

# 清涼飲料水および水道水中のアルミニウム濃度

中山 伸・藤井 修平・山本 良一

## はじめに

アルミニウムの地殻中含量は酸素・ケイ素についで多い。海水および淡水のアルミニウム濃度は通常かなり低いが、水の表面は酸性雨のために濃度が高くなっている。アルミニウムはビール缶から航空機まで広く使われており、日常生活の中でアルミニウムに接する機会はきわめて多い。われわれはアルミニウムをチーズ・ビール・茶などの食品から、制酸剤などの医薬品から、あるいは飲料水から摂取している (Massey and Taylor, 1988)。世界保健機構 (WHO) の有害評価基準によれば、アルミニウム化合物の許容摂取量は一週間当たり 7.0 mg/kg・体重と設定されている。これは、体重 50 kg のヒトで考えれば、一週間当たり 350 mg までアルミニウムを摂取しても大丈夫という量になる。しかし、脳血液関門を通過しないと考えられていたアルミニウムは、血液中の鉄結合タンパク質のトランスフェリンと結合し脳血液関門を通過する (Roskams and Connor, 1990)、正常なヒトの脳におけるアルミニウム濃度が 0~0.6 ppm の範囲であるのに対してアルツハイマー病患者の脳におけるアルミニウム含量は正常人に比べ 10~30 倍高い (Fasman and Moore, 1994)、アルツハイマー病で苦しむ人の割合が 65 歳までで 5%、80 歳を越すと 20% に達する (Claggett, 1989)、飲料水のアルミニウム濃度が 0.11 ppm の地域では 0.01 ppm の地域に比べアルツハイマー病の発病率が 1.5 倍高いと英国で報告された (Martyn, 1989) ことなどからアルミニウムの生体に対する影響が注目されてきている。

われわれはこれまで食生活と重金属の関係に着目して、奈良市の河川中の重金属の調査 (中山ら, 2001; 2002) や、アルミニウム製調理器具からのアルミニウムの溶出 (藤井ら, 1999; 2003) また、電子レンジ調理による陶器性食器からの鉛の溶出 (中山ら, 2003) について検討してきた。ここでは緑茶を主成分とするペットボトル入り飲料水および水道水のアルミニウム濃度を測定した。浄化剤としてアルミニウムが使われている水道水のアルミニウム濃度の地域差について検討した。

## 実験方法

市販のペットボトル入り茶飲料 (緑茶, ほうじ茶, ウーロン茶を含むもの)、ハーブティ飲料, 麦茶飲料, ナチュラルミネラルウォーター計 20 種類を購入し試料とした。水道水は帝塚山大学短期大学部人間環境学科食物栄養専攻 2003 年度生および同僚の協力で、奈良県 14,

京都府 4, 大阪府 10, 三重県 2, 長野県 1, 岐阜県 1 の水道水を得ることができ, 実験に使用した。ここに感謝の意を表す。

アルミニウムの分析には, HITACHI Z-5000 型偏光ゼーマン型原子吸光分光光度計を用い, グラファイトアトマイザー法で測定した。試料 100 に対して 200 mM-硝酸マグネシウム水溶液を 1 の割合で加えて測定した。アルミニウム標準液 (1,000 ppm, ナカライテスク, 京都) を所定の濃度に調整し, 検量線を作成し定量に利用した。検量線の直線性を示す範囲に入るようにペットボトル入り飲料は 100 倍に希釈, 水道水は 10 倍に希釈して実験に供した。条件は試料量 20  $\mu$ l, 乾燥 80-140 $^{\circ}$ C  $\cdot$  40 秒, 灰化 400-600 $^{\circ}$ C  $\cdot$  10 秒, 原子化 2,700 $^{\circ}$ C  $\cdot$  5 秒とした。測定は同じ試料について 3 回行いその平均値を取った。

## 結果と考察

市販ペットボトル入り飲料水中のアルミニウム濃度を調べた。その結果を Table 1 に示した。緑茶, ほうじ茶, ウーロン茶など茶葉を含むもの 15 種類と, 麦茶など茶葉を含まないもの 4 種類と, 対照とするためにナチュラルミネラルウォーター 1 種類の計 20 種類について測定した。茶葉を使用とラベルに記載してある緑茶 9 種類の平均値はアルミニウム濃度は 1.13 ppm~3.21 ppm であった。麦茶 0.69 ppm~1.22 ppm, ミネラルウォーターが 1.23 ppm であった。また, ほうじ茶, ウーロン茶はそれぞれ 1.63 ppm~2.50 ppm, 2.83 ppm~4.36 ppm

