おわりに

金属・非金属鉱物資源の各論として、量的に重要と思われる数種の鉱物について述べたつもりである。内容はきわめて不充分である。その理由は、紙数に制限があったことにもよるが、何よりも、筆者が資源論を書けるようなものでないことである。資源開発工学にたずさわるものとして、当然持っていないてはならない常識を記させていただいたしだいである。したがって、不正確な

データを確認し、不十分な知識を補足するためにいろいろな資料が必要であった。とくに下記の文献は、多くの点で参考にさせていただいた。ここに付記して謝意を表するとともに、各位の利用をお奨めするものである。

矢野恒太郎記念会編：日本国勢図会、国勢社、1973年
通商産業省：1973 通商白書各論、通商産業調査会、1973 年
通商産業省鉱山石炭局：資源問題の展望 1971、通商産業調査会、1971 年

西尾 滋編：金属資源、金属加工出版会、1971 年

用 水 資 源*

松 尾 友 矩**

1. はじめに——水資源のあり方について——

“水”は再利用可能な非更新性の資源であるといわれる。水は自然の循環過程によって無限に補給されると同時に、しかし、決して貯蔵されることもなく消費されていく。これは石油・石炭によって代表されるような減少性の非更新性資源とは本質的に異なる点である。

地球上の水のあり方を自然の循環との関係で見てみよ

う。Skinner¹⁾によって紹介されているように、地球の水圏における水の分布およびその循環速度は、図1に示されるようなオーダーのものと考えられている。

これらから判ることは、(1)人類がその使用の対象とし得る“水”=“淡水”は高々0.65%の水であり、水の循環がなければたちまちに使い尽されてしまうであろうこと。(2)逆に水圏の水の97.2%は海洋水として、2.15%は極水および氷河に固定されている。これらの“水”

図1 水圏および水の循環 (A.L. Bloom: The Surface of the Earth, Prentice-Hall (1969), 樺根勇訳, 地形学入門, 本書の姉妹巻による)

* 昭和48年8月28日受理

** Tomonori Matsuo 東京大学工学部 都市工学科

表 1 各国の年平均降水量比較

国 名	単位面積当り降水量 [mm/year]	人口1人当り降水量 [m ³ /人・year]
アメリカ合衆国	833	39,200
イギリス	803	3,560
フランス	759	8,320
ソ連	390	37,100
中国	837	11,100
スウェーデン	700	40,000
西ドイツ	807	3,470
日本	1,818	6,500

(参考文献 (2) による)

表 2 降水量の原因別百分率 (単位 %)

地 名	年間総降水量 [mm]	台風	梅雨	雷雨	雪	その他
鹿児島	3,430	25	26	4	0	46
岡山	1,292	17	14	6	1	54
米子	1,705	9	39	8	13	30
尾鷲	4,002	23	14	10	—	53
名古屋	1,632	17	14	0	1	67
東京	1,784	18	19	8	3	53
前橋	1,174	30	16	17	3	35
新潟	1,596	7	11	10	14	57
青森	1,472	5	6	3	37	49
旭川	984	6	1	11	48	33

(参考文献 (3) より抜萃)

は特別な用途、地域以外では資源として意味がないこと。(3) 水の存在位置相互のバランスをくずさないで、定常的な形で使える“水”の量は図1に示された地表および地下を通して海へ流下する淡水量だけであること。(4) それは、われわれが対象とすべき“水資源”の問題は、その特定地域の上を通過していくフロー的な水量の問題であり、それだけに地域的な特性、供給速度とそれに対応する消費速度といった要素が非常に重要な関係を持っていくことがわかる。

したがって、日本の水資源問題は“日本列島”上での水収支の問題であり、さらにいえば、表流水についていえば分水嶺によって囲まれる河川流域内での水収支、地下水については一つの地下水盆にかかわる地域内での水収支の問題であるといえる。

