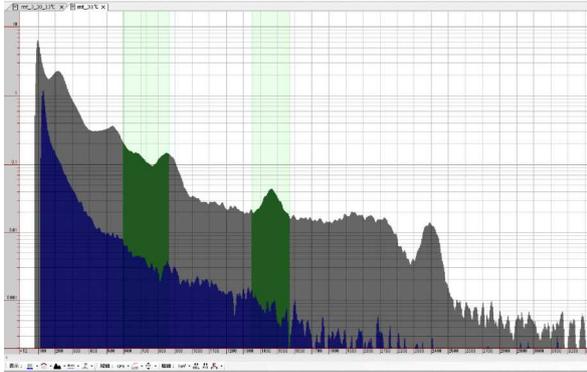


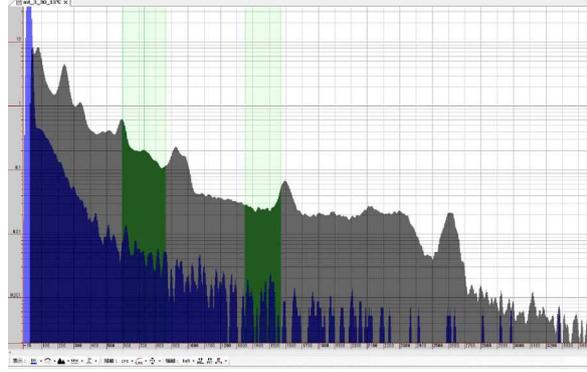
放射能検出器ノイズレベルの温度変化

放射線測定器の改良を加えてきたが、日によって細かなピークが見えたり、見えなかったりと改良した装置の性能の再現性の悪さに苦労してきた。調べてみると温度によりノイズレベルが変化することが原因であることがわかった。そこで正確に温度とノイズの関係を測定したところ、かなり急激な変化であることがわかり、フォトランジスターをペルチエ素子で電子冷却を考えるまでになった。

次の2つのスペクトルが温度の違う状況で測定したスペクトルである。ノイズのレベルが温度の上昇に伴い増加する



気温 31 °C

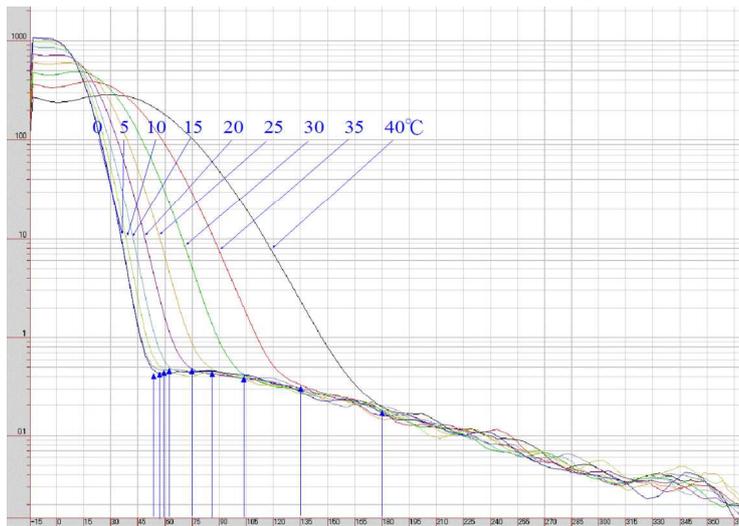


気温 13 °C

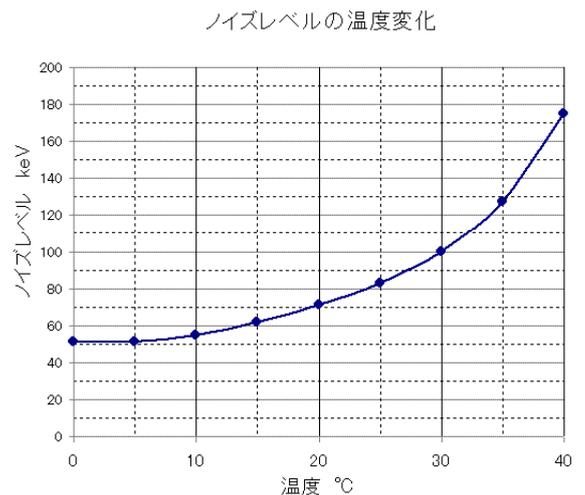
と同時に、スペクトルの分解能が悪化していることがわかる。エネルギーが低い流域でのピークが消えて見えなくなってしまう。

