

5. 予想外の事象が生じ、このことから、全炉の安全係
 12倍近い2に2 = 4に達し、2を越えた。1982. 2, 全出力運
 転中に、炉の制御水は全くSGTR事象に22に達し、Ginna
 原発は、その後の事象調査、対策工事、困難に苦み、2の
 安全評価等が手続とを経た。運転再開に苦み、2NAC
 が提出した安全評価書(Nureg-0916)に従って、Ginna
 原発SGTR事象の議論は以下に示す。

2. Ginna原発の概要と工機

1970年運転、WH 炉、490 MWe, 3260 x 2 (2-loops)

AVT, CD (1974. 11 PTA) 事象, 32水: Fresh water,

Fig. 1 炉 plant system の系統図を示す。

Ginna 原発も他の PWR と同じく、SGTR failure に悩ま
 ず、定程時には SGTR 検査、plugging するところを
 見ている。

検査の方法: ECRT. 検出限界 ~ 20%.

対策: plugging plugging limit 40%

運転時検出限界の leak rate: 0.7 gpm

Table 1, 2, 3 A, B-SG の plugging history を示す。SGTR
 の態様も今回も様々であり、最近では denting も報告された。

SGTR 以前に A, B-SG heat leg 側の plugging map を Fig. 2,
 Fig. 3 に示す。図中に示すのは、2つの炉は、左右に
 2つの回路を有する。B-SG は、A-SG と異なり、周縁部に
 plugging したところ。特に wedge 周縁部が著しく、A-SG
 は中央部の plug。A, B-SG の差の理由は不明。

Wedge: support plate の down corner の部分に固着して
 部分の破損をきたす。

§ 3 事故経過の概要

- 182, 1/25, 9:25 0 事故発生,
各圧アレー: 圧検知異常, B-SG 水位異常, 安全投入系エラー
B-SG 給水/蒸気予熱器, 加圧系水位異常, 加圧系圧力低,
1次系圧力低 etc,
推定 Leak rate $\sim 2.9 \text{ m}^3/\text{m}$
↓ 1次系減圧開始。
3 原子炉スラッシュ (加圧系圧力低 $131.0 \text{ kg}/\text{cm}^2$ セット)
↓
安全投入系 (ECCS) 起動 ($121.8 \text{ kg}/\text{cm}^2$ セット)
格納容器隔離, 2次給水系統隔離, ターボポンプ
↓
4 1次ポンプ2台とB手動停止 1次系
圧力容器頂部 蒸気泡形成, 圧力 84.4 kg
↓
号西屋運転室 NRC operation centre に通報
「unusual event」の宣言
NRC 上級専門員と監察官制御室に到着
↓
15 B-SG 隔離
所長「Alert」宣言, N.Y.州 原子力安全局へ通報
↓
B-SG 圧力低下に伴い手動閉 (手動での PORV 閉止指示)
↓
32 ECCS 信号 Reset, 格納容器隔離解除,
格納容器内空気を制御系解除, 蒸気ポンプとB手動
↓
42 加圧系 圧力低下 (PORV) 検出 (手動で指示)
44 目の因り 原因不明 $\Rightarrow$ 蒸気ポンプとB手動閉,
1次系圧力 $63 \text{ kg}/\text{cm}^2$ まで低下,
加圧系水位急上昇 (LAF 号は, ECCS + 蒸気系投入量と
は比較できない。即ち圧力容器の蒸気泡の存在の証拠)
加圧系減圧ターボポンプ アレー
↓
ターボポンプの加圧系とB手動閉, ECCS により加圧系水位抑制,
↓ 1次系圧力上昇
54 B-SG, 安全弁開放, (設定圧 $0.63 \text{ kg}/\text{cm}^2$)
安全弁開放表示灯故障
このとき以後 安全弁は閉じて半開状態維持 $\sim 100 \text{ gpm}$ まで
 $\sim 12.2 \text{ g}$ までリークし続けた。 ($0.5 \text{ m}^3/\text{m}$)

