

生薬中の重金属及びヒ素に関する含量調査

塩田 寛子, 浜野 朋子, 中嶋 順一, 安田 一郎

Determination of Heavy Metals and Arsenic in Crude Drugs

Hiroko SHIODA, Tomoko HAMANO, Junichi NAKAJIMA and Ichiro YASUDA

生薬中の重金属及びヒ素に関する含量調査

塩田 寛子*, 浜野 朋子*, 中嶋 順一*, 安田 一郎*,

Determination of Heavy Metals and Arsenic in Crude Drugs

Hiroko SHIODA*, Tomoko HAMANO*, Junichi NAKAJIMA* and Ichiro YASUDA*,

Crude drugs, increasingly used in a number of countries as alternative remedies, have raised worldwide concerns about their quality and safety. Accordingly, the Japanese Pharmacopoeia is currently establishing standards for heavy metal and arsenic impurities in crude drugs. However, its limit tests do not reveal the content of each metal and therefore are not sufficient for ensuring the safety of crude drugs. The precise content of each metal is required. Therefore, using an atomic absorption spectrometer and other measures, 51 samples of 10 crude drugs were examined for the contents of mercury, arsenic, lead, cadmium, copper and chromium. In comparison with foods, the samples showed the same levels of mercury and copper and slightly higher levels for the other four metals.

Keywords: 重金属 heavy metal, ヒ素 arsenic, 生薬 crude drug, 水銀 mercury, 鉛 lead, カドミウム cadmium, 銅 copper, クロム chromium

はじめに

代替医療として生薬を使用する国が増加するに従い、その品質や安全性についての関心が世界的に高まってきている¹⁾。また、生薬等から水銀及びヒ素が検出されたとの報告があり²⁻⁴⁾、WHOでも生薬中の不純物に関する分析法と基準に関するガイドラインについて検討中とのことである。日本薬局方(日局)においても、生薬中の重金属及びヒ素の規格を整備中である⁵⁻⁷⁾。

しかし、日局では限度試験であり、重金属及びヒ素が実際にどの程度含有されているか明確ではない。一方、重金属等が生体へ及ぼす作用及び作用量は各金属により異なるため、生薬の安全性を評価するには各金属ごとの含量が必要となるが、現在それらについての報告はあまりない⁸⁾。そこで、これらの実態を把握するため、土壌中の金属の影響を受けると考えられる根及び根茎を使用する10生薬を対象に、原子吸光度計等を用い、経口毒性が比較的高い水銀、ヒ素、鉛、カドミウム、銅及びクロムの含量⁹⁾を調査したので報告する。

実験方法

1. 実験材料

平成18年度現在、国内に流通する生薬10種類51試料について調査した。サイシン、ショウキョウ、カンキョウ、ダイオウ、カンゾウ、トウキ、キキョウ、リュウタン、センキュウ各5試料及びオウレン6試料を調査対象とした。各試料のうち四分法で採った25gについて粉碎し粉末とした。

2. 試薬及び標準品

水銀分析用添加剤として、活性アルミナ(添加剤B、日本インスツルメンツ社製)及び炭酸ナトリウムと水酸化カルシウムの等量混合物(添加剤M、日本インスツルメンツ社製)をあらかじめ700℃で3時間以上加熱処理し用いた。硝酸マグネシウム6水和物、ヨウ化カリウム及びエタノールは特級品を、その他の試薬及び溶媒は有害金属測定用を用いた。

金属標準品として、ヒ素は日局15改正(日局15)ヒ素試験法に準じて調製した標準液を、他は各元素標準溶液(関東化学及び和光純薬工業製)1000mg/Lを適宜希釈して用いた。希釈液として、水銀は0.001%L-システイン溶液、鉛、カドミウム及びヒ素は0.5mol/L塩酸を用いた。

