

載

生物屋の緩速ろ過池研究

その46 最新の濁り水対策の上向流粗ろ過がサモアにあった

信州大学名誉教授 中本 信忠

1 サモアに最新の上向流粗ろ過があったのに驚いた

宮古島市（当時の宮古島上水道企業団）はJICA（国際協力機構）「草の根技術協力事業」という技術協力事業があるのに気づき「水に困っている発展途上国の人々に生物浄化法の技術を伝えたい」と考えた。企業団はJICA研修「緩速ろ過を使用した上水道の管理技術研修」（地域提案型）を2006（平成18）年から3年間で2008（平成20）年度まで実施した。

私は研修では「緩速ろ過という名前で浄化の仕組みを誤解してきた。浄化は生物群集の活躍が鍵」と教えた。「生物群集が嫌がる凝集剤を使わない方がよい」と教えた（図1）。凝集剤を使わない上向流粗ろ過がブラジルで開発されたのを知り、私はJICA研修では必ずバケツモデルで仕組みを解説した（図2）。

南太平洋のサモアには緩速ろ過施設があり、サモア水道公社から毎年、研修に参加してくれた。研修3年目の最後にサモアへ研修の

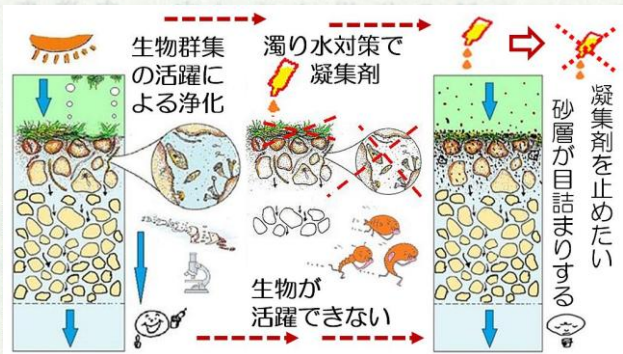


図1 凝集剤は生物が嫌がる

事後調査で宮古島市土地昭人課長と私は2008（平成20）年11月8日成田発でサモアへでかけ17日に帰国した。私はサモアにJICA研修で教えていた最新の濁り対策の上向流粗ろ過が実際に導入されていたのに驚いた（図3）。この事後調査について本誌（水道公論）で2022（平成4）年12月号に、YouTubeでも解説した。サモアでは最新の濁り対策の上

水道公論 58巻12号:78-87、2022（令和4）年12月号
生物屋の緩速ろ過池研究 その15
宮古島からサモアへ
<https://youtu.be/8TPj1hI5xc0>



図3 JICA事後調査でサモアへ

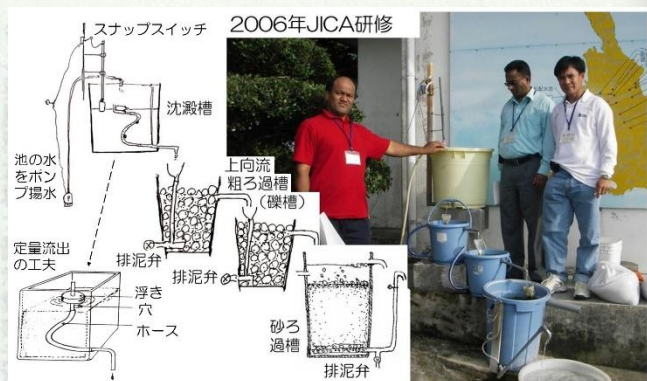


図2 上向流粗ろ過を教える

化学薬品を使つと、生物群集が活躍できず、薬品を使わない方法を模索した。

化学薬品で発癌物質が生成する事がわかり、薬品を使わない緩速ろ過、粗ろ過が注目された。

宮古島市はサモアの水道支援に動きだした。

ブラジルのサンパウロ大で凝集剤を使わない上向流粗ろ過実験をした。

らの漏水がひどく困っていた。そこで宮古島市は2010（平成22）年4月から2013（平成25）年3月の3年間、JICAの草の根技協（地域提案型）「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協力した（図4）。

https://www.jica.go.jp/activities/project_list/knowledge/ku57pq00002jvdg7-att/2012_139_sam.pdf
本部／国内機関：沖縄国際センター



草の根技協（地域提案型）

案件概要表

案件名	(和)サモア水道事業運営(宮古島モデル)支援協力 (英)Miyako-jima's Water Supply Model Project in Samoa
協力期間	2010年04月01日～2013年03月31日
相手国機関名	(和)サモア水道公社(SWA)
相手国機関名	(英)Samoa Water Authority (SWA)
日本側協力機関名	宮古島市



図4 宮古島モデルでサモアへ

2 凝集剤を使わない濁り水
対策の上向流粗ろ過の開発
薬品処理の急速ろ過処理では発
痛物質ができるリスクがあった。



図5 WHOの緩速ろ過指針

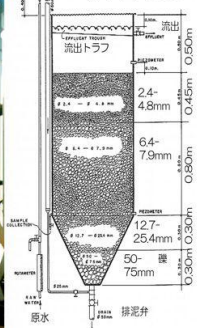
そこで世界保健機構(WHO)は凝集剤を使わない安全な浄化方法に注目し、1974(昭和49)年に緩速ろ過指針を出した(図5)。世界中で化学薬品を使わない濁り水対策を模索しだした。ブラジルのサンパウロ州立大Universidade de São Paulo (USP)のペルナルLuiz Di Bernardoは薬を使わない濁り水対策で上向流粗ろ過のブラント実験(図6)を行い1980(昭和55)年に修士学生コストスCostaの修士論文としてまとめた。私は1974(昭和49)年にペルナルがいたサンパウロ大工学部衛生工学科と国立のサンカルロス連邦立大Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)に「藻類培養とダム湖生態系利用の指導」(図7)で、1976(昭和51)年にはサンカルロス連邦立大

