二次宇宙線中性子の高度依存線量評価

矢島千秋（放射線医学総合研究所福島復興支援本部）
松澤孝男（放射線医学総合研究所放射線防護研究センター）
瀧田正人（東京大学宇宙線研究所）

（謝辞）
・平成25年度査定額：旅費　100 千円
乗鞍までの交通費又はレンタカー代として使用しました。
・乗鞍・鈴蘭観測実験では乗鞍観測所スタッフの皆様の厚いご支援を賜りました。ありがとうございました。

背景

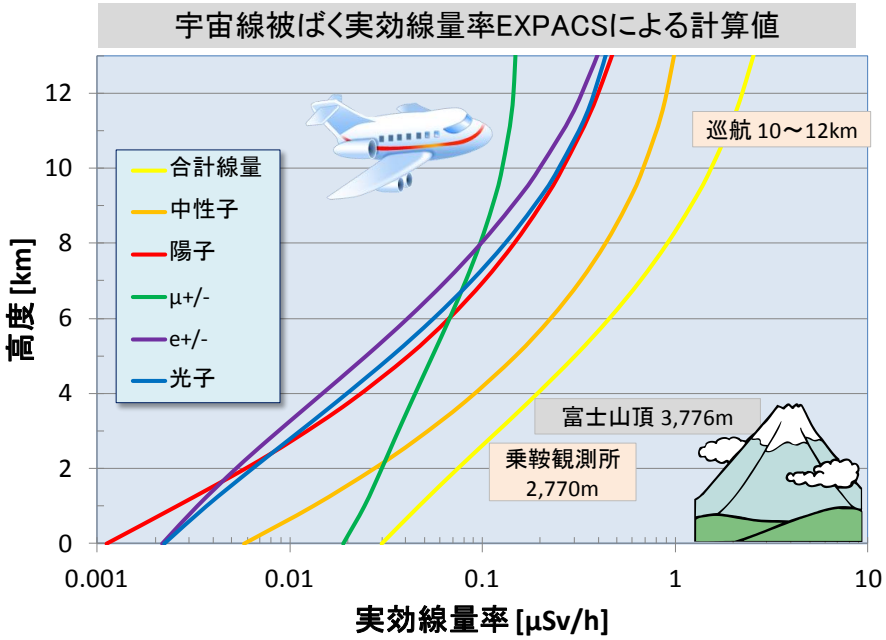
航空機乗務員の宇宙線被ばく

- 職業被ばくの一部に含める（ICRP　1990年勧告、欧州連合（EU）　1996年指令）
- 放射線審議会「航空機乗務員の宇宙線被ばく管理に関するガイドライン」策定（2006年）

放医研の取り組み

- 航路線量計算システム「JISCARD」公開
- 本邦航空会社の自主的な乗務員の被ばく管理の支援（2007年から）

  航路線量計算　←　飛行時間・ルート
- 宇宙線線量計算プログラムの精度維持・評価のための実測研究、測定手法開発



（EXPACS：T. Sato, and K. Niita, Radiat. Res. 166 (2006) 544-555；T. Sato, H. Yasuda et al., Radiation Research 170 (2008) 244-259；http://phits.jaea.go.jp/expacs/）

