

第5回放射線計測専門家会合

日時：平成28年1月18日（月）14：00～16：30

場所：日本科学未来館 7階 会議室3

東京都江東区青梅2-3-6

食品用放射能測定器の現状とあるべきすがたについて

15:10 ~ 15:35

(講演時間：20分 質疑等：5分)

東北大学大学院工学研究科
生活環境早期復旧技術研究センター
石井慶造



東北大学大学院工学研究科 生活環境早期復旧技術研究センター

放射線モニタリング、汚染土壌の除染・減容化・再利用、食品汚染検査、健康不安、農水産業の復興、地場産業の推進、自治体支援、等

話の内容

1. 福島第一原子力発電所事故による食品の汚染
2. 丸ごと汚染検査器とその原理
3. ベルトコンベヤー式連続丸ごと汚染検査機

食品の汚染状況と回復

福島県の米のスクリーニング

2014年

Total 10,837,380 袋
 10,835,473袋 (99.98%) < 25Bq/kg
 1,893袋 (0.02%) 25~50 Bq/kg
 12袋 (0.0001%) 51~75 Bq/kg
 2袋 (0.00002%) 76~100 Bq/kg
 0袋 (0%) >100Bq/kg

2013年

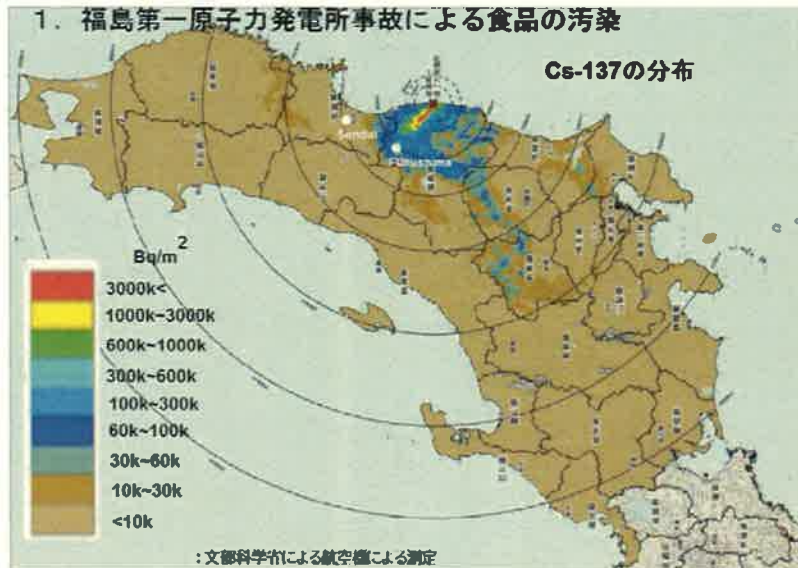
Total 11,006,534 袋
 10,999,206袋 (99.93%) < 25Bq/kg
 6,484袋 (0.06%) 25~50 Bq/kg
 493袋 (0.004%) 51~75 Bq/kg
 323袋 (0.003%) 76~100 Bq/kg
 28袋 (0.0003%) >100Bq/kg

2012年

Total 10,346,074 袋
 10,323,579袋 (99.79%) < 25Bq/kg
 20,357袋 (0.20%) 25~50 Bq/kg
 1,678袋 (0.016%) 51~75 Bq/kg
 389袋 (0.0037%) 76~100 Bq/kg
 71袋 (0.0007%) >100Bq/kg