3. 装置

粉碎器は、サンプルミルTI-100(平工製作所製)、水銀測定装置(加熱気化-金アマルガム法)は、マーキュリーSP-3D(日本インスツルメンツ社製)、フレイム原子吸光度計は、日立偏光ゼーマンZ-5000型、ICPは、IRIS CID発光分光分析装置(日本ジャーレル・アッシュ(株)製)を用いた。

4. 試験溶液及び標準溶液の調製

1) 水銀: 粉末0.1gを正確に秤取し、そのまま用いる。水銀標準液(0.1ppm)を正確に100μL取り、試料と同様に操作する。

2) ヒ素: 粉末0.4gを正確に秤取し、日局15ヒ素試験法

* 東京都健康安全研究センター医薬品部医薬品研究科 169-0073 東京都新宿区百人町3-24-1

* Tokyo Metropolitan Institute of Public Health
3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073 Japan

・検液の調製法第4法に準じて灰化する。冷後、残留物に塩酸 3 mL を加え、水浴上で加温して溶かし、水を加えて正確に 50 mL とし、試料溶液とする。試料溶液 25 mL を正確にとり、20 %塩酸 10 mL 及び 20 %ヨウ化カリウム溶液 5 mL を加え、0.5 mol/L 塩酸にて正確に 50 mL としたものを試験溶液とする。

ヒ素標準液 (0.1 ppm) を正確に 0 mL, 0.5 mL, 1 mL, 2 mL 及び 3 mL とり以下試料溶液と同様に操作し、標準溶液とする。

3) 鉛及びカドミウム：粉末 3 g を正確に秤取し、日局 15 金属試験法第 3 法に準じて灰化 (520 °C) する。冷後、王水 1 mL を加え、水浴上で蒸発乾固し、残留物を塩酸 3 滴で潤し、熱湯 10 mL を加えて 2 分間加温する。冷後、水を加え正確に 25 mL とし、試料溶液とする。試料溶液 15 mL を正確にとり、25 %クエン酸水素二アンモニウム溶液 7.5 mL を加えた後、プロモチモールブルー指示薬、アンモニア水 (28 %) 及び塩酸を用いて中和する。更に 5 %ジエチルジチオカルバミン酸ナトリウム溶液 4 mL を加え 15 分放置後、含水メチルイソブチルケトン (MIBK) 15 mL を加え、振とう放置し得られた MIBK 層を試験溶液とする。

鉛及びカドミウム混合標準液 (各 1 ppm) を正確に 0 mL, 1.5 mL, 3 mL, 6 mL 及び 15 mL とり 0.5 mol/L 塩酸を加えて正確に 15 mL とし、以下試料溶液と同様に操作し標準溶液とする。

4) 銅及びクロム：鉛及びカドミウムと同様に灰化、酸類を加え、熱湯 10 mL を加えて 2 分間加温する。冷後、内標準溶液 0.3 mL を正確に加え、更に水を加え正確に 25 mL とし、試験溶液とする。内標準溶液として、イットリウム標準液 (1000 ppm) を 100 ppm に希釈して用いる。

銅及びクロム混合標準液 (各 100 ppm) を正確に 0 mL, 0.25 mL 及び 0.5 mL とり、各々に内標準溶液を正確に 0.3 mL 加え、0.5 mol/L 塩酸溶液で正確に 25 mL とし、標準溶液とする。

5. 分析条件

1) 水銀 (水銀測定装置) : 加熱気化条件 Low Mode, 一段目 350 °C 4 分, 二段目 700°C 6 分.

2) ヒ素 (水素化物発生装置付フレイム原子吸光度計) : 測定波長 193.7 nm, スリット 1.3 nm, 燃料ガス (アセチレン) 2.0 L/min, 助燃ガス (空気) 15.0 L/min, 計算方法 積分, 時定数; 1.0 秒.

3) 鉛及びカドミウム (フレイム原子吸光度計) : 測定波長 鉛 283.3 nm, カドミウム 223.8 nm, 以下ヒ素の分析条件と同じ.

