

下淡水溪川水の水質およびシリカの除去*

許 東 栄**

(昭和 47 年 1 月 7 日受領)

1. 緒 言

台湾南部の高雄工業地帯には各種の工場が存在し、この地帯を流れる下淡水溪の水は、現在工業用水として多量に使用されている。下淡水溪流域は熱帯に属し、この地域の降雨量、気温の状況、地質状態等は、北部の基隆川流域の場合と著しく異なっているため、下淡水溪川水の水質は基隆川水のそれと著しい相違のあることが予想されるが、これまでほとんど研究がなされず、とくに下淡水溪川水の水質については全く判っていない。近年、高雄の南部火力発電所には高压大容量の発電装置が設置され、これに使用する水の純度に対する要求はますます厳格になっている。現在南部火力発電所においては、下淡水溪の川水に水酸化カルシウムを加えて重碳酸塩硬度を一部減少させてる過し、さらに軟化器で軟化した後、蒸発缶の補給水として使用している。蒸発缶中ではしばしばキャリオーバー¹⁾が起りやすく、使用水中のシリカを完全に分離することは困難である。L.D. Betz²⁾によれば、コロイド状の水酸化アルミニウムは水中のシリカを吸着して沈降するのに有効であることが報告されている。そこで著者はまず川水の性状と降雨量および地質との相関性を明らかにし、さらに台湾においても特殊な例とも考えられる下淡水溪について基礎的調査を行ない、下淡水溪の水質およびシリカの除去について参考資料を得ることとした。

本実験に採用した分析方法は次のとおりである³⁾。

- (1) 濁度：検水を吸収セルにとり光電光度計を使用して 660 m μ における吸光度を測定し、あらかじめ作成した濁度標準液の検量線から濁度を算出した。
- (2) pH：ガラス電極による pH メーターを用いた。
- (3) p-アルカリ度：検水を 50 ml とり、フェノールフタレインを指示薬として 1/50 N 硫酸液で滴定した。
- (4) M-アルカリ度：検水を 50 ml とり、メチルオ

* Studies on elimination of silica from the Sio-Tan-Sui river water

** Tong-Jung Hsu 台北医学院化学教室

レンジを指示薬として 1/50 N 硫酸液で滴定した。

(5) 全硬度：検水を 50 ml とり、塩化アンモニウムアンモニア緩衝液 1 ml とエリオクロムブラック T 指示薬 1~2 滴を加え、EDTA 硬度液 (1 ml=1 mg CaCO₃) で滴定した。

(6) 塩素イオン：検水を 50 ml とり、中性においてクロム酸カリウムを指示薬とし硝酸銀溶液 (1 ml=1 mg Cl⁻) で滴定した。

(7) 硫酸イオン：検水 50 ml をとり、塩酸 5 ml とグリセリン試薬 10 ml と塩化バリウム 0.2 g を加えて硫酸バリウムを生成させ、光電光度計を使用して 415 m μ における吸光度を測定し、あらかじめ作成した硫酸イオン標準液の検量線から硫酸イオンの量を算出した。

(8) 導電率：導電率計を使用して測定した。

(9) シリカ：検水を 50 ml とり、モリブデン酸アンモニウム溶液および塩酸を加えて黄色のケイモリブデン酸を生成させ、光電光度計を使用して 450 m μ における吸光度を測定し、あらかじめ作成した検量線からシリカを求めた。

2. 川水の水質と気候および地質の関係

下淡水溪の川水を常法に従って分析した結果を表 1 に示す。また基隆と高雄における降雨量および気温の測定結果を表 2 に示す。

表 1 から判るように、下淡水溪川水の無機性溶解物および硬度は高い値を示し、これはともに基隆川水の場合に比して遥かに高い値であって、また M-アルカリ度は基隆川水の約 3 倍も高い値を示している。別に小林³⁾の調査によると日本における多くの河川は一般に無機塩濃度は稀薄であるが、シリカ含量は高く、カルシウム塩が少ないことが知られている。

