

2000 年 8 月 23 日

JCO 転換試験棟周辺サンプル中性子計算結果

今中哲二

JCO 転換試験棟まわりのモンテカルロ中性子計算について、とりあえずの結果をまとめておく。

◇ 計算体系

転換試験棟周辺に 12 個の検出器を配置し、そこに飛んでくる中性子を数えた（その領域を通過する粒子のエネルギーと飛程をカウントする）。今回計算した 2 つの計算体系を図 1 と図 2 に示す。図 1 の UCB02M の遮蔽形状は、先に報告した冷却塔 SUS ネット計算シリーズ（CBS040）と同じで、土壌組成を中西先生のデータと入れ替えただけである。図 2 の UCB03 では、転換試験棟の内部構造や廊下を配置した（タンクやポンプといった装置は入っていない）。棟内の間仕切りは、シボレックス 10cm の板で行った。UF6 貯蔵室の周りは厚さ 30cm のコンクリート、貯蔵ピットは、幅 143cm × 長さ 430cm × 高さ 91cm のコンクリートとした。

12 の検出器のうち、冷却塔 SUS ネット、ボルト、中西土壌、ポンベの位置についてはサンプル位置に合わせたが、それ以外の検出器位置は、土壌サンプル位置にキチンと合わせたものではなく、比較的めやすとなるよう大ざっぱに配置したものである。

◇ 計算結果

表 1 は、主要な計算ターゲットである、ボルト、中西土壌、ポンベについての計算結果を測定値と比較したものである。表 2-1 と表 2-2 に細かい計算結果を、図 3 と図 4 に中性子スペクトルを示しておく（表 2、図 1 ～図 4 は別添 Excel ファイル）。

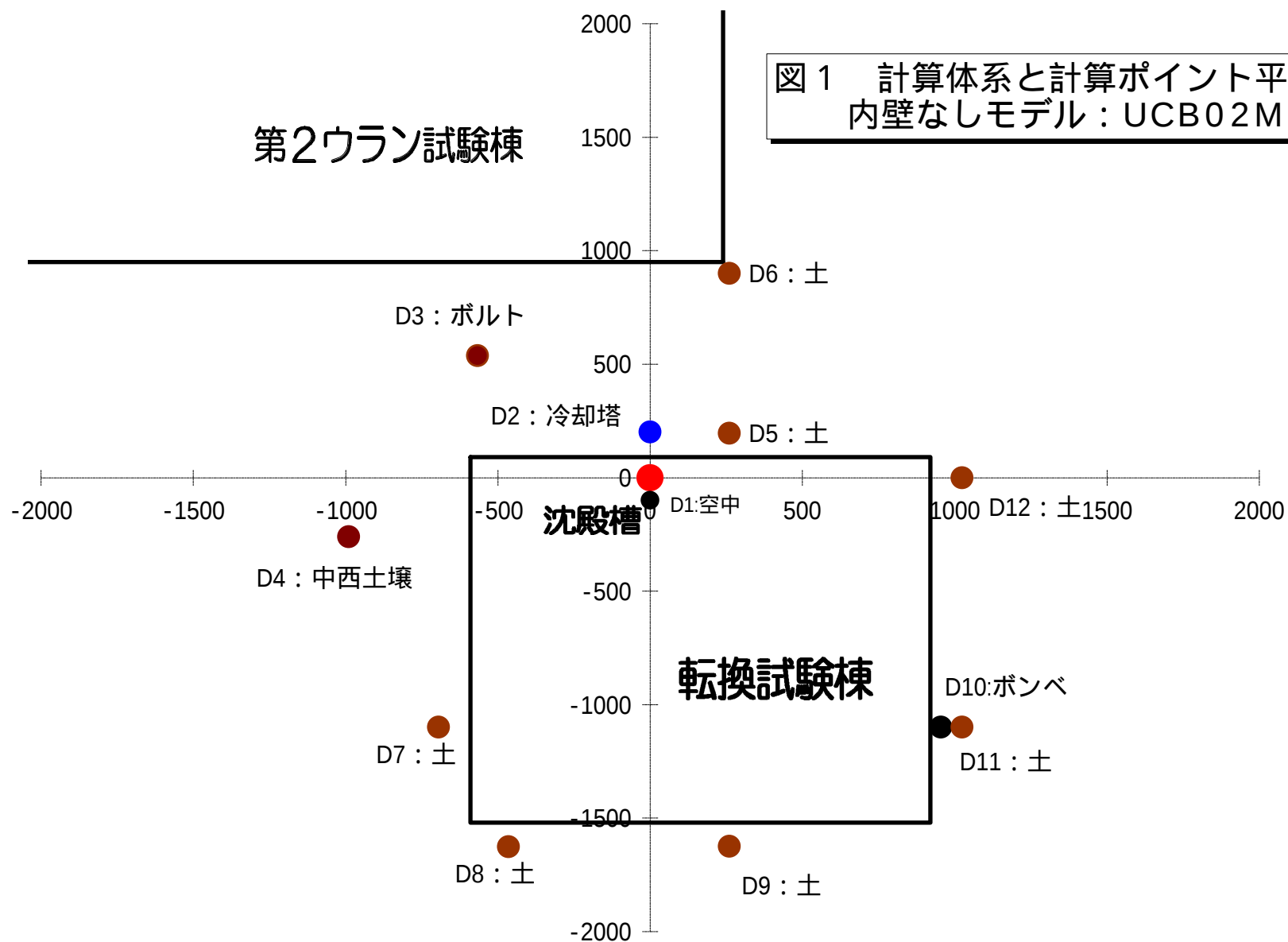
表 1 転換試験棟周辺サンプル放射化量の測定値と計算値（網掛けは fast 反応）

