

8. 水銀 (Hg)

農作物中のHgレベルについては、PickardとMartin(1960)⁹⁾が、リンゴで0.004ppm、トマトで0.01ppm、コ-ヒ-粉末で0.025ppmを報告している。Hallerら(1968)¹⁰⁾は、米0.062ppm、大麦0.088ppm、リママメ0.036ppm、ソドウ0.025ppm、リンゴ果肉0.02ppm、西洋ナシ0.013ppmなどのHg含量(新鮮物あたり)を、SmartとHill(1968)¹⁷⁾は、イギリスに輸入された世界各国産の米のHg含量を分析し、平均0.005ppm以下であったが、トリニダ-ド産の米は0.095ppmであることをそれぞれ報告している。また、TkachukとKuzina(1972)³⁾は、カナダ産の小麦、大麦、エンバク、ライムギ、アマ、ナタネ、カラシナ、ダイズの種子中のHg含量と、それまでに発表されている小麦のHg含量を取りまとめている。彼によると、カナダ産小麦は0.2~0.4ppmのものもあったが、一般に0.004~0.06ppmであり、アメリカ産小麦カナダ産小麦よりやや高く0.013~0.127ppm、世界各地産小麦のHg含量は0.024~0.250ppmであった。また、彼は、大麦、エンバク、ライムギは0.005~0.008ppm、採油種子類は0.01~0.017ppm、ダイズは0.008~0.029ppmのHg含量であったと報告している。農業技術研究所化学部作物栄養第3研究室(1974)¹⁾は、日本各地(農林省各地域農業試験場)昭和47年産精玄米のT-Hg含量(現物あたり)が、0.002~0.056ppmであったと報告している

有機水銀剤の散布によってジャガイモ可食部のHg含量が5~10倍多くなること^{5,6)}、ライムギ葉中のHg含量が著しく増加すること¹⁶⁾、コ-ヒ-のしょう果の発育中に有機水銀剤を散布すると収穫期のしょう果中のHg含量が1.0ppm、粉末コ-ヒ-豆中のHg含量が0.2ppmというかなりの高レベルになること¹⁸⁾などが知られている。Hauskechtら(1966)⁸⁾は、精錬所から50m離れた農地に生育するニンニクが282.2ppmのHgを含むことを見出し、Hgを排出する工場の近くの農地の作物のHg汚染を指摘している。

Pickardら(1963)²⁾は、塩化第1水銀と酸化第2水銀を添加した土壤に生育させたレタス、インゲン、カブ、ジャガイモ、ニンジンの可食部のHg含量は、いずれも0.03ppm以下であったと報告し、PickardとMartin(1962)⁴⁾は、塩化第2水銀を添加した土壤に生育させたニンジンの根のHg含量は、0.05ppmであったと報告している。このように無機水銀の土壤施用では、作物の可食部のHgレベルは、そう高くはならなかったが、Smart(1964)⁶⁾は、有機水銀剤を添加した土壤に生育させたジャガイモの塊茎が0.22~0.28ppmのHgを含有することを報告している。これは葉面散布の場合の塊茎中のHg含量の約5倍であった。我が国は過去において最も多量のHg化合物が農業に使用されたことから、今後作物中のHgレベルに注意し、減少させる努力が必要であるろう。

Hgの有害限界濃度は明らかにされていないが、石塚・田中(1962)²⁰⁾は、培養液栽培の水稻で試験し、次のように報告している。培養液中のHg濃度が0.1ppmでは無害であり、0.5ppmでは著しく有害である。それゆえ、0.2ppm程度から注意を要すると考えられ、水稻体のHg含有率でみると、根で1000ppm、茎葉で0.5ppm程度以上が危険と考えられる。また、彼らは、根は多量のHgを吸収するが、ほとんど地上部に移行しないことも示している。これは銅や鉛と同様にHgは、吸収されてすぐ根のタンパク質と反応し、沈積するために地上部に移行しないと考えられている(鉛の項参照)。