**Table 1** Aluminium concentration in PET bottled beverages

Sample name	No	Al concentration (ppm)
Green tea	1	2.36
	2	3.21
	3	1.79
	4	1.68
	5	2.88
	6	1.88
	7	2.41
	8	1.43
	9	1.13
Roasted green tea	1	2.50
	2	1.63
	3	2.16
Oolongcha	1	2.83
	2	3.39
	3	4.36
Herb tea	1	4.94
	2	1.86
Barley tea	1	0.69
	2	1.22
Mineral water	1	1.23

であった。茶葉を使用していないミネラルウォーターや麦茶のアルミニウム含量は低い傾向を示した。松島ら（1991）は茶葉を含まない炭酸飲料，果汁入り清涼飲料，スポーツ飲料のアルミニウム濃度は 0.024–0.72 ppm と報告しているが，今回の測定結果はほぼ，同じ傾向を示した。緑茶エキスを含むと表示されているペットボトル入り飲量のアルミニウム含量は高い値になった。試料間にアルミニウム濃度のばらつきがみられたが，これは原料やその配合割合，製法などがさまざまに多様化しており，試料によってアルミニウム含有量にかなり差があるためと考えられる。

茶は，他の作物に比べてマンガン，アルミニウムおよびフッ素を多く含有し，茶樹が属するツバキ科植物の特徴である。これまで Coriat *et al.*, (1986) は，茶の浸出液中のアルミニウム濃度はロシアティーでは 100 ppm，インドティー 40 ppm，中国ティー 60 ppm と報告して

**Table 2** Aluminium concentrations in tap waters

Region		
Pref.	Area	Al concentrations(ppm)
Nara	Nara 1	0.103
Nara	Nara 2	0.092
Nara	Nara 3	0.029
Nara	Nara 4	0.033
Nara	Nara 5	0.055
Nara	Nara 6	0.200
Nara	Nara 7	0.155
Nara	Ikoma 1	0.188
Nara	Ikoma 2	0.059
Nara	Ikoma 3	0.200
Nara	Yamato-Koriyama	0.065
Nara	Tenri	0.124
Nara	Kashiba	0.165
Nara	Kawanishi	0.188
Osaka	Osaka	0.191
Osaka	Sakai 1	0.137
Osaka	Sakai 2	0.206
Osaka	Sakai 3	0.109
Osaka	Fujiidera	0.283
Osaka	Shijyonawate	0.378
Osaka	Hirakata	0.188
Osaka	Higasiosaka 1	0.468
Osaka	Higasiosaka 2	0.131
Osaka	Higasiosaka 3	0.072
Kyoto	Uji 1	0.020
Kyoto	Uji 2	0.222
Kyoto	Joyo	0.107
Kyoto	Kumiyama	0.129
Mie	Nabari	0.270
Mie	Ueno	0.131
Nagano	Nagano	0.129
Gifu	Gifu	0.005

いる。また、松島ら (1991) は紅茶のアルミニウム濃度は 7.2–7.5 ppm, 番茶は 2.1–4.3 ppm, ウーロン茶は 2.1–3.9 ppm, 煎茶は 1.0–1.9 ppm であり、茶はアルミニウムの給源になりうると述べている。

飲料水もアルミニウムの一つの供給源になっている。学生の協力を得て近畿地方各地 (奈良県内 14 カ所, 大阪府内 10 カ所, 京都府内 4 カ所, その他 4 カ所 (三重県 2, 長野県 1, 岐阜県 2)) の水道水中のアルミニウム濃度を測定した。その結果を Table 2 に示した。奈良市内の 7 カ所のアルミニウム濃度は 0.029–0.200 ppm であった。奈良市内を除く奈良県内は 0.059–0.200 ppm であった。大阪府内 10 カ所のアルミニウム濃度は 0.072–0.468 ppm であった。京都府内 4 カ所の濃度は 0.020–0.222 ppm であった。その他地域三重県, 長野県, 岐阜県は 0.005–0.270 ppm であった。米国環境保護庁は, 公共水道には 2–4 ppm が含まれていることを報告している (Miller *et al.*, 1984)。それに比較すると 1/10 から 1/100 の低濃度であった。この結果, 水道水中のアルミニウム濃度に地域差があることが認められた。水源地が異なっている地域間で差が認められ, 同じ水源を使用しているであろう奈良市内でも同じようなアルミニウム濃度に差が認められた。このことは水を浄化するために凝集剤としてポリ塩化アルミニウムが使用されているので浄水場からの距離によるものかもしれない。さらに詳しい調査が必要である。