- ↓
- 73 ECCS 停止, 充填系は作動継続
- ↓
- 75 給水系分離, 主給水キ使用不能 (汚染防止のため)
A-SG 大気放出前開閉リミット作印
- ↓
- 79 Site Emergency 宣言, evacuation 開始
避難経路の閉鎖は 70% 近い路, 且下にある。
- ↓
- 87 DR 圧キ 破レテ, Rupture disk 破裂
格納容器内圧 70% に 溢れ出。
- ↓
- 102 ECCS 1 号 流量不整, 2 号 起動。
B-SG 安全弁 破レ, 70% 近く 2 号 故障。
圧力高キ 内 蒸気泡は 8 m³ 以下 と 推定。
- ↓
- 116 A-1 次 補圧 起動, 加圧キ 水位 溢水 と 示レテ いる。
(水位計は運転時と 較正 出来 ない, 実際の 水位は 80% 以下の 筈)
充填系 1 号 停止, ECCS 停止
- ↓
- 147 DR 圧キ 正常 復帰, 抽出系 復帰,
- ↓
- 12:27 187 1 次 - B-SG 等 圧, B-SG 安全弁 完全閉 と 認め 出 した。
- ↓
- 16:15 410 NRC Regim I 事故 対策 4-9 やっと 到着。
(注 水 圧 の 注, 2 の 地 方 の 寒 天 候 の ため)
- ↓
- 19:17 Site Emergency → Alert 階下 47,
- ↓
- 12.1.26 7:00 余热 除去 系 2 号 の 冷却 に 移行
- ↓
- 10:45 ~ 24:45 Alert 解除

§ 4. 事故経過に見えぬ点。

1) 前記の破断, 最大噴出量 $22.9 \pm 0.4 \text{ m}^3/\text{m}$

NRC の規定事故「圧力 4 号 破断」では $3.2 \text{ m}^3/\text{m}$ と同等,

2). 圧力容器内蒸気泥の発生 $\rightarrow$ 炉心冷却系へ、
全く予想していなかった。

3). 安全弁からの連続的な蒸気への放出
弁の故障、手動閉鎖不能、

4). 加圧弁止弁が固着、 $\Rightarrow$ 圧力容器内蒸気泡形成、

5). 2次側蒸気配管への水の侵入、蒸気により蒸気配管の
破断の心配 $\Rightarrow$ SG 隔離不能 (設計圧以上の圧力)

6). 1次系への再起動の条件、加圧弁海水指示の再起動の危険性、

7). 冷たい ECCS 水による圧力容器の急激な冷却による脆性
破壊を非常に怖れていた。

8). SG 細管検査の方法、SG 細管破損検出シミュラの再検討。

5. 事故の原因

事故後の調査により A、B-SG 内より、金属片、溶接片、ワイヤ等
が多数発見された。これらは 1975 年 SG 手直し工事の SG 内
にあり残されたものであった。NRC は模擬実験や推定計
算などから以下のように推定している。Fig. 4, 5

- ① B-SG 外周部に残された金属片は SG 内に流れた冷却水の激しい
流水で、外周部の管に衝突し碎り出し、外壁を傷つけ剥離した。
- ② tube 破損の場所は 1976 年以後の点検でなくとも発見された
が、当時観察していた損傷と同じものと判断し、1次側
両端を plug する予定で処理されていた。
- ③ 発見された金属片は、この後の運転中も plugged tubes を
観察し続け、遂には破断するに至った。しかし plug して
いたため 1次水がリークするまで、tube 破損は全く気付かれなかった。
- ④ 破断した tube は更に周囲の tubes を傷つけ、plug を経て
損傷の連鎖を起らせた。
- ⑤ こうして約 7 年の間 tube 破損は次々と伝播し、今回破断
した細管まで及んで来た。この tube 破損は徐々に進行
していたが、今回の事故前 95 日の ECT では異常なし
と判断されていた。その後更に進行し、遂に破断したのだ。

6 結論

Qinnaの短絡保護遮断事故は予想外に事故であった。しかし、予想外に事故であったと拘らず、事故の経緯をみると、予想外の事象が次々に生じた。いくつかの幸運により、事故は収束したのだから。例はB-54の安全弁が閉鎖閉じたのが、これを用いたのはどの様なシナリオが書かれたか。あるいは、ECCSが火が達した54例にパイプが壊れたこと、等である。この様に予想外の事象がいろいろある。

この事故の正確な原因は全断片の運送事故であったが、これを7年前に見い出せるか、たまたまこの問題である。ECTに整ったpluggingというワザには転倒したか来るといわれる。

全体のことは、各種答の定常運転時には詳細を説明するが、それらの事故時の急激なtransientに継続を繰り返すことになり。安全弁、20022203-9、等の故障。事故経路の複雑な経路⇒/分岐=70%前後するかどうか。ECCSとEDDのどちらか。

