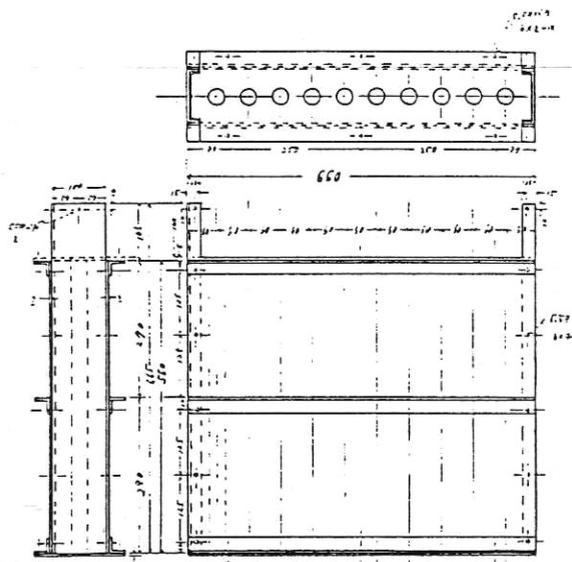


環境中性子測定

High Sensitive Neutron counting System



部品 (10本×2)

3He管 (37.1x50)	2
3He管 (37.1x50)	6
3He管 (37.1x50)	10
3He管 (37.1x50)	2
3He管 (37.1x50)	2

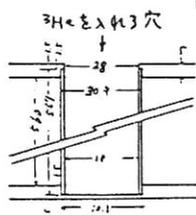


Fig. 2. HISENS の Block diagram

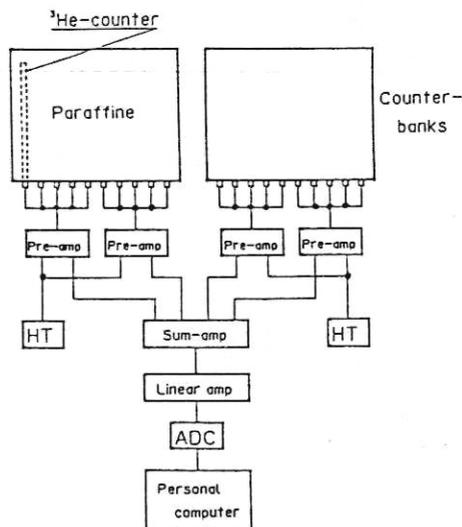


Fig. 1. HISENS の構造

3He 比例計数管 10本つゝ 2台  
 Reuter Stokes 社製  
 gas 圧 10気圧 purity 98.5%  
 外径 1インチ, 有効長さ 50cm

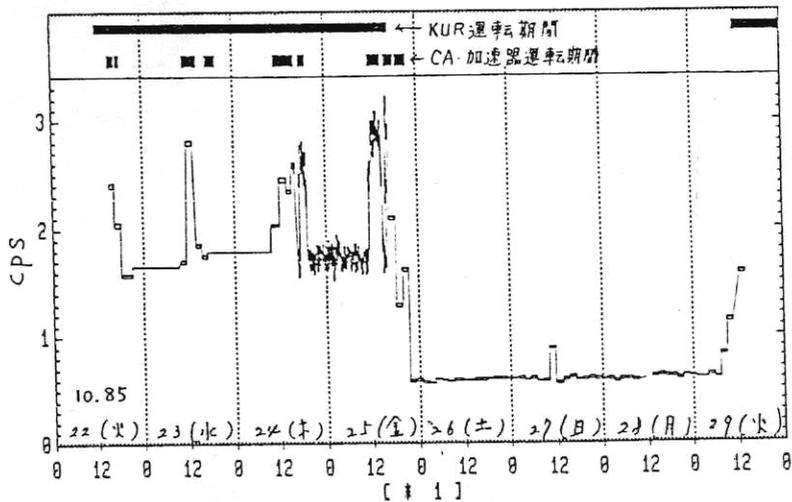


Fig. 3. 試験運転結果

1985年 10月 22-29日  
 3He counter 5本を使用  
 前半は手動で逐次記録  
 後半は 100秒つゝ, と 100分つゝの  
 自動運転。  
 BG は 0.6 cps  
 KUR 運転 (5MW) 運転時は 1.6-1.8 cps  
 CA の加速器運転時は 2.6-3.1 cps  
 3He 1本おりの BG 計数は  $\frac{0.6}{5} = 0.12$  cps 本