■ 温度によるノイズレベルの変化

電子恒温槽に放射線測定器を入れて、0 °Cから 40 °Cまで 5 °C刻みで温度を設定し、ノイズレベルをエネルギー (keV)換算で測定した。測定方法はバクモニでスレシホールド値を0としてノイズのスペクトルを測定、ノイズスペクトルの立ち上がりのエネルギーを読み取って求めた。



ノイズのスペクトル



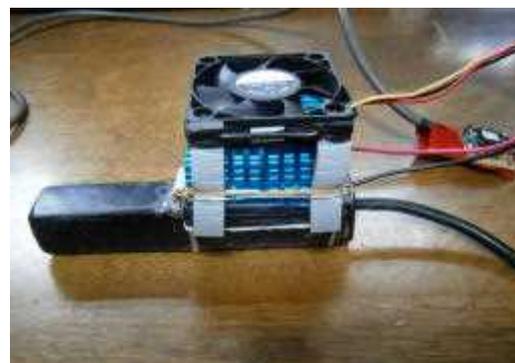
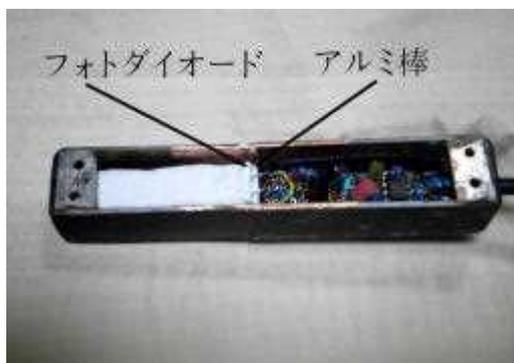
ノイズレベルの温度変化

グラフを見ると、ノイズは温度の上昇とともに急激に増加する。70keV 以下にするには 20 °C以下の温度である必要があり、野外での直射日光の当たる場所や、夏場の測定ではノイズの影響が無視できないことがわかる。

■PIN フォトダイオードの電子冷却

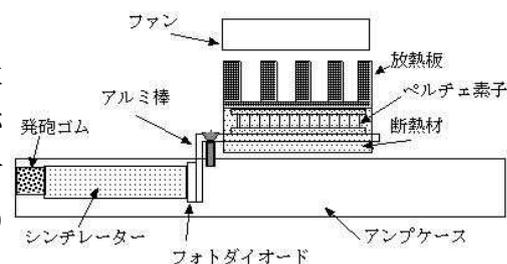
ノイズレベルを下げるために、チャージアンプの回路定数を変更したが大きな変化はなかった。回路定数の変更として①初段 FET のドレイン抵抗を $1.5k \Omega$ へ変更、② FET のドレイン-ソース間電圧を $4V$ へ変更、③ FET を2本並列に変更、④ OP アンプの変更。以上の4点の変更でスペクトルがどう変化するかを確認したが顕著な性能向上にはつながらなかった。変更後元に戻すことはしていないので、以前のアンプとは回路定数は変わっている。なお、OP アンプとして FET 入力タイプを利用したが、入力段のインピーダンスが低いのでバイポーラタイプに変更した方が合理的である事に気づいた。そのような理由で、NMJ2114DD を利用したところ故障が頻発した。アプリケーションヒントに注意があった、入力端子に電流制限抵抗を入れていなかったためであった。NJM2068DD に変更した。

回路の変更でノイズレベルの低減は限界がある。フォトダイオードをペルチェ素子による電子冷却を試みた。アンプを含めて冷却すれば性能はダイオードのみよりも良いが、全体を冷やすには大きな冷却性能が必要になり、容易ではない。そこでダイオードだけを冷やす方式に決定した。冷却の仕組みは幅 $15mm$ 、厚さ $2mm$ のアルミの棒を L 型に曲げ、アンプのケースに L の短い辺を差し込み、フォトダイオード S3590-08 の裏面を熱的に接触させ、ケースの外に出ているアルミ棒をペルチェ素子で冷却してフォトダイオードを冷却した。