検出限界値 25Bq/kg

1袋 30kg



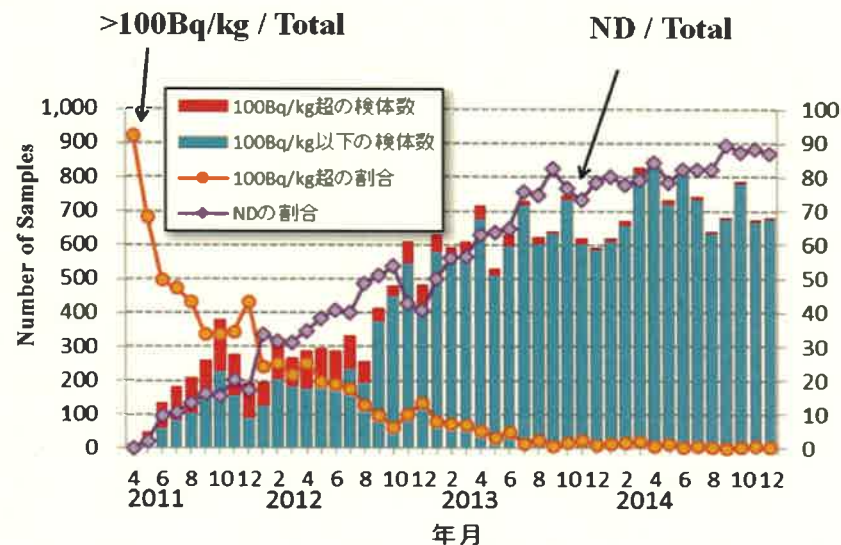
2011年11月5日現在

福島県の生産物のモニタリングの結果

	2011	2012	2013	2014
	>100Bq/kg/total	>100Bq/kg/total	>100Bq/kg/total	>100Bq/kg/total
穀類	3/607	10/2169	55/4428	2/2049
野菜 果物	145/6010	7/7264	0/5806	0/5630
元乳	15/651	0/441	0/405	0/304
肉	0/5001	0/6310	0/4888	0/3387
卵	0/221	0/144	0/133	0/105
牧草	162/773	48/1664	19/2368	11/1510
海産物	227/3330	879/6037	237/8282	69/7505
山菜キノコ	127/922	90/1090	80/1377	24/1415
その他	2/51	1./68	0/63	0/67

<http://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/36021d/monthly-report.html>

海産物



<http://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/98528.pdf>

アンコウ、カレイが未だ100ベクレル/kgを超える。



Year	うになまこ	川湖	養殖	海藻
2011	38	289	130	30
>100Bq/kg	20	125	3	20
	52%	43%	2.3%	66%
2012	68	542	177	29
>100Bq/kg	7	133	1	0
	10%	24%	0.5%	0%
2013	98	479	139	26
>100Bq/kg	0	55	0	0
	0.0%	11%	0.0%	0%

食品の放射線量の暫定基準

厚生労働省は、国の原子力安全委員会が原子力災害用に定めた「飲食物摂取制限に関する指標」を採用し、生産者などは基準値を上回る食品の販売や加工などが食品衛生法に基づき禁止される。

平成24年4月1日以降の基準値:

放射性セシウムについては、水道水は10ベクレル/キログラム、牛乳・乳製品については、50ベクレル/キログラム、野菜類や穀類、肉、卵、魚については100ベクレル/キログラムとしている。

放射性ヨウ素については、減衰したので設けていない。

食品の放射能測定

厚生労働省は、平成24年3月に

セシウムの検査は、Ge検出器で測定することを原則としているが、NaI検出器等でも良いとした。

Ge 検出器による測定



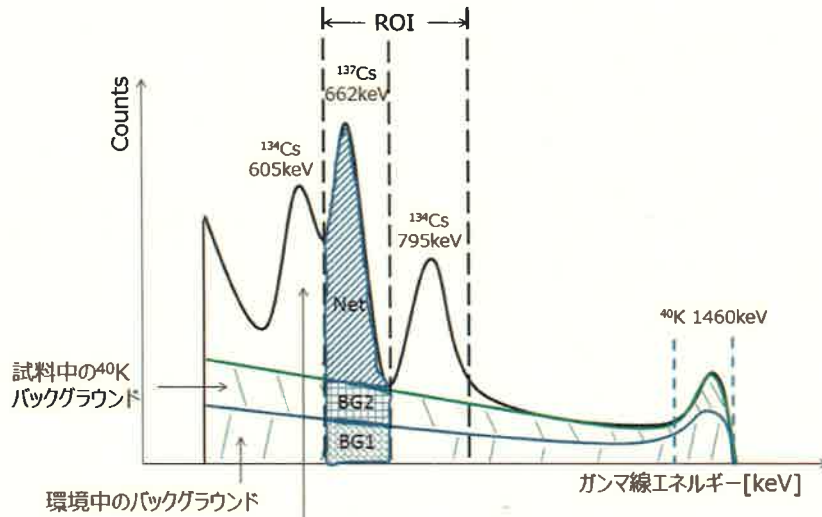
NaI 検出器による測定



検出下限値 20ベクレル/kg (食品)
10ベクレル/kg (飲料水)

- 再測定に備えて、翌日以降の結果のお知らせを原則とする。食品に付着した土や不純物の影響を排除できる。
- 食品の前処理が持込者の負担となる。

NaI 検出器でCs 137、Cs 134及びK 40も測定



2. 丸ごと染検査器とその原理



食品の汚染検査は、ゲルマニウム検出器又はシンチレータ検出器で測定される。その際、食品は測定のためにミンチ状にしてしまうので、測った後はゴミとして廃棄される。そこで、食品を丸ごと測定するシステムを考案した。食品は、測定後、そのまま食することができる。

