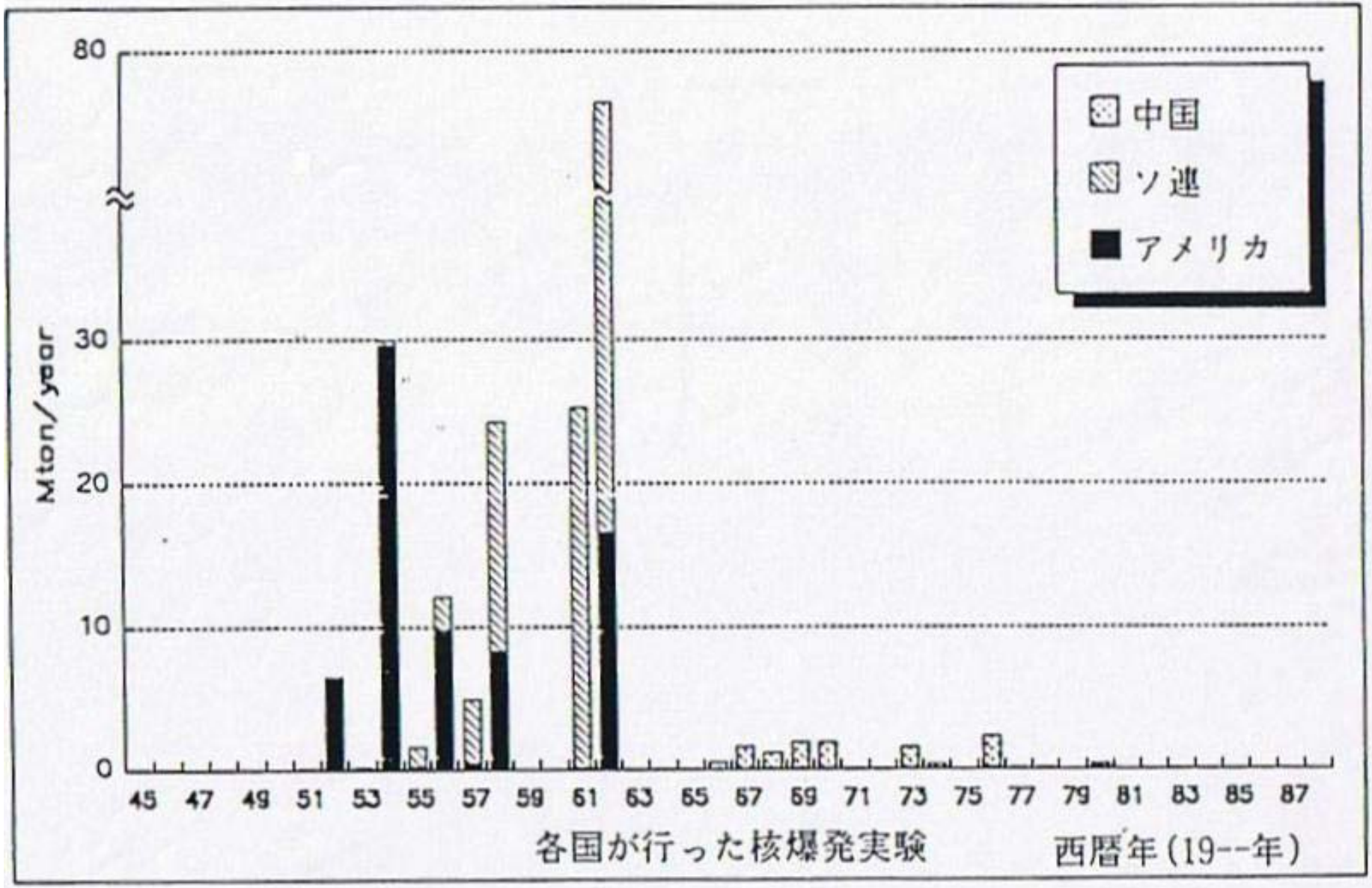
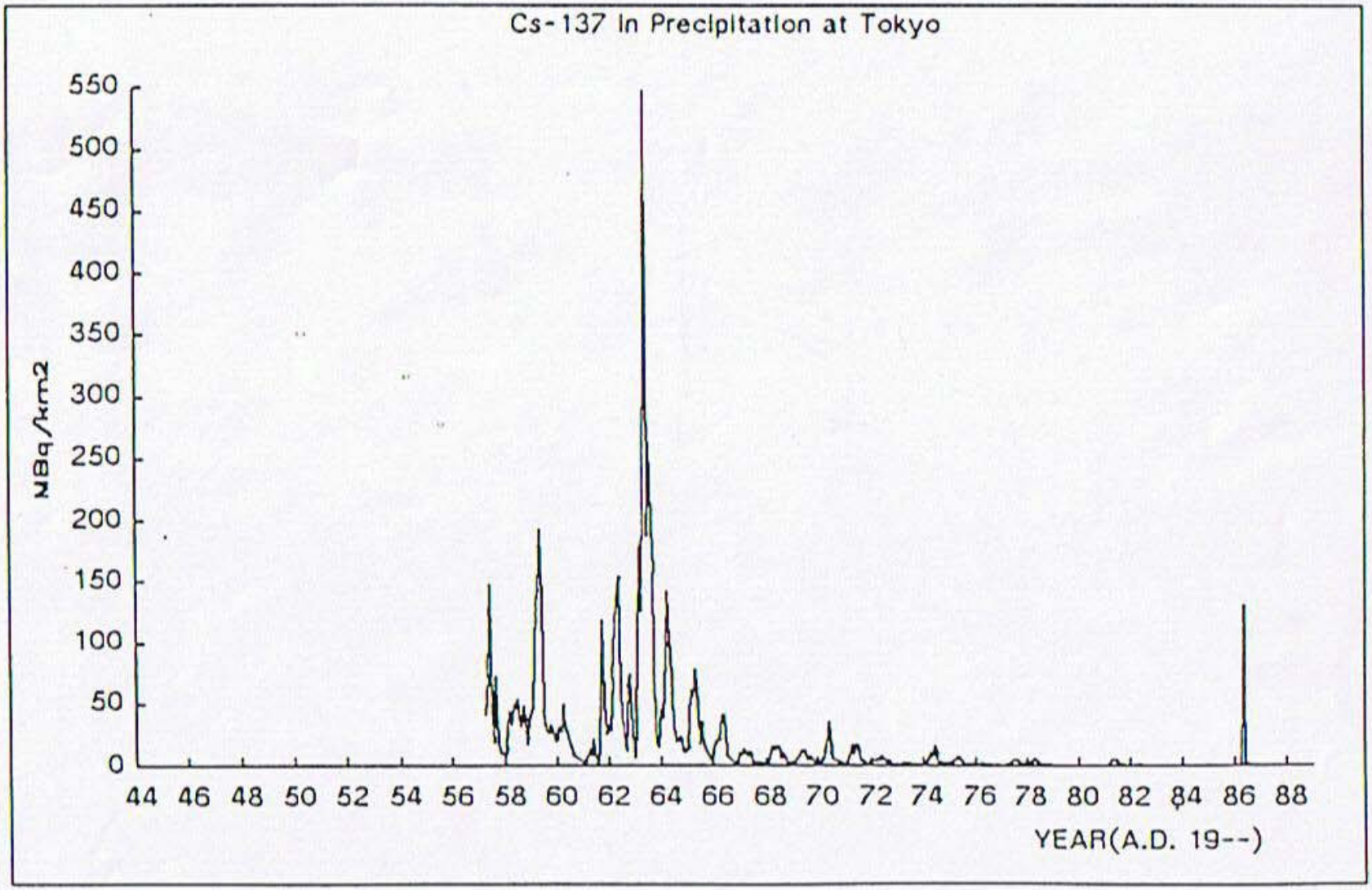
水産物の放射能汚染をどうみるか

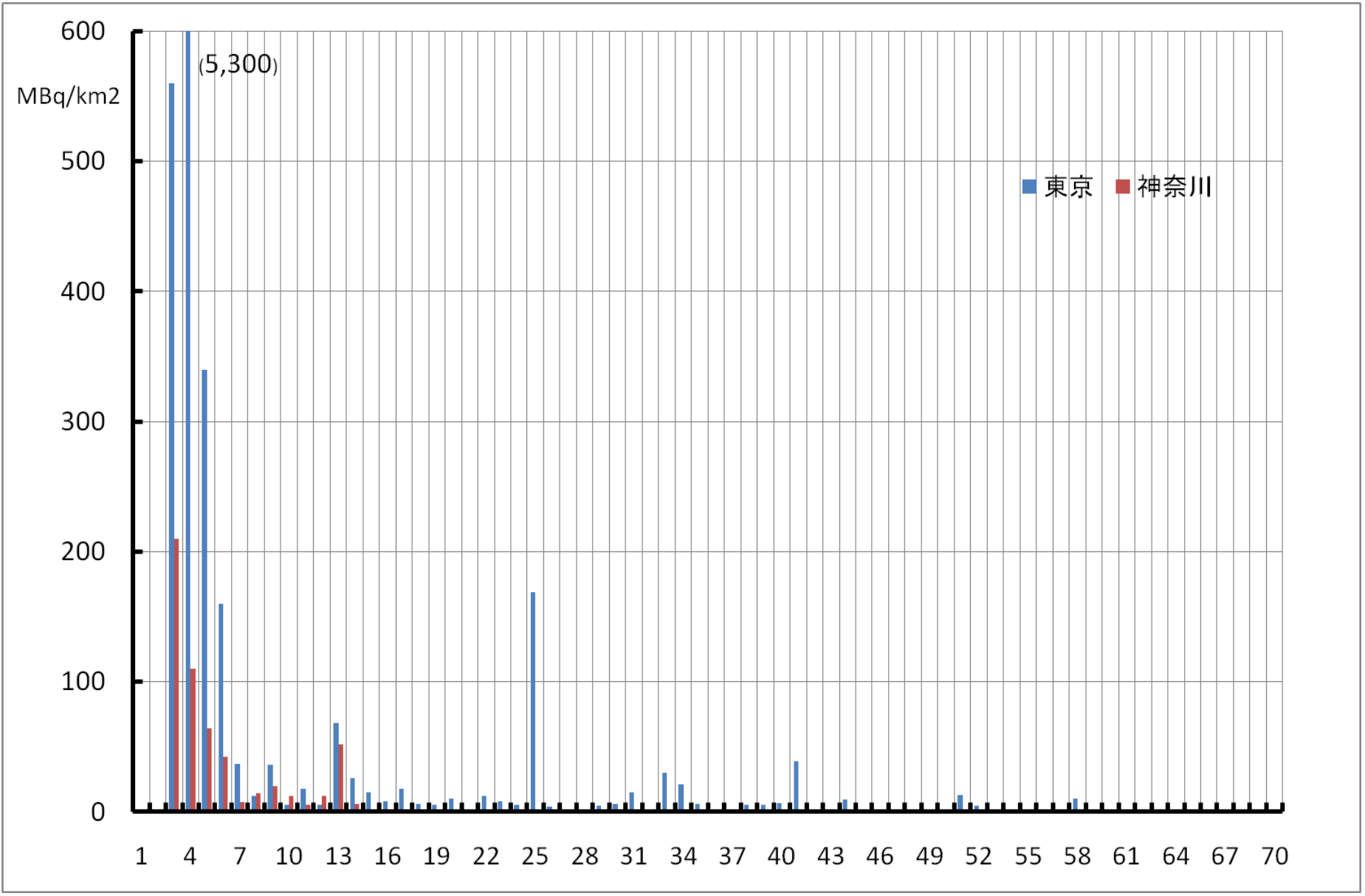
元水産庁中央水産研究所海洋放射能研究室
吉田　勝彦

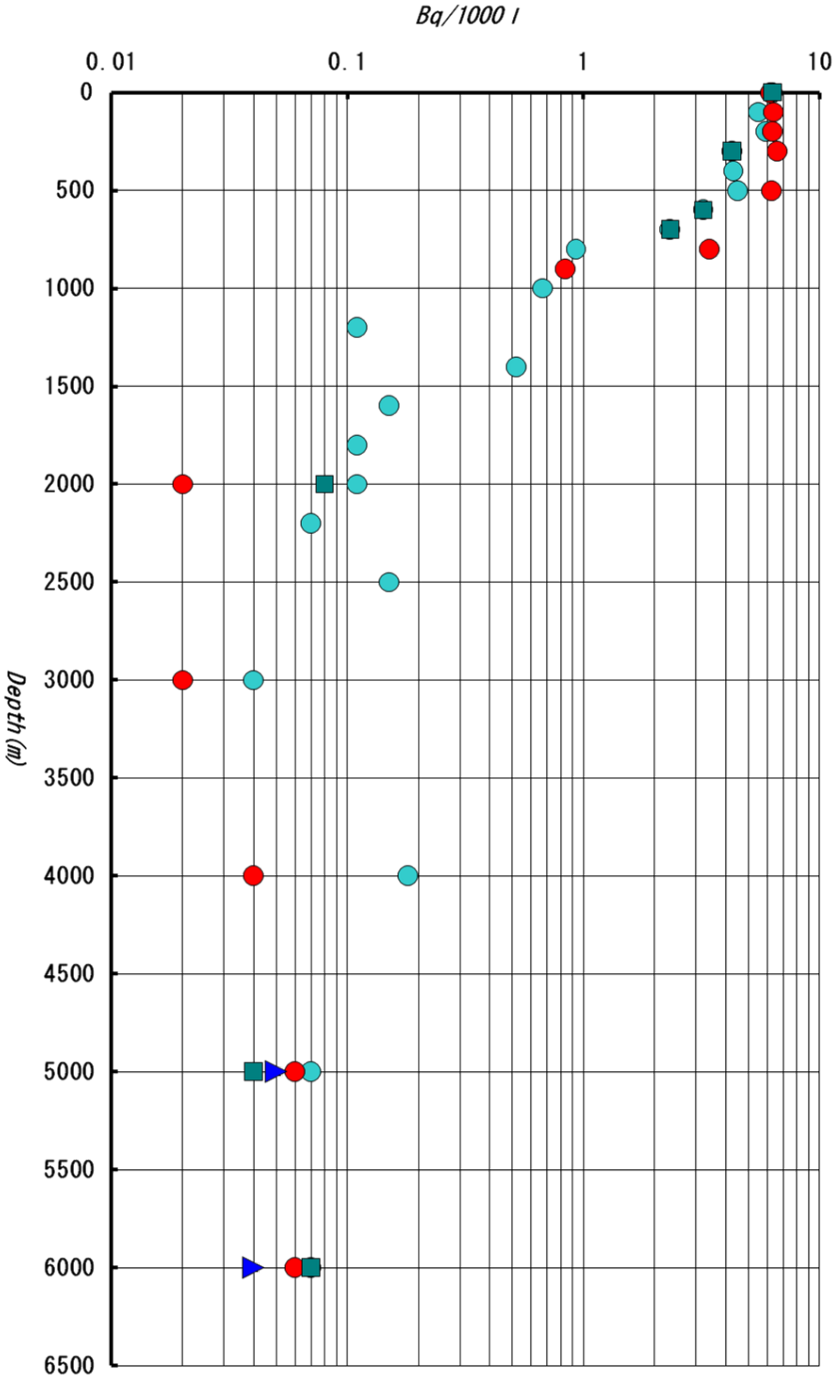


アメリカ，ソ連，中国が過去に行った核爆発実験

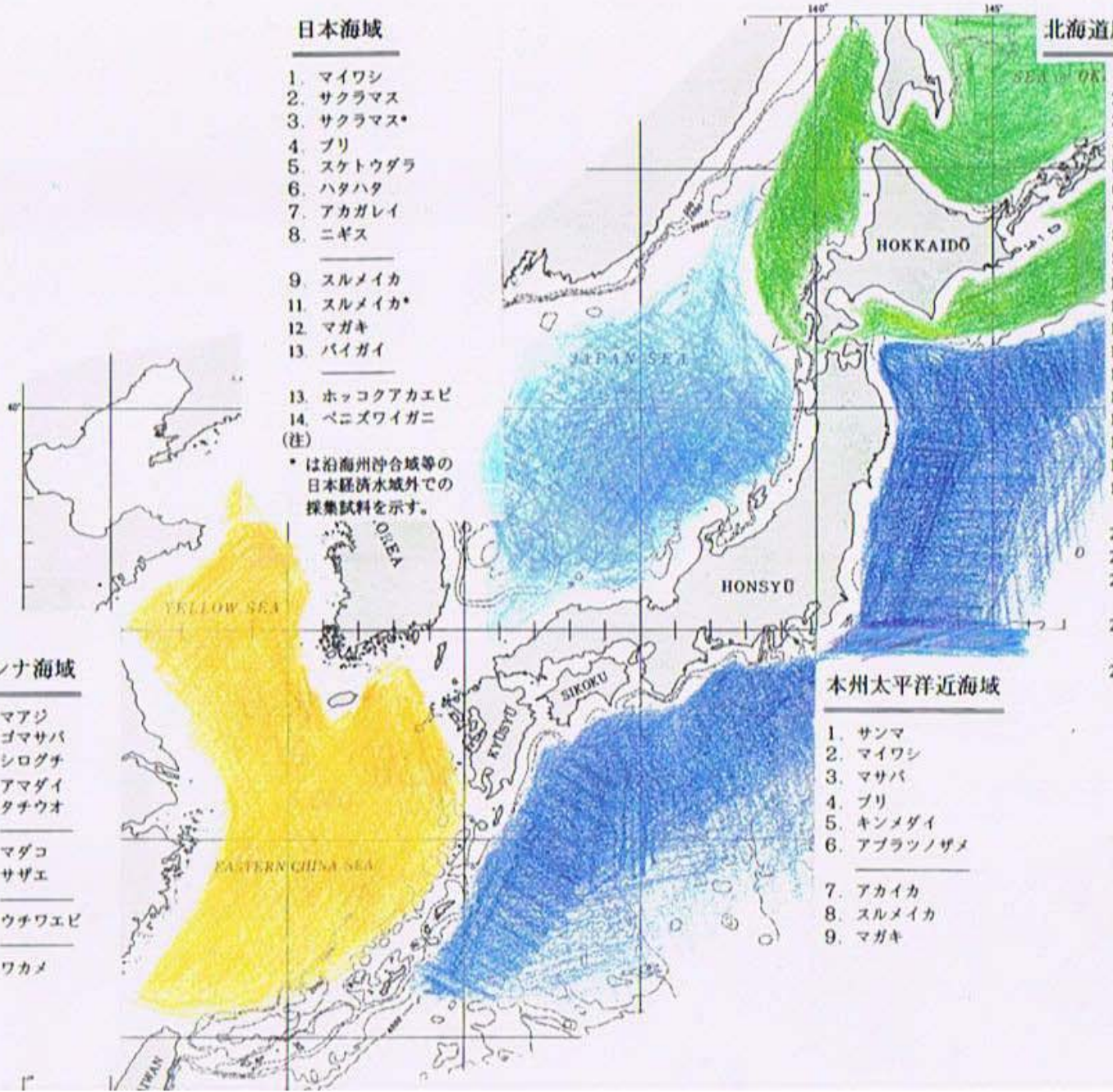


降下物中の ^{137}Csの経年変化（気象庁：東京）


600
MBq/km2
500
400
300
200
100
0
(5,300)
東京
神奈川
1
4
7
10
13
16
19
22
25
28
31
34
37
40
43
46
49
52
55
58
61
64
67
70



長屋ら(1981)、海上保安庁水路部報告から作成



日本海域

1. マイワシ
2. サクラマス
3. サクラマス*
4. ブリ
5. スケトウダラ
6. ハタハタ
7. アカガレイ
8. ニギス

9. スルメイカ
11. スルメイカ*
12. マガキ
13. バイガイ

13. ホッコクアカエビ
14. ベニズワイガニ

(注)
* は沿海州沖合域等の日本経済水域外での採集試料を示す。

北海道周辺沿岸・沖合・北方寒流域

1. シロザケ（釧路沖）
2. ニシン（網走沖）
3. イカナゴ（稚内沖・宗谷海峡）
4. スケトウダラ（釧路沖）
5. スケトウダラ（北千島）
6. スケトウダラ（根室海峡）
7. スケトウダラ（北見大和堆）
8. スケトウダラ（サハリン沖）
9. スケトウダラ（小樽沖～武蔵堆）
10. ホッケ（釧路沖）
11. ホッケ（稚内沖・宗谷海峡）
12. ホッケ（小樽沖～武蔵堆）
13. マダラ（釧路沖）
14. キチジ（網走沖）
15. カジカ類（稚内沖・宗谷海峡）
16. メヌケ類（釧路沖）
17. メヌケ類（北千島）
18. アサバガレイ（北千島）
19. アブラガレイ（釧路沖）

