

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。

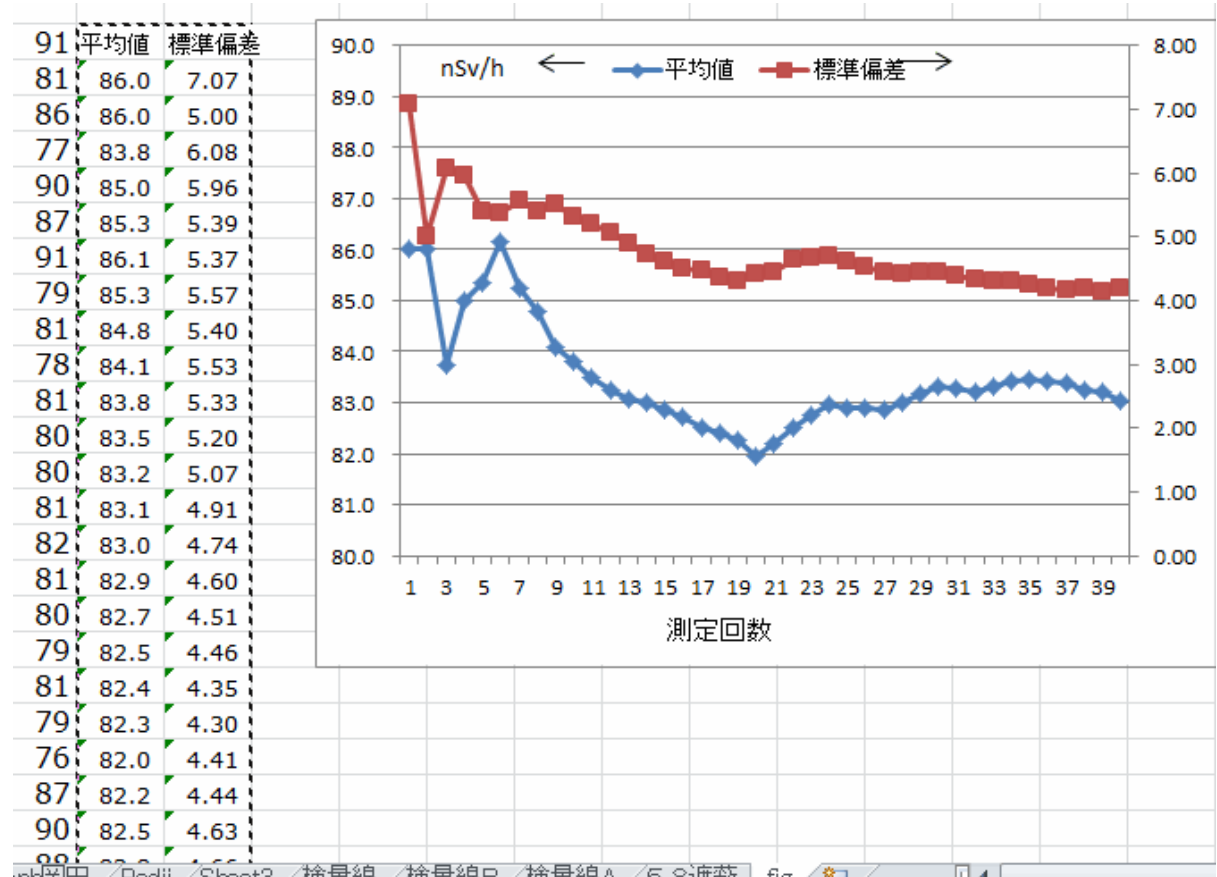
| | |
|-------------------|----------|
| 0) 食塩500g | (0Bq) |
| 1) 食塩400g+カリ塩100g | (90Bq) |
| 2) 食塩300g+カリ塩200g | (180Bq) |
| 3) 食塩200g+カリ塩300g | (270Bq) |
| 4) 食塩100g+カリ塩400g | (360Bq) |
| 5) 食塩0g+カリ塩500g | (450Bq) |
- ()はカリ塩として「やさしお」を用いた場合の放射エネルギーである。(注1)
- これらを所定のポリケースの中に詰め、位置もそろえて数十回測定する。

