

中国における水問題解決の一提案

グリーンブルー株式会社

代表取締役 谷 學

1. はじめに

現在、中国における環境問題として、日本では大気汚染物質であるPM2.5の中国からの越境汚染に注目が集まっている。筆者が初めて日本の大気汚染物質である大気浮遊粉じん試料を採取したのが、今から47年前の1967（昭和42）年の夏であった。当時、大気中の浮遊粉じん（以下、「TSP」という）の試料採取は、Staplex社（米国）製のハイボリュームエアサンプラーに、8 in.×10 in.のグラスファイバー濾紙を装着して行うのが主流であった。私が所属していた機関のビルの屋上で試料採取を行っていたが、当時の日本の大気汚染も極めて厳しい状況にあり、TSP濃度として1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を記録することはざらであった。その後、1973年に10 μm 以下の大気中浮遊粒子状物質（「SPM」という）の環境基準が定められ、1日平均値が0.1 mg/m^3 で1時間値が0.2 mg/m^3 以下であることとされた。浮遊粒子状物質についてはさらに研究が進み、1978（昭和53）年には慶応義塾大学工学部の藤村博士（当時助手）によって、大気中の浮遊粒子状物質の粒子径が2 μm を境に2山に分かれることを明らかにされた。以後、粒子径2 μm 以上の粒子を「粗大粒子」、これ以下を「微小粒子」と呼ぶようになった。2009年には粒子径が2.5 μ 以下のものをPM2.5（日本では「微小粒子状物質」）と呼び、環境基準が年平均値で15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1日平均値で35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であることと定められた。今日ではPM2.5は自動測定機器を使っての常時監視が世界標準となり、各国で濃度監視が進められるようになった。中国でPM2.5がクローズアップされたのは、2012年12月に北京の米国大使館が独自に観測したデータを、インターネット上で公開してからである。日本において、中国からのPM2.5の移流問題が注目され出したのは、山口、竹村¹らが2000年から02年にかけて、長崎や松江で黄砂とともに煙霧を観測したのが最初で、これらが明らかに東アジアの大陸（中国）からの越境汚染であることを示唆した。日本では早くから、中国からの黄砂移流の研究はされていたが、PM2.5の越境汚染が現実のものとして認知されたのは、やはり2012年12月の米国大使館による発表がきっかけだと言えよう。

前述した通り、筆者が1967年に1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の大気浮遊粉じん濃度を記録観察した当時は、明らかにPM2.5の値も高かったと推測される。その頃の日本は、すでに四大公害問題を始めとして深刻な環境問題を抱えていた。大気汚染は極めて深刻であったし、同時に河川、湖沼、沿岸海域の水質汚濁問題や悪臭、そして都市ゴミ問題も深刻であった。大気汚染防止対策が遅れているということは、日本の事例からしても、同時に水質汚染や悪臭問題、また土壌汚染なども深刻な状況にあると言えよう。日本における当時の代表的な一事例を取り上げるとすれば、1960年から1970年代前半にかけて発生した

¹ http://www.metsoc.jp/tenki/pdf/2011/2011_11_0029.pdf

「田子の浦のヘドロ問題」²が挙げられる。”田子の浦”は駿河湾に面した、いくつかの河川が流入する入江で、すでに工業港として発展していた。この入江の上流で操業する4大製紙会社が、工場排水を適切に処理しないままに河川に放流。これが長期間に亘って田子の浦に流れ込み、入江の海を汚染させ、さらに海底に膨大な量の汚泥が蓄積され、そこから悪臭が放たれるという極めて深刻な公害問題へと発展した事案であった。これに類似した公害問題としては、北九州市の若松区と戸畑区の間にある洞海湾の汚染が挙げられよう（表-1 参照）。

ここで言いたいことは、深刻な大気汚染問題を抱えている状況下では、水質汚染など他の汚染問題も同時進行しており、今日の中国が置かれている状況は、まさにかつて日本が経験した“激甚公害”をそのまま踏襲した姿と言えよう。

2. 中国における代表的な都市部の水問題

前項で挙げた通り、中国におけるPM2.5による汚染問題は、128の都市が重度の大気汚染に見舞われており、深刻な状況にある³。中国は大気汚染問題に加え、深刻な水質汚染問題も抱えている。中でも重要都市である天津市、北京市、上海市、さらに主要都市を抱える河北省、山西省、山東省、江蘇省、寧夏回族自治区では深刻な水質汚染問題に加え、厳しい水不足の状況にある。国連環境計画（UNEP）の基準では、一人当たりの年間水資源量が1700m³を下回ると「水不足懸念」、1000m³を下回る水準を「水不足」、そして500m³を下回る場合「絶対的水不足」と分類している⁴。なかでも首都北京市における水事情は深刻で、同市の年間の水使用量は35.5億m³、このうち地表水の占める割合が20.3%の7.2億m³、地下水が61.4%の21.8億m³、残り20%の7億m³が再生水となっている。こうした事情は、北京市を取巻く河北省ではさらに深刻で、省全体の年間水使用量194億m³に対して、地下水依存度が80%の155億m³に達しており、残り20%が地表水36億m³となっている。つまり、中国は華北地域と東北地域、そして黄河の河口域にある山東省、また中流域にある河南省、そして上流域の陝西省などが地下水依存率が高く、深刻な水不足にある⁵。

