

平成14年度

環境試料中のトリチウム調査報告書

平成15年3月

福島県原子力センター

はじめに

福島県内に原子力発電所が設置され、32年になります。これまで、「福島県原子力センター」で行ってきた原子力発電所周辺の環境放射能の監視測定では、核実験による影響等を除き、環境中の放射能レベルは十分に低いことが確認されており、地域住民の健康と安全を確保する上で問題は生じておりません。

しかし、放射能、放射線あるいは原子力発電に関する不安が必ずしも解消されていない現状から、環境放射能の監視測定に万全を期すため、平成7年度、衛生公害研究所（現：衛生研究所）に環境放射能分析棟が整備されました。この分析棟では、従来「原子力センター」で行ってきた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、 α 線や β 線を放出する放射性物質の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を行ってきました。平成13年4月には、県の組織改編が行われ、環境放射能分析棟は、原子力センター福島支所として衛生研究所から独立し、より一層の業務の充実を図っているところです。

最近、原子力発電所における不正問題などにより、県民の間には、安全性に対する関心がこれまで以上に高まっています。当センターでは、平成8年度からの食品摂取量調査、同11年度からの環境試料中のプルトニウム調査に続き、今年度から3カ年計画で環境試料中のトリチウム調査を開始し、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することとしました。初年度である今年度は、水及び大気を対象に、その季節変動や地域的な分布状況を調査し、本書に述べるような結果が得られました。本書が県内におけるトリチウム濃度の状況について知っていただくための参考となれば幸いと存じます。

調査に当たり、試料採取を受託して下さった財団法人福島県保健衛生協会及び試料採取に協力して下さった皆様に深く感謝を申し上げる次第です。

平成15年3月

福島県原子力センター
所長 佐藤 文雄

目 次

	(頁)
1 調査目的	1
2 調査方法	1
(1) 調査対象	
(2) 調査地点	
(3) 試料採取期間	
(4) 試料採取方法	
3 分析方法	8
(1) 試料調製	
(2) 測定方法	
(3) LTD の扱いについて	
4 調査結果	9
(1) 降水及び大気中水蒸気	
ア 月別変化	
イ 地点間比較	
ウ 相関	
(2) 河川水及び湖沼池水	
ア 濃度分布	
イ 水域別比較	
ウ 相関	
(3) 池水	
ア 地点間比較	
イ 季節変化	
(4) 水道原水及び上水	
ア 水道別比較	
イ 水源別比較	
ウ 経年比較	
(5) 地下水(源泉)	
5 考察	25
(1) 降水及び大気中水蒸気	
(2) 河川水及び湖沼水	
(3) 池水	
(4) 水道原水及び上水	
(5) 地下水	
(6) 試料間比較	
(7) 被ばく線量	
ア 経口摂取	
イ 吸入摂取	
6 まとめ	30
(1) 環境中のトリチウムレベル	
(2) 原子力発電所からの影響	
(3) 監視対象項目の妥当性	
(4) 被ばく線量	
試料採取方法	31
[参考文献]	34

1 調査目的

トリチウムは、水素の同位体で半減期約 12 年のβ線放出核種であり、その発生源には、宇宙線による核反応、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。過去の核実験によるトリチウム濃度は 1963 年以降減少しており、環境中トリチウムレベルは、自然放射能レベルの濃度へと近づいているとされている。一方、原子力発電施設及び核燃料再処理施設においてトリチウムは、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生成し、気体又は液体として環境中に放出されているため、これらの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。

平成 13 年度に原子力発電所から放出された放射性液体廃棄物としてのトリチウムの量は、福島第一原子力発電所で 1.4×10^{12} Bq、同第二原子力発電所で 1.3×10^{12} Bq であった。また、排気筒から気体として放出される量は、数千 Bq/1 と見込まれる。本県では現在、環境試料として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が、本調査は 3 年計画で水（降水及び陸水）及び大気を対象とするほか、生物試料についても調査を行うことにより、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多角的に分析することを目的とした。今年度は初年度として、水及び大気を対象にその季節変動や地域的な分布状況から発電施設からの寄与を把握することとした。

2 調査方法

(1) 調査対象

平成 14 年度の調査対象を次に示す。

区分	試料名	種類又は部位	地点数
降水	降水	雨水	4
大気	大気中水蒸気	除湿水	7
陸水	河川水	表層水	40
	湖沼池水	表層水	24
	地下水	源泉	5
	水道原水	水道原水	13
	上水	蛇口水	8

(2) 調査地点

調査地点を調査地点一覧及び図 1～5 に示す。福島県原子力発電所周辺環境放射能測定基本計画（以下「基本計画」という。）に基づく原子力発電所周辺地域の地点及び比較対照地点とし、陸水については、県内全域の状況を把握できるように選定した。

なお、大気中水蒸気では設置環境に屋内外及び屋上と地盤面など異なる条件が存在していることから、これらの影響を見るため、地点福島市に対し、次のとおりコントロール地点を設けた。

区分	目的	設置場所
コントロール 1	建築物内と屋外の比較	原子力センター福島支所一階
コントロール 2	屋上と地盤面の比較	原子力センター福島支所車庫

(3) 試料採取期間

降水及び大気中水蒸気は平成 14 年 4 月から 12 月まで毎月 1 回、その他は平成 14 年 4 月から 9 月に各 1 回（池水は 2 回）採取した。

(4) 試料採取方法

文部科学省放射能測定法シリーズ「トリチウム分析法」¹⁾による。なお、降水及び大気中水蒸気の採取装置及び状況を図 6～9 に示す。

調査地点一覧

(1) 降水

試料名	地点の名称	採取地
降水	①大野	原子力センター
	②富岡	旧富岡町役場
	③福島市	原子力センター福島支所
	④郡山市	環境センター

(2) 大気

試料名	地点の名称	採取地
大気中水蒸気	①繁岡	楢葉町大字上繁岡字山神97-36 (繁岡地区集会場)
	②富岡	富岡町本町1-1 (旧富岡町役場)
	③大野	大熊町大字下野上字大野199 (原子力センター)
	④夫沢	大熊町大字夫沢字大282-1
	⑤郡山	双葉町大字郡山字塚腰113 (郡山公民館)
	⑥福島市	福島市方木田字水戸内16-6 (原子力センター福島支所)
	⑦郡山市	郡山市朝日3-5-7 (環境センター)

(3) 陸水

試料名	水域	地点の名称	採取地
河川水	浜通り水域	①地藏川	山崎前橋
		②小泉川	小泉橋
		③宇多川	堀坂橋
		④真野川	落合橋
		⑤新田川	木戸内橋
		⑥太田川	丸山橋
		⑦小高川	善丁橋
		⑧請戸川	室原橋
		⑨高瀬川	慶応橋
		⑩熊川	三熊橋
		⑪井出川	本釜橋
		⑫大久川	陰磯橋
		⑬小久川	連郷橋
		⑭夏井川	北ノ内橋
		⑮好間川	岩穴つり橋
		⑯新川	古川橋
		⑰仁井田川	霞田橋
		⑱藤原川	みなと大橋
		⑲矢田川	矢田川橋
		⑳鮫川	井戸沢橋
㉑四時川	鮫川合流前		

試料名	水域	地点の名称	採取地
河川水	阿武隈川水系	㉒ 蛭田川	小埜橋
		㉓ 広瀬川	館ノ腰橋上流
		㉔ 松川	阿武隈川合流前
		㉕ 移川	小瀬川橋
		㉖ 油井川	油井川橋
		㉗ 五百川	石筵川合流後
		㉘ 大滝根川	船引橋
		㉙ 谷田川	谷田川橋
		㉚ 滑川	旧4号国道下
		㉛ 釈迦堂川	須賀川市水道取水地点
		㉜ 阿武隈川	江持橋
		㉝ 社川	社川橋
		㉞ 今出川	猫啼橋
	黒川及び久慈川	㉟ 久慈川	松岡橋
		㊱ 川上川	久慈川合流前
	阿賀野川水系	㊲ 阿賀野川	田島橋
		㊳ 旧宮川	丈助橋
		㊴ 濁川	濁川橋
		㊵ 只見川	西谷橋
	試料名		地点の名称
湖沼水		① 檜原湖	湖心
		② 沼沢沼	湖心
		③ 半田沼	湖心
		④ 女沼	湖心
		⑤ 南湖	湖心
		⑥ 猪苗代湖	湖心
		⑦ 田子倉ダム	湖心
		⑧ 三春ダム	湖心
		⑨ 羽鳥ダム	湖心
		⑩ 千五沢ダム	湖心
		⑪ 真野ダム	湖心
		⑫ 高の倉ダム	湖心
		⑬ 大柿ダム	湖心
		⑭ 坂下ダム	湖心
		⑮ 谷室沢ダム	湖心
		⑯ 小玉ダム	湖心
		⑰ 四時ダム	湖心
		⑱ 岳ダム	湖心

試料名	地点の名称	採取地
池水	第一発電所周辺	①双葉町大字郡山字久保谷地（久保谷地堤） ②大熊町大字夫沢字北原 ③大熊町大字夫沢字南台（鹿原沼）
	第二発電所周辺	④富岡町大字仏浜字西原 ⑤富岡町大字上郡山字太田 ⑥楢葉町大字波倉字五反田
地下水（源泉）	①-1玉の湯 ①-2玉の湯元湯 ②天神岬の湯 ③広瀬温泉 ④県民の森温泉 ⑤あいづ荘源泉	大熊町大字野上字湯の神15 大熊町大字野上字湯の神15 楢葉町大字北田字上ノ原27-3 福島市飯坂町茂庭字清水川原2-1 大玉村玉井字長久保65 会津若松市大戸町小谷湯ノ平78
水道原水	①浅見川 ②木戸川 ③楢葉町大谷 ④富岡川 ⑤富岡町本岡 ⑥富岡町本町 ⑦大熊町熊 ⑧大熊町野上 ⑨大熊町熊 ⑩前田川 ⑪浪江町谷津田 ⑫阿武隈川 ⑬日橋川	広野町大船水源〈表流水〉 楢葉町中川原第2水源〈伏流水〉 楢葉町寺下水源〈地下水〉 富岡町富岡第1水源〈伏流水〉 富岡町富岡第3水源〈地下水〉 富岡町富岡第2水源〈伏流水〉 大熊町大熊第1水源〈地下水〉 大熊町大熊第2水源〈地下水〉 大熊町大熊第3水源〈地下水〉 双葉町石熊水源〈表流水〉 浪江町谷津田水源〈地下水〉 福島市阿武隈川表流水〈表流水〉 会津若松市日橋川水源〈表流水〉



