

# 簡易智慧型手機核種偵查儀

## A Simple Smart Phone Radionuclide Survey Meter

曾訓華

Hsun-Hua Tseng

日本福島核災經驗，核能電廠輻射洩漏災變發生，汙染擴散距離長達數十公里時，對應變決策至關重要之特定輻射核種成分與活度調查，傳統作業必須包括：抽取樣本、實驗室運交、精密測量以及資料運算等四個步驟。面積廣大時，執行上述作業步驟費力費時，與掌控事故發展之分秒必爭要求，無期待可能性。雖然可以運用移動式環境偵測車輛，將高精密之實驗裝備運送至事故現場，就地實施取樣及輻射核種分析，但這類裝備主要使用高精密偵檢器及電子週邊，僅能於嚴格控制之溫度與環境下才可發揮正常功能，兼以設備笨重、價格昂貴、高維護成本、有限之數量及妥善率，並不足以應付瞬息萬變、複雜多樣之核輻射事故情境。本研究成果係針對上述缺點，根據行政院核能研究所獨特之脈衝分析晶片發明專利，開發一種成本低廉、輕巧省電、使用碘化鈉偵檢器之低成本能譜分析模組，搭配智慧型手機，適用於大量生產與分發使用，有效地解決大面積汙染調查所需之裝備數量、輸運及妥善率問題。

Experiences gained from Japan Fukushima nuclear accidents have told us that conventional SOPs are not applicable to urgent, large area radioactive isotopes survey. Although we can count on mobile radiological laboratories which are delivered with sophisticated measurement and data manipulation equipments, however both their quantity and viability are highly limited and they are still far from enough under emergent conditions. The Institute of Nuclear Energy Research has developed a simple smart phone radionuclide survey meter based on her unique pulse analysis chip. Thanks to great technology progress on massive low cost smart phone and NaI (TI) scintillation detectors, we may get all necessary tasks be done on site simultaneously such as, multi-channel analysis, nuclide identification, activity measurements, GPS positioning, and long range wireless transmission required for large area survey simply by finger tip on smart phone touch screen of this light weight equipment.

### 一、前言

近年來，由於人造放射性同位素廣泛地應用於醫工農業與核設施之放射性廢料、環境汙染監測等管理工作之需要，講究輕巧價廉且具備適當精確度之放射性同位素核種分析裝備，便成為十分有用的工具。

至目前為止，有關放射性同位素核種檢測分析所使用之裝備，其工作原理均以偵檢器接受放射線撞擊，收集其能量吸收產生之游離電荷後，轉為高度與能量相關之脈衝，再將脈衝以主動濾波器整型為近似高斯分布 (quasi-Gaussian shape) 之外型後，抓取其峰值維持於一低漏電率之電容上，或直接以高速類比／數位轉換器加以鑑別 (successive

approximation ADC)，抑或採用定電流釋放電荷再對釋放時間作精準計時 (Wilkinson ADC) 測量脈衝峰值，最後統計輻射脈衝高度分布情形，進而判讀放射性同位素核種<sup>(1-3)</sup>。

講求高能譜解析度者，多採用液態氬或壓縮機冷卻之銻或矽偵檢器，電路設計方面，則需經由精確校調之低雜訊前置放大器、整型放大器與高速類比／數位轉換器等精密電子裝備，不但成本驚人，其可攜性差、電源要求嚴酷、組裝麻煩與不易保持良好狀況等特性，使其應用領域局限於環境良好之實驗室與固定之高級裝備使用。晚近數位化信號處理硬韌體技術之進步，直接以類比／數位轉換器對偵檢器脈衝快速取樣，前置放大器以外之類比組件可以完全以數位信號處理系統取代，其能譜測量分析之精密度已臻化境<sup>(4-6)</sup>。

至於大多數於室溫應用之半導體或閃爍體偵檢器，尤其是如價格最大眾化之 NaI (Tl) 閃爍體偵檢器，因本質之信號雜訊比欠佳，搭配傳統上適用於高能譜解析度要求之高精度、低雜訊脈衝處理與類比／數位轉換器電路儀器設計，既無必要又顯得累贅耗電，阻礙了更便宜輕巧儀器之發展。

本設計針對 NaI (Tl) 閃爍體偵檢器，採用脈衝對數轉換能譜理念，應用廉價簡單之互補金氧半可程式陣列邏輯閘元件 (CMOS programmable logic device, CPLD)，製作輕巧省電高速脈衝分析晶片，組裝於實用電子硬體電路模組，搭配智慧型手機後，直接實現核種快速偵查儀器設備之應用。

## 二、研究方法與過程

### 1. 設計概念

傳統上利用類比數位轉換器 (ADC) 核輻射能譜，得到偵檢器電子脈衝之尖峰高度分布轉換，其伽瑪能量與脈衝高度之對應關係應為線性曲線。依標準核儀模組 (NIM) 規範，偵檢器電子脈衝輸出，不論使用何種偵檢器與對應之前置放大電路，輸出信號外型大多為一快速上升 (risetime < 50 ns) 之階梯 (step)，隨之以一特定時間常數 (20–100 μs) 指數函數回至基值電壓 (baseline voltage) 之標準形狀。考慮雜訊之存在與忽略階梯上升時間，其

外型時間函數可用簡單之數學模型代表：

$$\begin{aligned} V(t) &= V_{dc} + V_n(t) & t < 0 \\ &= V_{pk} \cdot e^{-t/\tau} + V_{dc} + V_n(t) & t \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

其中， $V(t)$  代表放大定型處理後之輻射脈衝信號； $V_{dc}$  為基值電壓； $V_n(t)$  為電子雜訊； $V_{pk}$  為脈衝峰值 (即高度)； $\tau$  為基線回復時間常數，可依偵檢器特性以外加電阻電容予以調整。

依據式 (1)，當比較器低限位準預設值為  $V_{th}$  時，其鑑別後產生之數位邏輯脈衝脈寬為：

$$\begin{aligned} T_w &= \tau \cdot \ln \frac{V_{pk}}{V_{th} - V_n(T_w) - V_{dc}} \\ &= \tau \cdot \ln \frac{V_{pk}}{V_{th}'} \end{aligned} \quad (2)$$

因此可知以偵檢器產生之脈寬與尖峰高度的關係如式 (2) 所示。實際量測統計結果參見圖 1，可以看出兩者間呈現指數函數關係，能譜校正時可使用最小平方法來校正能量對數與脈衝寬度之關係。

### 2. 系統設計

與傳統的 ADC 檢核種分析系統不同，本研究所提出之新分析儀採用脈寬技術取代傳統之脈高抓取轉換。如圖 2 與圖 3 所示，其系統設計原理為：首先，使用預設低限位準之比較器，將定型後之輻射脈衝自雜訊中鑑別分出，並直接變成數位邏輯脈衝。依據式 (1)，當比較器低限位準預設值為  $V_{th}$  時，其鑑別後產生之數位邏輯脈衝脈寬  $T_w$  如式 (2)，反之，若已知邏輯脈衝寬度為  $T_w$ ，則其對應之輻射脈衝高度  $V_{pk}$  則為：

$$V_{pk} = (V_{th} - V_n - V_{dc}) \cdot e^{T_w/\tau} \cong V_{th}' \cdot e^{T_w/\tau} \quad (3)$$