要するに予想外に事故とは言う、2点、その内容に絡めると全く予想が外れたといえる。

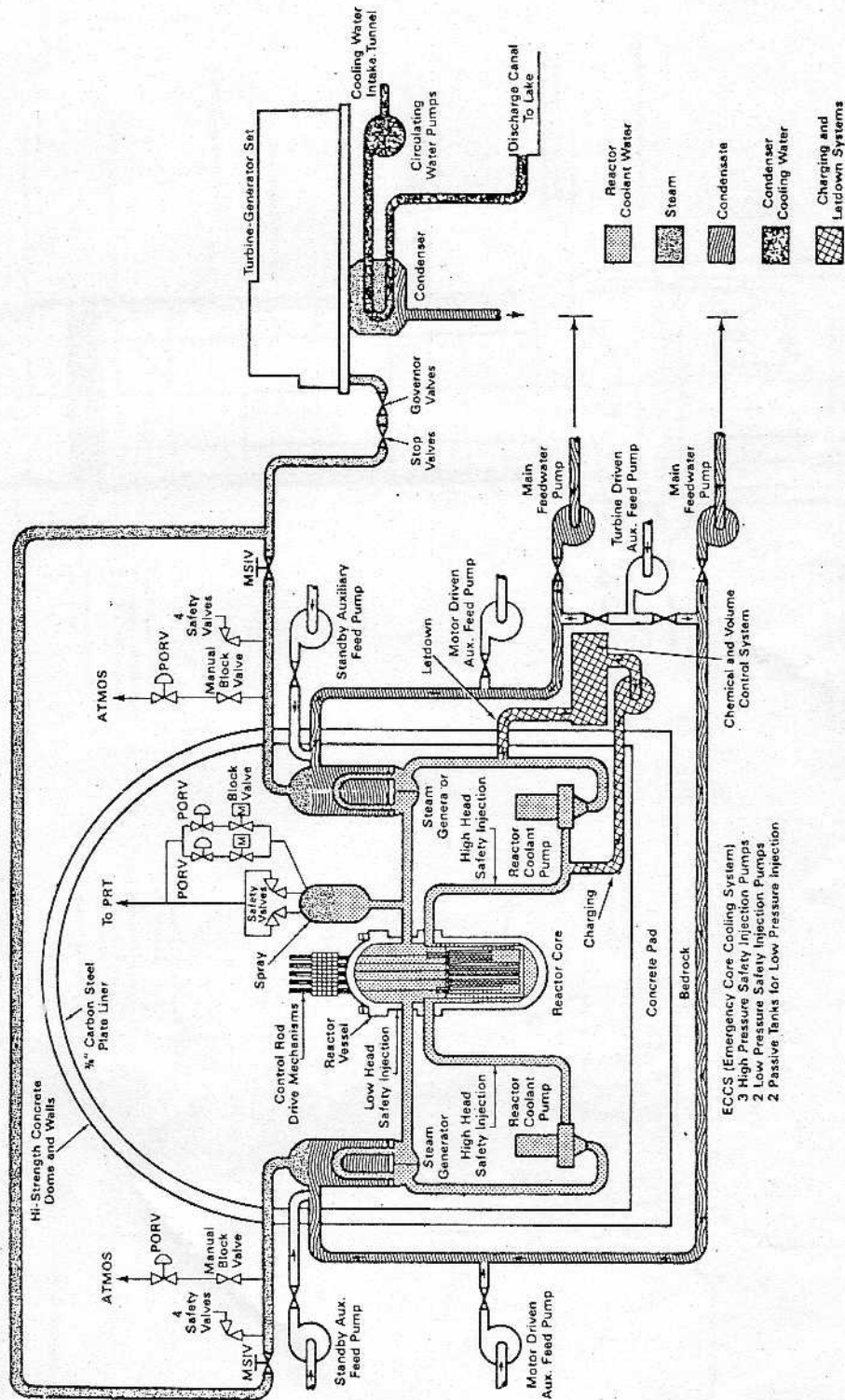


Figure 1 Schematic diagram of Westinghouse-designed pressurized water reactor of Rochester Gas & Electric Corporation's Ginna Nuclear Power Plant