また、“水”が“水資源”であるためには、所定の水量で所定の水質でしかも所定の速度で供給されることが不可欠な条件であり、溶存物を大量に含んでしまったり、水が分散できてしまっていたり、供給速度が遅かったりすれば、それはある意味では消費された“水”になってしまうことになる。

その意味では、表流河川水と地下水を比べれば、水を集めてきた姿である表流水の方が分散的な存在である地下水よりもはるかに有利な水源であることがわかる。しかし、表流水は量に限りがあるのに対して、地下水はその補給速度に見あった非常にゆっくりした速度で水を使うことを考えれば地下水はまさに無限の水量を持った水源として考えてさしつかえないといえる。日本は水にめ

ぐまれた国であるといわれていた内容は実にこの地下水を巧みに使う生活様式にあったとさえいえるであろう。それが都市化に伴う井戸水から水道水への転換（分散した形での水利用から一度集めて再び分散させるシステムへの転換）、工業用水といった膨大な水利用の需要増大を受けて、自然のサイクルでの速度、密度を破壊していく姿が現在直面している日本の水資源問題でもあるといえる。

2. 日本の水資源について

自然のサイクルに従ってわが国に降る降水量は、全国平均の面積降水量で年間 1,818 mm といわれ、国土の面積を約 37 万 km² とすれば、全土にもたらされる降水量は年間約 6,700 億トンに達すると概算されている。

この 1,818 mm という降水量は表1にも示される通り一見水資源にはめぐまれた国であるかに見える。しかし 1 人当たりの水量といった形で比較すれば、それほどめぐまれた環境にあるとはいえなくなってくる事情が理解される。さらに、この 1,818 mm の降水の降り方、急峻な地形といった日本の国土に特有な条件によって大量の水が洪水として災害を起こしこそすれ、利用するというようなことは全くないままに海へ流れ出てしまっているなど、非常に利用しにくい形でしか供給されていないといえる。

表2にわが国のいくつかの地域での原因別の降水量の割合を示す。ここにも示されるように、台風、梅雨、雷雨、雪といった年間のいたって限られた期間に年間降水量の半分もが降ってしまうことになっている。一方このことは、逆に無降水の時期が長期間継続する傾向が大きいことでもあり、洪水と旱害の両方に見舞われる日本の特性が象徴される。

これらの日本的な特性は、一方では融雪期から梅雨期への大量の水を使つての伝統的な水稲栽培を支えてきたが、反面では、年間を通してのコンスタントな水の供給を必要とするその他の水利用に対しては、全く利用しにくい形でしかないことを示すものである。世界の中でも水にめぐまれた国とはとてもいえない事情にあることがわかるであろう。

3. 水を使うということ

人間が水を利用するということの内容については、菅原¹²⁾によって提示された、“水のネグントロピーを使う”といった抽象的ないい方もあるが、ここでは、農業用水、水力発電用水、工業用水、都市用水、リクリエーション用水、河川維持用水、などといった（いささか古典

的な分け方ではあるが) カテゴリーに分類しながら実際に水を利用するという内容を考えてみる。

1) 農業用水

わが国の農業用水は水田用水と畑地かんがい用の用水量に分けられる。しかし、その量の大きさ、影響の大きさからいってもわが国独特の水稻栽培の手法(湛水栽培)を支える水田用水を考えることがわが国の農業用水問題であるといえる。

この湛水栽培という方法は、水をいろいろな目的に有効に利用し、最小の労力で最大の収穫を上げようとする伝統的な方法でもある。そこでは用水は単に水稻の生育、生理作用に直接必要とする水量(この水量については他の作物に比べて特に大きいとはいえない)をはるかに上まわって必要とされる。この湛水かんがいの効用としては次のようなことが挙げられている。

- (1) 自然に泥土、養分を供給する。
- (2) 水稻の生育、分けつを助長する。
- (3) 肥効を高め、土壌中の有害物質を除去する。
- (4) 雑草の繁茂を抑制し、病虫害の発生を少なくする。
- (5) 稲を冷害、風害から守る。

