

生物屋の緩速ろ過池研究

その47 サモアの濁り水対策で奮闘

信州大学名誉教授 中本 信忠

英国やドイツは、台風・ハリケーンはない。豪雨でもの凄く増水する。

自然現象の利用の浄水施設。現場経験から考えるが大切。

1 サモアの浄水場建設は熱帯の豪雨の経験がないコンサルが設計

南太平洋のサモアでは雨期の河川の濁り水で浄水場のろ過池が目詰まりし、また漏水が多くて困っていた。そこで沖縄県宮古島市は2010(平成22)年4月から2013(平成25)年3月の3年間、JICAの(地域提案型)草の根技協「サモア水道事業運営(宮古島モデル)支援協力」でサモア水道公社の漏水対策と浄水場の維持管理改善に取り組んだ。漏水対策は乾期に毎年約1月間の短期専門家として、浄水場の維持管理は雨期に毎年約1月間の短期専門家として協力した。

私は雨期の浄水場のろ過閉塞問題に宮古島の人と取り組むことになった。私の他に手助けしてくれる人も誘って良いとのことであった。私は上下水道現場での問題解決に経験がある新潟市の荒川朋明さんに頼んで行ってもらった。荒川さんは新潟県見附市での上向流粗ろ過パイロット試験を一緒にしてくれ、生物浄化法の良き理解者

であった。少し調べると、サモアの首都アピアのアラオアAlaoa浄水場はドイツのコンサルDorsch Consultが1984(昭和59)年から87(昭和62)年にかけて、5つの緩速ろ過池を建設した。しかし、サモアの雨期の濁り水でろ過池はすぐに目詰まりして困った。

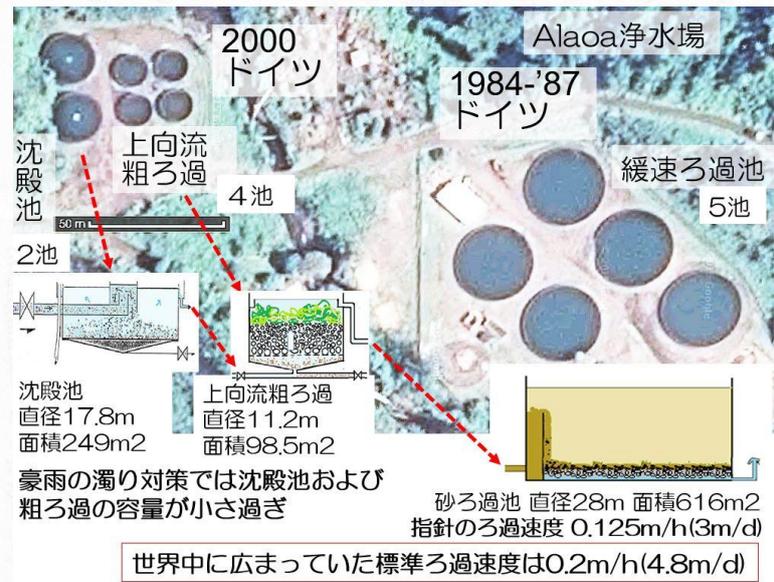


図1 アラオア浄水場

1988(昭和63)年に初めての国際緩速ろ過会議がロンドン大のインペリアル・カレッジで開催された。この会議でブラジルのベルナルドJuz Di Bernardoが濁り水対策で薬品を使わない上向流粗ろ過Up-Flow Roughing Filterを発表した。またスイスのウェゲリンMartin Wegerlinは過去の濁り対策としての粗ろ過を報告した。世界中の緩

速ろ過の研究技術者は粗ろ過技術に関心を示し、粗ろ過の国際共同研究が行われた。ドイツのコンサルは急遽、サモアでの濁り水対策で、この最新技術の導入を決め、2000(平成12)年に完成させた(図1)。ドイツのコンサルが作成した指針に記載されている緩速ろ過池のろ過速度は1日に3回であった。

英国や、ドイツの河川は、豪雨がないので、緩速ろ過池だけで良かった。でもサモアの雨期は、もの凄い雨。濁り水対策が必要。

緩速ろ過 Slow Sand Filtration という言葉で、誤解していた。生物群集の活躍で濁りの捕捉と、分解が鍵だった。

ドイツのコンサルが考えた、濁り水対策は、容量不足で、不十分だった。

ドイツのコンサルは、緩速（砂）ろ過処理 Slow Sand Filtration という言葉のイメージで、ろ過速度が遅い方が良く考えていたと思われた。

しかし、当時、世界中に広まっていた標準ろ過速度は1日に4・8倍であった。当時の世界中の常識は、緩速ろ過処理は生物処理でろ過速度は速くても良いと考えられていた。それなのに、このドイツの設計者は「緩速ろ過処理は生物処理という理解が不十分」だったと思われた。

私は日本で上向流粗ろ過処理を実験し、「上向流粗ろ過は礫表面への濁りの付着と、そこで活躍する生物群集の活躍が原水中の濁り除去に関係している」と気づいていた。サモアでの雨期の豪雨での濁りに対してアラオア浄水場の上向粗ろ過池の大きさが小さ過ぎ、礫表面の総面積が小さ過ぎ、不十分と気づいた。

ドイツのコンサルは原水中の濁り対策で、沈殿池と最新の多層式の上向流粗ろ過池を採用した。指針のフロー図を見ると小さな沈殿池、粗ろ過池をそれぞれ1回しか

小さな沈殿池と最新の上向流粗ろ過。

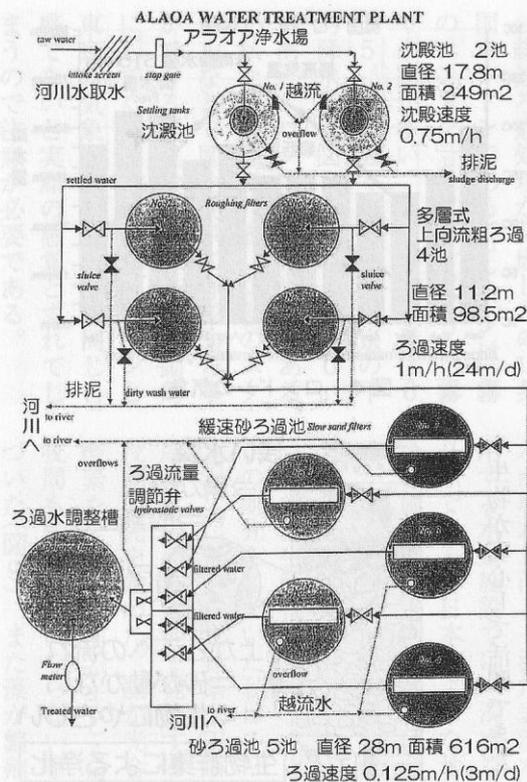


図2 浄水場フロー

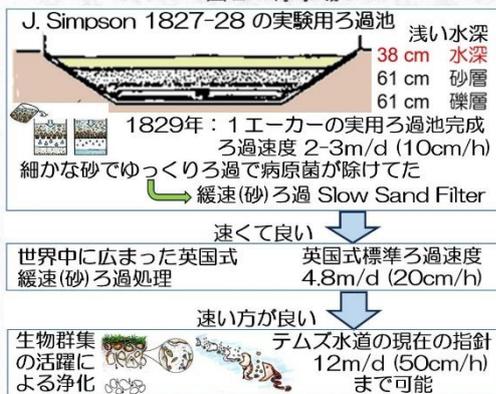


図3 緩速ろ過の変遷

通してなかった(図2)。ドイツのコンサルの技術者は「沈殿池と上向流粗ろ過池を導入さえすれば、雨期の濁り水対策として十分と考えた」と思われた。私はこの施設を見て、どう考えても熱帯地域の現場経験が少ない技術者が設計したと思った。

