

# 原子力と環境、安全性、被曝の問題

小野 周  
東京大学教授

## まえがき

原子力発電に関する環境、安全性、被曝の問題は、本来ならば、核燃料として用いるウランの採掘・製錬・濃縮、燃料棒の製造、原子力発電所の運転、使用済核燃料の輸送・再処理、放射性廃棄物の輸送と保管等核燃料サイクルの全体に関係した問題である。本稿では主として現在の問題、特に訴訟の対象となっている原子力発電所の設置運転に関する問題について述べる。また温排水は原子力発電所に関する重要な問題で、原子力固有の問題でないので省くことにした。

トに達し、今年中にさらに五基（計四六八・三万キロワット）が運転を開始する見込みである。これらのうち、東海一号炉（一六万六〇〇キロワット）を除いては、全部軽水炉である。本稿では軽水炉の場合について述べることにする。

軽水炉では、酸化ウランを核燃料として用いる。核燃料は錠剤状のペレットに焼きかためられ、長さ約四メートル、直径約一センチメートルの金属の被覆管の中に入っている。これを燃料棒という。

燃料棒の間に、制御棒という中性子を吸収する物質の棒を入れ、これを上下させて、核分裂が、暴走せずに定常に進行させ、生じた熱を利用して発電するようになっている。この場合、中性子の速度を減速しないと、有效地に核分裂をおさないので、そのための減速材が必要である。軽水炉の場合には、軽

## 一 原子炉に集積される多量の放射性物質

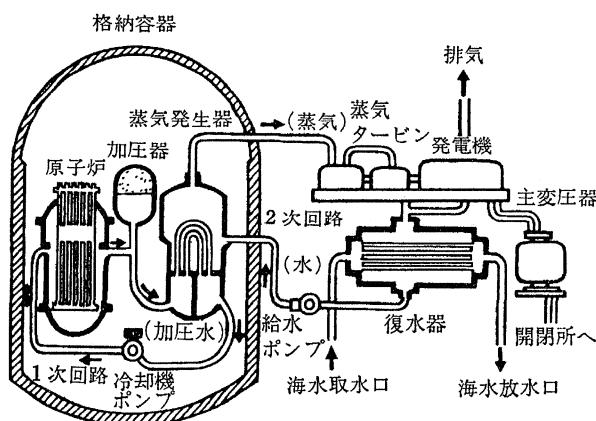
現在わが国で運転中の原子炉は一四基

である。原子炉は、このウラン二三五の原子核が、中性子によって核分裂をおこし、これと同時に二または三個の中性子を出して連鎖反応をおこし、この際に巨大なエネルギーを放出する。原子炉は、この連鎖反応を継続して行なわせる装置である。軽水炉では、ウラン二三五を三パーセントまで濃縮したもの用いているが、国内では濃縮できないので、米国から輸入している。

燃料棒の間に、制御棒という中性子を吸収する物質の棒を入れ、これを上下させて、核分裂が、暴走せずに定常に進行させ、生じた熱を利用して発電するようになっている。この場合、中性子の速度を減速しないと、有效地に核分裂をおこさないので、そのための減速材が必要である。軽水炉の場合には、軽

水すなわち普通の水を減速材および冷却材として用いている。このためこのような原子炉を軽水炉またはLWRとよんでいる。軽水炉では、このように炉心で発生した熱で、冷却水を沸騰させて生じた蒸気をタービンに送る沸騰水型炉（BWR）と、原子炉容器内の冷却水に圧力をかけて沸騰しないようにし、これを蒸気発生器に送つて、ここで二次冷却水を沸騰させる加圧水型炉（PWR）とがある。伊方原発訴訟の原子炉はPWRである（次頁の図を参照）。

軽水炉には限らないが、原子炉にとつて最も厄介なことは、原子炉を運転してゆくと、莫大な量の放射性物質——死の灰が、原子炉の中に蓄積してゆくことである。広島に投下された原子爆弾は、ウラン二三五を用いたものであったが、この際に、ウラン二三五の核分裂によつて生じた核分裂生成物が、強力な放射性物



電気出力一〇〇万キロワットの原子力発電所を一日運転すると約三キログラムのウラン二三五が分裂して消費され、これが放射性物質になるわけである。広島原爆では一キログラムのウラン二三五が核分裂をしたといわれているので、これでいる人が少なくない。

島の原爆は、熱と爆風によって、建物を破壊し、多くの人を殺傷したが、同時に降下した放射性物質のため、多くの人が急性放射能症や白血病にかかるて死亡し、また現在でさえも放射線障害で苦しんでいる人が少くない。

