

福島第一原子力発電所事故前後の環境 γ 線ダイナミックスペクトル

湊 進
Minato Susumu

1. はじめに

福島第一原子力発電所事故の発生当時、屋外環境における線量率推移の全貌を知るには当該発電所近傍における環境 γ 線のダイナミックスペクトルが必須であると考えた。ここでいうダイナミックスペクトル（以下“DS”と略記）とは波高分布の時系列を指す。環境 γ 線のDS表現に関してはチェルノブイリ原子力発電所事故関連¹⁾と気中ラドン γ 線関連²⁾の報告がある。

事故当初、福島県設置の各モニタリングポストは東日本大震災の影響で福島県原子力センターとの通信途絶に陥り、テレメータシステムの復旧にかなりの月日を要した。事故後、数か月してデータの回収が始められた。現在では全26局のうち25局でのNaI(Tl)シンチレーション検出器線量率データ、18局での電離箱線量率データ及び11局での波高分布データが福島県原子力センターのウェブサイトで公開されている³⁾。2" ϕ \times 2" NaI(Tl)シンチレーション検出器による2011年3月の波高分布データがテキスト形式で入手できる。

本稿ではこれらのデータのうち、1例としてある局のデータからDSを作成する。そして、このDSを解析すれば微弱でしかも半減期が数10時間程度の短寿命核種であっ

ても同定が可能であることを例示したい。

2. 線量率の時系列

福島県のモニタリングポストは1局（福島市紅葉山）を除いて全てが福島第一原発から30 km以内に設置されている。図1にそれぞれの線量率の時系列を示す。多くの局で2011年3月16日以降の記録が途絶えている。31日以降まで記録が残っているのは6局にすぎない。これらを代表するものとして、本稿では広野町二ツ沼局を取り上げてDSの説明に入る。

3. ダイナミックスペクトル

図2は1時間測定分の波高分布を3時間おきに並べたものである。15日までは自然起因の γ 線のみであるため、⁴⁰K (1.464 MeV), ²¹⁴Bi

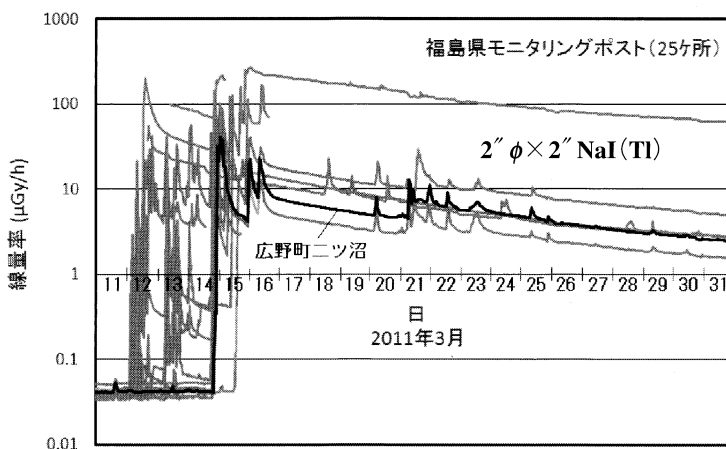


図1 福島県内の各モニタリングポストでの線量率

(1.765 MeV) 及び ^{208}Tl (2.615 MeV) のピークが目立つ。15日以後の詳細を把握しやすいように反対側から見たものも図3に示す。

14日23時からレベルが大幅に上昇し、その後急降下したのち16日2時に再び急上昇する。線量率が極めて高い場合には、信号パルスが前置増幅器に入るとすぐに次の信号パルスが来る確率が高くなるためパイルアップ(前のパルスの裾に次のパルスが重なってパルス波高が高くなること)が起こる。図2にはパイルアップにより波高値が広がり、主な光電ピークがなだらかになる様子が明瞭に表れている。図1の線量率データと比較

したところ、この測定系では $18 \mu\text{Gy/h}$ を超えると顕著なパイルアップが生ずることが分かった。そのほかの時間帯では光電ピークは比較的安定している。パイルアップを起こしている波高分布から変換した線量率データは全て不正確なので、電離箱データを採用しなければならない。

4. 核種の同定

DSの各光電ピークに着目すると、短期間に計数率が減衰するものとそうでないものがある。また、線量率上昇時に降水があったかどうかで乾性沈着と湿性沈着とに分けて解析することも可能である。

