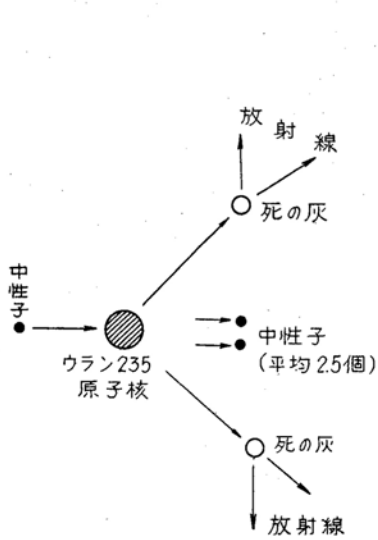


図3 核分裂および連鎖反応



### 核分裂反応

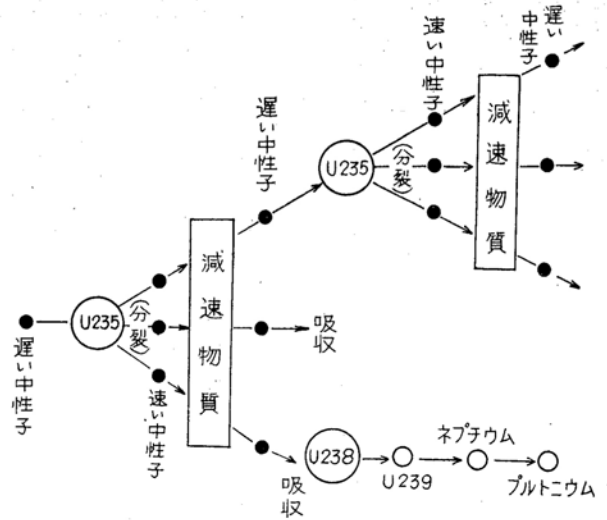
している。

核融合反応は1億度以上の超高温、超高压を必要とすることなどから、現在は水素爆弾というかたちにおいてのみ融合反応が可能であり、制御することができないが、いずれは核融合反応を平和的なものに利用可能になるであろう。

#### 4—原子炉

核分裂を一時に多量におこすことによって原子爆弾が生まれ、核融合を利用して水素爆弾が登場したが、これらは短時間<1,000万分の1秒程度>内に連鎖反応をおこさせ、原子爆弾の場合は同時に多量の死の灰が発生する。

このように急激に多量のエネルギーを発生させずに制御された状態での核連鎖反応を利用したものが原子炉である。ネズミ算式でなく一定のエネルギーを連続して出させるためには中性子を常に一定の数にとどめるように制御し、おだやかな反応



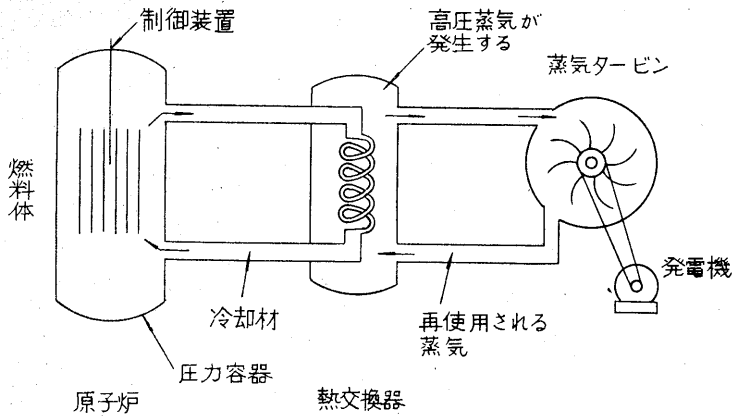
### 核分裂連鎖反応

をおこさせるようにした装置である。

実際の構造は目的によってことなるが、まず臨界量をこえる核分裂性物質<普通はウラン235が用いられる>が燃料として必要である。この燃料の連鎖反応を制御するため、いわゆる中性子の数を調整するために中性子を吸収しやすいホウ素やカドミウムを用いて制御棒が作られており、この制御棒を燃料の間に出し入れして中性子数を一定に保持するようにしてある。