PWR STEAM GENERATOR

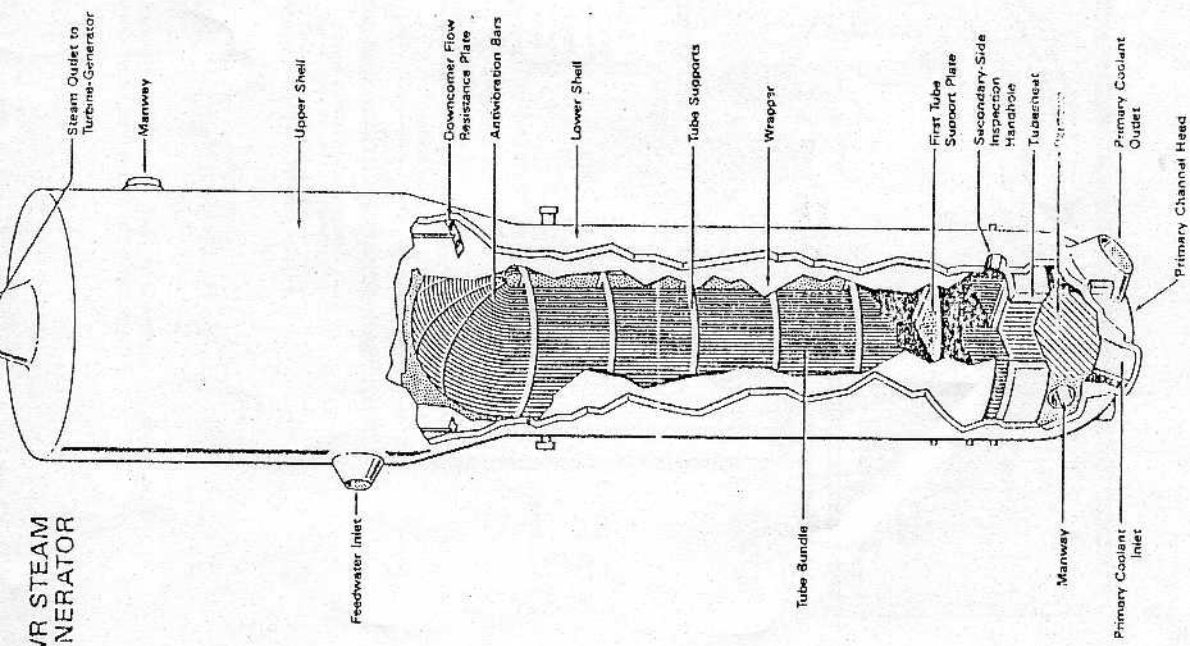


Figure 7.1 Westinghouse Model 44 steam generator