測定時間 5分間 検出限界 10Bq/kg

食品汚染の時系列変化を調査

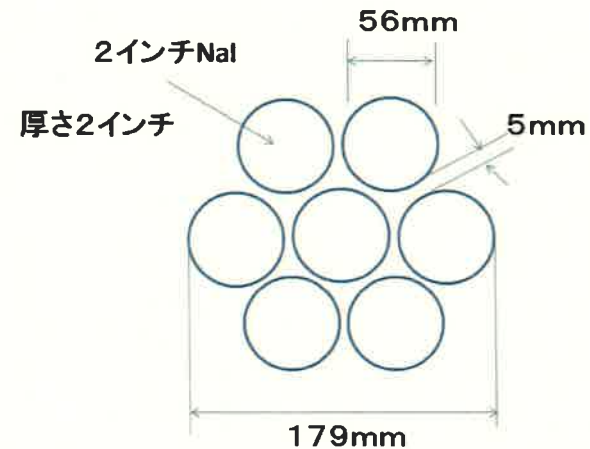
製品化して、福島市内の企業により販売（税込み300万円弱）。

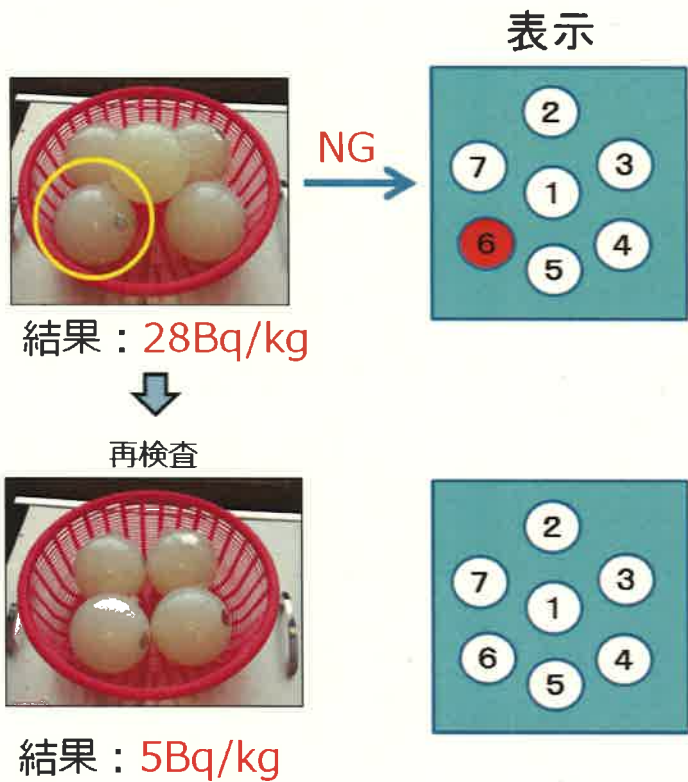
→ 福島に放射線計測産業を興すことに貢献。

福島市との連携
試料の丸ごと汚染検査を福島市内10箇所以上で実施

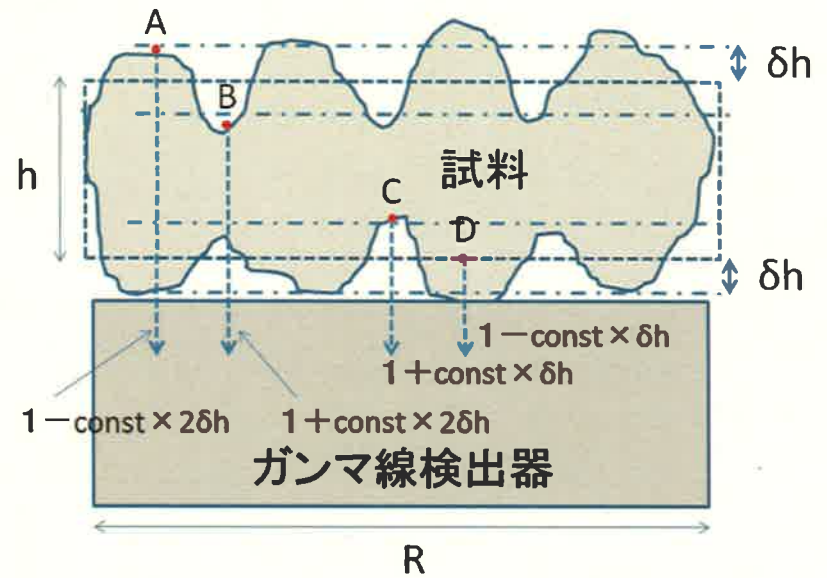
検出器は7本使用する。

試料中に放射能が一様に分布していることを確認する。

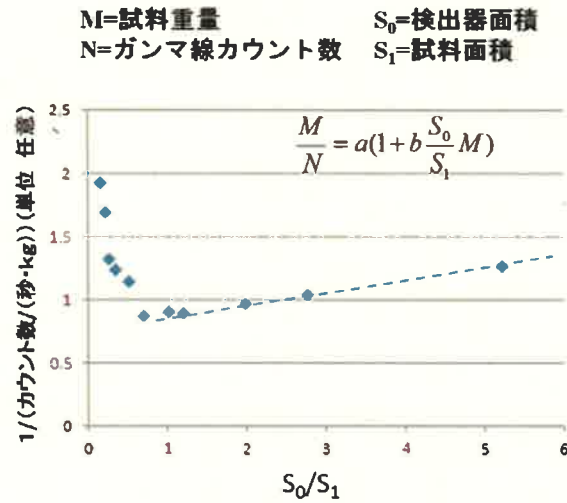
