# PRA および FitzPeaks Nal を用いた

# γスペクトル分析法

2011. 10.01

basama's blog

# 内容

1 概要	
<ol> <li>2 放射能測定のための校正</li> </ol>	
2-1 エネルギー校正	
2-2 計数率測定(校正)	
3 標準試料の作成	5
3-1 放射能汚染された土壤+KCl	5
3-2 KCL 水溶液	5
4 標準試料の測定	
5 FitzPeaks NaI を用いたガンマ線スペクトル解析	
5-1 概要	
5-2 校正に用いる光電ピーク	
5-3 スペクトルデーター読み込み	
6 エネルギー校正	
6-1 核種ライブラリ作成	
6-2 エネルギー校正用ファイル作成	
6-3 Peak search	
6-4 エネルギー校正設定	
7 Peak sharp 設定	
7-1 Peak sharp 設定用ファイル作成	
7-2 Peak sharp 設定	
7-3 Peak Shape	
8 バックグラウンドデーター解析	
8-1 バックグラウンドデーター選択	
8-2 バックグラウンドデーター解析・登録	
9 γ 計数効率測定(校正)	
9-1 γ計数効率設定用ファイル作成	
9-2 ガンマ計数率測定	
10 放射能濃度測定	
10-1 設定	
10-2 解析	
11 校正結果検証	
12 結論	

1概要

下図に本スペクトル測定の流れを示します。

初めに各種試料を作成し、PRA でスペクトル測定を行います。

また、どれくらいの放射能濃度(Bq/kg)なのかを正しく知るため外部機関に測定を依頼しました。 「放射能測定シリーズ 6 NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ 機器分析法」によれば、既知の放 射能濃度が不明でも KCl(塩化カリウム)試薬を用いることで「一応実用となる結果が得られる。」とあ りますが、最終的にはどれくらいの精度なのか検証する必要があり、結局外部機関との測定結果の差異 を知る必要性があると思います。

よって、今回は KCl を用いた計数効率の決定は行わないことにしました。

スペクトル測定が完了したら、FitzPeaks NaI を用いて計測を行い、放射能測定を行います。 最終的に、KCI 水溶液を用いて正しく解析できていることの確認も行います。



#### 2 放射能測定のための校正

Nal シンチレーション検出器を用いて放射線濃度測定を行うためには「校正」作業が重要です。 主に校正作業は、「エネルギー校正」および「計数率測定」、目的が異なった 2 種類の校正を行う必要 があります。

#### 2-1エネルギー校正

PRA などで測定したスペクトルデーターは、単にサウンドカードからの信号(波高)値を表している だけなので、その値をγ線のエネルギーの値に換算する必要があります。この作業を「エネルギー校正」 といいます。

エネルギー校正を行うためには、最低 2 種類のエネルギーが既知である放射線源を測定します。そして、得られたスペクトルデーターの信号値と線源のエネルギーを当てはめます。

一般的には、下記に示す密封線源を使用します。国内では、日本アイソトープ協会から購入すること ができます。

しかし最近は福島原発事故により Cs(セシウム)が多量に環境中に放出されたため、北関東周辺の土 壌を採取すれば代用可能です。

また、他の校正用線源として KCl(塩化カリウム)試薬も代用することが可能です。KCl は一般の薬 局では手に入りにくいのですが、インターネットの通信販売で容易に入手することができます。

なお、市販されている密封線源には放射能濃度が示されていますが、エネルギー校正の際には放射能濃 度は既知である必要はありません。



#### 2-2計数率測定(校正)

計数率というのは、検出器がどれ位の割合で放射線を検出(カウント) したのかという値です。

というのは、放射線は物質から様々な方向に放出され、検出器には一 部の量しか届きません。また、放射線が検出器に入射しても一部の量し かカウントされないためです。

そのため計数率を計算するためには、放射能濃度が既知である線源を 用いる必要があります。また、線源から放出された放射線が検出器に入 射する量は、線源(もしくは試料)の形状や検出器との位置関係によっ て変化するので、放射線能濃度を測定する際は常に同じ試料形状、配置 (ジオメトリー)で行う必要があります。

したがって、エネルギー校正で紹介した密封線源では正確な計数率測 定は行えないので注意して下さい。

放射能濃度が既知である線源は、放射能標準溶液(右図参照方)を希



釈して測定試料と同一の組成の物質に均一に混ぜあわせて「標準試料」を作成する必要があります。しかし非密封線源であるため放射線管理区域で作業を行う必要があり、個人では扱うことができません。

