

國學院大學學術情報リポジトリ

水環境の現状と取り組み：中国の水処理について

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2023-02-10 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 野中, 規正 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.57529/00002305

水環境の現状と取り組み

・・・中国の水処理について・・・

野 中 規 正

1. はじめに

最近日本では、マスコミや書籍などでも「水ビジネス」について頻繁に取り上げられるようになり、水に対する関心が高まって来ている。水処理技術者として長年携わってきた経験から、これらの問題について若干の考察を行ってみようと思う。

アジアにおける共存社会を考える時、中国の水の問題は「アジア一帯の環境」だけに留まらず「アジアの平和」にも重要な影響を及ぼしている。

日本への直接の影響としては、黄河流域の黄土高原の水土流失による荒廃に伴う黄砂の飛来、渤海湾への土砂流出に伴う海域の富栄養化、黄河断流による渤海湾、黄海海域の環境変化、同じく長江の汚濁、あるいは流量変化による海域の環境変化等であるが、当面差し迫った問題としては捉えられていない。しかしながら、インダス川、ガンジス川、ブラマプトラ川、メコン川などの水源はすべて中国領土であるチベット高原から発している。これらの河川下流には水資源の大きな部分をこれらの河川に依存している国々が存在しており、もちろん中国の大河である長江、黄河も同様にチベット高原を水源としている。水資源の配分に関しては世界中で紛争が繰り返されているが、上記河川の上流の中国と下流の国々、また、下流の国々となるインド、パキスタン、バングラデシュ、ミャンマー、ラオス、タイ、カンボジア、ベトナムなどの間でも、河川上流に位置する国と下流の国との間で配分の紛争が生じている。さらに中国・北朝鮮国境を流れる鴨緑江、中国・ロシア国境を流れるアムール川では政治問題も絡まった紛争が生じている。

食糧自給率40%でありながら、食糧の輸入により不自由を生じていない日本としては、その切実さが感得出来ないのであるが、13億の民を養うための食糧自給率100%を国是とし、灌漑農業による食糧増産に努めなければならない中国にとっては、水資源の不足が大きな問題となっている。

また長年にわたり、経済発展を最重要課題と位置付け、環境問題への対応を先送りしてきたために、大気汚染、水の汚染などの環境問題は深刻な状況に陥っている。2008年の北京オリンピック開催時、大きな話題となった事はまだ記憶に新しい出来事である。

中国政府は経済大国となった今、環境問題に真剣に取り組み始めているが、まだ、その顕著な改善は見られないのが現状である。

特に水の問題に関しては、1949年中華人民共和国成立後、毛沢東、周恩来の黄河治水にかける意気込みは大きなものがあり、大規模な灌漑農業の拡大、ダム建設による水資源の確保、電気エネルギーの確保が大きな使命であった。近年、毛沢東が主張していた南水北調計画が既に着手されており、このプロジェクト完成後環境面にどのような影響を及ぼすか、いまだ不明なところが多々残されている。

中国における環境問題の深刻さから、この面での日中関係の緊密化が進みODAをはじめとする協力事業が1990年代から強力に進められてきた。最近では東アジア環境共同体という言葉さえ使われ始めている。

さらに、世界的には人口の急激な増加による世界的な水資源の不足、気候温暖化による降雨量の変化に伴い、水資源の偏りが危惧されている。また、水管理の誤りにより今世紀には消滅するといわれている琵琶湖の100倍もの面積を有していたアラル海、さらには同じくカリフォルニアにおいて、人工的に生じたソルトン湖が水管理の誤りにより消滅し、環境へ悪影響を及ぼすのではないかという脅威、黄河断流など水を取り巻く危機的状況が一層水に対する関心を集めている。このような状況下で、グローバリゼーションにより、フランス企業を始めとしたいわゆる水メジャーによる世界的な水道民営化、また、民営化に反対する陣営との水をめぐるRights（権利）とNeeds（需要商品）の論争など、水環境の改善に対する期待が世界中で高まってきた。

水関心の高まりを受けて、日本においても政府主導の水ビジネスが推進されている。特に巨大マーケットを有する中国への期待は大きなものがある。しかしながら、先行した水メジャーの世界各地での撤退に見られるように、水をめぐるビジネスは単なるビジネスの失敗と片付けられない側面を有しており、却って現地の住民に経済的及び水の安定供給そのものに大きな負担を残している。