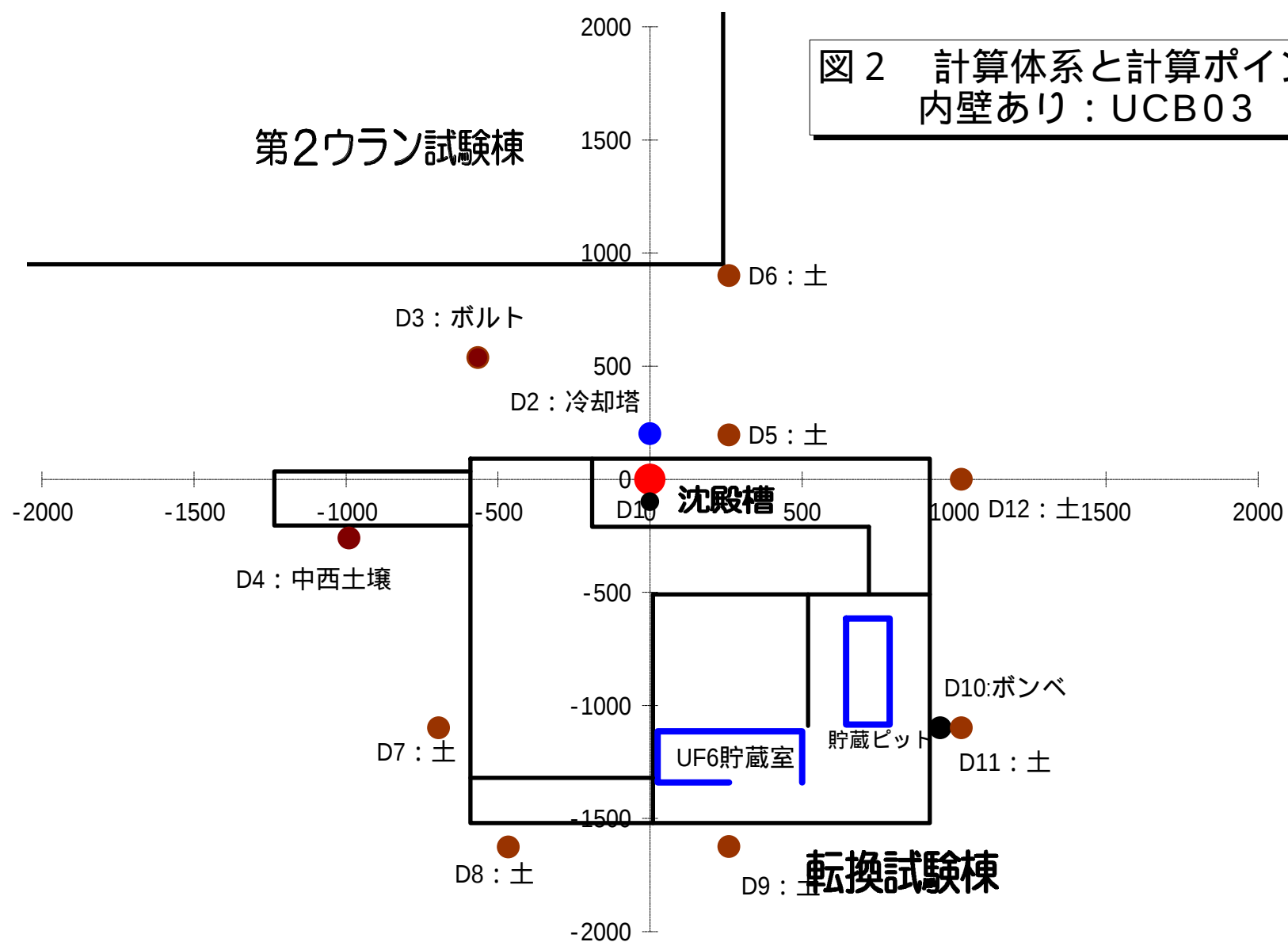
サンプル	測定値 Bq/g元素	計算値（Bq/g元素）：核分裂数 2.5×10^{18} の時		計算値 / 測定値	
		UCB02M：内壁なし	UCB03：内壁あり	UCB02M	UCB03
小島ボルト：					
Fe59	0.49	0.86	0.81	1.8	1.7
Mn54	0.04	0.12	0.13	3.0	3.3
中西土壌：					
Co60	103	170	150	1.7	1.5
Fe59	0.515	0.72	0.65	1.4	1.3
C134	123	210	170	1.7	1.4
Sc46	2136	3300	3000	1.5	1.4
Zn65	8.22	12	11	1.5	1.3
Na24	5705	18000	16000	3.2	2.8
				2.2*	1.9*
Mn54	0.0041	0.039	0.018	9.5	4.4
中西ポンベ：（平均）					
Fe59	0.0973	0.41	0.28	4.2	2.9
Mn54	0.00655	0.053	0.016	8.1	2.4