目的

ホスイッチ型シンチレーション検出器を用いた二次宇宙線中性子スペクトル測定手法の開発

- 中性子の宇宙線被ばくへの寄与が大きい
- ピークがあると予期される100MeV付近の高分解能測定

モニタリング装置の構築（準備）

実験内容

◇二次宇宙線中性子の高度依存性を調査することで本測定手法の性能評価

乗鞍観測所（高度2,770m）

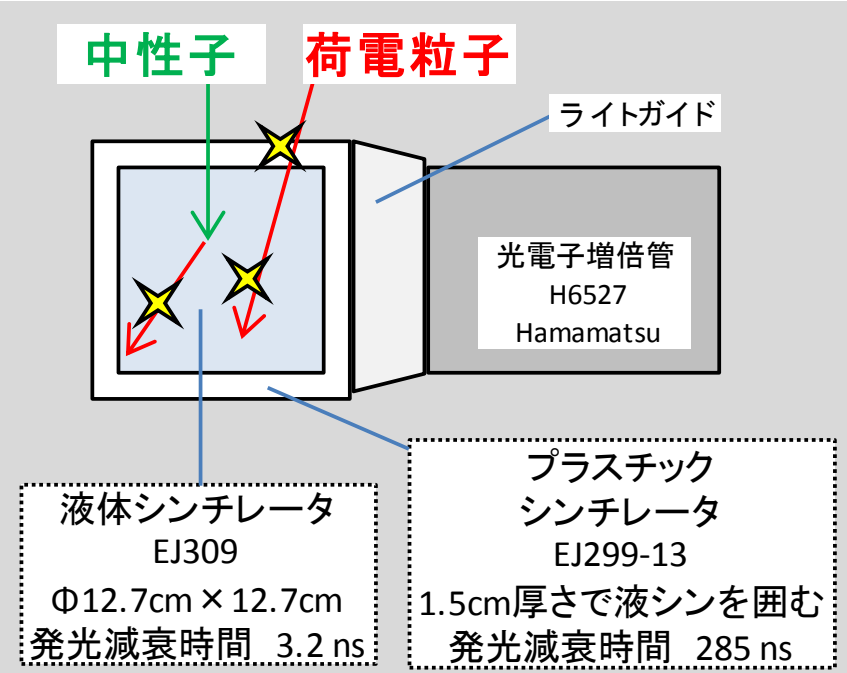
鈴蘭連絡所（高度1,460m）

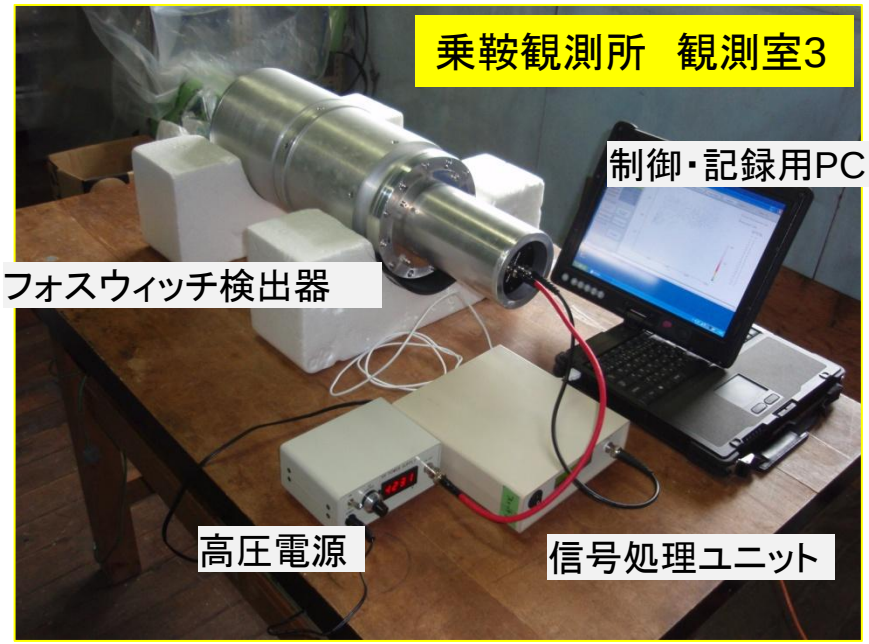
・ホスイッチ検出器によるスペクトル測定

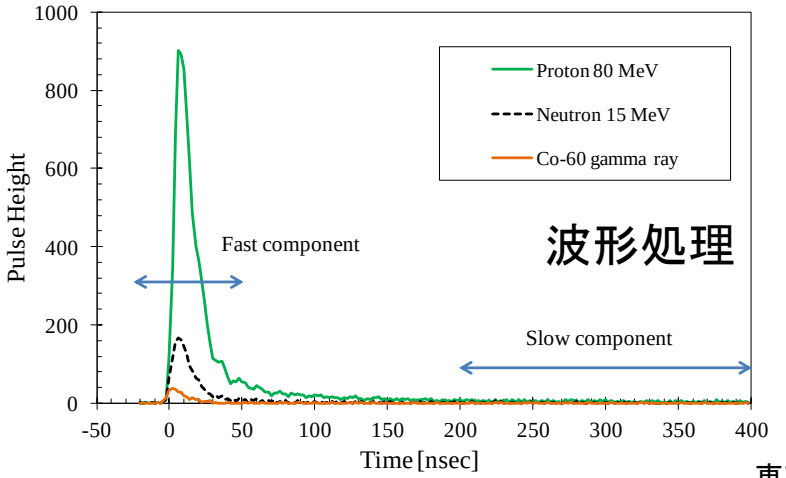
