

を調査し、データの集積を図りガイドラインとしてとりまとめていくこととする。

#### 参考文献

- (1) プラスチック添加剤の衛生性 I～IV 塩ビ食品衛生協議会編 ㈱幸書房, 昭和45年12月15日 初版発行
- (2) TOXIC SUBSTANCES LIST '74, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Center for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health.
- (3) WHO 飲料水水質ガイドライン (第2版) 社団法人 日本水道協会
- (4) PVC 用有機錫安定剤—用途, 毒性及び生態毒性についてのレビュー (日本語訳) ORTEP (ORGANOTIN ENVIRONMENTAL PROGRAM) ASSOCIATION
- (5) 安定剤展望 PVC 安定剤使用上の規制, ピーター・J・ドネリー (アクロス・ケミカル社, 英国), 塩ビとポリマー, Vol.38, No.1-5  
原文: Peter J. Donnelly, Akcros Chemicals: Polimery 1996, 41, nr.11-12, pp. 619-630.
- (6) KEMI Report No.11/94. April 1994, Mono and Di-Substituted Organotins Used as Plastic Additives.
- (7) Summer K. H., Klein D., Greim H., February 1996. Report for the ORTEP Association. Ecological and Toxicological Aspects of Mono- and Di-substituted Methyl-, Butyl-, Octyl- and Dodecyltin Compounds.
- (8) European Commission Reports of the Scientific Committee for Food(33<sup>rd</sup> series). 1995, ISBN92-826-9275-2.



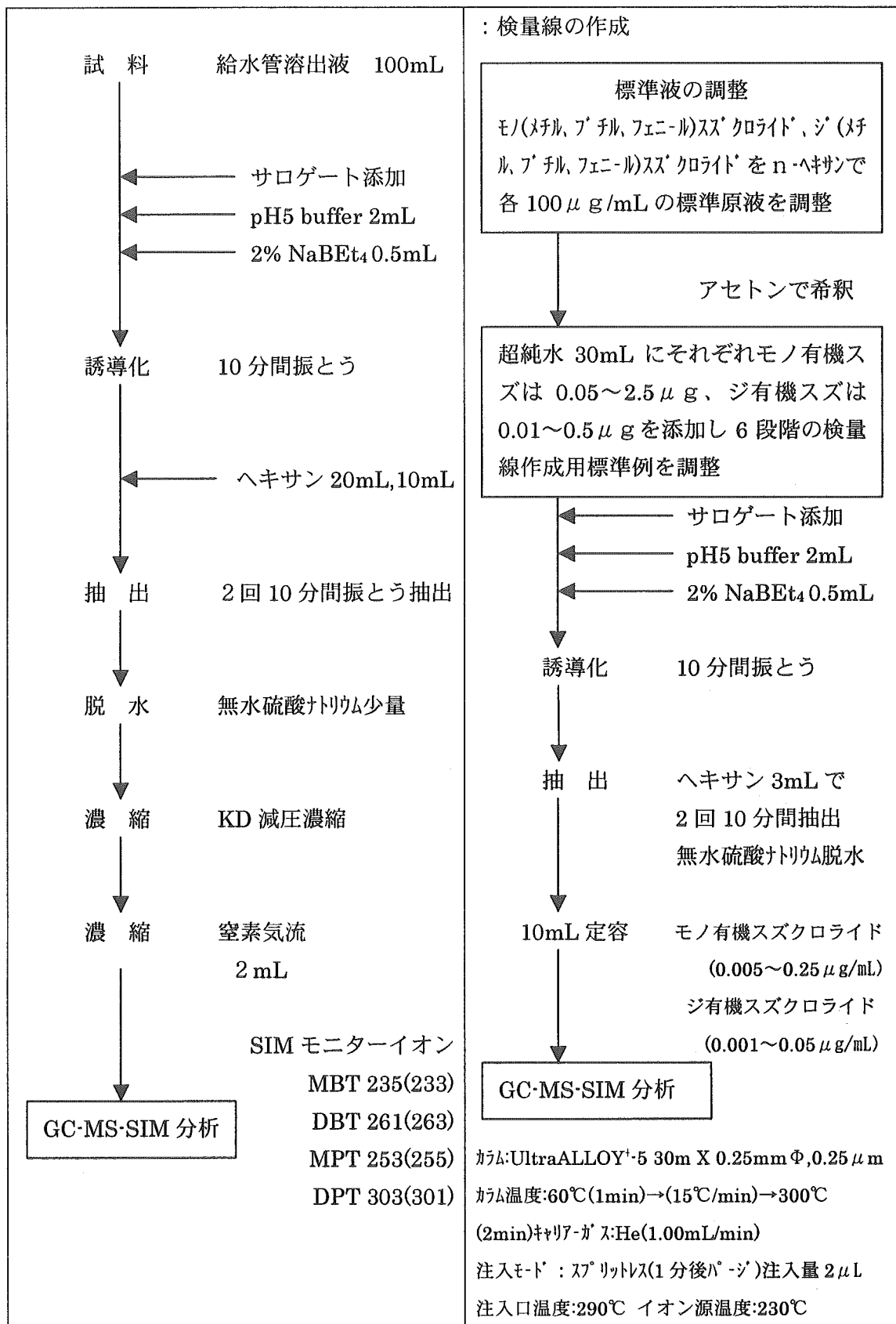


図1-2 誘導化-溶媒抽出-GC/MS法による有機スズ測定フローシート

## 2. NF 膜におけるアンチモンの除去特性に関する研究

### 2. 1. はじめに

環境水中には様々な有害微量元素(ヒ素、アンチモン(Sb)、セレン等)が存在している。これらの微量元素はごく少量でも慢性的に人体に取り込まれると様々な悪影響をあたえることが知られている。アンチモンは 1993 年に将来的な水道水質の安全性を期するためとして、監視項目に加えられ指針値として 0.002mg/L 以下が示された。