私は新潟県見附市でのパイロット試験で多段での濁り除去効果を確かめた。またスリランカやバングラデッシュで実際に施設建設に協力した際は多段を勧め、施工した。敷地面積が必要と言われるが、浄水場を建設する場所は人口が密

集した場所でもなく郊外である。必要面積が広くなっても維持管理が楽な方がよい。私は沖縄や広島でのJICA研修では濁り水対策では上向流粗ろ過は保险的に2段が良いと教えている。

2 緩速ろ過のろ過速度は、速い方が良く認識され出した

緩速ろ過処理が完成したのは200年前、産業革命時代のロンドンである。当時は細かな砂でゆっくりとろ過するときれいな水ができたので、緩速(砂)ろ過処理 Slow

Sand Filtration と呼ばれた。汚れたテムズ河の水でも、ろ過した水はきれいだけでなく、病原菌も除けているとわかり、世界中に広まった。日本にも明治時代に英国式緩速ろ過処理が導入された。日本でも明治時代から戦前に建設された英国式の緩速ろ過による浄水場のろ過速度は1日に3倍が標準だった(図3)。

その後、早くても良いと分かり1日に4・8倍が英国式の標準ろ過速度として世界中に広まった。日本でも戦後、建設された緩速ろ過による浄水場のろ過速度は1日に4・8倍が標準になっている。

200年前、細かな砂でゆっくりとろ過すると、きれいな水ができたので、緩速ろ過 Slow Sand Filtration と言われた。当時の水深は38cmと浅かった。だんだんと、ろ過速度を早くても良いと考えだした。

ロンドンの降水量は600ミリと少なく季節性がない。

NHK ブックス『おいしい水の探求』を書いた元東京都水道局の小島貞男さんは「緩速ろ過は地域性がある」と言っていた。

96（平成8）年にテムズ水道の浄水場の藻類の発達を調査した。当時、テムズ水道ではろ過速度を速める実験をしていた。その結果、現在のテムズ水道の指針では1日に12リットルまで良いことになっている。ドイツのコンサルは緩速ろ過という名前で遅いろ過速度の方が良いと考え、ろ過速度は1日に3リットルであった。このコンサルは、当時「既に1日に4・8リットルが標準ろ過速度で、さらに速いろ過速度の方が良い」というが緩速ろ過を研究している技術者の中では常識になっていたのを知らなかった。

ロンドンの気象を調べた。月毎の降水量と月毎の最高気温と最低気温のグラフを見ると、ロンドン

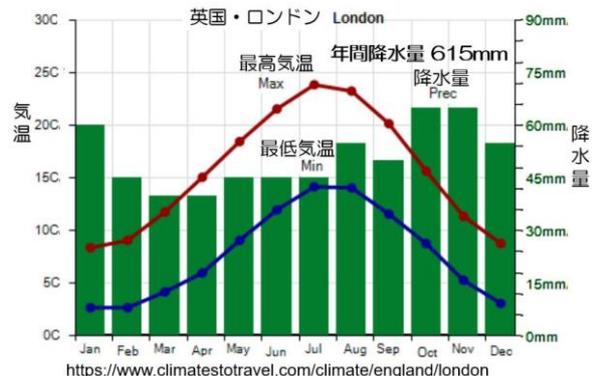


図4 ロンドンの気象

はメキシコ湾流と偏西風の影響で、冬でも厳寒にならない。また降水量も一年中、ほとんど同じである（図4）。ロンドンの気象は急激な変化がなく、生物群集にやさしい環境である。

私はシンプソンのろ過池の水深が38センチと浅かった事に注目している。テムズ水道の原水は汚れたテムズ河の水で栄養塩濃度が高いはずである。ろ過池の砂面上の水

深が浅いので、藻の繁殖が良く光合成による酸素生産が良かったはずである（図5）。ろ過速度は1時間に10センチと遅かった。砂面上の水の滞留時間は3から4時間で、夜間に藻の呼吸や砂面上部での微小生物による呼吸があっても酸素不足にならない。この状態は生物群集が安心して活躍できる環境だった。

水深が浅いと、砂面で藻が繁殖。砂面上部で微小動物が活躍、緩速ろ過は生物群集の活躍が鍵だった。

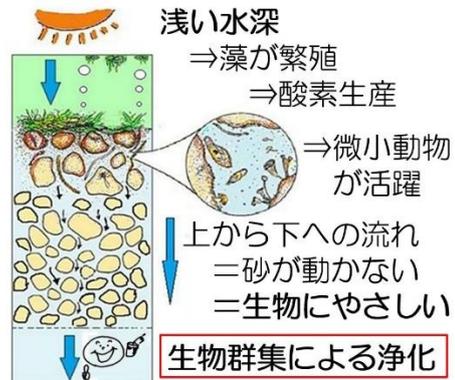


図5 生物群集による浄化

3 緩速ろ過処理での生物群集の活躍が注目された

薬品処理の急速ろ過処理で発癌物質が生じるリスクが問題になり、世界保健機構（WHO）は1974（昭和49）年に緩速ろ過指針を出版した（図6）。この指針はオランダのデルフト工科大のフイスマン、Huisman教授とスイスのジュネーブにあるWHOの衛生工

学主任のウッドW.E. Wood氏がまとめた。指針の最後に原稿校閲者の大勢の名前があった。世界中で緩速ろ過を注目していた衛生工学の技術者や教授が校閲していた。

また「浅いろ過池では藻が大繁殖し、酸素を生産するが、呼吸による酸素消費も大きい、藻が大繁殖し過ぎると藻を除去するのが大変」との記述があり「余り藻を繁



図6 WHO緩速ろ過指針

この指針の図1は緩速ろ過池の概略図で、砂面上の水深は1から1.5メートルであった（図7）。この図を見て私は「世界中の水道工学の技術者は、緩速砂ろ過処理Slow Sand Filtrationという用語のイメージに引きずられている」と思った。

生物処理の章には「微生物の活躍が水温に関係している」、「原水中の有機物や細菌などの細かな濁りが、細かな砂の表面で吸着し、細菌等による分解が主」との記述がある。

また「浅いろ過池では藻が大繁殖し、酸素を生産するが、呼吸による酸素消費も大きい、藻が大繁殖し過ぎると藻を除去するのが大変」との記述があり「余り藻を繁

1974ねんのWHOの指針は、生物群集の活躍が鍵とまでは、言及していない。むしろ、藻の繁殖は悪いと考えていたかな。

WHOの指針の、ろ過池の水深は、1~1.5m、深すぎる。この指針では、藻の繁殖は嫌みたい。生物群集の活躍が鍵とは考えていなかった。

その地域での生物現象の利用。それなら、その地域での生物現象を考える必要がある。

殖させない方が良い」と考えているようであった。私は「著者は藻の繁殖を嫌っている」と思った。私は「緩速ろ過処理は細かな砂でのろ過でなく、微小動物の活躍、食物連鎖が浄化の鍵」と考えてい