上式中之  $V_{th}'$  為真正之脈高鑑別臨限值。應用此方法於脈高計測時，若雜訊電壓  $V_n \ll V_{th} - V_{dc}$ ，且基值電壓保持穩定，由於高寬轉換間之指數關係，脈寬計測精準度  $dT_w$  (即計數時鐘脈波週期 =  $1/Fc$ ， $Fc$  為時鐘脈波頻率) 與定型輻射脈衝時

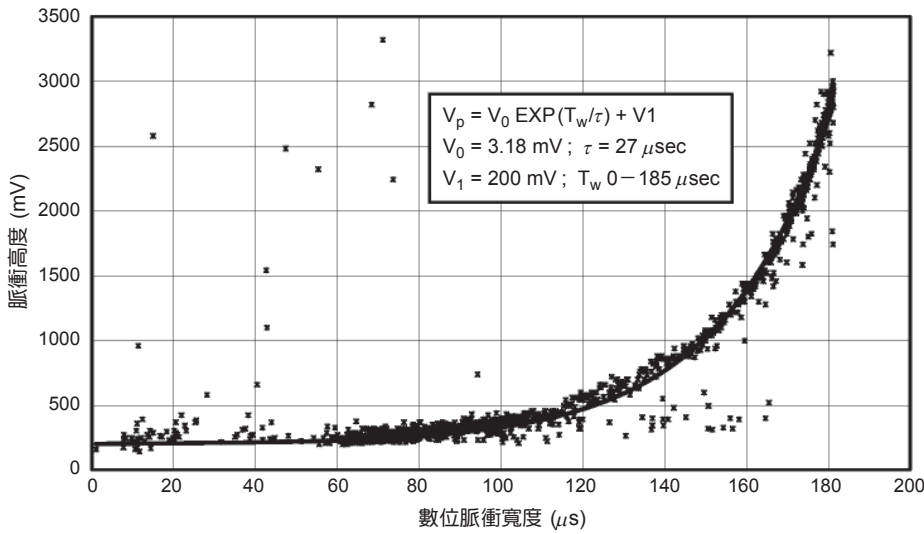


圖 1. 偵檢器信號脈衝尖峰高度對脈寬所測量之指數曲線對應關係。

間常數  $t$  對於脈高相對解析率 ( $dV_{pk}/V_{pk}$ ) 之關係可用下式代表：

$$\frac{dV_{pk}}{V_{pk}} = \frac{dT_w}{\tau} = \frac{1}{\tau \cdot Fc} \quad (4)$$

與傳統之峰值抓取與類比／數位轉換脈高分析儀設計方法相較，二者之差異在於脈寬計數法中的  $dT_w$  為定值，因此其相對解析率固定，但絕對解析度  $dV_{pk}$  隨脈高減低，在  $dT_w/t$  值不變時，有利於低能粒子 ( $V_{pk}$  小) 之解析。而類比／數位轉換脈高分析

方法則是  $dV_{pk}$  為定值，其相對解析率則有利於高能粒子 ( $V_{pk}$  大) 之解析。

### 3. 前端偵檢器界面

前端偵檢器界面 (detector interface)，利用電阻電容時間常數所得的脈高與脈寬關係所設計出的脈寬分析儀。這裡使用脈高鑑別器將波形轉換成脈寬做脈衝峰值測量，再輸入微處理器中做出對應的能譜位址。當波形進入一低準位的臨界電壓 ( $V_{th}$ ) 鑑別器，會產生出一個脈衝寬度 ( $T_w$ )，通常臨界電壓的設定會大於雜訊電壓，因此當波形經過辨識器

