

技術と人間

1992 MAY

5

特集
美浜2号炉事故を解明する

美浜事故の今日的意味

小林圭二

ECCSは有効に作動したか

海老沢徹

細管の疲労破断はなぜ起きたのか

正脇謙次

放出放射能を検証する

小出裕章

新段階を迎えた新石垣空港

山里節子

現代シンクタンク論

土方智

放射能汚染と被災者たち

今中哲二

放出放射能を検証する

小出 裕章

I はじめに

原子力発電が危険であるのは、それが電気を生むものである以前に、放射能を製造する装置だからである。いわゆる一〇〇万キロワットと呼ばれる原子力発電所が一日動けば、約三kgのウランが燃え、それと同じ重さの核分裂生成物、いわゆる死の灰、放射能が生み出される。広島原爆がまき散らした放射能の量が七五〇gであったことを考えれば、原発内で生成される放射能の量がいかに多いか理解できる。その上、放射能は生命体にとって有害であり、それを無毒化する力を人類はもっていない。唯一できることは、それを閉じこめる

ことであり、原子力における安全問題とは放射能の閉じこめができるか否かという点にある。

日本で一番はじめに運転を始めた原子力発電所は東海1号炉であり、英国から導入されたものであった。しかし、それ以降のすべての原子力発電所は米国から導入されたもので、軽水炉と呼ばれる原子炉を使っている。軽水炉には大きくわければ二種類の型があり、東京電力などは沸騰水型原子炉（BWR）を使い、関西電力などは加圧水型原子炉（PWR）を使っている。原子力発電所を建設するためには、法的な審査を受けなければならない。その審査は「安全審査」と呼ばれ、大きな事故が起こったときに、どのようにして放射能を閉じこめるかという点についての審査もある。まず、BWR、

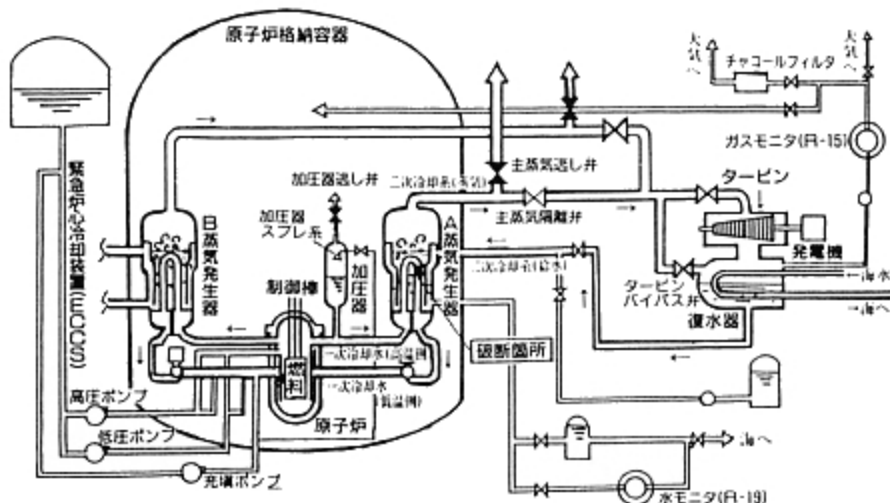


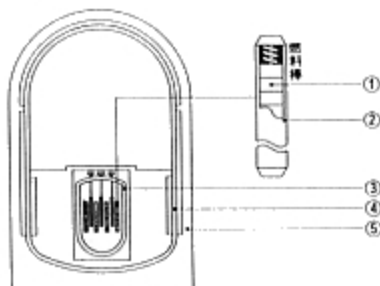
図1 美浜2号炉の概略系統図

PWRとも「冷却材喪失事故」(パイプが破れたりして、炉心を冷やしている水がなくなってしまう事故)については、事故時にどのような対応し、放射能の放出量がいかほどで、また周辺住民にどの程度の影響が出るか評価することになっている。PWRの場合には、もう一つ「蒸気発生器伝熱管破損事故」をとりあげて、事故の影響を評価するように求められている。図1にPWR型発電所である美浜2号炉の概略系統図を示す。

国をはじめとする原子力発電推進派は、原子力発電所には放射能を閉じこめるための五重の壁があるので、放射能が発電所外に出ることはありえないと宣伝してきた。一例を図2に示す。五重の壁とは、燃料ベレット、燃料被覆管、原子炉容器、格納容器、原子炉建屋のことである。しかし、燃料ベレットは運転とともにひび割れが入って、閉じこめ能力を失なっていく。また燃料被覆管は、正常と言われる状態であっても一定の割合で欠陥をもっている。したがって、第一の防壁と第二の防壁ははじめから欠陥をもっていて、一次冷却水は常に放射能で汚れている。次の防壁は原子炉容器であるが、原子炉容器には多数の配管が接続されていて、それらの配管は格納容器、原子炉建屋を貫いて外部に引き出されている。例えば、原子炉あるいは蒸気発生器(以下「SG」と記す)内で発生させた蒸気はタービンに導かなければ発電ができないので必ず格納容器、原子炉建屋を貫通した配管でタービン

何重ものカベで放射能を 封じ込めています。

原子力発電所では運転にともなってウラン燃料の中に放射性物質が生まれます。この放射性物質が外に出ないように、鋼鉄やコンクリートの何重ものカベでしっかりと封じ込めています。



- ①(ペレット)
ウランをかたどって固めたもので、核分裂でできた放射性物質を内蔵してしっかりと保持します。
- ②(燃料被覆管)
ジルコニウムというふた金属でできていて、ペレットを密封しています。
- ③(原子炉容器)
厚さが約13cmもある「ステンレス」製の容器です。
- ④(原子炉格納容器)
厚さが約35cmの鋼鉄でできていて密封容器となっています。
- ⑤(コンクリートのしゃへい壁)
厚さが約80cmのコンクリートで、これが全体的な防壁となっています。

図2 放射能に対する5重の防壁の説明図

II 事故の経過

G細管破断事故の場合、放射能を閉じこめる防壁は五重ではなく、もともとSG細管たった一つしかない。そして、その細管の厚さはわずか一・二七mmなのである。原子力推進派もその点を十分に認識しており、そうであるからこそ「蒸気発生器伝熱管破損事故」をPWRの立地評価にあたって考慮するように定めている。環境への放射能放出という点で見れば、SG細管の破断事故は最も恐ろしく、また対処のしにくい事故なのである。

