特別講演

ヨーロッパにおける上水道水源の選択について*

鯖 田 豊 之

1. 問題の所在——Hamburgの上水道

ヨーロッパ諸都市が19世紀のあいだに上・下水道の双方のパイプを通してしまったのは、アジア・コレラの流行に伴う有名な上・下水道論争からくる。いずれの方がコレラの予防に有効か不明なままに両者の整備に狂奔した。1884年に Robert Koch がコレラ菌を発見しても論争は終わらなかった。下水道論者の雄 Max von Pettenkofer は、コレラ菌の体内侵入で発病するとは限らず、環境、体質も大きく関係するとした。

1892年8月、Hamburg で久しぶりにコレラが流行した。エルベ河下流に隣接する Altona は無傷だった。両都市の上・下水道の普及状況は同じで、上下水道水源はどちらもエルベ河だった。ただ、Altona は原水を沈殿、緩速砂濾過後に給水していたが、Hamburg の緩速砂濾過池は未完成だった。緩速砂濾過のコレラ菌除去作用が確認され、上水道論者の勝利は確実にみえた。

翌1893年 Hamburg の緩速砂濾過池は完成したが、関係者の間では“Los von der Elbe”（エルベ河からの独立）が合言葉になった。1905年から水源の地下水への切替が進められ、59年後の1964年にはエルベ河の水を一滴も利用しなくなった。日本では考えられない現象である。なぜだろうか。ヨーロッパの上水道水源を考える原点を私はここに求めたい。

2. 理想的な水源は泉水

上・下水道論争のなかで建設されたヨーロッパの上水道が理想的な水源とみなしたのは山間の泉水だっ

Toyoyuki Sabata

昭和24年 京都大学大学院文学部修了
28年 島根大学文理学部助手
29年 同学部講師
33年 同学部助教授
同年 京都府立医科大学助教授
45年 同大学教授
文学博士

た。放っておけば谷川に流入するはずの良質泉水を横取りして、暗渠の自然流下式石造導管で市内の配水池に直接導水すれば、無処理で給・配水することができた。水源付近や導管の両側を保護地域にして、汚染を防止さえすればよかった。各地で泉水水道があいついで出現したが、有名なのは表のとおりである。

都 市	泉 水 水 道 名	通水 (年)	総延長 (km)
Wien	1. Hochguellenleitung	1873	90
	2. Hochguellenleitung	1910	200
Paris	Dérivation de la Dhuis	1865	131
	Dérivation de la Vannes	1874	156
	Dérivation de l'Avre	1893	102
München	Mangfallquellenleitung	1883	40

表のうち、Paris は地形の関係で蒸気機関による部分的揚水が必要としたが、Wien と München は完全な自然流下式だった。当初はいずれも塩素消毒なしに給・配水された。現在の泉水水道の比率は Wien が80%以上、Paris が60%で、軽く塩素消毒する。München は1983年から地下水源の Oberauleitung が運転を開始し、今でも泉水・地下水に頼りきりなばかりか、塩素消毒は原則として行われない。

3. 地表水と地下水

問題は、いくら導水距離を長くしても良質泉水に行き当たらないときである。London は始めからテムズ河を利用しなければならず、1829年に一部で緩速砂濾過が始まった。コレラの流行を契機に誕生した1852年の誕生した1852年の Metropolis Water Act は地表水を原水にする場合に濾過を義務づけた。

他方、Pettenkofer の下水道論はあらぬ誤解を生みだした。彼自身の思惑とは無関係に、地下水は病原体の巣であるとの見解が強く押しだされた。Wien, Paris, München のような良質泉水を得られないのであれば、むしろ地表水を緩速砂濾過の方が望ましいと主張されるようになった。

そうした緩速砂濾過に対する信頼を揺るがしたのは

* Choice of Water Sources European Drinking Water Supply, 昭和61年4月16日受理

1889年のBerlinにおける腸チフスの流行だった。シュプレー河の水を沈殿、濾過後に配水していた地域が犠牲になった。原水の汚染がひどいと、腸チフス菌を緩速砂濾過では完全に除去できないのが確かめられた。

代わって脚光を浴びたのが地下水だった。こと細菌除去能力については、人工的な砂濾過よりも、長い期間をかける自然の土壤濾過 Bodenfiltration がはるかに効果的だと喧伝された。緩速砂濾過池完成後のHamburgがエルベ河の利用に安住できなかったのは、このような機運のせいだった。

