

諸外国における小規模水道と 日本の簡易水道



丹保 憲仁 (たんぼ のりひと)

一般財団法人北海道河川財団会長
北海道大学名誉教授 (第15代総長)

1933年豊富町生まれ。1957年北海道大学工学部土木工学専攻大学院修士修了。1965年工学博士。1969年北海道大学教授。学生部長、工学部長を経て、北海道大学総長 (第15代1995～2001)。北海道大学名誉教授。2001年放送大学学長 (第5代2001～2007)、放送大学名誉教授。2007年北海道開拓記念館館長。2010年北海道立総合研究機構理事長 (初代2010～2018)。2008年から現職。主な公職、学術会議会員、国際水協会 (IWA) 会長、土木学会会長、国土審議会委員 (北海道部会長)、生活環境審議会委員、道総合開発審議会会長、札幌市環境審議会会長、などを務め、欧米アジアの諸大学から名誉教授、名誉博士を受ける。

1 少子・高齢化社会の到来と人口減少

社会の高齢化が進み、少子化が当然のことのように進行し、人口構造を変えつつある21世紀も既に18年が経過した。東京を頭とする太平洋沿岸メガロポリスという巨大な産業集積帯を創ることのできた日本は、この小さな国土で1億2,700万人の大人口を、GDP/人・年が\$4万に近い高所得で維持し、80歳を超える余命を持つ長寿国となって、「JAPAN as No.1」とまで言わせた。世界で、大都市圏 (メトロポリス) が連坦してさらに大きな巨大都市連携帯 (メガロポリス) を創りえたのは、東京-東海-関西 (中国-北九州) に至る日本の太平洋沿岸メガロポリスと、ボストン-ニューヨーク-バルチモアのアメリカ東海岸メガロポリスの2つであり、典型的な大都市圏連帯集積帯である。世界の他地域ではヨーロッパや他の大陸諸国のように、メトロポリスを首都や地域核とする産業・文化圏が最大の集積系である。

東海道新幹線は日本の太平洋沿岸メガロポリスの3

大大都市圏を日帰りで結ぶ、20世紀の都市化時代の大発明である。新幹線は人しか運ばない新時代の情報系であり、情報の塊であり情報を創る唯一の主体である生の人間を、産業域の中核であるメトロポリス間で日帰り交換できる。貨物をも運ぶ在来の物質輸送系主体の鉄道と似て非なるものである。それゆえに、広軌で時速200km/時で優に走れるヨーロッパの都市間輸送でも300km/時のTGV*¹などの高速人専用鉄道が情報系として、中核メトロポリスをつないで走るようになる。

世界の人口は、ヨーロッパではすでに飽和静止に至っている。過大成長してメガロポリスを創ってしまい、それが成功であった日本は、長距離大量輸送で食糧・エネルギーを容易に入手し、大量生産した自動車などの製品を世界に自由にさばくことが難しくなってくる21世紀後半の近代の終焉^{しゅうえん}に向かって、過大人口の整理が緊要となり、急激な人口減少社会に会い始めている。20世紀後半から21世紀前半にかけて急速に近代化を追った中国、アジア諸国も2050年に至る前に70億人に達した世界人口の急増を維持しきれず、人口減

少に転ずる。メガロポリスを創りえなかったが、500万人規模のメトロポリスを中核とし、広域地方に都市化した集村・小都市群を配した社会が地球を覆って、人口数十億で安定する22世紀が来ると予想される。中核メトロポリスと周辺都市型生活文化を持つ地方からなる広域圏がネットワークを創る22世紀の地球は、1960年代にギリシャの都市計画家C.デキソードスが予言した、地球全域がネットワーク型に都市文明化するエキュメノポリス社会のようになると思う。