建屋に引き出される。その点は、先の図1でも見て取れる。そこで、問題が生じる。今回の美浜2号炉事故で破断したのはSG細管である。いまここで細かく説明する誌面はないが、一次系の圧力は一五七気圧、二次系の圧力は五七気圧で、両者の間には一〇〇気圧という圧力差がある。したがって、SG細管が破れてしまえば、放射能で汚れた一次冷却水は猛烈な勢いで二次系に吹き出していく。二次系は基本的には放射能を閉じこめる能力をもっておらず、SG細管が破れてしまえば、その後の一切の防壁もなくなってしまう。つまり、S

発表された事故経過のうち環境への放射能放出に関係したものをまとめて表1に示す。この表には、それぞれの時点において如何なる経路から環境への放射能放出が行なわれたかを記載した。①～⑨で示した放出経路はこれまでに関西電力や行政によって示されてきた経路である。しかし、放射能放出量についての詳細は発表されていないし、とくに⑤、⑥、⑧、⑨などについては、まったく数値が示されていない。もちろん、「？」で示した経路については言及さえされていない。

美浜2号炉の事故は、一九九一年二月九日、突如として発生した。一二時過ぎから放射能モニタにわずかの異常が検知

表1 公表された事故経過と放射能放出経路

時刻	事故経過	放射能放出経路	
2月9日			
12:24	R-19注意信号(通常:約 35cpm、注意信号設定値: 60cpm)	①	⑦
12:33	R-15注意信号(通常:約800cpm、注意信号設定値:900cpm)		
12:40	R-19指示値上昇を発見		
13:00	S G二次側水分析のため採取		
13:20	分析結果判明、若干高めの値、――→ 試料の再採取		
13:40	R-15「計数率注意」警報発信(設定値:2000cpm) 空気抽出ライン大気側からフィルタ側へ切り替え	✕	✕
13:45	R-19「計数率注意」警報発信(設定値:400cpm) S Gブローダウン隔離弁閉止		③
13:48	破損側 S Gからタービン動補助給水ポンプへの 駆動用蒸気元弁閉	②	
13:50	R-15「計数率高」警報発信(設定値:1,000,000cpm) 空気抽出ラインフィルタ側から格納容器へ切り替え 原子炉トリップ、安全注入信号(S I)発信 格納容器隔離、常用母線への給電停止	✕	
13:55	R-19「計数率高」警報発信(設定値:3,000cpm) 破損側 S Gの主蒸気隔離弁の閉止を試みるが、失敗	(16:00)	
14:02	現場に駆けつけ、手動で破損側 S Gの主蒸気隔離弁閉 健全側 S Gの主蒸気進し弁手動開	↑	
14:05	常用母線への給電再開		
14:07	格納容器隔離信号解除	⑤	
14:14	S I信号解除	↓	
14:17	健全側 S Gの主蒸気進し弁手動開		
14:19	破損側 S Gの主蒸気進し弁自動開	→④	
14:29	破損側 S Gの主蒸気進し弁自動開	→④	
14:34	加圧器補助スプレイによる減圧操作開始		
14:39	破損側 S Gの主蒸気進し弁自動開	→④	
14:42	健全側 S Gの主蒸気進し弁手動開		
14:48	一次系圧力と破損側 S G圧力がほぼ同圧	↑	
14:55	破損側循環水ポンプ再起動		?
14:57	健全側 1次冷却材ポンプ再起動	⑤	
14:58	健全側循環水ポンプ再起動		
15:13	タービンバイパス弁を開き、健全側冷却系統で冷却開始	↓	
15:14	健全側 S Gの主蒸気進し弁閉	✕	
15:45	健全側復水器空気抽出ポンプの再起動	↑	
2月10日			
14:22	格納容器バージ開始(20:40まで)	→⑥	
16:58	タービンサンプ水放出開始(20:35まで)	→⑧	
20:25	体積制御タンク経由で1次系希ガスを放出(20:55まで)	→⑨	
22:25	タービンサンプ水放出開始(2月11日 0:15まで)	→⑧	
23:00	体積制御タンク経由で1次系希ガスを放出(23:30まで)	?	→⑨
2月11日			
2:00	体積制御タンク経由で1次系希ガスを放出(2:55まで)	→⑨	
5:00	体積制御タンク経由で1次系希ガスを放出(5:50まで)	→⑨	
5:55	タービンサンプ水放出開始(2月12日 0:15まで)	→⑧	

①復水器空気抽出ライン(通常の系統)

②復水器空気抽出ライン(フィルタ側)

③グラントスチームコンデンサベント

④A系主蒸気進し弁(破損側)

⑤B系主蒸気進し弁(健全側)

⑥格納容器バージ

⑦蒸気発生器ブローダウンベントおよび水

⑧タービンサンプ水放出

⑨体積制御タンクからの1次系希ガス放出

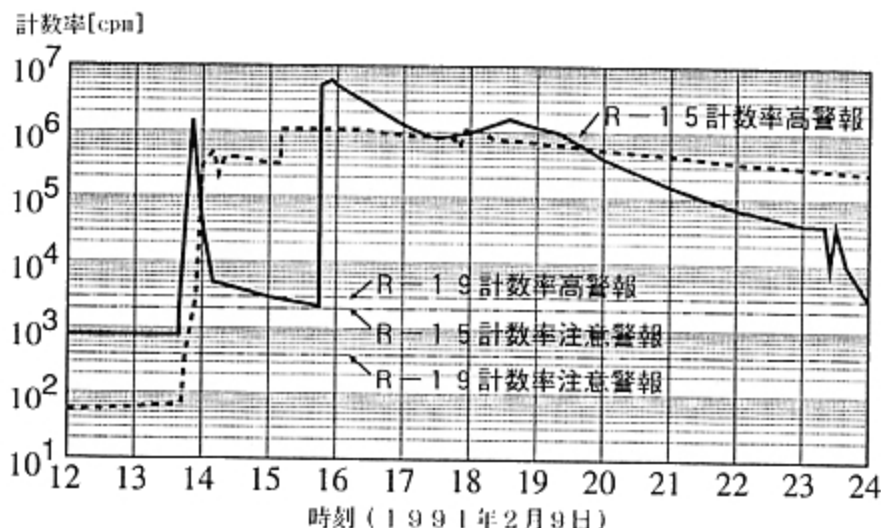


図3 R-15、R-19の挙動 実線：R-15（復水器空気抽出器ガスモニタ）、
点線：R-19（SGブローダウン水モニタ）

され始めるが、その調査を始めた途端にSG細管が破断してしまい、猛烈な勢いで放射能の測定値が上昇した。二次系には放射能を測定するための二つの測定器があった。一つは水中の放射能を測定するためのSGブローダウン水モニタと呼ばれる測定器（R-19）であり、もう一つは空気中の放射能を測るための復水器空気抽出器ガスモニタ（R-15）である。それら二つの測定器の指示値の推移を図3に示す。

