

ベルレルモニター

AT1320-CJP

取扱説明書
Ver 1.0.5



製品サポート連絡先

たろうまる株式会社
〒920-8203
石川県金沢市鞍月 5-177 AUBE 2
TEL: 076-201-8806
<http://www.taroumaru.jp>
メール support@taroumaru.jp

目次

1	仕様	7
1.1	目的	7
1.2	容器と測定できる核種	7
1.3	動作条件.....	8
1.4	背景放射線量の上限值	8
1.5	測定下限値と上限値.....	8
1.6	検出器の感度.....	9
1.7	検出下限値の例.....	9
1.8	仕様	10
1.9	付属品.....	11
1.10	測定ソフトウェア ATMA の要求仕様.....	12
2	測定器の動作	13
2.1	動作と仕組み.....	13
2.2	測定ソフトウェアの機能.....	14
2.3	検出器ユニット BDKG-11C	15
2.4	鉛遮蔽容器	16
2.5	USB 変換器.....	19
2.6	容器	20
3	ベクレルモニターの設置	22
3.1	設置環境.....	22
3.2	組み立て.....	22
3.3	その他の用意.....	23
3.4	測定するサンプル・食材・材料の準備.....	23
4	ベクレルモニターの使い方	24
4.1	使い方の流れ.....	24
4.2	電源 ON	29
4.3	測定する試料の準備.....	29
4.4	測定結果の読み方	30
4.5	統計誤差と絶対誤差.....	31
4.5.1	統計誤差 (単位 %)	31

4.5.2	絶対誤差 (単位 Bq/kg)	32
4.6	測定時間の目安.....	33
4.7	基準値と測定値の関係	34
4.8	測定の一時的停止と再開	35
4.8.1	測定の一時的停止.....	35
4.8.2	測定の再開・再継続.....	35
5	ソフトウェアの使い方	36
5.1	測定ソフトウェア ATMA	36
5.2	機能	36
5.3	ソフトウェアのインストール	37
5.4	ソフトウェアを開始する	37
5.5	ソフトウェアの日本語化.....	38
5.6	ソフトウェアの使い方	39
5.7	スペクトル測定ウィンドウ.....	41
5.8	測定値の表示.....	44
5.9	測定結果の保存・印刷	46
5.10	設定 [共通]	47
5.10.1	誤差の信頼水準	47
5.10.2	全吸収ピークのしきい値.....	47
5.11	設定 [ビュー].....	48
5.12	設定 [通信].....	48
5.13	測定器との接続	49
5.14	スペクトルファイル	49
6	測定準備.....	51
6.1	手順⑤ 動作テスト	51
6.1.1	動作テスト 1	52
6.1.2	動作テスト 2	53
6.2	手順⑧ 背景放射線のチェック	54
7	背景放射線の測定	56
7.1	手順⑥ 基準・背景放射線の測定	57
7.2	手順⑦ 試料・背景放射線の測定	58
7.3	手順⑧ 背景放射線のチェック	58

8	試料の測定	59
8.1	重さ・体積の測定	59
8.2	手順⑨ 測定	60
8.2.1	測定の一時的停止	62
8.2.2	測定の再開・再継続	62
8.3	レポート	63
8.4	測定履歴	64
9	その他の機能	65
9.1	メインメニュー [スペクトル]	65
9.1.1	[背景放射線のスペクトル]	66
9.2	メインメニュー [接続]	67
9.3	メインメニュー [動作]	67
9.4	メインメニュー [計算]	68
9.4.1	スペクトル分析	69
9.4.2	実効ベクレル数	71
9.4.3	減衰計算	71
9.5	メインメニュー [ツール]	72
10	困った場合の対応方法	73
10.1	国内販売店の連絡先	74
11	メンテナンス方法	75
11.1	毎日のメンテナンス	75
11.2	3か月ごとのメンテナンス	75
11.3	1年ごとのメンテナンス	75
12	資料	76
12.1	マリネリ容器 (1ℓ)での測定時間	76
12.2	マリネリ容器 (0.5ℓ)での測定時間	79
12.3	平たい容器 (0.5ℓ)での測定時間	81
12.4	平たい容器 (0.1ℓ)での測定時間	83

ベクレルモニター AT1320CJP の取扱説明書です。
原理、設計、仕様など取り扱いのすべてを説明いたします。



指つめ注意

鉛遮蔽容器のフタは、スライドさせて開け閉めします。
フタと鉛遮蔽容器の本体部分の隙間に、指を挟まないように注意してください。

お子様や操作経験がない人が
鉛遮蔽容器を操作する場合には
指を挟む可能性について注意を喚起してください。

1 仕様

1.1 目的

ベクレルモニター AT1320CJP は、ガンマ線に対するベクレルモニターです。農業、研究機関、食品生産における放射能(Bq/kg)の測定に利用することができます。

この測定器は、以下のような試料に対する放射能(Bq/kg または Bq/ℓ) を測定することができます。

- 飲料水
- 牛乳
- 食品
- 土壌
- 建材
- 工業用の原材料
- 自然物 (密度 0.1~3.0 g/cm³)

測定できる最大密度は、3.0 g/ cm³ です。

これは 1ℓ で 3kg に相当します。これより重量があるようなものは、測定できません。

1.2 容器と測定できる核種

試料を入れる容器は3タイプあります。

それぞれの容器の大きさによって測定できる核種が変わります。

1ℓ 容器は、1ℓ , 0.5ℓ の2通りの使い方があるため、全部で4通りの選択があります。

1	1ℓ 分の測定試料 (1ℓ マリネリ容器)	¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ⁴⁰ K, ²²⁶ Ra, ²³² Th
2	0.5ℓ 分の測定試料 (1ℓ マリネリ容器の半分)	¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ⁴⁰ K
3	0.5ℓ 分の測定試料 (0.5ℓ 平たい容器)	¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ⁴⁰ K
4	0.1ℓ 分の測定試料 (0.1ℓ 平たい容器)	¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ⁴⁰ K

1.3 動作条件

温度	0～40度
湿度	30度 75%以下（結露なし）
磁場	40 A/m
外部のガンマ線線量率	0.2 μ Sv/h 以下
気圧	84～106.7 kPa

1.4 背景放射線量の上限值

測定器が置かれた環境の放射線量の上限值は、核種ごとに決められています。これ以上の放射線量がある場所で測定を行うと、測定時間が通常予測される時間より長くなります。

測定ウィンドウ範囲	¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²³² Th
背景放射線のカウント(cps)	6.0	1.5	2.0	1.2	0.3	0.15

1.5 測定下限値と上限値

測定能力の下限値と上限値です。

試料の量 容器サイズ	測定核種と単位体積あたりの放射能 Bq/l (Bq/kg)の測定範囲					
	¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²³² Th
1 l・マリネリ容器	3～1x10 ⁵	3～1x10 ⁵	3.7～1x10 ⁵	50～1x10 ⁴	10～1x10 ⁴	10～1x10 ⁴
0.5 l・マリネリ容器	-	5～1x10 ⁵	5～1x10 ⁵	70～1x10 ⁴	-	-
0.5 l・平たい容器	20～4x10 ⁵	20～4x10 ⁵	20～4x10 ⁵	200～2x10 ⁴	-	-
0.1 l・平たい容器	50～1x10 ⁶	50～1x10 ⁶	50～1x10 ⁶	500～2x10 ⁴	-	-

1.6 検出器の感度

単位体積あたりのベクレル量測定における感度は、こちらです。

試料の量 容器サイズ	感度(単位： [インパルス・ℓ (kg)/秒/Bq])					
	¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²³² Th
1 ℓ マリネリ容器	(5.28±0.79) x10 ⁻²	(2.43±0.36) x10 ⁻²	(2.20±0.33) x10 ⁻²	(1.45±0.22) x10 ⁻³	(5.45±0.82) x10 ⁻³	(4.60±0.69) x10 ⁻³
0.5 ℓ マリネリ容器	-	(1.48±0.22) x10 ⁻²	(1.59±0.24) x10 ⁻²	(9.3±1.4) x10 ⁻⁴	-	-
0.5 ℓ 平たい容器	(1.63±0.24) x10 ⁻²	(7.5±1.13) x10 ⁻³	(6.80±1.02) x10 ⁻³	(4.54±0.68) x10 ⁻⁴	-	-
0.1 ℓ 平たい容器	(6.7±1.01) x10 ⁻³	(3.1±0.47) x10 ⁻³	(2.80±0.42) x10 ⁻³	(1.72±0.26) x10 ⁻⁴	-	-

1.7 検出下限値の例

条件（1 時間測定、50%の統計誤差、P=0.95 信頼区間）で到達できる測定下限値の例です。

試料の量 容器サイズ	検出下限値 (Bq/l (Bq/kg)) 記載数字より以下を実現可能					
	¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²³² Th
1 ℓ マリネリ容器	4	4	5.7	78	12.0	10.4
0.5 ℓ マリネリ容器	-	8	8	110	-	-
0.5 ℓ 平たい容器	20	20	20	260	-	-
0.1 ℓ 平たい容器	50	50	52	690	-	-

1.8 仕様

検出器	Nal(Tl)シンチレーション
検出器・結晶サイズ	φ63 x 63mm
単位体積・ベクレル測定の固有相対誤差	±20%以下
ガンマ線・測定エネルギー範囲	50~3000 keV
スペクトル測定・チャンネル数	1024チャンネル
エネルギー分解能 (¹³⁷ Cs 662keV)	最大8%
測定できる試料の密度範囲	0.1~3.0 g/cm ³ 1ℓあたりの重さでは、0.1~3.0 kg/ℓ
エネルギー校正	付属の基準線源 ⁴⁰ K によりエネルギー校正を実施可能
テスト時間	10分
連続稼働時間	24時間以上
連続稼働時の不安定性	±3%以内
許容固有相対誤差	±1%以下
過大線量を測定した場合	測定範囲の10倍の放射線を測定した場合、再測定できるまでに5分以上必要
パソコンとの接続	USB
防水・防塵	IP 40
消費電力	8W 以下
重量	鉛遮蔽容器 125 kg 検出器 BDKG-11C 2 kg USBケーブル等 0.3 kg
重量（輸送パッケージを含む）	160 kg以下（パソコンを除く）
寸法	検出器 BDKG-11C : φ98 x 350mm 鉛遮蔽容器 : φ600 x 700mm USBケーブルボックス : 95 x 51 x 33mm
相補誤差	動作中の温度変化（動作範囲内） : ±3% 動作中の電源電圧変化 : ±3% 動作中の40 A/m を超える磁場変化 : ±3 %
静電気に対する耐性	IEC 61326-1:2005 接触 Test level 2 放電 Test level 3
製品の設計寿命	15年（故障しない期間ではありません）

1.9 付属品

	名称	数量	メモ
検出器	BDKG-11C 検出器ユニット	1	
鉛容器	鉛遮蔽容器	1	
資料	取扱説明書	1	
付属品	シーリング	1	1ℓ 容器用
	シーリングリング	1	0.5ℓ 容器用
	テスト用放射線源	1	⁴⁰ K の密封線源
	平らの容器(0.5ℓ)	5	非耐熱容器 (60度以下)
	平らの容器(0.1ℓ) とフタ	5	非耐熱容器 (60度以下)
	マリネリ容器(1ℓ)	10	非耐熱容器 (60度以下)
	フタ	5	非耐熱容器 (60度以下)
	検出器用のケーブル	1	
	パソコン		オプション
	USBケーブル 1.8m	1	
	USB変換アダプター	1	
	測定用ソフトウェア	1	フラッシュメモリ内
梱包	木製輸送パッケージ	2	
	段ボール輸送パッケージ	1	

1.10 測定ソフトウェア ATMA の要求仕様

Windows パソコンの最低スペック

- 32bit または 64 bit OS, Windows 10, 11 >
- CPU 2GHz >
- RAM 2GB >
- HDD 5GB >
- Net framework 4.0
- SQL server 2021 Express
- Visual C++ 2008 Runtime library x86
- モニター解像度 1024 x 768 >

2 測定器の動作

2.1 動作と仕組み

ベクレルモニター AT1320-CJP は、図 2-1 ブロック図の構成から成り立っています。

- パソコンとソフトウェア（測定などすべての操作を行います）
- 検出ユニット本体は、検出器(BDKG-11C)、鉛遮蔽容器、ケーブルから成り立っています。検出器は、NaI(Tl) シンチレーション検出器（体積 $\phi 63 \times 63\text{mm}$ ）です。

利用者は、パソコンソフトウェアを操作することで食品・材料に含まれる放射能(Bq/kg)を測定することができます。

検出器ユニット(BDKG-11C)内では、ガンマ線のエネルギーごとの強さを示すスペクトルデータを測定して、パソコンに測定データを送信します。測定者が操作するパソコン画面には、このスペクトルデータがリアルタイムに表示されます。

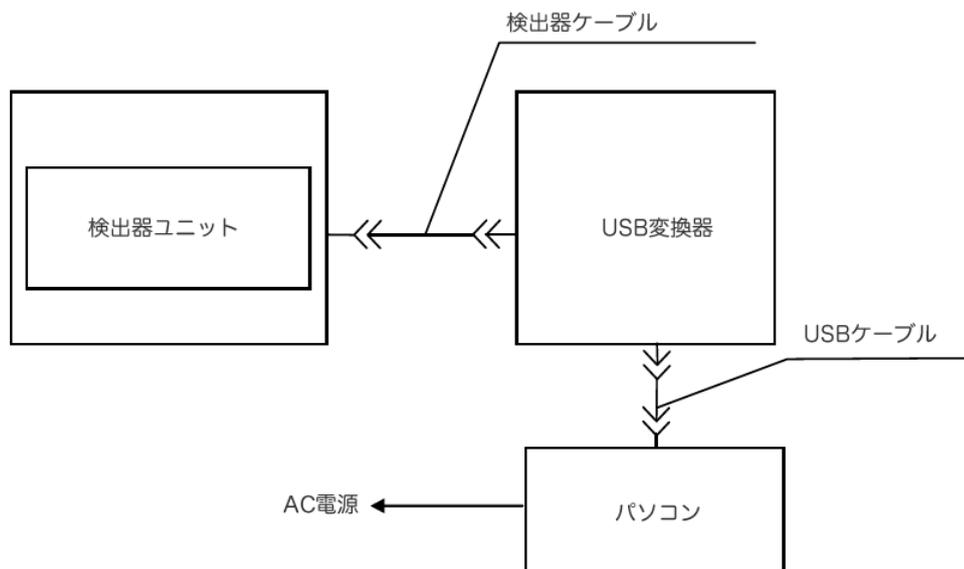


図 2-1 ブロック図

2.2 測定ソフトウェアの機能

Windows で稼働する放射能・測定ソフトウェア ATMA には、以下の機能があります。

- スペクトル情報の表示
- 食品などの放射能(Bq/kg, Bq/ℓ)の測定値の表示
- 絶対誤差の表示
- 統計誤差の表示
- 測定データのパソコンへの保存
- 測定結果の印刷
- 初期動作チェック機能（付属の線源を使った自動エネルギー校正を含む）
- 背景放射線のチェック
- 背景放射線量の測定

2.3 検出器ユニット BDKG-11C

検出器ユニット BDKG-11C (図 2-2)は円柱形で金属製です。固定用リング部はネジ止めされています。検出器ユニットには簡易的な防水になっており、塗装などで保護されているためアルコールを使ったクリーニングを行うことができます。