生物学科に「ダム湖生態系研究指導」にそれぞれJICA短期専門家として協力した。サンパウロ大は州立大学だが、南米一大きな大学で工学部がサンパウロ州のほぼ中央のサンカルロス市にあった。サンパウロ州の面積は日本の面積の65%もある大きな州である。サンカルロス連邦立大の住所はワシントン・ルイス通り2355 Rodovia Washington Luis, 235 km)でサンパウロから内陸へ235kmの州のほぼ中央のサバナ地帯にあった。私はOTCA(海外技術協力事業団、後にJICA)専門家として



図6 ブラジルで上向流粗ろ過実験

薬を使わない濁り対策



ブラジルでハングリー状態は普通と気づいた
生物屋の緩速ろ過池研究 その19
水道公論 59(4):66-76, 2023年4月号



図7 1974年ブラジルでダム湖研究

て大学近くのダム湖生態系研究に協力し、乾期から雨期に入ると一斉に藻類が活動しだすのに気づいた。ダム湖の水質はもの凄く貧栄養であった。乾期のダム湖内の藻類は繁殖できるチャンス待ち構えていた。雨期になり雨が降り周囲から栄養塩が入ってくるのを待っていた。私は「生物は常に繁殖する機会を狙っていて、盛んに繁殖しているのは短期間である」のに気づいた。私は帰国し信州大学繊維学部に着任することができ、菅平ダム湖の藻の繁殖と集水域の研究および緩速ろ過池での藻の研究をした。河川では付着藻類が繁殖するが、緩速ろ過池は上から下に流れる環

私は、1974年と1976年に、サンパウロ大、サンカルロス連邦立大へ、藻類培養と、ダム湖生態系利用への助言ででかけた。

1974年、WHOは緩速ろ過指針を出版した。

上田市のろ過池では、糸状になる藻だけが繁殖していた。
河川から流入した藻は繁殖していなかった。

糸状の藻には入ってきた濁りが絡みついていた。

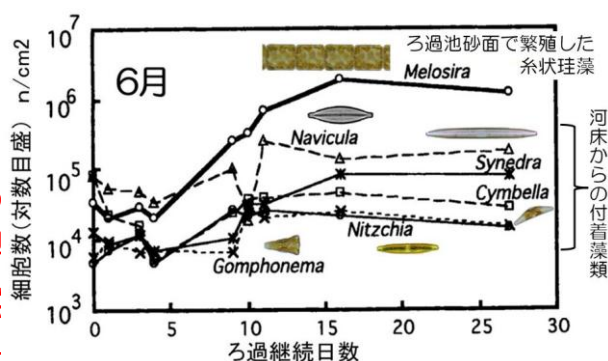


図8 糸状珪藻だけが増えた

環境で、砂面上で繁殖できるのは糸状藻類のみだった(図8)。河川から流入する藻類は付着藻類が多いが極少量の糸状藻類は繁殖しやすい環境に遭遇するのを待っていた(図9)。この現象は貧栄養のダム湖の藻類が雨期になり集水域から栄養塩が流入するのを待ち構えている現象と似ていることに気づいた(図10)。

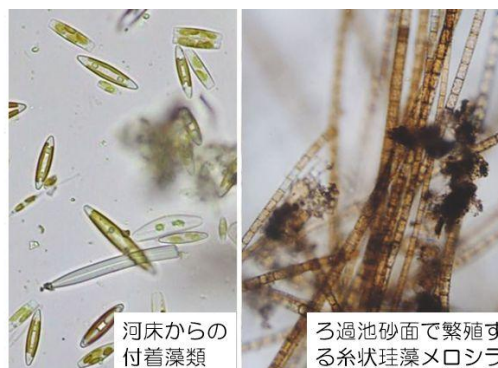


図9 付着藻と糸状珪藻

ろ過池では、環境が変化し、新しい藻が繁殖。
ダム湖の流入部は、河川環境から、急に流れが遅くなった。

過実験のプランクトン調査を手伝った。オデテは後にロンドン大学ロイヤル・ハロウェイ・カレッジ(Royal Holloway College, London)に留学し、テムズ水道の貯水池のプランクトン研究をし、博士の学位を1983(昭和58)年に取得した。

ロンドン大インペリアル・カレッジ(Imperial College, London)のグラハム(Nigel Graham)は1988(昭和63)年11月に初の緩速ろ過国際会議を開いた(図11)。この会議でベルナルドはサンパウロ大での上向流粗ろ過の実験成果を

Oecologia Australis
15(3): 709-713, Setembro 2011
IDEA OF
ECOLOGICAL PURIFICATION SYSTEM
FOR DRINKING WATER
COMES FROM BROA RESERVOIR
Nobutada Nakamoto

Tundisi夫妻の貯水池
研究50周年記念号
貯水池生態学特集

生物浄化法の発想
はプロア貯水池から
生まれた。
中本信忠



<https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/8160/6617>
Australisはラテン語で「南の」の意味