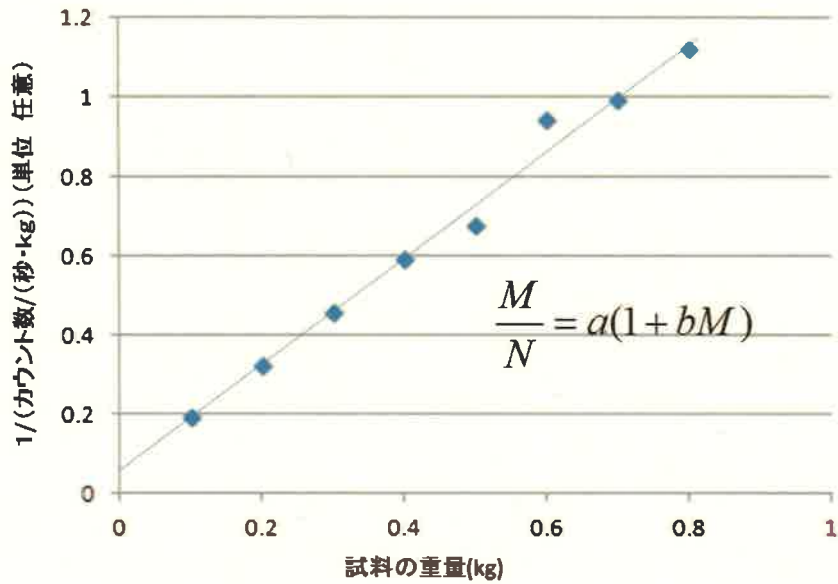


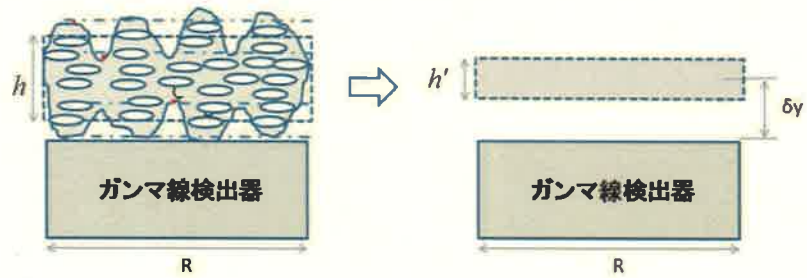


定量の原理



放射能は一樣とすると、凹凸の効果平均化される。





$$A = N \times \frac{a(1 + b' \times \frac{S_0}{S_1} M)}{M}$$

M=試料重量

N=ガンマ線カウント数

A=比放射能

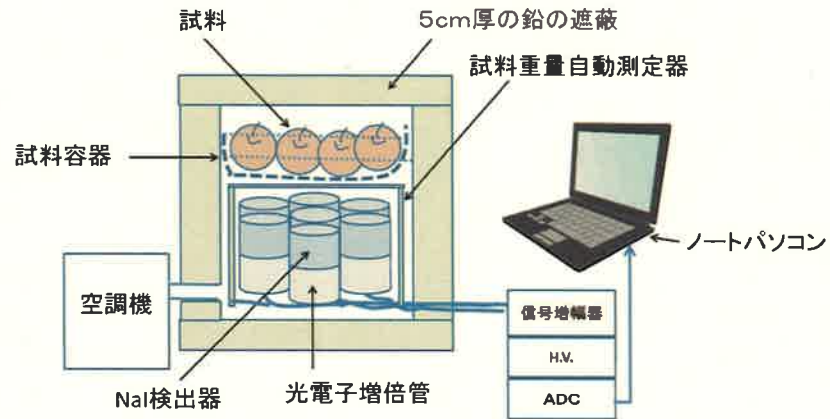
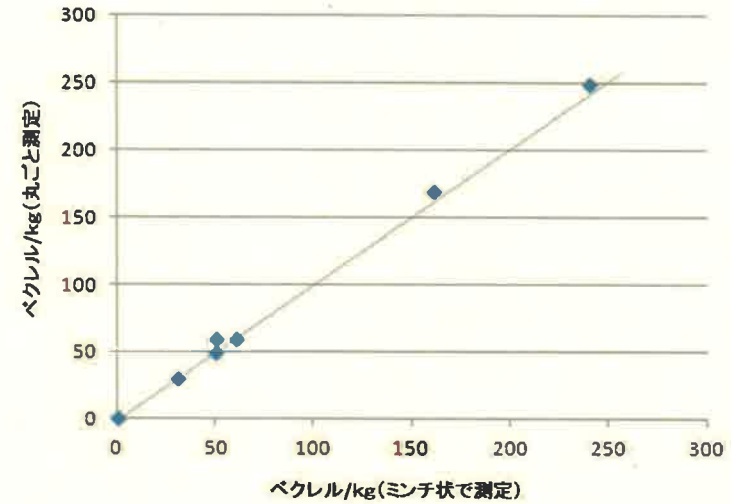