*：臨界期間中の Na24 の decay を大ざっぱに補正した値。

速中性子反応の計算結果が thermal 反応に比べ測定値と合わない、というのは若干気になる。また、表 2 の土壌計算結果を、村田らや小出らの対応する測定データと比べてみると、計算値の方が若干大きく、表 1 とほぼ同じ傾向にある。

それでも全体的にはまずまずの結果ではないか（つまり、計算結果がある程度使えそう）と思っている。とりあえず、今中の 8 月の計算はここまでで、次は 9 月後半からの予定。以上





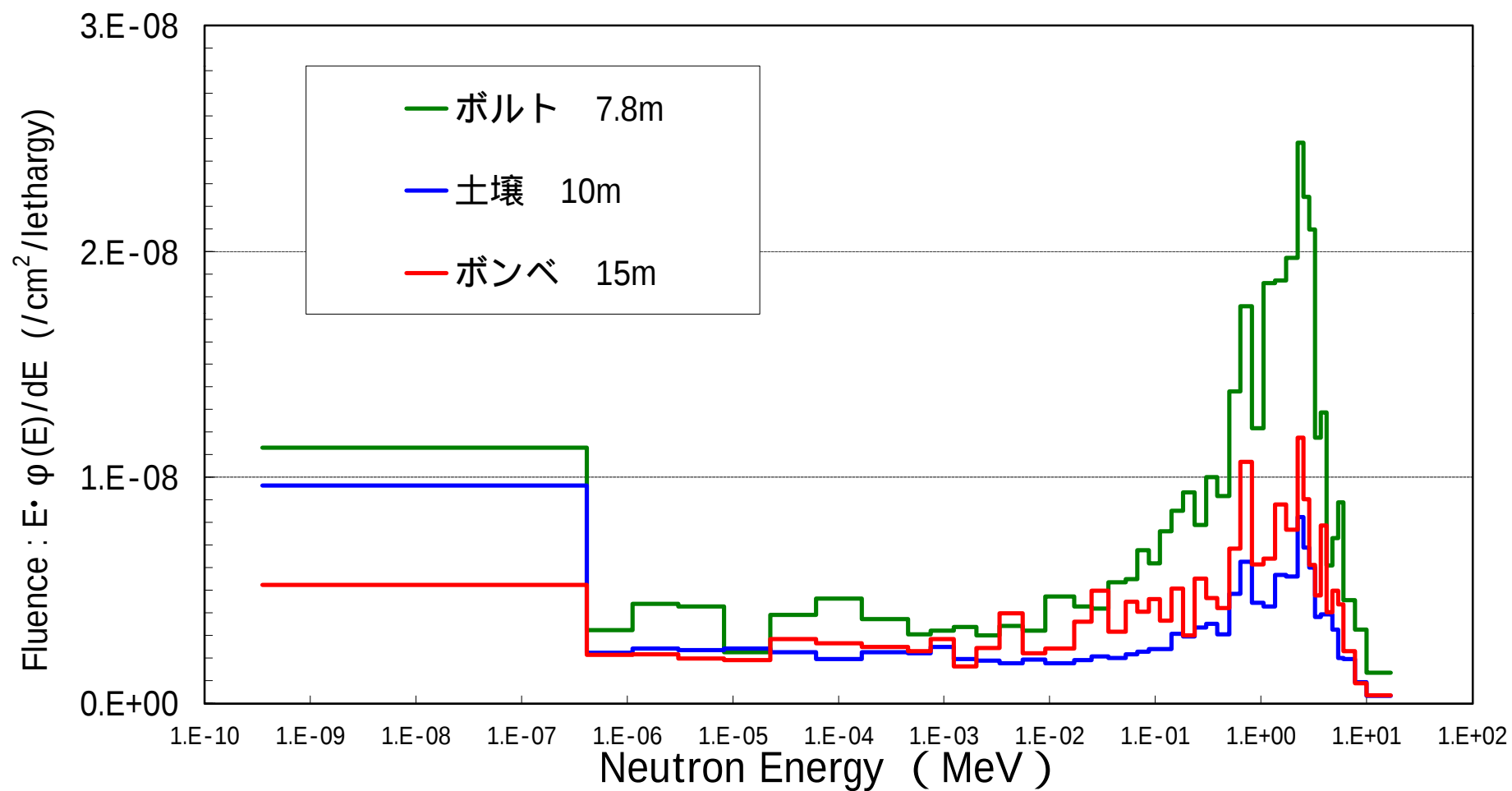


図3 サンプル位置での中性子スペクトル：内壁なしモデルUCB02M
沈澱槽からの漏洩中性子1個当り

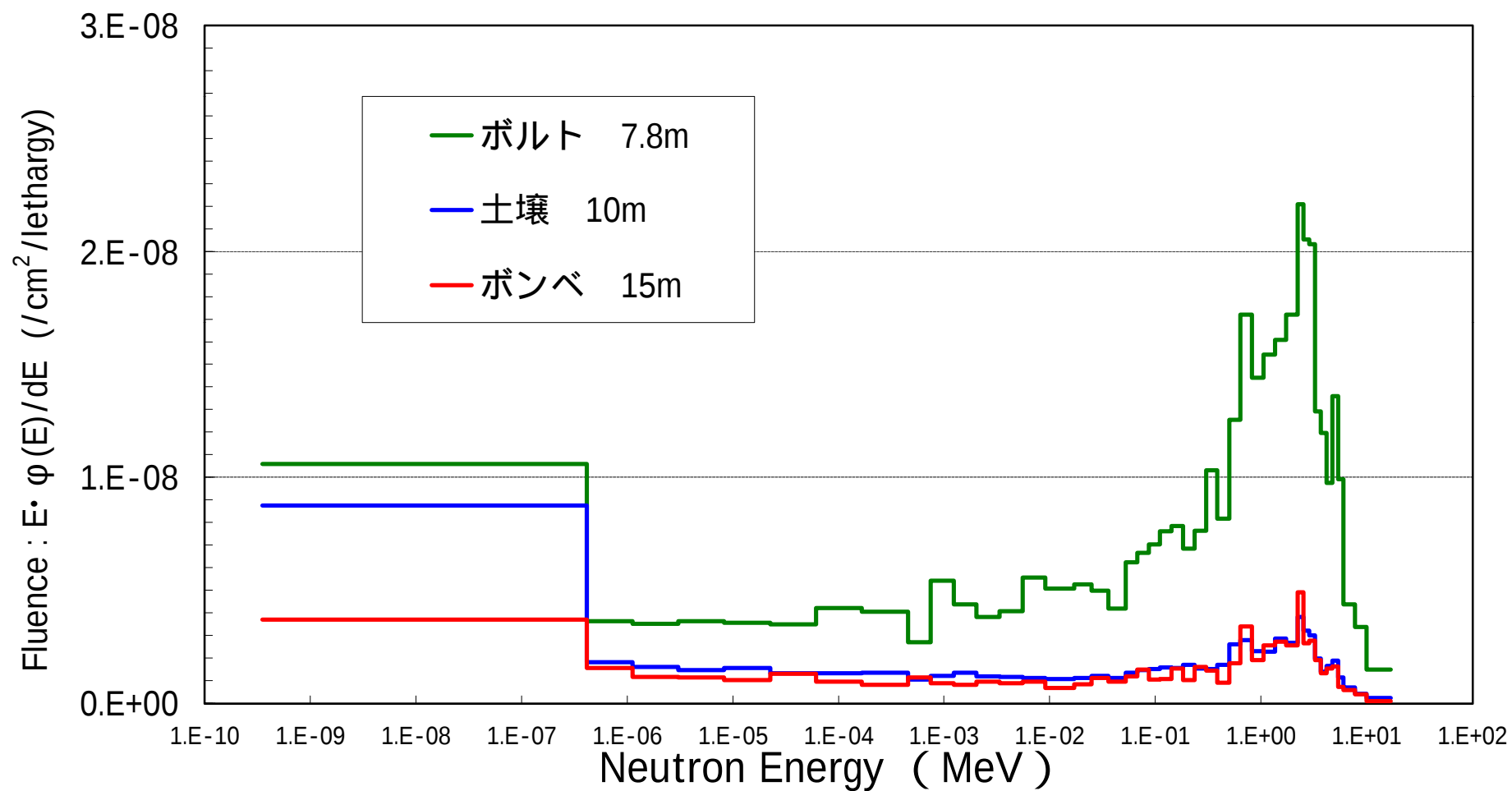


図4 サンプル位置での中性子スペクトル：内壁ありモデルUCB03
沈澱槽からの漏洩中性子1個当り

表 2 - 1 転換試験棟周辺での放射化量：間仕切りなしの場合（UCB02M）

UCB02M

放出中性子 1 個当り放射化量（Bq/g-element）

	Ni58(np)Cc 統計誤差		Fe54(np)Mn54		Co59(ng)Co60		Fe58(ng)Fe59		Sc45(ng)Sc46		Cs133(ng)Cs134		Na23(ng)Na24		Zn64(ng)Zn65	
D1	4.27E-16	0.003	7.05E-18	0.004	3.35E-15	0.016	1.33E-17	0.018	5.72E-14	0.019	6.18E-15	0.016	3.22E-13	0.018	2.40E-16	0.016