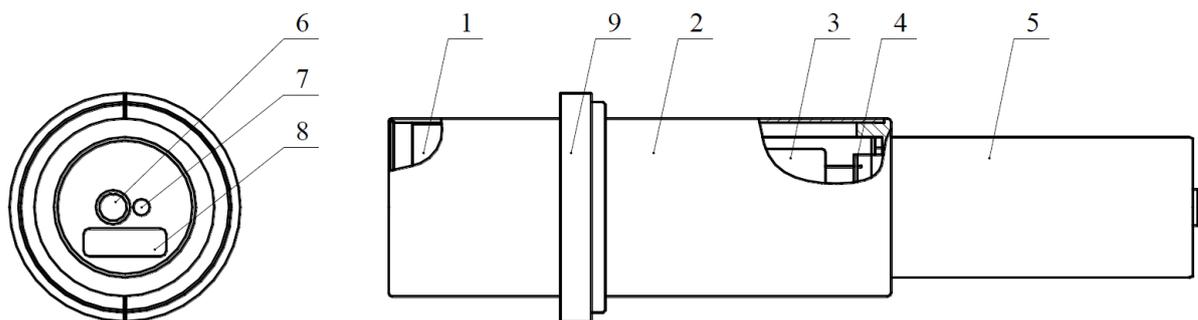


図 2-2
BDGK-11C 検出器ユニット

1. 検出器
2. 本体ボディ
3. 光電増倍管
4. 増幅器
5. 増幅部本体
6. ケーブル用コネクタ
7. シール
8. ラベル
9. 固定用リング



2.4 鉛遮蔽容器

鉛容器ユニット(図 2-3)は、重さ 125 kg です。持ち運び・移動は3人程度の人数で行ってください。

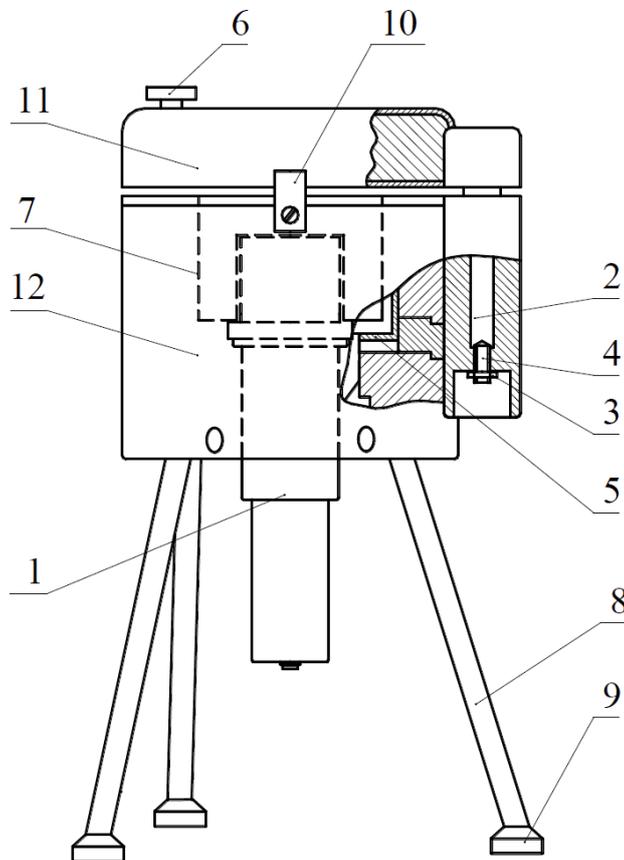


図 2-3
鉛遮蔽容器

1. 検出器 BDKG-11C
2. ふたを開閉させるピン
3. ネジ部
4. ネジ
5. 鉛遮蔽部
6. ハンドル
7. マリネリ容器
8. 三脚足
9. 足サポート
10. ふた固定金具
11. フタ
12. 本体





指つめ注意

鉛遮蔽容器のフタは、スライドさせて開け閉めします。
フタと鉛遮蔽容器の本体部分の隙間に、指を挟まないように注意してください。

お子様や操作経験がない人が
鉛遮蔽容器を開閉する場合には
指を挟む可能性について注意を喚起してください。

2.5 USB 変換器

USB 変換器(図 2-4)は、検出器とパソコンをつなぐケーブルです。

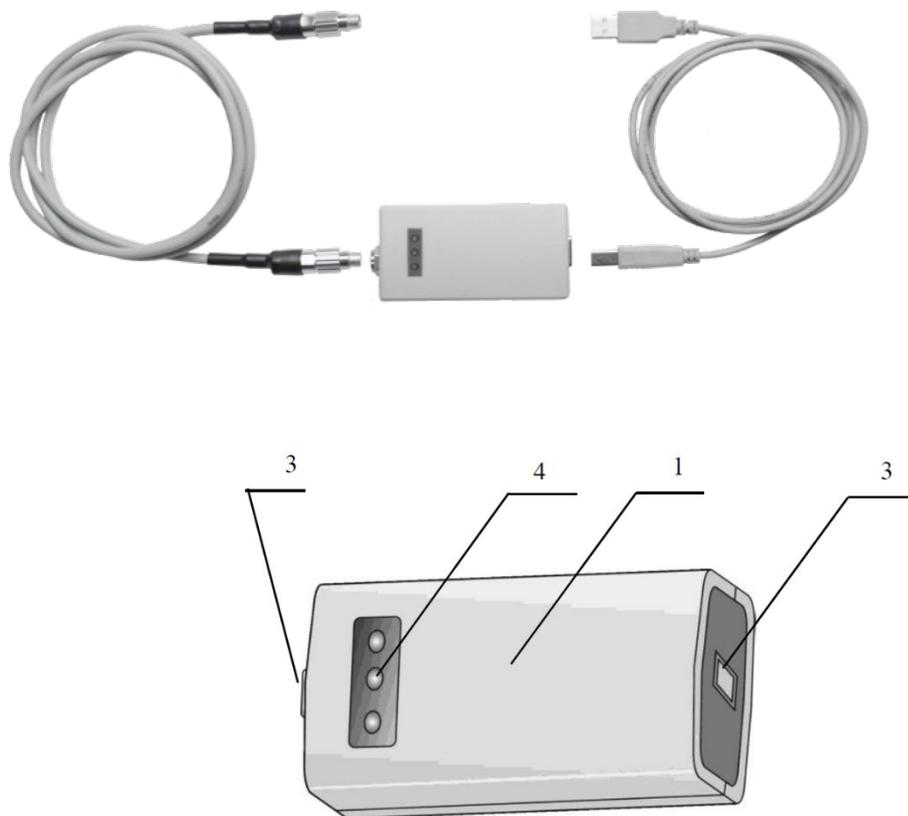


図 2-4
USB 変換器

1. プラスチック本体
2. コネクタ
3. コネクタ
4. 表示部

2.6 容器

食品などの測定資料をいれるための3タイプの容器、2タイプのシーリング(図 2-5)が付属しています。



※ A は、建材・自然物を測定する場合だけ使います。建材・自然物には、放射性崩壊によって気体となるラドンが含まれています。建材などを測定する場合には、容器いっぱいまで建材を詰めてから、「A」の蓋で密封して2週間ほど放置します。その間に放射線を発するラドンが容器内に放出されます。それから測定を行ってください。

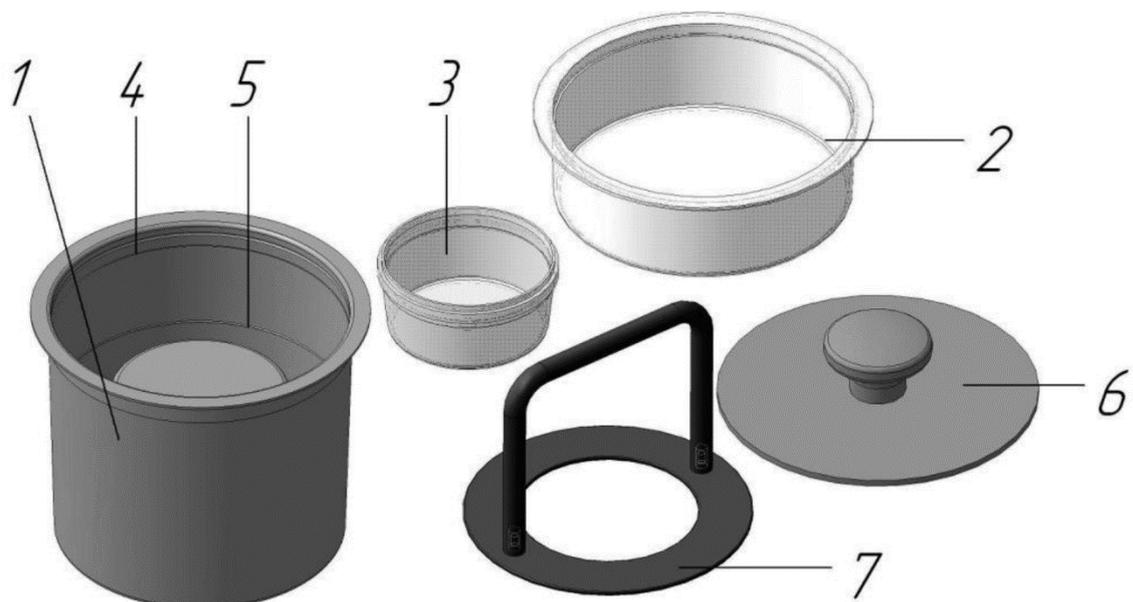


図 2-5
容器とシーリング

1. マリネリ容器 1ℓ
2. 平たい容器 0.5ℓ
3. 平たい容器 0.1ℓ
4. 1ℓを示す線
5. 0.5ℓを示す線
6. 1ℓ容器用の試料を詰め込むためのリング
7. 0.5ℓ容器用の試料を詰め込むためのリング

3 ベクレルモニターの設置

3.1 設置環境

- ベクレルモニターは、埃、酸、腐食性物質の近くでは使わないでください。
- 電磁波の影響を避けるために、エレベーター、モーター、電源、エンジン、溶接機などの近くでは使わないでください。
- ベクレルモニターを設置する場所は、平らで振動がない床面を選んでください。

3.2 組み立て

測定器の組み立て・設置は3人以上で行ってください。

1. ベクレルモニターを設置する平な場所を選びます。
2. 輸送ボックスから鉛遮蔽容器、足(8：図 2-3)、ピン(2：図 2-3)、足サポート(9：図 2-3)を取り出してください。
3. 床にやわらかい毛布などを厚めに引いて、鉛遮蔽容器の本体を横にして寝かせて置きます。
4. 寝かせた状態で3本の足(8：図 2-3)を取り付けてください。
5. 3人で鉛遮蔽容器を引き起こしてください。
6. 足サポート(9：図 2-3)を3脚の下に置いてください。
7. ピン(2：図 2-3)を鉛遮蔽容器に差し込み、フタ(11：図 2-3)を置きます。
8. フタと鉛遮蔽容器の隙間は、1～2mm になるようにナット(3：図 2-3)、ボルト(4：図 2-3)を調節します。この隙間には指が挟まりやすいので気を付けてください。
9. 最後に鉛遮蔽容器内、足などをきれいに清掃してください。
10. 輸送ボックスから検出器ユニット BDGK-11C を取り出してください。
11. 埃などを取り除くため、清掃してください。
12. 検出器ユニット BDGK-11C の固定リング(5：図 2-2)が、鉛遮蔽容器の底部(5：図 2-3)に収まるように入れます。
13. 検出器ケーブルに USB 変換器(図 2-4)を接続してください。

3.3 その他の用意

測定器の運用には、以下のものが必要になります。

除染のための洗剤	2 ℓ (1 ℓ あたり1g 程度の洗剤) これで容器や、測定器の外観を清掃します。
蒸留水	1 ℓ 以上 背景放射線を測定するために純粋な水として用意します。
体積を測定する容器	誤差±2%で体積を測定できる容器 1 ℓ 以上
重量計り	0.01 ~ 3.0 kg までを誤差 ±2% で測定できる重量計り

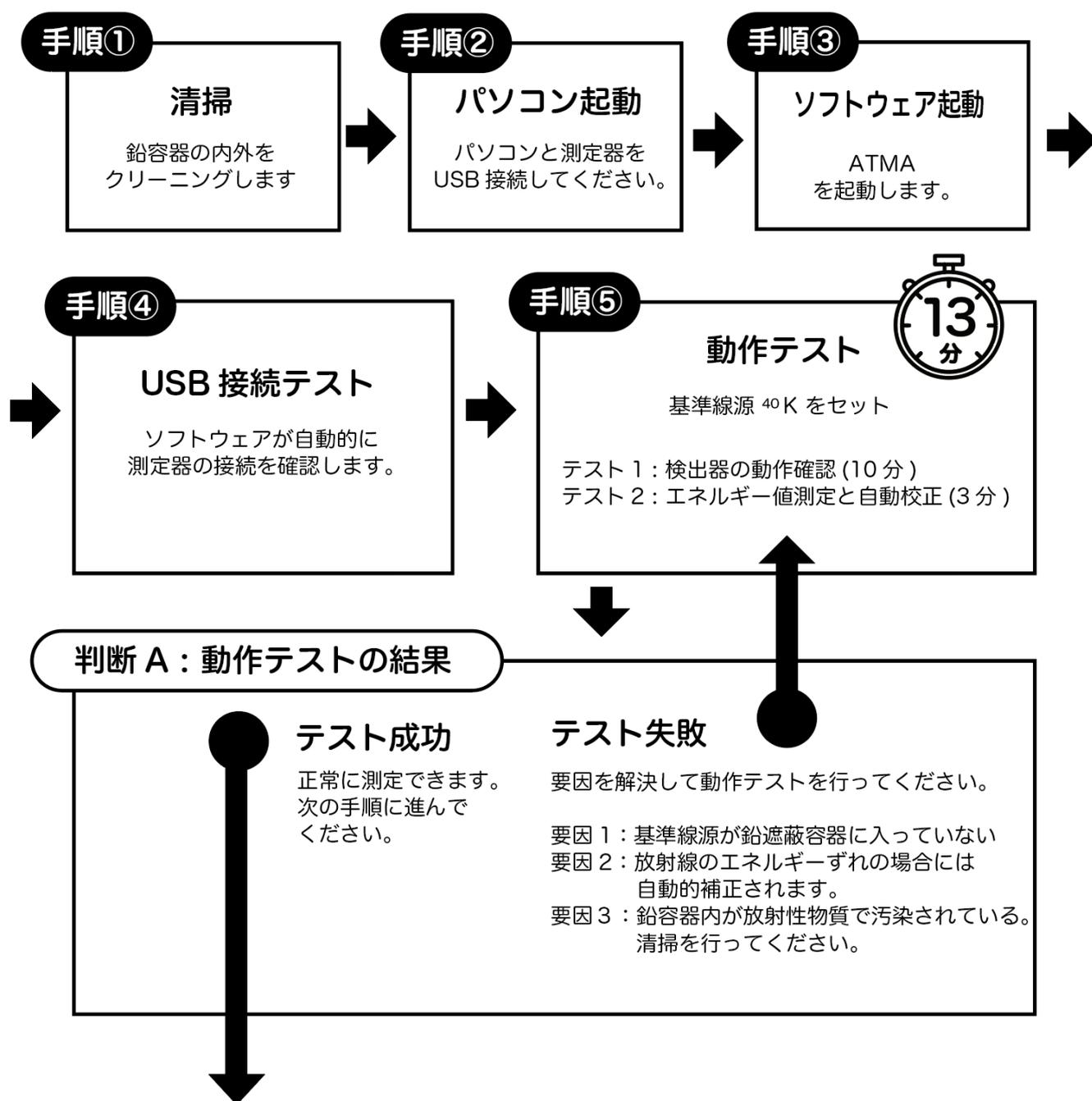
3.4 測定するサンプル・食材・材料の準備

1. 測定に使う容器はあらかじめきれいに洗って乾かしてください。
2. 各容器の重さを測定して把握しておいてください。
3. 食材は細かく切るなどして粉砕してください。
容器に入れたときに隙間なく入るようにしてください。
4. 液体と固体が混ざったサンプルは均一になるようにかき混ぜてください。
5. 食材を測定する場合には、野菜などの皮など通常食べない部位はあらかじめ取り除いてください。これは野菜の皮など表面についた汚染などを除去するために重要です。
6. 容器の選定を行ってください。1 ℓ, 0.5 ℓ, 0.1 ℓ の3タイプの容器があります。
測定するサンプルの量や、測定したい核種、予測される放射能、測定時間などから選定します。含まれる放射能が少ない場合には1 ℓ の一番大きな容器を使って測定を行ってください。選択した容器のサイズは、測定するときにソフトウェアに入力することになります。
7. 容器に食材を隙間なく詰め込んでください。
計算の仕組みとして、重量が重い方が短時間で測定することができます。隙間なくたくさん詰めた方が短時間で測定できます。
8. 測定サンプルの重さを測ります。この際、容器の重量を差し引いてください。サンプルの重量は、のちほど測定ソフトウェアに入力します。