20. ミズダコ（釧路沖）
21. ホタテガイ（常呂）
22. ツブガイ（網走沖）

23. ケガニ（網走沖）

24. ナガコンブ（釧路）

東シナ海域

1. マアジ
2. ゴマサバ
3. シログチ
4. アマダイ
5. タチウオ

6. マダコ
7. サザエ

8. ウチワエビ

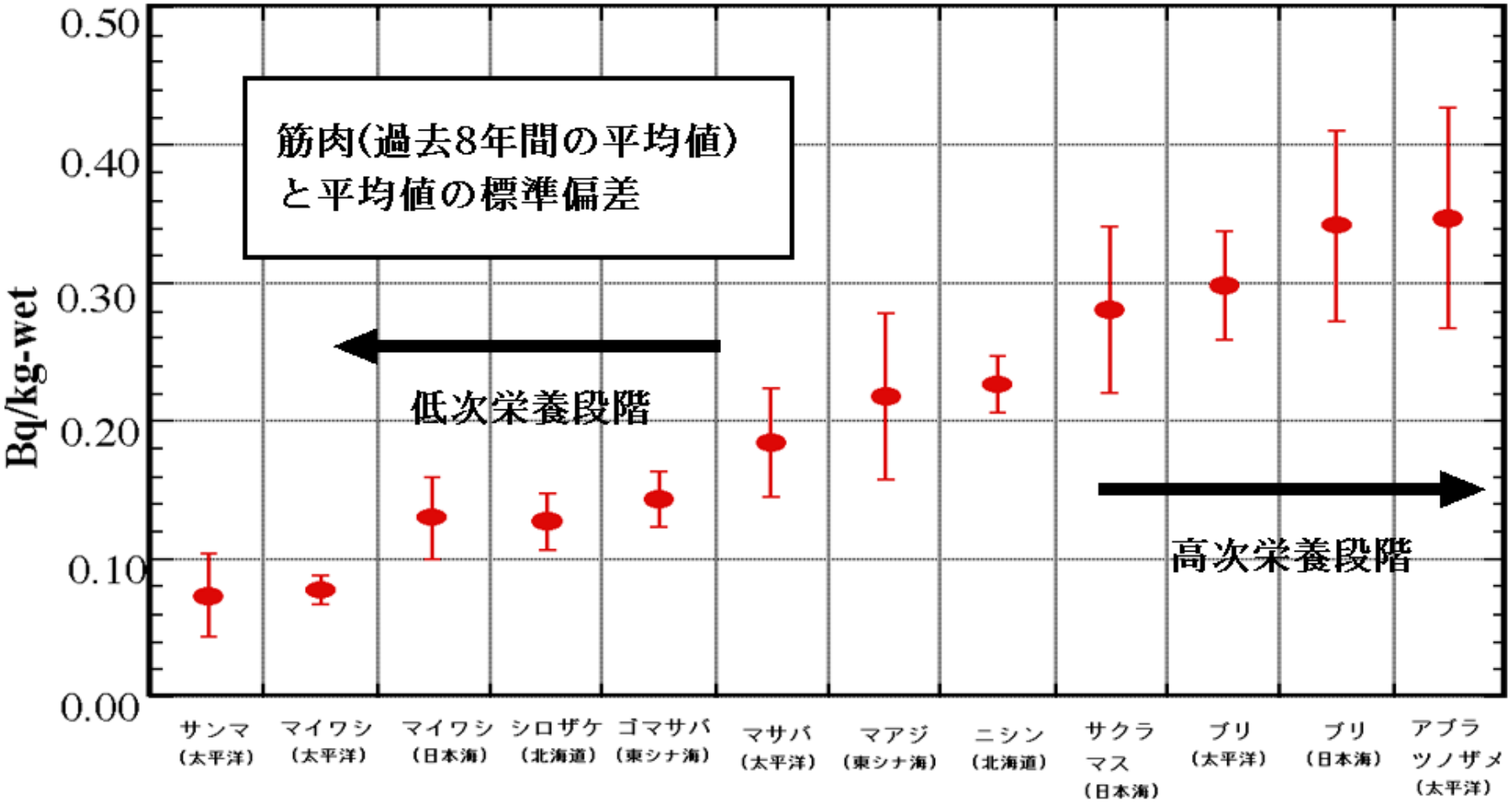
9. ワカメ

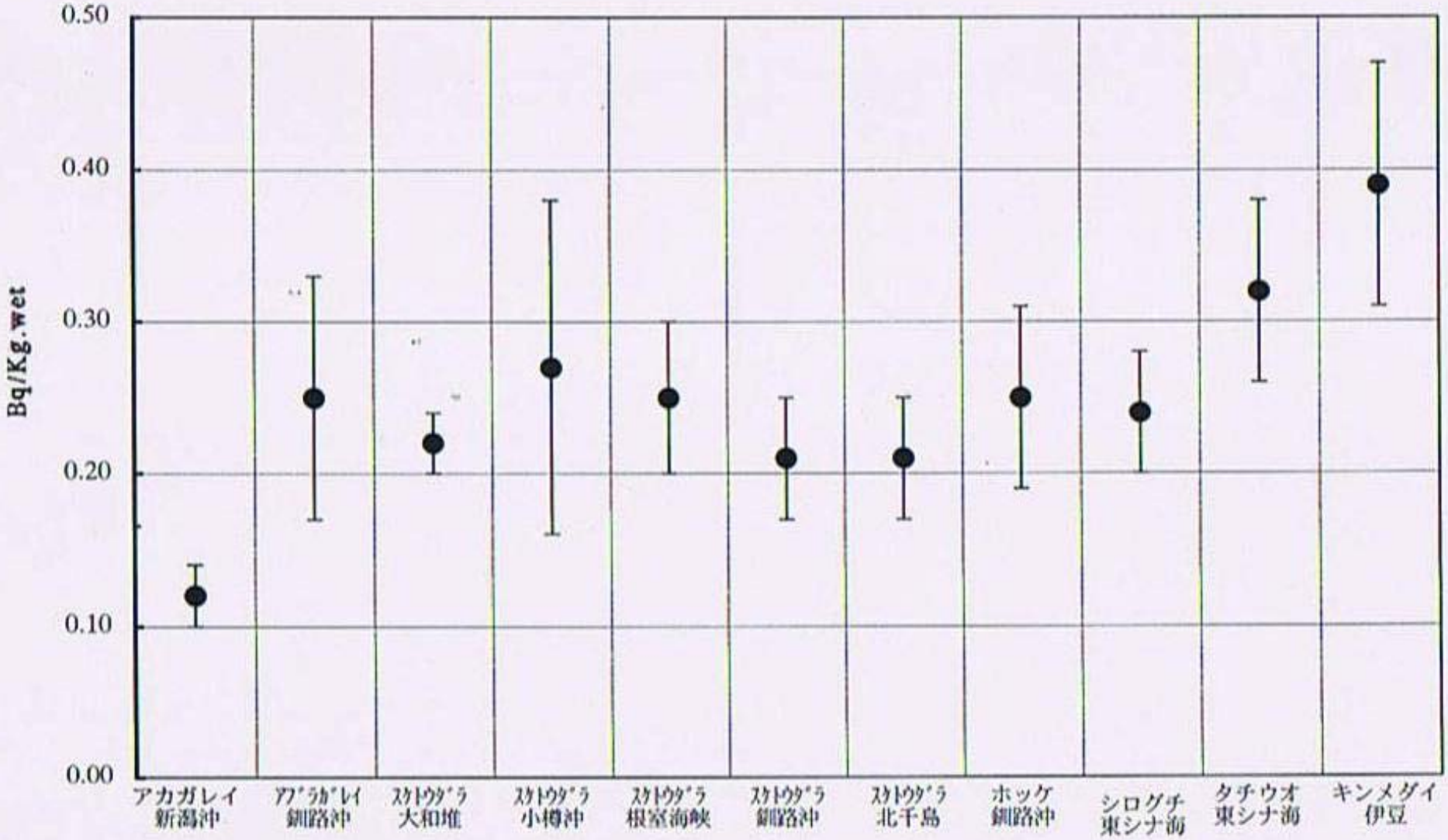
本州太平洋近海域

1. サンマ
2. マイワシ
3. マサバ
4. ブリ
5. キンメダイ
6. アブラツノザメ

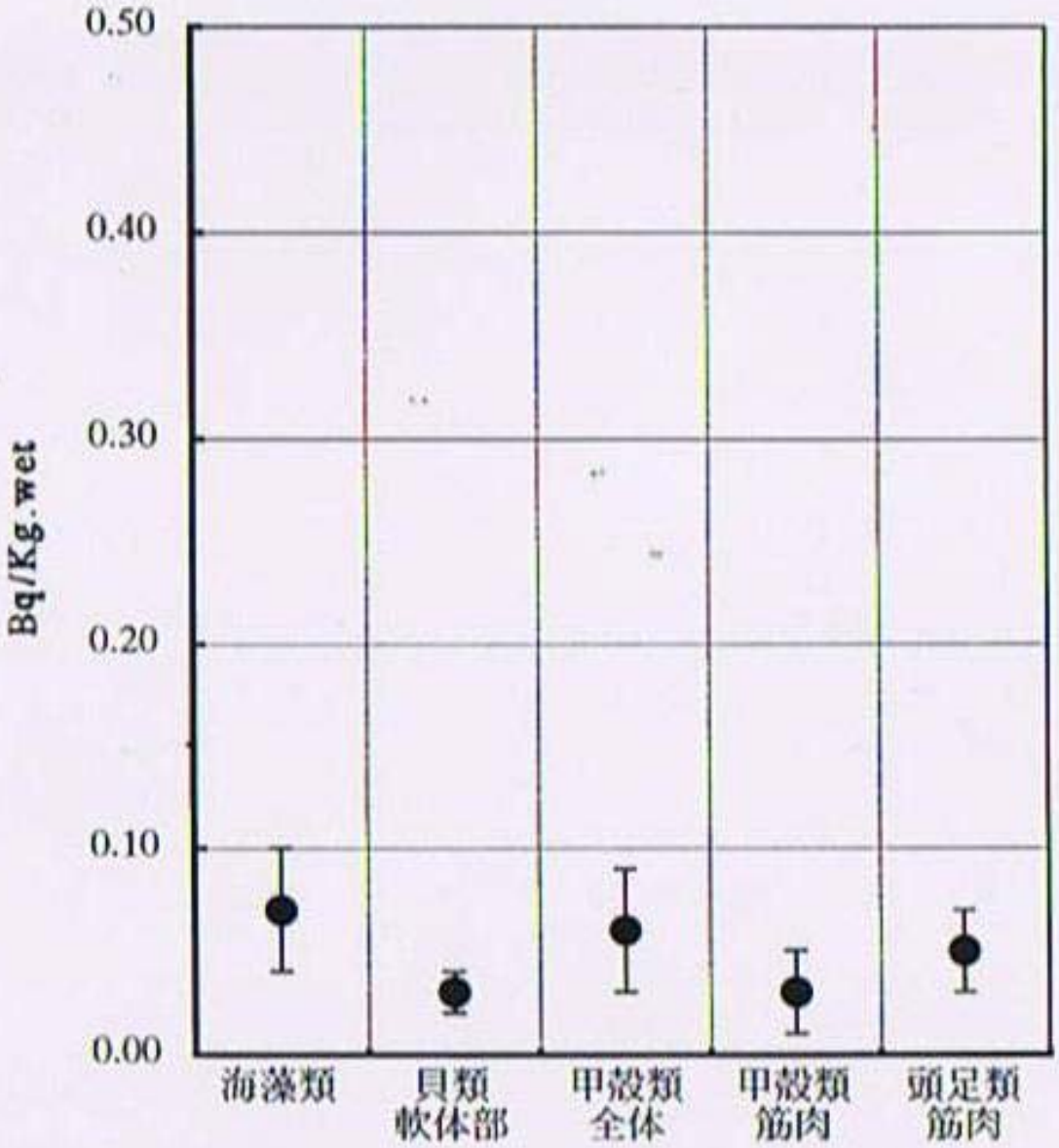
7. アカイカ
8. スルメイカ
9. マガキ

主要浮魚類の筋肉中の^{137}Cs濃度

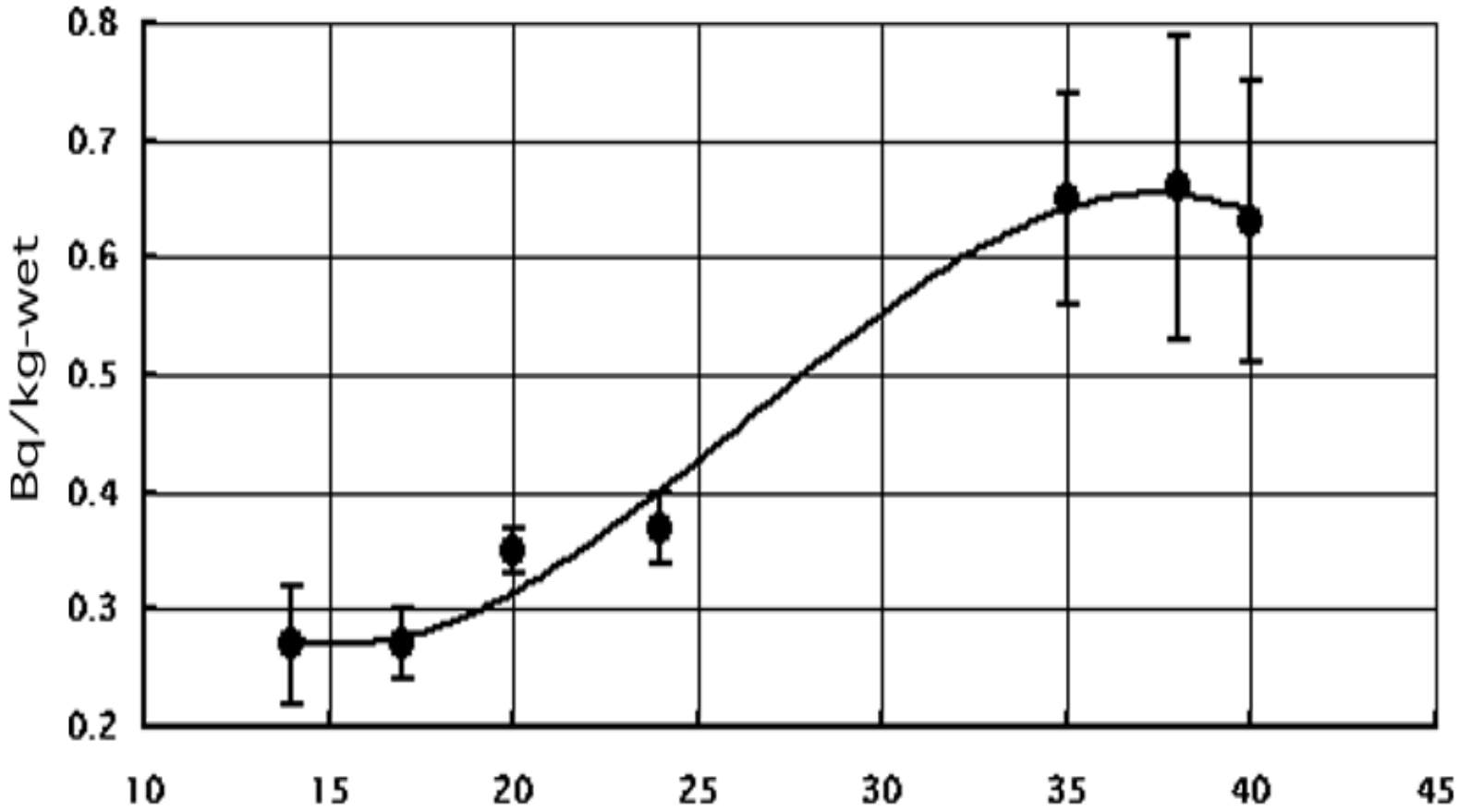




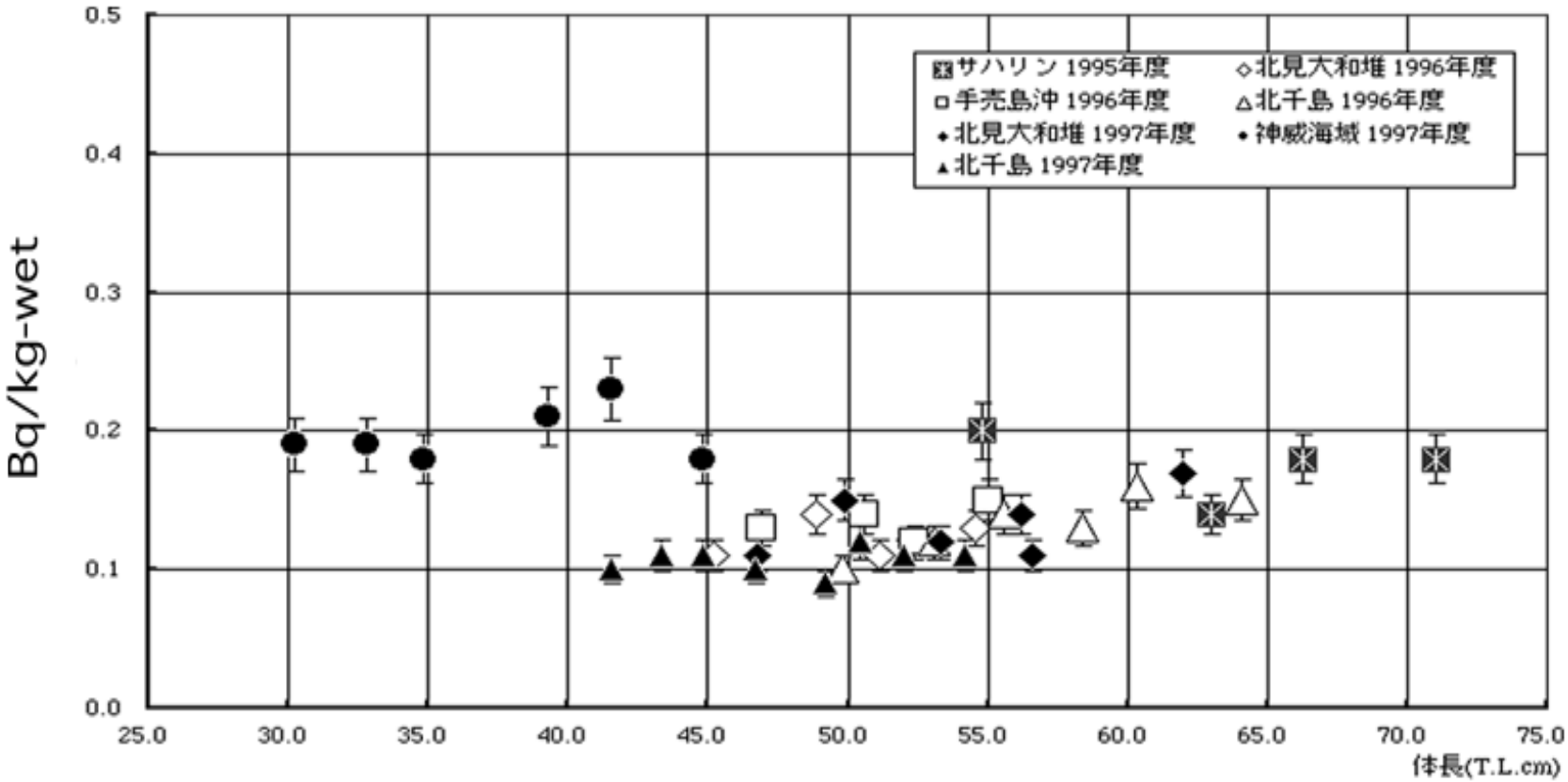
主要底魚類・筋肉のCs-137濃度



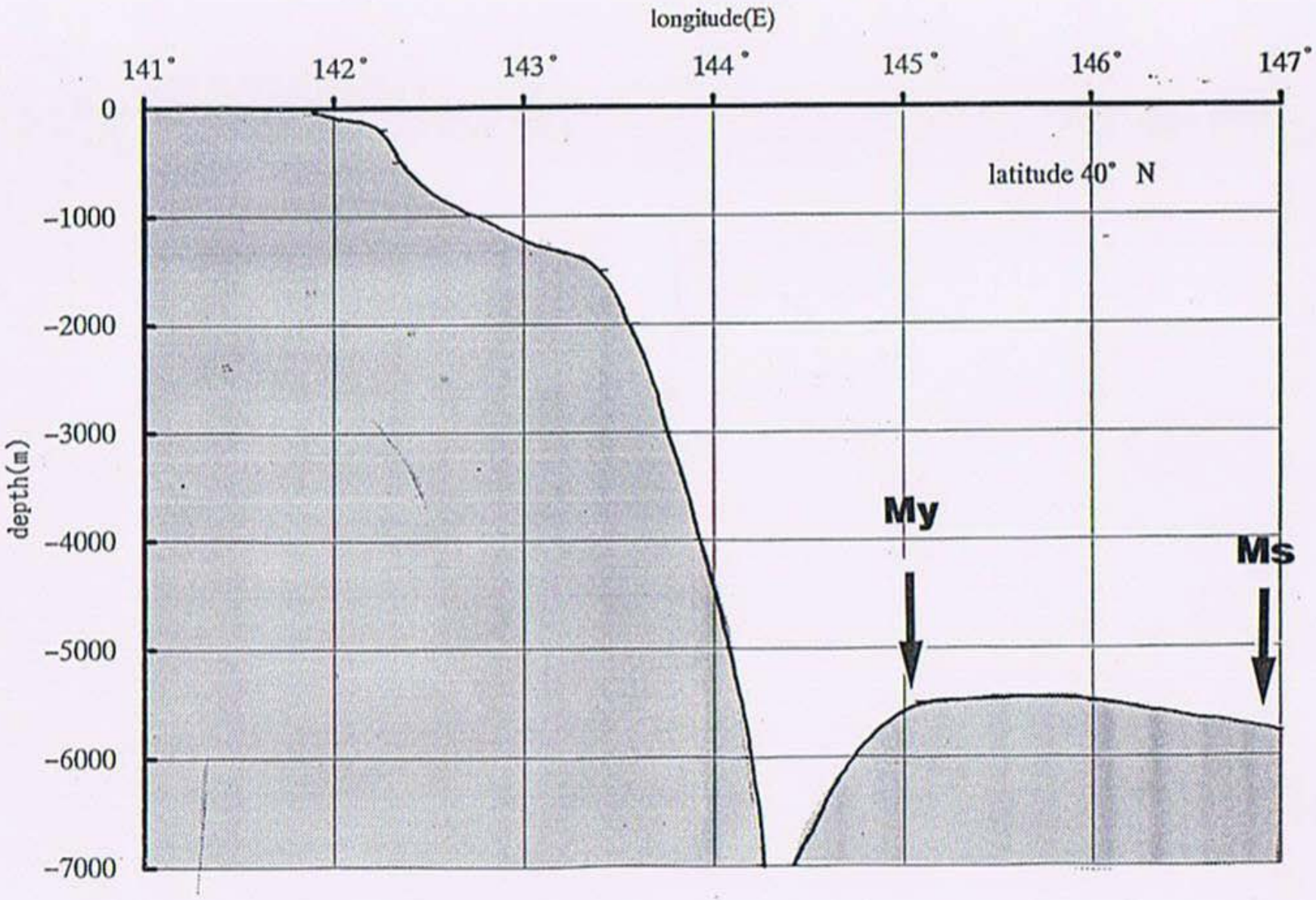