・レムカウンタによる計数値比較

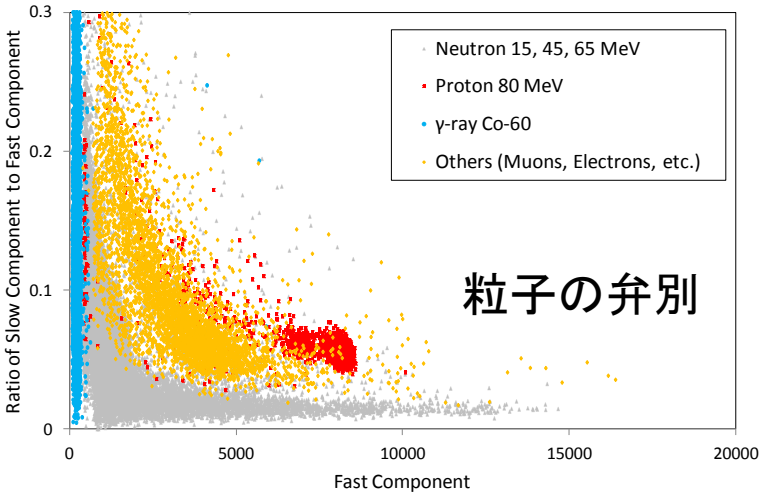
◇GM管測定装置による通年測定

ホスイッチ検出器を用いた中性子測定

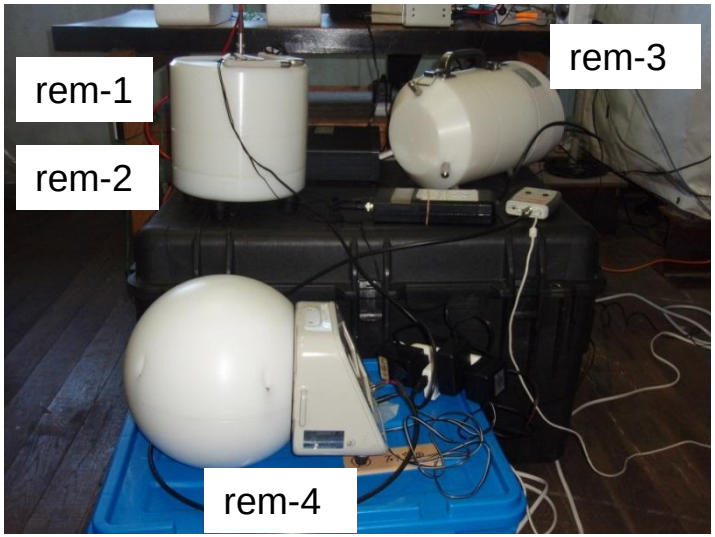




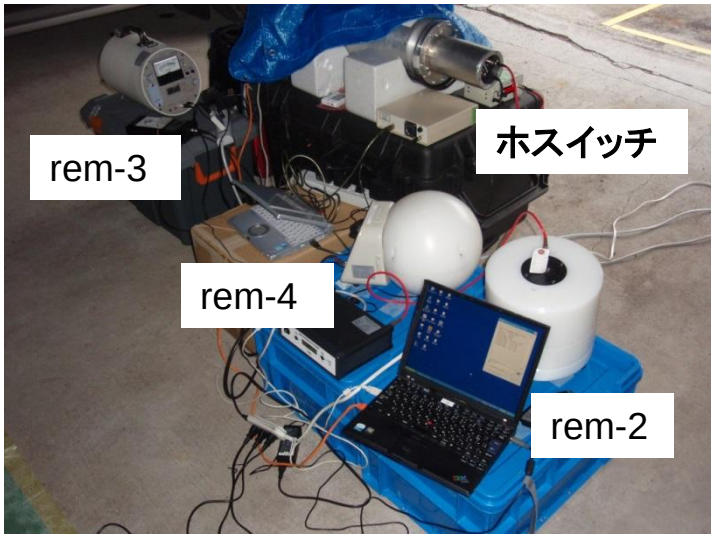




中性子レムカウンタ測定



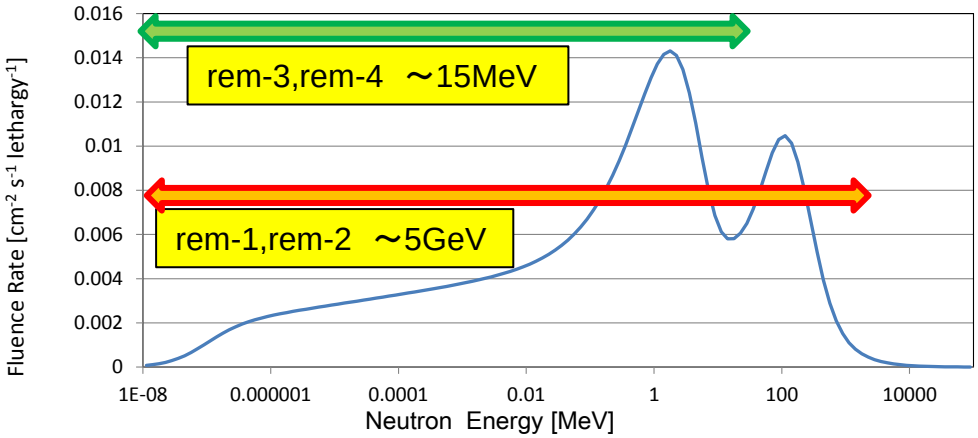
乗鞍観測所　観測室3



鈴蘭連絡所ガレージ内

rem-1：WENDI-2　＋Ludlum社データロガー
rem-2：WENDI-2　＋特注データロガー①
