

エコマテリアルフォーラム技術資料1207

簡易線量計を用いた 放射能測定の方法と注意点

エコマテリアルフォーラム

趣旨

- 2012年4月から食品の放射線基準が改定され、また碎石などでの放射線が問題になるなど身の回りにあるものの放射能を知っておきたいとの要望が強まっている。
- これらはBq/kgなど放射能の単位であらわされ専用の測定器で計測されるべきであるが、容易に入手できる空中線量計($\mu\text{Sv/h}$ を表示するもの)でもある程度のスクリーニング(専門的計測を要するもののふり分け)をは可能である。
- ここでは、そのスクリーニングの方法を紹介するとともに、スクリーニングの際の注意事項を提示する。

0.準備するもの

必須物

- 簡易線量計測器
- カリ塩 (「やさしお」等)
- 食塩
- ポリ袋
- プラスチックケース

必要に応じて

- バックグラウンド遮蔽物 (鉛、厚鋼など)

データ処理をやりたい人は

- Excelソフト

1.測定例

- CK3 (TUKAYAレンタル) を用いた例

- Radiを用いて、ある程度の遮蔽を行った例



遮蔽用ステンレス板

ブラケースと
試料

計測器



遮蔽用鉛ガラスカレット詰箱

遮蔽用鋼厚管(20mm厚)

2.標準資料の作成

線量計の検出方法の設計でSv/h→Bq換算が異なるので標準資料をもとに検量線というものをつくる

- 食塩とカリ塩(「やさしお」等)を準備し、以下の配合でよく混合する。

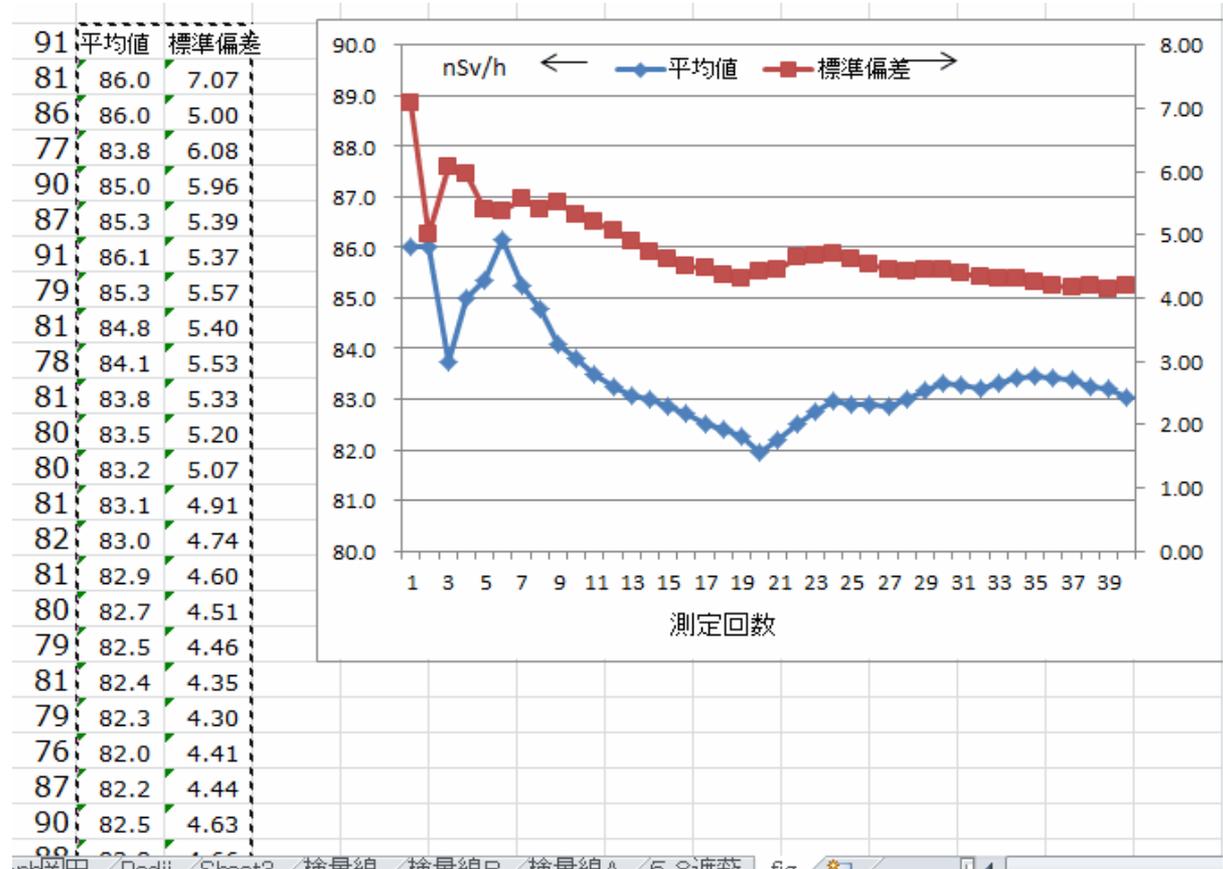
0) 食塩500g	(0Bq)
1) 食塩400g+カリ塩100g	(90Bq)
2) 食塩300g+カリ塩200g	(180Bq)
3) 食塩200g+カリ塩300g	(270Bq)
4) 食塩100g+カリ塩400g	(360Bq)
5) 食塩0g+カリ塩500g	(450Bq)
- ()はカリ塩として「やさしお」を用いた場合の放射エネルギーである。(注1)
- これらを所定のポリケースの中に詰め、位置もそろえて数十回測定する。