またウラン235が核分裂したときにとび出す中性子の速度は非常に高速で約23km/秒で、このような高速のままの中性子では核分裂反応をおこす率が少ないので、分裂に都合のよい速度約2km/秒に遅くしてやるとウラン235で核分裂をおこす率が高くなる。このような中性子を減速させる材料を減速材といい、天然ウラン炉<熱中性子炉>の場合は、重水か黒鉛が用いられるが、ウラン235の濃度を高めた濃縮ウランを用いた炉では、軽水<ふつうの水>を減速材として用いており、このような炉を軽水炉と呼んでいる。わが国の電力会

図4 原子力発電の原理



社で建設あるいは計画している原子力発電所はこの軽水型である。

これらの炉内で発生したエネルギーは外にとり出さないと炉内の温度はどんどん高温となり燃料がこわれたり、死の灰の放散などの危険があるので原子炉燃料の周囲に水やガス、重金属などの冷却材を用いて炉を冷却すると同時に熱を炉外にとり出して動力源などに利用する。この冷却材に水を用いて、その放出で問題になっているのが原子力潜水艦などの一次冷却水である。

また原子炉から中性子が逃げださないように原子炉の周囲を減速材と同様の材料で囲み中性子を炉内に返すように反射材で囲んであり、さらに放射線が外部にもれて害をおよぼさないように、原子炉の周囲を水、鉛、鉄、ポリエチレン、コンクリートなどで遮へいしてある。

これらの原子炉はさきにものべたように、ウラン235の核分裂によるエネルギーを利用するものであるが、この原子炉内においてはウラン238が中性子1個を吸収してプルトニウム239という核分裂性物質にかわる。〈長崎に投下された原爆材料〉これを原子炉燃料として用いるならば天然ウランのすべてが原子炉燃料となり、核燃料が燃えることにより、それ以上の核燃料が作りだされる。すなわち、核燃料が炉内で増殖するで“夢の原子

炉”などと呼ばれるもので高速増殖炉といわれ、わが国でも昭和60年代の実用化をめざして、実験炉の検討を行なっているが、これらの燃料の使用ずみのものについてはその処理が重要な課題である。使用済燃料には燃えのこりのウランと、ウラン238からできたプルト

ニウムと、死の灰とがまじっている。このなかからウランを分離して、濃縮してふたたび燃料として使用されるが、プルトニウムは分離して貯蔵される。死の灰についてはその処理の場合、死の灰を分離しても放射能をふくんだ大量の排液が出るし、容器の中に密閉されたものを海へ投棄する場合でも海域の汚染ということが考えられ、これらの廃棄物の処理については多くの問題がある。

## 5 放射線による障害

1895年レントゲンが放電管から発生するX線を発見し、さらにラジウムやX線装置による工業的にまた医学の面などで広く利用されるようになってきた。とともに放射線による人体におよぼす影響が問題となってきた。とくに戦後の原子力の利用開発にもなう実験や事故時の被害について種々の問題が検討され、安全、管理などにきびしい条件が付されるようになったが、放射線がわれわれの周囲において、産業、医療などの面でどのようなことに用いられているかを検討してみると、まず放射線が広く利用されるようになった理由には、①放射線が測定器によって容易に検出できる。②放射線が物質を透過する性質を有している。③放射線が

空気そのほかの物質を電離する作用をもっている。

これらの性質を利用して、ある物質の厚みを計る厚み計、また遠隔地の積雪量などをコバルト60を用いて測定する積雪計、タンクのなかの液面の測定に用いる液面計や、金属とくに鋳物や熔接部分の不良、欠陥を探す非破壊検査、静電気が発生すると大きな事故を誘発することがあり、これらの静電気の除去にラジオアイソトープ< $\beta$ 線>を用いている。また炭素14の測定による年代の算出などが行なわれている。農業関係でも放射線の照射によって新しい育種を作り出す。食品の保存などにも応用されているが、われわれの身近で一番使用されているのは、臨床医学における放射線の利用であろう。X線や癌の治療に用いられるラジオアイソトープ<R. I.>などである。放射線の物質をよく透過する性質や、ある種の元素は特定の場所によく集まる性質を利用して治療に診断に用い

られている。

最近の放射線による治療は高エネルギーX線発生装置の進歩、R. I.の人工的生産による $\gamma$ 線源の利用や、照射術式の改善とその実用化、原子力開発による $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、線などの多種類の線源の使用が可能となり、めざましい進歩をとげた。