BG neutron flux は UNSCER (1972, P74) によると  $0.0065 - 0.018 \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

おて 3He 1本おりの計数率は

$$\epsilon = \frac{0.12}{0.018} \sim \frac{0.12}{0.0065} = 6.7 \sim 18 \text{ cps / (本} \cdot \text{n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (1)$$

海老沢さんのレジユメが見あたらないので、瀬尾さんのHISENSレジユメで代替しました。

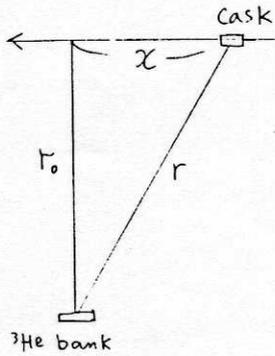
Spent-fuel cask についての路上測定 (決案)

cask (直径 ~ 2m) 表面で  $R$  [mrem h<sup>-1</sup>]

flux/dose conversion 係数  $C$  [ $n\text{ cm}^{-2}\text{ s}^{-1} / (\text{mrem h}^{-1})$ ]

と、flux  $F(r)$  [ $n\text{ cm}^{-2}\text{ s}^{-1}$ ] は

$$F(r) = \begin{cases} R \cdot C \cdot r^{-1.2} & \text{for } 1 \leq r \leq 2.5 \\ R \cdot C \cdot (2.5^2 / 2.5^{1.2}) r^{-2} & \text{for } 2.5 < r \end{cases} \quad (2)$$

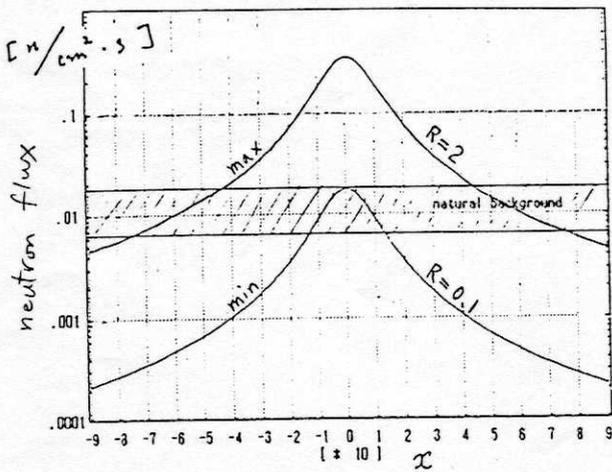


$r_0 \gg 2.5$  とし

$$F(r) = 2.5^{0.8} \frac{RC}{r^2} = \frac{2.08 RC}{r_0^2 + x^2} \quad (3)$$

公称値  $R = 0.1 - 2$

1 MeV neutron に対する  $C = 8.5$  を用いると Fig. 4



撞方向の距離 [m]

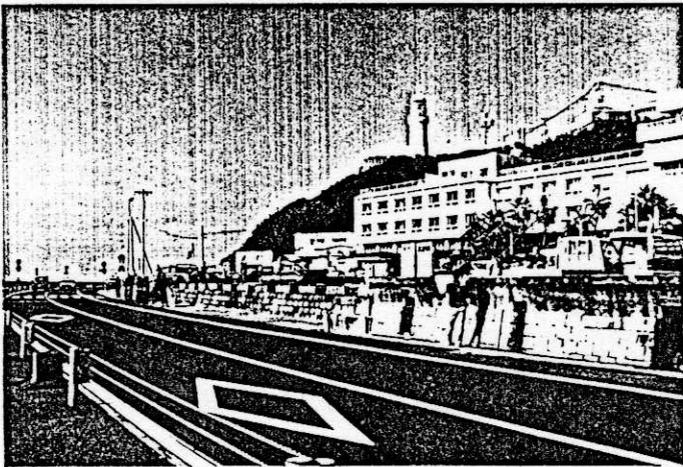
Fig. 4.