中国華北地域ならびに東北地域の地下水汲み上げに依存するさらなる問題として、比較的浅い地下水はすでに汚染が進行して使えない状況にある点である。そこで比較的深い帯水層にある化石水⁶を汲み上げている。ところが化石水は石油と同じで、一度汲み上

²<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B0%E5%AD%90%E3%81%AE%E6%B5%A6%E6%B8%AF%E3%83%98%E3%83%89%E3%83%AD%E5%85%AC%E5%AE%B3>

³<http://jp.ntdtv.com/news/10427/%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E6%96%B0%E5%B9%B4+128%E9%83%BD%E5%B8%82%E3%81%A7%E9%87%8D%E5%BA%A6%E3%81%AE%E5%A4%A7%E6%B0%97%E6%B1%9A%E6%9F%93>

⁴ <http://wedge.ismedia.jp/articles/-/3518>

⁵ http://www.clair.or.jp/j/forum/c_report/pdf/361.pdf

⁶ http://www.nationalgeographic.co.jp/news/news_article.php?file_id=20100507002

げてしまうと無くなってしまいう水である。この依存度が高いことから、これら地域は地下水の枯渇問題が浮上してきている。

華北や東北地域ならびに黄河流域の都市の水利用は、水質汚染の改善に加え、水の効率的な利用、すなわち水の再生利用として高度処理を施し再利用できる水の増産が不可欠である。現実には、再生率は順次高められつつあるようだが、それでも間に合わないということから、「南水北調」⁷プロジェクトが膨大な資金を投入し進められている（第10次5カ年計画の投資額が5千億元、日本円では6兆5千億円に相当）。

一方、中国第一の都市上海市の水使用量は、華北や東北地域と違って地表水依存率が極めて高く99.8%、年間の水使用量では125億m³となっている。これは北京市の3.5倍に相当する。一人当たりの年間水使用量も上海市が656m³で、これも北京市の3.2倍に当たる。上海市は揚子江の河口にある都市であることから、地表水の恩恵を受けている。しかし水は豊富でも、すでに水質汚染は進行しており、この改善が急がれる。ちなみに北京市、上海市の地表水の4~5割が環境基準の“劣V”（V：COD≤40に満たない）の中度の汚染水である。このレベルでは、例えば工業用水としての利用も難しい。故に、使用に当たっては浄化が不可欠となる。ましてや、生活飲用水のレベル（中国環境基準のⅡ類）にするには、当然高度の水処理再生が求められる。使用済の工場用水を再利用するとなれば、一級基準Aの水質（COD≤50、BOD≤10）にすることが求められる。そのためには必然的に高度な水処理技術（逆浸透膜や精密ろ過膜、あるいはメンブレンバイオリアクターなど）の活用が不可欠となる。

3. 中国における下水処理率の実態

中国における水の使用構成は、表-2に示した通りである。年間の水使用量の合計が5,965億m³で、このうち農業用水63%の3,758億m³、工業用水が24%の1,432億m³、そして生活用水が13%の775億m³となっている（地域別にみた水使用量と水源別割合⁸）。表-2には日本との比較も示した。日本は生活用水の利用比率が19%で、工業用水の14%を上回っているのが特徴である。一方、中国は生活用水比率が工業用水より大きく下回る。この数字からも、中国が産業重視にあることが窺い知れる。

図-1に中国における一人当たりのGDP（GDP/Capita）と、都市部および県城部（鎮や村をさす）の下水処理率の推移を示した。都市部における下水処理率は、GDP/Capitaと比例するように上昇し、2008年には72%に達している。一方、県城部の下水処理率は2000年から2006年までは微増で、2007、8年に増加し、2008年には31%に達している。この図で明らかな通り、中国の下水処理は、都市部と県城部とでは大きな開きがあり、県城部の下水処理が遅れていることが分かる。

⁷ <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%8D%97%E6%B0%B4%E5%8C%97%E8%AA%BF>

⁸ http://www.clair.or.jp/j/forum/c_report/pdf/361.pdf#search='CLAIR+REPORT+No.361'

