

六ヶ所再処理工場は岩手に何をもちたすのか？

京都大学原子炉実験所 小出 裕章

・再処理とは何をすることか？

原爆製造計画

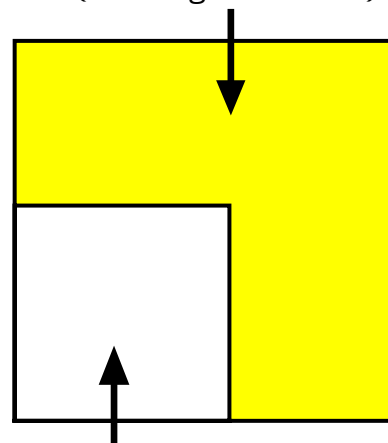
1945年3月10日、東京は300機を超えるB29による空襲を受け、下町を中心に市街地の40%が灰燼に帰し、10万人の人々が焼き殺されました。その時に雨あられと投下された焼夷弾の量は1665トンでした。その5か月後、広島、長崎に原爆が投下されました。広島原爆の爆発力は火薬に換算して16キロトン、すなわち1万6000トンで、長崎原爆のそれは21キロトン、2万1000トンでした。そして、それぞれ10万人の人々が筆舌に尽くしがたい苦悶のうちに短期日に死亡し、生き延びた人々は「被爆者」となって、その後の人生を奪われました。広島・長崎の原爆で燃えたウランやプルトニウムの量は約1kgでした。たった一発の爆弾が放ったその強烈なエネルギーは、ウランやプルトニウムの核分裂反応が生み出したもので、以降、人類の歴史は、核分裂エネルギーに翻弄されることになりました。

1939年9月1日ナチスドイツのポーランド侵略で始まった第2次世界戦争で、ナチスの迫害を逃れたたくさんの科学者が米国に渡りました。前年暮、ドイツのオットー・ハーンによって核分裂反応が発見されて間もない頃であり、ナチスの原爆開発を恐れた科学者たちはナチスが原爆開発に成功する前に原爆を作り上げるよう、当時の米国大統領ルーズベルトに進言しました。こうして米国における原爆製造計画・マンハッタン計画が始まりました。人里離れた場所に秘密都市を作って10万人を超える科学者・労働者を閉じ込め、20億ドル(1940年の為替レートで換算して86億円。1941年の日本の一般会計歳入も86億円であった)を超える資金を投入して原爆の開発に当たりました。

ウラン原爆

一口にウランと呼ぶ元素の大部分は燃えないウラン、つまり「非核分裂性ウラン(U-238)」で、燃えるウラン「核分裂性ウラン(U-235)」の割合はわずか0.7%しかありません。そのU-235を集める作業を「ウラン濃縮」と呼びます。そのウラン濃縮作業は、とてつもなくエネルギーを必要とする作業で、原爆が爆発して放出するエネルギーをはるかに超えるエネルギーをあらかじめ投入することになってしまいました。(図2参照)。

濃縮作業に要するエネルギー
(30kg高濃縮U分)



出力エネルギー
16キロトン TNT

図2 広島原爆のエネルギーバランス

プルトニウム原爆

一方、物理学者たちはU-238を「核分裂性のプルトニウム(Pu-239)」に変換し、Pu-239で原爆を作

る方法もあることを見つめます。そして、プルトニウムを作り出す装置として原子炉が、作り出したプルトニウムを分離するための工場として再処理工場が作られました。こうして、マンハッタン計画ではウラン原爆とプルトニウム原爆を作る作業が平行して進められました（図3参照）。結局、1945年夏になって米国は3発の原爆を完成させましたが、そのうち2発がプルトニウム原爆でした。1発は人類初の原爆として、米英ソ3国首脳が日本への降伏勧告を協議するポツダム会談の日にあわせて、米国の砂漠アラモゴルドで炸裂し、もう1発が長崎原爆・ファットマンとなりました。「核分裂性のウラン」を濃縮して作られたウラン原爆は1発しかできず、それは広島に落とされたリトルボーイでした。