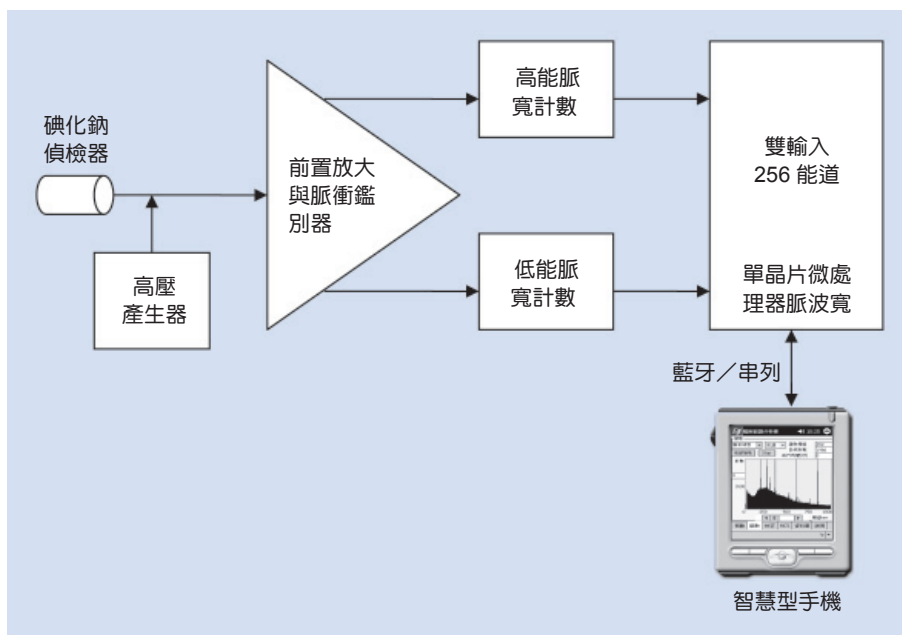


圖 2. 採用脈寬計數之能譜分析儀設計結構。

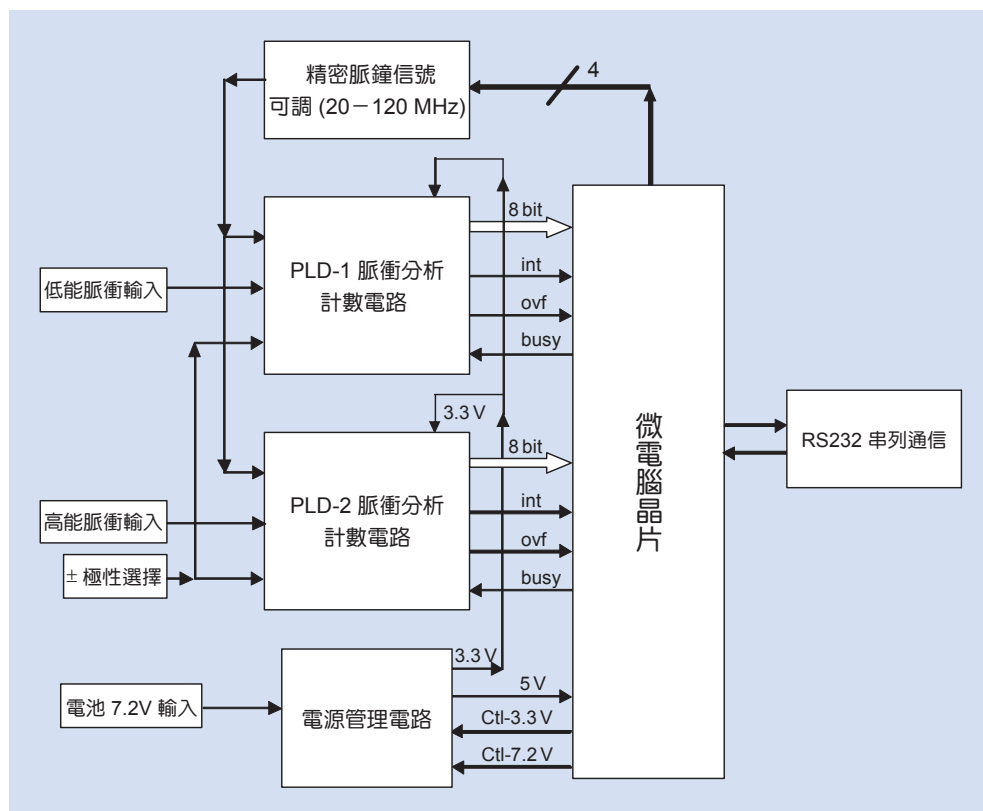


圖 3. 脈寬計數分析模組設計圖。

後，可濾除雜訊電壓轉換波形為脈寬訊號。

傳統 ADC 定義脈衝峰值數位信號為能道 (channel)，代表的是脈衝峰值數位化後的大小，所以高能量 (energy) 放射線元素產生較大的脈衝峰值數位值，會對應到較高的能道，而每一個能道中計數器累積的次數則反映了該放射線元素在此能量之累積數目。脈衝訊號經脈高脈寬轉換器後，則定義脈衝寬度為能道 (channel)，代表的是脈衝峰值經轉換電路後的大小，所以高能量放射線元素所產生的較大脈衝峰值會對應到較大的脈衝寬度和較高的能道，而在每一個能道中，依計數器累積出來的次數則反映了該放射線元素在此環境的能量累積，依於脈衝峰值和脈衝寬度成一指數關係，因此在末端智慧型手機做校正處理，即可提供使用者作進一步的能譜分析，決定該放射線元素在此環境的活度 (activity)。

#### 4. 微電腦處理核心

微控器處理核心是以單晶片處理的信號控制及傳輸功能，並採用電壓為 5 伏特操作及高速可程式邏輯電路 PLD 元件，配合高精度度時鐘 (clock) 頻

率範圍 20 MHz—120 MHz，解析每一光子脈衝波寬數據經高速微控電腦處理，同時平行處理雙通道之正或負脈波寬度範圍在  $0.5 \mu\text{s} - 50 \mu\text{s}$  之間，定義核種輸出高能階與低能階能譜，脈波寬度最小以  $0.5 \mu\text{s}$  為一單位，並將脈波次數紀錄累計在微處理記憶體中 (RAM) 中，量測解析度為  $0.5 \mu\text{s}$ ，並以  $4 \times 0.5 \mu\text{s}$  為單位儲存在 1 kbyte 記憶體中，同範圍的脈波最高可紀錄到 65535 次。外部電腦設備可透過 RS232 標準串列通信界面，下達指令，設定工作參數，取得各範圍脈波寬度所出現的次數，或將紀錄值歸零處理，依於使用者的操作及顯示界面，在電腦螢幕上顯示能譜。由於單晶片不需要驅動週邊 IC 裝置，相對的也簡化硬體所佔據的空間。微控器處理核心電路功能，分別為擷取量測界面的脈寬量測器輸出的脈衝寬度數位訊號，進行能譜統計，並透過串列通訊界面依據通信格式，接受指揮，按使用者需要，設定工作參數，並將資料傳送給電腦分析處理。

#### 5. 脈寬分析電路核種測量與校正

依圖 2 與圖 3 架構，開發完成脈寬分析晶片

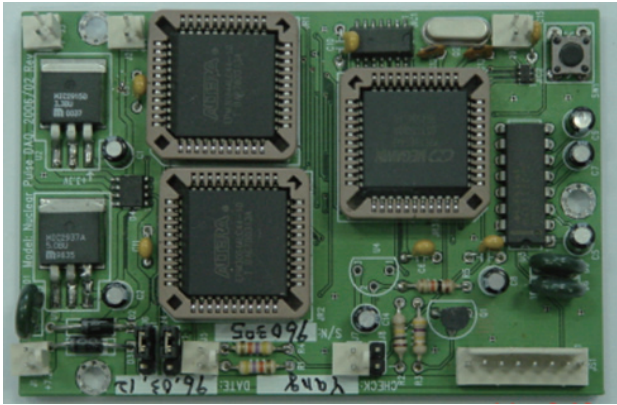


圖 4. 採用脈寬計數之能譜分析儀測試電路。

與 2" × 2" 碘化鈉偵頭應用電路實驗板製作，實品如圖 4 所示，具備 300–1200 V 可調高壓與高低能段各 256 channel 解析等功能，重要技術規格如下：

- 能量範圍：30 keV–2 MeV。
- 靈敏度：> 1500 cps/μSv/h @ Cs-137。
- 效率因素：> 0.1 cps/Bq @ Cs-137、0.03 cps/Bq @ Co-60。
- 有效測量範圍：1 nSv/h–100 μSv/h。
- 能譜解析度：512 channel < 7% @ Cs-137。

我們以個人電腦透過串列通信與分析儀實驗電路盒連線，用 Borland C Builder 6 完成 2" × 2" 碘化鈉偵檢頭應用電路實驗板能譜分析測試及校正

表 1. 校正用放射性核種蛻變特性與光子種類表。

核種	半衰期	光子能量 (keV)	光子產率 (%)
Co-60	5.271 年	1332.5	99.98
		1173.2	99.9
Ba-133	10.54 年	34	123
		81	34
		356	80
Cs-137	30.0 年	30	7
		662	85
Eu-152	13.33 年	45	75
		122	28
		344	27
		779	13
		964	15
		1112	14
		1408	21

軟體製作，在 Windows XP 作業系統下，透過個人電腦標準 USB 通訊界面具備的參數設定、能譜讀寫、峰值自動搜尋及核種解析等功能，操作畫面如圖 5 所示。

使用 PC 能譜分析軟體搭配 2" × 2" 碘化鈉偵檢頭應用電路實驗盒，完成 Ba-133、Cs-137、Eu-152 及 Co-60 校正，其結果可參見圖 6 至 9。上述各放射性核種之蛻變特性與放射粒子之種類如表 1