私は先に、二次系には基本的には放射能を閉じこめる能力はないと書いたが、実際にはまったくないわけではない。たとえば、R-15が「計数率注意警報」を発信した一三時四〇分には、それまで直接大気中に放出してきた放射能混じりのガスは、非常用フィルター経由の経路に自動的に切り替えられ、よう素の捕捉が試みられた。また、一三時五〇分には計数率が一分間あたり一〇〇万カウントを超え、「計数率高警報」が発信する。ここで、排気経路は再度切り替えられて、フィルター経由で大気に出していたものが格納容器に導かれ、そこでの閉じこめが試みられる。しかし、直後に安全注入信号（SI信号）が発信し、格納容器が隔離されたため、空気抽出ポンプ自体が停止されることになる。また、その同時に外部電源からの給電も遮断されたために、タービンバイパス系が使えなくなってしまう、熱を除去するためには主蒸気逃し弁を開いて二次系の水や蒸気を大気中に放出する以外に手段がなくなる。その上、プラントの汚染を嫌った関電は、

表2 気体状放射能の放出量公表値

放出経路	※	放出継続期間	放出放射能 [Bq]		よう素 比
			希ガス	よう素	希ガス
復水器空気抽出ポンプ等（通常の系統）	(1)	-12:40-13:40	1.1×10^7	2.7×10^6	2.5×10^2
1号補助空気用気筒（フィルター経由）	(2)	13:40-13:50（16:00）	4.9×10^9	-	-
グランドスチームコンデンサベント	(3)	-12:40-14:02	2.0×10^9	2.5×10^6	1.3×10^{-3}
主蒸気遮り弁（破損前）	(4)	14:19, 14:29, 14:39	1.6×10^{10}	1.1×10^6	6.9×10^{-5}
SGブローダウンタンクベント	(5)	-12:40-13:45	1.3×10^9	6.6×10^7	5.0×10^{-1}
単純合計			2.3×10^{10}	3.4×10^9	1.5×10^{-2}
合計		希ガス：0.5MeV換算、よう素：1-13I換算 希ガスのAr-41を除く	5.1×10^{10}	2.3×10^7	4.5×10^{-4}
			2.6×10^9	2.3×10^7	9.0×10^{-3}

※ 表1の放射能放出経路で示した番号と対応している。

一三時五五分に、破損側主蒸気隔離弁を閉じようとする。幸か不幸かバルブは完全には閉じなかったが、一四時二分には、現場に駆けつけた運転員が、手動で主蒸気隔離弁を閉じてしまう。この状態になれば、流路の下流を閉じられた放射能混じりの水は主蒸気遮り弁から直接大気中に放出される以外ない。外部電源からの給電は、一四時五分には復旧されるが、関電はそれでもタービンバイパス系を使わなかった。結局、破損側の放射能混じりの水は三度にわたって、主蒸気遮り弁から大気中に放出されてしまう。

他にもまだ問題は残っている。R-15の指示値は一五時四十分のB-1復水器空気抽出ポンプの再起動により再び急激に上昇し、一分間あたり六〇〇万カウントにも達する。その値が「計数率

高警報」の設定値を下回るのはいくつもの半近くである。しかし、この間、格納容器内エアモニタ、格納容器ガスモニタ、塵埃モニタのいずれもまったく変化を示していない。猛烈な放射性ガスはいったどこに行ってしまったのか。

III 国側の説明と不合理さ 放射能放出経路と量

美浜2号炉事故によって、どれだけ放射能が環境に放出されたかについては、事故直後からいくつかの数値が発表されてきた。それらの数値には、かなりの違いが存在しているが、一九九一年十一月二十五日になって通産省が最終報告を発表したので、ここではその報告に沿って検討する。なお、一九九二年二月九日になって、原子力安全委員会も最終報告を出した。しかし、こと放射能放出に関するかぎり、その内容は通産省のものを追認しただけで、まったく独自のものが無い。検討に値しないのでここでは取り上げない。

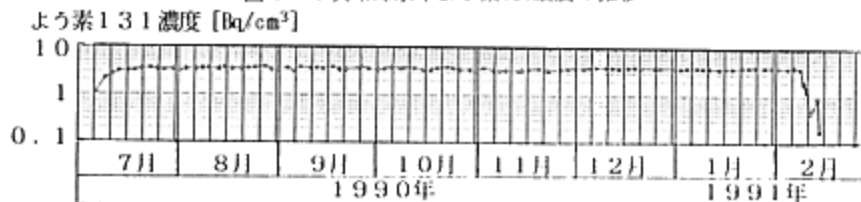
表2に、通産省最終報告に示された放射能放出経路ごとの放射能放出量の値を示す。環境への放出量にいちばん大きな寄与をしたのが、破損側的主蒸気遮り弁であることは事実である。しかし、いずれの経路からのものも一キュリー（三七〇億Bq）に満たない。一九八六年のチェルノブイリ原子力発電所事故で放出された放射能の量は、数億キュリー（数百京Bq）と考えられているので、それに比べれば一億分の一以下

表3 蒸気発生器細管破損時のモニタの挙動、
漏洩水量および希ガス放出量

		1975年1月8日	1991年2月9日
R-15	通常値	70~100cpm	800cpm
	警報設定値	300	2,000
	事故時	1,300	1,500,000
冷却水の漏洩率		4.0 リッター/時	~ 60 トン/時
二次系に漏れた水量		~ 20 リッター	55 トン
希ガス放出量 [Ci]		0.15	0.62
[Bq]		5.5×10^9	2.3×10^{10}

R-15：復水器空気抽出器ガスモニタ

図4 1次冷却水中よう素131濃度の推移



の量である。

本当にそれほど少ない放出ですんだのであれば、もちろん喜ぶべきことである。その点を過去の美浜2号炉自身の事故と比べた結果を表3に示す。美浜2号炉では一九七五年一月八日にも蒸気発生器細管の破損事故を起こしている。その時、R-15は通常値の二〇倍、警報設定点の四倍の放射能を検知したため原子炉が停止されている。その時に二次系に漏れて出てきた水量は総量で約二〇リットル、環境に放出された希ガスの量は〇・一五キュリー（五六億Bq）と報告されている。今回の事故の場合、R-15は通常値の二〇〇〇倍の放射能を検知し、警報設定点に比べても七〇〇倍の値となった。また、一次系から二次系へ漏れた水量の公表値は五五トンと報告されている。モニタで検出された放射能濃度の高さは、七五年一月のものに比べて何桁も高いし、放出された水の量も何桁も多い。それにもかかわらず、放出された希ガスの量は〇・六二キュリー（二三〇億Bq）にしかならないというのが、国側の主張である。

