

日本下水文化研究会第二回総会 記念講演

平成九年三月二十九日(土)

神田学士会館

『近代システムの後』

北海道大学総長 工学博士 丹保 憲仁



講演者の紹介——丹保先生をご紹介させていただきます。すでに丹保先生は大変有名な、また顕著な業績をあげておられますので、ここにご列席の皆様方は、ご存じない方はいらっしゃると思います。丹保先生は、札幌育ちでございます。昭和三十一年に北海道大学の工学部の土木工学科、三十二年に同マスターを終了された後、母校に奉職されました。日本で最初の衛生工学科が北大に創設されるときに、体制づくりやカリキュラムづくりなど、献身的に貢献されました。

水処理、特に凝集理論でドクターをとられまして、その後、北海道大学で最も若くして教授になられたと思います。研究活動に携わるあいだ、多くの人材

を育てて世の中に送りだして下さっております。

丹保先生の講演は、実はこの会では今回が二度目でございます。まだ正式の会になる前の勉強会をしていたときに一度出席していただいておりますので、今回は二度目ということになります。この下水文化研究会には、大変ご理解を示していただきまして、いろいろな面でご支援をいただいております。今日もお忙しい中、講演をしていただくことを快く引き受けて下さいました。

私、常々思っておりますが、丹保先生は難しい話を実にわかりやすく話して下さい、本当にたぐいまれなる才能を持っておられると思っておりまして、教育者としても研究者としても大変すぐれた方であると、尊敬しております。今日は、先生の四十年間の研究生生活の一つの集大成ともいえるべき内容に触れて下さるということで、大変期待しております。一時間という短い時間ではありますがそれでも、私たちに大変勉強になる講演をきかせていただけるのではないかと思っております。それでは、丹保先生、よろしくお願いします。

谷口尚弘(当会運営委員)

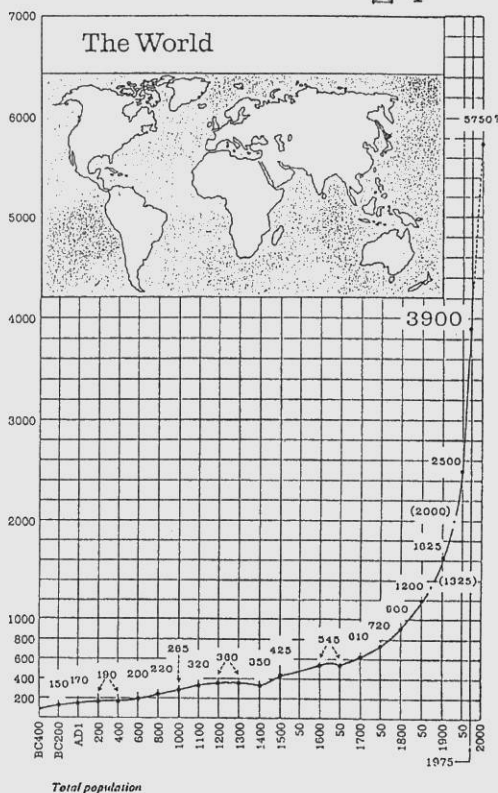
~~~~~

ご紹介いただきました丹保でございます。この会がそばにないものですから、いただきました書かれたものや雑誌等でいつもずっと北の方から声援をいたしております。機会があったら参加させていたきたいと思っております。もう三、四ヵ月前になりますか、たまたま谷口さんから、私のあいている日はいつだという電話をいただきました。今日だけポツとあいていたものですから、夕べからこちらで仕事をしております。どうぞ、一時間ほど、お耳をよごさせて下さい。

〔終わろうとしている近代〕

この絵(図1)は、もう皆さまあちらこちらで見えていられるもののチョット精密な絵です。人間が文明を拡大し始めてから二千年がほどで、どのくらい人口が動いて来たかということを描いているわけ

図 1



す。グラフはいろんなことを示しています。十五世紀に一つのへこみがあります。これはあのブラック・デス——黒死病——でヨーロッパの人口が二十五パーセント減少してしまった時期です。で、この後ぐらいいから、今につづくヨーロッパの時代というのが始まります。

アフリカの北岸をイスラムに抑えられてしまいがちして、ヨーロッパは食料庫を失いました。しかたが

トータルとしては、そんなに大きな落ち込みがなしに、今、約五十億を超えるところまでできております。産業革命の千八百年くらいから、人口増加率がそれまでは年に〇・三パーセントくらいだったのが〇・四パーセントを超えて、指数函数的とはいいいながら、係数そのものも若干上がってくるような時代到我々は入ってまいりました。

これは、近代という、特に千八百年以降の近代後

ないものですから、帆船と大砲で大西洋に乗り出しまして、世界をヨーロッパ化するわけです。これが近代の始まりで、西暦千五百年くらいです。ピザンチンが亡びたのが千四百五十三年ですから、この辺から大西洋に乗り出したヨーロッパ世界の世界化が始まります。そして、宗教戦争があつてちょっと人が死んだり、あとはもう、世界大戦で何回か人口が減っているんですが、

期、それはまさに産業革命後の産業化時代ですが、我々が育ててきた近代科学・技術というものをベースにした文明でございます。近代の大成長というのは近代科学・技術で育った、あるいはできたということです。では、それは何だというと、いろいろな定義がありますが、実はこれは手順論でして、一定の手順によれば一定の結論に達する、というのが科学の確立です。

いろいろなことを説明するについても、たとえば、社会科学といったような、人間の挙動までそれで何とかできるのではないかと考えたのが、近代でございます。ですから文明というものを手順論化して、それを学問体系と称し、それを地球上のあらゆる活動に適用しようとした。そして一人の人間が理解できる幅、もしくは活動できる幅、もしくは一つの集団が活動できる幅に、その学問を細分化し縦割り化して教育した。つまり、学部学科方式というのが近代の大学に現れた教育システムです。したがって、教育も学部学科、学科をこえて隣の学科のことはよく知らない。土木工学科から衛生工学科が分かれば、その間に溝ができるということを我々は経

験してきております。

さらに高等教育が普及してまいりますと、そういうものをすべての基礎にして社会ができますから、どちらが先かわかりませんが、我々の近代社会というのは、近代科学技術を適用できる幅に産業を割ります。その産業の中で自分たちの独自のヤーゴンという、まあ、専門用語を駆使いたしまして、仲間と専門家として協働する。それが、ただか四年くらい大学で教育すれば、一応のメシが食えるところまでくるという、かなり粗雑で単純なものです。

したがって、それはある複雑さを超えられません。行政もそれに対応しております。すべての産業・行政・教育が縦割りになる理由です。そして、それが大きくなっていくために、高速大量輸送という技術が必要です。これもまたシンプルな技術なんですけれども、続々と進歩しますと、一つ一つの縦割りが非常に大規模になります。だから大規模で縦割りで、比較的内部が単純というシステムが世に満ちることになります。すべて我々のことだと思いたいことばかりです。一つ一つの規模を大きくすることによって、トータルに積分したものが大きくなったとい

うのが近代です。非常に成功した文明です。

その結果として、世界中、分割できる空間がなくなってしまう。もう、そこから先はそういうやり方はだめなんだということになる。当然でございまして、今、いろいろ、地方の時代であるとか、それから行政、産業を横につなぐとか、重厚長大はだめだとか、いろいろな表現で語られておりますけれども、すべてそういう一定の流れのなかでみれば、当然きたるべきものがきたのです。したがって、部分的な手直しをしても、これはどうにもならない。現代文明というものは、もう離脱をすべき文明であって、成長させたり工夫したりするものではないのです。

上下水道というのは、その代表的な典型的近代システムですね。非常に単純な技術で大規模で、そして自分の空間を中へ抱え込んで、上水と下水すら、最終的には分かれて長い管でつながる。一本の水系を扱っているが、それは二つのシステムとして独立して存在できて何とかやれる。それに気がついた国もあれば、気がつかない国もある。プライバシーゼイションなんていうようなことが起こった場合

に、トータルシステムとしてそれを見るところを経過しないと、おそらく、まったく元へかえってしまいません。とんでもないことが起こります。今、語られていることは、相当に混乱しております。

大学も、西暦二千年から二三十年に社会の核心になる学生を育てなければなりません。教師の側の側はその時の状態に対して、対応する能力を持っておりますから、基礎を教えて自分で応用問題を解く解き方を一緒にやってみるしかないんです。昔のように先生が何かを教えたなら、まあ、何年か役に立つ、ひどい人は、一生それでメシが喰える、といった時代はもう終わったと考えております。

### 〔近代上下水道システムとその成立限界〕

今日お話しするテーマも近代が終わったというところから——我々は上下水道をどうやってみたらいいんだろうかということのお話で、私なりに三、四十年もがいて一応の結論に近いところにききましたので、お話ししてみたいと思います。総長になってしましまして、自分では具体的に手を下した研究ができなくなりましたので、だんだんに考え方は

頭の中の話になってしまいました。専門については、夜、自分の書齋で考えることが多くなりました。

近代化プロセスは、結局は量をベースにしたシステムでして、計量化できるものだけが確かなものであるという、単純化可能なものだけが確かに扱えるという変なことが起こりました。これは水道料金を考えてだけでもわかることです。ものすごく良い水を供給しているところも悪いところも、一トンいくらで売っております。ところが後からでてまいりますが、それをミネラルウォーターで買えば、一トン二十万円もするわけです。その差は何なのか、それを表現するような社会システムは作られているのか、考えているのかということになります。

では、下水というものは何なんだ。だいたい何でもかんでも放り込まれるのが下水だということになるわけです。たとえば、東京都で昔大変苦労されたのは、産業排水を入れたら下水道に大変なことが起こってしまった。今は全部切り離しております。

何でもかんでも入れられないわけでした、このいろいろなことをどういう風に扱うかというあたりが鍵です。下水というものがあって、下水道というも

のがある。上水道というのはすべて飲用可能水を送って、トンいくらでそれを売り買いたったこととで、質というものを陰に隠すことによって量に転換した、非常に粗いシステムでございます。

そのつぎに何が起こったかといいますと、質を考えなければいけないという時代になったということです。問題は粗いことをやってにおいて、質がおかしくなった。質を分析しなければならぬという、大学でも分析できないような項目でズラッと並べて水質基準を設定するわけです。あれはもう、システムが崩壊するということの、明確な表現だと、私は思っております。

