

JAERI-M

9 7 9 2

軽水炉燃料のための F P 放出実験
データ集 (III)

1981年11月

石渡 名澄・山本 克宗・永井 齊
広田 徳造・伊丹 宏治・都甲 泰正*

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問合せは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

軽水炉燃料のための FP 放出実験データ集（Ⅲ）

日本原子力研究所東海研究所安全工学部

石渡名澄⁺・山本克宗⁺・永井 齊
広田徳造⁺・伊丹宏治⁺・都甲泰正*

(1981年10月20日受理)

この報告書は、軽水炉燃料のための FP 放出実験データ集の最後版である。報告書には、第8回 FP 放出実験の結果の 1 部分および第9回 FP 放出実験の結果が記載され、その内容は、第9回実験の照射用燃料棒および吊り下げ棒付き照射用燃料棒の外観、JMTR と OWL-1 の運転条件、実験期間中のループ 1 次冷却水中の I-131 と Cs-137 のレベル変動、そして第8回と第9回の両実験に用いた各燃料棒の照射後試験の記録写真から構成されている。この報告書を刊行したことにより、上述の FP 放出実験は一段階を画することになった。

+) 大洗研究所材料試験炉部

*) 東京大学工学部原子力工学科

Data Sheets of Fission Product Release Experiments for
Light Water Reactor Fuel (III)

Nasumi ISHIWATARI, Katsumune YAMAMOTO⁺, Hitoshi NAGAI,
Tokuzo HIROTA⁺, Hiroharu ITAMI⁺, Yasumasa TOGO*

Division of Reactor Safety, Tokai Research Establishment, JAERI

(Received October 20, 1981)

This report is the last data sheets in series of fission product (FP) release experiments for light water reactor (LWR) fuel. Experimental results in the eighth run (in part), and those in the ninth run in OWL-1 of JMTR, are recorded; photographs of fuel rod assembly and the fuel test assembly with hanger rod, operational conditions of run, variations of iodine-131 and cesium-137 levels in the main loop coolant during run periods, and representative results of post irradiation examination of fuel rods in both runs. The first stage of the experiments as described above has been completed with this print.

Keywords: Reactor Safety, Light Water Reactor, Defective Fuel, Iodine Spiking, Fission Products, Fission Product Release, Iodine-131, Cesium-137, OWL-1 In-Pile Loop, JMTR Reactor

+) Division of JMTR Project, Oarai Research Establishment, JAERI

*) The Faculty of Engineering, University of Tokyo

Table List of runs of fission product release experiments

Run No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parameter	JPDR(17-01)*	JMTR, OWL-1	JMTR, OWL-1	JMTR, OWL-1	JMTR, OWL-1	JMTR, OWL-1	JMTR, OWL-1	JMTR, OWL-1	JMTR, OWL-1
Facility	Apr. 3~May 11, '68 Jul. 22~Sept. 1, '69	Aug. 13~Sept. 3, '71	Jun. 25~Jul. 22, '72	(May 13~May 26, '74) May 29~Jun. 17, '75	Feb. 17~Mar. 13, '76	May 24~Jun. 18, '76	Mar. 8~Mar. 29, '77	Feb. 25~Mar. 13, '78	May 15~Jun. 7, 1980
Exp. Period									
Fuel No.	Y-03	70L-7A	69LF-4P	72LF-19P	73LF-21A	75LF-25A	75LF-27A	76LF-29A	76LF-31A
Number	48	1	1	2	2	2	2	2	2
UO ₂ [†]	235U,w/o	2.6	2.7	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
pellet	Dia., mm	10.6	10.6	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4
H., mm		720.9	14.7	18.0	18.0 × 2	18.0 × 2	18.0 × 2	18.0 × 2	18.0 × 2
Material	Zircaloy-2	Zircaloy-2	SUS32	SUS316	SUS316	SUS316	SUS316	SUS316	SUS316
Clad [†]	L., mm	794.8	85.0	108.0	126	135	135	135	135
	O.D., mm	12.2	12.2	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
	Thick, mm	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Hole [†]	Faced	plenum	plenum	plenum	pellet	pellet	pellet	pellet	pellet
through	Dia., μm	500	20,200	200	100	100	50	50	50
Clad	Number	2	2	1	1	1	1	1	1
Description of Main Item	(i) Measurements of 131I, 137Cs in reactor water (ii) Measurements of 131I, 137Cs in can water for wet siper method (iii) Effect of 131I behavior (700) ^{††}	(i) Measurements of 131I in loop coolant (ii) Measurements of 131I transfer from Liq. phase to Gas phase (iii) Effect of coolant pres. to 131I behavior (750) ^{††}	(i) Measurements of 131I in loop coolant (ii) 131I release at depressurization, cooling down of loop coolant and reactor shut down (iii) Temperature of loop coolant about 830 ^{††} (?) (?)	(i) Measurements of 131I and 137Cs in loop coolant (ii) 131I and 137Cs release at depression of pressure and temperature of loop coolant about 660 ^{††} (?) (?)	(i) Measurements of 131I and 137Cs in loop coolant (ii) 131I and 137Cs release at depression of pressure and temperature of loop coolant about 450 ^{††} (?) (?)	(i) Measurements of 131I and 137Cs in loop coolant (ii) 131I and 137Cs release at depression of pressure and temperature of loop coolant about 260 ^{††} (?) (?)	(i) Measurements of 131I and 137Cs in loop coolant (ii) 131I and 137Cs release at depression of pressure and temperature of loop coolant about 660 ^{††} (?) (?)	(i) Measurements of 131I and 137Cs in loop coolant (ii) 131I and 137Cs release at depression of pressure and temperature of loop coolant about 450 ^{††} (?) (?)	(i) Measurements of 131I and 137Cs in loop coolant (ii) 131I and 137Cs release at depression of pressure and temperature of loop coolant about 260 ^{††} (?) (?)
Reference	JAERI-M 8045	JAERI-M 8045	JAERI-M 8045	JAERI-M 8332, JAERI-M 8184					

** Many troubles occurred in JMTR from May 13 to May 26, 1974.

* Channel address of artificially pin-holed nuclear fuel rod charged in JPDR core.
† nominal value
†† Burn up, MWD/MM. () presumable value.

目 次

FP 放出実験一覧	iii
1. まえがき	1
2. 第8回 FP 放出実験データ	2
写真 (1-1) ~ (1-6)	3
3. 第9回 FP 放出実験データ	6
図 1 ~ 図 5-7	7
表 (1-1) ~ 表 (2-3)	8
写真 (2-1) ~ 写真 (2-10)	21
あとがき	26
正誤表	27

Contents

List of runs of fission product release experiments	iii
1. Introduction (in Japanese)	1
2. Data of 8th Fission Product Release Experiment	2
Photo. (1-1) ~ (1-6)	3
3. Data of 9th Fission Product Release Experiment	6
Fig. 1 ~ Fig. 5-7	7
Table (1-1) ~ Table (2-3)	8
Photo.(2-1) ~ Photo.(2-10)	21
Acknowledgement (in Japanese)	26
Errata	27

目 次 (詳 細)

データ表題	図、表、写真	頁
燃料棒被覆管のピンホール ($\times 8$)	写真 1-1	3
照射済み燃料棒の断面 (ピンホール部), 研磨後 ($\times 5$)	" 1-2	3
照射済み燃料棒の断面, エッティング後 ($\times 5$)	" 1-3	4
燃料棒被覆管のピンホール, エッティング後 ($\times 100$)	" 1-4	4
照射済み燃料棒の断面, エッティング後 ($\times 5$)	" 1-5	5
照射済み燃料棒の断面, 研磨後 ($\times 5$)	" 1-6	5
人工欠陥燃料 (76 LF-31A) の寸法・仕様	図 1	7
OWL-1 冷却水中の ^{131}I のレベル	表 1-1	8
"	" 1-2	9
"	" 1-3	10
JMTR 出力と OWL-1 冷却材	図 2	11
OWL-1 における γ 線モニター	図 3	11
OWL-1 冷却水中の ^{131}I のレベル	図 4-1	12
"	" 4-2	12
"	" 4-3	13
"	図 5-1	14
"	" 5-2	14
"	" 5-3	15
"	" 5-4	15
"	" 5-5	16
"	" 5-6	16
"	" 5-7	17
OWL-1 冷却水中の ^{137}Cs のレベル	表 2-1	18
"	" 2-2	19
"	" 2-3	20
組立て後の吊り下げ用棒付き燃料棒	写真 2-1	21
燃料棒一式と吊り下げ用棒の全部品	" 2-2	21
燃料棒被覆管のピンホール ($\times 100$)	" 2-3	22
燃料棒被覆管のピンホール, 研磨後 ($\times 100$)	" 2-4	22
燃料棒被覆管のピンホール外観	" 2-5	23
照射済み燃料棒の断面, 研磨後 ($\times 5$)	" 2-6	23
照射済み燃料棒の断面, エッティング後 ($\times 5$)	" 2-7	24
照射済み燃料棒の断面の中心部分, エッティング後 ($\times 100$)	" 2-8	24
照射済み燃料棒の断面の中間部分, エッティング後 ($\times 100$)	" 2-9	25
照射済み燃料棒の断面の周縁部分, エッティング後 ($\times 100$)	" 2-10	25

Contents (detail)

Name of Data	No.	Page
Artificial pin-hole through clad of fuel rod ($\times 8$)	Photo. 1-1	3
Cross section of irradiated fuel rod (including artificial pin-hole), after polished ($\times 5$)	Photo. 1-2	3
Cross section of irradiated fuel rod (not including artificial pin-hole), after etched ($\times 5$)	Photo. 1-3	4
Part of cross section of clad of irradiated fuel rod (including artificial pin-hole), after etched ($\times 100$). Upside of Photo.; inside of clad. Downside of photo.; outside of clad.	Photo. 1-4	4
Cross section of irradiated fuel rod, after etched ($\times 5$)	Photo. 1-5	5
Cross section of irradiated fuel rod, after polished ($\times 5$)	Photo. 1-6	5
Dimension and specification of artificially pin-holed fuel (76LF-31A)	Fig. 1	7
Level of ^{131}I in OWL-1 coolant, the 9th run	Table 1-1	8
Level of ^{131}I in OWL-1 coolant, the 9th run (continued)	Table 1-2	9
Level of ^{131}I in OWL-1 coolant, the 9th run (continued)	Table 1-3	10
JMTR power and OWL-1 coolant (conditions)	Fig. 2	11
Gamma ray monitor at OWL-1	Fig. 3	11
Level of ^{131}I in OWL-1 Coolant	Fig. 4-1	12
"	Fig. 4-2	12
"	Fig. 4-3	13

Name of Data	No.	Page
Level of ^{131}I in OWL-1 Coolant	Fig. 5-1	14
"	Fig. 5-2	14
"	Fig. 5-3	15
"	Fig. 5-4	15
"	Fig. 5-5	16
"	Fig. 5-6	16
"	Fig. 5-7	17
Level of ^{137}Cs in OWL-1 Coolant	Table 2-1	18
Level of ^{137}Cs in OWL-1 Coolant (continued)	Table 2-2	19
Level of ^{137}Cs in OWL-1 Coolant (continued)	Table 2-3	20
Fuel rod assembly with hanger rod	Photo. 2-1	21
All parts of fuel rod assembly and hanger rod	Photo. 2-2	21
Artificial pin-hole through clad of fuel rod, before irradiation ($\times 100$)	Photo. 2-3	22
Part of cross section of clad of irradiated fuel rod (including artificial pin-hole), after polished ($\times 100$). Left side of photo.; outside of clad.	Photo. 2-4	22
Artificial pin-hole through clad of fuel rod, after irradiation	Photo. 2-5	23
Cross section of irradiated fuel rod, after polished ($\times 5$)	Photo. 2-6	23
Cross section of irradiated fuel rod, after etched ($\times 5$)	Photo. 2-7	24
Center area of cross section of irradiated fuel rod, after etched ($\times 100$)	Photo. 2-8	24
Intermediate area of cross section of irradiated fuel rod, after etched ($\times 100$)	Photo. 2-9	25

Name of Data	No.	Page
Peripheral area of cross section of irradiated fuel rod, after etched ($\times 100$)	Photo. 2-10	25

1. まえがき

すでに報告したように、通常運転時の軽水炉プラントにおいて破損燃料棒から放出される FP の挙動と放出機構を解明する目標と想定事故（BWR の主蒸気管破断事故、PWR の蒸気発生器細管破断事故）時の FP ヨウ素の追加放出現象を究明する目標の下に、これらの目標を達成するために必要な諸データを収得する目的のため、JMTR・OWL-1において一連の FP 放出実験を遂行してきた。^(注)

通常運転時の軽水炉プラントにおいても破損燃料よりの FP 放出および FP ヨウ素の追加放出現象に関する報告例は多数知られていたが、これらの諸例においては FP 放出源としての破損燃料個々の諸要因と関連づけ得る測定実験のデータがほとんど見当らなかった。それ故に、破損燃料試料の仕様と燃料燃焼の条件を軽水炉の炉心条件の範囲に収めるかまたは可能な限り近似させるかして FP 放出実験を遂行し、先述の目標を達成するためにこれらの実験により収めた諸データを供用するとともに広く公表するならば、原子炉安全性の分野に貢献し得るものと考えられた。

上述の理由から、先ず「軽水炉燃料のための FP 放出実験データ集(I)」(1979年1月刊)を提出し、続いて同じ第2報(1979年7月刊)を提出するとともに、FP セシウム-137 の測定データのみを纏めて別途に報告した(1979年3月刊)。そして第3報として本報告書を刊行することになった。本来、これらのデータ集は一括して刊行するのが最も望ましかったのであるが、主として FP 放出実験のために利用した施設の実状に帰し得る事由により、実験が一段階を画するまでに実験開始以来満10年に及ぶ期間を要したため、4分冊の形式をとることになった。