核種ごとに光電ピーク部分を切り取ってその時間変化を追うことにより、汚染気塊が到来してから沈着するまでの様子を推定することもできる。平山ほか⁴⁾は福島県原子力センター公開の波高分布³⁾から切り取った ^{131}I のピーク面積の計数率の推移について詳しく考察している。

本稿ではこれら光電ピークのうち極めてピー

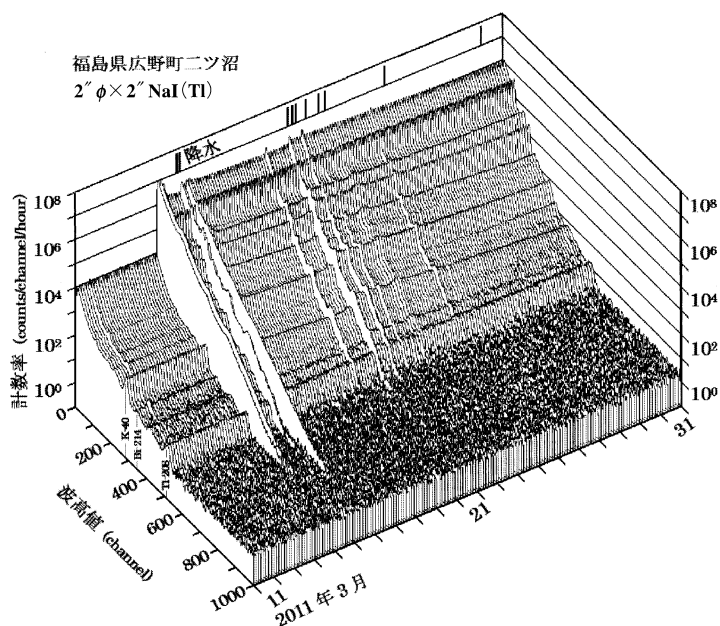


図2 環境 γ 線ダイナミックスペクトル(昇順)

ク計数率が小さく、比較的短時間に減衰するものに着目してみる。このようなピークは随時のNaI(Tl)シンチレーション検出器による現場測定では発見が非常に困難である。たとえそれらのエネルギーを決定できたとしても、減衰状態がつかめないと核種同定につながらないからである。これら微弱短寿命核種のピーク位置を明瞭に示すために、線量率上昇直後と月末の波高分布を比較する。図4がそれである。図中の日時は図3のDSを観察して適切と思われるものを選んだ。

図4では15日の測定には存在しており、31日には消失しているピークにAとBと付してある。逆に15日では不明であるが31日には存在が確認できるものをCと付してある。図中のその他の顕著なピークについては事故当時の測定に関する報告⁵⁻⁸⁾に核種名が記載されている。図3と比較すればA, B, Cのピークが図3のどれに対応するかが分かるであろう。

図3によればピークA及びBは数日で消失する。校正直線からエネルギーを求めたとき

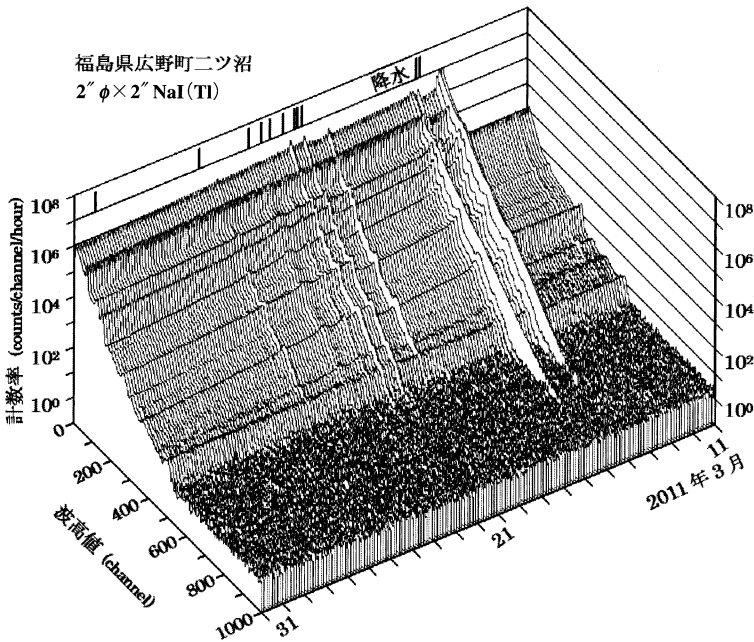


図3 環境γ線ダイナミックスペクトル(降順)