D2	9.34E-17	0.006	1.54E-18	0.007	1.08E-15	0.013	4.26E-18	0.014	1.83E-14	0.015	1.94E-15	0.021	1.03E-13	0.015	7.62E-17	0.013
D3	4.04E-18	0.059	6.61E-20	0.060	1.20E-16	0.084	4.97E-19	0.089	2.23E-15	0.092	1.69E-16	0.092	1.23E-14	0.091	8.37E-18	0.086
D4	1.36E-18	0.041	2.23E-20	0.043	9.63E-17	0.086	4.17E-19	0.088	1.89E-15	0.090	1.22E-16	0.062	1.04E-14	0.090	6.90E-18	0.087
D5	1.81E-17	0.010	2.99E-19	0.010	5.42E-16	0.027	2.32E-18	0.028	1.05E-14	0.028	6.97E-16	0.022	5.79E-14	0.028	3.89E-17	0.027
D6	1.64E-18	0.042	2.69E-20	0.044	1.13E-16	0.072	4.88E-19	0.074	2.22E-15	0.076	1.35E-16	0.056	1.22E-14	0.075	8.08E-18	0.072
D7	4.82E-19	0.068	7.84E-21	0.071	6.61E-17	0.097	2.84E-19	0.101	1.30E-15	0.102	8.15E-17	0.072	7.12E-15	0.102	4.70E-18	0.099
D8	2.49E-19	0.069	4.09E-21	0.071	5.00E-17	0.074	2.17E-19	0.076	9.88E-16	0.078	6.10E-17	0.057	5.43E-15	0.077	3.59E-18	0.075
D9	2.21E-19	0.080	3.58E-21	0.084	6.00E-17	0.086	2.60E-19	0.089	1.18E-15	0.091	7.13E-17	0.069	6.51E-15	0.090	4.29E-18	0.087
D10	1.84E-18	0.057	3.02E-20	0.058	5.71E-17	0.076	2.35E-19	0.072	1.04E-15	0.075	8.17E-17	0.060	5.79E-15	0.074	4.06E-18	0.068
D11	2.60E-19	0.063	4.23E-21	0.066	5.49E-17	0.079	2.35E-19	0.082	1.06E-15	0.084	6.88E-17	0.064	5.85E-15	0.083	3.88E-18	0.081
D12	5.58E-19	0.052	9.13E-21	0.053	8.54E-17	0.111	3.66E-19	0.115	1.66E-15	0.118	1.05E-16	0.082	9.13E-15	0.117	6.08E-18	0.112

