柏崎刈羽地域における食品摂取に伴う線量調査

石山　央存・笠原　貢・霜鳥　達雄・山﨑　興樹

Estimation of Internal Dose with Dietary Survey in Kashiwazaki-Kariwa Area.

Hisanobu Ishiyama, Mitsugu Kasahara, Tatsuo Shimotori and Koki Yamazaki.

Monthly dietary survey was conducted from 2006 to 2008 with eight households in Kasiwazaki-Kariwa area, in order to estimate intakes of some radionuclides included in daily meal. Those intake average of each food group by adults (>17 years) were almost same as Japanese average of adults (>19 years) in 2005 except few groups. Though total ingestion was lower in summer, some kinds of vegetables such as tomatoes and cucumbers were showed relatively higher ingestion in summer season. As for age groups under 17 years old, their food intakes were strongly affected by school meals. Detected radionuclides were ^{3}H, ^{90}Sr, ^{137} Cs, $^{239+240}$Pu (artificial) and ^{40}K and ^{210}Po (natural), in which ^{40}K provides the largest internal dose of 0.12 mSv/y. Contribution from artificial nuclides was under 1 % to that of ^{40}K and ^{210}Po, whose level was almost same as recent results in Japan.

Keywords: daily dietary intake, radioactive concentration in foods, internal dose and Kashiwazaki-Kariwa.

1 は じ め に

環境放射線監視結果から実効線量を推定・評価するにあたり，外部被ばく線量については，通常，積算線量等の測定結果が用いられる．一方，内部被ばくによる預託線量については，食品として摂取する試料の放射能濃度に加え，各試料を食事として摂取する割合についても知る必要があり，線量評価のための標準的な値が示されている [1)]ほか，地域ごとに適当な値をとり得る [2)]とされている．評価精度向上の観点からは，これらパラメータの地域特性を把握することが重要である．

新潟県では，柏崎刈羽原子力発電所が運転を開始する 2 年前の 1983 年から，同発電所周辺地域における環境放射線監視調査（以下，「監視調査」という．）を開始し，農畜海産物の放射能濃度調査を行ってきた [3)]．また 1993 年から 2005 年には，調査研究として食品中放射能水準調査に取り組み，より広範な種類の食品試料についての調査を行ってきた．一方，食品群ごとの摂取量については，1994 年及び 1995 年に発電所周辺地域の食品摂取量調査（以下，「前回調査」という．）を実施 [4)]しており，加藤ら [5)]はこれらの成果を用いて，2003 年までの ^{137}Cs と ^{90}Sr（いずれも核実験由来）の経年推移と濃度分布，並びに預託実効線量について報告している．

しかし，前回調査では，4，8 月を除いた計 10 ヶ月間の調査であり，1 年を通しての摂取割合を把握したわけではなく，また当該調査より 10 年が経過し，状況も変化している可能性があった．

そこで，2006 年度から 2008 年度の 3 ヵ年について調査研究「柏崎刈羽地域における線量調査」として通年の摂取量調査を実施した．この中では実際の食事（日常食試料）についても放射能分析を行い，その結果について，食品ごとの摂取割合から算出した推定値との比較を行った．

2 調　査　方　法

2.1　調査世帯及びスケジュール

調査した世帯の位置を Fig. 1 に，年代別調査人数を Table 1 に示す．対象世帯は，柏崎刈羽原子力発

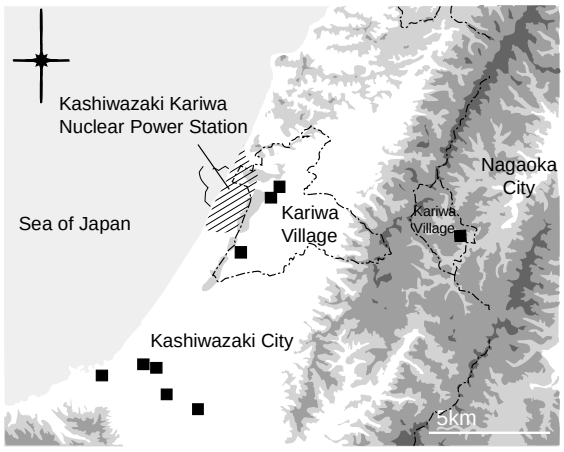

Fig. 1 Location of the households in this study.

電所周辺の柏崎市及び刈羽村の各 4 世帯，計 8 世帯を選定した．調査期間中に 1 世帯が交代したため，Fig. 1 には全 9 世帯を示す．前回調査と同様の地域区分に従えば，柏崎市の 4 世帯が「市街地」，刈羽村の 4 世帯のうち 3 世帯が「平場農村」，1 世帯が「山間農村」に該当した．Table 1 には比較のために，前回調査のほか，2004 年に新潟県が実施した県民健康・栄養実態調査 [6]（以下，「県民調査」という．）及び 2005 年に厚生労働省が全国を対象に実施した国民健康・栄養調査 [7]（以下，「国民調査」という．）の年齢構成も示した．年齢区分については，本調査及び前回調査では，内部被ばく線量評価の観点から ICRP の勧告する公衆構成員の区分 [8]に従っており，県及び国民調査の区分と異なるが，Table 1 では参考のため，県及び国民調査と同じ区分でも記載した．また，表中の人数は 1 回の調査あたりの平均人数で表記したため，多数回の調査となった本調査および前回調査では小数点以下の端数が生じた．

Table 1. Number of the people (monthly average).

age	present study (2006-2008)	previous survey (1994-1995)[4]	age	present study (2006-2008)	Niigata Pref. (2004)[6]	Japan (2005)[7]
			1~6	0.6	93	463
<1	−	1.7	7~14	3.0	135	741
1 to 2	−	5.3	15~19	1.3	70	429
3 to 7	0.8	15.0	20~29	1.2	114	803
8 to 12	2.6	19.5	30~39	3.4	162	1053
13 to 17	1.1	15.2	40~49	5.6	172	1090
adult >18	22.3	167.8	50~59	4.2	197	1346
			60~69	3.7	205	1426
			70~	3.9	241	1544
total	26.8	224.5	total	26.8	1389	8895
number of households	8	46	number of households	8	686	3608

今回の調査世帯数及び人数は他調査と比較して少なく，特に若年層では，2 歳以下の対象者がゼロであり，3〜7 歳，13〜17 歳では対象者が 1 名だけであった．また，成人年齢では 20 代が少なく，40 代がやや多いという構成であった．さらに，本調査は 3 ヵ年に渡ったため，調査の途中で対象者の年齢の区分が変わった例もあった．

Table 2 に調査スケジュールを示す．調査は原則月 1 回のアンケート方式による摂取量調査と，半年ごとの日常食を対象試料とした放射能分析により行った．なお，摂取量調査では，2007 年 7 月の中越沖地震の影響を受けて当該月の調査を中止し，代替として 2008 年 1 月に特定期間調査を実施した．

Table 2. Schedule of this study.

Year	2006			2007												2008								
Month	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Questionnaire survey for dietary composition	25 W	21 T	20 W	16 T	7 W	1 Th	16 M	16 W	20 W	0	31 F	19 W	15 M	21 W	19 W	16 W	20 W	3 M	21 M	21 W	18 W	16 W	20 W	3 W
Additional questionnaire survey	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	5-11	−	−	−	−	−	−	−	−
Analysis of day's food	25 W	−	−	−	−	−	16 M	−	−	−	−	−	15 M	−	−	−	−	−	21 M	−	−	−	−	−

2.2　食品摂取量調査

調査は国民調査 [9]及び前回調査の手法を参考に，月 1 回，家族全員の食事について食品ごとの摂取量（外食・給食等を除く）を食事秤量記録法により実測した．調査日は休日を避け，Table 2 に示す月 1 回の目安日またはその前後の平日で実施し，日常の食事を対象とした．ただし，2008 年 1 月に実施した特定期間調査は，正月明けから松の内終わり頃（5 日～10 日）を調査期間とすることで，日常の食事との比較を試みた．アンケートの記入例を Fig. 2 に示す．

Fig. 2 An entry example of daily food intake.

