

水と私たち

—北海道自然保護読本—



社団法人北海道自然保護協会

水と私たち

—北海道自然保護読本—

社団法人北海道自然保護協会

推薦のことば

空と大地と海をめぐる大きな流れの中で、姿を変え、様々な役割を果たしている“水”――。

あらゆる生命をはぐくみ、四季折々の自然に彩りを添え、私たちの生活や産業振興に欠かせない大切な水も、余りにも身近にありすぎて、その役割や機能などがよく知られていない存在かもしれません。

このような身近なものを見つめなおすことこそ、自然を守り、環境を保全していく出発点です。

この『水と私たち』は、水が演出する自然のしくみや水と暮らしとのかかわりなど水に関する知識を、詳しく、正確に伝えてくれる素晴らしい本です。

この本が多くの方々に愛読され、水の再発見を通して自然や環境への理解を深める契機となりますよう期待いたします。

北海道知事 横路孝弘

目次

はしがき

I 水—自然のしくみ—

- (1) 水がつくった北海道の風景……………八木健三 1
- (2) 知られざる雪の役割……………成瀬廉二 31
- (3) 地球の水の起源……………秋山雅彦 47

II 水と暮らし

- (1) 北海道の歴史に見る川と暮らし……………丹治輝一 65
- (2) 飲む水・すてる水……………神山桂一 89
- (3) 農業用水と環境……………山上重吉 113

(4) 工業用水と環境……………林 善之 131

III 水は友だち

(1) 汚れた水・きれいな水……………鮫島和子 161

(2) 親水空間……………足達富士夫 191

あとがき

はじめに

私たちは水なしでは生きられない。しかし日本では水が得やすいので多くの人は「水と空気はタダ」と、古くから思いこんできた。それは日本がそれだけ自然環境に恵まれていたからである。外国には「水はタダ」とほど遠いところもある。例えば手元の新聞切りぬき帳をみると、「砂漠の多い西アジアの国々にとって、水は文字どおり命の綱である。油は売るほどあるが、飲むわけにはいかない。そこで、油を売ったおカネで水をつくり出そうとのプランが生まれる」として、海水を淡水化する装置の建設を報じている（朝日新聞一九八〇・十一・十四）。

このような国では「水に流す」とか「湯水のように使う」という言葉は通用しないだろう。日本には「水のしたたるような」「水ももらさぬ」「水を向ける」「水をあける」「水くさい」「みずみずしい」など水にちなむ言葉が、たくさん日常生活に定着している。

水は生命の根源であるとともに、私たちの日常生活のいろいろな面に深く関わっている。しかし、そのわりに私たちは、水の存在、水の役割、水の大切さ、などを忘れがちである。そこで、この本は、北海道の水と私たちの生活との関係について、時には日本の、あるいは地球の水も視点に入れながら、より多くの人に考え、知っていただきたい、との願いをこめて、各分野の専門

家が分担執筆し、編集された。

「水は方円の器にしたがう」という言葉がある。水は四角でも円でも、その入れ物の形にしたがって形を変えるので、環境によって左右されやすいことを形容したものであるが、その水がひとたびエネルギーを得ると、山をけずり、平野をひろげて別の景観をつくる。第I章は『自然のしくみ』としての水に視点をおき、『水がつくった北海道の風景』は、地形を形成する主役としての水を語っている。

私たちは、「水」は水が低温になった時の特殊な状態と思うが、アイヌの人々は「水は水が溶けたもの」と考えていたという。いかにも北国らしい発想である。『知られざる雪の役割』では、北国・北海道ならではの氷雪の働きを紹介している。

地球は「水の惑星」といわれる。地球に水がなければ、生命も誕生せず、あらゆる生物も進化しなかったし、現在の環境もなかったに違いない。もし地球が金星ほど太陽に近かったら、海水は沸騰してしまい、火星ほど遠かったら氷の世界に変わってしまうだろうという。『地球上の水の起源』は、地球の水の生い立ちのナゾにせまる最新学説の一部である。

航空機に乗って運よく窓ぎわの席にすわり、地上の風景を眺めることがあると、道路や集落、そして水田などが実にみごとに川にそって発達していることの多いのに気づくだろう。第II章で

は『水と暮らし』の問題をとりあげ、『北海道の歴史にみる川と暮らし』では、北海道の開拓の進展が、いかに川と関係ふかく進められたかを多角的に明らかにしている。

日本では「水はタダ」と最初に書いたが、現代の私たちは、もはや昔のような形でタダの水を使うことはできなくなっている。『飲む水・する水』は、水道の水がどのようにして私たちの手元に到達し、またそれを使った後の水が、どのようにして下水処理されているかを、分かりやすく解説している。

『農用水と環境』では、農業が食料を生産するばかりでなく、北海道の環境や景観にも寄与する一面のあることにふれると同時に、農業がいかに水に依存し、工夫しながら水を使っているかを述べている。

水に依存し、環境にも大きな関係をもっている点では工業の場合も同じである。『工業用水と環境』では、主に工業による環境の汚染の問題を扱っている。

第三章は以上のことがらをふまえ、『水は友たち』との視点から構成されている。『汚れた水・きれいな水』では水の環境基準を考え、さらに私たちが特別な観測機器をもたなくても、川にすむ生物や川のまわりの環境をウォッチングすることによって、川の健康診断ができることを紹介、提唱している。

ちかごろは水辺と生活環境の関係が意識されることが多くなり、親水空間とかウォーター・フロントとかいう言葉をよく耳にするようになった。最後の『親水空間』は、開発の進展とともに失われてきた私たちの生活と水辺環境との係わりを、これからの社会のなかで、どのようにとり戻したらよいかの一面を、考えさせてくれる一文となっている。

この本は以上のような構成となっているが、一人でも多くの方が、「水」のことを、身近に感じ、その役割や大切さを知り、より豊かで美しい北海道の生活環境を守り育てることに、関心をもっていただければ幸いである。

I 水—自然のしくみ—

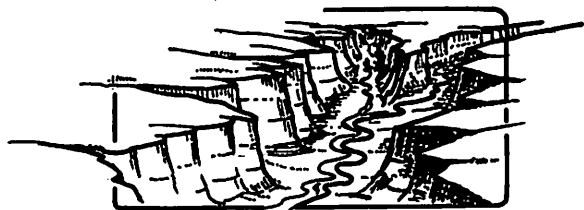
(1) 水がつくった北海道の風景

八 木 健 三

鉄砲水の恐ろしさ

日曜の朝の豪雨 私の家は札幌市街の西南、藻岩山の東南斜面の高台にある。高度は丁度海拔一〇〇呎なので、豊平川をふくむ眺望は素晴しく、もし南極の水が溶け出して、地球上の平地が水びたしになっても水没のおそれはない。

はげしい雨の音に日曜日の朝のまどろみを破られた私は、ガバツととび起きて玄関を開けた。道路一面にあふれた泥水が庭に入りこみ、芝生と菜園を水びたしにして、裏の山鼻川の方に流れてゆく。びっくりして



藻岩スキー場への道を見ると、白い飛沫をあげた濁水が側溝からあふれ、大小の石ころが無数に散ばった道路にひろがり、庭といわず、畑といわず流れこんでいるのだ。

つい半月ほど前、十二号台風にもなう豪雨によって大きな被害をうけ、緊急処置によってようやく片づけてホッと一息ついたばかりの所へ、追い打ちをかけるように、台風十五号にもなう二度目の豪雨。時に一九八一年八月二三日早朝。

その年の春、藻岩下第一〇町内会長を引き受けたばかりの私は、早速各家庭に召集をかけたところ、日曜のため屈強の男性軍が出動してくれたのは有難かった。路上の石を片付け、土囊^{どろ}をつみ上げ泥水をおさえる、側溝の流れをよくする、と作業がはかどった。

ついに床上浸水 さらに裏の山鼻川沿いの道路にいてみると、いつものチヨロチヨロの流れとは打って違って、泥土で茶褐色にそまった濁流が川幅一杯にあふれ、一層もあらうと思われる岩石がガラガラと音を立てながら押し流されてゆく。道路のアスファルトは紙をはがすようにめくられ、路肩はズタズタ

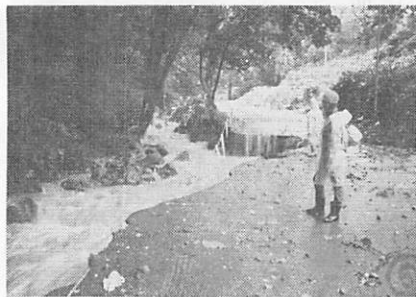


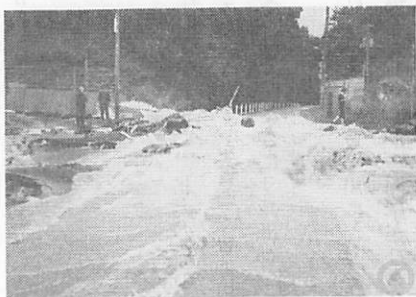
図-1 山鼻川の路肩をくずす濁流

に切られている（図一）。

河川敷に建っていた家は土台の基盤がえぐられ危険に瀕したので、自衛隊の出勤を要請し懸命な土嚢積み作業によって危機を脱した。しかし急流が平坦部にうつりかわる山鼻川の大きな曲り角では、川で運ばれた土砂が山積となり、あふれた河水は石山通りまでの平坦地と道路一面に広がり、ついに何軒かの人家が床上浸水の被害をうけてしまった（図二）。札幌でも地盤の高い藻岩山麓で、床上浸水におそわれるとは誰が予想し得たであろう。

幸いにして、風雨は午前中で収まり、一瞬の悪夢のような水害騒ぎは一応夕方には沈静化した。しかしそのあと町内会長として市長への陳情、市議会への請願等々、復旧のための多忙な日々がつづいた。

災害個所を点検すると、藻岩山東南斜面の藻岩市民スキー場からの出水が、山鼻川とスキー場道路の側溝にあふれ、その兩岸や川底の岩石をえぐり出し、これをガラガラと押し流して、道路を破壊し、石山通り近くの平坦面に堆積させたのである。しかもこの十五号台風の雨は一五〇年



図—2 道路一面にあふれた河水

に一度の豪雨だという。また山鼻川は勾配が1/8、札幌市内の川の中では最も急流だということだ。

豪雨のため、土砂を混じた河川がはげしい勢いで流れ下るのを「鉄砲水」と呼んでいるが、そんなに激しいものとは知らなかった。河川の作用に侵食、運搬、そして堆積の三つがあることは地学の教えるところだが、山鼻川の鉄砲水は、それを教科書のように示してくれた。

なお請願の結果、その後この地区では大規模な河川改修工事が行われ、下水道も新につくられた。これについては後でふれよう。

札幌の基盤―豊平川の扇状地

藻岩山の山頂から札幌市街を見下すと、ひとときわ高いビルの中心街のわきに、北大の緑のキャンパスが目をはき、これらをとるかこむように市街が広がっている。その中心を貫ぬく豊平川は、南方硬石山の肩から姿をあらわし、やがて東北方石狩平野に消えてゆく。まさにサッポロ（乾いた大きな川・あるいは芦原が広大な川の意）だ。

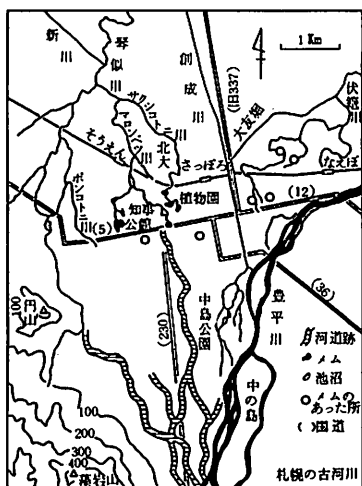
涸れてしまったメモ 小樽内川、白井川、薄別川が定山溪付近で合流して豊平川になり、石山までの間は両側に段丘などをつくって東流し、石山大橋で北に転ずるあたりから両岸がひらけて

I 水—自然のしくみ—

くる。ここでの標高は一〇三㊦位。さらに北流し、五輪大橋付近では七四㊦で、この付近から扇状地が放射状にひろがり、北方のJR札幌駅（標高一五㊦）あたりまで続き、さらに北の平坦地にならなっている。この扇状地の勾配は約1/144である。

扇状地は大小の砂礫の堆積であるため、雨水がよく浸透し、また河川の伏流も多いため、地下水が豊富である。この地下水面が地形面と切り合った所に湧泉がわき出る。このような湧泉をアイヌ語でメムとよんでおり、北海道庁、植物園、知事公館、サッポロビール園など、扇状地の末端に近い所から湧出し、かつては一三カ所を数えたという（図一三）。