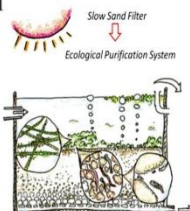


図10 ダム湖から緩速ろ過池研究へ

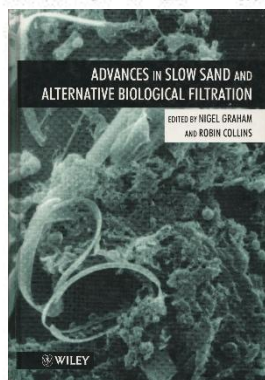


図12 第3回緩速ろ過会議

この会議でグラハムから「粗ろ過指針が1996(平成8)年秋

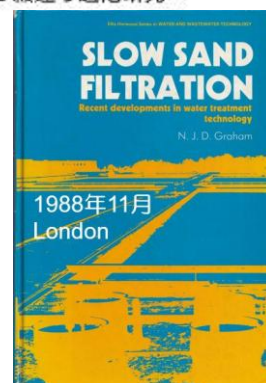
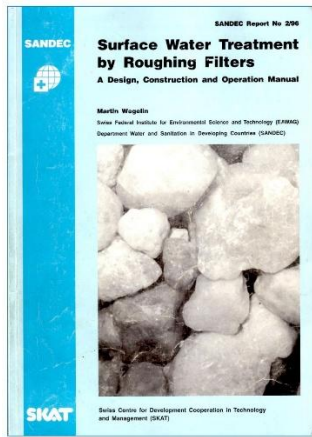


図11 最初の緩速ろ過会議

1988年から、緩速ろ過国際会議が開かれるようになった。

1996年の会議では、上田市の藻の繁殖がろ過抵抗を少なくすると発表。



<https://www.ircwash.org/sites/default/files/Wegelin-1996-Surface.pdf>



Martin Wegelin
Swiss Federal Institute
of Aquatic Science and
Technology

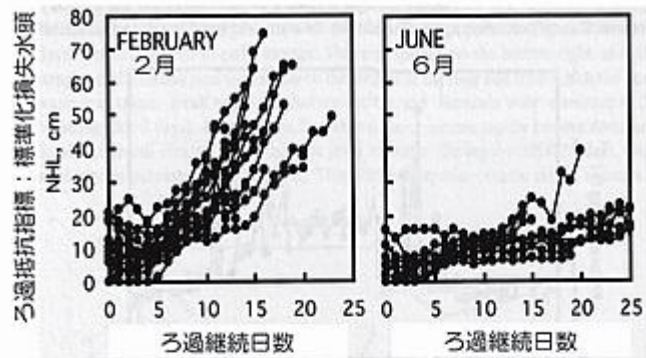


図13 藻の繁殖と目詰まり

図14 1996年、粗ろ過指針

水を大量に使うので、養魚場への水路の水を使って実験をした。

にスイスから出版される」と言われ予約して手に入れた(図14)。この指針は過去の国際会議に参加した多くの人が原稿をチェックし印刷されていた。なお現在、この指針はネットで公開されている。

3 上向流粗ろ過も生物浄化法だった

私は粗ろ過指針を手に入れ、早速、河川水の濁り除去効果を確かめる実験をした。実験に使う原水は農業の影響が少ない水を使う事を考えた。そこで千曲川から導水している養魚場への水路の水を用いた。上向流粗ろ過の濁り除去効果を確かめるためにバケツで多段式にした(図15)。

その結果、排泥は容易で、普通は粗ろ過1段目だけで、ほとんどの濁りが除けることがわかった。でも河川水の濁りは降雨で極端に濁ることがあるので、保険の意味で、多段が良いと判断した。

少し長く実験を続けバケツの中の礫の状態を調べると礫間に水生昆虫の幼虫の果があり、粗ろ過は、礫表面への濁りの吸着だけでなく、微小生物の活躍、微小生物群集の



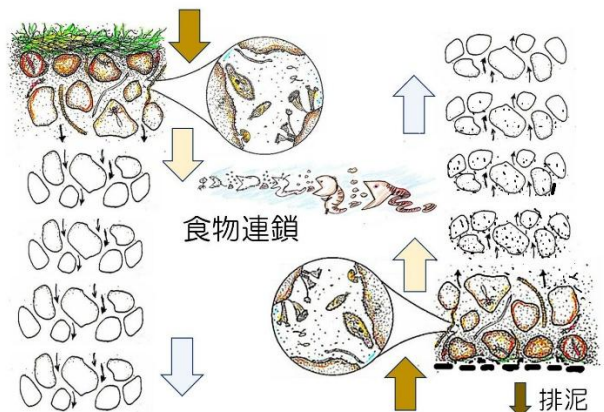
図15 粗ろ過実験

食物連鎖系が濁りの除去と分解にも役立っているのに気づいた。

緩速ろ過では、上から下への流れ、上向流粗ろ過では、下から上への流れがあるが、砂礫が動かないので、生物群集が安心して活躍できていた。粗ろ過槽では生物群集による浄化が行われていた(図16)。蓄積した汚泥は下部の排泥弁から容易に排出できた。

4 熱帯圏での緩速ろ過処理の前処理で上向流粗ろ過を使う

スリランカの国立病院へ新たに急速ろ過の浄化施設を建設する計画があった。現地を予備調査した



ゼネコンの設計担当の岡田有弘さんは急速ろ過を建設しても現地の人では維持管理できないと判断した。そこで緩速ろ過を勧めた。そこで緩速ろ過を勧めた。信州大学の私を訪ねてきて「緩速ろ過で熱帯の泥水の河川水でも対応できないか」と相談があった。私は「最新の濁り対策の上向流粗ろ過なら熱帯の泥水河川の水でも凝集剤を使わないで緩速ろ過で浄化できる」と説明をした。