図7

試料の形状、大きさ、試料の密度の組み合わせを考え、 S_1 の値、吸収補正計数の選択などの組み合わせにより、9通りの試料形状に対応して測定できるようになっている。

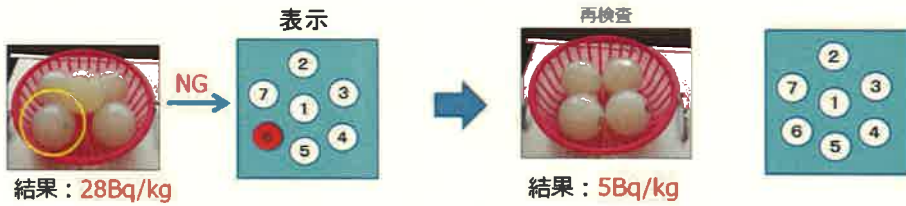


「丸ごと迅速汚染検査装置」

非破壊汚染検査



測定時間 5分間 検出限界 10Bq/kg 福島市との連携
試料の丸ごと汚染検査を福島市内20箇所以上で実施



農業の復興への貢献



農作物を丸ごと検査している様子 (加美町やくらい土産センター)



丸森町小斎 (蔵の市)



食品を丸ごと検査している様子 (丸森町活動センター)

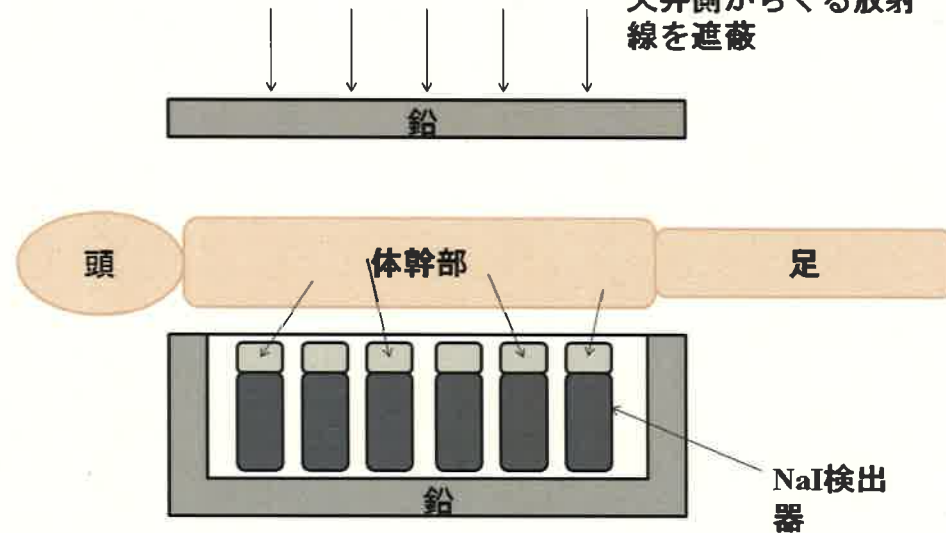
小児用ホールボディカウンターに応用

天井側の鉛板

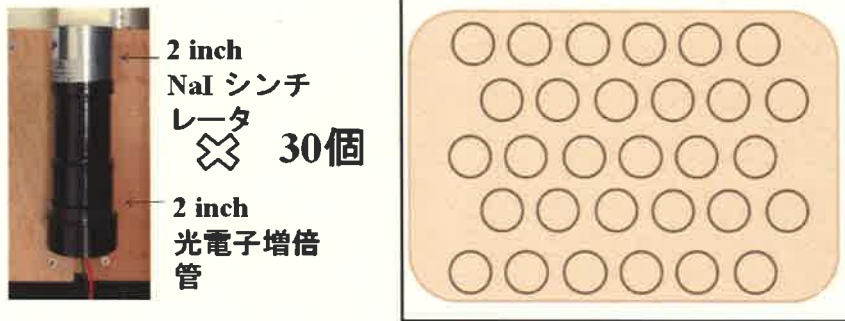


センサー NaI検出器 30個

天井側からくる放射線を遮蔽



検出器構成

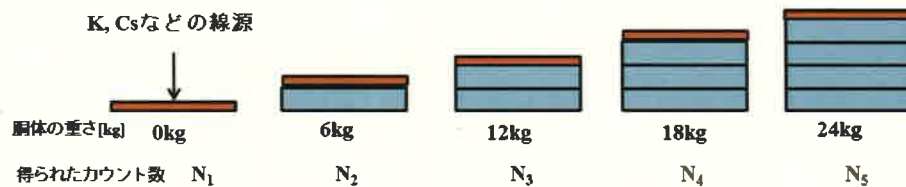


子供の体幹部の放射線を測定する。

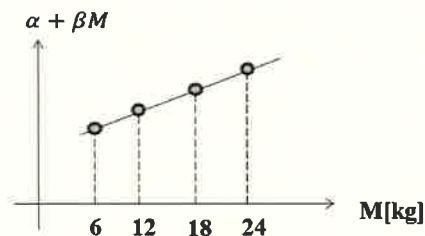
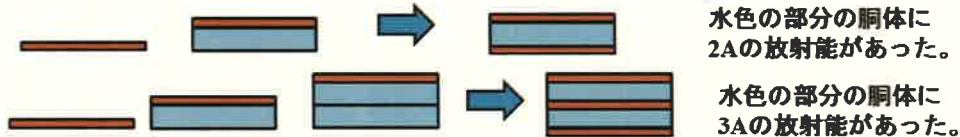
吸収の補正方法

下記の5パターンを測定

K, Csなどの線源



測定した線源のベクレル[Bq]をAとする。

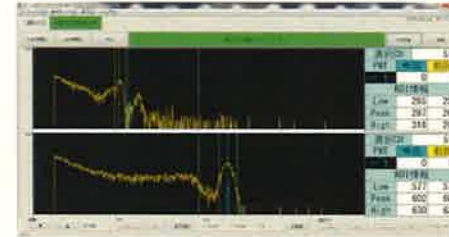


$$\frac{A}{M} \times \frac{M}{N} = \alpha + \beta \times M$$