茶のアルミニウムがどれほど腸管から吸収されるかよくわかっていないものの, 茶の飲用でわずかながら血漿アルミニウムレベルが上昇する (Drewitt *et al.*, 1983)。また, 尿中アルミニウム量が増える (Wu *et al.*, 1997) ことなどから茶のアルミニウムの一部が体内に吸収されることは明らかである。そのためアルミニウムの体内の総含有量はきわめて低くまた年齢とともに増加していないとされている (Alfrey, 1986)。だから, 大部分は体内に吸収されずに尿中に排出されるようである。茶のアルミニウムが腸管から吸収されにくいのは, アルミニウムが茶カテキンと結合して, キレート複合体として存在しているためと考えられている (Ohyoshi *et al.*, 1999)。また, 茶の飲用がアルツハイマー病のリスクファクターになるかどうか行われた疫学研究 (Forster *et al.*, 1995; Roger and Simon, 1999) によるとその可能性が薄いことを裏付ける結果が得られているが日常摂取する食品中のアルミニウムや通常使用する食器や調理器具から溶出するアルミニウムが健康におよぼす影響についてはいまだ解明されていない部分も多く今後の研究が必要である。

#### 文 献

- Alfrey A. C. (1986) Aluminium "Trace elements in human and animal nutrition" Vol 2, 5th ed. in W. Mertz ed. Academic Press, Orlando, Fla. 399–413.
- Claggett M. S. (1989) Nutritional factors relevant to Alzheimer's disease. *J. of the American Dietetic Association* 89: 392–396.
- Coriat A. M., and R. D. Gillard (1986) Beware the cups that cheer. *Nature*, 321: 570.
- Drewitt P. N., K. R. Butterworth, C. D. Springall, and S. R. Moorhouse (1993) Plasma levels of aluminium after tea ingestion in healthy volunteers. *Food Chem. Toxic.*, 31: 19–23.
- Fasman G. D. and C. D. Moore (1994) The solubilization of model Alzheimer tangles: reversing

- the beta-sheet conformation induced by aluminum with silicates. *Pro. Ntl. Acad. Sci. USA.*, **91**: 11232-11235.
- Forster D. P., A. J. Newens, D. W. K. Kay and J. A. Edwardson (1995) Risk factors in clinically diagnosed presenile dementia of the Alzheimer type: a case-control study in northern England. *J. Epidemiol. and Commun. Health*, **49**: 253.
- 藤井修平・中山 伸・山本良一 (1999) 食品中の重金属元素Ⅰ 食品中アルミニウム含量の調理条件などによる影響 帝塚山大学短期大学部紀要 **36**: 191-196.
- 藤井修平・中山 伸・山本良一 (2003) 食品中の重金属元素Ⅲ 食品中アルミニウム含量の調理条件などによる影響 帝塚山大学短期大学部紀要 **40**: 104-107.
- Greger J. L. and M. J. Baier (1983) Excretion and retention of low or moderate levels of aluminum by human Subjects. *Food Chem. Toxic.*, **21**: 473-476.
- Martyn C. N. (1989) Geographical relation between Alzheimer's disease and aluminium in drinking water. *Lancet*, **1**: 59-62.
- Massey R. C. and D. Taylor (1988) Aluminum in food and the environment: *the proceeding of a symposium organised by the Environment and Food chemistry groups of the Royal Society of Chemistry, London.*
- 松島文子・飯塚舜介 (1991) 嗜好飲料中のアルミニウム濃度 日本家政学会誌 **42**, 1095-1101.
- Miller R. G., F. C. Kopfler, K. C. Kelty, J. A. Stober and N. S. Ulmer (1984) The occurrence of aluminum in drinking water. *J. Am. Water Works Assoc.*, **77**: 84-91.
- 中山 伸・藤井修平・山本良一 (2001) 奈良市の河川における重金属調査 帝塚山大学短期大学部紀要 **38**: 115-119.
- 中山 伸・藤井修平・山本良一 (2002) 奈良市の河川における重金属調査 (その2) 帝塚山大学短期大学部紀要 **39**: 106-109.
- 中山 伸・藤井修平・山本良一 (2003) 電子レンジ加熱による鉛の溶出 日本家政学会誌 **54**: 951-956.
- Ohyoshi E., T. Sakata and M. Kurihara (1999) Complexation of aluminium with (-)-epigallocatechin gallate studied by spectrophotometry. *J. Inorg. Biochem.*, **73**: 31-34.
- Rogers M. A. M. and D. G. Simon (1999) A preliminary study of dietary aluminium intake and risk of Alzheimer's disease. *Age and Ageing*, **28**: 205-209.
- Roskams A. J. and J. R. Connor (1990) Aluminum access to the brain: a role for transferrin and its receptor. *Proc. Ntl. Acad. Sci. USA.*, **87**: 9024-9027.
- Wu J., C. Y. Zhou, M. K. Wong, H. K. Lee, and C. N. Ong (1997) Urine levels of aluminum after drinking tea. *Biol. Trace Element Res.*, **57**: 271-281.