アンチモンは多くの形態を持ちその形態によって毒性や生態影響が大きく異なる。通常、環境水中のアンチモンは無機態に加え、メチル態のものが存在している<sup>1)</sup>。無機アンチモンの毒性は有機アンチモンより高く、特に Sb(III)は Sb(V)の 10 倍の毒性を持つと報告されている。しかし、アンチモンの特性についてまだ十分に解明されておらず、アンチモンの除去に関する研究も十分ではないのが現状である。一方、NF 膜は水中のアンチモン除去に有効な方法であることがわかっている<sup>2)</sup>。

ナノろ過(NF)膜は米国で硬水軟化処理としての利用が多く<sup>3,4)</sup>、日本では超純水分野での使用が多い<sup>5)</sup>。また、最近国内においても水道原水の水質悪化が指摘されており、特にトリハロメタン前駆物質や農薬による汚染が問題となっている。これに対する処理方法として、活性炭やオゾン処理が用いられているが、NF 膜も新しい処理方法として研究が進められている。しかし、除去機構がまだ十分に解明されておらず、さらなる研究が必要となっている。

本研究ではアンチモンを含む金武ダム of 排水路水を用いて NF 膜におけるアンチモン除去の適応性を検討することを目的とした。金武ダム上流にはアンチモン廃鉱があり、通常はそこからの排水は人工水路によりダム下流に導入して対策を行っている。しかし、出水期などには水路を超えてダムに流入することがあり、金武ダムを汚染する可能性があるため、対策が望まれている。

### 2. 2. 実験方法

#### 1) 金武ダム概要

金武ダムは沖縄本島の中央部に位置する、沖縄県企業局の利水専用ダムである。集水域にアンチモン廃坑が存在し、その周辺からの流出水はアンチモンを含有する。

現在、金武ダムの上流にはアンチモン鉱・排水堰があり、その堰に貯まった流出水は、ダム湖の左岸側沿いに敷設された排水路を経てダム湖外に放流され、アンチモン対策を講じている。しかし、出水期など水量が多い時期には排水路よりオーバーフローした水がダムに流れ込むことがあるため、金武ダムではアンチモンが検出される。図2-1に金武ダム排水路概略図を示す。



図2-1 金武ダム排水路概略図<sup>7)</sup>

## 2) 実験装置概要

実験設備は精密ろ過(MF)膜前処理装置を屋外に、NF膜実験装置を屋内に設置した。前処理装置及び実験装置の概要を図2-2に示す。

### ・MF膜前処理装置

アンチモン除去の実験の主処理であるNF膜分離に適した濁度成分の低い原水を供給する目的で、MF膜による前処理を行った。用いた膜はZW-10(ZENNON社製)である。

### ・NF膜実験装置

NF膜ろ過装置はクロスフロー方式で、採水は原水槽、エレメント入りロバルブ、透過水バルブ及び濃縮排水バルブの4ヶ所で行った。それぞれ図2-2の①～④に示す。

### ・NF膜

用いたNF膜はNTR-729HF-S4(日東電工(株)製)である。公称NaCl阻止率は92%である。

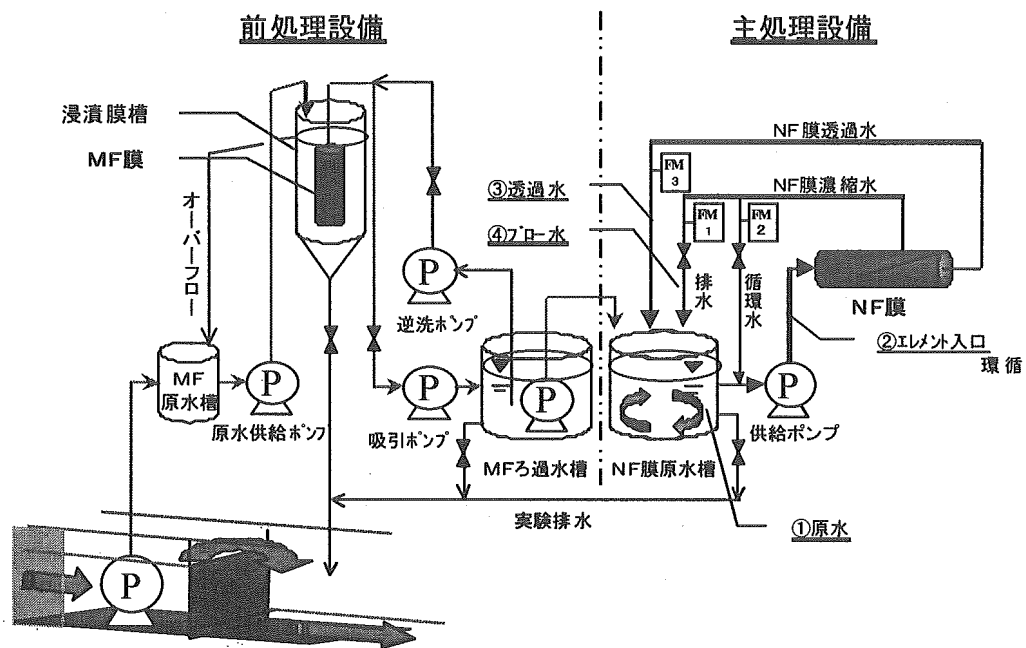


図 2-2 前処理装置及び実験装置

・ 試料水

金武ダム排水路水を揚水し、MF膜を用いた前処理装置により濁質成分のみを除去し、NF膜実験試料水原水として供給した。金武ダム排水路水のSb(III)及びSb(V)の分別定量測定<sup>8)</sup>を行った結果、Sb(III)は検出されずSb(V)のみであった。表2-1にMF膜前処理前後の水質データを示す。