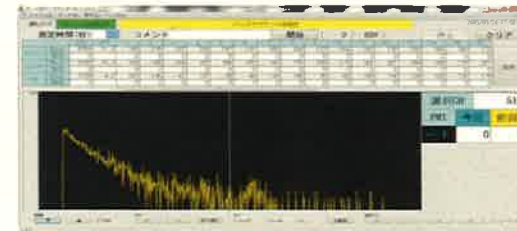
放医研により、2歳児及び6歳児ファントムを用いて校正した。

始業前に必ずメンテナンス作業を行う。
 また、極端に室温が変化(±5℃)した場合も行う。

1. ソフトウェアを起動
2. 自動ROI調整(Cs線源5分、K線源5分の測定)



3. バックグラウンド測定(何も置かずに10分測定)



平成27年9月より、
 福島市内で一般市民の小児のホールボディカウンター測定



福島県労働保健センター

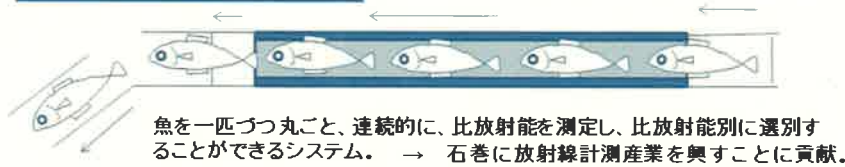


吾妻脳神経外科病院

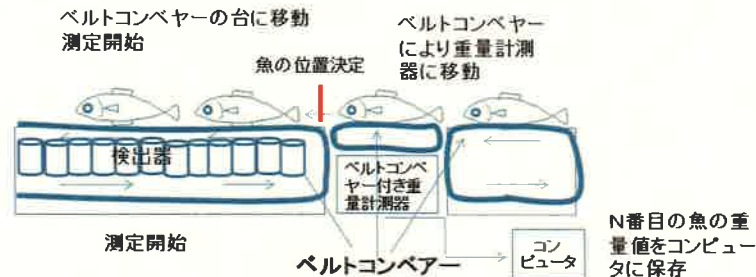
4. ベルトコンベヤー式連続丸ごと汚染検査機

石巻港との連携

連続非破壊個別汚染検査システム

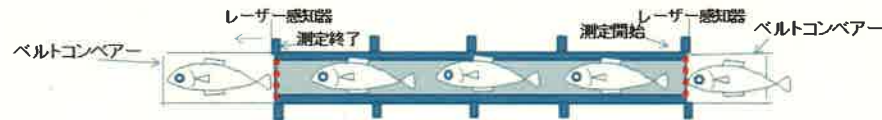


女川港、北茨城市大津港、丸森町（タケノコ用）（宮城県との連携）に設置して、魚および農作物の汚染の時系列変化を調査。



個々の魚の放射線計測開始と終了及び位置を時間の関数で記録

N番目の魚の頭の先が、時刻tに検出器列の入り口に設置されたレーザー感知器に触れると、N番目の魚の測定が開始され、時刻における魚の頭の先の位置が決定される。レーザー感知器が魚の尻尾の先が過ぎて触れなくなったとき、魚の尻尾の先が確認される。ベルトコンベヤーの速度を用いて、任意の時刻における魚の頭の先と尻尾の先の位置が算出される。これにより、検出器の位置と魚の位置の相対位置が任意時間で算出できる。魚の尻尾の先が検出器列の出口に置かれたレーザー感知器で確認された場合、N番目の魚の計測を終了する。