これは、進歩でも何でもありません。いくら計測してもなにも変化しないものを一所懸命計測して心配だけして、そしてあと何とかしなければならぬ。基本的なシステムを変えない限り、手段としては非常にわずかな、いわゆる修正手段くらいしか我々は持っていないわけです。

ですから近代が終わると考えたとき、基本をどうしたらいいだろうかということを考えなければいけない。もはや、地球環境の制約がありますから、量

的成長はもうないんです。これはもう絶対制約でございます。アメリカのような量的社会を自分で作った人たちは、昨日もコンピュータで集団自殺したグループもありましたけれども、非常に絶望的・過激的になっております。

これは量というものを信奉し、量的評価というものを信奉した社会がたどった末路でございます。そこから抜け出ることをやっぱり考えなければいけない。どうしたらいいか、なかなかわかりません。おそらくアメリカが一番苦悩するだろうと思っております。日本はそこそこに適当にやってみていますから、まだ古いシステムを多少残しておりますので、そこまでひどい目にあわないのかも知れないなあと思っております。

つまり量から質へと、そこまでは誰でも考えるんですが、質とは何だということについて、十分に未だ論議されておられません。水道や下水道が維持管理の時代に入ったと、これはとんでもないことでございまして、システムが駄目になっているのに、維持管理なんて呑気なことを云っている時代ではない。

これは全部どうやって壊してつぎのシステムにする

かという、百年前の先輩が手本があってやったことよりももっとすごいことを、手本なしに今やらなければならぬ時代になっているのに、維持管理の時代なんていう呑気なことを、麗々しくジャーナルに書いている人がたくさんいるわけです。これでは、日本の先はどうなるかわかりません。大学もまったく同じでございます。

とんでもない時代に入ってきました。ですから、量から質へと云ってもそれだけでは駄目なんです、質も量をベースにしたシステムの質であれば、依然同じでございます。

そのつぎにくる言葉は「価値の創造が価値である社会へ」でございます。実はこれは私の一年後輩の建築環境工学の教授が定年退官の講演会のときにこの言葉を云っておりました。量から質へまでは、私すっかり頭の中で考えていましたが「価値の創造が価値であるシステムへ」というのは、彼が三十年つきあった私に下さった、最後の一番良い贈り物であったと思っております。

この価値の創造が価値であるということが何であるかということ、もう一回考えないと我々は水も

扱えませんか、ファッションとは何だとか、建物とは何だとかいう話はできないわけです。これがおそらく、近代を超えるつぎの時代のキーワードになるのではないかと、私は今思っております。知の時代とでもいうことでしょうか。

そのとき使える言葉として、今度はエモーションな中味のあやしいことがいろいろ云われております。地球にやさしいなんていうなさない言葉が、走り駆っております。前提なしに地球にやさしいなんていうことは、もうあり得ないんです。そうなのに、どうやったらいいかっていう具体的な提案のないうやさしいなんていう言葉が走って、それで何かできるように思っています。エネルギーについても三十年先に石油がなくなってしまうときに、まだ石炭の微粉に界面活性剤を混ぜたら海面汚染が起こるからって反対運動があり、原子力が駄目といったら、じゃどうしたらいいんだという提案は何もない——沢山そういう問題が起こっております。

その中で我々はいろいろなことをしていかなければなりません。一昨日、水環境学会が北大でございまして、基調講演をといわれたものですから「後近

代への水システムの展開」と題して、お話し上げました。今日、レジュメをお届けしてありますので、ご覧いただければと思います。その二ページの真ん中ぐらいいのところに、では我々はどやったらいいんだらうかということ、私なりに書いてみました。

人間は、変に極端にはびこりすぎた動物だということ。地上に存在している——海は別です

——動物の全重量の二十五パーセントは人間でございまして、一つの種で二十五パーセントを占めている、とんでもない動物です。エネルギーの殆ど全部を使っております。

人間は、自分の都合で人体と自然の間で物質を出し入れます。代謝維持ということです。水代謝という話は、二十年くらい前、昭和五十一年に水道協会誌に私が書いたのが、日本では最初の論文だったと思います。それから、代謝という言葉がだんだん使われて、今はあらゆる大学で、学科にもそういう名前がでてくるくらいです。ところが、本当に代謝ということを知っているんだらうか、ということが逆に心配になりました。

代謝というのは、自分の都合でオープンな外部か

ら物を取り入れて、オープンな外部に捨てる行為を  
います。したがって、オープンシステムの中での  
働きなんです。

都市というのは、完全に消費地です。それから生  
産緑地、これは有機物を生産いたしまして、大量に  
作ることが価値である空間です。ですから畑であれ  
ば年に一遍、消費と廃棄を入れて二年に一遍のサイ  
クルが、都市との間で通常存在し得ます。森林であ  
れば百年に一遍のサイクルが存在します。自然界と  
いうのは、要するに太陽エネルギーと水を最大限有  
効に使う太陽性エネルギーにより駆動される空間で  
す。

したがって、ストラテジーがまったく違う三つの  
空間で、どうやって資源の取得と利用廃出のサイク  
ルを描くか、人間と物質の循環再利用といったこと  
でやるかが問題です。私は水の循環ということは大  
事だと思えます。けれども、水の循環ということか  
ら話を始める人は信用いたしません。ということ、  
水は十日に一遍廻っているからです。あとからお話  
しますが、水資源というのは、十日に一遍平均的に  
廻っている高速循環資源なのです。それをもっと速

く廻すのが人工の循環なんです。そのためには、人  
工のエネルギーが付加的に必要ですから、エネルギ  
ーを多用するシステムをあらかじめ想定すること  
です。では、何が基本かというと、キーワードは、質  
を使いわけることです。一番良い質の水を何回か使  
って、最後に一番悪い質の水までもっていく。つま  
り、捨てる質までいくのに、何段階使い分けられる  
かを考えるのが先です。カスケードティ・ユース  
は、同じ大循環の中で何回使えるかと、逆に云えば  
エントロピー的な物の扱いです。

一番質の高いエネルギーを地球の温度まで下げる  
ときに何段階エネルギーの質を小さく取り出せ  
るか、これはエントロピー社会でございます。我々  
の社会は、まだエネルギーをKWHで買っておりま  
す。KWHでエネルギーを買ったり売ったりしてい  
るうちは、我々の社会は質を本質的には考えていな  
い社会だということになります。

そういう意味では、上水道、下水道というのもK  
WHの世界でございまして、せいぜいエネルギー問  
題というのは、KWH、排出炭酸ガスが何キログラ  
ムの話でしかないんです。そんなものでは、到底近

代を卒業できません。地球の環境制約というのは絶対的な存在としてあるだろうと思います。それをどうやって抜けるかという話を、やはり私どもは考えなければいけない。

人類は成長してきました、今、飽和の状態です。

あらゆることが飽和しております。加えてやった力、つまり、努力にくらべて得られるゲインが非常に小さいという辺で、今仕事をしております。さらに無理を続けこのままいきますと、相互に摩擦が発生して衰退を起します。減衰してしまいます。

ですから、ここまでいけば、おそらく今のまんま二十年から三十年放っておけば人口の激減が起こり兼ねません。先ほどの絵にありましたように、中世というのは千百年くらいから始まった秩序が千四百年に崩壊いたしました、ヨーロッパの人口が黒死病で二十五パーセントも減少しました。過密居住による伝染病に社会が耐えられなくなったわけです。これはヨーロッパ中世がフェイディングを起こして生き残った残りの七十五パーセントは、二十五パーセントの死んだ人の持っていた生産手段を利用して、乱暴なことを云えばルネッサンスをやった。人間の

精神の開放を行った。ですから日本人が四分の一死ねば、残った人はかなり精神の開放をやりますから、日本はジャンピングすると思います。

その経路をとるか、それを避けるか。つまり、飽和を感じた段階から新しい理念を持って、次の時代に展開できるかどうか問われています。かなり悲観的なんですけれども、このことの大事さ（本質）をやっぱり云い続けなければいけない。大学にもし役割があるとすれば、これを云うか云わないかです。ですから個別のテーマで新しい研究をしたとか先端研究をしたというのは、補完的なものであって、基本的なパラダイムの転換を大学ができるかどうかというところが、日本の大学の存在意義として問われている。近代世界に最後の方でやってきて、先頭におどりでて、最大過密で最大のエネルギーを使っているのは日本でございます。アメリカはもうちょっと後を歩いておりますから、日本がそれを転換できないければ、まずつぶれるのは日本です。

したがって、それをどうしたらいいか。この頃はちっとも水道の勉強をしないで、必死になって大学のことを考えているのですが、考えても巨大な大学

は、サッパリ動きません。これは大きなマンモスのシッポにぶら下がって、走れ走れと云っているようなものでございまして、私が現役のうちは駄目でございますが、やっぱり頑張らないといけない。

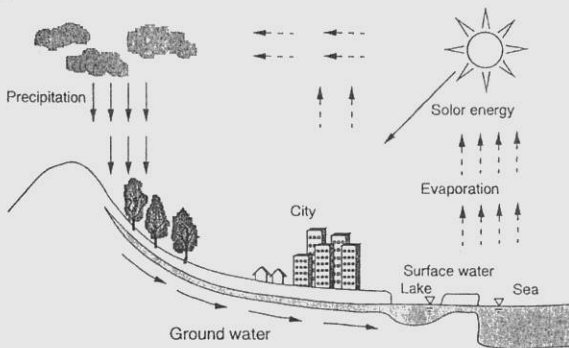