2. 自然界における水循環

水の惑星と呼ばれる地球に存在する水の97.5%は海水であり、残り2.5%を占める淡水についても南極大陸や氷河あるいは凍土中の万年氷がその大部分を占める。さらに地下深層に存在し利用不可能な地下水を除いた、河川・淡水湖などの表流水の占める割合は0.01%程度である。淡水湖などの水を全量利用できるわけではなく、水資源として利用可能な淡水は地球上に存在する水の0.001%程度といわれている。これらの値は、水資源の重要性を示す場合に良く引用される数値である。

水量としてどのくらいの数値なのかを見てみると、淡水湖、河川、深度100m程度までの地下水を含めた水量の全量としては380万km³程度と推測されており、また、20世紀末における世界中の利用水量が年間約3,800km³といわれている。この数値から、石油などの資源と同様に、水資源は1000年分も存在するのか、あるいは、1000年で枯渇するのかと判断するのはほとんど意味を持たない。

石油は消費することにより、その形態が変化して回復不可能な形態となる。不可能でなくとも時間的尺度、必要なエネルギー等を考えた場合、実質的には石油は再生できない資源である。水は消費することにより汚染されるが、消滅することはあり得ない。雨水などとして再生可能な資源である。

しかしながら、ある一面では石油資源と同様の側面も有している。表流水資源が不足しているサハラ砂漠の地下には巨大な帯水層が存在するが、農業用水、都市用水として大量の揚水が続けられている。また、アメリカ中西部

の小麦や綿花、トウモロコシの一大穀倉地帯となっている地下にはオガララ帯水層が存在し、現在まで大量の農業用水の揚水が続けられており、数十年以内には枯渇するのではないかと危惧されている。更に中国でも、華北地帯の穀倉地帯において大量の地下水が農業用水として揚水されており、地下水位が相当のスピードで低下している。必要な水の60%以上を地下水で供給している北京では深刻な水不足に陥る怖れがあり、南水北調も首都への水供給をその目的の一つとしている。これら、地下帯水層への水の供給速度は消費速度に比べてわずかなものであり、時間的尺度を考えたときには回復不可能、あるいは回復するために莫大な費用とエネルギーが必要とされる。このように水資源はある意味、石油資源などと同様な側面も有している。

一見、湖水、ダムなどは「ストック (stock)」として捉える事が可能であるような錯覚を生じさせるが、「フロー (flow)」としての水利用しか行えない。河川はもちろんフローの水資源であり、異常事態が生じない限り常に更新され、持続的に補給される。湖水、ダムなどはこの更新の時間的尺度が若干長いのであるが、湖水、ダムとして存続する限りは、流入、流出のバランスの中でしか水を利用することは出来ず、水の総量が増加するわけでもない。一度このバランスが崩れるとアラル海の消滅のような事態を生じることになる。更新の時間的尺度ということで、日本最大の琵琶湖を例にとると琵琶湖への河川、降雨等による水補給と河川等からの流出、蒸発の水収支を考えた場合、その更新時間は約5年である。実際は湖水の混合等が生じるので、流入水が完全に流出してしまうまでの時間としては約15～20年程度といわれている。更新時間が長いということは流入水にたいする貯留水の割合が大きく、流出する水を平均化することが可能である。ダムは琵琶湖ほどの滞留時間を持たないために、しばしば渇水期に貯留水がなくなるような事態を招くことがあるが、ダムの利水の目的としては流出水の平均化にあり、そのためのダム運用が行われている。

フローの水資源である全世界の河川の平均滞留時間は約2週間といわれているが、日本の河川は最大の長さを持つ信濃川でも367km、標高差800m程を

一気に流れるので、平均滞留時間はずっと短くなり4日程度である。利根川にしても平均滞留時間は3日である。常願寺川などは長さ約56km、標高差約2,600mであり、上流で降った雨は直ちに海にまで到達する。また、河川の最小流量と最大流量の比である河況係数は測定地点でも異なるが信濃川で130、利根川で484であり、ダム等による流量の平均化を行わないと水資源としての利用を難しくする。ちなみに、長江の長さは6,300km、黄河については長さ5,400km、源流部の水が渤海湾に到達するのに3カ月余りの日数を要すると計算されている。