2 中核メトロポリスと広域圏内の小都市・集村

諸地域の核となるメトロポリスは、経済・産業・教育・福祉の核として20世紀までに育んできた近代の都市施設・設備を洗練させていくであろう。大きく違ってくるのは、周辺の小都市・集落が小さいながらも自立した代謝と情報系を持つ都市型の自律体になっていくことであろう。AI、自動化施設、ロボット型作業体系が地域の文化と労働の形態を大きく変えていくであろう。20世紀に都市民だけが享受できた文物のサービスが、地域の小集落にあまねく行き渡り、21世紀後半から22世紀の世界は、すべて都市型文明社会になっていくに違いない。

分散型のエネルギー供給システム、水道、下水道に代表される20世紀までの集中システムの分散自立が進んでいくに違いない。災害に強い分散自立ネットワーク社会が情報系の成熟とともに大都市地方集落の格差をなくしていくであろう。

3 小規模水道の話

昔昔その昔、50年以上も前にアメリカのフロリダ大学研究員をしていたことがある。ようやく30歳になろうとしていた若い独身の時代だったので、体力に任せてアメリカ50州の内40州近くを一人で一年に2万マイル以上走り回っていた。そのときに強く印象を受けたのが、町々の水道の在りようである。田舎の道をしば

らく走って次の町に近づくと、町の境界に必ずといってよいほど「welcome to city of xxxxx」という看板に出会う。町の名は「アテネ」だったり、「ロンドン」だったりする。創立1825年と書いてあったりするから南北戦争のだいぶ前にできた町のようなのである。世界中の地名にお目にかかるのがアメリカの田舎を走り回る楽しみの一つである。看板には、「人口4,500人」と書いてある。4,500人の「シティー」である。日本ならさしずめ村である。さらに看板にいう「the water supply is fluoridated」。あれあれ、この水道はフッ素を入れているのだな。子どもの虫歯予防をしている事を誇らしげに書いている。フッ素が虫歯に効くのは小児についてだけだから、4,500人のうち子どもは一割と見て500人くらいか？ もし、一人300L/日供給し、そのうち10ℓが人の口に入ると見ても、フッ素添加が意味を持つのは全給水量の $(1/10) \times (10/300) = 1/300$ ぐらい以下という事になる。ただの虫歯予防に、こんな小さな水道でいささか危険を伴うフッ素を入れるのはまことに面白い。フッ素入り歯磨きのほうがよっぽど実効があるし、万が一の危険もない。そのころの口腔衛生学の最新の科学的知見をわが町は使っているという、市長(村長?)さんのデモンストレーション(政治的アピール?)かとも思う。あちらこちらの町で見かける風景であった。

私のいたフロリダのゲインズビルという町は、当時人口3万人の大学町であった。アメリカの多くの中小水道がそうであるように、水源は地下水であり、硬水^{*2}である。石灰軟化処理^{*3}が行われていた。ある日、実験室の水道水のpH^{*4}を計ったら10を超えていた。すぐ浄水場に電話をしたら2~3時間してようやく中和が進み水道水のpHが下がりだした。給水のpH管理といった基本的な部分でさえ不安定な小水道とフッ素処理をする水道。アメリカの小規模水道はなかなか難しい問題を抱えていると思った。どこの町へ行っても平原の国アメリカでは、町の中心部にキノコ型の給水塔がある。逆に給水塔を目指せば町の中心に至る。知らないアメリカの田舎町で町の中心部に真っすぐ到着

するための定石である。給水塔の様々なデザインが、また、アメリカの小規模水道の特徴の売りの一つである。給水塔のデザインに関しては、アメリカの小規模水道の水準はなかなかのものである。ちなみにアメリカ人は水道の水を良く飲む。