図1 降水及び大気中水蒸気採取地点

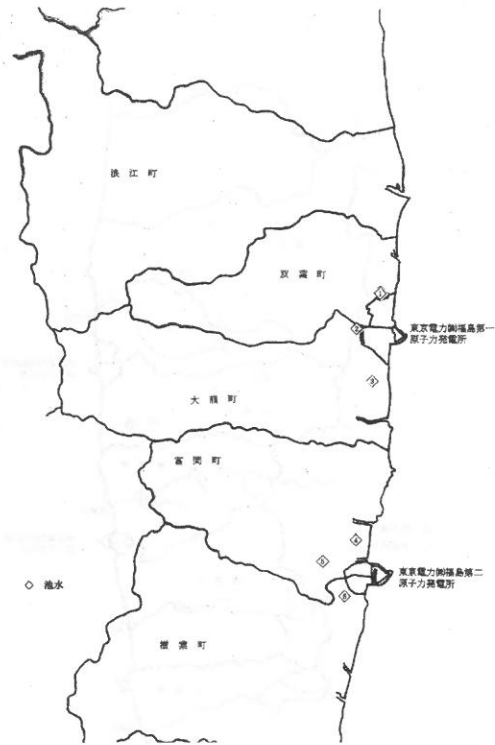


図3 池水採取地点

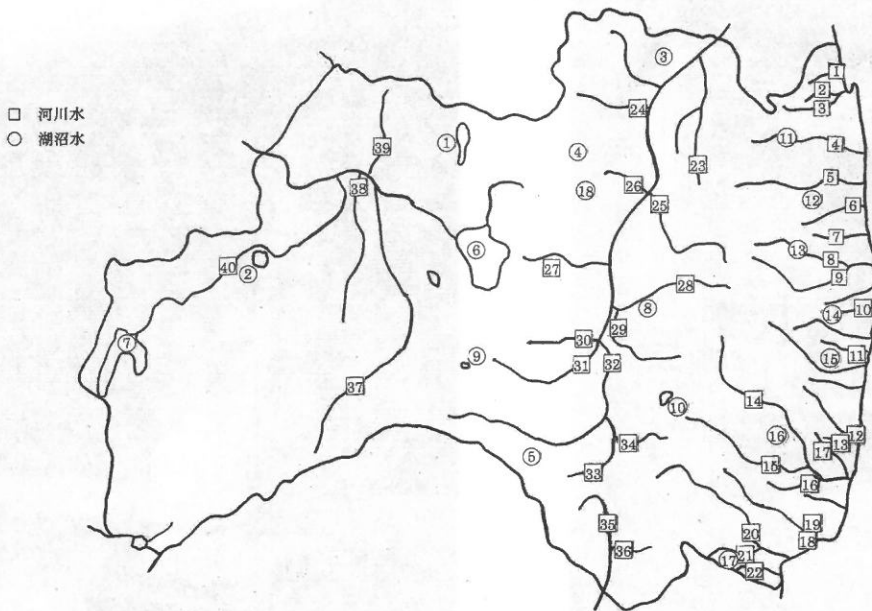


図2 河川水及び湖沼水採取地点

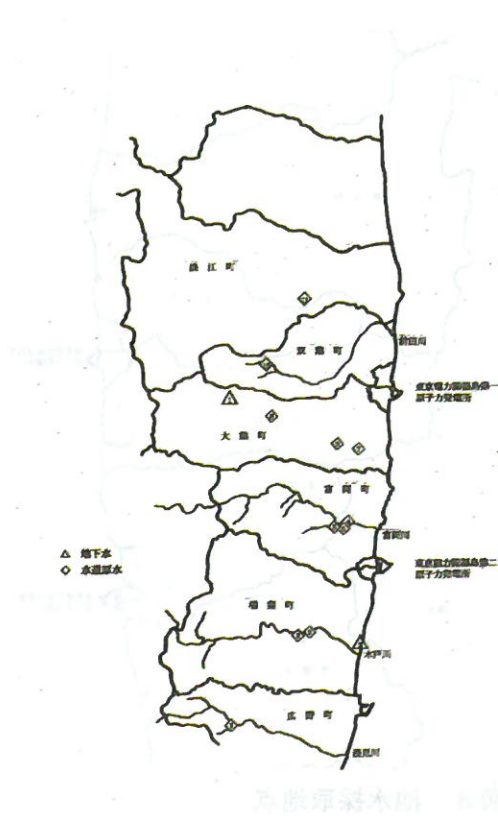


図4 地下水及び水道原水採取地点

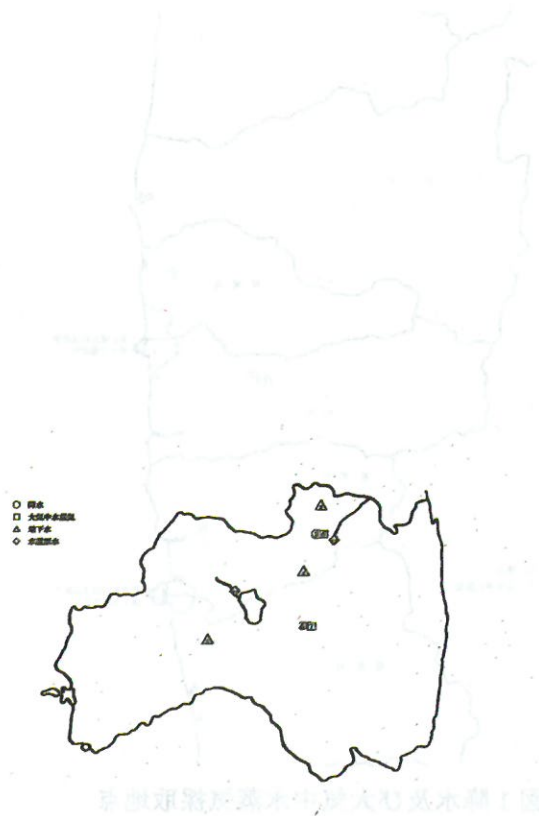


図5 比較対照採取地点



図6 大気中水蒸気採取装置



図7 降水採取装置



図8 大気中水蒸気採取状況



図9 降水採取状況

3 分析方法

(1) 試料調製

文部科学省放射能測定法シリーズ「トリチウム分析法」¹⁾の減圧蒸留法により試料を調整した。概略を以下に示す。

採取した水を必要に応じてろ過（5℃）し、浮遊物を除去する。約100mlをナス型フラスコに取り、過酸化ナトリウム約0.1g、過マンガン酸カリウム約0.1g及び沸石少々を加え、ロータリーエバポレーターにより蒸留する。100mlテフロンバイアルに50ml取り、50mlの乳化シンチレータ（Ultima Gold LLT, Packard社）とよく振り混ぜ、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。

(2) 測定方法

文部科学省放射能測定法シリーズ「トリチウム分析法」¹⁾による。概略を以下に示す。

液体シンチレーションカウンタ（Aloka LSC-LBIII）を用い、各試料につき、50分測定を17回繰り返した。化学ルミネッセンスの影響を排除するため、最初の5回は無条件に棄却し、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。分析フローを図10に示す。

また、大気中水蒸気トリチウム濃度（大気換算）は全地点のうち富岡、大野、福島市及び郡山市の各地点について毎月の平均気温及び平均相対湿度より換算した（Tetensの式）。各データの入手先は次のとおりである。

地 点	平均気温等データの入手先
富 岡	福島県原子力センター
大 野	同上
福島市	福島地方気象台ホームページ
郡山市	郡山市公害対策センター

Tetens の式： $E(t) = 6.11 \times 10^{7.5t / (t + 237.3)}$ $E(t)$: t℃における飽和水蒸気圧 (hPa)

より

$a = 217 \times E(t) / (t + 273.15)$ a : t℃における飽和水蒸気量 (g/m³)

大気中水蒸気トリチウム濃度（大気換算：Bq/m³）

= 大気中水蒸気トリチウム濃度（水換算：Bq/l）× a / 1000 × 平均相対湿度 (%) / 100

※1000g=1l として計算した。

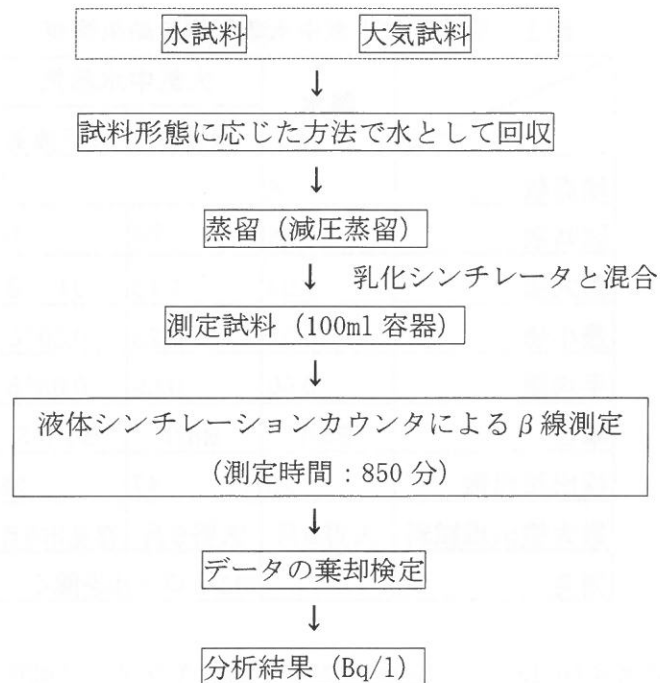


図 10 分析フロー

(3) LTD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に当たっては、測定値をそのまま使用した。

4 調査結果

(1) 降水及び大気中水蒸気

ア 月別変化

平成 14 年 4 月～12 月までのトリチウム濃度測定結果を表 1～3 に、月別変化を図 11、14 及び 17 に示す。

また、降水量等の月別変化を図 13、16 に、試料採取量の月別変化を図 12、15 に示す。

降水トリチウム濃度は、4 月から 6 月にかけて高くなったが、降水量の多い 7 月には全ての地点で LTD となった。8 月から 10 月にかけて再び高くなったが 11 月及び 12 月は全ての地点で LTD であった。大気中水蒸気採取量は絶対湿度が高いときに多くなっている。

大気中水蒸気トリチウム濃度 (水換算) は、降水ほど大きな季節変化を示さず、一定の範囲で推移した。

大気中水蒸気トリチウム濃度 (大気換算) では湿度の変化に連動した季節変化を見せている。

表1 降水及び大気中水蒸気測定結果概要

	降水	大気中水蒸気	
		水換算	大気換算
地点数	4	7	
試料数	36	63	36
最大値	1.04	1.13	0.0140
最小値	0.01	-0.23	-0.0010
平均値	0.50	0.59	0.0065
単位	Bq/l	Bq/l	Bq/m3
検出試料数	20	47	26
最大値出現試料	大野5月	大野5月	福島市9月
備考		コントロールを除く	

イ 地点間比較

地点ごとの比較を図 18、19 に示す。箱ヒゲ図の各ラインは測定値分布の 10%値、25%値、50%値（中央値）、75%値、90%値を表示している。

大気中水蒸気のコントロール1（支所一階）が他の地点に比べ有意に高かった（T 分布検定、危険率 5%による。以下同じ。）。また、夫沢地点が繁岡地点に対し有意に高かった。降水では地点間に有意な差は認められなかった。なお、周辺地域と比較対象地点では、降水及び大気中水蒸気のいずれも周辺地域で平均値が若干高いが、有意な差は認められなかった。

周辺地域の大気中水蒸気トリチウム濃度（水換算：Bq/l）について、月毎の最多風向との関連を見た（表 3）。第一発電所周辺の地点が第二発電所周辺に比べ高かったが、最多風向との関連は認められなかった。

ウ 相関

降水及び大気中水蒸気トリチウム濃度について、他の測定項目との相関を調べた。その結果、図 20 及び表 4 に示すように、降水でトリチウム濃度と pH との間に若干の負の相関が認められた（相関係数-0.624）。

