

平成 16 年度

環境試料中のトリチウム調査報告書

平成 17 年 3 月

福島県原子力センター

はじめに

福島県内においては、昭和 46 年 3 月に東京電力㈱の福島第一原子力発電所が立地され、1 号機が稼働後 34 年が経過いたしました。現在では福島第二原子力発電所も含め計 10 機の発電用原子炉が運転する国内有数の電力供給基地となっております。当原子力センターでは立地当所から原子力発電所周辺の環境放射能の監視を行って参りました。これまでの監視において、検出された放射能核種は過去の核実験等によるフォールアウトの影響と考えられるものを除き、放射線レベルは十分に低く、地域住民の健康と安全を確保する上で問題となるようなものではありませんでした。しかし、放射線及び原子力に対する不安や東京電力㈱における一連のトラブル隠し等による原子力発電所への不信感から、環境放射能の監視には県民の注目が集まっており、さらに大きな期待が寄せられています。

福島県では原子力センター本所に加え、平成 7 年度に原子力センター福島支所の前身である環境放射能分析棟を衛生公害研究所（現：衛生研究所）に整備し、その後平成 13 年 4 月に現在の支所に改編致しました。福島支所では、従来の監視測定対象に加え、肉、卵、果物などの日常食品や地域特産品の放射能分析、プルトニウムやストロンチウムなどの放射性物質の化学分析を行うとともに、環境放射能及びその評価に係わる調査研究にも力を入れております。平成 8 年度からは食品摂取量調査、同 11 年度からは環境試料中のプルトニウム調査を行い、同 14 年度から 3 ヶ年計画で今回報告致します環境試料中のトリチウム調査を開始いたしました。初年度の平成 14 年は、降水や大気、河川等の水試料を中心に県内におけるトリチウムのバックグラウンドレベルを把握し、2 年目の平成 15 年度は、降水及び大気に加え、指標植物や農産物などの植物試料について調査を実施しました。3 ヶ年計画の最終年度となる本年は、降水及び大気の継続調査に加え、指標植物、指標海産生物、畜産物及び水産物について調査し、環境中のトリチウムの存在形態や経年変動、また食品摂取による被ばく線量について検討を行い、その結果を本書に取りまとめました。本書が県内におけるトリチウムの資料として有効に活用され、また他の原子力発電所立地県及び周辺隣接県の方々にも参考にしていただければ幸いです。

最後に、本調査の実施に当たり、トリチウム分析の一部を実施して頂きました財団法人日本分析センター職員の方々、さらに試料採取等にあつては、ご支援ご協力頂きました関係各位に対しまして深く感謝申し上げます。

平成 17 年 3 月

福島県原子力センター
所長 澤田 貞

目 次

	(頁)
1 目的	1
2 試料	1
2.1 対象試料	
2.2 試料採取方法	
2.2.1 降水	
2.2.2 大気試料 (大気中水蒸気)	
2.2.3 指標植物 (松葉)	
2.2.4 指標海産生物 (ほんだわら)	
2.2.5 畜産物及び水産物 (豚肉、鶏卵、牛乳、あいなめ)	
3 測定方法	6
3.1 測定試料の処理	
3.1.1 降水及び大気中水蒸気	
3.1.2 松葉	
3.1.3 ほんだわら	
3.1.4 畜産物及び水産物	
3.2 測定試料の調整	
3.3 測定及び解析方法	
3.3.1 β 線の測定とデータの検定	
3.3.2 大気中水蒸気トリチウム濃度の換算	
3.4 測定結果の扱いについて	
4 結果と考察	9
4.1 降水中のトリチウム	
4.2 大気中水蒸気中のトリチウム	
4.3 指標植物中のトリチウム	
4.4 畜産物及び水産物中のトリチウム	
4.5 被ばく線量評価	
5 まとめ	26
参考文献	26

1 目的

トリチウムは三重水素とも呼ばれている半減期12.3年のβ線放出核種である。環境中に存在するトリチウムの起源は大きく分けて自然由来及び人工由来の二つがある¹⁾。自然由来のトリチウムは主に宇宙線によって生成される。一方、人工的に生成されるトリチウムは核爆発実験によるフォールアウト、原子炉運転・核燃料再処理に伴う放出などがあげられる。原子力発電施設及び核燃料再処理施設においては、核燃料の三体核分裂及び炉内ホウ素、リチウム等の放射化によりトリチウムが生成し、気体又は液体として環境中に放出されている。しかし、現在環境中のトリチウムレベルは大気圏内における核実験が禁止されて以来減少しており、1950年代のレベルに近づいていると報告されている²⁾。

本県において平成15年度1年間に各原子力発電所から環境中に放出された気体、液体廃棄物を併せたトリチウムの総排出量は、福島第一原子力発電所で 1.9×10^{12} Bq、同第二原子力発電所で 1.1×10^{12} Bqであった³⁾。このようにトリチウムは、原子力発電所等施設周辺における環境放射能の監視対象として重要な核種の一つであることから、本県では福島県環境放射能測定計画に基づき、上水及び海水中トリチウム濃度の監視測定を行っている。

本調査は、多様な環境試料中のトリチウムについて検討を行うことにより、原子力発電所周辺地域をはじめ、県内における平常時のトリチウムレベルを把握することを目的として、平成14年度より3ヶ年計画で開始した。平成14年度は、水試料を中心とし河川や湖沼等のトリチウムの地域的な分布状況の調査を行い、県内におけるトリチウムのバックグラウンドレベルや季節変動の影響に関する知見を得た⁴⁾。また、平成15年度は、農産物試料を対象に調査を行い、発電施設からの寄与ならびに食物摂取によるヒトの被ばく線量評価について検討を行った⁵⁾。

本年度はこれらの結果を踏まえて、原子力発電所周辺地域から採取された畜産物や水産物、指標植物等を対象とし、発電所に起因するトリチウムの環境への寄与を把握するとともに、食物摂取等によるヒトの被ばく線量評価について検討した。あわせて、平成14年から継続調査した大気及び降水のトリチウム濃度の経年変化についても検討を行ったので報告する。

2 試料

2.1 対象試料

本調査における対象試料を表1、各試料の採取地点等を表2及び図1～3にそれぞれ示した。表2中の番号は図1～3の地図上に示した番号と対応している。なお、畜産物及び水産物は、福島県原子力発電所周辺環境放射能測定基本計画に基づく原子力発電所周辺地域（以下「周辺地域」という。）から採取した。また、原子力発電所からの寄与を評価するため、原子力発電所の影響が比較的少ないと考えられる地域（以下「比較対照」という。）で、同種の試料を採取した。

表1 調査対象試料

試料名	区分	種類又は部位	地点数	試料数
降水	降水	雨水	3	36
大気中水蒸気	大気	除湿水	6	96
松葉	指標植物	葉	8	16
ほんだわら	指標海洋生物	葉茎	2	2
ぶた肉	畜産物		2	2
鶏卵	畜産物	全卵	3	3
牛乳	畜産物	原乳	4	4
あいなめ	水産物	可食部	3	3

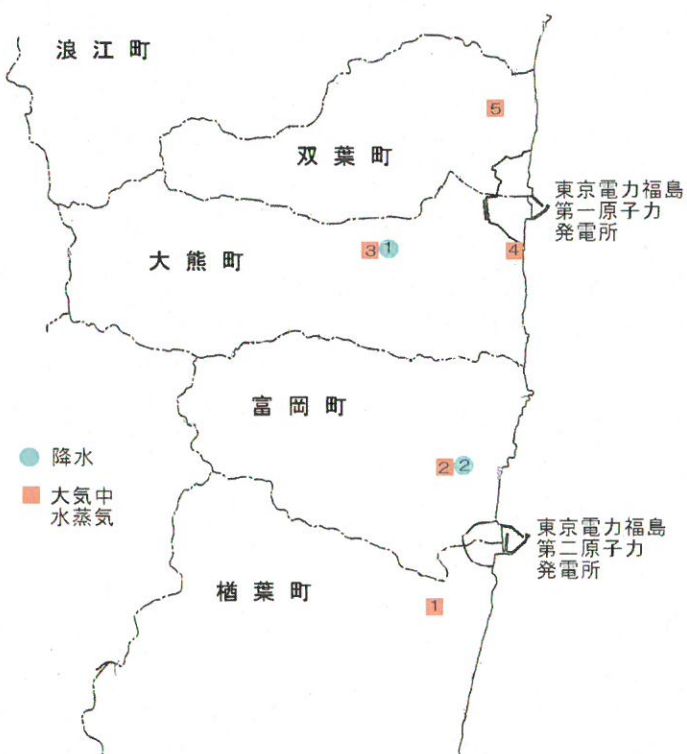


図1 降水及び大気中水蒸気の採取地点

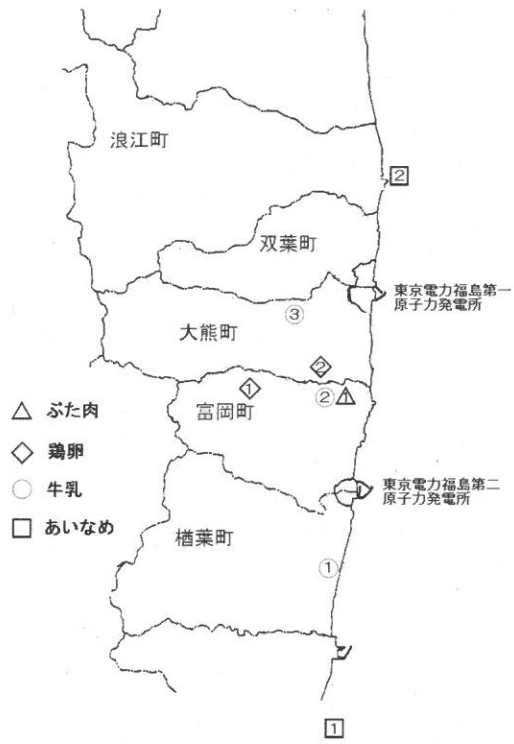


図2 畜産物及び水産物の採取地点

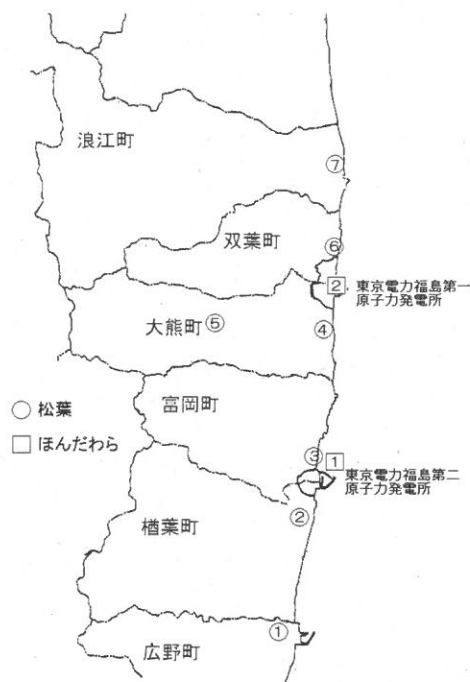


図3 指標植物及び指標海産生物の採取地点

表2 各試料の採取地点

試料名	番号	地点の名称	採取地	地域区分
降水	①	大野	大熊町大字下野上字大野 199	周辺地域
	②	富岡	富岡町本町 1-1	周辺地域
	③	福島市	福島市方木田字水戸内 16-6	比較対照
大気中水蒸気	①	繁岡	楡葉町大字上繁岡字山神 97-36	周辺地域
	②	富岡	富岡町本町 1-1	周辺地域
	③	大野	大熊町大字下野上字大野 199	周辺地域
	④	夫沢	大熊町大字夫沢字大 282-1	周辺地域
	⑤	郡山	双葉町大字郡山字塚腰 113	周辺地域
	⑥	福島	福島市方木田字水戸内 16-6	比較対照
松葉	①	下北迫	広野町大字下北迫字岩沢	周辺地域
	②	波倉	楡葉町大字波倉字原	周辺地域
	③	毛萱	富岡町大字毛萱字浜畑	周辺地域
	④	夫沢	大熊町大字夫沢字東台	周辺地域
	⑤	大河原	大熊町大字大川原字西平	周辺地域
	⑥	郡山	双葉町大字郡山字南久保谷地	周辺地域
	⑦	棚潮	浪江町大字棚塩字南川原	周辺地域
	⑧	立子山	福島市立子山字松倉沢	比較対照
ほんだわら	②	第一(発)海域	東京電力(株)福島第一原子力発電所海域	周辺地域
	①	第二(発)海域	東京電力(株)福島第二原子力発電所海域	周辺地域
ぶた肉	①	富岡町	富岡町小良ヶ浜字松葉原	周辺地域
	②	県北地方	県北地方振興局管内	比較対照
鶏卵	①	富岡町	富岡町大字上手岡	周辺地域
	②	大熊町	大熊町大字熊字旭台	周辺地域
	③	県北地方	福島市清水町字広窪	比較対照
牛乳	①	楡葉町	楡葉町大字井出字字前沢	周辺地域
	②	富岡町	富岡町大字小良ヶ浜字松の前	周辺地域
	③	大熊町	大熊町大字下野上字大野	周辺地域
	④	福島市	福島市荒井字地蔵原	比較対照
あいなめ	①	久之浜漁港	いわき市久之浜	周辺地域
	②	請戸漁港	浪江町大字請戸	周辺地域
	③	松川浦漁港	相馬市尾浜	比較対照