水のもついろいろの特性を巧みに利用した栽培方法であることがわかる。

水田用水は通常水田の単位面積当たりの用水量として示され減水深と呼ばれる。減水深は水稻の生育時期、水田の土質の種類等によって変化してくるが、平均的な値としては15~25mm/dayが標準として知られている。

葉面蒸発量と株間水面蒸発量の合計は地域的にもあまり差はなく4~8mm/dayくらいといわれる。この量は草地・林地から蒸発散している量に比べてそれほど大きな差はない値であり、その意味では水田用水の大部分は浸透水あるいは水路での損失といった量であるともいえる。このことは水田ながゆえの水の消費量はごく小さいものであることを示しているが、しかし、一般的にいえば、農業によって使われた水の姿をみれば、地域的にも時間的にも分散された形になっており、あたかも含有率のいたって低い原鉱石のようなものであり資源としての水の価値は確実に消費してしまっているものといえる。

2) 水力発電用水

水力発電用に使われる“水”は農業用水のような場合と異なって、原則としては一部の流路変更(圧力管の中だけ水を流されることになってしまう)はあっても、水量には損失が起らず、落差(位置のエネルギー)の損失だけを受けることになる。

水力発電所の形式が、流れ込み式、ダム式、揚水式と発電側の効率を上げるようになってくるにつれていくつかの問題が生じてきている。

流れ込み式の場合は、水量は自然のままの変化にまか

される反面、常時水を得られることから電力需要のベース負荷を担ういわゆる水主火従の供給体制がとられる。この場合は下流域での水利に与える影響は少ないが上流部においては河川水が圧力管の中だけを流されることになり水の流れない河川が出現させてしまうことになってくる。その区間における他利水との競合関係は大きくなる。

ダム式の場合は、ダムに貯水することによってある程度の流量コントロールが可能になるので、最近の火力発電所の効率の向上もあって、負荷変動特性の良い水力発電にピーク負荷を担わせる火主水従の方式が採用されるようになる。この場合は、ダムからの放流量は常時流れる自然の流況に比べれば全く異なった時間的なパターンになってしまう。それは昼間しか流れない河を造ることであり、定常的に水を必要とする他の利水との競合関係は大きくなっていく。水資源の時間的な分布を変えてしまうという形で水資源を消費していくと考えられる。

この特異的な流量の変動を平均化する目的でダムの下流側に調整池が造られる。この調整池から夜間の余剰電力(火力から供給される)を使って上流側のダムへ水を戻し、翌日の昼間のピーク負荷をとらせようとする方式が揚水式発電と呼ばれる。この方式がうまく回転していくなれば水力発電による水の消費はなくなることになる。しかしダムの水位維持をめぐり治水側との競合、貯水に伴う水質変化の問題はなお残される。

3) 工業用水

通産省から毎年発表される工業統計によれば、工業用水とは、工業生産を営む工場・事業所において使用される水をいい、工業の生産過程において直接使用されるもの以外に、原料・容器の洗浄用、工場内部の清掃用、その他の雑用水を含むものを総称している、と定義されている。上記工業用水統計表による分類では、工業用水は次の6つの用途に分けられている。

- ① ボイラー用水: ボイラー内で蒸気を発生させるために使用される水をいう。
- ② 原料用水: 製品の製造過程において、原料としてそのまま用いられる水をいう。
- ③ 製品処理用水および洗浄水: 製品処理用水とは原料、半製品、製品などの浸漬溶解等の物理的な処理を加えるために使用される水をいう。洗浄水とは、工場設備または製品の洗浄用に供される水をいう。
- ④ 冷却用水: 工場の設備または製品の冷却用に使用される水をいう。
- ⑤ 温調用水: 工場内の温度または湿度の調整、有毒物の除去のために使用される水をいう。
- ⑥ その他: 上記のいずれにも属さない用水、たとえば工場内の従業員の飲用水、雑用水をいう。