からみると、一〇〇万キロワットの発電所の原子炉の中では、一日運転すると、広島原発三発分の死の灰が燃料棒の中で生産され、一年運転すれば、一〇〇〇発電所に相当する量を生産することになる。このような放射性物質の中には短時日で崩壊して安定な元素に変わるものもあるので、全部が全部残っているわけではないが、一〇〇万キロワットの原子力発電所をしばらく運転すると、常時一七二億キュリー（キュリーといふのは放射能の単位で、一グラムのラジウムの持つ放射能が一キュリー）という莫大な放射能を内蔵することになる。このような放射性物質の影響は、放射性元素によって異なるので、放射性物質の総量だけでは一概にいえないが、人間の骨に入りやすいストロンチウム九〇は、一七二億キュリーの中でも五二〇万キュリーに達している。ところが一方ストロンチウム九〇の職業人の最大許容負荷量（これ以上の量が身体内にとりこまれると、許容総量以上の放射線照射を受ける量）は一〇〇万分の二キュリーであるから、この二兆倍のものが原子力発電所の中にためられている。わざである。昭和四〇年代のはじめまで続けられた原水爆実験で大気中に放出されたストロンチウム九〇の総量は、約九二〇万キュリーといわれているので、一〇〇万キロワットの発電所には、この約半分のストロンチウム九〇が内蔵されて

いることである。他の放射性元素についても事情は同じである。

よく新聞の意見広告などに、原子力発電所は爆発をしないことが強調されている。原爆の威力は、高熱と爆風で、放射能は副次的な効果であるが、原子力発電所の場合には、高熱や爆風はないが、多量の放射能が放出される危険はあるに大きい。原子力発電所が多量の放射性物質を内蔵している潜在的な危険といふものが、他のどんなもの——あとでのべる使用済核燃料再処理工場を除いて——よりも桁違いに大きいといふのが、原子力に関する問題の最も大きな点である。

このような原子力発電所による放射線災害または、放射能による環境汚染は二つに分けられる。一つは、平常運転における放射能漏れによるもので、他的一つは、事故時における大量放射能放出によるものである。

このように原子力発電所による放射線漏れ等に関する規則等の規定に基づく許容被曝線量等を定める件）は、一九五八年の国際放射線防護委員会（ICRP）の国際勧告——一九七七年に改訂された——にもとづいてきめられていて、これによると、職業人に対しては一年五レム、一般人に対してはその一〇分の一の〇・五レム（五〇〇ミリレム）を最大許容量としている。職業人とは、放射線を扱う職場に働く人で、個人の受けける放射線量の測定と定期的な健康管理とが義務づけられている。この最大許容量と、一九三〇年のX線の許容線量と比べると、約一五分の一に下っていることがわかる。これは、一度に切下げられたもの

## 二 放射線の障害と許容量

一九三〇年ごろX線による治療・診断が普及はじめた頃から、放射線による人体への影響が問題になりはじめ、許容量の国際勧告がなされた。それによるところ、レンントゲンといふ値であった。レンントゲンというのは、「一立方センチメートルの標準状態の空気内に

一静電単位のイオンを生じるだけのX線の量」と定義されている。現在では、人体に照射する放射線についてはレム（rem）という単位を用いている。X線以外の放射線を含めて、ある物質の一グラムが放射線照射を受けて、一〇〇エルグのエネルギーを電離作用を通じて受けるとき、その物質の吸収線量を「ラド（rad）」という。X線のときには、一ラドの吸収線量は、ほぼ一レントゲンの照射に相当する。生物体の場合には、その影響が、放射線の種類等によって違うので、それを生物体への影響で評価するよう、補正したのがレムという単位である。

日本の現在の法律（原子炉の設置、運転等に関する規則等の規定に基づく許容被曝線量等を定める件）は、一九五八年の国際放射線防護委員会（ICRP）の国際勧告——一九七七年に改訂された——にもとづいてきめられていて、これによると、職業人に対しては一年五レム、一般人に対してはその一〇分の一の〇・五レム（五〇〇ミリレム）を最大許容量としている。職業人とは、放射線を扱う職場に働く人で、個人の受けける放射線量の測定と定期的な健康管理とが義務づけられている。この最大許容量と、一九三〇年のX線の許容線量と比べると、約一五分の一に下っていることがわかる。これは、一度に切下げられたもの

ではなく、次第に厳しくなってきたものであるが、このことは生物に対する放射線の影響が、最初に考えられていたよりは、はるかに大きいことが次第に明らかになつてきたためである。