4) 銅及びクロム (ICP) : 高周波出力 1150 W, プラズマガス アルゴン 25 L/min, 補助ガス アルゴン 0.5 L/min, 測定波長 鉛 220.4 nm, カドミウム 226.5 nm, 銅 327.4 nm, クロム 205.6 nm, イットリウム 242.2 nm.

結果

各種金属の結果を Table 1-1 及び 1-2 に示した。なお、検出限界及び定量限界はそれぞれ、水銀 0.003 ppm 及び 0.005 ppm, ヒ素 0.13 ppm 及び 0.35 ppm, 鉛, 銅及びクロム 0.4 ppm 及び 0.8 ppm, カドミウム 0.09 ppm 及び 0.17 ppm である。また、鉛, 銅及びクロムの測定結果 (ppm) の有効数字は小数点第一位までとした。

1. 水銀

すべての生薬から検出された。以下生薬名 (検出数/試料数, 濃度) の順に記す。サイシン (5/5, 0.024~0.044 ppm), ショウキョウ (5/5, 0.005~0.016 ppm), カンキョウ (1/5, 0.015 ppm), ダイオウ (2/5, 0.006, 0.010 ppm), カンゾウ (1/5, 痕跡程度), トウキ (5/5, 痕跡程度~0.027 ppm), キキョウ (5/5, 0.005~0.010 ppm), リュウタン (3/5, 痕跡程度~0.007 ppm), オウレン (5/6, 0.005~0.009 ppm) 及びセンキュウ (2/5, 0.007, 0.008 ppm) であった。

2. ヒ素

10 生薬中サイシン, カンキョウ, リュウタン及びオウレンの 4 生薬から検出された。サイシン (5/5, 痕跡程度~2.09 ppm), ショウキョウ (0/5), カンキョウ (2/5, 痕跡程度), ダイオウ (0/5), カンゾウ (0/5), トウキ (0/5), キキョウ (0/5), リュウタン (2/5, 痕跡程度, 2.81 ppm), オウレン (1/6, 痕跡程度) 及びセンキュウ (0/5) であった。

3. 鉛

10 生薬中サイシン, ショウキョウ, カンキョウ及びオウレンの 4 生薬から検出された。サイシン (3/5, 1.1~2.1 ppm), ショウキョウ (1/5, 1.1 ppm), カンキョウ (3/5, 痕跡程度~1.8 ppm), ダイオウ (0/5), カンゾウ (0/5), トウキ (0/5), キキョウ (0/5), リュウタン (0/5), オウレン (5/6, 痕跡程度) 及びセンキュウ (0/5) であった。

4. カドミウム

10 生薬中カンゾウを除く 9 生薬から検出された。サイシン (5/5, 0.66~1.00 ppm), ショウキョウ (5/5, 痕跡程度~0.34 ppm), カンキョウ (4/5, 痕跡程度~0.30 ppm), ダイオウ (5/5, 痕跡程度), カンゾウ (0/5), トウキ (4/5, 痕跡程度~0.52 ppm), キキョウ (1/5, 痕跡程度), リュウタン (4/5, 0.42~0.49 ppm), オウレン (6/6, 痕跡程度~0.78 ppm) 及びセンキュウ (4/5, 痕跡程度~0.21 ppm) であった。

5. 銅

10 生薬すべてから数 ppm オーダーで検出された。サイシン (5/5, 4.7~7.3 ppm), ショウキョウ (5/5, 4.1~7.6 ppm), カンキョウ (5/5, 2.2~4.1 ppm), ダイオウ (5/5, 2.6~4.5 ppm), カンゾウ (5/5, 5.7~6.6 ppm), トウキ (5/5, 3.4

Table1-1. Contents of Poisonous Metals (Hg, As, Pb, Cd, Cu and Cr) in Crude Drugs (ppm)