表 2-1 前処理前後の水質比較

項目	電気伝導率	温度	濁度
	mS/cm	℃	NTU
MF膜浸漬層	0.245	19.1	4.45
MF膜処理水	0.244	20.2	0.055

- ・用いた計算式

各水質項目の阻止率及び回収率を以下の式の通りに定義する。

$$\text{阻止率(\%)} = \left( 1 - \frac{C_2}{(C_1 + C_3)/2} \right) \times 100$$

ここで、 $C_1$ ：エレメント入り口水中の濃度

$C_2$ ：透過水中の濃度

$C_3$ ：濃縮水中の濃度

$$\text{回収率(\%)} = \frac{Q_1}{Q_1 + Q_2} \times 100$$

ここで、 $Q_1$ ：透過水流量 [L/min]

$Q_2$ ：濃縮排水流量 [L/min]

### 3) 実験条件

アンチモン除去及び環境試料水中に含まれるイオン類の除去について、以下の操作因子を変化させ、それぞれの除去の特性を調べた。

#### a. 原水の pH 及び回収率の影響

原水の pH 及び回収率の影響を調べるため、原水 pH は 3、5 及び無調整 (pH≒7.8)、回収率は 30、50 及び 70% と変化させ実験を行った。操作圧力は 0.75MPa とした。pH 調整は硫酸を用いた。

#### b. 操作圧力の影響

操作圧力の影響を調べるために操作圧力を 0.3、0.75 及び 1.0MPa と変化させて実験を行った。pH は無調整、回収率は 50% とした。

#### c. 原水アンチモン濃度の影響

原水アンチモン濃度の影響を調べるため、原水アンチモン濃度を無調整 (約 100 μg/L)、200 μg/L、300 μg/L になるように調整した。調整を行う際の試薬には Sb(V) としてヘキサヒドロキソアンチモン酸カリウム (Wako 社製) を用いた。回収率は

50%、操作圧力は 0.75MPa とした。

## 2. 3. 実験結果

### 1) アンチモンの除去

#### a. 原水の pH 及び回収率の影響

実験結果を図 2-3 に示す。図に示すようにアンチモン阻止率は回収率の変化及び pH の変化によらず、98%程度の高い阻止率を維持した。

#### b. 操作圧力の影響

実験結果を図 2-4 に示す。アンチモン阻止率は、圧力の増加によらず 98%程度の高い阻止率を維持した。

#### c. 原水アンチモン濃度の影響

実験結果を図 2-5 に示す。原水アンチモン濃度及び原水 pH の変化によらず、アンチモン阻止率は、98%以上の阻止率を維持した。

### 2) イオン類の除去

#### a. 原水の pH 及び回収率の影響

実験から回収率には影響されずほぼ一定であったことから回収率 50%のみを図に示す。アニオン類の阻止率を図 2-6 に、カチオン類の阻止率を図 2-7 に示す。1 価のアニオンである塩化物イオンは pH が低くなると阻止率も低くなったが、2 価のアニオンである硫酸イオンは pH の影響を受けず 94%以上の高い阻止率を維持した。また、カチオンについても 1 価のカチオン類及び二価のカチオン類は 1 価及び 2 価のアニオンとそれぞれ似たような傾向を示し、2 価のカチオンは pH によらず常に 1 価のカチオンより高い阻止率を維持した。

#### b. 操作圧力の影響

アニオン類の阻止率を図 2-8 に、カチオン類の阻止率を図 2-9 に示す。圧力の増加に比例して透過水流量も増加した(図 2-10)。圧力が増加すると阻止率も増加するという結果を示した。しかし、2 価のアニオンである硫酸イオンは圧力の増加によらず 99%以上の高い阻止率を示した。