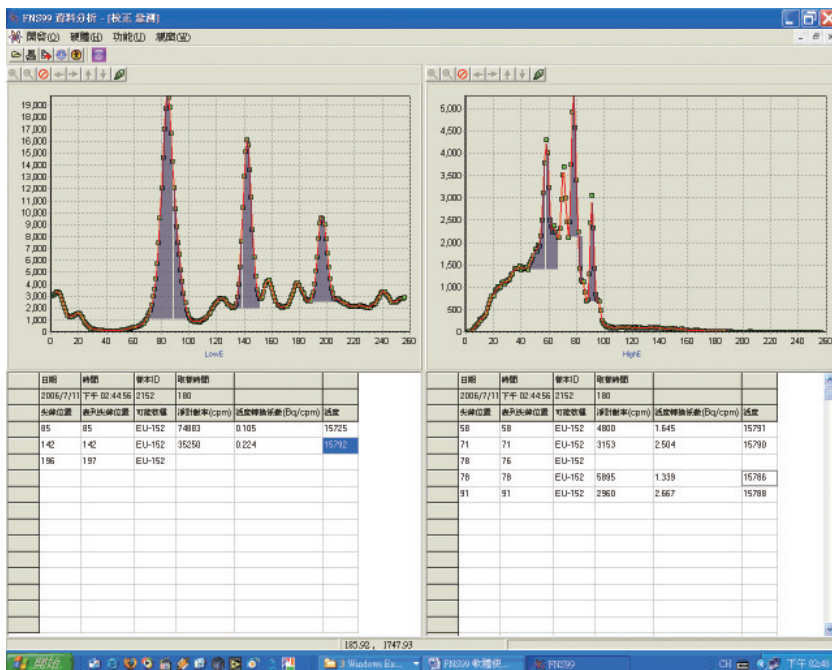


圖 5. 實驗電路盒 PC 能譜分析軟體操作畫面。

Cs-137 三分鐘測量

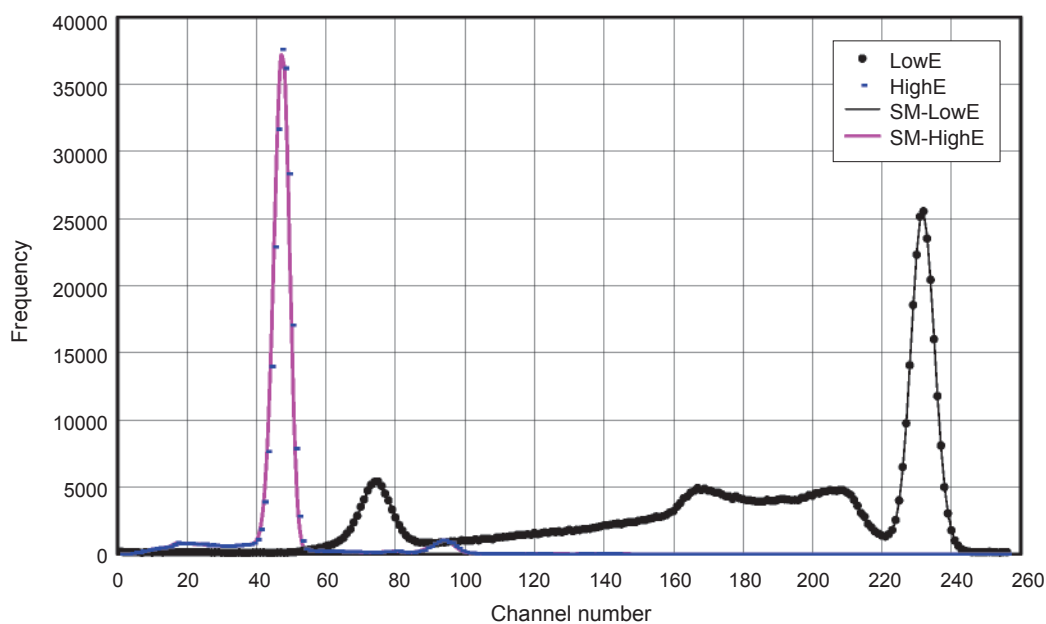


圖 6.  
二吋碘化鈉偵檢頭  
搭配實驗電路盒之  
Cs-137 能譜。

所示，其中以半衰期來代表放射性核種之蛻變特性，以能量及產率來代表放射粒子之種類。

根據式 (2) 可知脈寬與粒子能量之自然對數函數呈現直線相關性，因此於脈寬能譜圖上，每一控道編號  $j$  均對應一能量值  $E$ ，其對應關係可以由標定不同標準射源之各種特性尖峰位置後，依下列式 (5) 以最小平方擬合取得。其中， $A$  為擬合所得之斜率參數， $B$  為擬合所得之截距參數：

$$\ln(E) = A \times j + B \quad (5)$$

本實驗盒所使用之碘化鈉偵檢頭以各種標準射源能譜，依照前述演算步驟所獲得之校正結果如圖 10 所示，該圖為高低能段使用式 (5) 對上述標準射源能譜量測結果擬合後之比較。