その一つは植物園より、伊藤邸、清華亭をへて、北大構内を流れ、サクシコトニ川とよばれ、琴似川に合流する。いまは、源泉が涸れポンプで汲んだ水が、北大の中央ローンを



明治29年版5万分の1地形図「札幌」、
「豊平川治水史」、「札幌市史」地盤高図
「石狩平野」(国土地理院)を参考に作成

図一三 札幌市にあったメムの分布図
「札幌の自然を歩く」(北大図
書刊行会)による

細々と流れているだけで、かつてサケが溯上したとは信じられないほどだ。

このように地下水の汲み上げ、浸透水の減少、さらに排水設備の完備などで地下水位が低下し、ムムがすべて涸れてしまったのは残念である。ただ、地盤が大部分砂礫層からなるために、札幌市内では東京や大阪などのように、大規模な地盤沈下が起っていないのは幸いというべきだ。

扇状地を探ぐる 豊平川の歴史をたどれば、私達が経験した山鼻川の鉄砲水のように、洪水の度に大量の土砂を押し出し流路が高まると、低い方に流路を変える結果、掌のように広がった扇状地が次第につくられていった。その過程ではさまざましい洪水の状況が展開されたことであろう。いま私達が豊かに生活している札幌は、こうしてつくられた豊平川の扇状地に建てられているのだ。

これに反して、豊平川扇状地の北につらなる石狩川流域の平坦部の篠路、東米里から江別にかけては、ヨシの生える湿地で、泥炭層の厚さが数メートルにも及ぶ泥炭地帯のため、排水や地下水汲上げが進むと、地盤沈下がおこってくる。この地域が度々の石狩川や支流の洪水で、冠水被害をうけるのはこのためである。

このような地盤沈下を観測するために、一九八二年北大構内の北隅に「北海道大学地盤沈下観測施設」が設けられた。ここでは一五〇メートルのボーリングが行われ、その中に一一〇メートル

ナー（測壁に孔の空いた鋼鉄のパイプ）が収められ、この深さまでの地下水位の変化と地盤の沈下が、一九八二年以降連続的に測定されてきた。

これによると、上部五〇層位は主に礫層からなり薄い粘土や砂の層をはさみ、豊平川の扇状地堆積物であり、これより下は砂と粘土の層を主とし、泥炭や泥炭質粘土、シルトの層を挟んでいる。上部三〇七層の深さから採集した泥炭のC-14年代は千〇七千年であるが、二〇層以下の地層のC-14年代はこの方法での測定限度を越える三万年以上である。したがって豊平川の扇状地の形成が、三万年以上前から続いていることが明らかになった。このように薄い泥炭層を挟んでいることから、北大構内は豊平川扇状地の末端から、石狩平野にひろがる泥炭地との漸移帯に位置するものと考えられる。このため北大構内でも地下水の揚水にもなっており、この数年間に最大一八ミリの地盤沈下と、一三層に及ぶ地下水位の低下が観測されている。地盤沈下と地下水位低下の二つの曲線がほぼ平行することから、地下水の揚水が地盤沈下を起していることが明白である。

川の風景

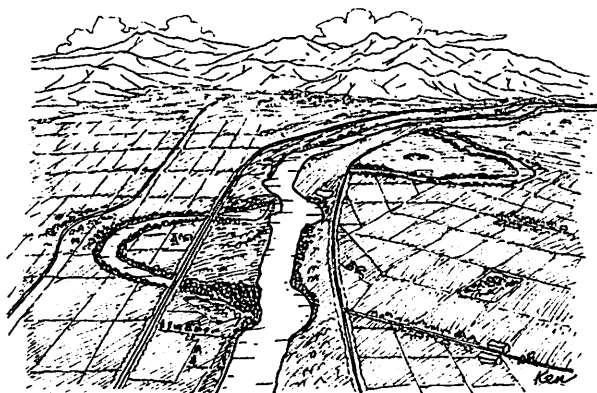
北海道の大動脈―石狩川

わが国の大きな河川を理科年表からあげてみると

	流域面積 km ²	流路 km
利根川	一六、八四〇	三三二
石狩川	一四、三三〇	二六八
信濃川	一一、九〇〇	三六七
北上川	一〇、一五〇	二四九

石狩川は流域面積は利根川につき、流路の長さでも信濃川、利根川について、わが国第三位の大河である。その源を北海道の中央の大雪山に発し、最大の石狩平野を潤し、旭川、札幌の大都市を流域にもつ石狩川こそ、北海道の大動脈といえよう。長さはもともと三七〇^キもあったのが、二六八^キに短縮されたのは、ひどく蛇行した河道が二九個所も短絡され、また自然にショートカットしたためである。

これほど蛇行する川は他に例を見ない。これは石狩平野の大部分が泥炭地であり、また河床が三千分の一から七千分の一の緩やかな勾配で、北上川と並びわが国でもっとも緩勾配の河川であるためである。蛇行した部分が洪水などでショートカットされ、あとに残ったのが三日月湖とよばれる曲りくねった湖だ。石狩川の流域にはこれら三日月湖がいくつも分布している。丘珠から飛び立つ航空機の窓から見下すと、悠然とながれる石狩川の両側に、多数の三日月湖が散らばっ



図—4 石狩川の蛇行と三日月湖（北村付近）

ているのは美事な眺めだ（図—4）。

石狩川を溯り、石狩平野から北海道の背骨、日高山脈の西に平行して走る神居古潭帯の山地に入ると、本川随一の激流神居古潭かむいこたん溪谷がある。一八七三年北海道開拓使によりアメリカから招聘しょうへいされた若き地質学者ライマンは十数名の「地質測盤生徒」とともに、石狩川を源流まで溯り、北海道地質の大要を明かにした。彼が北海道最古の基盤岩石と総括した「神居古潭石層」は、この溪谷に露出する変成岩や蛇紋岩から構成されている。

甌穴 溪谷にかかる橋の下の緑色の結晶片岩を注意してみると、大小のすり鉢のような穴が方々にある。ときには穴の壁にうず巻模様のスジがきざまれ、底に丸い石が入っていることがある。これは急流によって河床のくぼみに入った石がはげしく回転して、岩石を

削り、深い穴をつくったのである。これを甌穴（おうけつ）（ポットホール）とよび、形は円形と楕円形で、一般に深さの方が直径よりも大きい。

甌穴は方々の河川の急流で見られるが、長野県の本曾川の「寝覚の床」の名勝では、かこう岩の岩盤の中に美事な甌穴がいくつもあり、その一つに「浦島太郎が竜宮にいったときの入り口だ」という伝説があるのも面白い。

神居古潭溪谷を抜けると、石狩川は再び広くゆたかな川になるが、これをさらに溯って大雪山系まで追ってゆけば、川幅はせばまり、山地に深い谷が刻まれる。とくに厚い大雪溶結凝灰岩（よつげつどうようかいがん）の美事な柱状節理の間を流れる層雲峡では滝がいくつもかかっている。

このように一つの川は、上流では山地に深いV字形の谷を刻み、侵食作用がはげしく行われ、多量の土砂が河水で運ばれ、中流から下流にかけては土砂が堆積し平坦面ができる。そのため河床の縦断面は、下流から上流に向かって放物線に近いスムーズな曲線になる。このような状態になった河川は「平衡に達した河川」とよんでいる。

原始の川―天塩川 大雪山系の北に発し、北流して日本海に注ぐ天塩川は、長さ二五六^キ、石狩川につぐ大河であるが、人工の堤防が殆どなく、満々たる水が草原や森林を分けてゆったりと流れてゆく、原始河川の姿をとどめているのはまことにうれしい。その下流にはいくつもの三日

月湖があり、また河口近くには広大なサロベツの湿原がひろがっている。

最も水のきれいな川の一つに、日勝峠から流れ、太平洋に注ぐ沙流川があげられよう。アイヌ民族発祥の地といわれるこの流域に生れ育った萱野茂氏によれば、「子供のころは沙流川は首までの深さでも足の甲が見えた」という。この川には美しい色の石のどろが知られていたが、その青緑色の石にとりつかれた久保内貫一氏とともに、この流域を調査したことがある。その原岩を日高町の山中で見出し、「日高ヒスイ」と命名したことが想い出される。二十数年昔のことであった。

なお最近の環境庁調査によると、十勝大樹の歴舟川れきふねの上流が、BODの年平均値が〇・五^四未満で日本一きれいな河川だという。

滝 汗にまみれ上った山の途中に、真白な滝が水しぶきを上げながら落ちてくるのを見て、元気をとりもどした思い出をもつ人は多いだろう。滝は風景の大切なポイントだ。層雲峡を訪れる旅行者は、石狩川に入る多数の支流が厚い溶結凝灰岩の崖に、美事な滝を並べているのに歓声をあげる。銀河の滝、流星の滝……

滝は川の流路にある堅い岩石にかかっているので、岩石の性質が滝の形や性格を支配している。一般に山中の川はV字型の谷なので、層雲峡の滝や、天人峡の羽衣の滝のように、巾はせまいが

ときに高さは二〇〇呎をこえ、白衣のように岩にかかっている。日本画によく見るこのような滝に対して、川一面にひろがった岩石の上に、ひろく白い波を立てて流れ下る、いわゆる滑っ滝も捨てがたい趣きがある。恵庭の奥ラルマナイ川にかかる白扇の滝はその好例、木々の間に白く輝やく滝が眩しい。

さらに高さも巾もあり、堂々とした滝は狩場山麓の賀老がろうの滝だ。高さ七〇呎、巾三〇呎、安山岩の柱状節理の壁一杯にたぎり落ちてゆくのは、「北海道随一の迫力ある滝」と推賞したいのだが、如何なものであろうか。最近「北海道自然一〇〇選」の一つに選ばれた(図一五)。

河岸段丘 札幌市街の南端、藻南橋のあたり

から眺めると、豊平川にそって「札幌軟石」とよばれる支笏溶結凝灰岩の切り立った崖の上に、平坦な面がつづいている。さらに西の十五島公園にゆき注意して見ると、高さのちがう平坦な面が三段、豊平川に平行して広がっている。このように川の岸に、台のように平らに広がった地形を河岸段丘とよんでいる。



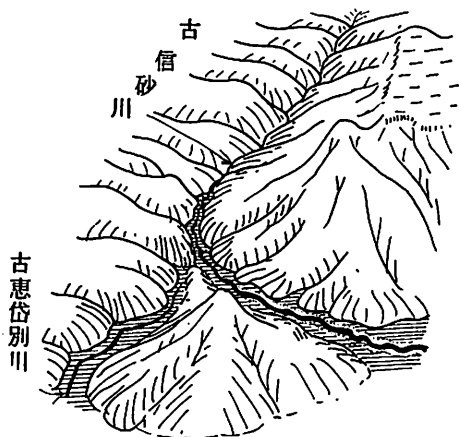
図-5 賀老の滝

川は中流以下では平野をつくり、もはや侵食力を失っている。ところが地殻変動で地盤が隆起したり、気候の変化で海面が下ったりすると、侵食作用が復活し、平らな河床を再び刻みこむ。これを「川の回春」とよび、川の両側にもとの河床の一部が平らな台のように残る。これが河岸段丘で、隆起作用などが繰返しおこると、何段かの段丘になる。一般に高位の段丘ほど年代が古い（一頁のカット参照）。

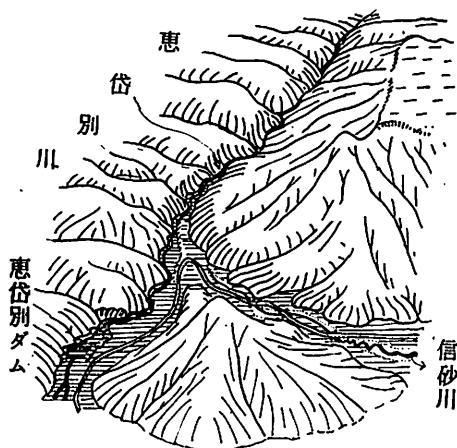
地殻変動の盛んなわが国では、河岸段丘がよく発達し、北海道の河川でもいたるところに見られる。段丘は洪水の心配もなく、地下水が得られ、古くから部落や農地が発達した。

この段丘に似た地形でもっとも美事なものは、米国のグランドキャニオンであろう。ここではほぼ水平な石灰岩や砂岩などの地層が、地盤の隆起のためにコロラド川によって削り取られ、いま川底は基盤の花崗岩や変成岩を刻み、深さ一五〇〇呎の深い渓谷をつくる。河床堆積物層からできているのでないから、河岸段丘ではないが、この川の兩岸の断崖に、十数億年に及ぶ地球の歴史が示されているのは、世界の奇観といえよう。

川の争奪 川にも「争奪現象」があるといえれば興味をもつ人も少なくあるまい。二つの川が接して流れる場合、一つが急流で侵食力が強いと、分水界を削り他の川の上流をとりこんで大きな川となり、逆に頭を切られた方は小さな川になる。その好例が暑寒別道立公園内の恵岱別川と