表流水はこのようにフローとしての水資源であり、常に更新され、持続性を有するものであるが、その水源は大気中の水蒸気が雨や雪となってもたらされ、その水蒸気のほとんどは海水の蒸発によってもたらされるものである。大気中の水蒸気の量は、世界の年平均降水量810mmを基準とすると、10日分の降水量に相当する。つまりフローとしての水資源は10日で更新され、永続的にこの循環を続ける。河川は10日分の降水量から陸地からの蒸発等他のフローとなる分を除いたフローとして2週間程度かけて河口まで達する。この間の平均移動距離は300km～500kmである。太陽エネルギー以外に外部からのエネルギーを投入することなく大量の水がこれだけの距離を移動していることもフローとしての水資源の特徴である。

最大の水問題はフローとしての水資源の利用方法から発生する問題である。水の利用を行えば、どんな形であれ水を汚染することになる。農業用水であろうと田畑の栄養分を排出し、汚染される。汚染された水を再度利用するためにはその汚染物質を浄化する必要がある。そのために、エネルギーの投入、生物作用などが必要であり、自然浄化作用による場合もあれば、人間の技術を用いて浄化作用を促進、あるいは希釈させることにより浄化する場合もある。汚染がひどければ自然界の水の循環の中で浄化作用が追いつかなくなり、どこかに汚染物質が蓄積していくことになる。

水の質の問題の他に、水資源の偏在の問題もある。世界の年平均降水量は810mmであるが、中東のように年平均降水量が50～200mm程度のところもある。

れば、日本のように1,700mmのところもある。中国黄河流域は平均450mmであり、黄河西北部は200mm程度である。植物が生育するためには一般的に年平均降水量が500mm以上必要とされ、この降水量以下のところで農耕を行おうとすれば必然的に河川水、地下水を用いた灌漑に頼らざるを得ない。過剰な灌漑水の利用も水の循環を阻害する大きな要素である。

3. 人と水との付き合い

四大文明がいずれも大河のほとりで発生したことからも判断されるように、水は単に生物としての人間の生命維持に必要とされるだけではなく、文明の発達、人間社会の形成に重要な役割を果たしている。農耕に必要とされる灌漑システムの建設には組織化された社会システムが必要となるであろう。また、大河の氾濫によりもたらされた肥沃な土壌は、都市住民を養うに十分な食料生産を行う事を可能とし経済的な余裕をもたらしたと考えられる。氾濫にそなえるための治水事業も、また、社会システムの発達を促した。

黄河沿いに発達した中国文明では、「史記」に記された伝説上の古代王朝「夏」の始祖禹^うが黄河の治水工事を行ったと伝承されており、現代でも黄河下流に禹帝像が建立され崇拝されている。

河川を利水面から考える時は常に洪水と渇水との戦いであり、緊張関係のなかで治水に知恵を絞り、またその知恵が受け継がれてきた。さらに土地と水が結びつくことにより、各地方独自の文明、文化が生まれてきた。

日本においては、黄河、長江の様な大河は存在せず、すでに述べたように水源から河口までの滞留時間が短く、洪水も一気に土砂を運搬してしまうため洪水期を除いては土砂が河川中に滞留することがない。水源地には、樹木が生い茂り保水力が大きく、河川は清澄である。また、水田を中心とした灌漑農業は水を湛える平坦な土地を必要とするので、その多くが河川の氾濫原である扇状地で営まれる。河川の氾濫は人間生活、経済基盤を破壊するが、

洪水により長期に亘って冠水することはない。このような河川との付き合いの中で、日本人の精神文化は形成されてきた。

水田による稲作農業は洪水であれ、旱魃であれ、土地と結びついた水の管理を中心とした共同体を創り上げた。水は全てを流し去ってしまうが、また、常に身近に存在しなければならないものであった。水は地域の自然景観の一部となっていた。また、水にまつわる儀式として禊や雨乞い儀式が古くから行なわれてきた。飛鳥・奈良時代の都の制定時には、すでに蘇我氏の仏教による祈雨、皇極天皇の祈雨が記録され、丹生川上社が祈雨の神として祭られていた。中国への留学僧であった空海は神泉苑で祈雨を行ったことが良く知られている。全国各地での雨乞い風習が現代まで伝承されている。

一方、中国では禹の治水の伝説にもあるように、黄河を中心として文明が発達してきた。黄土高原に降る雨は短期間に集中して降るため、黄河流域は洪水と旱魃の繰り返しの歴史であった。幾多の黄河の決壊により河道を大きく変えてきた。漢民族の農耕に黄河は重要な役割を果たしたことは間違いないが、同時に遊牧騎馬民族の活躍の場でもあった。幾多の戦乱の世の中で黄河は防御線としての役割も担ってきた。戦乱の中で黄河を利用しようとした事例としては、1128年李固渡で金軍の南下を阻止するため黄河南堤を人為的に決壊させている。また、1642年開封を守るために柳園口で黄河の堤防を決壊させたために、開封城に河川水が流れ込み住民37万のうち34万人が水死したといわれている。現代においても1938年に日本軍の侵攻を阻止するために蒋介石が花園口で南岸を破壊し、そのため中国人民89万人が水死し、1,250万人が被災したと黄河水利委員会の記録に記されている。1947年に堰止めて元の河道に戻すまで9年間も長江に入り、黄海へと流出していた。