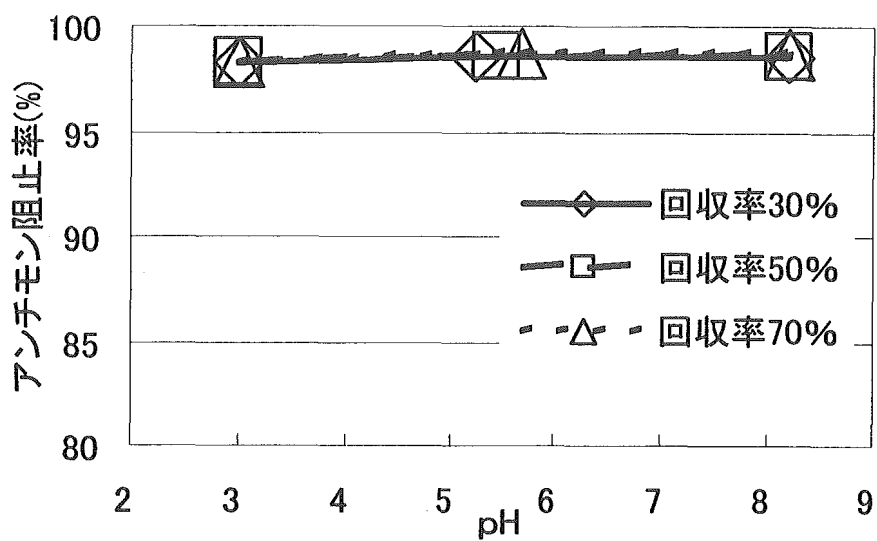


図 2-3 アンチモン阻止率に対する pH の影響

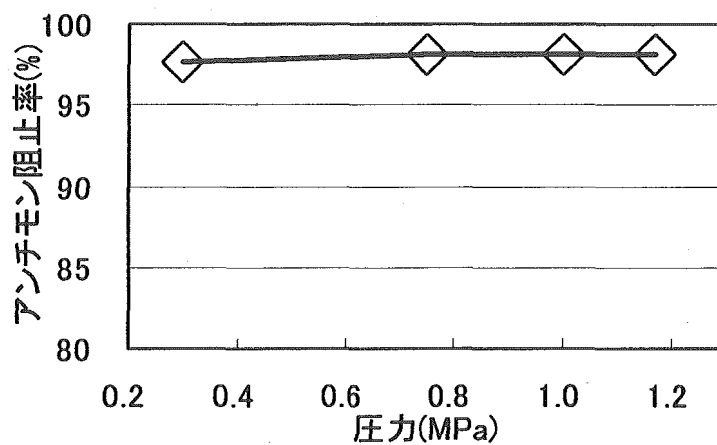


図 2-4 アンチモン阻止率に対する操作圧力の影響

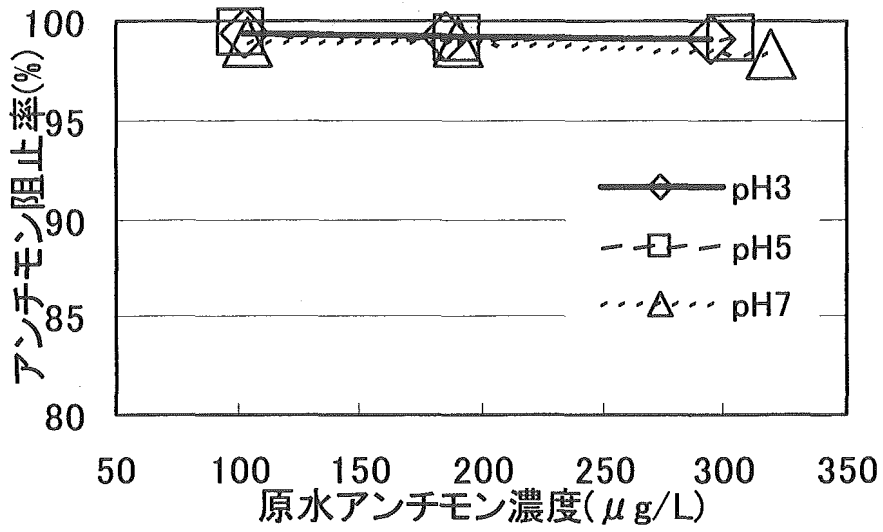


図 2-5 アンチモン阻止率に対する原水アンチモン濃度の影響

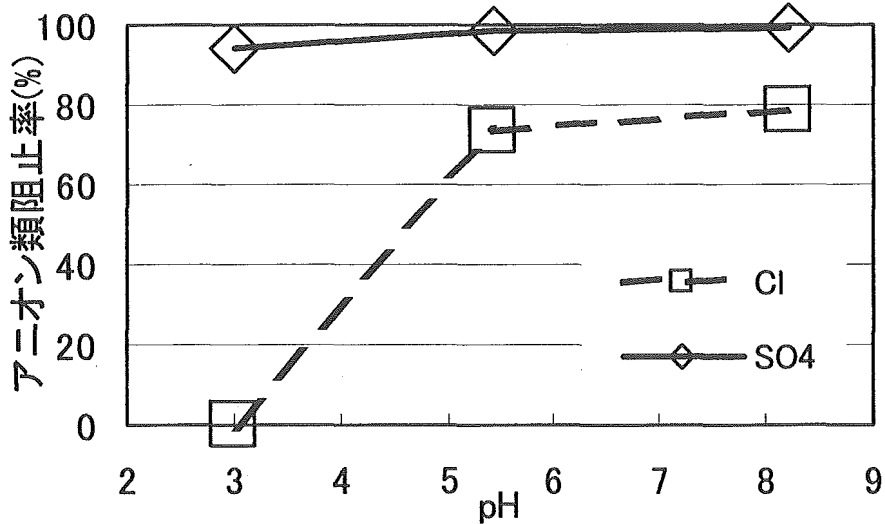


図 2-6 アニオン類阻止率に対する pH の影響

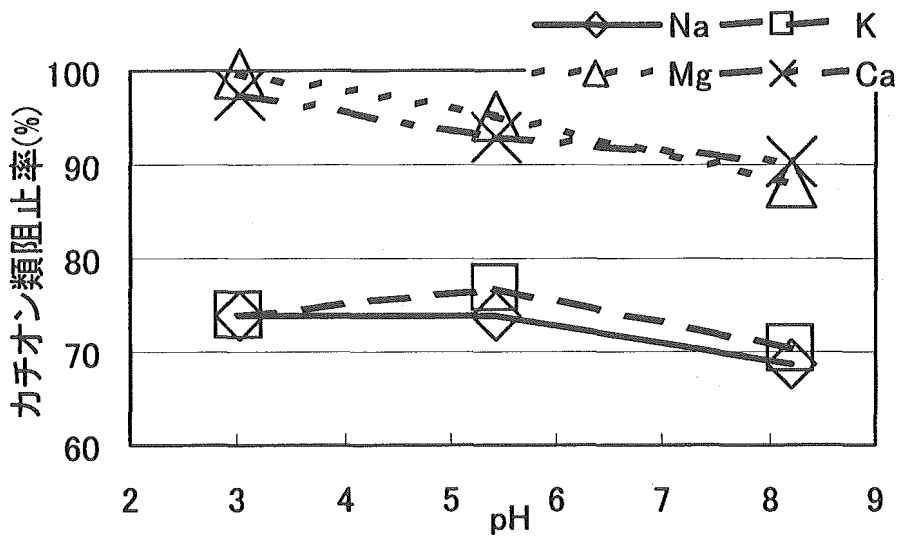


図 2-7 カチオン類阻止率に対する pH の影響

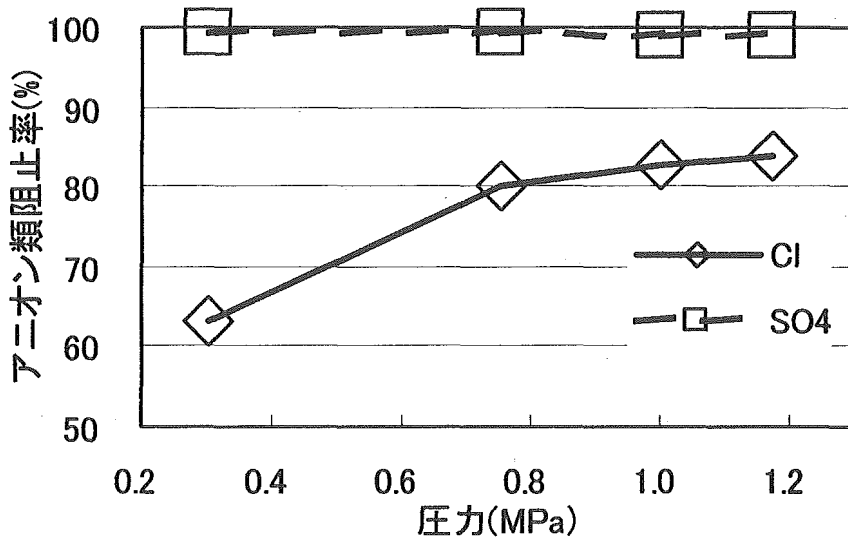


図 2-8 アニオン類阻止率に対する操作圧力の影響

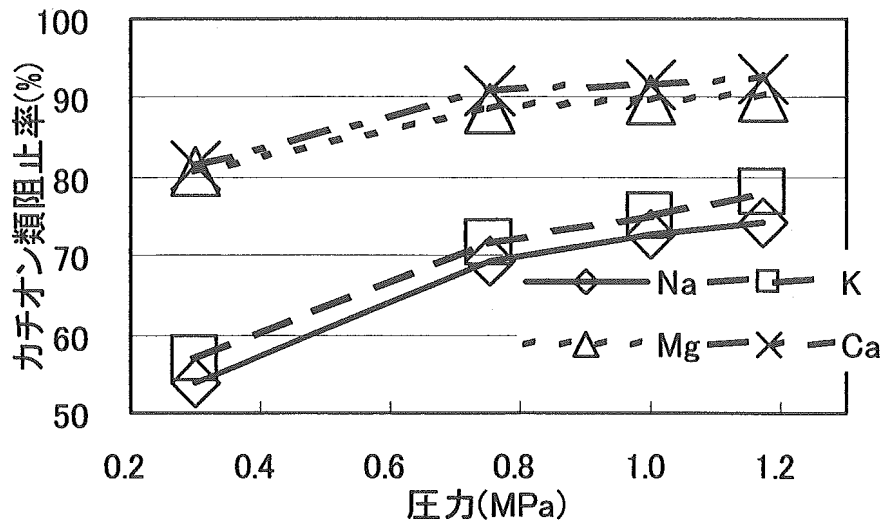