燃料被覆管欠陥率

もっとも、環境に放出された放射能の量は、一次冷却水中の放射性物質の濃度に依存しており、その一次冷却水中の放射性物質濃度は燃料被覆管がどれだけの欠陥をもっているか

表4 1次冷却水中放射能濃度の評価モデルによる違い

放射能	半減期	1次冷却水中放射能濃度		
		* 実測値 Bq/cm ³	評価値 Bq/g	
			①	②
Kr-87	76.3 m	22.5	2.43	72.8
Kr-88	2.8 h	23.6	7.12	97.4
Kr-85m	4.5 h	14.0	4.14	35.4
Xe-135	9.1 h	110	6.94	122
Xe-133	5.3 d	104	405	128
I-132	2.3 h	91.4	1.25	105
I-135	6.6 h	99.1	3.98	115
I-133	20.8 h	44.0	6.88	63.3
I-131	8.1 d	3.88	3.88	3.88

* 希ガスは 1991/2/5 10:55、
 よう素は 1991/2/8 10:10 における測定値
 ①: 被覆管欠陥率は $6.23 \times 10^{-5} \%$ として評価
 ②: 被覆管表面にウランによる汚染があるとし、
 その汚染による出力を 11.7 Wth として評価
 いずれも、I-131濃度が実測値にあうように選んだ。

に依存している。美浜2号炉は一九七二年に運転を始めたが、当初六年間ほどのデータを見ると、燃料被覆管欠陥率は約〇・〇一から〇・〇三程度で大きな変動を示していない。燃料被覆管欠陥率は一次冷却水中のよう素の濃度から評価することになっており、今回の事故時の一次系よう素濃度については図4のごとくであったと公表されている。この図から、事故当時の一次冷却水中よう素濃度は約四Bq/cm³となっており、それを燃料被覆管欠陥率に換算すると、〇・〇〇〇〇六％というような値となる。美浜2号炉の燃料棒の数は合計で二一、六五九本であり、その〇・〇〇〇〇六％は〇・〇一

三本となり、実際には燃料棒の破損は一本もないということになる。

また、事故時の一次冷却水中のよう素や希ガスの核種別濃度の公表値も、そのことを裏付けているように見える。表4に一次冷却水中のクリプトン(Kr)、ゼノン(Xe)およびよう素について、実測値として公表された値と、二種類の計算値とを示す。①として示した計算値は、燃料棒内にたまった放射能が燃料被覆管の欠陥を通してじわじわとしみ出してきたと仮定して評価したものである。②として示したものは、燃料被覆管表面にウランの汚染があり、そのウランの核分裂によって生成された放射能が、すみやかに一次冷却水中にだけ込むと仮定して評価したものである。いずれの計算についてもよう素の濃度評価値が実測値に合うようにパラメータを選んだ。表4から、①の評価では短半減期の放射能についての計算値が実測値よりかなり小さくなっていることが分かる。このことは、今回の事故時の実際では、放射能が生成されてから一次冷却水中に出てくるまでに時間遅れが少ないことを示している。一方②の評価では、①の場合に比べて、実測値と計算値の一致がかなりよくなる。とくによう素の場合には、その一致は充分満足できるし、希ガスについても短半減期成分の計算値が実測値に比べて幾分か大きいというものの、①の評価に比べれば、かなり一致がよくなっている。また、燃料被覆管に欠陥がある場合には一次系の減圧中に追加放出と

呼ばれる濃度の上昇が生じるはずであるが、図4にはそれほど見られていない。これらのことは、今回の事故時には燃料被覆管にはほとんど欠陥がなかったことを裏付けてい

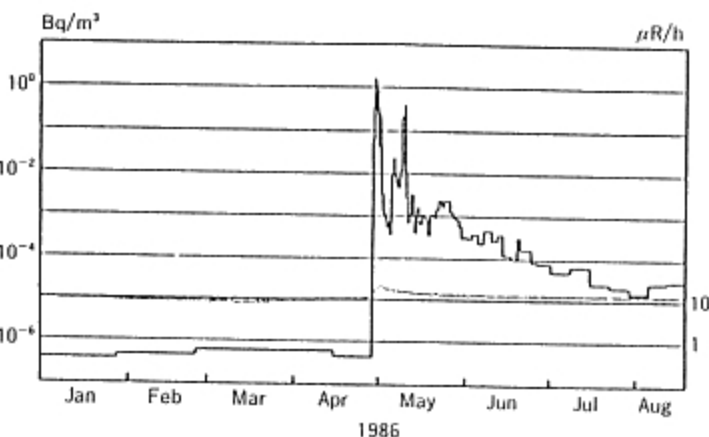


図5 チェルノブイリ事故後のスウェーデンにおける塵埃モニタと空間γ線量率測定の変化

国防研究所のストックホルムのサンプリングステーションからのフィルターの測定値（実線）と、エルケンのガンマ線モニタリングステーションの測定値（点線）の比較。左側目盛りはフィルターの測定値用で、右側の目盛りはガンマ線の測定値用である。

るように見える。

もし本当にそうであったとすれば、環境への放射能放出が一キュリー以下であったとして不思議でないし、喜ぶべきことであると思う。しかし、すでに前項で述べたように、R-15、R-19の両モニタは事故時に猛烈な上昇を示し、一次系から二次系へ大量の放射能が漏れてきたことを示している。こうしたモニタの実測値は、一次冷却水中の放射性物質濃度の公表値と矛盾している。

周辺環境モニタリングの不備

国と関西電力は放射能放出量が少なかったことを裏付けるデータとして、周辺のモニタリングポスト六カ所における空間γ線量率の測定データを示している。たしかにそのデータを見るかぎり、事故が発生した二月九日の一四時頃に空間γ線量率には大きな変化は現れておらず、放射線測定の専門家でなければ、本当に放射能は出てこなかったのだと錯覚させられてしまいうるであろう。しかし、空間γ線量率の測定という手段はバックグラウンド放射線との弁別という点で、非常に感度の悪い測定方法なのである。

この点に関連して、一九八九年のチェルノブイリ事故後にスウェーデンにおける測定値がいかなる変化を示したかを図5に示す。図5には空間γ線量率の測定値とともに、空气中



図6 美浜発電所周辺のモニタリングポストの配置

塵埃モニタの測定値も示してある。塵埃モニタがチェルノブイリ事故によって一〇〇万倍以上の放射能測定値を示しているのに、空間γ線量の測定値はわずかに二倍程度の上昇しか観測していない。空間γ線量率の測定とはこれほどまでに感度が低いのであり、よほど大量の放射能が放出されなければ、その測定値に変化が出ないことはむしろ当たり前のことなのである。