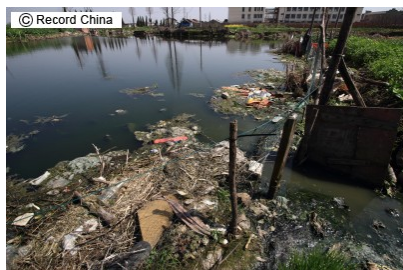
ここで注目すべきことは、中国全体での年間の水使用量は 5965 億 m³ で、これは水資源総量 2 兆 4180 億 m³ の 24.7% に相当する。中国は水資源総量においては豊富であるものの、地域によって大きく異なる。前項で述べた通り、黄河流域の都市では地表水の恩恵が受けられず地下水に依存している。ちなみに 2009 年度における中国全土への、給水管を通しての給水能力は約 1000 億 m³/年 (≒2.7 億 m³/日×365 日) で、これは全使用量の 1/6 に相当する。ここで、水処理の対象となる用水は工業用水と生活用水で、表-2 に [工業用水+生活用水] 合計使用量 2,207 億 m³ を示した。給水管で給水される水との差 1,207 億 m³ は、河川、湖沼あるいは地下水を直接利用していることなどが考えられる。中国の年間下水処理実績量は 387 億 m³ (≒1.06 億 m³/日×365 日、表-2 参照) で、これは [工業用水+生活用水] 合計の 17.5% に相当する。したがって残りの水は無処理で放流されていることになる。水処理の対象となる水 (工業用水+生活用水) は、必ずしも全て処理が必要という訳ではない。日本のケースでは、[工業用水+生活用水] の合計量 282 億 m³ のうち 48.6% の 137 億 m³ が水処理されている。中国における水処理の実態は、日本のケースから見ても極めて低いことになる。

無処理で放流されてい水の量が多いことは、上下水管の敷設距離からも窺い知ることができる。2009 年の統計では給水管延長約 50 万 km に対して、下水排水管 (日本でいう管渠にあたる) 延長は約 35 万 km で、給水管延長の 70% に相当する。ちなみに、日本における下水管渠延長は 40 万 km であり、人口比で考えると、中国は 409 万 km {= (13 億人×40 万 km⁹) /1.27 億人} が必要となる。現状はその 1/10 にも満たない状況である点からも、中国における水処理の課題の一つが見えてくる。下水処理施設数は目標通りに進められているようだが、汚水が下水管渠を通し処理場に送られる量は極めて限られており、多くはバキュームカーなどで収集されたものが下水処理場に運び込まれて処理される、いわゆるバッチ処理が大半だということになる。汚水処理率を高める上で、下水管渠延長も水処理改善の一つのポイントであろう。

4. 2013 年 3 月に集中的に取り上げられた中国の水問題

1) 2013 年 3 月 14 日 :

中国は水資源量は世界最貧、汚水排出は世界最多＝水質汚染が各地で頻発



<http://www.recordchina.co.jp/group.php?groupid=7028>

⁹<https://www.mlit.go.jp/common/000036647.pdf#search=%E6%9D%B1%E4%BA%AC%E9%83%BD%E3%81%AE%E4%B8%8B%E6%B0%B4%E9%81%93%E7%AE%A1%E3%81%AE%E7%B7%8F%E5%BB%B6%E9%95%B7%E8%B7%9D%E9%9B%A2>

2) 2013年3月18日：

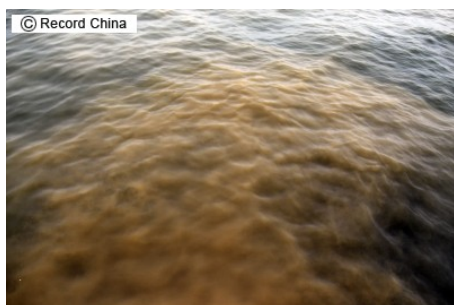
重度の河川汚染、工場は知らんぷり、住民は感覚がマヒー中国浙江省紹興市



<http://www.recordchina.co.jp/group.php?groupid=70401>

3) 2013年3月21日：

中国近海の海洋汚染が悪化、国家海洋局報告書が指摘-中国



<http://www.recordchina.co.jp/group.php?groupid=70514>

4) 2013年3月26日

中国の河川に投げ捨てられる生活ごみ、農村部だけで毎年数100万トン-香港紙



<http://www.recordchina.co.jp/group.php?groupid=70652>

5) 2013年3月28日:

中国華北地域、地下水汚染が深刻＝飲用可能は2割程度—中国紙



<http://www.recordchina.co.jp/group.php?groupid=70742>

6) 2013年3月30日

中国の河川、30年間で2万7000本消失?!＝当局は水が減少したと説明—独紙



<http://www.recordchina.co.jp/group.php?groupid=70814>

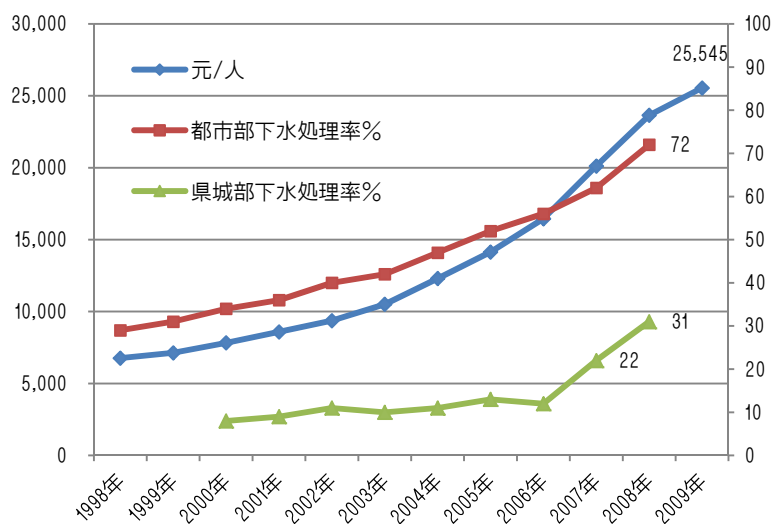


図-1 GDP/Capita と、都市部・県城部下水処理率の推移

表-1 ヘドロ問題発生主要水域のヘドロの状況

	測定年度	強熱減量 (%)	COD	硫化物	カドミウム	クロム	全水銀	鉛
東京湾(鶴見附近)	45	—	6.2	—	0.009	0.01	0.018	0.25
〃 (横浜本牧沖)	45	—	4.9	—	0.001	0.006	0.023	0.03
大阪湾(大阪港口)	42	13	18.9	1.3	—	—	—	—
〃 (神戸港沖)	42	8	25.2	0.3	—	—	—	—
田子の浦港	43	24	11.4	2.1	—	—	—	—
洞海湾(湾口)	44	17	16.4	—	0.012	0.055	—	—
〃 (湾奥)	44	15	21.6	—	0.122	0.051	—	—
伊予三島港	39	6	13.6	0.6	—	—	—	—
〃	44	53	—	—	—	—	—	—

経済企画庁および関係都府県調べ

- (注) 1 単位は、強熱減量を除き mg/g 乾泥
2 各年度とも、1回の測定による。

http://blogs.yahoo.co.jp/teisitu/GALLERY/show_image.html?id=26057724&no=0

表-2 中国と日本の水使用量と下水処理量比較

項目	単位	中国		日本		中/日
		水使用量	%	水使用量	率%	
人口	億人	13		1.27		10.2
農業用水	億 m ³	3,758	63	557	66	6.7
工業用水	億 m ³	1,432	24	121	14	11.8
生活用水	億 m ³	775	13	161	19	4.8
合計	億 m ³	5,965	100	839	100	7.1
工業用水+生活用水	億 m ³	2,207	37	282	34	7.8
下水の日処理能力	万 m ³	10,594				
年間下水処理量	億 m ³	387	17.5	137	48.6	2.8
〃 (8,000 万 m ³ /日)	億 m ³	292				
下水再利用量	億 m ³			2	1.4	※1
排水管延長(管渠)	万km	35		40		
汚泥の年間処理量						

※1:再利用量 2 億 m³ は 2003 年の値である。2007 年には、東京都だけの再処理水が 1.83 億 m³ に達しており、この量は総下水処理量 20.42 億 m³ の約 9%に相当する。

5. 古くて新しい水処理技術（マイクロ・ナノバブル技術による水質浄化）の提案

<http://www.fbia.or.jp/>

ここで紹介するのは、密度の高いマイクロバブル+ナノバブルを発生させ、“・OH ラジカル”濃度を高めた形で糞尿を処理するものである。

グリーンブルー社が紹介する製品は、富喜製作所が特許を持つ製品名“ミクロスター”で、同社はこの製品を使って SPF 豚（Specific Pathogen：あらかじめ病原菌を持っていないという意味）を年間 75,000 頭出荷する養豚場から出る糞尿を適切に処理するばかりか、糞尿を完熟堆肥に変えることに成功している。

完熟堆肥にする技術を BMW 技術と呼んでおり、処理プロセスは至って簡単である。

BMW 技術 + オゾン + ミクロスター ⇒ 生物活性水と完熟堆肥

（B はバクテリア、M はミネラル、W は水の意味）

本技術のキーは、マイクロバブル、ナノバブルの発生技術にあり、同社のミクロスターは“・OH ラジカル”を効率よく発生させるノウハウを所持している。以下に、日本国秋田県小坂町にある養豚業者における事例を紹介する。

http://www.fuki-ss.co.jp/Example/Ex_Purification_2.html