主要介藻類のCs-137濃度



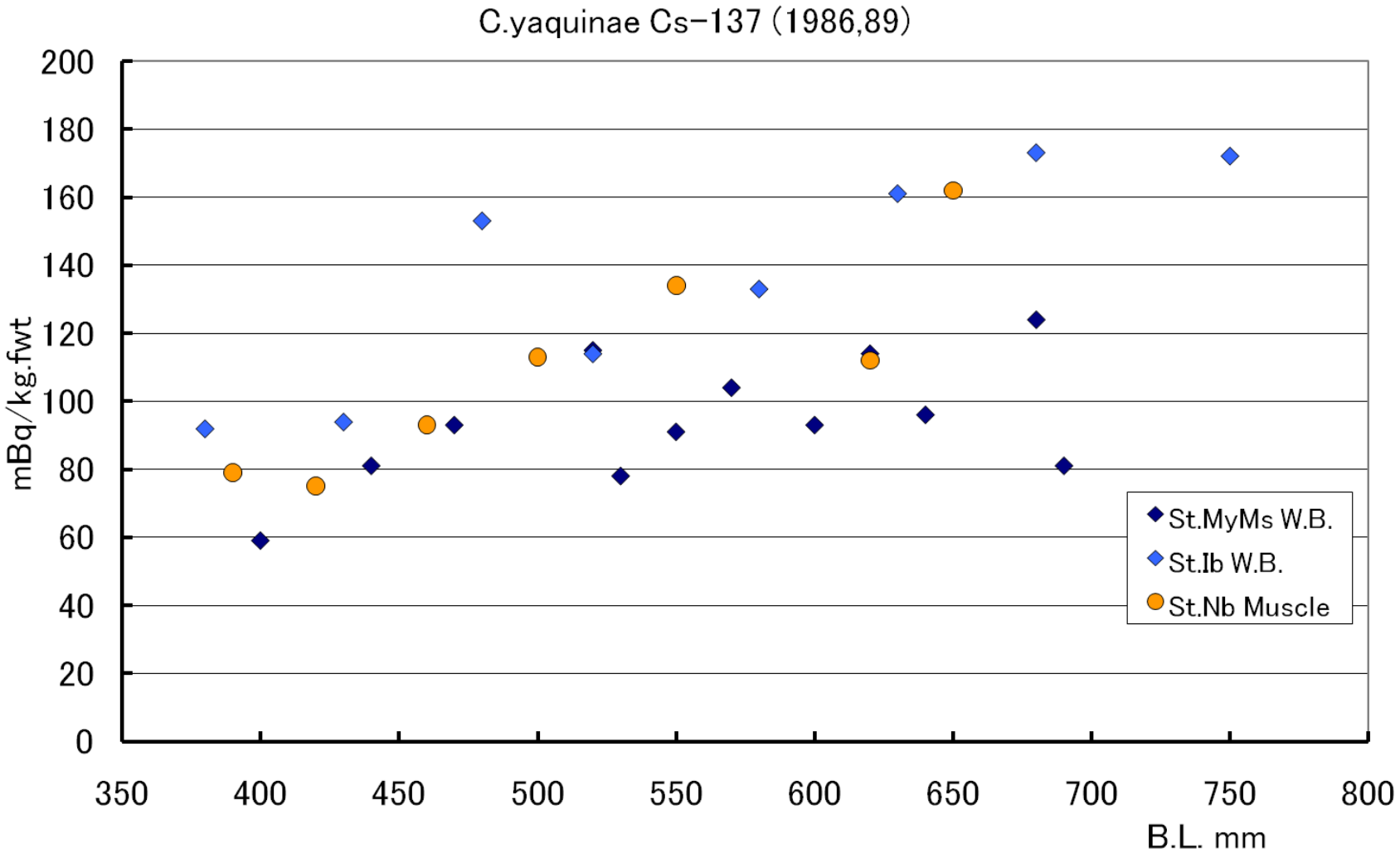
キンメダイ体長とCs-137濃度

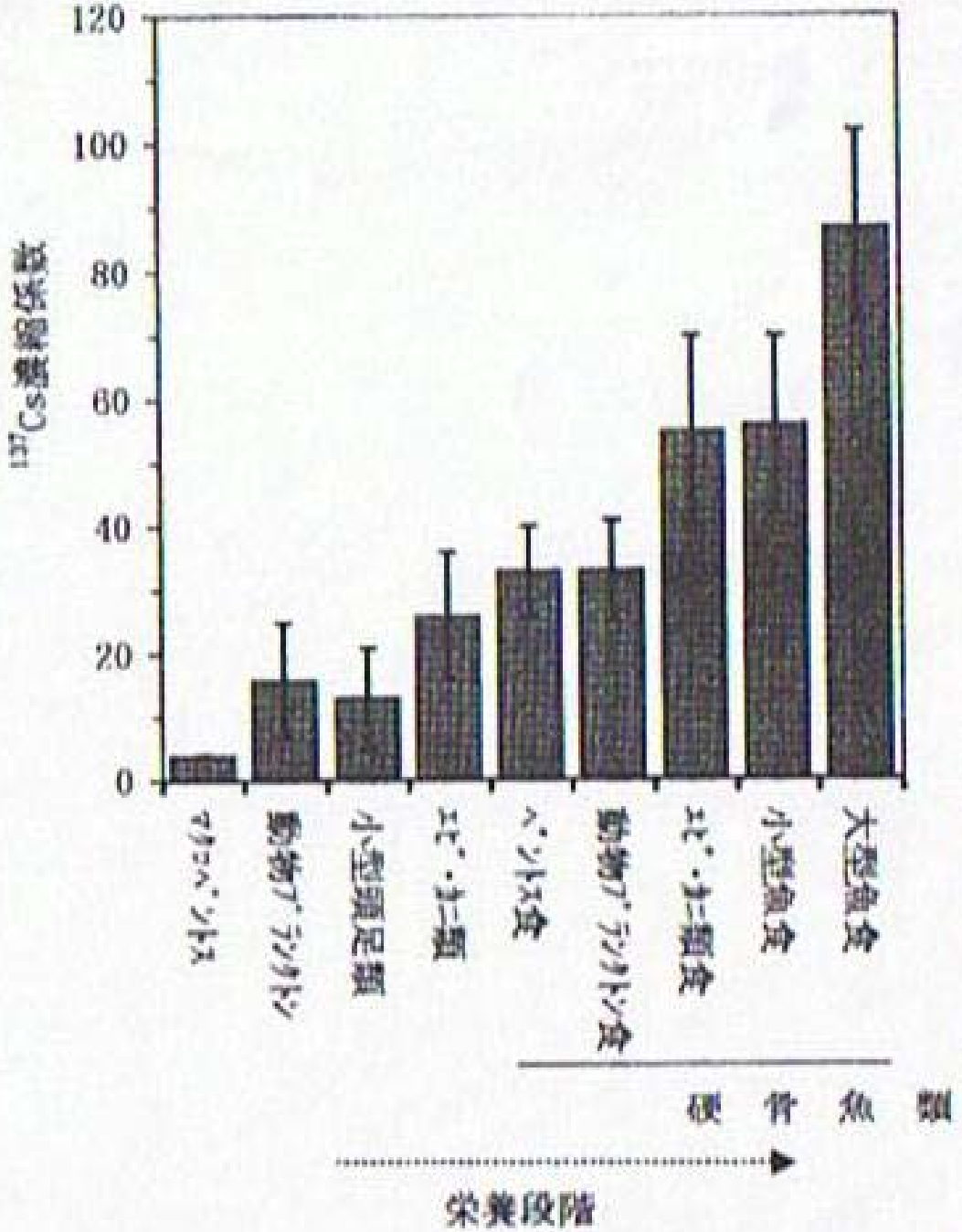


スケトウダラ体長とCs-137濃度


longitude(E)
141°
142°
143°
144°
145°
146°
147°
0
-1000
-2000
-3000
-4000
-5000
-6000
-7000
depth(m)
latitude 40° N
My
Ms

シンカイヨロイダラ
(ソコダラ類)
ヨコエビのなかま
ナマコのなかま
ウニのなかま
ヒトデ・オニヒトデのなかま

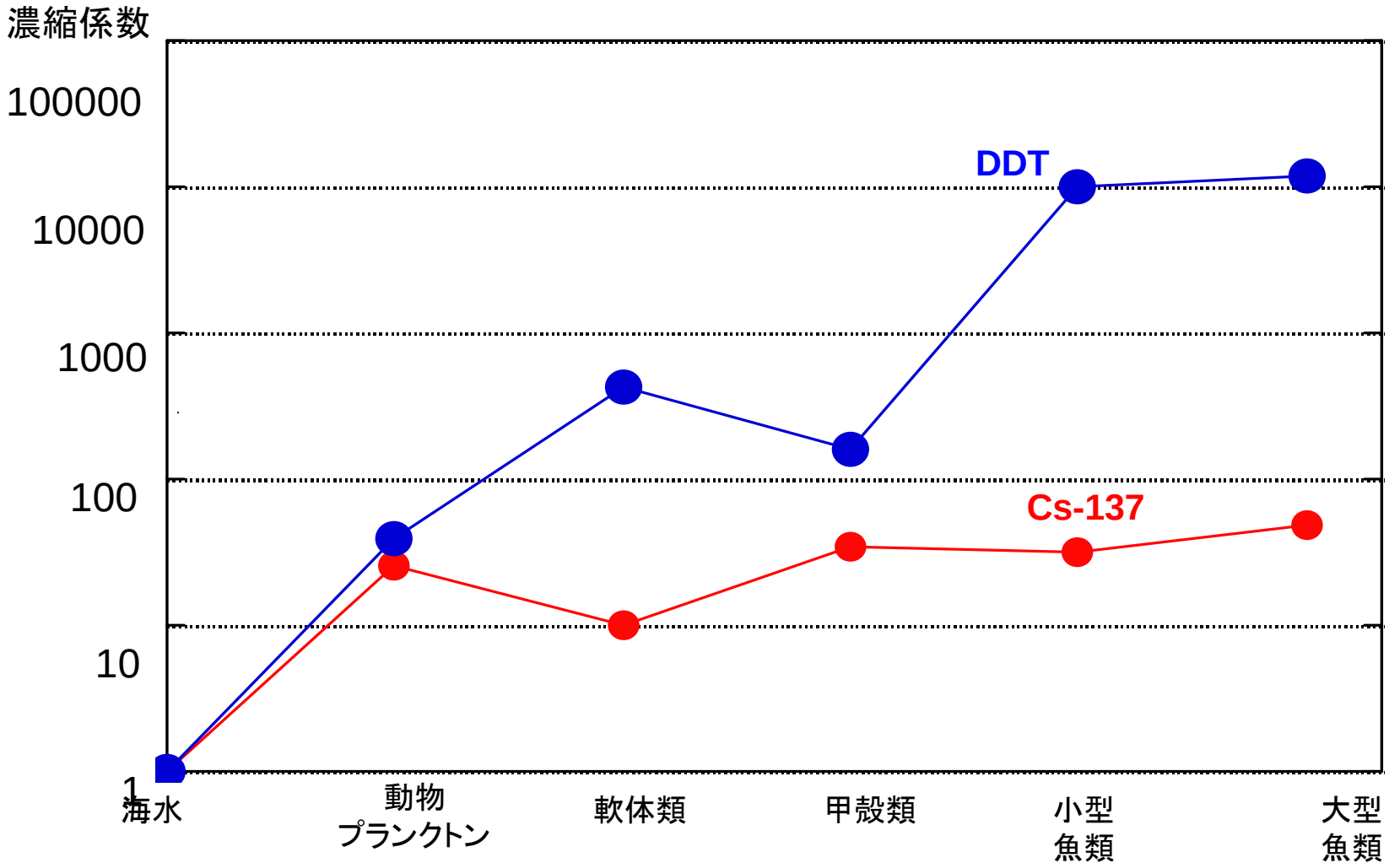

C.yaquinae Cs-137 (1986,89)
mBq/kg.fwt
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
B.L. mm
St.MyMs W.B.
St.Ib W.B.
St.Nb Muscle