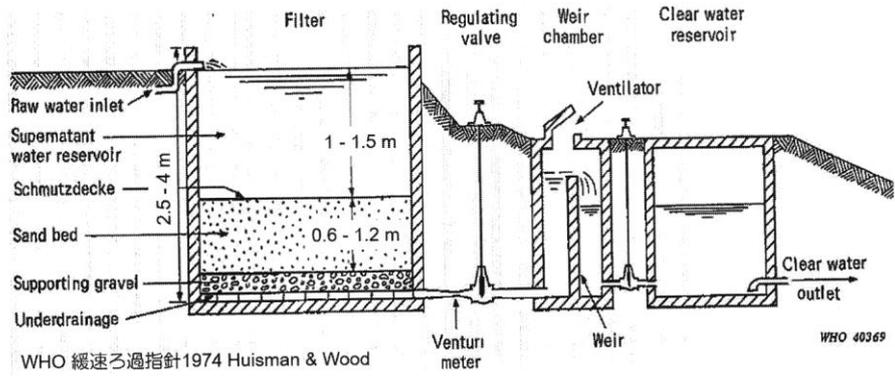


図7 ろ過池水深

緩速ろ過処理が完成したのは英国ロンドンである。ロンドンは「霧のロンドン」と言われるように、霧や小雨が多い。年間の降水量は615ミリで(図4、前出)、東京の平均降水量(図8)は約1600ミリもあり、ロンドンの倍以上である。私たちは図表作成ソフトのエクセルなどで図を簡単に作成する事ができる。見やすい目盛に自動的にしてくれる。しかしロンドンと東京の気象を比較する際、同じ目盛でないことと実際の感覚とずれてしまうので注意が必要である。

山国の日本では雨ですぐに河川水が増水し濁る。河川表流水を利用する水道施設では、濁水対策が必須である。日本のような地域の浄化施設では平均降水量は余り意味がなく、特異的な気象現象に注意する必要がある。大学院生時代に植物プランクトンの研究をしていた私は1984(昭和59)年から長野県上田市の染屋浄水場のろ過池で発達する藻の役割研究を始めた。藻が光合成し酸素を生産し気泡が生じる事で、夜間も酸素不足にならない事に気づいた(図9)。また藻が繁殖する

る。この指針では「生物群集の活躍が浄化の鍵なので、水深を浅くし生物群集を多くし、ろ過速度を速くした方が良い」とまでは言及していない。
4 水道の技術には地域性がある
戦後、日本でもアメリカ方式の薬品処理の急速ろ過の導入が盛んになった。東京都水道局で緩速ろ過処理を研究していた小島貞男さんは、各地の浄水場を調べて「水道技術には地域性がある」と言っていた。

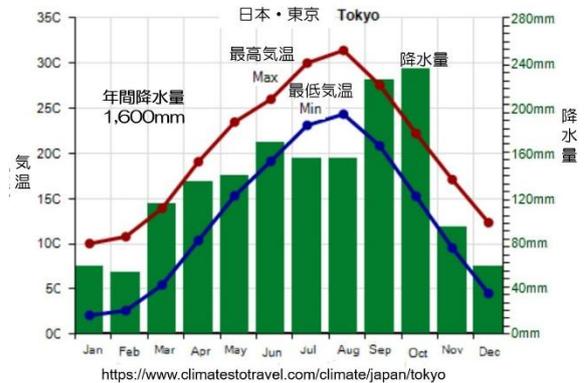


図8 東京の気象

事で流入してくる栄養塩を吸収しろ過水は栄養塩が少ない水になるので砂層面の藻が剥離浮上し、藻の連続培養系になるのが良いと考えた(図10)。染屋浄水場での藻の発達と比較するために、群馬県高崎市の若田浄水場の藻の繁殖を調べた。藻の繁殖は高崎市のろ過池の方が悪かった(図11)。上田市の海拔は500mだが、高崎市の浄水場の海拔高度は150mと低く気圧が大きく、また水深が深いのが原因と気づいた。緩速ろ過処理は英国ロンドンで完成し、WHOの水道指針(図6、

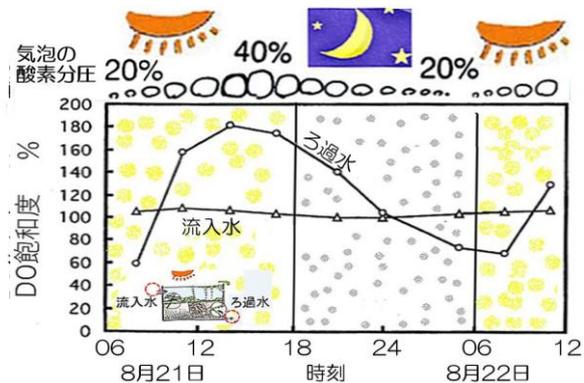


図9 ろ過池の酸素の日変化

緩速ろ過での藻の繁殖と、溶存酸素の日変化を考える。酸素があると、微生物、微小動物が活躍できやすくなる。

日本の年間降水量はロンドンの約3倍。季節性がある。

浅い水深が良い。藻が繁殖し、藻が剥離浮上しやすい。浮上した藻が越流するなら、流入水中のN・P等が除け、河川上流の水になる。

水深が深いと、藻が繁殖できない。

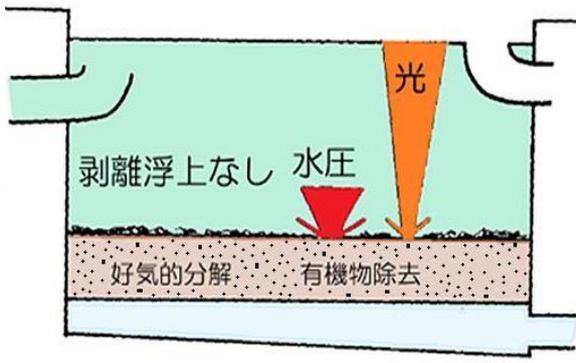


図11 深い水深と藻

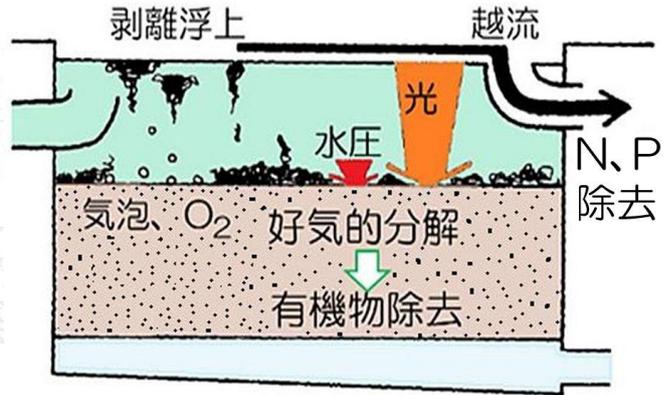


図10 浅い水深と藻の活動

南太平洋のサモアは海に囲まれた島で、気温は一年中ほとんど変わらず暖かい。海拔1000メートル以上もある山がいくつもある海に囲

なっている島国である。私は大学院生時代、今から56年も前、1969（昭和44）年に海洋調査船でサモアに寄港したことがあった（図12）。当時、『宝島』、『ジキル博士とハイド氏』の著者スティーブソンRobert Stevensonの墓があるバエアVaea山に登ったことがあった。

