

福島県立安積黎明高等学校敷地内の放射線量の分析について

(平成 23 年 5 月 6 日報告)

- 1 土壌モニタリング結果に基づくセシウム Cs137 及び Cs134 を
考慮した敷地内放射線量率推移予測について P1
- 2 アスファルト面と土壌面の放射線量率の変化の違いについて P2
- 3 線量率の高さ依存性における量子的効果についての考察 P4
- 4 線量率の高さ依存性における量子効果と γ 線の干渉縞の存在について P6

付記

- 線量率高さ依存性測定データ P7～12
- 福島県立安積黎明高等学校放射線量測定環境時系列 P13, 14
- 測定機器「デジタル β & γ 放射線測定器 RADEX (0.05～9.99 μ Sv/h)」

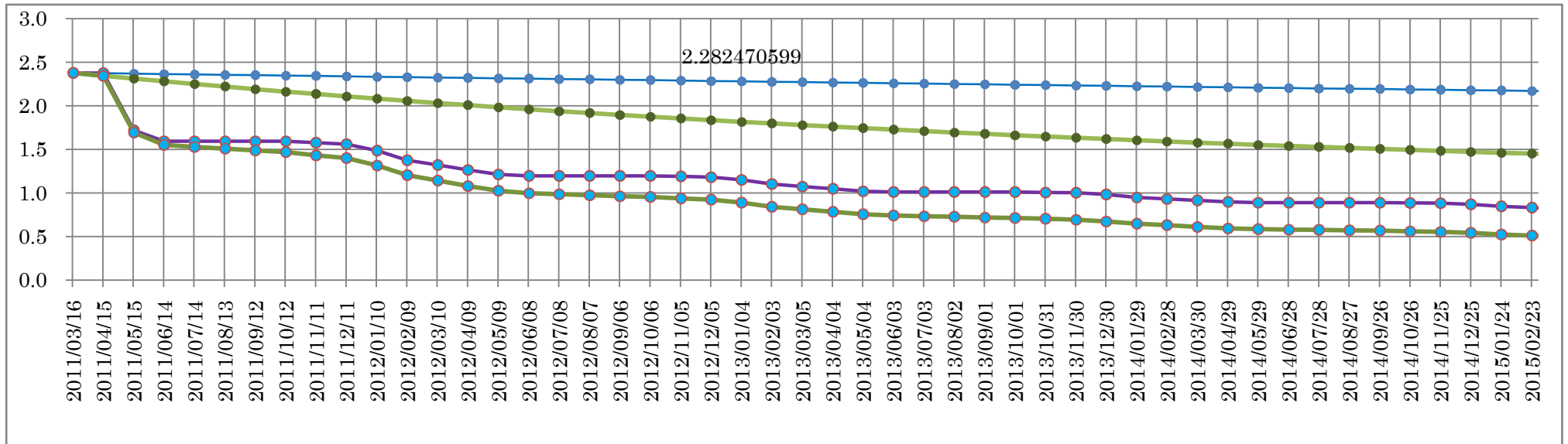
1 土壌モニタリング結果に基づくセシウム Cs137 及び Cs134 を考慮した敷地内放射線量率推移予測について

今回の福島第一原子力発電所の事故により放出されたセシウムについて、土壌モニタリングの結果を踏まえ、再度観測データの検証と考察を進める。

「福島県学校等線量率及び土壌モニタリング実施結果(平成 23 年 4 月 14 日実施分)」 http://www.mext.go.jp/a_menu/saigaijohou/syousai/1305189.htm

調査対象学校名	土壌放射能(Bq/Kg・湿)			134Cs/137Cs比	空間線量率 (μ Sv/h)	
	I-131	Cs			1m	50cm
		Cs-134	Cs-137			
郡山市立郡山第二中学校	1200	2800	3400	0.8235	2.7	2.9
セントポール幼稚園	2300	5500	6400	0.8594	2.9	3.2
郡山市立薫小学校	3300	7200	8600	0.8372	3.5	3.8
郡山市立郡山第一中学校	1700	3900	4500	0.8667	3.7	3.9
郡山市立郡山第三中学校	1900	3600	4100	0.8780	3.6	4.0
統 計		46.0%	54.0%	Avg 0.853		

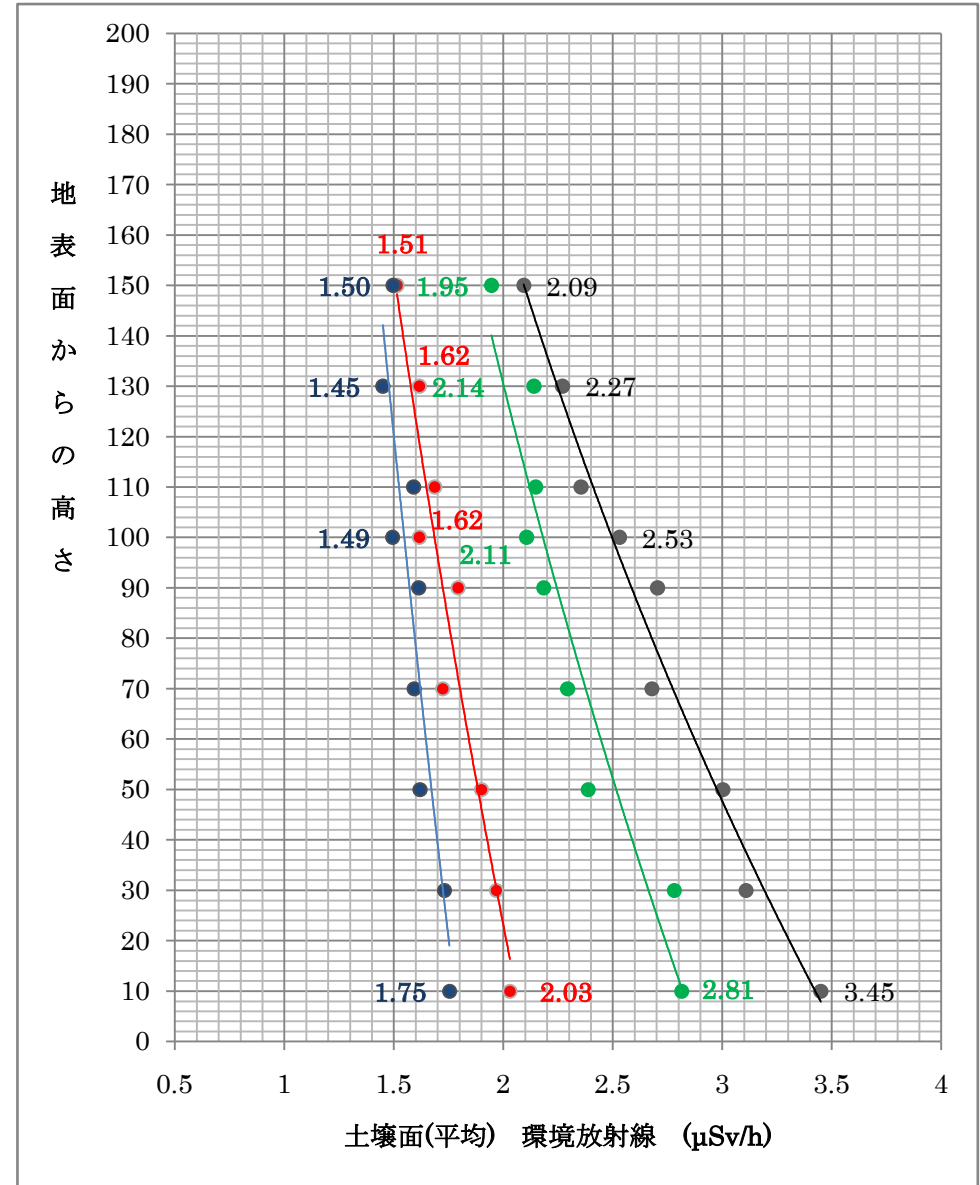
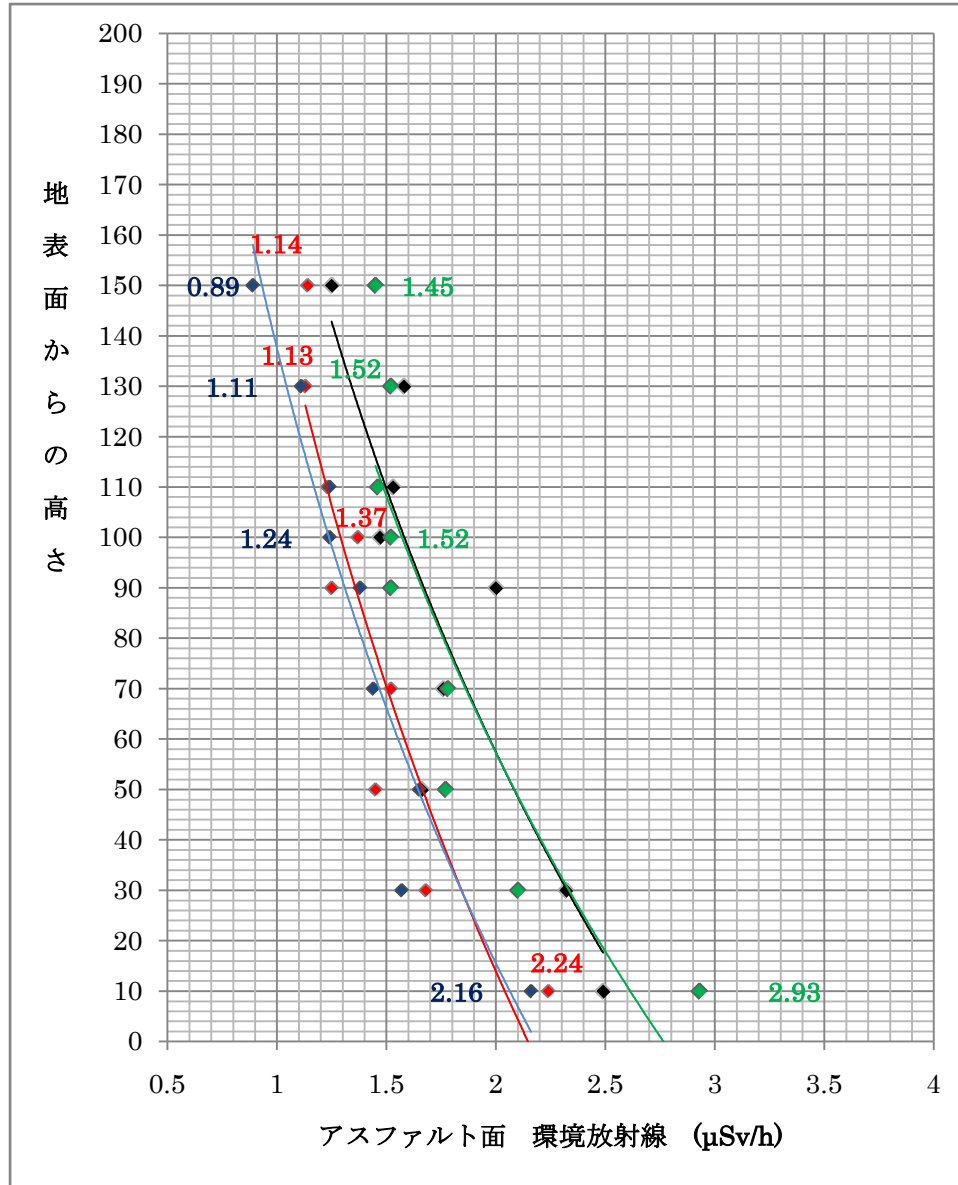
本校の敷地内のセシウムについては、4/14の文部科学省による調査対象校の土壌放射能のモニタリング結果に基づき、Cs134が46%、Cs137が54%と仮定し推移予測を変更し、風による自然減の影響等を含めた推移予想を次に示します。3/16時点ではCs137の寄与1.29 μ Sv/h(54%)、Cs134の寄与1.09 μ Sv/h(46%)とした。