昭和44年の工業用水(淡水)使用状況を業種別、用途別に集計した結果を表3に示す。

表3 業種別工業用水（淡水）使用量と工業出荷額（工業統計（昭和44年）による）

産業中分類	用途別工業用水（淡水）使用量							製造品出荷額	
	ボイラー 用水 [m³/日]	原料用水 [m³/日]	製品処理 洗浄用水 [m³/日]	冷却用水 [m³/日]	温調用水 [m³/日]	合計（その他を含む）		額 [百万円]	比率
						水 量 [m³/日]	比 率		
全 国 計	1,807,268	564,700	19,796,933	44,347,878	4,082,222	74,405,590	100.00	48,495,328	100.00
18 食 料 品 製 造 業	201,633	287,021	1,371,171	2,156,507	116,355	4,363,093	5.86	4,751,031	9.81
20 織 維 工 業	217,989	—	1,416,607	210,323	1,854,112	4,081,410	5.49	2,844,135	5.86
21 衣服, その他の繊維製品製造業	8,172	—	6,320	1,983	6,612	41,408	0.06	477,194	0.98
22 木 材, 木 製 品 製 造 業	41,766	—	37,149	21,261	2,502	135,736	0.18	964,618	1.99
23 家 具, 装 備 品 製 造 業	8,408	—	19,354	7,835	1,587	51,740	0.07	476,243	0.98
24 パルプ, 紙, 紙加工品製造業	284,206	—	11,103,597	636,932	109,239	12,689,252	17.05	1,602,926	3.31
25 出版, 印刷, 同製品, 毛皮製造業	4,209	—	30,971	74,052	43,397	193,387	0.26	1,333,239	2.75
26 化 学 工 業	512,278	146,438	2,169,809	20,478,870	1,092,171	25,151,944	33.80	4,629,133	9.55
27 石油製品, 石炭製品製造業	97,370	1,533	49,314	2,042,369	6,142	2,272,205	3.05	1,445,657	2.98
28 ゴ ム 製 品 製 造 業	48,831	—	26,907	453,017	28,159	599,164	0.81	586,522	1.21
29 なめしかわ, 同製品, 毛皮製造業	2,597	—	28,845	3,505	1,185	41,059	0.06	125,260	0.26
30 窯業, 土 石 製 品 製 造 業	63,132	129,708	575,524	1,392,872	23,568	2,345,317	3.15	1,604,489	3.31
31 鉄 鋼 製 造 業	132,624	—	1,171,873	12,782,434	137,213	14,725,884	19.79	4,999,688	10.31
32 非 鉄 金 属 製 造 業	36,654	—	319,240	1,864,762	52,800	2,434,890	3.27	2,390,426	4.93
33 金 属 製 品 製 造 業	20,136	—	314,972	132,627	8,291	561,972	0.76	1,995,216	4.11
34 一 般 機 械 器 具 製 造 業	20,034	—	167,778	284,917	65,428	760,994	1.02	4,621,862	9.53
35 電 気 機 械 器 具 製 造 業	31,711	—	279,118	314,468	254,093	1,105,282	1.49	5,590,338	11.53
36 輸送用機械器具製造業	41,833	—	542,628	1,025,450	194,979	2,004,240	2.69	5,958,725	12.29
37 精密機械器具製造業	2,831	—	40,604	18,126	16,495	106,711	0.14	634,642	1.31
38 武 器 製 造 業	68	—	449	70	20	1,008	0.00	5,967	0.01
39 そ の 他 の 製 造 業	30,786	—	124,703	445,498	67,874	738,894	0.99	1,458,008	3.01

表4 海水の使用量とその内訳（工業統計（昭和44年）による）

	ボイラー 用水	原料用水	製品処理洗浄用水	冷却用水	温調用水	合 計 (その他を含む)
工業用水使用量（海水）[m³/日]	—	1,052,880	984,582	29,628,630	81,548	32,151,183
比 率 [%]	—	3.27	3.06	92.15	0.25	100

まず、総水量を業種別にみてもとく、食料品製造業以外はいわゆる用水量多量消費型の近代工業（用水量8位までの石油石炭製品製造業まで）によって全体の91.5%以上が占められていることになる。ちなみにこれらの産業による工業出荷額は全工業出荷額の50.1%を占めている。