人体に対する放射線の影響は、大量の照射による急性障害と、少量の照射による晚発性の障害および遺伝効果に分けられる。急性障害は、二五レム以下ではおこらないとされている。ここで問題なのは、二五レムというのは、これ以下では血液検査などの臨床検査では何も異常がおこらないという数値で、あとでのべる晩発性障害などは、これ以下の線量でもおこるものと考えられている。量の多い方からみてゆくと、一〇〇〇レム以上の大量放射線を全身に受けるとほとんどの場合即死する。その二分の一の五〇〇レムでは、十分な医療を受けても死ぬ場合が多い。一〇〇レム以下になると、急性障害が現われないことも少なくない。このような放射線障害は、単に線量だけでなく、放射線を受けた臓器によつても異なるてくる。

ところが、急性障害をおこさないような低い線量におさえても、放射線障害がなくなるわけではない。このような晩発性障害は、白血病その他の、癌、甲状腺腫瘍となって現われ、このうち、白血病その他の癌の多くは致死性もので、しかも、放射線を被曝して二〇年あるいは三

〇年経つてから現われるものもある。広島・長崎の原爆被曝者の中で、一〇年、二〇年後に白血病その他の癌になるのが、はるかに大きいことが次第に明らかになつてきたためである。

このような晩発性障害は、年間全身二五レム以下の線量でもおこり、現在のところ、これ以下ならば害がないといいう「しきい値」はないものと考えられている。伊方原発訴訟の判決理由（要旨）の④に「現在の知見では、それ以下の放射線被ばくでは人類に障害を与えないとするいわゆる『しきい値』の存否は不明であるものとみられる。」とのべているのはこのことをさしている。またこの低線量放射線に対してもしきい値がないということとは、一九七七年広島で開かれたNGO主催の「被爆の実相とその後遺・被爆者の実情に関する国際シンポジウム」

の第一分科会での議論で、ICRPの委員のP・ラムザエフ教授（ソ連）が討論の結果を、「それ以下の放射線量の被ばくでは安全である」という「しきい値」は存在しない。どんなに少量でも、放射線被ばくには、絶べていくらかの害があるという危険が含まれている。」という見解をまとめ、満場の賛成を得、翌日の全体会議にもこの結論が報告されている。

このようにしきい値がないということは、このほか多くの科学者に支持されており。また低線量の放射線被曝について

は、このほかに、晩発性障害がおこる確率は、受けた線量に比例するという比例関係（直線関係）も現在のところ認められている。したがって、最大許容量以下ならば安全かというと決してそのようなことはないわけである。これについては、後で、原子力施設周辺の放射線量の影響、また原子力発電所で作業している従事者の被曝に関する問題に関連してのべる。

次に微量放射線について問題になるのは遺伝的障害である。これは、細胞内の遺伝情報を伝えるDNAが、放射線のために破損され、それが、生殖細胞であると、次の世代に影響するためである。

### 三 原子力発電所周辺住民の平常運転時の被曝

子炉の中には、非常に多量の放射性物質が蓄積されている。原子力発電所にとっての最大の問題は、これをできるだけ外に漏らさないことであるが、絶対に漏らさないということ是不可能である。核分裂は、燃料棒の中でおるので、放射性分裂は、燃料棒の中でおるので、放射性を持った核分裂物質は、当然燃料棒の中に存在している。この燃料棒の被覆は、ジルコニウム合金でできていて厚さ〇・六ミリメートル（PWR）あるいは〇・九ミリメートル（BWR）であるが、こう

いう薄い金属にピンホールやヘヤクラックが全然ないということは、いくら厳重な製品検査を実施したとしてもまず不可能なことである。したがって、微量の放射性物質はたえず、一次冷却水中に漏出しているが、もともと、燃料棒の中にはそのきわめてわずかな部分が水の中に入つたとしても、相当な量になるわけである。そのうえ、燃料棒の被覆が運転中に破壊する例も少なくない。BWRでは、この一次冷却水が蒸気になつてそのままタービンに送られるので、タービンはかなりの放射能で汚染される。PWRの場合には、加熱された一次冷却水は、蒸気発生器に送られ、その熱で二次冷却水を沸騰させ、蒸気がタービンに送られるようになっている。蒸気発生器で一次冷却水の放射能が二次冷却水の側に漏れなければ、二次冷却水は通常の水と同様放射能を持たないはずであるが、実際には、水に溶けていた放射性気体が復水器にたり、これを、排気筒から空気中に排出するようになつてている。一例として、美浜原子力発電所一号機では、放射性気体の最大放出量は年間七五〇〇キュリーとされていて、昭和四六年一年間実際には一五〇〇キュリーが放出されている。