一方、 KCl は入手が容易な自然放射性物質であり、かつ放射能濃度が既知(約16Bq/g)です。

また、放射能汚染された土壌を外部測定機関に依頼して正確な放射能濃度が分かれば標準試料として 使うことができると考えます。

よって、本測定では放射能汚染された土壌および KCl を用いて校正作業を行うことにします。

3標準試料の作成

本測定では校正用線源として放射能汚染された土壌、放射能濃度確認用線源として KCl 水溶液を用いることにします。

なお、本測定に用いる標準試料は 500ml、容器は入手性容易なジップロック(角形中 591ml)を採 用しました。

#### 3-1 放射能汚染された土壌+KCI

放射能汚染された土壌に KCl 試薬を添加します。

KCl を添加してカウント量を多くすることで、比較的計数率が低いエネルギー領域でも誤差を少なくなります。

放射能汚染された土壌: JR 野崎駅付近の土壌 257.0gKCL 試薬: 昭和一級 100.0g

ビニール袋に、採取した土壌および KCL 試薬を添加し、よく混ぜて容器に入れます。



3-2 KCL 水溶液

KCL 試薬: 昭和一級 100.0g 水道水: 500g

#### 4標準試料の測定

PRA などを用いて下記3種類の試料について測定を行います。

- ✓ 標準試料(土壤+KCL)
- ✓ KCL 溶液
- ✓ 水道水:バックグラウンドとして使用。

測定機器および測定条件を下記に示します。

#### 測定機器

NaI シンチレーション検出器:	BICRON 社製 1.5x2.25 inch
高電圧およびアンプ:	GS-1100A
GS-1100A 用電源:	Apple 社製 iPhone 用 USB 充電器
USB サウンドアダプター :	サンワサプライ社製
PC :	IBM 社製デスクトップ型 PC
OS :	Windows XP
収集ソフトウェア:	PRA

#### 測定条件

電圧:	1,000 V
測定時間:	10,800sec
マイクレベル:	50,000 (ユーティリティーソフトウェア設定値)
検出器と試料の位置:	検出器を上方に向けて、その上に試料を配置

#### 参考: GS-1100Aの電源について

GS-1100AはUSB電源を利用しますが、PCによっては電源ノイズの影響により収集波形が乱れてしまうことがあります。

PC の電源ノイズが疑われる場合、GS-1100A の電源を USB 充電器に繋いで外部から給電するとこと で解決する可能性があります。

また、検出器に用いられている光電子増倍管(PMT)は電源投入直後、しばらくの時間波高値が安定 しません。そのため十分なウォーミングアップ時間が必要になり、かつ測定していない時間でもできる だけ通電しておいたほうが良いそうです。

USB 電源を用意することにより、PC の電源をいつも入れておく必要がなくなるので一石二鳥だと思います。

#### 参考:Windows におけるマイクレベルの調整について

測定する際は、常に同じマイクレベルを設定しなければなりません。しかし Windows 標準のマイクレベル設定はかなりアバウトな調整しかできません。

そこで当方は、フリーソフトである「ViC-3」を用いています。

このソフトウェアを用いるとこで、マイクレベルを数値で設定・記憶することができます。

詳細は(http://park15.wakwak.com/~yu-ki/software.htm)をご参照ください。

👎 アイテムの追加			
監視アプリケーション名 or クラス名:	1.00	→ 左音量 右音量	
1			OK
			キャンセル
コントロール:2名   左音量   0%0   右音量   0%0   □ スピーカー 0 0.0 0 0.0	□ントロール:名 左音量 (%) 右音量 (%) □ マイク 50000 76.3 50000 76.3		一一に戻す
□□□ Wave 0 00 0 00 □SWシンセサイザ 0 00 0 00 □□ CD 0 00 0 00			左→右
□ □ マイク 50000 76.3 50000 76.3			左ぐ右
1250     1450       ・ アクティブ C 起動中     01	OK	76 ÷ % 76 ÷ %	

5 FitzPeaks Nal を用いたガンマ線スペクトル解析

#### 5-1 概要

FitzPeaks は設定を行うためにはいくつかの設定ファイルを準備する必要があります。 下記にデーターフロー概要を示します。

各構成を行うためには前準備として、設定ファイル(\*.enc, \*.shp, \*efc)および核種ライブラリファイル(\*.lib)の作成・編集を行う必要があります。

FitzPeaks NaI.exe は、それぞれの作業に応じて「Spectra」フォルダ内にファイルを作成します。



# 5-2校正に用いる光電ピーク

本スペクトル分析の目的は福島原発事故に起因する放射能測定ですので、解析対象核種は限定されています。

また、できるだけ身の回りにある放射性物質を活用して校正に用いることを考えていますので、校正 に用いる光電ピークは Cs-134、Cs-137、K-40 となります(下図参照方)。