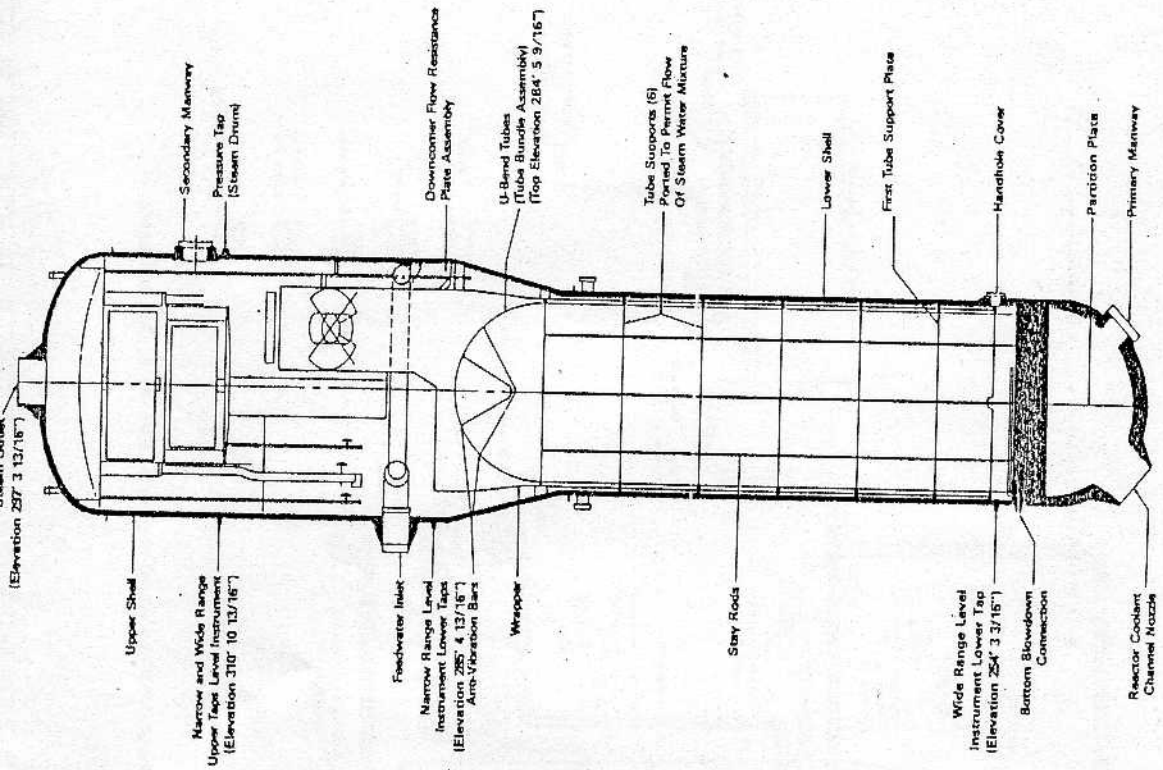
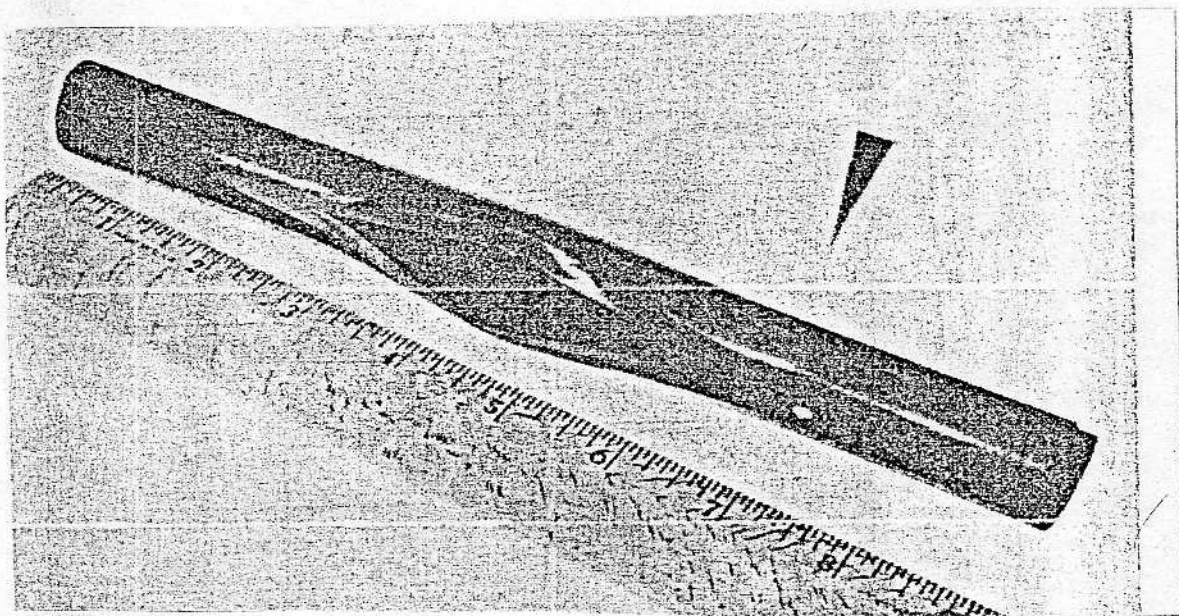
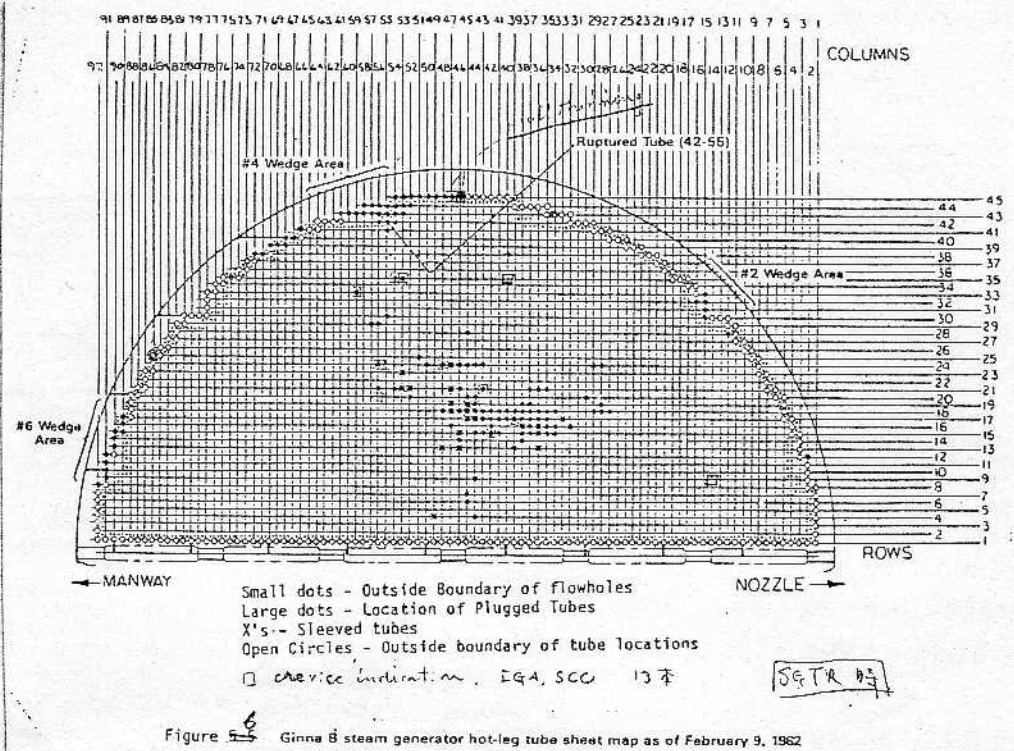