近代の後に来る時代、すなわちポスト・モダン時代、または新中世という言葉をも、私は二十年くらい前に使っておりまして。ここ七、八年、東大の人文系の若い人たちがポスト・モダン、ニュー・メディアバル（新中世）なんて云いだしております。その人がまだ小学生くらいの頃、私はそんなことを云っておりましてので、私の影響力はまったくありませんが、このごろではポスト・モダンというのが、ひどく軽薄に使われました。

ポスト・モダンの建築だとか、ポスト・モダンのダンシングだとか、絵だとか、そんな軽薄なものではないんですね。つまり、モダンをどうやって乗り越えるか、ニュー・メディアバルになるかポスト・モダンになるかというのは非常に大きな問題なんです。それをニュー・メディアバル（新中世）ととられてしまったら、これは駄目なんです。でも、今モデルがありませんから、もう一回中世を見直そうと

いう話が動いております。

しかし、中世をいくら見直したって、そこから新しいものは全然できません。新しいものがあって、中世を見直すということはあるだろうと思っております。どうも、話がやっこしくなりました。

図 2



HYDROLOGICAL CYCLE (Basic)

いろいろな話をするにいたしましても、所詮、我々水屋は、この絵にかかれてある水文大循環以外にたよる物がありません。太陽エネルギーを大きな、ちよっと忘れてしまいましたけれども、平均的に一平方センチメートル当たり一日に〇・七KWHくらいだったでしょうからもいまして、水を蒸発させ、ずーっといって、雨、雪になって落ちてまいります。それがまた、海に帰っていきます。

日本のようなところであれば、川の滞留時間は、ダムを作らなければ、石狩川でも通常のときは、旭川から河口まで、せいぜい二日半でございます。上からきても三日でございます。途中で地下水が入ったり出たりしますから、トータルの平均では長くなりますが、地表を走るとこれらは長くても四、五日で海へ出ます。そして、これがグルーツとまわっています。大気中には水蒸気が一立方メートルに三グラムくらい入っております。雨量で割ってやりますと、これが大体十日に一度まわっているという計算になります。したがって、我々の水は十日に一遍廻っている高速循環資源であるということを頭に置かないと、水問題の議論はできません。

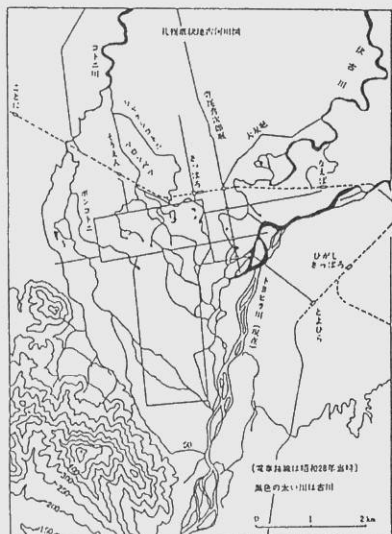


図 3 「札幌市史」より

図3は札幌の、私が小学校の時から中学時代ですが、戦争が始まった頃の札幌の地図、札幌の自然でございいます。北海道大学がここにあります。これだけ川がありました。これみんな札幌豊平川扇状地というところで、大体五百メートルくらいの間隔で一本ずつ小川があって、この扇状地の末端が北大の上流側の国鉄の線路に沿っています。メムライン、メムというのはアイヌ語で「泉」というんですが、ここでもみんな地下水が自噴いたしまして、ここから下の北大のあるあたりは、いにしえは湿地で泥炭地です。

今日は札幌を一つの例にして、お話をしたいと思

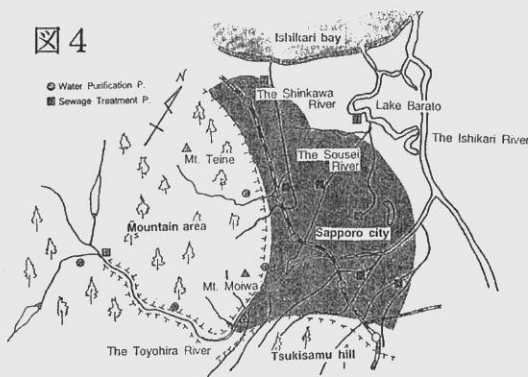
います。

札幌は、典型的な近代都市です。千八百年の中頃には、たった二百何十人しかいなかった。今世紀の初めに、まだ、たかだか数万しかないなかった都市ですから、これがどうなったかというのは、近代をグーッと縮めた典型的な成長都市の縮図です。

ですから、これを中心にしてお話をしてみたいと思います。

図4が今の札幌の状況でございます。そして、これが母なる川豊平川で、たった一本で札幌のすべての水をまかっています。丁度流域が一平方キロメートルあります。全部札幌市域の中に入っております。札幌のすべての水は全部

図4



この川一本からとっております。そして、水道の集水域が五百三十平方キロメートル、下が約五百平方キロメートル、五百、五百で、使う方の側と排除する方の側が半々に分かれております。

そして、元、石狩川の古川だった茨戸湖から、創成川という運河を作りました。茨戸地点に荷揚げ場を設けまして、札幌を作るために、本州や函館の方から来たいろいろな食べ物や材料などを、この運河を通して札幌に運びます。これが、今、札幌を東西に分ける東一丁目、西一丁目の東西境界線になります。まっすぐな川です。

札幌の西に琴似というところがありますが、発寒川という川が流れて扇状地を作っています。ここが洪水常襲地帯だったものですからこれを切り離して日本海に直行させました。これを新川といいます。そして、大洪水がしばしばきてかなわんもんですから、石狩川をまっすぐショートカットしました。三ヶ月湖の茨戸湖が出来ました。これは大正の終り、昭和の初めにやった仕事です。そして、豊平川の本流がこの古川へ入っていたのを切り換えて、石狩川本流へ直接落としてしまいました。今、ここは古川

になっていて、この黒いのが下水処理場です。札幌市の下水処理場は、この本流と、この真ん中の旧石狩川と、そして新川と、この三つの系統に分かれて落ちていきます。これ、ご記憶ください。あとで非常に重要な意味をもってまいります。

で、水道は豊平川一本の中流から、浄水場二つを

通って札幌市の中に入ってまいります。市内にたくさんあった小川が全部なくなりまして、全部下水に変わりました。したがって、今、札幌の真ん中には川は基本的にはございません。人工河川があるだけでございます。

図5は札幌の人口の増加と、水道の普及率等の動きでございます。千八百六十年頃に札幌は始まりました。北海道大学は千八百七十六年、百二十年間、日本で学士号を授与できる一番古い大学として始まりました。千九百九十六年でちょうど百二十年たちました。サッポロビールも北海

道大学と同じ年にできまして、百二十周年記念を去年やっておりました。

これが、札幌市の人口の動きでございます。今、約百七十六万人となっております。人口増加の最大勾配を過ぎました。昭和十二年に水道ができて、水道は普及していったのですが、地下水も依然としてたくさん使われておりまして、千九百六十年代の初め頃、私が留学から帰ってきた頃まで、ずっと普及率五十パーセントというのが、札幌の水道と地下水の関係の標準的なパターンでした。扇状地から良い地下水が上がっておりまして、水道を必要としない人たちがたくさんいたということです。

ところが、札幌が、扇状地の北の方、つまり泥炭地、湿地の水の悪い方に行きますと、五十センチも掘ったらズブズ

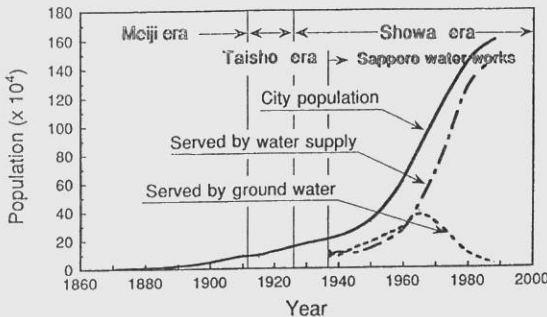


図 5 Population served by water supply and ground water

ブツと茶色い水が出ますから、しかたなく、人口が増えた分は、水道にたよらざるを得ないことになります。

それから、町の中に下水道がありませんので、地下水汚染で危なくて飲めなくなりました。ということで、水道水を使って下さいというキャンペーンがリアリティーをもつようになって、今は殆ど水道でまかなわれている、ということになります。

図6は近代水道でございます。近代水道って何だ

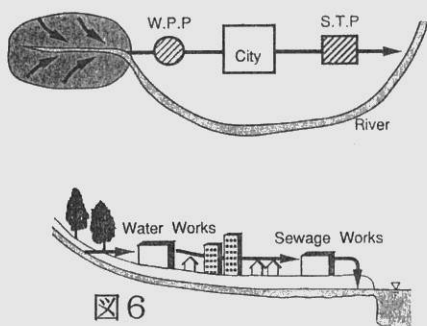


図6

っていいますと、皆さんはもう、ご専門家です。それから釈迦に説法以下のものですが、さきほど十日に一遍まわっている水のところに飲み口をつけて、スツと取ってスツと捨てるだけのものが上下水道だというふうに考えていただければ

よろしいわけで、大したことをしているわけではないんです。

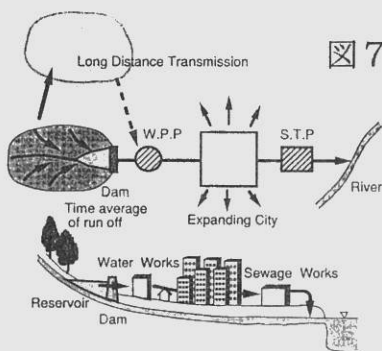
人口が増えてまいりますと、一本の川で水をとっているのが、だんだん難しくなってくる。先

ほど申し上げましたように、水は十日に一遍まわっている高速循環資源であるが故に、太陽がちょっと臍を曲げると、渇水になります。太陽がちょっとおかしいことをやると、大洪水になります。

これは、非常に速くまわっている資源だから起る現象で、木の大洪水だとか大渇水、そんなのはあり得ないのです。これは時定数（現象が進行する速さを示す定数）の小さい現象がもっている特徴なんです。

したがって、最初にやることは何かといったら、

図7



ダムを作って時定数を長くするとか、地下水を使うということを最初にやるわけです。地下水がいいということを本に書いている人がいまして、また、それがいいってそれを買う人もいるんですが、使える量が一桁以下ですから、地下水に頼れるくらいなら誰も苦労しません。

これは、地下水に頼れなくなったから地表水を使うシステムをヨーロッパが創りだしたんで、ヨーロッパの水道では地下水を中心に使っていますよっていいですけども、使えるところは使っているんであって、そうでない方がはるかに多いのです。

ですから、ちょっと物をみて——相当みた人なんですけれども——もっともらしくいわれるのが一番困るのです。トータルで計算するとすぐわかります。ダムを使って時間平均をいたします。だいたいこの流域で使える水の量が二、三倍増えます。そうすると収容できる人口も二、三倍増えるということになります。それで足りなければ次にやるのは、隣のすいている流域から水をもらってくる。長距離導水で流域変更をやりま。

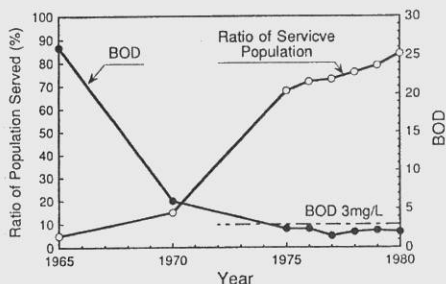
これで隣が一杯になったら、このシステムはもう

終わりなんです。それで、今、近代水道は終わっているんです。東京は富士川にも手をだせません。それから阿武隈川にも手をだせません。信濃川にも手をだせません。東京の近代水道による発展は、もう殆ど終わったんです。終わったら何をしたらいいかっていうのは、この近代システムを抜けることを考えないといけないので、いわゆる便法的なことばかりやっているといえらいいことになる、ということですよ。

それから、下水の方でまいります。図8は札幌市の下水道局が書いた図なんです。千九百六十五年頃、札幌の真ん中を流れる豊平川のBODは二十五PPMくらいでした。