Crude drug	Country of origin	Hg	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Total *	
Asiasarum Root (サイシン)	-1	0.024	Tr.	n.d.	0.76	4.7	2.9	8.4	
	-2	0.025	Tr.	n.d.	1.00	5.0	2.4	8.4	
	-3	0.044	1.54	2.1	0.66	6.0	4.6	13.4	
	-4	0.036	2.09	1.3	0.82	7.3	2.6	12.0	
	-5	0.027	1.05	1.1	0.66	5.5	1.8	9.1	
Ginger (ショウキョウ)	-1	0.005	n.d.	n.d.	0.22	4.1	Tr.	5.0	
	-2	China	0.006	n.d.	n.d.	0.34	4.3	0.9	5.5
	-3	China	0.012	n.d.	n.d.	0.23	5.5	1.2	6.9
	-4		0.010	n.d.	1.1	0.29	7.1	1.8	10.3
	-5		0.016	n.d.	n.d.	Tr.	7.6	2.0	9.8
Processed Ginger (カンキョウ)	-1		n.d.	n.d.	1.1	n.d.	2.2	1.0	4.3
	-2		n.d.	Tr.	Tr.	Tr.	2.8	1.3	5.0
	-3	China	n.d.	n.d.	n.d.	0.30	2.7	Tr.	3.7
	-4		n.d.	Tr.	1.8	Tr.	2.4	1.0	5.3
	-5		0.015	n.d.	n.d.	0.17	4.1	1.7	6.0
Rhubarb (ダイオウ)	-1		n.d.	n.d.	n.d.	Tr.	2.6	Tr.	3.5
	-2		0.006	n.d.	n.d.	Tr.	4.5	Tr.	5.4
	-3	China	0.010	n.d.	n.d.	Tr.	4.0	Tr.	4.9
	-4		n.d.	n.d.	n.d.	Tr.	3.7	Tr.	4.6
	-5		n.d.	n.d.	n.d.	Tr.	3.1	Tr.	4.0
Glycyrrhiza (カンゾウ)	-1	China	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5.8	1.0	6.8
	-2		Tr.	n.d.	n.d.	n.d.	6.4	Tr.	7.1
	-3	China	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	6.4	Tr.	7.1
	-4		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	6.6	1.1	7.7
	-5		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5.7	Tr.	6.4

* Total : Total contents of Hg, Pb, Cd, Cu and Cr.

n.d. : not detected

Tr. : Hg ; <0.005 ppm, Pb, Cu and Cr ; <0.8 ppm, Cd ; <0.17 ppm, As ; <0.35 ppm

～9.1 ppm) , キキョウ (5/5, 5.7～6.9 ppm) , リュウタン (5/5, 7.6～9.5 ppm) , オウレン (6/5, 2.0～21.4 ppm)) 及びセンキュウ (5/5, 7.0～10.2 ppm) であった。

6. クロム

10 生薬すべてから検出された。サイシン (5/5, 1.8～4.6 ppm) , ショウキョウ (5/5, 痕跡程度～2.0 ppm) , カンキョウ (5/5, 痕跡程度～1.7 ppm) , ダイオウ (5/5, 痕跡程度) , カンゾウ (5/5, 痕跡程度～1.1 ppm) , トウキ (5/5, 痕跡程度～1.9 ppm)) , キキョウ (5/5, 1.0～1.4 ppm) , リュウタン (5/5, 1.1～2.8 ppm) , オウレン (1/5, 1.2 ppm)) 及びセンキュウ (5/5, 1.2～2.2 ppm) であった。

7. ヒ素を除く5金属の総含量

本結果を, 日局の重金属で定める限度値, いずれも 10 ppm, と比較するため, ヒ素を除く5金属, 水銀, 鉛, カドミウ

ム, 銅及びクロムの検出量の合計を算出した。痕跡程度の検出を定量限界値未満の最大値検出したとして高めに設定して求めた。その結果, サイシン (5/5, 8.4～13.4 ppm) , ショウキョウ (5/5, 5.0～10.3 ppm) , カンキョウ (5/5, 3.7～6.0 ppm) , ダイオウ (5/5, 3.5～5.4 ppm) , カンゾウ (5/5, 6.4～7.7 ppm) , トウキ (5/5, 4.1～10.9 ppm) , キキョウ (5/5, 7.2～8.1 ppm) , リュウタン (5/5, 9.2～12.3 ppm) , オウレン (6/6, 2.2～22.9 ppm) 及びセンキュウ (5/5, 8.3～12.6 ppm) であった。