総核分裂数を 2.5×10^{18} 個としたときの放射化量（Bq/g-element）

1.74E+18

	Ni58(np)Cc 統計誤差		Fe54(np)Mn54		Co59(ng)Co60		Fe58(ng)Fe59		Sc45(ng)Sc46		Cs133(ng)Cs134		Na23(ng)Na24		Zn64(ng)Zn65	
D1	7.40E+02	0.003	1.22E+01	0.003	5.82E+03	0.021	2.30E+01	0.023	9.93E+04	0.024	1.07E+04	0.016	5.59E+05	0.024	4.17E+02	0.021
D2	1.62E+02	0.006	2.67E+00	0.006	1.87E+03	0.027	7.39E+00	0.029	3.18E+04	0.031	3.36E+03	0.020	1.79E+05	0.030	1.32E+02	0.026
D3	7.00E+00	0.050	1.15E-01	0.051	2.08E+02	0.201	8.62E-01	0.214	3.87E+03	0.221	2.93E+02	0.138	2.14E+04	0.218	1.45E+01	0.204
D4	2.35E+00	0.050	3.88E-02	0.052	1.67E+02	0.103	7.23E-01	0.106	3.28E+03	0.108	2.11E+02	0.081	1.80E+04	0.107	1.20E+01	0.104
D5	3.14E+01	0.009	5.18E-01	0.010	9.40E+02	0.033	4.03E+00	0.035	1.82E+04	0.036	1.21E+03	0.024	1.00E+05	0.035	6.74E+01	0.034
D6	2.85E+00	0.041	4.67E-02	0.041	1.96E+02	0.097	8.47E-01	0.100	3.85E+03	0.102	2.34E+02	0.074	2.12E+04	0.101	1.40E+01	0.098
D7	8.36E-01	0.075	1.36E-02	0.077	1.15E+02	0.119	4.92E-01	0.123	2.25E+03	0.125	1.41E+02	0.091	1.24E+04	0.124	8.16E+00	0.121
D8	4.32E-01	0.091	7.09E-03	0.095	8.67E+01	0.140	3.76E-01	0.146	1.71E+03	0.148	1.06E+02	0.101	9.42E+03	0.147	6.23E+00	0.142
D9	3.83E-01	0.103	6.21E-03	0.109	1.04E+02	0.174	4.50E-01	0.178	2.05E+03	0.180	1.24E+02	0.134	1.13E+04	0.179	7.45E+00	0.176
D10	3.18E+00	0.077	5.25E-02	0.079	9.91E+01	0.136	4.08E-01	0.143	1.81E+03	0.146	1.42E+02	0.111	1.01E+04	0.145	7.04E+00	0.139
D11	4.51E-01	0.079	7.33E-03	0.082	9.52E+01	0.123	4.07E-01	0.127	1.85E+03	0.129	1.19E+02	0.096	1.02E+04	0.128	6.72E+00	0.125
D12	9.69E-01	0.046	1.58E-02	0.048	1.48E+02	0.113	6.35E-01	0.117	2.88E+03	0.120	1.83E+02	0.083	1.58E+04	0.119	1.06E+01	0.115