^{137}Cs濃縮係数
120
100
80
60
40
20
0
マクロベントス
動物プランクトン
小型頭足類
エビ・カニ類
ベントス食
動物プランクトン食
エビ・カニ類食
小型魚食
大型魚食
硬骨魚類
栄養段階

笠松不二男、1999

$$濃縮係数 = \frac{生物中の濃度}{海水中の濃度}$$



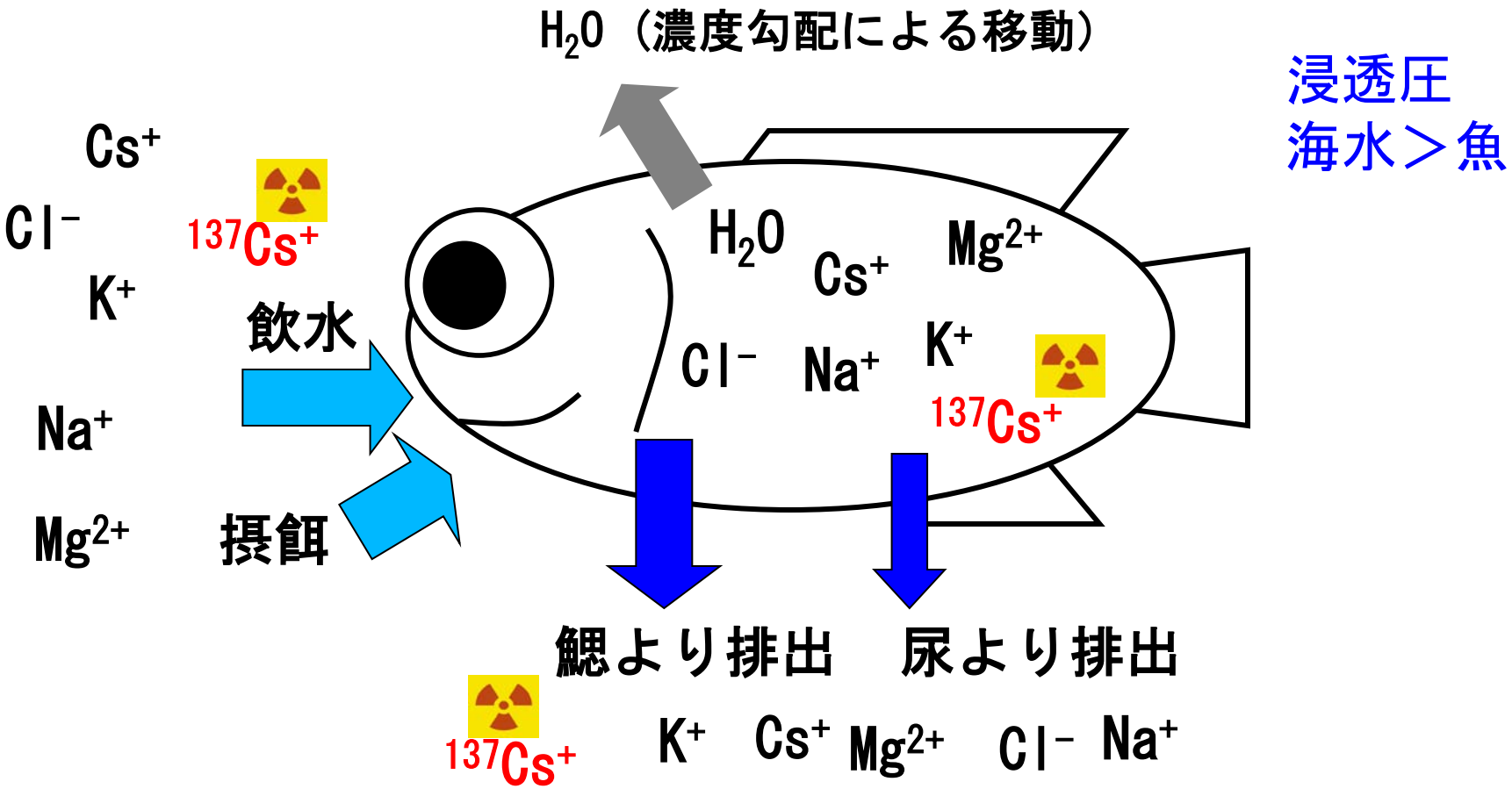
・食物連鎖を通じて、魚介類のCs-137濃縮係数はあまり大きくならない。

物質	海産魚の濃縮係数
セシウム	１０～１００
ウラン	１０
プルトニウム	３．５
水銀	３６０～６００
ＤＤＴ	１２０００
ＰＣＢ	１２００～１０００００００

・生物濃縮はかなり低い。

参考文献：
山県登編、生物濃縮
笠松不二雄、Radioisotopes 48, 1999.

海産魚中の塩類の流れ

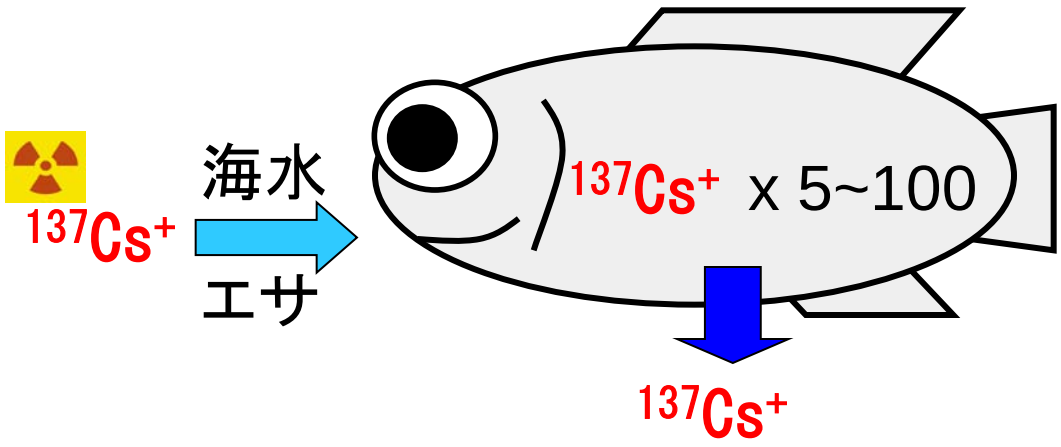


・放射性元素は体外に排出されるので、蓄積しつづけない。

・魚中の濃度は海水に依存する。

（参考文献：会田勝美編、魚類生理学の基礎）

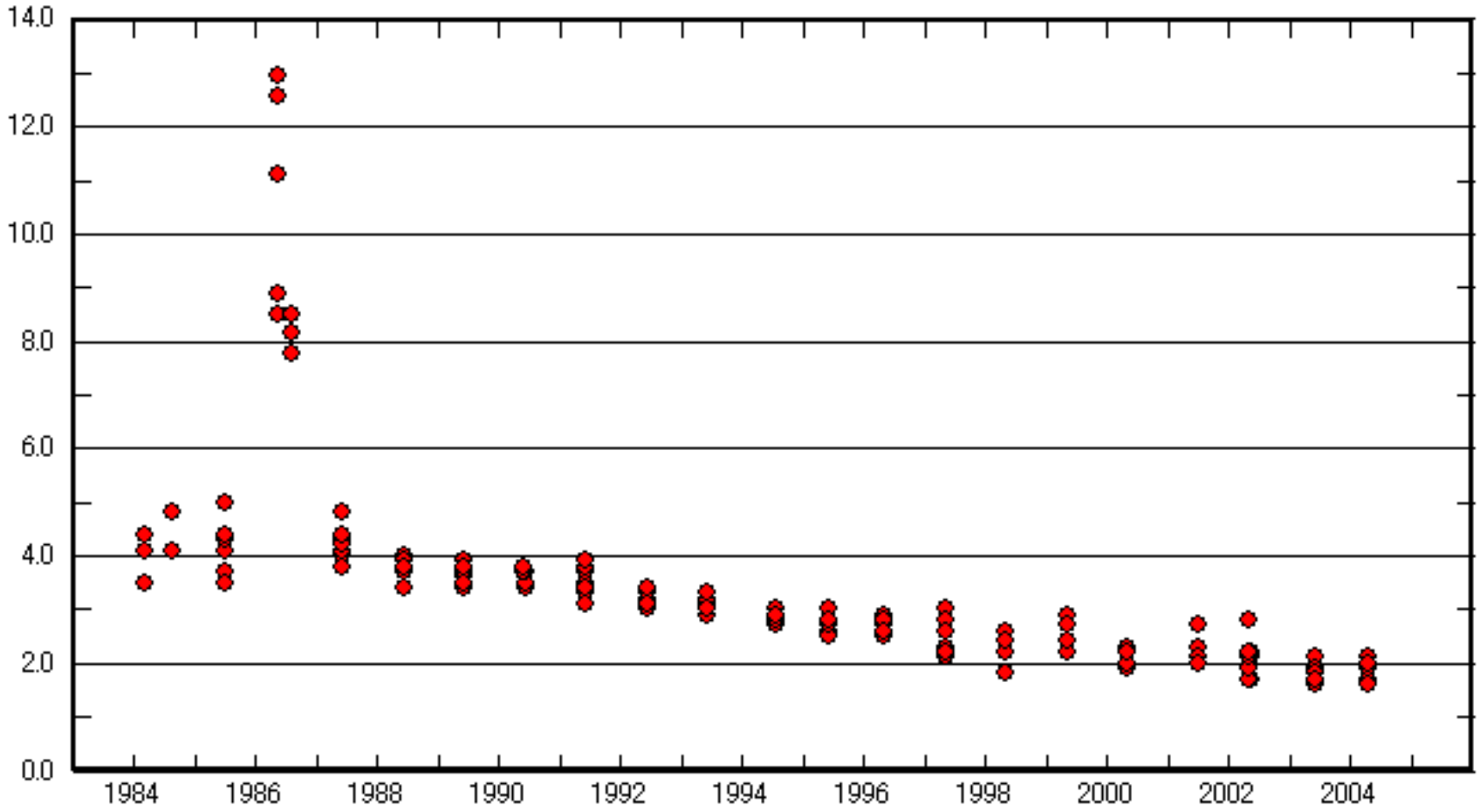
放射性物質の排出



Cs-137の生物学的半減期＝約50日（室内実験）

体内に入ったCs-137は、50日後には、半分が排出される。

参考文献
笠松不二雄、Radioisotopes 48, 1999.



福島表層水Cs-137　海生研(除86)県(加86)

平常の経年変動傾向を示す基本式

$$\mathbf{Y = a_0 \cdot Exp(-a_1 \cdot X)} \quad \cdots\cdots (1)$$

X：調査開始年を基準年として、基準年から採取年（年月日を年単位に換算）までの経過年数

Y：^{137}Cs 濃度（Bq/kg,wet.）

平常値の変動範囲（|Vrw|）

平常値の変動範囲（|Vrw|）は分析値(Yobs)と算出値(Yest)との残差（$V_{1\text{-}n}$）の標準偏差（$V_{S.D.}$）の３倍以内と定義する。

$$\mathbf{V_{1\text{-}n} = Yobs - Yest} \quad \cdots\cdots (2)$$

$$\mathbf{|Vrw| \leqq 3 \times V_{S.D}} \quad \cdots\cdots (3)$$

$V_{1\text{-}n}$：残差　　Yobs：分析値　　Yest：算出値 {(1)式に分析値の Xa(基準年から採取年までの経過年数)を代入}

$V_{S.D.}$：残差（$V_{1\text{-}n}$）の標準偏差

平常値の選定

分析値の変動範囲(|Vrw|)と残差($V_{1\text{-}n}$)により判定する。$V_{1\text{-}n}$ が±Vrw 以内の分析値を選別し平常値とする。

標準偏差を求める前提として、対象の値は正規分布をしていなければならない。分析値の残差に明らかに偏りが認められるものを除く。選定された平常値の残差($V_{1\text{-}n}$)が平均値を挟んでほぼ偏りなく分布をしていることを確認する。

チェルノブイリ起源の ^{137}Cs 濃度(Ye)の推定

$$Ye = Ya - Yc \cdots\cdots (6)$$

Ya は分析値

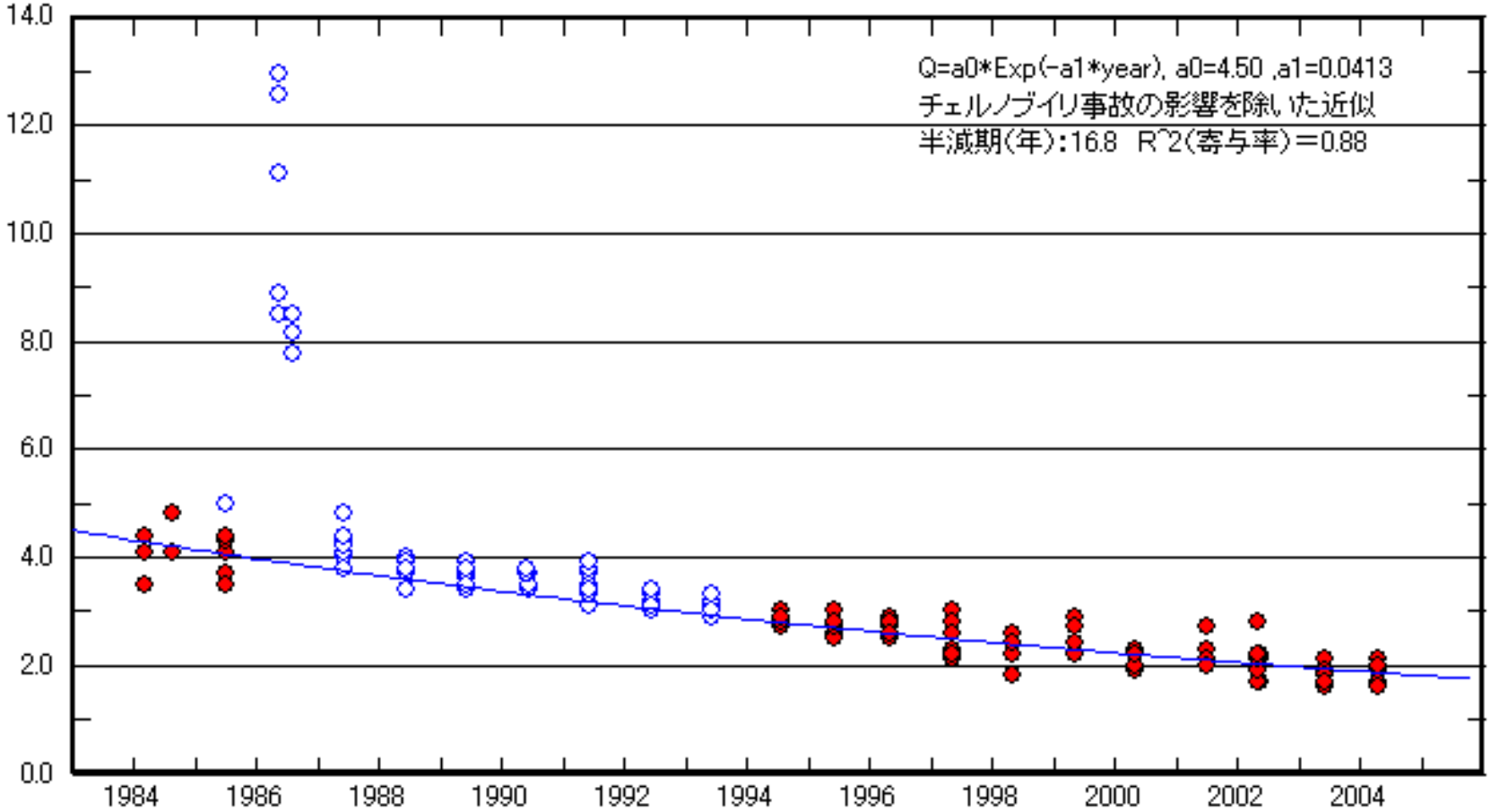
Yc はチェルノブイリ事故が無かった場合の平常値　[平常の経年変動予測式　$Y = a_0 \cdot Exp(-a_1 \cdot X) \cdots (1)$ よりを求める]