Cs-134 は複数ガンマ線を放出しますが、その中で Cs-134 が(Cs137 と)独立しており、かつ光電ピ ーク面積が十分大きな 795.910 keV のピークを用いることとします。



# 5-3スペクトルデーター読み込み

PRA にて取得したスペクトルデーターを読み込むための設定を行います。 「Set-Up」をクリックして下記の項目を変更します。

Default Detector file Number/Geometry number: Spectrum File Type:

0(校正時は0としておきます)

Text File

Text File Format:

Header Lines 1, Channels per Line 1

General Set-Up (Press F1 for Help)					
Default Parameter file	General Interactive Peak Search Peak Fitting Quantitative Colours Directories				
Detector 1	Default Detector file Number (1 - 99) - 0 Default Geometry number - 0 (set to 0 to use Spectrum Calibration )				
Current Application	Set Default Parameter file from Detector % Dead Time Warning Threshold • 0				
Normal	□ Use Spectrum file Energy Calibration □ Ignore Header data from Spectrum file				
New Parameter file number	Analysis Report Template file . report tpl				
	Create named Analysis Report files				
	Perform Automatic Save, Analysis and Print Default Save Spectrum file number - 0				
Name for new application	🔲 Update Activity Database, Database File - dbase.csv. 👻				
1	Create numbered Dbase files Update MS Access Dbase files				
Load Reference values					
	Spe <u>c</u> trum File Type - Text File				
Save as Reference	Text File Format :- Header Lines - 1 Channels per Line - 1				
	OK Cancel				

#### ■スペクトル表示

設定変更後、

 $\lceil File 
floor 
ightarrow \lceil Open Spectral data file 
floor$ 

をクリックして標準試料のスペクトルデーターファイル開きます。



# ■ 標準試料データー編集

次に、試料を測定した条件等を入力します。

 $\lceil Edit \rfloor$ 

をクリックすると下記に示すウィンドウが表示されます。

Detector File:	校正時なので0が設定されています。			
Spectrum Tile:	レポート出力時に表示されます。			
Sample size:	試料質量			
Units:	単位			
Sample Taken:	試料採取日時 (レポートの出力時に表示されます)			
Spectrum Collected on MCA:	データー収集日時(定量評価に重要なので正確に)			
Live Time:	データー収集時間(定量評価に重要なので正確に)			

Spectrum from	Detector File	Geometry		
Detector 1	• 0	ZipLock		<b>*</b>
Current Application	Open Detect	or file	List Effic	iency values
Energy Cal. perf	formed	- Shape Cal. perf 30-Sep-2011	ormed	Efficiency Cal. performed
Spectrum Title (48 c	hars):- Stander	rd		
Optional Description				
( if used, Title has on	nly 23 characters )			
( if used, Title has on User Identific	nly 23 characters ) cation	Sample number	Sample size	Units
( if used, Title has or User Identific basama	nly 23 characters ) cation	Sample number 0	Sample size 0.3570	Units  kg
( if used, Title has or User Identific basama Overall Sampling Un	nly 23 characters ) cation	Sample number 0 5.0	Sample size 0.3570	Units  kg
( if used, Title has or User Identific basama Overall Sampling Un Sample Taker	nly 23 characters ) cation   icertainty (%):-   n	Sample number 0 5.0 Spectrum Collecte	Sample size 0.3570 d on MCA	Units kg Spectrum data file Saved
(if used, Title has or User Identific basama Overall Sampling Un Sample Taker 15-Sep-2011 4:	nly 23 characters ) cation   ncertainty (%):-   n \$ 38	Sample number 0 5.0 Spectrum Collecte 15-Sep-2011	Sample size 0.3570 d on MCA 4:38	Units kg Spectrum data file Saved 30-Sep-2011 22:51

■スペクトルデーター リスト登録

ここまで設定したら一旦、

 $\lceil File \rfloor \rightarrow \lceil Save current Spectrum \rfloor$ 

をクリックしてスペクトルデーターを保存します。

一旦保存すると次にスペクトルデーターを表示するときは

 $\lceil \mathrm{File} \rfloor \rightarrow \lceil \mathrm{List} \ \mathrm{Spectral} \ \mathrm{data} \ \mathrm{files} \rfloor$ 