表 2 - 2 転換試験棟周辺での放射化量：間仕切りありの場合（UCB03）

放出中性子 1 個当り放射化量（Bq/g-element）

	Ni58(np)C統計誤差			Fe54(np)Mn54		Co59(np)Co60		Fe58(np)Fe59		Sc45(np)Sc46		Cs133(np)Cs134		Na23(np)Na24		Zn64(np)Zn65	
D1	4.29E-16	0.003		7.07E-18	0.003	4.62E-15	0.014	1.86E-17	0.015	8.14E-14	0.016	7.74E-15	0.014	4.56E-13	0.016	3.30E-16	0.014
D2	9.51E-17	0.006		1.57E-18	0.006	1.25E-15	0.018	5.04E-18	0.019	2.18E-14	0.020	2.22E-15	0.017	1.22E-13	0.019	8.91E-17	0.017
D3	4.44E-18	0.050		7.38E-20	0.051	1.12E-16	0.140	4.69E-19	0.148	2.10E-15	0.154	1.54E-16	0.099	1.16E-14	0.152	7.97E-18	0.141
D4	6.41E-19	0.050		1.06E-20	0.052	8.61E-17	0.076	3.75E-19	0.078	1.71E-15	0.079	9.86E-17	0.061	9.40E-15	0.078	6.16E-18	0.077
D5	1.79E-17	0.009		2.95E-19	0.010	6.54E-16	0.028	2.81E-18	0.029	1.27E-14	0.030	8.30E-16	0.020	7.01E-14	0.030	4.69E-17	0.028
D6	1.83E-18	0.041		3.02E-20	0.041	1.04E-16	0.073	4.48E-19	0.076	2.04E-15	0.077	1.24E-16	0.056	1.12E-14	0.076	7.43E-18	0.074
D7	4.23E-19	0.075		6.88E-21	0.077	5.68E-17	0.073	2.45E-19	0.075	1.12E-15	0.076	6.80E-17	0.057	6.15E-15	0.076	4.04E-18	0.074
D8	1.51E-19	0.091		2.49E-21	0.095	2.71E-17	0.102	1.17E-19	0.106	5.34E-16	0.108	3.53E-17	0.080	2.94E-15	0.107	1.94E-18	0.104
D9	6.07E-20	0.103		9.84E-22	0.109	1.71E-17	0.106	7.48E-20	0.108	3.42E-16	0.110	2.01E-17	0.084	1.88E-15	0.109	1.22E-18	0.107
D10	5.45E-19	0.077		8.92E-21	0.079	3.79E-17	0.090	1.62E-19	0.094	7.34E-16	0.096	5.14E-17	0.088	4.05E-15	0.095	2.70E-18	0.091
D11	1.50E-19	0.079		2.44E-21	0.082	3.09E-17	0.098	1.34E-19	0.101	6.14E-16	0.102	3.59E-17	0.081	3.37E-15	0.102	2.21E-18	0.099
D12	5.83E-19	0.046		9.48E-21	0.048	1.20E-16	0.065	5.18E-19	0.067	2.36E-15	0.069	1.47E-16	0.049	1.30E-14	0.068	8.56E-18	0.066