図 2-9 カチオン類阻止率に対する操作圧力の影響

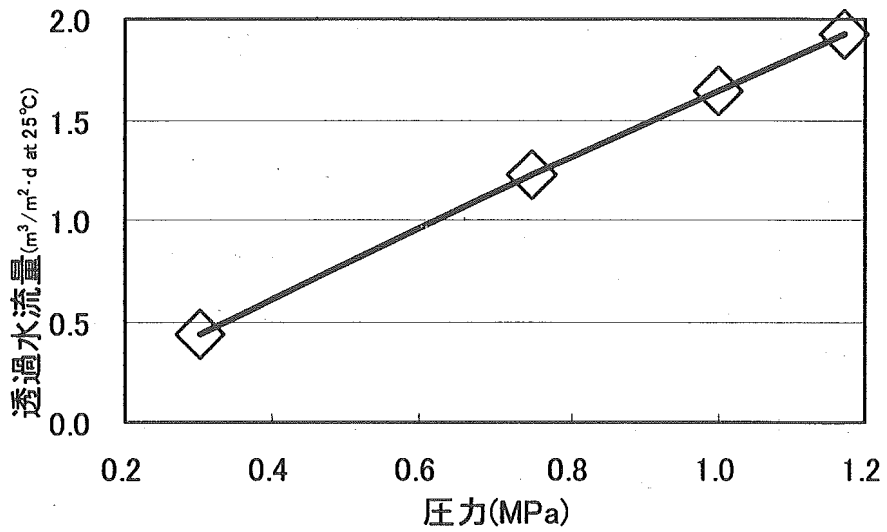


図 2-10 透過水流量の圧力依存性

## 2. 4. 考察

NF 膜の除去機構は膜の孔径による分子ふるい作用及び膜の表面荷電と粒子の荷電との電氣的反発作用によるものである。

イオンは粒径が小さいため、その除去は膜の荷電とイオンの荷電によるものであり、また、試料水中のイオンバランスによるものである。今回用いた膜は表面に負荷電をもち、その膜の負荷電及びアニオンとの電氣的反発作用により、2 価のアニオンである硫酸イオンは透過を阻止される。また、試料原水中のイオンバランスから価数の高い 2 価のカチオンが透過を阻止される。また、膜の等電点は低 pH 域 (pH≒3)<sup>9)</sup> にあり、膜の pH が下がると膜の荷電が弱まるため、荷電の弱い 1 価のイオンは阻止率が下がるが、荷電の強い二価のイオンは膜の荷電の減少によらず高い阻止率を維持する。

