

JAERI-M
83-183

可搬型波高分布記録装置の開発

1983年10月

片桐政樹・堀江活三・阪井英次・小沢皓雄

日本原 子力研究 所
Japan Atomic Energy Research Institute

JAERI-Mレポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Section, Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokaimura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 1983

編集兼発行 日本原子力研究所
印 構 翠高野高速印刷

可搬型波高分布記録装置の開発

日本原子力研究所東海研究所原子炉工学部

片桐政樹・堀江活三⁺・阪井英次

小沢皓雄⁺⁺

(1983年10月11日受理)

手軽に持ち運びできる可搬型ゲルマニウム γ 線検出器の普及にともない、実験室外部の現場に測定システムを持ち込み γ 線スペクトル測定を行う測定法を活用し種々の技術開発が進められている。 γ 線スペクトル測定を行うには、検出器の波高分布の測定にマルチチャネル波高分析装置を必要とするため、現場で使用できるように装置の可搬化が要請されていた。

可搬化を行う方法として、従来の波高分析装置を小型化する方法もあるが、本開発では使用目的を In-situ 測定及び原子炉建屋内等における内部放射能測定といった用途に絞り、装置の可搬化を行った。

開発した可搬型波高分布記録装置は、従来、メモリ装置に蓄積していた波高データ（デジタル信号）をシリアル信号に変換し直接カセットテープレコーダに書き込む方式を採用して可搬化を図った。この方式の欠点である高計数率時における計数損失については、タイマ回路を用いたデッドタイム補正方式を考案し、これにより 10^4 cps の入力計数率でも 1 % の計数誤差で測定できるように改善した。

本報告書は、可搬型波高分布記録装置の設計、試作、特性及び応用例についてまとめたものである。また、報告書の中では、本装置の 1 つの変形した使用方法である FM 送受信機による波高データ転送モードの実験結果についても述べる。

+ 物理部

++ 技術部

Development of a portable pulse-height-recorder system
for in-situ gamma-ray spectrometry

Masaki KATAGIRI, Katsuzou HORIE⁺, Eiji SAKAI and
Kunio KOZAWA⁺⁺

Department of Reactor Engineering, Tokai Research
Establishment, JAERI

(Received October 11, 1983)

In-situ gamma-ray spectrometry has recently been performed with a portable Ge detector system in various fields; in-situ measurements of environmental gamma-rays, measurements of inner contained activities, etc. It is necessary that a multichannel pulse height analyzer is portable, for in-situ gamma-ray measurements with a portable Ge detector.

For this purpose, a portable pulse-height-recorder system has been developed using an audio cassette tape recorder. In order to make this system portable, the digital signals output from an analog-to-digital converter (ADC) are converted to FSK (Frequency Shift Keying) modulated serial signals and recorded directly in a cassette tape recorder. By addition of a dead time correction circuit with a timer, high counting rate measurements at 10^4 cps are realized with an error of 1%. Using this system, pulse-height data are recorded with the live time signal so that gamma-ray measurements in which counting rate changes with the elapsed time can be performed. Moreover, it is attempted to transmit serial signals to a memory system with a FM wireless transmitter. As results of this experiment, it was confirmed that gamma-ray spectrometry can be performed without use of various electronic signal cables.

Keywords ; Pulse Height Analyzer, Portable System, Cassette Tape Recorder,
Dead Time Correction, In-situ Gamma-ray Measurement, Wireless
Data Transfer

+ Department of Physics, Tokai, JAERI

++ Department of Engineering Services, Tokai, JAERI

目 次

1. まえがき.....	1
2. 可搬型波高分布記録装置の予備設計.....	3
3. 可搬型波高分布記録装置の設計・試作.....	3
3.1 基本的構成.....	3
3.2 現場側装置の回路構成.....	4
3.3 データ処理側装置の回路構成.....	5
3.4 データ書き込み装置の試作.....	6
3.5 データ読み取り装置の試作.....	7
4. 可搬型波高分布記録装置の特性.....	15
4.1 データ書き込み特性.....	15
4.2 デッドタイム補正特性.....	16
4.3 データ読み取り特性.....	16
5. 可搬型波高分布記録装置の応用.....	22
5.1 In-situ ガンマ線測定.....	22
5.2 原子炉周辺部におけるガンマ線測定.....	23
5.3 高計数率ガンマ線測定.....	23
5.4 ワイヤレス転送実験.....	23
6. 考察及び結論.....	33
謝 辞.....	34
参考文献.....	34

CONTENTS

1.	Introduction	1
2.	Preliminary design of a portable pulse-height-recorder system	3
3.	Design and trial manufacture of a portable pulse-height-recorder system	3
3.1	Fundamental construction	3
3.2	Construction of electronics units using in the field ...	4
3.3	Construction of electronics units for data processing...	5
3.4	Trial manufacture of a data writing equipment	6
3.5	Trial manufacture of a data reading equipment	7
4.	Characteristics of a portable pulse-height-recorder system	15
4.1	Characteristics of data read	15
4.2	Characteristics of dead time correction.....	16
4.3	Characteristics of data write	16
5.	Application of a portable pulse-height-recorder system ...	22
5.1	In-situ gamma-ray measurement	22
5.2	Gamma-ray measurement in the atomic energy facility	23
5.3	High counting rate gamma-ray measurement	23
5.4	Experiment of wireless data transfer	23
6.	Consideration and conclusion	33
	Acknowledgements	34
	References	34

1. ま　え　が　き

手軽に持ち運びできる可搬型ゲルマニウム γ 線検出器の普及とともに、実験室外部の現場に測定システムを持ち込み γ 線スペクトル測定を行う測定法を活用して種々の技術開発が進められている。特に、屋外における環境放射能測定、原子炉の保守管理や放射能廃棄物の混合物測定等に用いる内部放射能非破壊技術の開発には欠かせない測定法となっている。

ゲルマニウム γ 線検出器を用いて γ 線スペクトル測定を行うには、その波高分布の測定にマルチチャネル波高分析装置を必要とし、通常は空調の行われている測定室に設置し使用している。このため、現場測定を行うには、長いケーブルを用いて測定室まで信号を転送する方法あるいは現場まで大きく重いマルチチャネル波高分析装置を移動する方法等を用いて波高分析がなされてきた。これらの方では、現場における作業性・操作性が悪いため、可搬型のマルチチャネル波高分析装置の開発が、上記技術開発分野から要請されていた。

このため、マルチチャネル波高分析装置（以後「波高分析装置」と略称）の可搬型化を行った。可搬化を行う方法としては、最近急速に進歩した集積回路、電子部品等を使用して従来の波高分析装置を小型化する方法もあるが、環境放射能測定、原子炉建屋内での内部放射能測定といった用途に使用することを開発条件に測定目的に合った波高分析処理ができる可搬型波高分布記録装置の開発を行った。

従来の波高分析装置においては、Fig. 1.1(A)に示すように入力した γ 線波高信号（アナログ信号）をアナログ・デジタル変換器（以後「A D C」と略称）によりデジタル信号に変換し、メモリ回路に記憶することにより波高分布を得ている。波高分布の記録はメモリ回路に接続した周辺装置、例えば磁気テープ装置、フロッピーディスク装置等により行う。

一方、開発した可搬型波高分布記録装置においては、Fig. 1.1(B)に示すように小型化・可搬化を図るためアナログ・デジタル変換器によりデジタル信号化された波高データをシリアル信号に変換し携帯用カセットテープレコーダに直接記録してゆく方法を採用了。この方法は、また、Fig. 1.1(C)に示すように、シリアル信号化された波高データをワイヤレス送受信機を用いて無線により現場と離れた測定室の受信装置に転送しメモリ装置に記憶する方法への適用も可能である。カセットテープレコーダへの記録方式は、記録した箇所を選択して再生することにより、任意の時間帯の γ 線波高分布の集録・処理を行うことができるところから、時間分布測定が1つの課題となる技術開発、例えば環境放射能測定に極めて有効な方法である。さらに、ワイヤレス転送方式は、現場側の装置とデータ集録・処理側の装置との間を無線により接続するため、現場における信号ケーブル等の配線を行うことなく、波高分布の集録ができ、しかも接続された計算機によりリアルタイムでデータの処理を行うことができる。このため、現場測定を行いしかも複雑なデータ解析処理を行う必要のある内部放射能非破壊測定等を行う上で有力な測定手段となる。

以上のような、従来装置の小型化にない特長・利点を活かした可搬型波高分布記録装置の開発を行った。

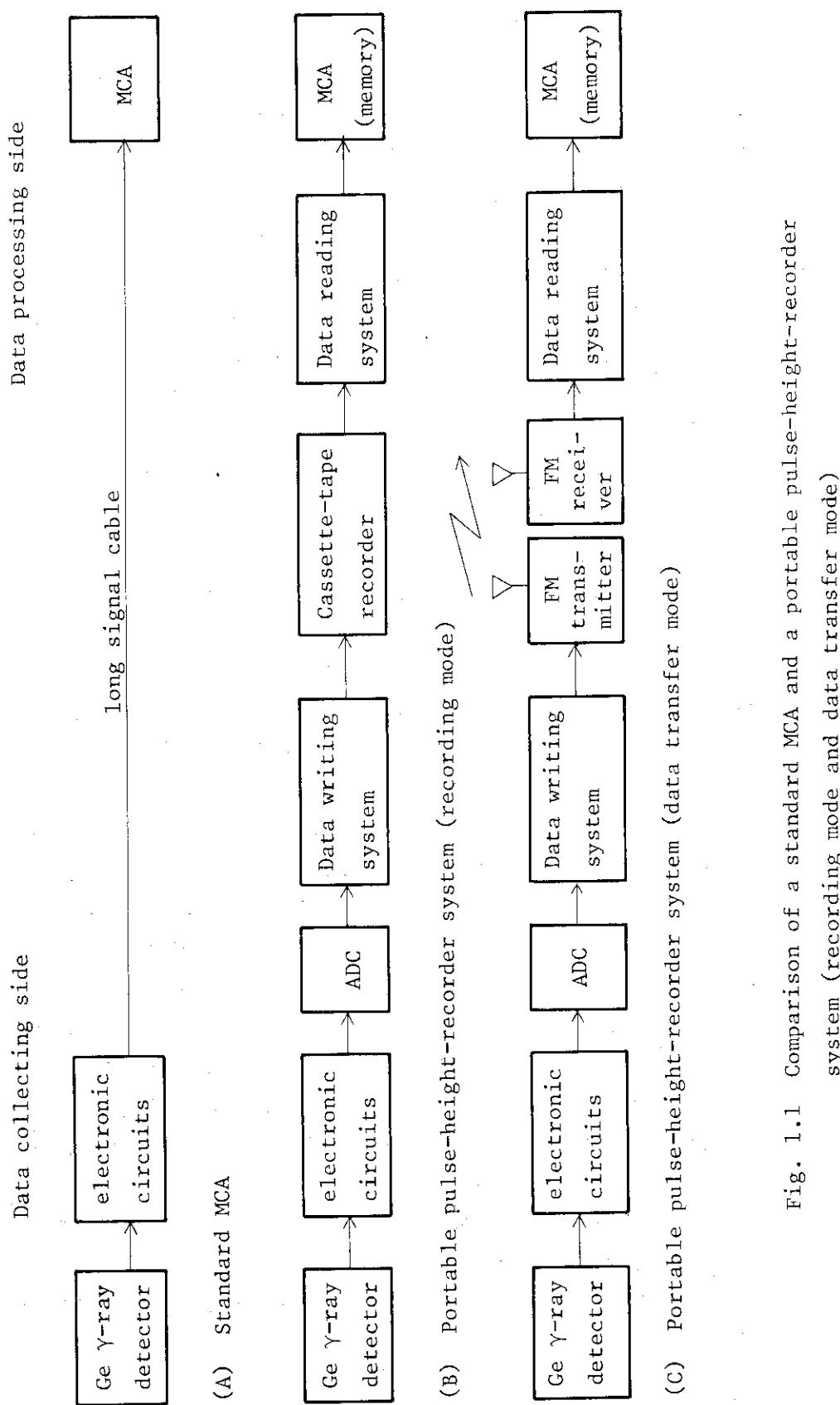


Fig. 1.1 Comparison of a standard MCA and a portable pulse-height-recorder system (recording mode and data transfer mode)

2. 可搬型波高分布記録装置の予備設計

可搬型波高分布記録装置を設計するに当り、カセットテープレコーダの記録方式及び計数損失の補償を行うデッドタイム補正方式について検討を行った。

カセットテープレコーダにより記録する方法については熊谷等による開発例があり、実際に環境放射能測定等に適用し良い結果を得ている。この時のカセットテープレコーダへの波高データの書き込み速度は 200 データ／秒である。このため、ガンマ線強度が強くなり入力計数率が上がった場合、計数損失が増加するのでこの装置は低計数率のガンマ線測定のみに使用されている。¹⁾

以上の問題点を補い、原子炉周辺部等などの比較的計数率の高いガンマ線測定を行うために、2つの改良を行った。第1の改良は、記録装置として音響用ステレオカセットテープレコーダを使用し左右チャネルに波高データを分けて記録し、記録速度を約2倍まで改善することである。

第2の改良は、タイマ回路を付属したデッドタイム補正回路を設けてアナログ・デジタル変換やカセットテープレコーダへの記録にかかる時間の補正を行い、補正した時間を波高データと共に記録する方式を考案し付加したことである。この改良により、 10^4 cps の計数率の信号を入力しても1%以下の計数誤差で測定できるようにした。また、本方式では、時間信号がカセットテープに記録されているため、途中からカセットテープを再生し、この時間信号を基準に波高分布を得ることにより、波高データの計数率を正しく再現することを可能とした。

また、カセットテープレコーダへの波高データ信号の記録変調方式は、ワイヤレス送受信機による信号転送を考慮して、FSK (Frequency Shift Keying) 方式を採用した。この方式を採用することにより、再生信号を復調するのに PLL (Phase Lock Loop) 回路を使用することができるため、記録・再生のエラー発生率を 10^{-6} 以下にすることを可能とした。

3. 可搬型波高分布記録装置の設計・試作

可搬型波高分布記録装置は、ADC、データ書き込み装置、データ読み取り装置、カセットテープレコーダ及びワイヤレス送受信機から構成した。

これらの装置の基本的構成と各装置の回路設計について以下に述べる。

3.1 基本的構成

アナログ・デジタル変換器によりデジタル化された波高データをシリアル信号に変換しカセットテープレコーダに記録するモード（以後「データ記録モード」と略称）時の可搬型波高分布記録装置のブロック図を Fig. 3.1 に示す。装置は、現場側装置とデータ処理側装置に分れる。前者は、ADC、データ書き込み装置及びカセットテープレコーダ（録音）から構成する。後者は、カセットテープレコーダ（再生）、データ読み取り装置及びメモリ装置（マルチチャネル波高分析装置のメモリ部を転用）から構成する。

一方、カセットテープレコーダに記録するかわりに、ワイヤレス送受信機を用いて現場側からデー

2. 可搬型波高分布記録装置の予備設計

可搬型波高分布記録装置を設計するに当り、カセットテープレコーダの記録方式及び計数損失の補償を行うデッドタイム補正方式について検討を行った。

カセットテープレコーダにより記録する方法については熊谷等による開発例があり、実際に環境放射能測定等に適用し良い結果を得ている。この時のカセットテープレコーダへの波高データの書き込み速度は 200 データ／秒である。このため、ガンマ線強度が強くなり入力計数率が上がった場合、計数損失が増加するのでこの装置は低計数率のガンマ線測定のみに使用されている。¹⁾