3.測定回数を決める

- 測定を繰り返して、平均値が落ち着く回数を決める。

- 縦軸に平均値、横軸に測定回数を取り、平均値が落ち着き、標準偏差が低くなる、回数を調べる

- グラフの場合は、30回から40回の測定が必要とみなせる



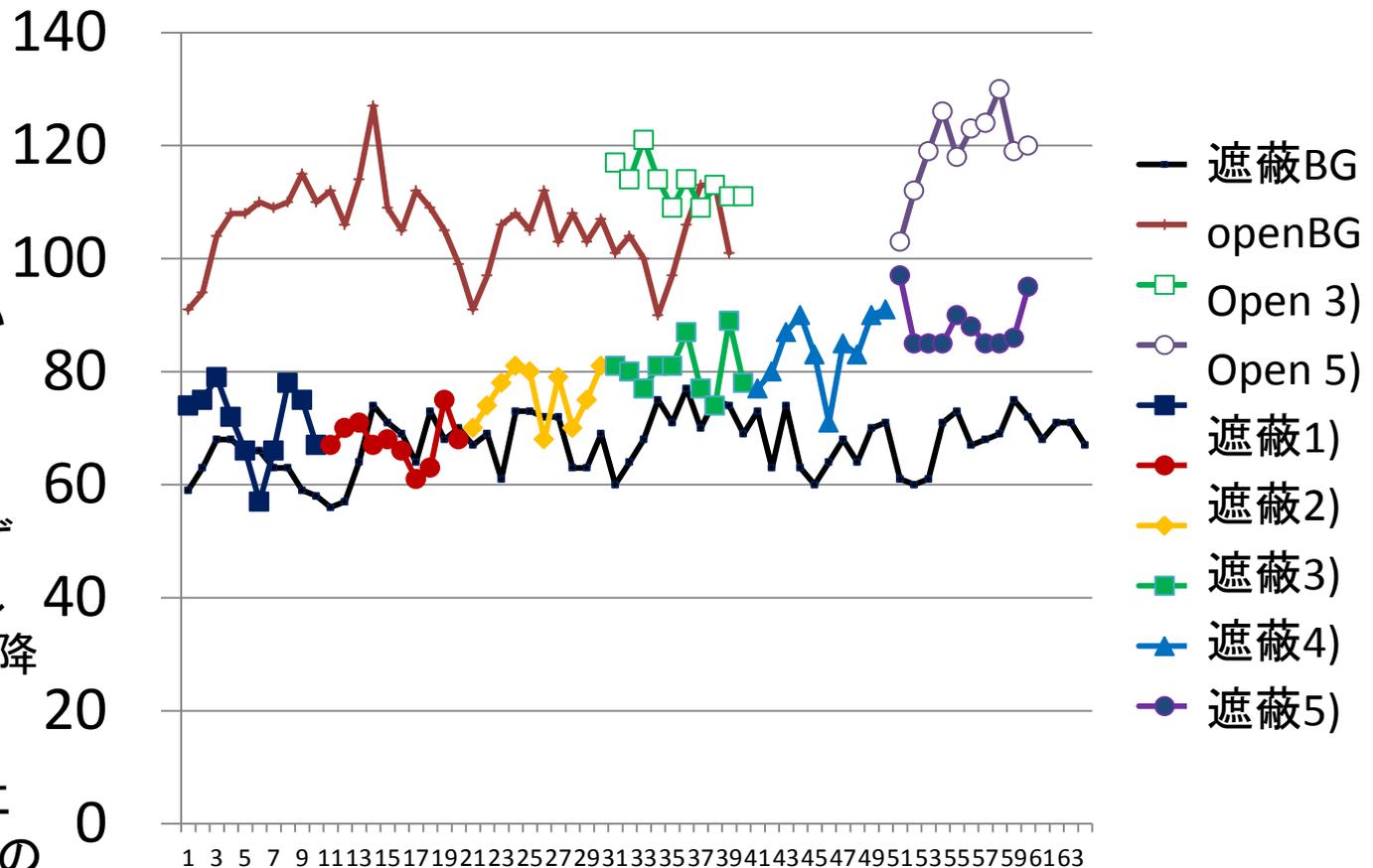
4.バックグラウンドと測定値の 差異の有意性を確認する

標準資料データを
測定し、データが
バックグラウンド(BG)
の中に埋もれていな
いかを確かめる。

埋もれていた場合は
鉛板などで遮蔽を行い
再度確認する。

図ではopenの場合は
標準資料3)のみならず
5)もBGとの区別が難し
いが、遮蔽すると2)以降
BGから異なっている。

差異の有意性を厳密に
みるには、平均値の差の
検証(注2)を用いるとよい。



標準資料で有意差が得られない場合

→ 場所の変更、遮蔽の実行

- バックグラウンドやノイズが大きいと有意差が認められない
- その場合は、よりバックグラウンドが低い場所を探すか、周りを遮蔽して測定し、有意差が出てくる測定条件を見出す。
- バックグラウンドはそもそも測定環境に存在する放射線、ノイズは電磁波が検出器に直接与える電磁的変動であり、バックグラウンドには、宇宙線や岩石からの自然放射能、ノイズにはエアコン、携帯電話機などが影響する。
- 注3に遮蔽に要する厚みを例示する。