(1) 食品群の区分及びまとめ方

食品の区分を Table 3 に示す．本調査は，Table 1 に示したように国民調査等とは調査人数及び期間が異なるほか，食品区分の扱いやデータのまとめ方についてもいくつかの違いがあり，主な差異等を Table 4 にまとめた．

県及び国民調査では, 2001 年度以降, 一部の食品について食品群別摂取量の算出方法を調理後の“口に入る段階の重量”としての扱いに変更している．具体的には穀類の「米」は「めし」として，また同じく穀類の「めん類」等やいも類の「はるさめ」についてはゆでた後の重量として，さらに豆類の「凍り豆腐」，野菜類の「切干し大根」，藻類の「干しわかめ」，「ひじき」等については，水戻し後の重量として換算しており，その他のものは調理前の重量としている [7, 9]．本調査でも，県及び国民調査と比較するためにこの表記に従った．一方，1995 年にまとめられた前回調査では調理前重量による集計であることに注意が必要である．

また，野菜については，県及び国民調査では五訂増補日本食品標準成分表 [10]に基づき，イモ類，豆類及び種実類と区別して野菜類を分類し，緑黄色野菜及びその他の野菜に中分類している．しかし，本調査ではフォールアウト由来成分の評価が重要であることから，監視調査と同様に，野菜類は葉菜類と根菜類に分類し, その他の果菜類, 種実類及びきのこ類について, その他野菜類としてまとめた．イモ類及び豆類は，県及び国民調査と同様に，野菜類と別に集計した．

さらに，し好飲料水に含まれない飲料水や煮物のだし汁，インスタントラーメンに加えた湯等については，県及び国民調査では集計していないが，被ばく評価上考慮すべきと考えて前回調査と同様に

水の区分を設け，可能な限り摂取量を集計した．ただし，実際の摂取水量を再現するのは困難と考えられるので，参考値として水（参考）という区分とした．

市販の惣菜や冷凍食品等の調理加工品については，県及び国民調査と同様に，材料食品ごとに分けて集計したが，前回調査に合わせて，調理加工品自体の摂取量も集計した．外食（給食を含む）の扱いについては，県及び国民調査では外食の回数を記載しているが，本調査では前回調査と同様に，1 回の外食を 100 とした外食指数として扱った．

Table 3. Food categories in this study.

食　　品	食　　材
穀　　類：	米，麦，トウモロコシ等の他，これらが主原料の食品（めし，パン，ゆで麺等）
イ　モ　類：	ジャガイモ，サツマイモ等の他，これらが主原料の食品（コンニャク等）
豆　　類：	大豆，えんどう豆等の他，これらが主原料の食品（豆腐，油揚げ等）
葉　菜　類：	キャベツ，レタス，ほうれん草，白菜等のように，植物の葉の部分を主に食用とする野菜の他，これらが主原料の食品　（白菜の漬物等）
根　菜　類：	大根（根），人参（根），レンコン，生姜等のように，植物根の部分を主に食用とする野菜の他，これらが主原料の食品（たくあん漬等）
その他野菜類：	イモ類，豆類，葉菜類，根菜類に分類されない野菜の他，これらが主原料の食品（例　トマト，ピーマン，きのこ等）
果　実　類：	いちご，リンゴ，ミカン，バナナ等の他，これらが主原料の食品　（果実ジャム等）
藻　　類：	ワカメ，昆布等の他，これらが主原料の食品（焼きのり，えご等）
魚　介　類：	魚，貝，甲殻類，魚卵等の他，これらが主原料の食品（かまぼこ等）
肉　　類：	牛肉，豚肉，鶏肉等の他，これらが主原料の食品（ハム，ベーコン等）
卵　　類：	鶏卵の他，これらが主原料の食品
牛　　乳：	飲料及び料理等に用いた牛乳
乳　製　品：	牛乳を主原料とした加工品（チーズ，ヨーグルト等）
油　脂　類：	サラダ油，ゴマ油，マーガリン，バター等
砂糖・菓子類：	料理等で使用される砂糖の他，加工によって一般的に菓子として摂取される食品（まんじゅう，チョコレート等）
し好飲料水：	お茶，コーヒー，ジュース等の他，酒・ビール等のアルコール類
調　味　料：	塩，コショウ，味噌，マヨネーズ，焼肉のタレ等
水（参考）：	飲料用の他，調理に用いられた水
調理加工品：	市販の惣菜，冷凍食品（例　コロッケ，ポテトサラダ，ひじきの煮物等）

Table 4. Differences between present study and others.

	本調査	前回調査 [4]	県 [6]及び国民調査 [7]
調査年	2006－2008	1994－1995	2004（県）／2006（国）
調査期間	23 months	10 months	11 月中の 1 日
対象世帯数	8	46	682（県）／3608（国）
年齢区分	<1, 1-2, 3-7, 8-12, 13-17, >17		1-6, 7-14, 15-19, 20-29, … 60-69, >69, >19, 65-74, >74
ご飯の秤量	炊上げ後	調理前	炊上げ後
乾物の秤量	水戻し後	調理前	水戻し後
野菜の分類	葉菜・根菜等 種実類，きのこ類はその他野菜に分類		緑黄色野菜等 種実類，きのこ類は別集計
砂糖・菓子類	砂糖類と菓子類を合わせて集計		砂糖・甘味料類と菓子類を区別
水	飲料水＋調理用水		記録なし
外食の扱い	外食指数（1 食を 100 とする）		回数を記録

(2) 摂取量の記録

各家庭にはかりを配布し，Fig. 2 に示すように，料理ごとの材料の生試料重量及び調理後の重量に加え，調理品について各人が摂取した量，また残分あるいは廃棄分について記録してもらった．前述したように，米は「めし」として炊き上げ後の重量で表すこととしたが，内部被ばく線量の評価に際しては精米及び水の生重量も必要であるため，調査日に米を炊いた場合はこれらも参考値として記録した．また，前述の乾物等について，水戻し後の重量が記録用紙に記載されていない場合は，五訂増補日本食品標準成分表 [10]の重量変化率を参考に換算した．調味料等で秤量が困難な場合は，「さじ」，「カップ」等による容量の記録とし，集計の際に重量換算した．

市販の惣菜，冷凍食品，前日の残りの料理や他の家庭からの差し入れについては，個々の具材が明らかな場合は記録し，不明な食材や分量は（独）国立健康・栄養研究所の web サイトで入手した料理素材と重量の資料 [11, 12]をもとに推定して材料ごとに分けて重量換算した．また前述のように「調理加工品」として市販の惣菜及び冷凍食品を集計した．

弁当や外食を摂取した場合には，その種類のほか，材料を記録してもらい，材料や分量が不明な場合は「調理加工品」と同様に資料 [11, 12]をもとに算出した．また，給食については，学校給食の標準食品構成表 [13]の値を採用し，この表では得られない葉菜・根菜等の分量については，「調理加工品」と同様に資料 [14]をもとに算出した．

2.3　日常食の採取・分析

2006 年 10 月，2007 年 4 月及び 10 月，2008 年 4 月の計 4 回，各世帯から 1 人 1 日分の食事を陰膳方式で提供してもらった．調査対象は家庭での食事とする観点から，調査協力者（主に成人女性）の摂取した食事相当とした．柏崎市 4 世帯及び刈羽村 4 世帯の試料をそれぞれ混合して市，村ごとに 1 試料とし，前処理（灰化，ふるい）後，放射能測定に供した．試料数は 4 回×2＝8 試料であった．