以上の問題点を補い、原子炉周辺部等などの比較的計数率の高いガンマ線測定を行うために、2つの改良を行った。第1の改良は、記録装置として音響用ステレオカセットテープレコーダを使用し左右チャネルに波高データを分けて記録し、記録速度を約2倍まで改善することである。

第2の改良は、タイマ回路を付属したデッドタイム補正回路を設けてアナログ・デジタル変換やカセットテープレコーダへの記録にかかる時間の補正を行い、補正した時間を波高データと共に記録する方式を考案し付加したことである。この改良により、 10^4 cps の計数率の信号を入力しても1%以下の計数誤差で測定できるようにした。また、本方式では、時間信号がカセットテープに記録されているため、途中からカセットテープを再生し、この時間信号を基準に波高分布を得ることにより、波高データの計数率を正しく再現することを可能とした。

また、カセットテープレコーダへの波高データ信号の記録変調方式は、ワイヤレス送受信機による信号転送をも考慮して、FSK (Frequency Shift Keying) 方式を採用した。この方式を採用することにより、再生信号を復調するのに PLL (Phase Lock Loop) 回路を使用することができるため、記録・再生のエラー発生率を 10^{-6} 以下にすることを可能とした。

3. 可搬型波高分布記録装置の設計・試作

可搬型波高分布記録装置は、ADC、データ書き込み装置、データ読み取り装置、カセットテープレコーダ及びワイヤレス送受信機から構成した。

これらの装置の基本的構成と各装置の回路設計について以下に述べる。

3.1 基本的構成

アナログ・デジタル変換器によりデジタル化された波高データをシリアル信号に変換しカセットテープレコーダに記録するモード（以後「データ記録モード」と略称）時の可搬型波高分布記録装置のブロック図を Fig. 3.1 に示す。装置は、現場側装置とデータ処理側装置に分れる。前者は、ADC、データ書き込み装置及びカセットテープレコーダ（録音）から構成する。後者は、カセットテープレコーダ（再生）、データ読み取り装置及びメモリ装置（マルチチャネル波高分析装置のメモリ部を転用）から構成する。

一方、カセットテープレコーダに記録するかわりに、ワイヤレス送受信機を用いて現場側からデー

タ処理側に波高データを転送するモード（以後「データ転送モード」と略称）時の可搬型波高分布記録装置のブロック図をFig.3.2に示す。前者のカセットテープレコーダの録音・再生部をワイヤレス送受信機に置き換えた構成である。

3.2 現場側装置の回路構成

γ 線信号をアナログ・デジタル変換するADCには、Nuclear Data社のND-2200型を用いた。変換チャネル数を4096チャネルとし12ビットパラレル信号で波高データを出力するよう設定した。

ADCから出力された波高データは、データ書き込み装置に入力され、最初の回路であるバッファメモリ回路に一時記憶される。この回路は、データ書き込み中にランダムに入って来る波高データを記憶しておくことにより、収集損失ができるだけ小さくするために設けた。FIFO (First In First Out) のメモリ回路であり、熊谷等のメモリ数と収集損失に関する計算結果を参考にして、4個のメモリを用意した。この回路を用いることにより、最大書き込み速度（416データ／秒）と同じ計数率のデータをランダムに入力した場合、約20%の収集損失で測定できるようになる。

バッファメモリ回路に記憶された12ビットの波高データは6ビットずつに分けて2つのパラレル・シリアル変換回路 (P-S converter) に送れる。この回路において、シリアル信号に変換された後、FSK変調回路により音声周波数信号に変調される。

変調方式としては、従来からNRZI (Non-Return-to-Zero change on 1) 法、PE (Phase Encoding) 法、¹⁾熊谷等の開発した新しい変調法がある。本回路においては、ワイヤレス送受信機による転送が容易なFSK変調法を採用した。また、この変調法では、信号の変調・復調にPLL用集積回路を用いることができるため、回路を簡単にすることと共に信頼性を上げることができる。

FSK変調法では、デジタル信号の“0”と“1”について2つの周波数信号を対応させることにより信号の変調を行う。本装置においては、カセットテープレコーダの周波数特性と書き込み速度を考慮し検討を行い、“0”に6.4 KHz そして“1”に4.8 KHz を対応させた。

シリアル信号を出力する際のビットフォーマットを、スタートビットとして“1”を2ビット、データビットとして6ビット、エラーチェックのためのパリティビットとして1ビットそしてストップビットとして“1”を1ビットと定め上記順序で出力するようにした。1つの波高データを出力するのに合計10ビット使用する。

書き込み速度については以上の設計仕様に基づいて予備実験を行い、FSK変調回路から出力される記録信号の最高速度を416データ／秒に決定した。また、記録信号の出力レベルは、カセットテープレコーダの入力特性を考慮して200 mVppとした。

上記の書き込み回路の構成だけでは、波高データを音声周波数に対応させて書き込む方式を用いている事から書き込み速度に限界があるため、高計数率の測定には対応ができない。このため、タイマ回路を設けて各回路が実際に動作している時間を計測することにより、高計数率の γ 線信号が入力してもデッドタイムの補正を可能とする方式を考案した。

デッドタイムの補正は、1 MHz の時間基準信号を各回路のデッドタイムの間だけ止める方式により行った。本装置の主なデッドタイムは、ADCが $25 \mu\text{sec}$ 、パラレル・シリアル変換回路が 2.4 msec 、メモリバッファ回路が $5 \mu\text{sec}$ である。

各回路のデッドタイムだけ間引きされた時間基準信号は分周回路で分周され1秒相当の実効計測時間(Live time)信号となる。この信号を計数回路に入力し、LED表示器を使って経過時間を表示するようにすると共にプリセット回路を使用して設定した実効計測時間で測定を停止できるようにした。さらに、ゲート回路を用いてこの信号を波高データの1チャネル目に対応した信号に変換し、波高データ信号の一部としてカセットテープに記録できるようにした。

本装置の記録モードにおいて波高データの記録に用いたカセットテープレコーダは、一般音響用ステレオ・カセットテープレコーダであるTC-2810型である。このカセットテープレコーダは電池駆動が可能であり、一般用カセットテープを使用した場合、周波数特性： $30 \sim 13000 \text{ Hz}$ 、ワウフラッタ：0.15%の性能を持っている。

本装置の転送モードにおいて波高データの転送に用いた送信機は、FM方式のワイヤレス送信機である。Fig.3.3に示すワイヤレスマイク用回路を使用し、100mにおける電界強度は $15 \mu\text{V}/\text{m}$ 以下とした。左チャネル転送には78MHz、右チャネル転送には88MHzの発振周波数を用いた。

3.3 データ処理側装置の回路構成

本装置の記録モードにおいて波高データの再生に用いたカセットテープレコーダは、一般音響用ステレオ・カセットテープレコーダであるTC-3250SD型であり、一般用カセットテープを使用した場合、周波数特性： $30 \sim 14000 \text{ Hz}$ 、ワウフラッタ：0.1%の性能を持っている。

本装置の転送モードにおいて波高データの受信に用いたFMラジオ受信機は一般用のICF-5800型である。実用感度は $2.5 \mu\text{V}$ である。

カセットテープレコーダあるいは受信機から出力された波高データの音響記録信号はデータ読み込み装置に入力される。まず、FSK復調回路により復調されシリアル信号に変換される。シリアル信号はシリアル・パラレル変換回路(S-P converter)によりパラレル信号(6ビット)に変換される。以上の信号処理を左右チャネル2系統について行う。変換処理中に、パリティビットによるエラーチェック及び書き込みフォーマットのずれのチェックを行っており、エラーが生じた場合には、データを無視するようにした。

2つのシリアル・パラレル変換回路により変換された12ビットのパラレル信号はマルチチャネル波高分析装置のADC入力インターフェイスを用いてメモリ装置(MCA memory)に書き込まれる。

使用したマルチチャネル波高分析装置はFig.3.4に示すように4096チャネル波高分析装置、小型計算機PDP-8/L及びその周辺装置から構成されるNuclear Data社のND-50/50である。²⁾

入力されてメモリに蓄積された波高分布は従来の波高分析装置によって測定して得た波高分布と同様に小型計算機によりデータ解析・処理が行われる。

また、カセットテープレコーダにより波高データを再生する際、マルチチャネル波高分析装置のメモリ装置の0チャネル目に再生時間、1チャネル目にデッドタイム補正後の実効計測時間（Live time）を記憶できるようにした。この考案により、カセットテープの再生を途中から行っても正確な測定時間を得ることが可能となり、注目する部分のみの波高データを取り出し正確な計数を得ることがでるようになった。

3.4 データ書き込み装置の試作

試作したデータ書き込み装置の詳細なブロック図をFig.3.5に示すと共に各回路の動作について以下に述べる。

最初にタイマ回路のプリセットスイッチに計測時間をセットする。スタートスイッチを入れるとADCからREADY信号がユニバライブレータ回路を通してメモリ回路に送られるようになり計測が開始される。ADCから出力される12ビットの波高データは負論理なので反転回路により正論理に変換する。変換する際に、ADCの第0ビットについては後に述べるタイマ信号のデータを入力する必要があるため、NOR回路を用いて反転する。また残りの第1～第11ビットの信号は反転後、タイマ信号データと論理積を取るために、OR回路に入力する。以上の回路はタイマ回路から送られてくるタイマ信号（実効計測時間で1秒間隔）によってユニバライブレータを起動し、波高データの1チャネル目に対応した信号をメモリ回路に挿入するための回路である。

OR回路およびNOR回路から出力されたデータ信号はメモリ回路により一時記憶される。メモリ回路は4ビットチモリを4回路持ったレジスタ用IC SN74170を3個使用し、12ビット×4個のメモリを構成した。メモリコントロール回路では、デジタルコンパレータ用IC SN7485用いてメモリ回路のアドレスを管理し、FIFO(First In First Out)にもとづいて波高データの入出力をを行う。また、メモリ回路の収集損失特性を測定するため、メモリ回路をバイパスするスイッチを設けて使用メモリ数を1個と4個に切り換えるようにした。

メモリ回路から出力された12ビットの波高データは6ビットずつに分けて2つのパラレル・シリアル変換回路に送られる。この回路にはWestern Digital社のパラレル・シリアル変換用IC TR-1602Aを使用した。このICにより送られて来たパラレル信号はスタートビットとして'1'を2ビット、データとして6ビット、パリティビットとして1ビット、そしてストップビットとして'1'を1ビットの順にシリアル信号に変換される。変換速度はユニバライブレータ用IC SN74121を2個用いて作られたクロックジェネレータ回路の周波数によって決まる。実験を行い、変換時における速度と信頼度の関係をもとにこの周波数を4.8KHzに設定した。この場合の変換速度は4160ビット/秒となり、1秒間に変換できる波高データの数は416データである。

出力されたシリアル信号はFSK変調回路により変調される。この回路には東洋電機社製PLL発振器用IC BA2206を使用し、'0'の時6.4KHz、'1'の時4.8KHzを発振するように設定した。

装置のデッドタイム補正を行うために設けたタイマ回路はFig.3.5の破線で囲んだ部分であり、オシレータ回路(O S C)、ゲート回路(Gate)、分周回路($1/10^6$ divider)、計数回路(Counter)、表示器(Indicator)、プリセット回路(Preset sw)および時間データ挿入回路(Uni. vib.)よりなる。オシレータ回路は水晶発振子を使用し1MHzの時間基準信号を発生する。この信号はゲート回路を使ってADC、パラレル・シリアル変換回路およびメモリコントロール回路のそれぞれのBUS Y信号によりアンチゲートされ、各回路がデッドタイムの間は信号が outputされないようにした。ゲート回路から出力された時間基準信号は 10^6 分の1の分周回路により実効計測時間で1秒間隔のタイマ信号となる。この回路には10進カウンタ用ICであるSN7490を6個使用した。タイマにはSN7490を4個用いた計数回路を用い、時間基準信号を入力し、LED表示盤に経過時間を表示する。

また、プリセット回路を設けプリセットスイッチの設定と計数回路のカウント数が一致した時に、ADCのREADY信号がメモリ回路に行かないようにゲートを閉じ計測を停止するようにした。プリセット時間及び経過時間は9999秒まで設定および表示できるようにした。

さらに、前述したように1秒間隔のタイマ信号が出力される毎に、時間データ挿入回路を用いてメモリ回路に波高データの1チャネル目に対応したデータを挿入するようにした。

Photo.3.1にデータ書き込み装置の主な回路の信号波形を示す。ただし、この時のデータ書き込み速度は200データ/秒である。パラレル・シリアル変換回路の出力信号は'0'および'1'に対して6.4KHzと4.8KHzは正常に周波数変調されている。また、パラレル・シリアル変換回路に入力されるHOLD REG.信号はメモリ回路から出力されたデータのパラレル・シリアル変換開始信号である。

これらの回路は、プリント基板2板に配線し2幅のN JM規格モジュールに納めた。このデータ書き込み装置をADCと共に現場側装置としてNIM規格可搬型ビン電源に納めた写真をPhoto.3.2に示す。

3.5 データ読み取り装置の試作

試作したデータ読み取り装置の詳細なブロック図をFig.3.6に示すと共に各回路の動作について以下に述べる。

カセットテープレコーダの左右チャネルあるいは2台のFM受信機から出力された2つのFSK信号はそれぞれFSK復調回路に入力される。この回路には東洋電機製PLL用ICであるBA2211を使用し、Phase Lock Loopを構成する事によりFSK変調信号の復調を行った。

データ書き込み速度が200データ/秒の場合のFSK復調回路の各部の出力信号をPhoto.3.3に示す。カセットテープレコーダからのFSK再生信号(Photo.3.3最上部)はPhoto.3.1に示した書き込み信号(FSK OUTPUT)と比較してかなり振幅が変動している。しかし、Phase Lock Loopの位相検出回路出力(Photo.3.3中段)ではまだはっきりしていないがフィルタを通した後にはPhoto.3.3下段に示すように'0'および'1'の区別がはっきりした。この信号は、FSKコンパレタ回路に入力されシリアル信号に変換される。また、各部の信号にはまだ変換速度を上げる余裕があるため、調整を繰返し行った後、書き込み速度を最終的に416データ/秒とした。

復調された2つのシリアル信号はそれぞれシリアル・パラレル変換回路 (S-P converter) に入力され6ビットのパラレル信号に変換される。変換用ICはパラレル・シリアル変換回路に使用したTR-1602Aである。このICにはparityチェック機能が含まれているのでエラーが生じた場合にはデータを出力しない機能を持たせた。また、実験に使用するためエラー出子端子をNIMモジュールのフロントパネルに設けた。さらに、出力データ数をモニタするためにReady信号によりユニバイブルータを動作させモニタ信号を作り、フロントパネルに出力できるようにした。

2つのシリアル・パラレル変換回路により変換された6ビットの波高データは12ビットにそろえた後マルチチャネル波高分析装置ND-50/50のADCインターフェイスを使ってメモリ装置に書き込まれる。

これらの回路は、プリント基板1枚に配線し1幅のNIMモジュールに納めた。データ読み取り装置を波高分析装置のNIM規格ピン電源に納めた写真をPhoto 3.4に示す。