をクリックするとスペクトルデーター一覧が表示されます。

Sp	ectra Data File Lis	iting (Press	F1 for Help )				×
Сι	irrent Directory :- C:	\Program Files\	FitzPeaks Nal\\	Spectra		Select Directory	
Fi	tzPeaks Format Spec	tra 💿 Othe	er Format Spectr	a O		Analyse Print Main Report  Peak Report  Activity Report	_
	Filename	Date saved	Count time	Det.	Geom.	Description	
	fukushima01.dat	15-09-2011	3600	1	1	Fukushima01	
	kcl10800secmic5	14-09-2011	10800	1	0	KCL Mic 50000	
	kcl_21600sec.dat	17-09-2011	21600	1	1	KCL Carib	
	kouen.dat	15-09-2011	3600	1	1	Jitaku kouen	
	masu2_3600sec	25-03-2011	3600	1	1	Masu 2 Masu	
	masusouusec.dat	20-03-2011	21600	1	1	Masu Milk Senhonmateu	
	standard21600se	15-09-2011	21600	1		Mik Selborinatsu	
	standerd10800se	27-09-2011	10800	i	ĭ	Standerd	
	testtest.dat	15-09-2011	21600	i	Ó		
	water10800sec.dat	15-09-2011	10800	1	0	Water Carib	
	water3600sec_20	25-09-2011	3600	1	1	Water	
	water_21600sec	17-09-2011	21600	1	1	Water carib	
1							
		Duin	t Linting	Onen		Canaal Dalata Fila	
				open			

# 6エネルギー校正

# 6-1核種ライブラリ作成

最初に解析対象とする放射性核種の情報を設定します。

FitzPeaks 直下の「Libraries」フォルダ内にある「NaI.lib」をコピーしてファイル名を「Cs\_K.lib」としました。

続いて、

 $\lceil File \rfloor \rightarrow \lceil Edit Analysis \ Library \rfloor$ 

をクリックして核種ライブラリファイルを選択します。

下記のウィンドウにある

#### 「Open Library」

をクリックして、先ほど作成した「Cs\_K.lib」を開いてください。

初期では「Nuclides in Library」に登録されている核種が多量にありますが、Cs-134, Cs-137, K-40以 外の核種は「Delete Nuclides」をクリックして削除します。

なお、「View Line Data」をクリックすると核種に応じたエネルギー、 $\gamma$ 放出比などを確認(修正)することができます。

Library Editor	(Press F1	for Help )					L ibr ary	editor (Pr	ress F1 for Help	) 🛛
Nuclides in Library	Mo	difv data f	or Cs-134	if require	Ч		M	hdifv data	for Cs-134	if required
Cs-134 Cs-137 K-40	с.  С:	urrent <u>N</u> uclide s-134	<u>H</u> alf 2.065	Life <u>U</u> nits Years			Principal	Energy (keV)	Overall Gamma Emissio Uncertainty (%)	Number of Lines
	Description Ac	ctivation product: (	Cs-133(n,g)		(48 chars)					17
	Data source AB	EAT_98 - UKPADD	1		(30 chars)		Lin	ne Energy (keV)	Gamma Emission Probability (%)	Uncertainty
	C							475.450	1.49000	0.02000
	V	iew Line Data 📙				$\rightarrow$		563.240	8.37000	0.03000
	i							569.260	15.38000	0.07000
			1					604.710	97.63000	0.06000
	1	Ne <u>w</u> Nuclide	Add Nuclide	Insert Nuclide				795.910	85.30000	0.80000
								801.930	8.71000	0.03000
	C	Copy to Buffer	Paste Buffer	Delete Nuclide				1038.690 1167.940	1.79000	0.00000
	Current Library na	ame :- Cs134_13	7_K40lit Lines in	Library:- 10						
		Sort Library	Import Library	New Library						
	67						Energy:-	475.450	1.49000	0.02000
	<u> </u>	pen Library	Save Library	Sa <u>v</u> e As				Delete Line	Update Line	Add Line
	F	Print Library	Close	Save as Te <u>x</u> t				!	Close Import	Nuclide

■Peak search 設定

スペクトルのピークを、核種ライブラリを元に行うための設定をします。 下記に示す「Use Library driven Peak Search」項目を有効にし、作成した核種ライブラリファイルを選 択して下さい。

Peak Search Set-Up	(Press F1 for Help)		
Default <u>P</u> arameter file Detector 1	General Interactive Peak Sear Peak Search <u>S</u> tart Channet- Peak Search <u>D</u> iscriminator:-	ch Peak Fitting Quantitative ( D Peak Search Last Char 6.0 Peak Search Sm <u>o</u> othing	Colours Directories
Current Application	☑ Use Library driven Pea <u>k</u> Sea	arch Peak Search Library -	Cs134_137_K40lib 💌
New Parameter file number			
Name for ne <u>w</u> application			
Load Reference values			
Save as Reference			
	ОК	Cancel	