FP 放出実験の計画を検討し始めた当時は、発電用軽水型原子炉を利用して FP 放出実験を遂行するのが最良の方法であるように思われたが、実験条件として原子炉の事故状態あるいは異常過渡状態を具体的に実現することは原子炉の安全上全く不可能に近かった。それ故に一つの代用手段として炉内高温高圧水ループの利用が考えられたのであるが、それでもループの安全運転確保の観点からOWL-1において FP 放出実験を遂行する際に加えられた制約は強大であり、実験規模に関しては例えば燃料試料の仕様は当初に計画していたよりも 1/50 以下の規模に縮小せざるを得なかった。

上述の経緯にもかかわらず、FP 放出実験を遂行することは必要であると判断し、紆余曲折を経たのちに結局、4分冊のデータ集を纏め得ることになった。この報告書を刊行した時点において、軽水炉燃料のための FP 放出実験は一段階を画すことになった。なお第2報のまえがきにおいて記したように、各種の実験関連項目の測定結果の記載を幾つか省略したが、「実験データ集」としての性格を考え、実験データの内容における系統性、継続性および関連性の強さの観点から、本報告書においても同様に取り扱うことにした。これらの測定結果は、別途に「実験報告」として公表されることになるであろう。

第1段階の FP 放出実験の全体像を概観する目的に便利であるように、本報告書の巻頭に「Table List of runs of fission product release experiments」を添付した。

注) JAERI-M 8045, JAERI-M 8184, JAERI-M 8332

2. 第8回FP放出実験データ

2. Data of the eighth run of fission product release
experiment

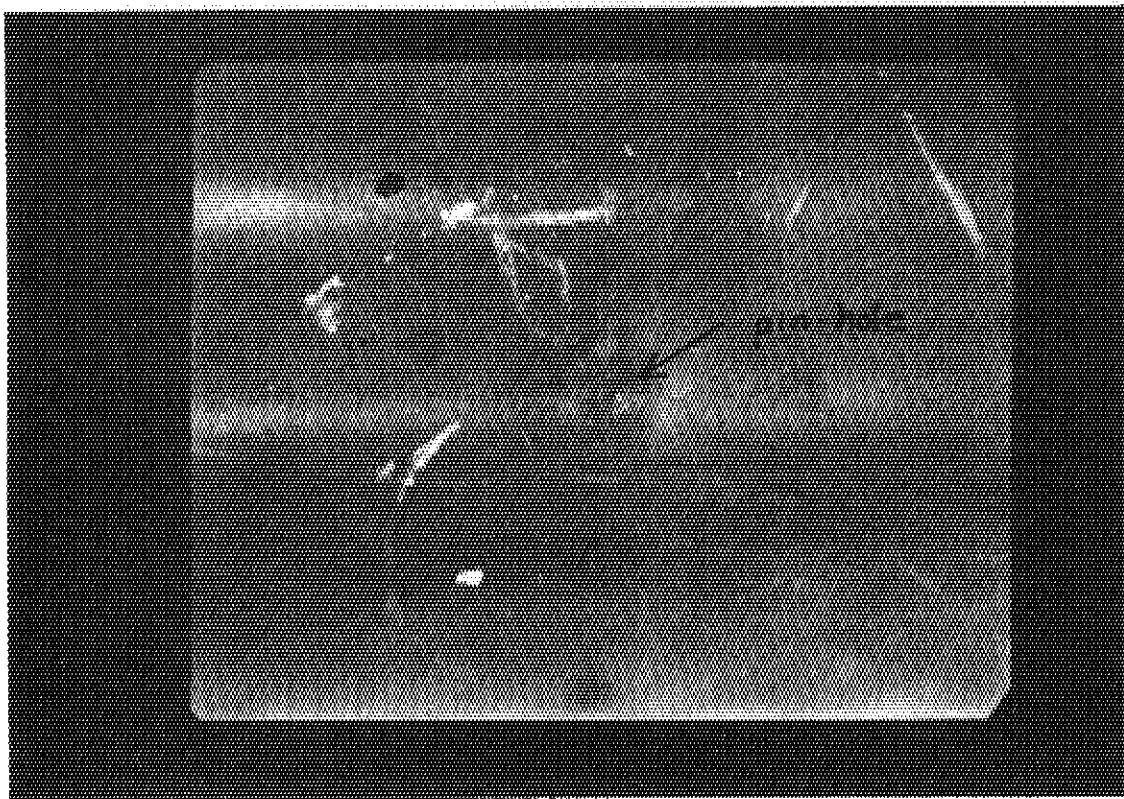


Photo. 1-1 Artificial pin-hole through clad of fuel rod ($\times 8$)

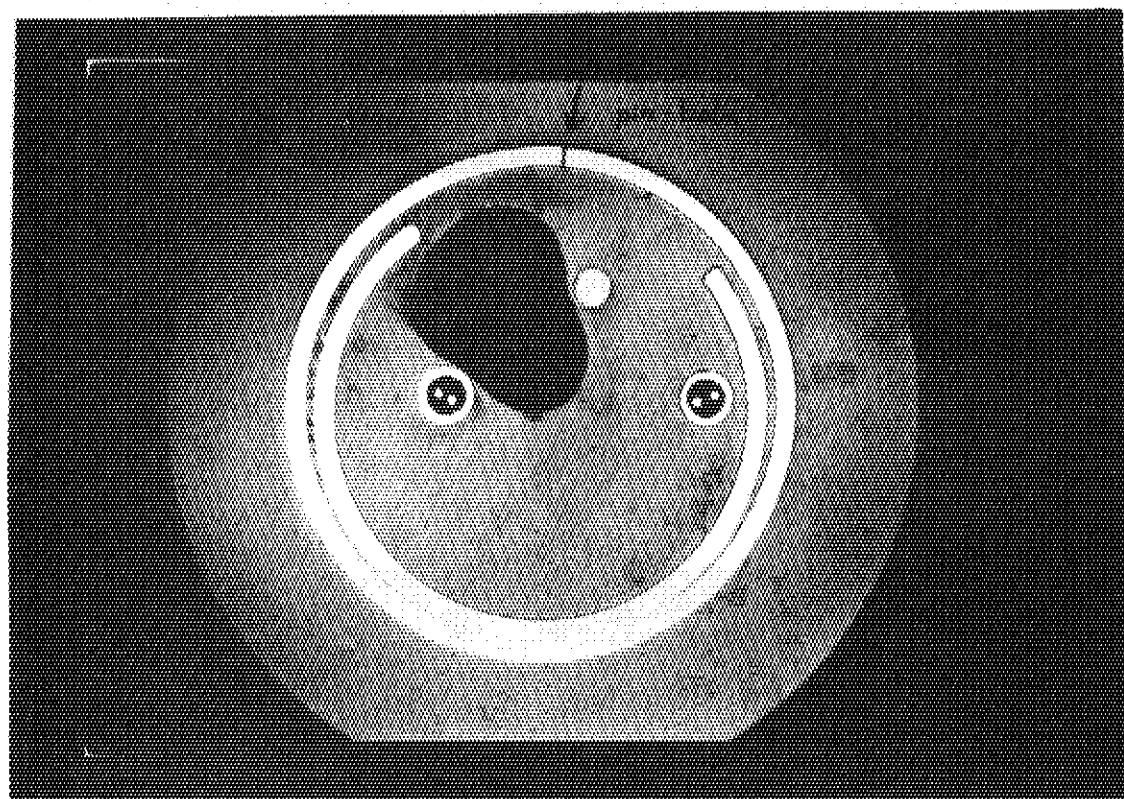


Photo. 1-2 Cross section of irradiated fuel rod (including artificial pin-hole), after polished ($\times 5$)

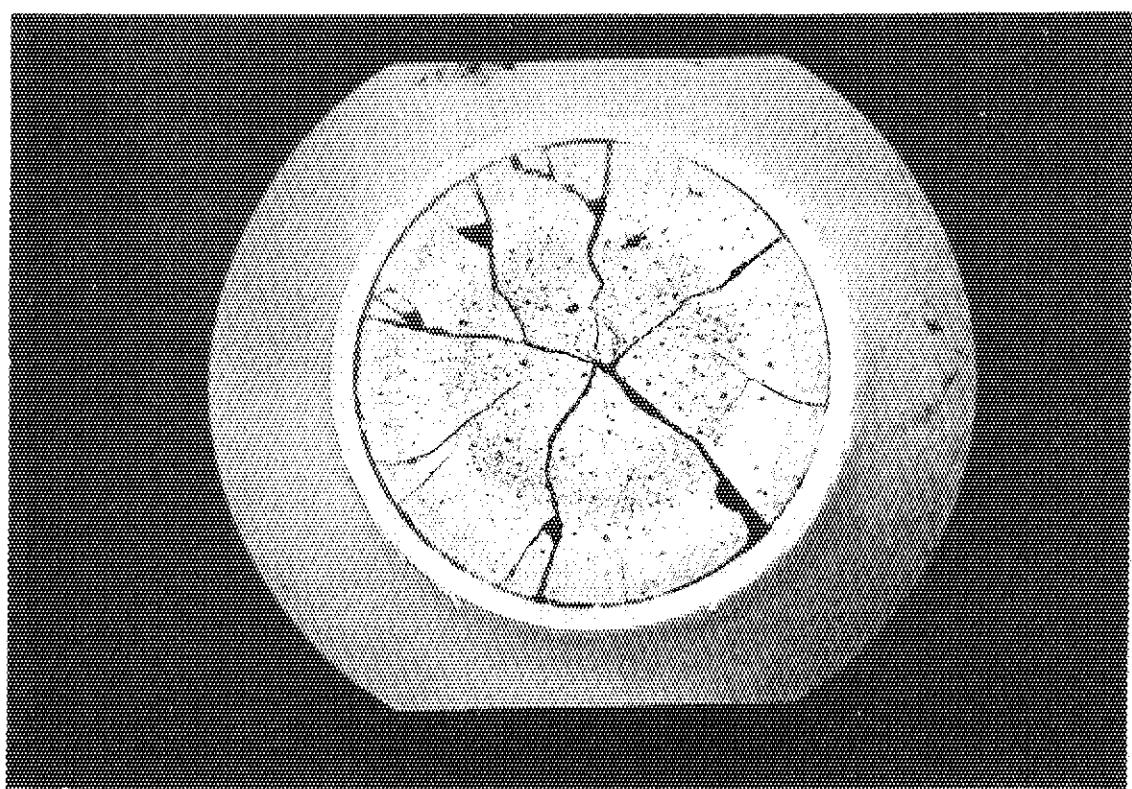


Photo. 1-3 Cross section of irradiated fuel rod (not including artificial pin-hole), after etched ($\times 5$)

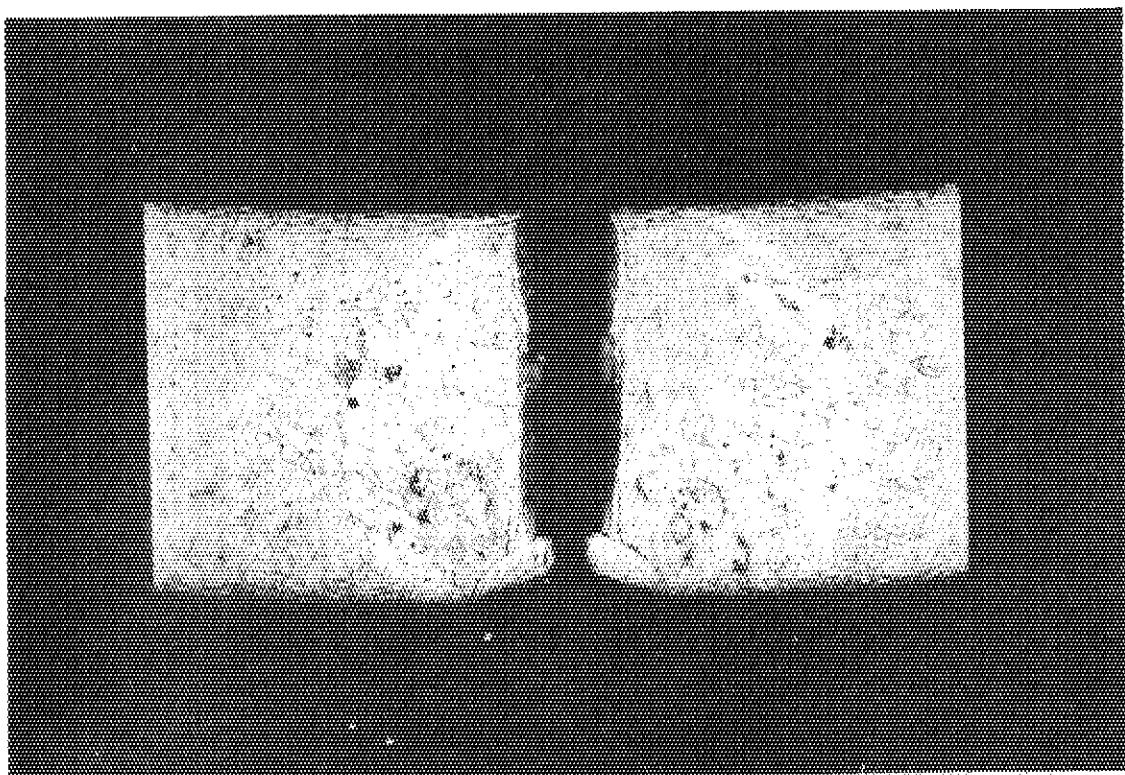


Photo. 1-4 Part of cross section of clad of irradiated fuel rod (including artificial pin-hole), after etched ($\times 100$). Upside of photo.; inside of clad. Downside of photo.; outside of clad.