といっても、地下水が地表水よりましなのは細菌学的にである。溶解化学物質は自然の土壤濾過ではどうしようもない。地下水浄化技術は19世紀末によく実用化された。鉄やマンガンなどを不溶性化合物にするために、汲み上げられた地下水にたっぷり空気が吹きこまれる。続いて、化合物は砂濾過で除去されるが、濾過時間は地表水の緩速砂濾過ほどかからないことが明らかにされた。Hamburg, Berlinをはじめ、良質泉水に恵まれてない各都市でも地表水の地下水への切替が盛んになった。泉水、地下水、地表水という水源選択優先順位がほぼ確立した。

4. 湖面水でなく湖中水を

地表水にしか頼れないときでも、河川水は万能でなかった。ヨーロッパの河川は流速が遅く、よどみがちだった。条件さえ許せば湖水の利用の方がましだった。Zürichをみてもわかる。泉水が不足しだすと、1871年にはやくもチューリヒ湖を水源にした。

ただ、湖水の利用といっても、汚れた湖面水ははじめから問題にならない。Zürichは湖岸から10m、湖下30mのところで取水して、緩速砂濾過に訴えた。原水は湖中水だった。以後、取水箇所の湖岸からの距離は350m、460mと延長され、現在では急・緩速砂濾過、活性炭濾過が行われている。

湖面水でなく、湖岸から遠い湖中水をとの発想はGenèveやLausanneにも貫徹する。湖面でも、湖底でもない湖中水は、泉水や地下水に類似した存在と観念されたりもする。湖岸から1.3kmもの取水パイプの先端をレマン湖面下17mに固定したGenèveは、当初、湖中水を濾過なしに給・配水していた。

こうした湖中水利用の最近の圧巻はStuttgartである。1950年代に始まった。100年間にわたって利用してきた西方20kmの砂丘地帯の地下水の減少を補うために、ライン河の水を急速砂濾過した後、50kmほどのパイプで砂丘地帯に圧力送水して、地下に浸透させることにした。急速濾過水の地下滞留期間は8週から30週で、本来の地下水とともに、汲み上げられ、急・緩速

砂濾過の後に給・配水される。

自然に地下水ができる地層であれば、人工的地下水づくりは不可能でない。付近を保護地域に指定して、汚染を防止さえすればよい。こうしてBerlin, Basel, Köln, Genève, Zürichなども相次いで人工的地下水づくりに踏み切った。地下に浸透させられる原水は急速濾過水だったり、伏流水だったりするが、自然の土壤濾過を何よりとする発想がここにも生きている。

5. 水源と浄水

以上のようなヨーロッパの上水道のあり方は日本とは対照的である。日本の水道条例(1890年)や水道法(1957年)は上水道公害の原則を打ち出すだけで、水源については何も言及しない。とくに現行の水道法施行規則は、水源のいかに問わず塩素消毒を強制し、給水栓残留遊離塩素が0.1ppm以上でなければならないとする。実際の水源の70%が地表水である。

これに対して、たとえばフランスの水道法施行規則(1954年)は「水源の選択」の項目を設け、泉水、地下水優先をはっきりと規定する。無処理もしくは無処理に近い状態で給・配水するのが理想である。地表水の利用は最後の最後で、このときは浄化処理が要求される。塩素や塩素化合物を使用したときも、配水管入口の残留遊離塩素は0.1ppm以下でなければならない、と日本とはあべこべに上限を設定する。塩素消毒が一律に強制されたりはしない。ほかの国も似たりよったりで、泉水、地下水の比率は現在でも西ドイツが70%、オーストリアが98%を占める。

こうなった原因のひとつは、ヨーロッパの下水道終末処理の水準がさほどでもないことからくる。下水道のパイプは早くからゆきわたっていても、たれ流しが多かった。Wienの中央下水処理場が活性汚泥法による運転を開始したのは1980年6月だったが、BOD19ppmの処理下水にわざわざ余剰汚泥をまぜ、BOD36ppmにしてドナウ運河に放流する。汚泥処理の負担軽減のためにしても、上水道水源が地表水とまったく無関係なればこそその処置だった。

したがって、同じヨーロッパでも、上水道の水源を地表水に頼らなければならないところほど、下水道の終末処理水準は厳しい。LondonのBeckton処理場のBODは9ppmでしかない。ただ、Londonの場合でも、河川水の浄化過程は必ずしも日本と同じでない。かつては緩速砂濾過一本やりだったのに、1920年代頃から、はじめに急速砂濾過をするようになった。濾過の繰り返しによって、なるべく自然の土壤濾過に近づけようとする。河川水を水源にすることに神経質にならざるを得ない、ひとつの証拠であるまいか。