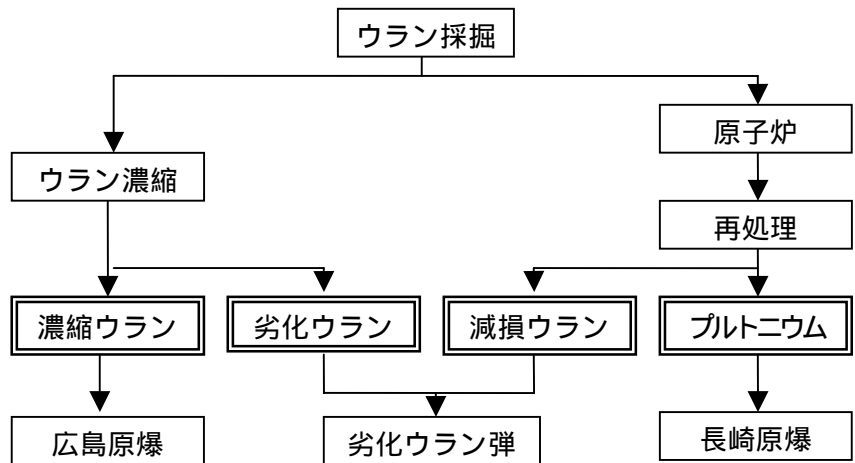


図3 マンハッタン計画における2つの道

米国の原爆製造計画（マンハッタン計画）では、広島原爆を作るために「ウラン濃縮」、長崎原爆を作るために「原子炉」、「再処理」が開発された。それらが今、原子力「平和」利用と称して利用されている。

再処理とは原爆材料・プルトニウムを分離する操作

先に述べた様にウランの大部分は「燃えないウラン (U-238)」で「燃えるウラン (U-235)」だけを利用する今日の原子力発電は、実は大変貧弱なエネルギー源にしかありません。そこで、原子力に夢を託す人々は今日の原子炉では燃料として利用できない U-238 を燃えるプルトニウム (Pu-239) に変換することによって、資源の量を飛躍的に増加させることにしました。そのために必要なものが、高速増殖炉と呼ばれる特殊で危険な原子炉、そして原爆製造の時と同じように、作り出したプルトニウムを取り出すための再処理工場です。そ