しかし、実験の条件下ではアンチモンは 1 価のアニオンとして存在しているが(図 2-1 1)、同じ 1 価のアニオンである塩化物イオンは pH が下がると阻止率も下がるにも関わらず、アンチモンは pH によらず高い阻止率を維持した。これは表面荷電とイオンとの電氣的反発作用による除去機構では十分に説明できない。

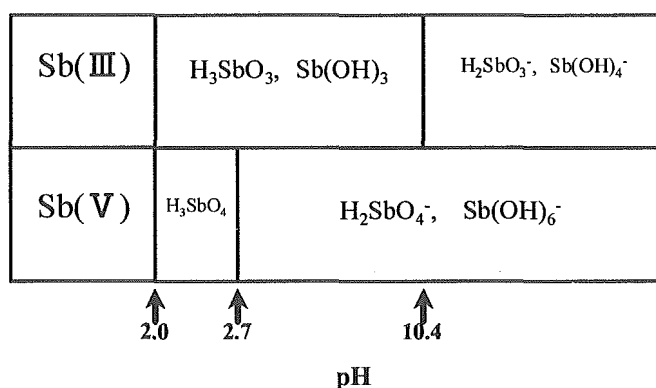


図 2-1 1 pH によるアンチモンの形態変化

そこで、グルコースの分子量が 180 で、その公称阻止率が 97%であり、Sb(V)は試料水中で  $Sb(OH)_6^-$  で存在し分子量は 230 となることから、分子量から粒径を想定すると、分子ふるい作用による可能性も考えられる。しかし、NF 膜を用いたアンチモンの除去機構については今回の実験で十分に解明することはできなかった。

## 2. 5. まとめ

実験からアンチモンは操作因子の変化によらず常に高い阻止率を維持した。

5価アンチモンは1価のアニオンであるが、同じ1価のアニオンである塩化物イオンとは異なる除去特性を示した。

今回の実験ではアンチモンの除去機構は十分に解明することができなかったが、原水アンチモン濃度を変化させる実験から原水中の5価アンチモン濃度が150 $\mu$ g/L以下であれば、NTR-729HF-S4を用いたこのシステムでろ過を行っても水道水水質基準監視項目アンチモンに対する指針値0.002mg/L以下まで低減させることができることがわかった。

今後連続長期処理実験を行うため、実験プラントを改造した。次年度以降はアンチモンのみならず異臭味消毒副生成物前駆物質をも対象としてNF膜処理の特性を明らかにする実験を行うこととしている。

## 参考文献

- 1) 上水試験方法、日本水道協会、pp313～316 (1993)
- 2) M. Kang, M. Kawasaki, S. Tamada, T. Kamei and Y. Magara: Effect of pH on the removal of arsenic and antimony using reverse osmosis membrane, Desalination, Vol. 131, pp. 293～298 (2000)
- 3) O. J. Morin: Membrane plants in North America, J. AWWA, Vol. 86, No. 12, pp. 42～54
- 4) 前田 恭志、欧米におけるNF膜の実用例、ニューメンブレンテクノロジーシンポジウム'97、pp. 8-3-1～8-3-13 (1997)
- 5) 中尾 真一、膜分離技術の現状と将来動向、水環境学会誌、Vol. 18, No. 2, pp66～73 (1997)
- 6)、7) 沖縄県企業局資料
- 8) 姜 美娥、亀井 翼、眞柄泰基、LC-ICP-MSを用いた水中アンチモンの化学形態別分離定量分析法の確立、水道協会雑誌、Vol. 70, No. 3, pp2～7 (2001)
- 9) Meea KANG, Shinya TAMADA, Mutsuo KAWASAKI and Yasumoto MAGARA: The Application of

Reverse Osmosis membrane for the Removal of Arsenic in Drinking Water, Technical  
Papers pp. 450~455, 12<sup>th</sup> IWA-ASPAC Regional Conference and Exhibition (2000)

### 3 WHO 飲料水質ガイドライン等に係る重金属類の分析法に関する研究

#### 3. 1. 水道水中の重金属類を測定する方法の整理

水道水中の重金属類を測定する方法の整理に関して、水道法で現在基準値等が定められている項目、WHO ガイドライン値がある項目、アメリカ EPA で飲料水基準値等のある項目、および、今後水道で検討されるであろう項目のうち ICP 発光分光分析法、ICP 質量分析法、原子吸光分光分析法等で分析可能と思われる重金属類を 29 項目選択した。(表 3-1)

項目のうち基準値等があるものに付いては、数値を書き入れた。

#### 3. 2. 食品中の重金属の分析法に関する調査

食品中の重金属の分析に関し、主に一斉分析法について文献の調査を行った。Sakao<sup>1)</sup>らは貝類の組織中に含まれる重金属の分析を湿式分解法、及び密封式ベセル法で分解した後、ICP-AES 及び ICP-MS を用いて V, Cr, Co, Ni, As, Se, Hg を分析した。同時に V, Cr, Co, Ni については多原子分子イオンの影響を確認した。またランタノイド系元素の分析も行っている。

Shiraishi<sup>2)</sup>は準定量モード ICP-MS により、マーケットバスケット方式により入手した 18 食品目について、15 の放射性及び安定元素の分析を行っており、Sr, <sup>232</sup>Th, <sup>238</sup>U は準定量モードと定量モードの測定値の差が±10%以内で一致した結果が得られており、Li, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Rb, Mo, Cd, Ba の測定における両方法の差は±30%であったとしている。

