

第2部 環境およびヒトへのトリチウム安全性
目 次

第1章 自然環境におけるトリチウム	1
序	1
1.1 自然環境におけるトリチウムの挙動およびそのレベルと変動	1
1.1.1 自然環境と ³ H発生源	1
1.1.2 気圏におけるトリチウムの挙動	1
1.1.3 水圏におけるトリチウムの挙動	3
参考文献	
1.2 環境から食物への ³ H移行	6
1.2.1 食物への ³ Hの移行	6
参考文献	
1.3 トリチウムガス放出後の環境動態	7
—その移行課程と線量評価モデル—	
1.3.1 大気拡散	8
1.3.2 大気中における HT の HTO への変換	8
1.3.2.1 HT の HTO への酸化	
1.3.2.2 光化学反応	
1.3.3 HTOと HTの湿性沈着	9
1.3.3.1 降雨によるHTOの洗浄沈着	
1.3.3.2 降雪によるHTOの洗浄沈着	
1.3.4 土壌および植物への HT の乾燥沈着	9
1.3.4.1 土壌のHT酸化機構	
1.3.4.2 裸地へのHTの沈着	
1.3.4.3 HT沈着後の土壌中のHTOの深度分布	
1.3.5 土壌および植物への HTO の乾燥沈着	10
1.3.5.1 大気—土壌間のHTO交換過程	
1.3.5.2 葉による大気HTOの取り込み	
1.3.6 土壌中の HTO 挙動と経根吸収	11
1.3.6.1 土壌中のHTO蒸散の拡散	
1.3.6.2 土壌中のHTOの液体輸送	
1.3.6.3 大気および土壌経路のHTOに由来する植物中のトリチウム濃度	
1.3.7 土壌および植物からの HTO 放出	12
1.3.8 線量評価モデル	12
1.3.8.1 線量評価モデルの国際比較	
参考文献	
1.3.9 SPEEDIについて	16
1.3.9.1 はしがき	
1.3.9.2 SPEEDIとは	
1.3.9.3 SPEEDIの今後の課題	
1.3.9.4 むすび	
参考文献	
1.4 トリチウム異常放出例	18

参考文献		
1.5 まとめと今後の課題	-----	19
第2章 代謝	-----	21
2.1 体内動態	-----	21
2.1.1 トリチウム水 (HTO) の体内動態	-----	21
2.1.1.1 生体内トリチウムの存在形態		
2.1.1.2 トリチウム水から生体構成分子へのトリチウム転入はどのように行なわれるか		
2.1.1.3 ヒトでのトリチウム水摂取の経路		
2.1.1.4 摂取された HTO の組織への移行と組織内での挙動		
2.1.1.5 母体から胎児または乳児への移行		
2.1.1.6 トリチウムの体外排泄の促進		
2.1.2 有機型トリチウム (OBT) の生体内動態	-----	26
2.1.2.1 被曝形態としての OBT		
2.1.2.2 T-食物の体内動態		
2.1.2.3 単一化学形のT-有機化合物の体内動態		
2.1.2.4 OBTの母体摂取による胎児および新生児への T 移動		
2.1.2.5 OBT被ばくに対する年齢群別の線量係数		
2.1.2.6 OBTに対して提案されている年摂取限度 (ALI)		
2.1.3 トリチウムガス (HT) の体内動態	-----	30
2.1.4 トリチウムガスの代謝	-----	31
2.1.4.1 トリチウムガスのヒト皮膚からの吸収		
2.1.4.2 トリチウムガスの体内取り込み		
2.1.4.3 トリチウムガスの体内動態		
参考文献		
2.2 モデルと線量評価	-----	32
2.2.1 体内動態モデルの意義	-----	32
2.2.2 2 コンパートメントモデル	-----	32
2.2.2.1 Snyderらの 2コンパートメントモデル		
2.2.3 3 コンパートメントモデル	-----	36
2.2.4 4 コンパートメントモデル (ETHモデル)	-----	37
2.2.5 OBT の直接摂取を考慮した 3 コンパートメントモデル	-----	41
2.2.6 線量評価	-----	42
2.2.6.1 水代謝に関する標準日本人の想定条件		
2.2.6.2 長期にわたる定常的な被ばくでの線量評価		
参考文献		
第3章 生物影響	-----	53
3.1 急性効果	-----	53
3.1.1 造血系の障害 (in vitro, in vivoを含む)	-----	53
参考文献		
3.1.2 腸	-----	58
参考文献		