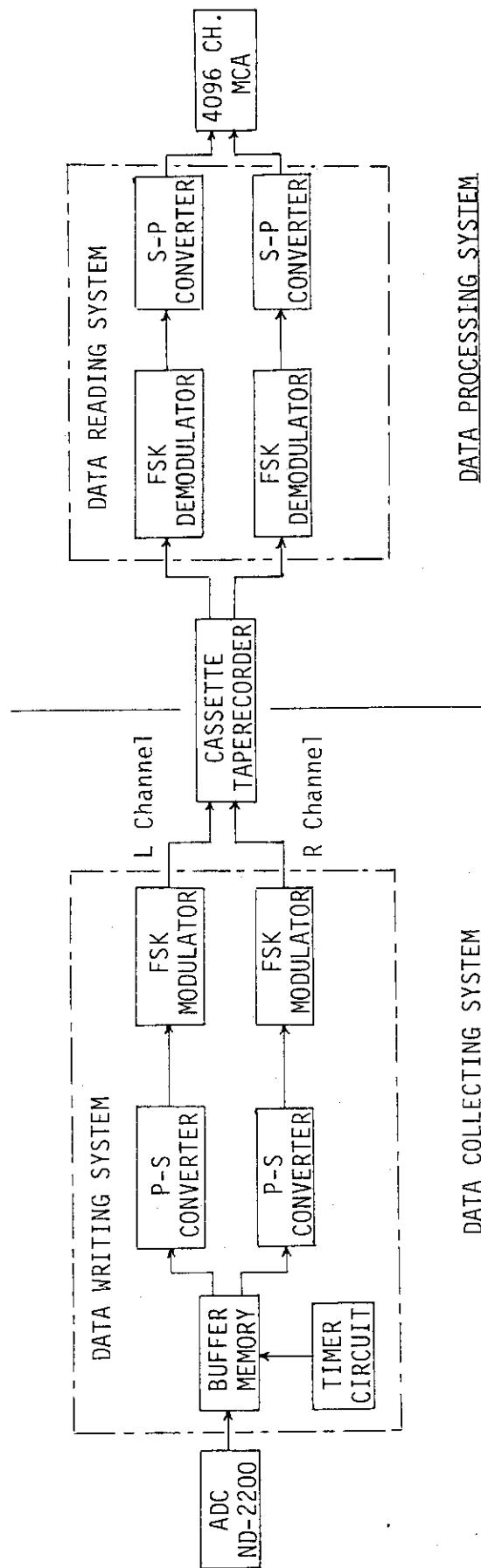


Fig. 3. 1 Block diagram of a portable pulse height recorder system

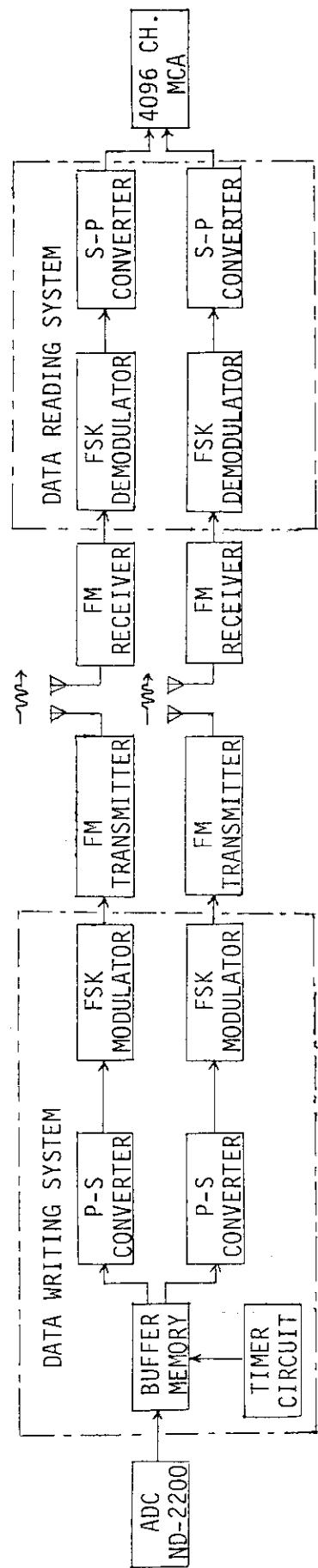


Fig. 3. 2 Block diagram of a portable pulse height recorder system at FM transmitter mode

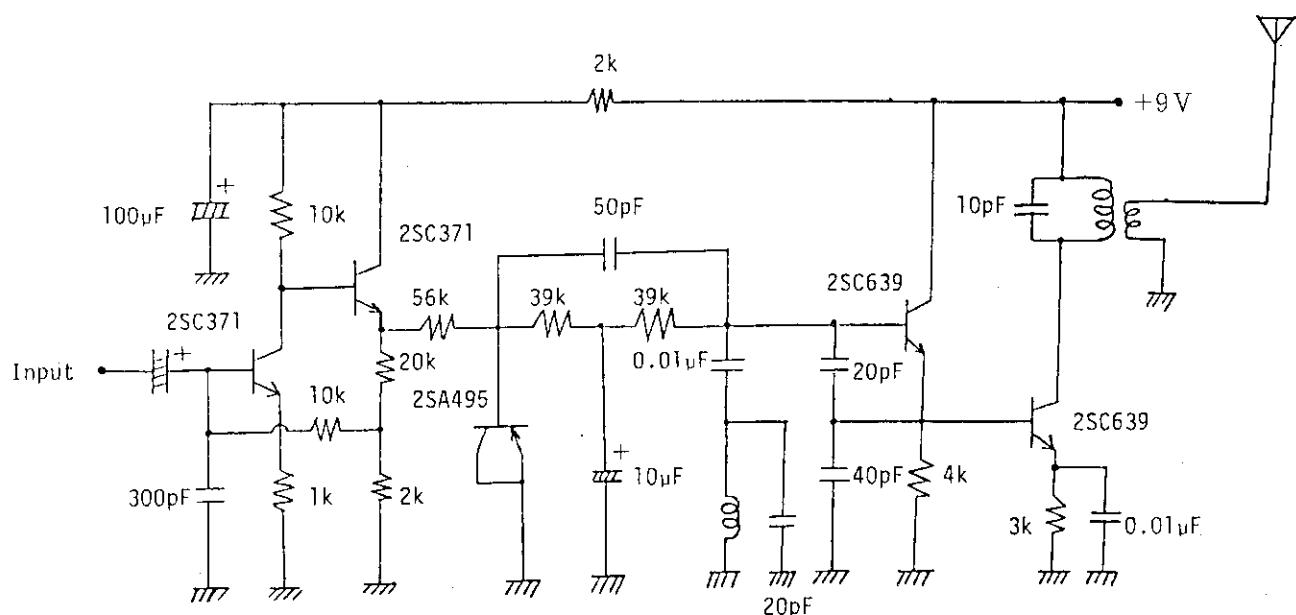


Fig. 3.3 Schematic diagram of FM transmitter circuit

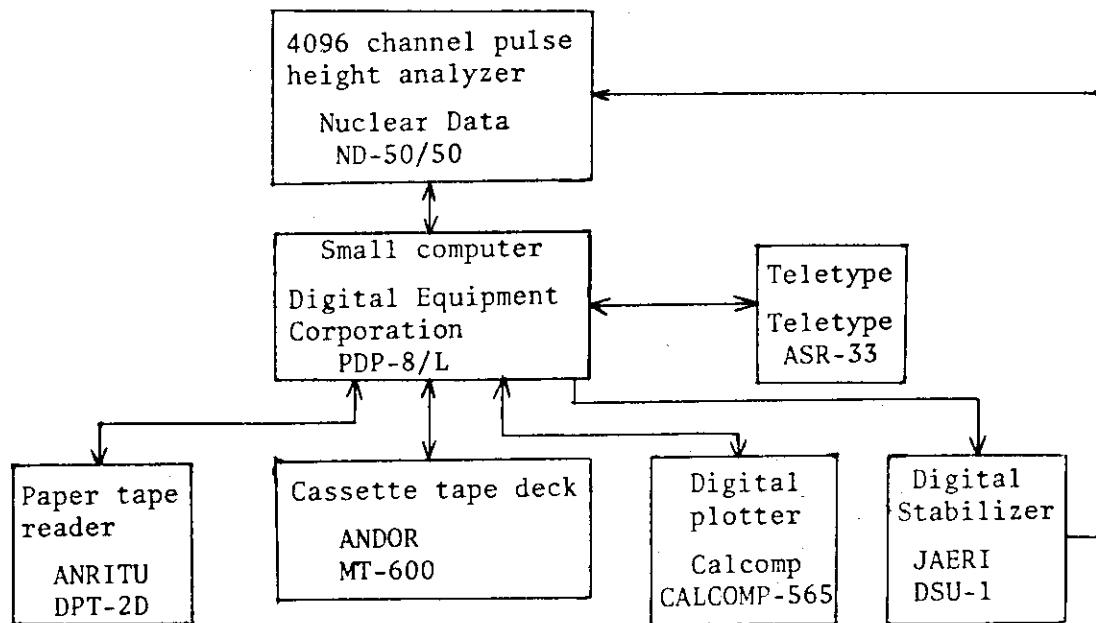


Fig. 3.4 Block diagram of the multichannel pulse height analysis system ND-50/50

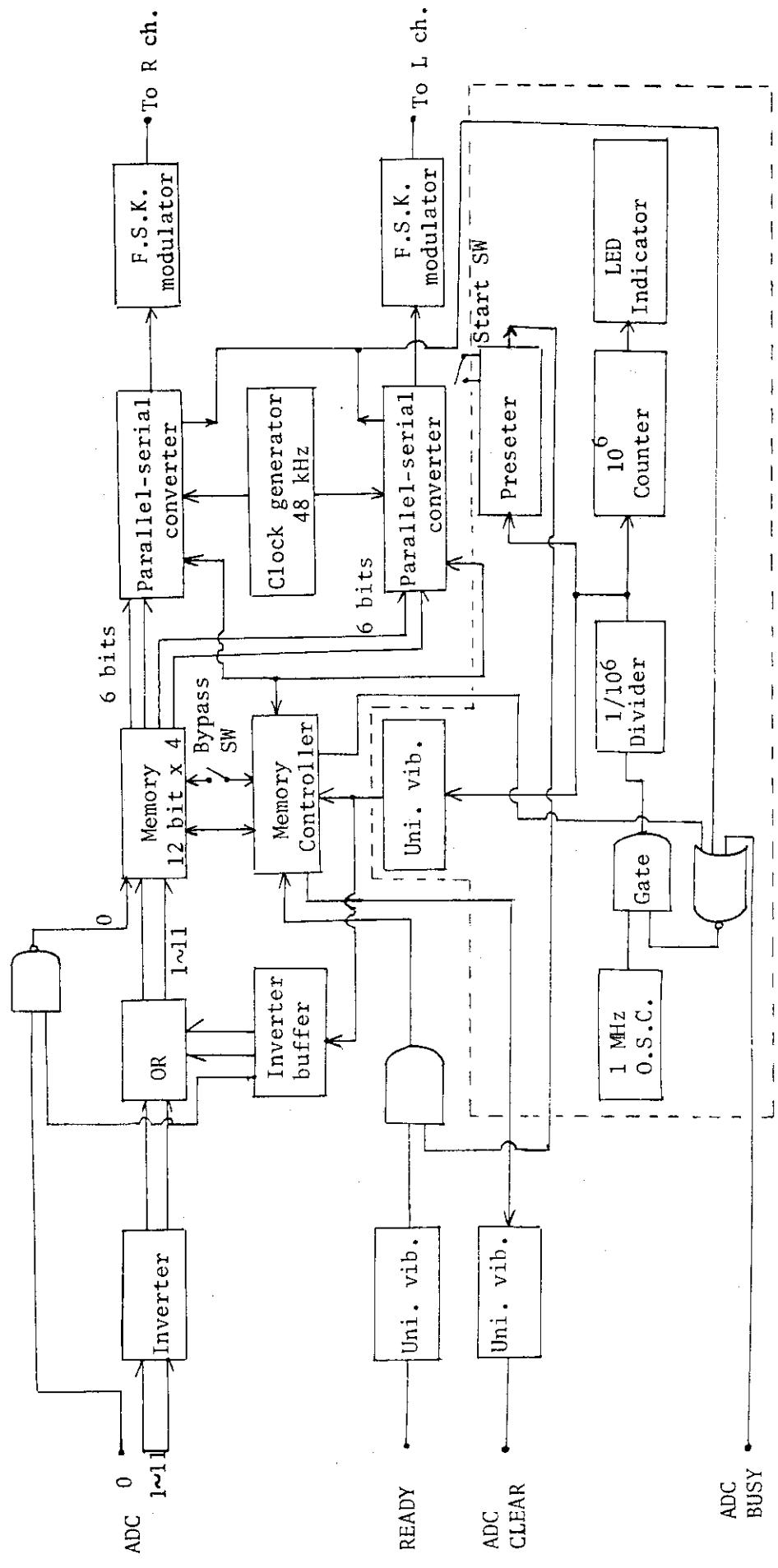


Fig. 3.5 Block diagram of a data writing system in a portable pulse height recorder system

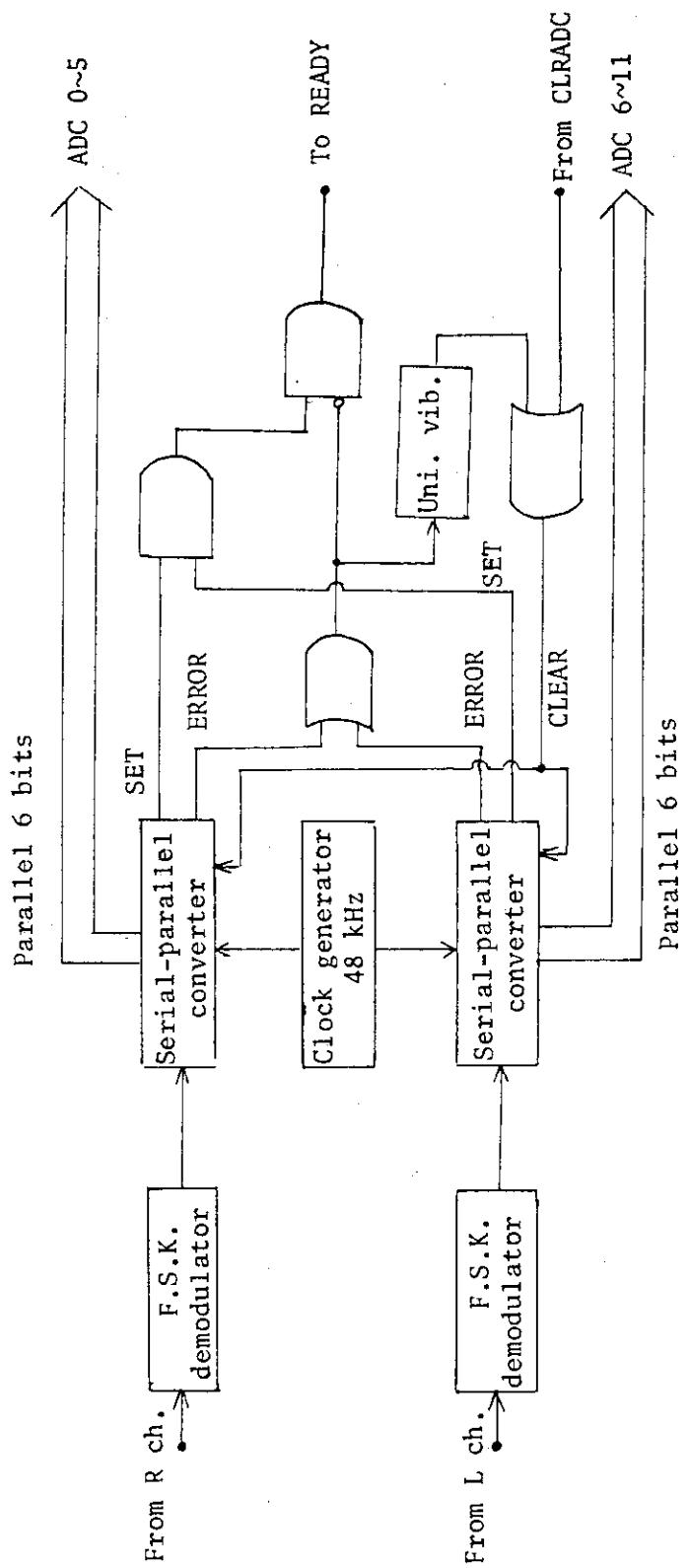


Fig. 3.6 Block diagram of a data reading system in a portable pulse height recorder