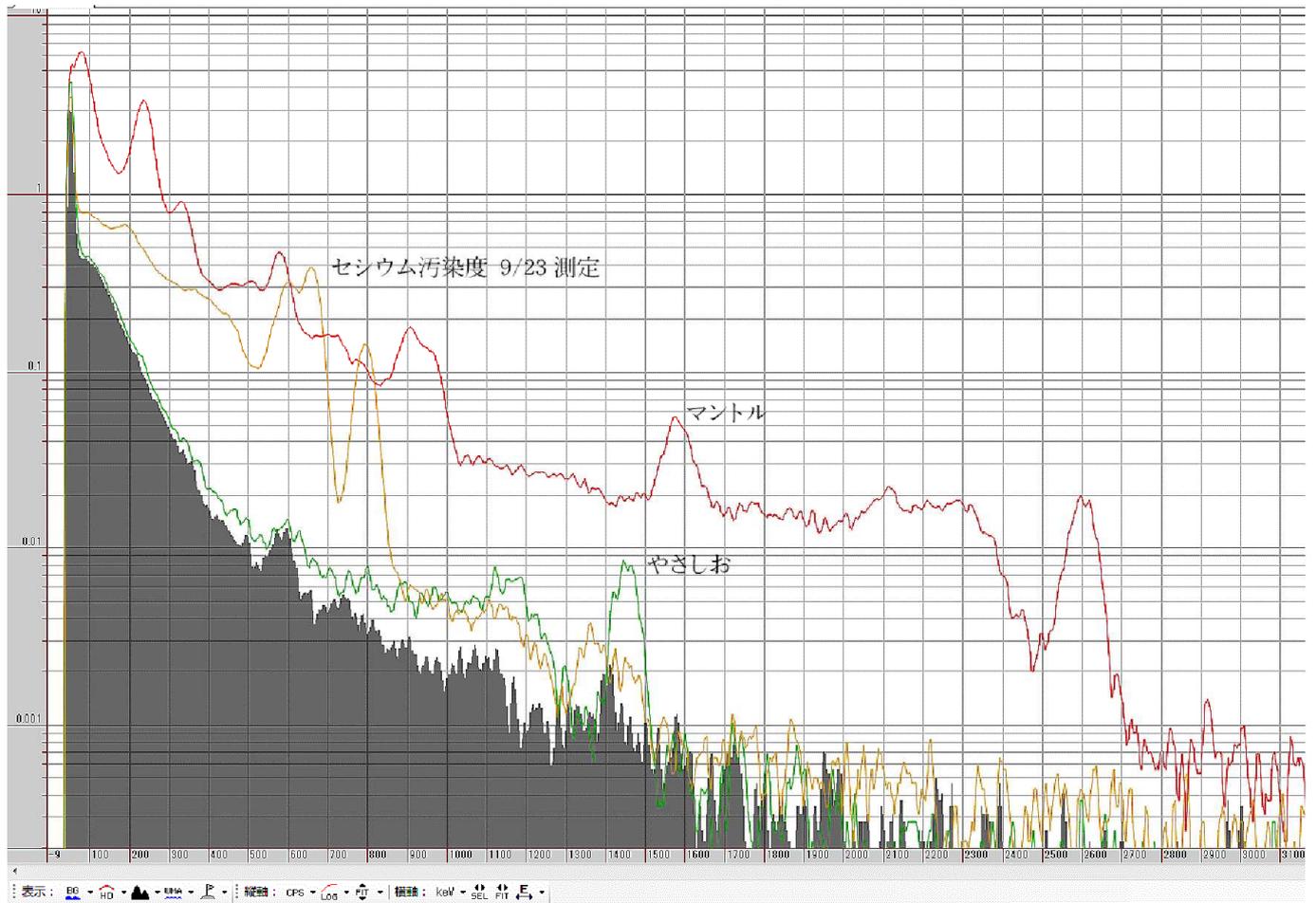


ペルチェ素子は秋月電子で購入した $3cm \times 3cm \times 3.8mm$ の素子で、 $3V$ の電圧で動作させている。放熱板は 486 時代の CPU クーラーでファンを $5V$ で回転させている。ペルチェ素子への給電は DC-DC コンバータ OKL-T/3-W5N-C で $5V$ を $3V$ に降圧して供給している。ファンとペルチェ素子への合計電流は $5V$ 電源で $0.6A$ であった。USB より給電している

放射能検出器とペルチェ素子との接続の仕方は左の図のように行った。ファンの振動が伝わるとノイズが発生するので、発砲ゴムのテープをクッションにして振動が伝わらないようにした。また検出器本体への取り付けは輪ゴムで固定している。



■電子冷却をした時のスペクトル



2013年9月23日、27℃の室内で測定したスペクトルである。ノイズの立ち上がり部のエネルギー換算値を読み取ると65keVであったので、ペルチェ素子によりフォトダイオードは15℃程度に冷却されていると考えられる。