目的: 魚または農作物を一つづつ丸ごと、連続的に比放射能を測定し、比放射能別に選別することができるシステム。

波及効果: 福島第一原子力発電所事故によって汚染された海・山で育った魚または農作物は、放射性セシウムを含んでいる場合があり、時々基準値超えの魚・農作物が見つけれ、出荷の規制が行われている。このような魚・農作物の汚染の問題は、消費者の安全だけでなく、漁・農業関係者の就労意欲及び生計にも関わっている。本装置は、魚・農作物の丸ごと個別検査を実現するもので、消費者に対しては安心、生産者に対して意欲を与え、漁港・農業の復興に貢献するものと期待できる。

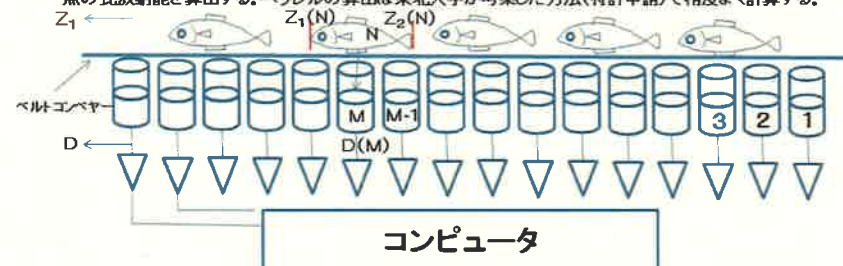
装置の原理

試料の個別分離と重量測定

魚を1匹づつ、ベルトコンベヤーの端に載せる。ベルトコンベヤーによりベルトコンベヤー付き重量測定器に1匹づつ移動する。魚の個別標識と重量値を測定する。N番目と標識された魚の重量値をコンピュータに保存する。測定後、ベルトコンベヤーで放射能測定用ベルトコンベヤーの台に移動するし、測定を開始する。測定用ベルトコンベヤーの入り口で魚の長さや位置決めが成される。

個々の魚からのガンマ線の計測と全放射線計数の算出方法

測定用ベルトコンベヤーの下には120個の2インチ径のNaI検出器が配列されている。検出器のエネルギースペクトルは各々校正されている。時刻tに、137Csまたは134Csの位置でガンマ線が検出されたとき、そのガンマ線がどの魚から発せられたのか、魚と検出器の相対位置から判定し、その魚のCsからの放射線として計数する。魚が計測終了と同時に全放射線計数を算出し、あらかじめ測定しておいた自然のバックグラウンドの計数、魚が持っていたカリウム40からのコンプトンテールのバックグラウンド計数を差し引き、真のセシウムからの放射線計数を求める。これから、検出器の魚を見る立体角、検出効率、吸収補正、ガンマ線ベクレル換算係数を考慮して、ベクレルを求め、これを魚の重量で割り、且つ可食部補正係数を掛けて、魚の比放射能を算出する。ベクレルの算出は東北大学が考案した方法(特許申請)で精度よく計算する。



ガンマ線イベント: 検出器番号 M, 検出時刻 t, ガンマ線エネルギー E

検出器位置: $M \rightarrow D(M)$

$Z_1(N, t) > D(M) > Z_2(N, t)$

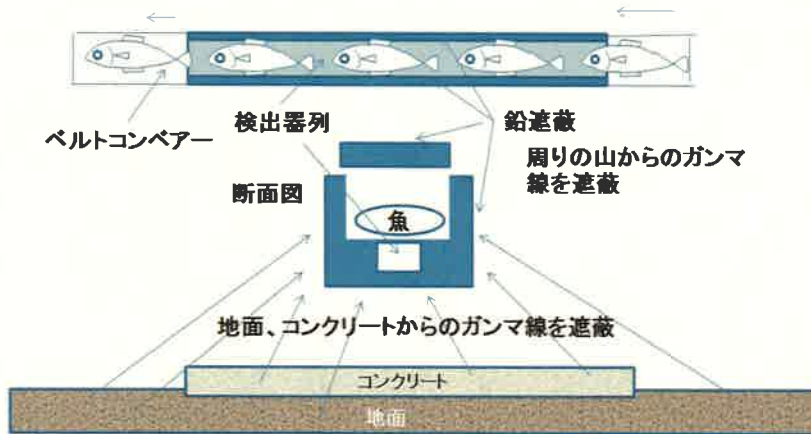
のとき、番号Nの魚より、ガンマ線放出番号Nの魚のエネルギースペクトルにイベントを追加
→ 番号Nの魚のガンマ線計測スペクトルの形成