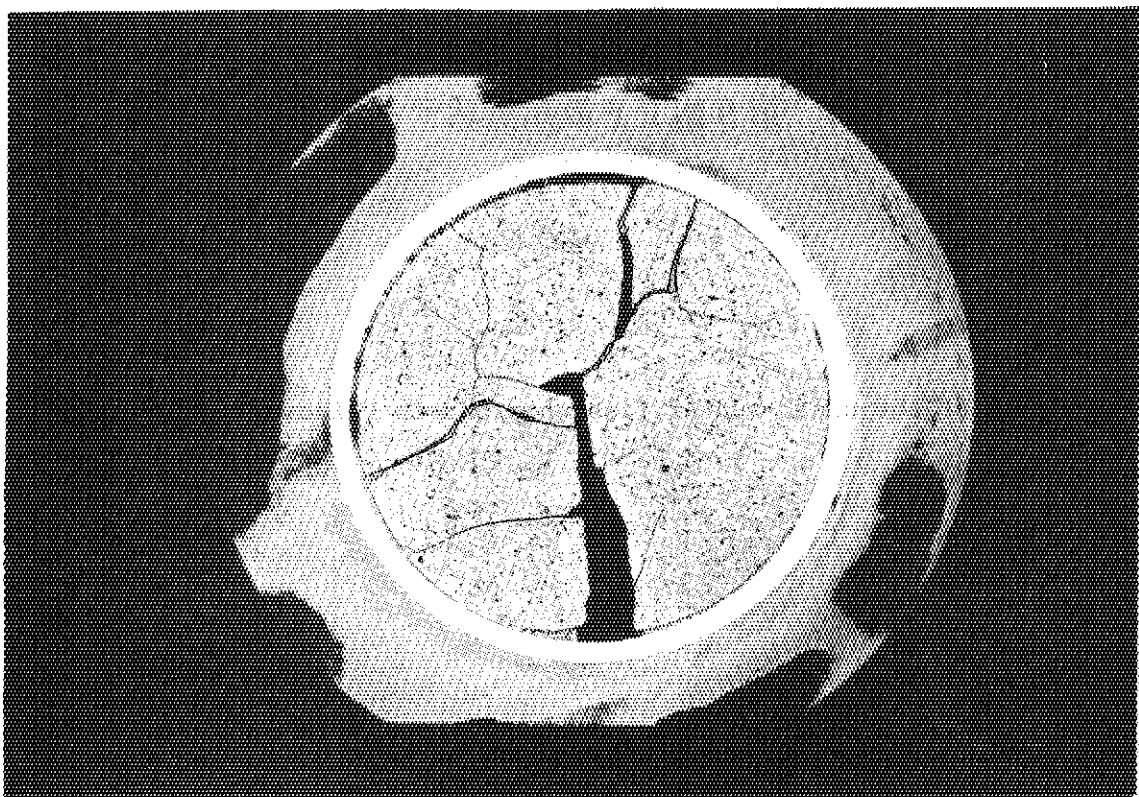


Photo. 1-5 Cross section of irradiated fuel rod, after etched ($\times 5$)

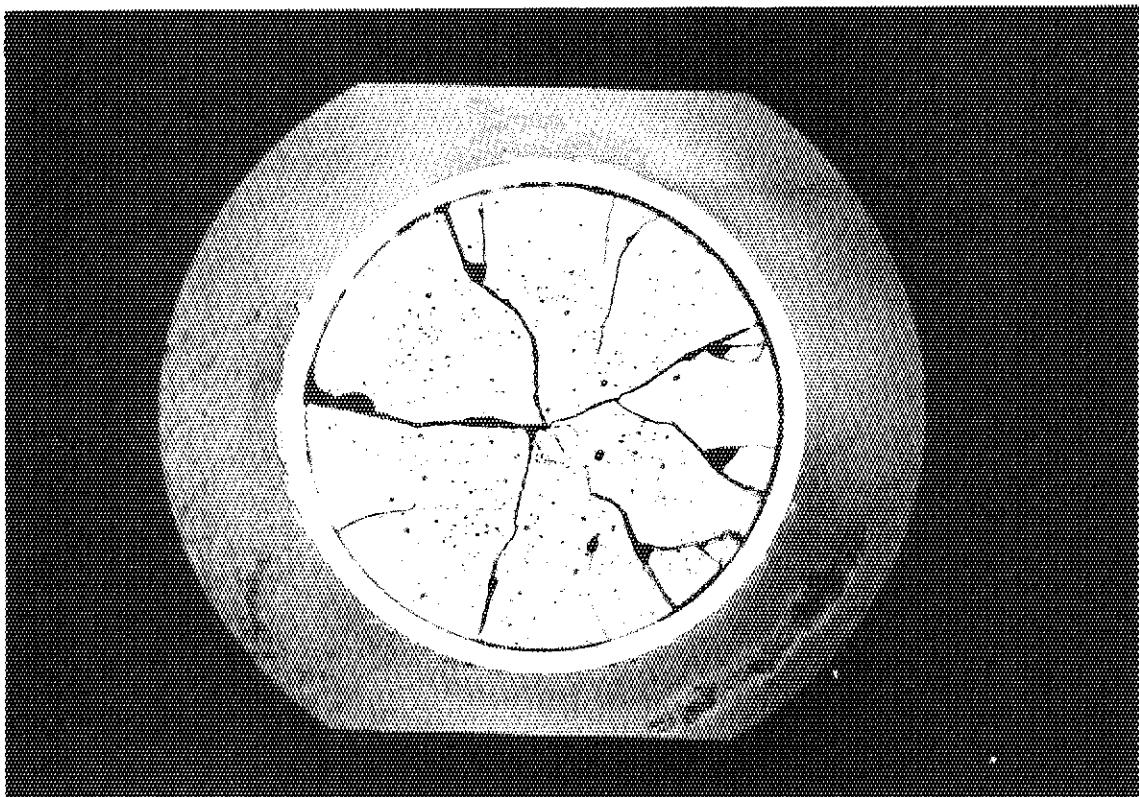
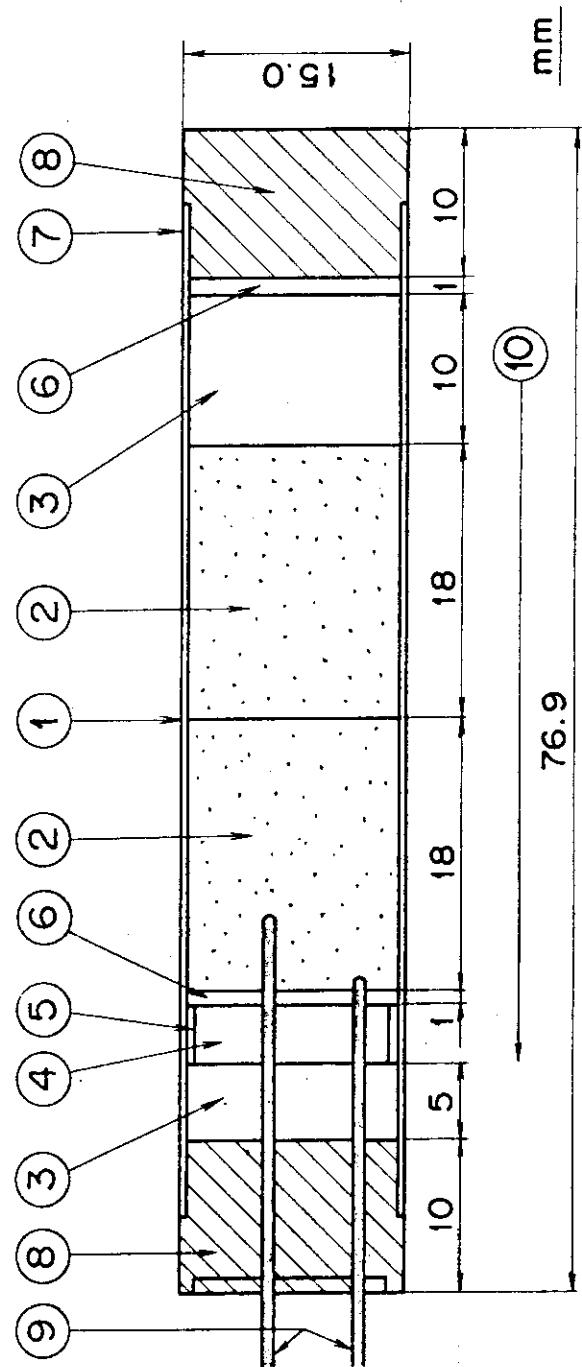


Photo. 1-6 Cross section of irradiated fuel rod, after polished ($\times 5$)

3. 第9回FP放出実験データ

3. Data of the ninth run of fission products release
experiment



No	Name	Material	No	Name	Material
1	Pin hole	Dia. 0.05	6	Shim plate	SUS 304
2	Pellet	UO_2	7	Clad	SUS 316
3	Insulator	Al_2O_3	8	Plug	SUS 316
4	Plenum	Air	9	Thermo-couple	W-Re,CA
5	Spacer	SUS 304	10	Coolant flow direction	

Fig. 1 Dimension and Specification of Artificially
Pin - Holed Fuel (76 LF - 31 A)

Table 1-1 Level of ^{131}I in OWL-1 Coolant (1980), in the 9th run

Sampled*		^{131}I ($\mu\text{Ci}/\text{ml}$)	OWL-1	JMTR	Remark
Date	Time				
5/16	10:00	$<2 \times 10^{-8}$	{ 250°C, 71 kg/cm ² G P** mode	500 kW	Reactor power up
	16:00	1.77×10^{-6}		10 MW	
	18:08	3.23×10^{-6}		30 Mwt	
	20:00	9.41×10^{-6}		40 Mwt	
5/17	8:08	5.08×10^{-6}	"	40 Mwt	Coolant pressure depression
	10:45	2.35×10^{-6}	"	50 Mwt	
5/19	9:45	4.39×10^{-6}	"	"	Coolant pressure depression
	10:15	3.49×10^{-6}	61 kg/cm ² G	"	
	10:45	3.00×10^{-6}	"	"	
	11:30	2.11×10^{-6}	"	"	
	13:30	5.65×10^{-7}	"	"	
	15:00	1.32×10^{-6}	"	"	
	16:30	1.38×10^{-6}	"	"	
	9:45	2.41×10^{-7}	"	"	
5/20	10:15	2.08×10^{-7}	{ 250°C, 71 kg/cm ² G P mode	"	Coolant temperature depression
	10:45	$<6 \times 10^{-8}$		"	
	11:15	2.66×10^{-7}		"	
	13:30	1.24×10^{-6}		"	
	15:00	7.88×10^{-7}		"	
	16:30	7.71×10^{-7}		"	
	9:30	1.97×10^{-6}	250°C → 125°C	"	
	10:30	1.59×10^{-6}	"	"	
5/21	11:45	7.95×10^{-7}	"	"	Coolant temperature depression
	14:30	1.97×10^{-7}	125°C → 250°C	"	
	15:30	9.70×10^{-8}	"	"	
	17:00	1.41×10^{-4}	"	"	
	9:34	1.31×10^{-5}	{ 250°C, 71 kg/cm ² G P mode	"	
	15:30	4.05×10^{-6}		"	
5/24	11:20	1.39×10^{-6}	"	shut down	
5/25	17:00	1.09×10^{-4}	"	50 Mwt	
5/26	9:37	2.55×10^{-5}	in cooling down	"	