2. 2 試料採取方法

各試料の採取方法は文部科学省マニュアル⁶⁾に準拠した。また、採取頻度は降水及び大気中水蒸気は平成 16 年 1 月から同年 12 月まで毎月 1 回、松葉は平成 16 年 6 月と 10 月の 2 回、畜産物・水産物及びほんだわらは各 1 回とした。

2. 2. 1 降水

- ① 20Lポリエチレン容器付きのデポジットゲージ（図4）を用いて、1ヶ月間の全降水を捕集した。
- ② 20Lポリエチレン容器内の全降水を十分に攪拌し、250mlポリエチレン製容器（それより回収量が少ない場合は、それに見合う容器）にあふれるように入れ密栓する。残試料は5Lメスシリンダーで体積を量り、採水分の容量も含め採取量とした。残試料は計量後廃棄した。
- ③ 回収後の容器は、内部を洗浄し十分に水分を除去してから再びデポジットゲージにセットした。

2. 2. 2 大気試料（大気中水蒸気）

- ① 屋外に設置した小屋の上段に除湿器（㈱日立製作所製、家庭用除湿器 RD-5623A 型）を設置し、除湿器の排水口と下段のポリエチレン製容器をホースで接続（図 5）し、1ヶ月間連続運転して除湿水を捕集した。
- ② 容器内の水を攪拌して、250mlポリエチレン製容器（回収量が 250ml 以下の場合、それに見合う容器）にあふれるように入れ密栓する。残試料は 5Lメスシリンダーで体積を量り、採水分の容量も含め採取量とした。残試料は計量後廃棄した。



図4 降水採取装置



図5 大気中水蒸気採取装置

2. 2. 3 指標植物（松葉）

- ① 松葉は降雨中や降雨直後をできるだけ避け、天候のよい日を選んで採取した（図6）。
- ② 採取した松葉は二重にしたポリエチレン製の袋に入れて密封し、水分の蒸散を抑えるため保冷して保管した。

2. 2. 4 指標海産生物（ほんだわら）

- ① ほんだわらも松葉と同様に、降雨中や降雨直後をできるだけ避け天候のよい日を選んで採取した（図7）。
- ② 採取後の試料は海水を十分に除去し、二重にしたポリエチレン製の袋に入れ密封し、水分の蒸散を抑えるため保冷して保管した。

2. 2. 5 畜産物及び水産物（豚肉、鶏卵、牛乳、あいなめ）

- ① 畜産物及び水産物は、漁業協同組合、農業協同組合及び生産者等より直接購入した。
- ② 採取後の試料は、直ちに二重にしたポリエチレン製の袋に入れて密封し、水分の蒸散を抑えるため保冷して保管した。また、牛乳はフタ付2Lポリエチレン製容器に入れ密封し上記と同様に保管した。



図6 松葉採取風景



図7 ほんだわら採取風景

3 測定方法

降水、大気中水蒸気は、試料中の全トリチウム濃度を測定した。指標植物及び指標海産植物については、組織自由水トリチウム（TFWT：Tissue Free Water Tritium）濃度を測定した。畜産物及び水産物については、組織自由水トリチウム及び有機結合型トリチウム（OBT：Organically Bound Tritium）⁷⁾濃度を測定した。なお、畜産物及び水産物のトリチウム濃度の測定は、財団法人日本分析センターに委託し行った。

3. 1 測定試料の処理

各試料は文部科学省放射能測定法マニュアル⁶⁾に準拠しそれぞれ調整した。試料調整方法の概略をそれぞれ以下に示した。

3. 1. 1 降水及び大気中水蒸気

採取した水を必要に応じてろ過（0.45 μ mメンブランフィルター）し、浮遊物を除去する。約100mlをナス型フラスコに分取し、過酸化ナトリウム約0.1g、過マンガン酸カリウム約0.1gを加え有機物を分解し、減圧蒸留装置（ヤマト科学(株)製、ロータリーエバポレータRE52型）で蒸留した。

3. 1. 2 松葉

採取した松葉は葉以外の混入物を除去し、ポリエチレン袋に入れて密封した。秤量後、袋ごと冷凍庫で凍結させ、凍結した試料を袋ごとステンレス皿に移し、凍結真空乾燥機（ヤマト科学㈱製、フリーズドライヤ DC400 型）（図 8）で試料重量がほぼ恒量になるまで凍結真空乾燥を行った。コールドトラップに付着した水（図 9）を融解し採取した。次に採取した水試料より約 70ml を 100ml ナス型フラスコに取り、過マンガン酸カリウム約 0.5 g、沸石少量を加え、上部に外部からの水分混入防止のためシリカゲルカラムを装着したジムロート冷却器を取り付け、マントルヒータを用いて約 6 時間加熱還流し有機物を分解した。一晩放置し、過酸化ナトリウムを加えアルカリ性にし、乾固するまで常圧蒸留を行った。この操作を 2 回繰り返した。留出液に着色が見られた場合は、さらに留出液が無色になるまで蒸留を繰り返した。蒸留後の試料は分光光度計（㈱日立製作所製、スペクトロフォトメーター U-3000 型）により UV 吸収を測定し、200nm 付近のピークの有無により有機物が分解されたことを確認した後、測定試料とした。



図 8 凍結真空乾燥機

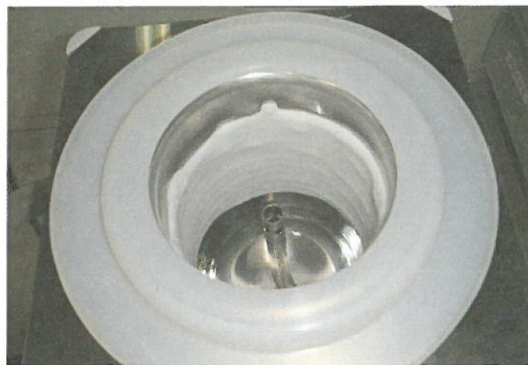


図 9 コールドトラップに付着した試料

3. 1. 3 ほんだわら

採取したほんだわらは混入物を除去し、ペーパータオルで付着している海水を十分に除去した。これをポリエチレン袋に入れて密封し、秤量後、袋ごと冷凍庫で凍結させた。以下松葉と同様に処理した。

3. 1. 4 畜産物及び水産物

文部科学省放射能測定法マニュアル⁶⁾の凍結乾燥法、湿式分解法及び燃焼法により試料を調整した。

3. 2 測定試料の調整

上記 3. 1 項で処理した試料水は 100ml テフロンバイアルに 50ml 分取し、50ml の乳化シンチレータ（Packard Bioscience Ltd.製, Ultima Gold LLT）を加え十分に攪拌し、測定器内で 2 週間以上放置したものを測定試料とした。なお、バックグラウンド水として、財団法人日本分析センターより提供された核燃料サイクル開発機構東濃地科学センターの地下水を使用した。

3. 3 測定及び解析方法

3. 3. 1 B線の測定とデータの検定

試料のB線測定は文部科学省放射能測定法マニュアル⁶⁾に準拠し、液体シンチレーションカウンタ（アロカ[®]製、LSC-LBIII）を用いた。分析のフローチャートを図10に示した。測定は1試料につき50分間計測を連続17回繰り返した。また、ケミカルルミネッセンスの影響を排除するため、最初から5回目までのデータは使用せず、6回目以降のデータについて、カイ二乗検定及びKシグマ検定により異常値の棄却を行った。なお、測定ウィンドウの設定及び効率曲線の作成は、性能指数（FOM）及び外部標準チャンネル比法により行った。

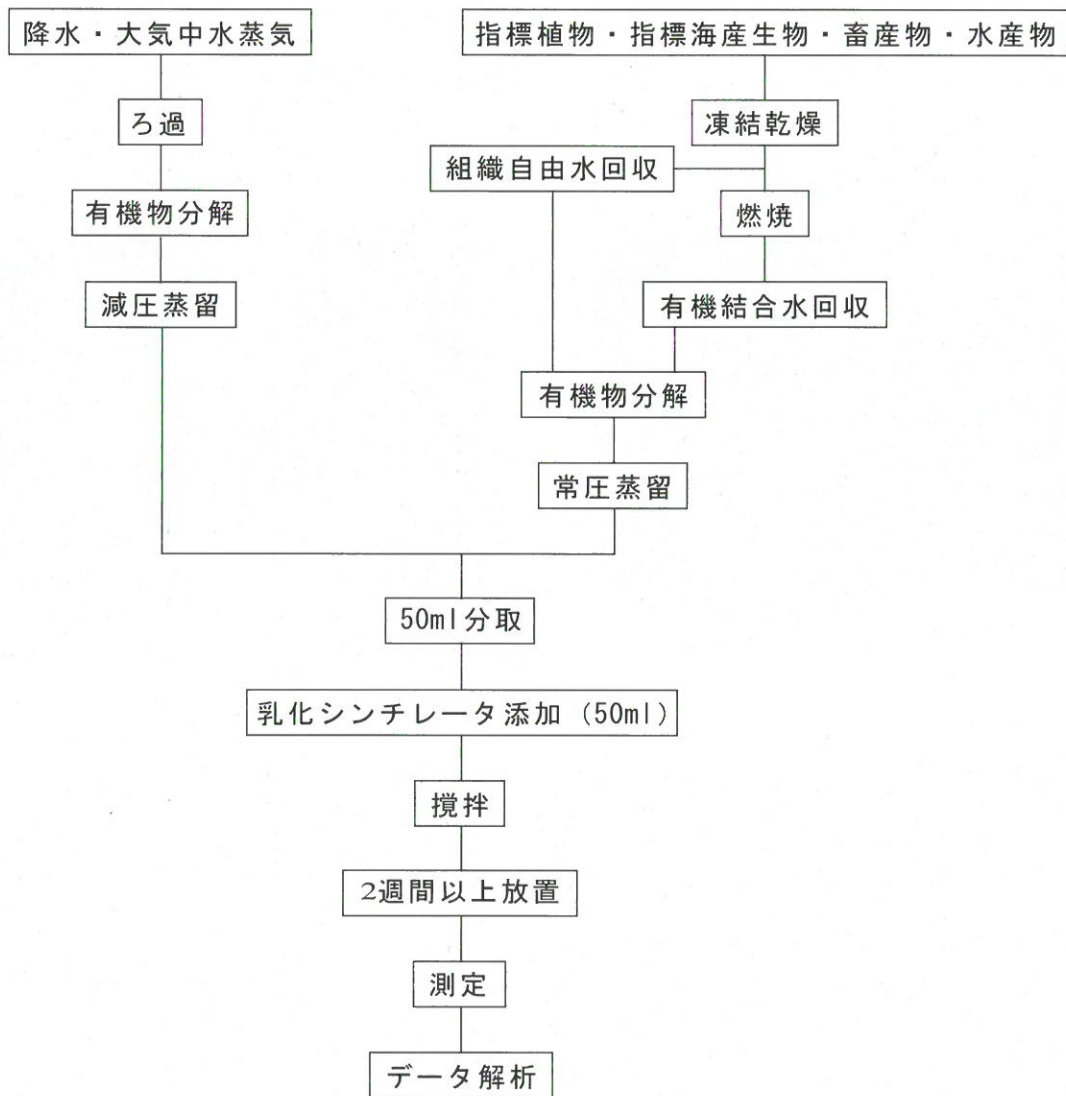


図10 分析フローチャート

3. 3. 2 大気中水蒸気トリチウム濃度の換算

除湿水として採取した大気中水蒸気の大気中における単位体積当たりのトリチウム濃度を求めるため、Tetensの式⁸⁾（式1）を用い、月間平均気温及び平均相対湿度より算出