● Cs137 のみでの推移予測 ● Cs137・54%,Cs134・46%で推移予測 自然減を考慮した推移予測 ● Cs137 のみ ● Cs137・54%,Cs134・46%で試算

※縦軸 放射線量率 単位(μ Sv/h) 放射性セシウム Cs137 半減期 30 年、Cs134 半減期 2 年

2 アスファルト面と土壌面の放射線量率の変化の違いについて

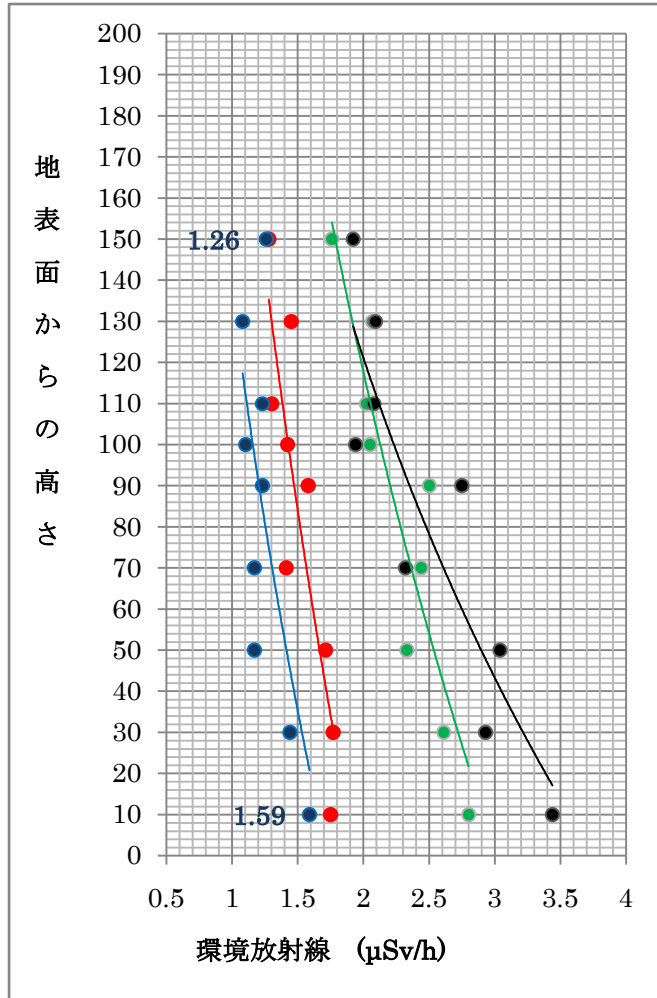


※縦軸単位(cm) — 4/8 測定値 — 4/15 測定値 — 4/22 測定値 — 4/29 測定値

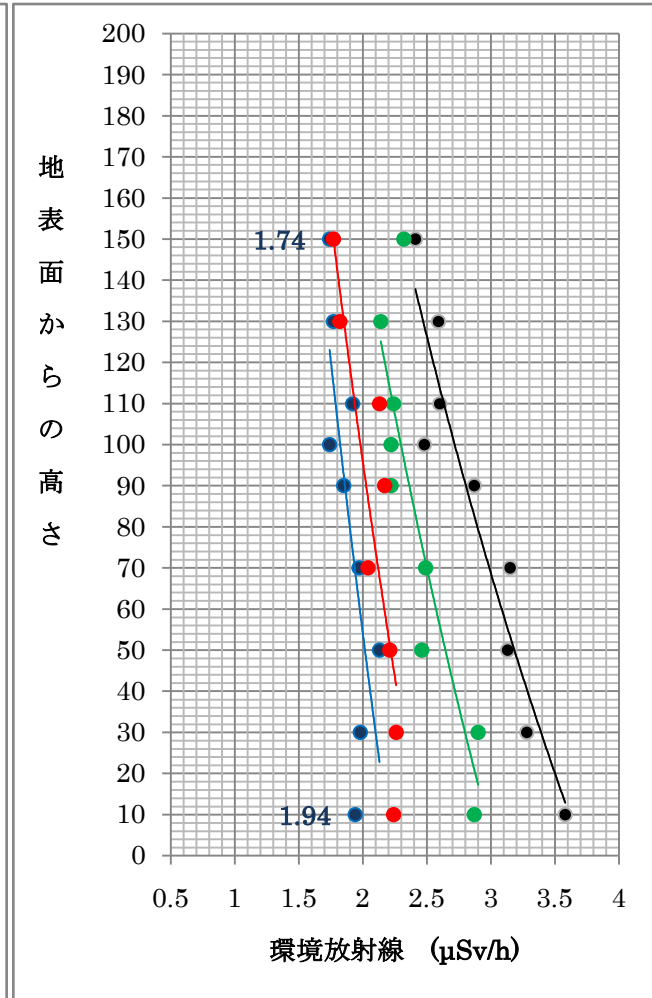
<風・降雨量等の気象現象については測定環境時系列(付記資料)参照>

アスファルト面についてはセシウムの地下への浸透がないと考えられ Cs134 の放射する β 線が地表面の線量高に寄与していると考えられる。降雨だけによる減少はほとんど期待できないようだ。土壌面では降雨によりセシウムが浸透し Cs134 からの β 線が遮蔽され地表面では減少したと考えられる。ただし、Cs137 からの γ 線は透過力が強く、地上での線量率減少

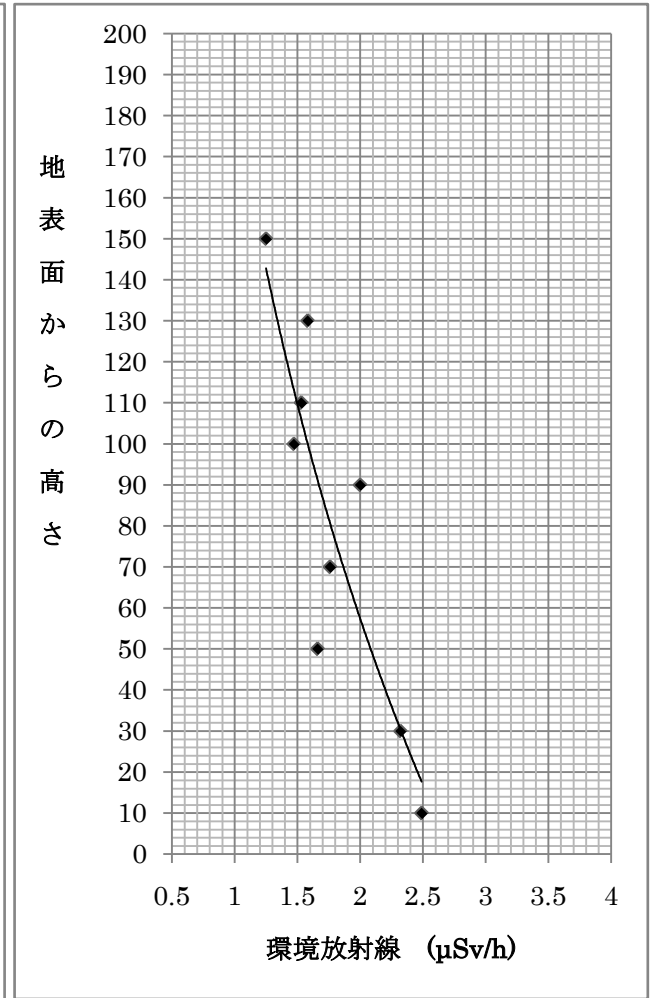
はわずかである。土壌面の平均的な変化を示したが、測定しているポイントは特徴的な土壌面であった。一つは水はけのよい固めの土壌(粘土質に近い)と砂地で水がたまりやすい土壌である。同じ土壌面でも水はけのよい固めの土壌では、飛散・浸透により線量率減少が大きくまた、β線の多くは30cm以下に測定されていると考えられる。砂地で水がたまりやすい土壌についてはセシウムの全体的な浸透によりβ線遮蔽の影響が大きく現れているように推察される。50cm付近を除けば、線量率の高さ依存性がなくなり、ほとんどがCs137からのγ線による放射線であると考えられる。