諸説があるが、黄河流域の黄土高原の森林が伐採により消失し、水土流出により河が黄河に変わったのは漢代であるといわれている。いずれにしても、黄河の歴史は河川水に含まれる土砂との戦いであった。1トンの水に含まれる土砂の量が35kgという世界で最も高い濃度であり、年間16億トンもの土砂が流出している。そのため、下流に土砂が堆積し、河床が地表面より10mも

高い天井川を形成している。現在でも年平均10cm程度の速度で河床が上昇している。

長江は比較的水質も良いが、年間流量が1兆 m^3 という莫大な量のため土砂の量も莫大となり、農地拡大政策も伴い武漢上流にある洞庭湖は、300年間で半減した。

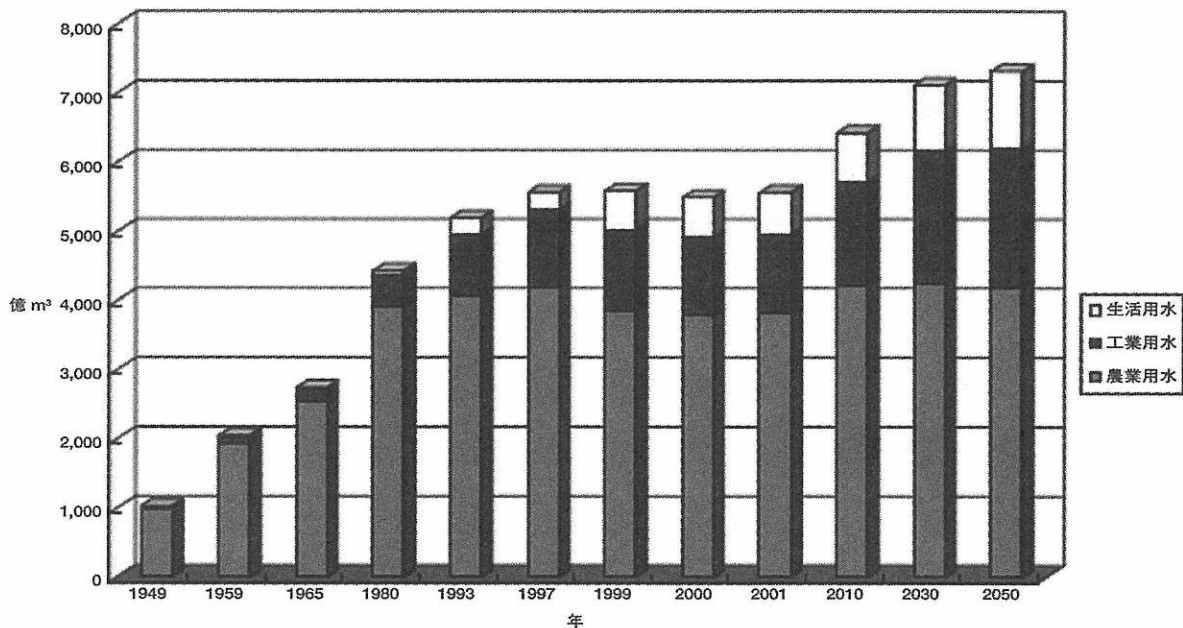
ヨーロッパでは、河川は水量も豊かでゆっくりと流れている。源流から河口までの平均滞留時間はドナウ川で33日である。アジアモンスーンと異なり短期に集中的な降雨が生ずることもなく、河川水量の変化を示す河況係数もドナウ川が30であり、ライン川が16と日本の河川と比べて小さな値である。このため、河川の水利として舟運が発達し、現在でも舟運による運輸が大きな部分を占めている。また、河川の形態も水処理の方法に大きな影響を与えている。近世のコレラなどの疫病を巡る上下水道の論争の影響もあるが、上水道の水源としては泉水・地下水を優先し、処理をする場合も二重のろ過を行ったり、高度処理に力を注いでいる。一方、下水処理は放流先の豊富な河川水量と河口までの滞留時間が長いため、希釈効果と自然浄化力に期待して高度処理には消極的である。

