小笠原諸島の水道原水及び水道水における金属類調査

小 杉 有 希 , 栃 本 博, 小 西 浩 之, 矢 口 久 美 子

東京都健康安全研究センター研究年報　第５９号　別刷
２００８

小笠原諸島の水道原水及び水道水における金属類調査

小　杉　有　希*，栃　本　博*，小　西　浩　之*，矢　口　久　美　子*

小笠原諸島父島及び母島の浄水場の水道原水及び浄水処理過程について，2006年6月から約1年間，金属類を中心に調査した．水道原水から検出された金属類は，主成分分析により土壌由来及び海水由来と推定される金属などに分類された．浄水処理過程では，活性炭・凝集沈澱処理で多くの項目が，塩素処理によりマンガンが減少した．一方，銅，鉛は結合塩素処理後に増加した．また，父島では原水のアルミニウム及び鉄が水道水質基準値を上回って検出されたが，給水栓水では父島，母島とも水道水質基準値を超過した金属類はみられなかった．

キーワード：小笠原諸島，父島，母島，金属類，水道原水，水道水，浄水処理過程，年間変動，アルミニウム，鉄，銅，鉛

は じ め に

小笠原諸島は東京から約1,000km南に位置する大小30の島群である．このうち，一般住民が生活しているのは父島と母島の２島である．小笠原諸島における飲料水は，戦前は井戸水や雨水を利用していた．昭和48年にダムや井戸を水源とする簡易水道事業として事業認可を受けている[1)]．現在の主な水道水源は父島においては時雨ダム，小曲ダム等のダムである．また，母島では乳房ダム，大谷ダム，沖村井戸群[2)]である．

小笠原諸島の水道原水（以下原水と略す）は，トリハロメタン生成能が高く，1982年の調査でトリハロメタン濃度が暫定目標値を超過することが判明[4)]して以来その低減化に向けて，浄水処理に粉末活性炭処理及び結合塩素による消毒が行われている．一方，金属類について原水をみると，アルミニウムや鉄等の濃度が高いという特徴がある[3)]．しかし，原水濃度の季節変動をみた調査はみられない．

そこで，小笠原諸島父島及び母島の原水について約1年間，金属類を中心に調査を行った．また，浄水処理の効果を検証するため浄水処理過程中の金属類などの挙動及び給水栓水濃度についても調査を行った．その結果，若干の知見を得たので報告する．

調 査 方 法

1. 試料

1) 調査時期

2006年6月から2007年6月まで毎月1回調査した．

2）調査地点

小笠原諸島の浄水処理過程を図1に示す．父島及び母島の浄水場では浄水におけるトリハロメタン低減の目的で粉末活性炭処理（父島のみ）及び急速ろ過法（結合塩素による消毒含む）により浄水処理を行っている[1)]．採水地点はこの浄水処理過程のうち，①混合原水(No.1)，②活性炭処理及びPAC注入後沈殿池流出水(No.2)，③次亜塩素酸注入後のポンプ井流出水(No.3)，④急速ろ過機流出水(No.4)，⑤硫酸アンモニウム注入後の送水(No.5)，及び⑥，⑦2箇所の給水栓水(浄水場から近い順でNo.6，No.7)とした．以上各7箇所の水をポリエチレン瓶に採水し，冷却しながら健康安全研究センターに搬入した．

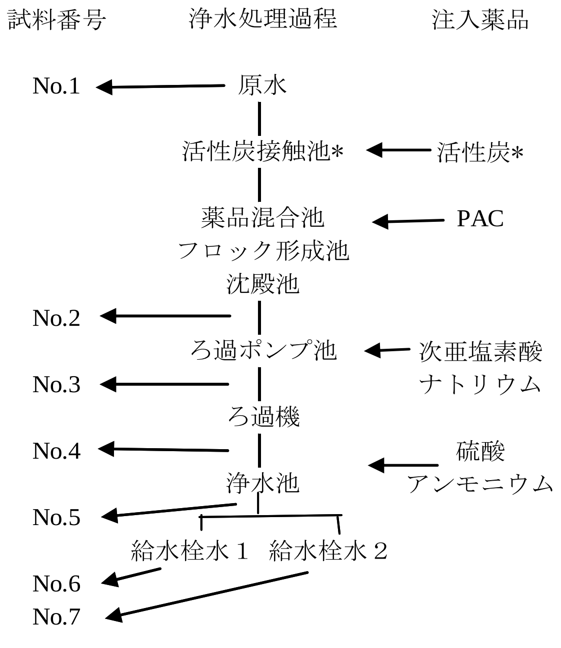


図１．小笠原浄水場の浄水処理過程
＊ 活性炭処理は父島のみ
PAC：ポリ塩化アルミニウム

2. 調査項目

金属類の項目として，水道水質基準，水質管理目標設定項目，要検討項目に定められている金属類のうち18項目（ホウ素（以下Bと略す），アルミニウム（Al），クロム（Cr），マンガン（Mn），ニッケル（Ni），銅（Cu），亜鉛（Zn），ヒ素（As），セレン（Se），モリブデン（Mo），銀（Ag），

* 東京都健康安全研究センター環境保健部水質・環境研究科　169-0073　東京都新宿区百人町 3-24-1

カドミウム（Cd），アンチモン（Sb），バリウム（Ba），鉛（Pb），ビスマス（Bi），ウラン（U），鉄（Fe），ナトリウム(Na)）及びカルシウム(Ca), マグネシウム(Mg), カリウム（K）を，その他の項目として陰イオン類（塩化物イオン(Cl^-), 硝酸態窒素(NO_3-N), 臭化物イオン(Br^-)), 色度, 濁度, 過マンガン酸カリウム消費量($KMnO_4$消費量), 全有機炭素（TOC），アンモニア態窒素（NH_4-N），紫外線吸光度（260nm）を調査した．