これに対し下淡水溪川水はシリカ含量がきわめて低く、含有無機物のわずか 3~4.7% に相当することがわかった。日本における硫酸塩平均含量は無機物中の 9.9~45% にあるが、下淡水溪は 11~26% であった。また日本の中国地方の平均 Ca、炭酸塩および SiO₂ 含量の平均値はそれぞれ 12.1、25.5 および 26.5% である。

表-1 下淡水溪の水質

分析項目 月	濁度 (ppm SiO ₂ として)	pH	カ-アルカリ リ度 (ppm, CaCO ₃ として)	M-アルカリ リ度 (ppm, CaCO ₃ として)	全硬度 (ppm, CaCO ₃ として)	塩素イオン (ppm, Cl として)	硫酸イオン (ppm, SO ₄ として)	導電率 (MΩ/cm, 25°C)	シリカ (ppm, SiO ₂ として)
1 月	0	8.1	0	154	209	6.5	67	450	13.0
2 月	0	7.7	0	146	212	6.4	78	423	13.0
3 月	0	7.6	0	149	207	6.4	76	445	13.0
4 月	0	7.8	0	144	216	6.2	77	410	12.5
5 月	0	7.8	0	131	208	6.6	60	432	12.0
6 月	0	7.8	0	104	154	6.0	64	432	11.0
7 月	0	7.6	0	107	149	6.7	47	356	9.0
8 月	0.6	7.3	0	98	121	6.6	33	283	6.0
9 月	0	7.2	0	89	118	6.9	22	285	7.0
10 月	0	7.2	0	99	137	6.5	34	294	9.0
11 月	0	7.2	0	124	160	6.0	49	331	11.0
12 月	0	7.1	0	128	166	6.2	52	361	11.0

表-2 基隆と高雄の温度と雨量

地方名	測定項目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	
基隆	温度 (°C)	15.4	15.3	17.9	21.3	23.9	27.9	28.7	29.0	27.5	24.6	21.9	18.5	平均 22.7
	降雨量 (mm)	232.2	428.7	457.2	131.9	367.1	106.7	119.5	47.4	44.3	108.5	261.6	323.2	計 3005.7
高雄	温度 (°C)	18.1	19.3	21.9	24.8	27.2	28.7	27.8	27.7	27.4	26.0	24.2	20.8	平均 24.5
	降雨量 (mm)	7.1	15.9	51.3	33.3	137.6	86.6	340	716	194	61.8	—	5.7	計 1649.8

しかるに下淡水溪のそれは、26.1, 28.4 および4%でCaと炭酸塩含量が高く、シリカがきわめて低い。これらの事実は、台湾南部の地質が主として頁岩と石灰岩とから成り、また雨量が比較的少ないため一旦降ると地中に浸透してアルカリやアルカリ土類金属を溶解し、しかも気温が高く、河川の長さも比較的長いので流れているあいだに一部濃縮されるようになり、結果としてアルカリ、硬度および無機性溶解物含量が増加されるものと思われる。また濁度がきわめて低いのは雨量が少なく、川の流れがきわめてゆるやかでかつ長いためによると思われる。

3. 水酸化アルミニウムによるシリカの除去

3.1 水酸化アルミニウムによるシリカの除去

硫酸アルミニウム (Al₂(SO₄)₃・16 H₂O~18 H₂O) 30g を蒸留水 1l に溶かし、5%水酸化ナトリウム液 320ml を加えて水酸化アルミニウムを沈殿させた後、遠心分離し、さらに水洗して水酸化アルミニウムを調製した。次に原水 (pH 7.3, シリカ含量 5.6mg/100ml) 100ml に上記の水酸化アルミニウムを加え、次いで水酸化ナトリウムを加えてそれぞれ所定の pH に調節し、25°C で十分かきまぜて 24 時間放置後、ろ過して得られた液について残留シリカ量を測定した結果を表 3 に示す。