その上、発電所周辺にはモニタリング施設がまばらにしか配置されていない。美浜発電所は敦賀半島の先端、西側にあ

り、北から西にかけてはほとんど海である。図6に、先に述べた六カ所のモニタリングポストの配置を示す。モニタリングポストは発電所を中心にしてわずか三分の一の方向しかカバーしておらず、残りの三分の二には測定器自身が存在していない。ありもしない測定器で放射能が測定できるはずもなく、風がたまたま海に向かっていればモニタリングの全体が無意味なものとなってしまう。結局、周辺環境での放射線測定データは放射能放出量が少なかったことを裏付ける根拠とはなっていない。

よう素／希ガス比の謎

それ以外にも国側の発表にはたくさん不合理がある。SG細管破断事故が起こった場合、基本的には放射能を防ぐ防壁はなく、とくに希ガスは大部分が放出されてしまう。一方、よう素は揮発性とはいえ化学的に活性であり、一部は水中に溶けるし、一部は非常用の活性炭フィルターなどで捕捉することができると。したがって、事故が起こった後の対応が適切であれば、希ガスは閉じこめられないまでもよう素はある程度放出を抑制することができる。そこで、放出してしまう希ガスに対するよう素の比をとれば、事故への対応がうまくいけばいくほど、その比は小さなものになる。先に述べたように、原子力発電所の設置にあたっては安全審査を受けることになっ

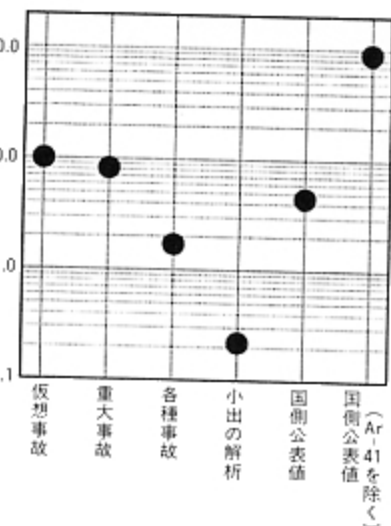


図7 希ガス1万Bq当たりのよう素の放出量 (Bq)。ただし、希ガスは0.5 MeV換算、よう素はI-131換算

ており、安全審査においては厳しさに応じて何段階かの事故に分けて評価が行なわれる。事故についての対応がうまくいった順に並べれば、各種事故、重大事故、仮想事故の順になる。そこで、放出されたよう素と希ガスの比を「よう素／希ガス」で示すと、その値は各種事故より重大事故で、重大事故より仮想事故で大きくなる。

今回の事故における希ガスとよう素の放出量の公表値については、すでに表2に示した。図7には、それを基にした「よう素／希ガス」の値を、安全審査における値とともに示す。仮想事故に比べれば、重大事故の方が「よう素／希ガス」の値が小さくなっているし、重大事故より各種事故でさらにその値が小さくなっている。これは、すでに述べたとおり、

事故時のよう素補捉が順にうまくいったことを示すのである。今回の事故については、私自身も国側の公表データと安全審査における評価方法を用いて、希ガスとよう素の放出量を計算してみた。その結果は「小出の解析」として示した。安全審査での各事故においては、二次系から大気中に漏れてしまう蒸気量は二〇トンとされている。一方、今回の事故の場合、二次系から大気中に漏洩した蒸気量はわずか二・二トンであると発表され、事故を実にうまく収束したと主張されている。したがって、「よう素／希ガス」の値は安全審査の各種事故に比べてもさらに小さくなるはずである。実際「小出の解析」として示した計算結果ではそのとおり結果となっている。ところが、実際の現場での測定値に基づいて評価したといわれている国側の最終的な値を見ると、「よう素／希ガス」の値は著しく大きくなっている。もしこの国側の「よう素／希ガス」の公表値が正しいとすれば、実際の事故は安全審査において想定していた以上に何らかのトラブルが生じていたことを示すことになる。

また、この問題においては、もう一つ重要なことがある。図7で最も右に「Ar-41を除く」なる値を示してある。これまで、研究用の原子炉をのぞけば、希ガスで問題になる放射能はクリプトン (Kr) とゼノン (Xe) であると考えられてきて、安全審査において考慮することを求められている希ガスも Kr と Xe にかぎられてきた。ところが、今回の発表では表5に

表5 1次冷却水中希ガス濃度と環境放出に寄与する割合

核種	半減期	γ線 144keV - MeV	1次冷却水中希ガス濃度		
			Bq/cm ³	0.5MeV換算 Bq/cm ³	割合 %
Ar-41	110 m	1.29	1330	3431	95
Kr-85m	4.48 h	0.159	14	4.5	0.12
Kr-87	76.3 m	0.793	22.5	35.7	0.98
Kr-88	2.80 h	1.95	23.6	92.0	2.54
Xe-133	5.29 d	0.045	104	9.4	0.26
Xe-135	9.083h	0.25	110	55.0	1.52
希ガス合計			1604	3628	100

示すように、一次冷却水中の希ガスの内九五％はアルゴン（Ar-41）が占めていたとされている。もし、安全審査と同様に希ガスをKrとXeのみにかぎって考えれば、今回の事故での「よう素／希ガス」の値は仮想事故での値よりもっと大きなものとなってしまい、事故時のよう素の閉じこめに決定的な欠陥があったことを示すことになる。さらに、これほどAr-41が重要であったのだとすれば、従来の安全審査の欠陥、とくに平常運転時の放射能の環境放出量評価に大きな欠陥があることも示すのである。

国側の公表値で「よう素／希ガス」の値がこのように大きくなっ
てしまった原因は以下の点にある。今回の事故で、主蒸気隔離弁より先へ流れた蒸気量は六・ハトンとされており、同時に発表された二次冷却水中のよう素濃度とあわせて考えれば、その中に含まれているよう素の量は全量

でも約四億Bqではない。ところが、表2に示したように復水器空気抽出器と脱気器ベントからは二億七〇〇〇万Bqのよう素が放出されたとされている。よう素のこの放出量が事実であれば、主蒸気隔離弁より先に流れたよう素では気液分配が成り立たず、そのほとんど全量が放出されてしまったことになる。その上、この放出量は、この経路、この時間帯での希ガス放出量一〇〇万Bqに比べれば二五倍もの値である。どうして、このようなことになったのか、またこの数字の裏に何が隠されているのかについては残念ながら明らかでない。しかし、国側の説明が合理的なものになっていないことだけは確かである。