5 雨期と乾期、火山島では雨で河川水が濁る

南太平洋のサモアは1961（昭和36）年に「NHKみんなのうた」で放送された「サモア島の歌（青い青い空だよ、サモアの島は常夏（とこなつ）だよ）」で有名になった島国である。

5 雨期と乾期、火山島では雨で河川水が濁る

前出）を書いた人も欧州の平野部の人で、日本でも日本の指針や教科書を書く人は平野部の大都会の人であった。せつかく生物処理と言及していたが「生物現象は原水の水質だけでなく、気象、海拔高度、水深などに大きく影響する」とまで気づいていなかった。

1969年に、サモアに寄港した。

私は2000（平成12）年にスリランカの国立病院用の浄水場建設で相談を受けた。私は「熱帯の泥水の河川水でも濁り水対策で薬

水になる。またた火山島なので、海岸の首都アピアでの年間降水量は3100ミリと英国ロンドンの5倍もある（図13）。また雨期と乾期がある。日射量が多い地域の島国なので積乱雲が発達しやすく、午後から夕方激しい雨が降る事が多い。そのため、河川水はすぐに増水し濁り



図12 火山島のサモア

品を使わない仕組み」を教えた。ろ過池と同じ面積の沈殿池、それに上向流粗ろ過も3段、面積も十分に大きな施設をつくり、仕上げに緩速砂ろ過処理をした。現地の人でも維持管理が楽にできる施設と基本設計に助言し建設に協力した（図14）。建設して10年後に訪問したが問題なく稼働していた。

サモアのアラオア浄水場には濁り水対策で2000（平成12）年に沈殿池と上向流粗ろ過を追加で建設した。しかしこの施設はサモアでの雨による河川水の濁り対策

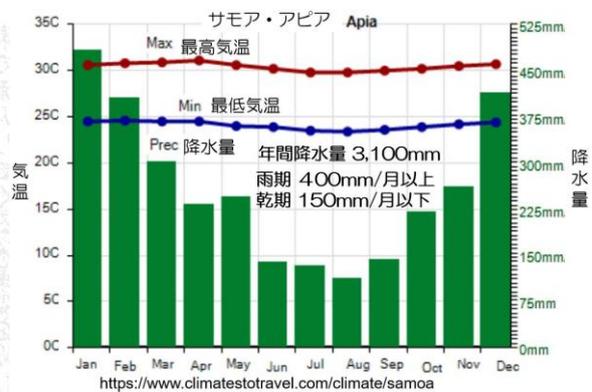


図13 サモアのアピアの気象

サモアの降水量は、日本の倍もある。それは海岸のアピア。山は、もっと降水量がある。

私は2000年にスリランカでの濁り水対策で、上向流粗ろ過を導入勧めた。その際、十分に余裕があるように、沈殿池、上向流粗ろ過を3段も設けた。10年後に訪問した時、問題が無く稼働していた。

2000 - 2002年：スリランカへのJICA無償資金
国立病院の浄水施設建設に協力

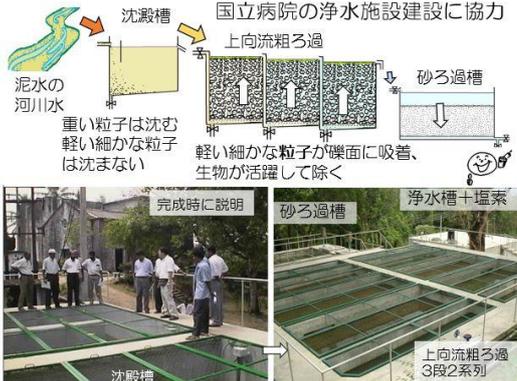


図14 スリランカの浄化装置

ろ過池が目詰まりするので、水深を深くした方が良く考えていた。

として、明らかに小さ過ぎ容量不足だった(図1、前出)。

6 ろ過砂がなく、水深を深くしていた

私と荒川さんは「草の根技協」事業で二期の2010(平成22)年11月にサモアにかけた。宮古島市上下水道局の人とアラオア浄水場の雨期の状態を調べた。濁り水が来ていない時のろ過池は満水で、設計上の砂面上の水深は1mだが、実際の水深は深かった。ろ過池が目詰まりするので、水圧を大きくした方が良く考えてか、越流管の中にパイプを挿入し、本来の水深より27cmも水深を増や

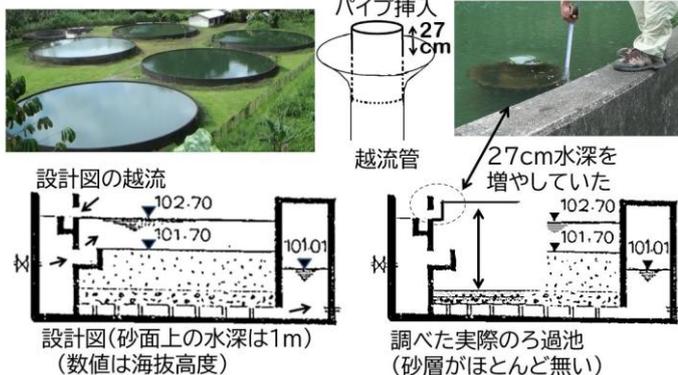


図15 ろ過池水深

7 水深と藻の繁殖

す工夫をしていた(図15)。設計上の砂層の厚みは1mだがろ過閉塞するので、底の汚れた砂の削り取りをし、補砂をしていないので、砂層の厚みは少なくなり、水深は大きくなっていった。

サモア水道公社では、ろ過池が目詰まりするので、「水圧を大きくした方が水をろ過できる」と考えて、水深を少しでも大きくするた

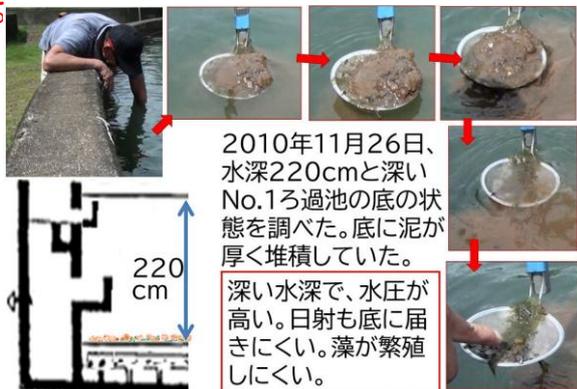
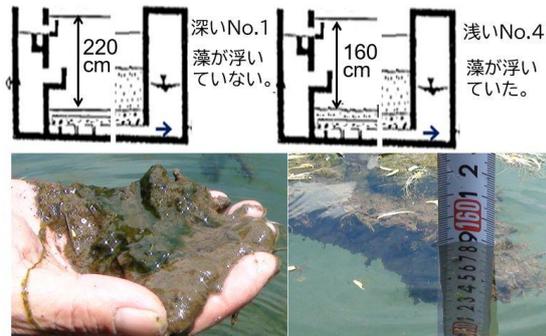