しかし、これらの種々の利用面における利点にたいし、反面非常な危険をとまなうものであることも認識しなければならない。

人体は放射線を受けてもなんら感覚的に感じないが、あとになって障害のあらわれることがある。受けた線量の少ない場合短時間ではなんら反応はあらわれないが、長時間たつてから急に障害のあらわれることがある。また放射線を受けた人に障害があらわれずに子孫におよぶ遺伝的障害がある。といつても人類はその誕生以来ずっと放射線をあびつづけているわけである。自然被爆のもとになるのは宇宙線、大地からの放射線、および自然にある放射性核種およびその化合物からの放射線である。

放射線の被爆には2通りある。1つはからだの外から放射線を受ける外部被ばくであり、他の1つは放射性物質をふくむ空気や飲食物を摂取することによって呼吸器、消化器、皮膚などを通して体内にとり入れられたことによっておこる内部被ばくである。一度体内にとり入れられると、たとえばヨード131のように甲状腺に、またストロンチウム90は骨に多く集まるように、その核種、性質によってある臓器に集まる傾向がある。体内に摂取されたものでも早期に排泄される場合もあるが、なかなか排泄されずに長期にわたつて、その臓器を照射しその結果血液障害や癌をおこす場合がある。

放射線は人体にたいしてどんなに小さい量でも有害であると考えられ、許容線量以下であれば安全であるという考え方は成立しない。国際放射線防

表4——放射性物質の出す放射線の種類と侵すところ

放射性物質	出す放射線	侵すところ
トリチウム	ベータ線	全身
炭素14	ベータ線	骨以外の全身脂肪
ナトリウム24	ベータ線 ガンマ線	全身
リン32	ベータ線	骨
イオウ35	ベータ線	皮ふ
塩素36	ベータ線	全身
鉄55	ベータ線	血液
鉄59	ガンマ線	血液
ストロンチウム90	ベータ線	骨
イットリウム90	ベータ線	骨
ヨード131	ベータ線 ガンマ線	甲状腺
ラジウム226	アルファ線, ベータ線, ガンマ線	骨
セシウム137+ バリウム137	ベータ線 ガンマ線	全身<生殖腺>
プルトニウム289 水溶液 不溶性	アルファ線 ガンマ線	骨肺

護委員会<ICRP>は「放射線の影響が一身体に、与えられるばかりでなく、後世代へも伝わるという特殊性を考えると、現在の知識からはどのように僅かな放射線でも悪影響があると仮定することが必要である」という考え方のもとに、「原子力の人類へ与える利益もまた十分大きいものであるから、これらの利益と悪影響という害のバランスを考慮し」て許容線量をきめた。許容線量はきめられているが、可能なかぎり被ばく線量も少なくするように努力するとともに、不必要な放射線を絶対に受けないようにすることがもっとも重要なことである。エネルギーの利用においても石炭、石油から原子力の平和利用へと進展しつつあるが、原子力を利用すればなにかの形で放射線や放射性核種が放出される可能性のあることを忘れてはならない。

わが国においても放射線審議会は昭和44年2月6

日に使用済核燃料の再処理工場や、原子力発電所から出る放射性廃棄物の海域放出についての新しい基準をもうけるための指針について答申している。国民の放射能被ばくを最小限におさえ健康を守る基本的考え方として、従来の廃液の放出口での濃度規制を改めて、国民が実際に放射線をあびる量を規制しようとするものである。①魚などを仲介して人体に入る放射性物質と海水浴場の砂や漁具の汚染から人が受ける放射線などを総計してもICRPが定めている一般人の最大許容量<年間0.5レム>の10分の1を越えないようにする。②同じ海域に複数の施設があるときは各施設から放出される放射性廃液を総合的に考えて規制すること。③海水や魚などの放射能を定期的に測定して環境の放射能を監視し、またその結果を公正に評価する機関を設ける。など国民の健康保護を第1として打出された。

表5——最大許容線量<ICRP, 1962>

被爆する個人の カテゴリー	生殖腺および造 血臓器*	皮膚、甲状腺お よび骨	その他の臓器**	手と前腕、足と くるぶし
A職業上被爆する個人	D=5<N-18>レム および 3レム/13週 <平均5レム/年> ・生殖年令の婦人： 1.3レム/13週 ・妊婦：妊娠とわか ったのち、胎児に 対し1レム	8レム/13週 および 30レム/年	4レム/13週 および 15レム/年	20レム/13週 および 75レム/年
B直接には放射線作業 に従事しない、成人 従業者	1.5レム/年	3レム/年	1.5レム/年	7.5レム/年
C集団全般の構成メン バー	0.5レム/年	3レム/年***	1.5レム/年	7.5レム/年