3. 分析方法

1) 器具および機器

(1)器具　金属類の試料の分取，希釈，前処理，保存に使用するためのチューブ及び検量線作成用メスフラスコはいずれもポリプロピレン製を用いた．その他の器具はガラス製を使用した．金属類分析用器具については，10%硝酸に一晩浸漬後, 超純水ですすぎ, 風乾したものを使用した．

(2)分析機器　金属分析には誘導結合プラズマ発光分光分析計（以下ICPと略す）及び誘導結合プラズマー質量分析計（以下ICP-MSと略す）を使用した．ICPはサーモフィッシャー製　IRIS AP-Advantage を，ICP-MSはAgilent製HP4500を使用した. 陰イオン類分析には日本ダイオネクス社ICS-1000を，TOC分析には島津製作所TOC-5000Aを使用した. また, NH_4-N及び紫外線吸光度には日本分光V-560DSを使用した.

2) 試薬

標準液は，Na，Ca，Mg，K分析用には関東化学ICP混合標準液Dを使用した．その他の金属分析用にはSPEX社XSTC-469を使用した．硝酸は，試料添加用には有害金属用を, 器具の洗浄には特級 (いずれも和光純薬) を使用した．陰イオン類の標準液は関東化学の各物質1000 mg/L標準液を使用した．

3) 前処理及び分析

懸濁態物質と溶存態物質を分離する目的で, 試料到着後, すぐに原水の半量を孔径1μmのガラス繊維ろ紙（ワットマン）を用いてろ過をした．このろ液をNo.1-2とした．その後，以下の通りに前処理及び分析を行った．

(1)金属類　溶存金属の濃度分布はμg/L～mg/Lと幅広いため，試料は各浄水処理過程につき希釈なしのものと超純水で10倍に希釈したものの２種類を作成した．その後，水道法告示法[5)]に準拠して前処理を行った．すなわち，各試料をチューブに50 ml採り，硝酸を0.5 ml加え，ヒートブロックにて95℃，90分加熱分解を行った．室温まで冷却後，超純水にて50 mlにメスアップし, よく混合した. 酸分解後, 残留物が認められた試料については，静置してその上清を別のチューブに移し，分析に供した．清澄な試料についてはそのまま分析に供した．

金属分析はICP及びICP-MSで行った．ICPでは，希釈なしの試料でK及びFeを，10倍希釈の試料でNa，Ca及びMgを分析した. その他の元素はICP-MS法で希釈なしの試料の分析を行った．各項目の測定波長，測定質量数及び定量下限値

表1. ICP-MS分析質量数（左），ICP分析波長（右）及び定量下限値

項目	質量数 (m/Z)	定量下限値 (μg/L)
B	11	0.3
Al	27	0.1
Cr	53	0.1
Mn	55	0.1
Ni	60	0.1
Cu	63	0.1
Zn	66	0.6
As	75	0.1
Se	82	2
Mo	95	0.1
Ag	107	0.2
Cd	111	0.04
Sb	121	0.01
Ba	137	0.5
Pb	208	0.01
Bi	209	0.2
U	238	0.02
Be*	9	−
Co*	59	−
Y*	89	−
In*	115	−

項目	波長(nm)	定量下限値 (mg/L)
Ca	317.933	1
Fe	238.204	0.005
K	766.490	1
Mg	285.213	1
Na	588.995	1
Y*	224.306	-
	371.030	-

＊ 内部標準物質

を表1に示す．両法とも内部標準法で定量を行った．内部標準物質は, 表1に示す物質のうち各分析項目に近い波長及び質量数のものを使用した．

(2)その他の項目　陰イオン類はイオンクロマトグラフ法，色度及び濁度は比色法，$KMnO_4$消費量は滴定法，TOCは燃焼酸化法，NH_4-Nは1-ナフトール法により分析を行った．硬度はCa及びMgの値より算出した．各項目の定量下限値は，Cl^- ：0.2mg/L，NO_3-N：0.01mg/L，Br^-：0.2mg/L，色度：1度，濁度：1度， $KMnO_4$消費量：0.3mg/L，TOC：0.5mg/L，NH_4-N：0.02mg/L，紫外線吸光度：0.001とした．なお，陰イオン類，TOC及びNH_4-Nは未ろ過の原水については分析しなかった．

結 果 及 び 考 察

1. 原水の水質について

1) 原水の濃度

(1) 原水の濃度について 父島及び母島における水道原水（No.1，ただし陰イオン類，TOC，及びNH_4-Nはろ過後の原水No.1-2）の各月データを平均し，その平均値について原水の評価を行った．表2に父島及び母島の1年間の平均値, 最小値, 最大値及び水道水質基準値等を示す. Cd, Se, Uは一部の原水についてのみ定量下限値付近で検出され, Agは全ての試料で定量下限値未満であった．これら4元素は以降の統計から除いた．なお，水道水質基準等については水道水質基準が設定されている項目はその基準値を記載し，水質管理目標設定項目及び要検討項目が設定されている項目はその目標値を記載した．