図16 深いろ過池の底泥



浅い水深の底で藻が繁殖し、光合成で生じた気泡の浮力で、泥と共に水面に浮いていた。

図17 浅いろ過池の浮上藻

めに、越流管にパイプを挿入していた。2010(平成22)年11月26日に浄水場のろ過池の水深と底の砂層状態を調べた。調べた当日は、雨期であったが原水は濁っていない。ろ過池の砂面状態を調べるために、私が日本で使っている砂面採取道具(天ぷらカスを取る金網をつけた棒)で底の砂泥を採取した(図16)。

1号ろ過池は砂面から水面までの水深は深く220cmもあった。底には泥が厚く蓄積していた。水中で振って泥を除去と、少しは

藻が繁殖していた。水深が深いので、藻の光合成活動が活発でないと思われた。

一方、4号ろ過池は160cmと1号ろ過池より60cmも浅かった。このろ過池では藻が光合成で生じた酸素の気泡の浮力で水面に泥を絡ませた状態で浮いていた(図17)。

この事実から、水深を浅くするのが良いと判断した。私は染屋浄水場での藻の役割研究から「緩速ろ過処理は単なる細かな砂での篩いろ過でなく、生物群集の活躍が浄化の鍵。藻が光合成をし、微小

水深が浅いと、藻が繁殖し、泥を絡め、水面に浮いていた。

深い水深で底に泥が蓄積し目詰まりしていた。

少して、水深を浅くするために奮闘した。



2010年12月3日、水位を上げていた管を取り除き、水深を約27cm浅くした。

水深が浅いと、底で藻が良く繁殖し、藻は浮上し、越流する。

図18 水深を戻す

生物活性を高めるためにこの奮闘。

動物の活躍を助ける。生物浄化法と考える必要がある」と強調してきた事に自信を覚えた(図10、前出)。

私たちは「この浄水場でも水深が浅い方が良い」と考えた。越流管にパイプを挿入しているのは、生物活性を損なっていると判断し、水深を少しでも浅くするため、挿入パイプを取り除いた(図18)。

8 取水河川の増水と沈殿池

宮古島水道局から派遣された人の活動拠点はサモア水道公社の工



図19 増水の痕跡

務部で、アラオア浄水場から約15キロも離れていた。浄水場へは、いつも運転手付きの借り上げ車で通っていた。

2010(平成22)年11月24日に取水している河川の状態を見ると、増水した痕跡があった(図19)。11月30日に再び雨が降ったとの知らせがあり、再度、浄水場の状態を見に行った。かなり大きな増水の痕跡があったが、既に水量は減り、濁りも大分少なくなっていた。

設計図面では沈殿池に入ってくる原水は沈殿池の中央井戸から静かに流入する仕組みであった。沈殿池では流入水中の濁りは静かに下方に沈む仕組みで、その沈殿速度は1時間に0.75m(滞留時間としては約3時間)であった(図20)。

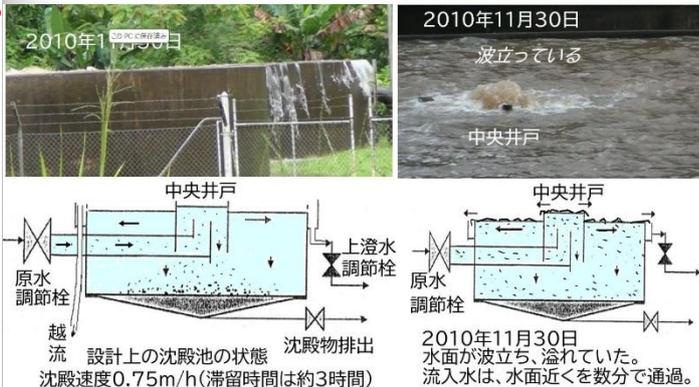


図20 沈殿池の状態

そこでサモア水道公社の職員に

理解していなかった。

殿池から水が溢れていて、水面は波立っていた。この状態では、流入水は水面近くを横(水平)に流れ、波だった河川の状態みたいであった。細かな濁りは沈殿池で沈むとは思えず、流入水は沈殿池の上層を横に流れ、沈殿池を1から2分で通過してしまうと思えた。沈殿池の機能は水の流れが極端に遅くなり濁りが沈むという仕組みを理解していなかった。



図21 仕組みを教える

浄水場の現場に来てもらい、流入水が、越流してしまっている状態を見てもらった(図21)。一緒に、流入量調節弁(流入弁)を絞りを、沈殿池の水面が波立たせないようにした(図22)。

しかし、浄水場で維持管理をしていた現場の担当者は、ろ過池が目詰まりするので、水を大量にろ過池に送る必要があると信じていた。私たちが浄水場に来ない時は、

熱帯の島国は、豪雨で増水。

沈殿池の仕組み、滞留時間が長けた、濁りが沈む。この仕組みを解説し、滞留時間を長くするにはと、現場で解説。

円形の沈殿池の構造、上澄だけと流出させる仕組みは素晴らしいかった。

河川の濁りは短時間で沈むのを確かめた。

ろ過池が目詰まりすると、すぐに流入弁を全開してしまっていた。12月3日にも再び雨が降ったので、現場に行ったら流入水量調節弁は全開であった。そこで、すぐに、流入弁を絞った。沈殿池の仕組みを現場技術者に伝えるのは本当に大変というのを実感した。荒川さんは日本から長さ1メートルのクリーンメジャー（透明アクリル管の透視度計）を持参してくれていた。現場でクリーンメジャーを使って濁りと沈降時間を検証した（図23）。NTU濁度で105度の細かな濁りは、5分間で半分以下の45度になった。沈殿池の容積は小さく沈殿効果は余り期待できない

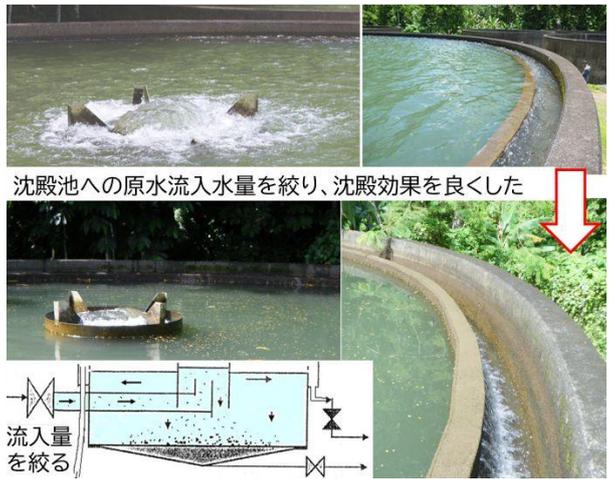
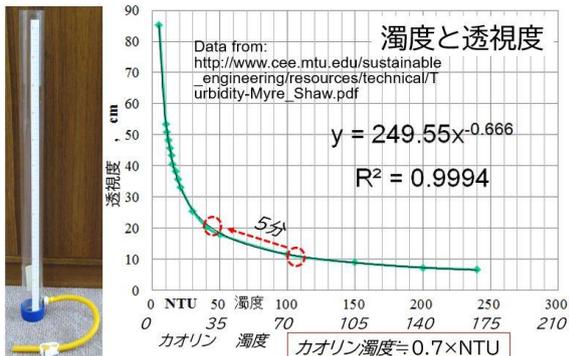