A 争奪の前の河川



B 争奪の後の河川（現在）

図-6 恵岱別川と信砂川の争奪

信砂川のよしやに見られる。古恵岱別川（図一六(A)）がつよい侵食力で低い分水界を破り、かつての古信砂川の段丘礫層を切っていることから、その上流をとりこみ、現在の大きな恵岱別川になり、逆に信砂川は頭を切られ小さな川になったことがうかがわれる（図一六(B)）。似た現象が豊平川にも見られる。かつては豊平川本流がいまの丘珠の伏籠川ふしこの流路をとっていたが、一五〇年程前の大洪水で流路を東に転じ、江別で石狩川に注ぐようになった。そのため頭を切られたかつての豊平川本流が小さな伏籠川になってしまったのである。

海の風景

北海道の地図を広げると、東半部のオホーツク海と太平洋に面する海岸と、西半部の日本海岸とでは、海岸地形が対照的なことに気がつく。すなわち東部では海岸は直線的で、砂州もよく発達しているのに対し、西部では海岸が出入にとみ、急崖が海におちこんでいるところが多い。この差違は構成する地質と地殻運動の差、さらに西北の季節風に帰することができる。つぎにこれらの海岸景観についてのべてみよう。

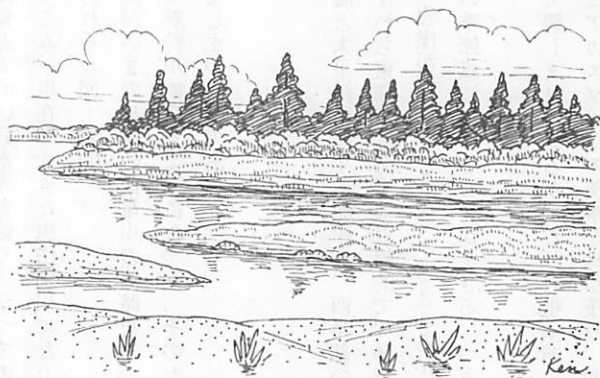
砂州 根室の西にある風蓮湖はハクチョウの湖として親しまれているが、これと根室湾の間のにびているのが春国岱の砂州である。その砂州の上にはアカエゾマツの美事な林が茂り、前面の

砂浜には一面にハマナスの赤い花が咲き、秋にはサ
ングソウに彩られる。アイヌ語で「シュンクニタイ」
とはエゾマツの生えた小高い丘の意だ。ここには、
二二六種もの鳥類が確認されており、渡り鳥の中継
地としても重要な位置を占めている（図一七）。

砂州は長さ八キ、巾一・三キ、その西北には

はしりこた

走古丹の砂州が相對するよう**に**のびている。これら
は根室湾の野付水道を南下する潮流と風蓮湖から流
れる川との相互作用で、北から運ばれた砂が堆積し
て形成されたものである。一八九七年以後の八五年
間の地形図から、春国岱はだんだん縮小しているこ
とがわかる。これは海波による侵食と、この地域全
体が沈降しているためらしい。根室市ではこの砂州
を結ぶ湾岸道路の開発計画をもっているが、このよ
うな軟弱な砂州に高速道路を建設するのは、地震の



図一七 春国岱の砂州とエゾマツの林

時に流砂現象の起ることが憂慮される。これこそまさに「砂上の楼閣」の危険である。

さらに北にある野付岬は延長二八^キ、わが国最大の砂州で、これに抱かれる内湾はホッコアカエビが名産だ。太平洋岸の霧多布はこのような砂州が、玄武岩からなる海食台の島を陸につないだもので、これを陸繋島りくけいとうとよぶ。

北海道の玄関、函館もかつて島だった函館山が、渡島半島からのびていった砂州でつながれたもので、これに抱かれた湾内に函館港があり、砂州の上に市街が発達した。このような砂州のことを専門語では典型的なイタリアの地名をとって「トンボロ」とよんでいる。函館がもっと早くから知られていたら、「ハコダテ」という用語ができたかもしれない。

海食地形 このような砂州に対して、渡島半島の日本海岸では、第三紀の火山岩類が激しい波浪の侵食で興味ある風景をつくり出す。瀬棚の町のトレードマークになっている三本杉は、軟かな砂岩をつらぬく玄武岩の岩脈が、侵食に堪えて残ったものであり、ほぼ同じ大きさの岩体が海中に浮び、こんもりとした杉が三本並んでいるようだ。

一方、奥尻島のシンボルマークは奥尻港に浮ぶ鍋釣岩。砂岩を貫ぬく安山岩の岩脈が海侵で残ったあと、さらにその中央が削られたため、環のような岩体となったもので、まことに天然の妙といえよう（図一八）。

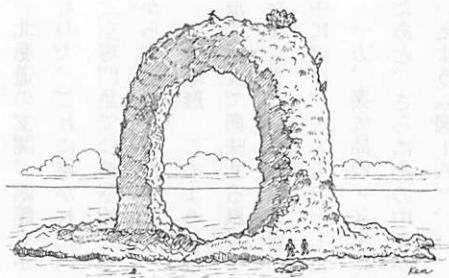


図-8 奥尻島のシンボルマーク鍋釣岩

はおだやかな風景であるが、その中で私のもっとも好きなのはえりも岬の景観だ。北海道の背骨をつくる日高山脈の南端が、太平洋に没するところに、日高変成岩とは断層で切られた第三紀の火山

親子熊岩というのは松山にも茂津^{もった}多にも見られるが、火山岩が削られた岩の形に、子熊をいとおしむ母熊の愛情がうかがわれ、見る人にほのぼのとした情感をつたえる(図-九)。

さらに北に上れば天売島の西海岸には、厚い火山岩層が荒波に削られ、赤岩、屏風岩、女郎子岩などの絶壁がそばだち、その上をオロン鳥やウトウがとび交っているのはまことに壮観である。このように日本海岸の海食地形は、とくに冬季にはげしい西北風の影響が大きい。

これに比べる
と太平洋岸の方

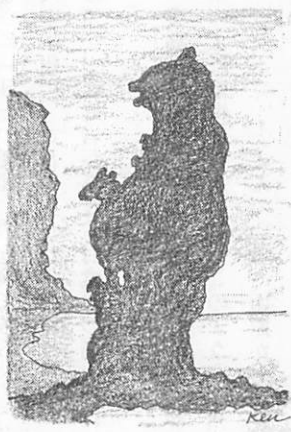


図-9 夕空に立つ親子熊岩

岩が、大小の岩塊となり、はるか三^キも沖合にのび、白波を噛んでいるのは実に雄大な眺望だ。好天の日には、この付近の太平洋岸にのみ住むゼニガタアザラシの姿を見ることができよう。

海岸段丘 日高地方や根室半島、さらに各地の海岸を旅行するとき、平坦な台地が海にそってひろく連らなっているのに気づくだろう。これは海中での海食作用で平らに削られた面が、その後の地殻の隆起運動により、或いは海面の低下にともなって現われたものである。その成因は海岸段丘と同じであり、海岸段丘とよばれている。これにも地殻運動の回数に応じて、二段、三段…と数えられ、上段のものほど生成が古いのは海岸段丘と同じだ。一般にその高さは二〜三〇^{メートル}以内だが、奥尻島には最高が五〇〇^{メートル}をこえる面もふくめ、一の海岸段丘が数えられる。

根室半島の茫洋たる海岸段丘の草原に立つと、沖合には秋^{あき}勇利、水晶島などのハボマイ諸島が、すぐ眼前にはユルリ、モユルリの島々が、またはるか西の方には落石岬が、まるで厚い板を浮べたように並んでいる(図一〇)。これらはいずれも海食による台地が隆起して、洋上に顔を出したものであり、切り



図一〇 落石岬の海岸段丘

立った崖にとりかこまれているが、その高さは海岸段丘と同じである。

湖の風景

湖沼の透明度 スウェーデンやフィンランドにはとても及ばないが、北海道も日本の中では「森と湖の国」と呼んでもいいだろう。その湖には火山に関するもの、川に由来するもの及び海の作用によるものがあるが、北海道の風景をつくる上でもっとも重要なのは、第一の群、とくにカルデラ湖である。これには、洞爺、支笏、クツタラ、阿寒、クツチャロ、摩周湖などがかぞえられ、いずれも国立公園に含まれる。

わが国湖沼の透明度を諸外国の湖沼と比較してみると、

	最大透明度	観測年
摩周湖 北海道	四一・六	一九三一
バイカル湖 シベリア	四〇・五	一九一一
タホー湖 カリフォルニア	三二・七	一八七三
田沢湖 秋田	三〇・〇	一九二六
猪苗代湖 福島	二七・五	一九三〇

クレーター湖	オレゴン	二七・〇	一九一三
池田湖	鹿児島	二六・八	一九二九
支笏湖	北海道	二五・〇	一九二六
ワルヘン湖	バイエルン(独)	二五・〇	一九〇三
コソゴル湖	モンゴル	二四・六	一九〇三
クッタラ湖	北海道	二四・三	一九一六

〔理科年表による〕

表に見るように、摩周湖の透明度は世界一であり、支笏、クッタラもきわめて清澄なことはうれしい。戦後間もない一九四七年の夏、東北大学にいた私は学生の卒業論文指導のためここを訪れた。川湯駅から人っ子一人通らぬ道を外輪山頂上に上ると、突然小島を抱いた濃いウルトラマリンの摩周湖が眼下に展開された。ハンマーを片手に細い道を下りると、透明な水が湖岸をヒタヒタと叩く。すっかり汗ばんだ私達は、素裸になって湖に飛び込んだ。泳いでいると、底の安山岩の石ころの一つ一つが数えられたのが眼に残っている。観光客0ゼロの時代の摩周湖の想い出である。

この表のうちワルヘン・コソゴル以外の湖は全部訪れたが、とくにバイカル湖の清澄な水には、

感銘をうけた。そこでは湖に流れこんでいた工場地帯の廃水を、新につくったトンネルを通して湖から出る川に注がせるなど、バイカル湖の水質管理にはたいへん力を注いでいた。いま透明度を測定したらどちらが世界一だろうか。

火山性の湖 支笏湖は約三万年前にできたカルデラ湖で、深さ三六三呎、田沢湖につぐわが国第二の深い湖で、濃い藍色の水が実に美しく、冬季も凍結しない。最近環境庁が発表した結果では、支笏湖がCODの年平均値が〇・八呎で、湖沼では全国一の水質となっている。洞爺湖はこれよりもずっと以前に生成された不凍湖、もっと明るい藍色だが、水質ははるかに劣る。クッタラ湖は直径二・五キ、ほぼ完全な円形の湖で美しい水を湛える。ここには流入する川も、流出する川もないが、豊富な地下水が山体の周りに湧出し、水収支のバランスが保たれ、その一部は登別温泉の泉源となっている。

一方、道南の駒ヶ岳山麓の大沼、小沼などの湖沼群は、火山噴出物による堰止め湖で、湖面には木の生えた大小の島が浮び、一寸松島の風情があり、カルデラ湖とは対照的に、日本画的な景観を呈するのも面白い。

海跡湖 これらの火山性の湖に対して、太平洋やオホーツク海岸沿いの平野に見られる湖は、第四紀における海進と海退による海岸平野と成因的に深い関係がある。その最大なもの網走西

方のサロマ湖で、初めはサロマ湾、つぎにサロマ潟を経てサロマ湖となった経緯が明らかである。その東の網走湖も過去一万年の間に、「アサリ海」から「カキ海」となり、さらに汽水化して「シジミの湖」を経て、「ヌマガイの湖」になったことが、貝塚からの土器と貝化石から明らかになった。

最近第二八番目の国立公園となった釧路湿原には、シラルトロ沼、塘路湖、達古武沼などの海跡湖があり、釧路の春採湖も小さな海跡湖で緋色鮮やかなヒブナで有名である。しかしCDDが一三〇で、わが国湖沼のワースト二位なのは情けない。なお十勝海岸には、生花苗沼・ホロカヤントー沼があり、砂州で河口が塞ぎとめられた沼で、時折流入する河水が増大すると、砂州が決壊して排水することがある。

西部北海道ではこのような海跡湖としては、バード・サンクチュアリー第一号の、ウトナイ湖が勇払原野にあるが、最近北海道開発局が着工しようとする千歳川放水路計画により、水源の美々川源流部が掘さくされると、その存在自体もおびやかされるだろう。

稚内の南サロベツ原野には、ペンケ沼、パンケ沼の海跡湖があり、その周辺はリンドウやヒオウギアヤメの咲く湿原だが、近年乾燥化がすすみ、ササが侵入し始めている。

氷河の風景

いままで、私たちは水の働きをとりあげてきた。降った雨が川に流れ、海に注いでやがて天に戻るまでの間に、つくる風景を述べてきた。

ところで、水はわずか一〇〇度という狭い温度範囲で、氷（個体）↓水（液体）↓水蒸気（気体）の相変化を行う特殊な物質だ。氷は地形をどのように変えてゆくか。

日本に氷河があったか？ 高い山に積った雪が年間を通して融けずに残ると、雪は上からの荷重で固い氷になり、やがて重力により山の斜面をゆっくりと滑り始める。これが氷河だ。