#### 6-2エネルギー校正用ファイル作成

FitzPeaks は「\*.enc」ファイルに記載したエネルギーについて校正を行います。 FitzPeaks 直下に下記の通りにファイルを作成してください。

796.468: Cs-134 の「みかけ」ピーク

1460.800: K-40 のピーク

なお、Cs-134の795keVおよび801.93keVのピークは非常に近いため、NaIではひとつのピークとして 検出されてしまいます。

そこで、エネルギーとガンマ線放出比を使って「みかけ」のピークのエネルギーを計算します。

Cs-134	keV	Yield [%]	
	795.91	85.30	722.17
	801.93	8.71	74.30
		94.01	796.468

Cs134_K40.enc - メモ帳	_ 🗆 🛛
ファイル(E) 編集(E) 書式(Q) 表示(V) ヘルブ(H)	
Energies Used for Energy Calibration 796.468 1460.800	~
	~

#### 6 - 3 Peak search

 $\lceil \text{Analyse} 
floor 
ightarrow \lceil \text{Peak Search} 
floor$ 

をクリックして、スペクトルのピークを検出します。

(なお、ピークライン(赤線)の再描画に不具合がありますので、一度 YScale を変更して表示し直す必要があります。)

この操作を行うと、全てのピークが検出されます。

今回エネルギー校正を行うピークは2本のみ使いますので、不要なピークを削除します。

ウィンドウ右側に表示されているピーク値を選択して、

#### $\lceil \text{Peak} \rfloor \rightarrow \lceil \text{Remove Peak} \rfloor$

をクリックして削除してください。



必要なピークのみ残した後の画面を下記に示します。



# 6-4エネルギー校正設定

「Calibrate」  $\rightarrow$  「Energy」 をクリックして下さい。

すると、

#### [Repeat the Peak Search?]

と確認ウィンドウが表示されますので、「No」をクリックしますと、エネルギー校正ファイルを選択する ウィンドウが表示されますので、先程作成したファイルを選択します。

すると、下記ウィンドウが表示されます。

確認して「OK」ボタンをクリックして下さい。

CG Spec - MGA and Low Res	slution Gamma Analysis software - Evaluation copy	_ # X
Ele MOA Set-Up Qalbrate Analysi	Beak Fit Bent Beports Edit Status Plot pse Espand YScale Nuclides Beb	
🗖 Energy Galibration 🛛 🔯	🖀 Plot nf – standerd10000.ee.mic50000.dat - Standerd Ma: 50000	
Channel Energy Filted Energy	Log Plot - Y Max is 8775 counts	^
505.0 796.47 796.47 0.00 065.2 1400.00 1400.00 0.00		and the state of the
F 1st Oxder Fit 2nd Oxder Fit      Delete Dhan Delete En Delete Board	138 4 keV Current al Down 505, 785 8 keV with 713 Counts	1752.5 keV
Delete Al   Add Peak   Bead En	The centre of peak 1 is at 736.5 keV, - Signetcance is 15.2	
QK Cancel	Galibration data	
	Phot of Entered Patters Values Versus Enterly	
	76	1460
		and a second