2.4　核種の定量

(1)　γ線放出核種

前処理後の試料を U8 容器に入れて，γ線放出核種について Ge 半導体検出器による定量を行った．測定時間は 80,000 秒とし，測定値は採取時間に減衰補正した．主な検出核種である ^{214}Bi，^{228}Ac，^{40}K，^{137}Cs の検出下限値は，それぞれ約 0.05，0.07，0.2，0.016 Bq / (person・day)であった．

(2)　放射化学分析

γ線測定後の試料について，文部科学省のマニュアルに基づき，^{90}Sr，$^{239+240}$Pu，^{226}Ra，^{210}Pb，^{210}Po の放射化学分析を行った．それぞれの検出下限値は約 0.023, 0.000057, 0.059, 0.40, 0.032 Bq / (person・day)であった．

また，日常食以外にも，食材となる農畜産物について放射能濃度情報を得ることを目的として，監視調査では測定対象としていない核種（葉菜や魚類の ^{90}Sr 等）の定量を行った．

3　結 果 と 考 察

3.1　食品摂取量調査

Table 1 に示したように，本調査の対象人数は他調査と比較して少なく，世帯の特徴や個人差が現れやすかったことに注意が必要である．従って，以降に示す結果は必ずしも地域全体を反映するものではなく，年代別（Fig. 3），性別（Fig. 4），地域別（Fig. 5）の解析結果も，それぞれの年齢構成や男女比にばらつきがあるために，正確な比較ではない．ただし，県民調査 [6]及び国民調査 [7]結果にも共通するいくつかの特徴が確認できたので，傾向把握を目的として示すこととする．

(1) 年齢区分ごとの平均摂取量

食品ごとの一日あたり平均食品摂取量の年齢別比較を，Table 5 及び Fig. 3 に示す．数値は特定期間調査をのぞく全調査期間における平均値である．

18 歳以上の対象者について，他の年代よりも摂取量が多かったのは，豆類，葉菜類，その他野菜類，藻類，魚介類，し好飲料水，水（参考）であった．またその他の摂取量も比較的多かったが，牛乳，外食指数については比較的少なかった．

Table 5. Food intakes (per capita per day) by age group.

Food group	3-7 years		8-12 years		13-17 years		>17 years	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
Cereals	309.7	21.7	325.5	23.6	546	28.8	458.0	19.1
Potatoes and Starches	46.7	3.3	68.7	5.0	36	1.9	56.9	2.4
Pulses	35.5	2.5	37.3	2.7	26	1.4	57.8	2.4
Leaf Vegetables	37.0	2.6	59.1	4.3	64	3.4	82.3	3.4
Root Vegetables	58.2	4.1	58.8	4.3	117	6.2	97.9	4.1
Other Vegetables	77.7	5.4	84.7	6.1	71	3.8	112.0	4.7
Fruits	120.1	8.4	68.5	5.0	49	2.6	73.1	3.1
Algae	3.9	0.3	3.5	0.3	7	0.4	14.8	0.6
Fishes and shellfishes	44.0	3.1	40.9	3.0	45	2.4	69.3	2.9
Meats	39.2	2.7	42.9	3.1	149	7.9	64.8	2.7
Eggs	21.5	1.5	26.9	1.9	55	2.9	32.7	1.4
Milks	152.1	10.7	300.3	21.7	214	11.3	73.7	3.1
Dairy products	44.2	3.1	41.9	3.0	44	2.3	34.4	1.4
Fats and Oils	7.4	0.5	14.7	1.1	10	0.5	9.7	0.4
Sugars and Confectioneries	31.7	2.2	17.2	1.2	25	1.3	25.2	1.1
Beverages	318.4	22.3	72.6	5.3	246	13.0	662.7	27.7
Seasonings and Spices	17.5	1.2	22.5	1.6	77	4.1	60.9	2.5
Water	60.2	4.2	96.0	6.9	114	6.0	409.3	17.1
Prepared foods	27.9	-	52.2	-	126.0	-	45.8	-
Eat-out foods*	94.7	-	96.8	-	44.4	-	30.2	-
Number of people	0.8	-	2.7	-	1.2	-	23.3	-
Total (Except prepared and eat-out foods)	1425.1	100.0	1382.1	100.0	1893.4	100.0	2395.5	100.0

* 100 points per meal

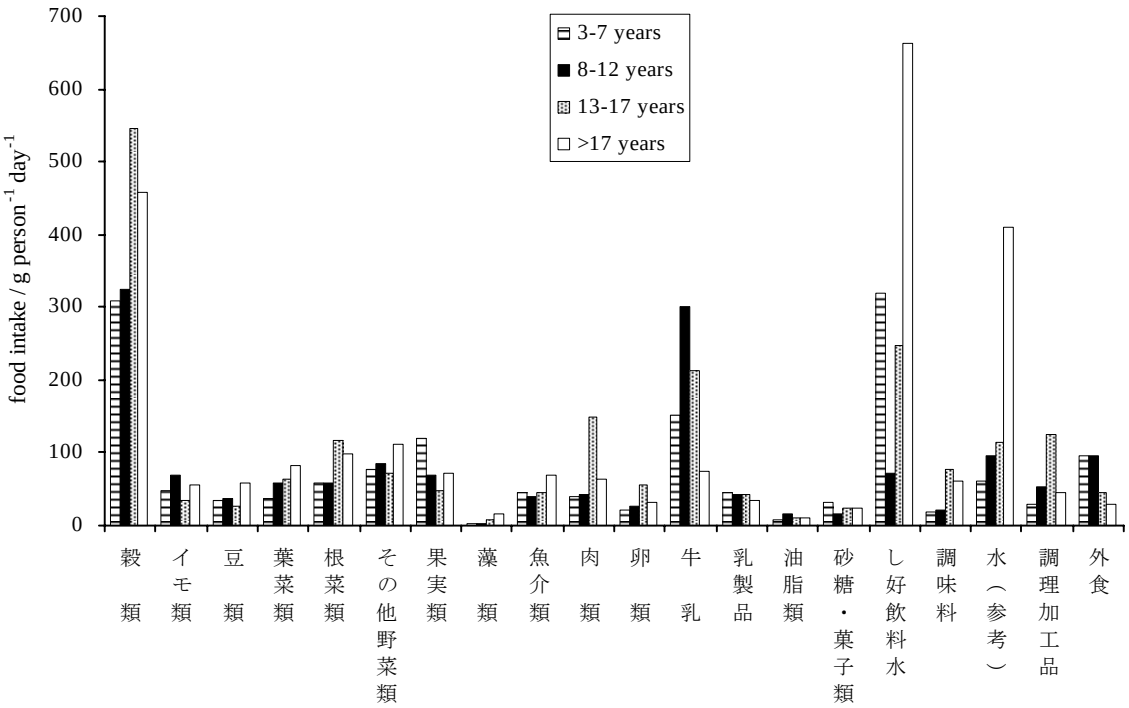

Fig. 3 Comparison of food intakes by age group.