Sun<sup>3)</sup>らは ICP-AE を用いた、Al, B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Sr, Zn の分析に関し、5つの分解方法を比較した。検討した分解方法は、500°C での乾燥灰化、HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub> を用いた湿式分解、HNO<sub>3</sub> を用いたマイクロウェーブ分解、HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> を用いたマイクロウェーブ分解、HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-HF を用いたマイクロウェーブ分解である。HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-HF を用いたマイクロウェーブ分解では、酸化ケイ素を用いて過剰の HF を除去しており、本法が最も標準物質の認証値に近い値が得られた。また、湿式分解法は操作が簡単であり、Al と B を除いて、良い結果が得られた。乾燥灰化法は揮発による損失の懸念があるものの、今回測定した 13 の元素では、特に低濃度の試料について有効であったとしている。

Ysart<sup>4), 6)</sup>らは 1994 年と 1996 年に行われた英国における食品摂取に関する調査結果を基に、1994 年は 30 種類、1997 年は 11 種類の金属の摂取量を評価し、1 週暫定許容摂取量、1 日最大許容摂取量に比べて低く、長期的には減少していることを報告している。

Harrington<sup>5)</sup>らは食品中の 17 元素について、マイクロウェーブ分解-FI-ICP-MS による測



定手法を開発しており、標準試料を用いた検討により、定量下限を 0.07~1.97ng/g (Al, B, V, Cr, Co, Ni, As, Sr, Mo, Cd, Sn, Ba, Pb)としている。

Feng<sup>7)</sup>らは HNO<sub>3</sub>-HF を用いたマイクロウェーブ分解後、ICP-MS による 30 元素の分析を検討しており HF を用いることにより懸念されるフッ化物の沈澱はほとんど認められなかったこと及びケイ素と結合している Al, Co, Cr, Ni, Th, U, V の回収率は、HF を用いることで改善できたとしている。標準物質を用いた 30 元素の回収率は、一部を除き 85~115%であった。

Baker<sup>8)</sup>らは食品中の栄養学的に有用な金属 13 種類の分析を行い、内部標準物質として Ge, Ga を用いることにより、マトリクス効果による負の干渉に対し、補正効果があったとしている。

Zhou<sup>9)</sup>らは食品のマイクロウェーブ分解-ICP-MS 測定におけるメモリー効果を報告しており、これを避けるためには 1%HNO<sub>3</sub> による洗浄操作が必要としている。

Rodushkin<sup>10)</sup>らはマイクロウェーブ分解法と湿式分解法の比較、及び重金属測定における ICP-AE 法と ICP-MS 法を比較したところ、両分解法については大きな違いを認めなかったものの、ICP-MS 法は定量下限値を低く設定することができるとしている。

Baxter<sup>11)</sup>らは 1991 年に行われた英国における食品摂取に関する調査における、ICP/MS を用いた多元素一斉分析法における測定精度の管理 (IQC : Internal Quality Control) について検討し、検量線、機器の変動、検出下限、回収率、標準試料の測定及び重複測定に関してそれぞれの評価基準を設定している。

これらの文献等に記述された知見から、分解方法については、英国、米国等においては、マイクロウェーブ分解法が多用されており、これは他の方法に比較し分解操作が簡便かつ短時間に行えること、多種類の元素に適用できることが大きな理由であると考えられる。また、測定方法では多元素一斉分析である ICP-MS 法が多く用いられているものの、スペクトル干渉、非スペクトル干渉に対する補正が必要であり、内部標準物質の使用、測定条件の最適化、補正式の適用等について検討する必要がある。また、測定方法の妥当性を確保するに当たっては、Baxter<sup>11)</sup>らが設定した ICQ の評価基準を満たすとともに、適用する分解方法、測定方法の妥当性を確保するため、NIST 及び NIES で作成された標準試料の分析を行い、結果を認証値、保証値と比較する必要があると考えられる。

## 参考文献

- 1) S. Sakao, H. Uchida, Determination of trace element in shell fish tissue samples by inductively coupled plasma spectrometry, *Analytica Chimica Acta*, Vol.382,

p215, (1999)

2) K. Shiraishi, Multi-element analysis of 18 food groups using semi-quantitative ICP-MS, J. Radioanalytical and Nuclear-Chemistry, Vol.238, p67, (1998)

3) D. Sun et al., Determination of thirteen common elements in food samples by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry : comparison of five digestion methods, J. AOAC International, Vol.83, p1218, (2000)

4) G. Ysart et. al., Dietary exposure estimates of 30 elements from the UK Total Diet Study, Food Additives and contamination, Vol.16, p391, (1999)

5) C. F. Harrington et.al., A Protocol For the Multielemental Analysis of Trace Metals in Food Samples by Flow Injection Coupled to ICP-MS, Atomic Spectroscopy, Vol.20, p174, (1999)

6) G. Ysart et.al., 1997 UK Total Diet Study-dietary exposures to aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, selenium, tin and zinc, Food Additives and Contaminants, Vol.17, p775, (2000)

7) X. Feng et.al., Microwave digestion of plant and grain standard reference materials in nitric and hydrofluoric acids for multi-elemental determination by inductively coupled plasma mass spectrometry, J. of Analytical Atomic Spectrometry, Vol.14, p939, (1999)

8) S. C. Baker et. al., Trace Element Determination in Food and Biological Sample Using ICP-MS, Atomic Spectroscopy, Vol.20, p167, (1999)

9) Hua Zhou et al., The Simultaneous Determination of 15 Toxic Elements in Foods by ICP-MS, Atomic Spectroscopy, Vol.18, No.4, (1997)

10) I. Rodushkin et al., Comparison of two digestion for element determinations in plant material by ICP techniques, Analytica Chimica Acta, Vol.378, p191, (1999)

11) M. J. Baxter et.al., Quality control in the multi-element analysis of foods using ICP-MS.