小笠原諸島の原水の濃度を本州の湖沼である琵琶湖（Al 21μg/L，Mn 13μg/L，Fe 29μg/L，Cu 0.18μg/L，Zn 0.20

表2. 父島及び母島の原水濃度

項目	父島 平均	父島 範囲	母島 平均	母島 範囲	基準値等 (μg/L)	項目	父島 平均	父島 範囲	母島 平均	母島 範囲	基準値等 (mg/L)
B	56.9	(43.1-77.4)	57.2	(49.1-65.7)	1000	Ca	18	(7-35)	23	(15-33)	-
Al	557	(37-1,885)	151	(12-1,585)	200	K	3	(2-4)	5	(4-6)	-
Cr	1.6	(0.4-4.9)	0.8	(0.2-2.4)	50	Mg	14	(6-27)	13	(9−22)	-
Mn	62.0	(24.8-105.3)	53.5	(30.6-87.9)	500	Na	63	(34−104)	67	(47-101)	200
Ni	1.0	(0.3-2.1)	0.6	(0.2-1.4)	10	硬度	102	(43-197)	111	(75-172)	300
Cu	3.2	(1.3-7.0)	1.8	(1.0-3.9)	1000	Cl^-*	120	(61-188)	130	(76-205)	200
Zn	3.8	(1.5-8.5)	7.0	(1.0-12.7)	1000	NO_3-N*	0.07	(nd-0.44)	0.51	(0.15-1.08)	10
As	1.1	(0.3-3.5)	0.5	(0.3-1.6)	10	Br^-*	0.36	(0.16-0.59)	0.35	(0.20-0.56)	-
Mo	4	(0.1-23.0)	0.3	(nd-1.8)	70	TOC	4.0	(2.6-7.8)	3.6	(2.3-5.1)	5
Sb	0.06	(0.01-0.13)	0.03	(nd-0.07)	15	$KMnO_4$	22.3	(13.3-55.2)	15.0	(11.7-25.8)	3
Ba	1.6	(1.0-2.4)	2.5	(1.4-3.7)	700	NH_4-N*	0.03	(nd-0.11)	0.03	(nd-0.11)	-
Pb	0.4	(0.2-0.8)	0.2	(0.1-0.6)	10						(度)
Bi	5.3	(nd-35.3)	0.52	(nd-2.3)	-	色度	43	(16-95)	32	(26-48)	5
Fe	731	(195-1688)	216	(114-1036)	300	濁度	8	(2-19)	6	(3-10)	2

6回以上検出した項目のみ示す.

基準値等：水道水質基準，水質管理目標設定項目，要検討項目が設定されている項目についてその基準値または目標値を示す.

* ろ過後の原水の分析値

μg/L，Pb 0.068μg/L）のデータ[6]と比較すると，多くの元素で父島及び母島の方が5倍以上高い値であった．また，父島と母島の値を比較すると，ZnやBa等少数の項目を除いては父島の方が高い値を示していた．落合が1992年から1999年にかけて父島連珠ダムの水質調査を行ったデータ[4]（Al : 38-2,050 μg/L，Fe : 9- 1,380 μg/L）と比較すると，Alは1990年代と同程度であり，Feは増加していることが分かった．

金属類で水道水質基準値等の値を超過した項目は，父島ではAl（平均値（以下同様）557 μg/L），Fe（731 μg/L）であった．母島では水道水質基準値等を超過する項目はなかった．その他の項目では，父島で$KMnO_4$消費量（22.3 mg/L），色度（43度），濁度（8度）が，母島で$KMnO_4$消費量（15.0 mg/L），色度（32度），濁度（6度）が水道水質基準値等を超過していた．

(2) 原水全濃度に占める懸濁態濃度の割合　原水は濁度が非常に高かったため，懸濁態を含む原水の濃度（C-mixとする）に占める懸濁態のみの濃度（C-particleとする）も算出した．原水をろ過した試料を分析し，C-mixからろ過後の濃度を除算することにより，C-particleを算出した．濃度は毎月の調査の平均値を用いた．表3に原水における懸濁態の比率を示す．Zn及びBaはろ紙からの溶出により，ろ過後の方が高値だったため，表から除いた．金属類でC-mixに占めるC-particleが高い割合だったのは，Mn（父島 89%，母島 96%，以下同じ），Bi（62，57%），Fe（34，69%），Pb（23，58%），Al（32，32%）であった．

2) 原水中金属類の起源の推定及び季節変動

(1) 主成分分析　原水中金属類について、各項目がどのように関連するかを調査するため、主成分分析を行った．その結果を図2に示す．各島原水における第1主成分及び第2主成分の固有値は，父島で13.35（寄与率47.68%，以下同様），5.11（18.25%），母島で12.22（44.00%），5.02（17.92%）で，第1主成分と第2主成分の寄与率の合計は父島で65.95%，母島で61.93%を占めた．

図2下に示した各項目の主成分得点の散布図において，第1主成分の大小に注目して2つの項目群を分類した．散布図下方にはAl, Fe, Cu, Ba, Cr, Znを含む項目群（これらの金属類をⅠ群とする），上方にはCa, Mg, 硬度, Naを含む項目群（これらの金属類をⅡ群とする）が認められた．Ⅰ群及びⅡ群の起源及び変動について次のように考察した．

(2) Ⅰ群　Ⅰ群に含まれる金属類は互いに相関を示し，$KMnO_4$消費量や紫外線吸光度といった有機物の指標とも高い相関を示した（$p<0.01$）．水道原水であるダム湖中の有機物は，亜熱帯性植物の落ち葉などを微生物が分解して生成するフミン質が主である[3]．Ⅰ群の金属は，これらの有機物とキレート結合して存在していることが推察される．また，Ⅰ群のうち，Al，Fe，Cr，Cuは6月をピークとした変動がみられた．この要因を以下に考察する．一般に湖沼