考 察

1. 水銀

水銀は天然に広く分布し, 我が国における食品では, 植物性 (<0.01～0.03 ppm) よりも動物性, 特に魚介類 (0.01～1.36 ppm) に多く含まれている^{9, 10)}。これらと比較して, 今回検出された値 (Tr. ～0.044 ppm) は特に高いもの

Table1-2. Contents of Poisonous Metals (Hg, As, Pb, Cd, Cu and Cr) in Crude Drugs (ppm)

Crude drug	Country of origin	Hg	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Total *	
Japanese Angelica Root (トウキ)	-1	Japan	Tr.	n.d.	n.d.	n.d.	3.4	Tr.	4.1
	-2	Japan	0.006	n.d.	n.d.	Tr.	4.6	0.9	5.7
	-3	China	0.027	n.d.	n.d.	0.30	9.1	1.3	10.7
	-4		0.008	n.d.	n.d.	0.52	8.5	1.9	10.9
	-5		0.005	n.d.	n.d.	Tr.	6.6	1.0	7.8
Platycodon Root (キキョウ)	-1		0.009	n.d.	n.d.	Tr.	5.7	1.3	7.2
	-2		0.008	n.d.	n.d.	n.d.	6.8	1.3	8.1
	-3		0.010	n.d.	n.d.	n.d.	6.8	1.0	7.8
	-4		0.007	n.d.	n.d.	n.d.	6.6	1.4	8.0
	-5		0.005	n.d.	n.d.	n.d.	6.9	1.1	8.0
Japanese Gentian (リュウタン)	-1		Tr.	n.d.	n.d.	0.49	7.6	2.3	10.4
	-2		Tr.	Tr.	n.d.	0.42	8.5	2.8	11.7
	-3	China	n.d.	n.d.	n.d.	0.45	9.5	2.3	12.3
	-4		0.007	n.d.	n.d.	0.43	7.9	2.3	10.6
	-5	China	n.d.	2.81	n.d.	n.d.	8.1	1.1	9.2
Coptis Rhizome (オウレン)	-1	China	0.006	n.d.	Tr.	0.66	3.2	n.d.	4.6
	-2		0.005	n.d.	Tr.	0.64	5.3	n.d.	6.6
	-3	China	0.006	n.d.	Tr.	0.73	15.1	n.d.	16.5
	-4	China	0.009	n.d.	Tr.	0.78	21.4	n.d.	22.9
	-5	Japan	n.d.	Tr.	n.d.	Tr.	2.0	n.d.	2.2
	-6	China	0.005	n.d.	Tr.	0.50	2.1	1.2	4.5
Cnidium Rhizome (センキュウ)	-1		0.007	n.d.	n.d.	0.21	7.0	1.6	8.8
	-2		0.008	n.d.	n.d.	0.18	8.4	2.2	10.8
	-3		n.d.	n.d.	n.d.	Tr.	6.9	1.2	8.3
	-4		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	9.3	1.8	11.1
	-5		n.d.	n.d.	n.d.	0.16	10.2	2.2	12.6

* Total : Total contents of Hg, Pb, Cd, Cu and Cr.