このように、原子力発電所から、平常運転時にも気体が放出されているが、これが気体廃棄物である。この中の主なも

のは、クリプトンやキセノン等の放射性希ガスである。現在では、地球の大気中の放射性のクリプトン八五の量が測定されているが、これは年々増加している。クリプトン八五は半減期一〇・七六年で崩壊して安定な元素に変わるにかかわらず、たえず増えづけている。全世界的にみたクリプトン八五の増加は将来にわたって大きな問題で、国際的に協力して解決しなければならないことではある。

このようなクリプトン八五の濃度では、人体にどの程度に影響するとはいえないことであるが、発電所周辺では、クリプトン八五などの放射性の気体濃度は大きくその影響もかなり大きくなる。これについては、わが国では、昭和三五年九月三〇日、科学技術庁告示二一「原子炉の設置、運転等に関する規則等の規定に基づく許容被曝線量等を定める件」の第二条で「周辺監視区域外の許容被曝線量は、〇・五レムとする」と定めている。これは、ICRPの一九五八年の勧告による許容量に従っているわけであるが、最近の癌に関する統計は、これまでの発性の癌の推定が大幅に過少評価であることを示している。

ゴフマン、タンプリン両博士は、このような結果をもとにし、一九六九年、公衆に対する許容量は、一〇〇分の一に切り下げるべきであることを主張した。これについては、世界的にも、大きな反

響をよんだ。その後米国原子力委員会は発電用原子炉の設計および運転指針としての敷地周辺の環境基準を一〇〇分の一の年間五ミリレムに引き下げた。これは、一般的に許容線量を引き下げたのではなく、発電用軽水炉だけに対しても下げたものであった。しかし、米国環境保護庁(EPA)は、これについての検討を進め、一九七六年、原子力発電所だけでなく、採掘輸送、廃棄物処分を除く、ウランの選鉱、精錬、核燃料の製造、使用済核燃料再処理を含めた原子力施設全体の放射性放出物による一般住民一人当たりの全身被曝線量を年間二五ミリレム以内におさえる数値的指針を定め一九七七年一月一三日に公布<sup>③</sup>した。

わが国も、一九七五年になつてようやく発電用原子炉に限り、米国と同じ、敷地周辺の環境基準を年間五ミリレムとすることになつたが、発電用原子炉に限らず核燃料サイクル全体にわたる原子力施設からの放射性放出物による放射線被曝の許容量を定めようとする動きはない。低線量の放射線の被曝では、しきい値がないこと、被曝線量と晩発性障害の発生の確率が比例するということから、一人が年間五レムの線量を受けた場合と、一〇人が年間〇・五レムの線量を受けた場合とをもとにし、一九六九年、同じになる。違いは一人の人が白血病などの癌になる確率が一〇人に分散される

ので、一人の人から見た場合には危険が一〇分の一になるということである。このような理由で、低線量の被曝の効果を表わすのに、放射線の量と、それを被曝した人数を積算した集団被曝線量を用いる。この集団線量の単位は人レムである。このようない集団被曝線量を用いて、発生すると予想される晩発性癌の数と、発生する割合とを比例することになる。问题是、この集団被曝線量に対してどれだけの晩発性障害が発生するかという点であるが、一九七二年米国科学アカデミー(NAS)のBEIR委員会が、主として広島と長崎の原爆被爆者のデータをもとにまとめた数字によると、最初の二五年から二七年対して発生する白血病などの晩発性癌による死者は全身集団線量一〇〇万人レムに対し六〇人と一六五人の間にあるものと推定している。この推定に對してはいろいろ議論があるがEPAも、環境放射線基準の作成には、このデータを用い、現在でも最も信頼できる数値とみられている。晩発性障害については、このよろ致死性の癌のほかに、個々の臓器に對して定められている。

米国物理学会研究グループ<sup>④</sup>は、一九七五年の軽水炉の安全性に関する調査報告の中で、軽水炉の大事故による晩発性癌の発生数を予測するために、NASの報告の数値をもとにし、一〇〇万人レムに對し一三〇人という数値を用いている。この数を用いると、現在法律的に認められている敷地周辺で年間五〇〇ミリレムという許容線量が決して小さくないことがわかる。この数値を用いると、一〇〇万人の人が、五〇〇ミリレムの放射線を被曝すれば、集団被曝線量は五〇万人レムになり、年間六五人の致死性癌による追加死亡者が出ることになり、一〇〇万人に対し、年間約三二〇といわれる自動車事故死よりは少ないが、火災等による約二〇人を完全に上まわっている。実際はこの数値は、過小評価といわれ、ゴフマン、タンプリンの推定値ではこの一〇倍程度になる。このことから、原子炉の敷地の住民は、実際に年間五〇〇ミリレムを被曝するとなると、他の場所の住民よりも、自動車事故による危険と同程度また少なくともその一〇分の一程度の余分な危険を負担することになる。