3.1.3	精子染色体（ヒト）	-----	60
3.1.3.1	β線照射および精子の吸収線量		
3.1.3.2	精子染色体異常の誘発		
3.1.3.3	生物学的効果比（RBE）		
3.1.3.4	精子 DNA 損傷の卵内修復		
3.1.3.5	今後の課題		
	参考文献		
3.1.4	ヒトリンパ球の染色体への影響	-----	62
3.1.4.1	はじめに		
3.1.4.2	染色体異常頻度の線量効果関係		
3.1.4.3	低線量域の線量効果関係		
3.1.4.4	染色体異常頻度に及ぼす線量率効果		
3.1.4.5	結語		
	参考文献		
3.1.5	個体死	-----	65
3.1.5.1	はじめに		
3.1.5.2	Brues らの研究		
3.1.5.3	Furchner の研究		
3.1.5.4	Yokoro らの研究		
3.1.5.5	Yamamoto らの研究		
3.1.5.6	おわりに		
	参考文献		
3.2	晩発効果・発がん	-----	69
3.2.1	線量依存性	-----	69
3.2.2	組織特異性	-----	69
3.2.3	生物学的効果比（RBE）	-----	70
3.2.4	線量率効果と回復	-----	70
3.2.5	胎児・若年令被ばく	-----	71
3.2.6	今後の研究課題	-----	72
	参考文献		
3.3	遺伝的影響	-----	73
3.3.1	動物を用いた研究	-----	73
3.3.2	培養細胞を用いた研究	-----	74
	参考文献		
3.4	トリチウムの発生に及ぼす影響	-----	77
3.4.1	発生時期による放射線感受性の差	-----	77
3.4.2	HTO による催奇形性効果	-----	77
3.4.3	放射線に高感受性の幼若卵母細胞系	-----	78
3.4.4	卵母細胞死による不妊症	-----	78
3.4.5	放射線に高感受性の胎生期終脳脳室帯細胞系	-----	79
3.4.6	まとめと今後の課題	-----	80
	参考文献		
3.5	賀田効果	-----	81
3.5.1	賀田効果（Kada Effects）とは？	-----	81
3.5.2	賀田効果を示す実験例	-----	81

	—形質転換能の不活性における賀田効果—	
3.5.3	賀田効果を示す実験例	85
	—水溶液中でトリチウム水照射された DNA の一本鎖切断—	
3.5.4	線量率が低くなる程照射効果が増大する他の実験例	88
3.5.5	賀田効果をどう解釈するか?	88
3.5.6	今後の課題	89
	参考文献	
3.6	適応修復	90
3.6.1	はじめに	90
3.6.2	トリチウムの適応修復の発見	90
3.6.3	実験システム	91
3.6.4	トリチウムの適応修復の放射線諸特性	92
3.6.5	おわりに	94
	参考文献	
3.7	OBT の生物効果	96
3.7.1	はじめに	96
3.7.2	$^3\text{H-TdR}$ の生物効果	96
3.7.3	細胞レベル	96
3.7.4	組織個体レベル	97
3.7.5	核変換 (transmutation) 効果はあるか?	98
3.7.6	培養マウス胚に対する OBT の作用	98
3.7.7	$^3\text{H-TdR}$ β 線による吸収線量推定の問題	98
	参考文献	
第4章	保健物理—防護	103
4.1	トリチウムのマイクロドジメトリー	103
	参考文献	
4.2	RBEと Q 値	104
4.2.1	線量当量と線質係数 (Q)	104
4.2.2	ICRP 勧告におけるトリチウムの Q 値	105
4.2.3	トリチウムの RBE と Q 値	105
4.2.4	Q 値と線量当量限度—今後の課題	105
	参考文献	
4.3	ヒトの被ばく線量	107
4.3.1	モニタリング	107
4.3.1.1	モニタリングにあたっての要点	
4.3.1.2	モニタリングの方法	
4.3.1.3	環境モニタリングデータからの被ばく線量計算	
	参考文献	
4.3.2	ムラサキツユクサ	110
4.3.3	地衣、苔その他の植物	112
	参考文献	
4.4	安全取扱	115
4.4.1	取扱施設とモニタリング	115
4.4.2	安全取扱装置とモニタリング	115

4.4.3	安全取扱器具・用具と基本操作法	-----	115
4.4.4	使用トリチウムのインベントリィ（使用量と回収量）	-----	116
4.4.5	実験者のトリチウム体内摂取	-----	116
4.4.6	トリチウム水の廃棄	-----	116
4.4.7	トリチウム有機廃液の処理	-----	117
4.4.8	取扱上の留意点	-----	117
4.4.9	今後の研究課題とその展望	-----	117
	参考文献		
第5章	ヒト・環境の安全性	-----	119
5.1	核融合におけるリスク源とその影響範囲	-----	119
5.2	リスク源とポテンシャル・リスク源はどれほど危険か？	-----	119
5.2.1	トリチウム	-----	120
5.2.1.1	ヒトのリスク		
5.2.1.2	トリチウム化合物（水以外の）の代謝と年摂取限度(ALI)		
5.2.1.3	環境動態一線量評価モデル		
5.2.2	中性子およびX線	-----	121
5.2.3	放射化	-----	121
5.2.4	非電離放射線：電場、磁場、高周波など	-----	122
5.3	研究開発の目的	-----	122
付記	1.子宮内被ばくによる発生・発育障害	-----	124