検出器の幅で魚の放射能分布も計測可



魚の放射能測定に対する遮蔽

周りからの放射線を遮蔽するために、検出器列と被検体の魚は鉛ブロックで覆われている。漁港のような場所では、屋根がコンクリートでないところでは、上部の遮蔽体は必要ない。本装置は魚だけでなく、タケノコ、山菜なども測定できるので、山野での測定が行われる。このとき、周りの山野からの放射線が計測精度に影響を与えるので、上部の遮蔽体が必要となる。



連続個別非破壊放射能汚染検査システムの外観



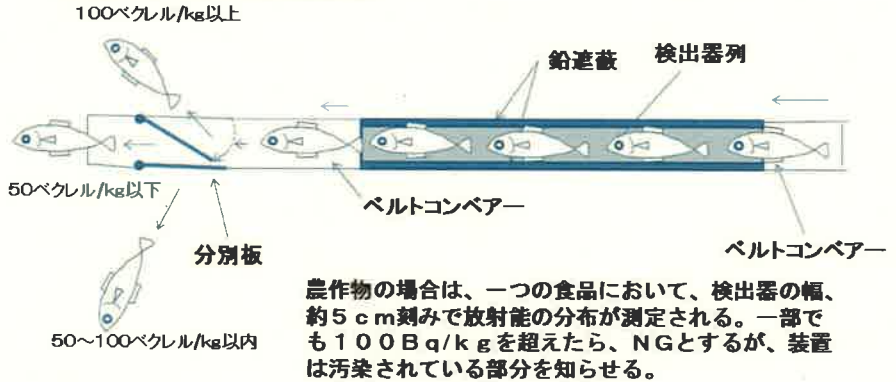
ベルトコンベアー付き重量計測器



分別板

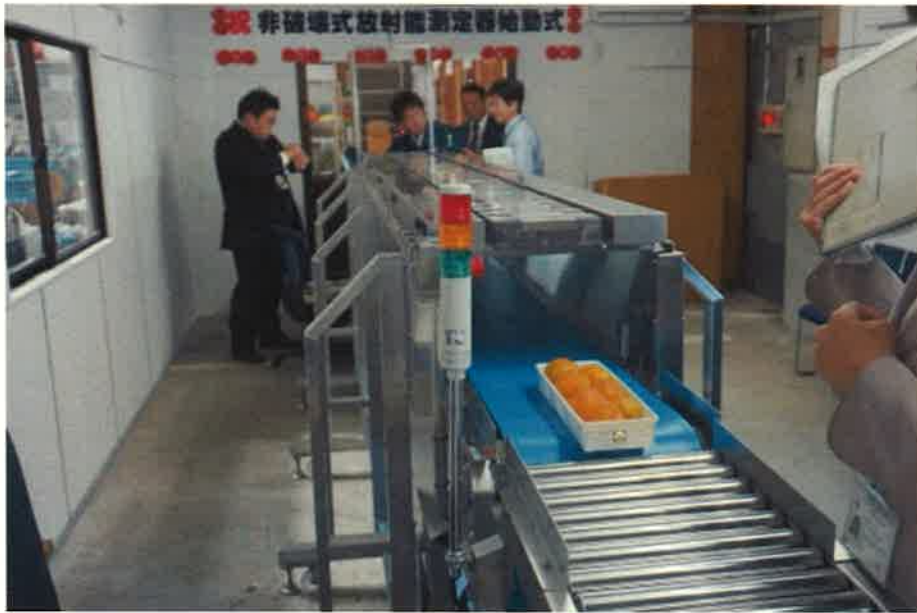
比放射能別による個別分離

各魚は、一匹づつ、ベルトコンベアーに載せられ、検出器列上を輸送される。下図のように、魚は検出器列を通過し終えたとき、1匹についての全放射線計数が得られる。これを用いて放射能(ベクレル)が算出され、さらに重量測定器からの重量値(kg)で割り、次に各魚の種類の可食部補正係数を掛けて比放射能(ベクレル/kg)の値が決定される。魚の比放射能が100ベクレル/kg以上、50~100ベクレル/kg以内のものは、それぞれ分別板でベルトコンベアーから左右にはじかれる。50ベクレル/kg以下のものが直進する。



世界一になった新石巻港魚市場の中央に汚染検査室が設けられた。





白石市でのタケノコ丸ごと汚染検査



女川港 魚丸ごと検査開始式



丸森町耕野地区でのタケノコ丸ごと汚染検査



北茨城市大津港
小泉慎次郎議員に説明

ご清聴有難うございました。