千九百七十年にオリンピックをやるうっていうんで、たくさんお金をいただいて、パイプの方ですが、都市内の下水の普及率をあげました。今は完全にできていますけれども、処理場はこのところに、一箇所しかできていません。これは都心部を遮集でもって抜けて違う流域へ落としましたら、本流のBODがポーンと落ちました。

これに先立つ千九百六十年代、札幌市の上流にあ



Annual Trends in Water Quality (BOD) of Toyohira River by Development of the Sewage System

図 8

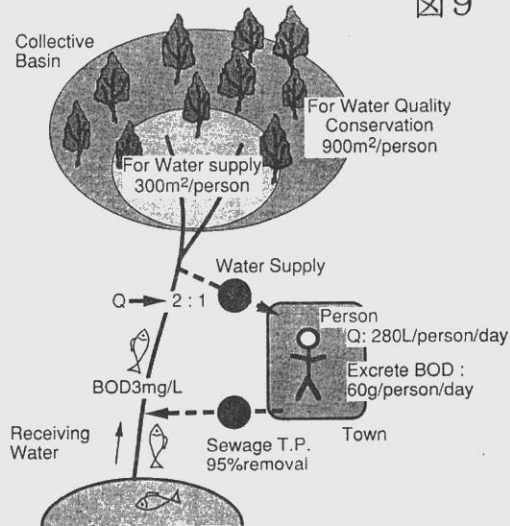
ったサケ・マス孵化場が廃止になります。私ども小学生の頃、サケ・マスの孵化場へ見にいきました、春になるとお腹に卵——イクラ——をつけて小っちゃなやつがピョンピョコ泳いでいるのを見て感激したものです。で、それがアツという間に消滅してしまいました。つまり、川が汚濁しちゃったんです。そして、千九百七十年代に下水ができる、又、サケが帰ってまいりました。帰りはじめたら毎年千匹

から千数百匹のオーダーで帰ってくるようになります。

ところが残念ながら、豊平川は兩岸完全に石畳です、帰ってきてても卵が産めません。孵化場も廃止されてしまいました。だから、どこかで何かやっているんだと思いますが、サケ・マスのミュージアムができて、そこで孵化場の小型みたいなことをやって、子供が春になると何千匹か放しておきます。今、BOD三以下の本流となります。これは、下水で汚水をカットしたからこうなりました。もちろん処理場も作っています。これが我々の今得られる、近代上下水道の恵みの限界のところでございます。

それでは、近代の上下水道というのは、流域の中でどこまで成立するのかの議論になります。元京都大学の末石（富太郎）さんなどと、環境容量の研究をやっている頃に書いたものです。水道協会誌の五十一号の、私の論文にております。爾来、二十一年ちょっと、二十五年くらいたっているでしょうか、私の基本的な発想は、まったく変わっておりません。今日、申し上げたことも、このときに書いたもの

図 9



でございます。誰もやってくれませんので、水処理の評価に関することを、私の研究室で二十五年間やってきました。この研究の部品を全部作ってまいりました。

総長にならなければ、もう本がでているはずなんです。研究の仕上げる部分を他人にまかせなければならなくて、まだ、できあがっておりません。し

かし、私の後継ぎの渡辺教授が、今年科学技術庁から五年間七億円の予算をいただきまして、このシステム変換の仕上げるのを始めました。ようやく、二十五年目に認めてもらったといえますか、大きな応援をもらえるようになった仕事でございます。

これは、一人の人が都市民になったら、上下水道はどういう影響を受けるだろうかというところを書いた絵なんです。

この絵（図9）を昭和五十一年頃書いたら、それを使った人がたくさんいるんですけど、中にひどい間違った使い方をしてくれている人がおります。それは、一平方キロメートルに三千人を超えたら、水システムは難しくなりますよ、といったような使い方です。これは、一人がどれだけ要るかという話と、一平方キロメートルに何人、人が入れるかという話は、同じように見えて思想がまったく違います。一人の人間がいくらの水を使うかということは、自分のシステムを自分のサイズからデザインすることです。

一平方キロメートルに何人居ることができるといえるのは、現在の水道というものの存在を前提にし

て、そこにどれだけの收容能力があるかという話です。システム転換の発想が頭の中になったくありません。だから、一平方キロメートル当たりではなくて、原単位をベースに議論をして資源とつなぐということが、我々の基本的な発想だろうと思います。

したがって私は——名前はちょっと忘れましたが、かなりちゃんとした人なんですけれども、その人が書いた本を読んでみて、あー、この人はわかっているなあ、やっぱり近代システムどっぶりの概念を超えられない人だな、と思いました。

“一人が”ということが大事なんです。“一人が”というように、日本中の水道の使用量を日本中で水道を使っている人で割りました。東京はもっと使っておりますが、一人がということに産業用水や工業用水が入ってきますが、これを別にすると、大体一日に二百から三百リッターという風に考えます。

そうすると、そこそこにダムを作って、タイムアベレージングをやります。まあ、濁水流量と平水流量の比を一对二か一对二・五くらいまで近づけたとしますと、一人当たり三百平方メートル（百坪）の

上流水域がないと、飲用可能な水道水が得られないということになるわけです。東京の上流側で群馬県からクルッとまわったら、この数字を満たすためにどこまで取水点を下げたらいいかということがすぐわかると思います。そうすると、どんな水質の水を取らなければならないかということも、当然すぐわかるわけです。

そういう簡単なことすら、あまりしていないんだらうと私は思います。ですから、取水権があるかないかという話をするときに、それはどこからくるんだということを考えたら、入ってくる場所が群馬の山だけで済むか、川口市の下流までかが判ってくるはず。たとえば横浜の例で、道志川の流域だけで済むのか、途中の相模湖で済むのか、相模川の下流の馬入川まで取らないといけないのか、また上に戻っていくのかです。最終には、相模川全流域の下流の水質が、横浜水道の水質になるわけです。

そうすると、これでは、量が欲しいために質に関するものを全部外に出してしまうことになります。近代水道の質の極限を横浜は負っているということになります。

そこへ下水を落とすんですから大変です。うまいことに、日本の川は長さが短いですから、下水を流域下水道などで海に落とします。もしくは海の近くに落とします。落としたあたりでは、口ぬぐっておりますと、その前の川はそんなに汚れていないことになります。つまり、流域下水道を作った故に、日本は川の上流の水を全部、水を使う側つまり用水側で使いきってしまうということができたのです。

これは、中西準子さんが批判している広域下水道は質の面から云ったら用水側にコントリビューションしたんですよ、量の面からは駄目なんです。広域下水道をもし割って区間区間の下水道にしたら、それぞれのものが上中下流とずっと入ってきます。下流はもうたまらないことになります。たまらないことになったらどうするかという処方箋はありません。ないのにそんなことをやら大変なことになります。

マイクロポリーションの激化で近代水道を使い続けると、大変に難しいことになることを考えなければ、区間区間の上下水系の独立は困難な時代になっていると思います。

用水側は上流域に三百平方メートルあれば成立できますが、廃水側はどうなるでしょうか。人は一日六十グラムのBODを吐き出しています。十五グラムがし尿、四十五グラムが糞ということになります。またともに川に捨てれば、薄め水が四千五百リッターくらいないと残念ながら下流のBODは三PPMにならない。環境の流域基準のB類型がそこその川というのだとしたら、普通の川でうすめることが技術にならないことは自明です。

そこで、放流前に処理をするために、下水処理場で活性汚泥法や生物処理を使います。水質基準の一番粗いインデックスが酸素不足でございまして、ご存じのように空中に二十一パーセントもあるような酸素が、水の中ではたった百万分の十しか溶けられない。極めて難溶性のガスであるということが、悲劇の始まりでございます。しかも酸素がなくなってしまったら、水界は完全に死の世界になってしまいます。

それを何とかしようと考えるときの最初の一歩はインデックスがBODです。その酸素収支を研究したストリーター・フェルプスが、河川管理といい

ますか、酸素管理の話をだしました。ところがそれからほぼ数十年、七、八十年もたっているのに、下水道は今までほとんどこの一番粗いインデックスで処理しており、その問題をようやく今、クリヤーできつつあるわけです。

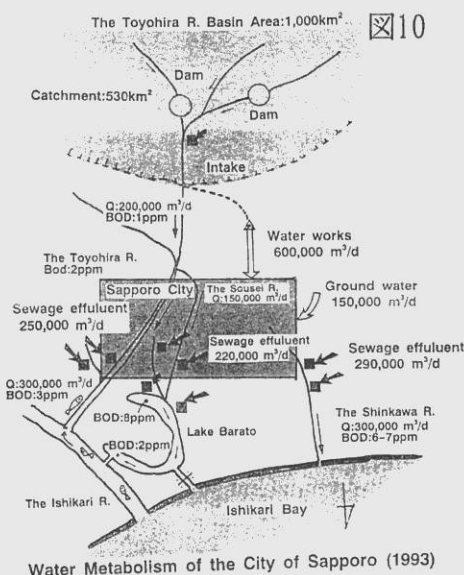
BODの大体九十五パーセントを処理しますと、二百PPMぐらいのものが、大体十PPMから五PPM程度の低い値になります。

ところが下水道の放流基準はいまだに二十PPMで、これはもう下水道の都合の基準でございまして、河川とのバランスの問題でも何でもありません。これは二十PPMだったらいという話ではまったくないのです。どこまで落とせるかというのが技術のカギなんです。

したがって、濾過くらいするのは当たり前でして、それを高度処理なんていうのは、いかにいままでひどいことをやっていたかということの証明です。せっかく活性汚泥に食べさせたものを、沈殿不良でまた川に捨てていた。それは取ってしまわなければいけない。そうやっても、猶、下水処理水だけでは川の水質が充分でなく、この数字のバランスをとるた

めには、川に薄め水が残っていなければいけない。つまり水を「一」都会に入れたら「二」だけ流域に河川保全水がなければ、下流はBODが三PPMにならないのが普通です。川に残す水をもっと少なくして、都市が使い分を増やしたければ、高度処理というのは、絶対必須だということになります。ところが、高度処理をBODやCODで評価する人がまだたくさんいるわけです。

BOD・CODというのは、酸素消費を考えるための一番粗いインデックスですから、そのつぎのステップに踏み込むときには違う指標がいります。昔の、たとえば明治維新になっても、まだ何両、何分といっているようなものでございまして、違ったインデックスを使わなければいけないのに、いまだに高度処理をBODやCODで議論している。CODというのはBODよりも多少安定なものまでも示しますけれども、それも過マンガン酸カリウムCODで議論したりしています。これは日本の極端な便宜性というよりはおざなりですね。BODが何を計っているかということは、よくわかっていることです。BOD試験で下水処理場を出ていくときにBOD十