県及び国民調査における年齢別の食品総摂取量結果によれば，

- 穀類，肉類，卵類の摂取量は 10 代後半の世代で最も多いこと
- 豆類，野菜類，魚介類，海草，し好飲料水の摂取量は 20 代以降の世代で多いこと
- 牛乳摂取量は 7 歳から 10 代前半の世代で最も多いこと
- 果実の摂取量は 6 歳よりも小さな世代で比較的多いこと

等の特徴が見られており，本調査結果もこれと同様であった．

18 歳未満の牛乳摂取量が多かったのは，アンケート内容によれば，学校給食の影響によるものであり，小・中学校では 1 回の給食で 206 g（200 ml）の摂取があった．1 日の食事量に占める牛乳摂取重量の割合は，18 歳以上では 3 %程度であったのに対し，8－12 歳では 20 %を超えた．また，給食の影響は，外食指数にも表れており，8－12 歳，3－7 歳では外食指数がほぼ 100 であった（平日の食事のうち，1 回が給食であることに由来）．ただし，本調査の 13－17 歳の区分には中学生と高校生が含まれたが，高校では給食がなかったため，年代平均としては下がった．このように，学校給食の有無は食品摂取に与える影響が大きかった．

18 歳以上で多いし好飲料水については，20 歳以上の年齢層による酒類の影響が大きかった．また，18 歳以上では水（参考）の摂取量も多かったが，これは，調査対象者のなかに健康法として飲料水を多く摂取する個人が含まれていたためと考えられる．なお，18 歳未満の水（参考）摂取量については，学校内等で飲んだ分が記載されておらず，全てを把握できていない可能性がある．

(2) 性別，地域ごとの平均摂取量（18 歳以上）

Table 6 に，食品ごとの一日あたり平均食品摂取量の性別並びに地域別比較を示す．ここでは，18 歳以上を対象に比較した．それぞれのグラフを Fig. 4 及び 5 に示す．

Fig. 4 に示す性別比較では，ほとんどの食品群について，男性の摂取量が女性よりも多い傾向があった．女性が男性の摂取量を上回ったのは，豆類，果実類，砂糖・菓子類，水（参考）であった．なお県及び国民調査では，果実，乳類，菓子類について女性の方が男性よりも多く，イモ類，豆類，緑黄色野菜ではほぼ同等の摂取量であった．

Tabel 6. Food intakes (per capita per day) by sex and area (adults of >17 years).

Food group	male (>17)		female (>17)		urban area (>17)		rural area (>17)	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
Cereals	518.4	21.3	411.9	17.4	467.1	19.1	452.9	19.2
Potatoes and Starches	63.7	2.6	51.7	2.2	39.4	1.6	66.6	2.8
Pulses	54.6	2.2	60.2	2.5	44.5	1.8	65.2	2.8
Leaf Vegetables	87.4	3.6	78.4	3.3	56.4	2.3	96.8	4.1
Root Vegetables	107.8	4.4	90.3	3.8	64.5	2.6	116.5	4.9
Other Vegetables	117.1	4.8	108.1	4.6	97.4	4.0	120.1	5.1
Fruits	61.1	2.5	82.3	3.5	64.8	2.6	77.8	3.3
Algae	15.5	0.6	14.3	0.6	12.1	0.5	16.3	0.7
Fishes and shellfishes	82.3	3.4	59.4	2.5	64.6	2.6	72.0	3.0
Meats	77.6	3.2	55.1	2.3	62.4	2.5	66.1	2.8
Eggs	36.0	1.5	30.2	1.3	30.9	1.3	33.7	1.4
Milks	78.8	3.2	69.7	2.9	74.2	3.0	73.3	3.1
Dairy products	38.1	1.6	31.5	1.3	25.7	1.0	39.2	1.7
Fats and Oils	11.2	0.5	8.6	0.4	11.8	0.5	8.6	0.4
Sugars and Confectioneries	16.5	0.7	31.9	1.4	18.4	0.8	29.0	1.2
Beverages	765.8	31.4	584.1	24.7	611.6	24.9	691.2	29.2
Seasonings and Spices	63.3	2.6	59.2	2.5	40.6	1.7	72.3	3.1
Water	241.7	9.9	537.3	22.7	665.0	27.1	266.6	11.3
Prepared foods	55.6	-	38.3	-	57.1	-	39.5	-
Eat-out foods*	43.1	-	20.4	-	37.5	-	26.2	-
Number of people	10.1	-	13.2	-	8.3	-	15.0	-
Total (Except prepared and eat-out foods)	2436.6	100.0	2364.2	100.0	2451.5	100.0	2364.3	100.0

* 100 points per meal

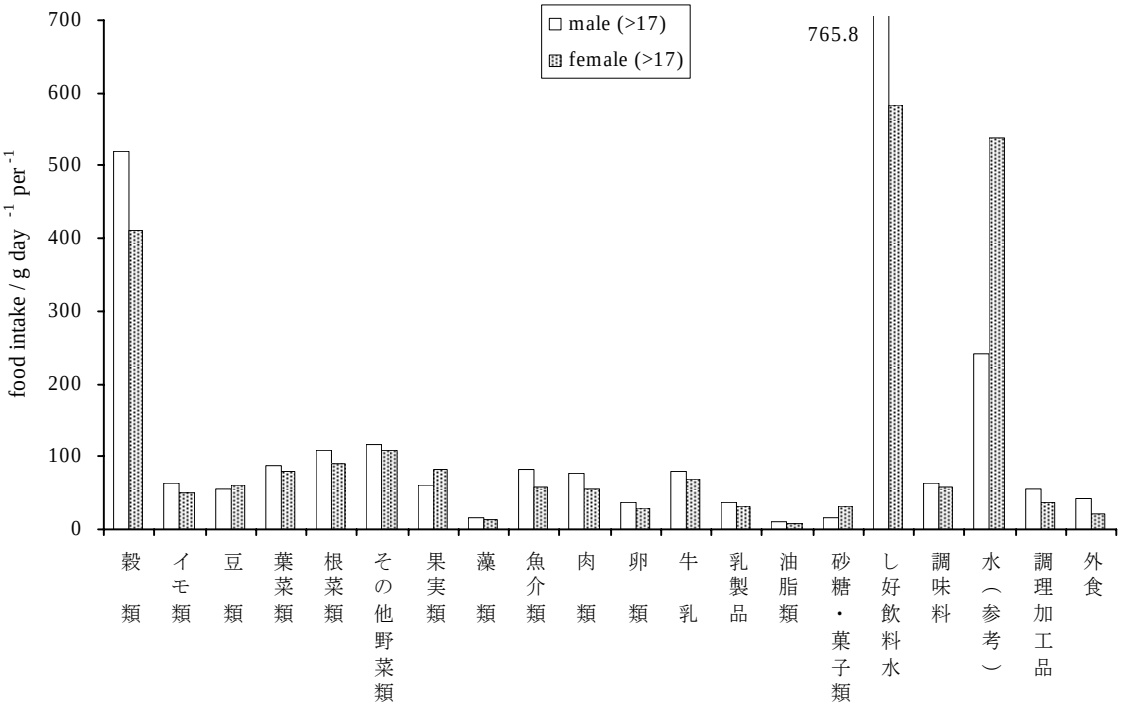

Fig. 4 Comparison of food intakes by sex.