Figure 3.11 Ginna Nuclear Power Plant steam generator



Photograph of segment of ruptured tube (R42-C55) removed from "B" steam generator (tube sheet to the right)

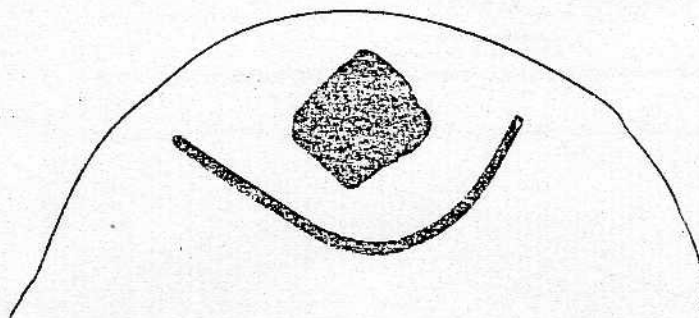


Figure 2-11 Foreign objects removed from A steam generator

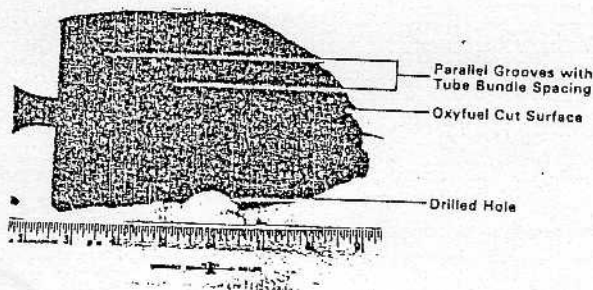


Figure 2-12 Large foreign object removed from hot leg of B steam generator (1/2 in. thick)

Table 5-4 Results of TV Optics Examination in the B Steam Generator

Tube (Row Column)	Licensee's Recorded Indication On Visual Examination	Tube Row Column	Licensee's Recorded Indication On Visual Examination
HOT LEG:			
R8C92	Collapsed plus a hole	R43C61	Severed at tubesheet
R10C91	Ripples on outer surface	R43C60	Outer surface scraped
R10C91	Outer surface wiped and scraped	R44C58	Collapsed
R11C91	Collapsed plus a hole	R44C56	Collapsed
R12C91	Collapsed plus a hole	R44C55	Collapsed
R13C90	Outer surface damage	R44C54	Collapsed
R14C90	Collapsed plus outer surface depression	R44C53	Collapsed
R15C90	Collapsed plus a hole	R45C51	Ripples on outer surface
R16C89	Outer surface damage	Near R43C34	Piece of wire
R17C89	Outer surface damage	Near R32C15	Piece of tube wedged between R32C15 and stay bar
Near R30C81	Piece of tube on tube- sheet		
R38C72	Outer surface damage	COLD LEG:	
R38C71	Outer surface damage	Near R33C67	Piece of tube on tube- sheet
R39C70	Outer surface damage		
R39C69	Outer surface damage	Near R40C25	Small square object on tubesheet, about 3/4" X 3/4", covered by sludge dust
R39C68	Outer surface damage		
R39C65	Dings		
R41C64	Dings		
R42C64	Dings		
R42C63	Dings	R5C1	Outer surface scraped
R42C62	Dings		