私は2001(平成13)年から設計に助言し、建設途中でも何回か現地に行き、改良を指示し浄化施設が完成した(図17)。完成して

1996年の国際会議で、紹介された粗ろ過指針を手に入れ早速、学生と実験をした。

緩速ろ過も、上向流粗ろ過も、生物群集の活躍による浄化だった。

スリランカの熱帯の泥水を原水として、上向粗ろ過で濁り対策をする浄水場を建設するに、助言して完成させた。

生物群集の活躍、

藻は酸素をつくり、動物の餌にもなる。

動物の糞塊の中での分解が鍵。

私は自然界での生物群集の活躍による浄化を説明した。
農地に散布された農薬はいつの間にか分解され自然と効果が無くなる。それは、紫外線で分解され

と相談された。
私は2002(平成14)年からバン格拉デシュで砒素汚染対策に取り組んでいた宮崎市に本部があるNGOアジア砒素ネットワークの人にも緩速ろ過処理の助言をしていた。そしたら「難分解性の農薬も分解できる仕組みを教えてください」と相談された。

から10年後、施設の稼働状況を確かめに行った。対応してくれた病院長は「何ら問題がなく稼働している」と言ってくれた。

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

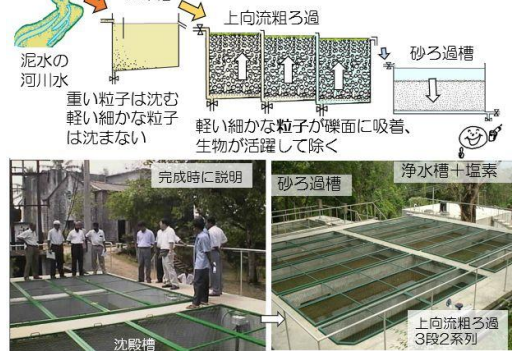


図17 スリランカで上向流粗ろ過

上向流粗ろ過を3回繰り返した。

ることもある。また動物は食べた餌は、短時間で腸管を通過し、糞塊にする。動物は農薬が付着した餌を農薬が付着していない餌と一緒に食べ腸管内で完全には分解されずに未消化のまま糞塊として排出される(図18)。糞塊の中で、発酵により酸素不足になり分子結合が壊れる(図19)。結果的に無害化が進む。動物のお腹の中を通過させ糞塊にして分解をさせる事を何回も繰り返すのが良いと勧めた。

そのために上向流粗ろ過で藻を繁殖させ動物に食べさせる事を4回繰り返して、最後に砂ろ過をする浄化施設を完成させた(図20)。

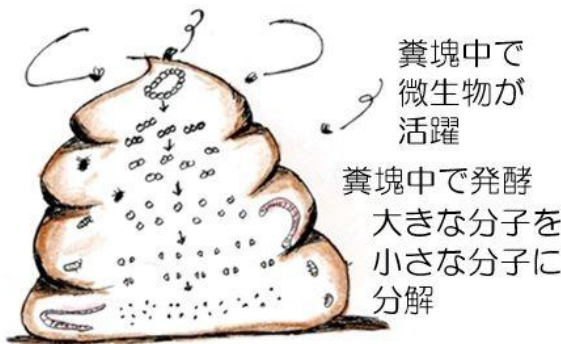


図19 糞塊中での分解



図18 食物連鎖

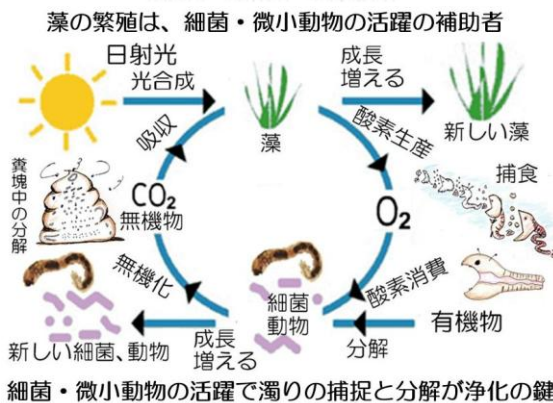


図21 藻と微小動物の関係

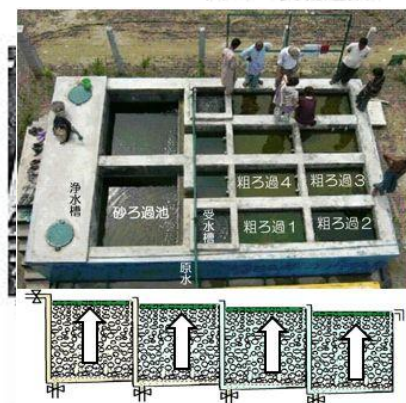


図20 バングラデシュで上向流粗ろ過

2002 年からバン格拉デシュでアジア砒素ネットワーク(NGO)活動に協力。

生物の糞塊の中での発酵による農薬分解を考え上向流粗ろ過を4回繰り返した。

バン格拉デシュでは、難分解性の農薬分解のため、上向流粗ろ過を4回繰り返した。

藻の繁殖を研究していたので、最初は、藻の役割を強調した。でも、緩速ろ過処理は、分解が鍵。それは、微小動物の役割が鍵だった。

役に立っているというのに気づいた。緩速ろ過池で藻が繁殖し、ろ過閉塞に役立つというのを知り、藻類の役割について強調し過ぎた。微小動物の方が本来の浄化という意味では重要であった。

研究を始めた当時、私は動物の役割についてあまり強調しなかった事を反省している。緩速ろ過池での浄化の主役は細菌や微小動物で、藻類繁殖は、細菌や微小動物の活躍の補助者であった。

上田市の場合、ろ過池で繁殖する糸状藻類は糸状になる珪藻メロシラが優占していた。

夏でも水温が低い。また、私が調査していた時は、砂層の削り取りは夏でも20日から1月間程度であった。

暖かい地域では、藻が繁殖しても藻を食べる動物の活性が良いので、砂面上の糸状珪藻は食べられて藻がいなくなってしまう事があった。この様な状態の砂層内は、少しの餌でも砂層内に入ってくるのを待ち構えている微小動物がいた。