図22 沈殿池の仕組み



透視度計（クリーンメジャー）で濁度105NTUの水は、5分間で、半分以下の45になった。図23 沈降試験



ろ過池が目詰まりすると、すぐに流入弁を全開してしまっていた。12月3日にも再び雨が降ったので、現場に行ったら流入水量調節弁は全開であった。そこで、すぐに、流入弁を絞った。沈殿池の仕組みを現場技術者に伝えるのは本当に大変というのを実感した。荒川さんは日本から長さ1メートルのクリーンメジャー（透明アクリル管の透視度計）を持参してくれていた。現場でクリーンメジャーを使って濁りと沈降時間を検証した（図23）。NTU濁度で105度の細かな濁りは、5分間で半分以下の45度になった。沈殿池の容積は小さく沈殿効果は余り期待できない

沈殿物の排出を頻繁にする必要があった。



図25 粗ろ過水を確認する



図24 雨で濁る原水

さそうだが、流入水量を絞れば沈殿効果はある程度、期待できそうだった。11月30日に浄水場で激しい雨が降り濁水が流入したとの情報が入ったので、すぐに現地に行った。やはり流入弁は開いていたので、すぐに絞った。そしたら茶色の水であったが、沈殿池の水面は静かになった（図24）。細かな濁りは沈

ろ過池の濁りは短時間で沈むのを確かめた。ろ過池が目詰まりすると、すぐに流入弁を全開してしまっていた。12月3日にも再び雨が降ったので、現場に行ったら流入水量調節弁は全開であった。そこで、すぐに、流入弁を絞った。沈殿池の仕組みを現場技術者に伝えるのは本当に大変というのを実感した。荒川さんは日本から長さ1メートルのクリーンメジャー（透明アクリル管の透視度計）を持参してくれていた。現場でクリーンメジャーを使って濁りと沈降時間を検証した（図23）。NTU濁度で105度の細かな濁りは、5分間で半分以下の45度になった。沈殿池の容積は小さく沈殿効果は余り期待できない

9 ろ過池の泥を調べる

ろ過池の濁りは短時間で沈むのを確かめた。ろ過池が目詰まりすると、すぐに流入弁を全開してしまっていた。12月3日にも再び雨が降ったので、現場に行ったら流入水量調節弁は全開であった。そこで、すぐに、流入弁を絞った。沈殿池の仕組みを現場技術者に伝えるのは本当に大変というのを実感した。荒川さんは日本から長さ1メートルのクリーンメジャー（透明アクリル管の透視度計）を持参してくれていた。現場でクリーンメジャーを使って濁りと沈降時間を検証した（図23）。NTU濁度で105度の細かな濁りは、5分間で半分以下の45度になった。沈殿池の容積は小さく沈殿効果は余り期待できない



図26 再び流入水を調整

流入水のコントロールをしていなかった。降雨があり増水したら、流入量が増えていた。滞留時間が短くなっていた。そこで、流入水量を絞り、濁りを沈めるようにした。

削り取った砂泥を、採取して、洗ったら、ほとんどが細かな泥だった。ろ過池に泥が大量に入り、ろ過池で沈殿し、底に蓄積していた。



図27 削り取った砂泥を洗う

パイプに注入し、静かに置くと、すぐに沈んだ(図28)。

水道局の職員に、アラオア浄水場の濁り除去、浄化の仕組みを理解してもらうために浄化モデルを作成した(図29)。実際の浄水場では上向流粗ろ過池は1段だが、理想は2段が良いので作成したモデルは2段にした。

10 ろ過砂補充で奮闘

私たちはろ過池の砂面で藻が繁殖すると光合成の酸素の気泡の浮力で、砂面に蓄積した泥と一緒に浮上する事を確かめた(図16・17前出)。そこで水深を浅くする事で

川の岸辺の砂泥を採取し、沈降試験をした。



図28 河床の砂泥試験

ろ過池が目詰まりするのを防げる

と考えた。これまで雨期のろ過池の目詰まりが頻繁で、詰まった砂泥の削り取り作業が頻繁であった。浄水場には砂を洗浄する機械(図30)があったが、大量の水を使っても、なかなか砂がきれいにならず使っていなかった。その結果、設計上の砂面上の水深は1.1mだが、実際の水深は1.7〜2.3mであった。ろ過砂を削り取った後に補砂を十分にしていなかった(図31)。

削り取った砂泥を洗っていなかった。



図30 削り取りと洗砂機

サモアは火山島で、指針に書かれているような固い花崗岩の細かな砂がなかった。ろ過砂をオース



図29 バケツモデル作成

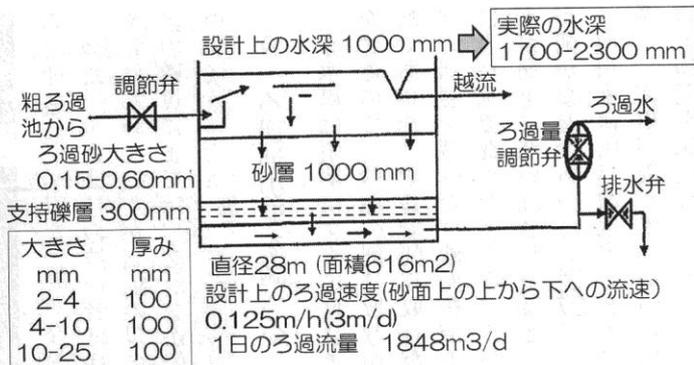


図31 ろ過池の構造図

トラリアから輸入するしかなく、お金がかかり、砂を購入できず十分に補砂することができなかった。そのため、水深が深くなり、ろ過池に砂がほとんど無くなっていった。また、指針のろ過速度は1日に3日で、ろ過面積から計算すると1日に1848トものろ過水ができた。一人1日の水道使用量を0.2ト(200リットル)とすると、1池で9240人の水道需要に相当し

モデルを作って、浄水場での濁り除去の仕組みを理解してもらうようにした。

アラオア浄水場はアピアの東半分へ、
西側半分用にも、フルアソウ浄水場があった。

この浄水場でも、ろ過池には砂がほとんどなく、水深が深かった。

た。浄水場には5池のろ過池があり、4池を常用とすると、3万7000人の水道需要に相当する。首都アピアの人口は約3万6000人(2021年推計)だが、アラオア浄水場の給水区域は、アピアの東半分に給水していた。

当時、世界で広まっていた緩速ろ過処理の標準ろ過速度は1日に4・8日で、熱帯という気温を考えると生物活性は良いので、もっと早いろ過速度でも構わなかった。仮に、速いろ過速度を採用するならば、この浄水場の浄化能力は給水人口を考えると過大過ぎる施設であった。

首都アピアには、この浄水場より少し大きなフルアソウ Fuluasou 浄水場があった(図32)。アラオア浄水場と同じ丸いろ過池が5池と、その後、新たに建設された長方形のろ過池が5池あった。両方とも沈殿池と粗ろ過池の規模は小さ過ぎた。また長方形のろ過池の水深は設計上も3倍以上と極端に深かった。

この浄水場の取水河川の集水域は傾斜が急で大きな岩が多く、降った雨はすぐに地下浸透しやす



Fuluasou 浄水場 Google mapより

かった。また山が深く農耕地などがなかった。この集水域は雨期の降雨でも取水河川は濁りにくく、ろ過池の目詰まりは、そんなに酷くなかった。

首都アピア用には大きな二つの浄水場があり、その浄化能力が十分にあって水不足であった。それは道路に埋設している給水管からの漏水量が大きく、それが大きな問題であった。そこで宮古島の水道職員は主に漏水対策に取り組んだ。しかし、管路が長く、漏水箇所が多数で、その対策は、そう簡単に解決する事ができなかった。