5.検量線の作成

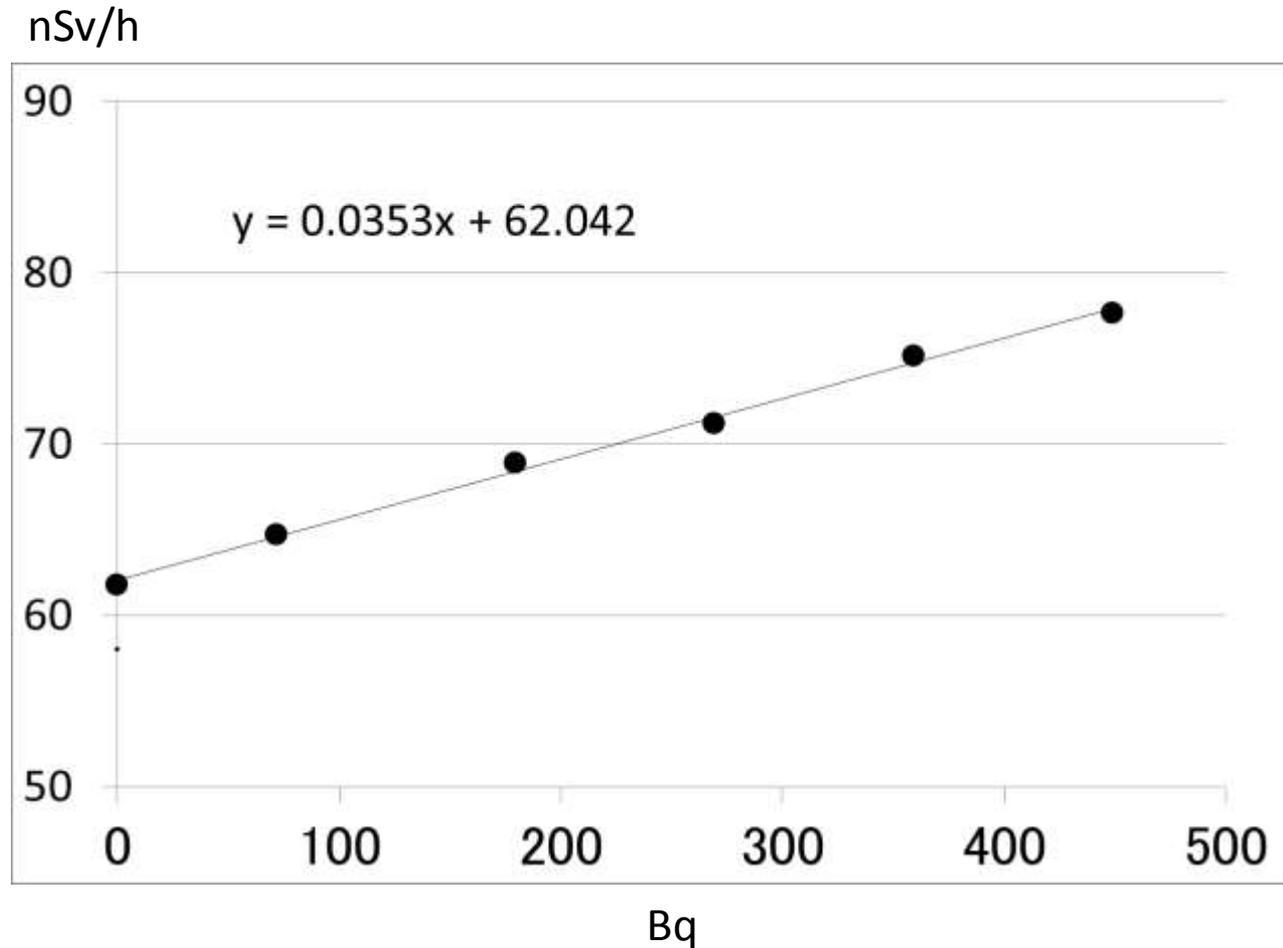
標準資料のベクレル数に対して、線量をプロットし直線近似を行うと検量線が作成される

この例からは、

$$x[\text{Bq}] = (y[\text{nSv}\cdot\text{h}] - 62) / 0.035$$

が得られている。

- このyに測定平均値を入れれば、放射能x値が得られる。



6.測定と誤差の処理

- 試料を検量線を作成したのと同様にセットし
- 3で決めた測定回数測定し、
- その平均値を5の検量線の式に入れ放射能量 x を得る

- 今回の例では、3の例で標準偏差4.2なので95%信頼の 2σ は、 $4.2/0.035=120$ となり
 $x \pm 120 \text{ Bq}$ の誤差を見積もっておくことが必要

7 カリウム由来 γ 線の控除

- 食品や岩石にはカリウムが含まれ、カリウムは天然で0.0117%の放射性カリウムK-40を含んでいる
- そのために、食品や岩石の場合には、この分を控除しないと、セシウムの放射エネルギーはわからない
- 注4に食品の場合の含有放射性カリウム量を記しておく

注1) 「やさしお」中の放射エネルギー

- やさしおの量: 1 [kg]
カリウムの量: 276 [g] ← 成分表より
K-40の量: 0.0323 [g] ← 天然存在比0.0117%
カリウムの平均原子量: 39.0983
K-40の原子数: 4.97×10^{20}
K40の半減期: 1.25×10^9 [y]
K40の半減期: 3.95×10^{16} [s]
壊変定数: 1.76×10^{-17} [s⁻¹]
やさしおに含まれるK40のBq数: 8.73×10^3 [Bq/kg]

K-40 γ の γ 線のエネルギー/放出確率: 1.461 [MeV] / 10.7 [%]

よって 「やさしお」1kg中に 898Bq

注2 平均値の差の検証

- スチューデントのt分布を用いる。
- Excellには組み込み関数として $t.test(X,Y,i,j)$ が準備されている。
- XとYに比較対象となる2群のデータ、 i,j はそれぞれ2を入れる。
- この値が信頼確立より大きければ、同じ平均値からのサンプリングとみなされ、平均値の差に有意性はないとされる。
- 通常2.5%がその信頼確立とされる。
- つまり、 $t.test$ の値が0.025より小さい場合にこれらの平均値には差があるとみなせる。
- 図では、openは $0.35 > 0.025$ で、差があるとみなせない。遮蔽は $0.0000045 < 0.025$ で有意な差がある。