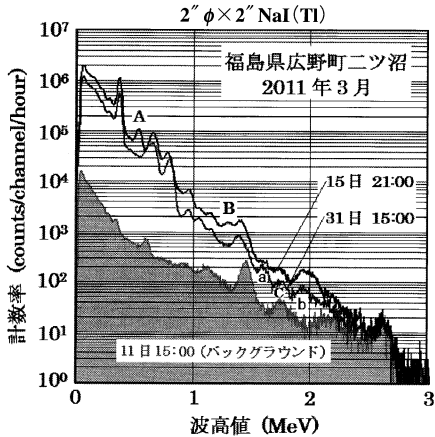


図4 波高分布例

る、それぞれ約 0.54 及び約 1.30 MeV であった。これらのピークには ^{132}I も重なるので、その寄与分を差し引いてピーク計数率の減衰曲線を描いてみた。その結果、半減期は約 20 時間と評価された。これは ^{133}I (エネルギー 0.5299, 1.298 MeV; 半減期 20.8 時間) に相当する。こ

の核種は短寿命のため、NaI(Tl)シンチレーション検出器による測定では非常に判別しにくい。実際、文献5-8)にも ^{133}I に関する記述はない。

次に図4のピークCを見てみよう。これは31日の波高分布ではピークと認められるが15日では不鮮明である。前後のピークa及びbはそれぞれ ^{140}La (1.596 MeV) 及び ^{132}I (1.921, 2.002 MeV) である⁷⁾。また、 ^{132}I のそれぞれのコンプトン端は 1.695 及び 1.775 MeV であり、ピークC付近に位置する。図3によればこのピークは線量率の高い15

~21日では鮮明なピークとして確認できないが、その数日後から徐々に見え始める。これは比較的寿命の短い ^{132}I (半減期 3.204 日の ^{132}Te の娘核種) が消えるに従ってバックグラウンドの ^{214}Bi (1.765 MeV) が徐々に浮かび上がってくるものと解釈できる。

5. おわりに

ここまで見てきたようにDSは単に全体像を把握できるだけでなく、環境放射線計測技術の観点からも興味深い知見が得られる。ピークの解析についてもピークの列が互いに平行か否かを判別しやすい。NaI(Tl)シンチレーション検出器はGe(Li)半導体検出器より分解能がかなり劣るが、DSのピーク列の陰影の消長からピークの同定が可能になる。計量地形学などで多用されている境界線抽出のための微分オペータによるフィルタリング処理技術を活用すれば更なる発展が望めるだろう。データ解析に際しては、手間は掛かるが一度DSを描いてから作戦を立てるのが上策と思える。

参考文献

- 1) 菊池秀夫, 中村栄一, ソ連原子力発電所事故の環境ガンマ線スペクトルへの影響, *Isotope News*, **387**, 8 (1986)
- 2) Minato, S., Dynamic spectrum of airborne gamma-rays, *RADIOISOTOPES*, **39**, 170-173 (1990)
- 3) 福島県原子力センター, <http://www.atom-moc.pref.fukushima.jp/old/top.html>
- 4) 平山英夫, 松村宏, 波戸芳仁, 佐波俊哉, 福島県モニタリングポストの NaI(Tl) 検出器波高分布データを用いた空気中の I-131 放射能時間変化の推定, 日本原子力学会和文論文誌, **14**, 1-11 (2015), doi:10.3327/taesj.J14.027
- 5) 松村宏, 斎藤究, 石岡純, 上蓑義明, 高速道路上のガンマ線測定より得られた福島第一原子力発電所から飛散した放射性物質の拡散状況, 日本原子力学会和文論文誌, **10**, 152-162 (2011)
- 6) 佐波俊哉, 佐々木慎一, 飯島和彦, 岸本祐二, 斎藤究, 茨城県つくば市における福島第一原子力発電所の事故由来の線量率とガンマ線スペクトルの経時変化, 日本原子力学会和文論文誌, **10**, 163-169 (2011)
- 7) Minato, S., Application of a 60×60 response matrix for a NaI(Tl) scintillator to fallout from the Fukushima Reactor accident, *Radiation Emergency Medicine*, **1**, 108-112 (2012)
- 8) 小西浩之, 富士栄聡子, 生嶋清美, 保坂三継, 中江大, *RADIOISOTOPES*, **64**, 185-195 (2015)

(放射線地学研究所)