した。換算は全地点のうち詳細な気象データがある富岡、大野、福島市の3地点について行った。算出方法は以下のとおりである。

$$E(t) = 6.11 \times 10^{7.5t/(t+237.3)} \quad \dots\dots\dots (式1)$$

この式で $E(t)$: t°Cにおける飽和水蒸気圧 (hPa)、 t : 気温 (°C) である。式1に各地点における平均気温 (°C) を代入し、 $E(t)$ を求める。

次に水蒸気の状態方程式より導いた式(式2)に上記で算出した $E(t)$ を代入して t°Cにおける飽和水蒸気量 a (g/m³)を求める。最後に、式3に a を代入し大気1 m³当たりのトリチウム濃度 H_{AIR} (Bq/m³)を求めた。式3において H は大気中水蒸気トリチウム濃度 (Bq/l)、 W_A は平均相対湿度(%)とした。なお、この計算において水の密度は1g/mlとして計算した。周辺地域の月間平均気温及び相対平均湿度等の気象データは原子力センターより、比較対照は福島地方気象台 (URL <http://www.sendai-jma.go.jp/tidai/fukushima/>) よりそれぞれ入手した。

$$a = 217 \times E(t) / (t + 273.15) \quad \dots\dots\dots (式2)$$

$$H_{AIR} = H \times a / 1000 \times W_A / 100 \quad \dots\dots\dots (式3)$$

3. 4 測定結果の扱いについて

測定値が標準偏差の3倍 (3σ) 以下の場合には、検出限界以下 (LTD) とした。ただし、平均値算出等の統計処理及びグラフ上のプロットは測定値をそのまま使用した。また、試料のトリチウム濃度が非常に低く、バックグラウンド水以下の濃度である試料については、測定結果がマイナスとなるので、便宜上トリチウム濃度を“0”としてデータ処理を行った。なお、測定結果一覧表等にはそのままの値を記載した。

4 結果と考察

4. 1 降水中のトリチウム

図11、図12に2004年の各地点における降水中トリチウム濃度の変化及び採取量を、表3に測定結果をまとめそれぞれ示した。その結果、降水のトリチウム濃度はほぼ1.0Bq/l程度の低い値で推移した。また、比較対照の福島市におけるトリチウム濃度も周辺地域と比較し大きな差はみられなかった。

次に、降水のトリチウム濃度の経年変化を確認するために、過去約3年間のトリチウム濃度及び採取量の月別変化を図13、図14にそれぞれ示した。3地点とも降水トリチウム濃度は同様な変化を示しており、1.0Bq/l程度の低い値で推移していた。このことから、周辺地域と比較対照の間でトリチウム濃度に大きな差は確認されず、自然由来のトリチウムであると考えられる。また、降水中トリチウムの季節変動は確認されなかった。降水のトリチウム濃度が春先に上昇する、スプリングピークに関しては他機関から報告⁹⁾、¹⁰⁾があるが、今回の調査でその傾向が見られなかったのは、データ数が少なく、また測定地点も少なかったためと思われる。

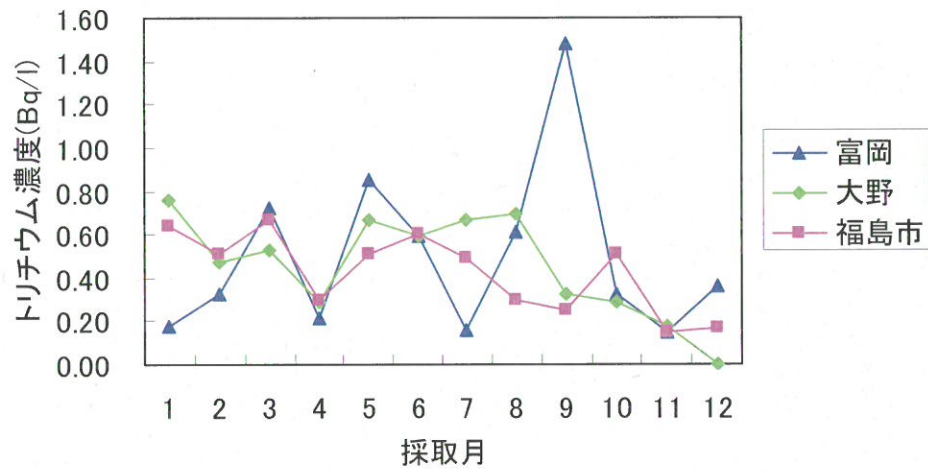


図 11 降水トリチウム濃度月別変化

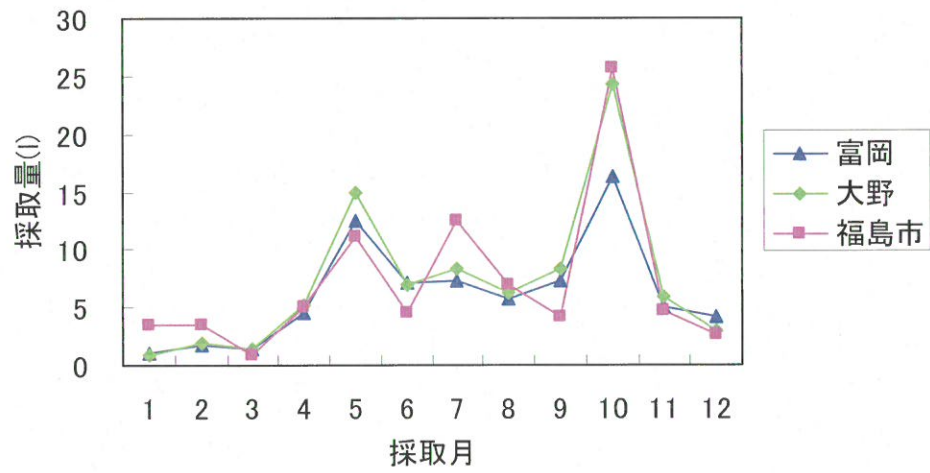


図 12 降水採取量

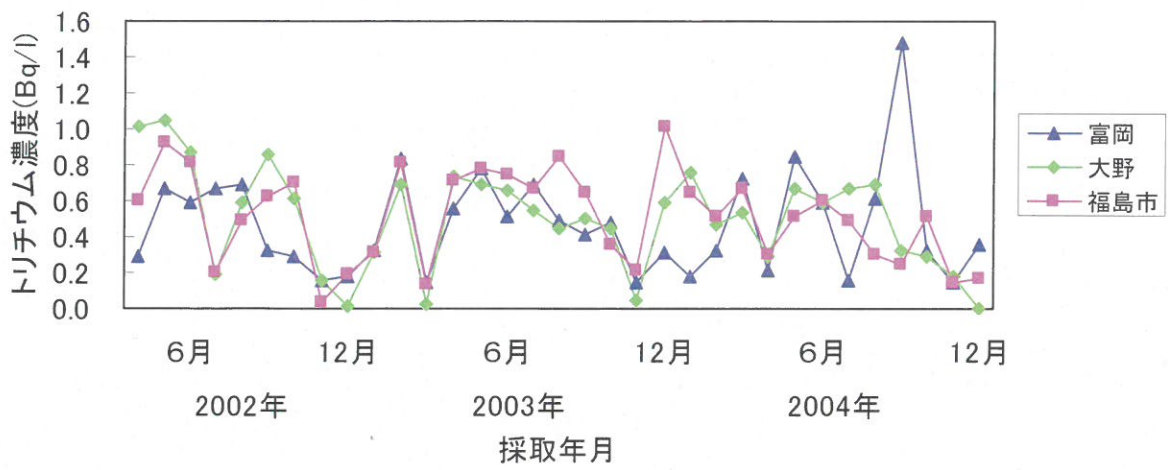


図 13 降水中トリチウム経年変化

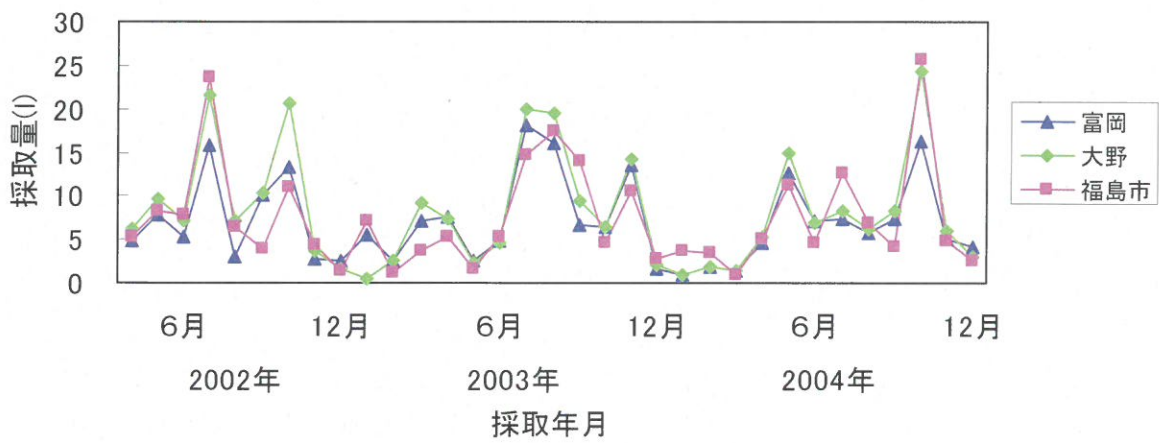


図 14 降水採取量経年変化

表 3 降水測定結果一覧

試料名	地点名	採取場所		採取期間		採取終了日状況		水盤の面積 (cm ²)	月間降水量 (mm)	採取量 (L)	トリチウム濃度	
		緯度	経度	採取開始	採取終了	天候	気温(°C)				(Bq/l)	判定
降水	大野	37° 24' 15"	140° 59' 1"	2003/12/24 13:20	2004/1/29 13:45	曇	6.9	706.5	11.5	0.90	0.18	LTD
				2004/1/29 13:45	2004/2/26 13:25	晴	21.4		25.5	1.90	0.32	LTD
				2004/2/26 13:25	2004/3/25 13:20	曇	17.0		32.0	1.45	0.72	検出
				2004/3/25 13:20	2004/4/26 13:33	晴	23.3		107.5	5.25	0.21	LTD
				2004/4/26 13:33	2004/5/28 13:10	晴	27.5		163.0	14.95	0.85	検出
				2004/5/28 13:10	2004/6/29 12:55	晴	30.4		69.5	6.85	0.59	検出
				2004/6/29 12:55	2004/7/28 13:10	晴	31.5		90.0	8.25	0.16	LTD
				2004/7/28 13:10	2004/8/30 10:35	曇	23.9		70.5	6.25	0.61	検出
				2004/8/30 10:35	2004/9/28 12:55	晴	29.6		143.0	8.35	1.48	検出
				2004/9/28 12:55	2004/10/29 13:40	晴	16.7		530.5	24.25	0.32	LTD
				2004/10/29 13:40	2004/11/25 13:35	晴	19.5		61.5	5.95	0.18	LTD
				2004/11/25 13:35	2004/12/22 13:10	曇	13.2		79.0	2.95	0.00	LTD
	富岡	37° 20' 16"	141° 0' 33"	2003/12/24 11:05	2004/1/29 11:55	曇	7.6		11.5	1.00	0.76	検出
				2004/1/29 11:55	2004/2/26 11:35	晴	15.0		24.5	1.75	0.47	検出
				2004/2/26 11:35	2004/3/25 11:20	曇	17.3		74.4	1.35	0.53	検出
				2004/3/25 11:20	2004/4/26 11:20	晴	15.6		108.5	4.55	0.29	LTD
				2004/4/26 11:20	2004/5/28 11:30	晴	27.3		159.0	12.55	0.67	検出
				2004/5/28 11:30	2004/6/29 11:00	曇	25.8		74.0	7.05	0.59	検出
				2004/6/29 11:00	2004/7/28 11:10	晴	34.8		92.5	7.35	0.67	検出
				2004/7/28 11:10	2004/8/30 12:45	晴	36.6		69.0	5.75	0.69	検出
				2004/8/30 12:45	2004/9/28 11:20	晴	26.3		101.0	7.35	0.32	LTD
				2004/9/28 11:20	2004/10/29 11:45	晴	21.5		525.5	16.25	0.29	LTD
				2004/10/29 11:45	2004/11/25 11:26	晴	17.0		49.5	5.10	0.15	LTD
				2004/11/25 11:26	2004/12/22 11:19	曇	13.5		66.0	4.15	0.36	検出
	福島市	37° 44' 20"	140° 26' 56"	2003/12/24 13:20	2004/1/30 9:25	晴	3.5		41.0	3.55	0.64	検出
				2004/1/30 9:25	2004/2/27 14:00	曇	8.5		37.5	3.40	0.51	検出
				2004/2/27 14:00	2004/3/26 13:15	曇	14.3		13.0	0.85	0.67	検出
				2004/3/26 13:15	2004/4/27 9:05	雨	13.2		108.5	5.00	0.30	LTD
				2004/4/27 9:05	2004/5/31 9:00	晴	30.3		133.0	11.15	0.51	検出
				2004/5/31 9:00	2004/6/30 9:10	晴	28.7		75.0	4.50	0.60	検出
				2004/6/30 9:10	2004/7/29 9:10	雨	27.1		178.0	12.55	0.49	検出
				2004/7/29 9:10	2004/8/31 11:19	曇	29.0		87.0	6.95	0.30	LTD
				2004/8/31 11:19	2004/9/29 10:00	雨	23.2		80.0	4.15	0.25	LTD
				2004/9/29 10:00	2004/11/1 9:55	曇	16.0		407.5	25.75	0.51	検出
				2004/11/1 9:55	2004/11/26 9:50	晴	10.1		66.5	4.75	0.15	LTD
				2004/11/26 9:50	2004/12/24 9:30	雪	7.9		65.5	2.55	0.17	LTD