わが国経済の世界にも例をみない経済発展は、これら用水型近代工業の急速な拡大に支えられてきていることを考えれば、“水にめぐまれていた？”わが国の水資源がいかに重要な“資源”であったかは明らかであろう。

しかし、このように大量の水資源を使ったということが逆説的な結果論ではあるが、現在まさに爆発的な形で顕在化してきている各種の環境破壊をもたらす遠因ともなっていることは忘れてはならないであろう。

次に工業においては水資源はどのように使われているのかをみてみよう。

ここで注目されることは、水そのものを製品の原料として使う割合はいたって小さく高々全用水（淡水）量の5~6%程度であり、工業用水と呼ばれる水はそのほとんどが、冷却用水、洗浄用水として使われていることである。これら後者の水利用にあつては水のもつ特性の中

でも“比熱が大きい”、“ものを溶かす容量が大きい”、“流してすててしまえる（価格が安く大量に入手できる）”といった要素を利用する形のものである。この場合は、利用された水には廃棄物（汚染物質または余熱）が添加されていることになり、水資源は水質的な意味において消費されたことになっている。

廃棄されるものが熱であるような場合には、最も位置のエネルギーの低い場所にあり、最も高い濃度で溶存物を含む水である海水（1章においてはその意味で海に入れば水資源は消費されてしまったと考えていたのである）も十分利用できることになる。昭和44年の海水利用の実態を表4に示しておく。海水はその大部分が冷却水として利用されているようすがよく示されている。

既にもてきたように、工業における水の使われ方はその大部分が水質（水温を含めて）を使うという形（水質を悪化させる）であり、生産活動それ自身が廃棄物を伴うものであつてみれば、それらは必ず水系汚染、大気汚染、あるいは汚泥状の産業廃棄物という形で環境へ放出されることになっていく。したがって、工業用水をどう供給しどう使うかということは環境保全の問題にも非常に深いかかわりを持っており、その意味からも十分注意

していかなければならない。

次に、工業用水の使われ方を別の角度から見てみよう。工業用水の使用量を各工業にかかわる基本的な要素の単位量当りの用水量として表わす表わし方で工業用水の原単位と呼ばれる。通常基本的な要素としては、単位製品当り、製品出荷額当り、常用労働者当りとか工場敷地面積当りといった量とられて用水原単位が示される。主要業種についての各種原単位量（昭和44年）は表5に示される。

敷地面積当りの原単位を水深単位で示した値および常用労働者1人当りの原単位量をそれぞれ農業用水、都市用水（後述）と比較すれば、工業用水がいかに高密度に水を消費しているかが明らかになる。特にパルプ・紙関係工業、化学工業、鉄鋼業における高密度な水の使われ方が注目される。

この高密度に水を消費するということは、先にも一部見てきたように、水資源の最も対応しにくい側面であり現代日本の水資源問題を深刻にさせた第一の要因であるといえる。

4) 上水道用水（都市用水）

上水道から給水を受ける人間活動は家庭生活のみでなく、おふろ屋さん、食堂、大きなビル、事業所、官公所、学校、プールなどのほか、工業用水としても給水されている。家庭生活において使われる水もその内容は、飲料用、炊事、洗濯、湯浴、水洗便所といった直接人間生活にかかわるもののほか、庭への散水、クーラー用水、洗車用水といったように時代とともに変化してきている。

このように上水道から給水される水の用途は異種の内容から成立してはいるが給水区域の人口で割った値を1人1日当りの給水量と呼び上水道施設等の一応の目安として使われる。この1人1日当りの給水量は、その都市の性格、大きさ、気候・風土といった要素によって変わってくるものである。表6に各都市での昭和44年における実績を示す。

東京都の都区における人口密度は15,661人/km²（昭和45年）といわれており、1人当り給水量を470l/dayとして面積当りの水量に換算して農業用水における減水深のように表示すれば、7.4mm/dayという数字になる。一番の問題は、その水量を限られた浄水場から1日400万トンを超える量として送りださなければならぬ、ということにあるといえる。