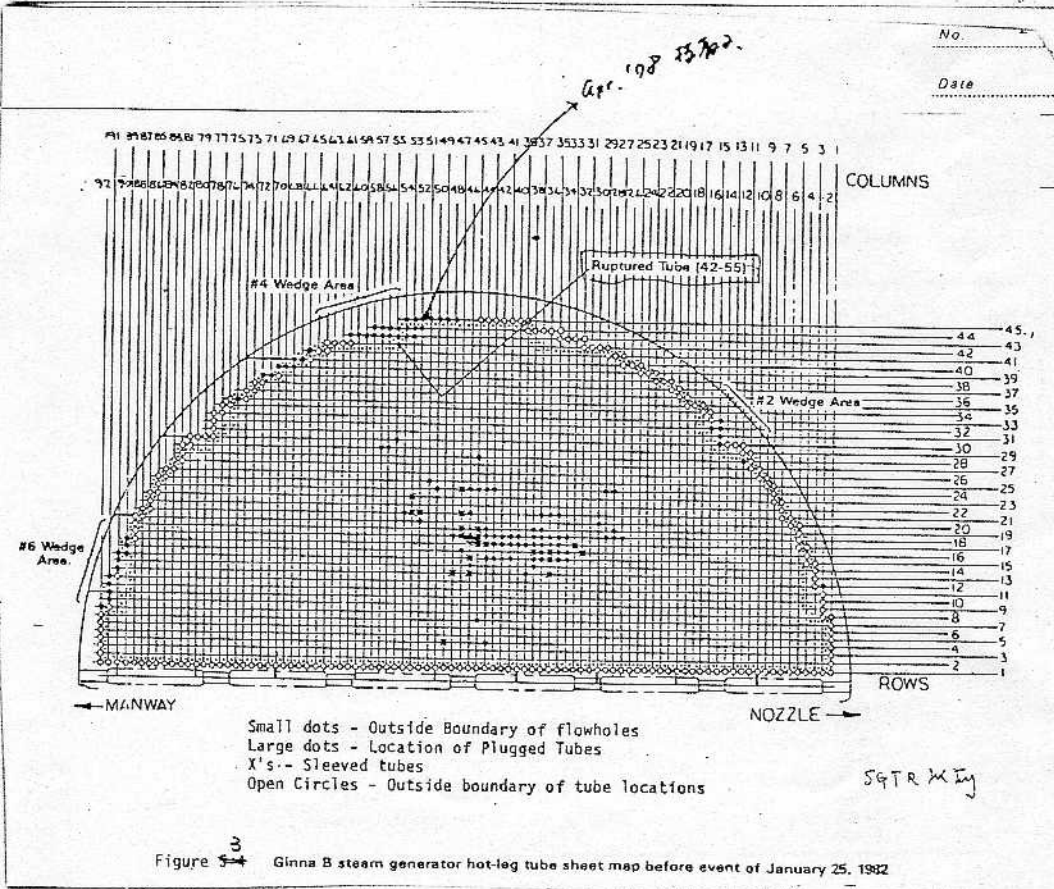
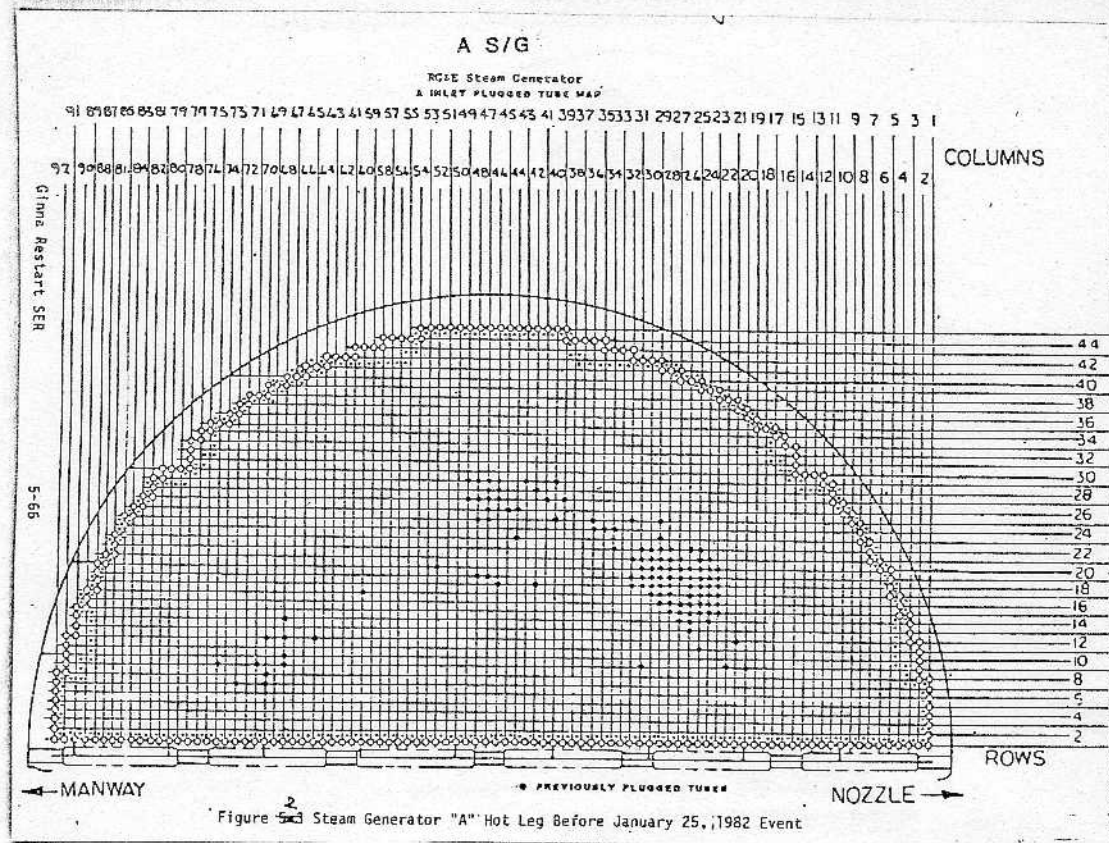