危険はこれだけではない。遺伝的障害は、放射線によるDNAの破壊によるから、晩発性障害と同様に、集団被曝線量に比例するが、NAS報告をもとに計算すると、全身一〇〇万人レムに対し、二五人ないし二五〇人の優性の遺伝的障害を生ずるということになる。遺伝的障害では、データが少ないため不確定の幅が大きいが、危険は同じである。このような

従事者の総被曝線量の推移			
年度	総被曝線量 (人レム)	原子炉数	
48	2685	8	
49	3128	11	
50	4998	13	
51	6241	14	
52	(4293) 52年度は上半期	14	

晚発性癌や遺伝的障害の危険は、毎年蓄積されていくため、原子炉周辺以外の住民に比べて余分の危険を強いることになるので、これを住民が基本的人権に関する問題であるとするることは当然である。伊方原発訴訟の判決理由骨子<sup>4</sup>で公共の必要がある場合には、「人類に影響があると判明している最低放射線量の数十分の一の量を許容被ばく線量（年間五〇ミリレム）と定めることは違法ではない。」とのべているが、ここで「人類に影響があると判明している最低放射線量」とは何を指すか明らかでないが、五〇ミリレムから逆に計算して、二五レムという急性障害のしきい値を指していることは明らかである。このことは、急性障害としきい値がないと考えられていてる発性障害と、混同した事実の誤認であるとみられる。そのうえ、これは米国EPAが既に環境基準として定める核燃料サイクル全体（原子力関係全

部）によるもの年間全身二五ミリレム以下という値に比べてあまりにも大きい。以上は、年間五〇〇ミリレムと定めている法律上の問題であるが、一九七五年以降、米国にならって、一年間に発電所からの放射線の目標値を五ミリレムに切り下げる。この目標値が守られれば安全かどうかという点については、この測定が行なわれたとしても、「これはガンマ線による線量しか測定されていないので、これだけ安全かどうかという議論はできない。現にわれわれは、宇宙線、地面等を受け、花崗岩地帯では、年間二〇ミリレム程度の余分のガンマ線の照射をされているので、五ミリレム程度は問題ではない」という意見がある。しかし、これに対する影響はこの一〇〇倍に達するおそれがあるといふ指摘がある。

また排気筒から放出される放射性気体廃棄物は、大半がクリプトンやキセノンといった希ガスであるといわれているが、このほかに粒子状のヨウ素「三一」も入っているおそれがある。ヨウ素は、呼吸で摂取されると甲状腺に集まるので、これによる甲状腺被曝については検討の必要がある。また実際にこのような希ガス以外の放射性元素が、排気筒から放出されている例がある。島根原子力発電所では、昭和五〇年に付近の茶からマンガン五四が、敦賀原子力発電所では、ダイコンやヨモギから放射性ヨウ素が、福島原子力発電所周辺では、一九七六年に、コバルト六〇、マンガン五四が発見されている。これらは微量であって、直接人体への影響はないかもしれないが、本来なら検出されないと考えられているコバル

ト六〇などが検出されたということは、以後環境汚染が進むことを示すのではないと危惧されている。このように発電所敷地周辺の線量の目標値を年間五ミリレム以下にするということは、実際には、目標だけに終わり実現されないことが多い。

最後に放射線被曝に関して最も重要なのは、従事者（労働者）の被曝である。原子力発電所は、年に一回の定期検査で点検を必要とするし、また最近のように事故や故障があると、しばしば修理を必要とする。原子炉の内部が相当な程度まで放射能で汚染されているため、このようないかという疑問も提起されている。このほかに粒子状のヨウ素「三一」も入っているおそれがある。ヨウ素は、呼吸で摂取されると甲状腺に集まるので、これが、わが国では、三レムを越えないようにしている。しかし、原子力発電所は、運転するに従って、放射能汚染が進行し、上の表に示すように総被曝線量は年々増加している。科学技術庁などでは、原子力発電所の数が増えるので総被曝線量が増加しているということをいつていてるが表からみられるところ、これはまったく事実に反している。特に、昭和五二年は原子炉の基数はあまり変わらないのに、上半期だけで、昭和五〇年度とほとんど変わらない。こういう労働者の場合にも、晚発性の癌や、遺伝的障害は

周辺の住民の被曝と同じであるから、半年間四二九三レムというと、年間に一度程度の晚発性癌が追加発生する確率が存在することになる。したがってこのまま推移すると、一〇年間の被曝総線量は一〇万人レム程度になり、原子力発電所の労働者から、かなりの数の晚発性の癌が発生することが憂慮される。これについても、科学技術庁などは、年間二五レム以下ならば心配ない、また三レム以下ならば絶対に大丈夫だといっているが、晚発性の癌の発生にはしきい値がないことは前に述べたとおりである。