図32 フルアソウ浄水場

私と荒川さんはアラオア浄水場の目詰まり問題の解決に取り組んだ。だが解決にはろ過砂の補充が必須だった。だがJICA草の根技術協力では使えるお金が限られていた。

私たちはサモア水道公社に「目詰まり防止には砂の補充が必要」と説得した。私は「ろ過砂は必ずしも花崗岩質の固い砂でなくても河床の砂ならどんな砂でも良い」と解説した。しかしサモアは火山島で傾斜が急なところが多く、大きな河川がなく大量に河床の砂を確保できなかった。河川の河口付近の砂浜には良質の砂があるので、その砂の利用を勧めた。早速、水道公社は地元と交渉し海岸の砂の取得する事をしてくれた(図33)。海岸の砂にはサンゴの破片が混じっていた。そこで金網で取り除く事を勧め、実行をしてくれた(図34・35)。

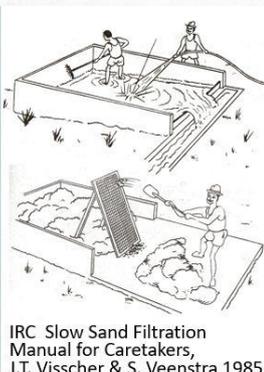
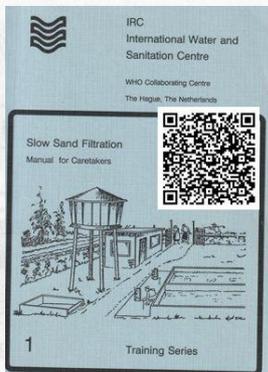
緩速ろ過池は細かな緩速ろ過用砂が下部の集水きよに流出しないように、ろ過砂の下部には集水きよのとの間には大きさが異なる小石を何層も重ねた支持礫層があるのが一般的であった(図31、前

サモアには、花崗岩質の固い細かな砂がなく、輸入するにはお金が必要で、砂を補充していなかった。

川の河口近くの砂浜の砂を採取



図33 海岸の砂を採取



IRC Slow Sand Filtration Manual for Caretakers, J.T. Visscher & S. Veenstra 1985

図34 砂の洗い方

出)。でもこの施工は大変だった。私は英国で多段の支持礫層の代わりに透水ブロックだけで、ブロックの上にはろ過砂だけの浄水場を見たことがあった(図36)。そこで集水きよの上の礫層の上に化

河川の河口近くの砂を採取し、洗って使うように助言した。砂を購入し、洗って、ろ過池に入れ出した。

砂を入れる際、底の礫層の上に、防草シートを敷いて、その上は砂だけにと助言。施工が落になった。



透水ブロック
WHO指針
1974

織の大きな布を敷き、その上はろ過砂だけにすると施工が楽であると勧めた。その結果、早速、農耕地で雑草を繁殖させないために使



図35 砂を洗う

図36 透水ブロック

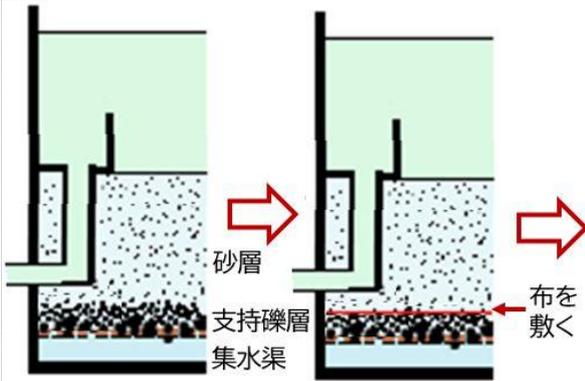


図37 支持礫層の上に布



支持礫層の上に防草シートを敷いた

ろ過池の水深が浅くなったので、藻が繁殖してろ過池が目詰まりしにくくなった。その結果、大量に

水深が浅くなり、目詰まりしにくくない、ろ過牛が大量にできた。

日本でも採用したい施工方法。

上向流粗ろ過槽では礫の表面への濁りが付着する(図39)。付着した濁りを微小動物が餌として食べ、食べた動物の糞塊が下部に蓄積する。底に溜まった糞塊を定期的に

11 上向流粗ろ過の能力向上

ろ過水ができるようになり、ろ過水を一時貯留する浄水槽から水が溢れるようになった(図38)。水が溢れてしまうのは、市内への送水管が細いのが原因と思われた。

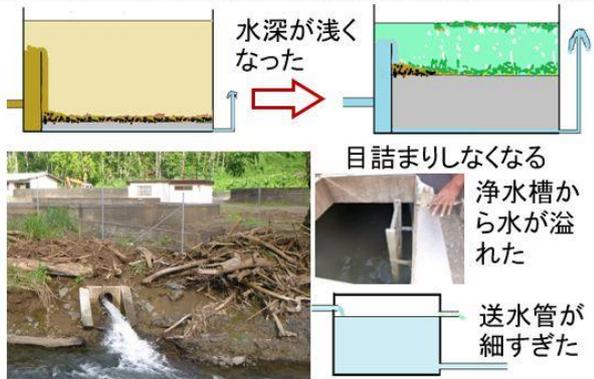


図38 浅い水深で目詰まり解消

この排泥された泥水は新潟県見附市での粗ろ過実験で排泥した泥水と同じ様な沈降性が良い活性汚泥の様だった。この泥は黒くなく茶色で酸素が十分ある好気的狀態

性が良い茶色の泥水であった。この排泥された泥水は、沈降性と底に溜まっていた泥水は、沈降性が良い茶色の泥水であった。

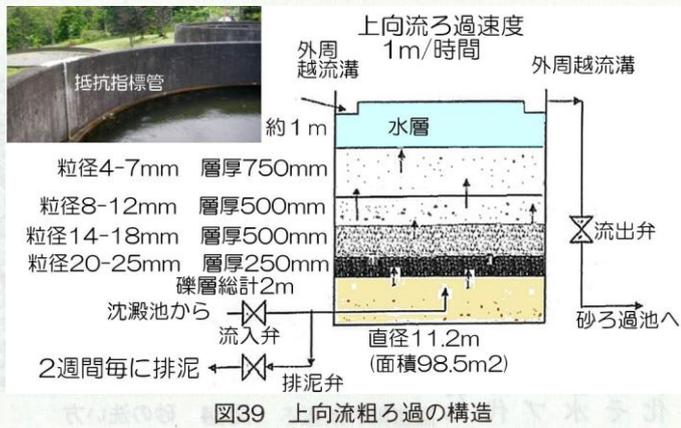


図39 上向流粗ろ過の構造

サモアの上向流粗ろ過は、多層式だった。定期的に底から排泥するとあったが、排泥を10年間していなかった。

排泥バルブを、探して、排泥をした。
沈降性が良い泥だった。



図40 粗ろ過の排泥

を保持していたのがわかった。上向流粗ろ過槽内は酸素がある状態で礫表面、礫間で微小生物が活躍できていたと思われた。

取水している原水が濁っていない時は上向流粗ろ過槽の砂面の上的水は透明で、この水層には藻が盛んに繁殖していた(図41)。上向流粗ろ過槽内には大きなエビも活躍していた。エビは肉食で食物連鎖系の頂点の動物である。上向流粗ろ過槽も生態系であるのを実感した。