治水と利水の状況は前記に示したように、地域環境、河川状況等により大きく変わってくるものである。アジアモンスーンに属する日本、中国などは灌漑用水の確保が水との付き合いそのものであった。

舟運については、中国は古代より運河建設により、南と北の舟運の輸送路が建設され、現在でも大きな役割を示している。日本では近世においては、淀川を利用した北陸、東北と大阪間の運搬、利根川河口の流路変更による江戸と東北の物流に大きな役割を果たしていた。しかしながら、近代に入り、日本では河川による舟運は衰退して行った。水との付き合いを考えると舟運の役割は再考の余地があるのではないだろうか。

舟運は水を運搬の手段として利用するものであるが、水そのものを利用す

中国の用途別水使用量の現状と予想



注 1) 2001年までは実績値。2010年以降は97年ベースの予想値。

2) 生活用水＝都市生活用水＋農村生活用水

出所：中国工程院報告書「中国可持続発展水資源戦略研究報告集」、水利部「中国水資源公報 1999」「同 2000」「同 2001」より作成

る場合について見てみると、2000年時点において、世界の水利用は農業用水69%、工業用水21%、生活用水10%となっている。中国の水利用も2000年時点では、農業用水70%、工業用水20%、生活用水10%と世界の平均とほぼ同じであるが、今後、工業用水、生活用水の伸びが予想されている。

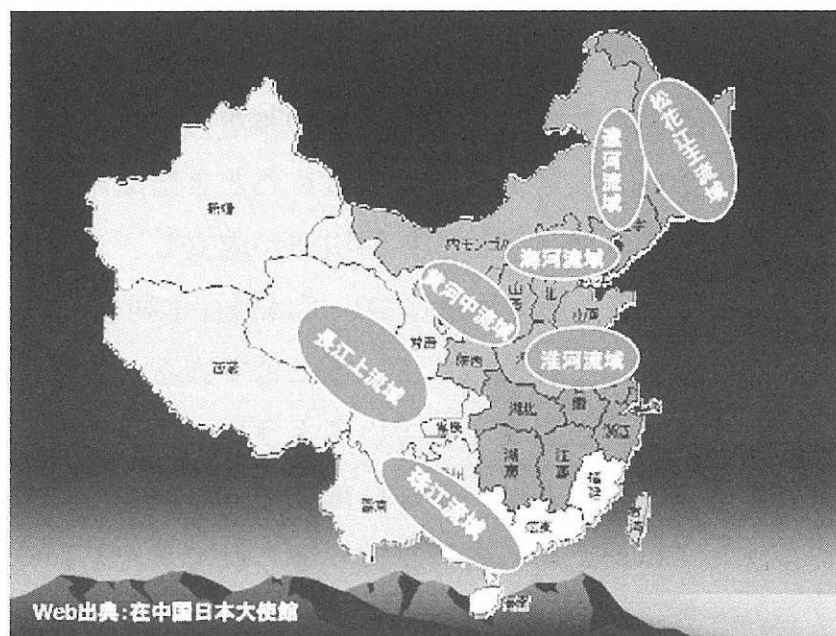
日本の水使用量は、2006年度で年間831億m³であり、農業用水約66%、工業用水約15%、生活用水約19%となり、世界平均と比較して、工業用水の比率が少なくなっている。これは、工業用水の80%が再利用されているためである。日本の食糧自給率、農業従事人口を考えたとき農業用水の比率が高いように感じられるが、これは、明治29年河川法が成立し、表流水の管理を国と県が行うようになった時、農業用水については慣行水利権として認められ、農業用水が表流水の基幹部分を独占しているためである。実際に使用した量ではないが、水が水を運ぶと表現されているように、農業用水については必要水量のみ供給するという訳にはいかない部分がある。さらに、農業用水の慣行水利権が存在していたため、自然景観が守られてきたという点も否定できない。

農業用水についてさらに付け加えるならば、食料品を生産するために必要な水量をバーチャルウォーターとして計算し、国内の水消費量を計算しようという概念が生まれてきた。また、この概念を全ての製品に広げようというウォーターフットプリントの考え方が生まれてきたが、水の循環で触れたように水は更新可能な資源であり自然景観の一部でもあるため、この考え方には異論がある。

