

「世界の水問題(水戦争)と求められる水の再生」要旨

2015/11/30

講演者 杉田秀雄

1972年3月 東京大学農学部 農業工学科卒業

元地域環境資源センター

元東京大学及び宇都宮大学(水処理工学担当)非常勤講師

講演の概要

1. 水についての基本認識

- 地球上の水の大半は海水。淡水の割合は2.5%程度。使用可能な割合は約0.01%。
- 日本の年間降水量は1,718 mm(1971~2000年の平均値)で世界平均(880mm/年)の約2倍であるが、人口一人当たりで換算すると世界平均を大きく下回っている。
- 世界の水利用状況は農業用水が平均で約70%(アジアや南米等ではほぼ80%)を占め、残りが工業用水と生活用水である。人口の増加に伴い淡水資源の不足と水質の汚染が急速に拡大し、世界各地で水に起因する紛争(水戦争)が頻発している。なお水質汚染・水質汚濁また水不足に関連して、水処理・水の再生が喫緊の課題である。
- ヴァーチャル・ウォーター(仮想水)
農産物・畜産物の生産に要した水の量を農産物・畜産物が輸出入に伴って売買されているとしてとらえたもの。参考例として、米1kgを生産するのに必要な仮想水は3,600L、牛肉は20,600L、ジーンズ1本は11,000Lである。
- 20世紀は「石油の世紀」、21世紀は「水の世紀」とも認識されている。

2. 世界の環境問題

- 温暖化例 アルプス氷河の融解、カナダ万年氷河の後退、南極棚氷(ハムナ氷曝等)の海への流出、海面上昇によるマーシャル諸島の国土の水没等
- 異常気象例 ハリケーン「ミッチ」によるカリブ海諸国の洪水
中国内モンゴル自治区ホルチン砂漠の拡大

これらは産業革命以降自然科学(特に医学農学)の急速な発展とそれを根拠とした人口の急増、化石燃料の発見とその急速かつ大量な消費に伴う急拡大した人間活動の結果限られた「水資源」に対する質的汚濁と量的バランスを喪失したものと考えられる。

3. 世界の水事情と水問題

- エジプト・アラブ共和国
国内を降水量で区分すれば2ミリ、20ミリ、200ミリの3地区に大別できるが、国が保有する年間555億m³の水利権に基づく水資源を反復利用することで遣り繰りしている。水処理は大都市で下水道設備があるが地方都市、村落では自然処理、自然還元が一般でナイル川の支流は富栄養化が進行。排泄物やごみが排水路に落下し水質汚濁を起こしている。上水道はナイル川を水源とした浄水場か海水淡水化施設が大部分。
- メキシコ合衆国

北部は砂漠地帯、南部は熱帯雨林地帯。雨季と乾季(降雨は雨季4ヶ月に限定)閉鎖性水域の富栄養化(ダム湖、カンクーンの内湖がその代表例)。水処理の現状は途上国に共通で水源地・観光地では下水道が整備されているが地方の農村部では自然処理・自然還元でゴミと排水の汚濁がひどい。

●中華人民共和国

黄河の断流に象徴される北部の慢性的水資源不足を解消するため、長江(揚子江)の水を3ルートで北部に調達する「南水北調プロジェクト」を実施中。なお断流は黄河中流域の上流域で農業用水を過剰に取水することや河川水の一部が伏流水となること等に起因して川に流下水が無くなる現象で、近年は乾期になると断流が頻発している。水処理の現状は大都市では下水道施設と再生水の利用(北京市、済南市等)、観光地(頤和園昆明湖等)では再生水の再利用が実施され大都市で下水道施設と処理水涵養であるが町村部では自然浄化施設と自然還元などで水質確保は十分ではない。

●ベトナム

農村部ではまだ生活レベルが低い。各世帯では雨水を貯め、煮沸して飲料にしている。井戸から供給される水道水は水質が悪く体を洗うなどに使用している。家畜・住民の排泄物肥溜めを用いたバイオマス利用を排水処理と併せて実施している。

4. 世界の主な水戦争

河川名(流域)	関連国名	紛争内容
コロラド川	米国・メキシコ国	水の過剰利用と汚染問題
ヨルダン川	イスラエル・レバノン・ヨルダン	水源地域の所有と水配分
チグリス・ユーフラテス川	トルコ・シリア・イラク	水資源開発と水配分
ナイル川	エジプト・スーダン・エチオピア	ダム建設と水配分
インダス川	インド・パキスタン	水の所有権
ガンジス河	インド・バングラデシュ	堰建設とその運用
漢江	韓国・北朝鮮	ダム建設と環境問題
ドナウ川	スロバキア・ハンガリー	運河の為の水利用の係争

事例1 ヨルダン川流域

- 中東イスラエル・ヨルダン・レバノン・シリアの地中海川地域はベカー平原やゴラン高原の山岳地帯を除くと降水量は極小地域。
- レバノン領内ベカー平原は自然が豊かで水が豊富なため外敵を呼び込む原因となっており、1980年以降イスラエルから何回も侵攻を受けてきた。イスラエルは中東戦争でゴラン高原も奪取した経緯があり、中東戦争は水を巡る戦争でもあった。勝ち組イスラエルは渇水期でも水不足の懸念はないが負け組パレスチナ・ヨルダンでは悲惨な状態で、水道栓からの水は配給制で2週間に一度、数時間という地域