(3) 式で  $r_0 = 10$  m としたときの neutron flux の x-dependency 検出の可能性

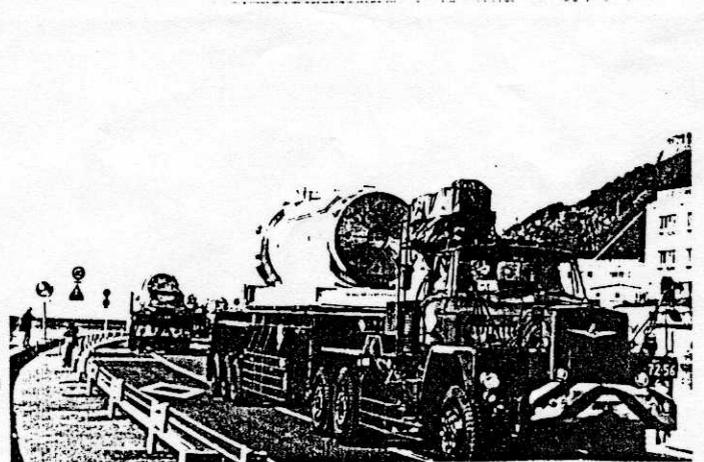
最悪条件では BG の 0.98 倍

最良条件では BG の 54 倍

cask 運搬の speed は 1-1.5 m/s とする



↑  
3He bank



通過する cask 運搬トラック

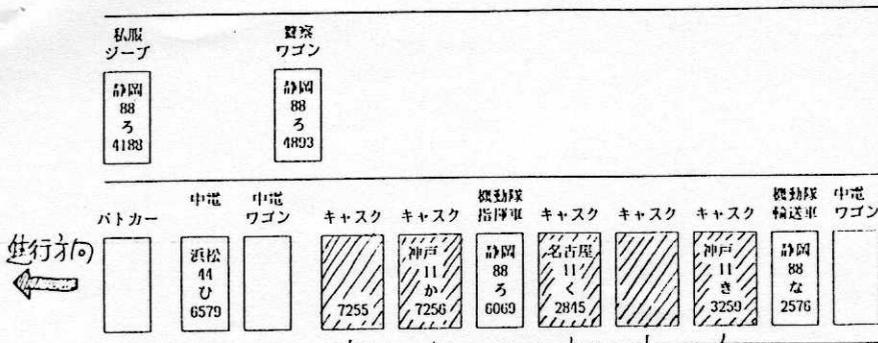


Fig. 5  
輸送隊の編成

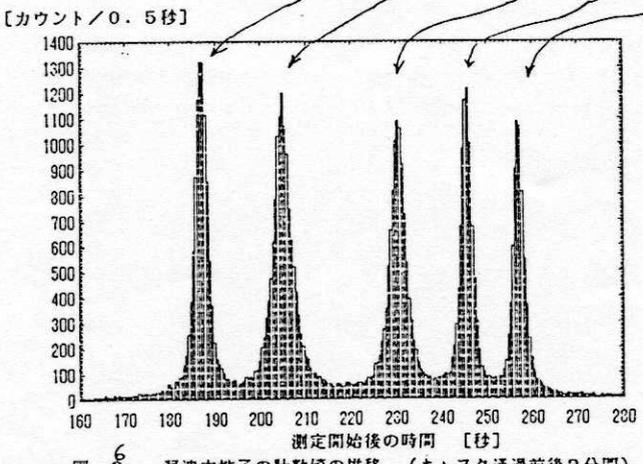


Fig. 6  
multi scaling (0.5s) の結果  
 $r_0 \approx 8$  (m) (式(3))  
 BG は  $0.12$  (cps本<sup>-1</sup>)  $\times 17$  (本)  $\approx 2$  (cps)  
 peak ( $r=8$ ) で  $2200 - 2600$  cps  
 BG の約 1200 倍で予想を遥かに over。

図. 6 漏洩中性子の計数値の推移 (キヤスク通過前後2分間)

BG flux  $0.0065 - 0.018$   $n/cm^2 s^{-1}$  の 1200 倍は  $7.8 - 22$   $n/cm^2 s^{-1}$

(2) 式を用いると  $R = F(r) r^2 \frac{1}{c} \left( \frac{2.5^{1.2}}{2.5^2} \right) = 3.6 F(r)$