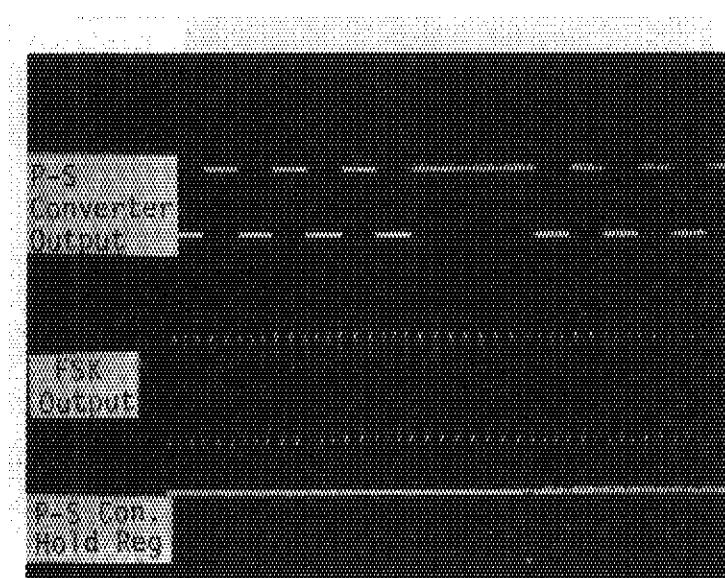


Photo. 3.1 Output signals of data writing system

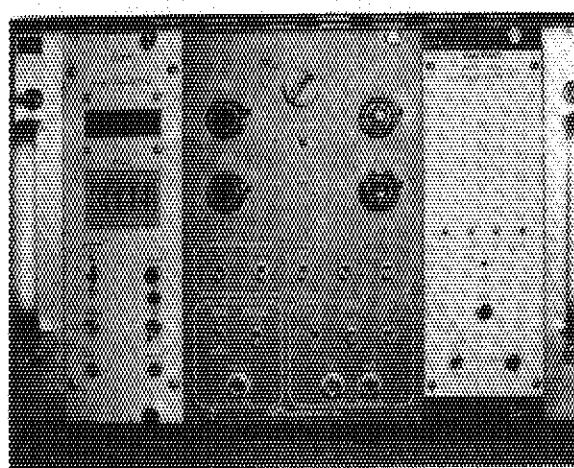


Photo.3.2 Data writing system (left side module) in mini NIMBIN power supply

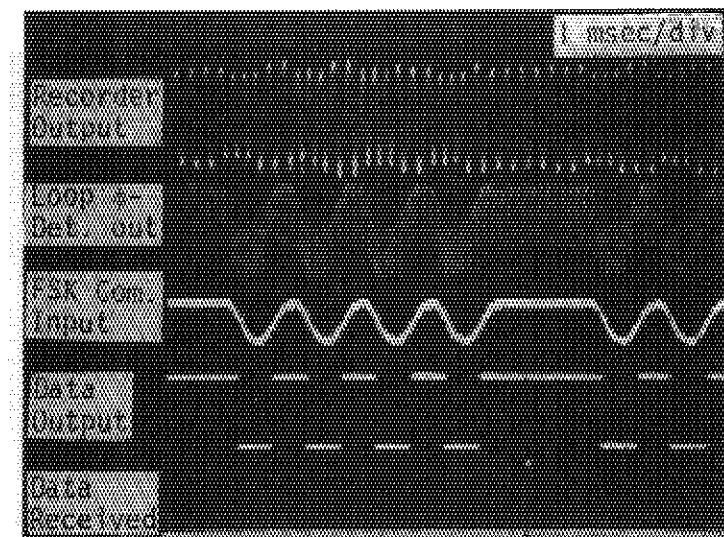


Photo. 3.3 Output signals of serial-parallel converter

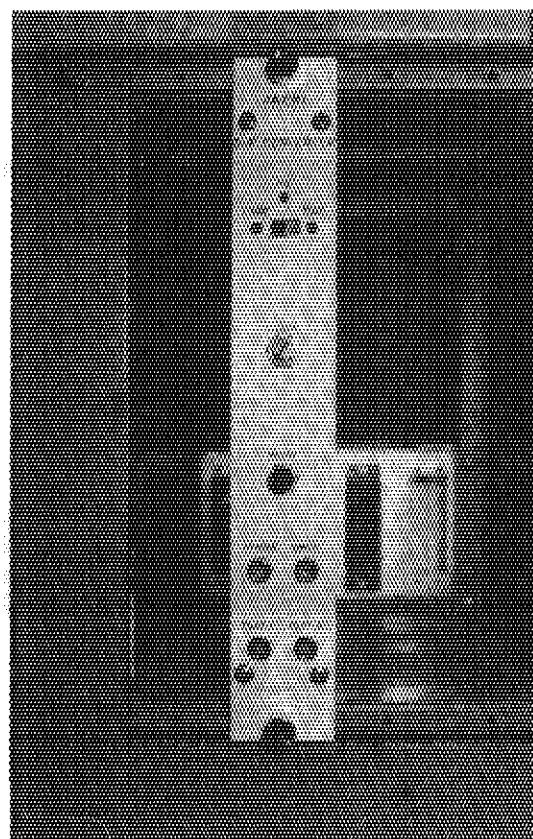


Photo. 3.4 Data reading system

4. 可搬型高分布記録装置の特性

開発した可搬型波高分析記録装置の最終的性能を詳しく検証するためにそのデータ書き込み特性、デッドタイム補正特性、データ読み取り特性の測定を行った。

特性測定に使用した電子回路のブロック図をFig.4.1に示す。特性測定のためにADC（ND-2200）に入力する擬似ガンマ線パルス信号はノイズパルサ（CANBERRA-1407）の出力信号をスペクトロスコピアンプ（ORTEC-452）に入力して作り、ランダムなパルス信号の発生率を連続して可変できるようにした。スペクトロスコピアンプの波形整形時定数は高計数率の場合を考慮して $1\ \mu\text{sec}$ とした。また、ADCへの入力信号の計数率を測定するためにタイミングシングルチャネルSCA（ORTEC-420A）タイマアンドスケーラ（JAERI-178）をスペクトロスコピアンプのバイポーラ出力端子に接続した。ADCはデータ書き込み装置に接続され、出力されるデータ書き込み信号がカセットテープレコーダ（TC-3250SD）に入力される。カセットテープレコーダを録音状態にしておき、そのモニタ信号をデータ読み取り装置に入力し監視することによってデータの読み取り性能を調べた。データ読み取り装置の出力はマルチチャネル波高分析装置に接続されている。データ読み取り装置の出力データ数はモニタ端子からの出力信号をタイマアンドスケーラを使用して測定した。これによって理想的な書き込み波形が入力された場合のデータ読み取り装置の作動特性が同時に測定できる。また、エラーデータ数を計数するためにエラー出力端子にタイマアンドスケーラを接続した。

4.1 データ書き込み特性

データ書き込み特性の測定は入力信号の計数率を変えた場合の単位時間当たりのデータ書き込み数（データ書き込み率）の変化を調べるものである。測定は①メモリコントロール回路のバイパススイッチを入れてバッファメモリを1個使った場合と②同スイッチを切ってバッファメモリを4個使った場合について行った。Fig.4.2とFig.4.3はメモリ数を1個使用した場合4個使用した場合の入力信号の計数率に対する書き込み率の変化を示している。両者ともほとんど同じ傾向を示し、対数スケールでは特性にあまり差がでていない。入力信号の計数率（入力計数率）が200 cpsまでは、入力計数率とデータ書き込み率は比例関係にあり、200 cpsから400 cpsまでは徐々に計数損失が増加し比例関係が成立しなくなる。400 cps以上では、ほぼデータ書き込み率は飽和状態となり800 cps以上では最高書き込み率416データ／秒で動作する。

この測定データをもとにデータ書き込み装置のデッドタイム特性を計算した。バイパススイッチを入れた場合と入れない場合の入力計数率に対するシステムのデッドタイムの割合をFig.4.4とFig.4.5に示す。両者の差は入力計数率が300 cps以下の場合に生じ、例えば200 cpsの場合にバイパススイッチを切りバッファメモリを4個使用した時1%であったデッドタイムが、バイパススイッチを入れてバッファメモリを1個に切り換えると3%に増加する。しかし、入力計数率が300 cps以上になるとパラレル・シリアル変換回路（P-S converter）の変換速度で計数損失が決まるのではなく同じ傾向で増加する。入力計数率を最高書き込み速度と同じにした場合約20%のデッドタイムとなる。このように、バッファメモリを4個使用し、しかも入力計数率が200 cps以下という条

件のもとではかなり良い精度で測定を行うことができるが、これ以上の入力計数率となった場合、主としてパラレル・シリアル変換回路自体で生ずるデッドタイムの補正をしないかぎり精度の良い測定ができないことがわかった。

4.2 デッドタイム補正特性

この特性測定においては、入力計数率を変化させてタイマ回路によるデッドタイムの補正が正常に行われることを調べた。Fig.4.6 と Fig.4.7 はバッファメモリが 1 個の場合と 4 個の場合について、デッドタイム補正後の計数と入力計数との差を百分率で示したものである。両者とも、入力計数率が 100 cps から 2000 cps まではほとんど誤差がなくデッドタイム補正が正確に行われていることを示している。2000 cps 以上になると、両者の特性が多少異なり、バイパススイッチを入れてバッファメモリを 1 個にした場合入力計数率の増加にともない補正をしすぎる傾向を示し、10000 cps では約 1.5 % の誤差が生じた。一方、バイパススイッチを入れないでバッファメモリを 4 個使用した場合、やはり同じ傾向を示すが、10000 cps では 1 % の誤差以内であった。この結果、バッファメモリの個数がデッドタイムの補正に影響を与えることがわかった。

この測定結果をもとにデッドタイム補正が入力計数率の増加とともにどの程度行われているかを計算し、メモリ数が 1 個の場合と 4 個の場合について Fig.4.8 と Fig.4.9 に示す。両者の差は入力計数率が 200 cps 以下で少し現われるがそれ以上の入力計数率ではほとんど同じである。最高書き込み率と同じ入力計数率 (416 cps) では 20 % の補正、1000 cps では 150 % の補正そして 10000 cps では 2400 % (24 倍) もの補正を行っている。このように 24 倍もの補正を行っても 1 % 以内の誤差で計測できることを確認した。

4.3 データ読み取り特性

実際にカセットテープに波高データを記録し、その信号をデータ読み取り装置で読み取り、復調した場合の特性測定を行った。試験には比較のため一般用のカセットテープ C-120 とデータ用カセットテープ FC-301 を使用した。再生用のカセットテープレコーダには TC-3250 SD を使用した。

カセットテープとして片面 60 分のデータ記録ができる C-120 を用いかつ最高書き込み率 416 データ／秒で記録を行った場合、60 分間に記録した総計 1.5×10^6 個のデータに対して 1 個ないし 2 個のエラーが発生した。確率的にいうと約 1×10^{-6} のエラー発生率である。この程度の発生率では実際のガンマ線スペクトル測定においてスペクトル形状に影響を与えることはない。従って、以後の応用測定にこの長時間タイプのカセットテープを使用した。また、比較のために使用した計算機用データカセットテープの場合、さらにエラー発生率が下がり、10 本測定を行ってもエラーを起こすことがなかった。

また、テープのワウ・フラッタの増加やテープスピードの変動が生じた場合の特性を調べるために、データ読み取り装置の PLL (Phase Lock Loop) 回路の基準周波数 (48 KHz) を約 ±3 % 変化させて再生を行い特性を調べた。その結果、この程度の変動では復調するのに全く影響がないことがわかった。従って、ポータブル型カセットテープレコーダの電源低下にともなう多少のテープスピードの変動もほとんど問題がないことがわかった。

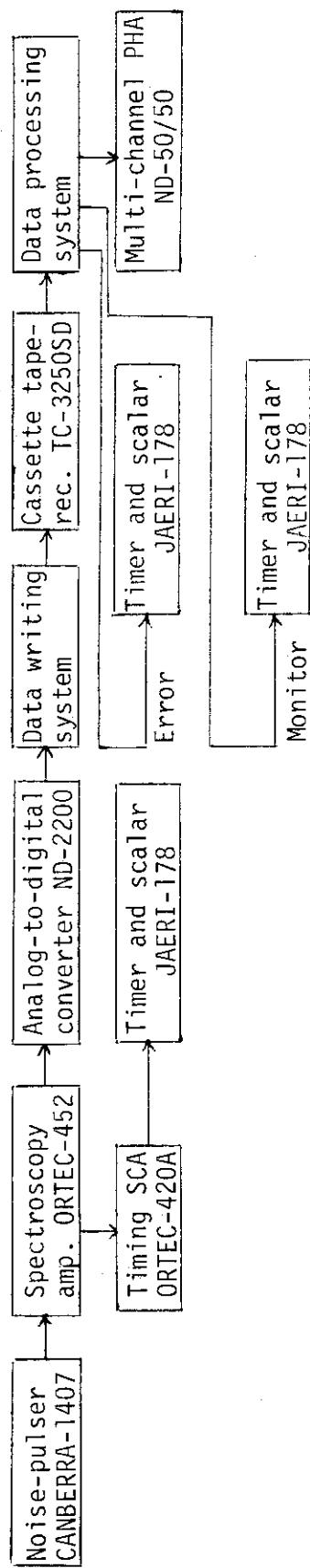


Fig. 4.1 Schematic diagram of the electronics for the characteristic measurements of a portable pulse height recorder system