P・MとCOD+P・Mが大体同じくらいの数字をだすから、CODを短期の指標にして、下水処理場の出口で使う分にはいい。ところが、それ以外に使うとするとBODとCODはものすごく離れて、BOD、COD+P・Mなんていう水はさらにあるわけです。

そういうことを頭の中に置かないで広汎にBOD・CODを使うとまずいことになります。これは下

水処理場のデイリーなコントロールのために、BODは五日かかるが、CODならすぐにできるからという意味では、放流水については非常に近い数字を出しますから、私は悪くはないと思います。だから、使う場所を間違えて、それを基準のなんかに入れると、これは大変なことになるわけです。

札幌は、いまの話でいったらどうなるか。非常に辛いことに札幌には五百平方キロメートルの集水域があって、ダムを二つ作ってそこその流出の平均化をしております。そうすると、先程の計算でいきますと、札幌は雪が降りますから、冬の間のダム効果があつたりして、他のところより条件がいいんで、日本の平均よりちょっと緩いんですけれども、一人当たり三百平方メートルで五百三十平方キロメートルを割りますと、百七十万人くらいまでは、この流域で間に合う。雪の降った分だけでもうちょっといきますから、二百万人近くいくだろうと私は思っております。

ですから、大体一日に七十万トンくらい水道が使って地下水が十一万トンなんていう数字がでておりますが、毎日、両方で八十万トンくらい、札幌は今、

水を使っております。

ところが、先程の話でいきまゝ下水を吐くには、三倍の流域がないと駄目なんですね。全流域が一千万平方キロメートルですから、一本の豊平川では先の図に示したような下流の水質を、BOD三PPMの類型Bに保ち、サケを呼び戻すことは不可能です。

ところが、下流には三本の派川があります。三つの川に分けると、ここ新川は完全に下水処理放流水のレベルでございます。下水処理場が二つ、三十万トンも落としています。BODが六から七PPM、まあ、かなりよく処理しているなあという感じですよ。それから、この真ん中の創成川、これ一番古い処理場ですが、ここにもやっぱり二つで三十万トン弱落ちています。

川に入ってくるときは七から八PPM、このごろちょっとよくなりました。六PPMくらいになっております。ところが、荻戸湖で約九十日間の滞留時間を持っており、石狩川に流出するときは二PPMになります。荻戸湖はラグーンでございます、自然浄化が行われます。自然浄化が起こること、これは、当然生物の生長がありますから、バクテリアも

出、藻類も発生いたします。夏はあおこで、この辺を走りますとサーッと藻類のにおいがいたします。したがって、これは石狩川や日本海には負荷をださないけれども、湖そのものとしては、いろんな議論がある湖です。

ところが豊平川本流は、流域の水が全部流れてきていて、下水は二十五万トン、約三十万トンしか落ちませんから、このBODは二とか三PPMでございます。この部分のみに関して云えば、都市内を経由する水と河道の水の流量比一対二が充分に保たれます。そうするとサケはゆうゆうと石狩本流を上がって豊平川本流を経由し、市内にあるサケ博物館までやってまいります。

つまり札幌は、たまたま下流に三つの河川を持っています、そのうち二つを下水放流河川にして、一つを生態系を保てるメインチャンネルにして保護されているわけです。しかも札幌の真ん中の創成川經由の下水は、生態的なエンバイロメンタル・レイクを持っていたために、下流の石狩川には負荷を出さなかった。これは、非常に理想的な状況でございます。

て、新川だけが世の常にある汚い川ということになるわけです。この辺、人口は少ないんですが、夏はこの下流は海水浴場になりますので、塩素を非常に大量にたたき込んで、何とか安全をキープしているという大変厳しいことをやっております。

これをご覧いただきますと、札幌はもうこのつぎがないということがすぐおわかりになると思いますが、札幌の水環境は、近代上下水道に依存する限り、満杯になりました。したがって、札幌は今、石狩川の別な支流から流域変更で水を持ってまいります。水を持ってまいりますと何が起るかというと、廃

水となった後、まさか元へ返すわけにはいきませんから、豊平系に落ちます。そうすると、用水は供給されますが、「一」用水を供給すれば「二」排水の負荷を上げたと同じことになるわけです。つまり、用水を流域外から持ってくるということは、排水を受け入れた流域の負荷は三倍に上がったということになりますから、それをどうするかという話を始めねばなりません。高度処理をやるという話にはなっていますけれども、まだ、十分なデザインがありません。

ここに札幌の将来の大変大きな水問題が出てくるはずですよ。

これは、なぜなぜ問答ではございません。二十ℓ／人・日で十万円／t、マイクログラムもしくはナノグラム／ℓのレベルで水質をコントロールする飲み水。その他の水は三百ℓ／人・日で二百円／t、ミリグラム／ℓでのコントロール。今要求されているのは、二百円／tの水にナノグラムのコントロールをせい、といってるんですね。できるはずがありません。

図11

¥200/m<sup>3</sup>

¥100,000/m<sup>3</sup>

300 ℓ / p / d

20 ℓ / p / d

mg / ℓ

μg / ℓ

そこで、このお値段をちょっと上げて、このコントロールをして、ということとはどうか、そして、この水が今の水道のパイプで供給できるか、という問題があります。現在レベルの水道管では、ナノグラムレベルの質管理を要求する移送系としては不十分です。このレベルは供給しきれません。それから、下水の方は

図12

| Chemical Nature  | Size        | Organics             |                                             | Inorganics                                       |                                           |        | Cut off Level |
|------------------|-------------|----------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------|---------------|
|                  |             | Bio-degradable (BOD) | Bio-non degradable (COD-BOD)                | Organo-complex                                   | Precipitable                              | Stable |               |
| Suspended Matter | $10^{-3}$ m | Organo-soil          |                                             | Aero-Biological Process                          |                                           | Silt   | MF            |
|                  | $10^{-4}$ m |                      |                                             |                                                  |                                           |        |               |
| Colloidal Matter | $10^{-5}$ m | Bacteria             | Humics                                      | Chemical Coagulation                             |                                           | Clay   | UF            |
|                  | $10^{-6}$ m | Virus                | Protein                                     |                                                  |                                           |        |               |
| Soluble Matter   | $10^{-7}$ m | Poly Sacc.           | Carbon Adsorption                           | Precipitation                                    | Non Exchange                              |        | RO            |
|                  | $10^{-8}$ m | Organic acid         | Fulvics<br>Taste and odor<br>DDT, BHC, etc. |                                                  |                                           |        |               |