* at inlet of in-core test section

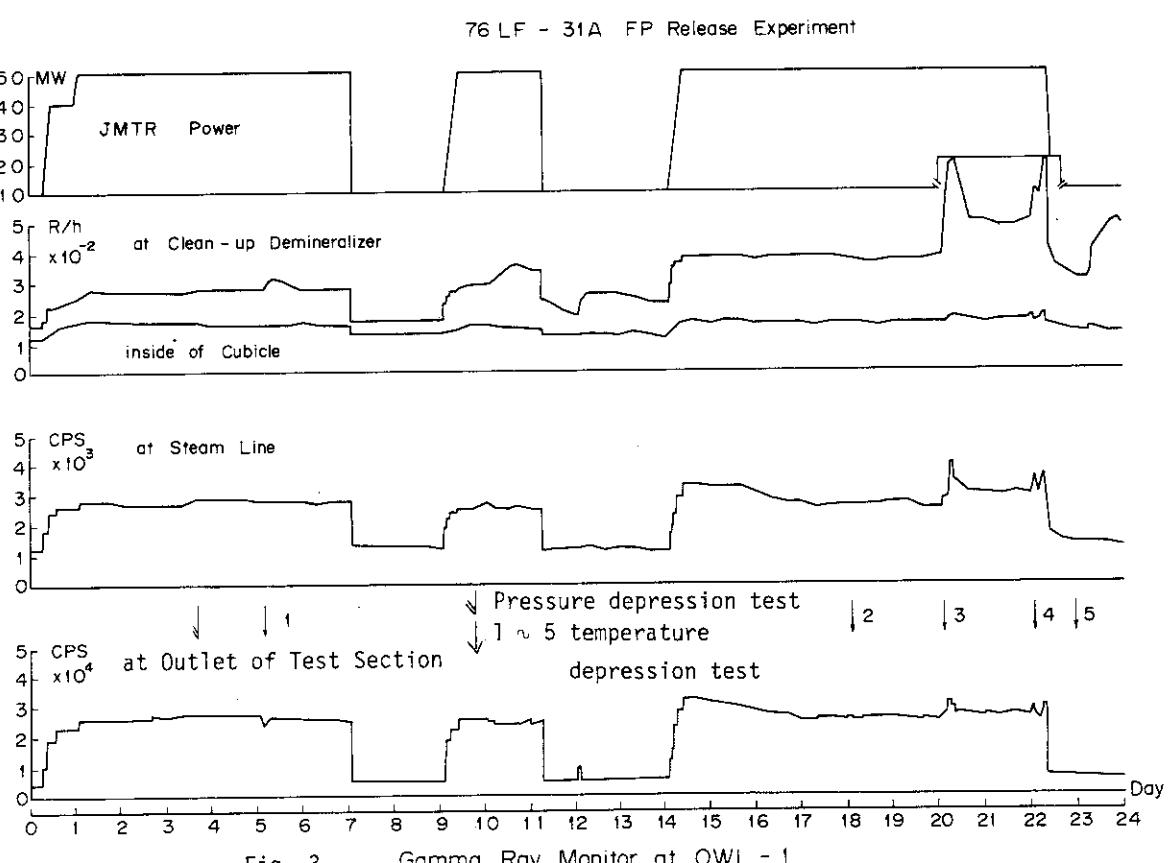
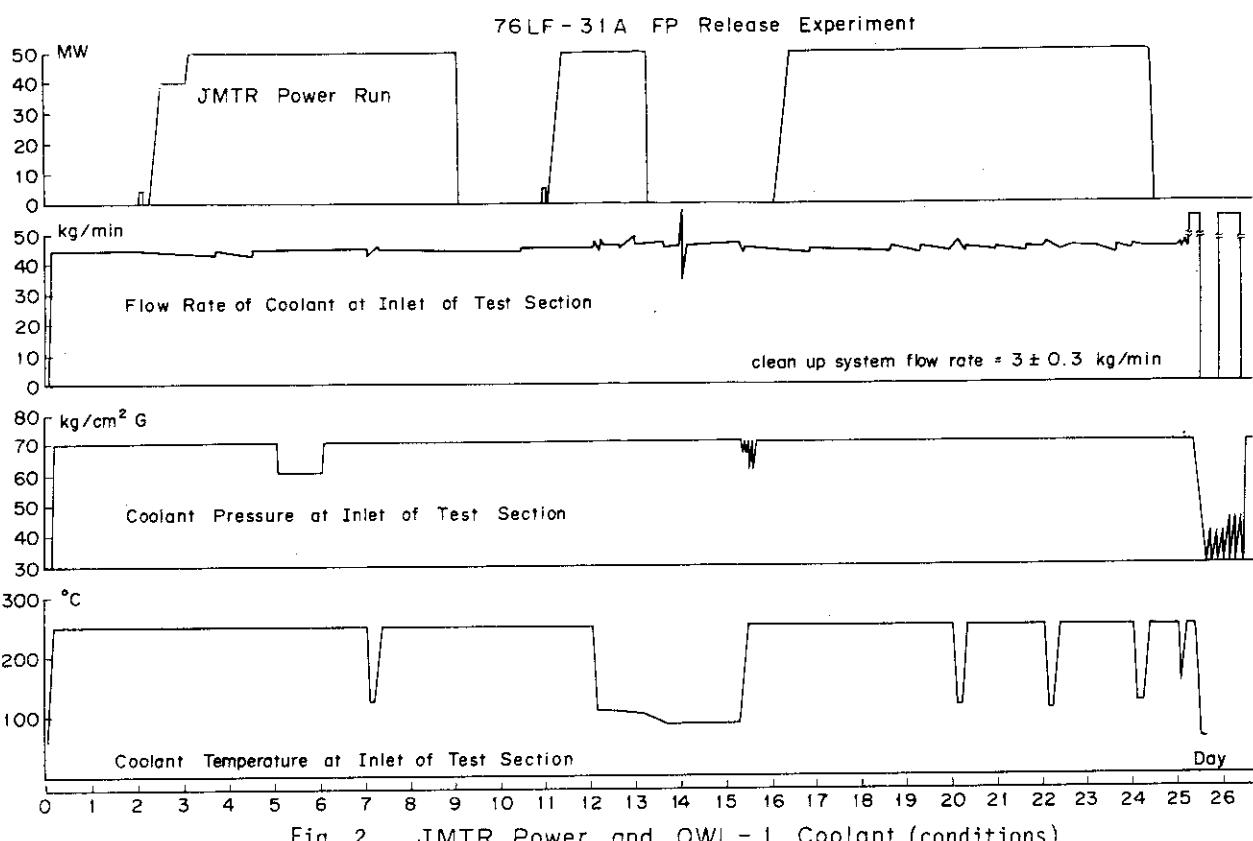
** pressurized water mode

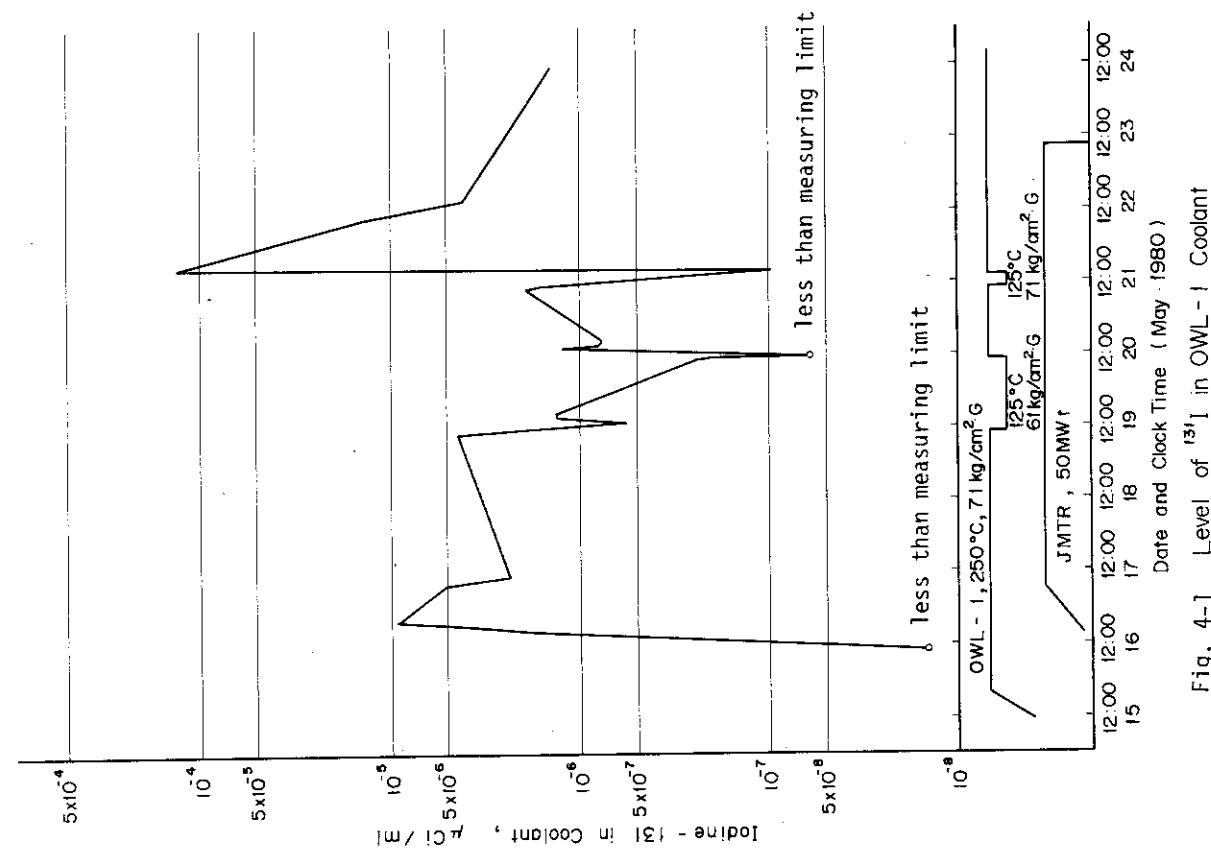
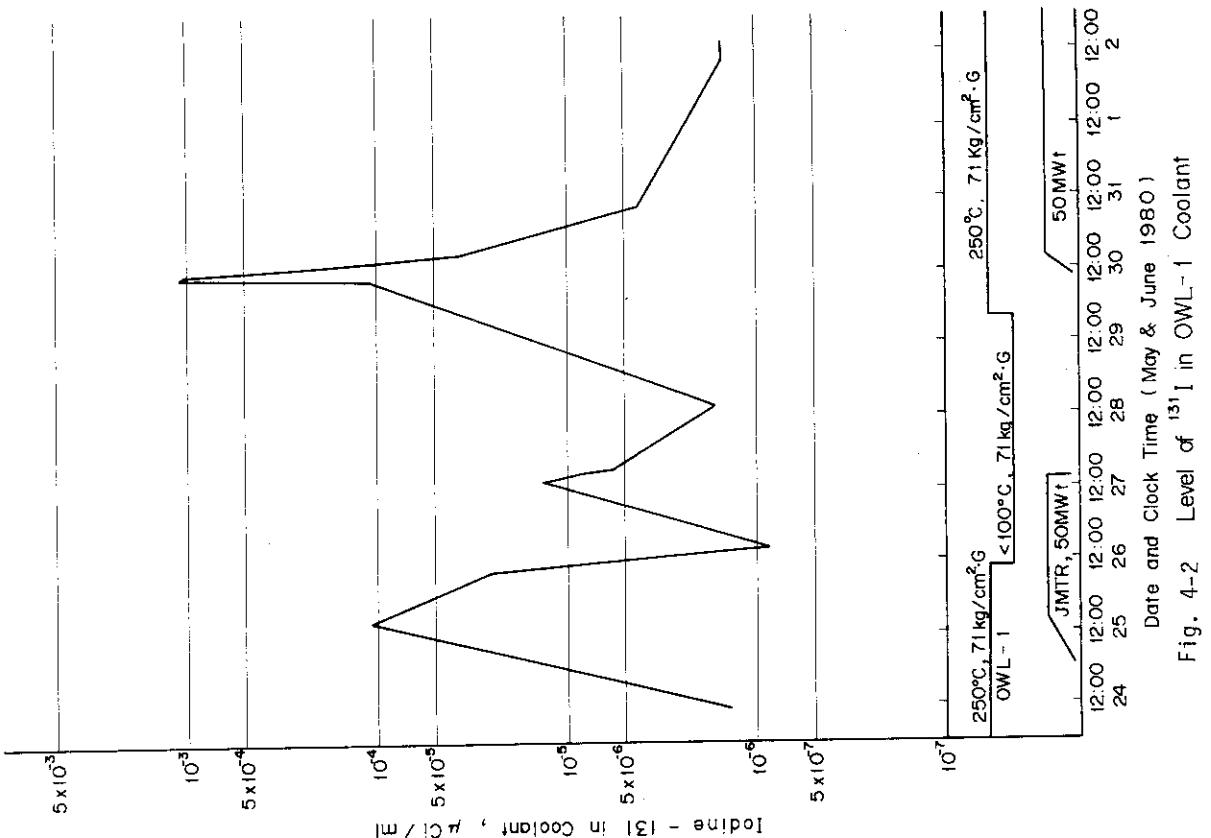
Table 1-2 Level of ^{131}I in OWL-1 Coolant (1980), in the 9th run (continued)

Sampled*		^{131}I ($\mu\text{Ci}/\text{ml}$)	OWL-1	JMTR	Remark
Date	Time				
5/26	10:30	1.63×10^{-5}	in cooling down	50 Mwt	
	11:45	9.03×10^{-6}	"	"	
	14:30	2.05×10^{-6}	"	"	
	17:00	8.51×10^{-7}	"	"	
5/27	14:45	1.36×10^{-5}	"	"	
	15:15	1.19×10^{-5}	"	shut down	
	15:45	1.03×10^{-5}	"	"	
	17:00	8.78×10^{-6}	"	"	
5/28	19:00	5.74×10^{-6}	"	"	
	15:41	1.62×10^{-6}	"	"	
5/30	10:00	1.10×10^{-4}	{ 250°C, 71 kg/cm ² G P mode}	10 MW	
	11:00	1.15×10^{-3}		15 MW	
	12:00	1.03×10^{-3}		30 Mwt	Reactor power up
	14:00	2.85×10^{-4}		"	
	16:00	9.03×10^{-5}		40 Mwt	
	18:05	3.66×10^{-5}		50 Mwt	
	19:35	4.19×10^{-6}		"	
6/2	9:35	1.50×10^{-6}	"	"	
	15:30	1.53×10^{-6}	"	"	
6/3	10:00	2.04×10^{-6}	250°C → 125°C	"	
	10:30	3.11×10^{-5}		"	
	11:00	4.60×10^{-5}		"	
	11:45	5.76×10^{-5}		"	
	14:00	2.60×10^{-5}		"	Coolant temperature depression
	14:30	1.42×10^{-5}	125°C → 250°C	"	
	15:00	1.08×10^{-5}		"	
	15:30	7.11×10^{-6}		"	
	16:06	4.69×10^{-6}		"	
	17:00	9.77×10^{-6}	{ 250°C 71 kg/cm ² G P mode}	"	
6/4	9:32	1.54×10^{-5}		"	
6/5	9:30	2.01×10^{-5}	250°C → 115°C		

Table 1-3 Level of ^{131}I in OWL-1 Coolant (1980), in the 9th run (continued)