4. 2 大気中水蒸気中のトリチウム

図 15、図 16 に 2004 年の各地点における大気中水蒸気中トリチウム濃度（以下「除湿水トリチウム濃度」という。）の変化及び採取量を示し、表 4 に測定結果をまとめた。図 15、図 16 においてグラフが連続でないのは、欠測のためである。各測定地点の除湿水トリチウム濃度は、各地点共にほぼ同様の变化を示した。比較対照の測定結果も、周辺地域と大差はなく、自然由来のトリチウムであると考えられた。一方、夫沢地点での測定結果が他地点と較べると、20～30%程度トリチウム濃度が高い月が数回あった。この原因を推察するため、過去 3 年間の除湿水トリチウム濃度の变化を図 17 に、また採取量の変化を図 18 にそれぞれ示した。2002～2003 年の夫沢地点におけるトリチウム濃度は他地点とほとんど差がなく、また継続的に高濃度ではないことから、気象条件等による自然変化が原因の変動と思われる。

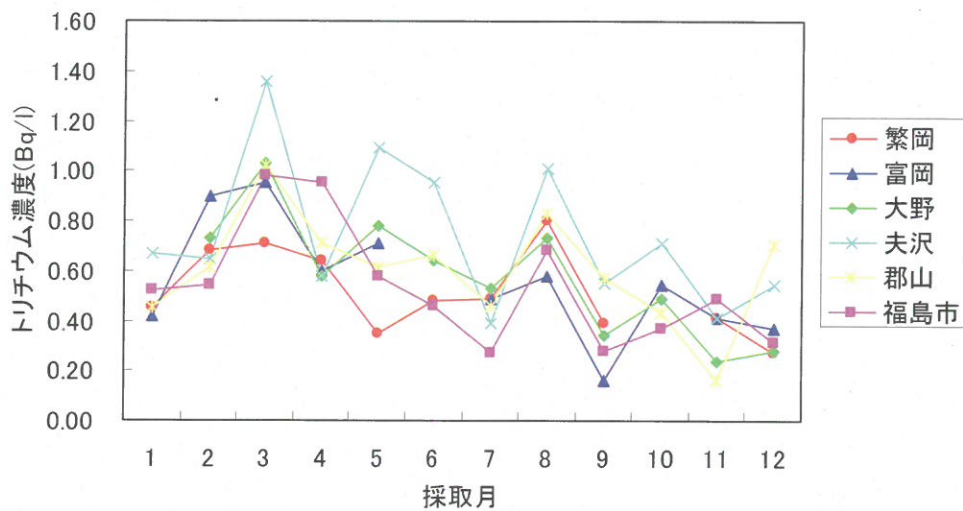


図 15 除湿水トリチウム濃度月別変化

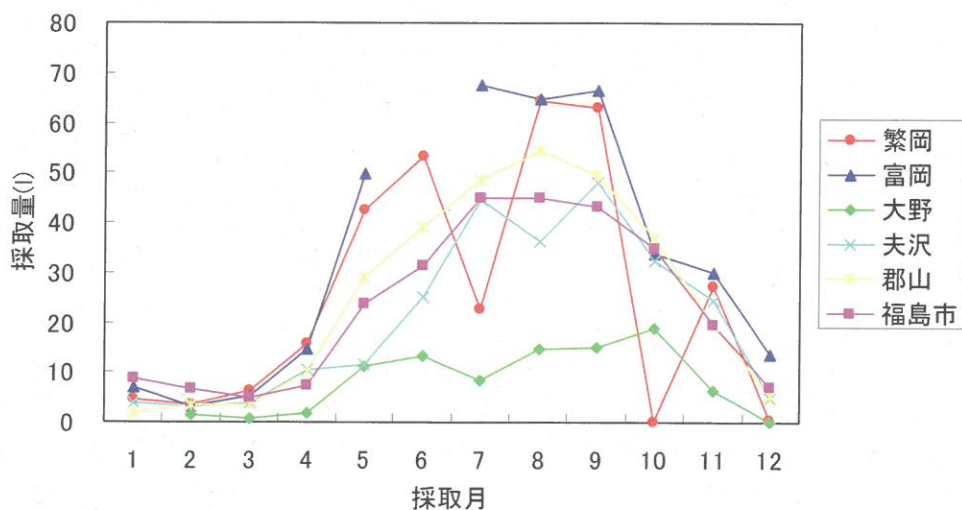


図 16 除湿水採取量

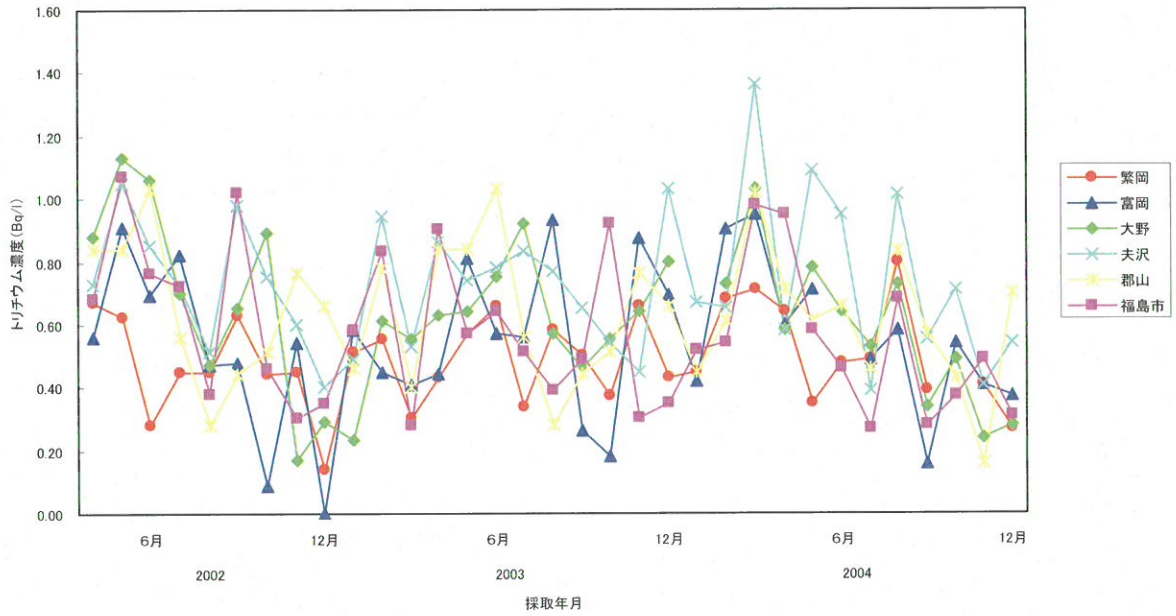


図 17 除湿水トリチウム濃度経年変化

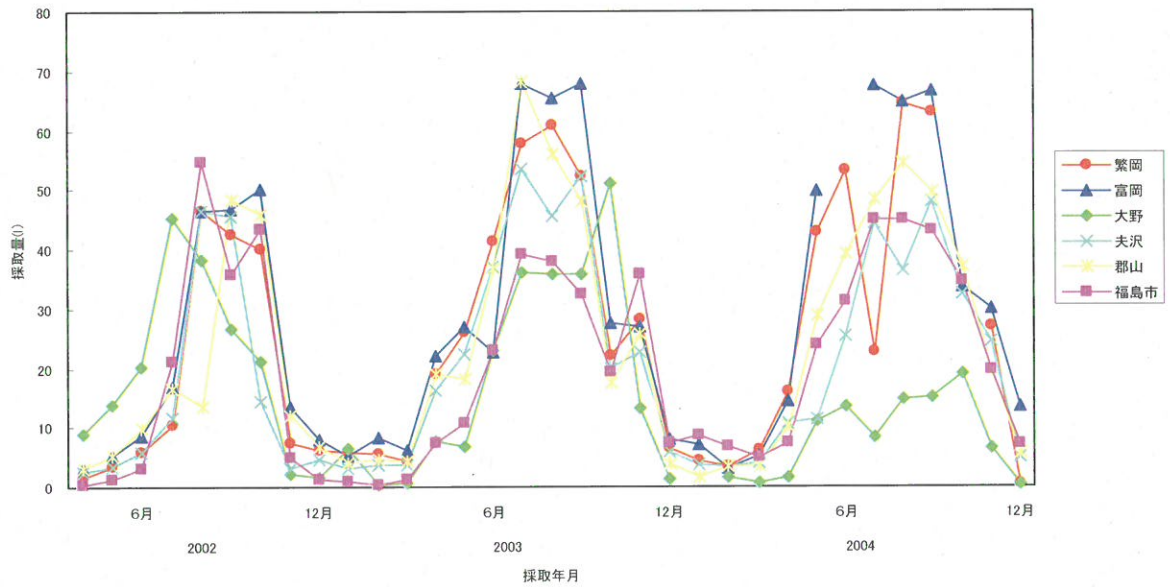


図 18 除湿水採取量経年変化

次に、トリチウム濃度の季節変動を確認するために、周辺地域5地点の除湿水トリチウム濃度を各月別にまとめ図 19 に示した。その結果、バラツキはあるものの 1.0Bq/以下の範囲の中で変動していた。除湿水トリチウムは2月ごろから徐々に増加し始め、6月頃の梅雨の時期にピークを迎える。その後、緩やかに低下し、12、1月ごろ最低値を示した。2月～6月にかけてトリチウム濃度が相対的に高い値となる傾向があり、いわゆるスプリン

グピークと考えられる。降水中のトリチウム濃度はその起源となる気団の大陸性、海洋性により変化し、海洋性気団が起源となる降水中のトリチウム濃度は大陸性気団が起源のものに比べて小さい傾向がある¹¹⁾。このことから、大気中のトリチウムも同様に降雨をもたらす気団による影響と推察され、スプリングピークが形成されたと思われる。