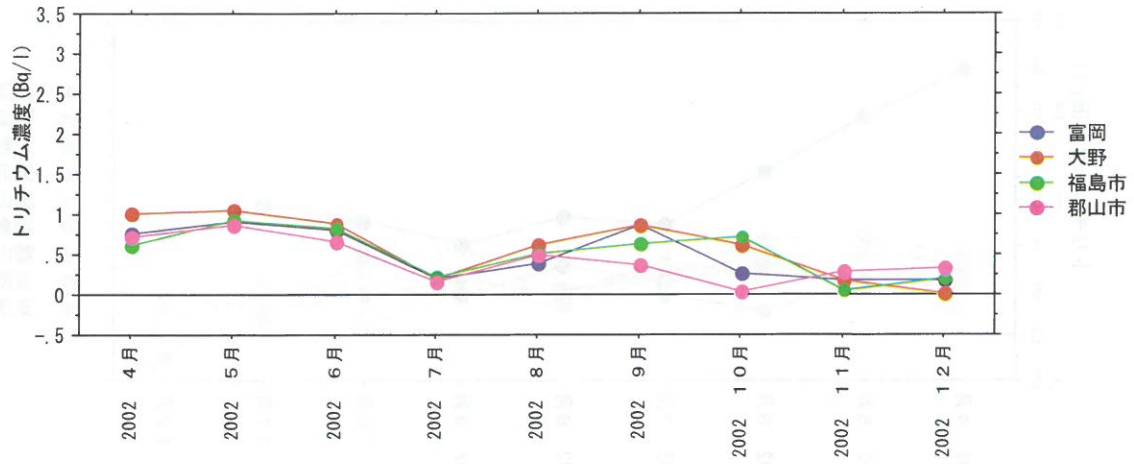


図 11 降水トリチウム濃度月別変化

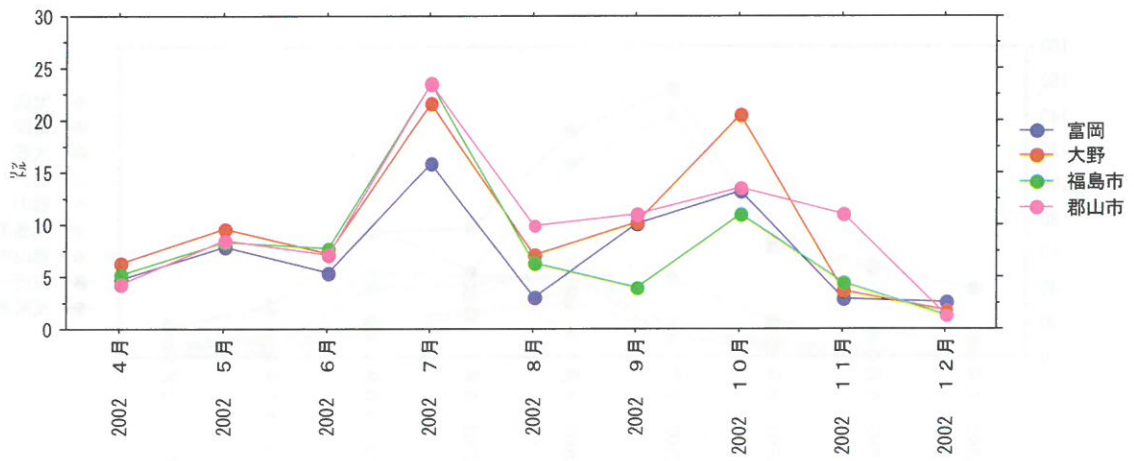


図 12 降水採取量

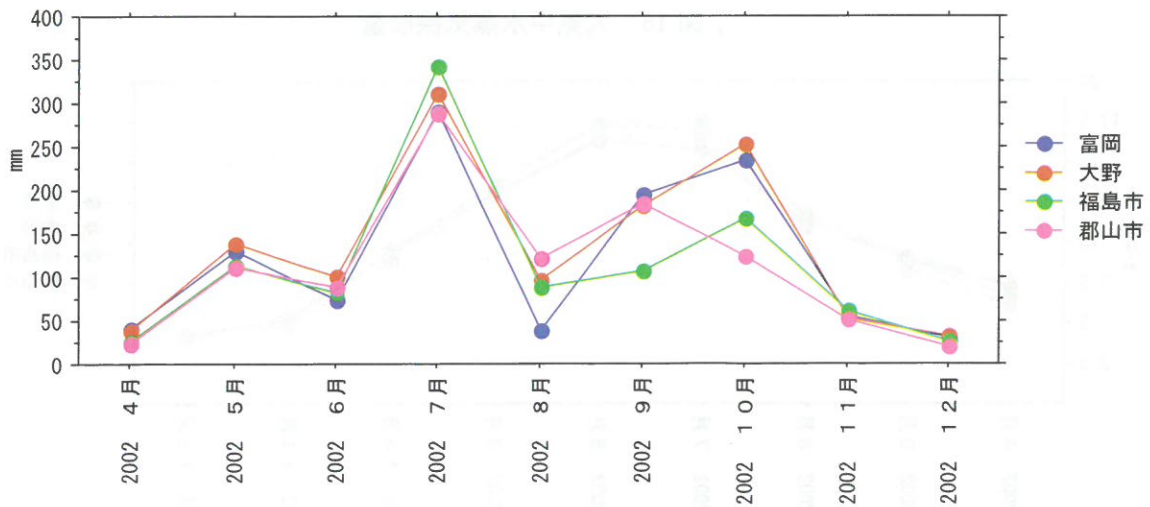


図 13 降水量月別変化

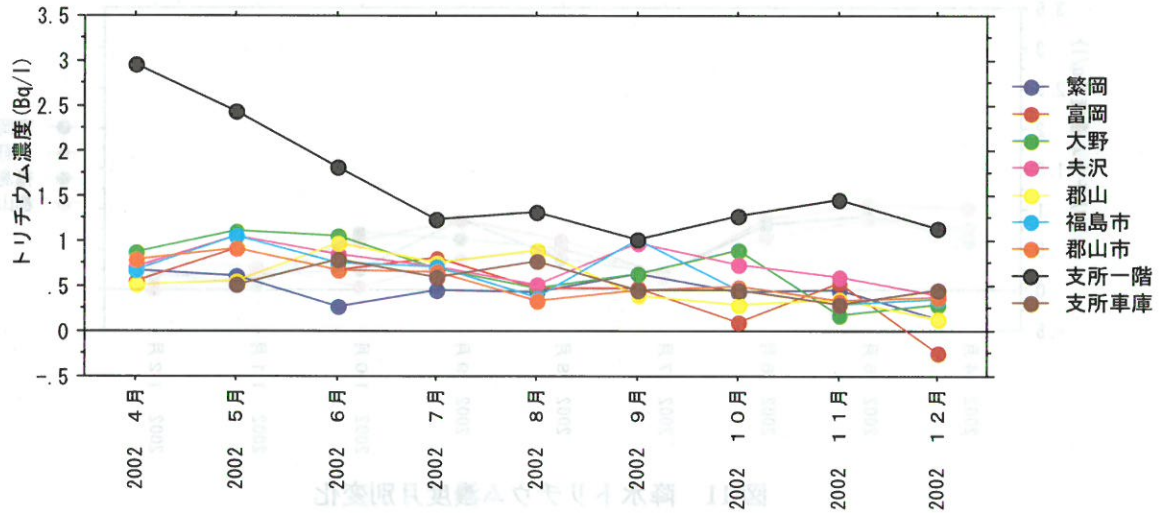


図 14 大気中水蒸気トリチウム濃度 (水換算) 月別変化

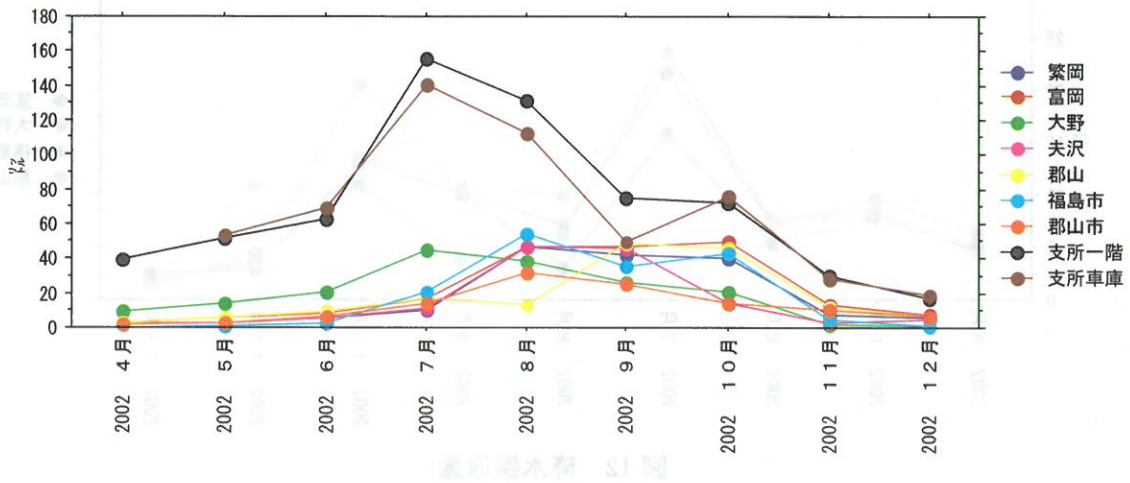


図 15 大気中水蒸気採取量

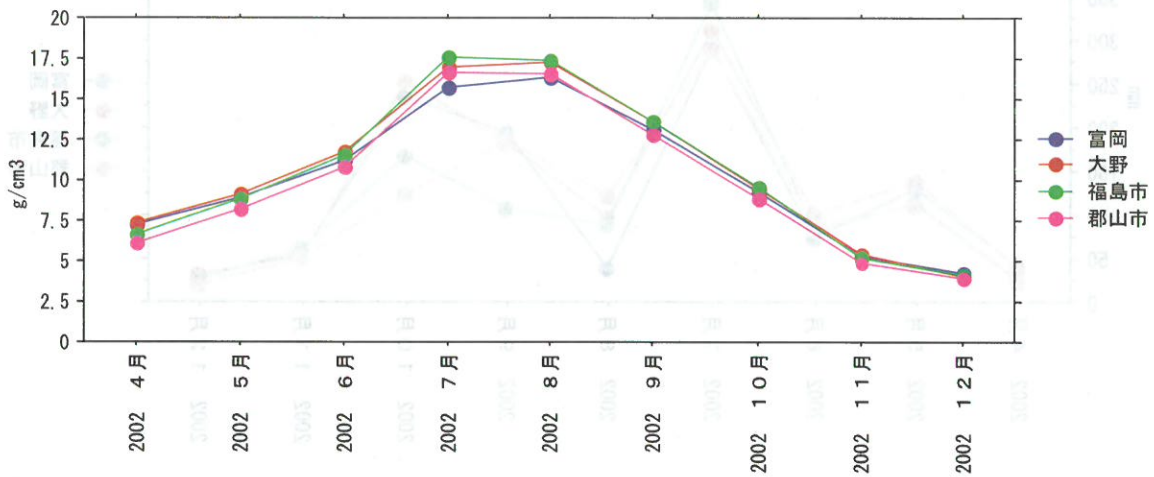


図 16 絶対湿度月別変化

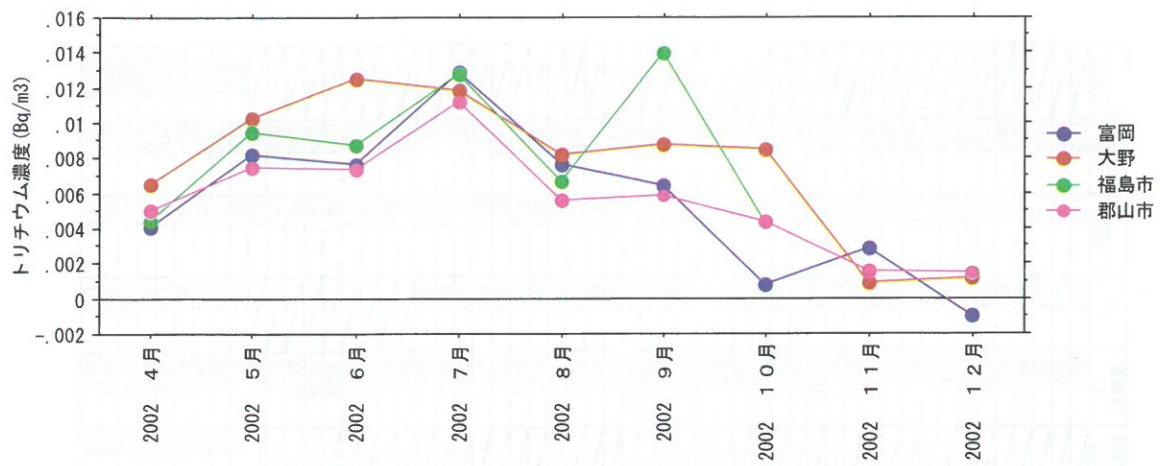


図 17 大気中水蒸気トリチウム濃度 (大気換算)