\* 造血臓器は赤色骨髄のみを指すものとし、脾臓とリンパ組織とは「他の臓器」に入る<1964, ICRP>。

\*\* 水晶体をふくむ。但し高LETの粒子放射線に対するQFを30とする。

\*\*\* 幼児と15才までの子供の甲状腺については1.5レム/年とする<1964, ICRP>。

I  
て  
こ  
身  
い  
す  
で  
組  
全  
で  
放  
し  
い  
10  
職  
る  
る  
か  
い  
レ  
線  
放  
が  
て  
ま  
で  
の  
で  
レ  
る  
な  
え  
っ  
ま

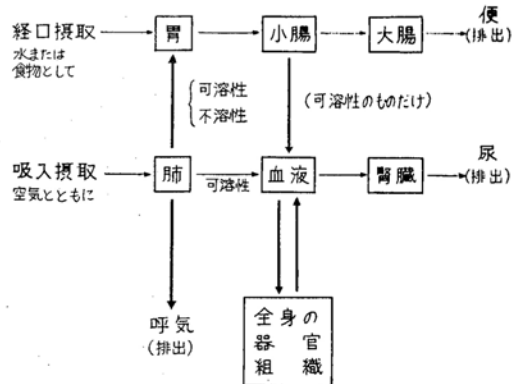
ICRPの最大許容線量とは、どんな場合においてもこれを越えてはならない最大の値であって、この線までは被ばくしてよいという値ではない。身体の各種の器官や組織は、それぞれ放射線にたいする感受性が異なっており、同一の線量で規制することは適当でない。与えられた被ばく条件下で身体にもっとも重要な器官、組織の決定器官、組織として、それぞれの線量が与えられている。全身照射の場合の決定器官は、生殖線と造血器官である。

放射線の利用が広範囲となってきたため、職業としてこれを扱っている人だけを対象として考えているわけにはいなくなり、一般人には職業人の10分の1しか許容していない。放射線をあつかう職業人が、1年間に浴びる放射線量を5レムとすると、一般人は0.5レムにおさえようといっているが、では1年間に5レム以内であれば遺伝の面からも絶対安全かという決してそうは考えていない。たとえ1人が1年間に浴びる線量が0.5レムであったとしても、その人が10年間に浴びる線量は5レムとなり、30年間には15レムになる。放射線が遺伝におよぼす影響というのは、その人が30年間にあびた放射線の量の総和が問題となってくる。30年間というのは子をもつ平均年齢30才までに受けた線量が遺伝的に意味をもってくるので、放射能の害を少なくするためには、この30年間にあびる量を少なくすることが先決であり、全国民の生殖線量の平均は5レムを決してこえるべきでないといわれている。ただ30年間の許容量5レムは国民全体の平均であるから、大多数をしめる一般人の許容量は実際にはさらに小さな数値とならなければならない。平和利用のためにだけ使えろと考えられていた許容量も、核爆発などによって汚染されると、さらに少ないものになってしまうことになる。

環境中には自然にある放射性核種のほか、核実験の結果による放射性降下物<フールアウト>、原子力施設から放出される低濃度の廃液中の放射性核種などがある。これらの核種中 $\gamma$ 線を放射するものがあれば、外部被ばくの原因となるが、従来はフールアウト中のセシウム137が問題となるものであった。 $\alpha$ 、 $\beta$ 線を出すものは $\gamma$ 線の有無に関係なく体内に侵入すれば内部被ばくのものになる。したがって環境中の放射性核種は原子炉事故のような特別の場合のほかは主として内部被ばくの対象と考えられる。

環境中の放射性核種は単純な働きをしめすものでなく、水に溶解して摂取されたり、植物や動物を経て、また魚貝類を経て人間に摂取されるなど複雑な経路をたどる。

図5 摂取された放射性物質の体内での働き



フールアウト中のストロンチウム90も、少しづつ体内に摂取され、人骨中の量の変動は核爆発と関係があるようである。

わが国のように主要な蛋白源を海産生物に依存しているところでは、いろいろの放射性核種が海域に入り、海産生物のなかに摂取されることは大きな問題である。

環境中の放射能を抑制するためには、①原子力施