n.d. : not detected

Tr. : Hg ; <0.005 ppm, Pb, Cu and Cr ; <0.8ppm, Cd ; <0.17 ppm, As ; <0.35 ppm

ではない。

生薬別にみると、サイシンが6試料すべてから0.02 ppm以上検出し、10生薬中では検出率及び検出量ともにきわめて高い値を示した。次に、ショウキョウ、トウキ及びオウレンが高い検出率を示した。また、カンキョウは、ショウガの根茎を湯通し又は蒸したものだが、ショウガを直接乾燥したショウキョウよりも、全体的に低い値を示した。今回調査したこれらの生薬は、原植物が同一ロット品ではないため確定はできないが、カンキョウは、より複雑な加工工程を経ることで、水銀の含有量が減ったと推定される。

2. ヒ素

ヒ素は天然に広く分布し、水銀同様魚介類 (0.20~17.50 ppm) や海藻類 (乾燥物 ; 12.0~60.0 ppm) に多く認められている^{9, 11)}。今回ヒ素を検出した生薬は10種類中4種類で、そのほとんどが痕跡程度と低含量であるが、サイシン

は5試料すべてから検出し、特にサイシン-3, -4, -5の3試料では1~2 ppmと魚介類並みの値を示した。また、リュウタン1試料にも3 ppm近い値を示すものが認められた。これらの値は、日局15追補で収載予定のサイシン及びリュウタンの限度規格5 ppmより低い、今後も注意していく必要があると思われる。

3. 鉛

鉛は、サイシン、ショウキョウ及びカンキョウの3種類6試料から1 ppm以上が検出された。我が国における主な食品の鉛含有量のほとんどは1 ppm以下⁹⁾であるが、これと比較すると、本検出値はやや高い値を示していると思われる。検出率では、オウレンが80%以上と高い値を示した。

4. カドミウム

食品中のほとんどすべてから検出される金属で10種類

すべてから検出された。含量については食品中その含量が高いといわれる玄米で0.06~0.2 ppm⁹⁾であるのに対し、今回の検出量はTr.~1.08 ppm, このうち0.2 ppm以上が25試料(51試料中約50%), 0.4 ppm以上でも15試料(約30%)と高い検出率を示した。特に、サイシン、リュウタン及びオウレンの含量が高かった。生薬は食品ほど摂取量が多くない上、カドミウムの熱湯浸出液への移行は低いといわれる^{2), 12)}。しかし、一般食品より高含量のものが多いため、注意を要する。

5. 銅

食品中のほとんどすべてから検出される微量必須元素で、今回も10種類すべてから検出された。含量については、今回の最高値21.4 ppmも食品中で銅含有量が高いといわれる大豆(12.3~20.49 ppm)とほぼ等しく⁹⁾、全体的にも一般食品と同程度であった。銅には、成人における摂取上限許容量が10 mg/日¹³⁾と設定されているが、ヒトの食品からの1日銅摂取量は1~4 mg⁹⁾と報告されていることから、日本の成人が生薬を摂取しても銅については問題ないと考えられる。

生薬別による差はあまり認められなかった。

6. クロム

銅と同様に微量必須元素で、今回も10種類すべてから検出された。含量についても一般食品よりやや高い程度⁹⁾であった。生薬別にみると、10種類中9種類の検出率が100%であるのに対し、オウレンは検出率が低く、6試料中1試料からしか検出されなかった。

7. ヒ素を除く5金属の総含量

ヒ素を除く5金属、水銀、鉛、カドミウム、銅及びクロムの検出量の合計を総含量として算出した。

今回検査した10種類の生薬中、日局15で重金属の限度値が設定されているのは、ショウキョウ、ダイオウ、カンゾウ、トウキ及びキキョウの5種類で、その限度値はいずれも10 ppmである。その限度値と5種類の生薬の結果を比較してみると、ショウキョウの10.3 ppm、トウキの10.7 ppm及び10.9 ppmを示した3試料が、わずかに超えた。日局15の限度値は、今回調査した元素以外の硫化物で沈殿する金属元素も含めて設定しているため、基準を超えたトウキ2試料も日局の試験法で実際に反応する金属の総量は本結果より多く、また今回基準内であった試料が、日局試験不適になる可能性もある。