水はけのよい固めの土壌の変化



砂地で水がたまりやすい土壌の変化

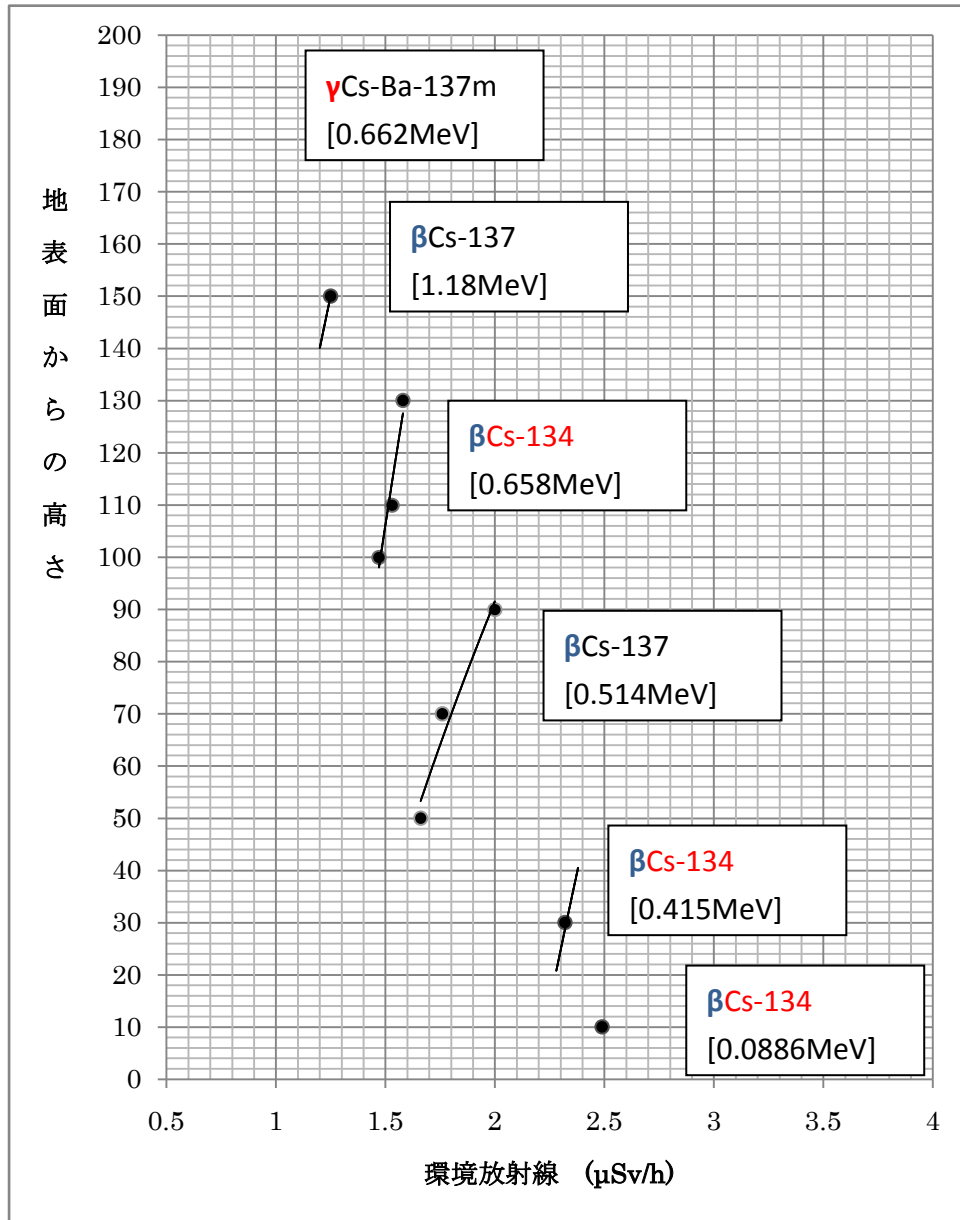


4/8 観測アスファルト面線量率

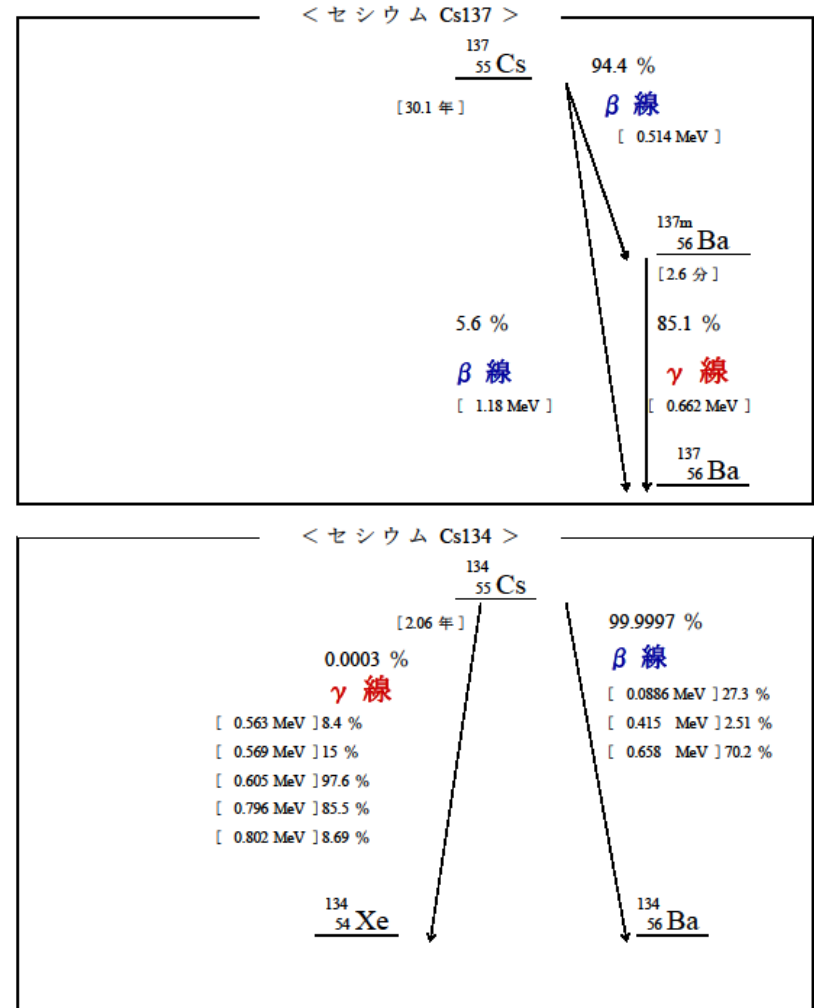
現在の放射線について、このようにβ線を放射するCs134を含めた考察をすることが大切であることに気づき、あらためて4/8測定のアスファルト面の放射線量率のグラフを観察したとき、このデータのばらつきは砂埃や風によるデータのばらつきではなく、そもそも構造的に存在する線量率の分布によるものではないかと気づき次の考察をするにいった。

3 線量率の高度依存性における量子的効果についての考察

線量率の高度分布は次のように、Cs137 から放射される γ 線をベースにしながら、Cs137 および Cs134 から放射される β 線の飛程の相違により、不連続な分布をとると考え検証を行った。



原子核崩壊系列



β粒子の空気中におけるおおよその飛程について以下の表に示す。0.5MeV程度のβ線については、ほぼ40cm前後の幅を持って不連続な分布をしていると考えられる。

β粒子の空気中におけるおおよその飛程

エネルギー(MeV)	飛程(m)	核崩壊によるβ線	
		Cs-137	Cs-134
0.1	0.11		β Cs-134 [0.0886MeV]
0.5	1.5	β Cs-137 [0.514MeV]	β Cs-134 [0.415MeV] β Cs-134 [0.658MeV]
1	3.7	β Cs-137 [1.18MeV]	
2	8.5		
3	13		

[出典]S.Glastone&A.Sesonke:"Nuclear Reactor Engineering"3rd Edition

※「核崩壊によるβ線」欄は筆者追加 < 5/9 一部転載ミスがあり訂正しました該当箇所(エネルギー1MeV、飛程 3.7m) >

これらからあらためて観測データを検証すると、3/15から第1回目測定までの降雨量0.5mm~1.5mmはしっとりとした雨で、大気中に滞留していた放射性物質を着実に地表に沈着させたと考えられる。4/8の第1回目の測定時には、アスファルト面では特に浸透もなく均一にCs137及びCs134が吸着したと考えられる。そのため線量率分布に明確な不連続性が示されたと考える。その後2回目、3回目までの測定では風速18m/sを超える風と降雨量3.0mmが同様に観測され、線量減少が起こった。4/25報告の推移予測では風のみとしていたが(今回も風の影響として1ページの推移予測は試算している)本来は土壌面では、セシウムの浸透についても考慮すべきかもしれない。その後、第4回の測定までには4/23に12.5mm/hの降雨量、4/28日には9.5mm/hの降水量があった。

このような経過の中で、アスファルト面のみならず、3ページに示した水はけのよい固めの土壌の線量率の変化についても分布の形が保存された形で、全体量が減少しているのとらえることができる分布であることがわかる。