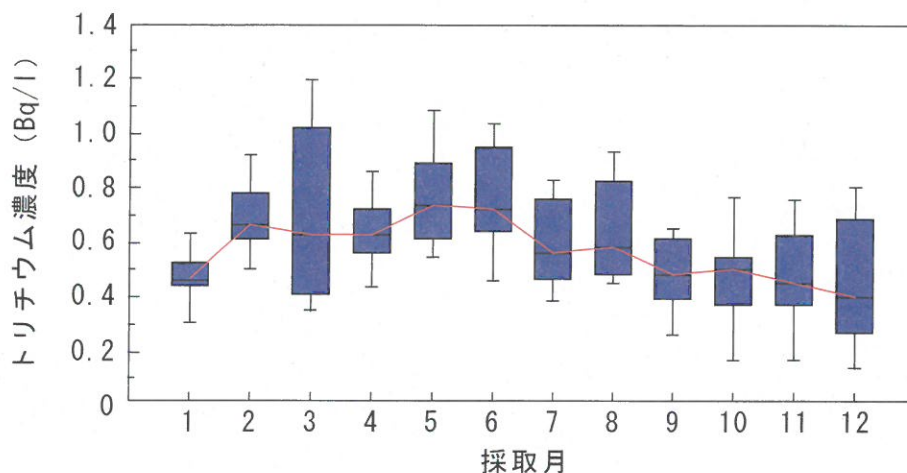


図 19 除湿水トリチウム濃度季節変化

さらに、平均気温や平均湿度等の詳細な気象データのある富岡、大野、福島市の3地点について、Tetensの実験式を用い、単位大気当たりのトリチウム濃度（以下「大気トリチウム濃度」という。）を計算しプロットしたものを図 20 に示した。図 15 に示した除湿水の月別トリチウム濃度変化と比較すると、ピーク位置が春先から 7、8 月に移動していた。また、図 22 に絶対湿度の経年変化を示したが、3 地点とも同一の変化をしており、大気トリチウム濃度が最大となる時期と同じ 8 月にピークがあった。湿度の増加に伴ってトリチウム濃度が高くなっていることから、単位体積当たりに含まれる水分子の増加がトリチウ

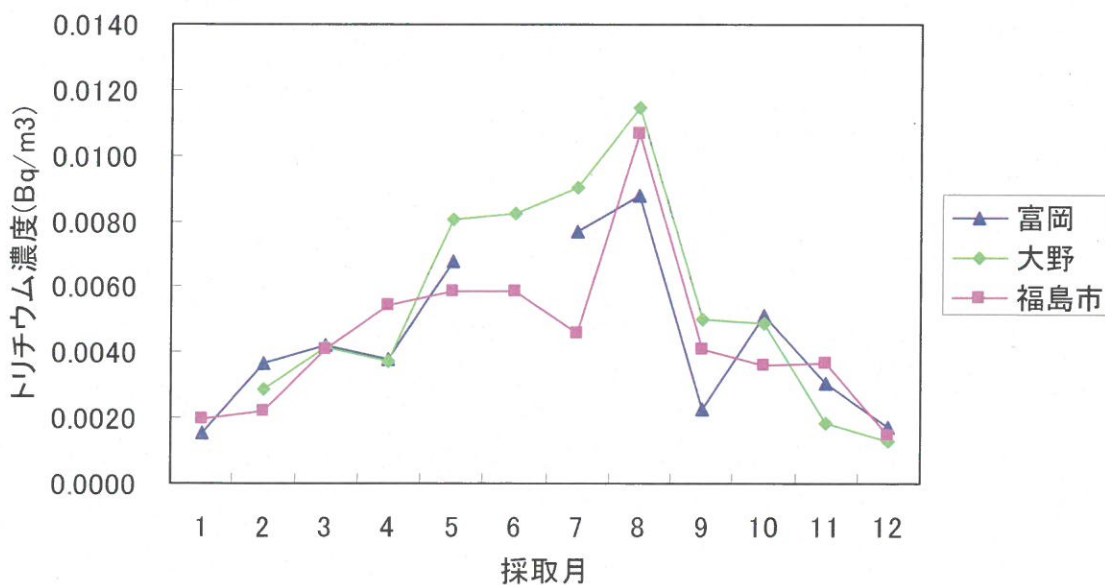


図 20 大気トリチウム濃度月別変化

ム濃度を高くした原因と思われる。この傾向は、図 21 に示したように、過去 3 年間でも同様の変化を示しており、大気トリチウム濃度は湿度の大きい 8 月が最大となることがわかった。

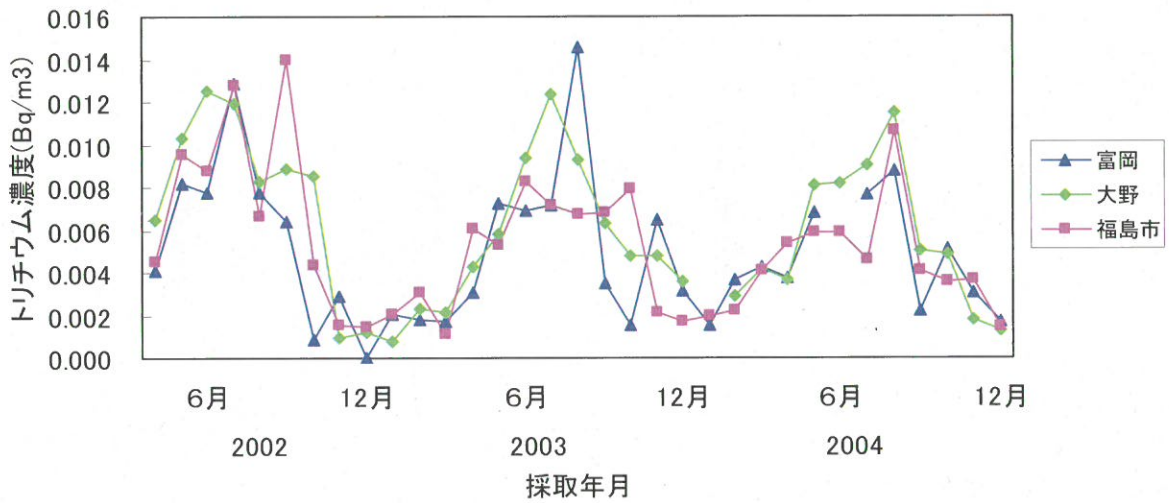


図 21 大気トリチウム濃度経年変化

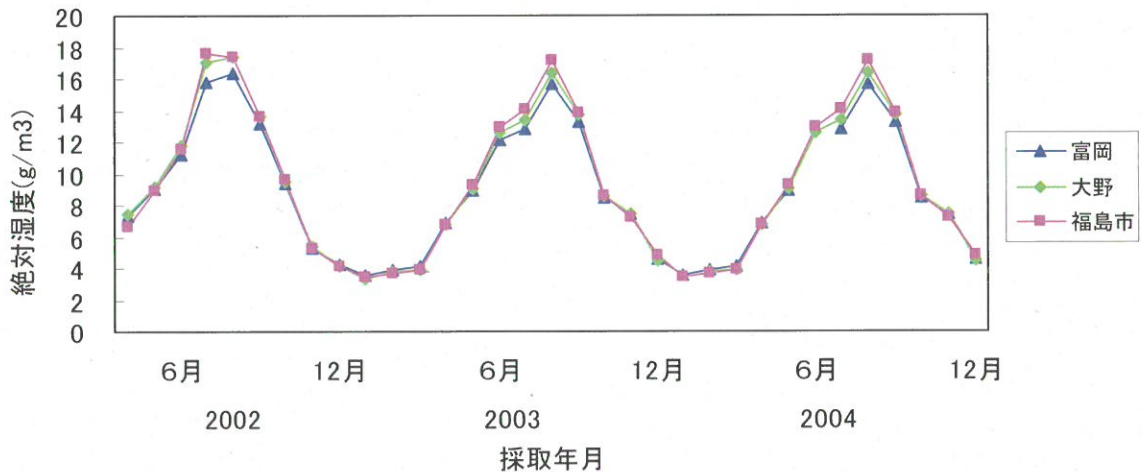


図 22 絶対湿度経年変化

また、平成 15 年度の報告において、単位体積当たりの大気トリチウム濃度は絶対湿度によって決定されている可能性がある⁵⁾との考察を踏まえて、絶対湿度と大気トリチウム濃度との関係について検討するために、過去 3 年間の絶対湿度と大気トリチウム濃度をプロットし図 23 に示した。相関係数 r を計算すると、 $r = 0.76$ となった。母集団 $n=97$ 、危険率 5% における相関係数の有意点は $r > 0.2^{1)2)}$ であり、単位体積当たりの大気トリチウム濃度は絶対湿度と相関関係があることがわかった。このことから、気温及び相対湿度から

除湿水のトリチウム濃度をある程度予測することが可能であるといえる。さらに、原子力発電所の事故等の緊急時においては、相対湿度より算出した絶対湿度を用いトリチウム濃度のバックグラウンドレベルを予測し、放出量にともなう影響分を推測する目安となり得ると思われる。