表-3 シリカの除去と pH との関係

水酸化アルミニウム添加量 (ppm)	10	10	10	10	10
pH	9.4	10.0	10.2	10.6	11.2
残留シリカ (ppm, SiO ₂ として)	2.6	2.0	1.8	2.2	3.4
シリカ除去率 (%)	54.0	65.0	68.0	60.0	40.0

また pH とシリカ除去率の関係を図 1 に示す。

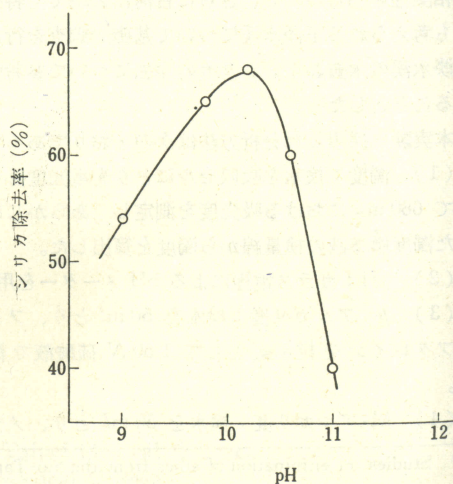


図-1 pH とシリカの除去率

以上の結果、この場合シリカの除去にもっとも有効な pH は約 10.2 で、シリカは約 68% 除去されることがわかった。

3.2 水酸化カルシウムによるシリカの除去

一定量の原水に表 4 のようにそれぞれ一定量の工業用水酸化カルシウム水溶液を加え、室温で十分かきまぜた後、24 時間放置してろ過して得られたろ液について重碳酸塩硬度およびシリカの変化を調べた。その結果を表 4 に示す。

表-4 重碳酸塩硬度およびシリカの除去

水酸化カルシウム添加量 (ppm)	0.0	80.0	87.5	97.5
カ-アルカリ度 (ppm, CaCO ₃ として)	0.0	12.0	20.0	26.0
M-アルカリ度 (ppm, CaCO ₃ として)	76.0	29.0	40.0	42.0
pH	7.8	10.6	10.8	10.9
全硬度 (ppm, CaCO ₃ として)	97.0	73.0	84.0	87.0
シリカ (ppm, SiO ₂ として)	5.6	4.6	4.6	4.9
シリカ除去率 (%)	0.0	17.9	17.9	12.5

表-5 水酸化カルシウムと硫酸アルミニウムによるシリカの除去

水酸化カルシウム添加量 (ppm)	0.0	97.5	97.5	97.5
硫酸アルミニウム添加量 (ppm)	0.0	31	62	125
カ-アルカリ度 (ppm, CaCO ₃ として)	0.0	2.0	2.0	3.0
M-アルカリ度 (ppm, CaCO ₃ として)	76.0	23.0	36.0	61.0
pH	7.8	8.4	8.3	8.3
全硬度 (ppm, CaCO ₃ として)	97.0	82.0	104.0	163.0
残留シリカ (ppm, SiO ₂ として)	5.6	46.0	2.8	2.2
シリカ除去率 (%)	0.0	17.9	50.0	50.8

表-6 水酸化カルシウムと硫酸アルミニウムによるシリカの除去

水酸化カルシウム添加量 (ppm)	0.0	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5
硫酸アルミニウム添加量 (ppm)	0	11	22	44	88	131
カ-アルカリ度 (ppm, CaCO ₃ として)	0.0	0.0	1.0	3.0	2.0	3.0
M-アルカリ度 (ppm, CaCO ₃ として)	90.0	83.0	84.0	87.0	42.0	24.0
全硬度 (ppm, CaCO ₃ として)	112.0	132.0	132.0	138.0	154.0	160.0
pH	7.9	7.7	8.0	8.2	8.4	8.5
残留シリカ (ppm, SiO ₂ として)	5.5	4.6	4.6	3.2	3.2	3.0
シリカ除去率 (%)	0.0	17.9	17.9	41.9	41.9	45.5

その結果、この場合重碳酸塩硬度を完全に除去するには水酸化カルシウム 87.5 ppm の添加量を少なくとも必要とし、また炭酸カルシウムが沈澱する時もシリカを約 18% をも共沈することが明らかになった。