エネルギー校正が完了しましたので、核種を表示してみます。

 $\lceil Analyse 
floor 
ightarrow \lceil Library Peak Search 
floor$ 

をクリックして、核種ライブラリに基づく Peak search を行います。 次に、

 $\lceil \text{Nuclides} 
floor \rightarrow \lceil \text{Show Nuclides} 
floor$ 

をクリックすると核種が表示されます。



# 7 Peak sharp 設定

7-1 Peak sharp 設定用ファイル作成

FitzPeaks は「\*.shp」ファイルに記載したエネルギーについて校正を行います。 FitzPeaks 直下に下記の通りにファイルを作成してください。

796.468: Cs-134 の「みかけ」ピーク

1460.800: K-40 のピーク



# 7-2 Peak sharp 設定

「Peak sharp」とは、光電ピーク領域の Fitting を行うための校正です。

Fitting を行うための設定を変更するためには下記のウィンドウ領域に示す項目を変更する必要があります。

Default <u>P</u> arameter file	General Interactive Peak Search Peak Fitting Quantitative Colours Directories
Detector 1	Peak Area Uncertainty Sigma value:- 1.645 Maximum Peak Area Uncertainty (%) :- 60
Current Application	Region End Channels:- 5 Peak Separation factor:- 5 Maximum Width change:- 0.200
Normal	✓ Iterative Peak Position Fitting - Single Peaks ✓ Iterative Peak Fitting - Multiplets
New Parameter file number	Iterative Peak Width <u>Fitting</u> Iterative <u>Lailing Fitting</u> Continuum fixed at Linear     Look for New Peaks in the Residuals, Discriminator value: 6.0
	Perform Background Subtraction by peak CPS     default data file - water.bkg
Name for ne <u>w</u> application	Background Subtraction by peak stripping, spectral data file -
	Use Augillary Peaks file - Produce detailed Peak Fitting report
Load Reference values	Perform Drift Correction Energy used for Correction :- 0.0 keV     Spectrum Fitting Parameters
	Spectrum Fitting Enabled Start Channel: 50 Ending Channel: 512
Save as Reference	Iterative Peak Position Fitting

# 7 - 3 Peak Shape

 $\lceil \text{Calibrate} 
floor \rightarrow \lceil \text{Peak Shape} 
floor$ 

をクリックすると Peak sharp 設定ファイルを選択するウィンドウが表示されますので先ほど作成した ファイルを選択して開きます。

すると下記に示すウィドウ表示になります。

[Perform High Energy Tailing Calibration]

を有効にすると、Fitting が開始されます。

自動的に何度か Fitting が繰り返され、適切なパラメーターが決定されます。

確認して「OK」をクリックして下さい。



Peak Shape 設定を完了すると。スペクトルデーターの Fitting 結果を参照することができます。 下記画面に示すとおり、右側のエネルギー項目をダブルクリックすることで光電ピークの Fitting 結果を 表示することができます。



# 8バックグラウンドデーター解析 8-1バックグラウンドデーター選択

バックグラウンドデーターを選択します。



標準試料の時と同様に「Edit」をクリックして設定します。

Header data for spectrum	n file:- water108	00sec.dat		
Spectrum from Detector	File <u>G</u> eometry			
Detector 1 🔹 0	No Efficiency C	alibration		Y
Current Application	tector file	List Effic	iency values	
Energy Cal. performed	No Shape Cal. perfo	rmed I	Efficiency Cal. No Eff.	performed
Spectrum Title (48 chars) :- Wa	ter Carib			
Optional Description :-				
( if used, Title has only 23 characte User Identification	rs ) Sample <u>n</u> umber	Sample size	<u>U</u> nits	
basama	0	0.5000	kg	
0⊻erall Sampling Uncertainty (%): Sample <u>T</u> aken	5.0     Spectrum <u>C</u> ollected	I on MCA	Spectrum da	ata file Saved

# 8-2バックグラウンドデーター解析・登録

 $\lceil Analyse \rfloor \rightarrow \lceil Analyse and Save as Bkg \rfloor$ 

をクリックしてバックグラウンドデーターの解析および登録を開始します。

最初に下記に示すウィンドウが表示されますので、

「Background Filename」欄に適当な名前をつけて OK ボタンをクリックします。



Fitting がうまくいかない場合は下記に示す確認ウィンドウが表示されますので、「Yes」ボタンをクリックして続行します。



バックグラウンドデーター解析が終了すると、下記に示す「Set-Up」ウィンドウにバックグラウンドデ ーターが自動的に登録されます。

Peak Fitting Set-Up (Pres	s F1 for Help)
Default Parameter file Detector 1	General       Interactive       Peak Search       Peak Fitting       Quantitative       Colours       Directories         Peak Area Uncertainty Sigma value:       1.645       Maximum Peak Area Uncertainty (%):       60
Current Application Normal New Parameter file number	Region End Channels:-       5       Peak Separation factor:-       5       Maximum Width change:-       0.20         Iterative Peak Position Fitting - Single Peaks       Iterative Peak Fitting - Multiplets         Iterative Peak Width Fitting       Iterative Tailing Fitting         Continuum fixed at Linear       Peak Area by Summation         Look for New Peaks in the Peak due       Disativity peak area by Summation
Name for new application	Perform Background Subtraction by peak CPS, default data file - water.bkg     Sectral data file - sec
Load Reference values	Perform Drift Correction Energy used for Correction :- 0.0 keV     Spectrum Fitting Parameters     Spectrum Fitting Enabled Start Channel:- 50 Ending Channel:- 1024     Iterative Peak Position Fitting
	OK Cancel