暖かい地域では糸状緑藻が目立った。糸状緑藻は細胞表面が堅

生物群集の活躍で、おいしい水ができていた。

固なセルロース膜で覆われていて捕食動物が食べても、消化されにくかった。糸状緑藻が目立つようになると糸状緑藻を食べることが出来る巻貝がでてきた。

バン格拉デシュの現地でNGOの人たちに浄化の仕組みを説明したところ、リーダーの川原一之さんは「緩速ろ過Slow Sand Filterでないね。名前を変えないと浄化の仕組みを誤解する」と言われた。私は「食物連鎖が浄化の鍵なので、Ecological Purification System、日本語では生物浄化法」と変えようと言いつ出した。それは2004(平成16)年の事であった。

5 自然界の現象の応用としての緩速ろ過と上向流粗ろ過を解説

私は2002(平成14)年に『生でおいしい水道水』、2005(平成17)年に『おいしい水のつくり方』を築地書館から出版してもらい「緩速ろ過は誤解されてきた。生物群集にやさしくするのが鍵」と解説した(図22)。私は「おいしい水のつくり方」で、初めて生物浄化法という用語を使った。

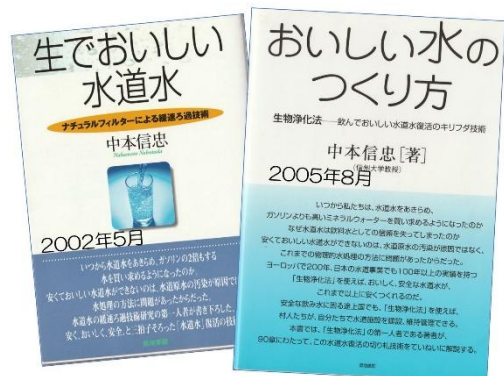


図22 生物の活躍の緩速ろ過

これらの本の中で、1980(昭和55)年に凝集剤を使わない濁り水対策(図6、前出)がブラジルで開発され、世界中で注目されてきたのを紹介した。また私が海外で熱帯の泥水河川の濁り水対策で上向流粗ろ過を採用している事も紹介した。

緩速ろ過処理は砂層表面近くで活躍する生物群集の活躍による濁りの捕捉と分解が鍵であった。築地書館から出版した本は、絶版になった。私は信州大学を定年退職したがJICA研修を続け、また、海外で求める人へと応援にでかけ、新しい知識が増えた。南太平洋の

サモアやフィジーの水道施設の建設や維持管理に協力し、一段落したので、フィジーでの成果を第11回太平洋上下水道会議で発表しようということになり、2018(平成30)年8月、ニューカレドニアのヌーメアで展示発表と講演をした(図23)。会議では英語でのA5版80ページのカラー写真豊富の解説冊子を自費で印刷し配った(図24)。

フィジーでの「村落へ安全な水を給水」という国家事業へ4年間



図23 太平洋水道会議で発表

2018年8月、第11回太平洋水会議(ニューカレドニア)で、講演と展示発表をした。

薬品を使わない、上向流粗ろ過は本当に素晴らしい。

2018年8月、第11回太平洋水会議（ニューカレドニア）で、英文の解説冊子を配った。QRコードでダウンロードできます。

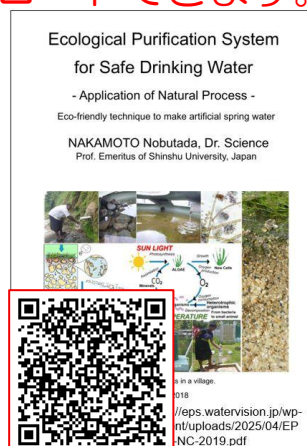


図24 英語冊子を配る

の短期専門家の派遣が終了した。2019（平成元）年、サモアやフィジー、これまでのJICA研修への協力に対して、水大賞とJICA理事長賞をもらう事が決まり、それならと生物浄化法のA5版100ページのカラー印刷の解説冊子を自費でつくった（図25）。現在、これらはネットでダウンロードできる。

私は2005（平成17）年に『おいしい水のつくり方』を築地書館から出版したが大幅に増補改訂をしたくなり、長く勤めていた信州大学繊維学部同窓会（千曲会）に相談した。私は自然界でどうしてきれいでおいしい湧水ができるかを学生らにイメージしてもらったためにカラー写真を豊富にしたかった。カラー写真が豊富な技術解説の市販の専門書だと、どうしても値段が高くなる。学生でも



図26 唯一の技術解説本



図25 おいしい水の探索2

日本語でも、解説冊子をつくった。QRコードで読めます。

の宣伝が上手くなかった。そこで本誌（水道公論）の連載で「生物屋の緩速ろ過池研究」として技術解説をさせてもらっている。

6 NPO地域水道支援センター設立と上向流粗ろ過試験

環境ジャーナリストの保屋野初子さんと岡山市で水道に関する仕事をしていた瀬野守史さんは、地方の市町村や小集落でも維持管理できる水道用の浄化施設を普及させたいと思い「水道はどうなるか？—安くておいしい地域水道ビジネスのススメ」という本を築地書館から2005（平成17）年10月に出版した（図27）。

都市でなく過疎の地域の住民が維持管理できる浄化施設の一つは緩速ろ過で、それを普及させるには、NPO（特定非営利活動法人）



図27 地域水道のススメ

をつくり普及させるのが良いという事で、信州大学の中本を訪ねてきた。瀬野さんは放送大学で鈴木基之（東京大学名誉教授）先生の指導を受けていた。鈴木先生に相談したところ、全国的な組織なので本部は東京が良いとのことであつた。そこで2006（平成18）年5月20日に東京で設立総会を開催し、中本が初代理事長として東京都に申請し、8月17日に東京都公報に公告され、2006（平成18）年11月2日、東京都から認証された。毎年、各地の緩速ろ過による浄水場などを見学会とセミナーをしてきた。