	U	T	V	W
	open		遮蔽	
試料	0)	1)	0)	1)
12	87	100	59	65
13	89	92	58	62
14	94	87	56	64
15	86	84	53	64
16	81	83	56	67
17	77	79	57	67
18	86	83	63	68
19	92	85	62	77
20	96	93	60	71
21	84	91	56	69
22	75	101	58	73
平均	87.2	87.7	58	67.4
t検定		3.5E-01		4.5E-06

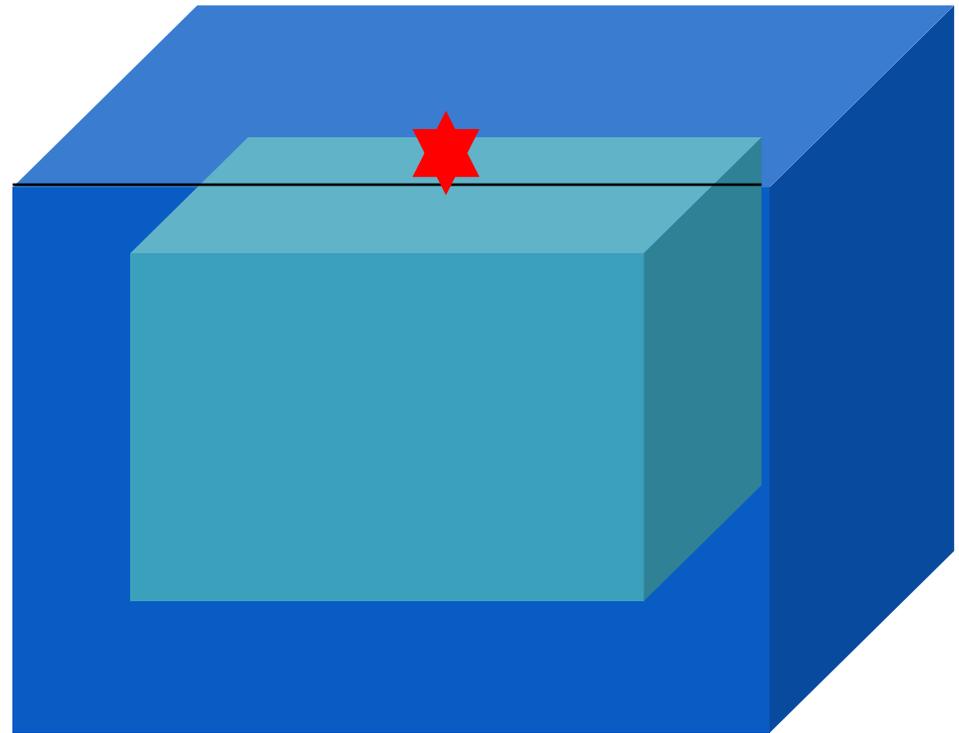
=T.TEST(T12:T22,U12:U22,2,2)

=T.TEST(V12:V22,W12:W22,2,2)

注3 γ 線遮蔽に要する厚み

バックグラウンドが大きいときは
遮蔽を強化する

放射線 強度	鉛厚み cm
1/2	0.53
1/10	3.0
1/100	5.1



鉄では約2倍、アルミでは約7倍の厚みになる

コンクリートは自然放射能を持つので計測用遮蔽には不向き

カリウムの高いもの

注4 食品中の天然カリウム由来放射能 (Bq/kg)

 パセリ 304	 豆味噌 283	 よもぎ 271	 昆布佃煮 234	 アボカド 219	 ひきわり納豆 213	 生ほうれんそう 210	 ゆりね 210	 ザーサイ 207	 納豆 201	 きゅうり糠漬け 185	 やまといも 179
 ぎんなん 176	 ゆで大豆 173	 ほや 173	 里芋 170	 中国栗 170	 あしたば 164	 かぶの葉糠漬 164	 焼き芋 164	 にんにく 161	 モロヘイヤ 161	 芥子菜漬 161	 生にら 155
 おかひじき 155	 鮎 155	 たくあん 152	 焼たい 152	 かぶ糠漬け 152	 しそ 152	 チリソース 152	 あじ 149	 こんぶ 1611	 わかめ 1581	 とろろ昆布 1459	 ひじき 1338
 ベーキング パウダー 1186	 インスタント コーヒー粉 1094	 あおさ 973	 切干大根 973								