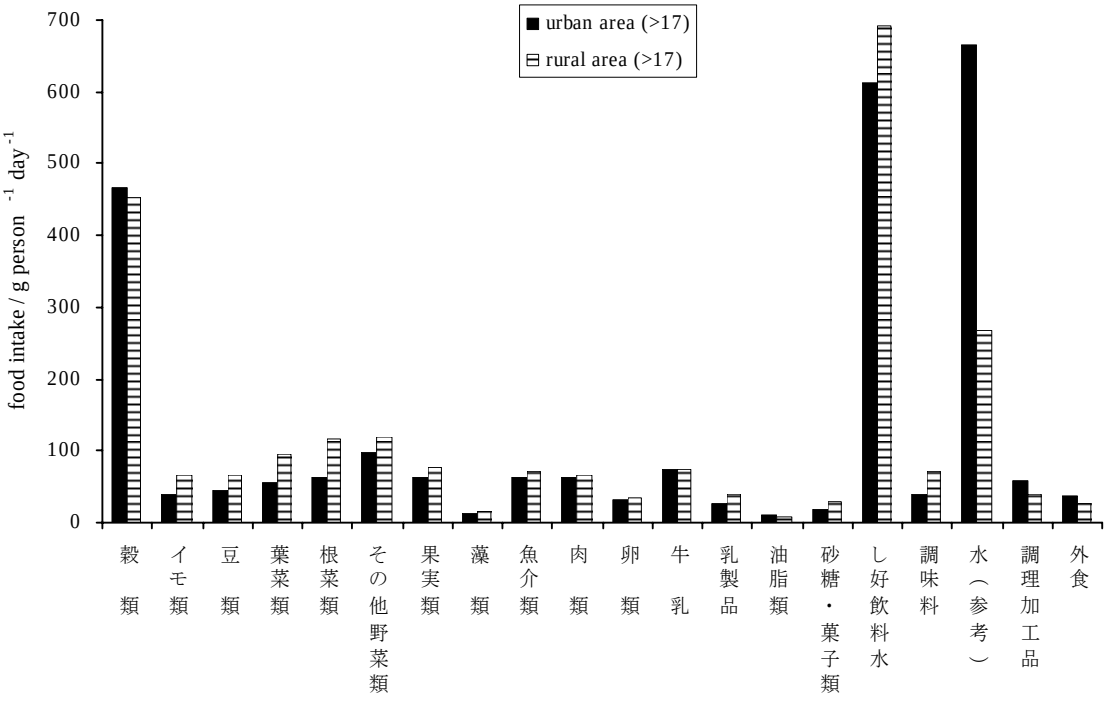

Fig. 5 Comparison of food intakes by area.

Fig. 5 に示す柏崎市（地域区分：市街地）と刈羽村（地域区分：農村）の比較では，ほとんどの食品群について, 刈羽村民の摂取量が柏崎市民よりも多かった. 市街地住民が農村住民を上回ったのは, 穀類，油脂類，水（参考），調理加工品の摂取量及び外食指数であった.

(3) 季節ごと及び特定期間の平均摂取量（18 歳以上）

Table 7 に, 季節ごとの一日あたり平均食品摂取量, 及び特定期間調査（2007 年 1 月）の結果を示す. ここでは，18 歳以上を対象とし，春季（3～5 月），夏季（6～8 月），秋季（9～11 月），冬季（12～2 月）に分類した．グラフを Fig. 6 に示す.

Table 7. Food intakes (per capita per day) by season (adults of >17 years).

Food group	Spring (>17)		Summer (>17)		Autumn (>17)		Winter (>17)		Special** (>17)	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
Cereals	485.8	19.5	503.5	20.2	468.2	18.6	458.5	18.4	498.6	19.0
Potatoes and Starches	48.5	1.9	45.8	1.8	65.6	2.6	74.2	3.0	79.0	3.0
Pulses	61.1	2.4	50.6	2.0	69.2	2.7	58.1	2.3	84.3	3.2
Leaf Vegetables	89.8	3.6	55.7	2.2	93.5	3.7	98.3	3.9	86.0	3.3
Root Vegetables	90.1	3.6	79.9	3.2	109.8	4.4	123.6	5.0	131.0	5.0
Other Vegetables	107.3	4.3	169.0	6.8	112.3	4.5	89.3	3.6	63.8	2.4
Fruits	74.3	3.0	66.5	2.7	94.2	3.7	67.7	2.7	84.6	3.2
Algae	17.0	0.7	9.3	0.4	15.7	0.6	18.5	0.7	7.0	0.3
Fishes and shellfishes	72.4	2.9	91.6	3.7	61.9	2.5	67.4	2.7	94.0	3.6
Meats	65.3	2.6	66.4	2.7	67.6	2.7	70.6	2.8	74.7	2.8
Eggs	36.3	1.5	33.7	1.4	37.0	1.5	29.3	1.2	30.2	1.1
Milks	80.2	3.2	59.5	2.4	91.5	3.6	72.5	2.9	51.8	2.0
Dairy products	53.7	2.1	30.4	1.2	28.0	1.1	30.6	1.2	30.6	1.2
Fats and Oils	10.3	0.4	10.0	0.4	9.7	0.4	10.7	0.4	9.2	0.4
Sugars and Confectioneries	29.3	1.2	30.8	1.2	21.3	0.8	24.9	1.0	18.4	0.7
Beverages	676.0	27.1	750.6	30.2	689.9	27.4	659.7	26.5	715.0	27.2
Seasonings and Spices	75.4	3.0	47.1	1.9	63.9	2.5	64.7	2.6	77.0	2.9
Water	424.6	17.0	386.6	15.5	418.3	16.6	469.7	18.9	493.9	18.8
Prepared foods	44.9	-	61.3	-	30.4	-	57.3	-	44.5	-
Eat-out foods*	25.6	-	40.7	-	31.4	-	30.1	-	31.8	-
Number of people	133.0	-	4.7	-	6.0	-	5.9	-	103.6	-
Total (Except prepared and eat-out foods)	2497.3	100.0	2487.0	100.0	2517.4	100.0	2488.1	100.0	2629.0	100.0

* 100 points per meal　　** additional survey in the period of Jan. 5th to 11th, 2008

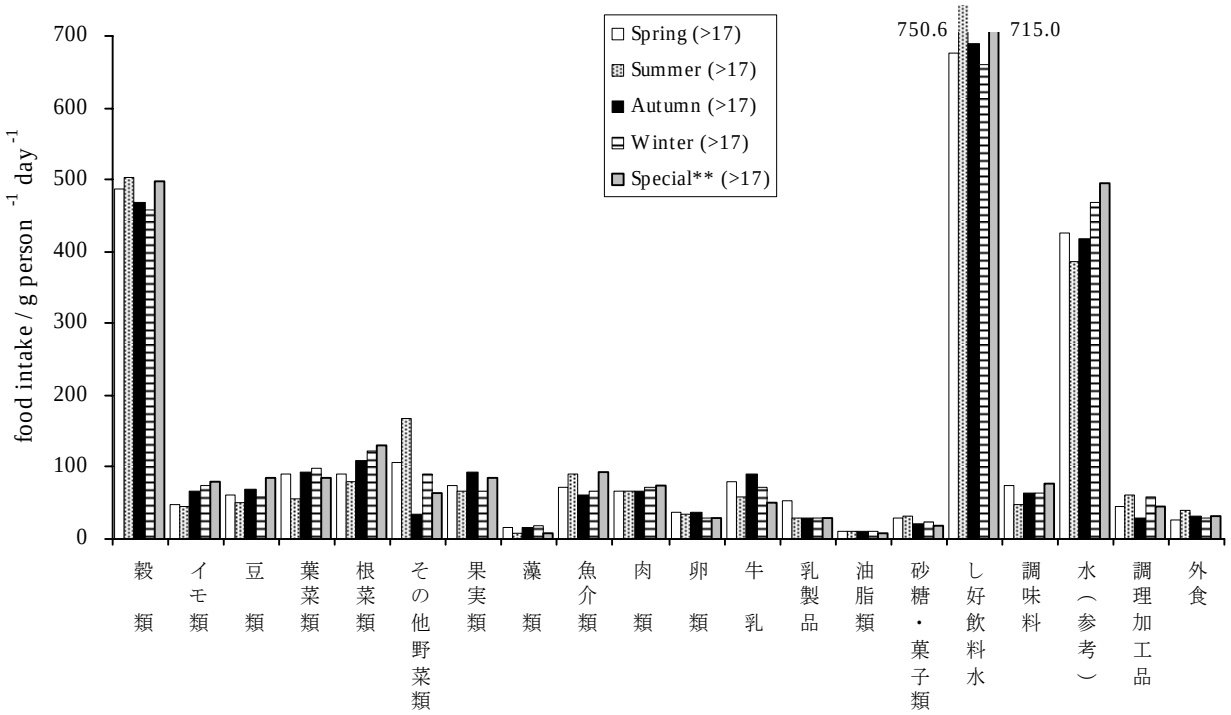

Fig. 6 Seasonal change of daily intake.