|                  | A           |                      |                                             | $\text{Ca}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Co}^{2+}$ | $\text{Na}^+, \text{Cl}^-, \text{NO}_3^-$ |        |               |

どうなるかといったら、いろんなことが起こるんですが、ミリグラム／ℓのレベルの語すらまだクリヤーしてないんですから、再利用といって混ぜたら何が起こるだろうか、これはいろんなことが起こっ

てまいります。

今、我々が制御しなければならぬ水には、無機物と生物分解性有機物、生物難分解性有機物に大別される二グループがあります。生物難分解性有機物の量的な主体は、ほとんどがフミン質でございます。フミンと無機物がくっついたり、フミンと非常に小さなDDT、BHCといったようなものとくっついていような有機コンプレックス、有機金属コンプレックス、というのが有機物と無機物の間の、この辺にまいります。フミンが主要物質です。

それから、その横の四列目に凝析することが可能な鉄とかマンガン、カルシウムといったものがここにまいります。そして、煮ても焼いても喰えない砒素、硝酸もそれに近いんですが、第五列目の一番下の行にきます。これがここにきて、でもNO<sub>3</sub>はなんとか我慢できるにしても、NO<sub>x</sub>は我々が将来、リサイクルのグレードを上げていったら、どうしてもこれはコントロールしなくてははいけません。これは、将来、おそらく最大の敵になるだろうと思います。

こういうようないろいろなものの中で、今どうい

うことをやっているかを考えます。下水処理場でちゃんと分解できるのは一列目の二、三行目の要素だけなんです。溶解性の生物分解性物質で有機酸や低分子の糖類だけです。高分子の糖類は生物体に吸着いたします。バイオソープションです。大きい懸濁質はバイオフロッキュレーションです。そして、第一行と一列だけは取れます。これは浄水場で緩速砂濾過をやっても、下水処理場でも取れます。したがって、もし、下水処理場でキチッと濾過をやれば、ここまでは取れる。ところが、第二行に属する低分子のコロイドのさまざまが下水処理では抜けません。これは、凝集剤を入れますと凝集でもって、第二行まで取れます。

残った有機物を在来の方法で除こうとすると、活性炭吸着しかありません。ところが、活性炭吸着プロセスはあとからお話しますように、大変に性質が悪くて、これは時間がたつとともに、どんどん装置が劣化してきます。そして、再生してまた劣化するという、コンスタントなレベルを保つことが非常に難しいプロセスです。積分型のシステムであるが故に不時の汚染流出に対しては強いですが、高

いレベルを維持し続けることが非常に難しいシステムです。

しかも、そこで吸着される有機物の大半は、殆ど環境で悪いことをしない低分子側のフミン質であるフルボ酸類でございます。したがって、あんまり悪いことをしないものが主に取られて、悪いことをする農薬のようなものは、アディショナルにしか取れないという、活性炭吸着の弱みがあります。しかし、今のところは、これともう一つしか方法がありません。

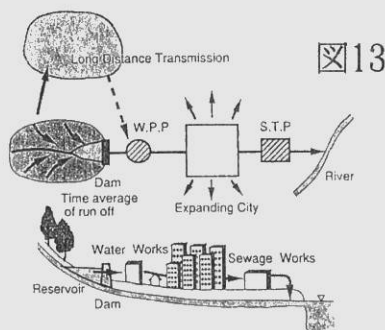
#### 〔質と量を使い分ける新水代謝システム〕

ここで、質をどう使い分けるかという話に順次移りたいと思います。

図13は質も何も使い分けられない原型の水道です。今のシステムを変えないでたくさん水を使いたい。日本は広域下水道を作ることによって、川を下では枯れ川に近くなりますが、上質水を取り尽くすことができるこの形をとっていることが多くあります。つまり、上流からきた水は都市が全部用水でいただいでしまう。そして下流に捨ててしまう。そうすると、

中流部は全部枯れ川になります。維持用水なんていつて、一ト/秒レベルのなさけない水を流している川がいっぱいあります。それをゆるめようと思ったら下水処理をして、これも、そこの川でやっているような下水

処理だけでなく、ちゃんとした高度処理をやって、上水の取水口の直下流まで上げて流せばいいだろうと思います。ようやくこのごろ建設省は、こういうことを考え始めたようですね。二十年程前に、農水省の方に、一番楽なのは農水省の灌概用水ですよ、使った水を三十キロくらいの上流へポンプで押し戻したら肥料も逃げないし、なんていったら、そんなに汚れた水は農家では使わない、なんておこられましたけれども。でも、そんなことを云っていると大

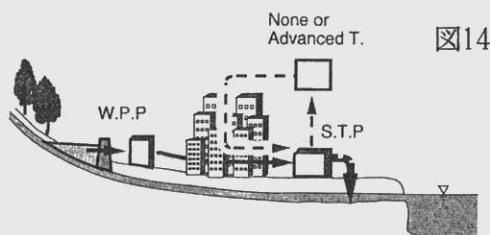


変でございまして、水の再利用を最初にやるのは、水田の用水だろうと私は思います。

けれどもそれが、農業の構造改善ということでは、どんどんどんどん下へ捨てるような、地下排水のフローステムを作っております。これは地域水シテムの、最大の敵だろうと思っておりますが、こういう風にします。これも、ダムを作ると生態が切れますから、たとえば淀川のような川だったら、これをきれいなスクエアなチャンネルにして、水を左岸から取って、汚水を、再生水を右岸に吐くと、その中間に水道（みずみち）ができてまして、魚はそれを通していく。いい水は七、八割方左岸へ入る。右岸には再生水が流れていく。要するに川を——これは京都大学の南部（祥一）さんの学位論文で——放流口からどういう風に流れていくかということを、淀川で計算していますが、この応用をうまく使うと、ダムを作らなくても、淀川でもどこでもできる話だと思えます。で、これもなかなかお願いしても、ここからここまでもっていく水は、建設省が出すのか水道局が出すのかなんて話でなかなかやってくれません。

一番気のきかない、しかし一番簡単にできる方法でやったのが中水道と云われる方法です。東京の場合はアドバンスト・トリートメントは殆どしない。ま、濾過くらいしかしないで、新宿副都心に水をまわしております。これは、使える水は全水量のたった十パーセントくらいです。しかも、このシステムは川とつながっておりますから、川に大洪水で水が流れていようといまいと、常に下水処理水をもう一回アドバンスト・トリートメントして廻すという、非常に硬直化したシステムでございます。縦割り社会を色濃く残している典型的なシステムだろうと思えます。

したがって、今のような型の中水道というのは、



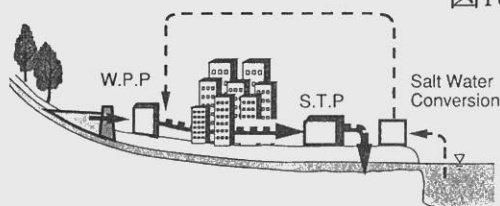
以後あまり使わないことを考えることから始める必要があるだろうと思えます。一番まずい二元化システムです。

結局は中水道で使えるのは、ウォータークローズトイレット、スプリンクラー、道路清掃用水などで、どんなにしても二十パーセントくらいしか再生利用できません。しかし、技術的には六十パーセントくらいのリカバリーというのは簡単でございます。八十までいくとこれはかなりキツイですけれども、六十くらいのリカバリーをやりますと、まあ日本の水問題は殆ど解決するだろうと思えます。

で、そこで一番短気な人が、よく考えないで、それこそ縦割りのもっと小さいちやい縦割りで考えると、海水の淡水化でよろしいという話がでてまいります。

千九百六十年頃に塩水淡水化局（OSC）というのがアメリカ内務省の中にできまして、NASAのつぎに大きな予算を持っております。今の海水淡水化の逆浸透なんていう技術は、私の留学しておりますフロリダ大学で、千九百五十七年に報告され

図15



プレムはなくなるんだと思ったようです。ところが今考えてみたら、それは十日に一遍太陽エネルギーでまわっている水を、石油エネルギー、原子力エネルギーで、力ずくで一日に一遍まわすシステムに単に変えただけにすぎない。旧い上下水道のシステムがそっくり残っているわけです。私は、地球環境の時代にやっではないけないシステムだとずーっと思っ

た仕事なんです。それはOSCが何か海水を淡水化するアイデアはないかと募集したんです。そのときに応募して、こんな小ちゃな仕掛けでチッタチッタとやっております。それが今、海水淡水化の主力になったわけです。で、当時は海水淡水化こそが、淡水の問題を解決すると、フレッシュウォータープロ

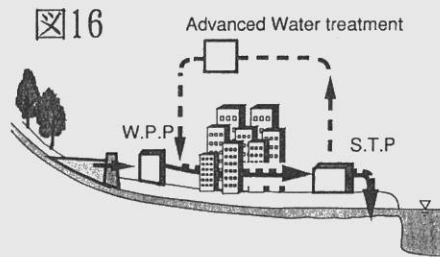
ております。私は、千九百七十年くらいからずーと云いつづけているんです。この間でたローマクラブの一番新しいレポートで、第一次地球（世界）革命とかいうグリーンの表紙の本がでておりますが、それを読みましたら、おなじことが書いてあります。というのは、かつて海水淡水化がフレッシュウォーターの問題をとぐカギであると考えたけれども、今や、エネルギーの問題、地球温暖化の問題等にあつて、この話はなくなつたと書いております。つまり、海水淡水化という話はなくなつた話なんです。もしやるとしたら、海水淡水化で使えるのは、先程いいましたエントロピーを中間で使っていく段階でこの技術をはさんだら、うまく入力したKWHが多段に使い継がれていくというときに限り、私は使える技術だと思います。

たとえば、砂漠の中で鹹水を太陽熱で蒸留すると、大体サハラで一ヘクタールの太陽熱蒸留装置を作ると、一ヘクタールのオリーブ畑ができる。つまり、砂漠の半分を海水淡水化装置にする気があったら、同じ面積のオリーブ畑が半分できるという。その程度のものだという風にご理解いただけたらいいと思

います。

下水を高度処理して水道管に入れると、水量的には常に大丈夫です。アメリカ、ニューメキシコで、渇水のときに二十パーセントくらい入れた例もいくつかありますし、それからウインドホック、南アの北にあるナミビアの首都ウィンドホックが、下水を高度処理して水道に入れておりました。もう二十年くらい入