チェルノブイリ影響を推定する基本式

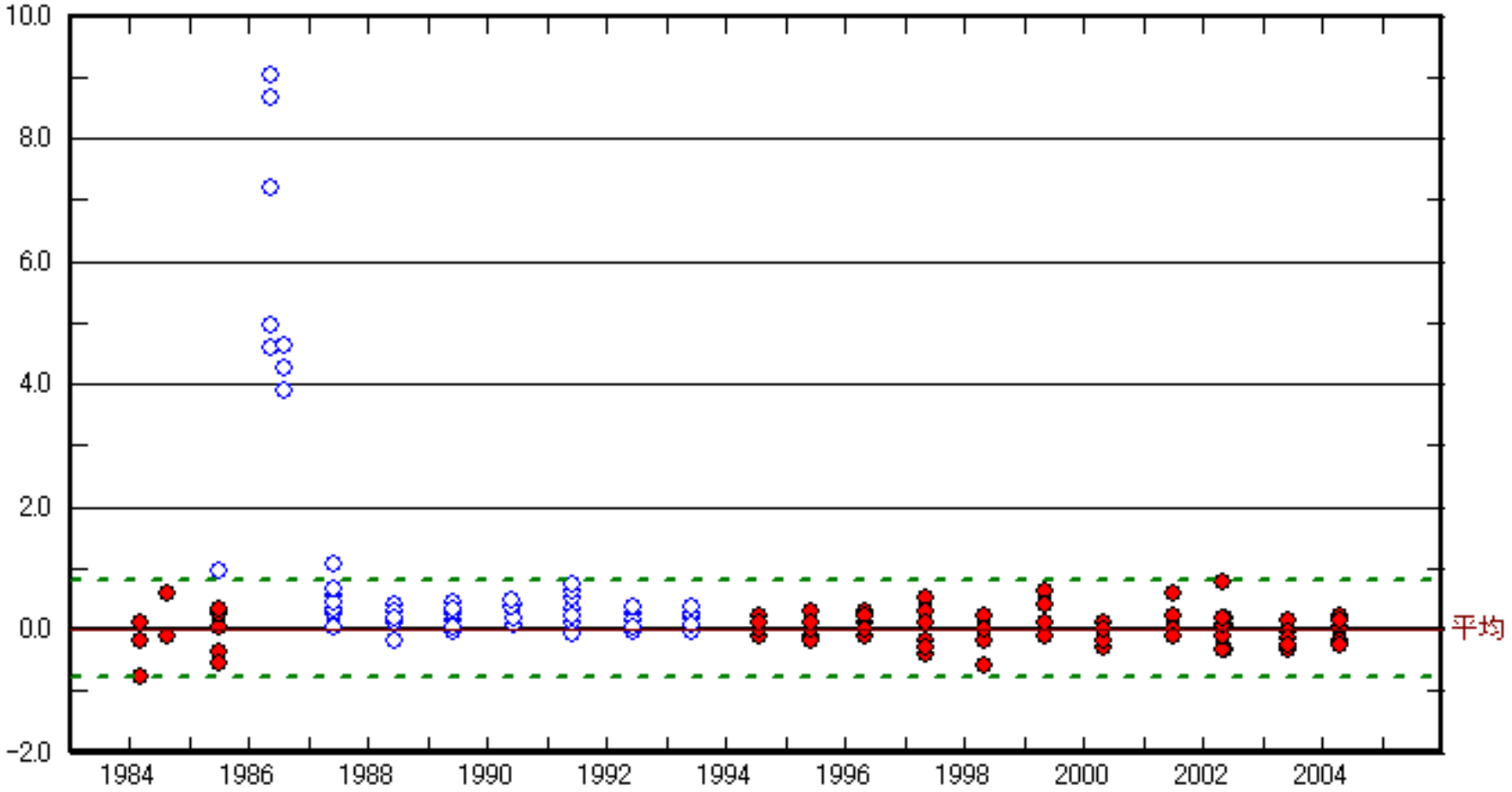
$$Y = a_0 \cdot Exp(-a_1 \cdot X)\{1 - Exp(-a_1 \cdot X)\} \cdots\cdots (7)$$

X : 1986 年 4 月 26 日(チェルノブイリ事故発生日)を基準年として、基準年から採取年までの経過年数

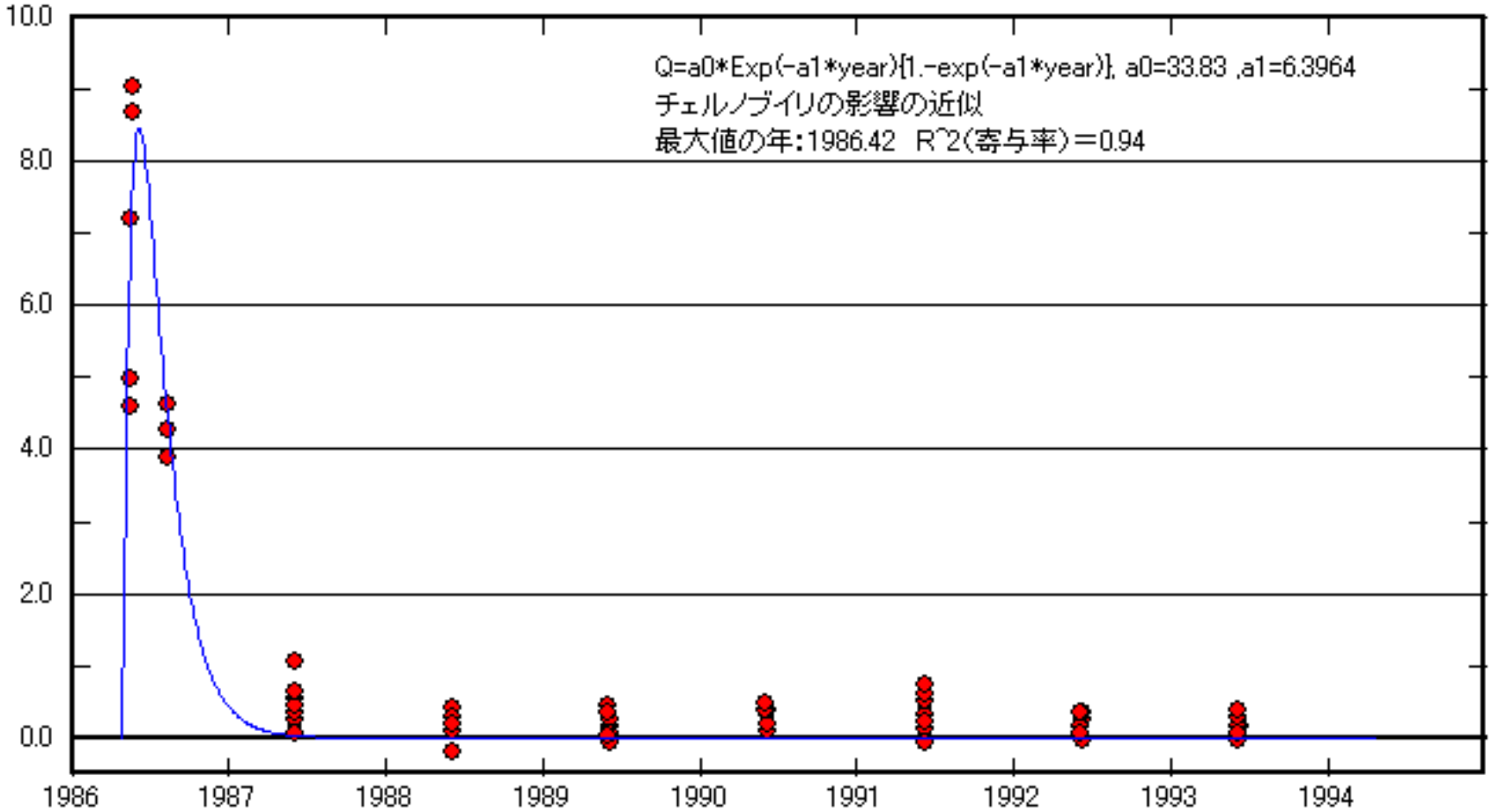
Y : チェルノブイリ起源の ^{137}Cs 濃度（Bq/kg,wet.）



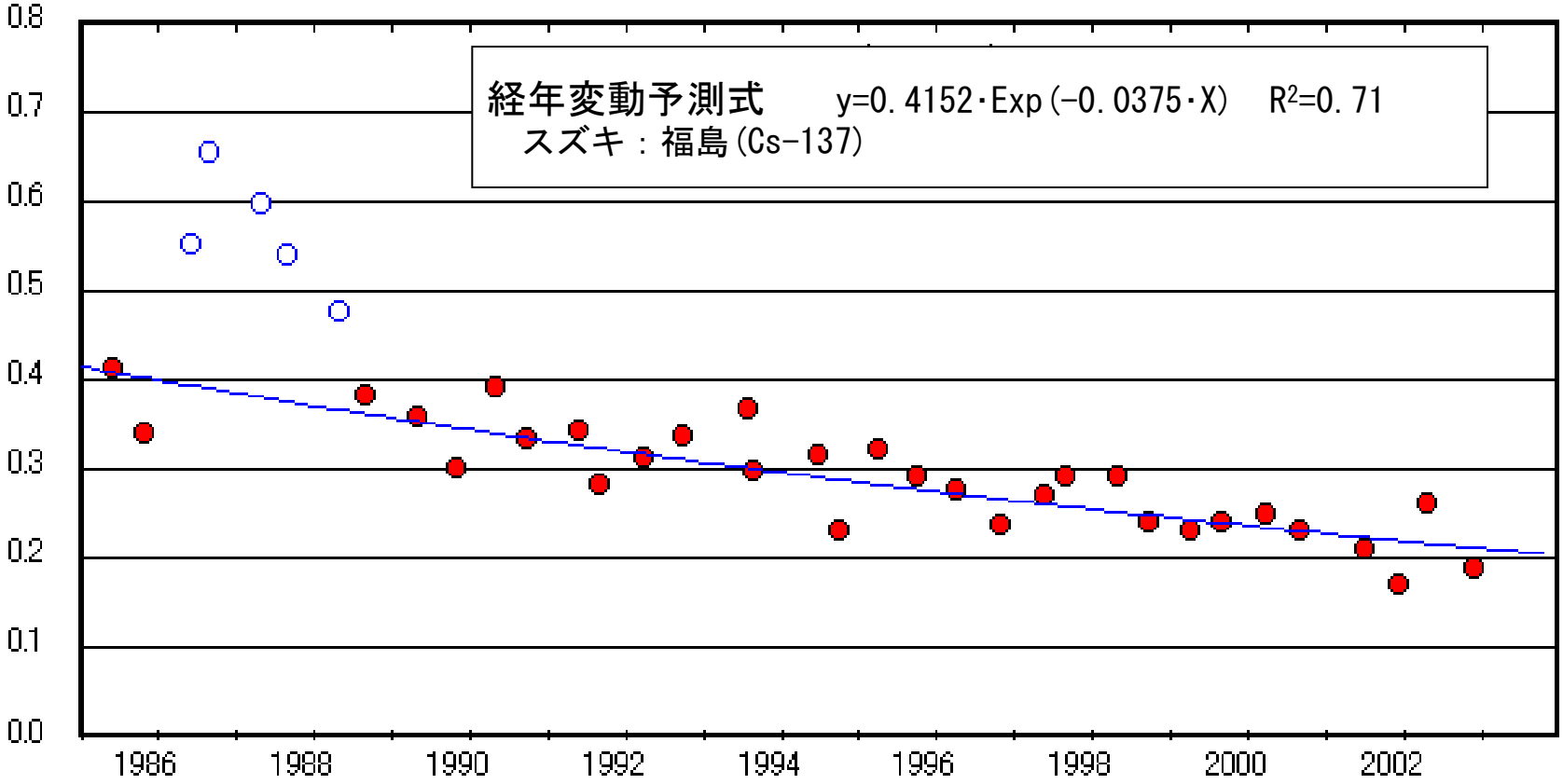
福島表層水Cs-137　海生研(除86)県(加86)



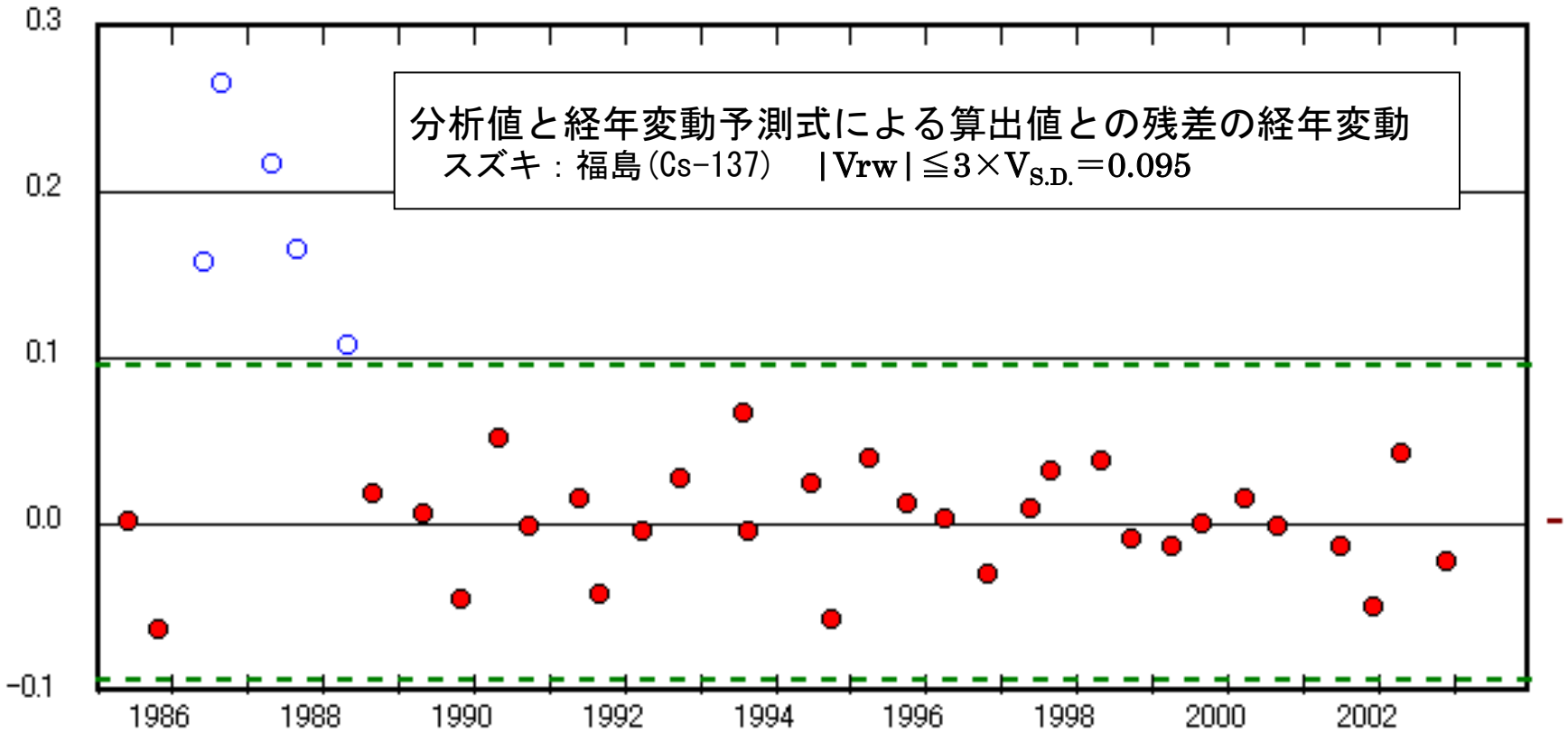
福島表層水Cs-137　海生研(除86)県(加86)　　3σ＝0.795　平均＝0.011



福島表層水Cs-137　海生研(除86)県(加86)

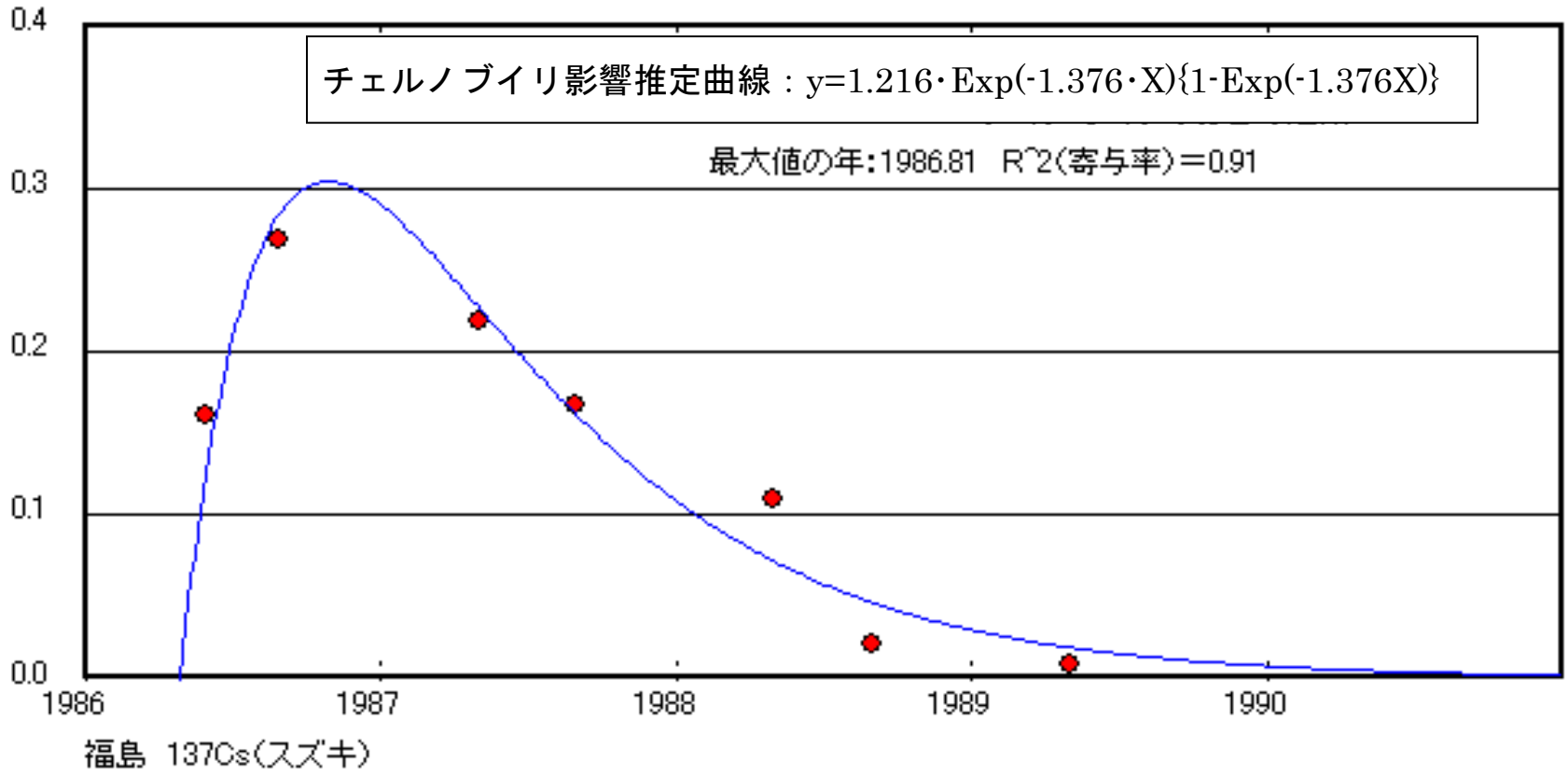


経年変動予測式：平常値(分析値と算出値との残差が平常の変動範囲内にあり偏りが認められない)と判定された分析値により作成。非平常値(ﾁｪﾙﾉﾌﾞｲﾘ事故の影響と推定された分析値)を白抜きで表示した。