燃料破損の可能性

また、事故の途中で炉心に新たな損傷が生じたのではないかとこの点も危惧されている。この点については従来から、事故直後の破損側高温側配管での冷却水温度が三度にわたって飽和温度にごく接近していることを指摘し、その時点における炉内沸騰と燃料の損傷の可能性を指摘してきた。それに対して国側は、「損傷側蒸気発生器に係る一次冷却材回路の高温側冷却材温度が一時的に上昇しているのは、加圧器及び加圧器サージ管内の高温水等の影響若しくは原子炉容器頂部又は上部プレナム部の高温水の影響と推定される」（傍点は

小出」と主張している。しかし、事故直後の原子炉内の最高温度点は炉心にある。「原子炉容器頂部又は上部プレナム部に高温水がある」と認めるのであれば、炉心部も高温になっていたと認めねばならない。配管での温度がすでに飽和温度ぎりぎりであることを思えば、炉心内で飽和温度を超えていた、すなわち炉心内では沸騰が起こっていたと認めることが合理的である。

燃料の損傷を否定するための根拠としてもうひとつ示されたのが、燃料検査の結果である。その点について国側は「今回の事象の発生後、念のため燃料集合体からの放射性物質の漏洩の有無を確認する『燃料集合体シッピング検査』及び燃料集合体の外観を水中テレビで確認する『燃料集合体外観等検査』を燃料集合体全数について実施したが、異常は認められなかった」と主張している。

もし、本当に「燃料集合体シッピング検査」及び「燃料集合体外観等検査」によって異常がなかったのであれば、燃料の損傷はなかったことになる。しかし、この件に関して私には苦い経験がある。一九七三年の美浜1号機の第二回定期検査において、合計一七七〇cmもの燃料棒が欠損し、原子炉内のあちこちに散乱し一部は行方不明になってしまっているという事故が発見された。いうまでもなく、当時においては前代未聞の重大事故であった。ところが関西電力と国は結託して事故の存在を隠し、その試みはあわや成功するかにみえた。

しかし、事故後三年経つてとうとう事故の存在が暴露され、私自身もその調査に関与することになった。その結果、第二回定期検査においても燃料集合体全数について検査が実施されたことが分かったが、ぼろぼろに壊れてしまった燃料集合体には「燃料集合体シッピング検査」の結果異常がみられなかったことになっていた。また、「燃料集合体外観等検査」の結果としては、コラプス（つぶれ）と曲がりのみが記載されていて、ぼろぼろになった集合体については何の異常もないことにされていたのである。

燃料棒が破損しながら、なおかつシッピング検査で異常が検知できないとはにわかには信じ難い。しかし、被覆管の大破損によってギャップ部に蓄積していたよう素などがすでに放出されてしまっていれば、その後のシッピング検査で異常な信号が得られないということはあるかも知れない。今回の場合、いかなる損傷状態にあるのかは現時点では確たることは言い難い。しかし、異常がみえないような検査方法を採ることはできるであろうし、かりに異常が見つかったも偽りの報告をするということも、すでに関西電力や国には前科がある。

もっとも、もし美浜2号炉が運転再開されるようなことがあれば、いかに関西電力や国であっても、実際に損傷を受けた燃料を再使用するだけの蛮勇はないであろう。したがって、その時点で事故時の燃料をどれだけ再使用するかということ

が、事実として損傷の有無を示すことになる。

Ⅳ おわりに 情報、根拠の欠落

原子力に関しては、情報の公開が制限されるという事は、いまや常識となってしまった。今回の美浜2号炉事故については、事故直後は事故シーケンスなどを中心に、曲がりなりにもデータが公表されてきたが、二月二十日に通産省原子力発電技術顧問会に「美浜発電所2号機調査特別委員会」が設置されてからは、データが一元的に管理されてしまい、ほとんどデータが公表されなくなった。その後、六月六日には中間報告が、十一月二十五日には最終報告が出されたが、それらで公表されたデータは、事故直後に示されたものとはほとんど変わっていなかった。とくに、環境に放出された放射能の量については異常とも言えるほど情報の量が少ない。

環境へ放出された放射能量を評価するためには、事故発生時の一次、二次冷却水中の放射能濃度、事故時に新たに燃料棒から放出される放射能量、一次系から二次系への冷却水の漏洩量の時間変化、二次系から大気中への冷却水の放出量とその態様などの情報が不可欠である。しかし、これらについての情報はほとんどなかったと言っているほど公表されていない。例えば、今回の事故の場合、加圧器逃し弁が開かなかったために一次系の減圧が大幅に遅れた。その結果、安全審査では細管破断後三四分で一次系と二次系の圧力が等しくなると評価されていたのに、実際には五八分かけてようやく一次系の圧力が二次系の圧力に等しくなっている。しかし、一次系から二次系へ漏洩した水量については安全審査で四五トンであるのに今回の事故についての国側の公表値では五五トンにしかならない。また、一次系から二次系への漏洩が長引いたために二次系の主蒸気逃し弁が開き、そこから蒸気が

創

月刊雑誌
ついで The Future 1992

定価520円(税込)

●特集●

出版社の徹底研究

●講談社●小学館●集英社●マガジンハウス●文藝春秋●新潮社●ぴあ

コミック規制問題、反撃の第二弾／福岡セクハラ裁判、判決の波紋／マスコミ採用戦線の最新情報一挙掲載

マスコミ就職読本93年度版絶賛発売中!!

品切れの場合は書店にて御注文下さい。

創 出 版

〒107 港区赤坂4-5-17 電話03-3505-4343

直接大気中に放出されている。この場合も、環境に放出された水量は安全審査での評価値二〇トンに比べて、わずかに二・二トンだというのである。これらの点については一方的に値だけが公表されており、いかなる根拠があるのか明らかにされていない。その上、すでに述べたように、公表されている情報が相互に矛盾しているものさえあるのである。科学は根拠の示されないものを信じないように教えている。

事故を未然に防ぐことはできない

今回の事故についてはR-15、R-19の警報が発せられる約一時間前にR-19の計数値が若干上昇したといわれている。そして、その時点で大破断の予兆を見て取っていれば、今回のような大破断を防ぐことができたというような主張がなされている。とくに通産省は、事故の再発を防ぐためにモニタの計数値が二割上昇したら運転を停止するようにせよとの指示を出し、関西電力他の電力会社が強く反発したと報じられた。周辺の住民からみれば少しでもモニタの計数値に異常があれば、原子炉の運転を止めて欲しいと望むのは当然である。しかし、放射線の計測という作業はもとより統計的な性格をもつもので、二割程度の上昇があったからといって運転を止めるのであれば、関西電力もいうように原子炉の運転自身がまったくできなくなってしまう。

