分離した後の、高放射性の廃棄物を最終的にどう処理するかも重要な問題である。死の灰の中には、ストロンチウム九〇とかセシウム一三七などのように、半減期約三〇年といった長寿命のものも含まれており、放射能が減衰するまでには非常に長い時間がかかる。われわれの世で生じた放射性廃棄物を、今後何世紀にもわたって敵しい管理を続けなければならないようにして残すというのは大変なことである。

現在の段階では、大量の放射性物質は貯蔵しておいて、寿命の比較的短かいものの減衰を待ち、最終的にはこれを密閉して土中に埋めるか、あるいは海底に沈めるといった方法が考えられている。しか

し一九七二年一月にロンドンで開かれた国連の「海洋投棄による汚染を防止する会議」で、高放射性物質の海洋投棄は禁止されることとなった(ただしどの程度から高放射性というのかははっきりしない)。アメリカやソビエトのように、広い砂漠地帯や凍土地帯を持つ国とちがって、わが国のように狭い国土に人口が密集しているところでは、高放射性廃棄物を何世紀にもわたって環境汚染の起らないように保管する最終処理場所を見つけることはきわめて困難な問題である。

最終処理の場所や方法を見つけるまでの貯蔵も難かしい問題を含んでいる。一九七三年七月、アメリカのハンフォード原子力施設では、高放射性廃液タンクから、液量としては約四万リットル、放射性物質としてはストロンチウム九〇が一萬四、〇〇〇キュリー、セシウム一三七が四万キュリー、さらにプルトニウムが四キュリーも洩れ出していたのがわかったという事件が起こっている。

低レベル固体廃棄物の処分についても問題がある。原子力発電所から出る低レベル固体廃棄物は、ドラム缶に詰め、ピッチャコンクリートで固めてあるが、たとえは敦賀の原子力発電所では、運転開始以来三年で、ドラム缶四、〇〇〇本の低レベル放射性廃棄物が生じ、貯蔵庫を新設しなければならなくなった。原

子力委員会の原子力発電長期計画がかりにそのまま実現したとすれば、全国で実に膨大な量となることであろう。

七 放射性物質の輸送

原子力関係の事故の中で、意外に多いのが放射性物質の輸送中の事故である。主として紛失して行方不明となることが多い。核燃料を含めて放射性物質の利用がさかんになるに比例して、今後事故の増加が予想され、交通事故なども起こるようになるであろう。これらは結局は環境汚染につながっていくことになる。とくに原子力発電所の使用済み燃料を原子炉から再処理工場に運ぶ輸送が問題となるであろう。

前にも述べたように、わが国の原子力発電長期計画では、再処理工場がいつごろ、どこに、どの程度の規模のものができるか、何も計画されていないが、原子力発電所のほうは、全国の海岸線いたるところに設置が計画されている。しかも原子力発電所を設置する場合、電力会社は地元住民に対して、再処理工場は決して設置しないからといって、再処理工場が多い。

原子力発電の危険性を強調しているシールドン・ノビック氏は「原子炉は遠隔地におき設置すべきであり、再処理工場も原子炉と同じ敷地に建てるべきであ

る」と強調しているが、わが国の場合にはどうしても全国各地の原子力発電所から、どこかにできるはずの再処理工場に大量の使用済み燃料を輸送しなければならなくなる。放射能の非常に強い使用済み燃料の輸送キャスク自体が問題であり、自動車か列車か、あるいは船で運ぶか、いろいろのケースが検討されてはいるが、いずれの場合にも困難な問題がたくさんある。何しろ放射能が強いために、一つのキャスクにそうたくさん燃料を入れることができないため、運ばなければならぬ積荷の数が多くなり、長い行路をとらなければならぬことを考えると、陸上輸送の場合の交通事故、海上輸送の場合の海難事故などの可能性を見逃すことはできず、これはいずれも環境汚染につながるものである。

八 プルトニウム問題

これまでわが国では、プルトニウムの汚染の問題はあまり論じられていないが、再処理工場あるいは高速増殖炉などが運転を開始した場合には、この問題は今後重要な課題となってくるであろう。

プルトニウム二三九はウラン二三五に比べて放射線特性がきわめて有害であり、いわゆる空気中の最大許容濃度はウラン二三五の場合の約一〇〇分の一と非常にきびしい。研究所などで微量を扱う

場合でも特殊な設備が必要であり、普通の放射能実験室では扱えないくらいである。一九六六年一月、スペインのパロマレス付近で水爆搭載のB五二が墜落して、水爆一発が行方不明となったときも、軍事機密もさることながら、引き金として使用されているプルトニウム原爆による島の土の汚染が心配されて大問題となった。