rem-3：TPS-451BS　＋特注データロガー②
rem-4：NSN2（カスタム）　＋特注データロガー③

WENDI-2　（Thermo）拡張エネルギー型　0.025eV～5GeV
TPS-451BS（日立アロカ）　一般型　0.025eV～15MeV
NSN2　（富士電機）　一般型　0.025eV～15MeV



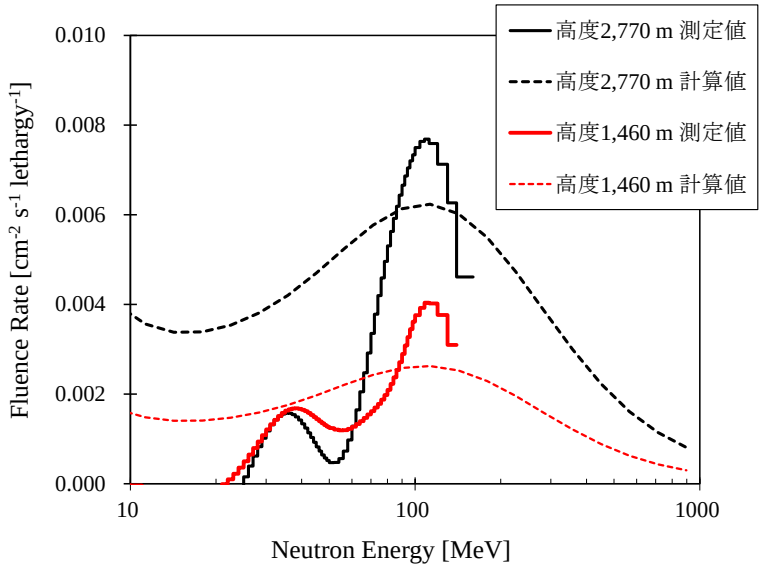
二次宇宙線中性子エネルギースペクトル

乗鞍観測所作業日程：
8月　6日　　：GM管装置再設置
9月10日～11日：機器搬入・測定開始
9月23日～25日：乗鞍観測所滞在測定／撤収・移動
9月25日～27日：鈴蘭連絡所測定／撤収