### 9γ計数効率測定(校正)

#### 9-1 γ計数効率設定用ファイル作成

FitzPeaks は「\*.shp」ファイルに記載したエネルギーについて校正を行います。 FitzPeaks 直下にファイルを作成してください。

🖉 Cs_KCL.efc - Notepad	
File Edit Format Help	
Cs-134 and K-40	<b>A</b>
Crossover 0.0	
Description ZipLock	
Sample Size 0.5000 ltr	
Standard Mass 0.3570 kg	
Total Uncertainty 10.0	
Bkg File water.bkg	
ACT 795.9 Cs-134 1008.0000 6.85 BQ 20-SEP-2011 06:00	
ACT 661.7 Cs-137 1289.0000 3.49 BQ 20-SEP-2011 06:00	
ACT 1461.0 K-40 5700.0000 4.19 BQ 20-SEP-2011 06:00	
	-
4	

なお、放射能濃度などは外部機関によって測定された正確な値を入力します。

下記に当方が依頼した外部機関による分析結果を示します。

(なお、不確かさは後日メールにて問い合わせを行い、γ計数効率設定用ファイルに記載しました。)

サンプルコード :	257-2011-09000690	受領日	20.09	0.2011	
検体名:	土壌	分析	20.09	.2011 - 22.09	.2011
分析			結果	検出限界	単位
JP004 食品中の放射性	物質 3Bq/kg ( Cs-134/137, I-131)	分析方法:			
放射性セシウム-134			1008	3	Bq/kg
放射性セシウム-137			1289	3	Bq/kg
放射性ヨウ素-131			検出せず	3	Bq/kg
JP015 カリウム 40		分析方法:			
カリウム-40 (K-40)			5700	50	Bq/kg

※ γ線スペクトロメーター (ゲルマニウム半導体検出器)法

※ 検出せずとは検出限界未満のことです

# 分析報告書

# 9-2ガンマ計数率測定

 $\lceil Calibrate \rfloor \rightarrow \lceil Efficiency \rfloor$ 

をクリックして下さい。

[Do you want to perform a Peak Search and Fitting?]

と、確認ウィンドウが表示されますので「OK」ボタンをクリックして続行します。

Peak fit が終了すると下記に示すウィドウが表示されますので、必要に応じて変更し「Close」ボタンを クリックします。

<b>*** Efficie</b>	ncy Calibi	ation Sou	rce data file:-	Cs_KCL.ef	C			×
Data Type	Energy (keV)	Nuclide	Activity (Bq/kg)	Uncertainty (%)	Units	Referer Date	nce Time	File Title Cs-134 and K-40
ACT ACT ACT	795.9 661.7 1461.0	<u>Cs-134</u> Cs-137 K-40	1008.0000 1289.0000 5700.0000	6.85 3.49 4.19	BQ BQ BQ	20-SEP-2011 20-SEP-2011 20-SEP-2011	06:00 06:00 06:00	Geometry Description ZipLock Default Sample Size and Units 0.5000 Itr Amount of Spike used 0.3570 kg Overall Uncertainty (%) 10.0
Edit line	795.9	Cs-134	Upda 1008.0000	6.85	BQ	20-SEP-2011	06:00	Default Background filename water.bkg Default Crossover Energy
	Open F	ile	Save	Save As		Close	🗖 Use B	0.0

下記ウィンドウが表示されたら、「Calibrate」ボタンをクリックします。 すると、エネルギーに応じたガンマ計数率が計算され表示されます。 確認し、「OK」ボタンをクリックすると、

「Save changes to Detector file?」と確認ウィンドウが表示されますので、 検出器ファイルを保存します。

ECG Spec - MCA and Low Resolution	Gamma Analysis software - Evaluation copy	
File MCA Set-Up Calibrate Analyse	Peak Fit Next Reports Edit Status Plot type Expand YScale Nuclides Help	
Efficiency Calibration	Plot of:- standerd10800secmic50000.dat : Standerd	_ 🗆 🗵
Peak Efficiency (%) %	Linear Plot - Y Max is 8775 counts	<u> </u>
Energy Measured Fitted Difference 795:9 0.439 0.429 -2.26 661.7 0.528 0.531 0.61 1461.0 0.211 0.212 0.94	C+134 C+134 C+137 C+134 C+134 C+134	-40
Cross-over Energy (keV )- 0.0	-138.2 keV Cursor at Chan 508, 800.6 keV with 724 Counts The centre of peak 2 is at 593.4 keV, - Significance is 11.3	1752.3 keV
Low Energy Order of Fit- 0	📅 Calibration data	-   0   ×
High Energy Order of Fit- 2	Plot of Efficiency values versus Energy	
C Linear Plot C Log Plot E Expand Use Linear Energy Polynominal Use Interpolated Efficiency values Geometry number: 1 List Edit Source Cabrole Delete Point Merge Cal DK Cancel		19.13 2
	795 146	1 👻
Enter a new Crossover, Low or High Energy	Order if required, else select 'Calibrata'	30-09-11 23:18:49