「日本に氷河果して存在せしや」という問題は五、六〇年前、わが国の地学の中心課題の一つであった。「海拔数百呎の低地にまで氷河が広がっていた」とする低位氷河説と、これを真向から否定する学説との間で、はげしい論争がくりひろげられた。しかし現在では、第四紀の氷河時代にはわが国でも、日本アルプス（二五〇〇呎以上）や日高山脈（一五〇〇呎以上）には、小規模な山岳氷河の存在したことは定説として認められている。

V字谷とU字谷　ここで再び水の性質を見よう。物質は一般に固体が液体より密度が大きいが、氷は例外で水よりも密度が小さい。もしその逆だったら、湖や海の表面の水は底に堆積し、生物の生存を許さなくなっただろう。岩石の割目に滲みこんだ水は、凍ると体積が膨脹するので、岩

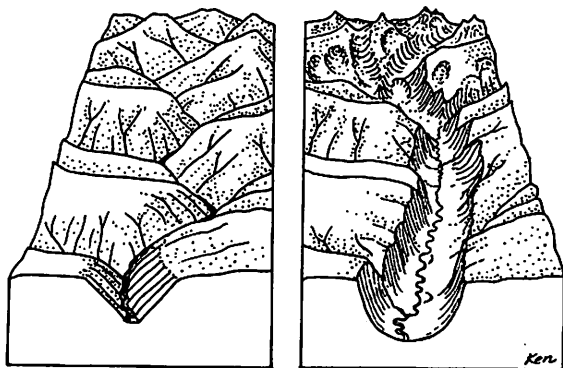


図-11 V字谷とU字谷

石の破壊を促進する。

一般に河川では下方への侵食が強いので、谷はV字型の断面をもつが、氷河は流動するといっても固体なので、下方と同時に側方への侵食が激しく、谷の断面はU字型となる。谷が広くなるとともに、山頂は鋭い絶壁にかこまれ、マッターホーン型の尖峰が生れる。氷河が山頂付近にのみ発達すると、山の頂上付近に、スプーンで削りとったようなカールができる(図一)。

ここに氷河の彫刻になるアルプスやロッキーと、殆ど、あるいは全く、氷河作用を受けなかった日本の山々との差が生れてくる。名著『日本風景論』で志賀重昂が「日本の自然は瀟洒くようしである」とのべているのは、以上のことと関連してくるのであろう。私の個人的な好みからすれば、氷河のダイナミックな作用の方に、よ

り魅力を感じているといわざるを得ない。

この視点から見ると、日高山脈では、一四〇〇〇〜一六〇〇〇級の連峯に、総数二三を数えるカールが存在し、これにより削られた尾根が、マサカリの刃のように連っているのは、まことに圧倒的な壮観である(図一―二)。

周氷河現象 このような氷河作用

用は、北海道では日高山脈に限られている。しかし氷河周辺地域では、直接氷河作用は受けませんが、寒冷気候のため、地表の土壌が凍結と融解を繰返す結果、地表部分が地下水で過湿状態となり、わずかな傾斜でも、下方にずり落ちて移動する。この現象をソリフラクション(土壌流動)といい、丸味をおびた地形ができる。

稚内をとびたつた航空機の窓から見下すと、ナマコのように丸味をおびた丘が、いくつも平行



図一―12 日高山脈の大観

にならび、その間に浅い沢がのびている地形に気づくだろう。あまり木もなく、笹におおわれたこのモコモコとした丘陵は、いま放射性廃棄物処分問題でゆれている、幌延のあたりまでつづく。これが周氷河地形の代表的なものだ。また大雪山のお鉢平で見られる、規則正しく六角形に並んだ亀甲石も、ソリフラクションによって岩石が、移動してできた構造土である。

これに関連した周氷河現象の一つ、永久凍土が十勝団研グループの調査で、帯広—旭川間の二七三号国道にそう十勝三股で、発見されたので紹介しておきたい。三股の東方に、アカエゾマツの森林が広がっているが、その一部の地下四尺に永久凍土層があり、この付近に発達する十勝溶結凝灰岩の、細かな岩片からなる崖錐堆積物が、氷結された状態に保たれている。ここではエゾマツの林床に、イソツツジとシャクナゲ、スギゴケなどが繁茂し、腐植質も厚く、その断熱作用によって、凍土が保存されてきたのである。氷中の木片のC-14分析から、氷は四五〇〇年前、つまり最終のウルム氷期（七—一万年）のあとの寒冷期に、できたことが明らかにされた。

もっと自然な川を

最初に述べたように、一九八一年の大洪水のあと、藻岩下の山鼻川で河川改修が行われたが、これについて一言感想をのべてむすびとしたい。

札幌市内第一の急流ということで、山鼻川では河川断面を拡大するよう川床は深く掘り下げ、兩岸はすっかりコンクリート壁で蔽われた。さらに減勢溝と称する一段と深い溝が三個所につくられた。たしかにこれらは、その後の増水時にも効果を發揮した。また「山側の斜面の木をできるだけ残して……」という地元の私達の要望にこたえ、手数を惜まず山側の壁を垂直に立てることにより、かなりの数の木を助け、コンクリートの川底には大小の自然石多数を置いて、せめても自然に近づけようとした。方々の河川改修工事と見比べると、どうやら山鼻川は、自然を生かそうと努力した部類のようである。このような札幌市の河川課の努力を、私達はそれなりに評価したいと思う。

しかしその半面、子供たちが夢中になって、ザリガニやカジカを追い廻して遊んだのしい川は、全く失われてしまった。白い巨大なコンクリートの岸壁が、川と人とを完全に分けてしまったのである。いまや水害防止のためと称して、厄介ものの水は一刻も早く海に流せとばかり、コンクリートで三面をすっかり囲った川がなんと増えてきたことか。たしかに水の浸食力と破壊力には、強大なものがひそんでいるが、もう少し川と生物の共存をはかるように、することはできないのだろうか。

いま徐々にではあるが、川と生物との関係の見なおしが始まってきたようだ。たとえば、いく

つかの地域で、ホタルの飛び交う川を再生しようと努力しているように、さまざま所で「親水」という新しい概念から、いろいろの試みが始められてきた。

水と人と生物とが、もっとたのしく、賢明につき合ってゆく途を、まず私達の身近な川にとり入れてゆくことを心から希望したい。

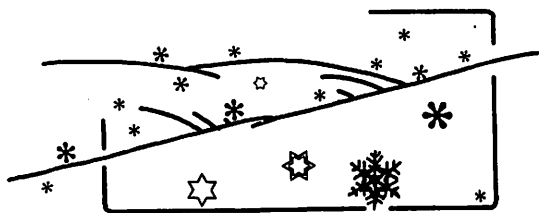
(2) 知られざる雪の役割

成瀬廉二

地球上に存在する雪と氷は真水よりも多い

札幌の一年間の総雨量は、約一二〇〇^{ミリ}である。その内の約三割は、十二月から三月にかけて雪として降る。本州の日本海側、秋田、山形、新潟、富山の各県ではもっと多く、真冬の雪の深さは三から五^尺にも達する。

世界中を見わたして、人口密度の高い地域にこれだけの雪が降るのは、日本のほかにない。一方、地球上で雪が多く積もっているところは、北極、南極に近い高緯度地域、および高山地帯である。そこでは寒冷なため、夏になっても雪のすべては融け去ってしまわない。やがて初冬の初雪におおわれると、残った雪は年を越す。このように、毎年々々雪が積



み重なると、雪溪が次第に大きくなり、ついには氷河が生まれる。

多雪国の日本だが、氷河は現在どこにもない。北海道の大雪山や本州の北アルプスなどに、毎年消えることのない雪溪が見られるだけである。これは、日本の山では春から秋の気温が高く、冬に積もる雪とはほぼ同じ量が毎年融けてしまうからである。大雪山や日高山脈が、もしあと一〇〇〇呎高かったら充分氷河が発達し得る。一方、今から一〜三万年前の氷河時代には、北海道では日高山脈、本州でも二〇〇〇呎を越える山々には、小規模ながらも氷河が存在したことの証拠がいろいろ見つけられている。これは、当時の年平均気温が今より五度から七度程度低かったからである。

降り積もったばかりの新雪の比重は約〇・一である。ということは、新雪の大部分は空気で、その中にはほんの少しの雪（氷の粒）が散りばめられている状態である。だから、風が吹けば雪粒は舞い上るし、スキーですべれば深くもぐる。この新雪の上にさらに雪が積もり重なると、その重みのために序々に圧縮され、強固な「しまり雪」に変化する。積もってから一〇日ないし二〇日はどたった「しまり雪」の断面のスケッチを図一に示した。黒い部分が雪（氷）の粒、白い部分が空気である。雪粒の形は不規則で、大きさは〇・二ミリのから二ミリ程度である。この雪の比重は約〇・三五で、まだ氷より空気の割合の方が多い。それでも簡単には壊れないのは、雪粒

前に降り積もった雪である。そして、水中の気泡には、当時の空気がほとんど変質を受けずに閉じ込められているのである。

(A) しまり雪



(B) 氷

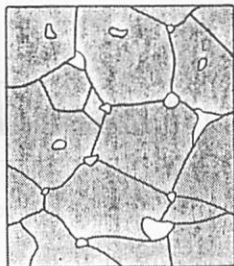


図-1 しまり雪と氷の断面スケッチ
(白い部分は空気)

どうしが網の目のような構造となっているからである。この雪の上にさらに雪が積もり重くなると、圧縮がすすみ、空気は追い出され、同時に雪粒は大きな結晶に成長し、ついには氷へ変化する。この氷の断面のスケッチを、図-1にあわせて示した。太い線でかこまれた部分が一つの単結晶で、大きいものは直径が一センチを越える。空気は、氷の中に気泡(図の白い部分)として閉じ込められる。

南極やグリーンランドの大氷河(氷床という)では、新雪から氷に変化するまでに一〇〇年から数百年かかる。そうして南極では、雪の圧縮でできた氷の厚さが、なんと三〇〇〇〇以上に達している。南極氷床の断面図を図-二

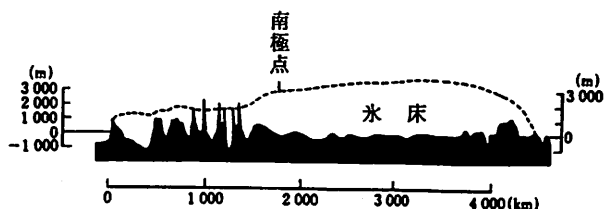


図-2 南極氷床の断面図(黒い部分は岩盤)

雪も氷も、姿を変えた水である。現在の地球上に存在するさまざまな形態の真水の量を、表一にまとめて示す。真水の総量は、海(塩)水を含めた全水量の3%以下と少ないが、真水だけでみれば、その四分の三以上は氷と雪である。さらに、氷と雪の総量の約九〇%は南極にある。陸上には河川、湖沼、地下水など、さまざまな場所に真水が存在するが、その総量は氷と雪に比べてずっと少ない、ということがわかる。

表-1 地球上に存在するさまざまな形態の真水の量

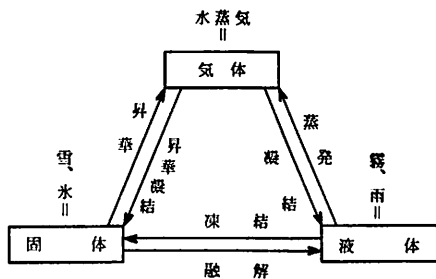
	形態	場所	重量 ($\times 10^{15}$ トン)	パーセント (%)
気体	水蒸気	大気・雲	0.013	0.0
液体	淡水	河川・湖沼・地下水	8.6	22.8
固体	氷と雪	南極氷床	26.5	70.3
		グリーンランド氷床	2.4	6.4
		その他の氷河	0.18	0.5
計			37.7	100

[フリント(1971), ドルウリイ・他(1982)による]

もし南極大陸にある雪や氷がすべて融けるとすると、地球上の全海面を約七〇以上昇させることになる。わが国の主な都市は海底に没するし、北海道も石狩平野から勇払原野にかけて海峡となり二つの島に分かれる。このような数十倍程度の海面の昇降が、過去数十万年前から現在にかけて繰り返して起ってきた。すなわち、地球上に存在する水の総量はほぼ一定不変だが、それらの一部が雪や氷となって大陸上に積み上げられたり、海へ戻ったのでありしたのである。このように地球の歴史の上で、積雪域や氷河の変遷は、大陸と海洋における自然環境および生態系に大きな影響を与えてきたのである。