表3. 原水濃度に占める懸濁態の比（%）

項目	父島	母島
B	1	*
Al	32	32
Cr	31	7
Mn	89	96
Ni	16	13
Cu	18	6
As	*	16
Mo	44	13
Sb	17	10
Pb	23	58
Bi	62	51
Fe	34	69
Ca	2	0
K	*	2
Mg	10	1
Na	14	*

*：ろ過後の濃度が原水よりも高かった項目

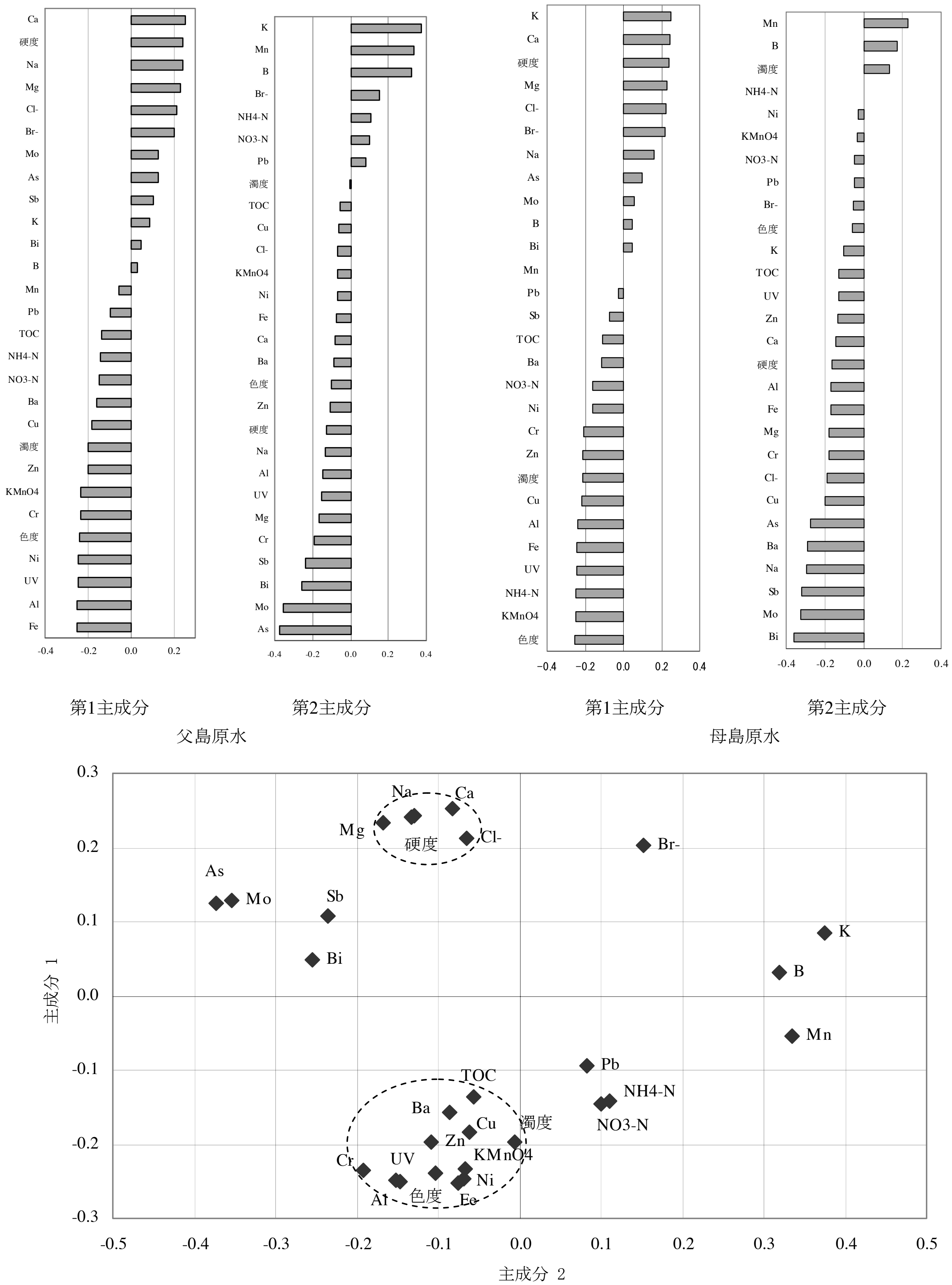


図2. 父島原水及び母島原水の主成分分析の結果

上図：各項目の第1，第2主成分における主成分得点

下図：父島における各項目の第1主成分及び第2主成分得点の散布図

が水源の場合，気温変動による水源内の対流がある[7]．しかし，小笠原諸島は亜熱帯性気候のため一年を通して気温が大きく変化せず，さらに現在は循環装置を使用して常に強制的に循環をさせている[8]ためダム内対流による濃度の季節変動は考えにくい．そこで，父島について採水日から10日前までの降水量を積算し，この群の金属類と相関分析を行ったところ，Al，Fe，Crと降水量とに相関関係が認められた（$p<0.01$）．図3に，このうちAl濃度と降水量の関係を示す．落合[4]は，小笠原のダム湖，特に時雨ダムにおけるAl濃度が高い原因として，小笠原の土壌がラテライト質土壌によるものではないかと推定している．小笠原の森林土壌は暗赤色を示し，SiO_2, Al_2O_3及びFe_2Oに富んでいると報告されている[9]．これらのことから，Al，Fe，Crは降水により土壌から流入してきたと考えられる．その他の金属についても，同様の機構により土壌由来でダム湖に流入してきたと推察される．

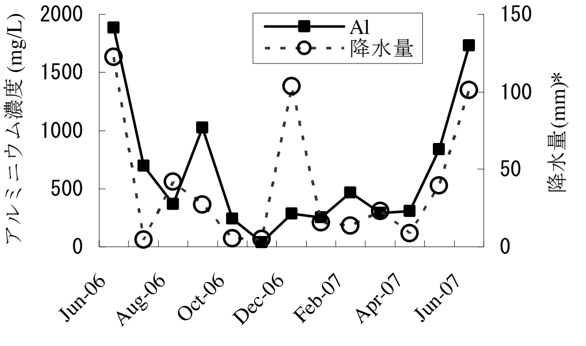


図3. 父島水道原水　Al濃度と降水量

＊ 降水量は，採水日より10日前までの降水量の積算値を示す.