れておりましたが、今はやめています。それから、もっと手近なところでいえば、大阪の水道は、京都の下水の混じった淀川の水を使っていらっしゃいます。最大のとき十五パーセントから二十パーセント混入しているわけですから、これは珍しいことではないわけです。大河川に開口しているヨーロッパの水道はみんな入っているということが出来ます。



二十世紀の後半に、我々は非常に新しい技術で得た化学薬品の合成、農薬、プラスチック等を得たことの対価として水の中に我々が扱えないエコロジカルシステムでは対応できないものを流し込んでしまった。これは水システムの最後の敵だと思えますけれども、それが排水を再利用するとここに入ってくる。

それに対して上下水道システムは明確に対応し切れない。飲用水の水質基準のレベルをどんどん上げていくと、水道が基準を上げたら環境庁は自然域ではその十倍はよろしいというような、大変に意識のない水環境基準を作るわけです。環境庁には、それをコントロールする思想もなにもないんです。これはアメリカも同じでございます。川の中のそういうものを、どのレベルでコントロールするかという思想もデータもありません。まして、下水はそれはいくら入れたらどうなるかという話もなくて、かつてはそういうものが何パーセントまざっていても活性汚泥は働く、というような情けない研究が、下水と工業廃水の共同処理の研究で少なからずございました。そういう中で我々は、今、次を模索している

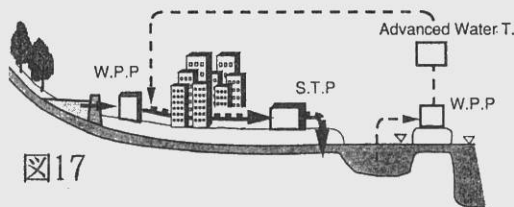


図17

わけです。

それくらいだったら、もう少し賢いのは、下流からの取水と混ぜて使う、淀川方式の発展です。川に水がたくさん流れているときには、良い水質が得られる。これはヨーロッパの河川とまったく同じだという風に考えていただければよろしいわけです。

たとえば、長良川の河口堰があんなひどい批判を受けているのは、こういう発想で地域の水利利用をデザインした上で、河口堰が要するというふうに考えてい

けば、今のような難しいことにはならなかった。もし、河道外に貯水池を作ったらこんなことはなかった。将来日本の多くの流域で、おそらくオフリバードムを作らざるを得ないだろうと、私は思っております。

そのとき、どういうシステムを地域ネットワーク

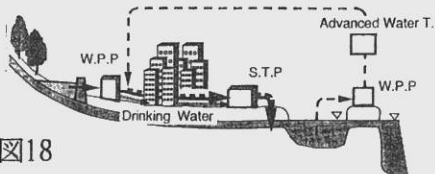


図18

として作るかということを考えないと、今の上水道と下水道を温存したままでリバーマウスダムを作れば、反対されるにきまっている

のでございまして、そのつぎのシステムを我々は考えなければいけない。

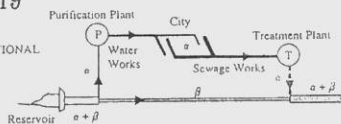
これこそ本命なんです。再生排水を導入する現在の下水道を一般水道にして、飲用を除く現在の水の全供給の八割か九割をもたせてやる。つまり、今の水道は、そっくりそのまま一般水道として役割を果たします。

加えて非常にきれいな原水だけを都市のドリンキングウォーター用に取水し供給します。これは飲用水道を別に入る二元化の方法です。

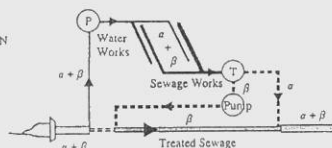
したがって、今ある施設は全部下水再生系を含んで働きます。そうしますと、濁水のおそれはありません。上質の水に飲用系の新水道を作り、二元化することを考えます。たとえば、琵琶湖の北湖だけ

図19

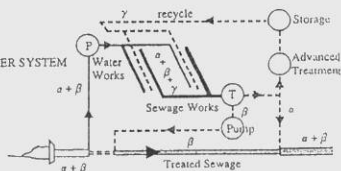
TYPE A1  
CONVENTIONAL



TYPE A2  
TRANSITION



TYPE B  
DUAL-WATER SYSTEM



ONE PASS AND RECYCLED WATER SYSTEM

の水で、おそらく近畿の飲用系は全部まかなえると思いますし、東京は利根川のダム群の一番上のダム群だけでまかなえると思いますし、もしかしたら、小河内だけでまかなえるかも知れません。そういう風にして今のシステムを活用しながら、ダムを作らないでパイプをだんだんに敷設していくことで、質と量を共に満たし、つぎの世紀は、これで多分都市の水問題というのは終わるだろうと思っております。しかし、ここまでやっていくかという話が見えてないんで、こんなことができるかっていう話

がでてくるわけです。

図19はもう二十年前くらい前に第一回の水資源のシンポジュームのときに出した論文です。今の札幌の水道の構造(A1)、下水処理水の一部を上流まで上げていって取水口の直下に落として、河川維持用水を下水処理水でまかなって、水道が水を全部取るというやり方(A2)と、二元水道で下水の再生水を入れる中水道型のシステム(B)です。

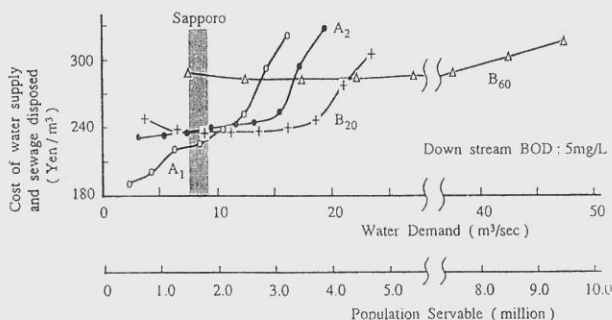
これをやりますと、今札幌の人口は百八十万くらいのところにおりまして、その頃と物価スライドして値段を変えておりますけれども、基本的な金が、今、大体百八十円、二百円、二百二十円ということころくらいまできているのかなあと、そしてこのまいくとググググと上がる。これはダムを作らないと駄目ですから、いま人口が百八十万くらいですから、二百五十万人くらい、三百万人になったら今のA1構造では水がなくなりますから、どうにもなりませんよ、ダムを作りまくっても駄目ですよ、ということですよ。

ところが、二十パーセント再生のシステムA2を作ったら、人口が三百万人までは大体現在の値段の

水準でいきますよ、というような、ま、いいあんな計算をしたものです。

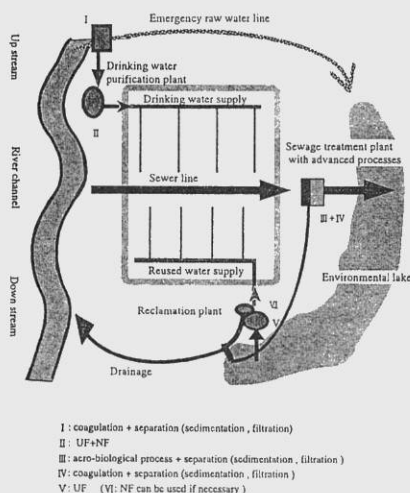
じゃあ、そのつぎどうなるだろうか、という話を考えます。これも昭和五十一年の水道協会誌に基本的なものを全部書いてありますし、そのときに書いて

図20



COST OF WATER AND POPULATION SERVABLE

図21



た事柄も、こまかくは今日説明できないくらい詳細に書いてあります。川から水を取りますよ、取って使いますよ、使った水は落としますよ、落とした水はエンバイロメンタル・レイクという名の池に溜めますと。

溜めておけば、これは自分の都市の周辺にありまして、ここをレクリエーションに使ったり、いろいろするわけですから、都市民が見ますから、いつでもこの水はどんな水かということを、モニターしております。さらには、これは積分型の水利用系とい

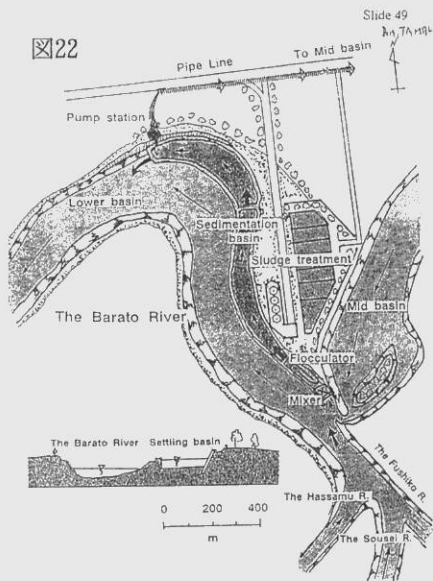
うべき池ですから、沈殿物を採ってきて分析すれば、表流水を分析しなくても、さまざまなことが、相当ラフな分析でもわかります。

いろんな意味でモニタリング・レイクを持っているということがいい。

さらには、こういう多元化したときに一番弱いのは、特に中水道なんかで一番弱いのは、キャパシタンスを持っていないために、供給側と需要側のバランスが日夜で振れますし、ウイークリーで振れます。そこで、ちゃんと供給側と需要側の時間変動の差(遅れ)に対処するバッファリング・キャパシティーを持っていないといけない。それから、排水が付加してくるブラインを捨てなければいけない。

リユースド・システムがここに来なければいけません。これは極限の二元化でございます。いっぱい細工が必要だろうと思います。これは水環境圏という名前で、末石(富太郎)さんと私と、亡くなった南部(祥一)さんと三人で環境容量という研究を日本で最初に環境庁に頼まれてやったときに、私が書いたレポートなんです、みんなで最終的にこういうコンセプトでいこうということに決めました。

これは、よく云われる流域圏とは全然違うんです。環境圏、つまり都市が自分で責任を持つ圏をできるだけ小さく限定しようと、それがものすごくコストが上がりすぎてしまつて、どうにもならないことだったら駄目だけれども、あの頃はまだ流域下水道を作つて、捨てるための下水道を必死になつて作っている時代です。ですから今は、こう言うことが熟してまいりましたから。二十年たつて、私どもが云つたことが多分世の中に受け入れられる素地が出来は



じめたのかなあと思われます。

で、札幌の場合でどうしたかというと、この応用問題です。この川から出ていった下水の処理水をこのところで、非常に簡単な矢板か何かを打ちまして川を割って沈殿地を作ります。それで旋盤くずか何かを塩酸か硫酸に溶かした鉄塩で、廃液利用による凝集沈殿をやって、溜まった泥はドレジャーで上げて、ドライングポンドに置いておく。

これがその沈殿池、二段ある沈殿池で滞留時間が約六時間か八時間くらい、もうちょっとありますかな、これ一つずつで

八時間くらいありますしたかね。ですから殆ど落ちまして濾過池はいらないだろう。グルーッと廻ってここへ返ってきて、ここからポンプで送られていくことになり

ます。そして、ここに堤

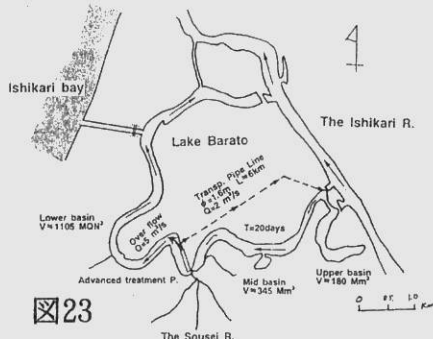


図23

防がありますから、ここに百メートルのスーパードリフトを作れば五百年間汚泥処理に困らないとか。まあ、適当なことをいいながら、いろいろなことをやっています。

そして、半月湖の上・中部湖盆の死水域に流入させます。泥炭地の下流ですから、かつてきれいであったことのない川が、非常に澄んだ貯水になります。若干の色、非常に薄い色は残るかもしれませんが、かつてきれいになったことのない湖が透明になって、しかも、ここへマイクロポリュータンツがあっても、紫外線を一分とか五分とか照射するというような情けない水処理をやらなくても、ここに三十日間おいておけば、太陽の紫外線による分解も進み、微量有機物のフェーディングというのも起こるだろうと思います。

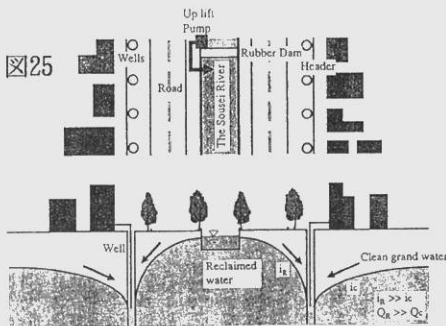


図24