$F(r) = 7.8 - 22$  を代入して  $R = 28 - 80$  (mrem h<sup>-1</sup>) ----- cask 表面

中国電力 (or 県放射線監視センタ) の発表では白丁タによる測定で

cask 表面で  $2.4 - 0.1$  mrem h<sup>-1</sup>

喰いらかいは大きい。

規制値 ... (表面で ----- 200 mrem h<sup>-1</sup>  
 (表面から 1m で ----- 10 mrem h<sup>-1</sup>)

表面については規制値を clear. しかし表面から 1m 離れたところ (2) 式に F と 0.8 倍にしかたらないから、我々の測定結果は規制値を越えている?

○ 問題点

1. BG flux があまりしない。energy spectrum も不明。今までは単に平均 1MeV と仮定
2. cask 漏洩 neutron の energy spectrum も計算値がない (図7)
3. HISENS の efficiency の energy response もあまりしない。

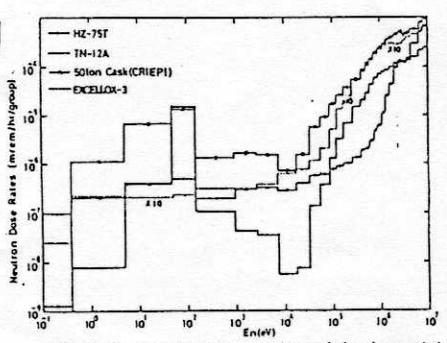


図. 7 漏洩中性子のエネルギースペクトル

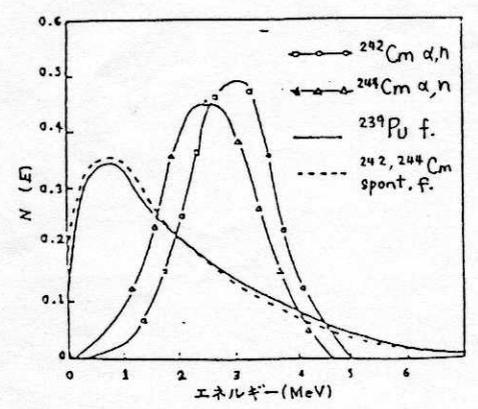


図8 自発核分裂および  $\alpha, n$  中性子スペクトル

検出効率

1.  $^{252}\text{Cf}$  による測定 (21.12.85)

neutron 発生数 ( $5\mu\text{Ci}$ )

$$5 \times 3.7 \times 10^4 \times \frac{2.646}{85} \times 3.52 = 2.0 \times 10^4 \text{ [n} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

↑ sp.f. ratio    ↑  $\eta_{\text{fission}}$

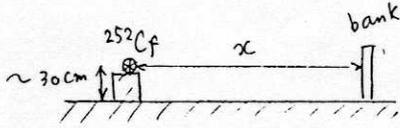


表1. 測定結果

	100秒間の計数値		
	x = 100 cm	x = 200 cm	x = 400 cm
バ>7 1	7291 7951 7999	2708 2629 2602	864 807 801
バ>7 2	555 602 645	236 221 203	84 62 61
バ>7 3	7997 7866 7927	2749 2791 2786	229 268 210
バ>7 4	7255 7832 7203	2785 2801 2923	241 275

表2 平均

	100秒間の計数値		
	x = 100 cm	x = 200 cm	x = 400 cm
バ>7 1	7947 ± 54	2646 ± 55	224 ± 35
バ>7 3	7937 ± 56	2775 ± 23	289 ± 41
バ>7 4	7830 ± 26	2860 ± 107	252 ± 24
平均	7902 ± 71	2760 ± 111	249 ± 37
バ>7 2	601 ± 45	220 ± 17	69 ± 13

$$N = mt \left\{ \epsilon S \left[ \frac{1}{4\pi r^2} + f(r^{-p} + g) \right] \right\} + b \quad (4)$$

N = 計数値 [counts]

m = 検出器の本数 [本] = 5

t = 計数時間 [s] = 100

S = source intensity [n s<sup>-1</sup>] = 2 × 10<sup>4</sup> (5 μCi)

r = 実効距離 [cm]