表2 降水及び大気中水蒸気の測定結果一覧

試料名	採集場所		採取期間	採取終了日	採取終了日状況	採取終了日天候	日平均気温 (°C)	日平均湿度 (%)	日平均降水量 (mm)	日平均相対湿度 (%)	日平均気温 (°C)	日平均湿度 (g/m³)	採取量 (L)	pH	トリチウム濃度		
	緯度	経度													(Bg/l)	判定 (Bg/m³)	
降水	大野	37° 24' 15" 140° 59' 1"	2002/3/27 12:22	2002/4/30 14:10	晴	晴	15.6	38.5	38.5	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/4/30 14:10	2002/5/30 13:25	晴	晴	23.9	137.5	23.9	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/5/30 13:25	2002/6/28 12:50	晴	晴	25.2	101	25.2	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/6/28 12:50	2002/7/31 10:55	晴	晴	38.5	311	38.5	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/7/31 10:55	2002/9/2 14:00	晴	晴	35.7	96	35.7	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/9/2 14:00	2002/9/27 13:55	晴	晴	19.2	181	19.2	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/9/27 13:55	2002/10/31 14:55	晴	晴	15.4	252	15.4	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/10/31 14:55	2002/12/3 13:25	晴	晴	18.0	52	18.0	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/12/3 13:25	2002/12/24 13:50	晴	晴	8.8	31.5	8.8	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/12/24 13:50	2002/4/30 13:28	晴	晴	17.4	39	17.4	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
	2002/4/30 13:28	2002/5/30 11:07	晴	晴	24.2	130	24.2	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出			
	2002/5/30 11:07	2002/6/28 11:36	晴	晴	25.5	72.5	25.5	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出			
	2002/6/28 11:36	2002/7/31 15:50	晴	晴	37.4	289	37.4	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出			
	2002/7/31 15:50	2002/9/2 13:10	晴	晴	35.1	375	35.1	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出			
	2002/9/2 13:10	2002/9/27 11:16	晴	晴	23.3	193.5	23.3	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出			
	2002/9/27 11:16	2002/10/31 11:06	晴	晴	17.7	233.5	17.7	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出			
	2002/10/31 11:06	2002/12/3 12:24	晴	晴	16.6	54.5	16.6	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出			
	2002/12/3 12:24	2002/12/24 11:10	晴	晴	9.8	29.5	9.8	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出			
	2002/12/24 11:10	2002/5/1 8:36	晴	晴	18.7	25	18.7	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出			
	2002/5/1 8:36	2002/5/31 8:47	晴	晴	23.9	81	23.9	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出			
2002/5/31 8:47	2002/7/1 13:25	晴	晴	19.9	81	19.9	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/7/1 13:25	2002/8/1 8:50	晴	晴	33.0	341.5	33.0	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/8/1 8:50	2002/9/3 13:50	晴	晴	36.8	87.5	36.8	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/9/3 13:50	2002/9/26 12:00	晴	晴	24.9	106	24.9	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/9/26 12:00	2002/11/1 9:05	晴	晴	10.9	167.5	10.9	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/11/1 9:05	2002/12/2 9:00	晴	晴	4.8	59.5	4.8	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/12/2 9:00	2002/12/25 8:30	晴	晴	5.4	24	5.4	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/12/25 8:30	2002/5/1 11:05	晴	晴	19.2	22	19.2	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/5/1 11:05	2002/5/31 10:45	晴	晴	30.1	111	30.1	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/5/31 10:45	2002/7/1 10:06	晴	晴	20.1	87	20.1	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/7/1 10:06	2002/8/1 11:10	晴	晴	34.5	288	34.5	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/8/1 11:10	2002/9/3 11:20	晴	晴	32.8	121	32.8	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/9/3 11:20	2002/9/28 9:52	晴	晴	20.6	183	20.6	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/9/28 9:52	2002/11/1 11:42	晴	晴	13.5	123	13.5	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/11/1 11:42	2002/12/2 11:25	晴	晴	10.9	49	10.9	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/12/2 11:25	2002/12/25 10:06	晴	晴	7.1	18	7.1	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/12/25 10:06	2002/4/30 11:17	晴	晴	14.8	148	14.8	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/4/30 11:17	2002/5/30 10:44	晴	晴	23.1	231	23.1	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/5/30 10:44	2002/6/28 11:16	晴	晴	22.0	116	22.0	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/6/28 11:16	2002/7/31 15:31	晴	晴	29.6	296	29.6	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/7/31 15:31	2002/9/2 11:14	晴	晴	30.2	464.5	30.2	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/9/2 11:14	2002/9/27 10:55	晴	晴	20.6	206	20.6	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/9/27 10:55	2002/10/31 10:40	晴	晴	14.3	143	14.3	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/10/31 10:40	2002/12/3 11:47	晴	晴	11.6	116	11.6	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/12/3 11:47	2002/12/24 10:42	晴	晴	8.3	83	8.3	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/12/24 10:42	2002/4/30 13:15	晴	晴	19.7	197	19.7	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/4/30 13:15	2002/5/30 11:07	晴	晴	24.4	244	24.4	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/5/30 11:07	2002/6/28 11:36	晴	晴	25.5	255	25.5	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/6/28 11:36	2002/7/31 15:55	晴	晴	37.4	374	37.4	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/7/31 15:55	2002/9/2 13:12	晴	晴	35.1	351	35.1	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/9/2 13:12	2002/9/27 11:16	晴	晴	23.3	233	23.3	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/9/27 11:16	2002/10/31 11:13	晴	晴	17.7	177	17.7	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/10/31 11:13	2002/12/3 12:24	晴	晴	16.6	166	16.6	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/12/3 12:24	2002/12/24 11:04	晴	晴	9.8	98	9.8	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/12/24 11:04																	
大気中水蒸気	繁岡	37° 17' 48" 141° 0' 6"	2002/3/27 12:22	2002/4/30 14:10	晴	晴	15.6	38.5	38.5	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/4/30 14:10	2002/5/30 13:25	晴	晴	23.9	137.5	23.9	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/5/30 13:25	2002/6/28 12:50	晴	晴	25.2	101	25.2	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/6/28 12:50	2002/7/31 10:55	晴	晴	38.5	311	38.5	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/7/31 10:55	2002/9/2 14:00	晴	晴	35.7	96	35.7	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/9/2 14:00	2002/9/27 13:55	晴	晴	19.2	181	19.2	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/9/27 13:55	2002/10/31 14:55	晴	晴	15.4	252	15.4	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/10/31 14:55	2002/12/3 13:25	晴	晴	18.0	52	18.0	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/12/3 13:25	2002/12/24 13:50	晴	晴	8.8	31.5	8.8	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
			2002/12/24 13:50	2002/4/30 13:28	晴	晴	17.4	39	17.4	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出	
2002/4/30 13:28	2002/5/30 11:07	晴	晴	24.2	130	24.2	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/5/30 11:07	2002/6/28 11:36	晴	晴	25.5	72.5	25.5	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/6/28 11:36	2002/7/31 15:50	晴	晴	37.4	289	37.4	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/7/31 15:50	2002/9/2 13:10	晴	晴	35.1	375	35.1	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/9/2 13:10	2002/9/27 11:16	晴	晴	23.3	193.5	23.3	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/9/27 11:16	2002/10/31 11:06	晴	晴	17.7	233.5	17.7	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/10/31 11:06	2002/12/3 12:24	晴	晴	16.6	54.5	16.6	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/12/3 12:24	2002/12/24 11:10	晴	晴	9.8	29.5	9.8	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/12/24 11:10	2002/5/1 8:36	晴	晴	18.7	25	18.7	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/5/1 8:36	2002/5/31 8:47	晴	晴	23.9	81	23.9	70.2	11.6	7.3	6.25	4.76	1.01	検出				
2002/5/31 8:47	2002/7/1 13:25	晴	晴	19.9													

表3 降水及び大気中水蒸気トリチウム濃度月別変化

試料区分	地点名	地点区分	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
降水	大野	第一発電所周辺	1.01	1.04	0.87	0.19	0.59	0.86	0.61	0.16	0.01
	富岡	第二発電所周辺	0.75	0.90	0.80	0.19	0.38	0.85	0.25	0.16	0.18
	福島市	比較対象	0.60	0.92	0.81	0.20	0.49	0.62	0.70	0.03	0.19
	郡山市	比較対象	0.71	0.86	0.64	0.14	0.48	0.35	0.02	0.27	0.31
大気中水蒸気 (Bq/l)	繁岡	第二発電所周辺	0.67	0.62	0.28	0.45	0.45	0.63	0.44	0.45	0.14
	富岡	第二発電所周辺	0.56	0.91	0.69	0.82	0.47	0.48	0.09	0.54	-0.23
	大野	第一発電所周辺	0.88	1.13	1.06	0.70	0.47	0.65	0.89	0.17	0.29
	夫沢	第二発電所周辺	0.73	1.05	0.85	0.72	0.51	0.98	0.75	0.60	0.40
	郡山	第一発電所周辺	0.51	0.55	0.98	0.77	0.90	0.40	0.30	0.36	0.15
	福島市	比較対象	0.68	1.07	0.76	0.72	0.38	1.02	0.46	0.30	0.35
	郡山市	比較対象	0.81	0.91	0.68	0.67	0.34	0.46	0.49	0.34	0.38
	支所一階	コントロール1	2.97	2.44	1.82	1.25	1.33	1.02	1.27	1.46	1.14
	支所車庫	コントロール2		0.52	0.79	0.59	0.77	0.47	0.45	0.30	0.45
	富岡	第二発電所周辺	0.041	0.0082	0.0077	0.0129	0.0077	0.0064	0.0008	0.0029	-0.0010
大気中水蒸気 (Bq/m3)	大野	第一発電所周辺	0.0065	0.0103	0.0125	0.0119	0.0082	0.0088	0.0085	0.0009	0.0012
	福島市	比較対象	0.0045	0.0095	0.0088	0.0128	0.0067	0.0140	0.0044	0.0016	0.0015
	郡山市	比較対象	0.0050	0.0075	0.0074	0.0112	0.0056	0.0059	0.0044	0.0016	0.0015
	広野	第二発電所周辺	西北西	西北西	西北西	西北西	西北西	南南東	南	西北西	西北西
風向	浪江	第一発電所周辺	北北西	西	西北西	西南西	西北西	南東	西	西	西北西