Sampled*		^{131}I ($\mu\text{Ci}/\text{ml}$)	OWL-1	JMTR	Remarks
Date	Time				
6/5	10:00	2.47×10^{-5}	$250^\circ\text{C} \rightarrow 115^\circ\text{C}$	50 MWt	
	10:30	3.62×10^{-5}	"	"	
	11:00	4.18×10^{-5}	"	"	
	11:45	7.29×10^{-3}	"	"	
	14:00	6.23×10^{-3}	$115^\circ\text{C} \rightarrow 250^\circ\text{C}$	"	Coolant
	14:30	5.62×10^{-3}	"	"	temperature
	15:00	5.99×10^{-3}	"	"	depression
	15:30	6.53×10^{-3}	"	"	
	16:00	5.15×10^{-3}	"	"	
	17:00	4.41×10^{-3}	{ 250°C , 71 kg/cm ² G P mode}	"	
6/6	10:00	1.02×10^{-3}		"	
	15:45	7.05×10^{-4}	"	"	
6/7	9:30	8.11×10^{-4}	$250^\circ\text{C} \rightarrow 125^\circ\text{C}$	"	
	10:00	1.21×10^{-3}	"	"	
	10:30	2.44×10^{-3}	"	"	
	11:00	7.53×10^{-3}	"	"	
	11:30	1.02×10^{-2}	"	"	Coolant
	11:45	1.01×10^{-2}	"	"	temperature
	14:00	5.59×10^{-3}	$125^\circ\text{C} \rightarrow 250^\circ\text{C}$	"	depression
	14:30	4.72×10^{-3}	"	"	
	15:00	6.05×10^{-3}	"	"	
	15:30	7.16×10^{-3}	"	"	
6/8	16:00	5.72×10^{-3}	"	"	
	17:00	4.48×10^{-3}	{ 250°C , 71 kg/cm ² G P mode}	50MW \rightarrow 0	
	17:30	4.37×10^{-3}		shut down	
	9:00	1.22×10^{-3}	$250^\circ\text{C} \rightarrow 146^\circ\text{C}$	"	Coolant
	10:45	4.09×10^{-4}	"	"	temperature
	13:50	1.54×10^{-3}	{ 250°C , 71 kg/cm ² G P mode}	"	depression
	14:55	1.60×10^{-3}		"	
	16:00	1.87×10^{-3}	"	"	
	18:00	1.74×10^{-3}	"	"	



Fig. 4-1 Level of ^{131}I in OWL-1 CoolantFig. 4-2 Level of ^{131}I in OWL-1 Coolant

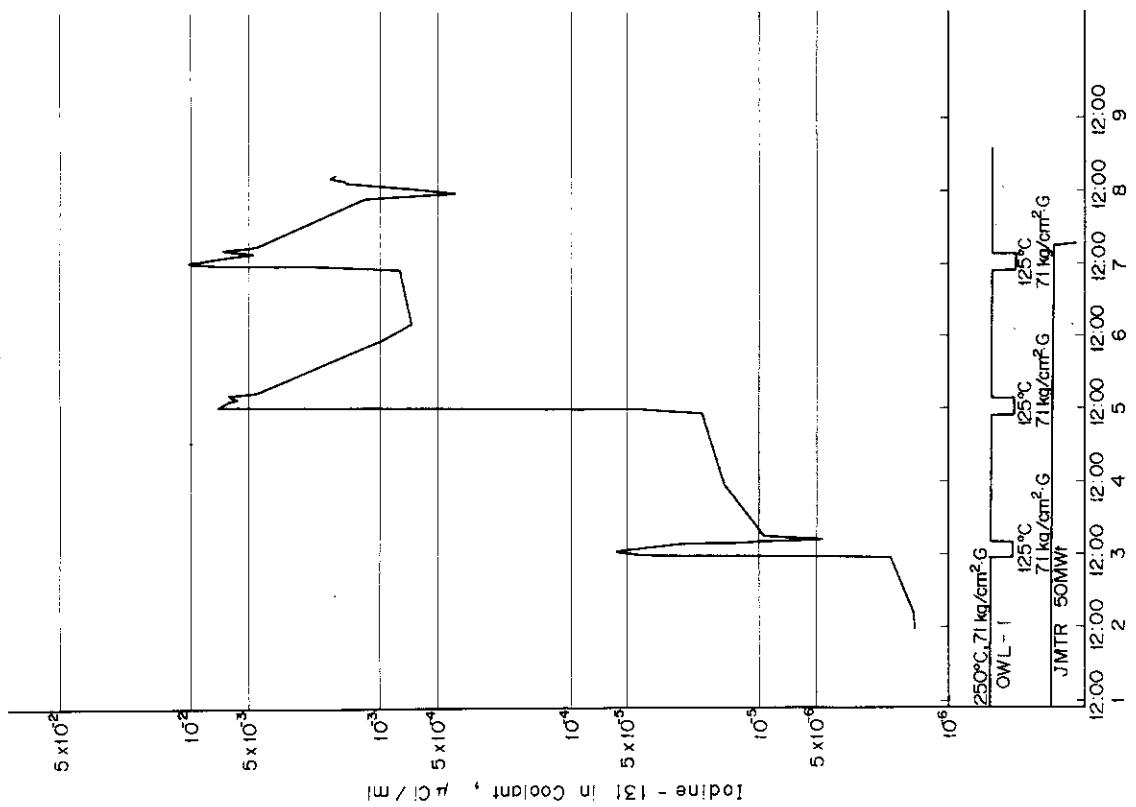
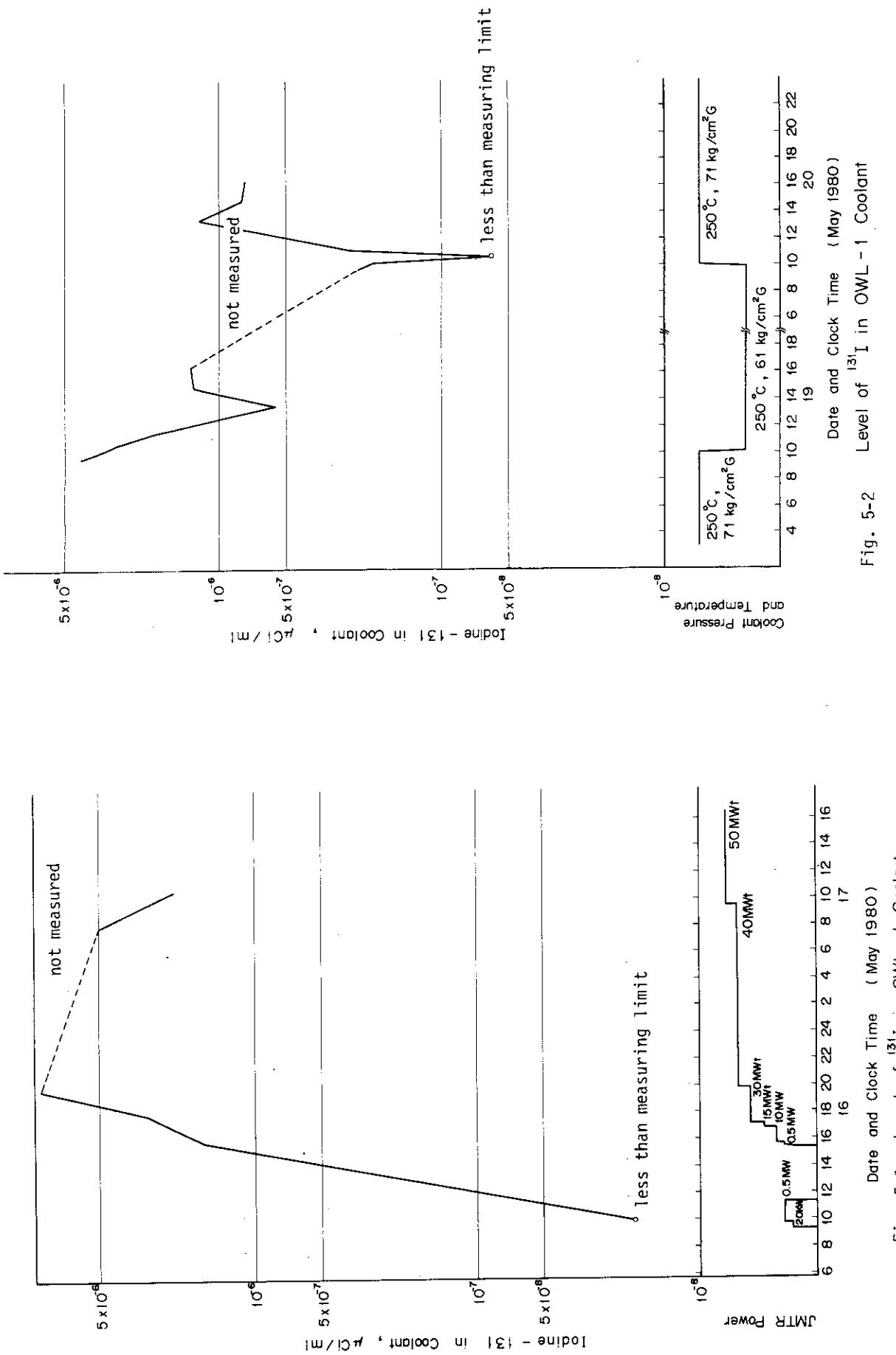
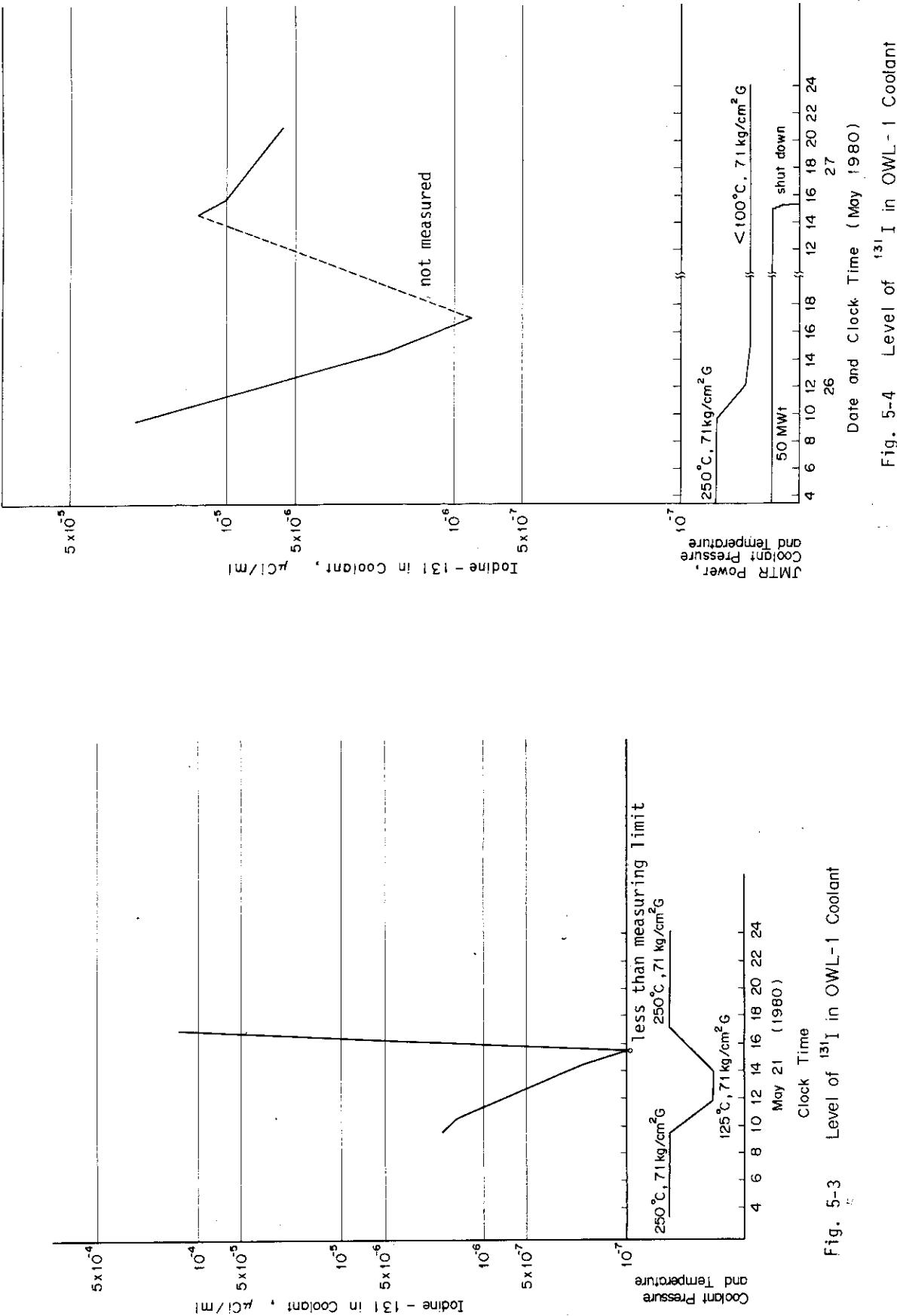
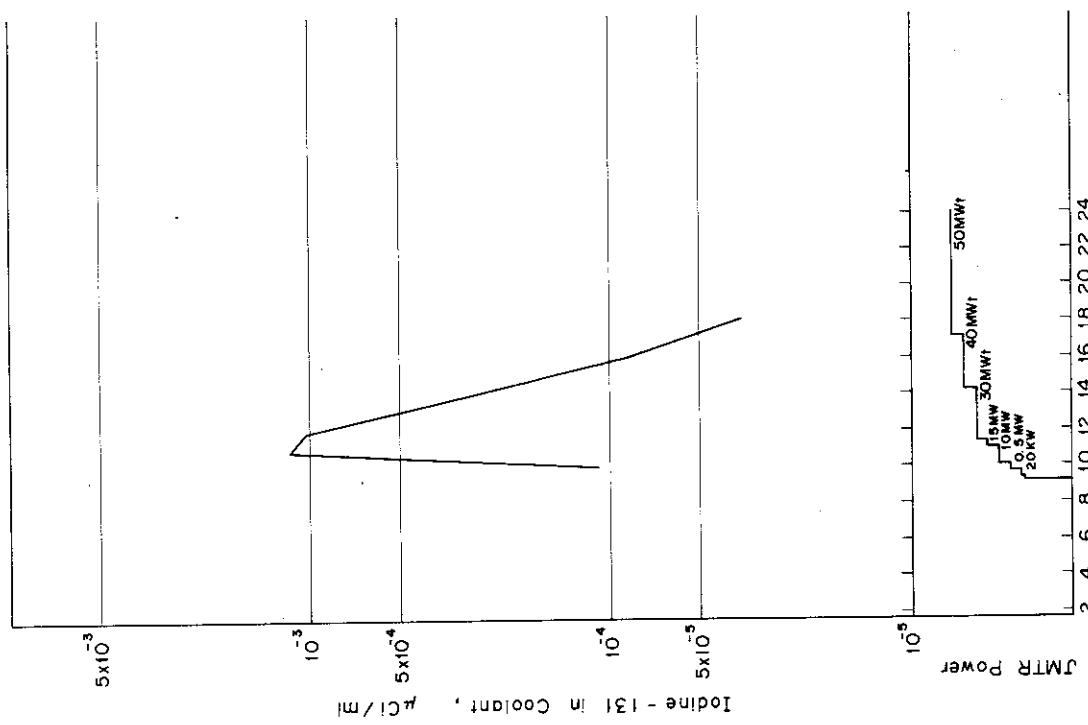
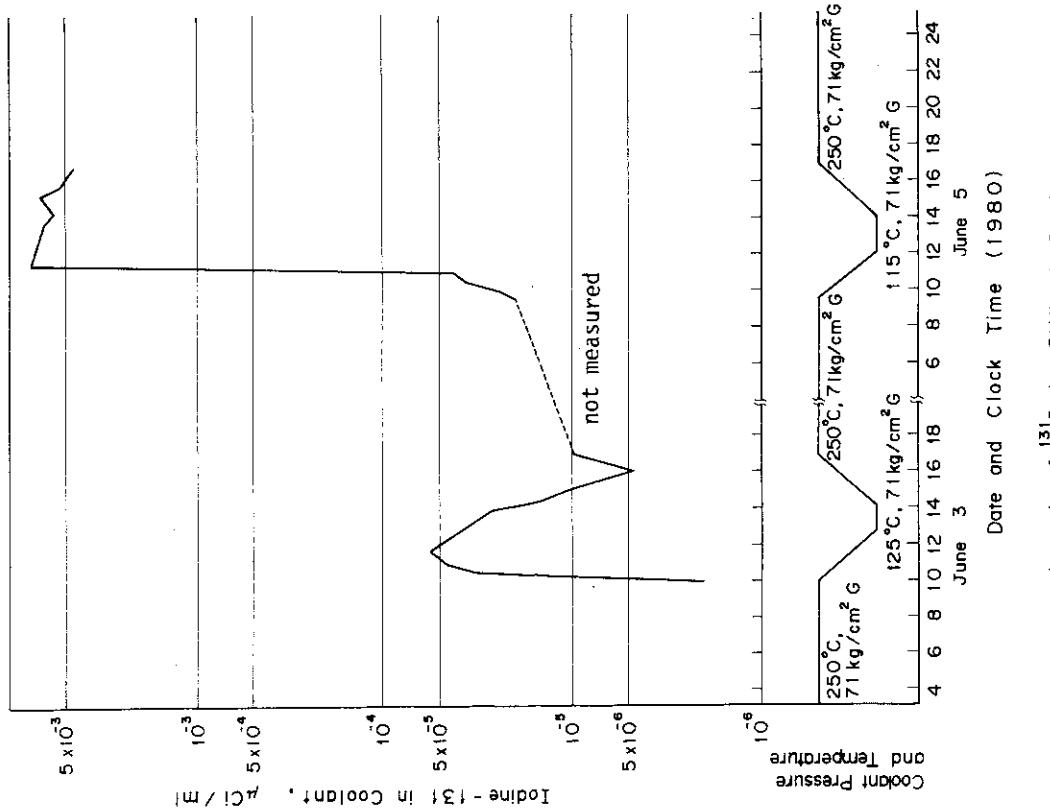