総核分裂数を 2.5×10^{18} 個としたときの放射化量（Bq/g-element）

1.74E+18

	Ni58(np)C統計誤差			Fe54(np)Mn54		Co59(np)Co60		Fe58(np)Fe59		Sc45(np)Sc46		Cs133(np)Cs134		Na23(np)Na24		Zn64(np)Zn65	
D1	7.44E+02	0.003		1.23E+01	0.003	8.01E+03	0.021	3.23E+01	0.023	1.41E+05	0.024	1.34E+04	0.016	7.91E+05	0.024	5.72E+02	0.021
D2	1.65E+02	0.006		2.72E+00	0.006	2.16E+03	0.027	8.75E+00	0.029	3.79E+04	0.031	3.85E+03	0.020	2.12E+05	0.030	1.55E+02	0.026
D3	7.70E+00	0.050		1.28E-01	0.051	1.94E+02	0.201	8.13E-01	0.214	3.64E+03	0.221	2.68E+02	0.138	2.01E+04	0.218	1.38E+01	0.204
D4	1.11E+00	0.050		1.84E-02	0.052	1.49E+02	0.103	6.50E-01	0.106	2.97E+03	0.108	1.71E+02	0.081	1.63E+04	0.107	1.07E+01	0.104
D5	3.10E+01	0.009		5.13E-01	0.010	1.14E+03	0.033	4.87E+00	0.035	2.21E+04	0.036	1.44E+03	0.024	1.22E+05	0.035	8.14E+01	0.034
D6	3.18E+00	0.041		5.24E-02	0.041	1.80E+02	0.097	7.78E-01	0.100	3.54E+03	0.102	2.15E+02	0.074	1.95E+04	0.101	1.29E+01	0.098
D7	7.34E-01	0.075		1.19E-02	0.077	9.86E+01	0.119	4.26E-01	0.123	1.94E+03	0.125	1.18E+02	0.091	1.07E+04	0.124	7.02E+00	0.121
D8	2.62E-01	0.091		4.32E-03	0.095	4.70E+01	0.140	2.03E-01	0.146	9.26E+02	0.148	6.13E+01	0.101	5.09E+03	0.147	3.36E+00	0.142
D9	1.05E-01	0.103		1.71E-03	0.109	2.97E+01	0.174	1.30E-01	0.178	5.94E+02	0.180	3.49E+01	0.134	3.25E+03	0.179	2.12E+00	0.176
D10	9.45E-01	0.077		1.55E-02	0.079	6.58E+01	0.136	2.80E-01	0.143	1.27E+03	0.146	8.92E+01	0.111	7.03E+03	0.145	4.68E+00	0.139
D11	2.60E-01	0.079		4.24E-03	0.082	5.36E+01	0.123	2.33E-01	0.127	1.07E+03	0.129	6.22E+01	0.096	5.85E+03	0.128	3.83E+00	0.125
D12	1.01E+00	0.046		1.64E-02	0.048	2.09E+02	0.113	8.99E-01	0.117	4.09E+03	0.120	2.54E+02	0.083	2.25E+04	0.119	1.49E+01	0.115