NPOには新潟県見附市から台風などでの濁り水対策の相談がきた。最新の濁り水対策を使えば良いが、日本の設計指針にも採用されていないし、日本での実例がなかった。NPO内で検討し見附市に上向流粗ろ過を使った実証試験をNPOとして提案し、粗ろ過・緩速ろ過実証試験業務を受託した。瀬野さんは岡山市に住んでいて、新潟県にはNPOの会員もおらず、困っていた。信州大学の研究室で中本と一緒に緩速ろ過の研究をし

NPO 地域水道支援センターを設立し、水に困っている人達を応援しようとした。

『おいしい水のつくり方-2』は唯一の技術解説本。

NPO として、新潟県見附市で信濃川の濁り対策での 上向流粗ろ過のパイロット試験をした。

見附市の現場は、新潟県で上下水道の維持管理をしていた荒川さんが活躍してくれた。

た新潟市出身の坂井正さんが財団法人新潟市環境衛生研究所に就いていた。そこで坂井さんに見附市での実証試験を手伝ってくれる人が居ないかと相談をした。坂井さんは「高校の同級生で適任者がいる」と言ってくれた。東京農大農業殖産学科卒の荒川朋明さんで、新潟市で上下水道施設の維持管理会社（株式会社朋友）を経営している人であった。荒川さんの協力で見附市の青木浄水場で実験を2008（平成20）年2月から2009（平成21）年10月まで実施する事ができた（図28）。

上向流粗ろ過槽の下部に蓄積している汚泥を排出すると、活性汚泥の様に沈降性が良く、顕微鏡観察をすると、活性汚泥とそっくりであった（図29）。私も何度も見附市の実験装置を見に行き、荒川さんに「緩速ろ過は生物群集による浄化で、上向流粗ろ過も礫表面に付着した濁りを微小生物が削ぎ取って分解する」と解説をした（図16、前出）。荒川さんは私の解説を納得してくれNPOの会員にもなってくれた。荒川さんは2014（平成24）年名古屋市中で開催さ



図28 上向流粗ろ過のパイロット試験



図29 排泥は沈降性が良い

れた第5回国際緩速生物ろ過会議で、実証試験の結果を張り切って発表してくれた（図30）。この国際会議では「緩速ろ過は

On the Function of Up-flow Roughing Filter for Slow Sand Filter - Pilot Experiment in Niigata, Japan
Tomoaki ARAKAWA, Morifumi SENO and Nobutada NAKAMOTO
Community Water Supply Support Center of Japan
緩速ろ過のための上向き粗ろ過パイロット試験
荒川朋明・瀬野守史・中本信忠 NPO地域水道支援センター



図30 名古屋市での国際会議で発表

私は信州大学という国立大学で研究し給料をもらってきた。国民の税金を使って得た知識と技術を国民に還元しないといけないと思っていた。そこでJICA研修や海外での活動資料などを誰でも参照できるように、NPO地域水道支援センターのホームページの「その他の資料」で公開していた。このページがNPO法人のホーム

生物群集の活躍」が注目され、論文集の表紙には私が提供した多数の写真が採用された（図31）。この国際会議の写真や要旨などをNPOの仲間がネットにアップしたhttp://30d.jp/cplants/16 誰でも見え、ダウンロードできるようにしてくれた。



図31 第5回国際会議論文集

ページなのに中本の個人の資料室みたいになってしまった。海外や日本で活躍していた松尾俊作さんは「私が公開している資料が勉強になった。法人のページでなく、個人のホームページにした方がよい」と助言してくれた。松尾さんは「地域のニーズに合わせたコンパクトな水道」という新たな選択肢を提案する水未来研究所を創設した。松尾さんは私がこれまでやってきたことと同じような方向性に進もうとしていた。松尾さんはホームページhttps://watervision.jpを作成し、さらに個人のホームページ「Doctor中本のEPS資料室」古くも新しい水処理技術の紹介https://eps.watervision.jp/を2025（令和7）年4月に開設してくれた（図32）。そこで、このホームページに

上向流粗ろ過に底に溜まっていた汚泥は、活性汚泥と同じで、沈降性が良かった。

上向流粗ろ過も、生物群集の活躍と、現場で自信をつけた荒川さんは、張り切って、名古屋市中で開催した2014年の国際緩速ろ過会議で、発表してくれた。

NPO の仲間の一人が、私の考えを発信しようと、「Doctor 中本のEPS 資料室/古くて新しい水処理技術の紹介」というホームページを開設してくれた。

沖縄の宮古島の人と行ったサモアには、最新の上向粗ろ過が導入されていたのに本当に驚いた。

NPO で公開していた私の資料を移動した。今後、このホームページを充実していく予定である。

Doctor 中本のEPS 資料室 古くも新しい水処理技術の紹介



図32 EPS資料室の案内

7 サモアの上向流粗ろ過は豪雨の濁りでは容量不足だった

宮古島市は2010（平成22）年4月から2013（平成25）年3月の3年間で、JICAの草の根技協（地域提案型）の「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協力した。宮古島市上下水道局職員は主に漏水対策を支援し、私は雨期のアラオア浄水場の過閉塞問題に取り組み事になった。私の他に「誰か協力してくれる人を連れて行っても良い」との事であった。そこで新潟県見附市での実験を手伝ってくれた荒川朋明さんにお願ひし、サモアでの濁り水対策に取り組んだ。

サモアのアラオア浄水場はドイツの援助で1984（昭和59）年から87（昭和62）年に緩速ろ過池が建設されていた。水源は河川水と小さな発電用の貯水池を経由する水であった。しかし赤道に南太平洋のサモア島では雨期は激しい雨が降り、河川水は濁り水になり、ろ過池が目詰まりして困っていた。