4. 中国における水環境

冒頭に触れたように、中国の環境問題は深刻な事態に陥っている。1949年の中華人民共和国政府成立後、食糧生産のための灌漑地の拡大、さらに、1978年からの改革・開放政策以来、経済発展を最重要課題として邁進してきたため、水資源の不足と水質汚染の両面から水環境の悪化を招いている。

中国の七大水系、松花江、遼河、海河、黄河、淮河、長江、珠江についての水質観測結果によれば南に位置する長江と珠江の水質が比較的良好である。また、南は降雨量も多く水資源の量的面では北ほど深刻ではない。しかしながら、長江流域の太湖、巢湖、昆明にあるデン池のいわゆる三湖は富栄養化が進みアオコによる被害が深刻な状況である。



中国文明の中心であり続けた黄河流域の水不足、汚染の程度は著しく、現在長江から黄河流域・華北平原に導水する南水北調計画に着手している。黄河は河口まで河川水が到達しないという黄河断流を1970年代からほぼ毎年のように繰り返し、1997年の最大の黄河断流において、年間200日以上河口上流約700kmまで河川水が流れてこないという事態を招いた。

中国政府も国家重点研究として黄河対策のプロジェクト研究に取り組み、日本でも総合地球環境学研究所の研究プロジェクトとして研究が行われた。日本の研究の結果は、一般向けの書籍として出版された。黄河については、水環境の実情が最も明らかになっており、黄河流域の水環境についてその概況を次に示す。

黄河は全長5,464km、チベットの海拔4,000mを越える青海高原を水源とし、流域面積は日本国土の2倍程度の75万km²、流域内の人口は河南省、山東省を含めると1.3億人にもなる。流域の年平均降水量は450mm程度であり、7～10月に集中している。中流地区の豪雨により流出した黄土高原の土砂が黄河の含有土砂の大部分を占める。このため、古代より洪水と旱魃を繰り返してきた。年間の天然河川流量としては580億m³である。黄河の治水については、1946年に成立した黄河水利委員会が1949年の中華人民政府成立後も引き続き管理を行ってきた。新中国建設後の1955年、全国人民代表大会第2回大会で毛沢東、周恩来により黄河流域企画が承認され、ソ連の協力により三門峡ダム建設に着手した。1958年に完成したダムは土砂の堆積により2年で貯水池が埋没し、1960年からの改修工事により洪水期に土砂を排出し、渇水期に貯水するという運用が行われている。毛沢東、周恩来の黄河治水への情熱は大きく、水利・水力発電、土壤保全事業等とともに黄河堤防の補強工事が進められた。

黄河流域は小麦、トウモロコシ、綿花、タバコ、油料の穀倉地帯である。また、鉱物資源も豊富であり、石炭は国内生産量の半分以上を占め、河口の勝利油田は石油生産の重要な拠点である。内蒙古ではレアアースも産出する。

新中国建設後、流域の灌漑の拡大が図られ、1950年代灌漑農地面積150万ha

であったものが現在750万haといわれており、黄河からの取水量もそれにつれて増大し、79億 m^3 から約310億 m^3 に達している。上流の乾燥地帯である青銅峡灌区、河套灌区では黄河の河川水の100億 m^3 が灌漑により消失している。その上、乾燥地帯の灌漑のために表土に塩が集積し、その洗浄のために過剰の灌漑水が使用され、その排水が都市排水も含んだ形で灌漑区の末端にある湖に流入している。また、下流の華北平原では位山灌区などの灌漑水を含め112億 m^3 が消費されている。さらに、黄河中流域の降水量の減少、環林・環草政策により生育した植物の蒸散作用により248億 m^3 が減少したために1997年の黄河断流は生じたと推測されている。2000年に入り、取水量の調整、水権取引による水の利用効率を図るなどの方法が導入され、断流は回避されているが危機的水不足の状態が解消された訳ではない。

中国では表流水の水質をⅠ～Ⅴに分類し、Ⅰ～Ⅲは飲用水源として使用可能、Ⅳは工業用水区、Ⅴは農業用水区として数字が増加するほど水質が悪化する指標を採用しているが、黄河の汚染はⅠ～Ⅴに該当しない劣Ⅴが全体の30%を占めている。また、工業廃水による水銀汚染、黄土に含まれるヒ素の汚染も危惧されている。

現在着手されている南水北調計画は西・北・東の3ルートにより最終的には488億 m^3 の長江の水を1,000km以上北の華北平原に輸送する大プロジェクトである。華北に送水された水は最終的には渤海へ流入することになり、海域の汚染も懸念されている。