4 ベクレルモニターの使い方

4.1 使い方の流れ

ベクレルモニター AT1320CJP の測定の流れを図で紹介します。各手順の詳細は、26 ページからの表 4-1 で解説します。



判断 B

- ・初めて測定器を使う場合
- ・定期的な背景放射線の測定（毎3か月）
- ・機器の設置場所を移動した場合

- ・日々の測定業務の場合

手順⑥



基準・背景放射線の測定

鉛遮蔽容器の中は空にする
測定器を設置した場所の背景放射線を測定
低密度の試料の背景放射線に利用されます。

手順⑧



背景放射線のチェック

鉛遮蔽容器の中は空にする
以前測定した「基準・背景放射線」と
短時間での比較が行われる。

問題がある場合には容器内の汚染が
原因になるため容器内の清掃を行い、
再度背景放射線をチェックする。

手順⑦



試料・背景放射線の測定

鉛遮蔽容器の中は蒸留水
利用する容器ごとに試料・背景放射線を
測定してソフトウェアに保存する。

手順⑨



試料の測定

鉛遮蔽容器内の線源：食品などの試料+マリネリ容器
時間：約10分～1時間

別の試料の測定

表 4-1 測定の手順・詳細

<p>手順① 清掃</p>	<p>清掃 鉛遮蔽容器の中や、検出器の周りを清掃してください。 1年に1回は、検出器を取り外して清掃してください。</p>
<p>手順② パソコン起動</p>	<p>パソコンを起動します。パソコンの電源が入ると USB経由で検出器の電源も一緒に入ります。</p>
<p>手順③ ソフト起動</p>	<p>ソフトウェア ATMA を起動します。</p>
<p>手順④ USBの自動接続</p>	<p>ソフトウェアは起動時に自動的に USB接続を検索して検出器との接続を試みます。新しいパソコンに交換した場合には、ドライバーをインストールする必要があります。</p>
<p>手順⑤ 動作テスト</p>	<p>★ 鉛遮蔽容器に「基準線源 ^{40}K」をセットする。 ⌚ 測定時間 10分+3分</p> <p>テストでは基準線源 ^{40}K を使って2つの検査が行われます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● カウント数の検査 各エネルギーで適切に検出器が応答性を評価 ● エネルギーの自動校正 基準線源^{40}Kの全光電ピークエネルギー値に対して 検出器の応答があっているか評価されます。ずれが生じている場合には、自動的に補正がかかります。補正後に再度、このテストを行ってください。
<p>判断(A)</p>	<p>テスト⑤が成功した場合「テスト成功」と表示されます。この場合には以下の測定や判断(B)に進むことができます。</p> <p>うまくいかなかった場合には、以下の要因が考えられます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 基準線源 ^{40}Kを鉛容器の中に入れずに、空の状態ですべての実行したためテストが失敗した。この場合には、再度、線源をいれてから動作テスト⑤を行ってください。 ● 基準線源 ^{40}Kの全光電ピークエネルギー値のずれが検出された。この場合、テスト完了後に補正が自動的に行われます。再度、動作テスト⑤を行ってください。

	<ul style="list-style-type: none"> ● 鉛遮蔽容器の中が放射性物質で汚染されている可能性があります。清掃を行ってから再度、動作テスト⑤を行ってください。 <p>何度か動作テスト⑤を行っても検査をパスできない場合には、機器が故障している可能性があります。販売店に連絡してください。</p>				
判断(B)	<p>以下の条件によって次の手順に進んでください。</p> <table border="1" data-bbox="507 600 1461 797"> <tr> <td data-bbox="507 600 1193 748"> 初めて測定器を使う場合 定期的な背景放射線を行う場合 機器の設置場所を移動した場合 </td> <td data-bbox="1193 600 1461 748"> 手順⑥に進む </td> </tr> <tr> <td data-bbox="507 748 1193 797"> 日々の測定業務を行う場合 </td> <td data-bbox="1193 748 1461 797"> 手順⑧に進む </td> </tr> </table>	初めて測定器を使う場合 定期的な背景放射線を行う場合 機器の設置場所を移動した場合	手順⑥に進む	日々の測定業務を行う場合	手順⑧に進む
初めて測定器を使う場合 定期的な背景放射線を行う場合 機器の設置場所を移動した場合	手順⑥に進む				
日々の測定業務を行う場合	手順⑧に進む				
手順⑥ 基準・背景放射線の測定	<p>★ 鉛遮蔽容器は、「空」の状態にする。</p> <p>⌘ 測定時間 180分（3時間）</p> <p>基準・背景放射線の測定では、鉛容器の中に何も入っていない状態の放射線量を測定してソフトウェアが保存します。</p> <p>ここで測定する基準・背景放射線は、汚染がない状態の背景の放射線量として、以下のような場合に比較のための基準として使用されます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 背景放射線のチェック機能（手順⑧）では、基準・背景放射線量との比較が行われ、背景放射線量が変わっていないかどうか検査します。 ● 密度 $0.3 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ kg あたり} 300 \text{ g}$ 以下の軽量の測定対象物（食品や材料など）を測定する場合には、基準・背景放射線量を使って放射能(Bq/kg)が計算されます。 				
手順⑦ 試料・背景放射線の測定	<p>★ 鉛遮蔽容器は、「測定容器に蒸留水」を入れた状態にする。こぼさないように注意してください。</p> <p>⌘ 測定時間 180分（3時間）</p> <p>試料・背景放射線の測定では、測定対象物（食品や材料など）の放射能を測定するときに使用するための放射線量を測定してソフトウェアが保存します。以下のような場合に利用されます。</p>				

	<ul style="list-style-type: none"> ● 密度 $0.3 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ kg}$ あたり300g 以上の密度が十分にある測定対象物（食品や材料など）を測定する場合に、試料・背景放射線量を使って放射能(Bq/kg)が計算されます。
<p>手順⑧ 背景放射線のチェック</p>	<p>★ 鉛遮蔽容器は、「空」の状態にする。</p> <p>⌚ 測定時間 5分</p> <p>手順⑥で測定した「基準・背景放射線」と短時間での比較を行う機能です。この検査で背景放射線の変化が検出された場合には、以下のような問題点が考えられます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 鉛遮蔽容器内が放射性物質で汚染されている場合 清掃を行ってから手順⑧ -背景放射線のチェックを行ってください。 ● 測定器の近くに基準線源 ^{40}Kが置いてある場合 背景放射線の測定に影響があるため基準線源 ^{40}Kは、2-3m 以上離してください。 ● 測定器の設置場所を移動している場合 手順⑥、⑦の背景放射線量を再測定してから手順⑧ -背景放射線のチェックを行ってください。 ● 背景放射線の測定を長期間行っていない場合 背景放射線量は、屋外の天気（雪、雨、晴天）などによっても変化します。この検査で背景放射線の変化が検出された場合には、手順⑥、⑦の背景放射線量を再測定する必要があります。
<p>手順⑨ 試料の測定</p>	<p>★ 鉛遮蔽容器は、「測定容器に試料」を入れた状態にする。</p> <p>⌚ 測定時間 10分～60分</p> <p>試料に含まれる放射能(Bq/kg)を測定します。</p>

4.2 電源 ON

ベクレルモニター AT1320CJP の電源は、パソコンの USB 経由で供給されています。USB 接続してパソコンの電源を入れると測定器も起動します。

4.3 測定する試料の準備

食品、飲料水、工業用材料など、ベクレルモニターで測定する試料の準備方法を紹介します。

1. 固形物などを付属の測定容器に詰め込む場合、粉砕して隙間なく詰めてください。
2. 1ℓ、0.5ℓ など付属の測定容器には、容器についている目印の線のところまで詰めてください。誤差 ±2% の範囲で詰めてください。
3. 試料の重さは、誤差±2% で測定してください。試料の重さを測定する場合には、容器の重さを引いてください。
4. 予測される放射能が 100 Bq/kg 以下の場合には、1ℓ のマリネリ容器を使用してください。

試料は密度が大きいほど測定時間を短くできます。たとえば1ℓの容器でもたくさん食品を詰め込むことができれば、測定時間を短縮することができます。固形物の場合にはできるだけ粉砕して容器に詰め込むようにしてください。

4.4 測定結果の読み方

測定ソフトウェア ATMA を使って試料を測定した場合、以下のような測定結果が表示されます。



解析する核種を選択する

2Cs+K

- 絶対誤差
- 統計誤差

表示される誤差範囲の種類を選択
2タイプから選択可能

放射性...	放射能	エラー	検出下...	単位
Cs-137	0	±29.9	86.9	Bq/kg
Cs-134	0	±21.2	67.5	Bq/kg
K-40	0	±227	970	Bq/kg

測定の単位

検出下限値(Bq/kg)

誤差

試料の放射能(Bq/kg)：測定平均値

核種

4.5 統計誤差と絶対誤差

測定結果には、2つの誤差を表示できる選択肢があります。

通常の測定では、「絶対誤差」を選択してください。

4.5.1 統計誤差（単位 %）

原子から出てくる放射線は、時間的に出たり出なかったりする性質があります。そのため食品などに含まれる放射能を何度も測定すると、下図のように平均値を中心として測定値が上下にバラついて測定されます。この図では、このバラツキの頻度を分布として表しています。この分布図の縦軸は、確率です。中央の平均値近くの測定値が得られる確率が高くなっていることを示しています。

測定1回目、2回目、3回目、と測定すると、測定値はバラバラの値が出てきますが、測定の回数を多くすると分布のように平均値近くの測定値が多くなってきます。

ソフトウェア ATMA で食品などを測定した場合に表示される統計誤差は、平均値を中心とした測定結果のバラツキ幅を%で表した数値です。

たとえば平均値 100 Bq/kg で統計誤差 20%の場合には、100 Bq/kg \pm 20%と解釈され、80~120 Bq/kg の範囲に 95%の測定値が入っていることになります。（99%の表示範囲に設定で変えることも可能です）

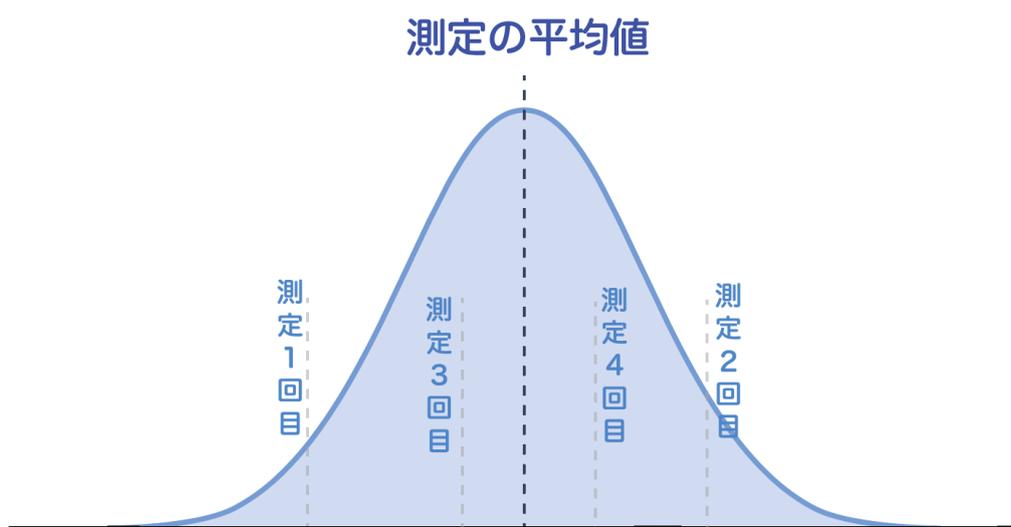


図 4-1 測定のバラツキ

4.5.2 絶対誤差（単位 Bq/kg）

ベクレルモニター AT1320CJP を使った測定では、機器自体が持っている誤差も考慮する必要があります。機器自体が持っている誤差には、以下のようなものが含まれます。

- 測定器は工場出荷時に校正が行われます。校正時には、校正設備に対して一定の誤差範囲で近い測定値を表示できることが求められていますが、誤差 0 という訳ではありません。校正時点で機器自体が持っている誤差が1つ目の誤差になります。
- 校正はメーカーの工場で行いますが、この工場の校正設備自体も、実は国家基準や真の値と比較すると、一定の誤差ですれを持っています。これが2つ目の誤差になります。

絶対誤差は、「測定結果のばらつきである統計誤差」と「機器自体がもつ誤差（上記2つ）」をあわせた範囲になっています。

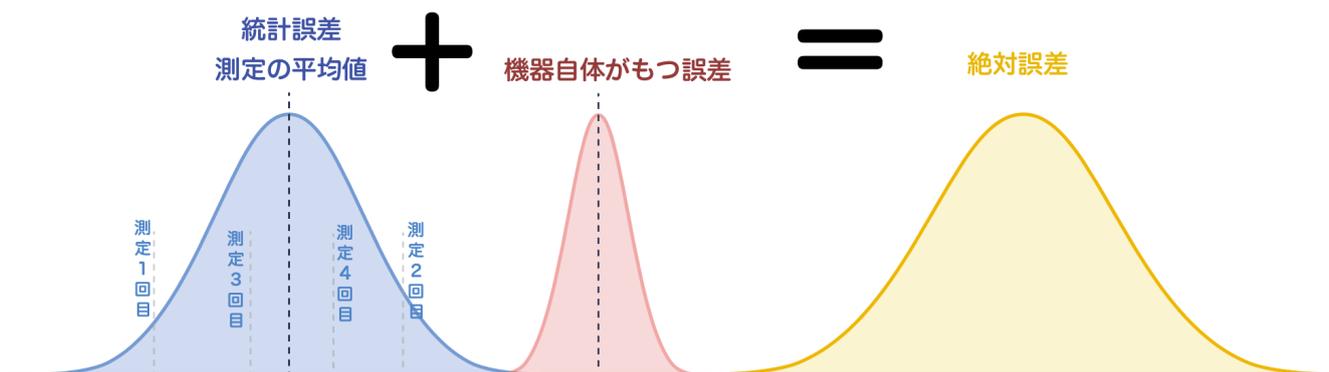


図 4-2 絶対誤差

食品などの測定を行うときには、考えられるすべての誤差を含めて、政府などが定めた基準値以下になることが求められます。このような考えで測定したい場合には、絶対誤差の方を利用してください。