摂取量の合計では，夏季にやや減少したが，食品ごとにみるといくつかの特徴が見られた．夏季に顕著な摂取量の増加を示したのは，その他野菜類及びし好飲料水であった．また，穀類，魚介類，調理加工品，外食も増加傾向を示した．

Fig. 6 のうち，イモ類や豆類も含む野菜全般のほか，果実類及びキノコ類の季節変動を取り出して Fig. 7 に示す．Fig. 7 から，夏季には野菜全般の摂取量が減少したが，その他野菜類のみが増加したことがわかる．アンケートによれば，これはトマト，キュウリ等の夏野菜の摂取が増えたことに由来していた．また，調査世帯の中には，自宅の庭等でいわゆる家庭菜園を営んでいる世帯もあり，多くは

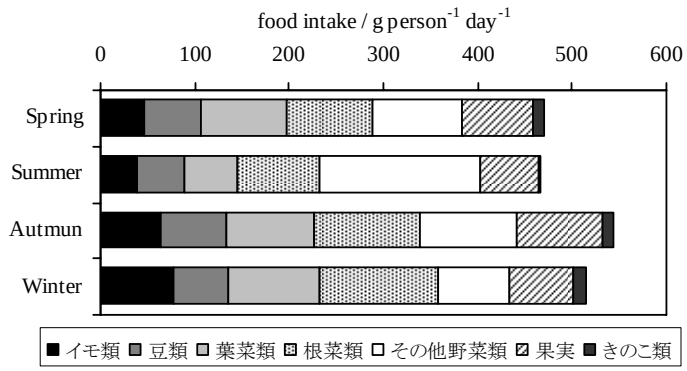

Fig. 7 Seasonal change of vegetable consumption.

夏場に収穫される野菜類を栽培し，自炊に用いていた．

一方，冬季に増えたのはイモ類，根菜類であった．また，冬季には野菜以外にも肉類や水（参考）の摂取量も増加した．アンケートによれば，冬には鍋物やおでんの自炊が増えており，その材料として用いられることが要因と考えられた．

夏場にやや増加した食品のうち，穀類については，Fig. 6 の調理加工品や外食指数の増加に示されるように，自炊しない食品による摂取量が増えたことによる寄与があった．また，魚介類の増加については，刺身として摂取する量の寄与があった．

特定期間については，日常の食事とはいくつかの点で異なっていた．調査時期としては冬季に含まれるが，穀類，果実類，魚介類，し好飲料水，調理加工品等，冬季に減少傾向にある食品でも，一時的な増加がみられた．調査期間が松の内であり，通常よりもご馳走が食卓に並んだ効果と考える．

通常，食品摂取量をもとに内部被ばくの預託実効線量を評価する場合は，摂取量として平均的な値を用いることが多いが，ケースによっては季節変動の大きい食品に注目することも予想され，そのような場合に上記結果を活用できるものと考えられる．

(4) 他調査との比較

本調査における 18 歳以上の平均摂取量の結果を，前回調査における 18 歳以上の結果，並びに新潟県

Table 8. Food intakes (per capita per day) with other surveys.

Food group	this study (>17) 2006-2008		previous survey (>17) 1994-1995		Niigata (>19) 2004		Japan (>19) 2005	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
Cereals	458.0	19.1	278.9	15.1	475.0	23.5	460.0	21.4
Potatoes and Starches	56.9	2.4	37.8	2.0	72.7	3.6	58.1	2.7
Pulses	57.8	2.4	66.7	3.6	66.5	3.3	61.7	2.9
Leaf Vegetables	82.3	3.4	62.5	3.4	-	-	-	-
Root Vegetables	97.9	4.1	80.5	4.4	-	-	-	-
Other Vegetables	112.0	4.7	132.5	7.2	-	-	-	-
(total of vegetables)	292.2		275.5		340.3	16.8	311.0	14.5
Fruits	73.1	3.1	85.3	4.6	117.8	5.8	127.4	5.9
Algae	14.8	0.6	10.6	0.6	16.6	0.8	15.4	0.7
Fishes and shellfishes	69.3	2.9	90.4	4.9	99.1	4.9	90.5	4.2
Meats	64.8	2.7	63.0	3.4	61.6	3.0	77.8	3.6
Eggs	32.7	1.4	39.7	2.1	34.9	1.7	33.9	1.6
Milks	73.7	3.1	78.9	4.3	-	-	-	-
Dairy products	34.4	1.4	11.5	0.6	-	-	-	-
(total of milks)	108.0		90.4		99.2	4.9	97.7	4.5
Fats and Oils	9.7	0.4	18.3	1.0	9.6	0.5	10.2	0.5
Sugars and Confectioneries	25.2	1.1	17.8	1.0	24.0	1.2	28.4	1.3
Beverages	662.7	27.7	306.1	16.6	515.4	25.5	678.6	31.5
Seasonings and Spices	60.9	2.5	31.5	1.7	89.8	4.4	100.4	4.7
Water	409.3	17.1	437.5	23.7	-	-	-	-
Prepared foods	45.8	-	15.6	-	-	-	-	-
Eat-out foods*	30.2	-	33.8	-		-	35.6	-
Number of people	23.3	-	785.0	-	1091	-	7262	-
Total (Except prepared and eat-out foods)	2395.5	100.0	1849.5	100.0	2022.5	100.0	2151.1	100.0

* 100 points per meal

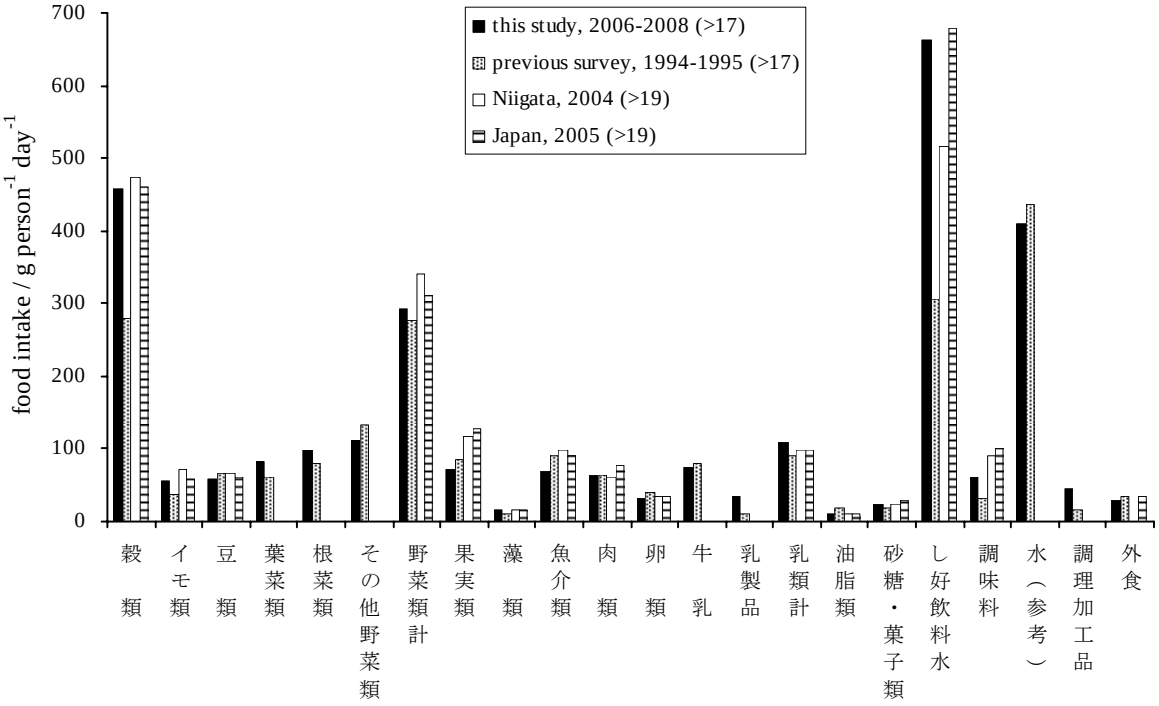

Fig. 8 Comparison of food intakes between four surveys.