大学共同利用機関・総合地球環境学研究所が黄河断流について研究したプロジェクトは今後の水ビジネスのあり方に非常に参考になる。黄河の歴史、文化、水収支、流域の水利用まで含めた研究を行っている。研究機関のため民間の水処理企業は参加しておらず、水処理の具体的な提言もなされていないが、今後水ビジネスを考える上では、このような研究に基づいた提案が必要である。

5. 水ビジネスと中国の水問題の解決

中国の水環境の危機的状況に、中国内部でも水問題が農業、経済発展のネックであるばかりでなく、国民生活の安全性を保证するための課題であるとの認識が共有されてきた。そのため、経済大国となった今、急激な技術開発と投資を行っているが、自前では現在の危機的状況を解決するには限りがあり、海外の民間資本・技術を積極的に導入している。

飲料水の処理技術としては、通常、水源の原水を化学薬品である凝集剤を用いて水中の懸濁物質をフロックにし、沈殿・砂ろ過により懸濁物質の除去を行うのであるが、この処理では水に溶解している物質は除去できない。上記で触れたように湖沼、河川水の汚染の程度が著しく、生物処理、化学薬品による処理、オゾン処理などの高度処理が必要となる。また、塩素消毒では殺菌が困難なクリプトスポリジウムなどの原虫による水道水の汚染が生じたため、バクテリアやコロイド、あるいはウイルスを除去できる微細な孔径の穴が多数ある膜を用いた膜処理が近年急速に普及している。中国ではこれらの技術導入により水源の汚染に対応しようとしているが、水道施設があるところでも処理水を供給する配管が老朽化しており、中国国内で直接水道水を飲用に供することが出来るところは、殆どない状況である。この様な状況に対応するため、水メジャーと呼ばれるフランスのヴェオリア、スエズなどの海外企業に処理、水道給水の管理まで含めた運営を任せ始めている。

廃水処理の技術については、産業廃水の場合、個々の産業ごとに汚染物質が異なるために汚染物質に応じた特殊な処理が必要であるが、生活廃水の場合には、一般的に排水中の有機物を除去するために活性汚泥法が採用されている。活性汚泥法はバクテリアに空気（酸素）を供給することによりバクテリアの生育を促進し、廃水中の有機物や窒素、リン等を除去する技術であり、生育したバクテリアはフロックとして沈殿除去される。この分野でも高度な処理水が得られることから膜処理が採用されるようになった。沈殿除去されたバクテリアは汚泥として埋め立て、燃焼、コンポストなどとして処理され

る。生活廃水は大都市を除いて殆ど処理されずに水系に排出されていたため、近年急速に下水処理場の建設が進められ、2008年までに建設された下水処理場は1,500箇所、処理能力は約8,900万 m^3 /年に達したと発表されている。

大きな数値ではあるが、黄河の水利用から判断されるように、環境への負荷の状況に対しては微々たるものであり、水質の顕著な改善は進んでいない状況である。さらに、活性汚泥処理は自然の浄化能力を、エネルギーを投入して高度に集約して処理する方法であり、微量の残存した汚染物質の処理は放流先の水系での自然浄化能力に期待している。極度に汚染された水系での自然浄化は疑問とするところである。

産業廃水処理は個々の産業に応じた処理が必要であるが、その排出を抑えるために汚濁がひどい海河、淮河、遼河の3河川、太湖、巢湖、鄱陽湖の3湖沼に水質汚濁物質を大量に排出する中小規模の工場等については操業停止や閉鎖措置も取られている。産業廃水量の削減として推進されているのは廃水を処理した水を循環再利用することであり、この技術についても膜処理技術の導入が図られている。産業廃水に含まれる重金属、有機塩素化合物などは底泥に堆積、あるいは生物に蓄積し、又、自然浄化により除去される事は殆ど期待できず、一度汚染させた水系の回復には長い年月を必要とする。水環境のサイクルに較べて水系汚染の回復には、遙かに長い時間を必要とする一因である。

水資源の不足に対応する技術としては、海水淡水化があり、海水を蒸発させて淡水を得る蒸発法、逆浸透膜を使って海水中のイオン（塩分）を分離する方法とがある。蒸発法はエネルギーが逆浸透膜法より多く必要とされるが、発電所で得られる排熱を利用できるため、中国でも採用されている。また、逆浸透膜を用いた海水淡水化についても海外企業とのプロジェクトがいくつか進行している。しかし、海水淡水化は多くのエネルギーを必要とし、ブラインと呼ばれるスケール発生抑制剤と海水を濃縮した排水が排出され、その排水による汚染が海水淡水化の盛んな中東のペルシャ湾では問題になり始めている。