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



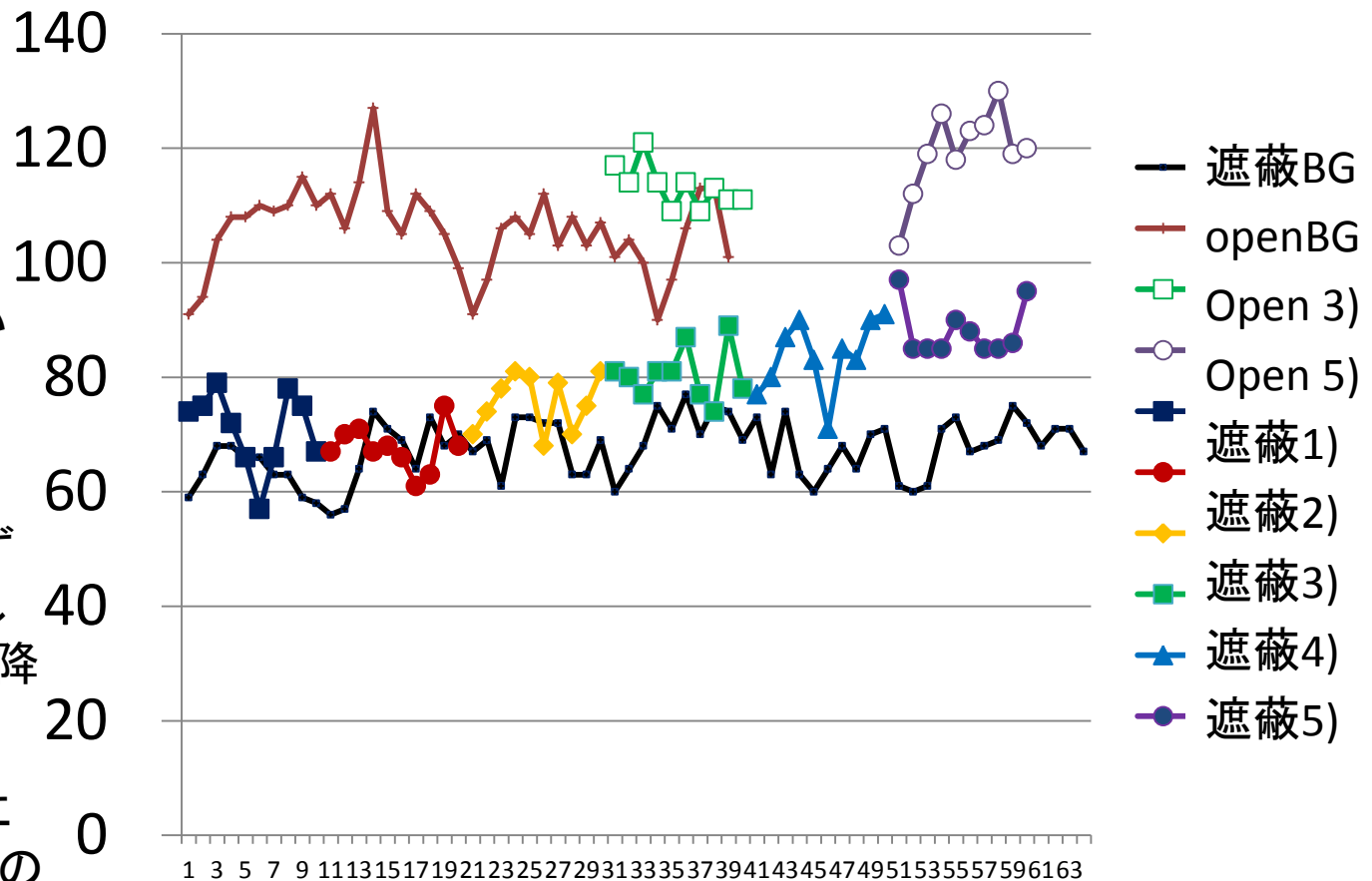
4.バックグラウンドと測定値の 差異の有意性を確認する