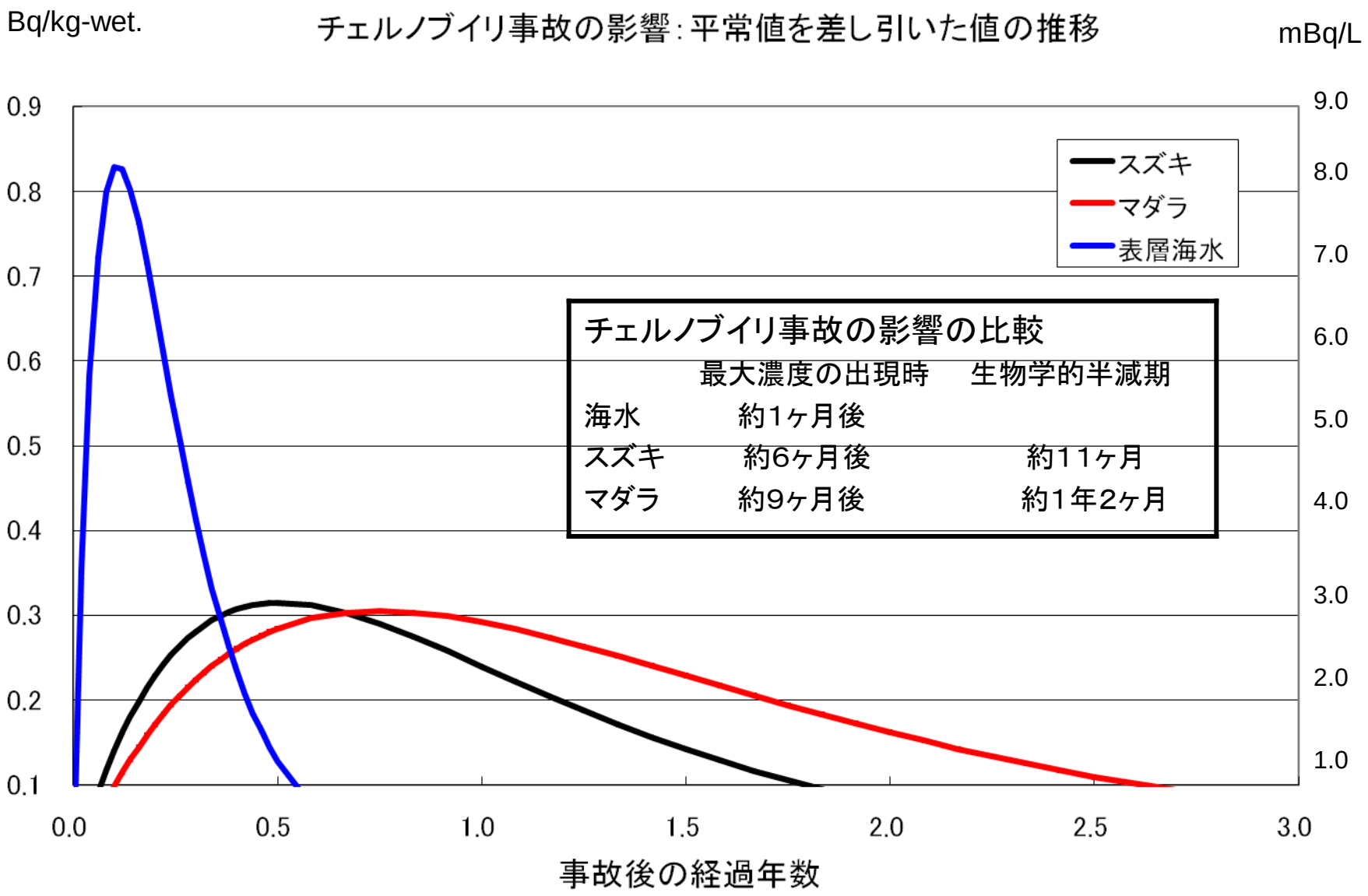


変動範囲(予測式)による平常値の確認：

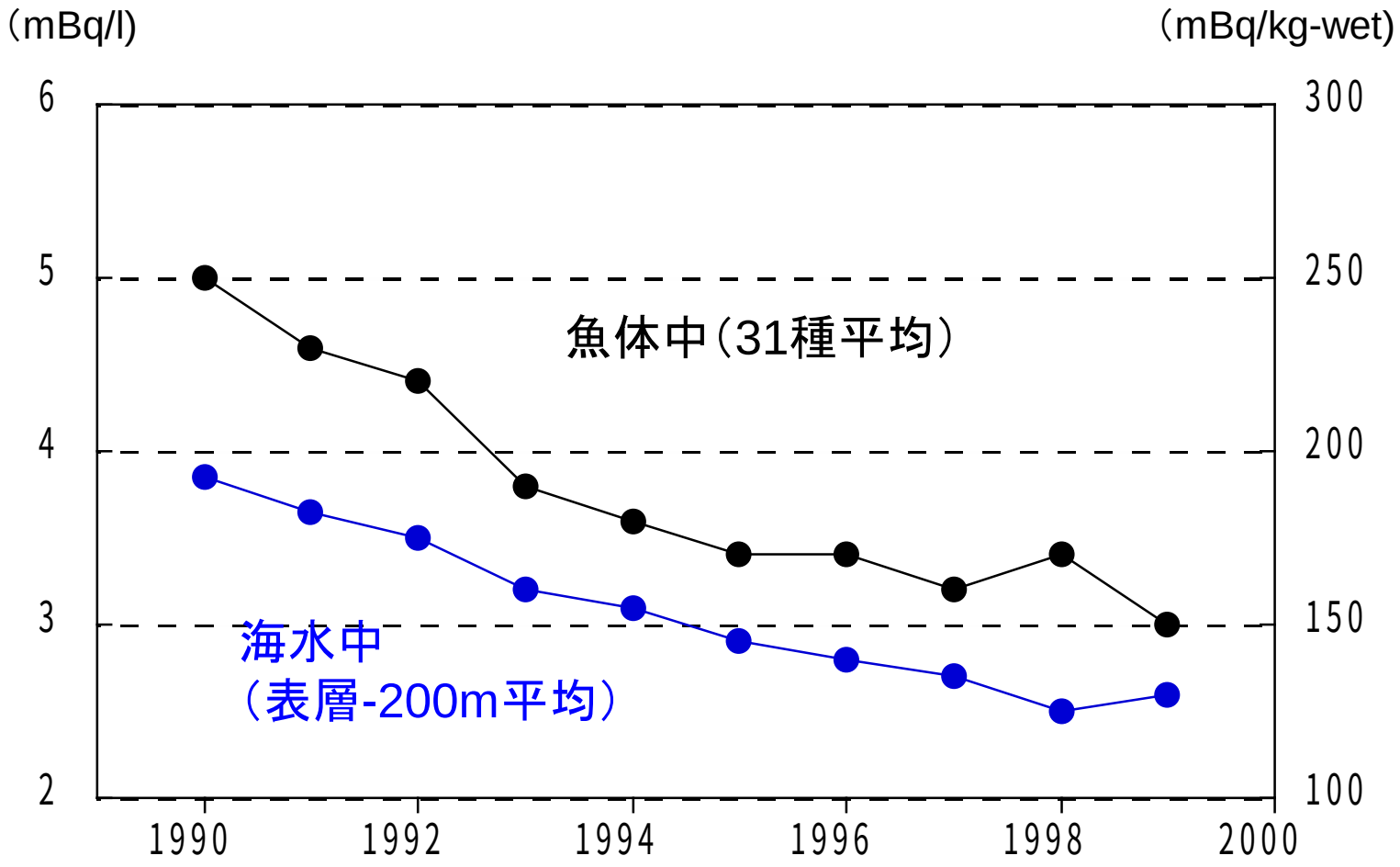
平常値の変動範囲(3σ＝0.095、平均＝0.002)を点線で示した。変動範囲をこえる残差を選別し白抜きで示した。



チェルノブイリ起源と推定されたCs-137濃度の経年変動
(チェルノブイリ事故の影響と推定された分析値から経年変動予測式から算出された平常値を差し引いた値)


Bq/kg-wet.
チェルノブイリ事故の影響：平常値を差し引いた値の推移
mBq/L
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
スズキ
マダラ
表層海水
チェルノブイリ事故の影響の比較
最大濃度の出現時　生物学的半減期
海水　約1ヶ月後
スズキ　約6ヶ月後　約11ヶ月
マダラ　約9ヶ月後　約1年2ヶ月
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
事故後の経過年数

海水中と海産魚中のCs-137の関係



・魚中の放射能濃度は海水中濃度に依存する。

(参考文献:笠松不二雄、海洋と生物 122, 1999)

採取方法

採泥器

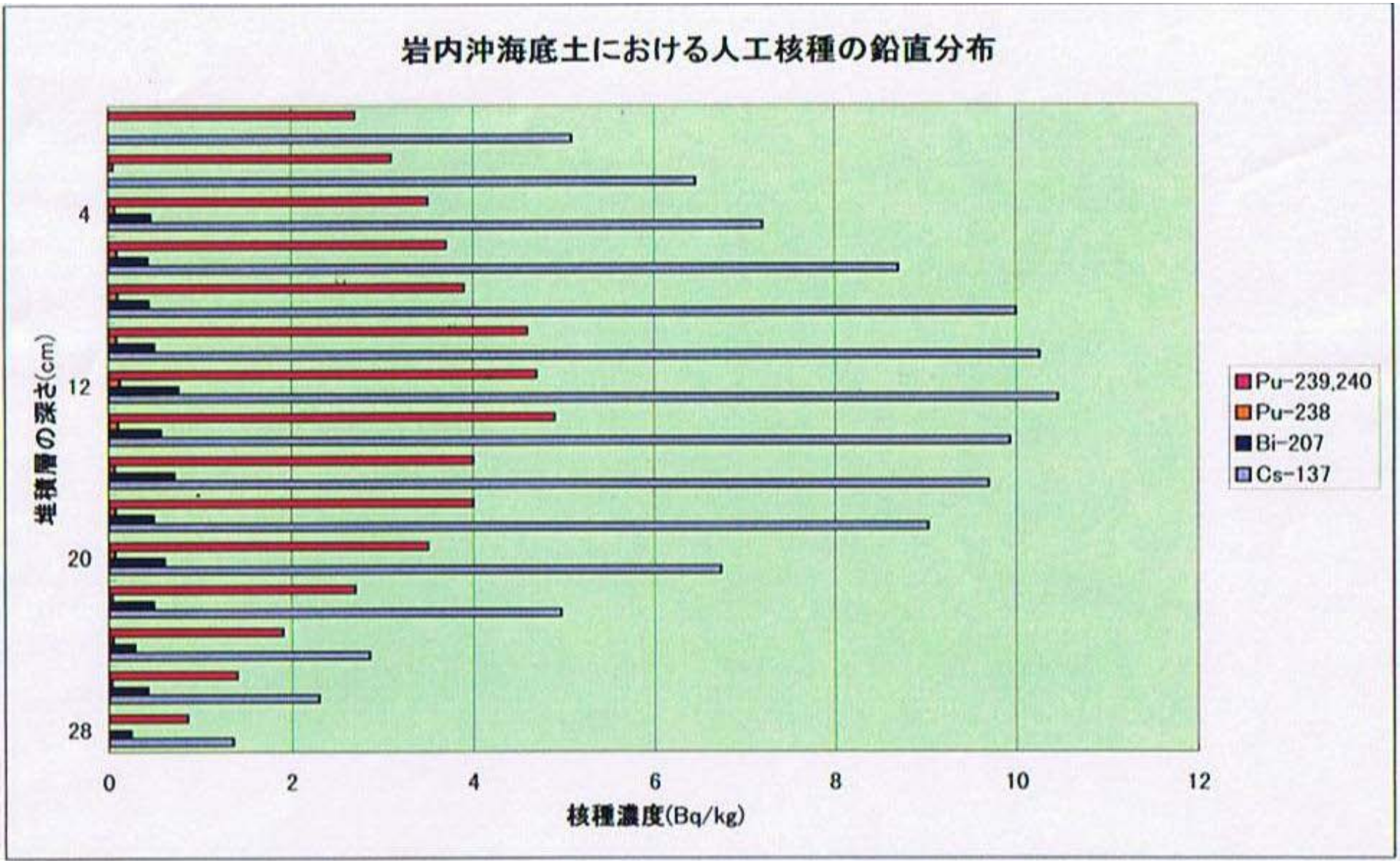
・重力式柱状採泥器

採取方法

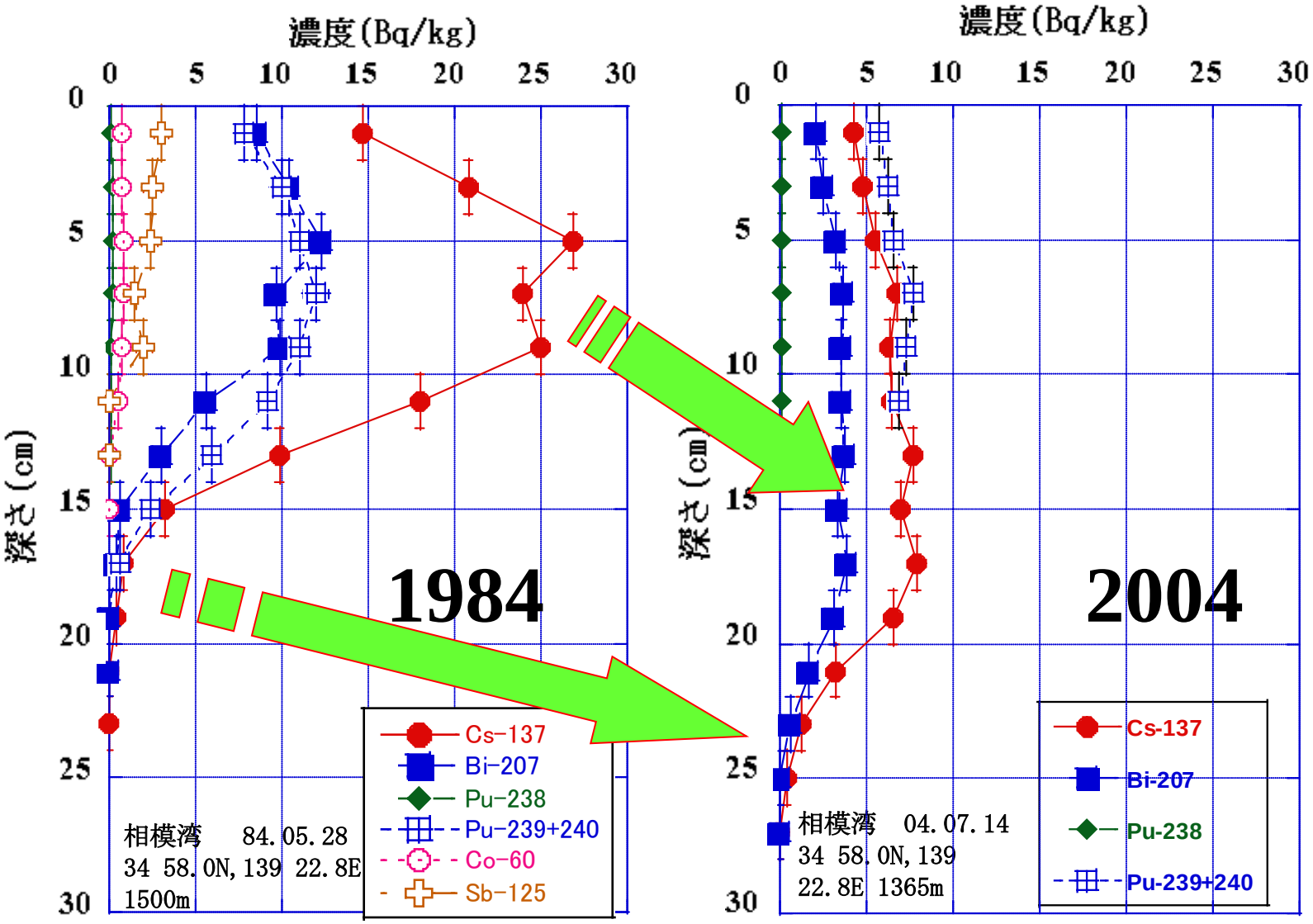
・表層から2cmまたは4cmづつカット
　乾燥、粉砕

測定核種（18核種）

^{7}Be, ^{54}Mn, ^{58}Co, ^{60}Co, ^{65}Zn, ^{90}Sr, ^{95}Zr, ^{95}Nb, ^{103}Ru, ^{108m}Ag,
^{110m}Ag, ^{125}Sb, ^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{144}Ce, ^{207}Bi, ^{238}Pu, $^{239+240}Pu$


岩内沖海底土における人工核種の鉛直分布
堆積層の深さ(cm)
4
12
20
28
0
2
4
6
8
10
12
核種濃度(Bq/kg)
Pu-239,240
Pu-238
Bi-207
Cs-137