※1 結果がLTDのものについても、数値を表記した。

※2 風向は、各月の最多風向を示す。

※3 は周辺地域の大気中水蒸気のうちトリチウム濃度(Bq/l)が最も高かったものを示す。

※4 は周辺地域のうち第一発電所又は第二発電所に対し風下方向にあったものを示す。着色のない月は該当地点がないことを示す。

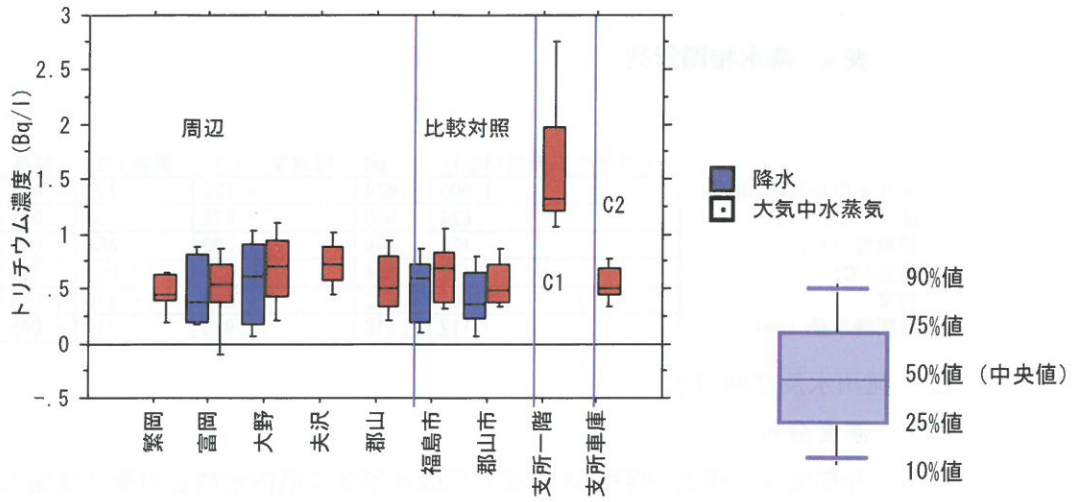


図 18 降水及び大気中水蒸気地点別濃度

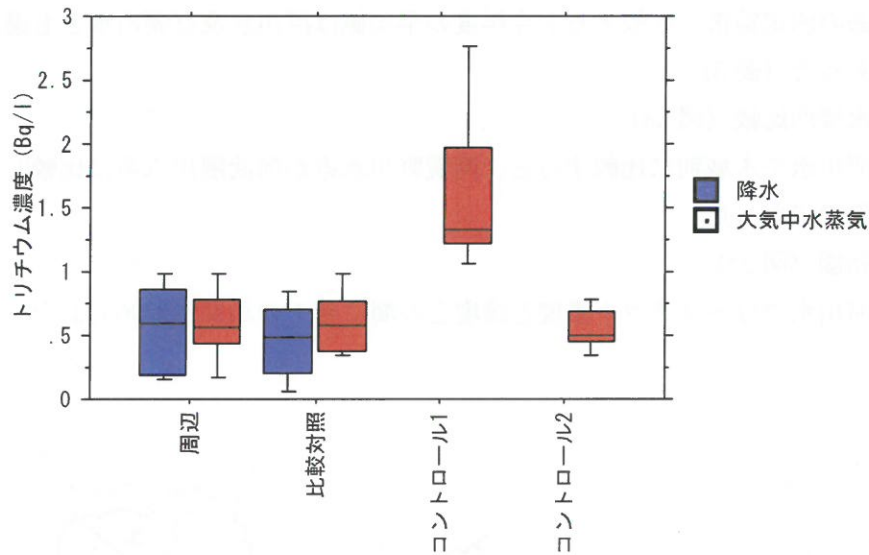


図 19 降水及び大気中水蒸気地点区分別濃度

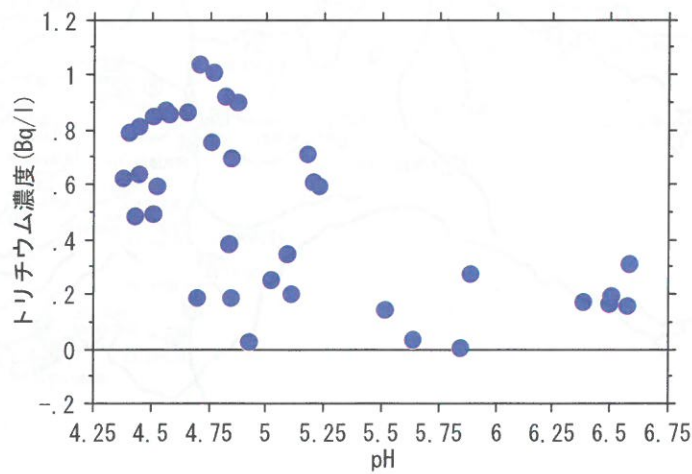


図 20 pH と降水トリチウム濃度の相関

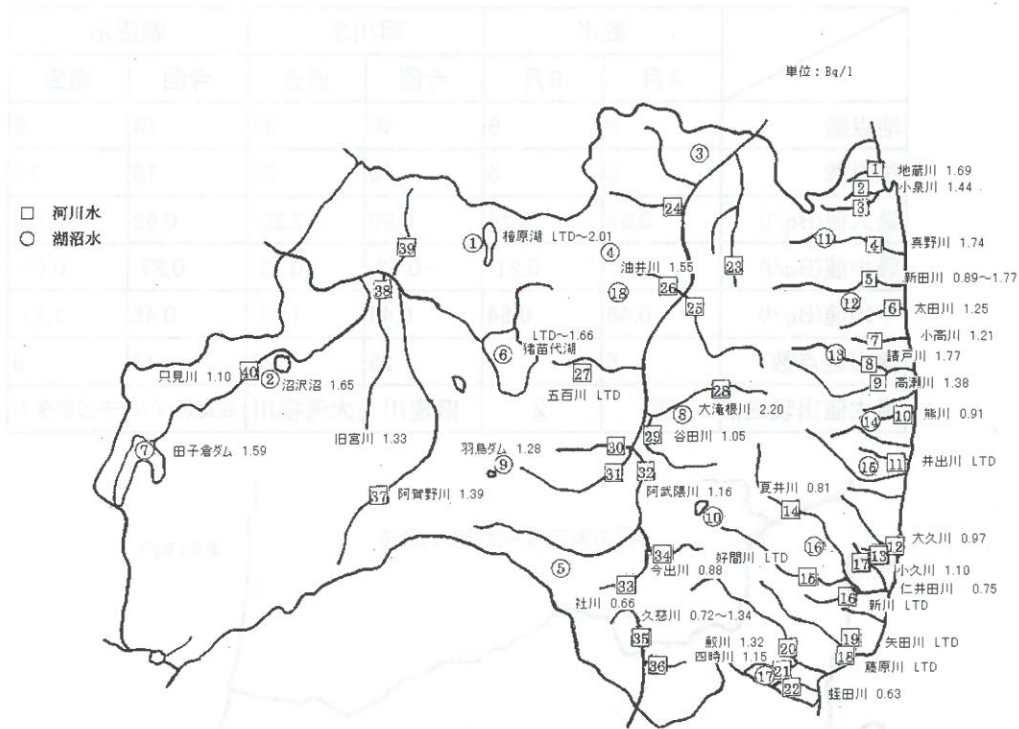


図 22 過去のトリチウム濃度測定結果 (昭和 63 年度~平成 3 年度)

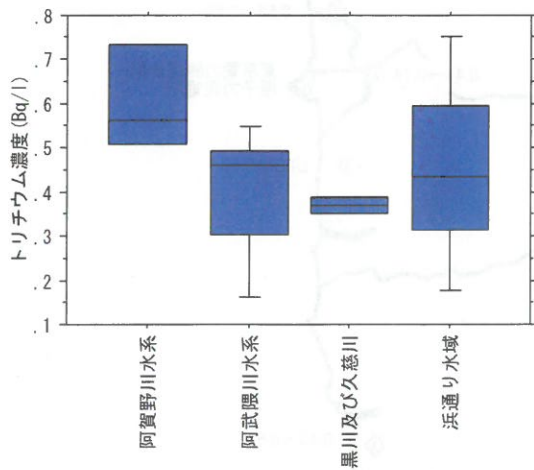


図 23 水域別トリチウム濃度

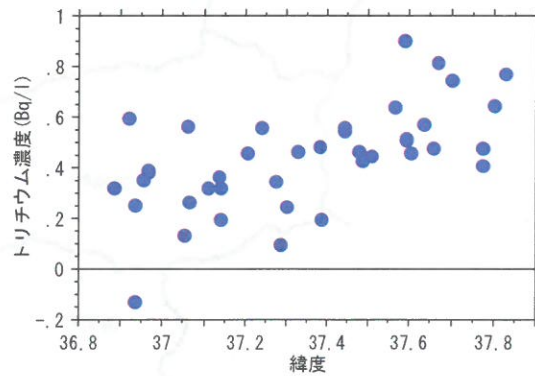


図 24 河川水トリチウム濃度の緯度依存性

表5 河川水、湖沼水及び池水のトリチウム濃度

	池水		河川水		湖沼水	
	4月	9月	今回	過去	今回	過去
地点数	6	6	40	32	18	6
試料数	6	6	40	38	18	12
最大値(Bq/l)	0.57	0.74	0.90	2.20	0.68	2.10
最小値(Bq/l)	0.43	0.21	-0.13	0.23	0.27	0.06
平均値(Bq/l)	0.48	0.54	0.44	1.07	0.45	1.11
検出地点数	5	5	23	26	11	6
最大値出現地点	⑥	②	旧宮川	大滝根川	谷室沢ダム	千五沢ダム