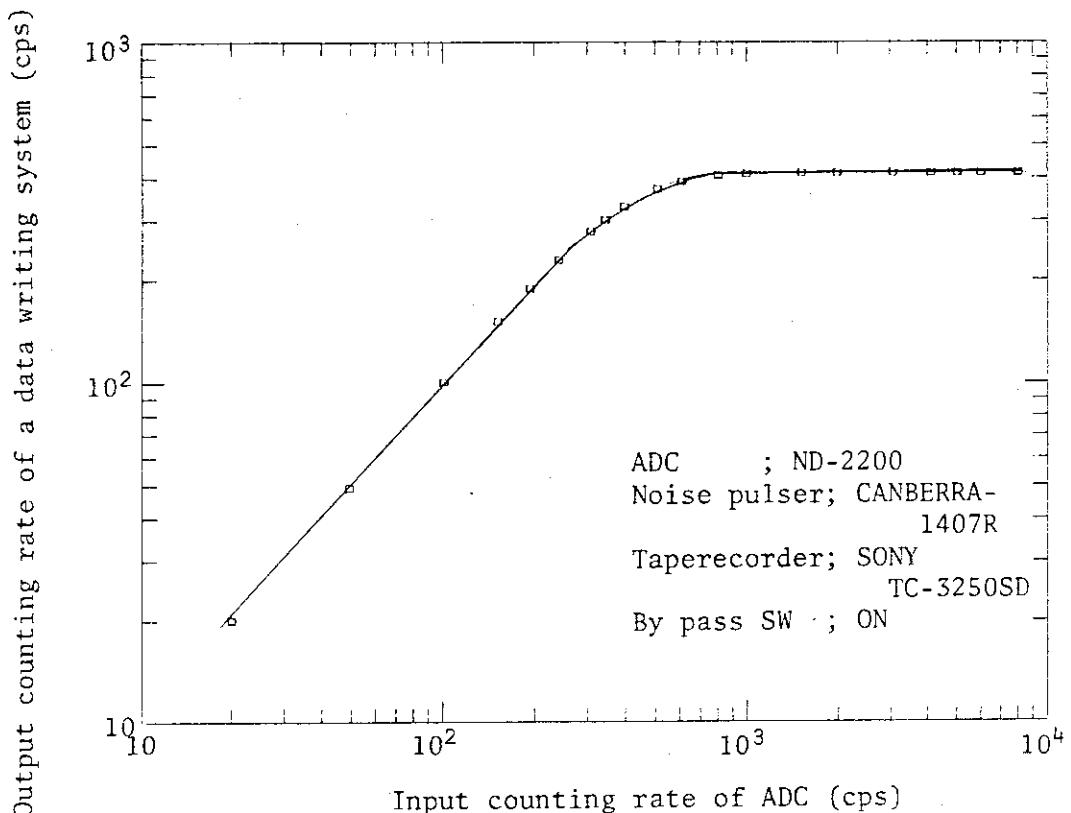


Fig. 4.2 Output counting rate of a data writing system vs. input counting rate of ADC (By pass ON)

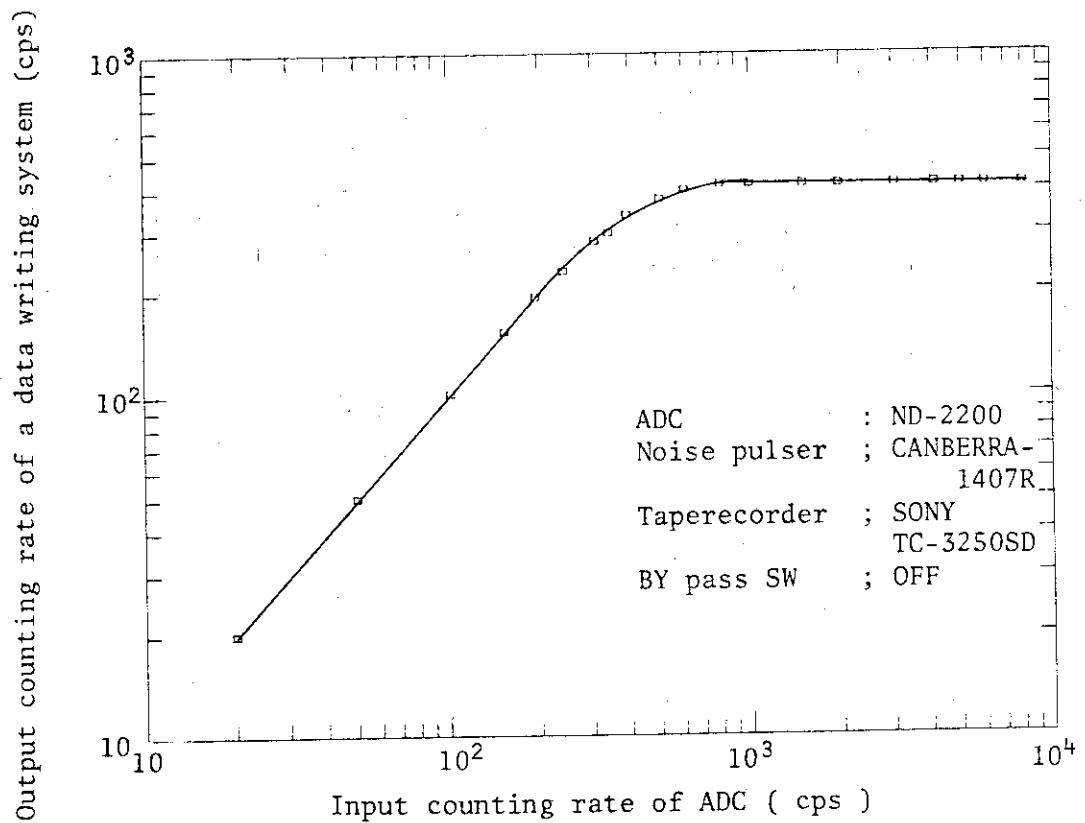


Fig. 4.3 Output counting rate of a data writing system vs. input counting rate of ADC (By pass OFF)

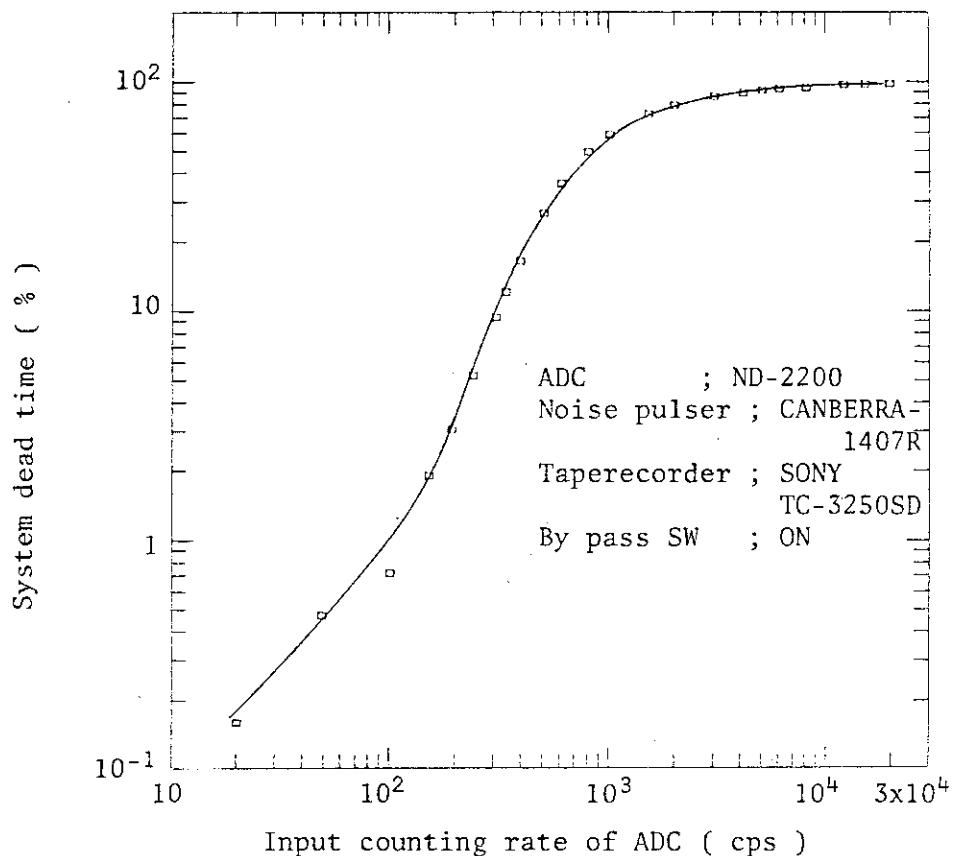


Fig. 4.4 System dead time vs. input counting rate of ADC
(By pass SW ON)

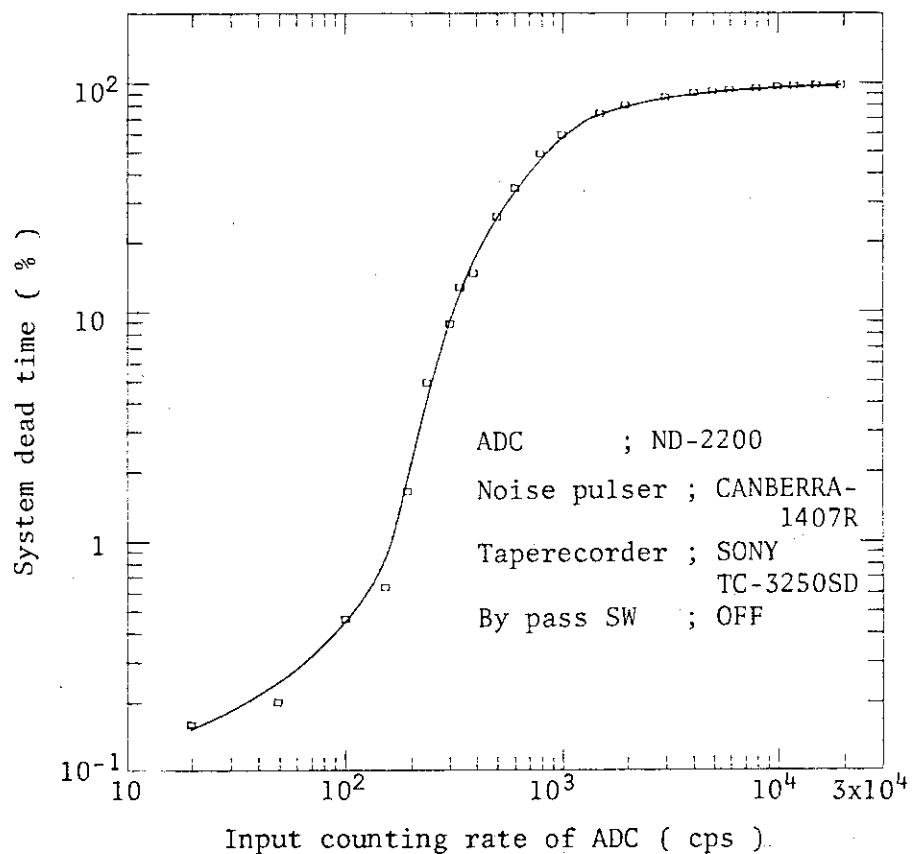


Fig. 4.5 System dead time vs. input counting rate of ADC
(By pass SW OFF)

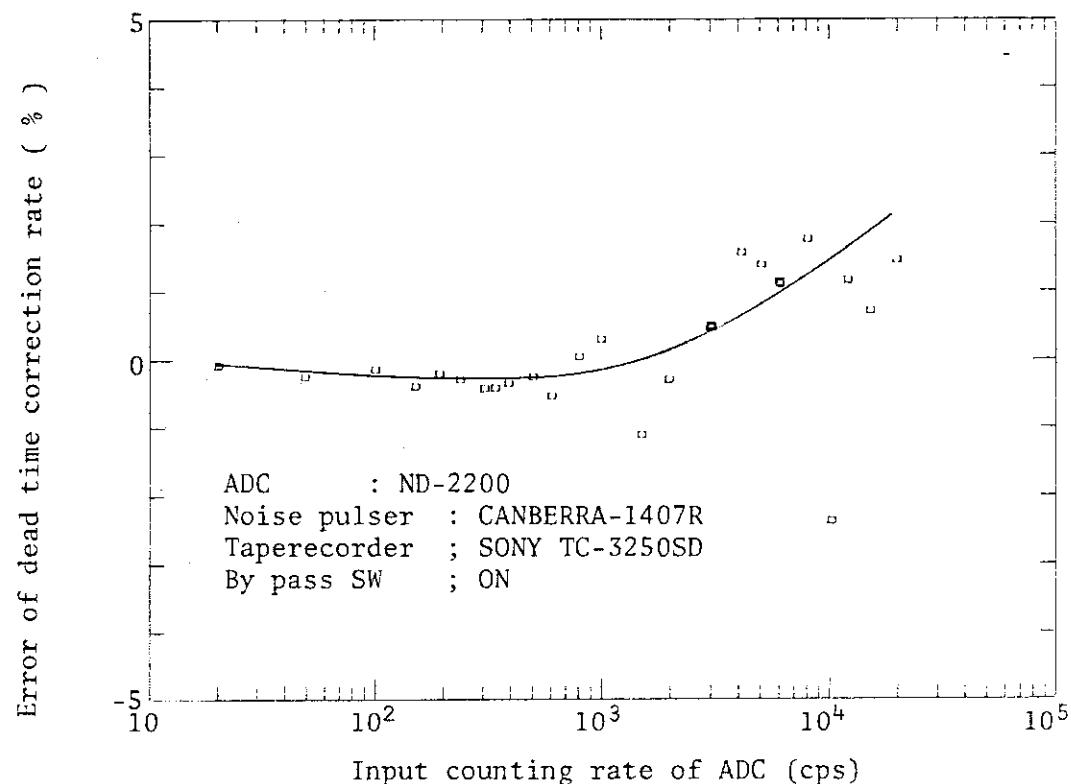


Fig. 4.6 Error of dead time correction vs. input counting rate of ADC (By pass SW ON)