3.3 水酸化カルシウムと硫酸アルミニウムの同時添加によるシリカの共沈

上記したように水酸化カルシウムによるシリカの除去について所期のように良好な結果を示し、上記 3.2 の実験結果によると水酸化カルシウムの添加は重碳酸塩硬度を減少させ、一部シリカの除去についても効果を示すことがわかった。次に原水一定量に水酸化カルシウム (80% CaO として) 97.5 ppm を加え、5% 硫酸アルミニウム水溶液をそれぞれ 31 ppm, 125 ppm 加え、十分攪拌して 24 時間放置した後ろ過し、ろ液について調べた結果を表 5 に示す。また硫酸アルミニウム添加によるシリカ除去率を図 2 に示す。

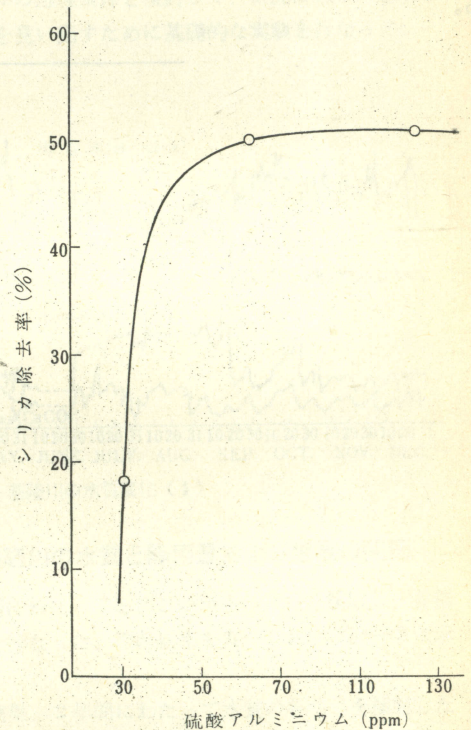


図-2 硫酸アルミニウム添加によるシリカ除去率

図 2 にみられるように、硫酸アルミニウム添加量の増加に伴ってシリカ除去率も良好となったが、かえって全硬度は増加する傾向であった。

次に原水一定量を取り硫酸アルミニウム 60 ppm を加え、さらに水酸化カルシウムをそれぞれ 11, 22, 44, 88, 131 ppm を加えて検討した結果を表 6 に示す。

その結果、水酸化カルシウム添加量の増加に伴ってシリカおよび重碳酸塩硬度は著しく減少するが、全硬度の増加を防ぐことができないことがわかった。

4. 結 語

(1) 熱帯に属する下淡水溪の水質は、亜熱帯に属す

る基隆川の水質と比較して無機溶解物、すなわちアルカリおよび硬度が高いことが分り、また世界の河川水や日本の河川水の場合に比してカルシウムと炭酸塩含量が高いが、シリカ含量が低いことを明らかにした。この差違は台湾における両地区の気候と地質の差違によることと推察した。

(2) 下淡水溪川水について水酸化アルミニウムの添加は含有するシリカの除去に有効であるが、pH によって除去率は著しく影響を受け、pH 10.2 のときがもっとも有効でその除去率は 68% に達した。

(3) 炭酸カルシウム添加によって重炭酸塩は除去され、同時にシリカをも約 18% 除去することが可能である。

(4) 炭酸カルシウムと硫酸アルミニウムの同時添加によって生成した水酸化アルミニウムは、重炭酸塩硬度およびシリカの同時除去に有効であることを示した。

この報告について種々ご教示された東京工大資源化学研究所鈴木周一教授に感謝する。

文 献

- 1) M.E. Fritz and F.H. Long : Proc. Midwest Conf. 8, 60 (1946)
- 2) L.D. Betz : Ind. Eng. Chem, 32, 1320 (1940)
- 3) 小林純 : 本邦河川の化学的研究 (1953)
- 4) Betz : Handbook of industrial water conditioning 6th ed., p. 326 (1962)

☆

☆

☆