また、一人三レム以下におさえるため、人海戦術にならざるをえず、昭和五一年度に、被曝した労働者の総数は一万余〇〇〇をこえている。このような事情で、原子力関係以外の労働者にも、原子力発電所の修理をさせなければならない事情が生じ、米国のウェスティングハウス社では、遂に宣伝部の職員まで動員したことがあるといわれている。わが国でも事情は同じではないか。

最近、このような晚発性障害について三つの重要な事例がおこっている。一つは、マーシャル諸島の住民が、二四年前のビキニの水爆実験のときの放射性降下物のために放射線障害にかかっていることである。二番目は、一九五七年に実施された米国の核実験で被曝した民間人・軍人のうち八人が白血病にかかってい

て、最近一人が死亡したことである。第三は米国のボーツマスの海軍工廠で原子力潜水艦の建造にあたった民間人労働者が存在することになる。したがってこのまま推移すると、一〇年間の被曝総線量は一〇万人レム程度になり、原子力発電所の労働者から、かなりの数の晚発性の癌が発生することが憂慮される。これについても、科学技術庁などは、年間二五レム以下ならば心配ない、また三レム以下ならば絶対に大丈夫だといっているが、晚発性の癌の発生にはしきい値がないことは前に述べたとおりである。

#### 四 軽水炉の重大事故

軽水炉では、一次冷却水で絶えず燃料棒で発生する熱を取り去つていてそのために、燃料棒の表面の温度はほぼ一定に保たれている。ところが、何かの原因で、一次冷却水の大口径の配管が破断をすると、高温高圧の一次冷却水のかなりの部分が蒸気になって噴出し、炉心は空焚きの状態になり、燃料棒の表面温度はたちまち上昇し、一分程度で被覆のジルコニウム合金が酸化してくずれる。これを一次冷却材喪失事故とい。軽水炉の場合には、中性子の減速材として作用している水がなくなるので、核分裂反応は自然に停止するが、燃料棒の中にたまつていながら、ラスマッセン報告によばれることもある。その草案は一九七四年に発表され、各方面の意見をきいて修正したもの

三は米国のボーツマスの海軍工廠で原子力潜水艦の建造にあたった民間人労働者に、放射線によるとみられる白血病等の癌のための死者が異常に多く出ていることである。海軍工廠では、労働者の被曝を年間五レム以下におさえていたにもかかわらず、この工場の労働者の癌による死亡率が高いということは、労働者の被曝による晚発性の癌が現実におこっているのではないかとして注目される。

はじめ燃料棒の酸化ウランそのものも、二八〇〇度を越すと溶融し、最後には溶けた燃料棒は一〇〇～二〇〇トンの溶融したたたまりになり、圧力容器の底にたまる。それでも熱の発生はとまらず、圧力容器の底を溶かして、外側の格納容器の底のコンクリートを溶かし、地中深く、巨大な高温のかたまりになつて沈んで行く。この事故をチャイナ・シンドローム（中国症候群）溶融炉心が、米国から地球の反対側の中国まで到達するというブラック・ユーモア）とよんでいる。さらには、溶けた炉心が格納容器の底にたまつて、溶けた炉心が格納容器の底にたまつて、発生した蒸気が爆発した格納容器を破壊する場合が考えられる。この炉心溶融の結果おこる格納容器の破壊が、軽水炉で最もおそれられている事故である。

炉心溶融、蒸気爆発、格納容器破壊は、軽水炉では最悪の事故であるが、その被害の程度は、天候、風速、気温と高さの関係などで大きく変化していく。このような事故については、マサチューセツ工科大学のラスマッセン教授が米国原子力委員会の委託によって行なつた計算が最も有名で、これは米国原子力委員会報告 WASH-1400として公表されているが、これは誤りである。原子炉には、非常用炉心冷却系（緊急炉心冷却系 E C C S）が装置されていて、一次冷却水喪失事故がおこると、自動的に、冷い水を噴出して、炉心を水没にするようになっているが、これが実際にどの程度作動するかという点が大きな論争になつてゐる。WASH-1400でも、一次冷却水喪失がおこり E C C S が作動せず炉心溶融をおこし格納容器破壊までいく確率は二万分の一としている。このうち、一〇パーセントが、多量の放射性物質を放出するが、ラスマッセン報告によればことある。その草案は一九七四年に発表され、各方面の意見をきいて修正したもの