# 10放射能濃度測定

上記までの校正作業が終了したら実際に放射能濃度が測定できるか確認します。

# 10-1設定

一度「Set-Up」項目の Detector file Number を「1」に変更します。

General Set-Up (Press F1	for Help)
Default Parameter file Detector 1	General Interactive Peak Search Peak Fitting Quantitative Colours Directories Default Detector file Number (1 - 99) - 1 Default Geometry number - 1 (set to 0 to use Spectrum Calibration )
Current Application	Set Default Parameter file from Detector % Dead Time Warning Threshold - 0      Use Spectrum file Energy Calibration I Ignore Header data from Spectrum file
New Parameter file number	Analysis Report Template file - Full Report.rtp  Create named Analysis Report files Perform Automatic Save, Analysis and Print Default Save Spectrum file number - 10
Name for new application	Update Activity Database, Database File dbase.csv Create numbered Dbase files Update MS Access Dbase files
Load Reference values	Spectrum File Type - Text File
Save as Reference	Text File Format :- Header Lines - 1 Channels per Line - 1
	OK Cancel

また、標準試料の情報を変更します。

「Edit」

をクリックして、「Open Detector file」ボタンをクリックして 先ほど保存したファイル「Det\_01.cal」を指定します。

Header data for spectrum fil	e:- standerd10800secmic50	000.dat 🔀
Spectrum from Detecto	r File Geometry	
Detector 1 1	1 - ZipLock	•
Current Application Open D	etector file Li	ist Efficiency values
Energy Cal. performed	Shape Cal. performed — 30-Sep-2011 5:39	Efficiency Cal. performed 30-Sep-2011 22:51
Spectrum Title (48 chars) :- St. Optional Description :- (if used, Title has only 23 charact	anderd ers )	
User Identification	Sample number Sample	e size Units
basama	0 0.3570	kg
Overall Sampling Uncertainty (%) Sample Taken 15-Sep-2011 4:38	I:- 5.0 Spectrum Collected on MCA 15-Sep-2011 4:38	Spectrum data file Saved 30-Sep-2011 22:51
(or reference date)	OK Cancel	Live Time:- 10800.0

#### 10-2解析

 $\lceil \text{Analyse} 
floor 
ightarrow \lceil \text{Full Analysis} 
floor$ 

をクリックして解析開始します。

途中でうまく Fitting できないピークもありますが、適宜選択して続行します。 解析が終了すると、下記に示すレポート画面表示になります。

Measured

1097.000

1260.000

5670.000

SUMMARY REPORT

Sample: Standerd Sample Taken on 15-Sep-2011 at 4:38

Nuclide

K-40

Cs-134 :

:

Cs-137 :

Activity - Bq/kg ed Decay Corrected ) 1097.000 +/- 82.000 ) 1260.000 +/- 120.000

5670.000 +/-1000.000

下記に示す結果は外部機関による測定結果です。

放射性セシウム-134	1008	3	Bq/kg
放射性セシウム-137	1289	3	Bq/kg
放射性ヨウ素-131	検出せず	3	Bq/kg

JP015 カリウム 40	分析方法:			
カリウム-40 (K-40)		5700	50	Bq/kg

備考・補足

※ γ線スペクトロメーター (ゲルマニウム半導体検出器)法 ※ 検出せずとは検出限界未満のことです

測定結果は「ほぼ同じ」と考えることができ、適切に解析できたと考えることができます。

#### 11校正結果検証

前述と同様の操作を行い、他の条件でも(KCl 水溶液)放射能濃度が適切に解析できていることを確認します。

下記に測定結果を示します。

KCl 試薬は約 16Bq/g と言われています。

今回は100g 添加しましたので

16  $[Bq/g] \times 100 [g] \div 0.6 [kg] \doteq 2667 [Bq/kg]$ 

と計算できます。

FitzPeaks NaI による測定結果は、2850±550 [Bq/kg]

なので、不確かさを考慮すると適切に解析できたと考えることができます。

		SUMMAR'	Y REPORT
Sample: KCL Mic 50000 Sample Taken on 15-Sep-2011 at 4:39			
Nuclide		Activity Measured	- Bq/kg Decay Corrected
K-40	:	2840.000	2840.000 +/- 550.000

参考として下記に Fitting 結果を示します。



# 12結論

FitzPeaks NaI および適切に測定した放射能濃度が既知である土壌を用いることで適切なスペクトル 解析が行えると考えます。