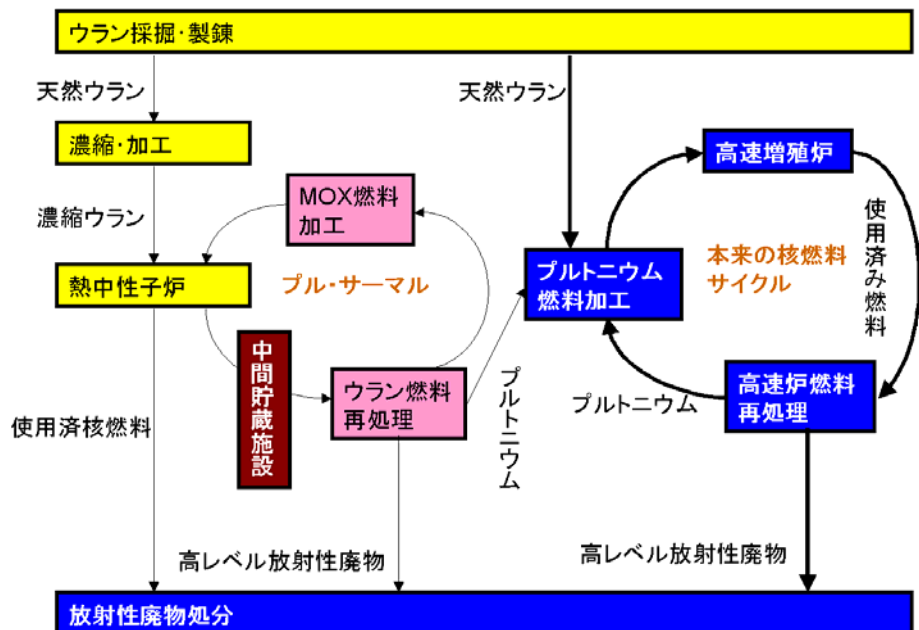


図4 核燃料サイクルの全体像

れらを含んだ一連の作業が本来の核燃料サイクルと呼ばれるものです（図4参照）。原子力を意味のあるエネルギー源とするためには、どうしてもそれを実現する必要があるということは原子力開発の当初から分かっていたので、米国を含め核先進国は一度は高速増殖炉と再処理路線に足を踏み込みました。ところが、高速増殖炉は技術的、社会的に抱える困難が多すぎて、一度は手を染めた世界の核開発先進国はすべてが撤退してしまいました。また、たとえ「平和」利用を標榜したとしても、プルトニウムを分離することは核拡散の歯止めを失うことになりますので、米国はカーター大統領の時に、商業用の再処理を自ら放棄しました。

高速増殖炉が実現できていない現在、プルトニウムを分離して取り出したとしても使い道がありません。使い道がないままプルトニウムを保有していれば、世界の国々から核兵器に転用するのではないかと疑われます。そこで、しかたなく、普通の原子力発電所で無理やりプルトニウムを燃やしてしまおうという計画が出てきて、それが「プル・サーマル」と呼ばれるものです。本当なら、再処理などやるべきでないし、やらなければ原子力が抱えてしまった困難をこれ以上増加させずに済みます。

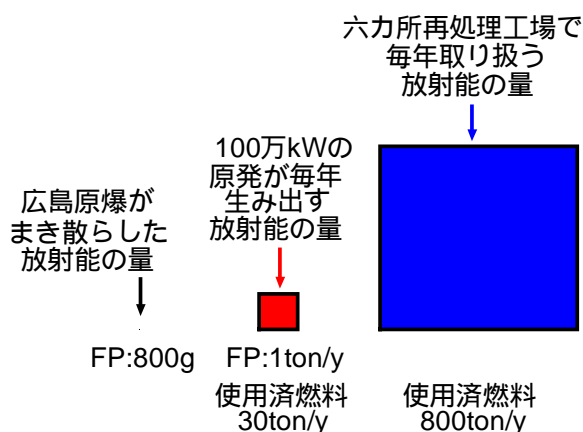
再処理工場

原発が生み出す膨大な放射能

今日標準的となった100万kWの原子力発電所は、広島原爆で核分裂したウランに比べて約1000発分のウランを毎年燃やし、それだけの核分裂生成物を生み出します。

再処理工場で扱うさらに膨大な放射能

一方、六ヶ所再処理工場は、原子力発電所約30基が1年毎に取り替える量に相当する800トンの使用済燃料を毎年取り扱います（図5参照）。



FP : Fission Products (核分裂生成物)

図5 再処理工場が取り扱う膨大な放射能

閉じ込めを破り、硝酸で溶かしての作業

原子炉を動かすと、その使用済み燃料中のペレット（二酸化ウランの焼物、いわば瀬戸物）の中には燃え残りのウラン、核分裂生成物、新たに生まれたプルトニウムが混然一体となって含まれるようになります。再処理とは使用済燃料中に生成・蓄積したプルトニウムを取り出すための操作です。原子炉の段階では、ペレットは曲りなりに燃料棒の中に閉じ込められていますが、再処理工場ではまず燃料棒を細かく切り裂きます。そして、こぼれ落ちてきたペレット（瀬戸物）を今度は硝酸でどろどろに溶かした上で化学的にプルトニウムを分離しなければなりません。当然、環境に放出する放射能の量は桁違いに多くなり、原子力発電所が1年で放出する放射能を1日で放出するといわれます。

英国・ウィンズケール再処理工場での実例

もともと再処理は核兵器材料であるプルトニウムを取り出すことを目的に開発された核軍事の中心技術です。かつての戦争の敗戦国日本は一切の核研究を禁じられ、核=原子力技術では欧米諸国に決定的な遅れをとりました。そのため、日本の原子力発電所が生み出した使用済燃料は英国ウィンズケール