Ba-133 (長方型) 三分鐘測量

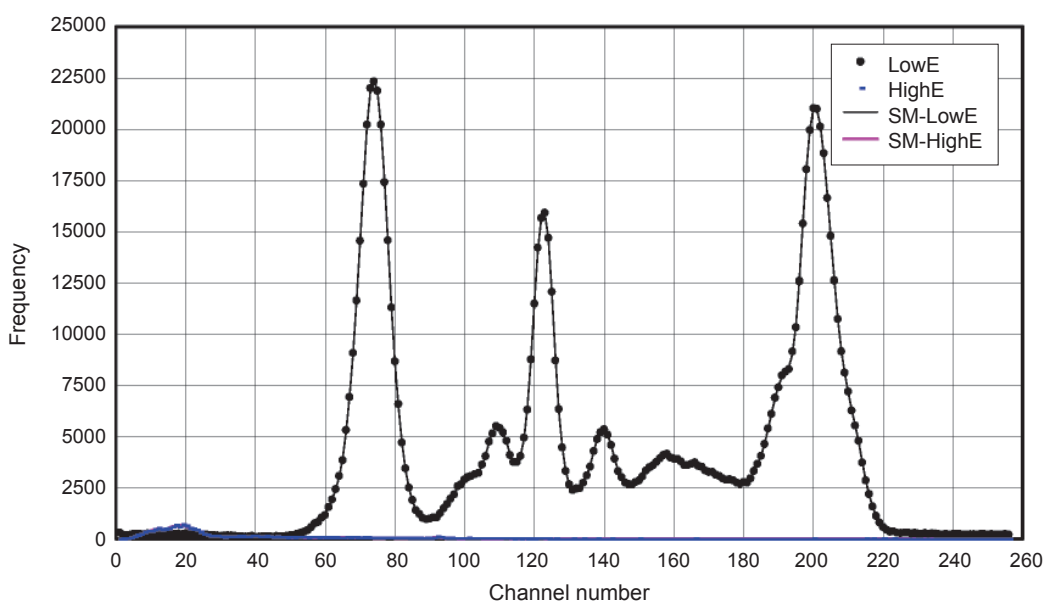


圖 7.  
二吋碘化鈉偵檢頭  
搭配實驗電路盒之  
Ba-133 能譜。

Eu-152 五分鐘測量

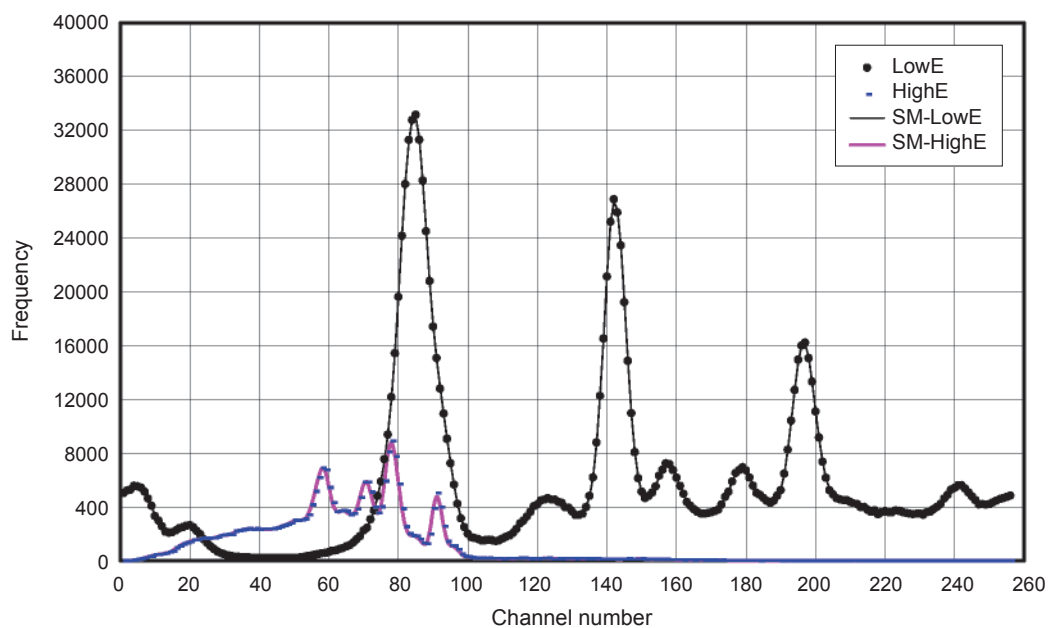


圖 8. 二吋碘化鈉偵檢頭搭配實驗電路盒之 Eu-152 能譜。

Co-60 六分鐘測量

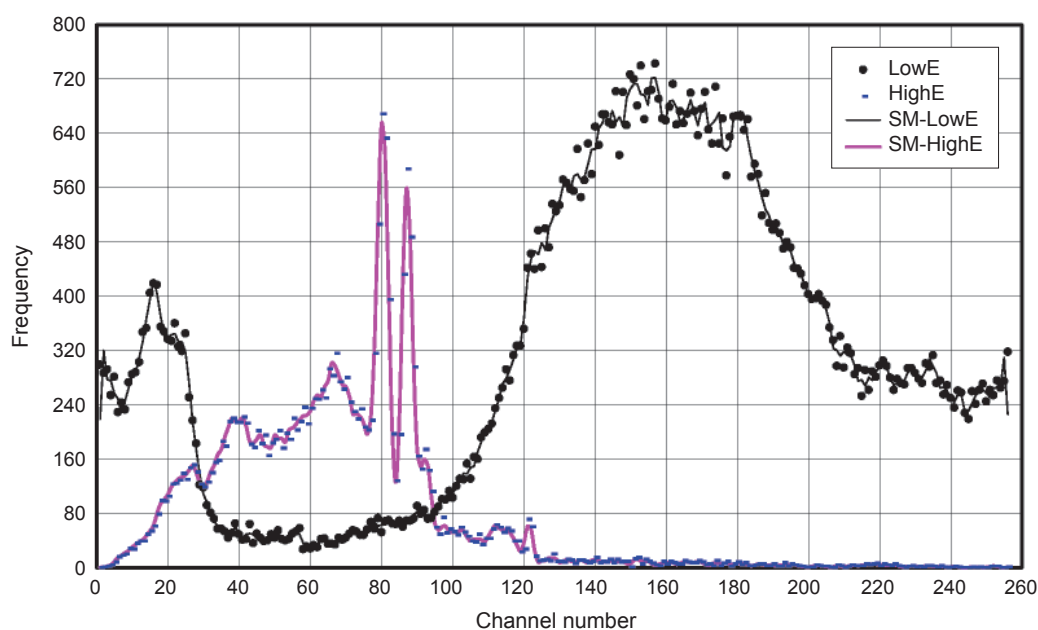


圖 9. 二吋碘化鈉偵檢頭搭配實驗電路盒之 Co-60 能譜。

## 6. 智慧型手機

我們採用國產內建微軟公司 Window Mobile 2003 Pocket PC Phone Edition 標準作業系統之多普達 Dopod700 智慧型手機做為能譜分析儀發展平台。該手機具有 GSM/Wi-Fi 雙網、四頻通訊、

3.5 吋觸控螢幕、兩百萬畫素照相鏡頭及 SD/MMC SDIO 記憶卡，內建藍芽、紅外線及 USB 1.1 通信接口。FNS-99 能譜分析儀主控程式使用 eVB.net 撰寫，與校正參數等存放於 2GB SD 記憶卡中。其照片如圖 11 所示。