雪や雨が降るしくみ

私たちの暮らしに欠くことのできない水には、気、液、固の三つの姿がある。ふつうは液体の水を水とよび、身のまわりのどこにでもある。一方、気体の水蒸気は眼に見えないが、空気中には必ず含まれている。この水の三態の変化を図一三に示す。自然界では、この三つの間の変化はどれでも起こる。



図一三 水の三態の変化

海や湖、あるいは地面や樹木から蒸発した水蒸気が上昇気流にのって上空に達すると、冷されて小さな水滴となる。この水滴の集団が雲である。雲の中にいる人にとっては、これを霧とよぶ。登山者達は、しばしば習慣的に「山にガスがかかった」等と言うが、ガス（気体）ではなくて液体である。

さて、数センチから数十センチの大きさの雲の粒は、氷点下になってもすぐには凍らない。大気中では一〇〇〇呎高度が増すと気温が約六度下がる。地上気温がプラス三〇度でも、八〇〇〇呎上空ではマイナス約二〇度である。雲の粒がさらに上昇してこのような低温にさらされると、もはや水のままでいられなくなり、凍結して小さな氷の粒となる。このとき、大気中に浮遊している土や海塩の微粒子が核となることが多い。こうして形成された氷の粒は、雲の中の水蒸気を食べて（昇華凝結）次第に大きく成長する。これが雪の結晶である。雲の中では、まだ凍っていない水滴が蒸発し、雪結晶の栄養源となる水蒸気を補給している。このように、地表から蒸発した水蒸気が上空で雪になるまでには、気体↓液体（雲の粒）↓気体↓個体（雪の粒）の過程を経ているのである。

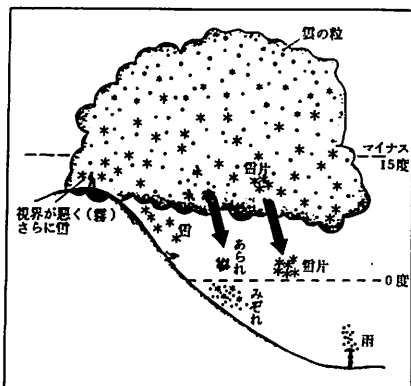
やがて、〇・一ミリの大きさから一ミリの大きさに成長した雪の結晶は、地上に向かって落下を始める。その途中で別の低い雲の中を通過すると、雪結晶はさらに大きくなるし、乾燥している空気中を

通ると、雪結晶は昇華して無くなり地上には何も降らない。落下中に雪結晶どうしがぶつかり、くっつくと雪片（ぼたん雪）となる。また、雪結晶に雲の中の水滴がたくさん付着してダンゴ状になると霰（あられ）とよばれる。これが一度融けて再び凍ると雹（ひょう）となる。気温が高いと雪が融けかけて霰（みぞれ）となり、すべて融けてしまうと雨となる。以上の過程を図一四に模式的に示した。地球上に降る雨の大半は、上空では雪だったものである。決して、寒くなると雨が凍って雪になるのではない。だから、雪、霰、雹、霰などの「雨かんむり」はすべて雨の親であり、さらに雨族の家長は雲であると言える。

なぜ、雪は水資源として重要か

北海道内の冬期間の最大積雪深分布を、図一五に示

す。積雪深が一五〇センチを越える地域は、宗谷地方の南部から石狩地方の北部にかけて、および倶知安—喜茂別周辺に見られる。一方、五〇センチ以下の少ない地域は、道南の恵山、日高地方の



図一四 雲、雪、あられ、みぞれ、雨
〔成瀬・間庭, 1982〕

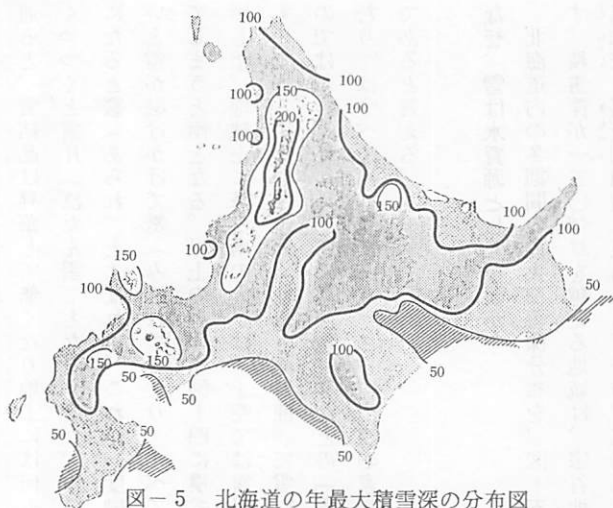


図-5 北海道の年最大積雪深の分布図
 (1951～1980年の平均, 単位 cm)
 [北海道の気候, 1982]

沿岸、および十勝地方となっている。全般的な傾向として、北海道西部の日本海側に多く、南部、東部の太平洋側に少ない。このような積雪深分布の地域差は、冬期間シベリアから吹く冷い季節風が日本海を横断する途中で水蒸気をたっぷり補給し、それをもとに生成された多量の雪が北海道に到達すると降る、ということに第一の原因がある。この北西の季節風が大雪・夕張・日高の中央山脈を越えてからは、もはや雪を降らせる水分が不足し、道東では乾燥した風となって吹く。道東地方に雪をもたらすのは、太平洋側を北上してきた低気圧によることが多い。このように狭い範囲の中で積雪分布に大

きな差が現われるのは、北海道にかぎらず日本列島の特徴で、世界全体から見れば珍しいことである。そのおもとは、大陸、海、細長い列島と主稜山脈、海の、地形的な分布にある。

ところで図一五は、気象官署や測候所における長期間の観測結果にもとづいてまとめられたものである。このような観測所は都市や町や村にのみあり、山奥にはない。図一五では、北海道の中央部に一〇〇センチの等積雪深線が走っているが、実際には、山岳地域は情報が空白なのである。

北海道の高山地域では、九月、紅葉が始まった頃に初雪が降る。そして一〇月上旬には根雪となり、翌年の四月いっぱい雪の量は増えつつける。雪の深い所は一〇尺を越える。平野部では雨として降る秋や春でも山地では雪となること、および平野部では晴か曇でも山地には雲がかかり雪が降ることもあること、の二つの理由によって、一般には標高が高いほど降雪量が多い。このために、北海道の山岳地では、一年間の総降水量の半分以上、三分の二近くが雪として積もる。北海道中央部の山地の面積は広大なので、全域に積もった雪の総量は雨の総量よりもはるかに多い。

これらの雪は四月、五月から融解が始まり、夏から秋にかけて毎日確実に河川へ水を供給する。このように、低地で生活を営む人々にとって欠くことのできない水は、その多くを雪に依存しているのである。

集中豪雨や台風に見舞われ、山地の土壌や樹木が保水する能力を越えると、河川は短期間に急速に増水し、時には洪水の恐れも起こる。ところが大雪が何日も続いても、(都会では交通障害、山岳地では雪崩の心配はあるが)降り積もった雪は春が来るまで山の上へ貯えられる。また、一般に春から夏にかけて雨の少ない日照りが続くと、水不足をきたしやすい。しかし、その後背地に広い山岳地をいただいていると、冬の間貯えられていた雪からの融解水が水不足を補なっている。このように、山地の雪はそれ自身が自然のままの巨大な貯水池の役目を果しているのである。天然資源の少ない日本だが、水の資源だけは比較的豊富である。だから、時として水のありがた味を忘れがちとなり、長雨や大雪を嫌うこととなる。しかし世界中には、山に降る雪を貴重、稀少な水資源として活用している地域も多い。たとえば南米チリーの北部、アタカマ砂漠では、年間の総雨量が一〇から五〇ミリと、日本では大雨の時の一日分しか降らない。しかし、その奥地には標高六〇〇〇メートルを越えるアンデス山脈が連なり、冬期には多量の雪が積もり氷河も形成されている。それらの高山の積雪や氷河から融けた水が、麓へ地下水として水を供給し、ところどころのオアシスを養っている。

ところで、ある冬の降雪量が例年に比べて著しく少ないと、翌夏は湯水となりがちである。しかし高山に氷河があると、降雪の少なかつた分、氷河自身の氷を融かして下界に水を流出させる。

逆に、降雪量が例年に比べて多いと、翌夏はその雪が融けきらず、氷河の上に新たな雪（氷）を残し翌年以降に貯蓄しておく。このように、氷河は自動調節機能を備えた非常に巧みな天然のダムと言える。

雪は自然環境をやわらげ生き物の暮らしを豊かにする

雪のもつさまざまな性質は、自然の苛酷さをやわらげ、調節し、人びとや生物が暮らしやすい自然環境をつくっている。雪崩、吹雪、着雪など、雪は災害要因となることも多いが、雪それ自身は、本来は寒い地域に不可欠として自然が与えたものである。このような雪の諸特性の一端を見てみよう。

雪は空気を洗浄する 大気中には、地表から舞い上げられたさまざまな微粒子が浮遊している。土、砂、火山灰、ホコリ、さらに都会では煤煙や排気物等がある。雪国の冬期では、スパイクタイヤによりけずられたアスファルトの粉塵などが、深刻な大気汚染源として大きな問題となっている。

風が吹いたり、地表が暖められて対流が起ると、このような塵は上空高く舞い上げられ、上層の強い風によって日本列島から遠ざかる。これらもいつかは、地球上の海や大陸上に薄められ

て落下する。しかし、晴天が続き、風が弱く放射冷却が起こると、地上付近の空気は沈滞し、微粒子はどんよりと空をおおう。これが煙霧とか、スモッグとよばれるものである。このようなき雪が降ると、雪結晶は落下中に微粒子を付着させ、空気を洗浄する。

雨にもこの効果があり、地球上の大気の汚れを洗い落している。しかし同じ質量の雨と雪ならば、表面積の大きい雪の方がはるかに多くの粒子を捉えることができる。

雪が降りやんだ後、空気が澄み、遠くの山々があざやかに見える現象は、多くの人が体験していることだろう。

雪は野山に道をつくる。雪が積もると地表の凹凸ややぶがおおわれ、一面がなめらかになる。したがって、無雪期には歩きにくかったところでも、雪の上を容易に最短距離で目的地に向かうことができる。冬季、雪の上で活動するある種の動物にとっては、この条件は好都合であろう。人間でも、三〇〇年前頃、スカンジナビアから北西ロシアにかけて雪の上でトナカイの飼育を行っていたラップ人は、歩く道具としてスキーを発明した。現在でも、夏の登山では歩ける道は限られてしまうが、積雪期の山では行動ルートが格段に多様化する。このことが、冬山の妙味の一つである。

雪の上はよくすべることは誰でも経験している。これは、雪と木、雪と金属などとの摩擦抵抗

が著しく小さい、という雪および氷の特異な性質に起因している。このこともまた、雪の上が運搬道路として活用されることになる。山から切り出した木材は、雪の上で引っぱれば容易に動かせるし、馬ソリや人びきソリなどは構造が素朴ながら実に効率の良い輸送車で、雪国では古くから使われてきた。

雪は断熱シート 前にも述べたように、地上に積もった雪は体積の七〇〜九〇%が空気である。空気は熱を伝えにくい性質があるので、積雪はよい断熱材とみなせる。発泡スチロール、羽毛ふとんなどの優れた断熱物質は、空気をたくさん含み、しかもその空気が逃げにくい構造をもっている。積雪もかなりこれに近い。比重〇・一の新雪の熱の伝えやすさ(熱伝導率)は、グラスウールの二・五倍、コンクリートの一〇分の一、氷の二十分の一、鉄の七〇〇分の一である。

この性質のために、雪におおわれると大地が極寒にさらされるのを防ぐ。厳冬の積雪内部の温度分布を一例として図一六に示した。上は北海道北部幌加内町母子里、下は札幌の観測結果である。母子里は、冬期にしばしば気温が 30° 度にも達する有数の寒冷地である。観測時には表層の雪温はマイナス六度から一二度の範囲にあるが、積雪の底部、地面に接するところの温度は0度である。もし一日くらい気温がマイナス 30° 度に下がっても、底部の温度は0度から変らない。札幌も底部の温度はほぼ0度となっている。地中から流れてくる熱の一日の総量は、日射に

よる熱に比べると数分から十数分間位のわずかな量だが、この熱が大气に逃げるのを雪という断熱シートが防いでいるのである。

また北海道の帯広では、冬期

間二〇〜四〇センチの雪でおおわれていると、その下の凍結した土の深さは約四〇センチであったが、常に除雪が行われていた地点は凍結深が八三センチにも達した。地中が凍結すると地面が盛り上がり、建造物等に大きな被害を与える。それよりも、雪の中は暖かく、そこで冬を越す植物、昆虫、動物達は、寒気にさらされなく多分快適に過しているのだろう。