1984, 2004年の相模湾海底土の比較



ここまでのまとめ

魚介類のCs-137濃度について

・魚介類の濃度は海水の濃度に依存する。

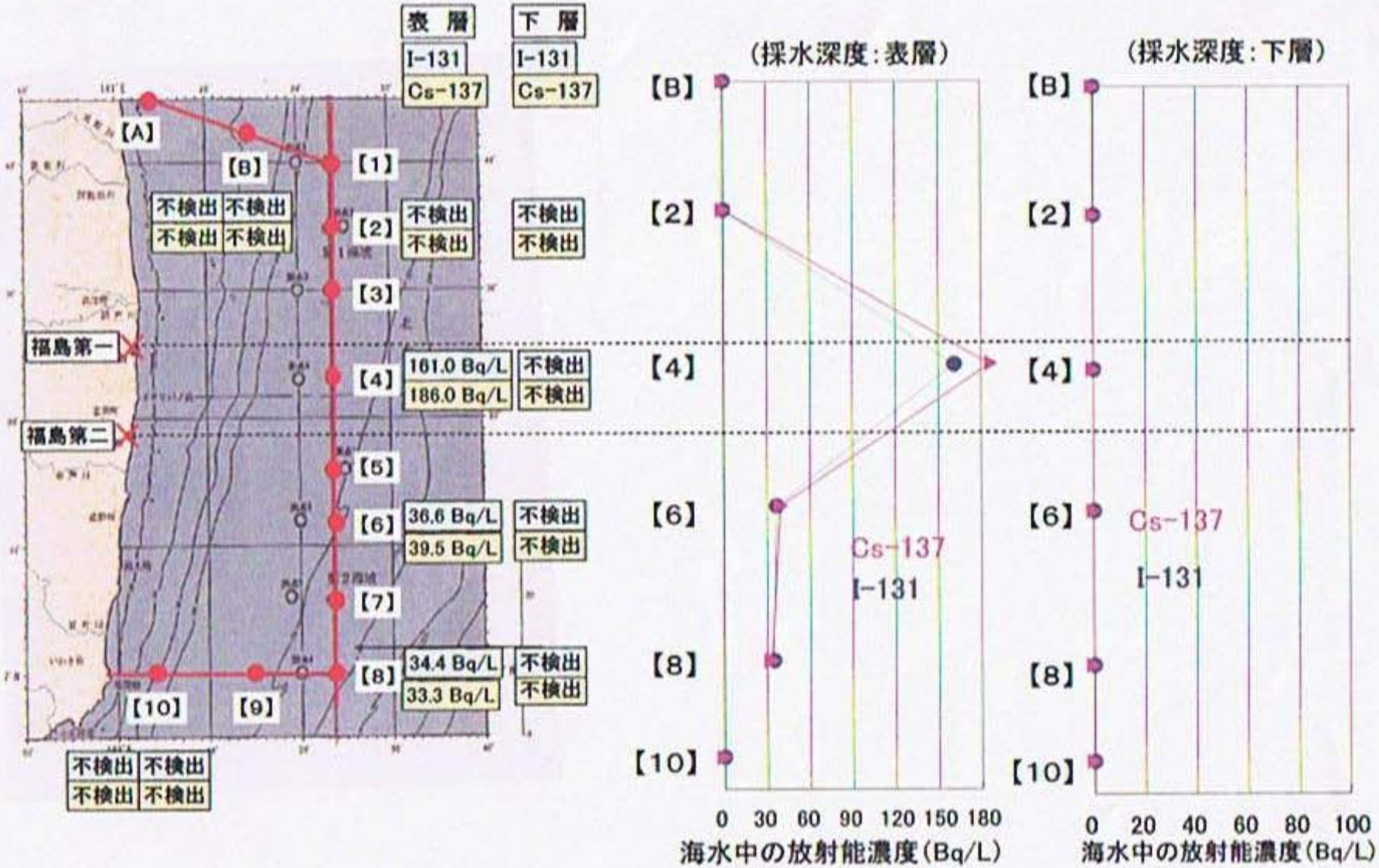
・放射性物質は、水銀や有機塩素化合物などと異なり、
食物連鎖を通じて魚体内で蓄積しつづけない。
・魚体内中に入った放射性物質は、体外に排出される。
（海洋での濃縮係数はたかだか100以下である）

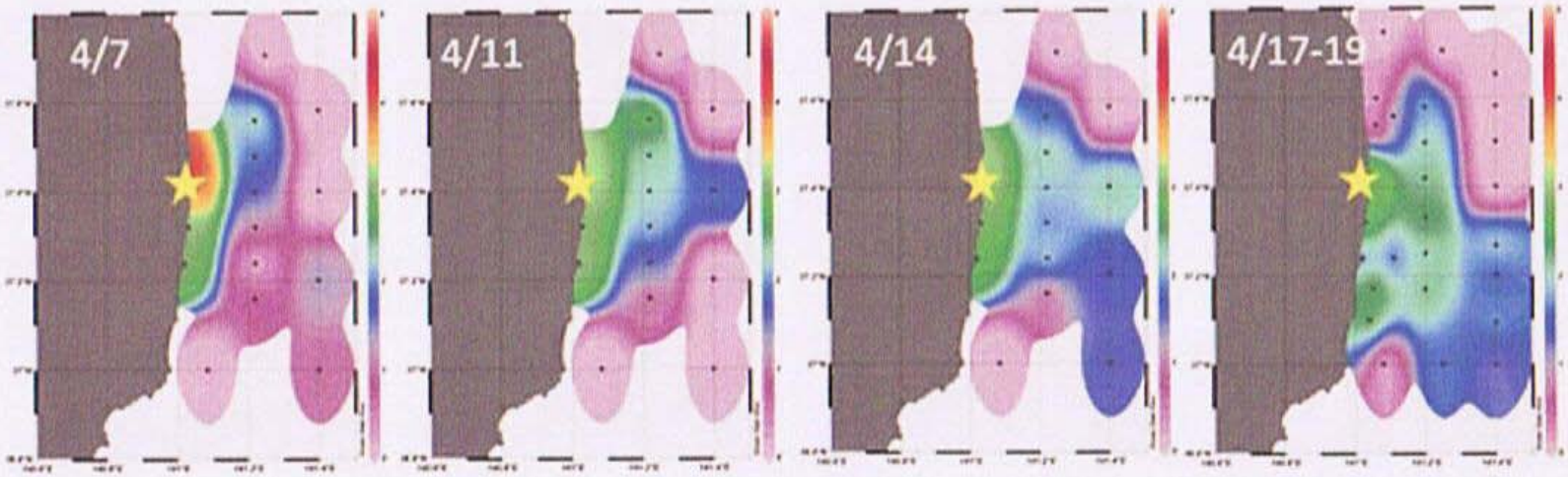
・海に入った放射性物質の濃度は希釈・拡散され、薄くなる。

・海中に入った放射性物質は、凝集沈殿したり、懸濁物に吸着し海底に運ばれる。

・海底に沈殿した放射性物質は、魚に大きな影響を与えない。

海域モニタリング結果（平成23年4月15日採水）

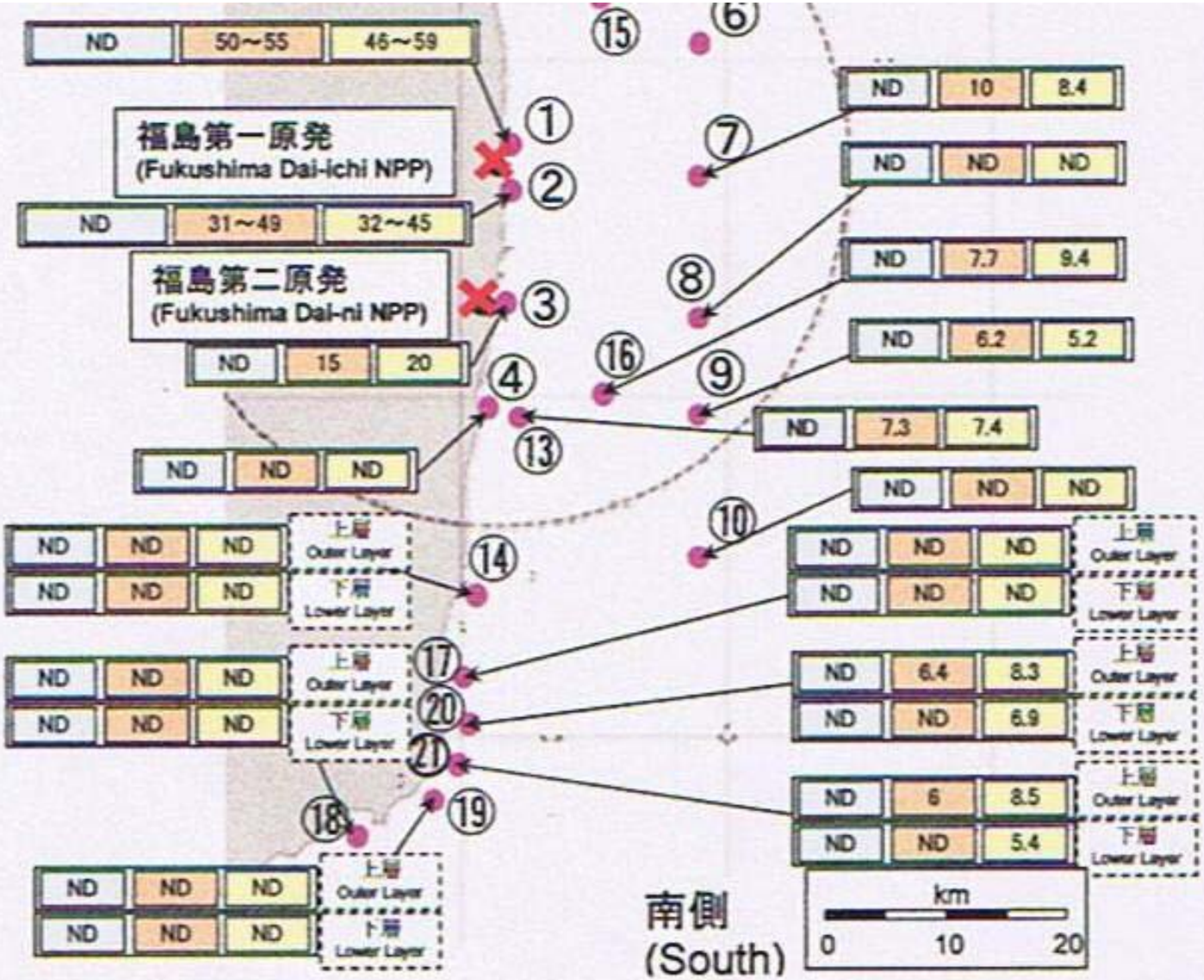




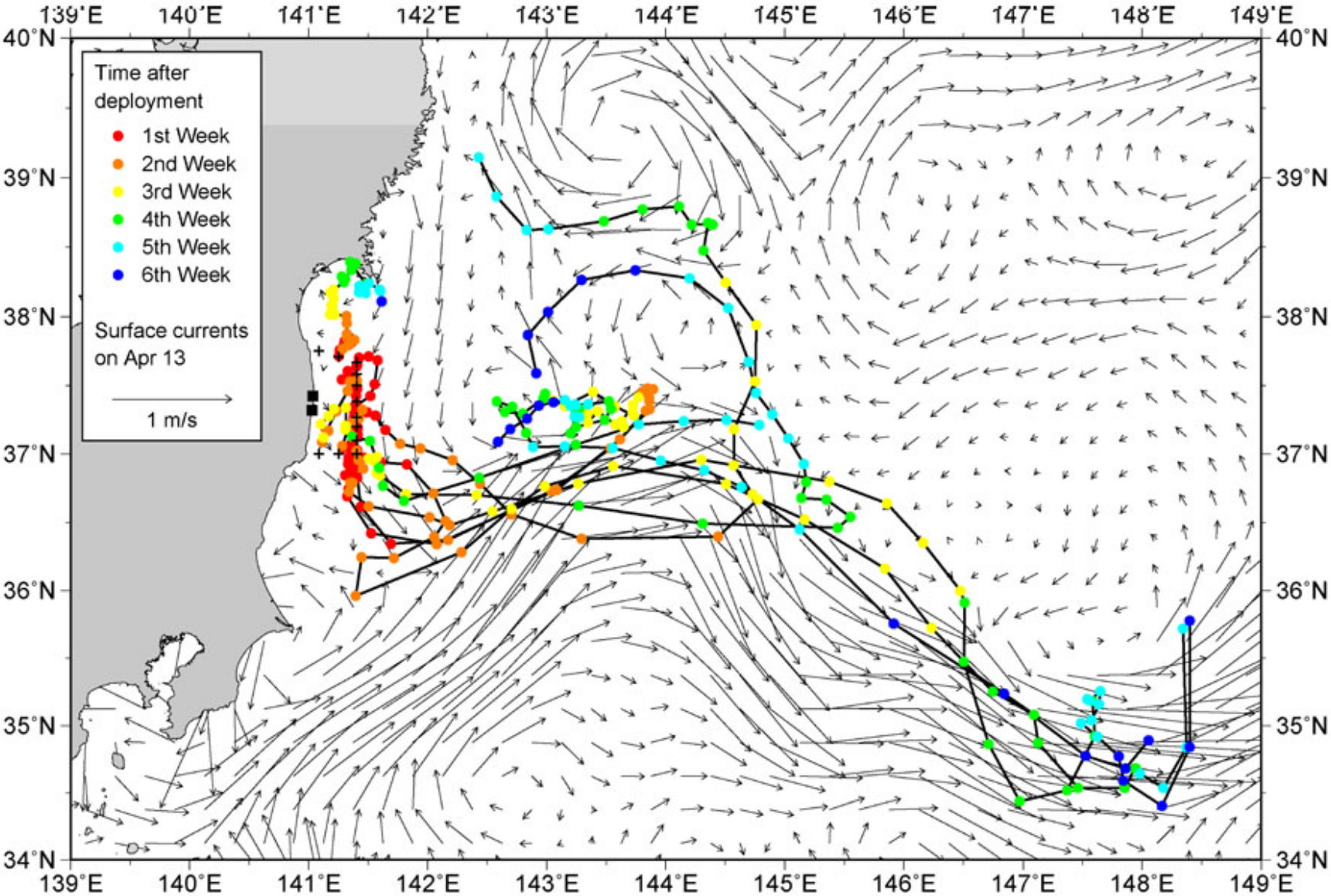
http://www.kaiyo-gakkai.jp/sinsai/fig2_teigen.jpg

2011/05/27

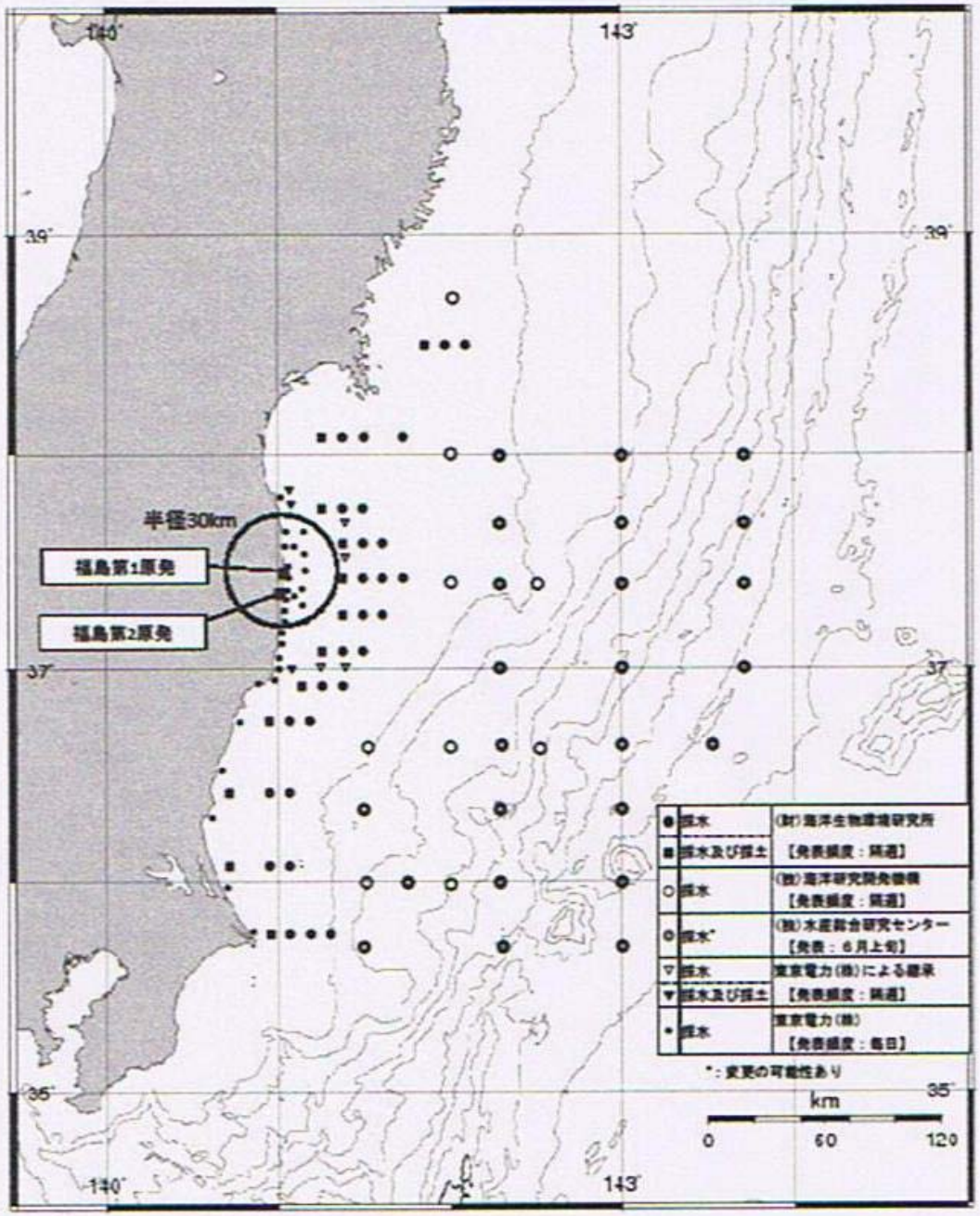
5月23日



*東京電力(株)の発表(http://www.tepco.co.jp/cc/press/index11-j.html)をもとに文部科学省が作成
(Based on the press release of TEPCO (http://www.tepco.co.jp/cc/press/index11-j.html)


Time after deployment
1st Week
2nd Week
3rd Week
4th Week
5th Week
6th Week
Surface currents on Apr 13
1 m/s
139°E
140°E
141°E
142°E
143°E
144°E
145°E
146°E
147°E
148°E
149°E
40°N
39°N
38°N
37°N
36°N
35°N
34°N

海域モニタリング広域化の全体像



ベックレル(Bq)とシーベルト(Sv)

ベックレル(Bq)：放射線の強さを示す単位

シーベルト(Sv)：人体に対する放射線の影響の程度を示す単位

BqとSvの関係：実効線量計数(mSv/Bq)