(3) Ⅱ群　Ⅱ群に含まれる金属類は同じ季節変動をし，夏季に低く冬季（10月-3月）に高かった．Cl^-，Br^-もⅡ群と同じ挙動を示していた．小笠原諸島の水源であるダム湖の水位は年間ほとんど変動がみられない[2]．一方，島嶼では，周りが海に囲まれているため，海水が風送塩として内陸に運ばれることが考えられる[7]．そこで，父島の各日最大風速時の風向データ[10]を調査し，Ⅱ群の項目の濃度変動との比較を行った．風向は北方向からの風と南方向からの風に分けて，その日数を1ヶ月ごとに積算した．その結果及びⅡ群に属する項目の推移を示したのが図4である．北方向からの風が多かった日は，Ⅱ群の変動と同様に冬季に集中していた．特に，最大風向が北北東であった日数とNa及びMgとは相関が認められた（相関係数： 0.627（Na）， 0.587（Mg）：いずれも $p<0.05$）．父島のダム湖の水は一旦連珠ダムに集められ，その後浄水場に導水される[8]．この連珠ダムは北東側が海に比較的近い．これらにより，Ⅱ群の金属類の起源は父島においては北方向からの風により海水成分が風送塩として水道水源に運ばれたことによると推察された．母島においては風向データを入手できなかったため，比較はできないが，父島と同様に風送塩の影響を受けていると推察される．

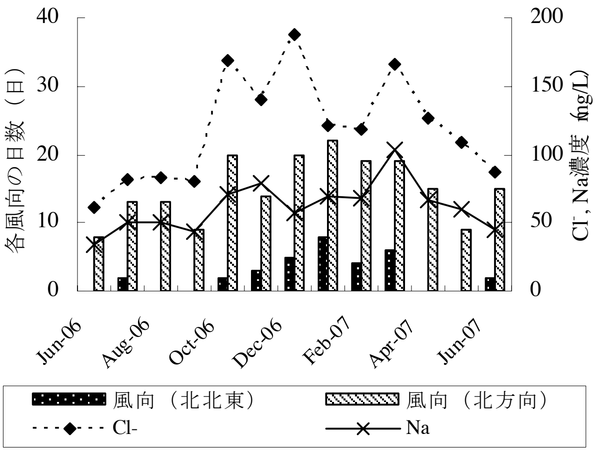


図4. 父島水道原水　Ⅱ群の項目と月間最大風速の風向

風向は，各日最大風速の風向を月ごとに積算した．「北方向」は風向を南北に分類した時の北方向からの風を示す.

表5. 浄水処理過程での濃度変化

		減少		変化なし	増加
		減少幅大	減少幅小		
浄水/原水*		<0.09	0.10-0.80	0.81-1.20	>1.21
父島	金属類	Al,Mn Bi,Fe	Cr,Ni,As, Mo,Sb	B,Zn,Ca,K, Mg,Na , (Pb)	Cu,Ba,(Pb)
父島	その他	色度 濁度	Br-,TOC, $KMnO_4$, (NO_3-N)	Cl^-	NH_4-N, (NO_3-N)
母島	金属類	Al,Mn	As,Mo,Sb, Bi,Fe, (Zn),(Pb)	B,Cr,Ni,Ba, Ca.K,Mg, Na,(Zn)	Cu,(Pb)
母島	その他	色度 濁度	Br^-, TOC, $KMnO_4$	Cl^- NO_3-N	NH_4-N

( ) 内は2つの給水栓水の内片方のみ該当する項目．Pb及びZnは浄水処理後時間が経過した地点の浄水が高かった．ただし、父島のNO_3-Nのみ浄水処理後時間が経過した浄水の方が低かった.

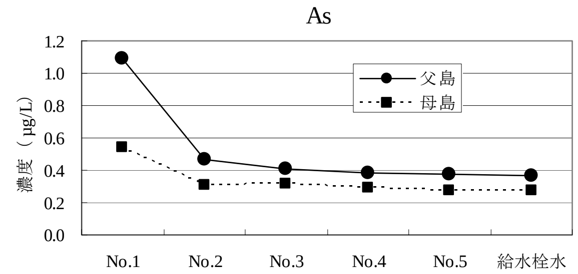
＊ 水道水（No.6及びNo.7）の濃度を、原水（No.1）の濃度で除算した結果.