絶対誤差は、ソフトウェア上では単位 Bq/kg で表示されます。たとえば測定値の平均が 100 Bq/kg で絶対誤差が ± 30 Bq/kg の場合には、70~130 Bq/kg の範囲内に 95% の測定値が入っていることとなります。(99% の表示範囲に設定で変更することも可能です)

4.6 測定時間の目安

試料（食品、材料、自然物）の測定を行う場合、測定時間は法律、社内規定に基づいて決める必要があります。法律や社内規定で定められた測定時間の目安がない場合には、利用者自身が測定時間を決定してください。

測定時間は、長く測定すればするほど、試料に含まれる放射能を精度が高く測定することができます。ですが、測定時間を2倍にしても精度は2倍の精度にはなりません。2倍の精度を得るには4倍以上の測定時間が必要になります。そのため必要以上に高精度を求めると、時間がかかりすぎる場合があります。

ここでは、ベクレル測定器メーカーとしてお勧めする測定時間の判定方法をご紹介します。この方法は、統計学的に十分な精度で測定できる方法ですが、いずれかの国や政府の基準に合う方法ではありません。政府や社内規定に測定時間の目安がある場合には、そちらを優先してください。

この方法は実際に試料の測定を開始してから、以下の条件が成り立つ時間まで測定を継続する、という方法になります。

- （条件式） $\Delta < 0.3 \times N$

ここで

N は、判定基準値(Bq/kg) です。

Δ は絶対誤差(Bq/kg) です。

たとえば、法律等で決められた食品に対する最大放射能が 100 Bq/kg の場合には、 $N=100$ になります。 $0.3 \times 100 = 30$ Bq/kg が式の右辺です。式の左辺は絶対誤差です。

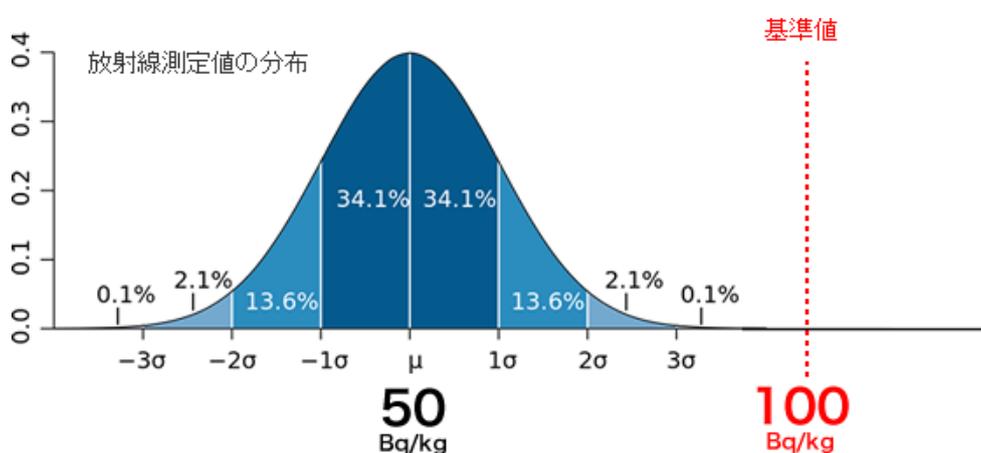
つまり測定を開始して絶対誤差が 30 Bq/kg 以下になるまで待てば、この条件式が成り経ちますので、測定を止めて結果を読むことができます。

測定時間の目安が分からない場合には、この式を使ってください。

4.7 基準値と測定値の関係

物質から出てくる放射線を観察すると、一定時間の間に出たり出なかったりする性質があります。

例えば、ある食品に含まれる放射線量を何度か測定した場合、平均値が 50 Bq/kg を考えてみます。放射線は出たり出なかったりする性質のために、一定時間の間に何度か測定する場合、平均値 50Bq/kg より低い場合もあるし、高くなる場合もあります。こちらの分布のように測定値は 50 Bq/kg を中心として、測るたびに測定値が異なる可能性があります。



この図で縦軸は確率を示しています。50 Bq/kg に近い測定結果になる確率が一番高くなっており、測定値が 50 Bq/kg から離れるにしたがって確率的には低くなります。

仮にこの食品の基準値 100 Bq/kg の場合には、このすそ広がり分布の上限値が 100 Bq/kg よりも低い条件であれば、この食品は明らかに基準値より低い判断できます。

分布には、1σ、2σ、3σと境目が記載されています。-2σ～+2σの範囲は、95.4%の測定値が含まれるようになっています。-3σ～+3σの範囲は、99.6%の範囲です。

この図では、50 Bq/kg + 3σの範囲であっても 100 Bq/kg よりも低いことが分かります。この場合、この平均値 50 Bq/kg の食品は、99.6%の確率で 100 Bq/kg より低い、と結論することが可能になります。

AT1320CJP で表示される絶対誤差（単位 Bq/kg）は、-2σ～+2σの範囲を示しています。また設定を変えることで-3σ～+3σの範囲で表示することもできます。どこまでの確率で計算を行うのかは、5.10.1 誤差の信頼水準（p.47）で設定を変更することができます。

4.8 測定の一時的停止と再開

4.8.1 測定の一時的停止

測定中に十分な精度で測定できたと判定した場合には、いつでも測定を停止することができます。メニュー[動作]-[タスクの一時的停止]を選択してください。



アイコンで測定を一時的停止、または停止することができます。

- スペクトルウィンドウを閉じることで測定を中止できます。この場合には再開はできません。

4.8.2 測定の再開・再継続

一時的停止中や、測定が完了した後でさらに継続して測定時間を延長して測定を続けることができます。この場合には、メニュー[動作]-[タスクの再継続]を選択してください。

- このアイコンでも再継続を行うことができます。



5 ソフトウェアの使い方

5.1 測定ソフトウェア ATMA

ベクレルモニターの操作は、パソコンにインストールされたソフトウェア ATMA (Atomtex Monitor Activyt) を操作して行います。ATMA ソフトウェアは、ガンマ線を放出する核種の放射能(Bq/kg , または Bq/ℓ) を測定するためのソフトウェアです。

測定できる核種は以下の通りです。

^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th

5.2 機能

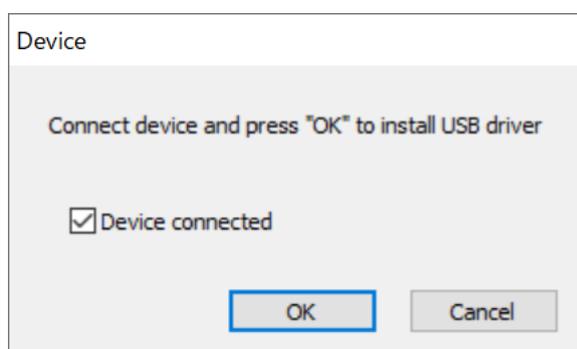
ソフトウェア ATMA には、以下の機能があります。

- 試料の測定
- 基準・背景放射線の測定
- 試料・背景放射線の測定
- 背景放射線のテスト
- 動作テスト
- 測定の途中停止・再スタート
- 測定時間を延長して測定
- スペクトル表示
- スペクトルピーク検索
- 背景放射線のスペクトルを重ねて表示
- 2つのスペクトルファイルの足し算、引き算、重ねて表示機能
- 放射能(Bq)の減衰計算
- 測定履歴の一覧表示
- 測定結果をレポートにして印刷
- ソフトウェアの設定、信頼区間 $P=0.95(2\sigma)$, $P=0.997(3\sigma)$ の設定

5.3 ソフトウェアのインストール

ソフトウェアは、USB ディスク、またはダウンロードで配布しています。

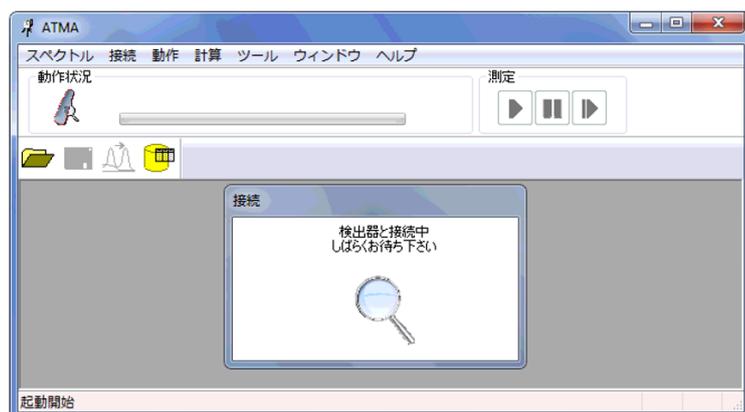
1. 測定器の USB をパソコンと接続してください。
2. インストールフォルダから Setup.exe を起動してソフトウェアをインストールしてください。
3. インストール中に、こちらのメッセージが表示されたら、測定器の USB が接続されている場合には、チェックをいれて[OK]ボタンを押してください。未接続の場合には、[Cancel]を選択してください。



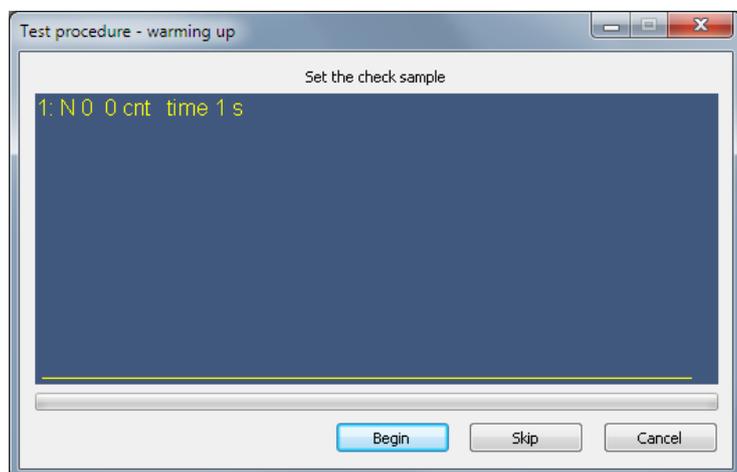
4. これでソフトウェア ATMA のアイコンがデスクトップに表示されます。これを起動してください。

5.4 ソフトウェアを開始する

ソフトウェアを起動すると自動的に、USB 接続された測定器との接続を試みます。



測定器との USB 接続が完了すると、「テスト」のウィンドウが表示されます。ここでは付属の基準線源を鉛遮蔽容器の中にセットしてスタートしてください。ここでは、基準線源(^{40}K)を使って機器の動作確認と、自動調整を行うことができます。



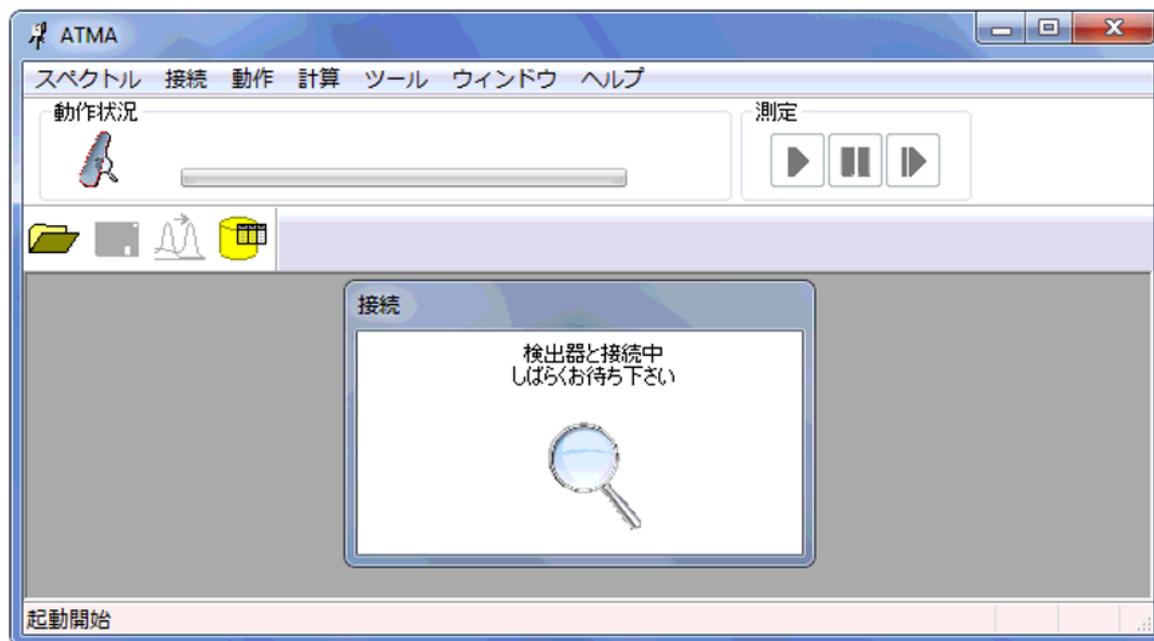
5.5 ソフトウェアの日本語化

ソフトウェアは、初期設定では英語表記です。

最初に日本語表示にするためにメニュー[ツール]-[言語]-[日本語]と選択してから、ソフトウェアを再起動してください。これですべての表記が日本語になります。

5.6 ソフトウェアの使い方

ソフトウェアは、上部にメインメニューといくつかのアイコンが並んでいます。メニューやアイコンの機能をご紹介します。



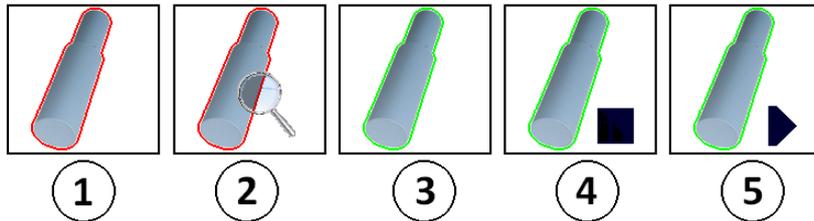
メインメニューには、こちらの項目が並んでいます。測定器の主要な動作は、[動作]メニューから行うことができます。



その下には、現在の状態を示すアイコンなどが並んでいます。



検出器との接続示すアイコンは、以下の5段階の表示です。



①	未接続です。検出器と接続が確立していません。
②	検出器との接続中、検出器をネットワークから探しています。
③	検出器との接続が確立できました
④	スペクトルの測定が停止中です。
⑤	スペクトルの測定を実行中です。