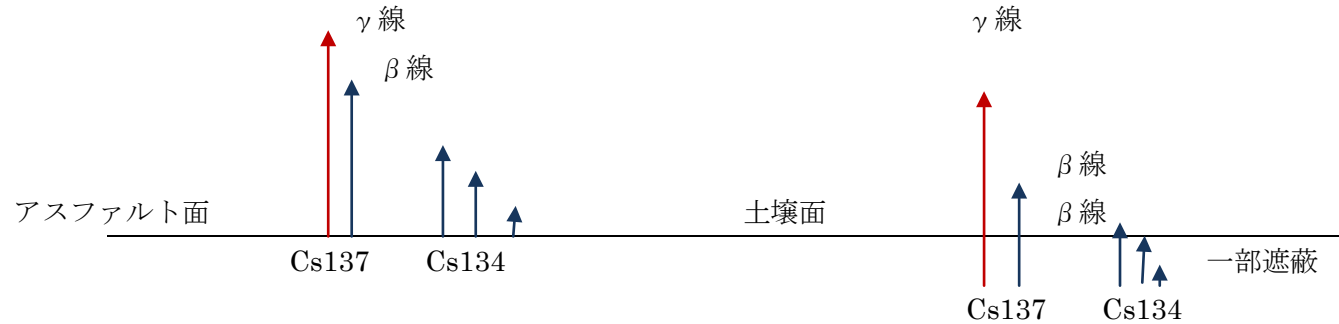
この線量分布における傾向について検証するには、20cm刻みではなくもう少し細かく分析することが必要であると考え、測定方法を次のように変更した。各モニタリング地点について最高高度を170cmとし2cm刻みで測定すること。測定に当たっては測定器の検出窓は今まで通り水平に向け各ポイントについてすべての高さの測定が終了するまで同じ方向で測定することをより徹底した。観測結果は次に示す。

4 線量率の高さ依存性における量子効果と γ 線の干渉縞の存在について

有意なデータが観測されたため、測定データの移動平均を求めその差分についてもあわせて掲載した。グラフ内では今までの観測点 10cm、30cm、50cm 等には黒い点を描画し、今回の 2cm 刻みのデータはグレーで描画した。また対数での近似曲線が描けた場合描画してある。

アスファルト面の観測データ Fig 1-1 にはかろうじて β 線のピークが観察されている。高さ 40cm 程度には放射線量が最大の点が存在した。アスファルト面で地表面の線量率が高くなる原因は間違いなく β 線の存在と考察できる。粘土質の固い土壌面 Fig4-1 でも 40cm 近傍には同じように β 線の存在が確認できる。砂地の土壌面 Fig3-1 ではセシウムの全体的な浸透により、 β 線遮蔽が起こり線量は高さ依存性がなくなりほぼフラットになっている。ただし、テニスコート Fig2-1 については 50cm から 110cm 付近が周辺より線量率の高い部分が存在し、ここには β 線が届いてきているように考察できる。

この傾向が本校敷地内だけではないことを検証するため郡山市外のある地点 A 地点でも測定を試みた。Fig6-1 では明確に区別はできないが 70cm より低い地点に β 線が多く存在することがわかる。



また、この測定により線量率分布には干渉縞(強度の周期的変化)が存在することが判明した。これは電磁波である γ 線によるものと考えられる。分析を試みるため 2 区間の移動平均との差分をとりグラフにした。Fig1-2~Fig6-2 には小さいものでは約 4cm で強めあうポイントが周期的に現れることがわかる。この場合、測定点を 2cm 間隔で移動させたのであるが、はっきりと強度分布がとらえられたことは偶然ではある。多少のノイズはあるが、 γ 線が干渉し周囲より高めの線量率を示すポイントがあることがわかる。たまたまではあろうが、文部科学省が行っている測定での 50cm と 1m については γ 線の干渉と β 線の飛程ギャップが重なる場合、特異的に周囲より低い線量率が測定される傾向があることに注意する必要がある。

これらのことから線量率の高さ依存性には、 β 線の量子効果と γ 線の干渉縞が存在することがわかった。またアスファルト面や粘土質の土壌面では β 線の影響により、70cm 以下の高さに 1m 地点より線量率が高くなっている部分が存在することを認識することが必要である。

これらのことについてさらに検証をすすめ、次回報告します。

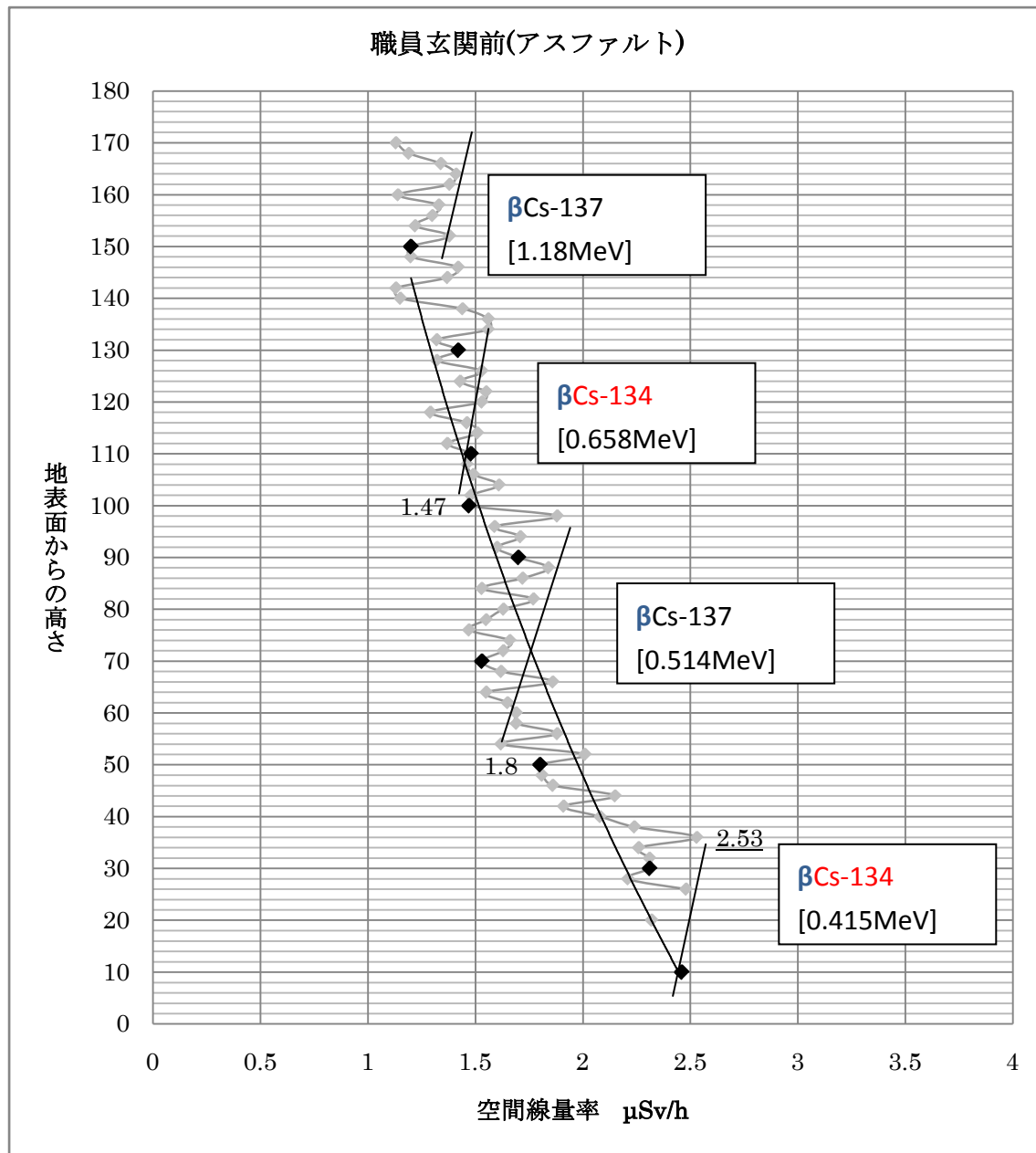


Fig1-1 測定日 4/30 職員玄関前アスファルト面 16:40~18:15

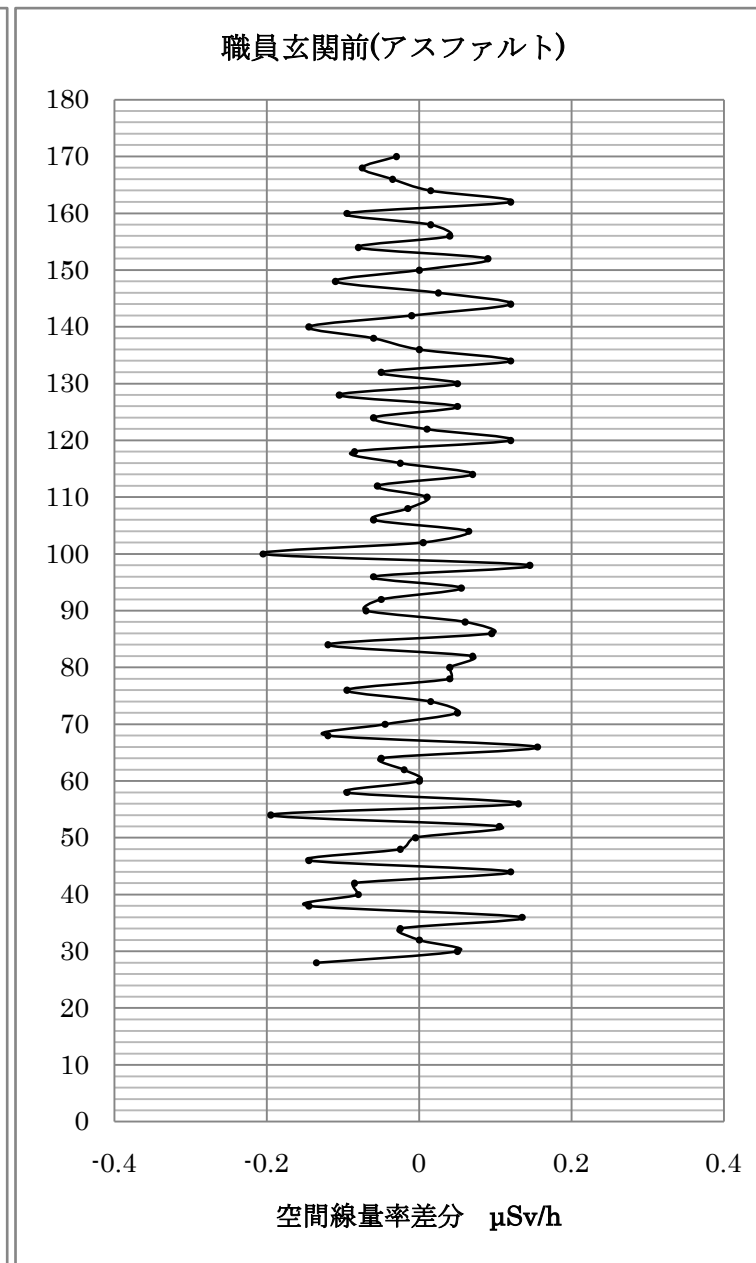


Fig1-2 移動平均との差分 ※縦軸単位以後すべて(cm)