ε = 検出効率 [cps 本<sup>-1</sup> / (n cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)]

b = BG [cps 本<sup>-1</sup>] = 0.12

f = build up の component [cm<sup>-2</sup>]

r<sup>-p</sup>, g は r ∈ cm 単位. とし 全体は無次元

表3

異なる p に対する fit の結果

r	N	build up 成分/direct 成分			
		p=0.001	p=0.8	p=1.0	p=1.5
112	7902	0.23	0.46	0.61	3.58
211	2760	0.50	0.78	0.97	4.60
410	849	0.66	0.96	1.17	5.18
ε	100	85	77	27	
(ε/有感面積)	0.79	0.67	0.60	0.21	
f	9.0 × 10 <sup>-4</sup>	1.63 × 10 <sup>-4</sup>	5.1 × 10 <sup>-4</sup>	2.8 × 10 <sup>-2</sup>	
g	-0.994	-5.35 × 10 <sup>-3</sup>	-1.35 × 10 <sup>-3</sup>	-3.3 × 10 <sup>-5</sup>	

表3から p=1.5 を採用すると

<sup>3</sup>He 1本当りの計数効率

$$\epsilon = 27 \text{ cps 本}^{-1} / (\text{m cm}^{-2} \text{s}^{-1})$$

(5)

これは (1) の 6.7-18 とくらべて

可成り大きい。

検出器の再解析

ask 漏洩 neutron の <sup>3</sup>He 1本当りの計数率 =  $\frac{2400 \text{ cps}}{17 \text{ 本}} = 141 \text{ cps 本}^{-1}$

よって r = 8 (m) 点での flux は  $\frac{141}{27} = 5.2 \text{ (n cm}^{-2} \text{s}^{-1}\text{)}$

C = 8.5 とすると dose は  $\frac{5.2}{8.5} = 0.62 \text{ mrem h}^{-1}$

表面での値 R は  $R = 18.8 \text{ mrem h}^{-1}$  (表面)

(2)式から

15 mrem h<sup>-1</sup> (表面から 1m)

なお. 中絶発表の max と比べても 8倍近く大きい。

○ 250Cf を用いた 白777との比較測定

1986年 12月26日

{ 白777 (Studsvik Remcounter 2202D) 2台  
 { <sup>3</sup>He 2本 HISENS

5μCi の source では弱いため 白777には  
 頭に装着

HISENS に対しては有感部分に対して 装着  
 して sweep. 100 sec で 75574 counts

$$\frac{75574}{100} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{27} = 14 \text{ (n cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{)}$$

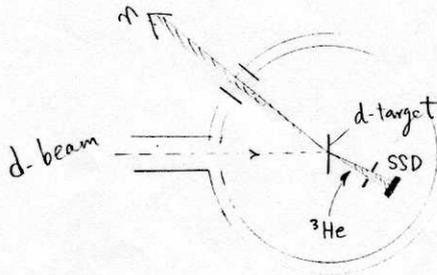
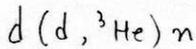
(cps) (本) (5)式

平均 energy は 1MeV と仮定して C=8.5  
 を用いると.

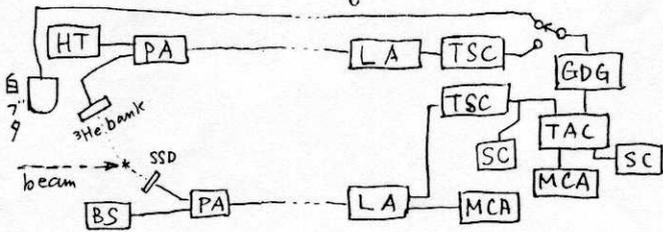
$$\frac{14}{8.5} = 1.6 \text{ mrem h}^{-1}$$