1988年に緩速ろ過国際会議がロンドンで開かれ、濁り水対策で粗ろ過が話題になった（図11、前出）。その後スイスから粗ろ過指針が1996（平成8）年に出版された（図14、前出）。ドイツのコンサルはこの指針の中の上向流粗ろ過がサモアにも使えると考えたようだった。そこで2000（平成

12）年に、沈殿池と上向流粗ろ過池を建設した（図33）。

ドイツのコンサルは2000（平成12）年に作成したアラオア浄水場の指針を見たが（図34）、緩速ろ過処理は生物処理という理解が不十分と思われた。原水の中濁り対策で、沈殿池（図35）と多層式の上向流粗ろ過池（図36）が2系列あった。図面を見ると小さな粗ろ過池を1回しか通してなかった。ドイツは熱帯地域の島国みたいな豪雨がない。熱帯地域の現場経験が少くないコンサルが設計し施工したようだった。

私はスリランカやバングラデ

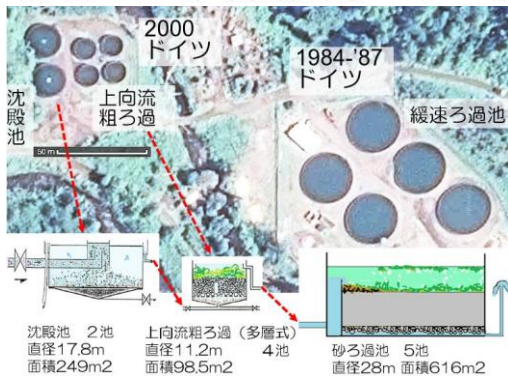


図33 アラオア浄水場

シユでは熱帯圏なので、濁り水対策で余裕を持つように多段の上向流粗ろ過を導入していた（図17、20、前出）。2010（平成22）年12月にサモアに行くと、雨が降ると濁水と

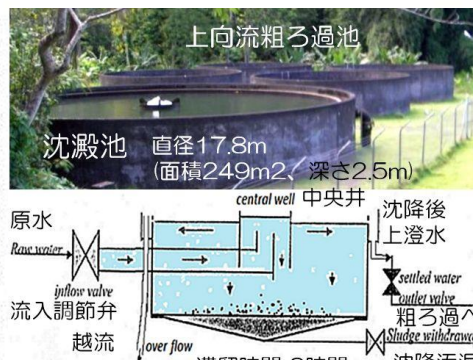


図35 沈殿池

サモア水道公社：緩速ろ過指針 2000年4月 Dorsch Consult (ドイツ)

<https://eps.watervision.jp/wp-content/uploads/2025/04/AraoaDorsch-Manual.pdf>

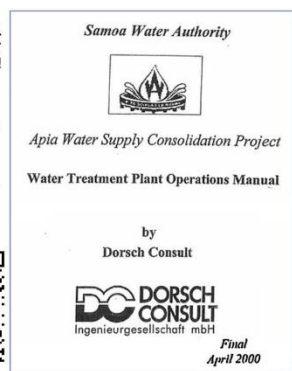


図34 2010年、浄水場指針

仕組みは良いが、熱帯の雨による泥水に対して、明らかに容量が小さ過ぎた。

沈殿池の構造も素晴らしかった。

多層式の上向流粗ろ過も仕組みは良いが、容量が小さ過ぎた。

酷い雨が降っても、土壌の中には、泥水は入らない。緩速砂ろ過でも同じ、表面だけに濁りがくるが、砂層内部には泥は入らない。

落葉や落枝が取水口のバースクリンに詰まって困っていた(図37)。サモアは島国で山がある。熱帯圏の土壌は細かいのが普通である。降雨があると沈殿池でも沈まない細かな濁り水が流入し、濁りが沈殿池を通過し容量が小さな多層式の上向流粗ろ過池に濁り水がそのまま入り、濁りがろ過池まで入ってしまった。

水には粘性があるので細かな砂と砂の間を水がゆっくりと流れる。細かな砂での緩速(砂)ろ過処理池の砂層表面は糸状珪藻でなく、土壌の断面をみると表面近くしか汚れが入っていないのが良くわかる(図39)。暖かい地域の緩速ろ過池の砂層表面は糸状珪藻でなく、