S H-1400で一〇〇万キロワット（電気出力）の PWR における事故（PWR 2型とよぶ）では、即死者は二三〇〇、急性障害者の数四万五〇〇と推定している。ただし、この数は、米国の人口密度をもとに計算しているが、わが国に適用した場合これより少なくなることはない。この事故では、原子炉から風下七キロメートルでも一〇〇〇レム被曝し、即死する。WASH-1400では、この事故に対する確率を計算し、二億原子炉年に對し一回（一原子炉に対し二億分の一の確率）という値を出している。よく原子炉の大事故で死ぬ確率が隕石にあたつて死ぬ確率よりも小さいというのはこの話がもとになつていて。このことから、炉心溶融事故そのものがおこる確率までもこの程度に小さいようと思われているが、これは誤りである。原子炉には、非常用炉心冷却系（緊急炉心冷却系 E C C S）が装置されていて、一次冷却水喪失事故がおこると、自動的に、冷い水を噴出して、炉心を水没にするようになっているが、これが実際にどの程度作動するかという点が大きな論争になつてゐる。WASH-1400でも、一次冷却水喪失がおこり E C C S が作動せず炉心溶融をおこし格納容器破壊までいく確率は二万分の一としている。このうち、一〇パーセントが、多量の放射性物質を放出するが、ラスマッセン報告によればことある。その草案は一九七四年に発表され、各方面の意見をきいて修正したもの

億分の一という数字が出てくるわけである。しかし、このWASH一四〇〇の確率の評価に関するモデルや仮定には多くの問題点があり、特にMITRE報告で指摘されている例をあげると、重大事故の発生する確率を二億原子炉年に一回ではなく、二万原子炉年に一回という推定がある。これは、米国の場合に二〇〇〇年までに重大事故のおこる確率の上限が約二五%ということになる。同じ確率を用いると、わが国で、かりに二〇〇〇年までに三〇基の原子炉が設置されるとすれば、二〇〇〇年までに重大事故が一度おこる確率は六%となり、まったく無視することができなくなる。

伊方原発訴訟はその判決理由（要旨）の中で、「一次冷却系配管のいかなる種類のものの破断による一次冷却材喪失事故に対しても有効であるとの評価を得ている」と述べているが、ECCSが作動せず炉心溶融と格納容器破壊がおこる確率は、WASH一四〇〇でさえ「一原子炉・年二万分の一はおこるとしている」ことでもなく無視している点で科学・技術の知識をこえた独自の判断である。

WASH一四〇〇の死者と障害者の数は、原子炉から四〇キロメートル以内の住民は全部退避するとしているが、日本では、このような退避に関する計画も訓練もしていないので、大事故の場合に現実に退避することは不可能で、死者、障害者はWASH一四〇〇の計算にもとづくものよりもはるかに多くなるであろう。なお、重大事故で放出された放射性物質による晩発性の癌については、しきい値がないことは前に述べたおりである。WASH一四〇〇では、PWRの重大事故について毎年一五〇〇人の晩発性癌が発生し、三〇年で四万五〇〇〇人と計算している。米国物理学会研究グループの報告では、晩発性の癌の発生は風下九〇〇キロメートルまでおよぶとして計算している。これも一平方キロメートル七五人という米国の人口密度を用いているので日本の場合は異なってくる。なお、WASH一四〇〇では、PWRの重大事故による経済的損失は、一四〇億ドル、放射性物質による汚染を除去しなければならない地域は、八三〇〇平方キロメートルと推定している。

ここで、もう一つ加えたいことは、ECCSが作動せず、炉心溶融がおこらないような事故の確率は非常に小さいといふことを否定するような事故が現におこつていてある。一九七五年三月二日アラバマ州のテネシー渓谷開発公社（TVA）のブラウンズ・フェリー原子力発電所で火災がおこり、猛火は、七時間半燃えつづけ、一六〇〇本のケーブルを損傷し、その中には、原子炉安全系のもの六一八本があつた。そのため、二号機は停止することができたが、一号機は火が消えるまで停止できなかつた。ケーブルが燃えたため、ECCS系も動かず手動で止めることができたが、一次冷却水配管が火事で破損しなかつたのは僥倖というほかはなかつた。このことは、同じ型の軽水炉にまったく同じ危険があることを示すとともに、確率の計算の上では非常に小さい事故が現実におこることを意味するものである。