文 献

- 1) 農業技術研究所化学部作物栄養第3研究室：昭和48年度特別研究「農用地土壌の特定有害物質による汚染の解析に関する研究」推進会議資料(農林水産技術会議事務局編) p.9-15(1974)
- 2) J. A. Pickard et al.: J. Sci. Food Agric., 15, ii242(1964)
- 3) R. Tkachuk and F. D. Kuzina: ibid., 23, 1183-1195(1972)
- 4) J. A. Pickard and J. T. Martin: ibid., 13, i218(1962)
- 5) R. G. Ross and D. K. R. Stewart: Can. J. Plant Sci., 44, 123-125(1964)
- 6) N. A. Smart: J. Sci. Food Agric., 15, 102-108(1964)
- 7) G. A. Hamilton and A. D. Ruthven: ibid., 18, 558-563(1967)
- 8) J. Hauskecht and J. Hajduk: Biologia Bratisl., 21, 676-680
- 9) J. A. Pickard and J. T. Martin: J. Sci. Food Agric., 11, 374-377(1960)
- 10) W. A. Haller et al.: J. Agric. Food Chem., 16, 1036-1040(1968)
- 11) R. G. Ross and D. K. R. Stewart: Can. J. Plant Sci., 42, 280-285(1962)
- 12) W. H. Gutenmann and D. J. Lisk: J. Agric. Food Chem., 8, 306-308(1960)
- 13) A. S. Beidas and D. J. Higgons: J. Sci. Food Agric., 10, 527-529(1959)
- 14) D. K. R. Stewart and R. G. Ross: Can. J. Plant Sci., 40, 659-665(1960)
- 15) R. G. Ross and D. K. R. Stewart: ibid., 40, 117-122(1960)
- 16) B. T. Wheeler et al.: Ann. Appl. Biol., 51, 403-410(1963)
- 17) N. A. Smart and A. R. C. Hill: J. Sci. Food Agric., 19, 315-316(1968)
- 18) J. A. Pickard and J. T. Martin: ibid., 11, i71(1959)
- 19) 横橋五郎・鈴木庄亮訳：「環境汚染病」p.224-239(1974)原著：G. Waldbott, Health Effects of Environmental Pollutants (1973)
- 20) 石塚喜明・田中 明：日本土壤肥科学雑誌, 33, 421-423(1962)
- 21) 大八木義彦：昭和49年度肥料担当者研修テキスト(農林省肥料機械課編) p.59-106(1974)
- 22) 山添文雄ら：農業技術研究所肥料化学科資料, No.166, 1-82(1973)

8-1表 農業で使用された水銀化合物の量 (1965~1966) ¹⁹⁾

国	使用水銀化合物量(トン)	国	使用水銀化合物量(トン)	国	使用水銀化合物量(トン)
日本	1 6 0 0 (約)	ポーランド	9	フィンランド	1
アメリカ合衆国	4 0 0	スペイン	7. 1	モロッコ	1
西ドイツ	4 1	ブルガリア	5	ニュージーランド	0. 5
イタリア	2 6	オーストラリア	4	ノルウェー	0. 4
トルコ	2 2. 5	デンマーク	3. 5	イスラエル	0. 2
イギリス	2 0	スウェーデン	2	ポルトガル	0. 2

8-2表 植物体の水銀(1)

植 物 名 (学 名)	栽 培 式	組 織	齢・生育段階・産地・条件・採取時など	H g p p m (乾物)					研究者 (年)	
				欠乏	低	中	高	過剰		
水 稻 (<i>Oryza sativa</i>)	圃 場	精 玄 米	北海道農業試験場 昭和47年産米	品種 ユーカラ			0.011			農業技術研究所化学部 作物栄養第3研究室(1974) ¹⁾
				そらち			0.008			
				しおかり			0.010			
				ゆうなみ			0.005			
				マツマエ			0.008			
				ほうりゅう			0.006			
			東北農業試験場 昭和47年産米	品種 フジミノリ			0.007			
				トヨニシキ			0.007-0.015			
				ムツニシキ			0.007			
				ササニシキ			0.009-0.014			
				ササミノリ			0.009			
			北陸農業試験場 昭和47年産米	品種 コシジワセ			0.004-0.022			
				コシミノリ			0.006			
				コシヒカリ			0.008			
				トドロキワセ			0.006-0.011			
				日本晴			0.017			
				ハウネンワセ			0.012			
			農事試験場 昭和47年産米	品種 コシヒカリ			0.007			
				コモマサリ			0.006			
				キタムサシ			0.010			
				ササニシキ			0.008			
				トドロキワセ			0.007			
				日本晴			0.008			
				トヨニシキ			0.004			
				不明			0.002-0.005			
			東海近畿農業試験場 昭和47年産米	品種 ハルカゼ			0.006			
				日本晴			0.003-0.009			
				トヨサト			0.005			
				フヨウ			0.011			
				金南風			0.013			
			中国農業試験場 昭和47年産米	品種 近畿33号			0.015			
				日本晴			0.010-0.016			
中生新千本				0.010						
アケボノ				0.007						
四国農業試験場 昭和47年産米	品種 東山38号			0.026-0.030						
	ヤマビコ			0.010						
	サトミノリ			0.012						
	コシジワセ			0.012						
	金南風			0.011						

8-2表 植物体の水銀(2)