高低能段尖峰能量對控道編號關係圖

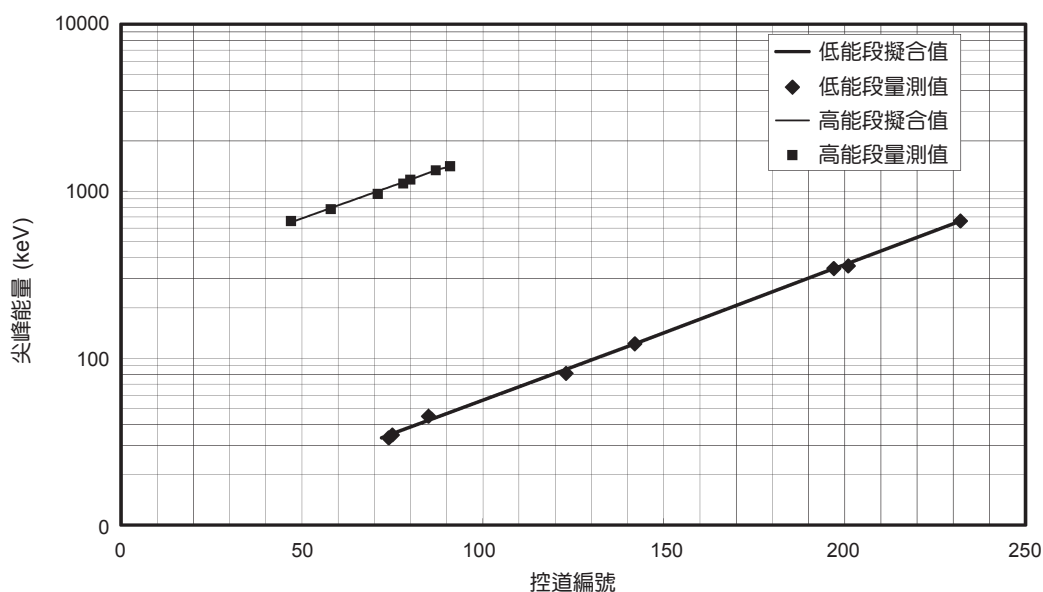


圖 10. 使用式 (5) 對上述標準射源能譜量測結果擬合後之比較。

### 三、成果與應用

#### 1. 智慧型手機核種偵查儀

一套完整之 FNS-99 便攜式智慧型手機核種偵查儀如圖 12 所示，包含 1 吋 × 2 吋碘化鈉偵檢器、高壓供應與脈衝數位信號處理電路模組、智慧型手機三單元及附屬充電器與線材。儀器尺寸為  $26 \times 20 \times 9 \text{ cm}^3$ ，加上電池總重量約為 1.8 公斤。

為配合人員攜帶野外調查應用，標準之操作

功能包括：衛星定位系統 (GPS) 與手機 GSM 無線 GPRS 網路啟用、現場照相、能譜計測與核種分析、即時數據儲存與傳輸等三項作業。圖 13 至圖 16 為智慧型手機上述工作操作畫面。

FNS99 智慧型手機核種偵查儀重要規格：

- 直徑 1 吋至 3 吋標準碘化鈉偵檢頭。
- 等效劑量率量測範圍 10 nSv/h – 1 mSv/h。
- 能譜量測範圍 0.030 – 2 MeV。
- 能譜解析度 512 控道、20 組預設活度區域。
- 內建 200 組加馬核種光子資料庫，與 20 組預設核種辨識功能。



圖 11. 多普達 Dopod700 智慧型手機外表。



圖 12. 核研所 FNS99 智慧型手機核種偵查儀。

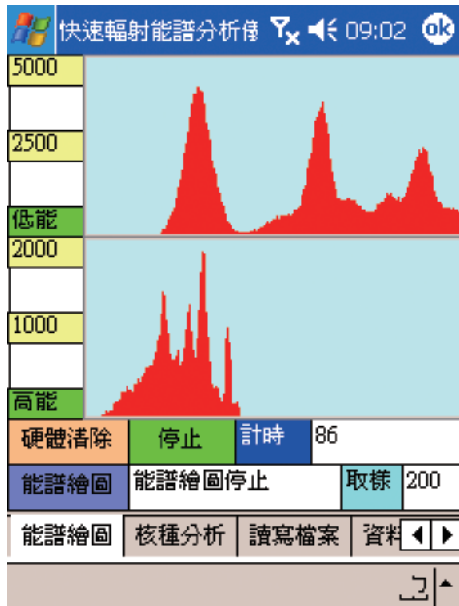


圖 13. 智慧型手機核種偵查儀能譜計測畫面。

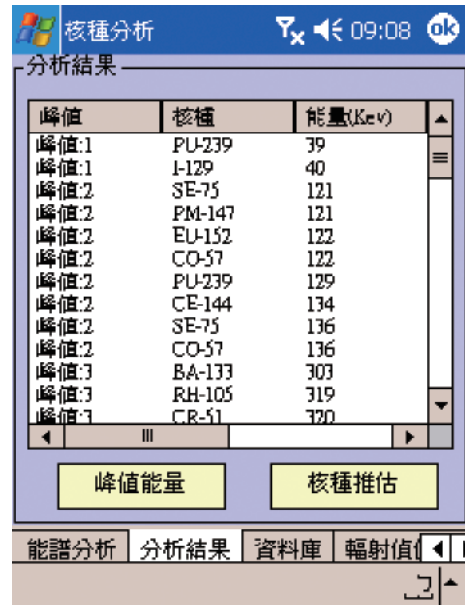


圖 15. 智慧型手機核種偵查儀核種辨識畫面。

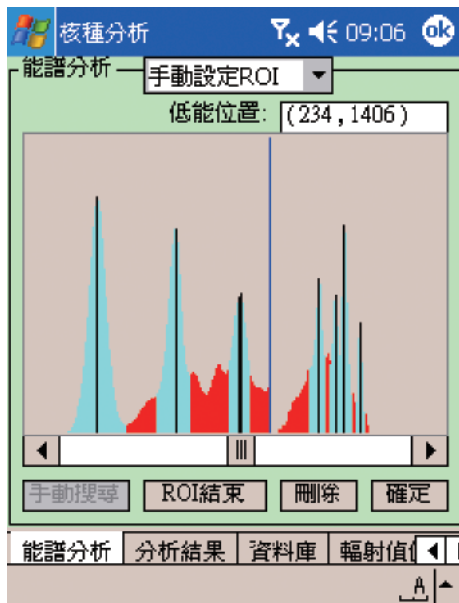


圖 14. 核種偵查儀能譜自動分析畫面。

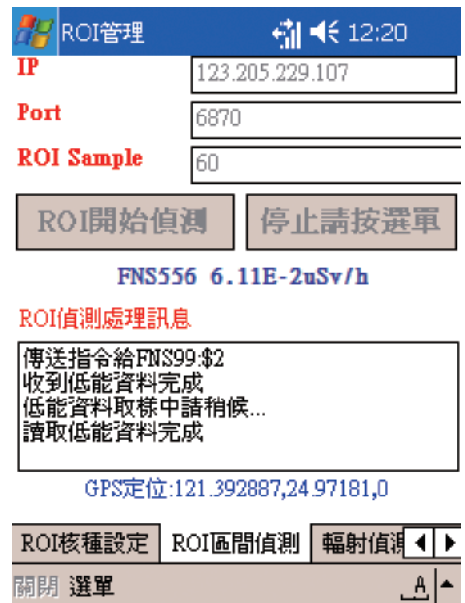


圖 16. 核種偵查儀 GPS 與測量資料傳送畫面。

- 使用 1 × 2 吋標準碘化鈉偵檢頭時，<sup>137</sup>Cs 能譜量測靈敏度約為 1 cps/nSv/h。
- 工作溫度 -30~+40 °C。
- 環境防護等級 IP 54。
- 使用直徑 1 × 2 吋標準碘化鈉偵檢頭時，含電池總重量 1.1 kg。
- 外型尺寸 26 × 20 × 9 cm<sup>3</sup>。