もあり、水のパイプラインに穴をあけ盗水する「水インテッファアード」も出現した。

- 1994年米国の仲介で5200万トンの水の供給を条件にヨルダン・イスラエルは和解。その後シリアから水の不足分の25～30%の供給を受けているという。

以上の通り中東の国々では「水の確保」が「国家の安全保障」と同レベルである。

事例2 チグリス・ユーフラテス川流域

- この2本の川の流域のトルコ・シリア・イラク3ヶ国は相互の仲が良好とはいえない。また3ヶ国の国境地帯に住むクルド人の独立運動組織が反トルコ政府活動を展開しているという政治背景がある。
- トルコは1980年代よりユーフラテス川上流にダムを建設し農業開発を進める計画を展開しているが、1987年シリアに対しクルド人の反トルコ政府活動を支援継続した場合にはダムからのシリア国内向けの流量を減らすと警告。
- この件はその後沈静化した。1999年に反トルコ闘争のクルド人リーダーが逮捕されたこととトルコ・イスラエルが軍事的に接近しシリア挟み撃ち体制をとったことから両国関係は悪化、ダムを使った脅しが再燃する可能性が出ている。

5. 水質・水処理再生・水ビジネス

- BOD・COD(どちらも水の汚濁程度を示す指標で、多くの場合 mg/L で濃度表記する)汚水を浄化する場合、浮流あるいは浮遊している夾雑物を除塵、沈殿・浮上分離等の物理処理により除去した後、溶解性物質(水に溶けていると定義される物質)については微生物の助けを借りて、酸化分解などの生物処理を実施することが一般的。汚濁程度を表す指標の BOD とは、汚水中の有機物量を直接測定するのではなく、20℃、5日間に汚水中の有機物が酸化分解されるために必要とされた酸素量を、mg/L という濃度で表したものである。

その濃度、言い換えれば水質汚濁レベルの高低を身近な事例で参考に示してみる。我々が日常生活を行う中で、洗面所や台所また風呂場やトイレから排水する水を生活排水というが、この様な身近な生活排水の中から台所からの排水に注目してみると、米のとぎ汁 3,000mg/L、ラーメンの汁 25,000mg/L、しょう油 150,000mg/L、ウイスキー400,000mg/L となっている。中でも使用済み天ぷら油が 1,000,000 mg/L と極めて高い BOD 濃度(言い換えれば汚濁濃度)で要注意である。

同じく有機物汚濁程度を表す指標として COD がある。これは水中の被酸化物質が酸化剤によって酸化されるのに必要とされる酸素量をあらわしたものである。ここで、BOD は河川や水路など流れのあるところでの規制値として、一方、COD は湖沼や海洋などほとんど流れのないところでの規制値として使用されている。

そのほかの排水基準として大腸菌群数がある。日本では 3,000 個/mL と国際的には極めて緩やかな規定となっているが、これは我が国では法定伝染病がほぼ撲滅されていること、海外からの検疫体制が極めて厳しく管理されていることに拠っている。

- 各種水処理技術

現在世界の先進国で活用されている排水処理技術は、活性汚泥法並びに生物法と言われるもので、それぞれの国で地域特性に合わせて応用し使用されている。また近年では、処理水を上水や中水等に利用する目的から、膜の優れた除去性能に着目した膜分離活性汚泥法等のニーズが高くなり、実際に使用開始されている。これらの処理技術は、いずれも常温(10~30℃)常圧(大気圧)で排水処理が実現できることが必須要件となっている。

一方、開発途上国等では、上記のような人工的に装置化された施設を建設して利用することは主に経済的な理由から採用されることは限定的で、その様な国や地域では以下に示すような「自然生態系利用技術」(自然の地形や地物を最大限活用したもので、建設費も維持管理費も安価な処理に頼っているというのが現状である。また、最近の処理水に高度化が求められる場合には、基本条件である常温常圧での反応は度外視され、下記の「最新の処理技術」を駆使して超高度な水処理を実践している国や地域が出始めている。下水を飲料水にまで高度処理しているシンガポールや海水を淡水化して飲料水としているサウジアラビア等の産油国での事例がその代表である。

○自然生態系利用の浄化技術

建設費も維持費も極めて安価であるが、処理に時間を要するのと広い面積が必要とされるとの短所を持つ。水生植物を利用した水質浄化例には中国やベトナムの農村部で実践されている空芯菜の活用事例があり、日本の浄化事例では利根川の水を荒川経由で隅田川に導水し隅田川の浄化を実現した導水法事例がある。

○最新の水処理技術

マイクロ・バブル。ナノ・バブルによる水質浄化

炭素繊維、電解・イオン交換、半透膜、プラズマ等利用による水質浄化

●水関連ビジネスキーワード

水単価の比較

一般の水道：約 100 円/1000 L ペットボトル水：300~500 円/1L

宇宙船内での水価格：30 万円/コップ一杯 ガソリン：約 130 円/1L

下水道普及率 1 %up には 1 兆円必要(100 万人×100万円/人=1兆円)

水処理部品(モーター・ポンプ・膜材料等供給他)事業規模 1兆円

水処理施設(下水処理場・管路施設等建設他)事業規模 10兆円

ターンキー水処理(調査設計から維持管理費徴収他)事業規模 100兆円

ウォーター・バロンズ 仏スエズ社、ヴェオリア社、英テムズウォーター社の3社で上記ターンキー水処理事業で世界市場の7割を独占し、ウォーター・バロンズと呼ばれる。

以上