これらの水処理技術の導入に、中国政府は莫大な投資を行っており、水メジャーをはじめ世界中の水処理メーカーが中国市場への参入を図っている。特に、水メジャーは上下水道の運営管理までを含めた巨大プロジェクトを受注している。

日本でも、政府主導の日中プロジェクトが多数実施されている。また、水処理分野で使用される膜については日本企業が世界の上位のシェアを確保しており、水の再利用分野でも日本の得意分野であるため、積極的に中国市場に働きかけている。さらに、日本では上下水道の運営管理は事業体である地方自治体が行ってきたため、地方自治体と民間企業が連携して中国市場への進出を計画している。

まとめ

生活用水の使用量増加に伴い、汚染した水源を飲料水にするための処理、同じく増加が見込まれる工業用水供給のための処理、海水淡水化による造水、排出される生活廃水処理、産業廃水の処理等、不足する水資源の中で対応して行けば、単位処理水量当たりのコストは増加する。いくら経済大国といえども経済的に負担出来なくなるのではないだろうか。また、処理コストの増大とともに、処理に必要されるエネルギーの増加のために環境に対する負荷も増加するのではないだろうか。個々の汚染物質、汚染源に対する処理のみでは、灌漑排水などによる汚染のようなノンポイント汚染である広範囲から排出され、低濃度の汚濁物質には対処できない。水系の汚染の回復にはこのようなノンポイント汚染への対応が必要な事が過去の経験からも明らかであり、この様な汚染が水ビジネスの対象からは最も遠い存在である。人と水の付き合いで触れた様に、水は地域の文化を育み、自然景観を保全する役目を果たしている。最近、「統合水管理」という用語が使用されるようになり、水資源までを含めた水の利用、管理を考えようという風潮が生まれて来た。今までの水処理技術による対応、上下水道の運営管理まで含めた対応から一歩進んだ考え方であり評価する事であると考えている。しかし寡聞にして、現在の

水ビジネスの中で統合水管理の形で提示されている例を知らない。南水北調はアメリカのコロラド河開発をモデルとした送水計画だと言われている。コロラド河開発ではソルトン湖を生み出し、環境への悪影響をもたらし、さらに、その消滅によるさらなる悪影響が懸念されている。南水北調はコロラド河開発とは比べ物にならない程大規模なプロジェクトである。第二のソルトン湖を生み出してはならない。

水を巡る問題を考えると頭の痛い難問が山積している。どのように対応すれば良いのか、ますます混迷するばかりである。しかしながら、この時点で、自然界の水環境、人と水との付き合い、水処理技術の意義を振り返り、「東アジア環境共同体として望ましい自然環境はどのようなものであるか」を考察する事が大変重要である。

人間が生命を維持するための水は1日2～3Lではあるが、その数十倍から数百倍もの水を人間は使用している。それは、食糧生産のためであり、何かを洗浄するためでもある。乾燥地帯の灌漑農業のためにも莫大な量の水を消費しており、工業製品の洗浄のためにも大量の水を消費している。

水は循環するフローの中で使用する限りは永続性を持った資源である。

水資源を守るためには、灌漑農業の効率化、産業廃水の再利用は勿論の事ではあるが、原則としてフローの中で自然浄化を妨げ無い様に水を使う事を常に意識する事が必要である。足らない分は水を使用しない代替の技術の開発を促進する必要がある。決して、経済的側面のみから水ビジネスを捉えてはならない。

参考文献

- 福島義宏 「黄河断流 —中国巨大河川をめぐる水と環境問題」 昭和堂 2008年
福島義宏・谷口真人 「黄河の水環境問題 —黄河断流を読み解く」 学報社 2008年
黄河水利委員会治黄研究組 馮金亭・匡尚富訳 芦田和男監修「黄河の治水と開発」

古今書院 1989年

鯖田豊之 「水道の文化 —西欧と日本」新潮選書 昭和58年

嘉田由紀子 「水をめぐる人と自然」有斐閣 2003年

モード・バーロウ 佐久間智子訳 「ウォーター・ビジネス」作品社 2008年

沖大幹・吉村和就 「日本人が知らない巨大市場 水ビジネスに挑む」技術評論社
2009年

玉真俊彦 「水ビジネスの教科書」技術評論社 2010年

Peter H. Gleick (2009) The World Water 2008—2009, Island Press