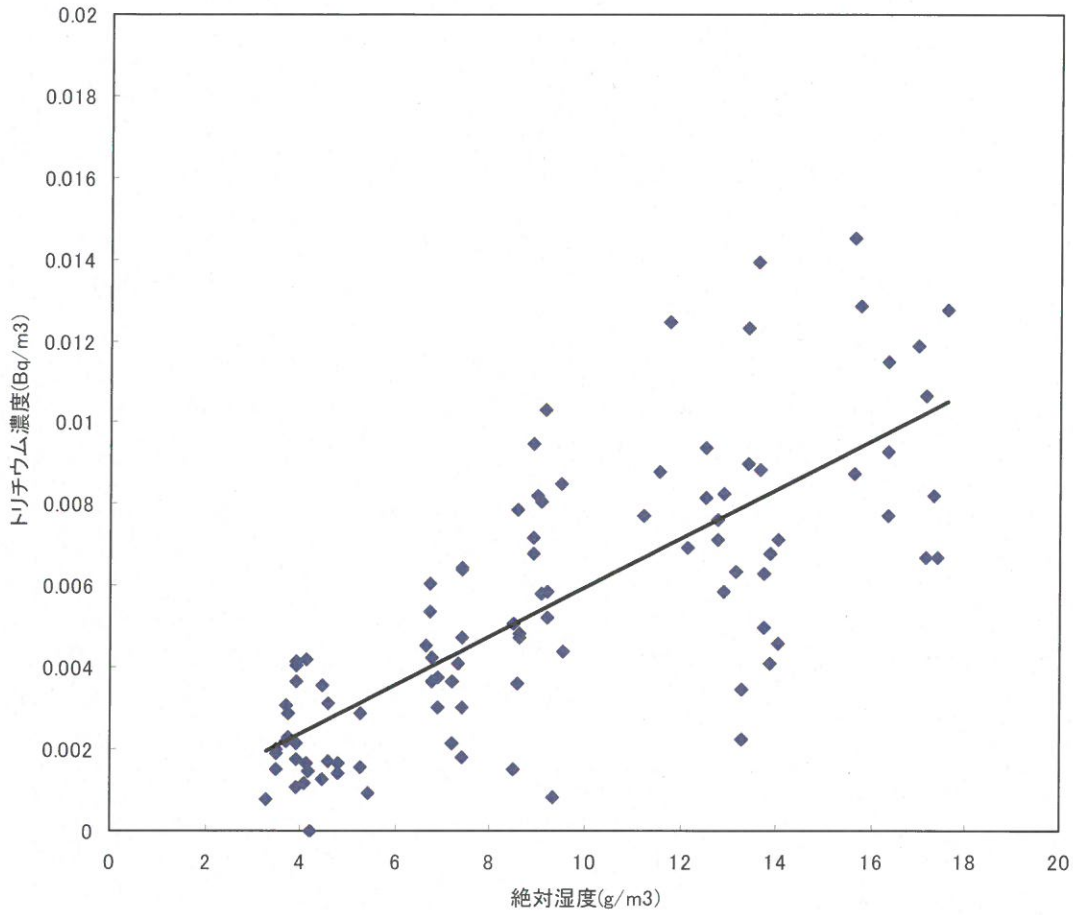


図 23 絶対湿度と大気トリチウム濃度の関係

表 4 大気中水蒸気測定結果一覧

試料名	地点名	採取場所		採取期間		採取終了日状況		平均相対湿度(%)	平均気温(°C)	絶対湿度(g/m ³)	採取量(L)	トリチウム濃度		
		緯度	経度	採取開始	採取終了	天候	気温(°C)					(Bq/l)	判定	(Bq/m ³)
大気中水蒸気	繁岡	37° 17' 48"	141° 0' 6"	2003/12/24 13:20	2004/1/29 11:35	晴	14.8				4.35	0.45	検出	
				2004/1/29 11:35	2004/2/26 11:15	晴	14.5				3.35	0.68	検出	
				2004/2/26 11:15	2004/3/25 11:05	晴	13.7				6.15	0.71	検出	
				2004/3/25 11:05	2004/4/26 10:55	晴	13.5				15.75	0.64	検出	
				2004/4/26 10:55	2004/5/28 11:00	晴	24.7				42.60	0.35	LTD	
				2004/5/28 11:00	2004/6/29 10:42	曇	24.2				53.25	0.48	検出	
				2004/6/29 10:42	2004/7/28 10:45	晴	35.1				22.55	0.49	検出	
				2004/7/28 10:45	2004/8/30 13:05	晴	30.8				64.50	0.80	検出	
				2004/8/30 13:05	2004/9/28 10:55	曇	23.4				63.00	0.39	検出	
				2004/9/28 10:55	2004/10/29 12:08	晴	16.1							
				2004/10/29 12:08	2004/11/25 11:07	晴	16.6				27.00	0.41	検出	
				2004/11/25 11:07	2004/12/22 11:00	曇	12.7				0.35	0.27	LTD	
	富岡	37° 20' 16"	141° 01' 33"	2003/12/24 13:20	2004/1/29 11:50	曇	7.6	63.0	2.2	3.6	7.05	0.42	検出	0.0015
				2004/1/29 11:50	2004/2/26 11:30	晴	15.0	63.0	4.2	4.1	3.05	0.90	検出	0.0037
				2004/2/26 11:30	2004/3/25 13:20	曇	17.3	62.3	5.7	4.4	5.15	0.95	検出	0.0042
				2004/3/25 13:20	2004/4/26 11:20	晴	15.6	62.5	11.0	6.3	14.45	0.60	検出	0.0038
				2004/4/26 11:20	2004/5/28 11:15	晴	27.3	73.0	15.3	9.6	49.80	0.71	検出	0.0068
				2004/5/28 11:15	2004/6/29 11:30	曇	25.8	71.5	19.1	11.7				
				2004/6/29 11:30	2004/7/28 11:10	晴	34.8	73.6	23.5	15.6	67.50	0.49	検出	0.0076
				2004/7/28 11:10	2004/8/30 12:45	晴	36.6	70.7	23.6	15.1	64.80	0.58	検出	0.0087
				2004/8/30 12:45	2004/9/28 11:20	晴	26.3	75.9	21.1	14.0	66.60	0.16	LTD	0.0022
				2004/9/28 11:20	2004/10/29 11:45	晴	21.5	76.6	14.3	9.4	33.60	0.54	検出	0.0051
				2004/10/29 11:45	2004/11/25 11:23	晴	17.0	70.5	11.8	7.4	30.00	0.41	検出	0.0030
				2004/11/25 11:23	2004/12/22 11:20	曇	13.5	63.9	5.9	4.6	13.45	0.37	検出	0.0017
	大野	37° 24' 15"	140° 59' 1"	2003/12/24 13:20	2004/1/29 13:40	曇	6.9	59.8	2.8	3.5				
				2004/1/29 13:40	2004/2/26 13:30	晴	21.4	59.9	4.5	3.9	1.45	0.73	検出	0.0029
				2004/2/26 13:30	2004/3/25 13:35	曇	18.1	53.9	6.4	4.0	0.75	1.03	検出	0.0041
				2004/3/25 13:35	2004/4/26 13:40	晴	14.2	61.1	11.6	6.4	1.65	0.58	検出	0.0037
				2004/4/26 13:40	2004/5/28 13:10	晴	26.0	75.7	16.0	10.3	11.00	0.78	検出	0.0081
				2004/5/28 13:10	2004/6/29 13:05	晴	30.4	73.9	20.0	12.8	13.30	0.64	検出	0.0082
				2004/6/29 13:05	2004/7/28 13:10	晴	31.5	77.1	24.2	17.0	8.25	0.53	検出	0.0090
				2004/7/28 13:10	2004/8/30 10:30	曇	23.9	71.7	24.1	15.7	14.75	0.73	検出	0.0115
				2004/8/30 10:30	2004/9/28 13:05	晴	27.2	78.0	21.5	14.7	14.85	0.34	検出	0.0050
				2004/9/28 13:05	2004/10/29 13:45	晴	16.7	78.1	14.8	9.9	18.95	0.49	検出	0.0049
				2004/10/29 13:45	2004/11/25 14:45	晴	15.6	68.2	12.6	7.6	6.35	0.24	LTD	0.0018
				2004/11/25 14:45	2004/12/22 13:20	曇	13.2	60.1	6.6	4.5	0.17	0.28	LTD	0.0013
夫沢	37° 24' 22"	141° 01' 54"	2003/12/24 13:20	2004/1/29 12:20	曇	9.1				3.75	0.67	検出		
			2004/1/29 12:20	2004/2/26 12:00	晴	16.6				3.25	0.65	検出		
			2004/2/26 12:00	2004/3/25 11:45	曇	16.9				3.95	1.36	検出		
			2004/3/25 11:45	2004/4/26 11:45	晴	15.2				10.55	0.58	検出		
			2004/4/26 11:45	2004/5/28 12:00	晴	27.9				11.35	1.09	検出		
			2004/5/28 12:00	2004/6/29 13:50	晴	25.2				25.20	0.95	検出		
			2004/6/29 13:50	2004/7/28 11:40	晴	29.3				44.40	0.39	LTD		
			2004/7/28 11:40	2004/8/30 11:45	曇	30.0				36.30	1.01	検出		
			2004/8/30 11:45	2004/9/28 11:50	晴	24.7				48.00	0.55	検出		
			2004/9/28 11:50	2004/10/29 11:32	晴	19.5				32.40	0.71	検出		
			2004/10/29 11:32	2004/11/25 13:50	晴	15.1				24.45	0.41	検出		
			2004/11/25 13:50	2004/12/22 11:50	曇	17.6				4.80	0.54	検出		

試料名	地点名	採取場所		採取期間		採取終了日状況		平均相対湿度(%)	平均気温(°C)	絶対湿度(g/m3)	採取量(L)	トリチウム濃度		
		緯度	経度	採取開始	採取終了	天候	気温(°C)					(Bq/l)	判定	(Bq/m3)
大気中 水蒸気	郡山	37° 26' 41"	141° 1' 40"	2003/12/24 13:20	2004/1/29 12:30	曇	6.8				1.65	0.45	検出	
				2004/1/29 12:30	2004/2/26 12:15	晴	16.2			3.35	0.61	検出		
				2004/2/26 12:15	2004/3/25 12:00	曇	13.1			3.45	1.02	検出		
				2004/3/25 12:00	2004/4/26 12:00	晴	16.5			9.95	0.71	検出		
				2004/4/26 12:00	2004/5/28 12:10	晴	28.5			28.80	0.61	検出		
				2004/5/28 12:10	2004/6/29 12:00	曇	26.4			39.00	0.66	検出		
				2004/6/29 12:00	2004/7/28 12:05	晴	32.8			48.30	0.46	検出		
				2004/7/28 12:05	2004/8/30 11:30	曇	29.0			54.30	0.83	検出		
				2004/8/30 11:30	2004/9/28 12:05	晴	24.8			49.50	0.57	検出		
				2004/9/28 12:05	2004/10/29 11:10	晴	23.1			36.90	0.43	検出		
	2004/10/29 11:10	2004/11/25 14:03	晴	15.8			19.65	0.16	LTD					
	2004/11/25 14:03	2004/12/22 12:10	曇	13.8			5.35	0.70	検出					
	福島市	37° 44' 20"	140° 26' 56"	2003/12/24 13:20	2004/1/30 9:20	晴	3.5	69.0	1.4	3.7	8.65	0.52	検出	0.0019
				2004/1/30 9:20	2004/2/27 9:00	曇	8.5	67.0	3.3	4.1	6.65	0.54	検出	0.0022
				2004/2/27 9:00	2004/3/26 13:15	曇	14.3	58.0	5.7	4.1	4.95	0.98	検出	0.0041
				2004/3/26 13:15	2004/4/27 9:10	雨	13.2	51.0	12.7	5.7	7.25	0.95	検出	0.0054
				2004/4/27 9:10	2004/5/31 9:05	晴	30.3	68.0	17.4	10.1	23.75	0.58	検出	0.0059
				2004/5/31 9:05	2004/6/30 9:10	晴	28.7	65.0	22.1	12.7	31.20	0.46	検出	0.0058
				2004/6/30 9:10	2004/7/29 9:20	雨	27.1	71.0	25.6	16.9	45.00	0.27	LTD	0.0046
				2004/7/29 9:20	2004/8/31 11:15	曇	28.5	69.0	24.7	15.6	45.00	0.68	検出	0.0106
2004/8/31 11:15				2004/9/29 9:50	雨	22.5	76.0	21.8	14.6	43.20	0.28	LTD	0.0041	
2004/9/29 9:50				2004/11/1 9:45	曇	16.2	78.0	14.5	9.7	34.65	0.37	検出	0.0036	
2004/11/1 9:45	2004/11/26 9:50	晴	10.1	72.0	11.6	7.5	19.55	0.49	検出	0.0037				
2004/11/26 9:50	2004/12/24 9:30	雪	7.9	67.0	5.2	4.6	7.05	0.31	LTD	0.0014				

空欄は測定値あるいは換算値がないことを示す

4. 3 指標植物中のトリチウム

図 24、表 5 に各地点における松葉の組織自由水トリチウム (TFWT) 濃度測定結果を示した。なお、表 5 において測定結果が LTD の試料に関しては単位生重量当たりのトリチウム量の算出はせず「-」と表記した。周辺地域において採取した松葉の TFWT 濃度は約 1.0Bq/l 以下の低い値であった。また、比較対照の結果も同等もしくはそれ以上であり、バックグラウンドレベルといえる。一方、松葉のトリチウム濃度が原子力発電所からの影響を受けバックグラウンドの 2 倍以上になった¹³⁾ という報告がある。しかし、この報告では重水減速型および加圧水型原子力発電所が対象であり、沸騰水型のもの較べると気体および液体ともにトリチウムの放出量が多いとされている。例えば、加圧水型原子炉を有する原子力施設から排出される気体廃棄物中のトリチウム年間放出量は合計 3.7×10^{13} Bq という報告¹⁴⁾ があり、この値は福島県の気体状トリチウム年間放出量の 20 倍以上であった。このことから、今回の調査では原子力施設からの影響分が小さかったため、周辺地域と比較対照との間に差が生じなかったものと推察される。

次に、各原子力発電所からの距離とトリチウム濃度の相関についてプロットした結果を図 25 に示した。発電所からの距離は採取地点の緯度および経度から算出した値を用いた。その結果、発電所からの距離とトリチウム濃度の間に相関はみられなかった。これは、上記で述べた内容と同様に、本県内の原子力発電所はすべて沸騰水型であり、重水減速型および加圧水型とくらべると、比較的トリチウムの放出量が少なく、原子力発電所からの影響が小さかったためと思われる。