例えば、R-19モニタの計数値は通常で一分間に三五カウントであった。しかし、これはいつもいつも一分間に三五カウントするというのではなく、多数回の平均が一分当たり三五カウントになるということに過ぎない。実際には四二カウント以上の計数値を与える場合が一六％ある。すなわち、六分測定するうち一分は平均値に比べて二割以上の計数値を与えるのである。そのたびに原子炉の運転を止めるのだとすれば、原子炉の運転などできるわけがない。通産省の指示はまともに受けとめてしまえば、まことに馬鹿げたものである。通産省がそうした指示を出した本意は、大事故を未然に防止できるかのような錯覚を公衆に植えつける点にあるのである。

ただし、一次冷却水の二次系への漏れを発見するために、はるかに優れたモニタもすでに開発されている。一次冷却水中には放射化で生成される窒素(N-16)という放射能が存在しており、そのN-16は半減期七秒で、六MeVと七MeVというたいへん高エネルギーのγ線を放出する。フランスで開発されたVAMCISと呼ばれるモニタは、そのN-16を検知することで、一日当たり四〇リットル程度の小さな漏洩も即座に発見できるといわれている。

しかし、そのようなモニタを設置したとしても実際に大破断前に原子炉を停止できるかどうかについては疑問である。というのは、組織の問題があるからである。一つの原発を停

止させれば、代わりに運転させる火力発電所の燃料代だけを考えても毎日五〇〇〇万円から一億円の費用がかかるといわれている。モニタの異常を受けて、発電所内の担当者は一次冷却水のサンプリングをして、放射能汚染の有無を確認しようとするであろう。もし、異常があれば、自らの測定に誤りがないかどうか再測定をするであろう。その結果やはり異常だということになれば、それを直属の上司に報告するであろう。そして、その直属の上司も本当に誤りがないかどうか再点検を指示するであろう。その後もさらに、何段階かのチェックを受けた上で、運転の停止がやむを得ないものとして認められることになるであろうが、そのために必要とされる時間が、漏洩に気づいてから大破断にいたるまでの時間より短いとは思えない。結局、どんなに高感度のモニタを用いたとしても、小さな予兆から大破断までにわずかに一時間しかないというような事故であるかぎり、大破断を防止することはで

きそうもない。

電力会社の基本姿勢

美浜2号炉の事故は、日本で発生した事故のうちで最大級の事故であることは疑いない。その事故自体についての技術的な面での検討はいささかもおろそかにされるべきでない。しかし、今回の事故ははからずももっと大切なことを教えてくれた。

今回のような事故が起こった場合、一次系から二次系へ漏洩した放射能はタービンパイパスを通して復水器へ導けば、希ガスの一部とよう素のかんりの部分を発電所内に閉じこめることができる。しかし、仮にそうすれば、二次系の復水器などプラント内部の機器が放射能で汚染されてしまうことは避けられない。それでも、安全審査を含めこれまで、外部

超情報列島

—動き出した新世代通信網—

●日刊工業新聞特別取材班編

四六判 240ページ

定価1400円(税込) 千300円

新世代通信網の構築は国際的潮流となり米国、欧州は今世紀中、日本でも2005年を目標に導入が計画されている。この通信網の技術背景などを平易に解説。

日刊工業新聞社

〒102 東京都千代田区九段北
1-8-10 ☎03(3222)7131

電源が利用できるかぎりタービンバイパス系を使って放射能の周辺環境への放出をおさえることと謳われてきた。ところが、今回の事故の場合、大破断による安全注入信号が発信されたその時点で、なんと自動的に外部電源は遮断されてしまい、タービンバイパス系はもとと使用できなくなってしまうのである。そして主蒸気隔離弁が早々と閉止されたがために二次系の除熱手段は主蒸気逃し弁から放射能に汚染された蒸気（あるいは一部水）を大気中に直接放出する以外になくなってしまったのである。何故にこのような処置がとられたのか当初明らかでなかったが、その後の事故シーケンスに関する情報が明らかになるに及んで、関西電力の運転手順書では当初から外部電源を遮断し、タービンバイパスなどもともとなかった使用つまりがなかったことが明らかとなった。

関西電力が運転手順書でこのような処置をとることを定めた理由については、事故時の電源の問題であると主張されている。すなわち、事故が発生した後でなお外部電源に頼ってたくさん機器を運転していると、その後に外部電源が失われた時には、事故に対処するためにどうしても必要な機器の電源まで悪影響を受ける恐れがある。そのため、あらかじめ本当に必要な機器だけを残して他の機器は停止させてしまうというのである。しかし、仮にそうであるならば、安全審査においてもそのように記載して許可を受けるべきであらう。安全審査の時にはあたかも環境への放射能放出を抑えるかの

ような主張をしながら、実際にははじめから放射能を放出する以外ない手順書を作っていたのであるから、犯罪行為とも呼ぶべきだと私は思う。また、今回の事故の実際の過程においては、事故発生後かなり初期（一四時五分、安全注入信号発信後一五分）の段階で外部電源を回復させており、それによっていくつかの機器の運転を再開させている。もし本当に、外部電源が失われることで、どうしても必要な機器に悪影響がでることを心配するというのであれば、事故が完全に収束させられるまでは途中の段階で外部電源を回復させることはできないはずである。また、外部電源を回復したのであれば、その時点からタービンバイパス系を使用することもできたにもかかわらず、その後も関西電力は一時間以上にとまってそれを使用せず、結局、主蒸気逃し弁から放射能を大気中に放出させている。それらの点でも、関西電力の説明と実際の対応とは矛盾している。

今回の事故ははからずも大切なことを教えてくれた。すなわち、電力会社は当初から自分のプラントの汚染を防ぐことを最優先の課題としており、そのためには環境に放射能を放出することはやむを得ないと考えてきたのである。そのような当然のことは今さらいうまでもないことであつたのかも知れないが、私たちは電力会社のこうした基本的な姿勢を再度しっかりと認識しておく必要がある。

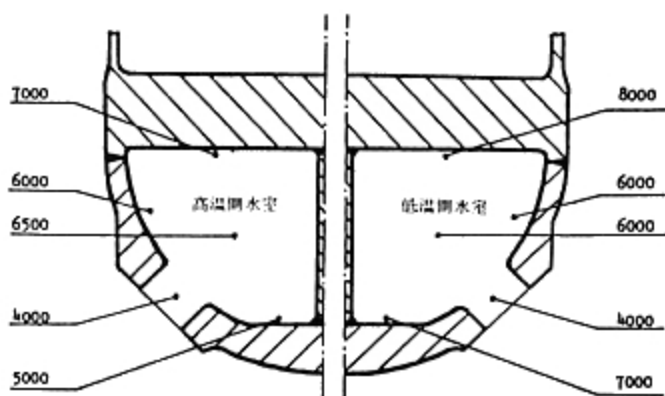


図8 スイス・ベズナウ1号炉の蒸気発生器下部水室内の線量分布
(単位: mR/h)