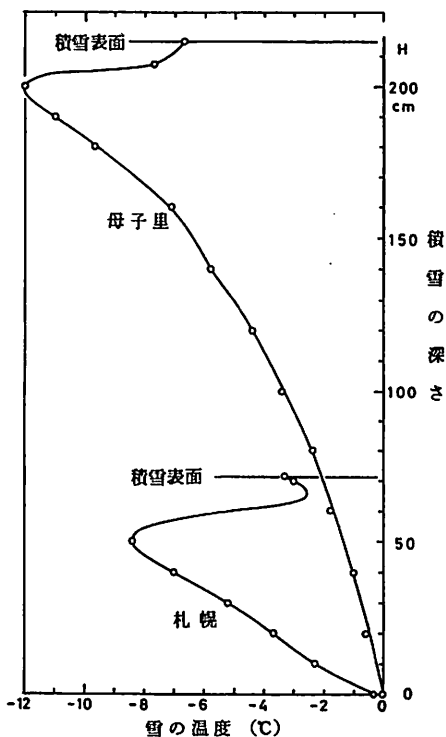


図-6 積雪内の温度分布
(1969年2月26日)
〔小島, 1979〕

★ ★ ★

雪の多い地域に住む私たち日本人は、ともすると雪は文化的生活を妨げるもの、じゃまものと思ふ傾向が強くなる。事実、雪は人びとの暮らしに大きな被害をもたらすこともある。しかし、自然の災害の多くは、人間が災害を産む社会環境をつくってしまったから起こる、と言うこともできる。たとえば、一九八一年冬、北陸地方の広域を襲ったいわゆる五六豪雪は、車依存社会の都市型災害を引き起こした。短期間に多量の雪が降り、道路の除雪が追いつかず、動かなくなつた車は路上に放置され、その車がじゃまで除雪や排雪ができず、という悪循環がつづいた。もし三〇年前に同じ程度の豪雪があつたとしても、雪の災害年としては記録に残らなかつたことであらう。

雪国では古くから、雪と闘い、雪を防ぎ、雪に耐え、打ち克つことの意味として防雪、耐雪、克雪という言葉が使われてきた。しかし最近では、利雪、親雪なる言葉も生まれ、その考え方も徐々に人びとの中へ浸透しはじめてきた。工学技術とエネルギーをふんだんに使って雪のない社会を目ざすよりは、雪の恩恵をうけとめ、活用し、雪と調和した暮らしを求め、私たちが考えるべきであらう。

(3) 地球上の水の起源

秋 山 雅 彦

地球にはどのくらいの水があるか

海洋は地球表面の七〇・八%の面積を占め、その平均の深さは約三八〇〇⁰メートルにもなっている。そして、そこにたたえられている海水の量は 1.35×10^{21} 立方キロである。地球上には、海洋のほか、南極大陸をはじめとする高緯度地方に分布する氷河の水、地下水、湖沼や河川などの淡水、さらには土壤水などがある(表一)。そのなかでも、海洋の水の量が圧倒的に多く、地表水の九七〜九八%を占めている。水の循環は地質学的な時間としては意外にはやく、海洋水の全量が大気の水蒸気を経由して、また海へもどってくるのに三二〇〇年しかかからないという計算になる。しかし、このように巨大の値をとる水の量も、地球の質量の1.974

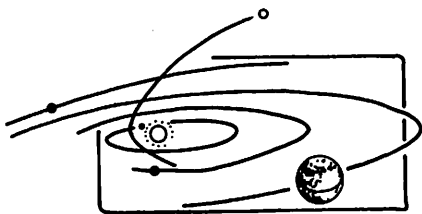


表-1 地球上の水の量と滞留時間

	貯留量 (%)	年間供給量	滞留時間
海洋	1349929000 km ³ (97.5)	418000 km ³ /年	3200年
氷雪	24230000 (1.8)	2500	9600年
地下水	10100000 (0.7)	12000	830年
土壤水	25000 (0.0)	76000	0.3年
湖沼水	219000 (0.0)	-	数年~ 数100年
河川水	1200 (0.0)	35000	13日
水蒸気	13000 (0.0)	483000	10日

(平凡社 大百科事典から)

太陽系唯一の水惑星

太陽系の惑星のなかで、太陽に近い水星・金星・地球・火星の四つの惑星は、性質が地球に似ているところから、地球型惑星とよばれている。火星よりもさらに外側の軌道をまわる五つの惑星は木星型惑星とよばれて、地球型の惑星とその性質を異にしている。

地球型惑星は、最小の水星で半径は二四三九kmであり、六三七八kmの地球

が最大の惑星である。固い岩石からなるため、比重は最小の火星でも三・九三、最大の地球が五・五二といった大きな値をとる。このような性質は、木星型惑星が主として、水素・ヘリウム・メ

×10²⁴kgにくらべると、わずかにその〇・〇二三%にすぎない。

タン・アンモニアなどの軽い気体からつくられていることと大きく違っている。地球型惑星はたがい似た性質をもっているとはいっても、惑星の表面、つまり地表の環境についてみると、そこには大きな違いがある。

宵の明星や明けの明星で知られる金星の表面については、軟着陸したソビエトの金星七・八・九・一〇号の観測によって、表面温度は五〇〇度Cにちかい高温で、大気の圧力は九〇気圧もあることが分かっている。大気の成分は九八%の二酸化炭素と二%の窒素からなるという。しかし、水蒸気は硫酸を多く含んだ厚い雲の下で、わずかに〇・一%しかなく、もちろんのこと海洋は存在していない。

それでは、夜空に赤く輝き、SF小説にもとりあげられている火星の表面はどのようなになっているのだろうか。火星に軟着陸したアメリカのバイキング一・二号の観測から火星表面の大気圧は地球の三〇〜四〇倍、上空の気圧にあたり、わずかに六〜七倍しかないことが分かった。そして、その大気の組成は金星と同じく、二酸化炭素を主成分とするものであった。火星の北極と南極には白い雲のように見えるところがあり、極冠とよばれている。極冠は下部が氷から、上部がドライアイスからなり、南極付近でマイナス一二〇度Cという極低温の世界である。火星に海洋が存在できるわけがない。



ストロマトライト 原生代



ストロマトライト

図-1 カナダのグレートスレイブ湖付近にみられる18億年前につくられたストロマトライト(左図)とオーストラリアのシャーク湾での潮間帯で現在ラン藻によってつくられているストロマトライト(右図)(平朝彦氏提供)

このようにみえてくると、太陽系の惑星のなかで海洋が存在するのは地球だけということになる。それでは、唯一の水惑星である地球が、いつの時期にどのようなようにして海洋をもつようになったのか、つぎに探ってみよう。

海洋はいつ現われたのか

オーストラリア西部のマーブルバーの西四〇キロのところにノースポールという町がある。一九七八年、ここに分布している三五億年という古い堆積岩のなかから、わずかに数センチという小さな構造体が顕微鏡下で発見された。この構造体には細胞分裂中の化石も含まれていて、三五億年前のラン藻であるとされた。そこでこのストロマトライト(注一)(図一)の発見もまた、生物の存在をうらづけている。南アフリカのバーバートン地域にも、これと同じ時代の堆積物があり、それらはともに、浅い海の堆積物であるとき

れている。

グリーンランドの南西部のイスア地域には、堆積岩が変成作用を受けて変成岩になった岩石が分布している。放射性同位元素による年代決定によれば、その岩石が最初にできた時代は、今から三八億年も前であるという。その岩石は明らかに、水中に堆積したものであることが分かり、三八億年前の地球には海が存在していたことが証明されたことにはなる。しかし、残念ながら、その海洋の大きさについて知ることはできない。

このようにして海洋の歴史がひもとかれてきてはいるものの、それ以上古い岩石はまだ見つかっていないので、地質学の研究からそれ以前の海洋の歴史を知ることが難しい。

大気の起源から海洋の歴史を探る

地球の大気と海洋は地球の内部から噴出してきたガスによってつくられたとする考えは、一九五二年にブラウンによって確立された。水も水蒸気として地球の内部からしぼり出されてきたはずであるから、大気の形成の歴史をとけば、海洋の歴史も知ることができることになる。

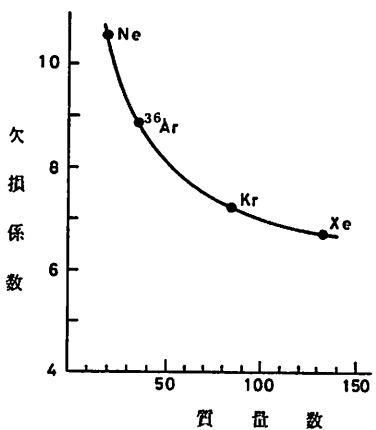
太陽系全体にはヘリウム・アルゴン・クリプトン・キセノンなどの希ガスが多量にふくまれていたのに対して、地球の大気にはそれらの希ガスは、その名の示すように、ごくわずかにしかな

い。さらに、質量数の小さな、つまり軽いガスほど含有量が小さくなっている。(図一)。

ここに示されている欠損係数というのは、

次のような値である。元素の存在度はケイ素(Si)を基準にとり、ケイ素の原子一万个に對する各元素の原子数であらわされる。太陽系全体と地球のそれぞれについて、各元素の相対量を計算することができる。つぎに、各元素の相対量について、太陽系の値を地球の値でわって得られた数の対数值が欠損係数とよばれるものである。つまり、欠損係数が大きいということは、太陽系全体にくらべて地球では、その元素が少なくなっていることを意味することになる。

もし地球の大気が、太陽系のつくられたときの原始星雲の生き残りであったとすれば、希ガスの欠損係数が大きいという事実は説明できないことになる。したがって、地球の創成期には、たとえ原始星雲のガスが捕らえられていたとしても、その後の時期に地球を取り巻いていた原始大



図一 地球大気のネオン(Ne)・アルゴン³⁶(³⁶Ar)・クリプトン(Kr)・キセノン(Xe)など希ガスの欠損係数

気は地球から逸散したと考えなければならぬ。さて、図一でアルゴン (Ar) だけには質量数がつけられアルゴン三六とされている。その理由はアルゴンガスの主体をしめるアルゴン四〇がカリウム四〇の壊変^{註一}によってつくられたガスであるため、地球創成期のガスを議論するときには、アルゴン四〇のようにあとから加わった新参者は除外してアルゴン三六についてだけ考えればよいことになる。

このアルゴンの同位体組成が大気の形成時期をとく鍵をあたえてくれる。アルゴン三六とアルゴン四〇はともに安定な同位体であるが、アルゴン四〇はカリウム四〇の電子捕獲^{註一}によって生成してくるため、地質時代の経過とともにその量は増加する。地球が誕生した当初の四六億年まえの地球ではアルゴン四〇は少なく、アルゴン四〇とアルゴン三六との比は〇・〇〇〇一であった、と推定されている。

現在の大气中のアルゴン四〇とアルゴン三六との比は二九五・五で、このように大きな値が得られているのは、カリウム四〇の壊変によって生成したアルゴン四〇が地球内部から噴出してきたことで説明されている。地球内部にふくまれているアルゴン四〇の量は、地質時代の経過とともに大きくなってきたはずである。

地球をつくったとされる源物質は隕石のなかでもっとも多量にあるコンドライトとよばれる隕

石^二である。このコンドライトの研究から、地質時代に地球内部から脱ガスが連続しておきてきたとすれば、大気中のアルゴン同位体組成は二九五・五ではなく、一三〇〇ぐらいになっていたはずであるという。したがって、現在の地球大気中のアルゴンの同位体組成比の二九五・五という値を満足させるためには、いつ、どのくらいの量の脱ガスがおきたのか、理論的に決めることができる。

このような考えに基づいて、地球誕生後の五億年までのあいだに、八五%以上のアルゴンガスの放出があった、と結論されている。アルゴンは地球大気中の〇・九三%を占めるにすぎないが、地球をとりまくほかの揮発性物質である水・二酸化炭素・窒素などがアルゴンとは違った機構でもたらされたと考える理由はまったくない。

このような仮説は、東大の地球物理学教室の小嶋稔さんをはじめとする人たちによってうちたてられ、カタストロフィ初期脱ガス説とよばれている。カタストロフィとは「激変」の意味であるが、英語をそのまま使うことが多い。したがって、この仮説によれば、地球の大気も海洋も今から四〇億年前にはすでにできあがっていたことになる。

それでは、このような脱ガス現象によって、地球内部から放出されてきたガスの組成はどのようなものだったのだろうか。

高い温度で溶けている玄武岩の溶岩のなかでの酸素の分圧は、一〇〇〇万分の一気圧と小さい。しかし、このような条件下でのガスはメタン (CH_4)・アンモニア (NH_3)・水素 (H_2)ではなく、二酸化炭素 (CO_2)・窒素 (N_2)・水 (H_2O)といった成分になるという。もちろん、硫黄 (S)も亜硫酸ガス (SO_2)として脱ガスしたにちがいない。現在、火山から噴出するガスもたしかにそのような酸化型のガスである。