次に、これは今まであまり注意されなかつたことであるが、原子力による損害賠償に関して大きな問題があることである。これについては、原子力損害の賠償に関する法律があり、これにもとづいて行なわれるであろうが、即死者や非常に明らかな急性障害者には、適切な補償措置がとられるかもしれないが、晩発性の癌などの場合には実際上非常に困難である。このような晩発性の癌は、一〇年、二〇年後に現われることがあるうえ、それが原子力発電所の事故によるものかどうかを認定するのが非常に困難なことがある。このような晩発性の癌は、一〇年、二〇年後に現われることがあるうえ、それが原子力発電所の事故によるものかどうかを認定するのが非常に困難なことである。また、非常に多数の人についての認定作業を行なうことが実際に可能かどうかということについても、水俣病の認定作業が、遅々として進行していないことをからみても非常に疑しい。原子力発電所周辺の住民が、原子力発電所の平常運転のための微量放射線によって、晩発性の癌になった場合も、認定作業は同様に困難である。このようにして、原子力発

電所の平常運転、事故のいずれについても、晩発性の癌などの被災者は事実上、切り捨てられてしまうおそれがある。伝統的障害の場合には、ますます困難である。こうしてまったく基本的人権が無視される可能性がある。

## 五 核燃料再処理に関する問題

原子炉の核燃料は三年ほどで新しいものと交換することになっている。この使用済核燃料の中のウラン二三五は大部分消費されているが、この中には、ウラン二三八に中性子があたつて転換したプルトニウム二三九が約〇・六%入っている。この使用済核燃料から、プルトニウム二三九を取り出し、これを原子炉の核燃料として使うのがプルトニウム核燃料サイクルで、この核燃料を処理する施設が核燃料再処理工場で、東海村に設置されている。再処理工場では、使用済の燃料棒を切断して、硝酸に溶解し、ウランとプルトニウムを抽出する。ところが、燃料棒の中には、多量の核分裂生成物が入っているので、その処理をしなければならない。これらの廃棄物を最終的にどう処理をするかはきまつてはいない。の中には半減期の長いものもあり、五〇〇年も一〇〇〇年も管理しなければなら

ないものもある。この処置をすべきかの問題は未解決のままである。ところで問題を未解決のまま原子力発電所を次々に設置していくか自身まったく大きな問題である。このよろ将来的問題もあるが、東海村の再処理工場は气体と液体の放射性廃棄物を多量に放出するので、その量は一日で原子力発電所の一年分にある。たとえば、气体廃棄物としてクリプトン八五を一日当たりハ〇〇〇キュリー放出する。このため、設計上も、敷地周辺の放射線被曝量は年間三二ミリレムに達し、米国の大EPAが原子力関係全部で年間一五ミリレムとしている値をすでに上回っている。再処理工場の場合には、このよろに周辺の環境の放射能は、原子力発電所の場合よりも大きな問題で、原子力発電所周辺でだけ年間五ミリレムにしても、全体として考へないと意味があまりない。このほか再処理工場に関して大きな問題は、東海村の再処理工場で、年間一・五トン生産されるブルトニウムである。ブルトニウムは原爆の材料になる」と、核兵器とのつながりで大きな問題であるうえ、非常に毒性が強いので、他の放射性物質以上に、人体に対して危険なもので、ブルトニウムによる環境の汚染は人体に対して著しい影響を与える。このように、再処理に関する安全問題はある意味では原子炉の場合よりも重要である。

(1) 武谷川男編・原子力発電(岩波書店、昭和五一年)。

(2) Japan National Preparatory Committee, A Call from Hibakusha of Hiroshima and Nagasaki(Asahi Evening News, 1977).

(3) Federal Register, January 13, 1977, Part VII Environmental Protection Agency.

(4) U. S. Environmental Protection Agency, Final Environmental Statement, EPA 520/4-76-016(1976).

(5) National Academy of Sciences, The Effect on Populations of Exposures to Low Levels of Ionizing Radiation, 1972.

(6) Report to the American Physical Society by the Study Group on Light-Water Reactor Safety, Reviews of Modern Physics, Volume 47, Supplement No. 1, 1975.

(7) 原発黒書編集委員会編・原発黒書(原水爆禁止日本国民会議、昭和五一年)。

(8) 原発闘争情報第四三号(昭和五一年、原子力資料情報室)。

(9) U. S. Atomic Energy Commission, WASH-1400, Reactor Safety Study, 1975.

(10) Report of the Nuclear Energy Policy Study Group, Nuclear Power Issues and Choices(Ballinger, 1977)〔赤木留夫訳、原ナカムラハルカ(ペントイカ、昭和五一年)〕。MITRE報告書(スコットウェル)。

(11) McKinley C. Olson, Unacceptable Risk(Bantam Books, 1976)〔小野周・長尾正良訳、われわれは原発と共に存できるか(講談社、昭和五一年)。

(12) Daniel Ford et al., Browns Ferry(Upon of Concerned Scientists, 1976) (井上・山本・物理者)