事故調査の大原則は現場の保存であり、事故当事者以外の第三者による調査である。それにもかかわらず、原子力発電所事故の場合には事故を起こした当事者である電力会社が調査を担当して、事故調査の名の下に重要な証拠が次々と隠滅されてしまう。

また、いっさいの情報は通産省の先の調査委員会に引き渡されたという。その委員会のメンバーは原子力推進の専門家からだけ選ばれたものであり、もともとその委員会に客観的な検討を期待することなどできない相談である。しかし、科学的な検討をすることを建て前としてその委員会は設置されたのであるから、検討結果を自らの責任で報告書にまとめるのは学者としての最低限の責務といえる。だが結局、委員会とは自ら一遍の報告書も出さないまま解散してしまふ。そして、検討結果なるものは資源エネルギー庁の名のもとに発表され、政治的・非科学的に利用されただけであつた。

電力会社による事故調査は交通事故を起こした運転手に現場の調査を任せることである。それを通産省がチェックするというのは、運転手の属する会社が事故を隠へいして会社の損害を最小限に抑え込もうとする試みである。

社会の常識でいえば、何らかの事故が起きた場合、調査はその事故の利害に関係のない第三者が行なうべきものである。第三者機関すら公平であるとはかぎらないが、最低限公平さを取り繕う努力がされるのが普通である。しかし、こと原子

力の場合には、それすらもなされない。その点にこそ原子力の特異な性格が示されているというべきかも知れない。

真相解明は下請労働者の被曝を前提

言うまでもなく真相解明は必要である。しかし、真相を解明するために、汚染の現場で働くのは下請け、係請け労働者である。図8にSG水室内の放射線量率の一例を示す。この図からも明らかのように、SG水室内で一時間働けば、年間の被曝許容量（現行は五レム／年、近い将来二レム／年に改定予定）を優に超えてしまう。

電気の利用者、受益者が「安全な」原子力発電所を求めれば求めるだけ、下請け、係請け労働者の被曝は増大する。それを不問にしたまま、「安全な原発」を求めることこそ問題にすべきことである。日本社会が原発を止めることを前提とせずに真相解明を求めるのであれば、日本でこそ原発大事故が起こることを私は願う。

【注】

(1) 原子力委員会、「原子炉立地審査指針及びその適用に関する判断のめやすについて」、一九六四年五月二十七日

(2) 原子力委員会、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」、一九七八年九月二十九日

(3) 小林圭二、「美浜原発でなにがおこったか」、毛沢東思想学院・学院ニュース第二八六号（一九九一年五月一日）より引用

(4) 四国電力（株）、パンフレット「ようこそ原子力のまち町へ、伊方発電所のご案内」の図をそのまま転載した。

(5) 注6に示す資料の他、主として以下の資料から作成した。

関西電力（株）、「美浜発電所2号機の現状について」、一九九一年二月一〇日

関西電力（株）、「美浜発電所2号機の事故について」、一九九一年二月二十六日

関西電力（株）、「美浜発電所2号機の状況について」、一九九一年三月十一日

福井県、「美浜発電所周辺の臨時環境放射能調査報告」、一九九一年三月十四日

(6) 通商産業省資源エネルギー庁、「関西電力（株）美浜発電所2号機蒸気発生器伝熱管損傷事故について」、一九九一年十一月二十五日

(7) 原子力安全委員会、「関西電力（株）美浜発電所2号炉蒸気発生器伝熱管損傷事故について」、一九九二年三月九日

この報告は、通産省の報告の追認に終わったもので、本文でも述べたように検討に値しない。しかし、今回の事故をあくまで「事象」としか呼ばない通産省に比べれば、明確に「事故」と表現している点で、幾分ましと言わねばであらう。そして、内容においても、根拠のない結論を出すことに對する若干の苦悩が読み取れ、その点ではたいへん興味深いものとなっている。

- (8) 福井県原子力環境安全管理協議会技術部会、「発電所の運転・建設年報」一九九〇年九月
- (9) T.L.O'Hara, J.A.Lorin, Operational Experience with Westinghouse Corus (Up to December 31, 1977), WCA P-8183 Rev.7 (March 1978)
- (10) I.Vintersed et al., Early Measurements of the Chernobyl Fallout in Sweden, IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol.NS-34, No.1 (February 1987)
この件は、「古川路明証人証言録」女川原発訴訟支援連絡会議、一九八八年十二月一日で詳しく取り上げられている。
- (11) 関西電力(株)「パンフレット」美浜発電所2号機の事故について、Vol.8、周辺環境への影響、一九九一年三月十八日
- (12) 関西電力(株)「美浜発電所、原子が設置変更許可申請書(1号、2号及び3号原子炉施設の変更)」一九八九年九月
- (13) 損傷側主蒸気通し弁からの放出量：一・三トン、およびグラインドスチームコンデンサベントからの放出量：〇・九トンの合計
- (14) 原子力委員会、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針について」、一九七五年五月十三日
原子力安全委員会、「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量当量評価について」、一九八九年三月二十七日
原子力安全委員会、「被ばく評価に用いる放射線エネルギー等について」、一九八九年三月二十七日
- (15) 小出裕章、「環境に流出した放射線量は解明されたのか」、美浜2号機事故学術シンポジウム報文集、一九九一年六月二十日開催
- (16) 小出裕章、今中哲二、「美浜原子炉の燃料事故をめぐる問題(2)」、「公害研究」第九巻、第一号(一九七九年七月十六日)
- (17) 通商産業省資源エネルギー庁、「関西電力(株)美浜発電所2号機蒸気発生器伝熱管損傷事象の調査状況について」、一九九一年六月六日
- (18) 朝日新聞、一九九一年二月二十日夕刊など
- (19) "North Anna Rupture Creates Orders for French Monitors" Nucleonics Week, July 30, 1987
- (20) 関西電力(株)「美浜発電所2号機運転手順書」D-2-(1)安全注入自動動作、D-2-(1)-f 蒸気発生器細管破損(安全注入動作の場合)など各項
- (21) E.Sandona, Eddy-Current Examination of Beznau Steam Generator Tubing, American Nuclear Society Vol.20 p.196 (1974)
(こいで ひろあき、京都大学原子炉実験所)