上水道用水の水の使われ方は、量的にみれば浄水場から送り出された水は給水区域全面にわたって7.4mm/dayの速度で散水するといった形でモデル化されよう。そしてその水は下水道が完備している地域であれば下水処理場へ戻り、下水道がなければ地下水あるいは河川水

表5 業種別工業用水（淡水）使用原単位量

産業中分類番号	工場敷地面積		常用労働者	
	100m ² 当り [m ³ /日]	減水深換算 [mm/日]	1人 当り [m ³ /日]	製品出荷額 1億円当り [m ³ /日]
18	6.71	67.1	7.11	91.83
20	4.91	49.1	5.47	143.50
21	0.47	4.7	0.21	8.67
22	0.38	3.8	0.65	14.07
23	0.46	4.6	0.42	10.86
24	26.58	265.8	57.15	791.64
25	3.77	37.7	0.72	14.50
26	18.01	180.1	55.42	543.34
27	6.05	60.5	70.03	157.17
28	5.96	59.6	4.15	102.15
29	2.05	20.5	1.21	32.79
30	2.55	25.5	6.37	146.17
31	10.95	109.5	30.76	294.53
32	4.51	45.1	14.22	101.65
33	1.47	14.7	1.34	28.16
34	0.95	9.5	0.93	16.46
35	2.02	20.2	0.99	19.77
36	2.44	24.4	2.65	33.67
37	1.33	13.3	0.62	16.81
38	0.11	1.1	0.58	16.89
39	2.60	26.0	2.42	50.67
全業種平均				
淡水	7.31	73.1	9.76	153.42
海水（参考）	3.16	31.6	4.21	66.29

（工業統計（昭和44年）より算出）

表6 主要水道における一人一日給水量と給水人口

水道事業名	一人一日給水量（l）		給水人口 [千人]
	平均	最大	
東京都	471	550	8,498
大阪市	627	789	2,984
名古屋市	415	520	1,974
横浜市	421	508	2,054
京都市	372	453	1,370
神奈川県	311	412	1,213
札幌市	241	293	593
仙台市	271	328	451

（上水道統計，昭和44年による）

となって海へ流下していくことになる。水質的にみれば廃棄物を添加し水質を悪化させる形で水資源を消費する。

5) 河川維持用水・リクリエーション用水

河川には河道の維持、河川工作物の腐食防止、舟運、観光、水質汚染防止、河口埋塞の防止、漁業、塩害防止などのために河川維持用水が必要とされるといわれている。これらのいくつかの目的の中には水さえあれば一応の目的を達することのできるものもあるが、ここで対象としなければならない水の部分は、まさに自然環境そのものであり、その意味では環境保全の努力の対象とすべき水であり、状況でもある。

維持用水にとっては、自然水系から水を取ってしまう用途、汚染してしまう用途はすべて競合的な存在となる。清澄な水を滔々と湛える河は、それ自体が立派な資源でもあり、いろいろな意味での自然のバランスを保存していくためには無視できない貴重な水利用の一つであるともいえる。またそれは、他の水利用が地上を經由して循環するいわばフローに当る水資源の利用であったのに比べれば、ストックに当る水資源を利用するものと考えられよう。したがって、一度汚染その他で破壊されてしまえば回復は不可能なことも起きるので観光開発などにあたっても十分な注意が必要とされる。

4. 水資源をめぐるいくつかの問題

1) 広域化の問題

すでにみてきたように消費するという形で水を利用する場合には、われわれが対象とすべき水資源は陸地にフローとして存在している水である。そしてその最も基本的な速度としては、単位面積当りの降水量がそれを規定していくことになる。

したがって、有効降水量（全降水量から蒸発、洪水流出などで失う量を差し引いた量）以上の速度である地域における水消費が行なわれるとすれば、当然に水資源の不足が生起される。そこで消費密度の高い地域には周辺地域の消費密度の低い地域から余剰水を集めてこなければならない（集められた地域では水を使えなくなる）ことになる。