イモ類

 マッシュ ポテト 385	 フライド ポテト 201	 ヤマトイモ 179	 里芋 170	 さつまいも 164	 長芋 131	 ジャガイモ 103	 蒟蒻 10	 しらたき 4	 タピオカ 3	 くずきり 0
--	---	---	--	---	--	--	---	--	--	--

キノコ類

 ほしいたけ 638	 きくらげ 304	 エリンギ 140	 まつたけ 125	 しめじ 116	 えのきたけ 103	 まいたけ 100	 マッシュルーム 94	 しいたけ 85	 なめこ 64	 なめこ (缶) 30	 マッシュルーム (缶) 26
--	--	--	--	---	---	---	--	---	--	---	---

穀類



アマランサス

182



肉まん

103



トウモロコシ

88



オートミール

79



インスタント
ラーメン

79



ホットケーキ

67



コーンミール

67



カップ麺

64



ぶどうパン

64



スパケッ
ティ

61



マカロニ

61



コーンフ
ラー

61



カップ焼そば

58



ライ麦パン

58



オオムギ

52



コーングリ
ツ

49



チョココ
ル
ネ

46



パン粉

46



天ぷら粉

46



そうめん

36



クリーム
パ
ン

36



薄力粉

36



焼き麩

36



ロール
パ
ン

33



フランス
パン

33



デニッシュ
パ
ン

33



中力粉

30



食パン

29



ナン

29



玄米ごはん

29



コッパン

29



コーンフ
レーク

29



ピザクラ
ス
ト

28



クロワッ
サ
ン

27



上新粉

27



中華めん

26



ハトムギ

26



イングリ
ッシュマ
フィ

26



強力粉

24



赤飯

24



アンパン

23



焼売の皮

22



春巻の皮

22



もち

20



あんまん

20



餃子の皮

19



中華麺

18



精米ご
は
ん

16



七分つき
ご
はん

11



ゆでそば

10



ビーフ

10



精白米ご
は
ん

9



ゆでうどん

3



白玉粉

1

豆類



大豆

578



きな粉

578



あずき

456



えんどう豆

295



フライビーンズ

216



ひき割り納豆

213



ひよこ豆フライ

210



納豆

201



ゆで大豆

173



ゆでインゲン豆

143



ゆば

88



おから

70



うずら豆

70



豆乳

58



金山寺ミン

58



つぶし餡

49



絹ごし豆腐

46



木綿豆腐

43



厚揚げ

36



豆キントン

36



おたふく豆

33



こしあん

18



油揚げ

17



はるさめ

9

木の实



ピスタチオ

295



落花生

294



アーモンド

225



松の実

188



カシューナッツ

179



ぎんなん

176



中国クリ

170



日本クリ

140



ゴマ

125



マカダミアナッツ

91



クリ甘露煮

23

海藻類



乾昆布

1611



素干しわかめ

1581



とろろこんぶ

1459



乾ひじき

1338



乾あおさ

973



味付け海苔

821



焼き海苔

730



塩昆布

547



こんぶ佃煮

234



あおのり

234



カットわかめ

134



のり佃煮

49

雌株わかめ

27

塩蔵わかめ(塩抜き)

4

もずく

1

ところてん

1

かんてん

0

野菜



干し大根

973



とうがらし

851



かんぴょう

547



パセリ

304



ゆりね

210



あしたば

164



にんにく

161



モロヘイヤ

152



しそ

152



えだまめ

149



法蓮草

149



リーフレタス

149



和かぼちゃ

146



芽キャベツ

146



たけのこ

143



つまみ菜

137



ふきのとう

134



西洋かぼ
ちゃ

131



バジル

128



サラダ菜

125



サニーレタ
ス

125



セロリ

125



にら

122



そら豆

119



水菜

112



みつば

109



ししとうがら
し

103



クレソン

100



こねぎ

97



ズッキーニ

97



葉しょうが

94



レッドキャ
ベツ

94



しその実

91



エシャロット

88



とうもろこし

88



ミニトマト

88



オクラ

82



さいいんげ
ん

82



春菊

82



しょうが

82



アスパラカ
ス

79



たらの芽

79



にがうり

79



にんじん

79



かぶ(根)