2. 浄水処理過程での濃度変化

浄水処理の効果をみる目的で，浄水処理過程により減少した割合で分類を行った．計算は，No.6及びNo.7（給水栓水）の濃度をNo.1（原水）の濃度で除算した．濃度は年平均値を用いた．結果を表5 に示す．（ ）内は2つの浄水のうち片方のみ当該分類である項目である．

1) 減少した項目

金属類では，Al，Mn，Bi，Fe，As，Mo，Sbが両浄水場で，父島のみでCr，Niが，母島のみでZn（No.6），Pb（No.6）が該当した．そのほかの項目では，両浄水場で色度，濁度，Br^-，TOC，$KMnO_4$消費量が，父島のみでNO_3-N（No.7）が該当した． これら項目のほとんどはNo.1からNo.2の間（活性炭及びPACによる凝集沈澱処理）で大部分減少していた．



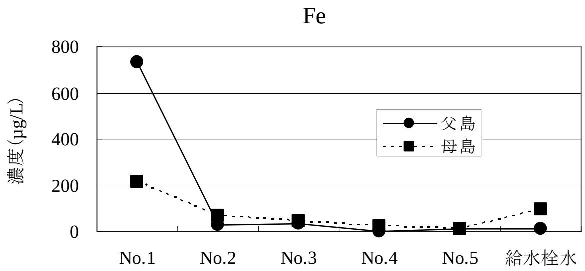
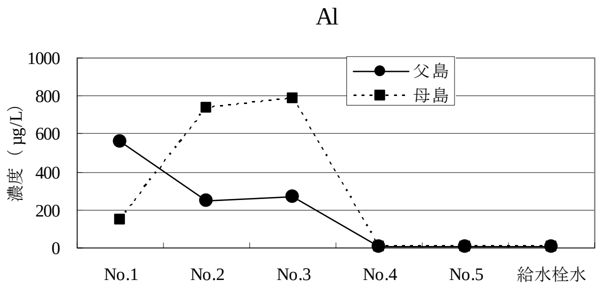
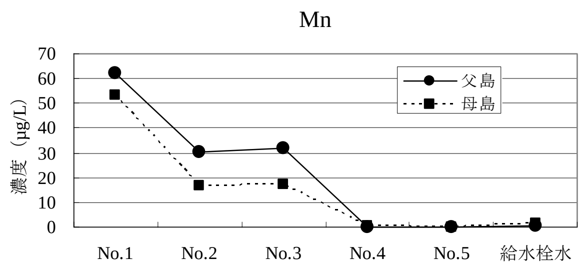


図5 活性炭及びPACによる凝集沈殿で減少した項目の例

給水栓水：No.6及びNo.7の平均





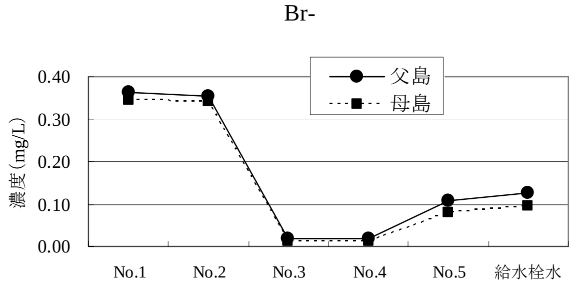
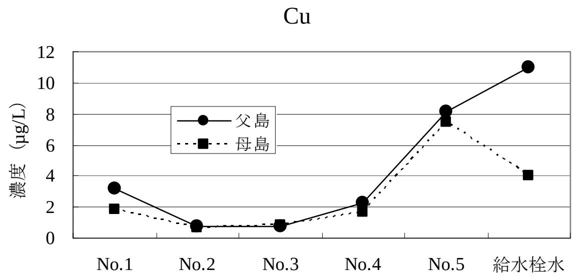
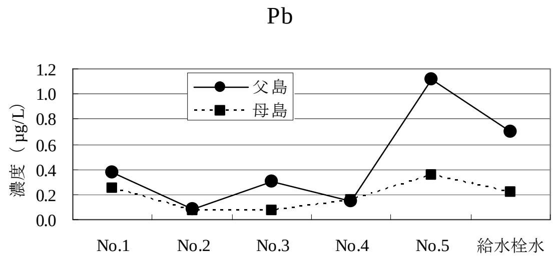


図6 中塩素処理後に減少した項目

給水栓水：No.6及びNo.7の平均





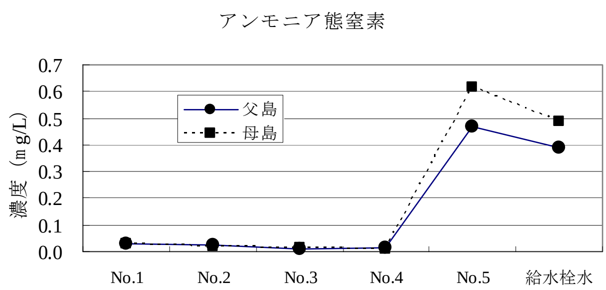


図7 結合塩素処理で増加した項目

給水栓水：No.6及びNo.7の平均

このうち，As及びFeの処理状況を図5に示す．

一方，Mn及び父島のAlはその後のNo.3からNo.4の間（中塩素処理後）でさらに減少していた．Mnについては，塩素処理による酸化作用が充分に作用していると推察された．Alについては，前段の凝集沈澱処理で除去しきれなかった懸濁態Alが，No.3及びNo.4間のろ過で充分に除去できたことを示している．母島のAlはNo.2で上昇しているが，これは凝集沈澱処理に使用されるPACによるものであると推定

される．また，Br^-は塩素処理のみで減少していた．これについては，我々の調査[11)]により臭素を含む消毒副生成物が生成したためと推定した．Al，Mn，Br^-の処理状況を図6に示す．減少幅の大きかったAl，Mn，色度，濁度は，原水において懸濁態の比率が高い項目であり，これは凝集沈殿処理による減少と推定された．

2) 変化がなかった項目　金属類では両浄水場でB，イオン化傾向が高いCa，K，Mg及びNaが，さらに父島のみでZn及びPb（No. 6）が，母島のみでCr，Ni，Ba及びZn（No.7）が該当した．その他の項目では，両浄水場でCl^-が，母島のみでNO_3-Nが該当した．