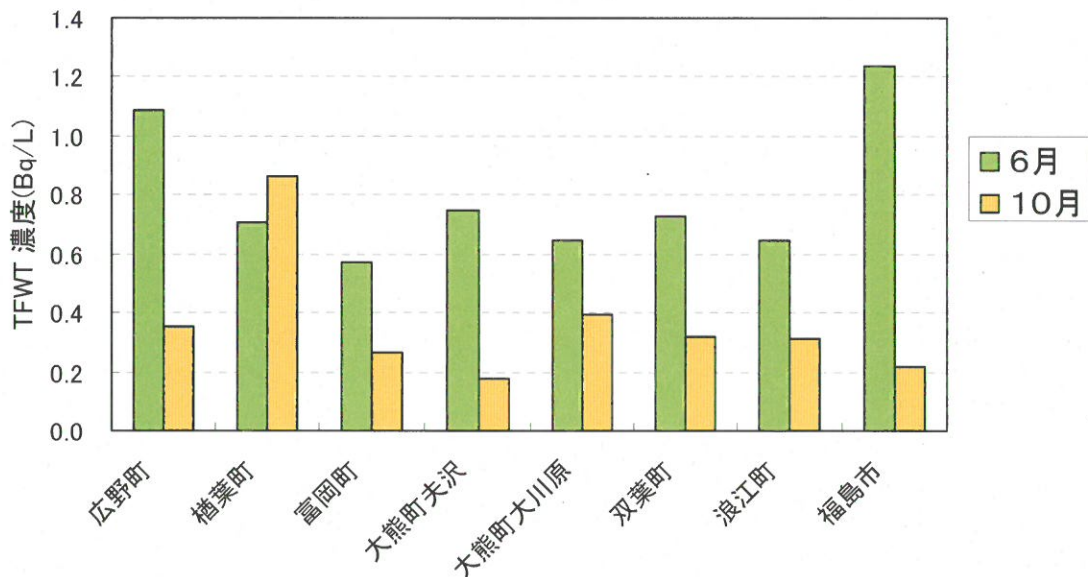


図 24 松葉の TFWT 濃度

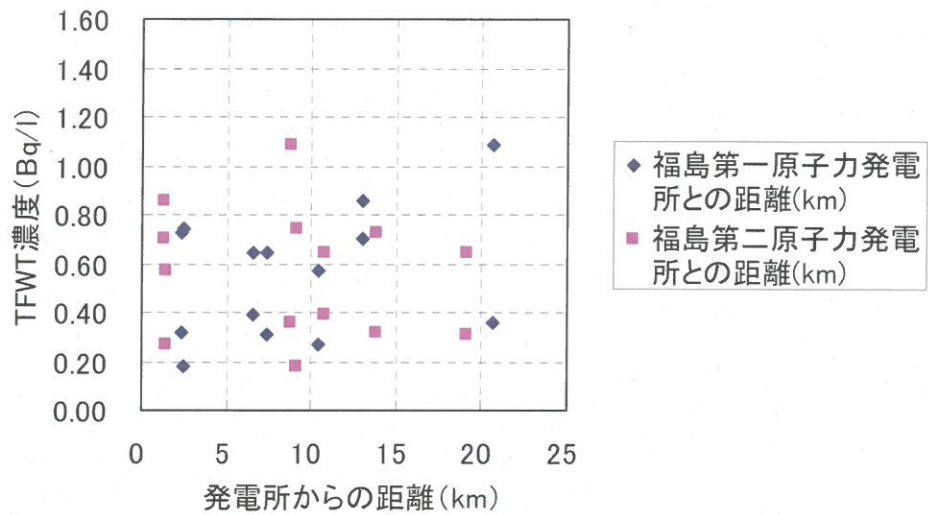


図 25 発電所からの距離と松葉の TFWT 濃度

さらに、上記の要因について検討するために、周辺環境と松葉の TFWT 濃度について検討した。松葉の TFWT の吸収経路は大きく分けて2つ考えられる。一つは根から吸収する土壌水分中のトリチウム、もう一方は葉の気孔から吸収される大気中のトリチウムである。根から吸収される土壌中の水分はほとんどが降水であると仮定し、松葉、降水および大気中水蒸気について採取月ごとのトリチウム濃度を図 26 に示した。その結果、多少バラツキはあるものの、松葉のトリチウム濃度は降水及び大気中水蒸気のトリチウム濃度に影響していると推測できる。10月に大気中水蒸気と松葉のトリチウム濃度に差があるのは、湿度の低下に伴い、気孔からの水分吸収が減少したためではないかと考えられる。また、植物体内における TFWT の滞留時間は短く、数日で体外に排出されるとされている。このことから、松葉の TFWT 濃度は採取日以前数日間の降水や大気中水蒸気に含まれるトリチウムが特に影響していると考えられる。上記で原子力発電所からの距離と松葉の TFWT 濃度に相関はみられなかったのは、採取地点の大気中トリチウムが発電所からの距離に依存していなかったためと思われる。

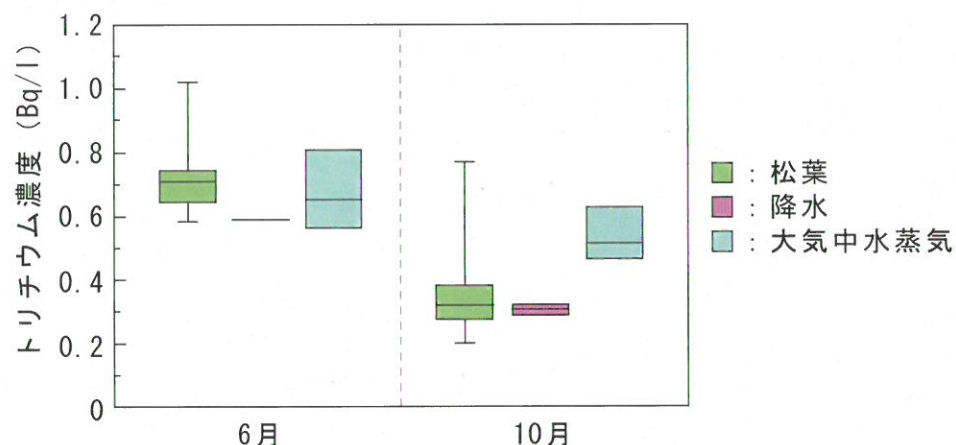


図 26 採取月別地域別松葉の TFWT 濃度と降水・大気中水蒸気のトリチウム濃度

図 27 に周辺地域と比較対照における松葉、降水および大気中水蒸気のトリチウム濃度について示した。この結果でも、地域による差は確認されず、松葉の TFWT 濃度に影響しているのは降水や大気中トリチウム濃度であることがわかる。また、比較対照の松葉に TFWT 濃度のバラツキがみられるが、これは周辺地域に較べデータ数が少ないためである。以上より、松葉の TFWT 濃度がサンプリング地点の代表データと仮定すれば、その大部分が自然由来であると考えられる。

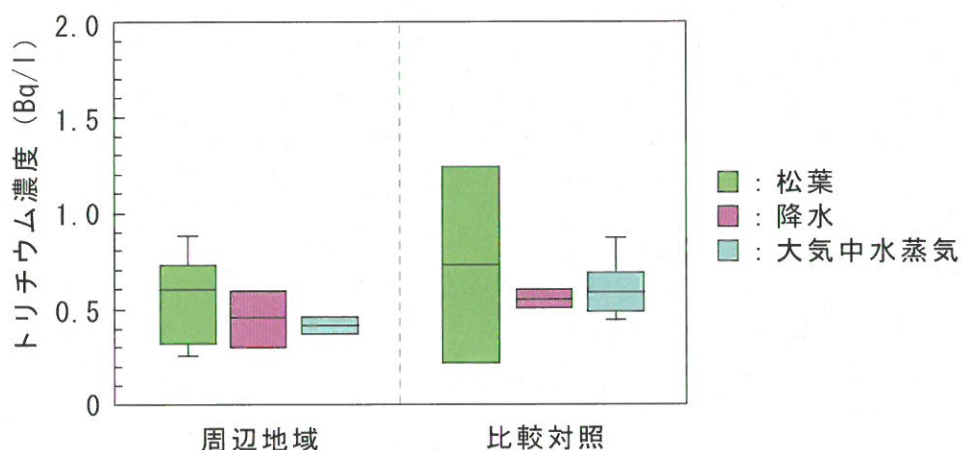


図 27 地域別松葉の TFWT と降水・大気中水蒸気のトリチウム濃度

ほんだわらの TFWT 濃度は 2 試料とも LTD (0.39Bq/l 未満) であり、表 5 に示したとおりである。これは海藻中のトリチウム濃度の報告値である 1.2Bq/l¹⁵⁾ と比べ小さい値であった。また、同時期に付近から採取した海水のトリチウム濃度は、福島第一及び第二原子力発電所周辺海域でそれぞれ 0.02Bq/l (LTD)、0.01Bq/l (LTD) であった。本来であれば、ほんだわらの TFWT 濃度と海水のトリチウム濃度は平衡に達し、同等の値となると思われた。しかし、ここではほんだわら及び海水ともに測定結果がすべて LTD であり、ま

た、ほんだわらの海水中トリチウムの取り込や蓄積に関しては、試料数、データ数ともに少なく確認できなかった。

表 5 指標植物測定結果一覧

試料名	地点名	採取場所		発電所からの距離(km)※	採取年月日	採取量(kg)	乾燥残分(%)	TFWT濃度		トリチウム濃度(Bq/kg生)
		緯度	経度					(Bq/l)	判定	
松葉	広野町	37° 14' 6"	141° 0' 28"	20.6	2004/6/9	0.94	46.56	1.09	検出	0.58
				8.8	2004/10/7	0.49	39.00	0.36	検出	0.22
	榑葉町	37° 18' 6"	141° 1' 14"	13.0	2004/6/7	1.31	50.16	0.70	検出	0.35
				1.3	2004/10/7	0.44	44.80	0.86	検出	0.48
	富岡町	37° 19' 32"	141° 1' 45"	10.4	2004/6/29	0.54	40.16	0.57	検出	0.34
				1.4	2004/10/7	0.47	39.20	0.27	LTD	—
	大熊町 夫沢	37° 23' 46"	141° 2' 12"	2.5	2004/6/29	0.68	42.92	0.75	検出	0.43
				9.2	2004/10/25	0.43	44.92	0.18	LTD	—
	大熊町 大川原	37° 23' 38"	140° 57' 27"	6.6	2004/6/7	0.50	41.60	0.64	検出	0.38
				10.8	2004/10/25	0.50	41.20	0.39	検出	0.23
	双葉町	37° 26' 15"	141° 2' 13"	2.3	2004/6/7	0.50	46.04	0.73	検出	0.39
				13.9	2004/10/19	0.48	38.04	0.32	LTD	—
	浪江町	37° 29' 4"	141° 2' 25"	7.4	2004/6/7	0.65	45.88	0.65	検出	0.35
				19.1	2004/10/19	0.46	45.88	0.31	LTD	0.17
福島市	37° 42' 53"	140° 31' 2"	55.6	2004/6/1	0.44	40.20	1.24	検出	0.74	
			63.3	2004/10/5	0.50	35.20	0.21	LTD	—	
ほんだわら	1F	—	—	—	2004/7/1	0.54	15.68	0.32	LTD	—
	2F	—	—	—	2004/7/2	0.49	21.93	0.30	LTD	—

※上段：福島第一発電所からの距離(km)、下段：福島第二発電所からの距離(km)をそれぞれ示している

4. 4 畜産物及び水産物中のトリチウム

畜産物及び水産物の TFWT 濃度と OBT 濃度について表 6 に測定データをまとめて示した。なお、表 6 において測定結果が LTD の試料に関しては単位生重量当たりのトリチウム量の算出はせず、「-」と表記した。その結果、TFWT 濃度及び OBT 濃度ともに全地点で LTD \sim 1.0Bq/l 以下の小さい値であり、周辺地域と比較対照との間に明確な差はみられなかった。特に、あいなめは他の試料を較べて、TFWT 濃度と OBT 濃度ともに測定結果がすべて LTD であり、バックグラウンド水と較べても非常に低い濃度であった。一方、鶏卵や牛乳は TFWT 濃度に較べ OBT 濃度が高い傾向があった。マウスを使用した実験において、妊娠母胎に強制的にトリチウムを摂取させた場合、母体から胎児へ 20 \sim 40% のトリチウムが OBT として移行したとの報告がある¹⁶⁾。鶏卵においても同様に考えられ、鶏が摂取したトリチウムが鶏卵において OBT に変換されたため、鶏卵の OBT 濃度が高かったと思われる。また、母乳に関しても、マウスを使用した研究が行われており、母マウスにトリチウムを摂取させた場合、乳を介して仔マウスへのトリチウムの移行が確認されている¹⁶⁾。このことから、牛の呼吸又は飲食によって摂取したトリチウムが牛乳に蓄積されたため、OBT 濃度が高くなったと思われる。

また、牛乳中の固形成分であるラクトースにおいては、その構成元素中の水素成分の約半分が、摂取した水に由来するといわれている¹⁶⁾が、今回調査した試料の測定結果において LTD が半数近くあり、トリチウムの蓄積と食品成分の関係については確認できなかった。