20年ほど前、フランスの田舎の水道を見て歩く機会があった。一例を南仏のカルカソンヌ水道にみる。カルカソンヌは南仏ツールズの南にある世界最大の中世城郭都市である。フランソワ1世が対スペイン戦の最前線の要として築いた大城郭である。その町の水道をリオネーゼ・デ・ズー（民間水道事業体。現在はスエズ・エンバイロメント）が民間委託で管理していた。故フランソワ・フィサンジー（国際水道協会の科学技術委員長で旧友）に案内してもらって、19世紀に造られた多段ろ過に無理やり凝集沈殿をかませた古いふるい小浄水場を見せてもらった。オリジナルの古い図面と共にである。きれいな川が水源であるから何とかかなるとは思うが、20世紀の後半ではまことに珍しい19世紀型浄水場である。最新の水処理法の議論をしながらツールズの膜処理^{*5}の研究所を見に行った折の事である。手作りの浄水場の原型の一つである。おそらく今は膜の浄水場になっているのではないかと思う。パリの大浄水場にも古いこの型が1970年代の終わりまであったのを覚えている方があると思う。フランス人が水道水を飲まない理由の一つなのかとも思ったものである。民営化が極めて有効な理由でもあろう。膜があつという間に普及した理由でもあろう。

それに対して、戦後急速に作り上げられた日本の小規模水道はまさに画一的な水道基準準拠の国日本の例に漏れず、金太郎飴型である。可もなく不可もなしといったところで、画一的技術の適用によるいささかの不合理があっても、何とか基準型でこの半世紀をしのいできた。地下水+塩素殺菌、沈殿+緩速ろ過^{*6}+塩素殺菌、凝集沈殿+急速ろ過^{*7}+塩素殺菌といった3類型である。ほとんどが粘土系のごりと細菌が制御対象であり、色度（フミン質）^{*8}が加わるともうお手上げに近い。地下水利用が相対的に少ないのと、高水期

（平年の流量が最大になる3カ月）の高濁に悩まされるため急速ろ過を導入し、平常の低濁時の運転に無駄を発生する。原水^{*9}の貯留もしくは地下水化といった小規模水道で無理なく使える手立てが十分に生かされていない。高い技術哲学を持った判断と、画一的でない補助金制度が欠けていたように思う。簡易水道は、単なる簡易な水道でなく、最も現代的な分散型水道：Decentralized Water Supply であるべきと思う。

40年前、ヨーロッパをはじめて旅して緩速ろ過のきわめて多くが沈殿池を持たず、先行する貯水池やバンクろ過・砂利ろ過などに続く事を見聞きして、施設基準や教科書でちょっと習った定型的技術の普遍性を疑うにいたったのは、ショックであった。施設基準にあった緩速ろ過法は自分で任意に変形する能力のある人には、一応の参照にしか過ぎない事を知るべきであり、しかるべき先達は人々に講義するべきである。小規模でこそローカルの状況にきめ細かくあわせて工夫できる。しかし、補助金制度が硬直化された基準で運用されれば、せつかくの高度の技術判断があっても使えない事にもなる。機能膜による分離技術^{*10}という、100年に一度の技術革新に出会っている今に至っても、またその技術原理が画一的な使われ方をすれば、新技術が泣く事になる。技術が泣くのでなくてユーザーである国民が泣くことになる。小規模水道から21世紀の浄水技術、さらには水供給システム全体の形が変わってくるように思う。今、Decentralized Water Supply（分散型水供給）を本当に考えるときがきていると思う。

昔、JICAができるまえのOTCA(Overseas Technology Transfer Cooperation Agency)（海外技術協力事業団）の時代の1970年ころ、日本最初の海外技術教育使節団の団長などとして、3年間にわたってジャカルタでインドネシア水道研修所設立を目指しての最初の仕事をした事がある。その後、現地での日本水道の中核をなす何十人の方と一緒に長期にわたり寝食を共にして仕事できたのは、個人的にも望外の幸いであった。小生のアジアでの活動の嚆矢でもあった。途上国に近代水道を画一的に作るのは間違いであろうかと思っ

た。日本が資金を供与できても、技術を日本と同じに持ち込むのはいけない事と思った。「近代上下水道は普遍的な環境システムか?」(環境情報科学10-1 1981)に途上国の多くの地域で近代型の上下水道を普及する事の無理と不条理を書いた。現在でもその状況は変わらない。