## 2. 海陸空廣域輻射調查

智慧型手機核種偵查儀可以配合不同任務需要加以改裝應用。以日本文部科學省在福島核災發生後所公布之土壤取樣測量資料為例，如圖 17 所示，內容包含時間取樣、地點、<sup>131</sup>I 與 <sup>137</sup>Cs 放射能濃度與空間線量率等。這些資料均屬核種偵查儀固有功能，配合智慧型手機之自動化測量分析與

ダストサンプリングの測定結果 (1/2)

□ : 枠内は新規追加データ。

平成23年4月3日10時00分現在  
文部科学省

測定試料採取点	採取日時	放射能濃度(Bq/m <sup>3</sup> )		空間線量率 (μSv/h)	備考
		<sup>131</sup> I	<sup>137</sup> Cs		
【1-1】(約45km北西)	3月23日 10:45~10:55	4.0	1.2	5.5	【3】
【1-2】(約40km北西)	3月23日 10:50~11:10	5.2	<1.2	9.0	【36】
【1-3】(約30km西北西)	3月23日 13:54~14:17	8.0	<1.4	9.4	【21】
【1-4】(約35km西)	3月23日 12:40~13:02	2.8	<1.1	2.3	【15】
【1-4】(約35km西)1回目	3月24日 10:58~11:09	3.1	<0.99	2	
【1-4】(約35km西)2回目	3月24日 11:58~12:09	2.4	1.3	2.8	
【1-4】(約35km西)3回目	3月24日 12:58~13:09	2.5	<1.2	2.5	
【1-4】(約35km西)4回目	3月24日 13:58~14:09	2.2	1.6	2.2	
【1-4】(約35km西)5回目	3月24日 14:58~15:09	2.8	<1.2	2.5	
【1-4】(約35km西)6回目	3月24日 15:58~16:09	2.1	<1.0	2.2	
【1-5】(約25km南) 走行測定1回目	3月23日 13:15~13:58	530.0	6.6	5.5~14.0	
【1-5】(約25km南) 走行測定2回目	3月23日 14:30~15:10	180.0	2.3	5.5~14.0	
【1-5】(約25km南) 走行測定3回目	3月23日 15:20~15:59	110.0	2.1	5.5~14.0	
【1-5】(約25km南) 走行測定1回目	3月24日 10:06~10:44	5.9	<0.66	5.6	
【1-5】(約25km南) 走行測定2回目	3月24日 10:53~11:33	9.2	<0.71	5.6	
【1-5】(約25km南) 走行測定3回目	3月24日 11:44~12:26	12.0	1.1	5.6	
【1-5】(約25km南) 走行測定	3月25日 11:51~12:38	43.0	2.0	4.1~5.5	
【1-5】(約25km南) 1回目	3月25日 13:12~13:42	23.0	1.4	2	
【1-5】(約25km南) 2回目	3月25日 14:12~14:42	19.0	1.3	2.8	
【1-5】(約25km南) 3回目	3月25日 15:12~15:42	24.0	2.5	2.5	