3) 増加した項目　金属類では両浄水場でCu，Pb（No.7）が該当し，父島のみでBaが該当した．その他の項目では，両浄水場でNH_4-N, 父島でNO_3-N (No.6) が該当した. NO_3-Nを除いては，No.5（ろ過機後）から増加しており，浄水場から遠い採水地点の方がより増加率が高かった．Cu，Pb，NH_4-Nの処理状況を図7に示す．増加の原因については，NH_4-Nは，結合塩素処理の薬品として硫酸アンモニウムを添加しているためと推定される．Cu及びPbは，NH_4-Nの濃度変化と相関が高かった (相関係数 : 父島のCu 0.89, Pb 0.91, 母島のCu 0.90，Pb 0.70，いずれも $p<0.01$）ことから，Cu及びPb濃度の上昇と結合塩素処理に何らかの関連があることが推定された．Jayら[12)]は結合塩素処理のモノクロラミンが，次亜塩素酸Naと比較してPbを溶解しやすいという報告をしている．また，添加薬品の硫酸アンモニウムの不純物である可能性もあるが，今回は薬品の不純物の検討は行っていないため不明である．

3. 給水栓水の水質について

給水栓水の平均濃度，最大値及び最小値を表6に示す．金属類ではどの項目も1年間水道水質基準を超過せず, 原水のような変動も観察されなかった．水道水質基準が設定されている金属類のうち, 基準値の10%を超過している項目は, 両浄水場でNa (父島34%, 母島35%, 以下同様) , 硬度 (33-34, 37%)，母島のみでFe（19-32%）であった．Naや硬度は原水中濃度が高い上に浄水処理過程で除去できないためと推察される．母島のFeは，図4にも示すとおり浄水場送水時点では低かったため，浄水場から給水栓までの管内からの溶出が推察される．

その他の項目ではCl^-が母島で2回水道水質基準を超過した (2006年11月 : 222-225mg/L，2007年2月 : 214- 222mg/L）. 11月は台風が上陸していた．2月は，台風は来ていなかったが採水日付近で風速20m/s 以上の強風が吹いていた．また，

表6 給水栓水の水質

No.6

項目	父島		母島		基準値等 (μg/L)	項目	父島		母島		基準値等 (mg/L)
	平均	範囲	平均	範囲			平均	範囲	平均	範囲	
B	49.1	(41.3-60.6)	54.0	(48.2-61.0)	1000	Ca	19	(10-34)	24	(16-35)	-
Al	6.0	(nd-23.3)	7.2	(nd-28.8)	200	K	4	(3-5)	5	(4-6)	-
Cr	0.7	(nd-1.4)	0.7	(0.1-1.9)	50	Mg	13	(7-25)	13	(9－22)	-
Mn	0.8	(nd-1.3)	1.2	(0.8-2.4)	500	Na	69	(46－113)	71	(48-109)	200
Ni	0.4	(nd-0.8)	0.5	(0.3-0.7)	10	硬度	101	(53-189)	112	(75-176)	300
Cu	7.0	(2.9-16.5)	5.6	(1.0-8.2)	1000	Cl^-*	141	(97-196)	151	(101-222)	200
Zn	3.1	(0.6-7.4)	5.9	(2.4-13.6)	1000	NO_3-N*	0.10	(0.02-0.24)	0.50	(0.18-1.14)	10
As	0.4	(0.2-0.8)	0.3	(0.2-0.5)	10	Br^-*	0.13	(0.05-0.28)	0.10	(0.04-0.13)	-
Mo	0.7	(0.1-2.6)	0.2	(nd-0.4)	70	TOC*	1.51	(1.0-1.9)	1.8	(1.2-2.2)	5
Sb	0.04	(0.02-0.06)	0.02	(nd-0.04)	15	$KMnO_4$	3.8	(2.5-5.1)	3.9	(3.0-5.4)	3
Ba	3.0	(2.0-4.7)	2.2	(1.7-2.8)	700	NH_4-N*	0.33	(0.10-0.52)	0.53	(0.34-0.63)	-
Pb	0.4	(0.2-0.9)	0.3	(0.1-0.5)	10						(度)
Fe	15.0	(7.7-27.6)	55.6	(9.1-185.3)	300	色度	0.1	(nd-1)	1.3	(nd-5)	5

No.7

項目	父島		母島		基準値等 (μg/L)	項目	父島		母島		基準値等 (mg/L)
	平均	範囲	平均	範囲			平均	範囲	平均	範囲	
B	48.1	(42.3-58.2)	53.6	(47.0-60.0)	1000	Ca	19	(9-32)	23.5	(15-34)	-
Al	6.2	(nd-23.5)	6.7	(nd-25.4)	200	K	4	(3-5)	4.6	(4-6)	-
Cr	0.7	(nd-1.5)	0.7	(0.1-1.8)	50	Mg	13	(6-24)	12.9	(9－22)	-
Mn	0.3	(nd-0.7)	1.4	(0.4-2.5)	500	Na	67	(46－103)	71.0	(48-105)	200
Ni	0.4	(nd-1.1)	0.5	(0.3-0.7)	10	硬度	100	(47-179)	110	(73-175)	300
Cu	15.0	(7.4-41.5)	2.5	(0.7-12.7)	1000	Cl^-*	141.0	(96-196)	155.7	(101-225)	200
Zn	3.9	(0.8-9.9)	3.5	(0.4-8.9)	1000	NO_3-N*	0.1	(0.01-0.11)	0.5	(0.23-1.13)	10
As	0.3	(0.2-0.7)	0.3	(0.2-0.5)	10	Br^-*	0.1	(0.05-0.24)	0.1	(0.04-0.14)	-
Mo	0.6	(0.1-2.4)	0.1	(nd-0.3)	70	TOC*	1.5	(1.0-2.0)	1.8	(1.2-2.2)	5
Sb	0.03	(nd-0.05)	0.0	(nd-0.03)	15	$KMnO_4$	3.4	(2.3-5.1)	3.9	(2.7-5.3)	3
Ba	2.8	(1.8-4.3)	2.3	(1.9-2.8)	700	NH4-N*	0.45	(0.35-0.57)	0.45	(0.24-0.64)	-
Pb	1.0	(0.3-2.3)	0.1	(nd-0.8)	10						(度)
Fe	10.9	(4.9-18.9)	95.2	(42.1-220.9)	300	色度	0.1	(nd-1)	1.7	(nd-5)	5