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

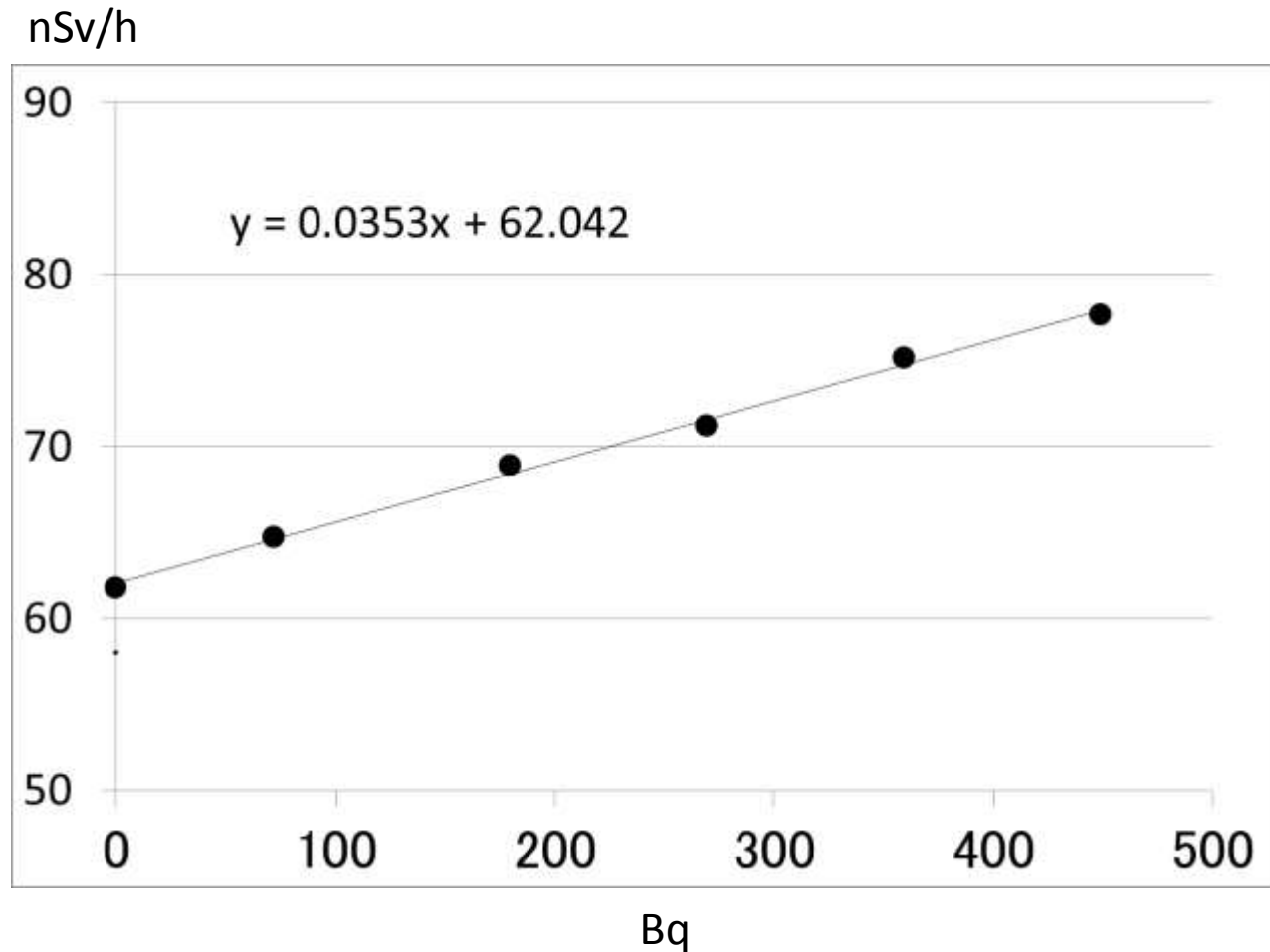
標準資料のベクレル数に対して、線量をプロットし直線近似を行うと検量線が作成される