これらのアイコンは、左から以下の機能になっています。

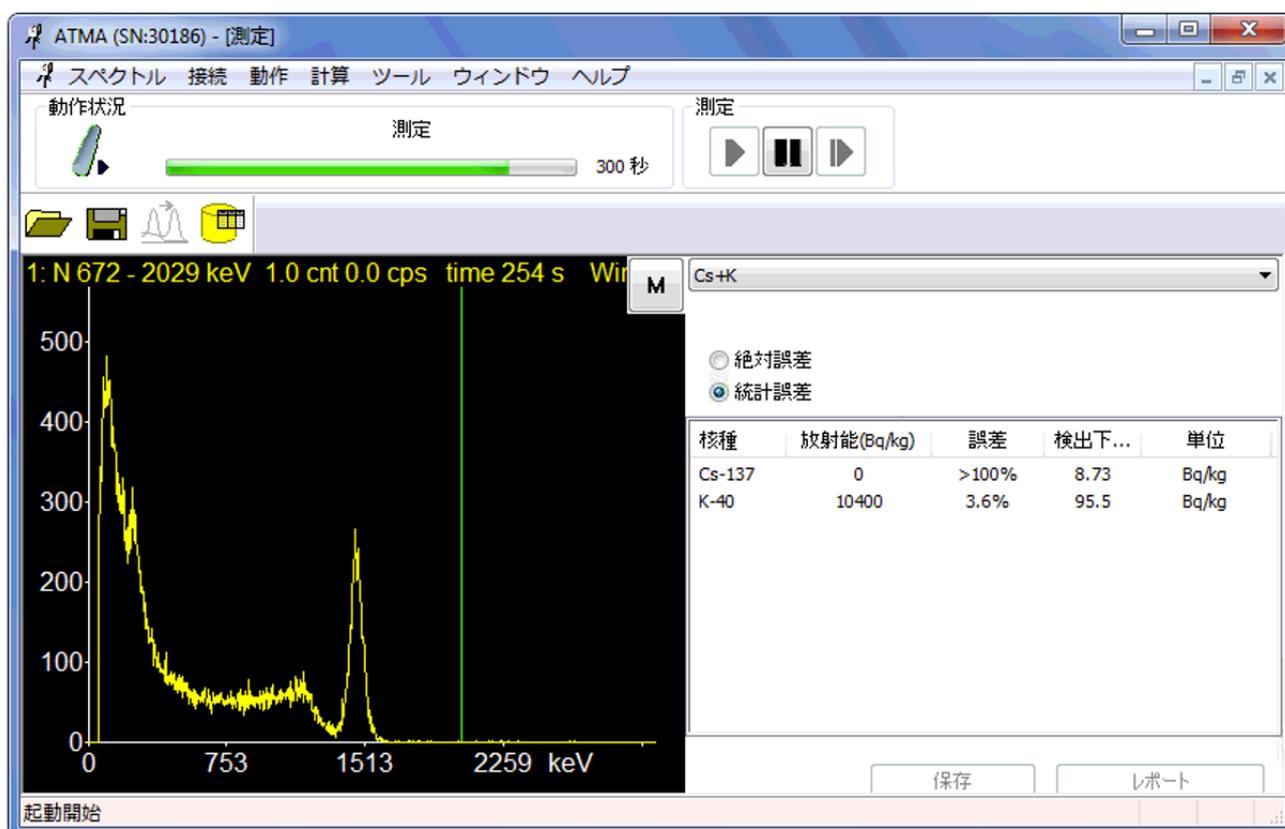
- スペクトルファイルを開く
- スペクトルファイルの保存
- 動作「テスト」を実行する
- 測定履歴ウィンドウを開く



5.7 スペクトル測定ウィンドウ

試料や背景放射線の測定中には、放射線のエネルギー分布を表すスペクトル図が表示されます。スペクトルは、横軸：エネルギー、縦軸：検出された放射線のカウンツ数（強さ）を示したグラフです。

グラフの中でとがったピーク（山）の場所のエネルギーが強く検出されたこと示しており、放射線のエネルギーを視覚的に確認できる図になっています。

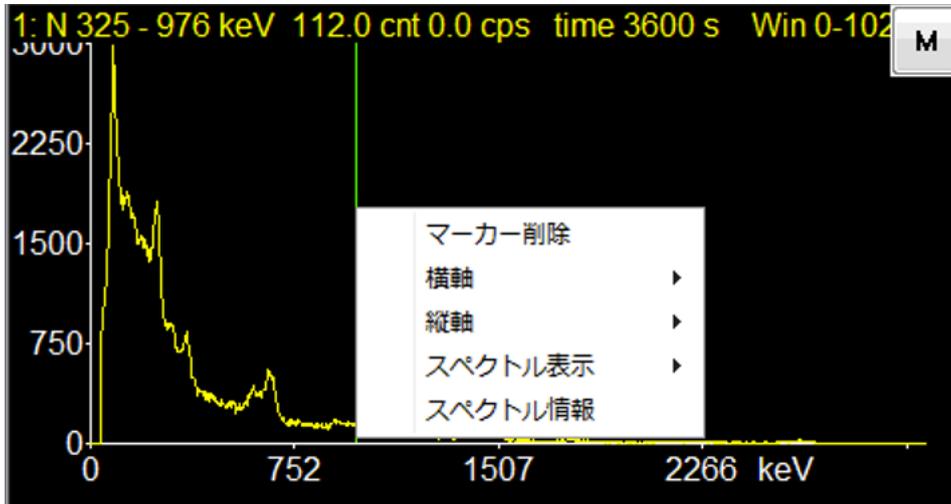


スペクトルの表示画面では、マウスを動かすと緑色のカーソルが移動します。キーボードとマウスの左ボタンの組み合わせで、縦線・横線のマーカーを表示することができます。



縦線	<p>縦線・X軸マーカーは、キーボードの[Ctrl]キーを押しながらマウスの左クリックをすると、表示されます。</p> <p>再度同じ縦線ライン上で同じ操作をすると、その縦線を削除できます。</p>
横線	<p>横線・Y軸マーカーは、キーボードの[Alt]キーを押しながらマウスの左クリックをすると、表示されます。</p> <p>再度同じ横線ライン上で同じ操作をすると、その横線を削除できます。</p>

スペクトル上で右クリックすると、スペクトルのメニューが表示されます。



マーカー削除	すべてのマーカーを消去します。
横軸	横軸(X軸)の表示を放射線のエネルギー(keV) と検出器のADコンバーターのチャンネル数(Channel) を切り替えることができます。X軸の表示を消すこともできます。
縦軸	縦軸(Y軸)の表示を対数表示、または線形表示で切り替えることができます。Y軸の表示を消すこともできます。
スペクトル表示	スペクトルの表示の線を変更できます。
スペクトル情報	このスペクトルを測定した時の情報を表示します。

5.8 測定値の表示

測定ソフトウェア ATMA を使って試料を測定した場合、以下のような測定結果が表示されます。



解析する核種を選択する

2Cs+K

- 絶対誤差
- 統計誤差

表示される誤差範囲の種類を選択
2タイプから選択可能

放射性...	放射能	エラー	検出下...	単位
Cs-137	0	±29.9	86.9	Bq/kg
Cs-134	0	±21.2	67.5	Bq/kg
K-40	0	±227	970	Bq/kg

測定の単位

検出下限値(Bq/kg)

誤差

試料の放射能(Bq/kg)：測定平均値

核種

誤差表示の絶対誤差、統計誤差については、以下の章を見てください。

- 4.5.1 統計誤差（単位 %）（p.31）
- 4.5.2 絶対誤差（単位 Bq/kg）（p.32）

5.9 測定結果の保存・印刷



試料の測定が終わると、[保存]と[レポート]ボタンが表示されます。

- 保存では、測定結果をファイルに保存できます。
- レポートでは、測定結果を印刷することができます。

レポート
✕

印刷
閉じる

放射能の測定結果

1. 測定サンプル

測定日時	31.01.2022 8:03:53
番号	21
位置	Marine II
測定時間 (秒)	300
検出器	600
シマ	• Test Day 3 - 1

2. 測定条件

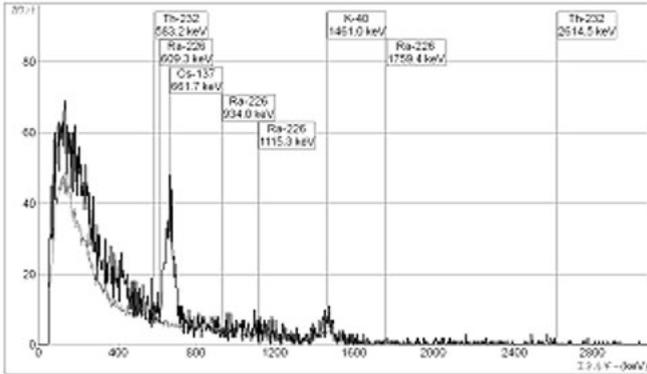
測定器	NaI(Tl) 60x60mm (SN:20184)
型番/シリアル	AT13200 / 30186
チャンネル数	1024

3. 結果

放射性核種	放射能	絶対誤差	統計誤差	検出下限値	単位
Cs-137	105	±38	18.0%	20.1	Bq/kg
K-40	303	±102	50.3%	206	Bq/kg
Ra-226	0	±17.0	>100%	48.9	Bq/kg
Th-232	8.09	±25.45	>100%	42.2	Bq/kg

測定値は誤差計算における信頼率: P=0.957

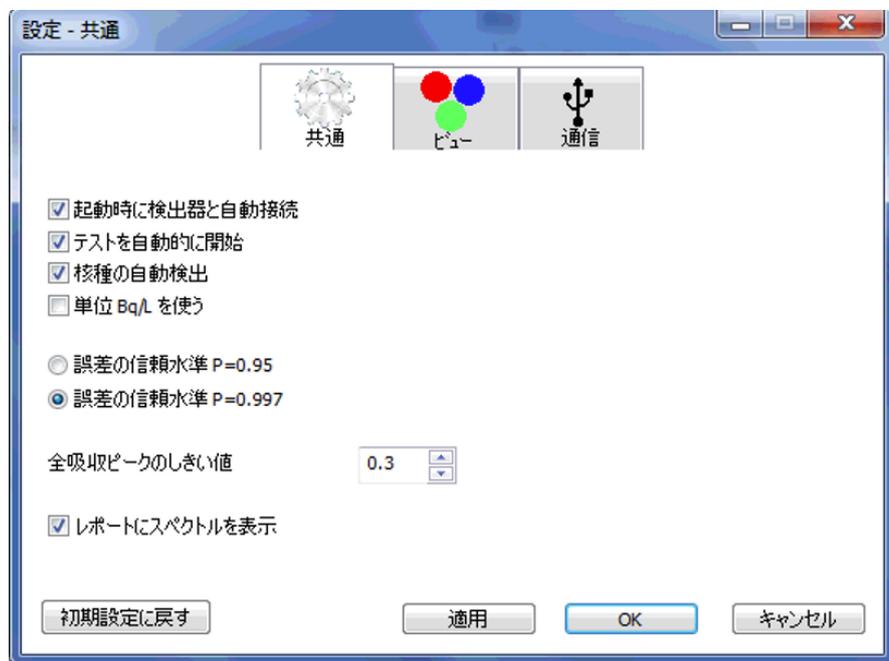
4. スペクトル



測定者: _____

5.10 設定 [共通]

ソフトウェアの設定は、メインメニュー[ツール]-[設定]から開くことができます。



5.10.1 誤差の信頼水準

誤差の信頼水準は、統計誤差と $P=0.95$ (= 95%、 2σ) と $P=0.997$ (= 99.7%、 3σ) の2つから選択することができます。

詳しくは、4.7 基準値と測定値の関係 (p.34)をご覧ください。

5.10.2 全吸収ピークのしきい値

ピークしきい値は、0.1～10.0 の範囲で変更できます。数字を小さくするほどスペクトルからピーク値を検出しやすくなります。一方で数字を小さくするほど誤検出の可能性も増えます。

5.11 設定 [ビュー]

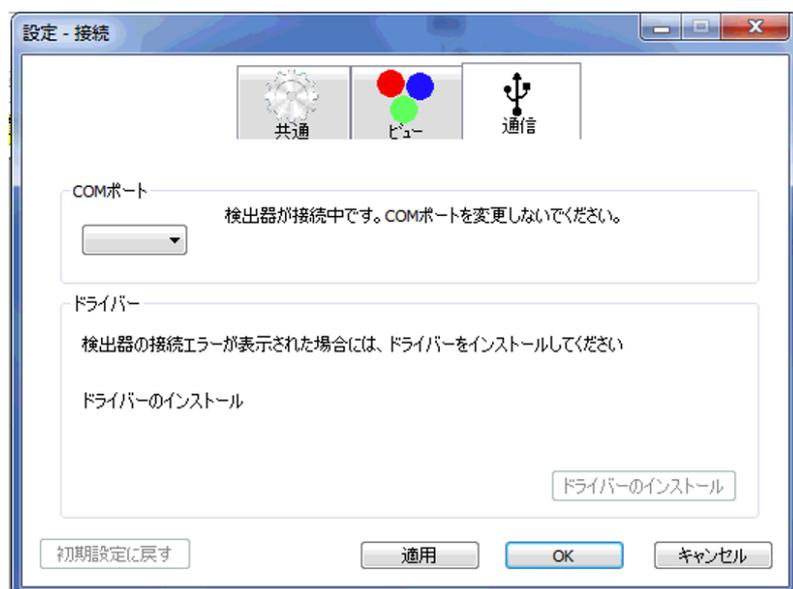
スペクトルの表示、色に関する設定です。



5.12 設定 [通信]

USB 接続に関する設定です。通常は自動で測定器が検出されます。

初めて測定器と接続するパソコンの場合には、ここから接続ドライバーをインストールすることができます。



5.13 測定器との接続

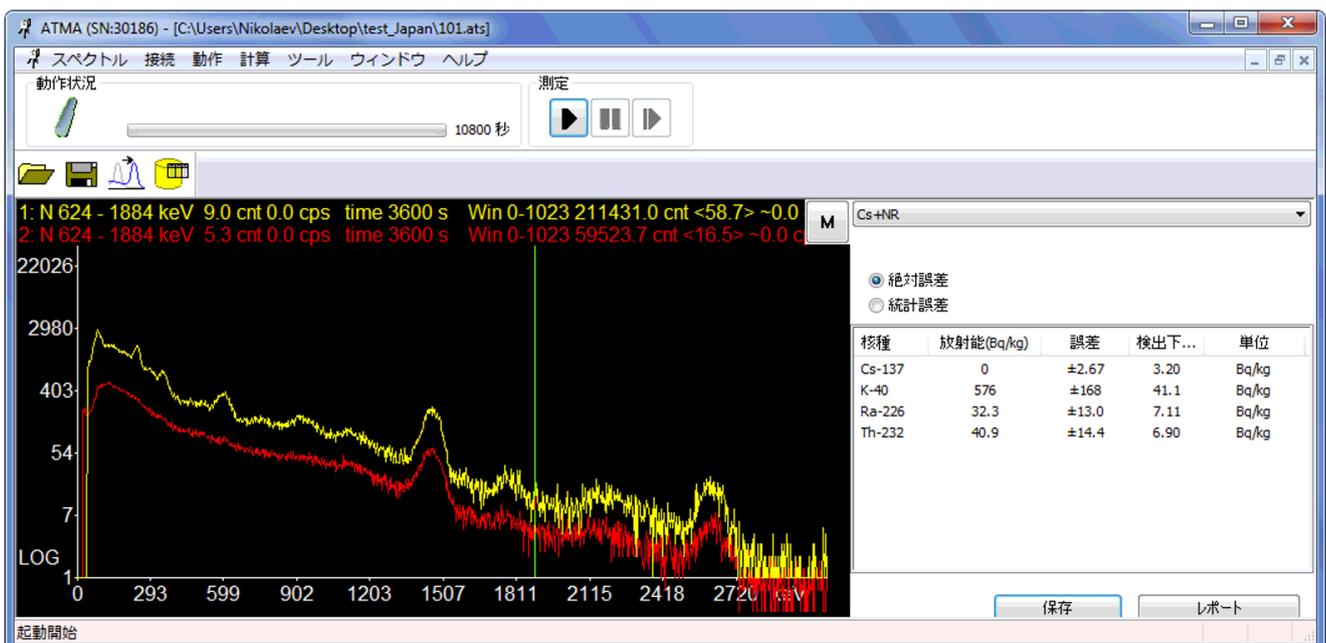
測定器が USB でパソコンに接続している場合には、測定ソフトウェア ATMA は自動的に USB 接続を開始します。メニューから接続を実行する場合には、メインメニュー[接続]-[接続]を選択してください。



5.14 スペクトルファイル

食品などの試料を測定した結果は、1つのファイルに保存されます。このファイルは、スペクトルファイルと呼ばれます。ソフトウェアのメニュー[スペクトル]からファイルの読み込み、名前をつけて保存、閉じるなどの動作が可能です。