上向流粗ろ過槽は流入水中の濁りが礫表面に付着する。濁りの捕捉効果としては付着する面積が広

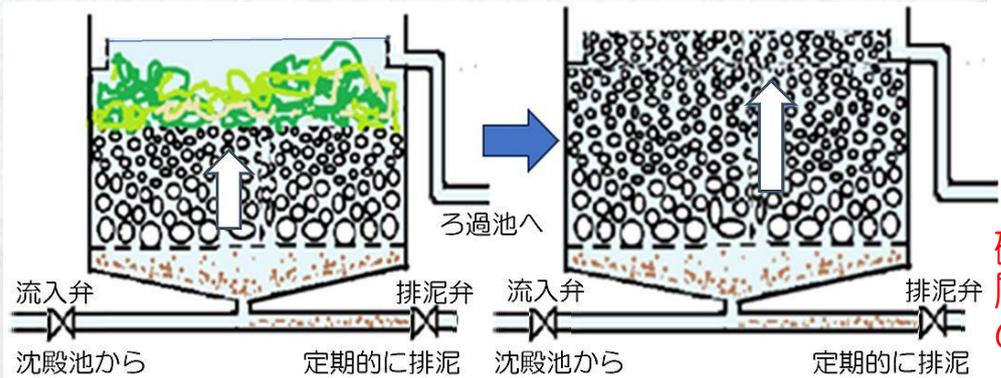


図41 粗ろ過の礫層を増やす

い方が良い。上向流粗ろ過槽の礫層の上は約1センチ程度の水層があったので、礫を補充した方が良く考えた。しかしサモアには大きな河川はなく、売られている川砂利も

礫層の上に水層があったので、碎石で補充を勧めた。

高価であった。そこで適当な石を探し市内中の資材屋をまわった。舗装道路用の径1センチ程度の碎石が廉価だったので水道公社に頼んで購入してもらい補充してもらった。粗ろ過槽の礫表面の接触面積を増やし濁り除去効果を高めるようにした(図42)。



図42 礫層を補充

12 生物群集の活躍による浄化と伝えるのは大変

2010(平成22)年から3年間、雨期に一月間という短い期間、浄水場の濁り水対策に取り組んだ。私たちは水道公社の技術者などに「浄化の仕組みは細かな砂での機械的な篩いろ過でなく、生物群集の活躍による浄化」と解説した。この考えが本当に伝わるかは疑問だった。そこで私は2012(平成24)年12月、3年間の最後、工務部の集会所の壁にアラオア浄水場の仕組みの解説図をラミネート加工して掲示して帰国した。

3年後、今度は沖縄県企業局が中心になり沖縄連携でサモア水道公社へのJICA支援事業が始まり、私は2016(平成28)年1月末に再度、サモアに出かけた。その時、3年前のラミネート加工した解説図が、そのまま掲示されていたのに感動した(図43)。

サモアの水道技術者は、世界の英語の教科書に載っている「緩速ろ過処理は細かな砂でのゆっくりとろ過する」という解説を参考にしていた。

舗装道路用の碎石が一番廉価であった。

補充する礫は、丸い石でなくても、何でも良かった。礫表面へ濁りが吸着と、吸着した濁りを微小生物が削り取り、生物分解をしていた。糞塊が生じた。活性汚泥みたいだった。

沈殿池は、重い濁りが沈降。上向流粗ろ過は礫表面に細かな濁りが付着、微生物・微小動物が削ぎ取り、分解し、糞塊をつくる。ろ過池は、砂層上部で生物群集の活躍。



2012年12月掲示したのが、2016年1月にまだ掲示してあった

図43 浄水場の仕組みの解説

サモア水道公社の技術者はほぼ全員が任期制職員であった。沖縄でのJICA研修で私が生物浄化法の考えや技術を教えても、研修に参加した人は数年で転職してしまいう状態であった。

そこで再度、アラオア浄水場の浄化の仕組みを模した浄化モデルを作成し、その仕組みの解説を集会室の壁にラミネート加工して掲示した(図44)。

日本発の浄化の仕組みが伝わらない状況はサモアだけでなかった。日本も同じで日本の水道局職員は転勤が頻繁で、生物浄化法という新しい考えは、日本の水道界の教

スタッフは任期制。毎回、仕組みを解説する必要がある。



図44 浄化モデルと解説

科書に載っていないので、日本の中でも伝わりにくかった。

そこで私は2021(令和3)年2月に『おいしい水のつくり方2、緩速ろ過でなく生物浄化法』という技術解説本を信州大学繊維学部同窓会(千曲会)から出版してもらった(図45)。しかし同窓会はこの宣伝が上手でないので売れ行きが悪かった。そこで、本誌(水道公論)で「生物屋の緩速ろ過池研究」という連載で解説をして

いる。

栃木県宇都宮市水道局では『おいしい水のつくり方2』を50冊も購入し、局員の研修用に使った。本年の水道週間で大々的な松田新田浄水場(急速ろ過)の見学会を6月7日(土)に一般公開を

おいしい水のつくり方-2
緩速ろ過でなく生物浄化法
信州大を管教授 中本信忠

2021年2月12日
600部 B5版 160p
¥1500+税¥150
+送料¥250

〒386-0018
上田市常田3-8-37
信州大学繊維学部
同窓会 千曲会
Tel:0268-22-4465
Fax:0268-22-4465
E-mail:
schikuma@siren.ocn.ne.jp

図45 生物浄化法の唯一の解説本

緩速ろ過の再認識:急速ろ過から薬を使わない安全な浄化法

日本語版
9:56
<https://youtu.be/yV19LJbRFPE>

英語版
8:39
<https://youtu.be/CJ-WwV0o9b0>

図46 緩速ろ過の再認識動画

する予定があった。水道局から見学に来た市民へ「生物浄化法の解説」と頼まれた。市民へ一度だけ話をしても、見学者へどれだけ伝わるか疑問だった。そこで私は「緩速ろ過の再認識:急速ろ過から薬を使わない安全な浄化法」という動画解説をつくりユーチューブに投稿し誰でも見られるようにした(図46)。見学会でこの動画を何回も放映してくれた。

せっかく時間をかけて解説動画をつくったので、英語版もつくり、ユーチューブで公開した。この英語版ユーチューブをテムズ水道やロンドン大の知人に知らせた。そしたらテムズ水道では「シンブソ

ンがチエルシー水道会社で1829年に緩速ろ過を実用化してからもう少して200年になる。そこでイベントを考えている」と知らせてくれた。また、「テムズ水道ではろ過池の水を抜いての砂層上部の削り取りは生物群集を除いてしまいうので、生物群集が発達し、浄化機能が回復するのに日数がかかる。そこで、現在、水抜かないで水中ロボットで砂層上部の汚れや藻を除く実験をしている」と教えてくれた。ロンドン大の知人は「このユーチューブを仲間知らせて」とメールをくれた。

日本も、大きな都市では、スタッフは直ぐに入れ替わる。素人が管理する。浄化の仕組みを解説し続ける必要がある。

カラー写真が豊富で廉価な技術解説本。動画解説が必要なのは日本も海外も同じだった。緩速ろ過という名前で仕組みが誤解されていた。生物浄化法と言い直す必要がある。