(セラフィールドとも呼ばれる)とフランスのラ・アーグ再処理工場に送って再処理してもらってきました。その英国ではウィンズケール(最近では、セラフィールドと呼ばれる)に再処理工場がありますが、これまでに120万キュリー(広島原爆の400倍)を超えるセシウム137が内海であるアイリッシュ海に流されました(図6)。すでにアイリッシュ海は世界一放射能で汚れた海になってしまっており(図7)、対岸のアイルランド国会、政府は度々再処理工場の停止を求めてきています。

・被曝すること

放射線は目に見えないし、

五感に感じない

人類が放射線を発見したのは1895年、ドイツのレントゲンが最初でした。レントゲンはその見えない不思議な光線を「X線」と名づけました。それ以降、たくさんの人たちがX線の正体を探るための研究をし、1988年にはキュリー夫妻が放射性物質を発見しました。そうした中で、五感に感じない放射線に被曝して、キュリー夫妻も含めたくさんの人たちが命を落としました。

放射線はエネルギーの塊で、被曝とは放射線からエネルギーを受け取ること

一口に「放射線」と言っても、たくさんの種類の放射線があります。レントゲンが発見したX線は光の一種ですし、ガンマ線と呼ばれる放射線も同じです。ベータ線の正体は電子の流れですし、アルファ線と呼ばれる放射線は陽子2個、中性子2個からなる粒子の流れです。それぞれに性質が違い、人間が被曝する時の仕方も多様です。しかし、いずれにしても被曝とは、物体が放射線を受けて、放射線からエネルギーを受け取ることです。

被曝の単位は「グレイ」で、物体1kgが1Jのエネルギーを放射線から受けた時に1グレイと定義されています。物体が人体の場合には、受ける放射線の種類によって影響の出方に違いがあるため、障害の重さに関する係数を掛けて、「シーベルト」という単位に変換します。たとえば、アルファ線はガンマ線やベータ線に比べて発ガン毒性が20倍高いと考えられており、1グレイの被曝を20シーベルトとします。