Fig. 4-3 Level of ^{131}I in OWL-1 Coolant



Fig. 5-3 Level of ^{131}I in OWL-1 CoolantFig. 5-4 Level of ^{131}I in OWL-1 Coolant

Fig. 5-5 Level of ^{131}I in OWL-1 CoolantFig. 5-6 Level of ^{131}I in OWL-1 Coolant

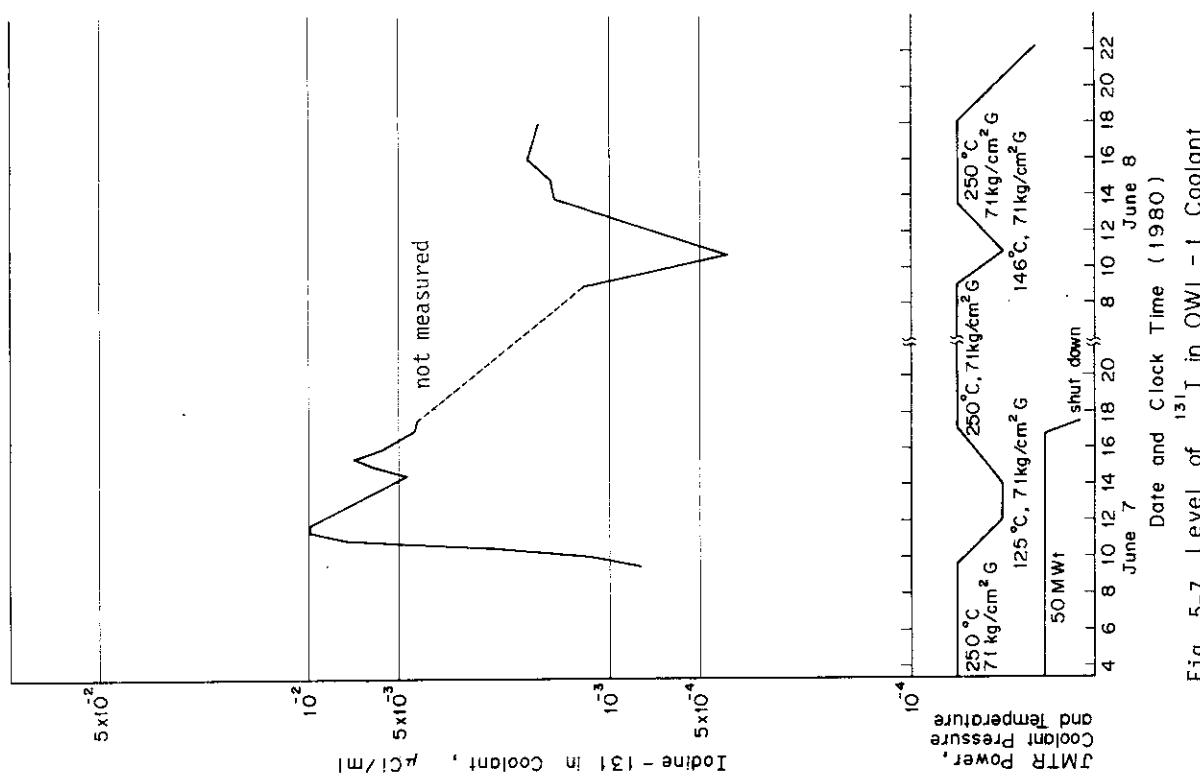
Fig. 5-7 Level of ^{131}I in OWL-1 Coolant

Table 2-1 Level of ^{137}Cs in OWL-1 Coolant (1980), in the 9th run

Sampled*		^{137}Cs ($\mu\text{Ci}/\text{ml}$)	OWL-1	JMTR	Remarks
Date	Time				
5/16	16:00	2.0×10^{-8}	$250^\circ\text{C}, 71 \text{ kg/cm}^2\text{G}$	10 MW	
5/20	10:15	2.6×10^{-8}	$250^\circ\text{C}, 71 \text{ kg/cm}^2\text{G}$	50 MWT	
	10:45	2.4×10^{-8}	P mode	"	
	11:15	2.0×10^{-8}	"	"	
	13:30	6.3×10^{-8}	"	"	
	15:00	1.7×10^{-6}	"	"	
	16:30	1.0×10^{-7}	"	"	
5/21	10:00	$<1.1 \times 10^{-8}$	$250^\circ\text{C} \rightarrow 125^\circ\text{C}$	"	
	11:00	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
	11:46	4.2×10^{-7}	"	"	Coolant pressure depression
	14:00	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
	15:00	$<1.1 \times 10^{-8}$	$125^\circ\text{C} \rightarrow 250^\circ\text{C}$	"	
	16:00	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
	17:01	5.5×10^{-8}	"	"	
5/22	9:35	1.2×10^{-8}	$250^\circ\text{C}, 71 \text{ kg/cm}^2\text{G}$	"	
	15:33	3.7×10^{-8}	P mode	"	
5/24	11:20	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	shut down	
5/25	17:00	6.0×10^{-8}	"	50 MWT	
5/26	9:37	$<1.1 \times 10^{-8}$	in cooling down	"	
	10:04	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
	10:30	4.4×10^{-8}	"	"	
	11:00	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
	11:45	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
	13:30	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
	14:30	1.6×10^{-8}	"	"	
	15:30	1.2×10^{-8}	"	"	
	17:00	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
5/27	14:45	1.3×10^{-7}	"	"	
	15:15	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	shut down	
	15:45	1.8×10^{-8}	"	"	
	16:15	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	

* at inlet of in-core test section

Table 2-2 Level of ^{137}Cs in OWL-1 Coolant (1980), in the 9th run (continued)

Sampled*		^{137}Cs ($\mu\text{Ci}/\text{ml}$)	OWL-1	JMTR	Remark
Date	Time				
5/27	17:00	2.7×10^{-8}	in cooling down	shut down	
	18:00	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
	19:00	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
5/28	15:41	9.0×10^{-8}	"	"	
5/30	10:00	4.2×10^{-8}	{ 250°C, 71 kg/cm ² G P mode	10 MW	
	11:00	1.4×10^{-7}		15 MW	
	12:00	8.6×10^{-8}		30 Mwt	Reactor power up
	14:00	1.9×10^{-8}		"	
	16:01	2.5×10^{-8}		40 Mwt	
	18:05	1.6×10^{-7}		50 Mwt	
5/31	9:35	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
6/2	9:35	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
	15:30	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
6/3	9:31	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
	10:00	$<1.1 \times 10^{-8}$	250°C → 125°C	"	
	11:00	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
	11:40	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
	14:00	4.1×10^{-8}	125 °C → 250°C	"	Coolant temperature depression
	14:30	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
	15:00	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
	15:30	2.5×10^{-8}	"	"	
	16:06	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
6/4	17:00	$<1.1 \times 10^{-8}$	{ 250°C, 71 kg/cm ² G P mode	"	
	9:30	3.4×10^{-8}		"	
6/5	9:30	$<1.1 \times 10^{-8}$	250°C → 115°C	"	
	10:00	7.0×10^{-8}	"	"	
	10:30	$<1.1 \times 10^{-8}$	"	"	
	11:00	2.8×10^{-8}	"	"	Coolant temperature depression
	11:45	1.7×10^{-7}	"	"	
	14:00	3.7×10^{-7}	115°C → 250°C	"	
	14:30	4.0×10^{-7}	"	"	

Table 2-3 Level of ^{137}Cs in OWL-1 Coolant (1980), in the 9th run (continued)

Sampled*		^{137}Cs ($\mu\text{Ci}/\text{ml}$)	OWL-1	JMTR	Remarks
Date	Time				
6/5	15:00	3.0×10^{-7}	$115^\circ\text{C} \rightarrow 250^\circ\text{C}$	50 MWT	
	15:30	3.7×10^{-7}	"	"	
6/6	10:00	4.0×10^{-8}	"	"	
6/7	10:00	7.3×10^{-8}	$250^\circ\text{C} \rightarrow 125^\circ\text{C}$	"	Coolant temperature depression
	11:00	1.1×10^{-7}	"	"	
	11:30	1.6×10^{-7}	"	"	
	11:45	2.1×10^{-7}	"	"	
	14:30	1.8×10^{-7}	$125^\circ\text{C} \rightarrow 250^\circ\text{C}$	"	
	15:00	1.6×10^{-7}	"	"	
	15:30	2.5×10^{-7}	"	"	
	16:00	2.2×10^{-7}	"	"	
	9:00	$<1.1 \times 10^{-8}$	$250^\circ\text{C} \rightarrow 146^\circ\text{C}$	shut down	Coolant temperature depression
	10:45	1.2×10^{-7}	"	"	
	13:50	2.9×10^{-7}	$250^\circ\text{C}, 71 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ P mode	"	
	14:55	2.5×10^{-7}		"	
	16:00	5.0×10^{-7}	"	"	
	18:00	3.2×10^{-7}	"	"	