4 分散自立ネットワーク社会を期待する

このごろになって、分散型給水システムと衛生システムの研究が多く、気鋭の研究者や自力で問題を解こうとする途上国の人々によって広く論じられ、実験的・先導的実施例が積み重ねられ始めた。2005年の春に中国の西安でIWA(国際水協会)の特別会議として“Decentralize sanitation system”の会議がもたれ、日本からも多くの人々が参加し研究を発表し盛会であった。主催者がかつて小生が大学院で教え、当時、西安建築科学技術大学副学長の王曉昌博士であった事もあり、基調講演を頼まれた。文化大革命が終わった直後の1980年代の頭初、中国各地から50名近くの助教授級の人を集め、一人で2カ月にわたり集中講義を25回以上も続けた思い出の地である。単なる近代技術を追うべきでないことを、技術原理の基本から講義したつもりである。「浄水の技術」技報堂(小笠原紘一君と共著、初版は簡水協版)にその全容を見ることができる。

水を地域の水源に求め、地下水・貯留化原水に求め、必要最小限の規模で給水する。機能膜の技術はその哲学をほぼ普遍的な技術として用いる事を可能にした。し尿・雑排水は局所で処理し、りん・窒素資源の循環と雑排水の再利用を可能にして、汚染を広げず・無駄な輸送に金を掛けずといった分散型小規模水システムが世界の多くの地域に創成されつつある。

日本の簡易水道も、単に簡易な水道でなく最先端へのパイオニアとしての道りを歩き始めてほしいものと思う。力と哲学のあるコンサルタントの努力と、頭の柔らかい行政と政治の出現を期待したいものである。

* 1 TGV

フランスが世界に誇る人輸送専用的高速列車。フランスの主要都市を起点に、フランス国内、ベルギー、ルクセンブルク、ドイツ、イタリア、スペインなどへ最高時速320kmで走行。

* 2 硬水

カルシウムイオンやマグネシウムイオンなどを比較的多量に含んでいる水。一般に飲用には適さない。

* 3 石灰軟化処理

原水(*9)にアルカリ剤を加え、カルシウムイオン、マグネシウムイオンを炭酸カルシウム、水酸化マグネシウムとして沈でん除去する方法。後処理としてpH調整が必要。

* 4 pH

水素イオン濃度を表す指数。液の酸性・アルカリ性の程度を表す。中性はpH7。pH7より小さいと酸性、逆に大きいとアルカリ性。

* 5 膜処理

膜ろ過法。原水を所要の圧力で膜ろ過設備に供給し、一定の大きさ以上の不純物を物理的に分離する浄水処理。

* 6 緩速ろ過

水の浄化方式は、大きく分けて緩速ろ過と急速ろ過の二つがある。緩速ろ過は、細かな砂の層にゆっくりと水を通し、砂層の微生物の分解作用により、水の中の浮遊物などを取り除く。同時に細菌やいやなおいなども除去する。

* 7 急速ろ過

凝集剤で水中の濁りを固めて沈でんさせ、沈でんしなかった細かい濁りは、砂ろ過で除去する。

* 8 色度(フミン質)

水道関係でいう色度とは、色(黄褐色)の程度を数値化したもの。水に含まれている鉄などの金属やフミン質が水に溶けて色度となる。フミン質とは、腐植質のことで、生物、特に枯れた植物が微生物の働きにより分解されてできる物質。

* 9 原水

浄水処理する前の水。水道原水には、大別して地表水と地下水がある。地表水には河川水、湖沼水、貯水池水が、地下水には伏流水、井水などがある。

* 10 機能膜による分離技術

膜で物質を隔てて、膜の両側で物質の移動を起こし、通過できる物質とできない物質に分ける技術。

※ 第3回は12月号の予定です。