表 6 畜産物及び水産物測定結果一覧

試料名	地点区分	地点名	採取年月日	TFWT濃度		OBT濃度		TFWT濃度 (Bq/kg生)	OBT濃度 (Bq/kg生)
				(Bq/l)	判定	(Bq/l)	判定		
豚肉①	周辺地域	富岡町	2004/9/2	-0.03	LTD	0.34	検出	-	0.074
豚肉②	比較対照	福島市	2004/9/8	0.51	検出	0.51	検出	0.348	0.113
鶏卵①	周辺地域	富岡町	2004/9/2	0.45	検出	0.51	検出	0.345	0.081
鶏卵②		大熊町	2004/9/3	0.07	LTD	0.66	検出	-	0.114
鶏卵③	比較対照	福島市	2004/9/8	0.42	検出	0.64	検出	0.321	0.096
牛乳①	周辺地域	楡葉町	2004/7/20	0.21	LTD	0.65	検出	-	0.044
牛乳②		富岡町	2004/7/20	0.12	LTD	0.75	検出	-	0.061
牛乳③		大熊町	2004/7/21	0.41	LTD	0.75	検出	-	0.053
牛乳④	比較対照	福島市	2004/7/8	0.46	検出	0.31	LTD	0.404	0.023
あいなめ①	周辺地域	いわき市	2004/5/18	-0.17	LTD	-0.04	LTD	-	-
あいなめ②		浪江町	2004/5/17	-0.09	LTD	0.04	LTD	-	-
あいなめ③	比較対照	相馬市	2004/5/7	0.19	LTD	0.20	LTD	-	-

4.5 被ばく線量評価

トリチウムの放出するβ線は飛程も極わずかであり、そのほとんどが皮膚で遮断される。このことから、外部被ばくは高濃度のトリチウムにさらされない限りは無視できる程度である。よって、ここでは呼吸や飲食により体内に摂取されたトリチウムによる内部被ばくについてのみ検討した。国際放射線防護委員会（ICRP）では、トリチウムの内部被ばく線量を評価するために、考慮すべき化学形として水素分子型（HT）、メタン型（CH₃T）、水分子型（HTO）、有機結合型（OBT）をあげており¹⁷⁾、今回はこのうち人体における代謝が多いと考えられているHTO及びOBTについて、預託実効線量を計算し表7に示した。なお、より安全側からの視点で評価するため、HTO及びOBT濃度は各試料の最大値を用いた。この表中で、上水のHTO濃度は平成15年度環境放射能測定結果における最高値、またキャベツ、だいこん、ばれいしょ、こめのHTO及びOBT濃度は平成15年度の調査結果を使用した。この結果から、調査した食品等を摂取した場合の内部被ばくによる預託実効線量の合計は 1.8×10^{-5} mSv/年であり、一般公衆の線量限度である1mSv/年と較べ十分に低い値であった。

表7 吸入及び経口摂取による預託実効線量

試料名	線量係数(mSv/Bq) ^{18), 19)}		1日あたりの摂取量 ²⁰⁾	HTO(TFWT)濃度	OBT濃度	預託実効線量(mSv/年)
	HTO(TFWT)	OBT				
上水	1.8×10^{-8}	-	3000 ml ^{※1}	0.67 Bq/l	-	1.3×10^{-5}
大気	1.8×10^{-8}	-	22.2 m ³	0.015 Bq/m ³	-	2.1×10^{-6}
豚肉	1.8×10^{-8}	4.2×10^{-8}	31.2 g	0.35 Bq/kg生	0.11 Bq/kg生	1.3×10^{-7}
鶏卵	1.8×10^{-8}	4.2×10^{-8}	36.5 g	0.35 Bq/kg生	0.096 Bq/kg生	1.4×10^{-7}
牛乳	1.8×10^{-8}	4.2×10^{-8}	101.4 g	0.40 Bq/kg生	0.061 Bq/kg生	3.6×10^{-7}
あいなめ	1.8×10^{-8}	4.2×10^{-8}	10.0 g	0.31 Bq/kg生 ^{※2}	0.060 Bq/kg生 ^{※2}	3.0×10^{-8}
キャベツ ^{※3}	1.8×10^{-8}	4.2×10^{-8}	21.9 g	0.76 Bq/kg生	0.024 Bq/kg生	3.2×10^{-10}
だいこん ^{※3}	1.8×10^{-8}	4.2×10^{-8}	39.4 g	0.60 Bq/kg生	0.032 Bq/kg生	4.8×10^{-10}
ばれいしょ ^{※3}	1.8×10^{-8}	4.2×10^{-8}	31.5 g	0.93 Bq/kg生	0.12 Bq/kg生	6.8×10^{-10}
こめ ^{※3}	1.8×10^{-8}	4.2×10^{-8}	351.5 g	0.099 Bq/kg生	0.20 Bq/kg生	3.6×10^{-9}

※1:ICRPにおける標準人の摂取量

※2:測定値がすべてLTDのため標準偏差の3倍値とした

※3:平成15年度の測定値

5 まとめ

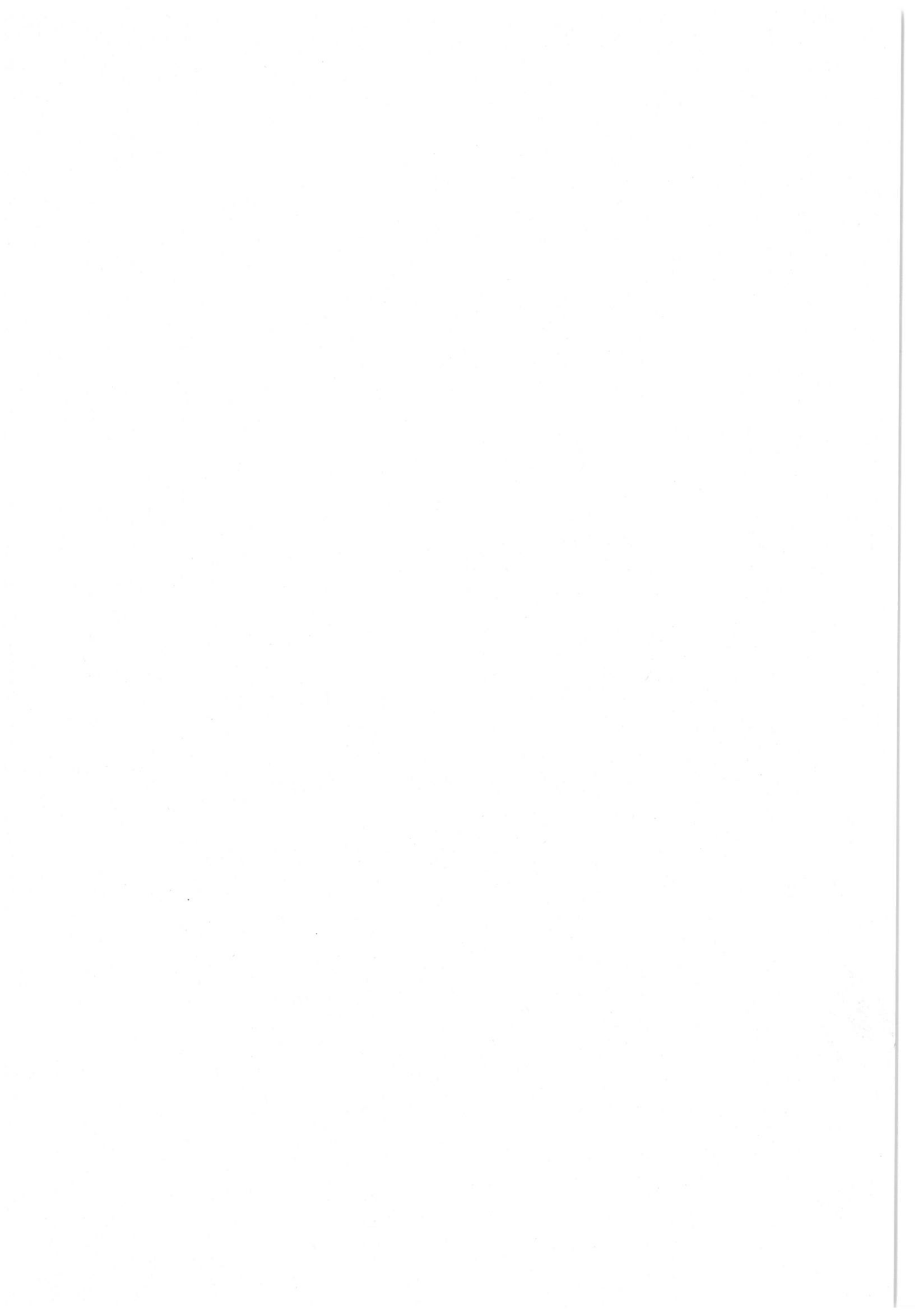
平成14年から継続調査した大気及び降水のトリチウム濃度については、両者ともほぼ1.0Bq/l程度の低い値で推移し、比較対照の福島市におけるトリチウム濃度と大差はなかった。また、大気中水蒸気トリチウム濃度の季節変動では、2月～6月にかけて濃度が相対的に高くなる、いわゆるスプリングピークが確認された。

畜産物や水産物、指標植物への原子力発電所に起因するトリチウムの移行は確認されなかった。また、今回調査対象とした試料を摂取した場合の預託実効線量について評価した結果、一般公衆の線量限度である1mSv/年と較べ十分に低い値であり、摂取したトリチウムによる内部被ばくの影響は極めて小さい結果となった。

以上より、県内におけるトリチウムレベルの把握及び降水や大気中トリチウム濃度の季節変動等に関する貴重な資料が得られた。また、食物等の調査により原子力発電所からのトリチウムの食品等への寄与や飲食などにより摂取した場合の預託実効線量などの安全性に関する知見も得ることができた。さらにこれらのデータは、原子力災害等が発生した際の緊急時においても有用なバックデータとなり得ると思われる。

参考文献

- 1) S. Okada, N. Momoshita, *Health Phys.*, **65**, 595(1993)
- 2) 宮本霧子, エネルギーレビュー, **12**, 2(1986)
- 3) 平成15年度原子力発電所周辺環境放射能測定結果報告書, 福島県生活環境部県民安全領域原子力安全グループ, (2004), pp.108-111
- 4) 平成14年度環境試料中のトリチウム調査報告書, 福島県原子力センター, (2003)
- 5) 平成15年度環境試料中のトリチウム調査報告書, 福島県原子力センター, (2004)
- 6) トリチウム分析法, 文部科学省, (2002)
- 7) S. Diabate, S. Strack, *Health Phys.*, **65**, 698(1993)
- 8) 二宮洗三, “気象がわかる数と式”, オーム社, (2000), p.64
- 9) 藪崎志穂, 辻村真貴, 田瀬則雄, 筑波大学陸域環境研究センター報告, **4**, 119(2003)
- 10) 仲川隆夫, 佐藤修, 橋本哲夫, *Radioisotopes*, **38**, 434(1989)
- 11) 嶋田純, *Radioisotopes*, **27**, 13(1978)
- 12) 山崎信也, “なるほど統計学とおどろき Excel 統計処理”, 第3版, 医学図書出版, (2002), p.141
- 13) 五十嵐修一, 徳山秀樹, 北島耕作, 福井県衛生研究所年報, **24**, 123(1985)
- 14) 原子力発電所周辺の環境放射能調査報告平成15年度年報, 福井県環境放射能測定技術連絡会議, (2004), pp.195-199
- 15) 加治俊夫, 中牟田みどり, 百島則幸, 高島良正, 大分工業専門学校報告, **29**, 103(1993)
- 16) 齋藤眞弘, 日本原子力学会誌, **39**(11), 9(1997)
- 17) 武田洋, 日本原子力学会誌, **39**(11), 12(1997)
- 18) ICRP Publication71, Pergamon, Oxford (1996)
- 19) ICRP Publication72, Pergamon, Oxford (1996)
- 20) “国民栄養の現状”, 平成13年厚生労働省国民栄養調査結果, 健康・栄養情報研究会編, 第一出版, (2003), pp.92-95



平成17年3月発行

平成16年度環境試料中のトリチウム調査報告書

発行：福島県原子力センター福島支所

福島市方木田字水戸内16-6

TEL (024) 544-2030

FAX (024) 544-2040

福島県原子力センター

双葉郡大熊町大字下野上字大野199

TEL (0240) 32-2230

FAX (0240) 32-3440