Cs-137

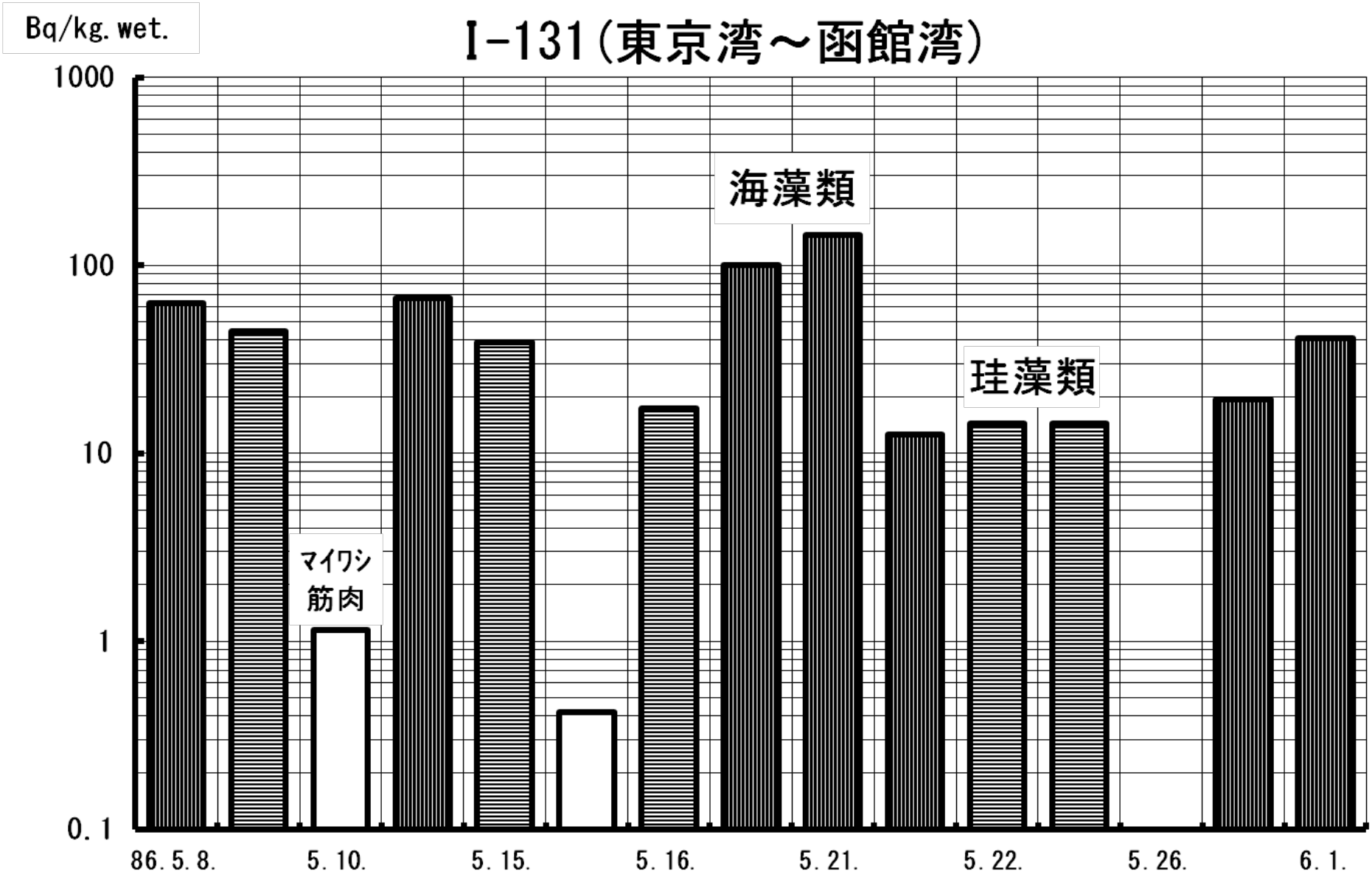
Cs-137を1ベクレル経口摂取したときの成人の実効線量計数(mSv/Bq)

0.000013 mSv/Bq

1,000Bq/kgの魚を200gずつ365日(1年間)食べ続けた場合

1,000(Bq)×200/1,000(g)×365(day)×0.000013(mSv/Bq)=**0.949mSv**

(暫定規制値は500Bq/kg)


Bq/kg. wet.
I-131(東京湾～函館湾)
1000
100
10
1
0.1
海藻類
珪藻類
マイワシ
筋肉
86.5.8.
5.10.
5.15.
5.16.
5.21.
5.22.
5.26.
6.1.

I-131

I-131を1ベクレル経口摂取したときの成人の実効線量計数 (mSv/Bq)

0.000016 mSv/Bq

海藻類の摂取

5,000Bq/kgの海藻を50gずつ365日食べた場合

5,000(Bq)×50/1,000(g)×365 (day)×0.000016(mSv/Bq)= **1.46 mSv**

(暫定規制値は2,000Bq/kg)

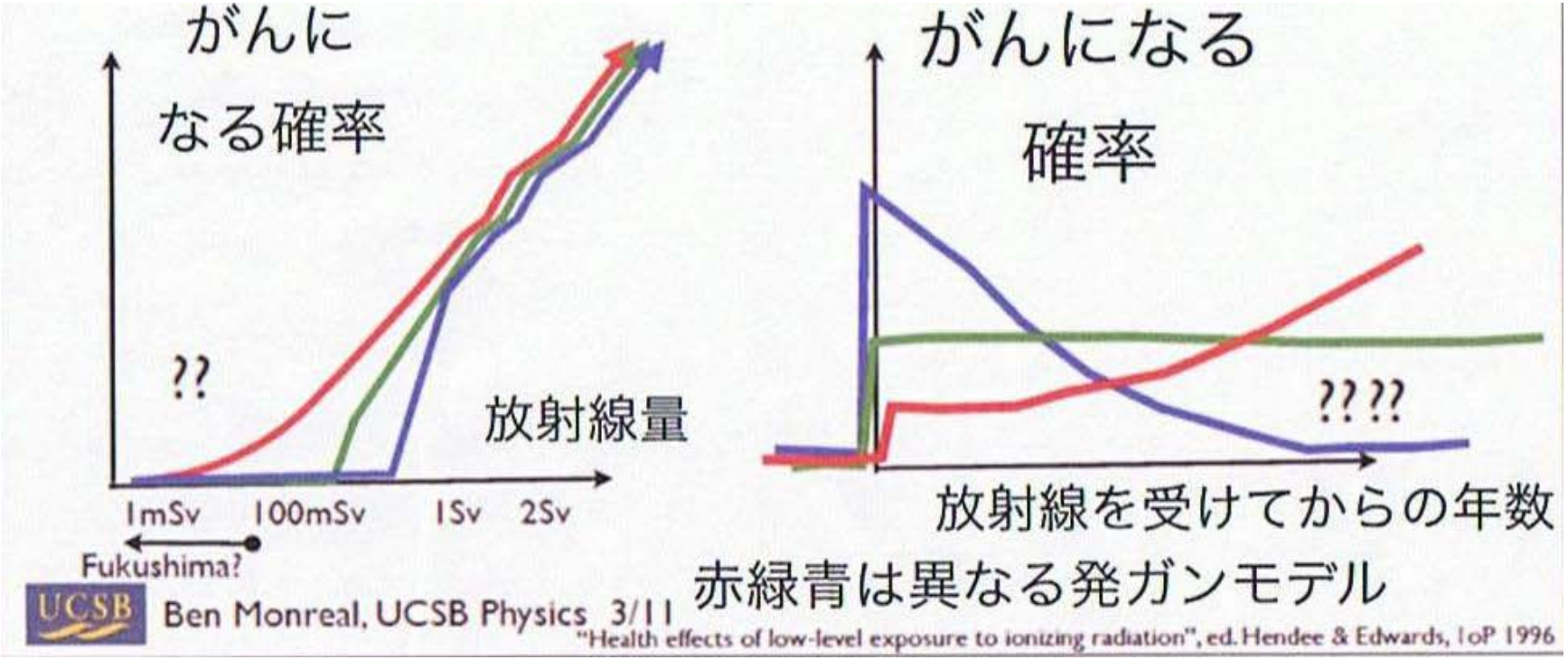
チェルノブイリの場合（I-131が甲状腺に蓄積）

100mSvの被曝で甲状腺がんのリスクは5%増加

（100mSv以下の被曝では認められない）

放射線量と危険度は比例するか
低線量被曝の場合

可能性はあるが、低線量被曝による危険性の増加が検証できないためわからない。



水産物の種類毎の放射性物質の検査結果について

2011年3月24日以降、各都道県等が実施した放射性物質の検査結果を以下の6つのグループに分けて種類毎に取りまとめています。

1 稚魚等

ごく表層を浮遊または遊泳している魚。主に卵から生まれて数ヶ月の稚魚です。

イカナゴの稚魚、カタクチイワシの稚魚など

2 浮魚

主に表層～中層を遊泳している魚です。

マイワシ、マサバ、カタクチイワシ、カツオなど

3 底魚

主に底層を遊泳している魚です。

ヒラメ・カレイ類、マダイ、ヤリイカなど

4 貝類、甲殻類等

アサリ、ハマグリ、シジミ、ボタンエビなど

5 海藻類

ヒジキ、トサカノリなど

6 淡水魚

コイ、ニジマスなど

7水産加工品

シラス干し、ホッケ開き干し、ワカメ(塩蔵)など

(参考)食品衛生法上の水産物の暫定規制値

放射性セシウム(Cs):500 Bq/kg

放射性ヨウ素(I):2000 Bq/kg

水産物の種類毎の放射性物質の検査結果
1 稚魚等
2 浮魚
3 底魚
4 貝類、甲殻類等
5 海藻類
6 淡水魚
7 水産加工品

稚魚等

ごく表層を浮遊・遊泳している魚
2011年4月1日以降採取

- 原子力災害対策特別措置法に基づき、福島県に水揚げされたイカナゴの稚魚について、出荷制限及び摂取制限が2011年4月20日指示されました
- 5月13日までに採取された検体について取りまとめました

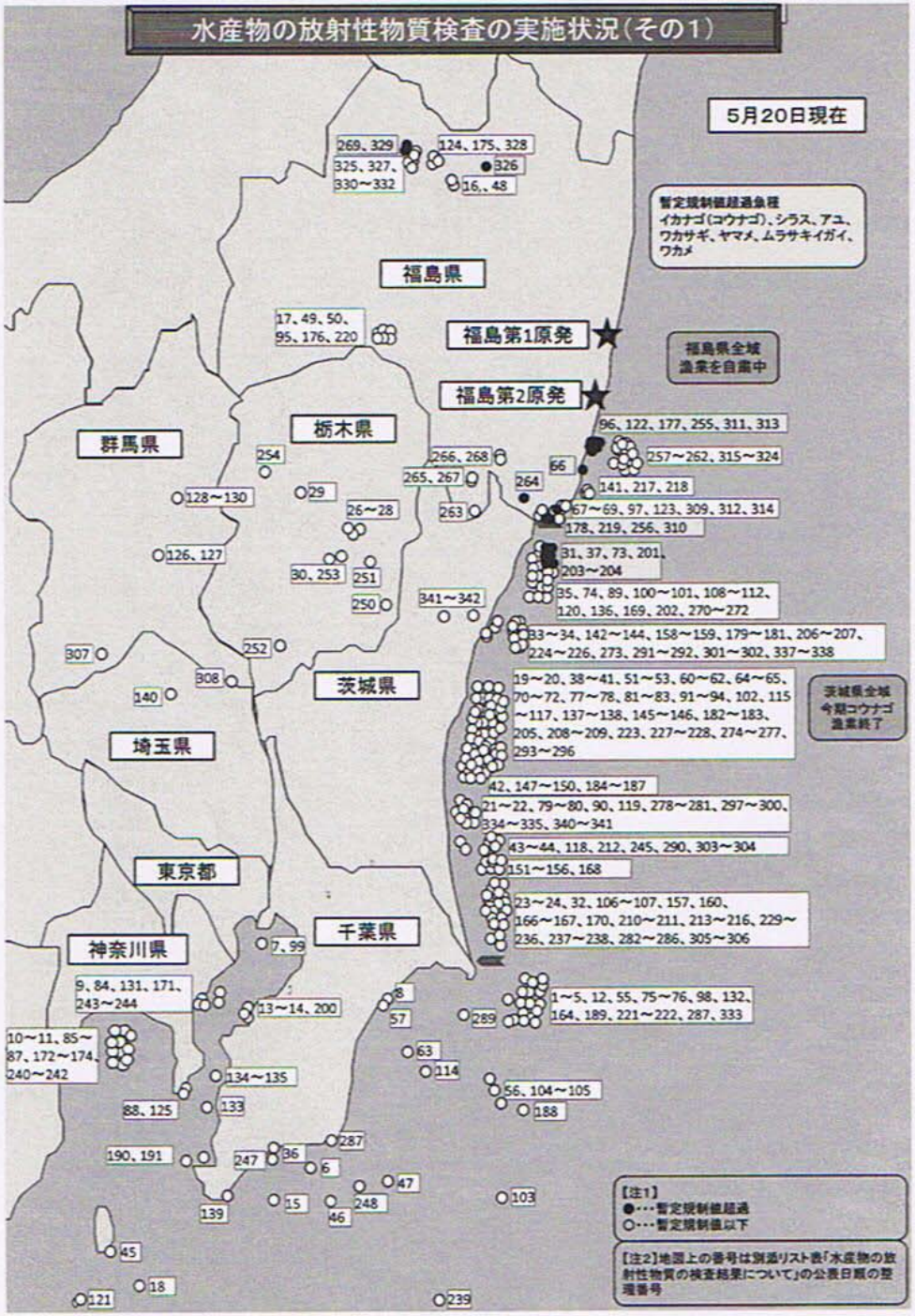
＊注1 暫定規制値（魚） 総放射性セシウム（Cs-134＋Cs-137）：500Bq/kg
放射性ヨウ素（I-131）：2000Bq/kg

＊注2 暫定規制値を超えた値について（※）で表記している

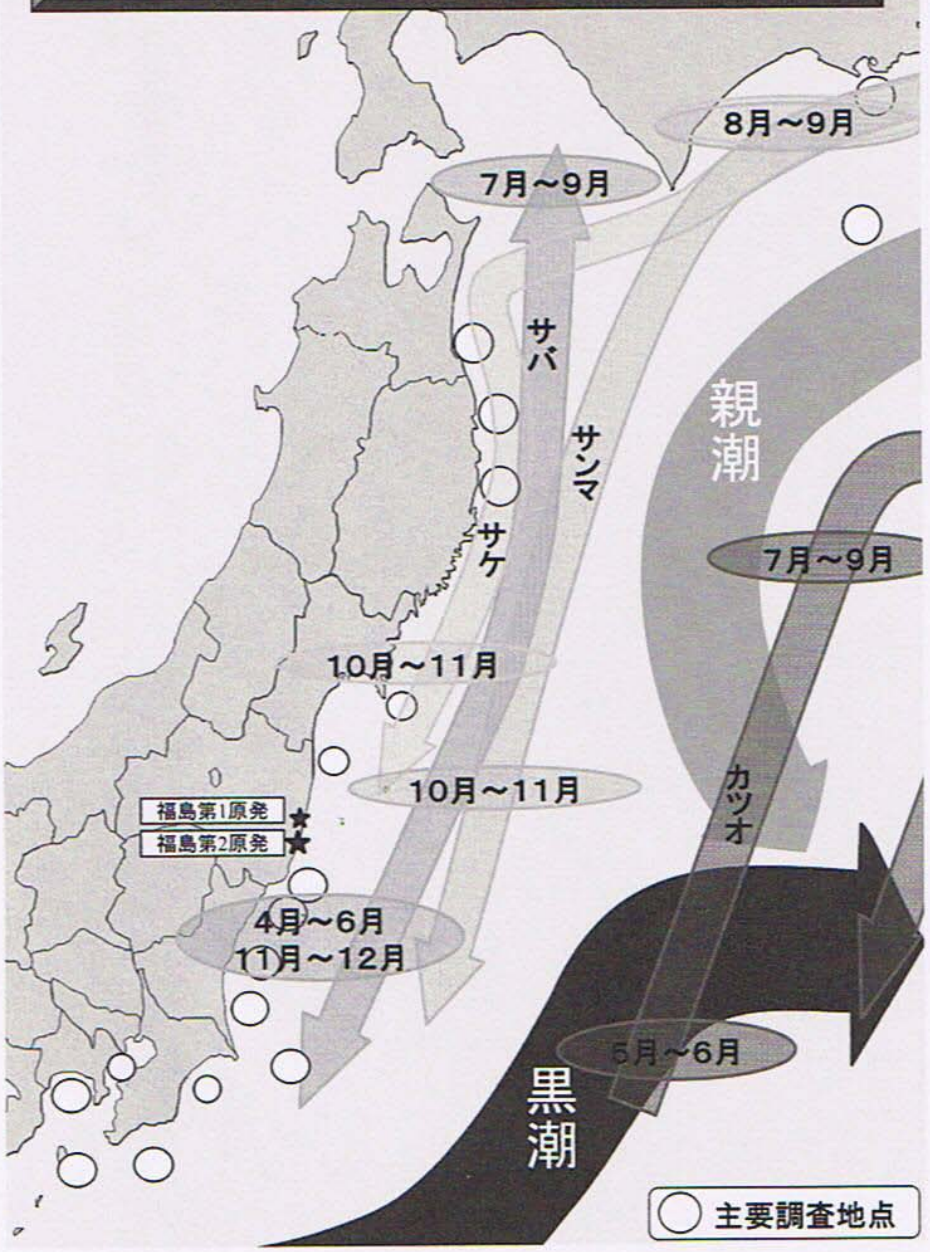
＊注3 地図番号は「海産魚介類の放射性物質検査実施海域」（PDF：191KB）に記載された番号と同じ

魚種	採取地	採取年月日	地図番号	分析部位	総放射性セシウム検出結果（Bq/kg）	放射性ヨウ素検出結果（Bq/kg）
イカナゴ（コウナゴ）	北海道 島牧村沖	5月12日	249		検出限界未満	検出限界未満
イカナゴ（コウナゴ）	福島県 勿来沖	4月7日	67	魚体丸ごと	500（※）	1200
イカナゴ（コウナゴ）	福島県 勿来沖	4月7日	68	魚体丸ごと	490	1500
イカナゴ（コウナゴ）	福島県 勿来沖	4月7日	69	魚体丸ごと	480	1100
イカナゴ（コウナゴ）	福島県 四倉沖	4月7日	66	魚体丸ごと	570（※）	1700
イカナゴ（コウナゴ）	福島県 四倉沖	4月13日	96	魚体丸ごと	12500（※）	12000（※）
イカナゴ（コウナゴ）	福島県 久ノ浜沖	4月18日	122	魚体丸ごと	14400（※）	3900（※）
イカナゴ	福島県	4月13		魚体丸		

水産物の放射性物質検査の実施状況（その1）



海産魚介類の放射性物質検査の実施の概要



謝　辞

旧水産庁中央水産研究所、（財）海洋生物環境研究所の皆さんのご協力を得ました。

友定彰、森田貴己、鈴木穎介、皆川昌幸、藤本賢の諸氏には特にお世話になりました。深く感謝いたします。