読み込んだスペクトルファイルを表示して、メニュー[スペクトル]-[背景放射線のスペクトル]を選択すると現在の背景放射線のスペクトルを重ねて表示することができます。



スペクトル情報では、メインメニューから[スペクトル]-[スペクトル情報]で表示できます。ここでは試料を測定した時の情報を見ることができます。



6 測定準備

ベクレルモニター AT1320CJP を使った測定では、実際に食品などの試料を測定する前に、背景放射線の測定を行う必要があります。背景放射線の測定には、最低6時間かかります。

ここでは背景放射線の測定など、事前の準備についてご紹介します。ここで記載する手順番号は、「4.1 使い方の流れ (p.24)」に記載された手順番号に対応しています。

6.1 手順⑤ 動作テスト

手順⑤のテストでは、付属の基準線源 ^{40}K を使って測定器が正しく動作しているかを検査できます。問題があれば、自動的に補正を行う機能があります。

テストの実効には、基準線源 ^{40}K を鉛容器にセットしてフタを閉めてください。ソフトウェアのメインメニューから[動作]-[テスト]を選択します。

手順⑤のテストでは、2つの項目について機器の動作試験が行われます。

動作テスト 1	放射線スペクトルを測定します。ここでは十分な量の放射線を検出器が補足できる能力があるかどうかを検査されます。	約10分間
動作テスト 2	基準線源 ^{40}K の全光電ピークのエネルギー位置を測定して、測定器を微調整（自動）します。	約3分間

この動作テスト（手順⑤）は、ソフトウェア起動時に自動的に開始されます。

6.1.1 動作テスト1

画面の案内に従って、付属の基準線源 ^{40}K を鉛容器にセットしてください。開始ボタンをクリックします。



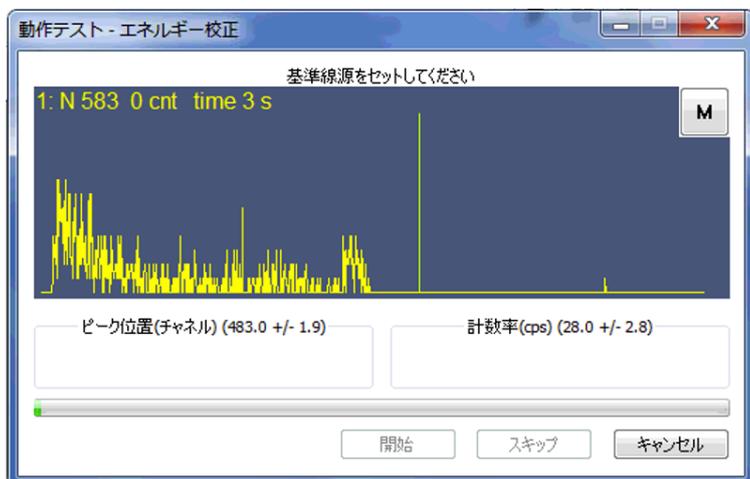
開始すると、このようなスペクトルが表示されます。



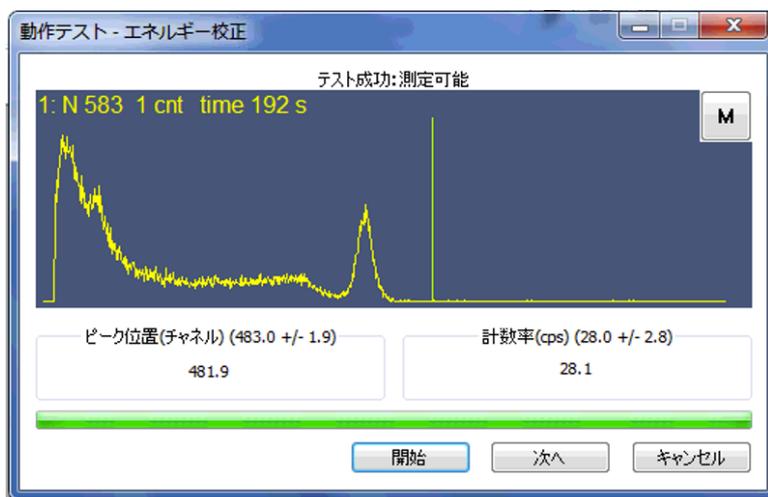
テストが完了するまで10分待ってください。

6.1.2 動作テスト2

続いて、放射線のエネルギーに対する微調整を開始します。基準線源 ^{40}K は鉛容器にセットしたままとしてください。開始ボタンをクリックします。



測定が完了すると、線源 ^{40}K の全光電ピーク (1461 keV) の中心チャンネルと、1330-1600 keV の総エネルギーカウント値が表示されます。



以下のようなメッセージが表示された場合には、再度、テストを実行してください。

エネルギーずれを検出	線源 ^{40}K の全光電ピーク (1461 keV) の中心チャンネルのずれが検出されました。自動的に補正されますので、再度テストを実行してください。
基準線源をセットしてください	基準線源 ^{40}K が鉛容器の中に入っていないようです。線源をいれてから再度テストを実行してください。

6.2 手順⑧ 背景放射線のチェック

背景放射線のチェックは、短時間で背景放射線の変化をテストする機能です。

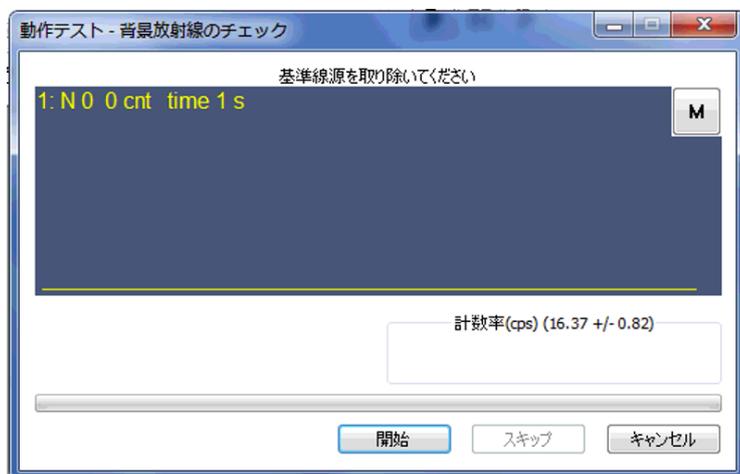
この機能を使うためには、事前に2種類の背景放射線の測定を終えておく必要があります。

- 7.1 手順⑥ 基準・背景放射線の測定 (p.57)
- 7.2 手順⑦ 試料・背景放射線の測定 (p.58)

手順⑧の背景放射線のチェックでは、鉛容器の中は空の状態にしてください。このチェックでは、以下の確認ができます。

- 鉛遮蔽容器の内側、外側の放射線が変化していないか
- 鉛遮蔽容器内に、放射線の汚染がないかどうか
- 空マリネリ容器を入れてテストする場合には、容器自体に放射能による汚染がないかどうか

ソフトウェアのメインメニューから[動作]-[背景放射線のチェック]を選択します。開始ボタンでチェックを行ってください。時間は約3分間です。



以下のエラーメッセージが表示された場合には、背景放射線が変化を検出しています。背景放射線が変化した原因を特定して再度、テストを実行してください。

エラーメッセージ	考えられる対策、要因
背景放射線の変化を検出	<ul style="list-style-type: none">・鉛遮蔽容器内のクリーニングを行ってください。・測定器自体の設置場所を移動した場合には、背景放射線の測定をやり直してください。・鉛遮蔽容器のふたは閉まっていますか？

7 背景放射線の測定

背景放射線とは、ベクレルモニター AT1320CJP が設置された周りの環境の放射線です。壁のコンクリートや建材、測定する人間、屋外の天気、付属の基準線源 ^{40}K など放射線が含まれたものの配置によって背景放射線は変化します。

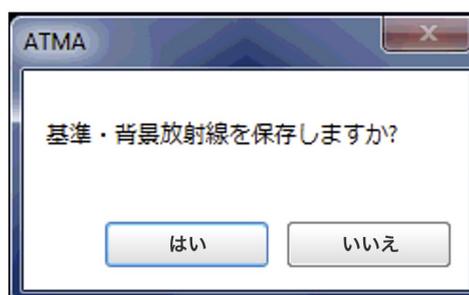
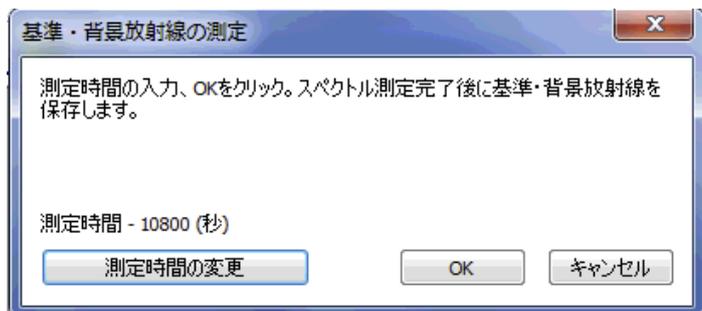
背景放射線の測定では、鉛遮蔽容器に何も入っていない状態の放射線を測定して基準値として保存されます。

AT1320CJP には、2種類の背景放射線の測定が必要です。

<p>基準・背景放射線の測定 手順⑥</p>	<p>鉛遮蔽容器は「空」の状態です測定する 測定時間3時間 基準・背景放射線として測定された値は、2つの場合に利用されま す。 1) 鉛遮蔽容器内に何も無い状態の基準として保存され、背景放射 線が変化していないかのチェックに利用されます。 2) 食品測定の場合に、密度 0.3 g/cm^3 以下の低密度で軽いものを 測定する場合の背景放射線量として利用されます。</p>
<p>試料・背景放射線の測定 手順⑦</p>	<p>鉛遮蔽容器の中に「蒸留水+測定する容器」を入れて測定する 測定時間3時間 試料・背景放射線は、密度 0.3 g/cm^3 以上の試料を測定する場合に 利用されます。食品など水分を含むものを測定する場合、水による 放射線の遮蔽効果を考慮するために蒸留水を入れた状態を背景放 射線の基準値とします。 AT1320CJP には、3つの大きさの容器 (1ℓ, 0.5ℓ, 0.1ℓ) が付 属しており、そのうち1ℓの大きな容器は1ℓ, 0.5ℓの2通りの 使い方があります。合計では4通りの容器になります。 試料・背景放射線の測定は、各容器に対して行う必要があります。 すべての容器に対しての試料・背景放射線を測定するには、3×4 $= 12$時間の測定時間がかかります。</p>

7.1 手順⑥ 基準・背景放射線の測定

基準・背景放射線を測定するには、メニュー[動作]-[基準・背景放射線の測定]を選択してください。必要な測定時間は 10800 秒（3 時間）です。



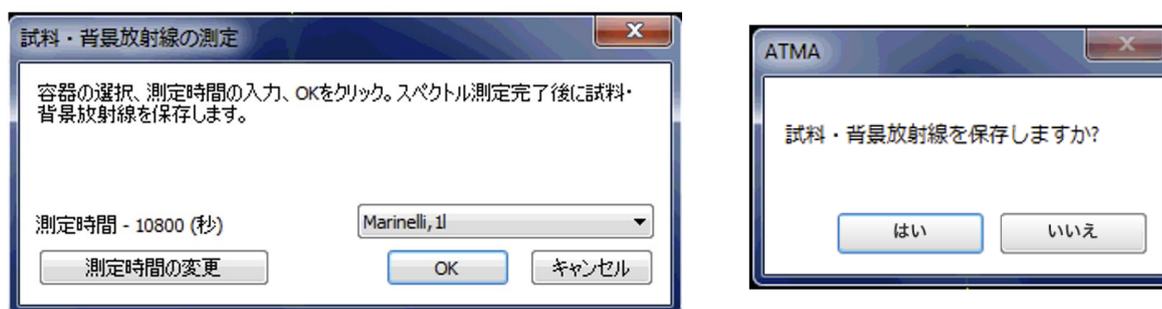
測定時間を変更して短くすることもできますが、食品など試料を測定する場合に測定精度が下がった結果となります。基準・背景放射線は、3か月に1度程度、測定を行ってください。

測定が完了すると、保存しますか?のメッセージが表示されます。保存すると以後の測定では、新しい基準・背景放射線が利用できるようになります。

保存しない場合や、測定を終了させた場合には、前回測定した基準・背景放射線が使われることとなります。

7.2 手順⑦ 試料・背景放射線の測定

試料・背景放射線を測定するには、メニュー[動作]-[試料・背景放射線の測定]を選択してください。
必要な測定時間は 10800 秒（3 時間）です。



試料・背景放射線の測定では、利用する容器を選択してください。
複数の容器を使う予定がある場合には、すべての容器に対して試料・背景放射線の測定を行ってください。

7.3 手順⑧ 背景放射線のチェック

基準と試料の背景放射線のテストが完了すると、次回以降は背景放射線の変化を短時間でチェックする機能を利用することができます。

こちらは 6.2 手順⑧ 背景放射線のチェック (p.54)を参照してください。

8 試料の測定

8.1 重さ・体積の測定

放射能（ベクレル量）の測定を行うには、以下の項目について測定が必要です。

測定項目		要求される測定誤差
重量・重さ (g)	測定試料の重さ	±2%以内
体積 (cm ³)	測定試料の体積 付属のマリネリ容器の基準線まで試料を詰め込む場合には、測定不要	±2%以内

各容器には、1 ℓ, 0.5 ℓ, 0.1 ℓ の体積のところに目印があります。この目印を使って必要な量の試料を用意してください。

低放射能のサンプル試料（100 Bq/kg 以下）の場合には、1 ℓ の容器を使ってください。放射能が少ない場合、できるだけ試料の体積を大きくすることで測定時間を短縮し、十分な精度で測定できるようになります。

8.2 手順⑨ 測定

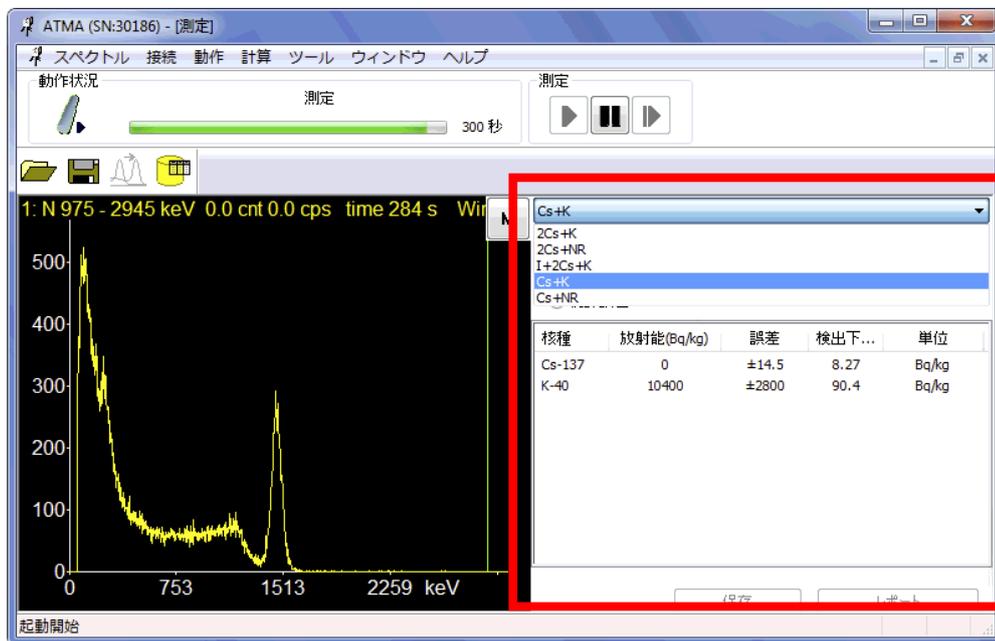
試料を容器に入れて鉛遮蔽容器にセットしてください。ソフトウェアのメニューより[動作]-[測定]を選択してください。