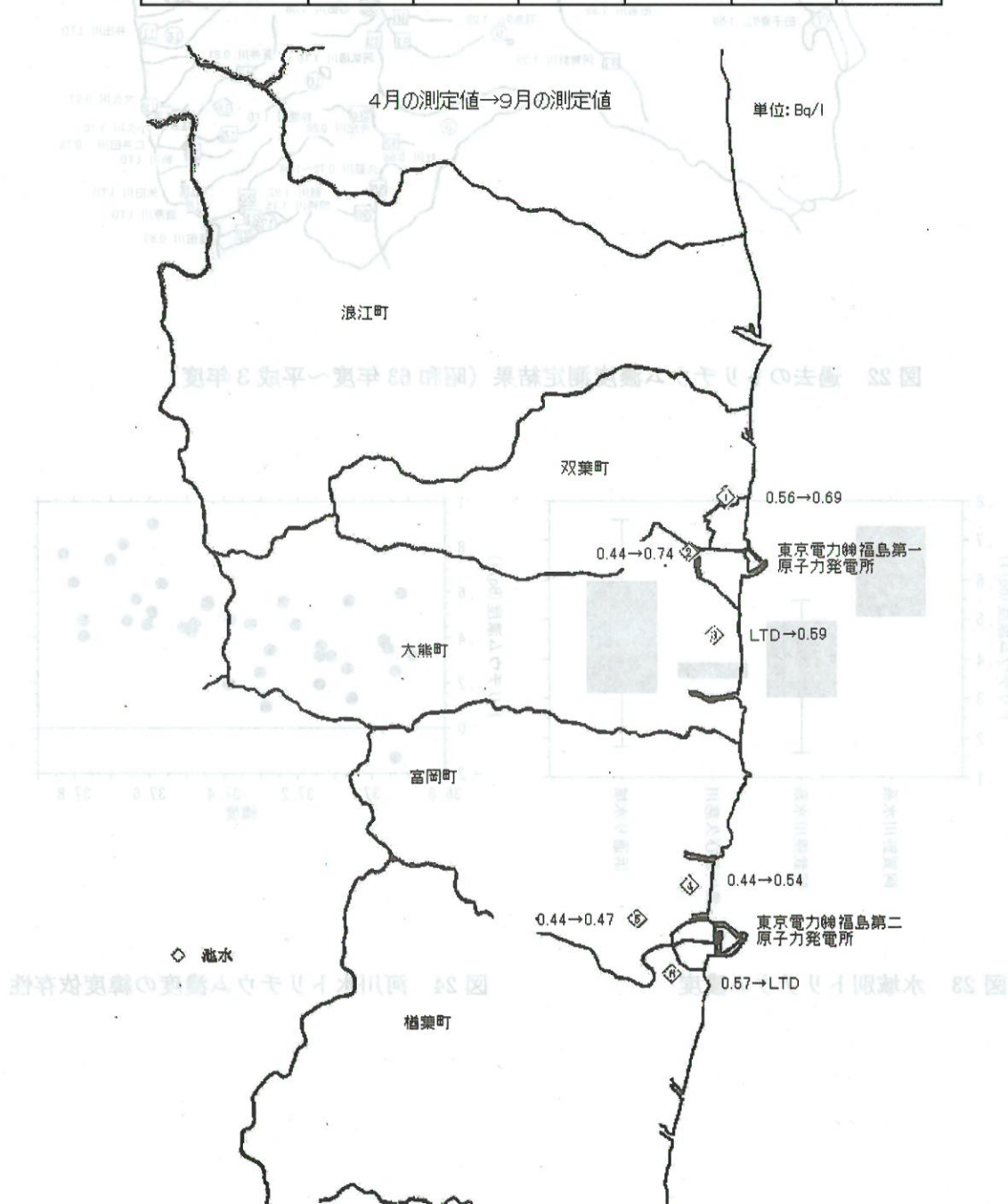


図25 池水のトリチウム濃度

表6 河川水及び湖沼池水の測定結果一覧

試料名	地点名	現取場所	緯度	経度	採取日時	採取状況			気温(°C)	トリアーム濃度 Eq/l	判定	過去の測定値(Bq/l)		
						pH	水深(m)	流量				63年度	元年度	3年度
池水	①	双葉町大字藤山字久保谷地	37° 26' 13"	141° 1' 58"	2002/4/23 10:20	18.3	5.87		18.3	0.56	検出			
	②	大船町夫沢字北原	37° 25' 19"	141° 1' 14"	2002/7/2 15:25	30.0	7.23		31.5	0.69	検出			
	③	大船町夫沢字南台	37° 24' 8"	141° 1' 27"	2002/7/2 15:07	21.8	6.93		19.2	0.44	検出			
	④	富岡町大字弘高字西原	37° 19' 39"	141° 1' 20"	2002/7/3 14:30	17.7	6.18		30.4	0.74	検出			
	⑤	富岡町大字上藤山字太田	37° 18' 45"	141° 0' 24"	2002/7/30 12:13	31.6	8.15		18.4	0.43	LTD			
	⑥	梅葉町大字高字五反田	37° 18' 21"	141° 1' 13"	2002/7/22 15:15	24.4	8.22		34.0	0.59	検出			
河川水	地蔵川	山崎前橋	37° 49' 40"	140° 56' 12"	2002/8/1 14:00	30.0	7.79	10.48	33.0	0.77	検出	1.69		
	小島川	小島橋	37° 48' 9"	140° 55' 18"	2002/8/1 13:25	31.5	8.61	3	35.0	0.64	検出	1.44		
	宇野川	宇野橋	37° 46' 21"	140° 53' 37"	2002/8/1 14:25	26.5	8.03	8.54	35.0	0.48	検出	1.74		
	新田川	新田橋	37° 42' 6"	140° 57' 55"	2002/7/15 11:45	19.5	6.72	30.1	25.0	0.75	検出	1.08	0.89	1.77
	丸山川	丸山橋	37° 39' 55"	140° 56' 6"	2002/7/15 13:15	19.5	6.79	23.13	20.3	0.81	検出	1.08	0.89	1.77
	新田川	新田橋	37° 35' 21"	141° 01' 20"	2002/7/19 9:40	20.4	6.61	26.6	24.5	0.50	検出	1.25		
	新田川	新田橋	37° 33' 52"	140° 58' 28"	2002/7/19 11:00	20.3	6.86	42.5	27.8	0.45	検出	1.21		
	新田川	新田橋	37° 30' 17"	140° 58' 28"	2002/7/19 12:10	22.3	6.74	13.8	26.0	0.43	検出	1.77		
	新田川	新田橋	37° 29' 0"	141° 00' 48"	2002/7/19 13:40	20.5	6.7	16	25.0	0.48	検出	1.38		
	新田川	新田橋	37° 22' 49"	141° 01' 54"	2002/7/19 14:20	20.9	6.81	27	26.0	0.34	LTD			
	新田川	新田橋	37° 16' 31"	141° 01' 15"	2002/7/19 14:20	21.8	6.92	23.5	23.0	0.26	LTD			
	新田川	新田橋	37° 08' 29"	141° 00' 14"	2002/7/25 10:45	23.5	7.09	6.95	23.0	0.13	LTD			
	新田川	新田橋	37° 08' 23"	140° 59' 33"	2002/7/25 10:10	24.0	7.49	1.62	32.0	0.32	LTD			
	新田川	新田橋	37° 14' 18"	140° 40' 0"	2002/7/25 10:00	18.8	6.91	21	22.8	0.56	検出			
	新田川	新田橋	37° 03' 44"	140° 50' 31"	2002/7/25 12:30	21.5	7.76	12.31	29.0	0.26	LTD			
	新田川	新田橋	37° 03' 5"	140° 55' 35"	2002/7/25 12:30	26.5	6.93	12.35	32.0	0.13	LTD			
	新田川	新田橋	37° 06' 28"	140° 57' 25"	2002/7/25 11:20	23.3	7.1	15	32.0	0.32	LTD			
	新田川	新田橋	36° 55' 56"	141° 52' 28"	2002/7/26 9:30	22.5	7.05	1.62	28.5	0.32	LTD			
	新田川	新田橋	36° 56' 6"	140° 44' 34"	2002/7/26 11:00	29.2	7.57	16.22	31.4	0.38	LTD			
	新田川	新田橋	36° 55' 7"	140° 44' 34"	2002/7/26 9:30	20.7	7.03	19.7	28.5	0.60	検出			
	新田川	新田橋	37° 39' 24"	141° 36' 35"	2002/7/5 10:10	20.3	7.41	2.56	24.8	0.48	検出			
	新田川	新田橋	37° 46' 31"	140° 29' 18"	2002/7/5 8:20	20.0	6.54	20.35	22.0	0.41	LTD			
	新田川	新田橋	37° 35' 32"	140° 30' 59"	2002/7/5 11:45	22.0	7.05	18.4	27.0	0.46	検出			
	新田川	新田橋	37° 38' 6"	140° 28' 6"	2002/7/5 10:55	22.5	7.05	2.3	26.7	0.55	検出	1.55		
	新田川	新田橋	37° 28' 30"	140° 18' 36"	2002/7/5 14:05	21.0	7.11	26	29.2	0.46	検出	0.34		
	新田川	新田橋	37° 25' 31"	140° 33' 48"	2002/7/29 10:55	22.5	7.2	18.5	28.0	0.55	検出	2.20		
	新田川	新田橋	37° 22' 57"	140° 24' 19"	2002/7/29 12:00	26.0	6.64	19	30.0	0.19	LTD			
	新田川	新田橋	37° 19' 35"	140° 22' 23"	2002/7/29 13:40	26.1	8.29	8.9	30.0	0.46	検出			
	新田川	新田橋	37° 17' 6"	140° 20' 57"	2002/7/29 15:10	28.0	8.18	34.2	30.5	0.09	LTD			
	新田川	新田橋	37° 18' 2"	140° 23' 14"	2002/7/29 10:30	26.3	8.2	47.9	31.5	0.24	LTD			
	新田川	新田橋	37° 03' 41"	140° 26' 18"	2002/7/30 13:55	26.4	7.65	19.7	25.0	0.56	検出	1.16		
	新田川	新田橋	37° 08' 8"	140° 24' 14"	2002/7/30 15:30	26.4	6.99	17.2	30.0	0.36	LTD			
	新田川	新田橋	36° 57' 52"	140° 24' 58"	2002/7/30 13:55	25.0	8.17	21.2	31.0	0.35	LTD			
	新田川	新田橋	37° 12' 20"	139° 47' 27"	2002/7/9 13:30	20.4	7.09	17.2	23.3	0.46	検出	1.39		
	新田川	新田橋	37° 35' 16"	139° 49' 22"	2002/8/7 15:00	25.5	6.74	19	32.5	0.90	検出			
	新田川	新田橋	37° 37' 59"	139° 51' 29"	2002/8/7 14:30	21.6	6.66	3.6	34.5	0.57	検出			
新田川	新田橋	37° 26' 29"	139° 30' 30"	2002/7/8 12:35	14.8	6.9	132	27.8	0.55	検出	1.10			
新田川	新田橋	37° 39' 35"	140° 03' 41"	2002/8/2 9:30	24.5	7.87		27.0	0.27	LTD	2.01	0.53	0.69	
新田川	新田橋	37° 27' 17"	139° 34' 35"	2002/7/8 11:10	24.8	6.52		27.0	0.55	検出	0.29	1.65		
新田川	新田橋	37° 52' 33"	140° 30' 4"	2002/8/2 9:00	23.5	7.54	15	23.5	0.49	検出				
新田川	新田橋	37° 41' 49"	140° 19' 44"	2002/8/2 11:00	21.3	7.04	4.5	23.2	0.29	LTD				
新田川	新田橋	37° 08' 39"	140° 13' 9"	2002/7/30 11:55	29.4	7.55	1.5	31.2	0.49	検出				
新田川	新田橋	37° 28' 12"	140° 05' 59"	2002/8/8 11:00	27.1	6.29		31.0	0.48	検出	0.67	0.75	1.66	
新田川	新田橋	37° 18' 0"	139° 18' 38"	2002/7/29 9:40	25.0	9.34	24.27	26.5	0.37	LTD				
新田川	新田橋	37° 24' 39"	140° 28' 41"	2002/7/30 10:25	25.3	8.21	17.4	28.0	0.27	LTD				
新田川	新田橋	37° 16' 54"	140° 04' 59"	2002/7/30 10:55	29.0	10.2	15	33.0	0.54	検出				
新田川	新田橋	37° 43' 19"	140° 49' 18"	2002/8/9 14:00	29.3	8.33		32.8	0.41	検出				
新田川	新田橋	37° 37' 30"	140° 53' 28"	2002/8/9 14:00	29.5	8.61		33.0	0.36	LTD				
新田川	新田橋	37° 31' 7"	140° 53' 31"	2002/8/9 14:00	27.0	8.03		28.0	0.63	LTD				
新田川	新田橋	37° 22' 57"	140° 56' 35"	2002/8/9 11:25	26.0	6.46		31.8	0.62	検出				
新田川	新田橋	37° 17' 5"	140° 55' 30"	2002/8/9 14:10	21.0	6.38		30.8	0.68	検出				
新田川	新田橋	37° 07' 14"	140° 49' 48"	2002/7/26 14:20	24.5	6.65	56.13	29.5	0.62	検出				
新田川	新田橋	36° 54' 27"	140° 43' 44"	2002/7/26 10:20	25.7	8.31	35.5	28.5	0.51	検出				
新田川	新田橋	37° 36' 19"	140° 21' 53"	2002/8/2 15:00	24.0	8.09	17	25.8	0.50	検出				

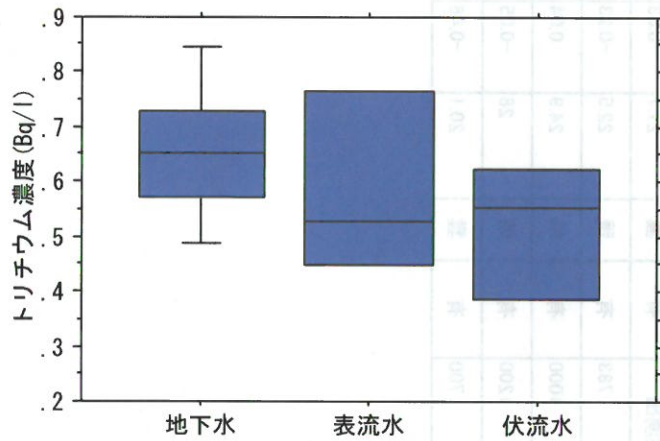
*空白は、測定値がないことを示す。

表 7 水道別測定結果一覧

地点名	水源種別	浄水方法	採取場所		採取日時	採取状況			気温(°C)	天候	トリチウム濃度	
			地番	緯度		経度	水温(°C)	pH			井戸の深さ (cm)	蓋の有無
広野		急速ろ過	広野町大字下北迫字大谷地原65	37° 13' 50"	141° 0' 10"	2002/4/11 0:00	12.0	7.38	/	晴	13.7	検出
広野町大胎水源	表流水		浅見川	37° 13' 6"	140° 56' 28"	2002/6/12 10:53	19.5	6.09	/	曇	20.6	検出
槽葉		塩素消毒	槽葉町大字北田字鐘突堂5-6	37° 16' 46"	140° 59' 50"	2002/6/12 10:25	15.2	6.18	/	曇	17.3	検出
槽葉町中川原第2水源	伏流水		木戸川	37° 16' 24"	140° 58' 59"	2002/4/11 0:00	12.5	7.38	/	晴	13.7	検出
槽葉町寺下水源	地下水		槽葉町大谷	37° 20' 34"	141° 0' 44"	2002/6/12 11:37	21.6	6.21	/	曇	17.4	検出
富岡		塩素消毒	富岡町本岡字玉塚622-1	37° 20' 20"	141° 0' 30"	2002/4/11 0:00	13.6	6.88	/	晴	16	検出
富岡町富岡第1水源	伏流水		富岡川	37° 20' 18"	141° 0' 7"	2002/6/12 2:22	19.8	6.21	/	曇	18.6	検出
富岡町富岡第3水源	地下水		富岡町本岡	37° 20' 16"	141° 1' 33"	2002/6/12 2:22	12.3	6.05	/	曇	24.3	検出
富岡町富岡第2水源	伏流水		富岡町本岡	37° 20' 3"	141° 59' 10"	2002/6/12 13:40	15.5	6.06	有り	曇	20	検出
大熊		塩素消毒	大熊町大字下野上字大野634	37° 23' 1"	141° 0' 54"	2002/4/11 11:45	14.0	6.89	/	晴	21.4	検出
大熊町大熊第1水源	地下水		大熊町熊	37° 23' 25"	140° 57' 1"	2002/6/14 10:45	21.2	6.43	/	小雨	20.2	検出
大熊町大熊第2水源	地下水		大熊町野上	37° 23' 4"	141° 0' 10"	2002/6/14 11:15	14.6	6.44	有	曇	22.2	検出
大熊町大熊第3水源	地下水		大熊町熊	37° 26' 44"	141° 0' 57"	2002/6/14 11:40	14.9	6.41	有	曇	19.8	検出
双葉		急速ろ過	双葉町大字新山字前沖28	37° 26' 10"	140° 57' 2"	2002/6/14 11:21	16.0	6.52	有	曇	20.4	検出
双葉町石熊水源	表流水		前田川	37° 29' 27"	141° 0' 13"	2002/4/11 0:00	12.6	7.38	/	晴	13.1	検出
浪江		エリオン	浪江町大字幾世橋字六反田7-2	37° 28' 36"	140° 58' 24"	2002/6/14 13:05	19.5	6.57	/	曇	19.7	検出
浪江町谷津田水源	地下水		浪江町谷津田水源	37° 44' 20"	140° 26' 56"	2002/6/14 13:32	18.2	6.59	/	曇	20.2	検出
福島市		急速ろ過+活性炭	福島市方木田字水戸内16-6	37° 44' 8"	141° 28' 28"	2002/4/11 0:00	14.8	7.47	/	晴	17	検出
福島市阿武隈川表流水	表流水		阿武隈川	37° 29' 17"	139° 55' 54"	2002/6/14 14:05	22.8	6.49	/	曇	22.6	検出
会津若松市		急速ろ過+繊維ろ過	会津若松市追手町7番40号	37° 30' 33"	139° 57' 23"	2002/6/14 14:20	16.0	6.45	有	曇	20.7	検出
会津若松市日橋川水源	表流水		日橋川	37° 44' 8"	141° 28' 28"	2002/4/8 8:30	12.3	6.43	/	晴	14.2	検出
				37° 29' 17"	139° 55' 54"	2002/6/19 11:07	21.4	6.61	/	晴	25.7	検出
				37° 29' 17"	139° 55' 54"	2002/6/19 13:10	22.0	6.14	/	晴	32.9	LTD
				37° 29' 17"	139° 55' 54"	2002/4/8 13:00	11.4	6.46	/	晴	23.1	検出
				37° 30' 33"	139° 57' 23"	2002/6/25 12:50	18.2	6.96	/	曇	21	検出
				37° 30' 33"	139° 57' 23"	2002/6/25 13:31	15.2	6.94	/	曇	16.9	検出