平均（2004 年）及び全国平均（2005 年）と合わせて，Table 7 及び Fig. 8 に示す．なお，県及び国民調査結果では，18 歳以上という区分はないので，これに近い 20 歳以上のデータを示した．

本調査と県及び国民調査では野菜類の区分が異なるため，野菜類の合計としての集計とし，総量（県及び国民調査における種実類，野菜類，きのこ類の合計）の比較とした．また，牛乳及び乳製品についても，合計して乳類としての比較とした．外食については，国民調査結果における外食の回数を，本調査における外食指数に換算して示した．

Fig. 8 から，果実類及び調味料の摂取が県及び全国平均のおよそ 6 割と下回ったほかは，ほぼ同程度の結果であったことがわかる．前回調査との比較では，乳製品，し好飲料水，調味料，調理加工品の摂取量について増加がみられた．また，その他野菜類，魚介類，油脂類について若干の減少があった．なお，2.2 (1)に前述したように，穀類について，前回調査では米を炊飯前の精米重量として集計した影響があった．

3.2　食品摂取による内部被ばく線量の推定

(1) 食品中の放射性核種濃度

Table 9 に，農畜水産物の食品群ごとの放射性核種濃度及び日常食の測定結果を示す．値は 2006 年から 2008 年度における測定値の平均値であり，検出下限値未満の場合は安全側評価として検出下限値を用いて算出した．また，参考のために測定試料数及び検出数並びに検出下限値も示した．表中には，本調査では測定しなかったイモ類，豆類，その他野菜類，果実類，肉類，卵類等は記載しておらず，し好飲料水は水（参考）と合わせて示した．

測定の結果，人工放射性核種である ^{137}Cs，^{90}Sr，^{3}H，$^{239+240}$Pu が検出されたが，発電所に由来する核種は検出されず，全て過去の大気核実験等に由来するものと考えられた．また，これら人工核種の濃度レベルについては，全国的な測定結果の範囲内であるほか，加藤ら（2004）の報告による，健康に影響を及ぼすことのない十分に低いと評価された値[5)]と同程度であった．加藤らはこの報告の中で，^{137}Cs，^{90}Sr の試料中濃度が年々減少しつつあることから，相対的に自然放射性核種による寄与が増加していることを指摘している．そこで，Table 9 には，^{40}K をはじめ，日常食について測定した ^{210}Po などの自然放射性核種の結果も示した．

Table 9. Concentration of detected radionuclides.

Food group	Sample	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu	^{3}H	^{40}K	^{226}Ra	^{210}Pb	^{210}Po	unit
穀　類	精米	0.017 {6/9}[(1)] (0.0089)[(2)]	0.010 {9/9} (0.0065)	0.00011 {0/3} (0.00011)	－[(3)]	24	－	－	－	Bq/kg生
葉菜類	大根(葉)、キャベツ	0.074 {12/12} (0.018)	0.15 {5/6} (0.039)	0.00020 {0/3} (0.00020)	－	71	－	－	－	Bq/kg生
根菜類	大根(根)	0.022 {5/6} (0.0089)	0.048 {6/6} (0.011)	－	－	59	－	－	－	Bq/kg生
藻類	ワカメ、モズク	0.041 {0/6} (0.041)	0.029 {1/4} (0.026)	0.0024 {3/3} (0.0012)	－	130	－	－	－	Bq/kg生
魚介類	マダイ、ヒラメ マガレイ、サザエ	0.076 {9/12} (0.0035)	0.040 {1/6} (0.038)	－	－	110	－	－	－	Bq/kg生
牛　乳	原乳	0.013 {2/24} (0.013)	0.026 {12/12} (0.010)	－	0.62 {2/2} (0.081)	48	－	－	－	Bq/L
水(参考) ＋し好飲料水	飲料水	0.0014 {1/36} (0.0014)	－	－	0.57 {16/36} (0.52)	0.059	－	－	－	Bq/L
日常食	日常食	0.023 {8/8} (0.016)	0.033 {5/8} (0.023)	0.000057 {0/8} (0.000057)	－	55	0.059 {0/6} (0.059)	0.40 {0/6} (0.40)	0.25 {6/6} (0.032)	Bq/(人･日)

(1) 〔検出数／測定試料数〕　(2) 検出下限値　(3) －　測定実施せず

(2) 内部被ばくによる預託実効線量の推定

食品中に含まれている放射性核種による内部被ばくの預託実効線量の算出については，環境放射線モニタリング指針[2)]にも示されており，その食品を年間通じて摂取した場合，次式により評価される．

預託実効線量（mSv/年）＝

摂取量（g/人/日）×1/1000×平均核種濃度（Bq/kg 生）×365 日×実効線量係数（mSv/Bq）

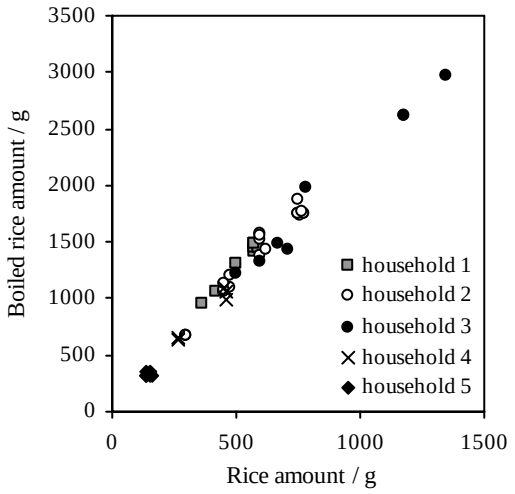

Fig. 8 Relation between rice weight and boiled rice weight.

なお，以下の計算では市場希釈及び調理等による減少の補正は行わないものとする．

上式において，核種濃度としては，Table 9 に示した生試料重量あたりの値（Bq/kg 生）を用いるが，摂取量については Table 5～8 に示した値のうち，穀類や藻類等一部の食品は調理後の重量であるため，換算が必要となる．

そこで，穀類については全てめしと仮定し，精米の重量に換算することとした．米の調理に伴う重量変化率については，五訂増補日本食品標準成分表の表 13 には 220 %と記載されている．一方，本調査では炊飯前後の米の重量を実測しており，その結果を Fig. 8 に示す．世帯によってややばらつきがあるが，重量変化率の平均は約 230 %であった．そこで，この実測値をもとに精米重量に換算した．藻類については，摂取量値をいったん乾物重量に戻したうえで，水産庁による計算例[15)]や漁業生産高の算出法[16)]を参考に，乾物から生試料の重量に換算した．また，牛乳の摂取量は，放射能濃度の単位に合わせて重量（g）から容量（l）に換算した．実効線量係数は ICRP Pub. 72[17)]を参照し，^{3}H については水としての数値を用いた．

18 歳以上の年齢区分について，Table 5 及び 8 に示した本調査の平均値をもとに，得られた線量値を Table 10 に示す．表には，それぞれの食品群についての線量のほか，それらの合計値も算出し，日常食の値と比較して示した．

表から，最も高い線量を与えたのは，自然放射性核種である ^{40}K であったことがわかる．日常食で

は，このほか ^{210}Po も検出されたが，両核種による線量の合計に対し，^{137}Cs と ^{90}Sr の寄与の合計は 1 % 以下とごく低いものであった．

Table 10. Internal radiation doses (mSv/y) estimated from those results in table 9.