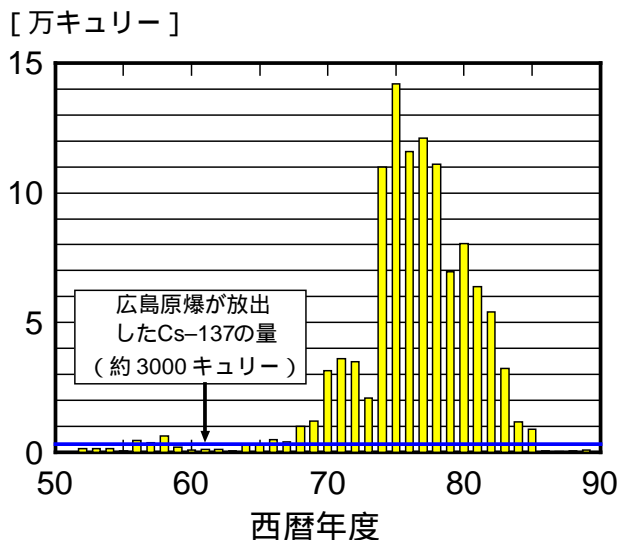


図6 ウィンズケール再処理工場からのセシウム137放出実績

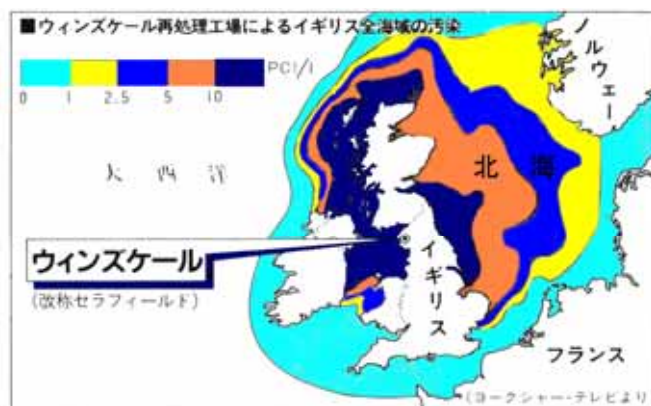


図7 ウィンズケール再処理工場が放出した放射能による海の汚染

たくさん被曝すると死んでしまったり、急性の障害が現れる

たくさん被曝をすると人は死んでしまいます。原爆被爆者には髪の毛が抜けてしまったり、吐き気や下痢をしたり、火傷をしたり、出血を起こしたり、たくさんの被害が出ました。中には死んでしまう人もいました。その後も、核=原子力開発や医療上の事故でたくさんの被曝者が、人間はどのくらい被曝すると死ぬのが次第に分かってきました。その結果、およそ2グレイ被曝すると死ぬ人が出るようになり、8グレイも被曝すれば、ほとんどすべての人は生き延びられないことが分かってきました。そして、4グレイの被曝をする人が2人いれば、どちらか1人は死ぬと考えられ、それを「半致死線量」と呼びます。私たち人という生き物は時に風邪を引いたり、病気になったりして体温が1度も2度も上がることもありま

す。暖かい風呂に長時間入っていれば、それだけで体温も上がるでしょう。それでも人間は死んだりしません。4グレイの被曝は人間の体温を1000分の1度しか上昇させないほどのわずかなエネルギーですが、人は放射線からそれだけのエネルギーを受ければ2人に1人は死んでしまいます(図8参照)。

放射線が持つエネルギーは生命体が持つエネルギーに比べ桁違いに大きい

どうしてそんなことになるのでしょうか？ それは一つひとつの放射線の持つエネルギーが生命体を構成している物質が持っているエネルギーに比べて桁違いに大きいからです。私たち人間の体を含め、この世の物質はすべて原子が結合した分子でできていますが、原子がお互いに手を取り合って分子を形作るときのエネルギーは数電子ボルトであるのに対して、一つひとつの放射線のエネルギーは数万～数百万電子ボルトに達します。私たちが被曝すれば、DNAを含め細胞を構成している分子がずたずたに引き裂かれてしまいます。1999年、東海村の核燃料加工工場JCOで起きた臨界事故では、10グレイ、18グレイの被曝をした2人の労働者が筆舌に尽くせない苦悶の末、死んでしまいました(図8参照)。

どんなに少しの被曝でもガンなどの危険が増える

ただ、人が死んだり、急性の障害が出るのは、ある量以上の被曝をした時だけです。被曝の量が少なければ、その種の被害は現れません。しかし、長い被曝の歴史、特に原爆被爆者の健康追跡調査のデータが蓄積してくるにつれて、急性の障害が出なくても長い年月の後にガンなどが発生することが分って