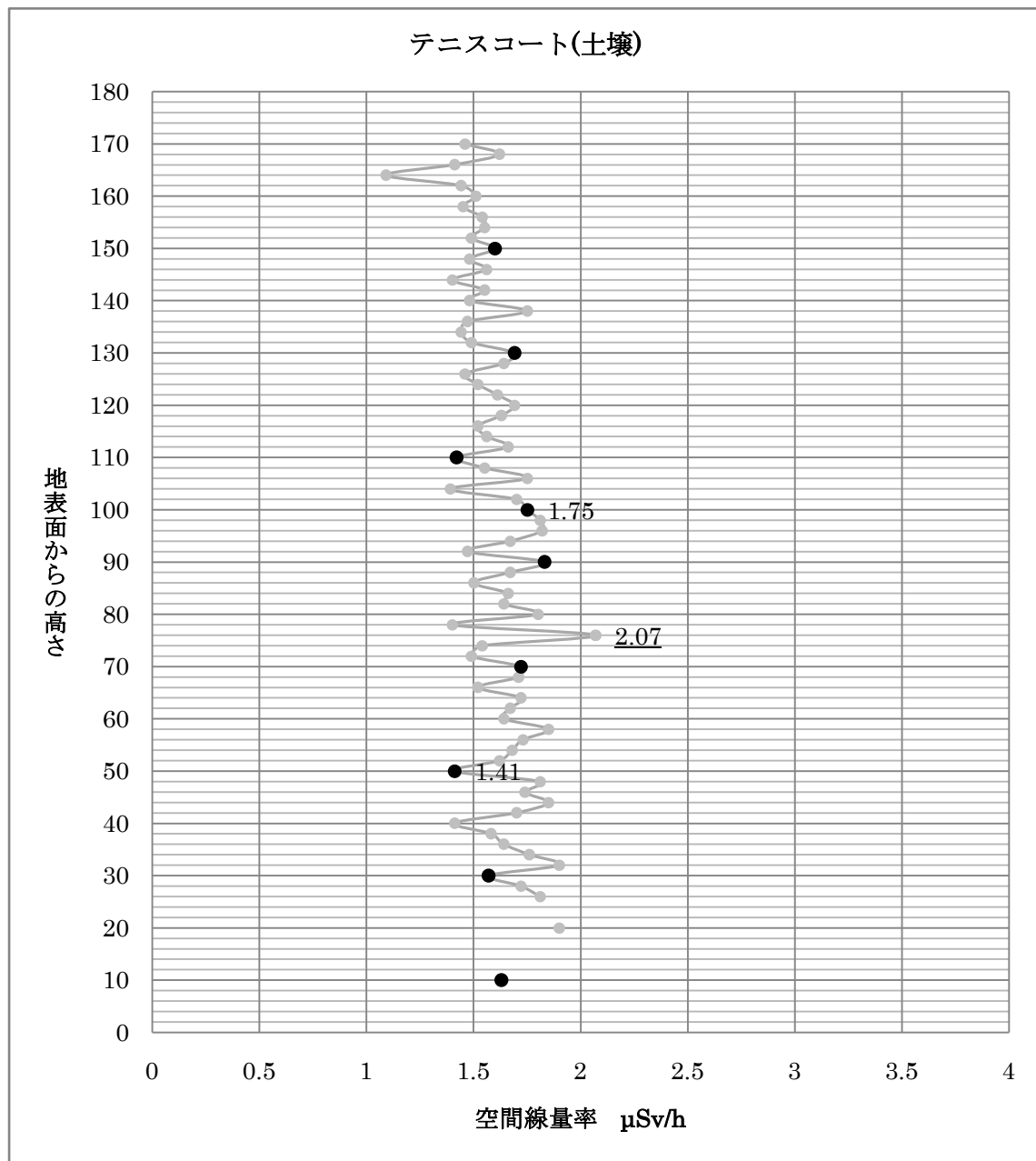


Fig2-1 測定日 5/1 テニスコート土壌面(表面に 4/26 薄く砂をまいた)16:40~18:15

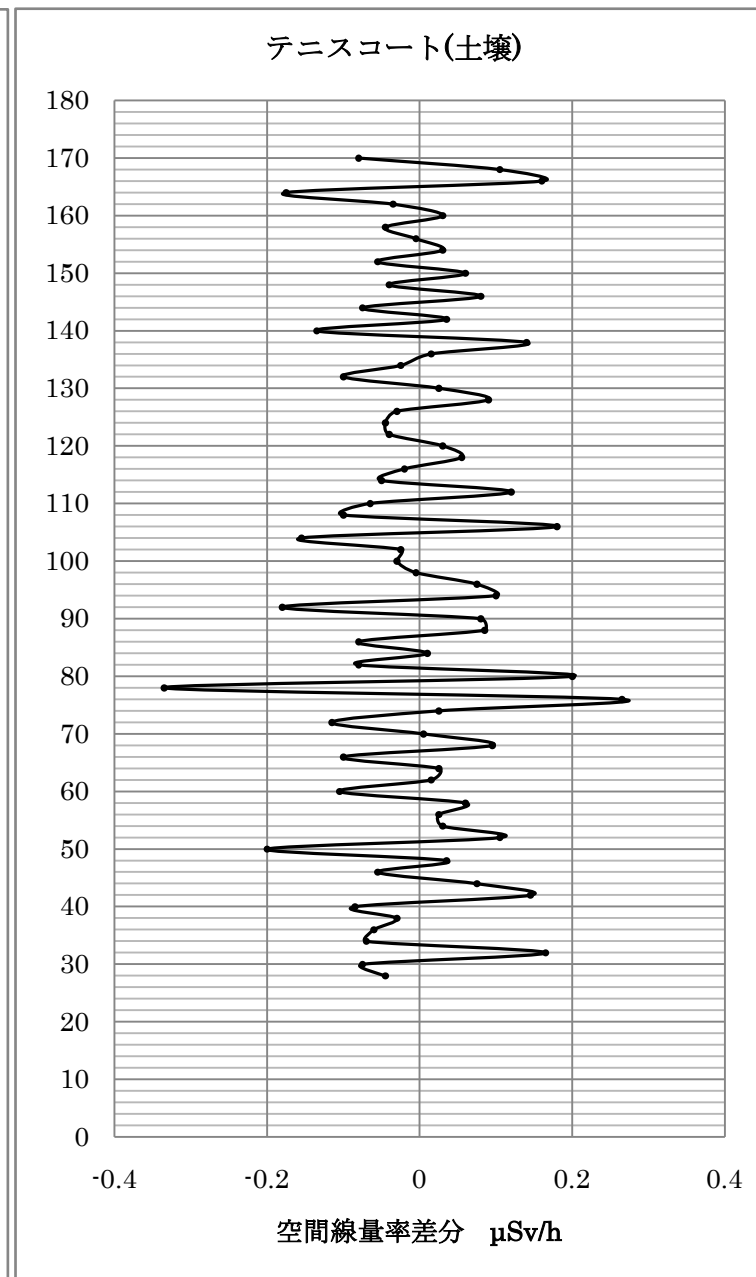


Fig2-2 移動平均との差分

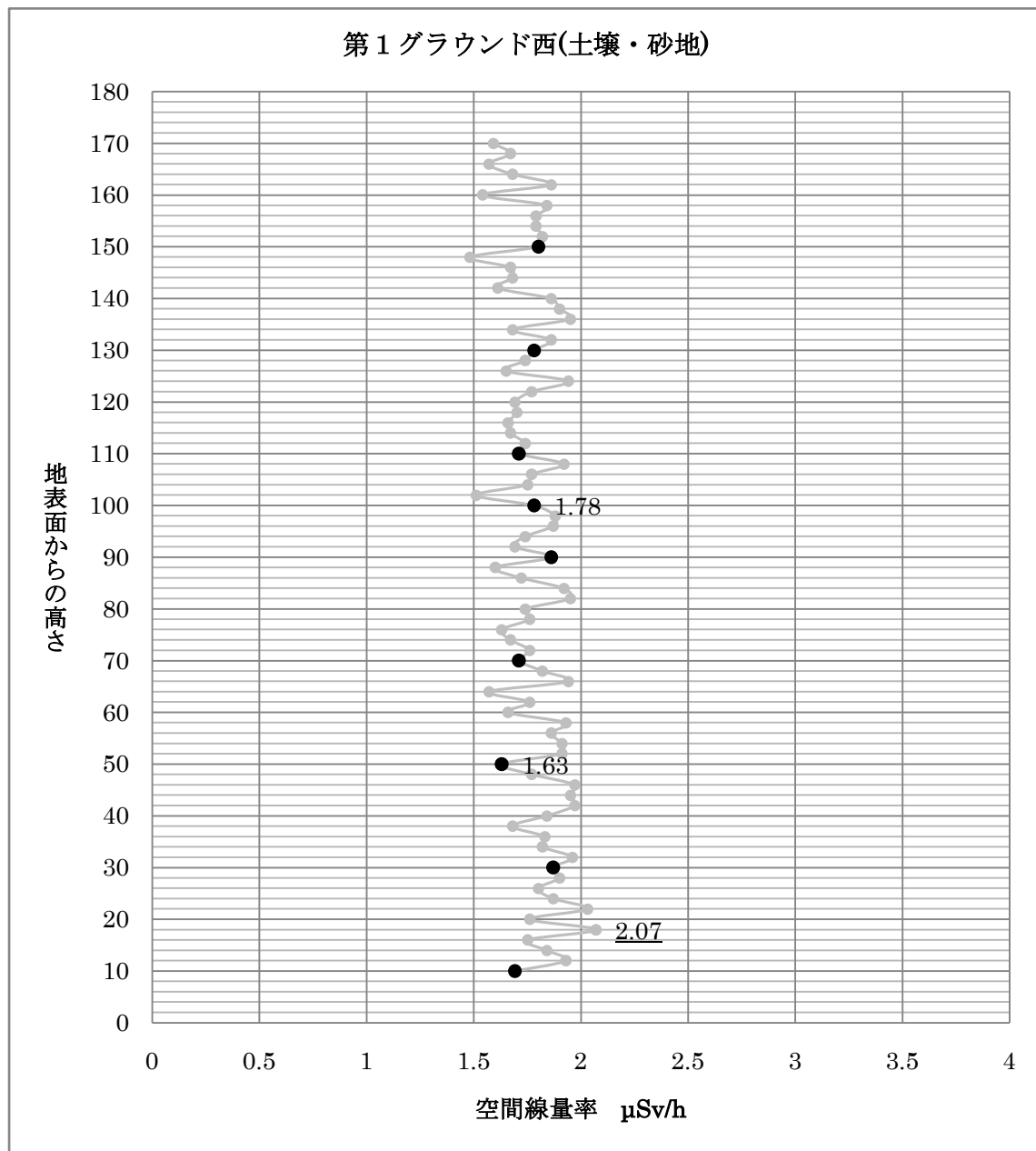


Fig3-1 測定日 5/3 砂地で水がたまりやすい土壌面 11:30~12:40

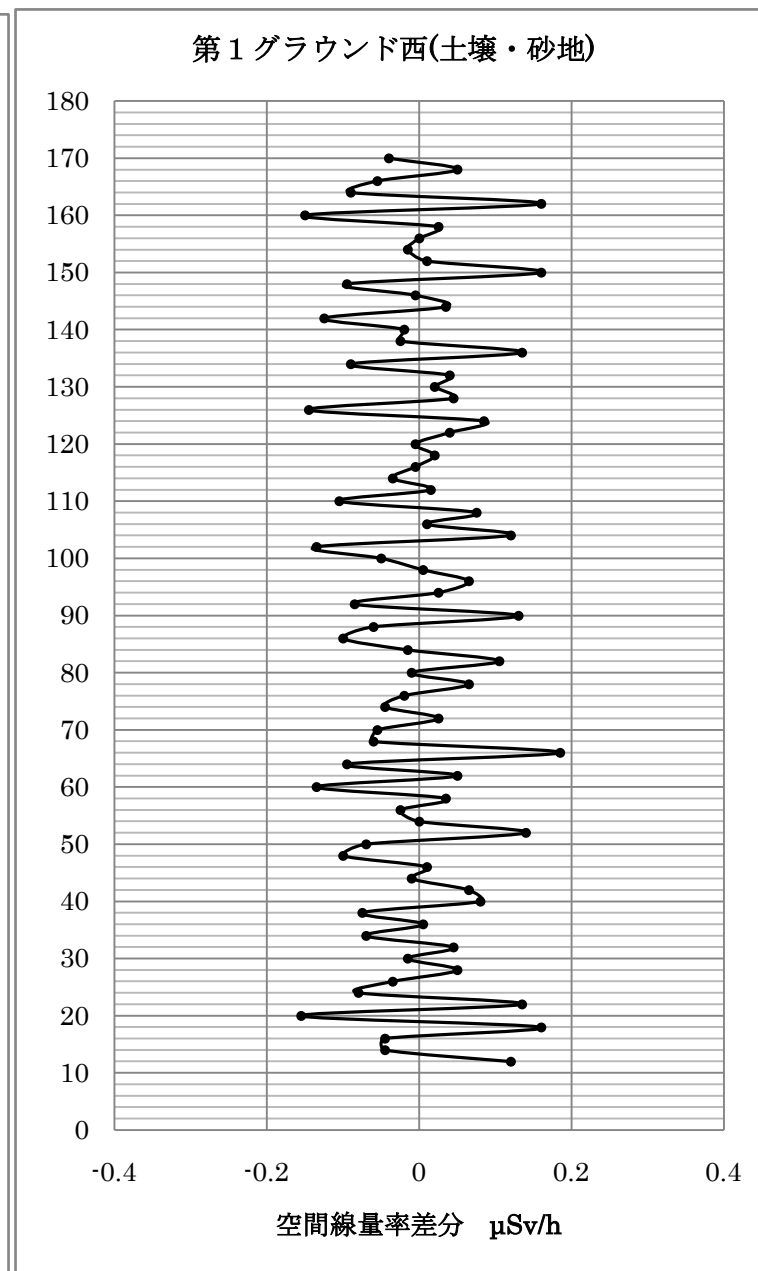


Fig3-2 移動平均との差分

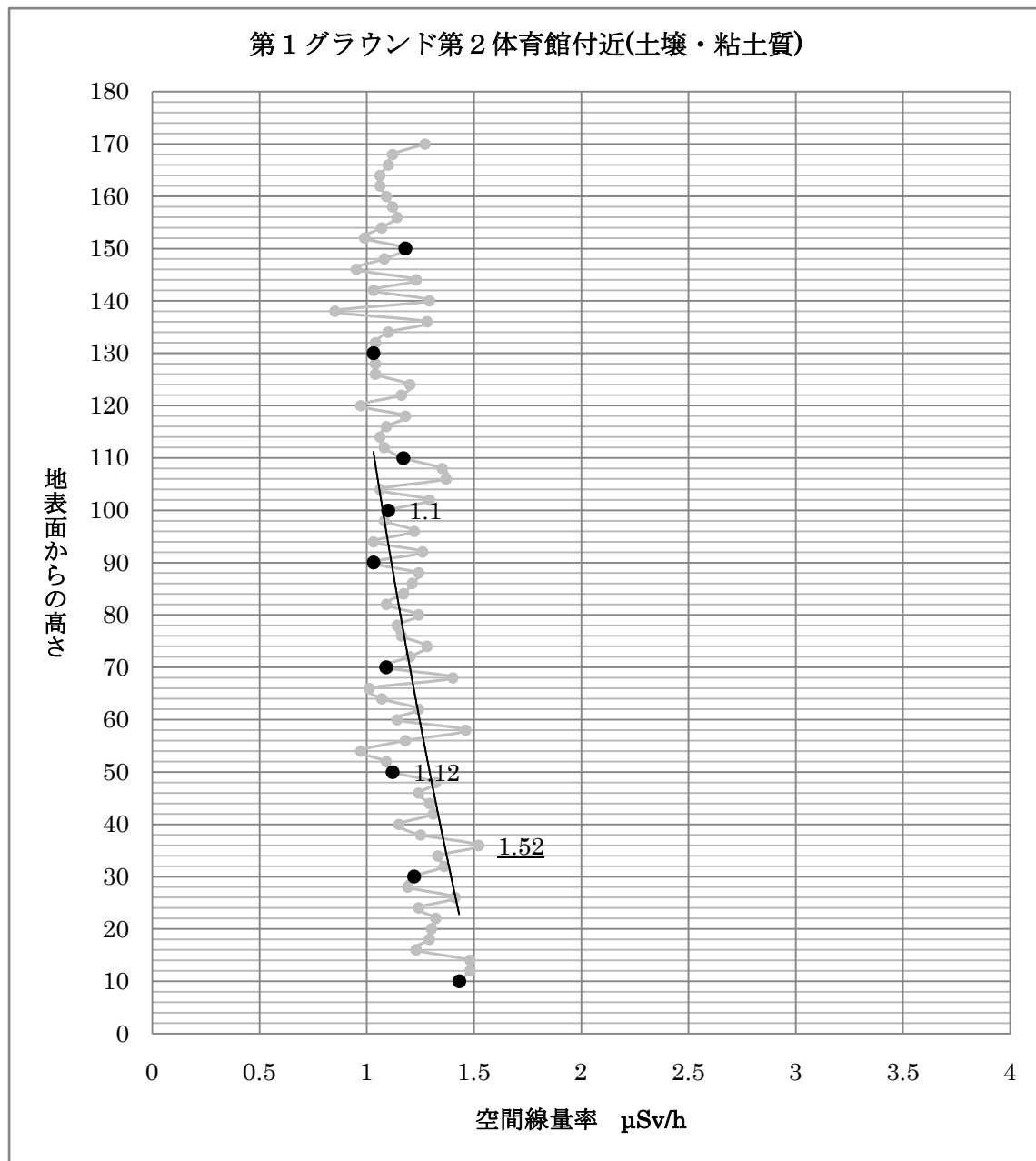


Fig4-1 測定日 5/3 水はけのよい固めの土壌面 12:40~14:10

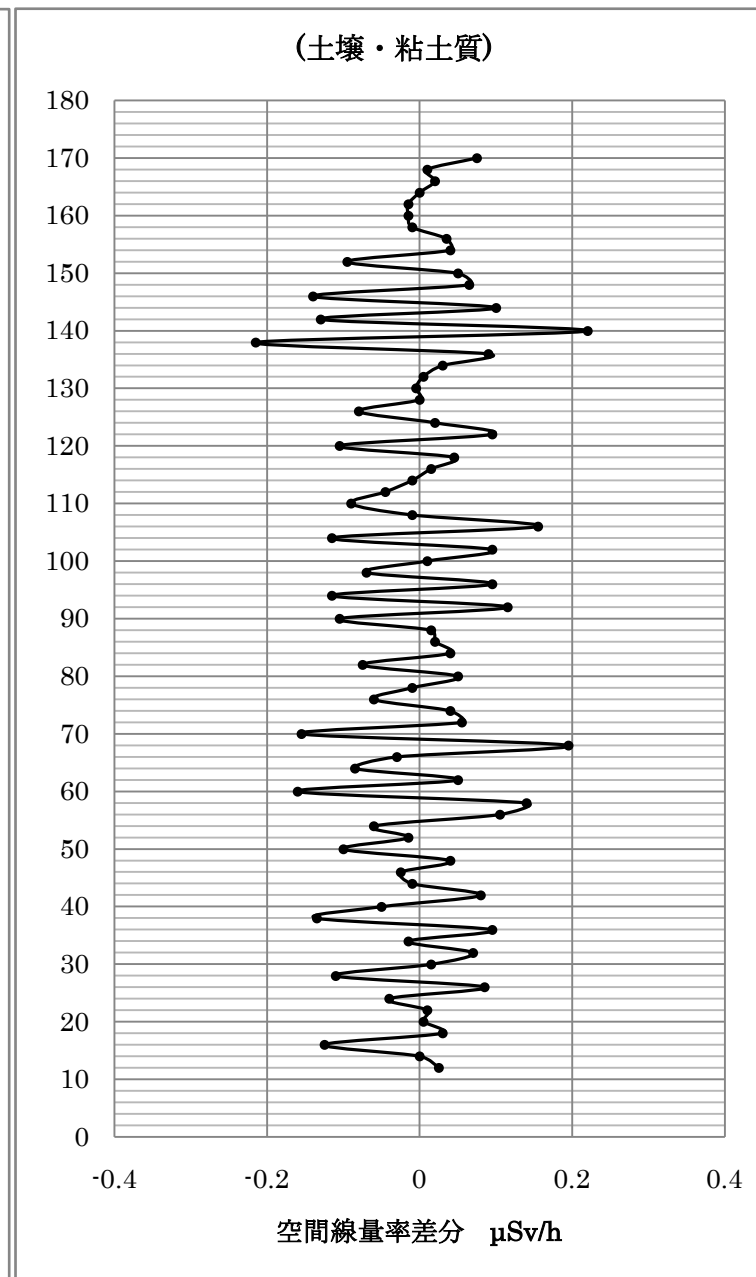


Fig4-2 移動平均との差分

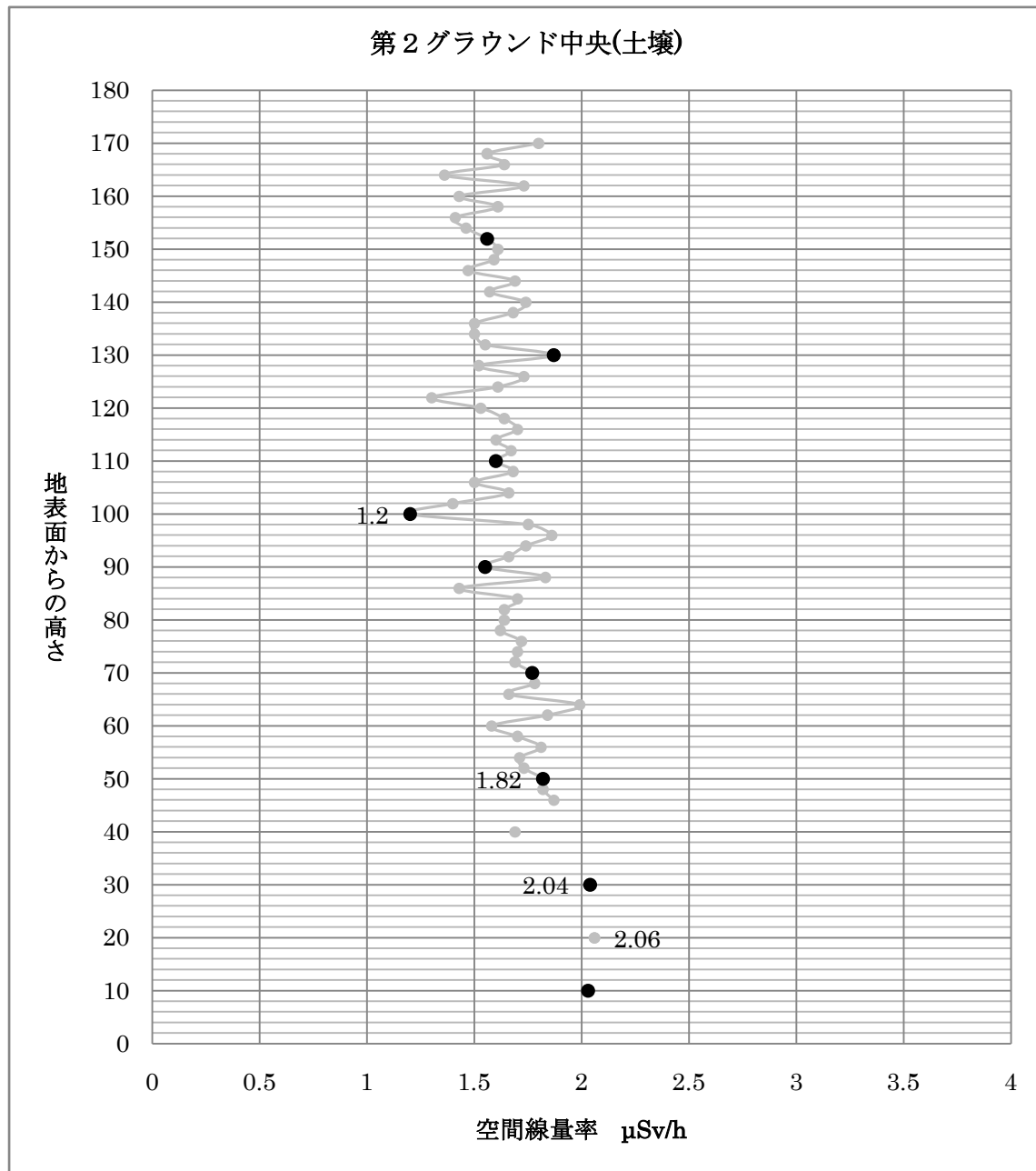


Fig5-1 測定日 5/3 水はけのよい固めの土壌面 14:30~15:40