植 物 名 (学 名)	栽 培 式 様	組 織	齢・生育段階・産地・条件・ 採取時など	Hg ppm (乾物)					研究者(年)
				欠 乏	低	中	高	過 剰	
水 稻 (つづき)	圃 場	精玄米	九州農業試験場 品種 レイホウ 昭和47年産米 ツクシバレ			0.005-0.008			農業技術研究所化学部 作物栄養第3研究室(1974) ¹⁾
		穂	収穫期			tr.	tr.	0.2-0.4*	
	培養液	茎 葉	Hg 0, 0.1, 0.5, 1.0, 5 ppm 添加			tr.	0.4*	0.6-19.8*	石塚喜明・田中 明(1962) ²⁰⁾
		根	硝酸水銀使用			12.0*	27.5*	1600-7800*	
レ タ ス	圃 場	地上部	可食部、水銀添加土壌			<0.03		Pickard et al.(1963) ²⁾	
セイヨウカラシナ		種子	-----			8.00*		Tkachuk & Kuzina(1972) ³⁾	
カ ブ		可食部	水銀添加土壌			<0.03		Pickard et al.(1963) ²⁾	
ニンニク		全植物	精錬工場より50mの圃場				282.20	Hauskecht & Hajduk(1966) ⁸⁾	
ニンジン (<i>Daucus carota</i>) ジャガイモ (<i>Solanum tuberosum</i>)	圃 場	根	可食部、水銀添加土壌			<0.03		Pickard et al.(1963) ²⁾	
		根	水銀添加土壌			0.05		Pickard & Martin(1962) ⁴⁾	
		葉				0.50	1.10-6.80		
		皮	塩化フェニル水銀無散布及び 2~8回散布			0.026	0.064-0.118		
	ポット	果肉		有機水銀含有 殺カビ剤			0.011	0.037-0.056	Smart(1964) ⁶⁾
		全塊茎		土壌添加			0.013	0.039-0.065	
		果肉		葉面添加				0.22-0.28	
		皮						1.21	
	圃 場	果肉		有機水銀含有殺カビ剤 0.4,8 回散布			0.003	0.031-0.032	
		皮						2.40-6.30	
		果肉		品種 Up-to-date				0.10-0.40	
		全塊茎						0.30-1.00	
		皮		有機水銀剤処理 種いも中残存量				0.20-0.30	
果肉			品種 Arran Pilot				6.80-8.60	Hamilton & Ruthven(1967) ⁷⁾	
全塊茎							0.90-1.00		
皮							0.50-2.10		
果肉		品種 Majistic				0.01			
全塊茎						0.06-0.22			
ト マ ト	---	果 実	-----			0.01		Pickard & Martin(1960) ⁹⁾	
西 洋 ナ シ	圃 場	果 肉	-----			13.00*		Haller et al.(1968) ¹⁰⁾	
リ ン ゴ (<i>Malus pumila</i>)	圃 場	果 実	収穫期、有機水銀剤散布、有袋枝 含量単位:葉 μ g/100cm ² 、果実①			20.00*	26.20-27.60	Ross & Stewart(1962) ¹¹⁾	
		葉	切断後のHg吸収、有機水銀剤 1/16 ~ 1/2パイント/100ガロン添加				0.10-0.40		
		葉					1.00-6.70		
	圃 場	果 実	-----			0.004		Pickard & Martin(1960) ⁹⁾	
			酢酸フェニル水銀散布、単位: μ g/個				30.33-40.00	Pickard & Martin(1962) ⁴⁾	

* : ppb (新鮮物あたり)、① : μ g/10 個果実、レタス:*Lactuca sativa*、セイヨウカラシナ:*Brassica juncea*、カブ:*Brassica rapa*、ニンニク:*Allium sativum*、トマト:*Lycopersicon esculentum*、セイヨウナシ:*Pyrus commuris*

8-2表 植物体の水銀(3)