圖 17. 福島核災發生後，日本文部科學省所公布之典型土壤取樣測量資料。

無線傳輸作業，可以將廣域輻射污染調查功能發揮得更淋漓盡致。

圖 18 所示，為配合海空輻射污染偵查，對核種偵查儀所做之修改。圖 19 至圖 23 為不同載具實施方式與調查結果。

四、結論

雖然在高端放射性核種能譜分析科技之發展，採用液態氮或壓縮機冷卻之銻或矽偵檢器，配合晚近數位化信號處理硬軟體技術之進步，前置放大器

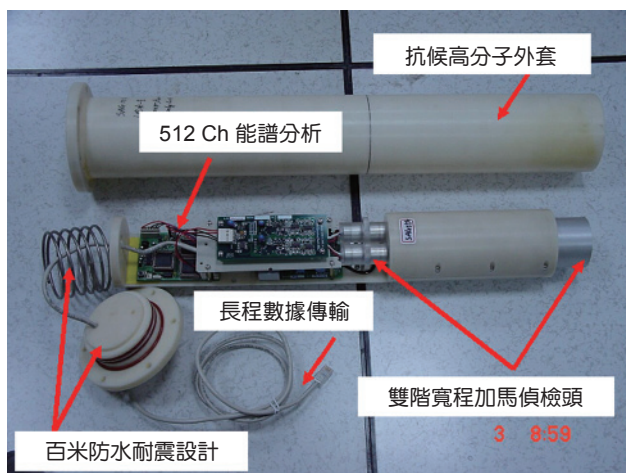


圖 18. 配合海空污染測量所設計之全天候核種偵查儀。



圖 19. 船載核種偵查儀實施水污染調查。



圖 20. 車載核種偵查儀實施地面汙染調查。



圖 21. 遙控直昇機載運核種偵查儀實施地面汙染調查。

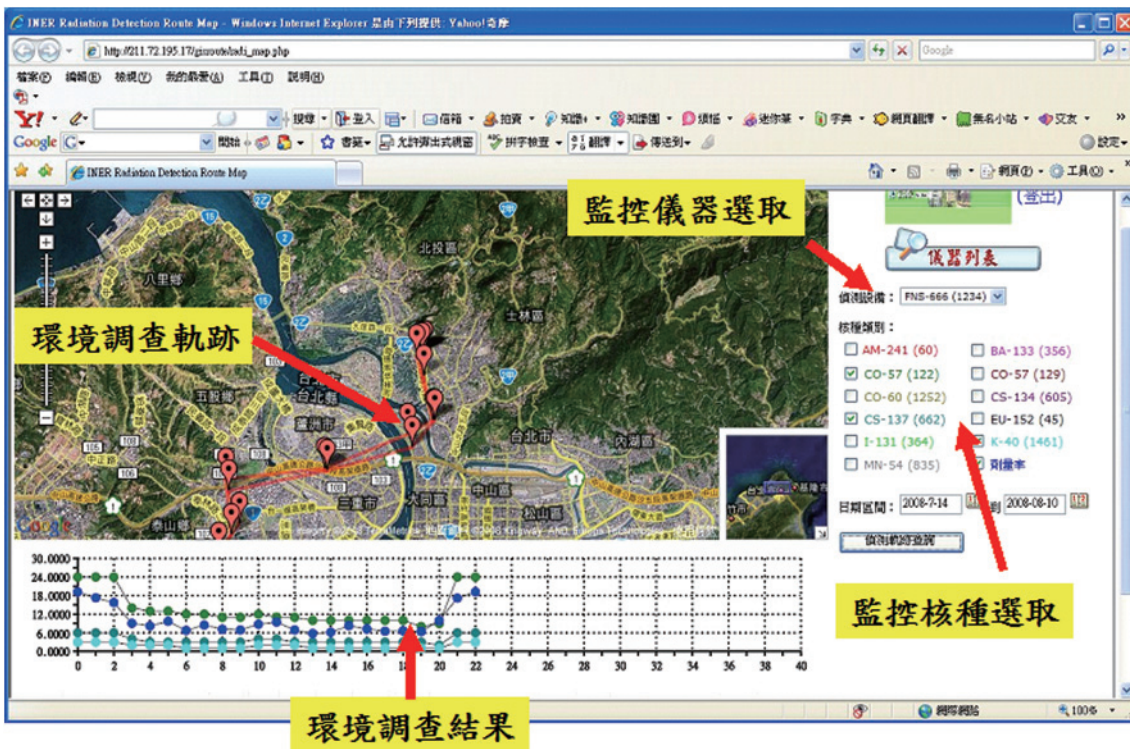


圖 22. 車載核種偵查儀實施地面汙染調查結果總合報告網頁。

以外之類比組件，可以完全以先進之數位信號處理系統取代，其能譜測量分析之精密度已臻化境。可是我國上游缺乏高級銻或矽偵檢器所需之單晶生長能力，下游缺乏精密系統設計整合資源或市場，若追隨歐美腳步投資高端技術開發，並無生存空間與實益。

福島核災經驗告知，環境適應性強及應用大眾化裝置一如手機，所發展之輕便價廉用於廣域偵測或警報裝備，往往更符合複合性災害、大規模緊急應變之需要。FNS-99 是一套搭配標準碘化鈉偵檢頭、輕便、功能完整之智慧型手機快速核種偵查儀。它具備隨身行動、大區域範圍放射性核種與劑

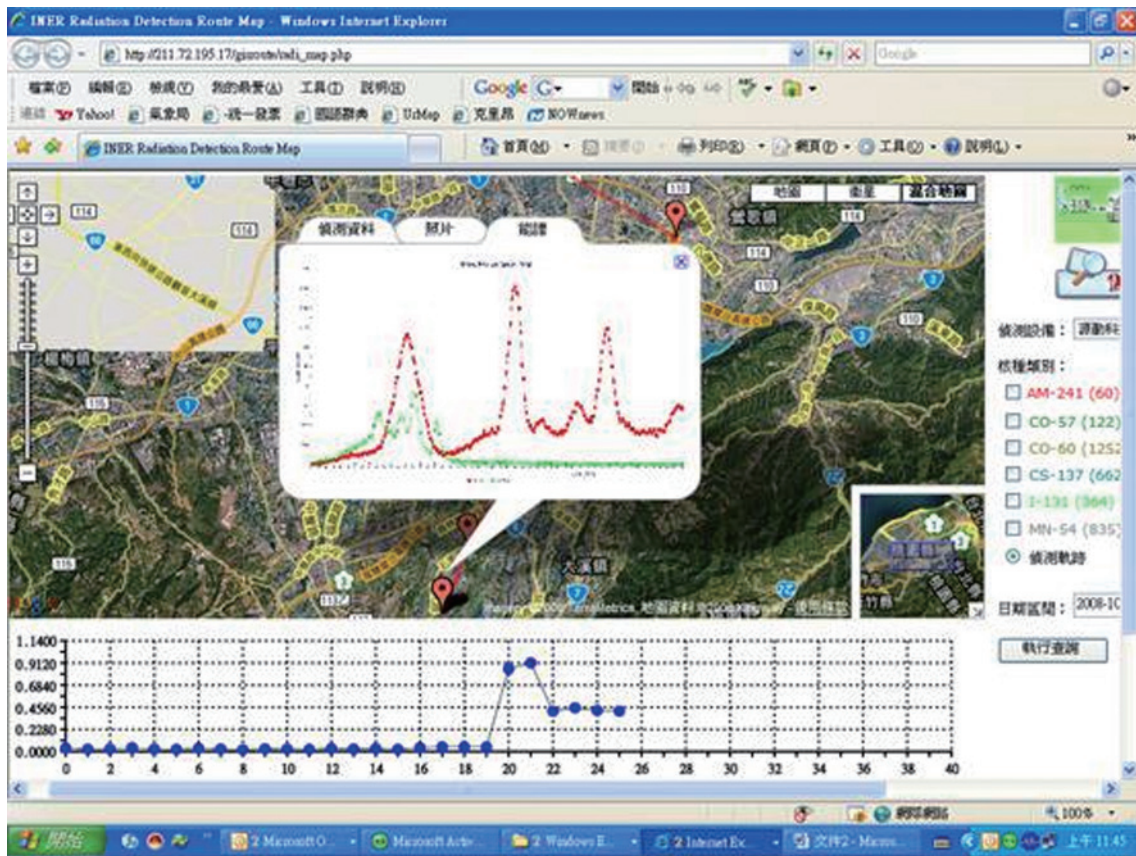


圖 23. 車載核種偵查儀實施地面汙染調查結果能譜報告網頁。

量率搜查能力。內建鋰離子電池，充滿電可以連續工作八小時以上。其 DOPOD 700 智慧型手機，具備完整之伽瑪能譜擷取、核種辨識與活性計算能力。當智慧型手機透過藍芽及 WiFi/GPRS/3G 與衛星定位天線及網際網路連結，FNS-99 變成能在全球任何位置、隨時隨地執行完整放射性核種與劑量率搜查之隨身裝備。FNS-99 內含大容量之 SD 記憶卡片，可儲存數以萬計之即時能譜、核種活性判讀與地理位置資料，您可透過網際網路，在全球任何位置，隨時隨地接收指揮，執行最完整之大範圍放射性核種與劑量率搜查任務。

### 參考文獻

1. P. W. Nicholson, *Nuclear Electronics*, Middlesex Hospital Medical School, University of London (1974).
2. N. Tsoulfanidis and S. Landsberger, *Measurement and Detection of Radiation, 3rd ed.*, CRC Press Taylor & Francis Group. (2011).
3. G. F. Knoll, *Radiation Detection and Measurement, 2nd ed.*, John Wiley & Sons, Inc. (1979).

4. digiDART-LF™, Portable “SMART” MCA for NaI(Tl), LaBr and other Scintillation Detectors, ORTEC® AMETEK Advanced Measurement Technology. Oak Ridge, TN 37831-0895 U.S.A.
5. M. J. Koskelo, W. A. Sielaff, D. L. Hall, V. T. Jordanov, and M. H. Kastner, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **248** (2), 257 (2001).
6. R. D. Bingham, R. M. Keyser, and T. R. Twomey, *ORTEC*, PerkinElmer Instruments, Inc. Oak Ridge, TN 37831 (2004).



曾訓華先生為國立交通大學電子工程博士與清華大學科技法律研究所碩士，現任原子能委員會核能研究所核儀組研究員兼法規事務室副主任。

Hsun-Hua Tseng received his Ph.D. in electronic engineering from National Chiao Tung University. He is currently senior research scientist, nuclear instrument division, and deputy director, office of legal affairs of Institute of Nuclear Energy Research.