すでに金星と火星の大気が、二酸化炭素と窒素からなることを説明してきた。同じ地球型惑星とはいいながらも、地球の大気の場合には、金星や火星と違って、表一二にみられるように、二酸化炭素はほとんど含まれず、酸素がたくさんに含まれている。どうみても共通の組成とはいえない。しかし、この事実は地球に大量の水があることで説明できる。地球の内部から酸化的な高温のガスが多量に噴出し、それらは温度が低くなるにつれて、水蒸気は水となり、海洋を形成したとされる。硫酸や塩酸などを溶かした海には、岩石中からナトリウムやカルシウムなどの元素が溶け込んでいき、酸性の海洋を中和していったにちがいない。一方、大気中の二酸化炭素も海の中に溶けていき、カルシウムと結合して炭酸カルシウム、つまり石灰岩を形成していった。地殻に存在する石灰岩の量を算定すれば、どのくらいの量の二酸化炭素が大気から固定されていったのかを推定することができる。

表一 2 惑星大気の組成 (体積%で表わした)

	金 星	地 球	火 星
窒 素 (N ₂)	約 1.8% (1.6気圧)	78.09% (0.78 気圧)	2.7 % (0.16 ミリバール)
酸 素 (O ₂)	0.0001%以下	20.95% (0.21 気圧)	0.3 %
ア ル ゾ ン (Ar)	0.02% (18 ミリバール)	0.93% (0.0093気圧)	1.6 % (0.10 ミリバール)
二酸化炭素 (CO ₂)	98.1% (90気圧)	0.03%	95.32% (5.5 ミリバール)
一酸化炭素 (CO)	0.004%	微 量	0.08%
水 (H ₂ O)	0.1%以下	0~2%	微 量
全体の気圧	92 気 圧	1 気 圧	6 ミリバール

地殻の中に固定された二酸化炭素としては石灰岩のほかには有機炭素を忘れてはいけない。有機炭素は、生物の光合成によってつくられた有機物が堆積物として地層中に保存されたものである。いま、石灰岩と堆積性の有機物とをつくらせた二酸化炭素の量を炭素量として表わすと、 8.3×10^{22} g という膨大な値となる。これを二酸化炭素の圧力に換算すると、三八気圧という大量のガスとなる。

一方、窒素は反応性に乏しいガスであるところから、その量は二酸化炭素とはちがって、地質時代を通じて大きく変化したとは考えられない。したがって、この二酸化炭素量から推定すると、四〇億年まえの、脱ガス直後の大気の組成は、九七％の二酸化炭素と三％の窒素からなると結論される。つまり、地球に海洋が存在しなかったならば、石灰岩はつくられず、また生命の発生もなかったであろう。その結果として、地球の大気は金星の大気にきわめて類似した組成になっていたにちがいない。

さてつぎに、生命の発展にきわめて重要な役割をはたした大気の酸素についてもふれておこう。酸素は二酸化炭素が有機炭素として地層中に保存されたとき、遊離の酸素分子として大気に放出されたものである。石油や石炭資源は地層中の有機炭素の一部であるが、その量は小さく、わずかに〇・一％にすぎない。いま、地層中に保存されている 1.3×10^{21} という炭素量にみあう酸素の量は、現在の大气の中に含まれている酸素量の二五倍もの量にあたる。つまり、地質時代を通じて発生してきた酸素は地表の酸化に使われ、生成された量のわずか四％が現在の大气中に残されている、とみることができると。

ふたたび地質学の証拠から

これまで述べてきたカタストロフィ初期脱ガス説によると、四〇億年前には八五%以上の脱ガスが生じたことになる。したがって、当時はすでに現在の規模に匹敵するような海ができあがっていたことになる。つまり、脱ガスした二酸化炭素の量は三〇気圧をこす量であったと推定され、このように大量の二酸化炭素は石灰岩として海洋底に沈澱していったとされている。

しかし、三五億年前の地層のなかには、石灰岩はわずかしかないという事実がある。石灰岩が形成されなかったとすれば、そのように大量の二酸化炭素は大気中に留まっていたことになる。そのために生じてくる温室効果によって地表の温度は三〇〇度Cをこえたと考えられ、それは地質学の証拠とは矛盾することになる。

また、当時の堆積物には粗粒の岩石は少なく、堆積速度も小さかったことから、起伏の少ない平坦な地形が多かったと、推定される。もし、当時の海が現在の陸地も含めて地表を一樣にとりまいていたとすれば、その深さは二三〇〇呎といった海になってしまう。しかし、当時の堆積物はゆるやかな地形を後背地とする浅い海に堆積したとされている。この事実もカタストロフィ初期脱ガス説と相容れないことになる。

このようにみてくると、アルゴンの同位体比をもとにして組み立てられ、確立された学説のよ

うに信じられてきたカタストロフィ初期脱ガス説にも疑問が生じてくる。したがって、この仮説の前提条件についての検討が必要とされる。その前提条件は、脱ガスが起きる前の地球に一次大気がまったく存在しなかった、ということである。しかし、もし少しでも一次大気が残っていたとすれば、このカタストロフィ初期脱ガス説は根底からくずれてしまう可能性をもっている。

つぎに、その理由をかいつまんで説明しよう。太陽系がうまれた当時のアルゴンにはアルゴン四〇は含まれておらず、その大部分がアルゴン三六からなっていた、とされている。最近の研究によれば、地球に捕らえられた原始大気は強力な太陽風によって吹き払われたが、ゼロにはならなかった。もしも、その残存量が一七〇〇億トンぐらいあったとすれば、カタストロフィ初期脱ガス説は覆ってしまふ。どうやら、その可能性は十分にありそうである。

このようにみえてくると、ひろく認められているカタストロフィ初期脱ガス説は、その前提条件があやしくなり、また地質学上の証拠とも矛盾するところが多い。以上のことから、私は、地球大気と海とをつくった脱ガス作用は、けっして四〇億年前に一度におきた激変的な現象ではなく、地球の歴史を通じて断続的に繰り返かえして起きたと考え、「断続脱ガス説」という新しい仮説を提唱している。まだ多くの人々の支持するところとはなっていないが、さらにこの仮説を追求していきたい、と考えている。

地球の環境が一定に保たれてきた機構

太陽から地球に到達するエネルギーは $1.367W/m^2$ で、この入射エネルギーをもとに地球表面は一三度Cという温度を保っている。

太陽系生成論^{註三}によれば、太陽が主系列にはいつてから以降、太陽定数は地質時代の経過とともに上昇し、現在の値になったとされている。この考えに基づくと、四〇億年前の太陽定数は現在の七五%しかなかったことになってしまう。

もしこのことが事実であるとすれば、地球環境の恒常性といった議論は論外のこととなる。太陽定数が一%増加したとして、地表での平均気温は一〜二度C変化するというから、二五%の變化というのは、温度の上昇にもなって生じてくるアルベド（日射に対する反射率）の影響などを考慮すると、異常に大きな値となる。おそらく、地球表面は完全に凍結してしまい、火星に地球が想像されよう。しかし、地球の歴史にはそのような記録はない。この難点を解決する方法として二酸化炭素の濃度変化を想定している研究者もいる。つまり、太陽定数の小さかった太古の時代には大気の二酸化炭素濃度が大きかったとする考え方である。

地質時代の海水温の推定には、チャート岩（細かい石英の粒からなる堆積岩）の酸素の同位体が使われている。海水中の酸素の同位体比が現在の値と同じであったとすれば、三四億年まえの

海水の温度は七〇度Cであった、ということになる。ところが、当時の同位体比が時代とともに変化してきたと仮定した場合には、当時の海水温をそのように高く考える必要はない、という意見もだされている。前の説からは、二〇数億年前の地球に氷河の証拠が知られていることの説明が困難になることやその他の理由などから、私は後者の説が正しいと考えている。

いま、地球の平均気温が二度C低下したとすると、氷床が増大し、それにとまなうアルベドの増加によって海域全体が氷結してしまふという見解もある。

この当否は別としても、地表におけるわずかな変化が長い年月の間には相乗効果を生み、地球環境の大きな変化となって現われてくるものと考えられる。ところが、海洋は地質時代を通じて海洋全体が結水することも沸騰するようなこともなかったことから、地球表面の温度に関しては微妙な調節機構が存在していた、と考えたほうが理にかなっている。つまりは、フィードバック機構の存在である。気温が上昇したときには、それを引き戻し、逆に気温が下がったときにはそれを上昇させる機構である。

このような負のフィードバック機構の唯一の可能性は雲の存在であろう。地球の全天をおおう雲量は四七%で、地球全体のアルベドの八〇%を占めている(表一三)。気温の変化にとまなうて雲量の変化がおき、それがフィードバック機構として働くというのである。

この当否についての立証は私の能力をこえてしまうが、このことが正しいとすれば、地球環境の恒常性は地球上の水によって保たれているとみることができる。

水こそ地球らしさの母

地球は現在、太陽から約一億五〇〇〇万^キのところを楕円軌道をえがいて、公転している。もし、地球が金星の軌道にはいったとすれば、どのようなことが起きるのだろうか。疑いもなく、温度は上昇し、海洋は沸騰して大気へ、そして、水蒸気は紫外線による光分解によって酸素と水素に分解される。このようにして生じた水素は地球の重力圏外へと逸散してしまい、酸素は岩石の風化に使われてしまう。まさに、現在の金星のような環境が繰り広げられる。

では逆に、火星の軌道まで遠ざけるとどのような地球になるだろうか。気温は下がり、海洋は完全に結氷してしまう。まさに、地球が地球らしさを保つためには現在の地球軌道以外にはあり

表-3 地球のアルベド(日射に対する反射率)

	アルベド (A)	地表面を占める 割合 (f)	反 射 の 量 $A \times f$
雲	0.52	0.472	0.245
岩 石	0.15	0.021	0.003
水	0.04	0.353	0.014
氷	0.70	0.032	0.022
植 生	0.13	0.122	0.016
		1.000	0.300

[M.H.ハート, 1978による]

えないことになる。

それでは、地球上に水がなかったらどうのようになるであろうか。二次的脱ガスで放出された二酸化炭素と窒素からなる大気が形成されたであろう。しかし、海洋がなければ、石灰岩の生成はおきず、三〇気圧以上もの二酸化炭素によって大気がつくられてしまうことになる。そうなる、温室効果による気温の上昇によって、地球は灼熱地獄の様相を呈することになる。

たとえ地表温度は現在の地球と同じであったにしても、水がなければ、生命の発生もありえなかったであろう。したがって、大気中の酸素の生成もありえなかったことになる。また、水の存在によって、大気中に雲がつけられ、そのアルベドによって地球の環境は一定に保たれていたことはすでにみてきたところである。

生命に富んだ緑の地球が存在するためには、水の存在は必須条件であり、その意味で水こそ地球が地球らしさを保つことのできる源である、ということができよう。

注一 放射性の元素のカリウム四〇は一・二・五億年の半減期で、原子番号の一つ小さいアルゴン四〇になる。この壊変は、陽子が軌道電子の一つを吸収して中性子にかわるためにおこる変化で、この吸収を電子捕獲という。

注二 イン石は大別すると鉄イン石・石鉄イン石・石質イン石の三種類になる。石質イン石は小さな粒子をもつコンドライトとそれを含まないエイコンドライトとに分けられる。イン石のなかではコンドライトが最も多く、それが地球をつくった主な物質であると考えられている。

注三 原始星雲の急激な収縮によって星が誕生する。ついで、長い主系列星の時代に入り、最後には巨星となって、星の一生は終わる。太陽は現在主系列の時代で、この期間は約一〇〇億年つづくと考えられている。

注四 太陽から地球に入射するエネルギーは、一平方センチあたり一分間に一・九四カロリーであり、これを太陽定数という。実際に地表に到達するエネルギーは、大気の影響をうけて小さくなる。

II 水と暮らし

II 水と暮らし

(1) 北海道の歴史に見る川と暮らし

丹 治 輝 一

先史遺跡と川

北海道に人類が住みはじめたのは、最後の氷河時代（ウルム氷期）の終り約二万年前のことといわれている。当時の海水面は現在より一〇〇〜一四〇メートルも低く、そのためできた陸橋によって北海道は大陸と陸続きであった。陸橋を渡って、北のシベリア大陸からマンモスのほかオオツノジカ、ヘラジカ、オオシカ、トナカイ、クマなどマンモス動物群といわれる動物の仲間が渡ってきた。これらの動物を追ってやってきた「マンモス・ハンター」たちが北海道最初の人類であった。



陸上の獸を追う生活を基本にしていたこれら先土器時代人は、ひとつの場所に定住することはなかつたようである。しかし、その遺跡は河川の上・中流域の段丘面で発見される例が多く、すでに先土器時代から川の流域はすぐれた居住環境であつたと想像される。

約八千年前からは縄文時代、約二千年前からは弥生時代（氣候条件から米がでなかつた当時の北海道では、縄文時代と同じように狩りと採集が続ぎ、続縄文時代と呼ばれている）となるが、これらの時代の遺跡も川沿いの段丘面にあることが多く、川とのかかわりがうかがわれる。