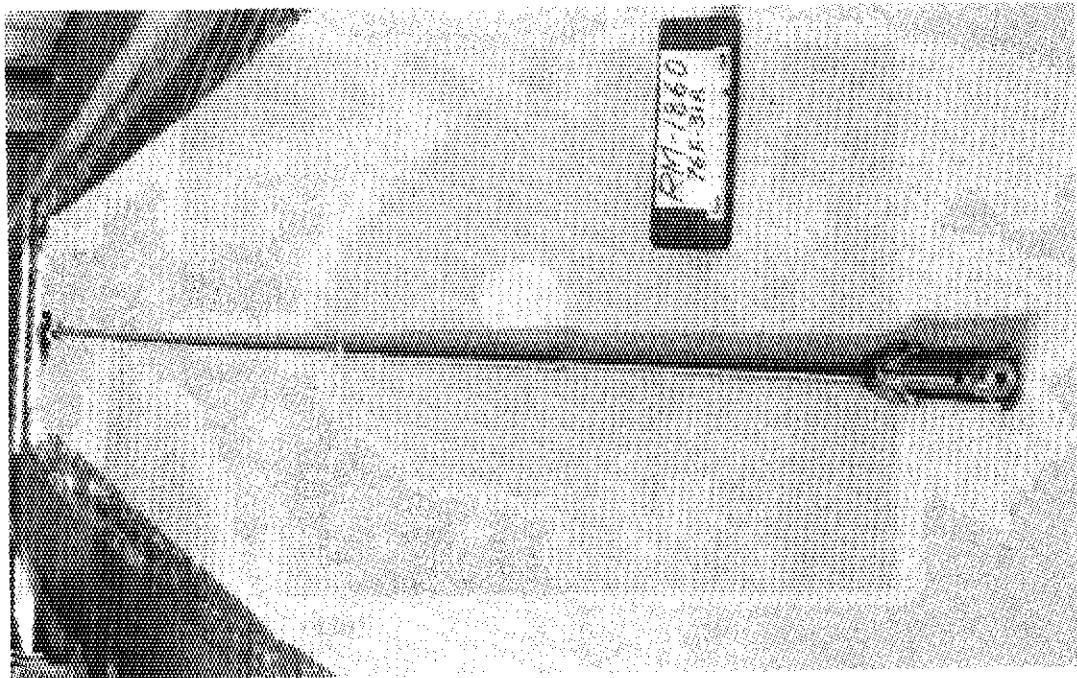


Photo. 2-1 Fuel rod assembly with hanger rod

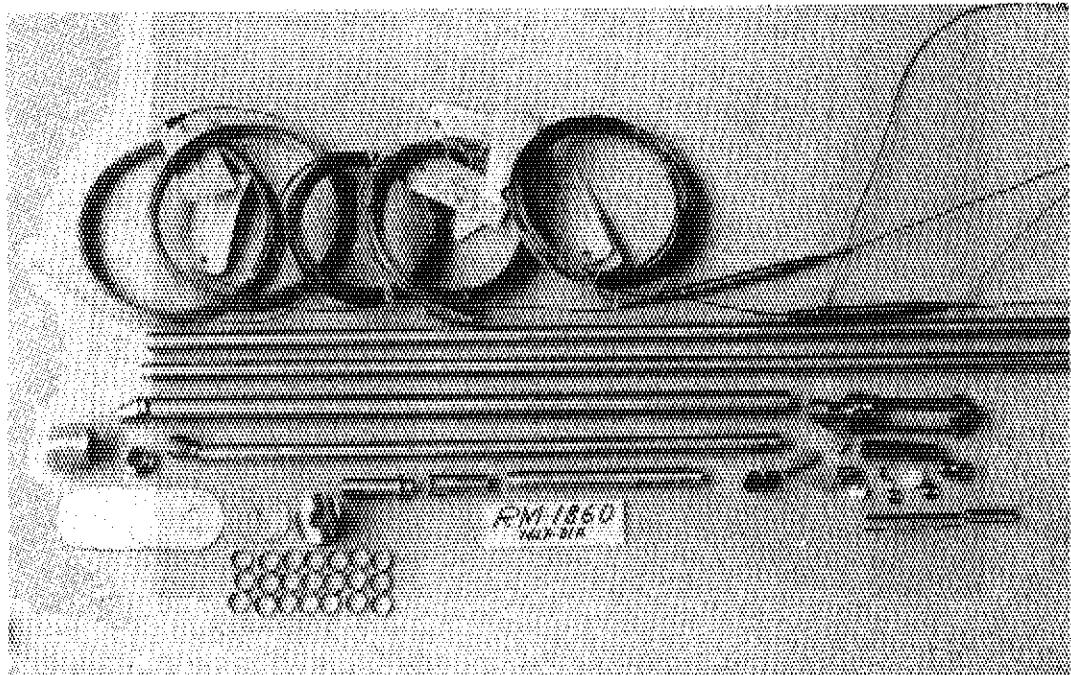
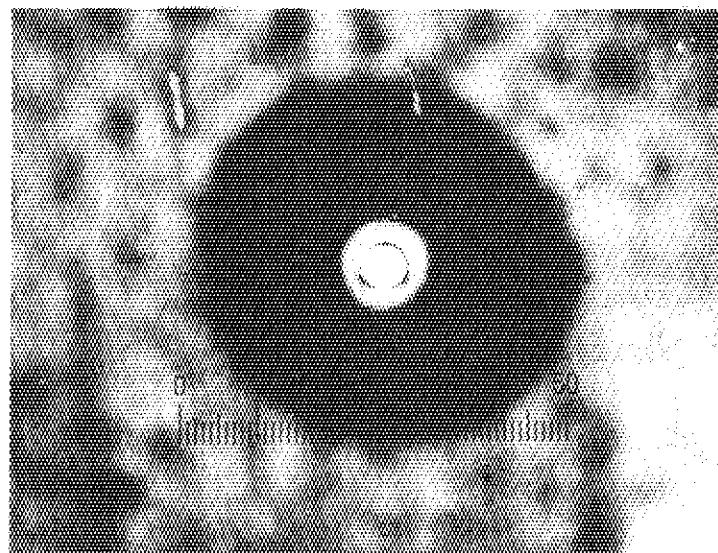
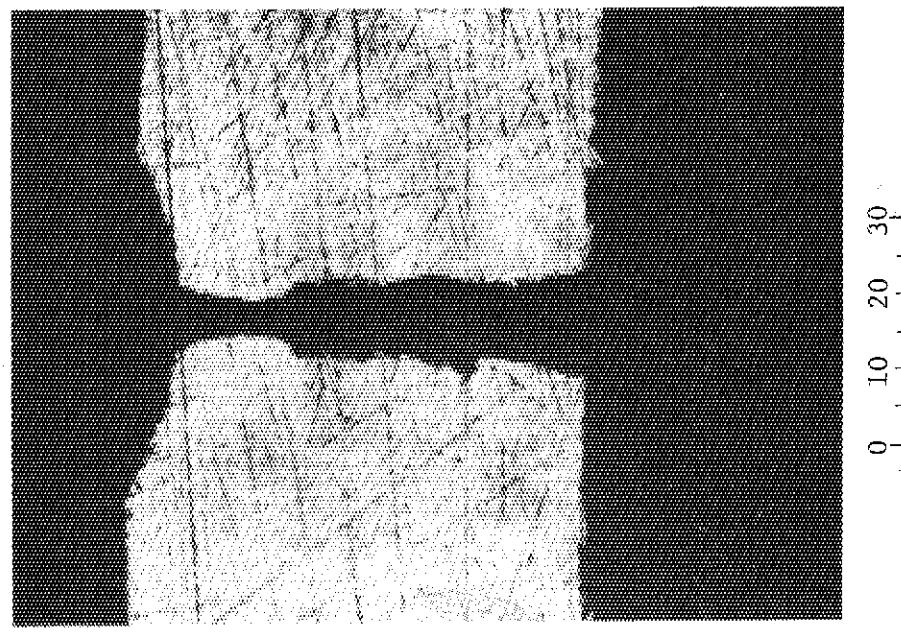


Photo. 2-2 All parts of fuel rod assembly and hanger rod



76LF-31A

Photo. 2-3 Artificial pin-hole through clad of fuel rod,
before irradiation ($\times 100$)



76LF-31A

Photo. 2-4 Part of cross section of clad of irradiated fuel rod
(including artificial pin-hole), after polished ($\times 100$).
Left side of photo.; Outside of clad.

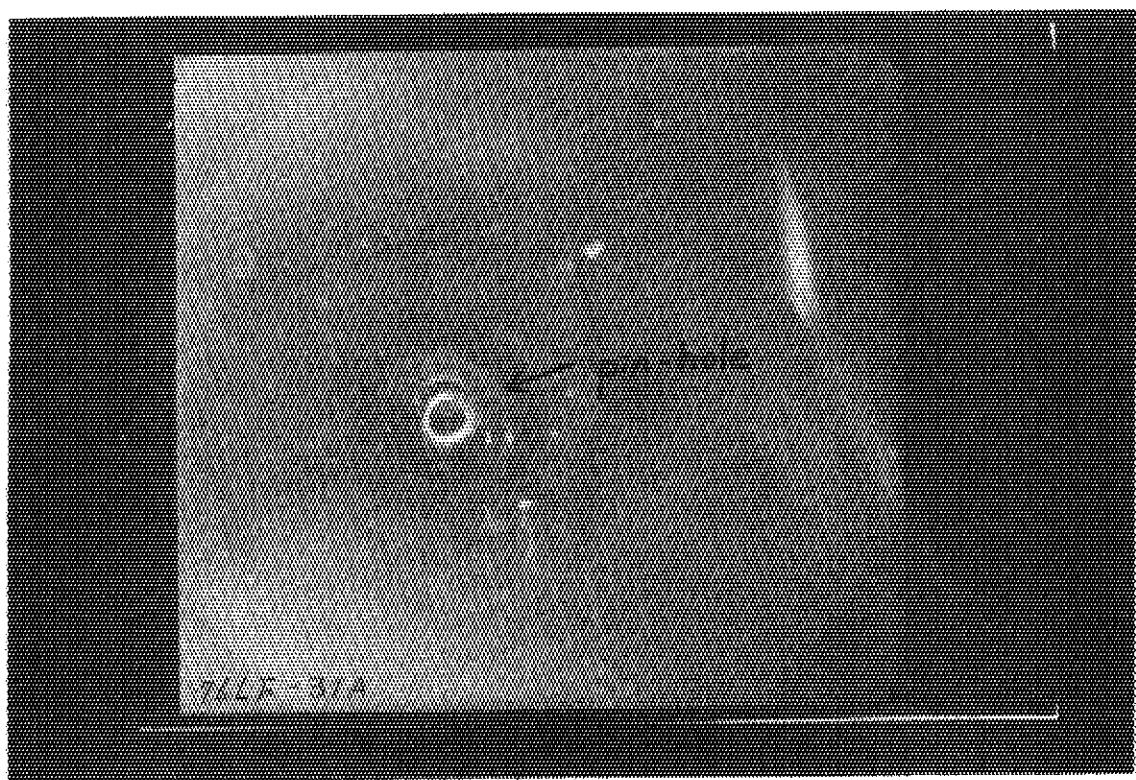


Photo. 2-5 Artificial pin-hole through clad of fuel rod,
after irradiation

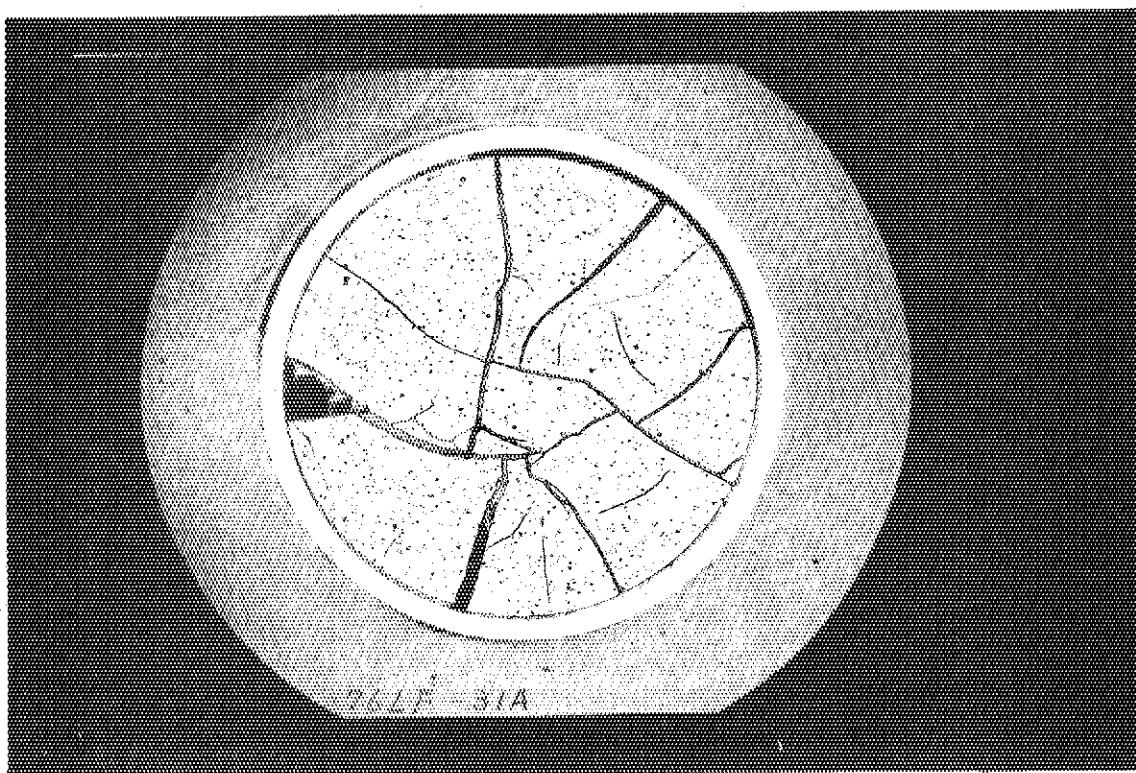


Photo. 2-6 Cross section of irradiated fuel rod, after polished ($\times 5$)