表 8 地下水測定結果一覧

試料名	地点名	採取場所		採取日時	採取状況				気温(°C)	トリチウム濃度		
		地番	緯度		経度	水温(°C)	pH	井戸の深さ(m)		蓋の有無	Bq/l	判定
地下水	①玉の湯	双葉郡大熊町大字野上字湯の神15	37° 24' 41"	140° 54' 59"	2002/6/17 13:03	25.6	9.59	自然湧出	有	22.5	0.16	LTD
	①-2玉の湯元湯	双葉郡大熊町大字野上字湯の神15	37° 24' 41"	140° 54' 59"	2002/6/17 13:25	25.3	9.59	自然湧出	有	21.7	-0.03	LTD
	②天神岬の湯	双葉郡檜葉町大字北田字上ノ原27-3	37° 15' 57"	141° 1' 3"	2002/6/17 11:40	26	8.53	783	有	22.5	-0.23	LTD
	③広瀬温泉	福島市飯坂町茂庭字清水川原2-1	37° 54' 56"	140° 25' 35"	2002/6/19 10:15	39.2	6.75	1000	有	24.9	0.04	LTD
	④県民の森温泉	安達郡大玉村玉井字長久保65	37° 34' 45"	140° 19' 54"	2002/6/19 14:28	35	8.68	1200	有	28	-0.05	LTD
⑤あいづ荘源泉	会津若松市大戸町小谷湯ノ平78	37° 21' 49"	139° 55' 14"	2002/6/25 10:40	49.4	7.21	700	有	20.1	-0.46	LTD	



	度数	平均値	分散	標準偏差	標準誤差
地下水	6	.657	.017	.130	.053
表流水	4	.608	.065	.255	.127
伏流水	3	.510	.026	.162	.093

図 26 水源別トリチウム濃度

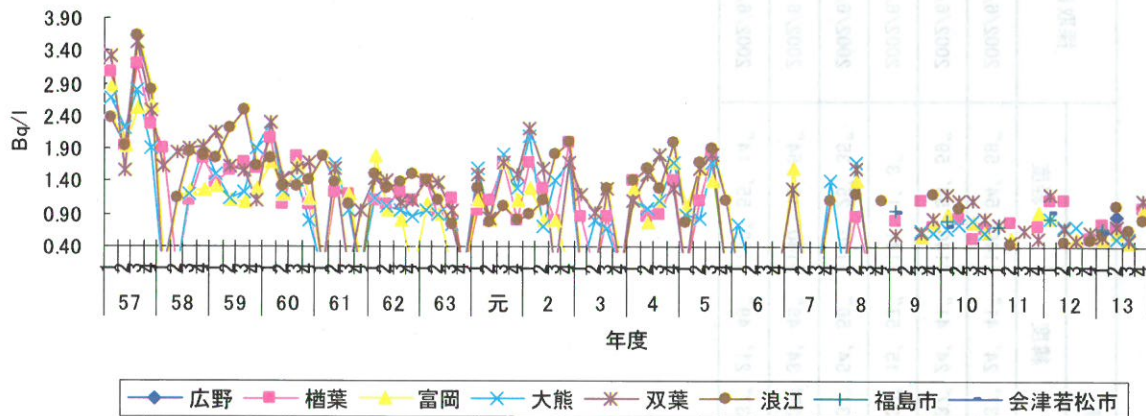


図 27 上水トリチウム濃度経年変化

表 9 上水及び水道原水測定結果概要

	上水		水道原水
	4月	6月	
地点数	8	8	13
最大値(Bq/l)	0.83	0.94	0.98
最小値(Bq/l)	0.50	0.47	0.33
平均値(Bq/l)	0.68	0.74	0.61
検出地点数	8	8	11
最大値出現地点	双葉	双葉	双葉町石熊水源

表 10 地下水調査結果概要

	地下水
地点数	6
最大値(Bq/l)	0.16
最小値(Bq/l)	-0.46
平均値(Bq/l)	-0.09
検出地点数	0

(3) 池水

ア 地点間比較 (図 25)

池水は、東京電力福島第一原子力発電所及び同第二発電所の周辺で東を除く三方位（東は太平洋上であるため）に地点を設定したが、有意に高い地点は無かった。

イ 季節変化 (表 5)

4月と、9月の2回採取を行ったが、ほとんどの地点で9月の方が高かった。

(4) 水道原水及び上水

ア 水道別比較

測定結果を表 7、9 に示す。

上水の濃度は、浄水方法にかかわらず、各々の原水の濃度とほぼ同程度であった。

周辺地域と比較対照地点の間で、差は認められなかった。

イ 水源別比較

水源別の比較を図 26 に示す。

地下水が最も高く、次いで表流水、伏流水の順であった。

ウ 経年変化

基本計画で過去に測定された上水のトリチウム濃度経年変化を図 27 に示す。

昭和50年代後半には2Bq/l前後あったものが、昭和61年頃から緩やかに減少している。

(5) 地下水 (源泉)

測定結果を表 8、10 に示す。

周辺地域及び比較対照地点ともすべて検出限界以下であった。

5 考察

(1) 降水及び大気中水蒸気

大気中水蒸気は、降水に比べてトリチウム濃度が若干高い (図 31)。これは、大気中水蒸気が、トリチウム濃度の低い降水よりも地表面から放出されるトリチウム濃度の高い水蒸気の影響を多く受けていることによるものと考えられ、他の調査報告と一致する^{3),4),6)}。また、大気中水蒸気のトリチウム濃度が降水ほど大きな月別変化を示していないことについても、同様の理由によるものと考えられる。

月別の降水濃度変化では、降水量の多い月のトリチウム濃度が低くなっている (図 11)。これは、一般に海水は陸水に比べてトリチウム濃度が低いことから、海洋性水蒸気により希釈されることによるものと考えられている³⁾。また、春季に高いのはいわゆるスプリングピーク (成層圏から対流圏へのトリチウム移行が春先に活発になることによるもの) と考えられている^{5),7)}。

天然トリチウムや熱核爆発によるトリチウムは成層圏から落ちてくるため、同一緯度での降水トリチウム濃度は比較的均一に分布するのに対し、施設から排出されるトリチウム分布には地域的な偏りがあると考えられている⁸⁾。周辺地域の犬野と比較対照地点の郡山市は同一緯度に位置しているが、両地点のトリチウム濃度を比較すると若干犬野の方が高い (図 18)。周辺地域全体と比較対照地点全体で比較しても同様に周辺地域の方が高い (図 19) が、いずれも有意な差ではない。また、大気中水蒸気の測定結果が、周辺地域と比較対照地点でほぼ同程度であること、風向と無関係に最大値が出現していること及びおおむね3Bq/lが施設寄

与の判断基準であるとの報告もあることから⁹⁾、今回の採取期間においては、発電所からの影響はなかったと判断できる。

① 大気中水蒸気のコントロール試験により、コントロール1（支所一階。図 28。）が福島市に比べ有意に高かったことについては、トリチウム水（HTO）が支所の建物内に残存していることを示す。同様に建築物内である大野（本所車庫。通常は閉鎖。図 29。）及び同様に周囲がコンクリート壁であるコントロール2（支所車庫。通常は解放。図 30。）において、コントロール1程高くはなっていないため、建築物の材質や、換気率の低さなどの複合効果による可能性が大きい。このことは、今後の調査でコントロール1と同様の条件を新たな場所に設けることで確認したい。

なお、コントロール2により地盤面と屋上（福島市）の設置環境の違いによる影響を検討した結果、両者に有意なトリチウム濃度の差は認められず、屋上のデータが地盤面のデータと同等に扱うことができるものと判断できた。

降水のトリチウム濃度が pH と若干の負の相関を示したことについて、降水中の pH がトリチウム濃度に直接影響を与えているかについては明らかではない。

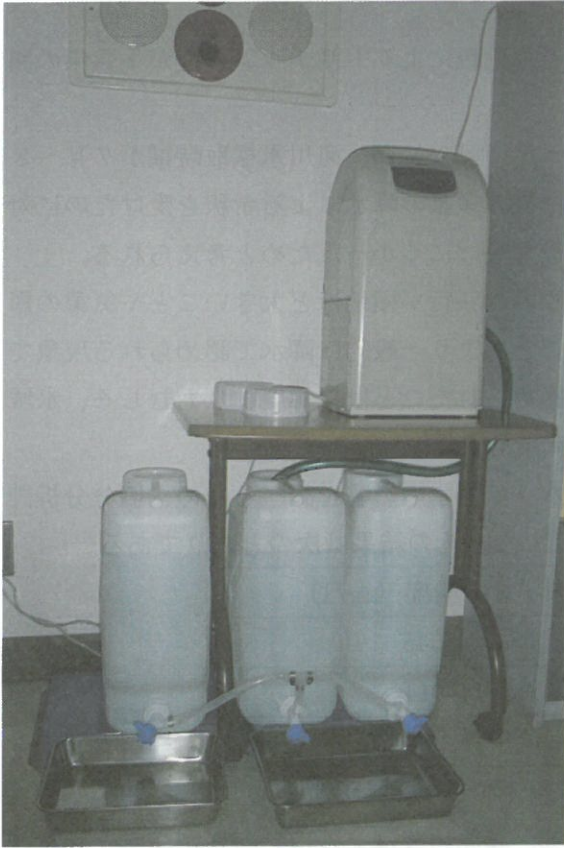


図 28 支所一階



図 29 大野



図 30 支所車庫

(2) 河川水及び湖沼水

過去（昭和 63 年度～平成 3 年度）の測定結果との比較によりトリチウム濃度が十数年の間に低下していることが分かった。

水域別の比較では、阿賀野川水系が最も高かった（図 23）が、河川水採取時期が 7 月～8 月であったことから、他の水域が海洋性水蒸気由来の多量の降水による希釈を受けたのに対し、最も内陸である当該水域は、希釈の影響を最も受けにくかったためと考えられる。

緯度依存性は、成層圏から対流圏へのトリチウムの移行が極地ほど大きいことや気象の影響が日本海側に高濃度のトリチウムをもたらすことにより一般的に降水で認められる現象であるが^{3),4)}、今回河川水で緯度との相関が若干認められたことは、緯度よりもむしろ、水域別トリチウムレベルの差による影響が大きいと考えられる。

トリチウム濃度が検出限界以下であった河川水への海水の影響を調べるため、塩分分析計（東亜 SAT-210）により、塩素イオン濃度を測定した。その結果は次のとおりである。

地点名	塩素イオン濃度 (mg/l)
大久川	4,545
藤原川	14,614
松川浦（参考）	16,249

他の河川水については、検出限界（200mg/l）以下であった。

塩素イオン濃度から大久川では採取試料の一部、藤原川ではそのほとんどが海水と判断されることから両河川水中のトリチウム濃度が低い原因は、海水の影響と考えられる。

通常、河川水のトリチウムレベルは降水より高いとされている^{7),10)}が、今回の結果はそれを支持するものではない。しかし、これは、採取時期が 7 月であり、海洋性水蒸気による希釈を受けたことが原因と考えられ、後述の水道原水の濃度が高いことから裏付けられよう。