下流の河口部は、ここでちゃんと処理しますから、負荷はでません。つまり、下流に負荷をかけないで水資源をということです。これはリサイクルの方法でして、この程度のエネルギーを使わないリサイクルなら認められるのではないかと、これはダムを使うよりマシではないかと思っております。

それから、隣も窒素もかなりとっておりますから窒素はちよつと残ってますけれども、ここでは富栄養化は起こりません。発生するのはバクテリアによる無機化だけですから、水質はよくなり、その水を創成川を使って都心部へ逆送いたします。

そして、このの両側に井戸群を掘りました、この井戸群で適当に、もしくは札幌市がお金を出して、井戸の水を供給するシステムを作って都

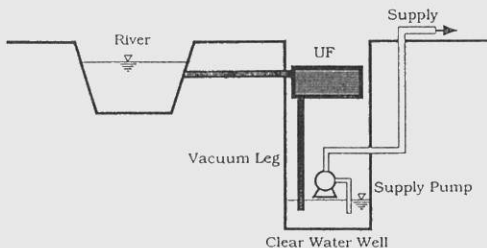


心部へ送れば、十五万トンくらいは都心部に返ってきます。ダム一つ分です。

逆送された再生貯留水が都心へいきますと、創成川から地下浸透で水を井戸列で汲み上げて、都心で直接使います。河道にはラバーダムを作ります。洪水のときは、これを倒してしまえばいい。ここにあるポンプは非常に小さなポンプで、集水された分の水量に相当する分だけ下がった水位を回復するように、上に水を送っていく。

そして、子供たちがここでボート遊びをすればいいな、というような川にしたいと考えています。

ところが、その話をやってから二十年間で、いろんな方面で、膜によるシステムが動きました。マイクロフィルトレーション(MF)、大体コンマーマイクロメートルくらいです、ウルトラフィルター(U



F)、分画分子は十万くらいからもう一桁下がります。多分UFで多くの場合の取水がいけるだろうと思っております。そして水質保証の決め手はナノフィルター(NF)となります。これはもともと海淡水化のリバース・オスモシス(RO)のフィルターからきたんですが、塩の脱塩率を五十パーセントから六十パーセントくらい下げますと、無機塩はあまり減らなくて有機物は大体取れます。

農薬の取れないものも若干あるんですけども、フミン質は殆ど全部取れてしまいます。それから、ポリサッカライドも全部取れてしまいます。アンモニアと窒素だけが抜けます。そういう手のものをもし配列いたしますと、この活性炭吸着のように性能が時間とともに劣化していくことはありません。おそらく将来は活性炭吸着は、窒素を取るようなバイオロジカルなアクションをダブって乗せない限りは、NFで置き換えられるだろうと考えています。

そして、我々が持っている水処理プロセスというのは、ステップ一段で十のマイナス一乗の効率しかありません。濾過も沈殿も一桁しか落とせません。

ところが、膜処理のようなものと、自分の分画寸法よりも一桁大きいものに対しては、十の最低マイナス四乗、いいときには十のマイナス六乗です。桁が五つか六つ上がります。

したがって、膜法を論ずる場合に除去率が問題になるのはNFで、有機物の小さなものについてだけの話になります。溶解性成分で、水と水が大体HとOHの間隔が二・〇六オングストロームあるんですが、原子団の動きをみますと、六オングストロームくらいのサイズを持っているんです。その周辺から十オングストロームくらいのものについて、議論があるだけでございます。したがって、水処理というのは、極めてミクロな現象に行きつきます。

では、これをどうやって我々は都市システムにオーバーレイするんだということを考えないと、これは化学工学になってしまいます。

これは、先程の図21をもう一度見て下さい。将来どうなるだろうかという、いろんな形があると思うんですが、流域で考えるのではなく、都市の勢力圏で考えるのです。その場合には、エンバイロメンタル・レイクがいるんです。東京であれば、宮城のお

濠を、ちょっと足りなければ、そこらの海岸や運河を淡水化し、それをレザーバーにします。

できれば、ゆっくりゆっくり沖に人工築島を出して、河を囲い込んでその中を淡水湖にするようなことをして、そこを循環用に使えばいいと思います。

こういう状況を持っている都市はたくさんあります。柳川は、この代表的なものです。

そうすると、河川からの取水を凝集沈殿、濾過くらいで処理します。凝集沈殿だけでいいかもしれません。そして、必要があればこのレイクの補給水に使いますが、残りはこちへもって行って、これでUFを使つてきれいにし、直接使います。もし、ここに変なものがあれば、NFを使つてきれいにします。

UFまでですと一立法メートルに対して〇・二KWHくらいしかエネルギーを使いません。ところが、海水淡水化は五KWHくらい使います。ですから桁が一つと倍くらい違います。NFを使いますと、まあ、まずい設計をするとか一KWHくらい使います。うまい設計をするとかコンマ八KWHですから、それ

でも活性炭吸着といったようなエネルギー多型の—— 活性炭吸着そのものは使いませんけれども、活性炭を作るのと再生するのにけっこうエネルギーが要ります—— プロセスよりも有利です。

そういうエネルギー多型のシステムを、全面的につけるかどうかという議論もこれからでありまして、高度処理というのを全面的に作る。まして、高度処理した水を川に流すなんてことを計画しては、絶対にいけないのでして、それは自分たちのテリトリーの中でするというようにしないと、金とエネルギーがいくらあつたってたまりません。

で、私の昭和五十一年の水道協会誌の論文での提案は、ソウルの基本水計画に使われております。ハンガン（漢江）の計画はこのタイプでなされております、ハンガンをダムで仕切るということを考えているようです。まだ、実際にはやっていないわけですが。

排水を環境湖に落とします。その陰で燐をコントロールするために生物処理と燐と、できれば脱窒も少ししたいということになります。そのために、今いろいろなことをしますが、私の研究室でやってお

ります脱窒、脱燐とそれからもう少し先までいけるようなシステムが、滞留時間四から五時間でできて、エネルギー消費量も今の下水処理場よりもトータルで少ないものが、もうできるようになりましたので、これも使えるかなあと思っています。

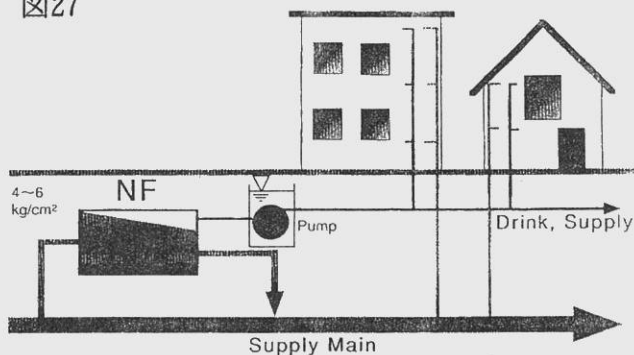
これもいろいろな人たちの援助で一つオプションができました。使う水は環境湖から採ってUFで処理し、駄目だったらNFで塩類処理までやっていくと、この水はもう飲める水です。でも、水道には入れない。そのかわり、一般水道に入れる。本当にいい水だけを飲用系で用いる。系への一次補給水ということになりますか。

したがって、上水、下水を固定しておいて、何ができるかという議論はもうやめないと、非常に大きな空間とエネルギーを損します。ダムも作りまくなければなりません。

したがって、将来こういうものをベースにして何かできるだろうかと、先程申し上げたこの再生水道のかわりに井戸を掘って再生水を揚げるというのも一つのオプションでしょうし、いろいろな方法があります。都市内に水路をいれて、その水路を景観

用で使うと同時に、井戸の供給源に使う。たとえば、多摩川の流域で再生水を流している川。匂いまで文句をいわれておりまして、それは単なる景観用水として流すから、そういうことになるんです。あれを

図27



もっと処理して、あの終りに井戸群を掘って地下水を揚げれば、川も大丈夫、水も大丈夫。大丈夫の手前までできておきながら、それをちょっとけちるために、それは、下水道は処理水を始末するという発想でやっているからそうなるんでして、水のシステムという発想が、これからは必要になるでしょう。

図26に示したように、井戸の代わりにUFを使ってバキュームレックで真空中で引く。バキュームレックの下端をウォーターシールして八メートルくらい立てれば、二十メートルもの揚程の井戸を作るより、膜を使った方がエネルギーが少ないですよ、という絵なんです。いろんなことができます。

それから、先程の水道水のグレードアップをNFでやるというときに、送られてまいります水道水のうち、五パーセントか十パーセントの水量をパイパスをとって、UFを経由して水を浸みださせます。水道管には配水圧が四キログラムくらいかかっていますから、NFというのは何もせずにも浸み出し用の膜をつけておけば、浸み出すわけです。

浸み出した水をポンプで家庭用に供給すればいいわけで、これは家庭用浄水器型の給水端での二元化で

す。要するに、家庭用浄水器は小さくて数が多すぎてコントロールできませんから、児童公園の下ぐらいに置いて百軒か二百軒をまとめ、直径が五十ミリくらいのステンレスパイプか、もっといいパイプを使って、各戸に配管すればいい。もう、ビルとかアパート、大きな高層住宅は、すぐこれができるはずです。

したがって、ここから先には塩素がないわけです。今の水道法でいえば、塩素がない水は供給してはいけないことになっているわけですが、NFを通してステンレスパイプを使っていれば、塩素なんかなくてもいいわけです。

#### 「終わりに」

我々の世界は比較的粗末な技術を使って、いろいろなことを官主導でやってきました。そして、ようやくここまでできました。

これからは、官・学・民ではなくて、民（産）・学・官どっちにしても学はあまり頼りにならないんですけれども、官がうしろへさがってバックアップ

するという時代に、だんだんなると思います。そのときには、こういうシステムも作れます。しかし、今は、規制で作れません。沢山オブションはありますが、残念ながらできません。

いろいろなことを申しましたが、最後に申し上げます、水環境圏というようなものがあって、都市が自分で責任をもてる範囲の中で、用水、排水、景觀等を全部オールオーバーにやれるような、ウォーターオリソリティーをこれからやっていかなければならないんだろうと思います。

これからは、下水文化研究会ではなくて、何といったらいんでしょうかね「人間と水の研究会」なんかができると本当はいいなと思います。この研究会は、そういう研究会だと思っておりますので、どうぞ頑張ってくださいと思います。

どうも今日はありがとうございました。