Plasma Source Spectrometry : Developments and Applications, The Royal Society of Chemistry, London (1997)

表3-1

ID NO	金属名等	Criteria in Japan (mg/L) 水道法		WHOガイドライン値			EPA		Secondary Standard	上水試験方法 2001	Standard Method	IPCS Environmental Health Criteria NO. and Year	備考
		基準項目	補充項目	項目	値 (mg/L)	chemicals for probable/ possible revision	MCLG	MCL or TT					
1	カドミウム	0.01		○	0.003		0.005	0.005		○	○	No. 134, 1992	
2	水銀	0.0005		○	0.001		0.002	0.002		○	○	No. 118, 1991 No. 1, 1976	
3	セレン	0.01		○	0.01		0.05	0.05		○	○	No. 58, 1986	
4	鉛	0.05		○	0.01		Zero	Action Level=0.015		○	○	No. 3, 1977 No. 165, 1995 No. 85, 1989	
5	ヒ素	0.01		○	0.01b(P)	Likely to be revised	none	0.01		○	○	No. 18, 1981	
6	クロム	0.05 (VI)		○	0.05 (P)		0.1 (Total)	0.1 (Total)		○	○	No. 61, 1988	
7	亜鉛	1		○					5	○	○		
8	鉄	0.3		○					0.3	○	○		
9	銅	1		○	2 (P)	Likely to be revised	1.3	Action Level=1.3	1.0	○	○	No. 200, 1998	
10	ナトリウム	200		○	0.5 (P)					○	○		
11	マンガン	0.05	0.01	○	0.5 (P)	Possible revision			0.05	○	○		
12	カルシウム	300	10-100	○	硬度					○	○		
13	マグネシウム			○						○	○		
14	アルミニウム		0.2	○					0.05 to 0.2	○	○		
15	ニッケル		0.01	○	0.02 (P)	Possible revision				○	○	No. 108, 1991	
16	アンチモン		0.002	○	0.005 (P)	Possible revision	0.006	0.006		○	○	No. 204, 1998	
17	ホウ素		1	○						○	○		
18	モリブデン		0.07	○	0.07					○	○		
19	ウラン		0.002	○	0.002 (P)		as of 12/08/03: zero	as of 12/08/03: 30 µg/L		○	○	-	
20	ベリリウム			○	NAD	Possible revision	0.004	0.004		○	○	No. 106, 1990	
21	カリウム									○	○		
22	バナジウム					NEW/NR: not to be revised				○	○	No. 81, 1988	
23	銀			○		Likely to be revised			0.10	○	○		飲料水中に通常見られる濃度では、ガイドラインを作る必要のないもの。/水道施設の技術的基準を定める省令(別表第一)。
24	スズ			○						○	○		飲料水中に通常見られる濃度では、ガイドラインを作る必要のないもの。
25	バリウム			○	0.7		2	2		○	○	No. 107, 1990	
26	タリウム					NEW	0.0005	0.002		○	○	No. 182, 1996	
27	白金					NEW				○	○	No. 125, 1991	
28	チタニウム					NEW				○	○	No. 24, 1982	
29	ストロンチウム					NEW/NR: not to be revised				○	○		

## 4. 北海道における地下水の性状調査

### 4. 1. はじめに

水質基準項目については全ての水道事業者で測定されているが、監視項目や快適水質項目については上水道事業者においてすら全ての事業者で測定されておらず、簡易水道事業者での測定はほとんど行われておらずその実態が明らかとなっていない。そこで、全国の簡易水道での実態を把握し、その結果をGISを用いて視覚的に表示することを試みることにした。今年度は北海道を対象として、水道水源として利用されている地下水の重金属など無機物質の調査を行った。

### 4. 2. 試料採取箇所及び測定方法

北海道内29保健所の協力を得て、浅井戸、深井戸および湧水を水源とする簡易水道255カ所及び上水道での水道水源88カ所について、表4-1に示す343試料を採取することとした。しかし、測定時期が寒冷期であり水道水源に到達できない場所があったこと、また、非常時用の水源として確保しているが平常時は使用していないという水源もあったことから、簡易水道、上水道合わせて284試料を採取した。

採取した試料については硝酸を添加した試料を用いてICP/MSおよびICP/発光分析で測定可能な20項目、またメンブランフィルターにてろ過をおこなった試料についてICで測定可能なアニオン7項目を測定した。

### 4. 3. 結果及び考察

測定した結果を表4-2に示す。また、主要項目についての濃度分布図を図4-1～4-18に示す。図4-1～4-18には、各項目の試料数、平均濃度、最大濃度、標準偏差、定量限界濃度も示した。なお、平均濃度、標準偏差の計算の際には、定量限界濃度以下の試料（表4-2におけるND）の濃度に定量限界濃度の半分の値を代入した。

以下に、各主要項目に対する考察を行う。なお、今回調査・分析を行った対象は水道原水であり、水道水（浄水）を対象とする水道水質基準とは直接の関係はないことに注意されたい。今回は便宜的に、水源水質と水道水質基準との比較を行った。

図4-1に塩化物イオンの濃度分布図を示すように、その平均濃度は13.2mg/Lで標準偏差17.7mg/Lと全般的には良質な水源である。しかし、最大が217mg/Lと塩水の影響を受けていると思われる水源も1カ所存在していた。図4-2にフッ素イオンの濃度分布を示すように、その平均濃度は0.14mg/Lで標準偏差も0.17mg/Lである。しか