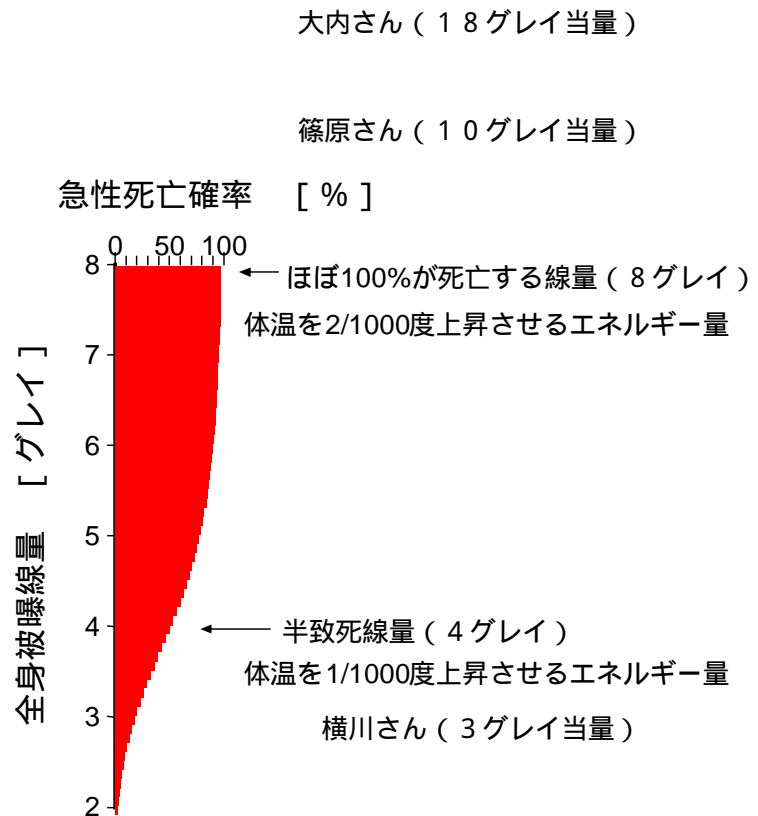


図8 被曝による急性死確率とJCO作業員の被曝量

きて、そうした被害の場合は、どんなに被曝量が少なくても被害が発生することが分かってきました。そのため、被曝に対する許容量は時が経つとともに劇的に小さくされてきました（図9参照）。

六ヶ所再処理工場からの放射能放出はどうなるか？

信用に足りない国と日本原燃の計算

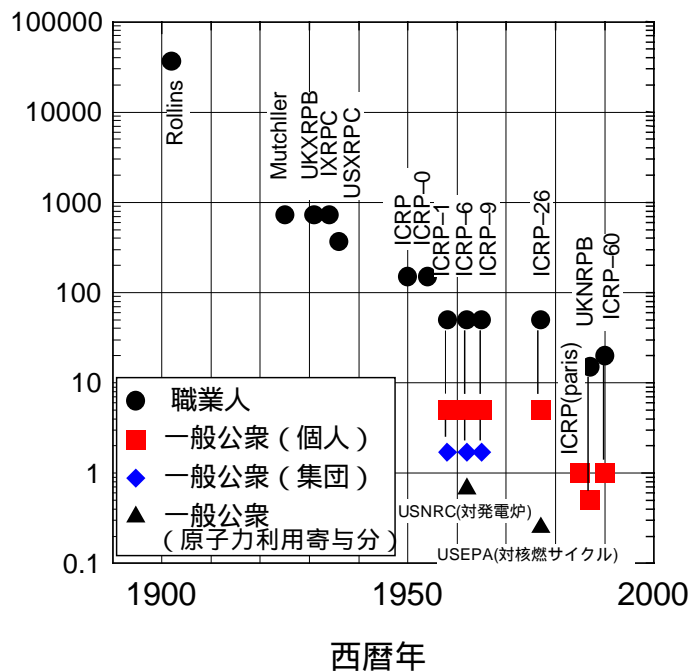
放射線に被曝することは天然のものであろうと人工のものであろうと危険を伴います。そのため日本の法令では、人工の放射線に対する一般人の被曝許容限度を1年当り1ミリシーベルト（1000マイクロシーベルト）と定めています。しかし、人々に被曝を与える施設は多数存在するため、個々の施設に年間1000マイクロシーベルトの被曝を許せば、個人の被曝は年間の被曝許容限度を超えてしまいます。そこで、原子力発電所に対しては、一つのサイトごとに年間50マイクロシーベルトを被曝の目標値とするよう決めました。その上で、原子力発電所が環境に放出する放射性物質に対しては、気体についても液体についても濃度規制が課せられます。しかし、例えば再処理工場から液体として放出が予定されているトリチウムを原子力発電所の規制に適合させようとするれば、毎日100万トンもの希釈水が必要となってしまいます。そのため、再処理工場が放出する液体の放射能に対しては濃度規制を取ることができません。そこで、再処理工場については、住民の被曝線量を計算し、計算値が規制値を下回ればよいとされてしまいました。そして、日本原燃（株）と国は、平常運転時の住民の被曝線量を計算したところ、年間22マイクロシーベルトにしかならなかったと言います。そして、彼らは次にこう言います。「人間は天然にある放射線から毎年2400マイクロシーベルトの被曝をしており、22マイクロシーベルトというこの値は天然の放射線の被曝に対して著しく小さいから問題にならない」と。

しかし、日本原燃や国の計算は、たくさんの仮定を積み上げてなされたもので、仮定の如何によって、得られる結果は数分の一になったり、数倍になったりします。多くの場合は結果が桁で違ってきます。彼らはその計算値を有効数字2桁で示し、あたかも厳密で科学的なものであるかの様に装っていますが、2桁もの有効数字で示すこと自体が科学的ではありません。