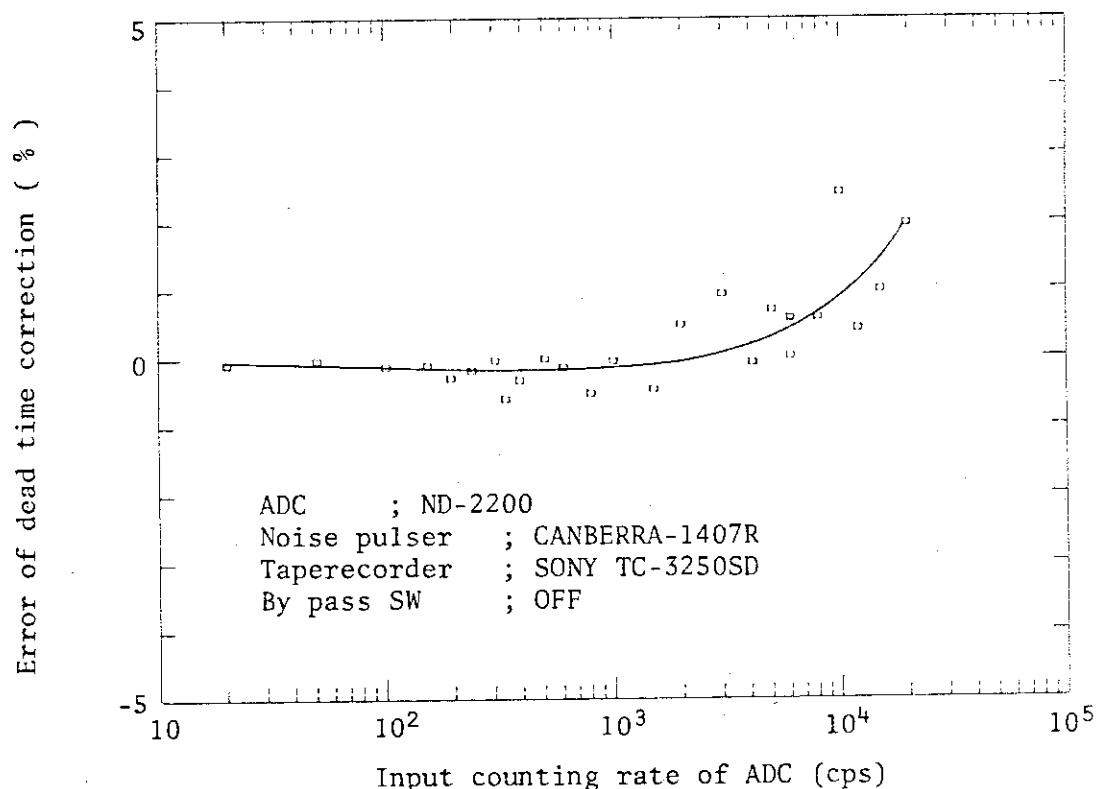
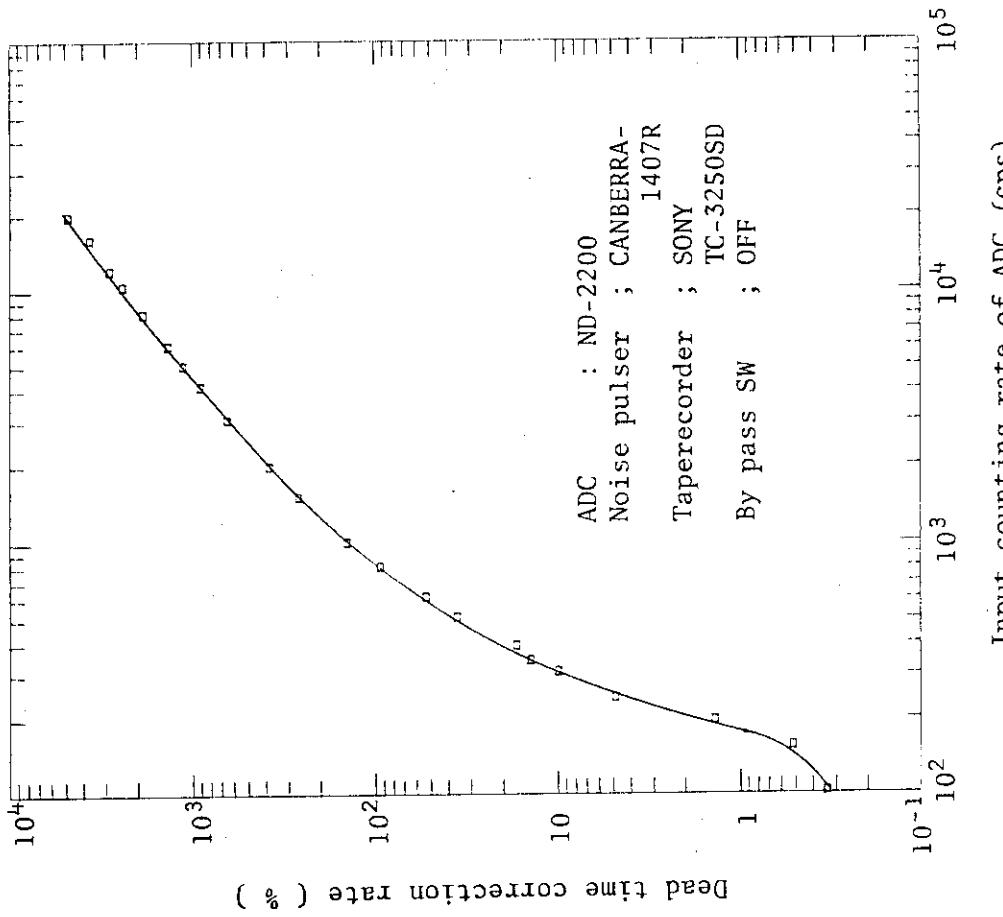


Fig. 4.7 Error of dead time correction vs. input counting rate of ADC (By pass SW OFF)



Dead time correction rate vs. input counting rate of ADC (By pass SW ON)

Fig.4.9 Dead time correction rate vs. input

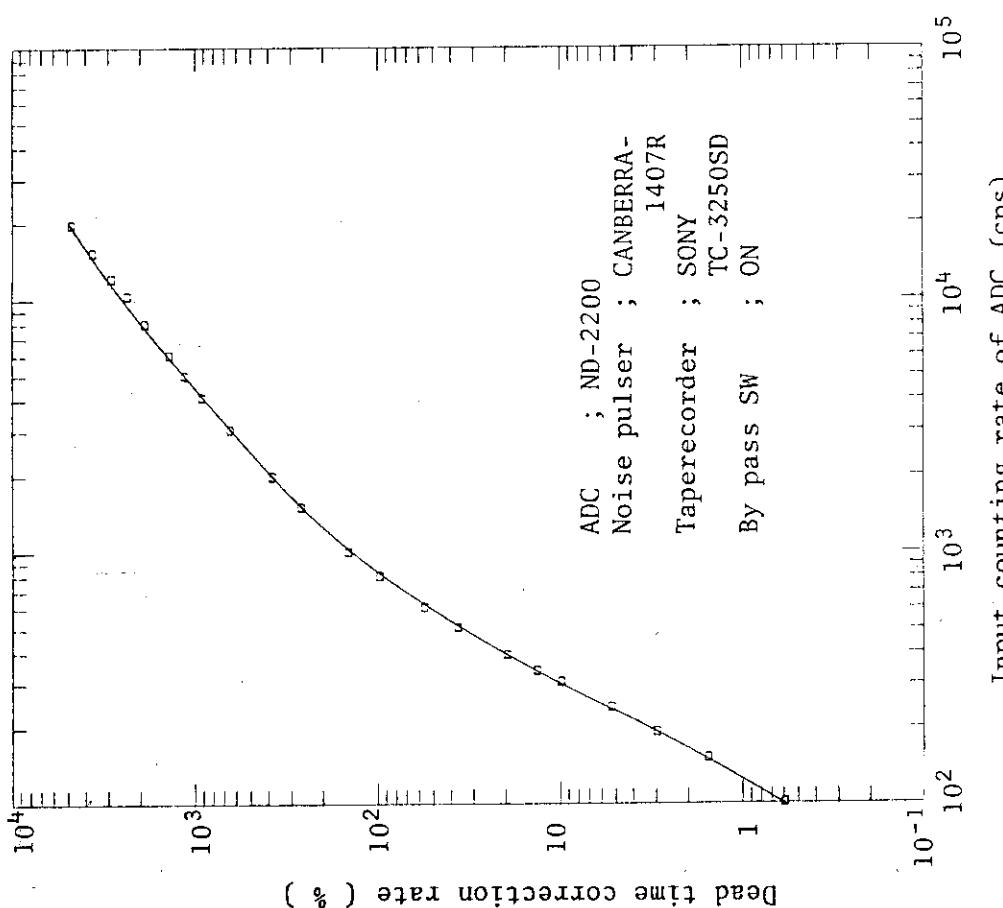


Fig. 4.8

Input counting rate of ADC (cps)

Input counting rate of ADC (cps)

5. 可搬型波高分布記録装置の応用

開発した可搬型波高分析記録装置を使用する場合、現場には、ADC、データ書き込み装置、カセットテープレコーダあるいはFM送信機のみを置けば良い。従って通常のマルチチャネル波高分析装置を運搬するに比較し、小型・軽量であり容易に測定現場に持ち込むことができる。このため、この装置の応用範囲は極めて広くなる。その応用例として、In-situ ガンマ線測定、原子炉周辺部におけるガンマ線測定、高計数率測定等について述べる。また、本装置のデータ転送モードを用いて FM送受信機によるデータ転送実験を行ったので併せてこの実験結果について述べる。

5.1 In-situ ガンマ線測定

In-situ ガンマ線測定を行う場合、波高分布を時間経過と共に計測する必要のある場合が多い。一般に使用されているマルチチャネル波高分析装置を使用すれば、磁気テープや磁気ディスクに測定データを短時間で出力することができるので連続して時間経過を追う事ができる。しかし、このような磁気テープや磁気ディスクを有しコンピュータでコントロールするような波高分析装置は大型で重量も大きくなる。従ってこれらの機器を設置したデータ処理室から遠く離れた所において測定を行う事が多い In-situ ガンマ線測定には容易に適用できない。このため、可搬型でこのような測定ができる波高分析装置が必要とされ諸外国において小型化・軽量化の努力が払われてきた。

以下に示すように開発した可搬型波高分析装置は上記の測定に適したいくつかの特徴を持っている。

- ① 装置自体が簡単で小型にすることができるため、可搬性に優れている。
- ② デッドタイム補正回路の考案により、入力計数率特性を大幅に向上させることができたので、高計数率 ($\sim 10^4$ cps) 測定にも十分使用可能である。
- ③ 記録したカセットテープの中の注目する時間帯の波高データを取り出し正確な計数を得ることができるため、時間経過を詳しく追うことが可能である。

In-situ ガンマ線測定の測定例として、実験室内におけるバックグラウンドガンマ線測定について行った。Fig. 5.1 に示す波高分布は実験室内に $54 \text{ cm}^3 \text{ Ge(Li)}$ 検出器を置き周囲からのバックグラウンドガンマ線を測定している間に検出器の近くで別の実験のため一定時間 ^{60}Co 標準線源を使用した時の測定例である。測定時間は 3000 秒である。周囲からのバックグラウンドガンマ線に ^{60}Co のガンマ線が加算された波高分布となっている。

この波高分布から ^{60}Co による波高分布を取り除くために、まず波高データを記録したカセットテープを再生し、データ読み取り装置のモニタ信号の計数率の変化をレートメータでモニタし、ペンレコーダにより記録した。得られた計数率の変化を Fig. 5.2 に示す。この操作により、 ^{60}Co 標準線源を使用した時間がわかるので、その間の時間帯を再生することにより ^{60}Co の影響を測定することができる。逆に、その間の時間帯以外を再生することにより周囲からのバックグラウンドガンマ線の波高分布を得ることができる。Fig. 5.3 に上記の 1 本の波高分布記録テープから周囲からのガンマ線と ^{60}Co ガンマ線とを分離した場合の波高分布を示す。

このように本装置を用いた場合カセットテープの計数率を測定しながら注目すべき箇所の波高分布を得ることができるため In-situ ガンマ線の一時的変化を検出し、その正確な量を測定する事ができる。

5.2 原子炉周辺部におけるガンマ線測定

原子炉周辺部におけるガンマ線測定に要求される波高分析装置の性能としては手軽に原子炉建屋内を移動できることと比較的高計数率の測定ができることがある。

本装置を用いて、J M T R に設置された O G L - 1 ガスループの機器内面に沈着した核種を測定した例を以下に示す。

測定は、小型コリメータと可搬型 Ge (Li) 検出器を組合せた検出システムと本装置を測定現場に持ち込み行った。O G L - 1 ガスループのフィルター部を測定した場合の波高分布を Fig. 5.4 に示す。Photo.5.1 は測定の様子を示す写真である。据置き型の波高分析装置を用いた場合、信号を送るために信号ケーブルを原子炉建屋内仮配線する必要があるが、本装置を使用した場合その必要がない。

5.3 高計数率ガンマ線測定

本装置の特徴としてデッドタイムの補正を有効に利用することによって高計数率ガンマ線を測定できることである。本装置を使用して高計数率測定を行う場合、最も注意を払わなければならない特性として、デッドタイム補正を行う事により波高分布が変化しないことがある。このため、本装置で得た波高分布と通常のマルチチャネル波高分析装置で得た波高分布を比較する方法によって波高分布の変動がないことを確かめた。ガンマ線標準線源として ^{152}Eu を使用し、ガンマ線計数率が 800 cps と 4000 cps の場合について測定を行った。

測定時間（ライブタイム）は 800 cps の場合 1000 秒、4000 cps の場合 300 秒であった。本装置で測定した場合とマルチチャネル波高分析装置で測定した場合の ^{152}Eu 波高分布の解析結果について計数率が 800 cps 及び 4000 cps について Table 5.1 及び Table 5.2 に示す。また、4000 cps で測定を行った際に本装置とマルチチャネル波高分析装置で得た波高分布を Fig. 5.5 に示す。

計数率が 800 cps の解析結果の場合、本装置とマルチチャネル波高分析装置との間にはほとんど統計誤差及び解析誤差（約 1%）による差異しか認められなかった。一方、計数率が 4000 cps の場合には 1% 程度の過補償となったが実際の測定には支障のない値である。また、波高分布全体を比較しても差異は認められなかった。従って、デッドタイム補正回路を使って高計数率のガンマ線測定を行っても実用上全く問題がないことがわかった。

5.4 ワイヤレス転送実験

原子炉建屋内及び屋外等におけるガンマ線スペクトル測定を行う場合に、波高分析装置をデータ処理室や測定車の中に設置し、可搬型の Ge 検出器をその周囲の測定箇所に置いて測定する方法が良く用いられる。この測定の際、長い信号ケーブルを仮配線しながら測定を行う事になり、測定準備作業に時間がかかる。この問題を解決するために、本装置のデータ転送モードを使用して現場側とデータ処理側の装置間を無線によって接続することを試みた。このモードを使用すれば、リアルタイム測定が可能であり、電波が届く範囲ならば、信号ケーブルを必要としない。

実験に用いた装置は、Fig. 5.6 に示すように受信側に FM 受信機、データ読み取り装置及びマルチチャネル波高分析装置であり、送信側にカセットテープレコーダ及び FM 送信機である。転送エラー

を測定するために、あらかじめ波高データを書き込んだカセットテープを再生し波高データ信号として用いた。この送信システムを種々の場所に移動し、その時の受信特性を測定した。

測定結果を Table 5.3 に示す。室外の場合には、受信装置から約 100 m 離れてもデータ転送が可能であることがわかった。この場合の転送エラーの発生率は 3×10^{-6} であり実用上全く問題とならない。以上の転送実験の結果、100 m 離れた場所の電界強度が $1 \mu\text{V}/\text{m}$ 程度のワイヤレス FM 送信機を用いて、本装置のデータ転送モードを実現できる見通しを得た。

本装置を用いて実際に屋外におけるガンマ線測定データを転送している写真を Photo.5.2 に示す。

Table 5.1 Comparison of counts from gamma-ray source Eu-152 measured with an ADC and a data writing system (800cps)

ENERGY (keV)	ADC (counts)	Data writing system (counts)	ERROR (%)
121	164711	166715	1.21
253	25861	26051	0.73
343	61502	61693	0.21
778	12062	11787	-2.27
963	10767	10683	-0.78
1408	10639	10682	0.40

Table 5.2 Comparison of counts from gamma-ray source Eu-152 measured with an ADC and a data writing system (4000cps)

ENERGY (keV)	ADC (counts)	Data writing system (counts)	ERROR (%)
121	217194	221406	1.94
243	32343	32540	0.62
343	76125	77729	2.11
778	14437	14796	2.49
963	13010	13468	3.52
1408	12792	12899	0.76

Table 5.3 Characteristics of FM transmitter

measured point	counts	error	comment
Direct	254018	0	exact counts
room 15 m	253883	109	
field 50 m	254017	1	
field 100 m	254003	8	practical distance
field 150 m	114327	54744	