湖沼水は河川水とトリチウム濃度が同程度に低く、地点間の差はほとんどなかった（標準偏差 0.124）。現在の陸水トリチウムレベルが河川水、湖沼水を問わず一様に低くなっていることが分かる。

(3) 池水

地点間の差はなく、他の陸水と同等レベルであった。発電所からの位置にかかわらず濃度が一定であり、発電所から放出されたトリチウムの影響が及んでいないことが確認できた。

ほとんどの地点で、4 月の測定値よりも 9 月の方が若干高かった原因は、8 月の降水量が少なかった（図 13）ことから、降水による希釈が少なく、トリチウム濃度が高くなったためと考えられる。

(4) 水道原水及び上水

上水の濃度は浄水方法にかかわらず、各々の原水の濃度と同レベルであったことは、トリチウムが浄水工程では除去されないことを示している。また、そのことから、現在、環境放射能モニタリングにおいて、陸水の指標として上水（蛇口水）を用いることは妥当であることが判断できる。

水源種別では表流水及び伏流水よりも地下水の方が高かった。浅層地下水（数十m）には、まだ過去の濃度の高いトリチウムが残存しているなどの理由が考えられる。

また、過去の経年変化から、河川水同様、上水のトリチウムが自然放射能レベルまで下が

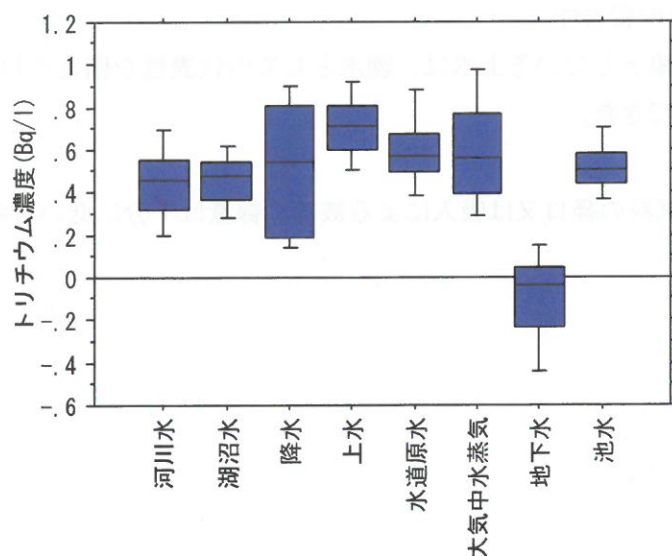
ってきていることが分かる。

(5) 地下水

すべて検出限界以下であった。今回の試料は深層（数千 m）から採取したものであり、地表水の浸透によるトリチウムの影響は小さいためと考えられる。このことから、深層地下水の県内バックグラウンドに地域間格差がないことが確認できた。

(6) 試料間比較（図 31）

今回調査したトリチウム濃度の平均値は高い方から上水、水道原水、大気中水蒸気、池水、降水、湖沼水、河川水、地下水の順であった。なかでも地下水は他の全ての試料に対し有意に低かった。また、河川水、湖沼水、降水よりも上水、水道原水及び大気中水蒸気の方が高かった。池水はその中間のレベルであった。環境中トリチウムの循環形態として過去の核実験等による高濃度のトリチウムを含んだ降水が、浅層地下水として一定期間貯留した後、河川水（水道原水）として地上に流出すると考えられている¹¹⁾。また、現在の降水中のトリチウム濃度レベルは自然放射能レベルまで低下しているため、河川水や湖沼水のトリチウム濃度は降水中のトリチウム濃度よりも高いと予想される。しかし、今回の河川水及び湖沼水のトリチウム濃度は降水よりも低かった。これは、前述のように降雨による希釈効果のため河川水及び湖沼水のトリチウム濃度が低下したためと考えられる。また、大気中水蒸気のトリチウム濃度は降水のトリチウム濃度より高いことから地表からの蒸発散の影響を受けていると見られる。今回の調査で検出されたトリチウム濃度から全ての試料におけるトリチウム濃度は自然放射能レベルであると考えられる。



(試料数)

	度数	平均値	分散	標準偏差	標準誤差
河川水	40	.437	.041	.202	.032
湖沼水	18	.453	.015	.124	.029
降水	36	.504	.101	.317	.053
上水	16	.706	.020	.142	.036
水道原水	13	.608	.031	.177	.049
大気中水蒸気	63	.588	.076	.276	.035
地下水	6	-.095	.049	.222	.091
池水	12	.511	.019	.138	.040

図 31 試料間トリチウム濃度レベルの比較

(7) 被ばく線量

今回の測定結果を基に内部被ばくによる実効線量を算出する。

ア 経口摂取

今回最も高かった上水 (0.94Bq/l) を成人が一年間摂取する場合

成人の飲料水の摂取量 : 2.65l/d

トリチウムの経口摂取に係る線量係数 : 1.8×10^{-8} mSv/Bq

預託実効線量 : $0.94 \times 2.65 \times 365 \times 1.8 \times 10^{-8} = 1.6 \times 10^{-5}$ (mSv)

イ 吸入摂取

今回最も高かった大気 0.014 (Bq/m³) を成人が一年間呼吸する場合

成人の呼吸率 : 2.22×10^7 cm³/d

トリチウムの吸入摂取に係る線量係数 : 1.8×10^{-8} mSv/Bq

預託実効線量 : $0.014 \times 22.2 \times 365 \times 1.8 \times 10^{-8} = 2.0 \times 10^{-6}$ (mSv)

一般公衆の線量限度 1mSv/yr と比較して十分に低いものである。

6 まとめ

(1) 環境中のトリチウムレベル

今回測定した試料はすべて、自然放射能レベルであった。

(2) 原子力発電所からの影響

今回測定したすべての試料において原子力発電所から放出されるトリチウムの寄与は認められなかった。

(3) 監視対象項目の妥当性

現在、測定対象としている上水は、陸水としての代表性を備えており、安全評価上妥当であることが確認できた。

(4) 被ばく線量

今回測定した試料の経口又は吸入による被ばく線量は十分に低いものであった。



試料採取方法

1 降水

(1) 対象期間内の全降水量を採取量とする。

(2) 採取器

20Lポリエチレン容器付きのデポジットゲージを用いる。

(3) 試料回収方法

ア 採取した試料は、よくかき混ぜた後、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メスシリンダーで測り、最初の採水容器の容量も含め採取量とする。残試料は捨てる。

イ 回収が終わった容器は、中身をよく出し切って、デポジットゲージにセットする。

ウ 必要に応じ沈降法又はろ過（ろ紙5種C）より浮遊物を除去する。酸は添加しない。

エ 試料に関する記録

試料採取記録表に必要事項を記録する。

2 陸水

(1) 試料採取地点

ア 河川水

福島県水質測定計画に定める採取地点とする。河川の流心部を選び、表面水を採取する。排水及び支流部が流入しているところでは、その合流点の下流で十分に混合している所を採取地点とする。河口付近については、海水の流入があるため、その影響のない上流側で採取する。

イ 湖沼池水

湖沼池の中心部を選び、河川の流入流出付近での採取は避け、その表面水を採取する。

ウ 地下水（源泉）

その地下水が通常の給水状態であることを確認し採取する。

エ 水道原水

取水口の中心部から採取する。浄水場などで採取する場合には、水質調査用の原水蛇口から採取する。

(2) 試料採取量

2L採取する。

(3) 採取用具及び容器

ア 取手つきポリエチレン製バケツにロープを結わえたもの

イ 大型ポリエチレン製漏斗

ウ 水温計

エ 試料容器（2Lポリエチレン製容器）

オ 2万5千分の1地図

(4) 試料採取方法

ア 河川水（水道原水を含む）

(ア) ロープの一端をバケツの取手に結び付け、他端を橋、船体、その他適当なところに結び付けておく。

- (イ) バケツで水を採取し、これを用いてバケツ、漏斗及び試料容器を2～3回洗浄する。
- (ウ) 洗浄したバケツで採取した水は漏斗を用いて試料容器に入れる。必要量が得られるまで繰り返す。
- (エ) 採取後、酸は加えない。
- (オ) 試料容器に水をあふれさせて密栓する。
- (カ) 容器に試料番号等を記入する。
- (キ) 水温計を河川に直接浸すかバケツに水を満たし、直ちに水温を測定する。
- (ク) ろ過などの処理は原則として行わず、ろ過操作を行った場合には、記録表に明記する。

イ 湖沼池水

表面水はア河川水に準じて行う。

ウ 地下水（水道原水を含む）、上水（上水道、簡易水道）

- (ア) 地下水は、揚水管、排水管など内部に停滞している水を流し出す。
上水（原水）の蛇口は、あらかじめ数分間放水する。水温計により水温が安定したことを確認する。
- (イ) 放水中の水で漏斗及び試料容器を2～3回洗浄する。
- (ウ) 漏斗を用いて試料容器に採取する。
- (エ) 採取した試料に、酸は添加しない。
- (オ) 試料容器に水をあふれさせて密栓する。
- (カ) 容器に試料番号等を記入する。
- (キ) 水温計を用いて水温を測定する。

(5) 試料の処理方法

採取した試料は必要に応じ、沈降法又はろ過（ろ紙5種）して浮遊物を除去する。酸は添加しない。

(6) 試料に関する記録

試料採取記録表に必要事項を記録する。

3 大気試料（大気中水蒸気）

(1) 対象期間内の全除湿量を採取量とする。

(2) 採取器

屋外に設置した小屋の上段に除湿器（日立家庭用除湿器 RD-5623A）を入れ、除湿器の排水口にホースを接続し、除湿水を連続して下段のポリエチレン製容器に排出する。

(3) 捕集及び回収

ア ホース内に残っている水を試料容器に移す。

イ 容器内の水を攪拌して、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。

ただし、冬期の乾燥している時期は必要量を採取できないおそれがある。その場合は、試料容器内に残っている水をすべて採取する。残試料は5 Lメスシリンダーで測り、最初の採水容器の容量も含め採取量とする。残試料は捨てる。

ウ 採取した試料は必要に応じろ過する。酸は添加しない。

エ 試料容器に試料番号等を記入する。

(4) 試料の処理方法

採取した試料は必要に応じろ過する。酸は添加しない。

(5) 試料に関する記録

試料採取記録表に必要事項を記録する。

[参考文献]

- 1) 文部科学省：放射能測定法シリーズ9”トリチウム分析法”，平成14年改訂
- 2) 福島県原子力センター：“福島県自然放射能実態調査報告書”，1989-1992
- 3) 高島良正：“環境トリチウム—その挙動と利用”. *Radioisotopes*, vol. **40**, no. 12, 1991, p520-530
- 4) 百島則幸：“環境中トリチウム挙動”，日本原子力学会誌, vol139. no. 11. 1997. pp923-925
- 5) 放射線医学総合研究所：“放射能調査研究報告書（平成9年度）”，1998, pp43-47
- 6) 加治俊夫，百島規幸，高島良正：“環境中におけるトリチウムガスの挙動（総説）”，大分工業高等専門学校研究報告，28，1992, pp84-90
- 7) 仲川隆夫，佐藤修，橋本哲夫：“新潟県における近年の河川水と降水のトリチウム濃度”，*Radioisotopes*, 38, 1989, pp434-439
- 8) 財団法人日本分析センター：“トリチウム分析法解説”，平成12年3月
- 9) 吉岡満夫：“原子力発電所周辺の水環境モニタリング”，水環境学会誌, vol. 25, no. 4, 2002, pp. 206-211
- 10) 放射線医学総合研究所：“放射能調査研究報告書（平成6年度）”，1995, pp43-49
- 11) 放射線医学総合研究所：“放射能調査研究報告書（平成7年度）”，1996, pp44-49

平成15年3月発行

平成14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

平野トモヨシと其の業績

平野トモヨシと其の業績の中核を以てしての調査報告書

東京大学文学部国文学科国文学専攻

国文学科国文学専攻

TEL 03-3812-2030

FAX 03-3812-2040

〒100-8302

東京都千代田区千代田1-3-1

TEL 03-3812-2030

FAX 03-3812-2040





古紙配合率70%再生紙を使用しています