また、日本原燃や国の計算が、住民が受ける被曝の最大値を示してい

図9 いわゆる放射線「許容量」の変遷

[ミリシーベルト/年]



Rollins, Mutchlerは研究者の個人名。

UKXRPB: 英国X線ラジウム防護庁、 IXRPC: 国際X線ラジウム防護委員会

UKNRPB: 英国放射線防護庁、

USXRPC: 米国X線ラジウム防護委員会

ICRP: 国際放射線防護委員会、続く数字は勧告の番号

USNRC: 米国原子力規制委員会、 USEPA: 米国環境保護庁

るわけでもありません。何故なら、彼らが計算に使った仮定の中には住民の被曝量を小さめに計算する仮定が幾つも含まれているからです。特に問題なのは日本の技術に対する過信です。日本での試験的な再処理工場であった東海再処理工場はフランスに作ってもらいました。その技術を模倣しながら身につけ、六ヶ所再処理工場こそ日本の技術で作る計画でした。しかし、その六ヶ所再処理工場もついに自分の力では作ることができず、再度フランスに頼んで作ってもらいました。ところが、その六ヶ所再処理工場はフランスのラ・アーグ再処理工場に比べて桁違いに少ない放射能しか捨てないという仮定になっています。

再処理工場が動けば、放出される放射能によって、地上では米を含め農畜産物が、海では魚貝類や海藻などの海産物が汚染されます。量の多寡はあるとしても、そのこと自体は避けられません。そして、いかなる放射線の被曝も危険を伴うので、私たちは再処理工場が動かなければ受けずにすむ被曝を、天然の被曝の上に上積みされることになります。

被曝の評価シナリオ自体に欠陥がある

問題はそれだけではすみません。六ヶ所再処理工場の被曝評価では、排気筒から放出される放射能は気体として、排水口から放出される放射能は液体としてのみ挙動すると仮定されています。しかし、排気筒から放出された放射能の一部は海に降り注いで海産物を汚染するし、海に放出された放射能の一部は陸に戻ってくるでしょう。後者の現象は、すでにウインズケールの周辺環境で実際に観測されています。すなわち、液体として排水口から放出されたプルトニウムなどの不溶性の放射能が海底を汚染し、その一部が風で陸に戻ってきて、家庭の掃除機のチリからも観測されています。プルトニウムを含んだ食物を食べた場合、プルトニウムの大部分は胃や腸では吸収されずに排泄されてしまい、被曝に大きな寄与をしません。しかし、空気中を飛んできたプルトニウムを吸い込めば、肺に沈着して不均等な被曝を与え、重大な脅威になります。六ヶ所再処理工場の被曝評価では、そのような被曝経路についての評価がなされていません。

また、別の重大問題もあります。六ヶ所再処理工場の被曝評価では、放出された放射性物質は大気中や海洋中で一様に拡散していき、どこにも沈着も蓄積もしないと仮定されています。その結果、特定の1年間に放出された放射能による汚染は、その1年を超えては被曝を与えないと仮定されています。しかし、再処理工場で取り扱う放射能は超ウラン元素と呼ばれる放射能など長寿命の放射能が多く、それらが一度環境に放出されれば、吹き溜まりや海底などに蓄積し、長期にわたって汚染が続きます。もちろん、汚染に気づいた時には取り返しがききません。ウインズケール再処理工場でも、ある年の海産物の汚染の強さはその特定の1年に放出された放射能の量ではなく、むしろそれまでに放出された放射能の総量に比例しています。汚染の長期蓄積を考慮しない被曝評価は、それだけで現実を表していません。そんな評価しかしていないにも拘らず、国や日本原燃は、居丈高に被曝量が少ないから安全だと繰り返してきました。

カネの論理で動く六ヶ所再処理工場

再処理は原爆材料のプルトニウムを得るという軍事上の至上命令のために開発され、それがどんなに不経済であっても、どんなに環境汚染を引き起こしても運転が許されました。「平和利用」を標榜して行われる日本の六ヶ所再処理工場の場合、何よりも優先されるのは経済性です。