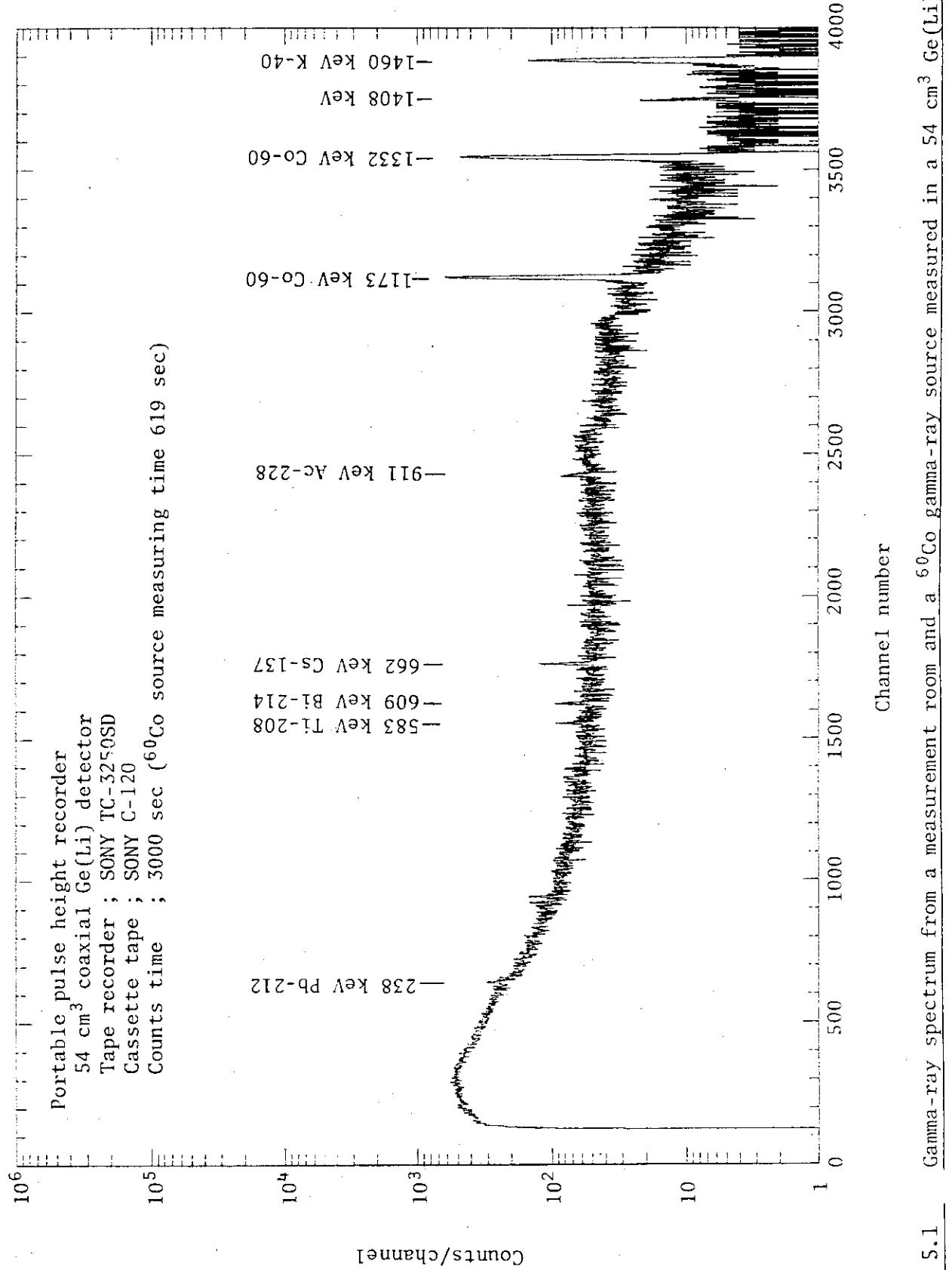


Fig. 5.1

Gamma-ray spectrum from a measurement room and a ^{60}Co gamma-ray source measured in a 54 cm^3 Ge(Li) detector using a portable pulse height recorder system

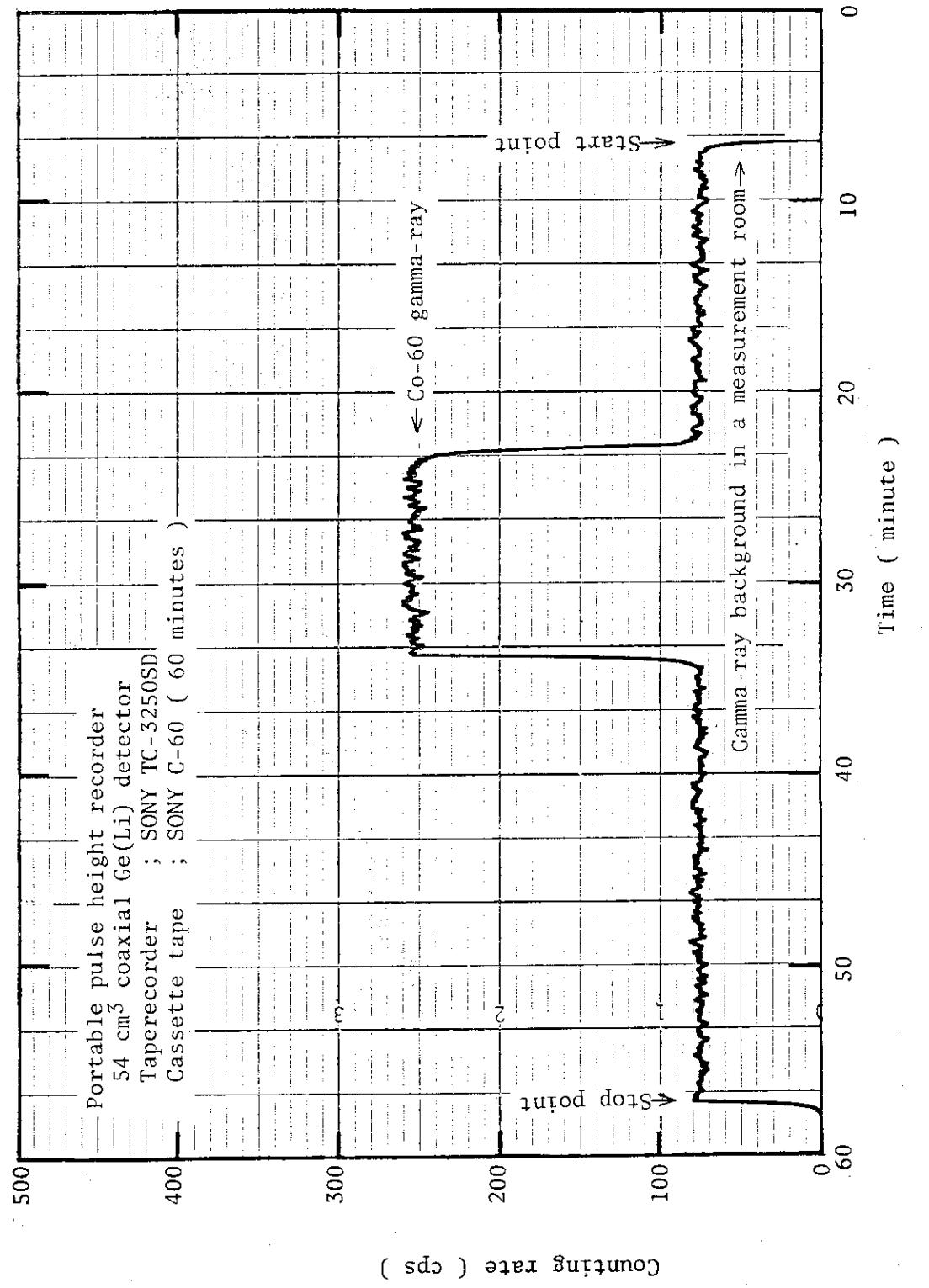


Fig. 5.2

Counting rate of background and Co-60 gamma-ray obtained using a strobe output of

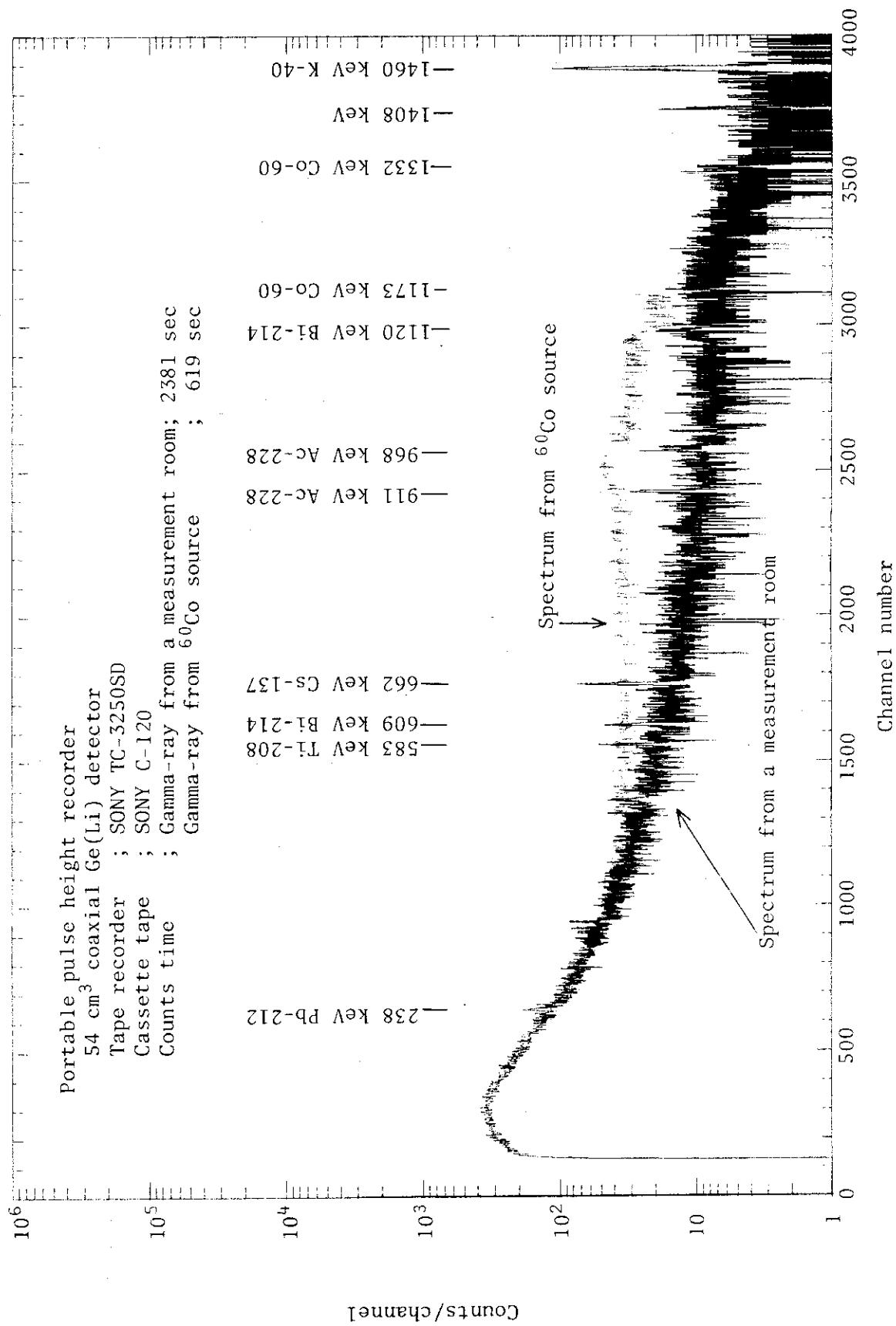


Fig. 5.3 Gamma-ray spectrum from a measurement room and gamma-ray spectrum from a ^{60}Co gamma-ray source separated from a mixed spectrum when a cassette tape recorded by a portable pulse height recorder system

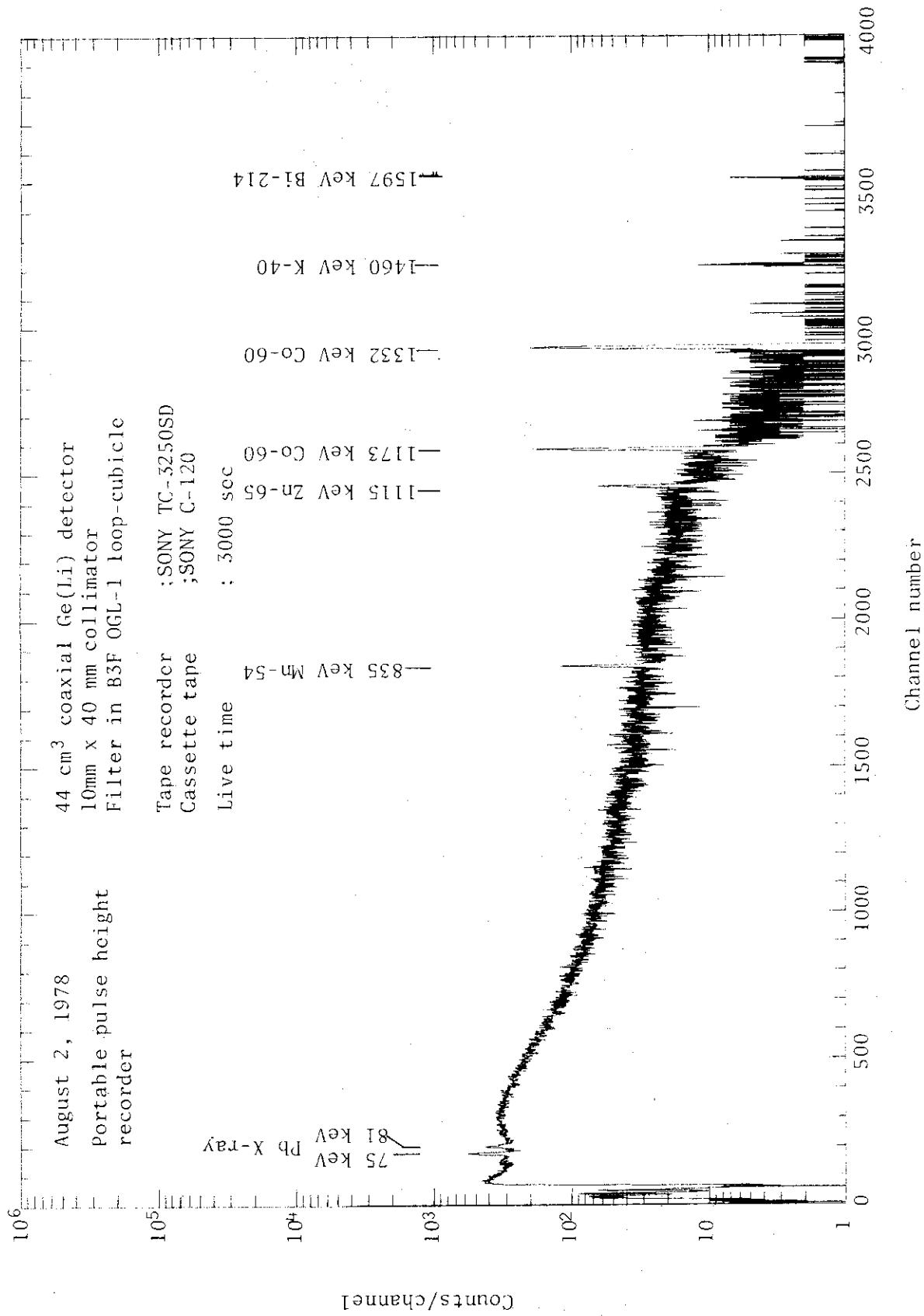


Fig. 5.4

Gamma-ray spectrum of a filter in OGL-1 loop measured by a 44 cm³ coaxial Ge(Li) detector using a portable pulse height recorder system