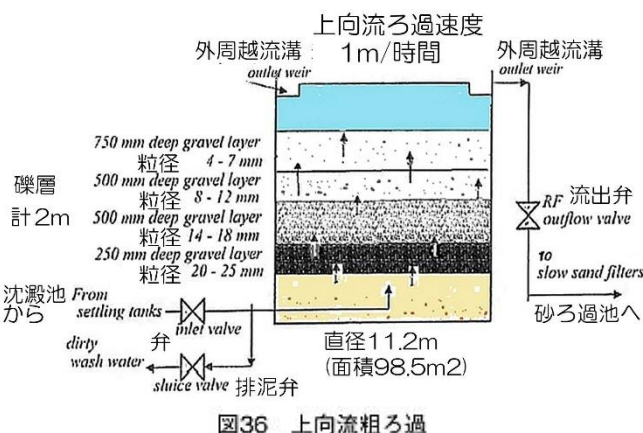


図36 上向流粗ろ過



図37 雨期の取水原水

上からの汚れは下層深くは入らない



図39 砂層表面近くに生物

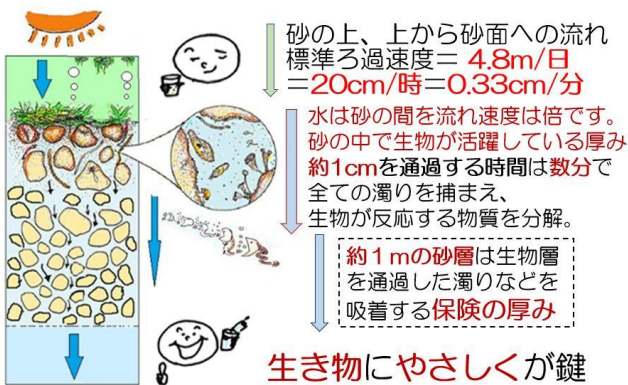


図38 砂ろ過池の断面



図40 ろ過砂と粗ろ過の砂の大きさ

糸状緑藻が目立つ。緩速ろ過用の砂の粒径は、普通は0.3から0.45mmであるが、砂層内の汚れは、表面近くだけである(図40)。サモアの多層式の上向流粗ろ過の礫の大きさは一番下の下層の礫の粒径は20から25mmで、一番上の細かな礫の粒径は4から7mmで、緩速ろ過用の砂の大きさと比べると桁違いに大きい。それは下部のバルブ操作で礫間にある汚れを容易に排泥しやすくするためである。一定容積に入る礫を考えると

熱帯の雨期の豪雨は、もの凄い水量の濁水が取水堰にくる。

緩速ろ過は生物群集の活躍。細かな砂だと、水には粘性があるので、水はゆっくりと流れる。生物は餌がくる表面近くで活躍する。

生物が活躍しないなら、入ってくる濁りは、砂の表面に付着する。
 細かな砂の方が、付着面積は大きい。

生物が活躍するのなら、

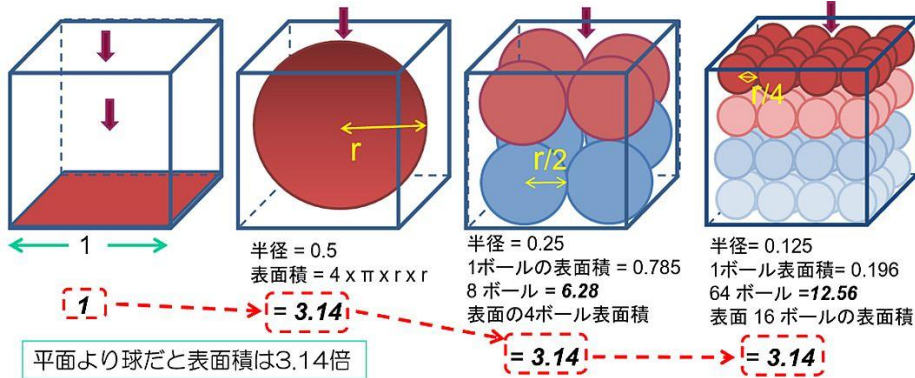


図41 砂の大きさと表面積

緩速ろ過は、生物群集の活躍の視点が必要。

総表面積は小さな礫の方が広くなる。吸着を考えると小さな礫の方が良い(図41)。しかし大きな礫だと礫間の隙間が大きく排泥しやすい。バルブ操作で排泥しやすい大きさを考える必要がある。

8 想定外でも対応する必要がある

私はアラオア浄水場でのろ過閉塞の原因は、沈殿池および上向流粗ろ過の容量が小さ過ぎと思った。細かな濁りを沈殿させることができず、粗ろ過でも礫表面での吸着面積が足りないと思われる。

ドイツのコンサルが設計、施工した施設は、1988年に建設した当初は緩速ろ過池だけだった(図33、前出)。その後、雨期の豪雨でろ過池が目詰まりしたので、急遽、沈殿池と上向流粗ろ過池を追加で建設した。でも、サモアでの雨期の豪雨の濁り対策では、不十分であった。ドイツのコンサルは効果を十分に確かめずに導入していた。

上向流粗ろ過は1988年に国際緩速ろ過会議で発表され、世界中で国際共同研究がなされ、粗ろ過は検討され、1996年に粗ろ過指針が出版された(図14、前出)。私はこの指針を手にいれパイロット試験(図28、前出)をして効果を確かめた。

私は2006年からJICA研



図42 多段の上向流粗ろ過装置

修を沖縄で毎年行っている。沖縄では、毎年、夏から秋にかけては大きな台風がくることがある。私はJICA研修では水道施設は想定外の災害があっても安全な水を供給できるようにと、2段の上向流粗ろ過のモデルを研修生と一緒に作成するようにしている(図42)。

欧州と違って赤道に近い地域の日射量が多い地域では、積乱雲が発達しやすく、短期間の豪雨が頻発する。また雨期と乾期が頻る地域は雨期には集中豪雨が頻発する。台風、ハリケーンなどの襲来もある。

私は、水道施設は、現場に適した浄化の仕組みがあり、現場の人々が維持管理できる仕組みが必要と思っている。想定外でしたと言っただけなのではないかと思っている。私は、スリランカ(図17、前出)やバン格拉デシュ(図20、前出)での浄水施設建設に協力したが、その際は多段の上向流粗ろ過を導入した。

私は海洋調査、海外での調査を経験した。想定外でも、自分らで何とか解決をしないといけないかった。

JICA研修では、水道は、どんな事があっても大丈夫なように、フエイル・セーフティ(失敗しても大丈夫)という考えが必要と教えている。

JICAの草の根技協(地域提案型)の宮古島プロジェクトでは現地で使えるお金は限られていた。それでも私と荒川さん、宮古島上下水道局の人達と、現有施設でも濁りが来ても何とかできないかと格闘した。次号で続きを書かせてもらう。

沖縄でのJICA研修では、毎回、モデルを皆でつくり、仕組みを理解してもらっている。また、活躍する微小生物を顕微鏡で見せている。