6回以上検出した項目のみ示す.

基準値等：水道水質基準，水質管理目標設定項目，要検討項目が設定されている項目についてその基準値または目標値を示す.

Cl^-は小笠原浄水場の浄水処理では除去されない．以上のことから，Cl^-が高値だった原因は海水が水源に運ばれたことであると推定された．また水道水質基準を超過しなかったが，基準値の10%を超過した項目は，両浄水場でTOC（30-31, 36%），母島のみで色度（26-35%）であった.

ま と め

小笠原父島及び母島の水道原水は，AlやFe等の濃度が高いことは知られているが，季節変動をみた報告はみられない．そこで2006年6月から2007年6月まで毎月1回，小笠原両島の水道原水について金属類を中心に調査を行った．また，浄水処理過程での処理状況及び給水栓水の水質についても調査を行い，以下の結果を得た.

1. 原水の水質及び1年間の変動

1) 原水において検出された金属類は，主成分分析によりⅠ群及びⅡ群に分類された．Ⅰ群に含まれる金属群は6月をピークとする変動がみられた．このうちAl，Fe，Crは降水により土壌から流出したと推定された．また，Ⅱ群に含まれる金属群は，冬季に高く夏季に低い傾向が見られた．これは，冬季に増加する北よりの風により海水成分が風送塩として水源に運ばれたことが原因と推定された.

2) 水質基準値を超過した項目は，父島ではAl・Fe・$KMnO_4$消費量・色度・濁度，母島では$KMnO_4$消費量・色度・濁度であった.

2. 浄水処理過程での濃度変化

活性炭・凝集沈澱処理で多くの項目は減少した．また，中塩素処理によりAl及びMnが減少した．増加した項目はCu，Pb，NH_4-Nだった．NH_4-Nの濃度増加は浄水処理過程で硫酸アンモニウムを添加しているためである．CuやPbはNH_4-Nと相関が高かったことから，Cu及びPb濃度の上昇と結合塩素処理に何らかの関連があることが推定された.

3. 給水栓水の水質

金属類ではどの項目も1年間水道水質基準値を超過せず，変動も少なかった．その他の項目ではCl^-が母島で２回水道

水質基準値を超過したが，その原因は，台風や強風で海水が水源に運ばれたことが原因と推定された.

謝辞　本研究を実施するにあたり試料の分与を許可いただきました小笠原村役場建設水道課，東京都福祉保健局健康安全部環境衛生課の方々に感謝します.

文　献

1) 東京都福祉保健局健康安全室：東京都の水道，平成19年度版，84, 2008.
2) 小笠原村建設水道課：小笠原父島・母島簡易水道管理月報（2007-2008）
3) 芳賀秀寿，黒瀬博行，三村秀一，他：水道公論，**19**(6), 53-61,1983.
4) 落合正宏：水処理技術，**45**(1), 13-17,2004.
5) 厚生労働省：厚生労働省告示第261号.
6) 野尻幸弘：陸水の化学，日本化学会編，1992，学会出版センター，東京
7) 水道水質問題研究会：水道の水質調査法，1997，技報堂，東京
8) 山崎公子，福田秀樹，小泉明：小笠原研究年報，**18**,54-69,1995
9) 森田佳行：日林誌，**64**(3),93-100,1982
10) 気象庁：気象統計情報，http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html（2008年7月28日現在，なおURLは変更または抹消の可能性がある）
11) 栃本博, 小杉有希, 猪又明子, 他：水環境学会誌, **30**(7), 387-395, 2007
12) Jay A.S., Vishnu V.R., Sansanee B., et al.: Environ.Sci.Technol., **40** (10), 3384-3387, 2006

Investigation of Metal Ions in the Drinking Water of the Ogasawara Islands

Yuki KOSUGI*, Hiroshi TOCHIMOTO*, Hiroyuki KONISHI*, and Kumiko YAGUCHI*

Change of metal ions on several treatment processes of drinking water treatment plants was investigated in Chichijima Island and Hahajima Island of the Ogasawara Islands from June 2006 to June 2007. The most metal ions decreased by activated carbon/coagulation process. Aluminum and manganese ions decreased by chlorine disinfection process. On the other hand, copper and lead ions increased by combined residual chlorine treatment. Although aluminum and ferrous ions in raw water at the plant in Chichijima Island were detected to be higher than water quality standards in Japan, the concentration of metal ions in tap water from the two plants was lower than those standards. In the raw water of the plants, Al, Cr, Cu, Zn, Ba, and Fe ions were correlated with organic matter, and Ca, Mg, Na, and K ions were correlated with chloride and bromide ions suggesting that the quality of the raw water is affected by both surface soil and air-born salt.

Keywords: Ogasawara, Chichijima Island, Hahajima Island, metal ions, raw water, tap water, water treatment, annual change, aluminum, iron, copper, lead