このような現象は東京の諸活動を維持するために多摩川の水だけでは足りなくなり、遠く利根川や相模川の水を引いてこなければならないという現実の姿に端的に示されている。これはなにも水の問題に限った問題ではないのであろうが、人間活動の高密度化は必然的に広域的な問題を含まざるを得ないことを示す一例ともいえる。しかし、逆にいえば、非常に広い地域に降った水が一カ所に集められていることにもなり、その後仕末の

方法で次の問題を引き起こしているのが実情でもある。

過度な高密度化はいかにも自然にさからう姿としかいえないであろう。

2) 貯水にとまなう問題

わが国の水資源における一つの特徴は2章においても述べたように、降水量の季節的な片寄りが大きいということである。このような条件は水資源を利用しようという立場からはいたって不利な条件であり、年間を通して定常的な水利用に供するには豊水期の水を貯留しておき、渇水期に放出するシステムが必要になってくる。

昭和36年の水資源公団の発足の背景もこの必要性にあったわけであり、多目的のダム、河口堰の建設が進められてきている。このようにして河川水の利用率は高められていき、利根川では62%、淀川では59%といった限界一杯の水資源開発が計画されている。

しかしながら、一般的にいて、④わが国の急峻なる地形的条件によって、ダムの高さの割にはきわめて小さい貯水容量しか確保できないこと、⑤すでにダムサイトとしての適地が少なくなり、技術的もしくは社会的困難を伴う場所が多くなってきていること、⑥ダムをなるべく空にしておきたい洪水対策と、なるべく満水にしておきたい利水対策とは本質的に矛盾する要素であること、さらには、④上流からの土砂の補給のバランスが崩れるための河床、海岸線等に変化が起きること、⑥貯水することによる水質的な影響、といったいくつかの問題点が“貯水すること”に含まれてくるということには注意しなければならないことであろう。

3) 循環利用（多段的な再利用も含めて）の問題

1), 2) に述べてきたことは、地域的、時間的に片寄った存在である水資源を平滑化し、水量を増強することによってその価値を高めるという内容を持っていた。

しかし、一方では水資源の供給量を増大させるための対応は水資源の循環速度を高めることによって可能となるといえる。

考えられる循環としては、大規模な自然界の循環、ひとつの流域内で上流で利用した水が河へ戻り、それを下流でもう一度利用するという循環、上水道で使った水を下水道で集め、その水を利用するという循環、工場内部で一度冷却用に使った水を冷却塔で冷やして再び使うといった循環、などのいくつかの循環系がある。

人間の力ではどうしようもない循環系もあるが、限りある資源を有効に利用するという観点からみれば、われわれの努力の及ぶ所から順次有効な循環系を造り出し、その中で循環速度を上げるという方向が追及されていくべきなのであろう。そしていくつかのレベルの異なる循環系を組み上げていくことが必要なのであろう。

このとき、考えられるべき循環系においては、水を集

めるシステム、廃棄物を除去するシステム、送り出して元へ戻すシステム、の最も合理的な組み合わせを求めるべきことになる。この三つの要素の中では、廃棄物を除去するシステムは汚染物質の種類によって全く異なるプロセスが必要となることから、おそらく、含まれる汚染物質の種類とそれが環境または次の用途に与える影響との関係によって上記の循環系の基本的なスケールが規定されてくることになると思われる。

水の循環利用の最も象徴的なケースとして海水の淡水化の議論がある。しかし、海水の利用については冷却水としての利用以外としては、“水”が極度に少ない特別の地域を除けば、量的には巨大な量として返ってくる都市下水あるいは工業廃水の再利用、さらには水利用の節約を考えることが、まず先に努力されるべきといえよう。

4) 水系汚染の問題

先に河川維持用水の項でも簡単にふれたが、人間活動が廃棄物を添加することによって消費してしまった水が水系に流入し、自然水系を汚染していくことは、減少性のストック的な資源を消費していくことになっている。