そこで、個別の金属含量を求めて得られた結果と日局に従った比色試験の結果の相関性を確認するため、今回用いたトウキ5試料について実際に日局重金属試験を行った。その結果、総含量4.1 ppm及び5.7 ppmを示したトウキ-1、-2の呈色は標準液よりも薄く、総含量10.9 ppmを示したトウキ-4の呈色は、標準液と同程度であった。また、総含量

10.7 ppm及び7.8 ppmを示したトウキ-3、-5の呈色は、標準液よりも薄いと同程度かの判断は難しかったが、ほぼ、本調査による各種金属の総含量結果と同様であった。比色試験は、高額機器も必要としないので、スクリーニング法としては有効だと思われる。

しかし、金属により中毒量等生体へ与える影響も異なるため、安全性を見きわめるには、比色試験で問題があった際には、含有する個々の金属の含量を確認する必要があると考える。

一方、日局15に規格がない5種類、サイシン、カンキョウ、リュウタン、オウレン及びセンキュウの中で、サイシン、リュウタン及びセンキュウの総含量が高かった。その値はいずれも8 ppm以上で、日局の限度値10 ppmを超える試料も複数認められたが、これらの高含量値は主に銅の含量に起因している。金属類の含量は、原植物が有する金属類を取り込む性質の他に、各生薬が育ちやすい土壌の性質や農薬に含まれる不純物、加工工程中での汚染等様々な条件により変化すると考えられる。そのため、生薬中の重金属に関する安全性の評価は、金属の総量としてではなく、各金属ごとの含量で評価するのが望ましいと思われる。

ま と め

今回、土壌金属の影響を受けやすいと思われる根及び根茎を使用する10種類の生薬51試料について原子吸光光度計等を用い、水銀、ヒ素、鉛、カドミウム、銅及びクロムの含量を調査した。その結果、水銀は全体の67%から痕跡程度~0.044 ppm、ヒ素は20%から痕跡程度~2.81 ppm、鉛は全体の24%から痕跡程度~2.1 ppm、カドミウムは全体の75%から痕跡程度~1.00 ppm、銅は全体の98%から2.0~21.4 ppm及びクロムは全体の90%から痕跡程度~4.6 ppm検出された。水銀及び銅の含量は食品と同程度であったが、他の4元素の含量は、食品よりやや高かった。

文 献

- 1) Dnyaneshwar Warude, Bhushan Patwardhan : *J. Sci. Ind. Res.*, **64**, 83-92, 2005.
- 2) Silvia Arce, Solendad Cerutti, Roberto Olsina, et al. : *J. AOAC Int.*, **88**, 221-225, 2005.
- 3) Yoshiko Minowa, Yasujiro Yamada : *J. Health Sci.*, **51**, 607-613, 2005.
- 4) 高野伊知郎, 瀬戸隆子, 安田一郎 他 : 生薬誌, **47**, 70-73, 1993.
- 5) 薬局, **57(5)**, 101, 2006, 南山堂
- 6) 第15改正日本薬局方解説書, B29-34, 2006, 廣川書店, 東京.
- 7) 第15改正日本薬局方解説書, B78-85, 2006, 廣川書店, 東京.
- 8) 嶋田康男, 有本恵子, 大橋立幸 他 : 第34回生薬分析シンポジウム, 2005.
- 9) 衛生試験法・注解 2005, 日本薬学会編, 2005.

- 10) 萩原輝彦, 雨宮敬, 水石和子 他: 東京健安研七年報, **56**, 239-241, 2005.
- 11) 鈴木仁, 藤沼賢治, 勝木康隆 他: 東京衛研年報, **49**, 129-134, 1998.
- 12) 安田和男, 西島基弘, 斎藤和夫 他: 食衛誌, **27**, 1986.
- 13) 厚生労働省健康局総務課: 日本人の食事摂取基準 (2005年版), <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2004/11/h1122-2.html> (2007年8月30日現在, なお, 本 URL は変更または抹消の可能性がある) .