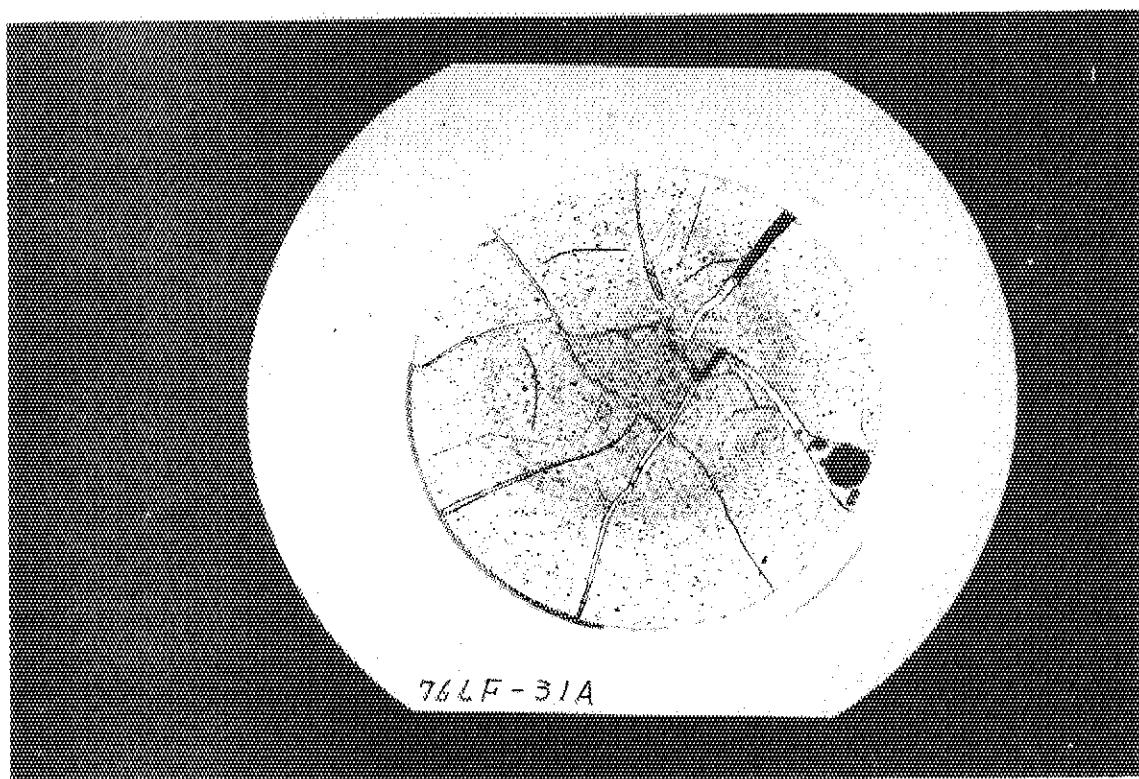


Photo. 2-7 Cross section of irradiated fuel rod, after etched ($\times 5$)

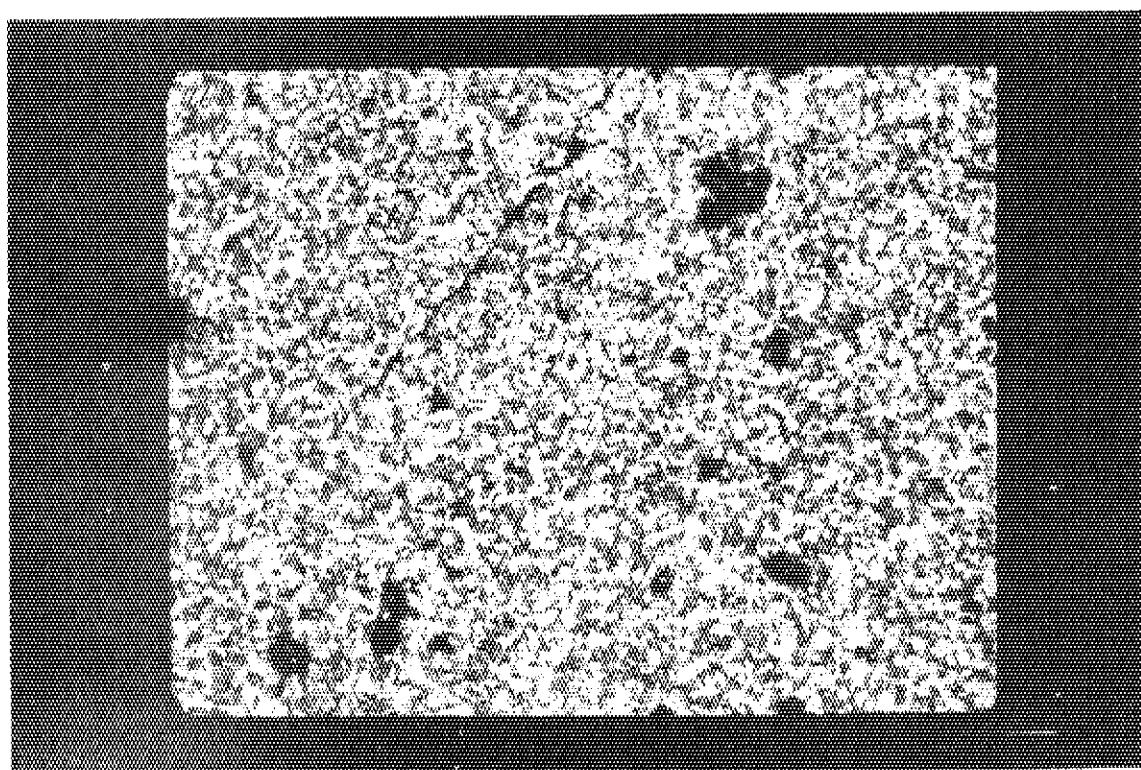


Photo. 2-8 Center area of cross section of irradiated fuel rod,
after etched ($\times 100$)

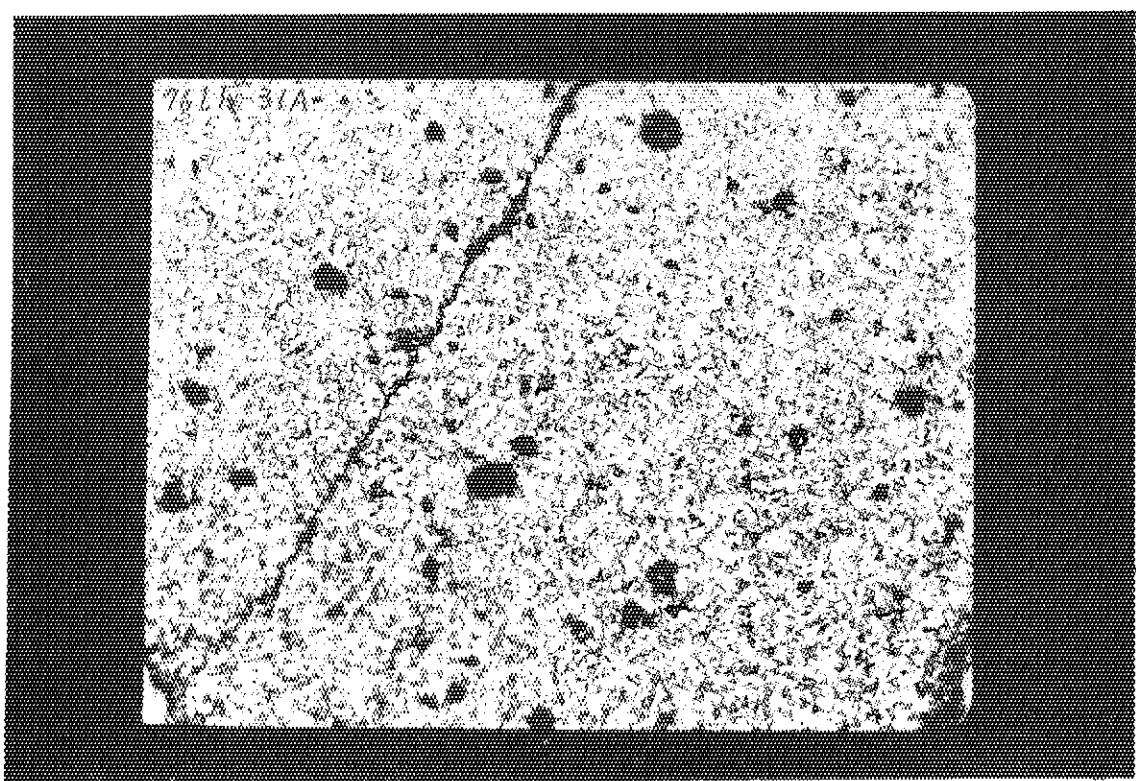


Photo. 2-9 Intermediate area of cross section of irradiated fuel rod, after etched ($\times 100$)

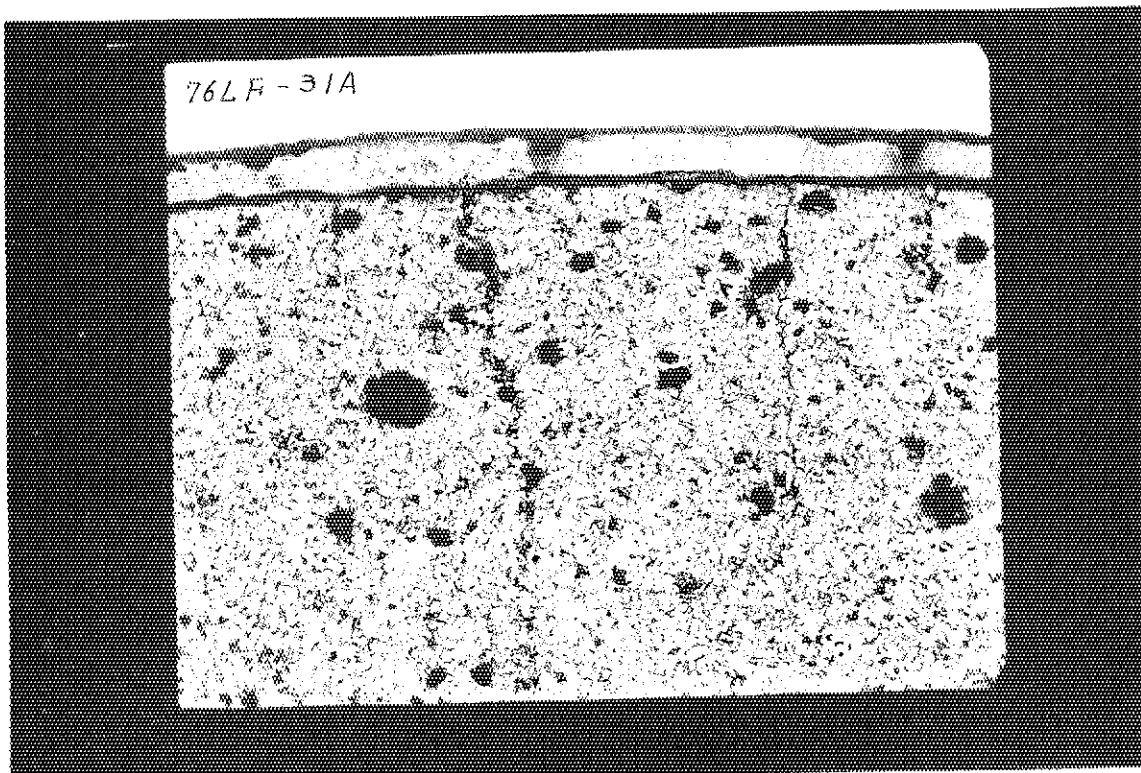


Photo. 2-10 Peripheral area of cross section of irradiated fuel rod, after etched ($\times 100$)

あとがき

炉内水ループ—人工欠陥燃料試料を用いた FP 放出実験を遂行する過程において、本研究所大洗研究所の材料試験炉部各課および同所管理部放射線管理課と放射性廃棄物処理課の協力を得ることができた。またループ冷却水中のヨウ素-131 の測定実験において、照射第3課分析係の協力を得ることができた。なお、動力炉・核燃料開発事業団の林 清純氏から、人工欠陥穴付燃料棒を製作するための SUS 製被覆管の供与を受けた。

付記して謝意を表します。

正 誤 表 (Errata)

JAERI - M 8045		
訂正個所	誤 (Error)	正 (Correct.)
p ii, 上から 10 行目	operation light	operation of light
p 2, 上から 8 行目	gas 寸法	gap 寸法
p 9, 上から 11 行目	排気第 1 - 2	排気第 1, 第 1 - 2,
p 26, 下から 7 行目	SUS 304 相当	SUS 347 相当
p 28, 上から 5 行目	ループ様成材料	ループ構成材料
p 71, 下から 6 行目	340 W/cm ^{**}	340 W/cm (max.) ^{**}

JAERI - M 8332		
訂正個所	誤 (Error)	正 (Correct.)
p 56, 上から 3 段目	5×10^{-2} R/H 1×10^{-2} 5×10^{-2}	5×10^{-2} R/H 1×10^{-2} 5×10^{-3}
p 75, 下から 1 段目	$\pm 0.3 \text{ Kg/min}$	$3 \pm 0.3 \text{ Kg/min}$