とくに最近では、アメリカのタンプリン博士がプルトニウムについての厳しい規制の提案を行なっている。

またこれまでの原子力施設での事故の中には、プルトニウム処理施設で起こった臨界超過、化学的爆発、火事などの例が意外に多いことは、とくに注意すべき点であろう。最近の新聞では、これまでもたびたびプルトニウム汚染事故を起こしたことがあるオクラホマ州クレセントにある核燃料製造施設から、二〇キログラムものプルトニウムが紛失していることが伝えられたが、故意によるものではなく、もし本当に紛失しているものならば、その汚染はきわめて重大な影響をもたらすことになるであろう。

九 温排水の問題

原子力発電所から大量に出る温排水は、環境汚染というよりはむしろ環境破壊という意味で大きな問題となる。これ

は放射能には直接関係はなく、また火力発電所の場合にも出てくるわけであるが、原子力発電所の場合のほうが問題は深刻である。

火力発電所でも原子力発電所でも、発生した熱のエネルギーがすべて電気のエネルギーに変るわけではない。熱効率は三〇%とか四〇%とかいった程度であって、結局残りの六〇ないし七〇%の熱は、発電所のまわりの空気や水に捨てなければならぬ。火力発電では、いわゆる新鋭火力の熱効率は、四〇%から場合によっては四五%に達しているが、原子力発電の場合には、燃料の温度をあまり高く上げることができないので、三〇%程度である。熱効率が三〇%と四〇%では一〇%しかちがわないように思えるかもしれないが、捨てる熱のほうにはこの差が大きく効いてくる。たとえば同じ電気出力一〇万キロワットを発電するのに、熱効率四〇%ならば二五万キロワットの熱を出して、一五万キロワットの余分の熱を捨てることになるが、熱効率が三〇%ならば約三三万キロワットの熱を発生して、二三万キロワットを捨てなければならぬ。捨てる熱としては一五万キロワットと二三万キロワットでは五〇%以上のちがいが生じてくる。

おまけに原子力発電所は、主として経済性の立場から、最近では一基あたりの出力が大きくなってきており、また敷地

の取得が困難となってきたところから、日本では集中化の傾向があらわれてきており、温排水の問題はとくに重要になってきている。

温排水が環境や漁業に及ぼす影響については、まだまだわかっていない問題が多い。たとえば原子力委員会の環境・安全専門部会が一九七三年七月にまとめた中間報告でも、第四部の温排水分科会報告書には、「温排水の環境にあたる影響については十分には解明されていず、温度変化や流れの変化などや海洋生物に影響をあたえる不安があり、今後強力に調査研究をすすめる必要がある」と述べられている。

電気出力一〇〇万キロワットの原子力発電所では、復水器の冷却水として毎秒約六〇トン程度の海水を必要とする。復水器を通過する水量は年間約二〇億トン近くということになる。原子力委員会の長期計画のとおり原子力発電が進んだ場合、昭和六〇年には原子力発電所から出る温排水の総量は一、二〇〇億トンとなる。日本の全河川の平常時の流量量二、〇〇〇ないし三、〇〇〇億トンに比べると、いかに大変な量であるかがわかるであろう。

このように大量の海水が、原子炉の設計にもよるが、数度Cの温度差で放出されるのであるから、環境に対する影響を無視することはできない。冷却水は復

水器を通過して温度が上昇するばかりでなく、海水中のプランクトンや卵稚子が熱的ショックや高速で復水器を通過するときの力学的ショック、あるいは海産生物の付着を防ぐために入れる化学薬品や各種廃水の混入による化学的ショックなど、いろいろの影響によって破壊される可能性が大きい。結果として、大量の温排水が周辺の水産物の生態に対して大きな影響を及ぼすことが当然予想される。

わが国では原子力発電所からの温排水に対する規制の基準は、たとえばアメリカなどと比べて非常にゆるい。アメリカでは州によっては温度差を一度C以下におさえるといったきびしい規制を行なっているところもある。これは水生物に対する生態学的影響は環境破壊であるという考え方から出てきている。ところがわが国の場合、一例を上げるならば、筆者が現地を視察したある原子力発電所では、周辺の漁業権を全部買い占めてあるから温排水の問題は起こりませんという説明を聞かされて啞然としたことがあるが、このような考え方こそ、単に温排水ばかりでなく、放射能による環境汚染にもつながってくるものであるといえよう。

一〇 むすび

原子力発電の開発にとりまわらぬ環境汚染

について検討してきたが、この他にも、ウランの採鉱や精錬の段階、さらに燃料棒の加工の段階でも、環境汚染の生ずる可能性がある。

これらを含めた原子力発電の全体の体系の中で生ずる放射能汚染の特徴は、地域的な汚染にとどまらず、全世界的な汚染につながるものであること、また後々の世代にまで放射線管理の責任を残すものであることなどである。しかも紙数が足りなくて説明を省略したが、放射能汚染は、非常に検出しにくいものであり、また放射線による障害は、原因と結果の間の因果関係を証明することが困難であることが特徴の一つであることには、とくに注意しなければならない。

(はっとり・まなぶ)