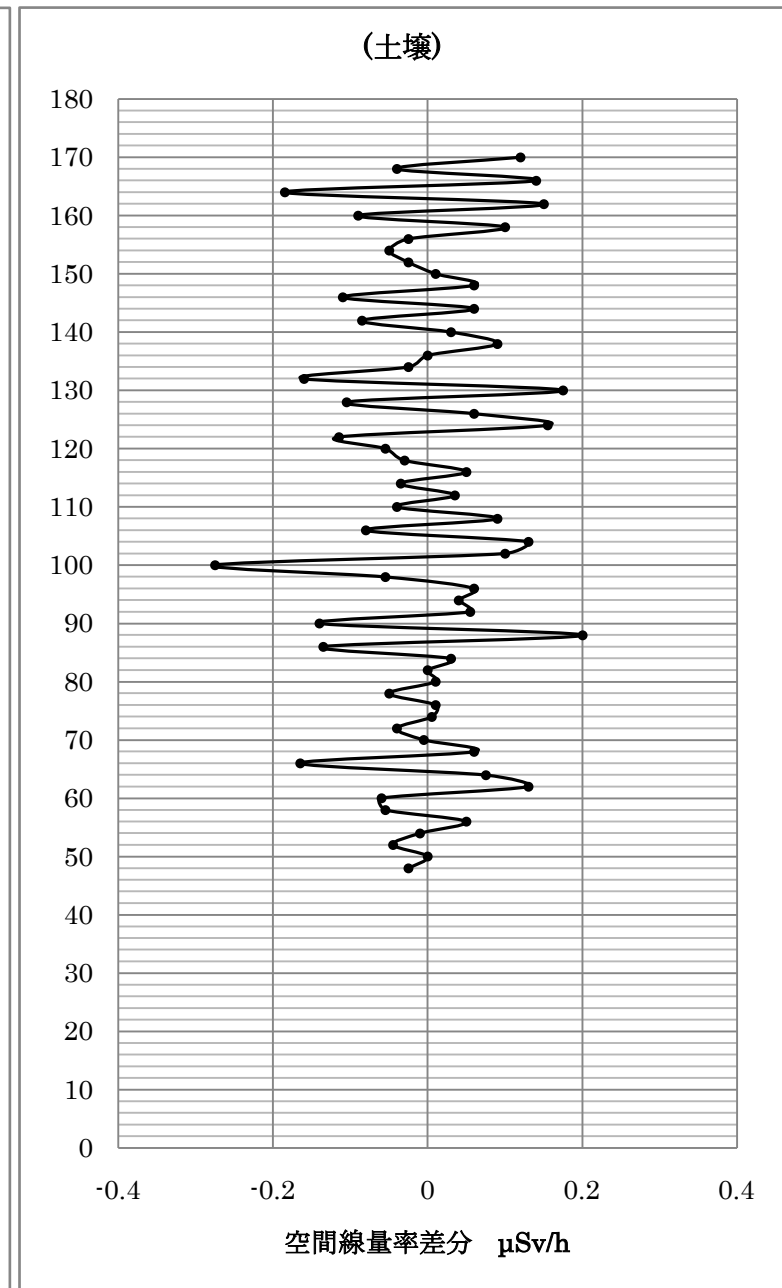


Fig5-2 移動平均との差分

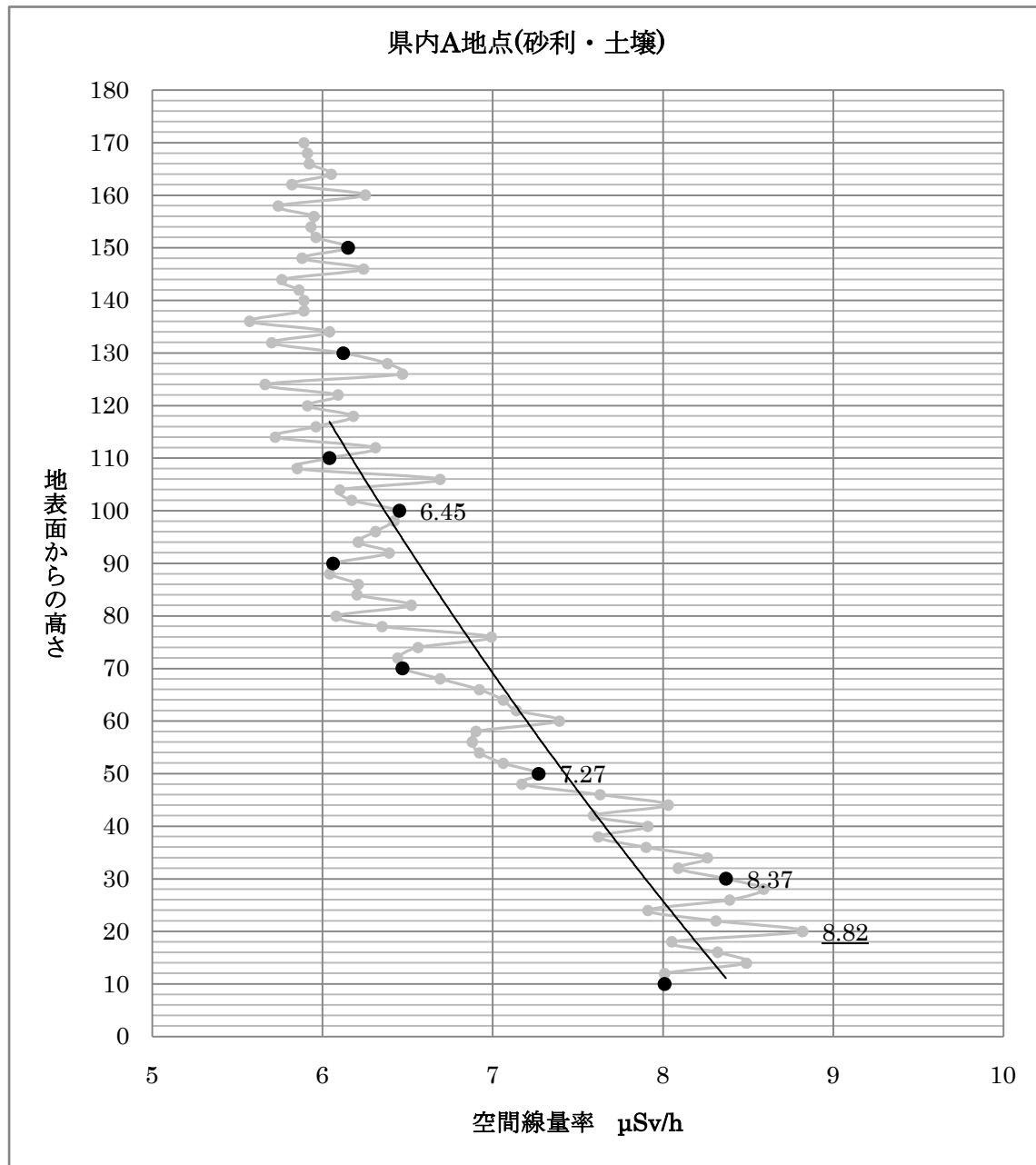


Fig6-1 測定日 5/4 砂利がひいてある固い土壌面(校地外)10:00~11:00

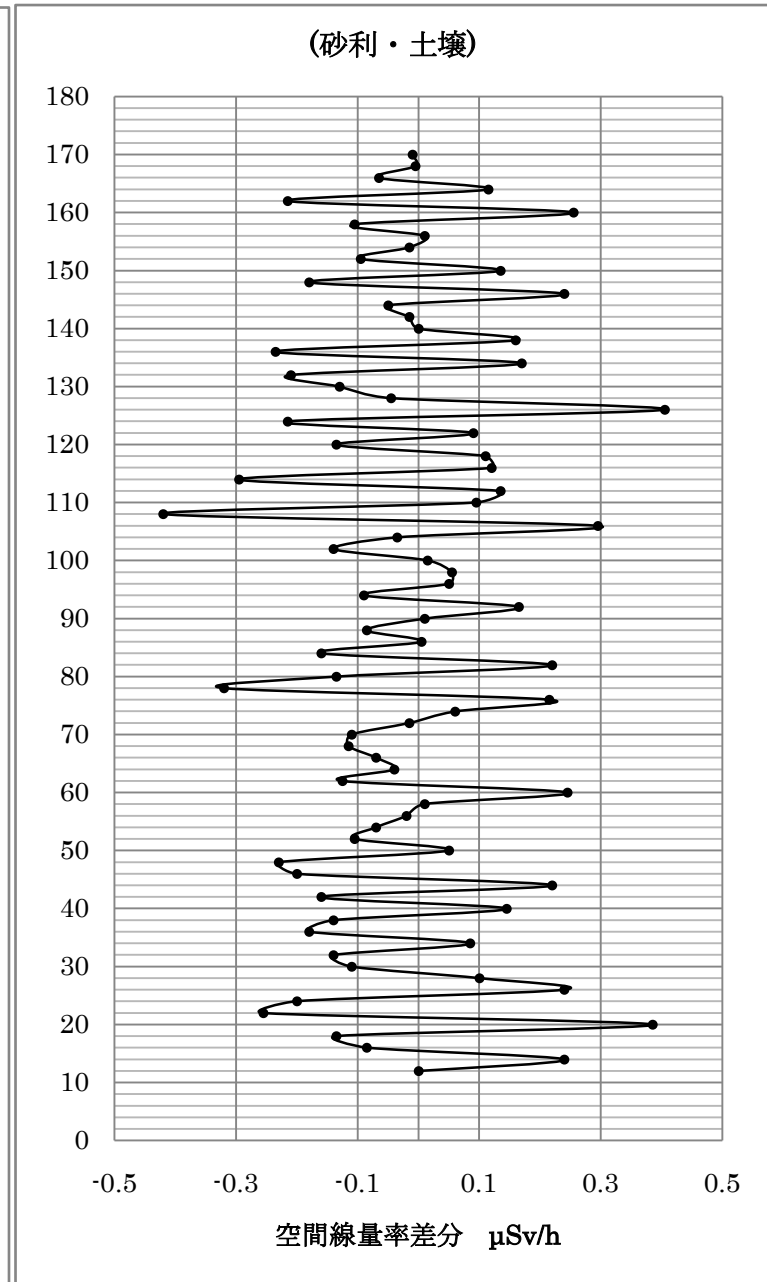


Fig6-2 移動平均との差分

福島県立安積黎明高等学校放射線量測定環境時系列

2011/3/14 11時01分 福島第一原子力発電所3号機 水素爆発

日 時		降雨量	備考(風向等)
2011/3/15	17時	0.5mm	
2011/3/15	24時	1.5mm	
2011/3/16	1時 8時	1.0mm 0.5mm	
2011/3/21	8時 9時 10時 15時 16時 19時	0.5mm 0.5mm 0.5mm 0.5mm 0.5mm 0.5mm	
2011/3/22	7時 8時 22時 23時 24時	0.5mm 0.5mm 1.0mm 0.5mm 0.5mm	
2011/3/25	17時 18時 19時 20時 21時 24時	0.5mm 1.0mm 0.5mm 1.0mm 1.5mm 0.5mm	