結果と考察 ①

2,770mと1,460mの中性子スペクトル比較（高度依存性）

測定点	20～130 MeVの中性子フルエンス率 [/cm^2/s]			20～130 MeVの中性子周辺線量当量率 [nSv/h]		
	測定値	EXPACS 計算値	比 測定値/計算値	測定値	EXPACS 計算値	比 測定値/計算値
高度 2,770 m	0.0051	0.0091	0.56	5.9	12.9	0.46
高度 1,460 m	0.0033	0.0038	0.87	4.2	5.4	0.78
比 2,770 m/1,460 m	1.5	2.4	-	1.4	2.4	-



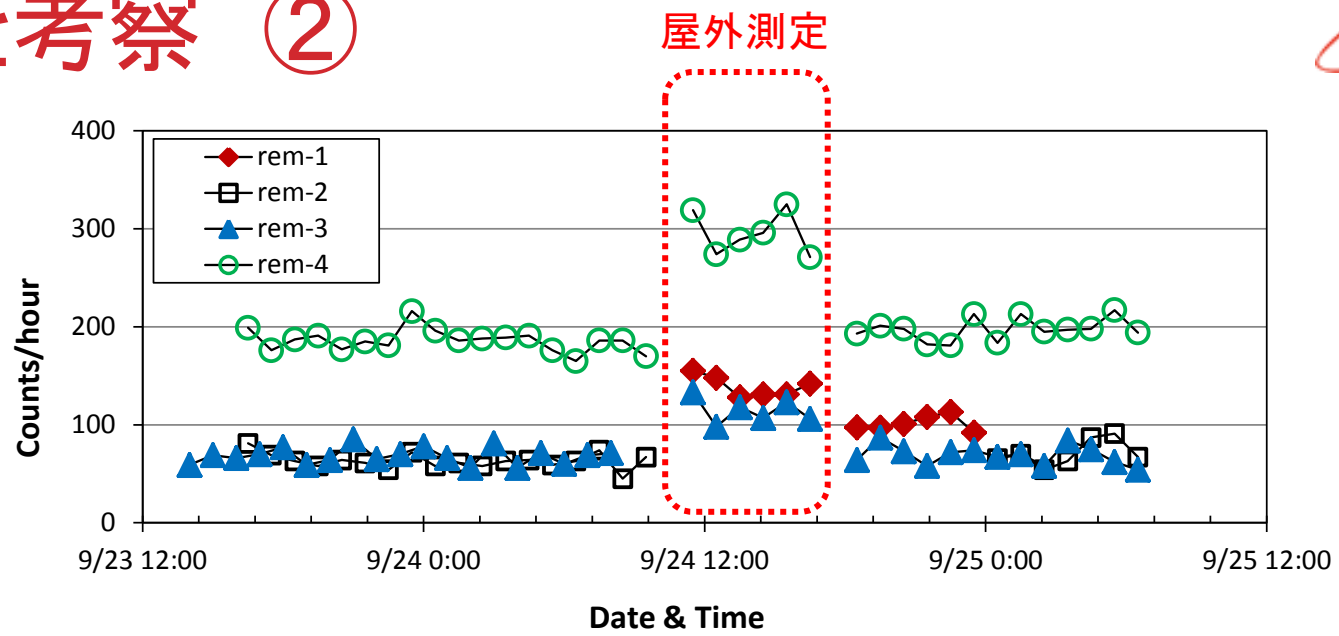
乗鞍観測所（標高2,770 m）および鈴蘭連絡所（標高1,460 m）におけるホスイッチ検出器による測定から得られた二次宇宙線中性子スペクトル。EXPACSによる計算値を合わせて示す。