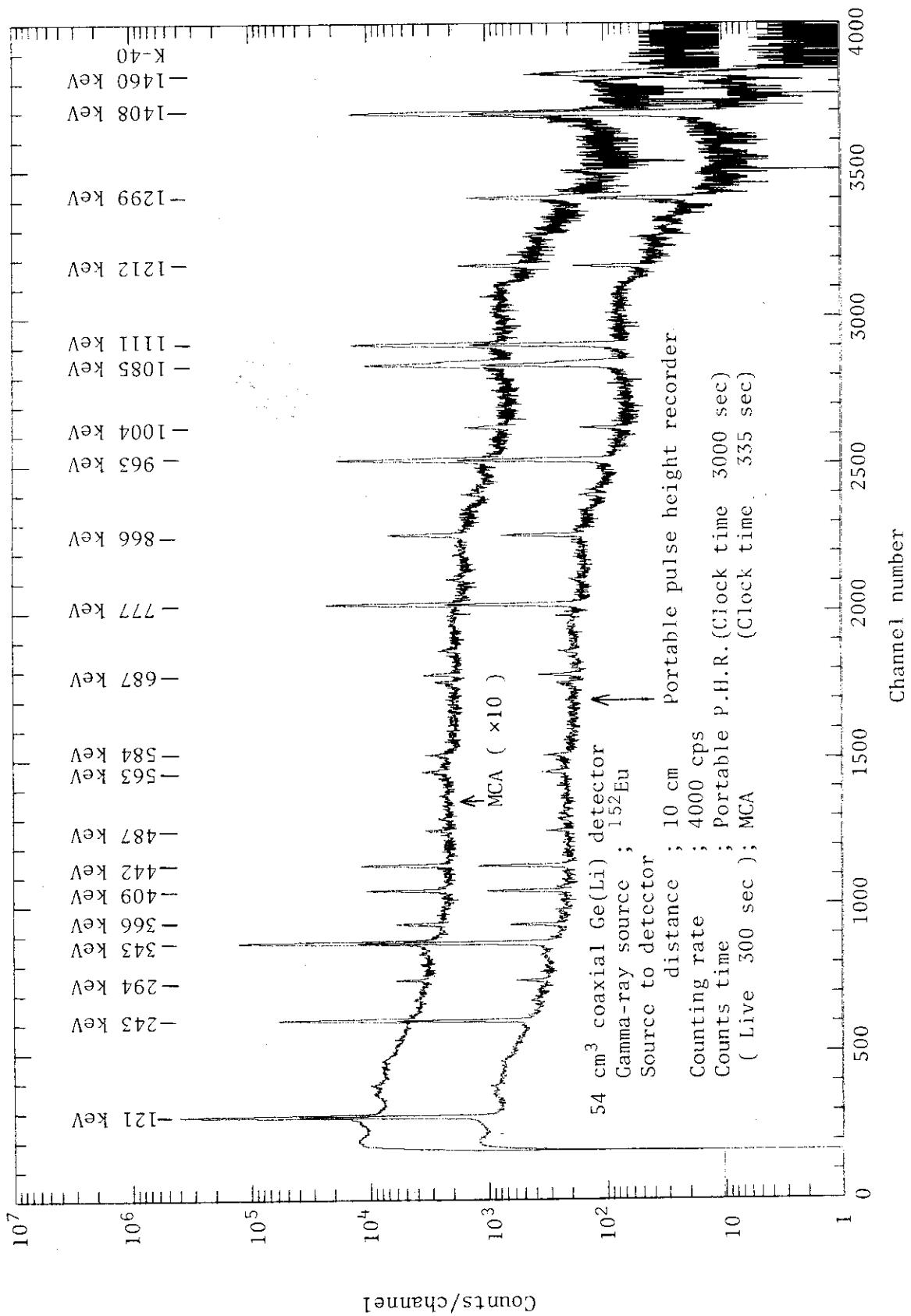


Fig. 5.5 Gamma-ray spectra of a ¹⁵²Eu gamma-ray source measured in a 54 cm³ coaxial Ge(Li) detector using a portable pulse height recorder and a multichannel pulse height analyzer

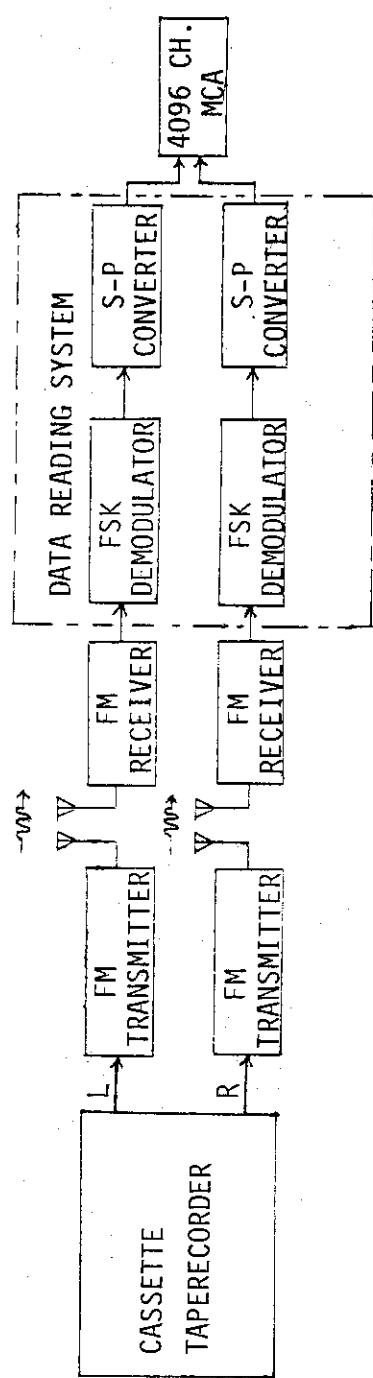


Fig. 5.6 Block diagram of the electronics for FM-transmit-experiment

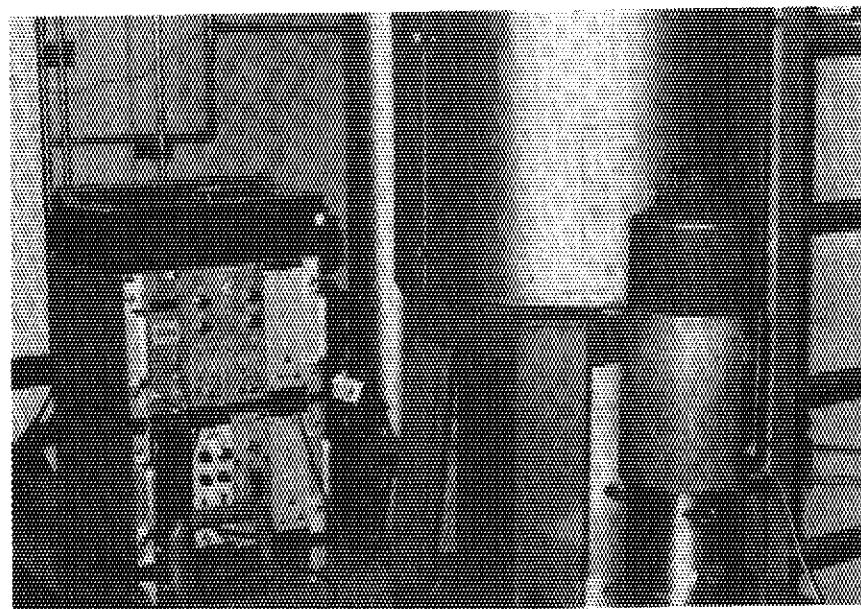


Photo. 5.1 FP plate out measurement at a filter in OGL-1 gas loop
using a portable pulse height recorder system

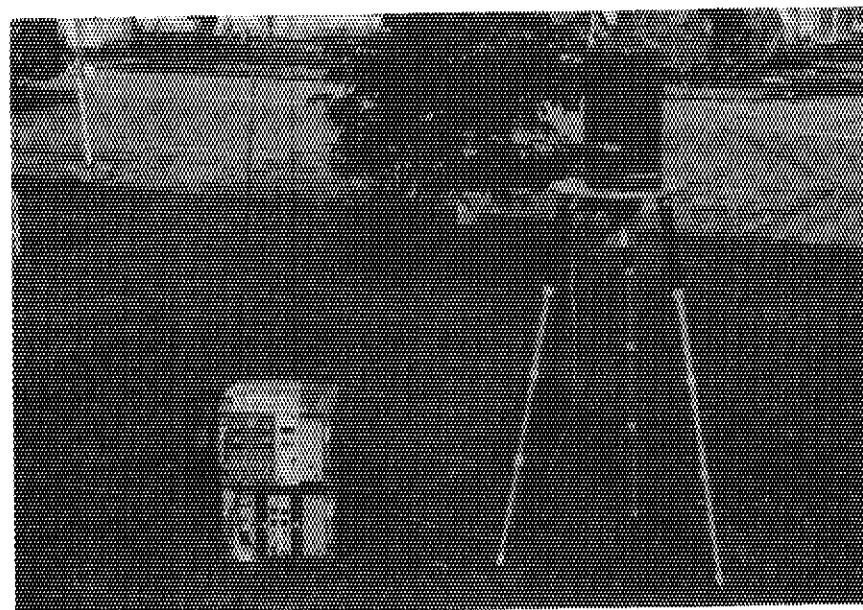


Photo. 5.2 In-situ gamma-ray measurement using a portable pulse
height recorder system and a FM transmitter

6. 考察および結論

可搬型ゲルマニウム検出器を用いて実験室外部の現場においてガンマ線スペクトル測定を行うために、可搬型波高分布記録装置を開発した。今後さらに性能の優れた装置を作るために、得られた技術的経験と特性測定結果を基に今後の展望について以下に考察を行った。

本装置の回路設計を行うに当り、電源としてNIM規格電源を使用することを条件とし集積回路にTTLを使用したため、消費電力が多少増加した。本回路のほとんどの集積回路は最近品種がそろった高速CMOS型あるいはALS型TTLに置き換える可能である。また一部の回路についてはさらに集積度の高い素子を使用する事ができるため、これらの素子を使用することにより消費電力を大幅に低減することができる。このため、ADCの低消費電力化を進め電池駆動化を図ればさらに可搬性の高い装置とすることができる。

データ書き込み速度をさらに増加する点に関しては、FSK変調の周波数をさらに上げれば原理的には可能である。しかし、データ記録モードにおいてはカセットテープレコーダの録音再生時の周波数特性とテープのドロップアウト特性を考慮すると数10%の増加しか見込めない。エラー発生率を考えると現在の書き込み速度が適当な速度と考えられる。また、データ転送モードにおいてはFM送受信機の周波数特性を考慮するとFSK変調周波数を2~3倍上げる事が可能と考えられるので、書き込み速度も同程度増加できる。

デッドタイムの補正に関しては所期の目的を十分満足する結果が得られた。 10^4 cpsの高計数率でも1%程度の誤差で測定できるため、通常のガンマ線測定にも十分使用できるようになった。また、カセットテープに波高データを書き込む際、実効時間信号を波高データの1チャネル目に対応した信号に変換し、波高データの一部として記録する方式を考案し採用した。この時間信号を使うことにより、カセットテープを途中から再生し、注目する部分の波高分布を得る際、真の計測時間を求めることが可能となり、正確な計数率を得ることができるようになった。

録音時間の長さはカセットテープの長さにより決まる。このため録音装置としてカセットテープレコーダを用いた場合、一般用カセットテープの最も記録時間の長いC-120型を用い1時間の計測が可能である。さらに、録音時間を長くするには、録音装置として可搬化されたオープンリール型のテープレコーダを使用する必要がある。

また、本装置においてはカセットテープレコーダの書き込み方式としてFSK変調方式を使った。回路構成が簡単であるにもかかわらずエラー発生率が少なく書き込み密度も十分高く取れ、波高分布データのカセットテープへの書き込み方式として優れていることがわかった。

本装置のデータ転送モードの実験をFM送受信機を用いて行った。実験の結果、十分データ転送が可能であり、現場側とデータ処理側を信号ケーブルを使用することなく接続し、リアルタイム測定を

実現する見通しを得た。今後、本装置の電池駆動化と並行し増幅器及びADCの電池駆動化を進め現場側装置の可搬化をさらに図れば、本装置のデータ転送モードはさらに実用性が増加する。

特性測定、応用測定及び上記考察に示すように、開発した可搬型波高分布記録装置は従来の装置にはない特長・機能を持っており、所期の開発目標を十分満足している。得られた性能は、環境放射能測定、原子炉の保守管理、放射能廃棄物の混合物測定等に十分対応できるものであり、これらのガンマ線スペクトル測定に適した可搬型の波高分析装置とすることができた。

謝 辞

本装置の応用測定及び本報告書をまとめる上で種々の御援助をいただきました原子炉工学部原子炉計測研究室副主任研究員寺田博海氏に深く感謝致します。本報告書をまとめるに際して、種々の御検討及び御助力をいただきました原子炉工学部原子炉計測研究室長若山直昭氏に深く感謝致します。

参 考 文 献

- (1) 熊谷秀和、岡野真治、橋爪郎；簡易形データレコーダと放射線計測における応用、理化学研究所報告、第51巻、第5号、P119-P137(1975)
- (2) 片桐政樹；波高分析装置ND-50/50のデータ処理(1)、JAERI-M 6989(1977)
- (3) 片桐政樹、寺田博海、高橋秀武；可搬型Ge(Li)検出器を使用したFPプレートアウト測定、JAERI-M 7579(1978)

実現する見通しを得た。今後、本装置の電池駆動化と並行し増幅器及びA D Cの電池駆動化を進め現場側装置の可搬化をさらに図れば、本装置のデータ転送モードはさらに実用性が増加する。

特性測定、応用測定及び上記考察に示すように、開発した可搬型波高分布記録装置は従来の装置にはない特長・機能を持っており、所期の開発目標を十分満足している。得られた性能は、環境放射能測定、原子炉の保守管理、放射能廃棄物の混合物測定等に十分対応できるものであり、これらのガンマ線スペクトル測定に適した可搬型の波高分析装置とすることができた。

謝 辞

本装置の応用測定及び本報告書をまとめる上で種々の御援助をいただきました原子炉工学部原子炉計測研究室副主任研究員寺田博海氏に深く感謝致します。本報告書をまとめるに際して、種々の御検討及び御助力をいただきました原子炉工学部原子炉計測研究室長若山直昭氏に深く感謝致します。

参 考 文 献

- (1) 熊谷秀和、岡野真治、橋爪郎；簡易形データレコーダと放射線計測における応用、理化学研究所報告、第51巻、第5号、P 119-P 137 (1975)
- (2) 片桐政樹；波高分析装置 ND-50/50 のデータ処理(1)、JAERI-M 6989 (1977)
- (3) 片桐政樹、寺田博海、高橋秀武；可搬型Ge(Li)検出器を使用したFPプレートアウト測定、JAERI-M 7579 (1978)

実現する見通しを得た。今後、本装置の電池駆動化と並行し増幅器及びA D Cの電池駆動化を進め現場側装置の可搬化をさらに図れば、本装置のデータ転送モードはさらに実用性が増加する。

特性測定、応用測定及び上記考察に示すように、開発した可搬型波高分布記録装置は従来の装置にはない特長・機能を持っており、所期の開発目標を十分満足している。得られた性能は、環境放射能測定、原子炉の保守管理、放射能廃棄物の混合物測定等に十分対応できるものであり、これらのガンマ線スペクトル測定に適した可搬型の波高分析装置とすることができた。

謝 辞

本装置の応用測定及び本報告書をまとめる上で種々の御援助をいただきました原子炉工学部原子炉計測研究室副主任研究員寺田博海氏に深く感謝致します。本報告書をまとめるに際して、種々の御検討及び御助力をいただきました原子炉工学部原子炉計測研究室長若山直昭氏に深く感謝致します。

参 考 文 献

- (1) 熊谷秀和、岡野真治、橋爪郎；簡易形データレコーダと放射線計測における応用、理化学研究所報告、第51巻、第5号、P119-P137(1975)
- (2) 片桐政樹；波高分析装置ND-50/50のデータ処理(1)、JAERI-M 6989(1977)
- (3) 片桐政樹、寺田博海、高橋秀武；可搬型Ge(Li)検出器を使用したFPプレートアウト測定、JAERI-M 7579(1978)