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 |

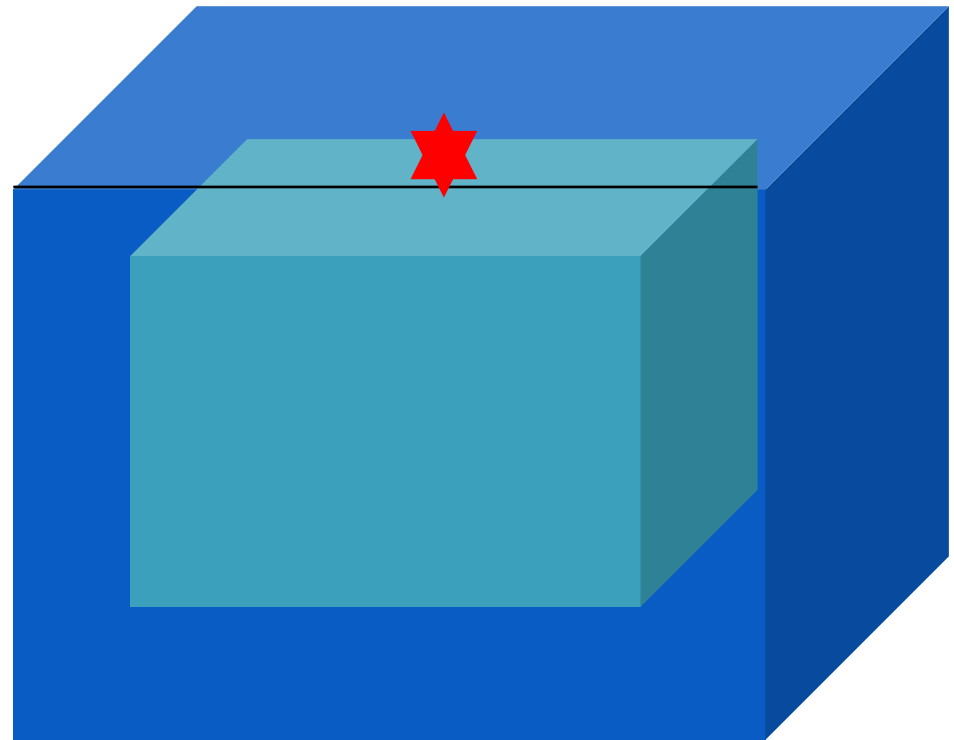
=T.TEST(T12:T22,U12:U22,2,2)

=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
ッツ

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 | きな粉 | あずき | えんどう豆 | フライビーンズ | ひき割り納豆 | ひよこ豆フライ | 納豆 | ゆで大豆 | ゆでインゲン豆 | ゆば | おから |
| 578 | 578 | 456 | 295 | 216 | 213 | 210 | 201 | 173 | 143 | 88 | 70 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| うずら豆 | 豆乳 | 金山寺ミン | つぶし餡 | 絹ごし豆腐 | 木綿豆腐 | 厚揚げ | 豆キントン | おたふく豆 | こしあん | 油揚げ | はるさめ |
| 70 | 58 | 58 | 49 | 46 | 43 | 36 | 36 | 33 | 18 | 17 | 9 |

木の实

| | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ピスタチオ | 落花生 | アーモンド | 松の実 | カシューナッツ | ぎんなん | 中国クリ | 日本クリ | ゴマ | マカダミアナッツ | クリ甘露煮 |
| 295 | 294 | 225 | 188 | 179 | 176 | 170 | 140 | 125 | 91 | 23 |

海藻類

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 乾昆布 | 素干しわかめ | とろろこんぶ | 乾ひじき | 乾あおさ | 味付け海苔 | 焼き海苔 | 塩昆布 | こんぶ佃煮 | あおのり | カットわかめ | のり佃煮 |
| 1611 | 1581 | 1459 | 1338 | 973 | 821 | 730 | 547 | 234 | 234 | 134 | 49 |

| | | | | |
|-------|------------|-----|-------|------|
| 雌株わかめ | 塩蔵わかめ(塩抜き) | もずく | ところてん | かんてん |
| 27 | 4 | 1 | 1 | 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



キウイフルーツ

225



アボガド

219



干し柿

204



プルーン

146



バナナ

109



メロン

106



キウイフルーツ

88



さくらんぼ

79



ザクロ

78



パパイア

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