2012年度結果

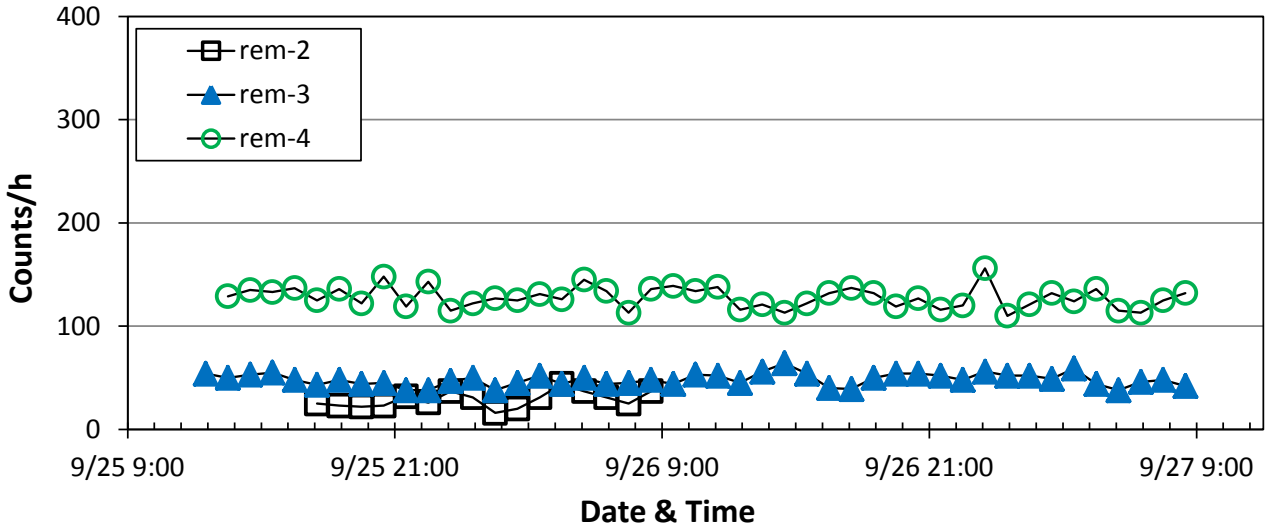
測定点	20～130 MeVの中性子フルエンス率 [/cm^2/s]			20～130 MeVの中性子周辺線量当量率 [nSv/h]		
	測定値	EXPACS 計算値	比 測定値/計算値	測定値	EXPACS 計算値	比 測定値/計算値
高度 2,770 m	0.0047	0.0087	0.54	5.3	12.4	0.43
高度 1,460 m	0.0028	0.0037	0.76	3.4	5.2	0.65
比 2,770 m/1,460 m	1.7	2.4	-	1.6	2.4	-

建屋内での減衰？

結果と考察 ②



各中性子レムカウンタの計数率（乗鞍観測所：2,770m）



各中性子レムカウンタの計数率（鈴蘭連絡所：1,460m）

結果と考察 ③

各レムカウンタ計数率

	乗鞍観測所(NOR) 平均計数率 [cph]		鈴蘭連絡所(SUZ) 平均計数率 [cph]
	建屋内	建屋外	
rem-1	97±8	135±11	–
rem-2	64±10	150±22	27±8
rem-3	66±9	112±13	46±6
rem-4	184±13	289±22	121±11

高度依存性をみる

高度及び建屋内外の各レムカウンタ計数率比と計算線量率比

	NOR/SUZ			NOR(建屋内)/NOR(建屋外)
	計算	測定		
		NOR (建屋内)	NOR (建屋外)	[%]
rem-1	2.4	2.3		73
rem-2				
rem-3		1.4	2.4	60
rem-4		1.5	2.4	64

乗鞍観測所

鈴蘭連絡所

建屋における中性子の減衰を粗く仮定

	中性子周辺線量当量率 [nSv/h]			
	乗鞍観測所		鈴蘭連絡所	
建屋での減衰	なし	あり	なし	あり
～10MeVまで	37.8	×0.62 = 23.4	15.7	×0.95 = 14.9
10MeVから5GeV	23.9	×0.9 = 21.5	9.9	×0.8 = 8.0
～5GeVまで	61.7	44.9	25.6	22.9

	NOR/SUZ			NOR(建屋内)/NOR(建屋外)
	計算 減衰なし	計算 減衰仮定		
		NOR (建屋内)	NOR (建屋外)	[%]
rem-1	2.4	2.0		73
rem-2				
rem-3		1.6	2.5	62
rem-4				