したがって、そういった資源を消費しないようにするためには、自然水系への汚染物質の流入を極力少なくする努力をすべきことになる。

最近、無公害を旗印としてクローズド・システムの確立ということが盛んに論じられているが、もしそれが“水”だけといった特定の物質についてだけのものであるならば、人間活動から排出される廃棄物は活動に要した全水量に比例する量としてますます増大していくことになってしまい、決して根本的な解決にはならないであろう。

おわりに

この解説においては、水資源の量、質の収支バランスを考えるということに留意しながらごく概念的な整理を行ってきた。

しかし、水資源をとりまく問題は、量、質だけの問題ではなく、慣行水利権に関連する複雑な問題、あるいは工業用水道における安い政策料金にかかわる問題、など社会的経済的な要因も非常に大きな内容を持った側面であることも事実である。

現在いろいろな形で進められている水資源開発（水量の確保と廃水の処理）のための膨大な社会的費用を考え

るとき、慣行水利権の整理統合とか、水を使わないあるいは廃棄物を造らない生産プロセスの開発、といったことを進めていくことも水資源対策の当然の方向として含まれるべきであるといえる。

最後に若干の関係参考文献を紹介し、この解説を終りたい。

私の力量不足から編集委員会の方々の“ねらい”にかなえる解説になっているのかどうか不安も大きいですが、まとめる機会を与えて下さったことに対して心よりの感謝の気持を表したい。また、貴重な資料などをお貸し下さった東大・都市工学科・綾日出教授に感謝している。

参考文献

I. 水資源一般

- 1) Skinner, B. J.・松尾嶺士訳：地球資源学入門，共立出版
- 2) 広域利水調査第2次報告書—昭和60年における水需要—：建設省，昭和48年8月
- 3) 日本の水資源：資源調査報告第19号，昭和36年3月
- 4) 榎根勇：水の循環，水文学講座3，共立出版，1973
- 5) 水利科学研究所編：水文学大系，地人書館
第1巻，水資源総論 第2巻，水利河川学
第3巻，発電用水資源 第4巻，農業用水資源
第5巻，工業用水資源 第6巻，生活用水と水源林
第7巻，水質汚濁と廃水処理
- 6) 安芸政一，多田文男監修：水資源ハンドブック，朝倉書店，1969
- 7) 産業計画会議編：水資源をどうする，大成出版，1971
- 8) 高橋裕：日本の水資源，東大出版会，1968
- 9) 佐藤武夫：水の経済学，岩波新書，1973
- 10) 石橋多聞：飲み水の危機，東大出版会，1970
- 11) 宇井純編：日本経済と水，日本評論社，1971
- 12) 菅原正己：水利科学
水収支について No. 49, 1966
水の利用率と貯水池の大きさ No. 60, 1968
水資源とネグントロビー No. 73, 1970
わが国の水資源について No. 76, 1970

II. 水利用の合理化

- 13) 鈴木清：農業用水と他種水利との調整，水利科学，No. 89, 1973
- 14) 志村博康：現代水資源配分機構の動向と性格，水利科学，No. 92, 1973
- 15) 島津暉之：水節約の技術的可能性 (1), (2), (3), 水利科学，No. 82, No. 83, No. 85, 1972
- 16) 鈴木基：水力開発の新展望，水利科学，No. 83, 1972
- 17) 佐山実：工業用水の需要予測について，水利科学，No. 88, 1972
- 18) コンビナート用水，システム合理化調査報告書，日本工業用水協会，昭和48年3月
- 19) 水の循環利用調査報告書，東京都首都整備局，昭和48年3月
- 20) 産業用水等再生利用調査（中間報告），日本工業用水協会，昭和48年3月

III. 年報その他

- 21) 工業統計（用地・用水編），通産省
- 22) 上水道統計，日本水道協会
- 23) 下水道統計，日本下水道協会
- 24) 流量年表，建設省
- 25) 水質年表，建設省
- 26) 水経済年報，水利科学研究所