こちらのアイコンでも測定を開始することができます。



時間(秒)	試料の測定時間です。 後で時間延長もできますので最初は15分ほど実行してみてください。
試料番号	利用者が測定する試料に通し番号を振って監理している番号を入力
重さ	試料の重さ（容器を除く）
容器	利用する容器の選択
核種	測定する核種。測定後にあとから変更もできます。
メモ	たとえば精米、味噌といった試料に関する具体的な情報を記載してください。
繰り返し測定	同じ時間で自動的に測定を何度も繰り返します。便利ではないため使わないでください。

測定中には、測定中の結果、核種を選択を行うことができます。



測定の間中結果

解析する核種を選択する

2Cs+K

- 絶対誤差
- 統計誤差

表示される誤差範囲の種類を選択

2タイプから選択可能

放射性...	放射能	エラー	検出下...	単位
Cs-137	0	±29.9	86.9	Bq/kg
Cs-134	0	±21.2	67.5	Bq/kg
K-40	0	±227	970	Bq/kg

測定の単位

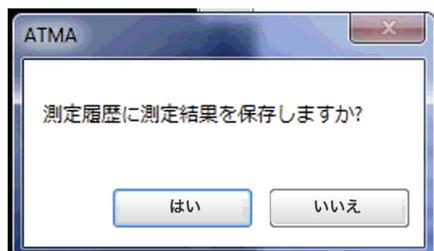
検出下限値 (Bq/kg)

核種

誤差

試料の放射能(Bq/kg)：測定平均値

測定が完了すると保存するかどうかのメッセージが表示されます。測定中に問題が発生せずうまく測定できた場合には、保存を行ってください。



保存しない場合には、直前に測定した結果データは失われます。

8.2.1 測定の一時的停止

測定中に十分な精度で測定できたと判定した場合には、いつでも測定を停止することができます。メニュー[動作]-[タスクの一時的停止]を選択してください。

このアイコンでも停止することができます。



8.2.2 測定の再開・再継続

一時的停止中や、測定が完了した後でさらに継続して測定時間を延長して測定を続けることができます。この場合には、メニュー[動作]-[タスクの再継続]を選択してください。

合計でどの時間まで測定を継続するのかを入力して再継続を行ってください。

このアイコンでも再継続を行うことができます。



8.3 レポート

測定が完了するとレポート形式で測定結果を印刷することができます。

The screenshot shows the ATMA (SN:30186) software interface. On the left, the '測定' (Measurement) window displays a gamma spectrum plot with a peak at 753 keV. The main window is the 'レポート' (Report) window, which contains the following information:

1. 測定条件 (Measurement Conditions)

測定日時	02.02.2022 10:26:15
番号	02
品名	Marine.HI
測定時間(分)	300
検出器	2000
ノイズ	• test52

2. 測定条件 (Measurement Conditions)

測定器	Mini Ti, CsI/Cryst (SN:30186)
測定ソフト	AT1320C (30186)
チャンネル数	1024

3. 結果 (Results)

核種	検出率	統計誤差	統計誤差	検出下限値	単位
Cs-137	0	±14.1	>100%	8.06	Bq/kg
Cs-134	0	±11.7	>100%	6.10	Bq/kg
K-40	10400	±2000	3.3%	88.1	Bq/kg
Ra-226	2.82	±11.61	>100%	19.5	Bq/kg
Th-232	0	±6.58	>100%	18.4	Bq/kg

測定値: 試料計測値に対する信頼水準: P=0.997

4. スペクトル (Spectrum)

The spectrum plot shows peaks for Th-232 (563.2 keV), Cs-134 (597.4 keV), Ra-226 (609.3 keV), Cs-137 (661.7 keV), Cs-134 (795.4 keV), Ra-226 (804.0 keV), Ra-226 (1115.3 keV), Cs-134 (1365.2 keV), K-40 (1461.0 keV), Ra-226 (1764.4 keV), and Th-232 (2039.5 keV).

At the bottom of the report window, there is a red-bordered button labeled 'レポート' (Report).

8.4 測定履歴

測定履歴ウィンドウは、[計算]-[測定履歴]から表示できます。こちらのアイコンからも表示できます。



測定日時	番号	容器	核種	測定時...	重さ(g)	Day 4 te
01.02.2022 10:04:06	41	Marinelli, 1l	2Cs+K	60	800	Day 4 te
31.01.2022 9:09:31	23	Marinelli, 1l	Cs+K	60	800	Test
31.01.2022 9:02:26	22	Marinelli, 1l	Cs+K	300	800	Test
31.01.2022 8:57:22	22	Marinelli, 1l	Cs+K	300	800	Test
31.01.2022 8:08:57	21	Marinelli, 1l	Cs+NR	300	800	Test
31.01.2022 8:03:53	21	Marinelli, 1l	Cs+NR	300	800	Test
20.01.2022 8:56:33	6	Marinelli, 1l	2Cs+K	600	800	
20.01.2022 8:56:33	6	Marinelli, 1l	Cs+K	600	800	

核種	放射能(Bq/kg)	絶対誤差	統計誤差	検出下.
Cs-137	1.58	±26.54	>100%	44.9
Cs-134	0	±12.2	>100%	34.1
K-40	115	±289	>100%	469

右側のフィルタ機能では、条件を絞り込んで検索結果を表示できます。

- 容器、核種、測定器のシリアル番号などを選択します。
- 日付の範囲で絞り込むこともできます。
- 右側には、測定結果の一覧が表示されます。
- 上部のボタンでは、選択した1つの測定結果に対してのスペクトル表示、レポート表示などを行うことができます。
- すべての測定結果ボタンは、フィルタを無効してすべての測定結果の一覧を表示します。
- 削除ボタンは、1つの測定結果を削除することができます。

9 その他の機能



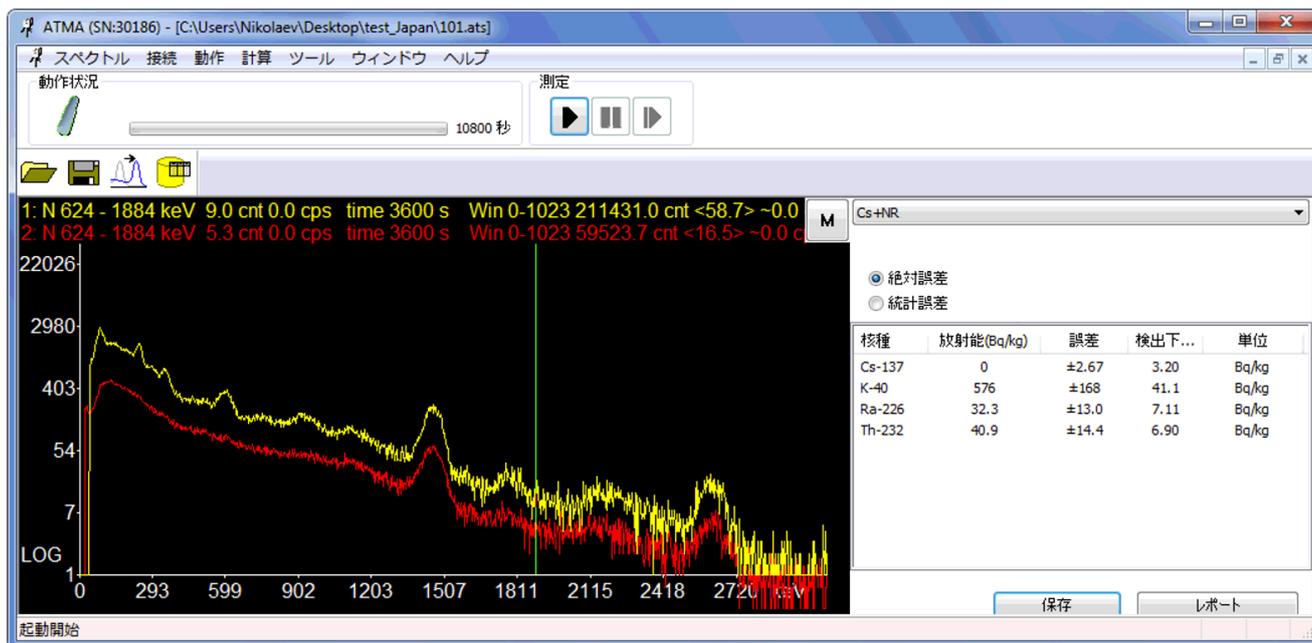
メインメニューの項目、各機能について紹介します。

9.1 メインメニュー [スペクトル]

開く	スペクトルファイルを開いて、スペクトルを表示します。
上書き保存	スペクトルファイルを上書き保存します。設定などが保存されま す。
閉じる	開いているスペクトルファイルを閉じます。
印刷	スペクトルファイルを印刷します。
印刷プレビュー	スペクトルファイルの印刷をプレビューします。
印刷設定	プリンターの設定を開きます。
背景放射線のスペクトル	開いているスペクトルファイルに、現在の基準・背景放射線のス ペクトルを表示します。
スペクトル情報	スペクトルの情報、測定時の情報を表示します。
終了	ソフトウェアを閉じます。

9.1.1 [背景放射線のスペクトル]

背景放射線のスペクトルを選択すると、現在の測定結果（黄色）に背景放射線のスペクトル（赤色）が重なって描画されます。



9.2 メインメニュー [接続]

接続	測定器とのUSB接続を開始します。
切断	測定器のUSB接続を切断します。

9.3 メインメニュー [動作]

ベクレルモニターの操作は、ここに集中しています。表内に記載の「手順」番号は、「4.1 使い方の流れ」(p.24)」に記載の番号に対応しています。

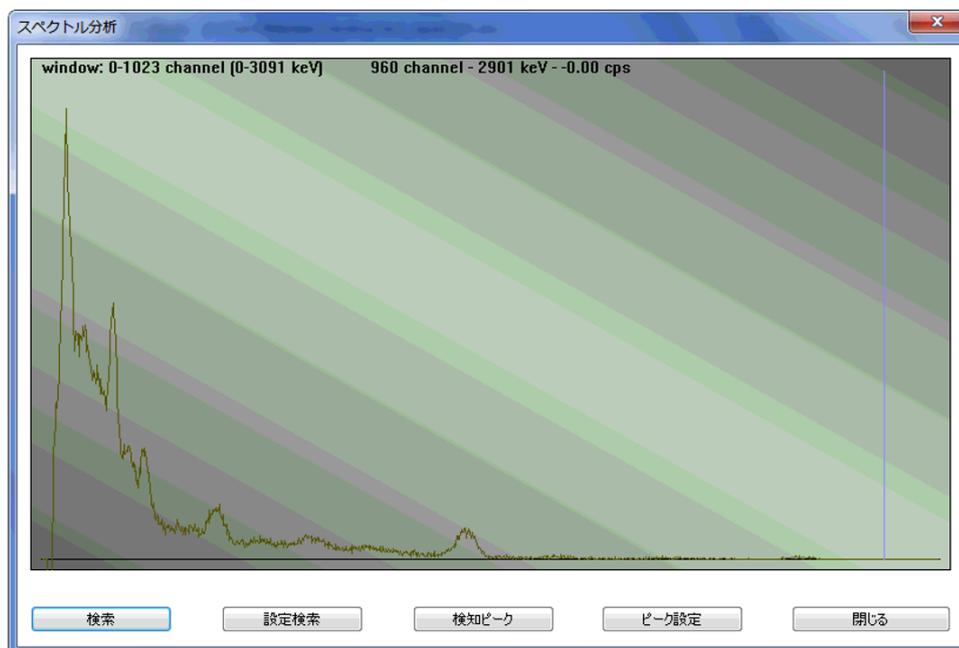
テスト - [手順⑤]	測定器の動作テスト、基準線源40Kに対するエネルギー校正を実行します。
測定 - [手順⑨]	測定対象となる試料に含まれる放射能(Bq/kg)を測定します。背景放射線の測定が完了していないと実行できません。
基準・背景放射線の測定 - [手順⑥]	基準・背景放射線の測定では、鉛容器の中に何も入っていない状態の放射線量を測定してソフトウェアが保存します。
試料・背景放射線の測定 - [手順⑦]	試料・背景放射線の測定では、測定対象物（食品や材料など）の放射能を測定するとき使用するための放射線量を測定してソフトウェアが保存します。
背景放射線のチェック - [手順⑧]	手順⑥で測定した「基準・背景放射線」と短時間での比較を行う機能です。
検出器のスペクトル読み出し	検出器内の内部メモリに保存されたスペクトル情報を読み出す機能です。修理担当者が使う機能であるため、通常は使わないでください。
測定、背景放射線などの実行中の測定を一時停止	手順⑤⑥⑦⑧⑨の測定を実行しているときに、測定を一時停止できます。
測定、背景放射線などの実行中の測定を再継続	一時停止中の測定を再開することができます。

9.4 メインメニュー [計算]

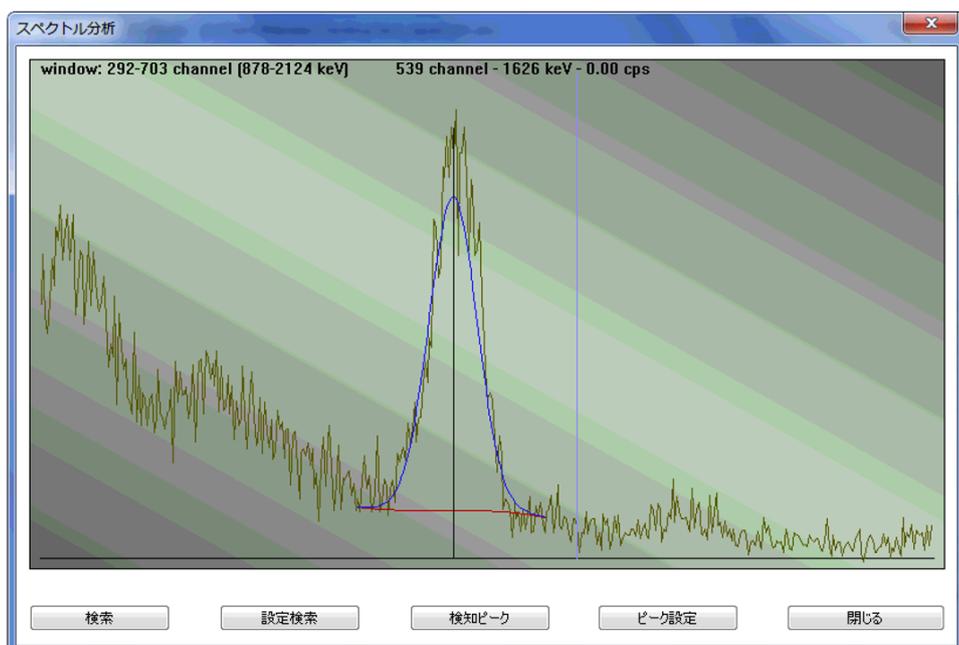
スペクトル分析	表示中のスペクトルのピークなどを分析できる機能ですが、専門性が高いため通常は使う必要がありません。
実行ベクレル数	スペクトルから自然放射線である ⁴⁰ K, ²²⁶ Ra, ²³² Thに対応する合計放射能を表示します。
スペクトル・足し算	2つのスペクトルファイルの合算したスペクトルを表示します。
スペクトル・引き算	2つのスペクトルを引き算した差分のスペクトルを表示します。
スペクトル・重ね合わせ	2つのスペクトルを比較できるように重ね合わせた表示を行います。
減衰計算	<p>放射線を出す線源は、時間が経過するとともに含まれている放射能が少なくなってきます。この減衰の割合を計算するためのツールです。</p> <p>以下の条件を与えることで、指定した日付時点での放射能の大きさを計算します。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 初期放射能の大きさ ● 半減期 ● 最初に測定した放射能（校正時点） ● 校正時点の日付 ● 計算する今日時点の日付
測定履歴	これまでに測定した試料の測定結果が記録されているウィンドウを開くことができます。