植 物 名 (学 名)	栽 培 式	組 織	齢・生育段階・産地・条件・ 採取時など	H g p p m (乾物)					研究者(年)			
				欠乏	低	中	高	過剰				
リンゴ (つづき)	圃 場	果 実	有機水銀剤 品種 Cortlandnd						0.07	Gutenmann & Lisk (1960) ¹²⁾		
			散布 60 日目						" Red Delicious		0.05-0.06	
			収穫						" Rome Beauty		0.02-0.05	
									" Rhode Island Greening		0.02-0.04	
		果 実	酢酸フェニル 品種 Beauty of Bath							0.05	Beidas & Higgons (1959) ¹³⁾	
			水銀 10 回散布							" Rramley		0.10
			散布後 5~6							Seedling		0.08
			週後収穫							品種 Worcester Pearmain		0.06
		果 皮		7 月 7 日 酢酸フェニル水銀散布 収穫期	有 袋					14.50**	Stewart & Ross (1960) ¹⁴⁾	
		果 肉								50.20**		
		種 子								---		
		全 果 実								64.70**		
		果 皮								23.50**		
		果 肉								39.00**		
		種 子								2.00**		
		全 果 実								64.50**		
		果 皮								18.70**		
		果 肉								21.50**		
		種 子								3.00**		
		全 果 実								43.20**		
果 皮	50.90**											
果 肉	64.90**											
種 子	2.60**											
全 果 実	118.40**											
果 皮	3.90*	26.40-28.50*	Ross & Stewart (1960) ¹⁵⁾									
果 肉	5.20*	33.90-40.50*										
種 子	0.00*	1.30- 1.40*										
全 果 実	9.10*	62.20-70.30*										
ライム (<i>Citrus aurantifolia</i>)	圃 場	成 熟 葉	有機水銀剤 品種 Gravenstein					0.052-0.125	Wheeler et al. (1963) ¹⁶⁾			
			散布					" Mc Intosh		0.03-0.007		
		若 葉	皮	硝酸フェニル水銀 無散布及び少量 1~8 回散布	散布直後					0.02		
										散布 3 ヶ月後	0.65-3.39	
		全 果 実	成 熟 葉	硝酸フェニル水銀 無散布及び多量散布	散布直後					N.D.-0.04		
										散布 1 7 日	0.24-1.35	
		成 熟 葉	若 葉	酢酸フェニル水銀 無散布及び多量散布	散布後 1 7 日					0.15-0.21		
											0.15-0.21	
		全 果 実	成 熟 葉	硝酸フェニル水銀 無散布及び多量散布	散布直後					<0.01		
										散布 3 ヶ月後	0.06	
全 果 実	成 熟 葉	硝酸フェニル水銀 無散布及び多量散布	散布直後					<0.01				
								散布 1 7 日	0.04			
全 果 実	成 熟 葉	硝酸フェニル水銀 無散布及び多量散布	散布直後					0.05-0.35				
								散布 1 7 日	1.77-6.62			
全 果 実	成 熟 葉	硝酸フェニル水銀 無散布及び多量散布	散布直後					0.02				
								散布 1 7 日	0.15-0.21			
全 果 実	成 熟 葉	硝酸フェニル水銀 無散布及び多量散布	散布直後					0.01				
								散布 1 7 日	1.29-1.88			
全 果 実	成 熟 葉	硝酸フェニル水銀 無散布及び多量散布	散布直後					0.02				
								散布 1 7 日	0.06-0.07			

* : μ g / 9 個果実、** : μ g / 10 個果実、

8-2表 植物体の水銀(4)

植 物 名 (学 名)	栽 培 式 圃 場	組 織	齢・生育段階・産地・条件・ 採取時など	Hg ppm (乾物)					研究者(年)
				欠乏	低	中	高	過剰	
ライム (つづき)	圃場	成熟葉	酢酸フェニル水銀 散布後25日			0.04	1.14-1.36		Wheeler et al.(1963) ¹⁶⁾
		若葉		無散布及び多量散布			0.04-0.06	0.18-0.19	
大 麦	圃場	穀 粒	-----			0.088			Haller et al.(1968) ¹⁰⁾
						0.088			
小 麦 (<i>Triticum aestivum</i>)	圃場	穀 粒	カナダ産			0.004-0.060			Tkachuk & Kuzina(1972) ³⁾
			アメリカ産			0.20-0.40			
			朝鮮産			0.013-0.127			
			全世界			0.215			
			マカロニ用小麦			0.024-0.250			
エンバク	圃場	穀 粒	-----			0.007			
ライムギ	〃	〃	-----			0.005			
米 (<i>Oryza sativa</i>)	圃場	穀 粒	新鮮物			0.062*			Smart & Hill(1968) ¹⁷⁾
			パキスタン・中国・ビルマ・USA産			0.01			
			アメリカ・中国産			0.015			
			ナイジェリア産			0.01-0.02			
			トリニダード産			0.095			
ダイズ	圃場	種 子	-----			0.008-0.029			Tkachuk & Kuzina(1972) ³⁾
エンドウ			新鮮物			0.025*			Haller et al.(1968) ¹⁰⁾
インゲンマメ			水銀添加土壌			<0.03			Pickard et al.(1963) ²⁾
リママメ			新鮮物			0.036*			Haller et al.(1968) ¹⁰⁾
アマ			-----			0.010-0.014			Tkachuk & Kuzina(1972) ³⁾
アブラナ			-----			0.010-0.017			
コーヒー (<i>Coffea spp.</i>)			粉末	-----				0.025	
	しょう果	しょう果発育中に酢酸フェニル水銀 散布					1.00		Pickard & Martin(1959) ¹⁸⁾
	粉末						0.20		

大麦:*Hordeum vulgare*、エンバク:*Avena sativa*、ライムギ;*Secale cereale*、ダイズ:*Glycine max*、エンドウ:*Pisum sativum*、リママメ:*Phaseolus mimosensis*、アマ:*Linum usitatissimum*、アブラナ:*Brassica campestris*、*: 新鮮物あたり