Food group	daily intake	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu	^{3}H	^{40}K	^{226}Ra	^{210}Pb	^{210}Po
穀　類	199.1 g	1.6×10^{-5}	2.0×10^{-5}	2.0×10^{-6}	－	1.1×10^{-2}	－	－	－
葉菜類	82.3 g	2.9×10^{-5}	1.3×10^{-4}	1.5×10^{-6}	－	1.3×10^{-2}	－	－	－
根菜類	97.9 g	1.0×10^{-5}	4.8×10^{-5}	－	－	1.3×10^{-2}	－	－	－
藻類	25.3 g	4.9×10^{-6}	7.5×10^{-6}	5.5×10^{-6}	－	7.4×10^{-3}	－	－	－
魚介類	69.3 g	2.5×10^{-5}	2.8×10^{-5}	－	－	1.7×10^{-2}	－	－	－
牛　乳	71.6 L	4.4×10^{-6}	1.9×10^{-5}	－	2.9×10^{-4}	7.8×10^{-3}	－	－	－
水＋し好飲料水	1072.0 L	7.1×10^{-6}	－	－	4.0×10^{-3}	1.4×10^{-4}	－	－	－
（合計		9.7×10^{-5}	2.5×10^{-4}	9.0×10^{-6}	4.3×10^{-3}	7.0×10^{-2}	）		
日常食		1.1×10^{-4}	3.4×10^{-4}	8.3×10^{-6}	－	1.2×10^{-1}	6.0×10^{-3}	9.9×10^{-2}	2.2×10^{-2}

－　測定実施せず

農畜産物の人工核種のみに注目すると，野菜類からの ^{90}Sr の寄与が比較的大きかったが，加藤ら（2004）の報告[2)]や，他県の報告値[18, 19)]と同程度であり，ICRP による一般公衆の線量限度である年間 1 mSv の 1,000 分の 1 未満と十分に低い値であった．

また，表に示した食品群ごとの ^{40}K 及び ^{90}Sr の合計線量は，それぞれ日常食の値の 6～7 割程度と下回った．この原因は，食品群について合計する際に，イモ類をはじめとして評価しなかった食品があるためと考えられる．一方で，^{137}Cs についての合計線量は，日常食の値の約 9 割と近い結果となった．このことは，^{90}Sr に比べ ^{137}Cs の濃度が品種や試料によってばらつきが大きいことが一因と推定している．本調査での日常食試料については成人女性を対象としているために，18 歳以上の全平均である食品群ごとの摂取割合と比較すると，^{137}Cs では差異を生じた可能性があり，原因追求のためには，多種の食品についての知見を得る必要があると考える．

4　ま　と　め

柏崎刈羽原子力発電所周辺住民の食事摂取による内部被ばくの預託実効線量を推定することを目的として，2006 年 10 月から 2008 年 9 月にかけて，柏崎刈羽地域の 8 世帯について毎月の食品摂取量調査を食事秤量記録法により実施した．また，半年に 1 回ずつ，各家庭の日常食を陰膳方式で提供してもらい，農畜水産物とともに放射能分析を行った．

摂取量調査での食品群別摂取量を，18 歳以上の年齢区分について，厚生労働省による国民健康栄養調査における 20 歳以上の摂取量と比較したところ，果実類及び調味料の摂取量が全国平均を下回ったほかは，ほぼ同じ程度であった．また，1994 から 1995 年にかけて実施した前回の調査に比べると，乳製品，し好飲料水，調味料，調理加工品の摂取量について増加がみられた一方，その他野菜類，魚介類，油脂類について若干の減少があった．

さらに，県民健康・栄養実態調査や国民健康栄養調査では得られない季節変動のデータを得ることができ，夏季には摂取量全体が減少するなかで，夏野菜が含まれるその他野菜類については増加することがわかった．反対に，冬季にはイモ類，根菜類，肉類，水（参考）の摂取量が増加し，季節による料理の違いが影響を与えるものと考えられた．

17 歳以下の年代では，給食の影響が大きく，特に牛乳の摂取量に反映された結果となった．

食品試料からの放射能調査では，発電所に由来する核種は検出されず，過去の大気核実験等に由来

する核種が，全国的なレベルの範囲で検出された．

食品群ごとの摂取量と放射能濃度から，内部被ばくによる預託実効線量を推定したところ，自然核種である ^{40}Kの影響が大きかった．人工核種による線量については，他県や以前の報告と同程度であり，ICRPによる一般公衆の線量限度である年間 1 mSvの 1,000 分の 1 未満と十分に低い値であった．また，線量推定値を食品ごとに合計したところ，^{40}K及び ^{90}Srでは，日常食試料の約 6〜7 割であった．一方，^{137}Csについては，推定合計値が日常食の値の 9 割と比較的近かった．

謝　　辞

3 年にわたる調査の間，対象世帯をはじめとする関係者の皆様に多大なご協力を頂きました．とりわけ，2007 年 7 月には中越沖地震が発生し，放射線監視センターも少なからぬ被害を受けましたが，調査対象世帯の皆様におかれては，被災により仮設住宅での生活を余儀なくされる等，一時的に普段の生活もままならなくなった中での調査継続となりました．改めてお礼を申し上げます．また，対象者の選定等には柏崎市防災・原子力課，刈羽村企画広報課（当時）に尽力いただきました．ここに感謝します．

参　考　文　献

1) 原子力安全委員会:発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針，(2001 改訂).
2) 原子力安全委員会：環境放射線モニタリング指針，(2008).
3) 新潟県，東京電力株式会社 : 平成 20 年度柏崎刈羽原子力発電所周辺環境放射線監視調査結果報告書，(2009).
4) 新潟県：柏崎刈羽原子力発電所周辺地域の食品摂取量調査，(1996).
5) 加藤健二, 山﨑興樹, 笠原貢, 昆信芳, 殿内重政:新潟県放射線監視センター年報, 2, 45-56 (2004).
6) 新潟県：平成 16 年県民健康・栄養実態調査報告，(2006).
7) 厚生労働省：平成 17 年国民健康・栄養調査報告，(2007).
8) ICRP：ICRP Publication 56, Ann. ICRP, 20 (2), Elsevier Science Ltd., Oxford, (1989).
9) 厚生労働省：平成 17 年度国民健康・栄養調査必携
10) 文部科学省　科学技術・学術審議会・資源調査分科会 : 五訂増補日本食品標準成分表，(2005).
11) （独）国立健康・栄養研究所：平成 13 年国民健康・栄養調査「惣菜」の食品構成
12) （独）国立健康・栄養研究所：平成 13 年国民健康・栄養調査「外食」の食品構成
13) 学校給食における児童生徒の食事摂取基準策定に関する調査研究協力者会議：学校給食における食事摂取基準等について（報告）
14) （独）国立健康・栄養研究所：平成 13 年国民健康・栄養調査「給食」の食品構成
15) 水産庁：水産物の自給率目標について(2007)” http://www.jfa.maff.go.jp/j/policy/kihon_keikaku/”
16) 鹿児島県：鹿児島県水産技術のあゆみ，373-380 (2000).
17) ICRP：ICRP Publication 72, Ann. ICRP, 26 (1), Pergamon，(1996).
18) 福井県環境放射能測定技術会議：原子力発電所周辺の環境放射能調査報告平成 19 年度年報，172-175 (2008).
19) 茨城県環境監視センター：茨城県年報における放射能調査（第 51 報），85-86 (2008).