9.4.1 スペクトル分析

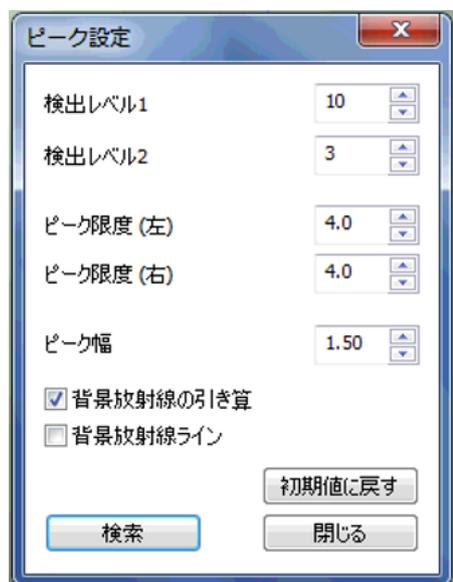
現在のスペクトルを分析するためのツールです。専門的な知識が必要になっているため通常の測定では使う必要がありません。



スペクトルの波形はギザギザの波形になっていますが、内部のアルゴリズムによって放射線のエネルギーのうち全光電ピーク部がどのように検出されているのかを見ることができます。



設定は、こちらの項目があります。



検出レベル 1	スペクトルは、測定時間が短いと波形にギザギザの変動が多く見られます。測定時間が短くギザギザが多い場合には7-10の値を使います。長時間測定したなめらかなスペクトルの場合には①を使ってください。
検出レベル 2	これはピーク位置の特定をより正確に行うオプションです。測定時間が短く波形にギザギザが多い場合は5-10、測定時間が長い場合には3程度の値をお勧めします。
ピーク限度幅 (左・右)	ピークの中心からどの程度の分散値までをその放射線のエネルギーとして計算するか補正值です。設定4の場合には、分散として $\pm 4\sigma$ という設定になります。
ピーク幅	1-2の間の数字でピークの基本特性を決定するために使われます。
背景放射線の引き算	スペクトルから背景放射線を引き算した結果でピーク位置を判定します。
背景放射線ライン	背景放射線のラインを考慮してピーク位置を判定します。

9.4.2 実効ベクレル数

現在、測定したスペクトルから自然由来の放射能 (^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th) の合計・放射能を表示します。



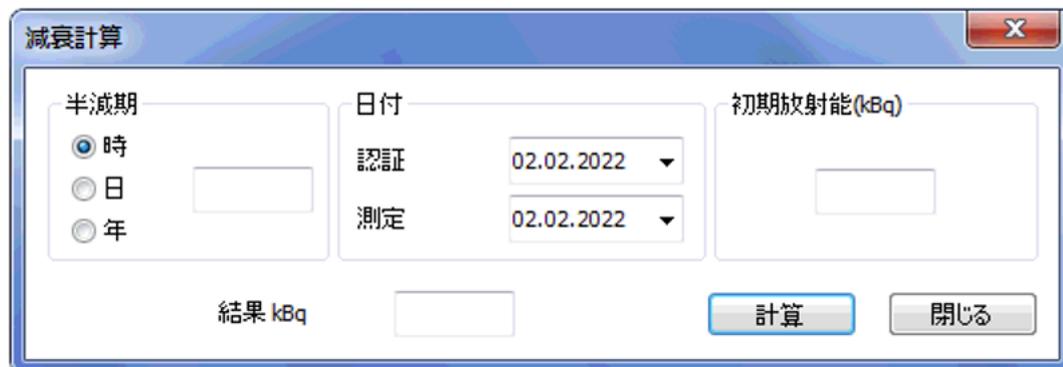
設定では、 ^{40}K を含めるかどうかを設定できます。

9.4.3 減衰計算

放射線を出す線源は、時間が経過するとともに含まれている放射能が少なくなってきます。この減衰の割合を計算するためのツールです。

以下の条件を与えることで、指定した日付時点での放射能の大きさを計算します。

- 初期放射能の大きさ
- 半減期
- 最初に測定した放射能（校正時点）
- 校正時点の日付
- 計算する今日時点の日付



9.5 メインメニュー [ツール]

設定	ソフトウェアの設定です。 参考 5.10 設定 (p.47)
言語	ソフトウェアの表示言語です。

10 困った場合の対応方法

トラブルの状況・エラー表示など	可能性のある原因	対策
[接続エラー]の表示	1) 検出器～パソコンまでの間のUSBケーブル、変換器が接続されていない 2) 検出器BDKG-11Cの故障 USB変換器の故障 パソコンの故障	図 2-4を参考にしてUSB変換器、ケーブルを見直してください。 販売店に連絡してください。
スペクトルが表示されない		上記[接続エラー]と同じ対策を行ってみてください。
[カウント率エラー:線源の確認]	線源が鉛遮蔽容器の中に入っていません。 あるいはベクレルモニター自体が放射能によって汚染されている可能性があります。	チェック線源を鉛遮蔽容器の中に入れてから背景放射線のチェックを行ってください。
[エネルギー校正・エラー]	線源が鉛遮蔽容器の中に入っていません。 検出器が損傷しています。	基準線源(^{40}K)を鉛遮蔽容器の中に入れてください。 何度やってもうまくいかない場合には、販売店に連絡してください。
[背景放射線・エラー]	ベクレルモニター自体が放射能によって汚染されている可能性があります。 外部の背景放射線量が変化した可能性があります。	ベクレルモニターの清掃を行い除染作業をしてください。 基準・背景放射線量を再測定してください。

10.1 国内販売店の連絡先

たろうまる株式会社
〒920-8203
石川県金沢市鞍月 5-177 AUBE 2
TEL: 076-201-8806
<http://www.taroumaru.jp>
メール support@taroumaru.jp

11 メンテナンス方法

ベクレルモニターを定期的にメンテナンスすることは、正しい測定を行うために大事なことです。メンテナンスには、2種類があります。

- 毎日のメンテナンス（利用者自身で行えます）
- 3か月ごとのメンテナンス（利用者自身で行えます）
- 1年ごとのメンテナンス（販売店、メーカーに依頼して行います）

11.1 毎日のメンテナンス

- 柔らかい布で外部モニターの外側の埃をとり、清掃する。
- 検出器の上部の見えている面や、鉛遮蔽容器の内側をアルコール(10g)で清掃する。
- サンプル用の容器を洗剤で洗い、乾かす。お湯を使う場合には60度以下にしてください。

11.2 3か月ごとのメンテナンス

- 検出器 BDKG-11C を取り出し外部をよく検査する。塗装の剥がれ、傷、さび、へこみなどを検査する。簡単な汚れなどであれば自分で清掃して下さい。故障がある場合は、販売店へ修理を依頼してください。
- 接続コネクタ部、ケーブルの損傷を調べ、清掃を行う。
- サンプル用の容器の損傷を調べる。割れなどがある容器は交換する。
- ベクレルモニターの付属品などがそろっているか確認する。
- 背景放射線のチェック、エネルギー校正などを行う。

11.3 1年ごとのメンテナンス

- 販売店に連絡して測定器の校正を依頼してください。
- 個人で食品の測定を行う様な用途の場合には、2-3年おきに1度、校正をすれば十分です。
- 食品の生産などに関わる利用者で、放射線測定の結果を公表する可能性がある場合には、1年に一度の校正をお勧めします。

12 資料

マリネリ容器(1ℓ), 平たい容器(0.5ℓ), 平たい容器(0.1ℓ)の3タイプの容器を使った測定時間の目安をご紹介します。背景放射線量は3時間測定した場合です。表内で空白になっている部分は、要求された精度では測定できない項目となります。

12.1 マリネリ容器 (1ℓ)での測定時間

放射能 Bq/kg	$\varepsilon = 2\sigma (P = 0.95) \%$						
	±50	±45	±40	±30	±20	±10	±5
	測定時間(秒)						
3	6100	8700	14000				
5	1700	2100	2800	6200			
10	400	500	620	1200	3000		
60	15	20	25	40	100	400	1600
300	2	2	2	5	10	35	140
600	1	1	1	2	5	15	60

表 12-1

¹³¹I の放射能に対する測定時間

放射能 Bq/kg	$\varepsilon = 2\sigma (P = 0.95) \%$						
	±50	±45	±40	±30	±20	±10	±5
	測定時間(秒)						
3.7	8600	13000					
5	3600	4700	6700				
10	800	1000	1300	2400	7000		
50	40	50	70	120	260	1100	5200
60	30	40	50	90	200	800	3600
100	15	20	30	40	90	350	1500
300	3	4	5	10	20	80	300
600	2	2	2	5	10	40	140

表 12-2

¹³⁷Cs の放射能に対する測定時間

放射能 Bq/kg	$\varepsilon = 2\sigma (P = 0.95) \%$						
	± 50	± 45	± 40	± 30	± 20	± 10	± 5
	測定時間(秒)						
3	8200	12100					
5	2100	2700	3600	8400			
10	500	600	800	1500	3900		
50	30	40	50	80	190	770	3600
60	25	28	40	70	150	600	2500
100	10	15	20	30	70	270	1100
300	3	3	5	10	20	70	270
600	2	2	2	5	10	30	120

表 12-3

^{134}Cs の放射能に対する測定時間

放射能 Bq/kg	$\varepsilon = 2\sigma (P = 0.95) \%$						
	± 50	± 45	± 40	± 30	± 20	± 10	± 5
	測定時間(秒)						
50	5900	8200					
100	1150	1400	1900	3800	13600		
200	300	360	470	850	2050	15000	
300	150	180	230	400	930	4500	
500	60	80	100	170	380	1600	8900
700	40	50	60	100	230	900	4200

表 12-4

^{40}K の放射能に対する測定時間

放射能 Bq/kg	$\varepsilon = 2\sigma (P = 0.95) \%$						
	± 50	± 45	± 40	± 30	± 20	± 10	± 5
	測定時間(秒)						
10	6300	12200					
30	690	850	1100	2100	5700		
50	280	350	440	800	1900	11600	
100	100	120	150	260	600	2600	15700
300	25	30	35	60	140	550	2200
600	10	15	20	30	60	250	1000

表 12-5

^{226}Ra の放射能に対する測定時間

放射能 Bq/kg	$\varepsilon = 2\sigma (P = 0.95) \%$						
	± 50	± 45	± 50	± 30	± 50	± 10	± 50
	測定時間(秒)						
10	6800	9700					
30	660	850	1050	2000	5300		
50	280	350	450	800	2000	10800	
100	100	130	160	290	650	2800	15700
300	30	30	50	70	170	650	2650
600	15	15	20	40	80	300	1200

表 12-6

^{232}Th の放射能に対する測定時間

12.2 マリネリ容器 (0.5ℓ)での測定時間

こちらはマリネリ容器(1.0ℓ)容器の半分まで入れた場合の測定になります。

放射能 Bq/kg	$\varepsilon = 2\sigma (P = 0.95) \%$						
	±50	±45	±40	±30	±20	±10	±5
	測定時間(秒)						
5	9900	15500					
10	1600	2000	2600	5600			
60	55	65	80	150	330	1400	7700
300	5	6	7	15	30	120	480
600	2	3	3	6	15	50	200

表 12-7

¹³⁷Cs の放射能に対する測定時間

放射能 Bq/kg	$\varepsilon = 2\sigma (P = 0.95) \%$						
	±50	±45	±40	±30	±20	±10	±5
	測定時間(秒)						
5	7750	11500					
10	1350	1700	2250	4700			
60	50	60	80	140	310	1300	6750
300	5	6	8	15	30	120	490
600	2	3	3	6	15	55	210

表 12-8

¹³⁴Cs の放射能に対する測定時間

放射能 Bq/kg kg	$\varepsilon = 2\sigma (P = 0.95) \%$						
	±50	±45	±40	±30	±20	±10	±5
	測定時間(秒)						
110	2400	3100	4250	10500			
200	680	850	1100	2100	5900		
300	310	390	490	900	2220	17750	
500	125	155	200	350	810	3900	
700	70	90	110	200	450	2000	12100

表 12-9

^{40}K の放射能に対する測定時間

12.3 平たい容器 (0.5ℓ)での測定時間

放射能 Bq/kg kg	$\varepsilon = 2\sigma (P = 0.95) \%$						
	±50	±45	±40	±30	±20	±10	±5
	測定時間(秒)						
20	1050	1300	1700	3500	12500		
50	180	220	300	500	1150	6200	
100	50	60	80	130	300	1300	7000
300	10	10	15	30	60	200	800
600	3	3	5	10	20	80	300
1000	1	2	2	5	10	50	150

表 12-10

^{131}I の放射能に対する測定時間

放射能 Bq/kg kg	$\varepsilon = 2\sigma (P = 0.95) \%$						
	±50	±45	±40	±30	±20	±10	±5
	測定時間(秒)						
20	2200	2900	3900	9300			
50	350	420	530	970	2450		
100	100	120	150	260	600	2800	
300	16	20	25	50	100	400	1700
600	6	7	10	16	40	150	600
1000	3	4	5	8	20	80	300

表 12-11

^{137}Cs の放射能に対する測定時間

放射能 Bq/kg kg	$\varepsilon = 2\sigma (P = 0.95) \%$						
	± 50	± 45	± 40	± 30	± 20	± 10	± 5
	測定時間(秒)						
20	1300	1700	2200	4500			
50	230	300	350	650	1500	9000	
100	70	80	100	180	450	2000	11000
300	15	20	25	35	80	300	1300
600	5	7	10	15	30	120	500
1000	3	4	5	8	20	70	260

表 12-12

^{134}Cs の放射能に対する測定時間

12.4 平たい容器 (0.1 ℓ)での測定時間

放射能 Bq/kg kg g	$\varepsilon = 2\sigma (P = 0.95) \%$						
	±50	±45	±40	±30	±20	±10	±5
	測定時間(秒)						
50	1000	1300	1600	3200	11200		
100	250	300	400	700	1700	12000	
300	40	45	50	90	200	900	4100
600	10	15	20	30	70	260	11000
1000	5	10	15	20	30	130	500

表 12-13

^{131}I の放射能に対する測定時間

放射能 Bq/kg kg g	$\varepsilon = 2\sigma (P = 0.95) \%$						
	±50	±45	±40	±30	±20	±10	±5
	測定時間(秒)						
50	2100	2700	3600	8400			
100	500	600	800	1500	3900		
300	70	80	100	190	450	1800	11100
600	20	30	40	60	150	550	2400
1000	10	15	20	30	60	250	1050

表 12-14

^{137}Cs の放射能に対する測定時間

放射能 Bq/kg kg	$\varepsilon = 2\sigma (P = 0.95) \%$						
	± 50	± 45	± 40	± 30	± 20	± 10	± 5
	測定時間(秒)						
50	1230	1600	2000	4200			
100	310	400	500	900	2200		
300	50	60	70	130	300	1200	6100
600	20	25	30	50	100	400	1700
1000	10	15	20	25	50	200	800

表 12-15

^{134}Cs の放射能に対する測定時間