六ヶ所再処理工場で平常運転時に放出が予定されている放射能のうち、住民に被曝を与える主要な

核種は、クリプトン 85、トリチウム、炭素 14 です。日本原燃は再処理工場の設置許可申請書で、それらの核種は「フィルタでは取り除けません。・・・十分な拡散・希釈効果を有する高さ約 150mの主排気筒、沖合い約 3km、水深約 44mの海洋放出口から放出します」と書き、全量を放出するとしています。

しかし、クリプトンは沸点が零下 152 で、その温度まで冷やしさえすれば、液化して捕捉できます。六ヶ所再処理工場から放出されるクリプトン 85 は年間 3.3×10^{17} ベクレルで、それを重量に換算すれば 23kg でしかありません。クリプトンの捕捉技術開発にはすでに 160 億円の国費が費やされましたが、それを活かすことなく全量を放出すると言うのです。トリチウムについては、その一部を飽和蒸気として排気筒から放出するとしています。トリチウムを排気筒から放出する場合、同じ量のトリチウムを排水口から海へ放出する場合に比べて 17 倍の被曝を与えると日本原燃自身が評価しています。放出する空気の除湿は簡単なことですから、岩手の人々の被曝は増えるかもしれませんが、除湿して捕捉したトリチウムを排水口から海へ放出しさえすれば、被曝量の合計は大幅に低減できます。また、費用はかかりますが、トリチウムの同位体濃縮技術もすでに確立されており、捕捉して閉じ込めれば、被曝自体を生まずにすみます。トリチウムを捕捉しない理由も要は経費がかかるというだけです。炭素 14 についても、全量放出とされています。炭素の捕集は化学的な手法で可能ですから、たとえば水酸化ナトリウムと反応させれば固体化できます。

もともと放射能に「安全量」はありません。「十分な拡散・希釈」とは、広範囲に汚染を広げることです。高い排気筒を立てる、陸から離れた海で放射能を放出するというようなことをすれば、たしかに再処理工場近傍での汚染の濃度を下げることができます。しかし、それは遠くまで汚染を薄めながら拡げることです。地球の大気には、県境も国境もありません。六ヶ所再処理工場が排気筒から放出するクリプトン 85 は全地球規模に汚染を広げ、日本の再処理に全く責任のない全世界の人々に被曝を与えます。そのため、計算上は毎年約 130 人、40 年の操業では約 5000 人ががんで死ぬこととなります。海だって県境も国境もなく、みな繋がっています。六ヶ所沖には「親潮」が流れていて、海に放出された放射能は親潮に乗って三陸に流れてきます。また、経済的な費用を惜しんで本来為すべき処置も取らない工場を稼働させることは故意の犯罪だと、私は思います。

再処理工場が運転されてしまえば青森県、そして岩手を含めた周辺の人々が被曝することは避けられません。放射性物質のクリアランス基準（すべての放射性物質を規制しようとする大変なので、一定濃度以下の放射性物質は規制からはずしてしまおうとする基準）は年間 10 マイクロシーベルトです。国や日本原燃による 22 マイクロシーベルトという被曝評価値は、すでにその値を 2 倍以上超えています。

労働者の被曝

六ヶ所再処理工場では、アクティブ試験に入って以降、被曝事故が相次いでいます。その上、被曝は「協力会社」作業員（＝下請け労働者）に集中しています。特に今年 6 月に起きた被曝事故で被曝した労働者は弱冠 19 歳の「協力会社」社員でした。本来ならきちんとした教育・訓練を受け、熟練した社員がやるべき作業を、放射線を取り扱ったことのない下請け労働者に押し付けるようなやり方こそが事故を生んでいます。石川迪夫・日本原子力技術協会理事長は「再処理をする限り被ばくは起こる。お百姓さんをやっていて泥がつかないわけがないのと同じだ」と発言したそうです。為すべきことをしないまま被曝を容認、それも弱い人たちにしわ寄せする精神の退廃を、私は許したくありません。