76



チンゲン菜

76



れんこん

73



ヤング
コーン

70



大根(根)

70



ふき

70



わけぎ

70



カリフラワー

87



なす

67



米なす

67



はくさい

67



ラディッ
シュ

67



グリーンピー
ス

64



ごぼう

64



つるむらさき

64



とまと

64



パプリカ

64



みょうが

64



うど

61



とうがん

61



レタス

61



せり

58



ピーマン

58



カブの葉

55



だいこん葉

55



ながねぎ

55



ブロッコリー

55



白アスパラカス

52



なのはな

52



さやえんどう

49



スナップえんどう

49



にんにくの葉

49



たまねぎ

46



菊の花

43



こまつな

43



かいわれだいこん

43



もやし

15



わらび

3



たけのこ

2



じゅんせい

1

果物



キシドウ

225



アボガド

219



干し柿

204



プルーン

146



ばなな

109



メロン

106



キウイフルーツ

88



さくらんぼ

79



ザクロ

78



パパイヤ

64



ゆず

64



いよかん

58



なつみかん

58



きんかん

55



はっさく

55



もも

55



いちご

52



いちじく

52



柿

52



マンゴー

52



ライチ

52



びわ

49



ライム

49



すもも

46



パイナップル

46



みかん

46



ラズベリー

46



オレンジ

43



かぼす

43



グレープフルーツ

43



なし

43



ゆず

43



ぐみ

40



ぶどう

40



すいか

36



りんご

33

肉類

											
ビーフジャーキー	生ハム	鶏ささみ	鶏ひれ肉	かも	牛ひれ肉	サラミ	豚もも肉	和牛ひれ肉	鶏レバー	牛ひきにく	うま
231	143	128	125	112	112	112	109	103	100	94	91
											
焼き豚	くじら	ハム	ローストビーフ	鶏砂肝	マトン	ベーコン	牛タン	フランクフルト	鶏手馬肉	ウインナー	さらしじら
88	79	79	79	70	70	70	61	61	55	55	0

乳製品・卵

											
脱脂粉乳(粉)	加糖練乳	コーヒーミルク	牛乳	アイスクリーム	ヨーグルト	うずら卵	鶏卵	フォアグラ	カマンベールチーズ	ピータン	ホイップクリーム
547	122	109	58	58	52	46	40	40	36	20	19

魚介類

											
するめ	干しエビ	ほや	車エビ	ほたて	みる貝	イセエビ	うに	たらこ	ばい貝	たこ	つぶうに
231	225	173	131	128	128	122	103	103	97	88	85
											
いか	さぎえ	ずわいがに	しゃこ	いくら	かき	はまぐり	あさり	かまぼこ	ちくわ	しじみ	数の子
82	76	73	70	64	58	49	43	33	29	20	1

魚類



煮干し

365



かつおぶし

286



たたみいわし

240



さわら

148



たい

143



かじき

131



かつお

131



ひらめ

131



ふぐ

131



さけ

122



かわはぎ

116



ぶり

116



あじ

112



すずき

112



にじます

112



ほっけ

109



きす

106



たら

106



にしん

106



めばる

106



かれい

100



銀だら

100



さば

97



いわし

94



はまち

94



いさき

91



さより

88



たちうお

88



あなご

79



しらうお

76



はたはた

76



まぐろ

70



あんこう

64



さんま

61



わかさぎ

36



ふかひれ

1

飲み物



抹茶(粉)

821



昆布茶(粉)

234



ミルクココア(粉)

222



日本茶(玉露)

103



トマトジュース

78



パイナップルジュース

64



野菜ジュース

61



豆乳

58



赤ワイン

33



コーヒー

20



白ワイン

18



紹興酒

17



梅酒

12



ビール

10



番茶

10



ウーロン茶

4



発泡酒

4



紅茶

2



日本酒

2



ウイスキー

0



コーラ

0



焼酎

0