Table 5-1 Ginna Station A-Steam Generator Tube Plugging History

Date	Wastage	SCC*	Pitting	Manuf.	TOTAL
In Factory				1	1
March 1974	19				19
November 1974	2				2
March 1975		46**			46
February 1976	39				39
April 1977	13				13
April 1978			1		1
April 1980			1		1
	73	46	2	1	122

*SCC (caustic stress corrosion cracking)

**one tube leak of less than 0.1 gallons per minute

24%の腐食, 平均日持2200.
最近では Denting と 陥凹 2つある。

SGT 検査では 2ヶ所 GCT の 陥凹 あり。
plugging limit は 40% である。

Table 5-2 Ginna Station B-Steam Generator Tube Plugging History

Date	Wastage	SCC*	IGA**	Periphery	TOTAL
Nov. 1974	PT→AYT				
March 1975		11			11
January 1976	(2)*			(2)	2
February 1976	2				2
April 1976			15*		15
April 1977	1				1
July 1977	1			5*	6
January 1978	6			2*	8
April 1978				15	15
February 1979	2		2	2	6
December 1979			11	2*	13
April 1980	1		31**	2	34
November 1980			3**		3
May 1981			14**	1	15
January 1982			13	3***	16
TOTALS	15	11	74**	49	147

(2) these 2 tubes were wastage indications below the top of the tube sheet on the periphery

*a total of 5 tube leaks less than 0.1 gallons per minute

**28 tubes of 74 were not above plugging limit of 40% wall penetration but were plugged nevertheless

***R42C55 tube rupture

+SCC (caustic stress corrosion cracking)

**IGA (tube sheet crevice intergranular attack of the tubes)

Table 5-3 History of Tube Plugging in B-Steam generator periphery

Date/Event	Tube	Location	Licensee's Reason for Plugging (see notes)
1/76/Outage	R39C69 R40C68	4W(Wedge Area) 4W	(b)(c)(i) (a)(i)
5/76/Leak	R8C92 R9C91 R10C91 R11C91 R12C91 R13C90 R14C90 R15C90 R15C89	6W 6W 6W 6W 6W 6W 6W 6W 6W	(f) (a)(d)(e) (d)(e) (c) Leaker (a)(c) (a)(d)(e) (a)(d)(e) (a)(d)(e) (a)(d)(e)
	R16C89 R17C89 R30C15 R31C15 R33C15	6W 6W 2W 2W 2W	(a)(e) (a)(e) (b-47%)(e) (b-43%)(e) (a)(c)
7/77/Leak	R45C54 R44C55 R44C56 R44C57 R44C58 R12C2	4W 4W 4W 4W 4W 4W	Leaker (a)(c) (a)(c) (a)(c) (a)(c) (a)(c) (g)
1/78/Leak	R44C54 R45C53	4W 4W	Leaker (a)(c) (a-50%)(c)
4/78/Outage	R45C50 R45C51 R45C52 R44C52 R44C53 R43C58 R43C59 R43C60 R43C61 R41C66 R40C67 R39C68 R39C70	4W 4W 4W 4W 4W 4W 4W 4W 4W 4W 4W 4W 4W	(c)(g) (c)(g) (a) Tube pulled (c)(g) (c)(g) (a)(c)(d) (a)(c)(d) (a)(c)(d) (a)(c)(d) (c)(c) (a)(c)(d) (c)(g) (a)(c)
	R38C71 R38C72	4W 4W	(a)(c) (a)(c)
2/79/Outage	R28C12 R43C57 R43C56 R35C75	2W 4W 4W 4W	(b-40%) No. 1 TSP (b-40%)(c) (b-68%)(c) (b-50%) No. 2 TSP
12/79/Leakage	R43C54 R43C57	4W 4W	Leaker (a)(c) (a)(e)
4/80/Outage	R45C48 R45C49 R32C16	4W 4W 2W	(h),(b), 46% (h)(b), 23% (b)(d)
	31 tubes	Sludge, crevice	
4/81/Outage	R43C53	4W	(b), 75 to 80%
2/82/Leakage	R42C55	4W	Tube rupture

Notes: (a) Inner surface metal loss
(b) Outer surface metal loss
(c) Indication above tubesheet
(d) Dent at first tube support plant
(e) Indication 2 to 4 in. above tubesheet
(f) Precautionary plug
(g) Uninterpretable signal on outer or inner surface
(h) 24 in. above tubesheet
(i) Within tubesheet