2011/3/26	1時 6時	0.5mm 0.5mm	
2011/3/31	11時	0.5mm	
2011/4/8	14時		第1回測定
2011/4/9	7時 8時 9時 10時 13時 14時 17時	0.5mm 0.5mm 3.0mm 1.5mm 0.5mm 1.5mm 0.5mm	
2011/4/12	10時 11時 15時		西北西の風 風速 10.4m/s 西北西の風 風速 10.2m/s 西北西の風 風速 10.1m/s 乾土 最大週間風速 18.7m/s
2011/4/15	14時		第2回測定
2011/4/16	12時 13時 14時		西北西の風 風速 12.4m/s 西北西の風 風速 13.9m/s 西北西の風 風速 16.6m/s 乾土 最大週間風速 26.4m/s

日 時		降雨量	備考(風向等)
2011/4/19	6 時	0.5mm	
	8 時	0.5mm	
	10 時	1.5mm	
	11 時	3.0mm	
	12 時	1.5mm	
	13 時	1.5mm	
	14 時	2.0mm	
	15 時	2.5mm	
	16 時	2.0mm	
	17 時	1.5mm	
	18 時	0.5mm	
	19 時	0.5mm	
2011/4/22	6 時 16 時	0.5mm	第 3 回測定
2011/4/23	8 時	1.0mm	西北西の風 風速 9.5m/s
	10 時	0.5mm	
	11 時	2.0mm	
	14 時	0.5mm	
	16 時	0.5mm	
	20 時	0.5mm	
	22 時	7.0mm	
	23 時	12.5mm	
24 時	6.0mm		
2011/4/24	1 時	2.5mm	
	2 時	1.0mm	
2011/4/25	12 時	1.5mm	
2011/4/28	1 時	1.0mm	西北西の風 風速 9.8m/s 西北西の風 風速 10.8m/s 西北西の風 風速 11.4m/s 西北西の風 風速 13.3m/s 西北西の風 風速 12.8m/s 西北西の風 風速 16.5m/s 西北西の風 風速 9.3m/s 西北西の風 風速 9.5m/s 湿土 最大瞬間風速 26.0m/s
	3 時	0.5mm	
	4 時	9.5mm	
	5 時	6.5mm	
	6 時	4.5mm	
	7 時	0.5mm	
	12 時		
	13 時		
	14 時		
	15 時		
	16 時		
	17 時		
18 時			
22 時			
2011/4/29	9 時		第 4 回測定