とちり 白777と ちりちり合う。

○ Van de Graaff による  
 d-d neutron を用いた測定



Block diagram



白777測定結果

管理番号	校正定数	指示値 [μrem/hr]	線量当量率 [mrem/hr]
4401	2.2	0.8	1.8
4402	1.6	1	1.6

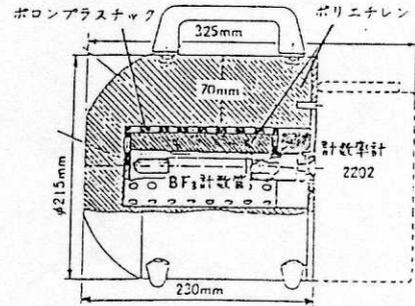


図9 Studsvik 社製 2202Dレムカウンタ

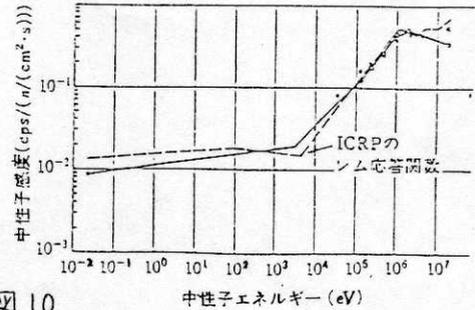
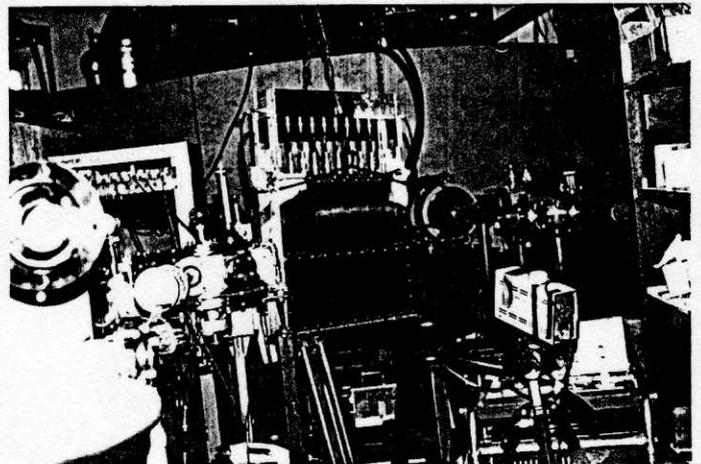
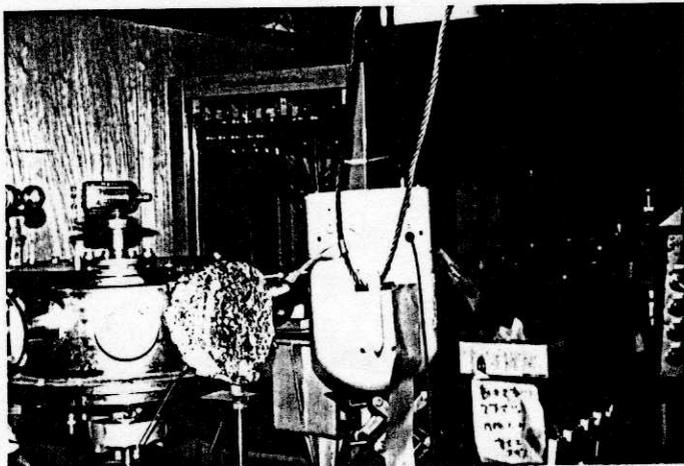


図10

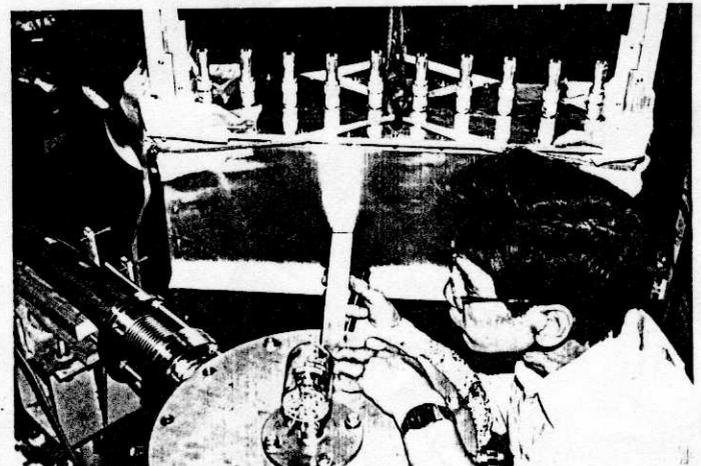


FUJICOLOR B7



FUJICOLOR B7

白777の setup



FUJICOLOR B7

HISENS の setup 上: 横入射 下: 正面入射