千二百年ほど前には、縄文による装飾を全くもたない擦文式土器と土師器はじきの到来に特色を持つ擦文時代となる。擦文人の主な生業は、川をさかのぼるサケやマスなどをとる漁労や狩り、採集で、川での漁労、川の両側に広がる段丘面での採集や狩猟と、川への依存度は高かつた。

擦文人が北海道全域に暮らしていた頃、道東地方の海岸地帯には海を中心とした狩猟、漁労などを生業とするオホーツク人が住んでいた。その集落はおのずから海岸付近にみられるが、飲み水の確保などのため海岸でも川の近くが選ばれている。

擦文、オホーツク文化は十三〜十四世紀に終るが、その後近世アイヌが記録に登場するのは十七世紀のことで、この間数百年の北海道の人については今のところわからないことが多い。

アイヌの人びと

北海道の地名はアイヌ語起源の多いことが最大の特徴となっている。そして、アイヌ語地名のほぼ半分は川の名にちなむといわれている。いずれも「川」の意味をもつ別（ベツ↓ベツ）、内（ナイ）のつく地名が非常に多いことはよく知られているが、川とアイヌの人びととの密接なかわりを示すものである。川は大切な食糧を得る場所であり、飲み水を得る場所であり、交通路でもあった。

擦文文化、オホーツク文化に続くアイヌ文化の担い手であったアイヌの人びとの集落（コタン）はふつう川筋に位置していた。擦文人とオホーツク人の両方から受けつがれたと考えられているアイヌ民族の生業は、川でのサケ、マスを中心とした漁労、川の上流や山にいるクマ、シカなどをとる狩猟、それに多種類に及ぶ山菜、木の実の採集、ヒエ、アワ、キビ、ムギ、ソバなどのわずかの農耕から成り立っていた。その食生活は擦文人、オホー



写真-1 平取のアイヌコタン
（『日本地理大系』第10巻 昭和5年より）

ツク人に比べはるかに多角化していた。

主食であったサケは、秋から初冬にかけて産卵のため川をさかのぼるのをマレクという鉄製の釣のついた漁具で突いたり、テシという魚止めの柵、あるいはウライ（やな）を使ってとった。川漁ではサケ、マスのほかウグイ、アメマス、イトウ、シシャモ、ヤマメ、イワナ、フナなども捕獲されていた。

コタンは大きな河川の付近や、河川が海に注ぐ河口付近にあって、数戸あるいはせいぜい十数戸で成り立っていた。日々の生活の糧を得る領域はイウォルとよばれ、コタンごとにおのずと境界があった。川はイウォルの境界の規準ともなり、その境界は本流とそれに注ぐ支流別に決められた。コタンの分布は、どの川筋でもサケがさかのぼる限界よりも下流に集中していたといわれている。それほどサケは重要な食糧源であった。

和人が松前城下を根拠に蝦夷地の海岸各地に出張所である運上屋（会所）を設け、アイヌの人びとを雇って漁場を経営するようになる、運上屋の近くに強制的に居住させるようなこともおこり、内陸河川での伝統的な生活基盤は失われていった。さらに明治期に入ると、河口でのサケ・マス漁業が大規模に展開されたことから上流への遡上がさまたげられ、産卵場所を主な生業の場としていたアイヌの人びとの川漁も禁止される。その後、明治三十二年の北海道旧土人保護法に

より生じた給与地の規定によって、その生活も慣れない農業によらざるをえない状況におかれた。

河川交通の時代

海岸部の漁場開発が中心の出かせぎ地としての性格が強かった江戸時代の蝦夷地内陸部は、和人にとってほとんど未知の世界であった。交通は、海路や海岸沿いの通行が主で、陸路は河川や鹿などの通路を利用する不便なものであり、開削された道路は少なかった。陸路を横断して海岸部を結ぶ交通路としては、遊楽部（八雲町）・瀬田内（瀬棚町）間、長万部・歌棄（寿都町）間、勇払（苫小牧市）・石狩間があり、また、石狩から石狩川によって上川のタナシ（比布町）に出て、天塩川の上流にたどりつき河口の天塩に至るルート、十勝から富良野を経て上川に至るルート、釧路から釧路川沿いに内陸の標茶（しべち）を通して海岸の斜里に出るルートなどがあった。いずれも川は主要な交通路であった。

幕府が蝦夷地を直轄地とした寛政十一年（一七九九）以降、海防や開拓論に関連して蝦夷地の調査がさかんに行われ、内陸部のようすも次第に認識されていった。河川については間宮林蔵や近藤重蔵などによって石狩川や天塩川の探検が実施されている。なかでも、弘化二年（一八四五）以来、安政五年（一八五八）までの間に六回にわたり蝦夷地に渡った幕末の探検家松浦武四郎の

調査は、海岸部のほか内陸部では勇払・石狩、石狩川、天塩川、釧路川、十勝川などの川沿いに及び、未踏の内陸部の調査を大きく前進させた。

明治期に入り、北海道への移民政策を進める前提として、道路、鉄道の建設は最も基礎的な事業のひとつであった。しかし、これらの交通手段がなお建設段階にあった開拓時代に、移住者や入植地への物資を輸送し、農産物の輸送など地域交通の上で主要な役割を担っていたのは河川交通であった。石狩川、天塩川、十勝川、釧路川などの大きな河川は河口と内陸部を結ぶ大動脈であった。河口の町は物資の集散地としてさかえ、流域にも旅客、物資輸送の中継地として発展した町があった。

十勝平野を流れ、太平洋に注ぐ十勝川はもと河口部で大きく分かれて流れ、西側の現十勝川は以前は大津川と呼ばれていた。その河口の集落大津（豊頃町）は、明治三十年前後まで河川交通の基地としてさかえていた。明治八年頃から移住者が増加し、同二十四年当時にはすでに戸数一三〇戸、七四六人の集落となっていた。その後二十九年に十勝地方の殖民地測設、貸付けが開始されると翌年には函館・大津間に定期航路も開設された。大津と十勝平野の内陸部を結ぶ河川交通は、利別太（池田町）まで七〇石積み、利別太から帯広まで五〇石積みの定期船であった。利別太は支流の利別川との合流地点でもあり、当時は積み換え地としてにぎわった。明治三十三年

当時の大津は戸数三五〇戸、二千人の町に成長し十勝地方の行政中心地でもあった。

しかし、明治二十六年に帯広・大津間の大津街道が開削され、同三十七年に釧路・帯広間鉄道（根室本線）が開通すると、貨客輸送基地としての大津港の役割は低下し、以後十勝平野開拓の拠点は帯広に移った。

渡船場と橋

川に橋がかけられる以前には、渡船場は道路交通の上で欠かせない存在であった。明治期以降の道路建設とともに橋の架設も進められたが、財政難に加えて治水事業も不十分であった当時は重要路線でも各所に渡船場があった。渡船の制は松前藩時代からあったが、開拓使は明治六、七年にかけ渡船の取扱方法を全道的に統一し、人馬渡賃、渡守の手当その他の規則を定めた。

北海道庁の設置以降渡船の規則はさらに整えられ、明治三十一年十月には渡船取締規則、渡船取扱規定を定め、渡船場の各種設備、取扱人の業務、渡船料などについて詳細に規定した。渡船には官設渡船のほかに私設渡船があった。明治四十三年末当時、道内の渡船場は官設渡船一一九、地方費渡船四六、私設渡船一四六で合わせて三一一か所に上っていた。

旭川を起点に最北端の稚内に至る幹線道路、現在の国道四〇号の基礎となる道路は、明治二十

九年仮定県道天塩線として旭川から工事が進められた。以後、天塩国内陸部の開拓の進展とともに北へのび、二十数年を費し大正の末には旭川・稚内線として全通している。この道路は、中流部の士別市街から名寄盆地を貫流し、音威子府から天塩山地を横断して西流、中川町を経て下流部は天塩平野に入り、天塩で日本海に注ぐ北海道第二の長流天塩川沿いにのびている。道路は各所で天塩川と交差していたから渡船場の設置個所も多かった。とくに、蛇行のいちじるしい中、下流域には多かった。美深町、音威子府村、中川町、幌延町などには開拓の当初から渡船場が設置されていた。はじめから官設のものが多かったが、その他私設から官設となる場合もあった。

官設渡船には取扱人が決められていて手当が支給された。渡船が一回に運ぶ人数は八人ほどで、貨物もあると四〜五人がふつうであった。兩岸がワイヤロープで結ばれていて、船頭はこれに頼りながら權さばきによって船を操っていた。

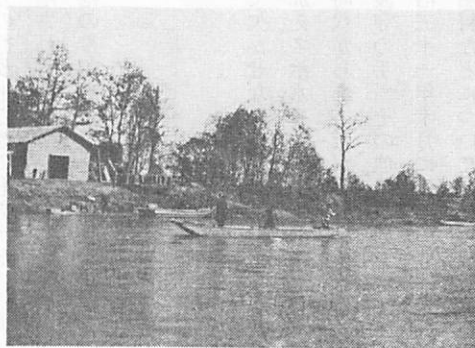


写真-2 天塩川の渡船場 (名寄付近)
『殖民公報』第59号 明治44年より

渡船は冬期間と春の増水期には不通になった。場所によっては冬になると川に氷橋が架けられることもあった。これは、岸の結氷部分の雪を踏みかためて氷を厚くし、それを対岸に斜めに着けることができる長さの長方形に切り、流れを利用して対岸に渡して橋としたものであった。地区住民の共同作業などによって、例年十二月下旬から一月上旬にかけられた。融雪期の三月下旬から四月初旬には落ちた。

渡船場は、橋の架設が進められるとともに姿を消していったが、天塩川流域では第二次世界大戦後まで設置されていた所もあった。

明治十五年当時、北海道内の官設の橋梁は二〇二を数えていた。ほとんどが木橋であった。木橋は洪水により流失することも多く、その度ごとに架けかえなければならなかった。その後、コンクリート橋や鉄・鋼橋も登場した。明治、大正期につくられた鉄・鋼橋は北海道内では五か所にすぎなかった。明治期では、北海道ではじめて架けられた鉄・鋼橋である札幌の豊平橋（明治三十一年）のほか、滝川・新十津川境界の石狩川橋（同三十五年）、旭川の旭橋（同三十七年）、大正期では江別の石狩大橋（大正九年）と豊平橋（同十三年）である。

昭和戦前期には、道路整備事業や河川改修が進み、また、都市計画による街路橋などが次々と架けられるようになり、昭和十二年までに三〇余りの鉄・鋼道路橋が建設された。豊平橋、旭橋

とともに釧路の幣舞橋（ぬままい昭和三年建設）は戦前北海道の三大名橋と呼ばれていた。しかし、日中戦争以後の戦時体制期には鋼材も軍事優先とされたから鉄・鋼道路橋も建設されなくなった。この種の道路橋が再び架けられるのは昭和二十三年以降のことである。

治水の歩み

開拓時代の北海道では、開拓地の河川はひんぱんに氾濫した。本州の河川の多くが、急峻な山地を流れ、狭い平野に出てすぐ海に入るのに比べ、北海道の河川は山地を出てから広いなだらかな堆積谷や平野部をへて海に注ぐ場合が多いから蛇行がいちじるしく、洪水による河道の変遷もはげしかった。したがって、水害から流域を守る治水事業は、戦前、戦後の北海道の拓殖・総合開発計画のなかで常に重要な位置を占めてきた。

根本的な治水計画の必要性が高まったのは、明治三十一年九月に起こった全道的な水害が契機であった。暴風雨によるこの水害は石狩川はじめ多くの河川の氾濫により死者二四八人、家屋流失倒壊三千五五戸、浸水二千四百余戸、耕地浸水五万六千ヘクタールに及び、その他道路、鉄道に大きな被害を与えた。治水対策としては、この水害以前にも洪水による被害発生とともにその必要性が生じていたが、多額の経費を要するためにわずかに応急処置的な工事が行われていただけであっ

た。石狩川水系でさえも、明治二十年代に入り一部堤防工事もみられるが、その中心は本支流の流木除去や、川底をさらって深くするいわゆる低水工事にあった。

大雪山中の石狩岳に源を発する石狩川は、石狩、十勝、北見の境界に連なる諸山地から流れ出る溪流をあつめ、層雲峡付近の峡谷をへて上川盆地に出る。ここで忠別川、美瑛川びえいその他大小支川を合流して、神居古潭かむいこたんの渓谷を通り深川市に達し、滝川市、砂川市を経て石狩平野に出る。この辺りより下流の石狩川は蛇行の跡がいちじるしい。

石狩川の下、中流域には明治二十年代に移住者の増加がみられたが、明治三十一年の水害は開拓移民に大きな打撃を与えた。これを契機にこれまでの工事方法が反省され、以後は本州と同じように洪水を防ぐために堤防を高くする、いわゆる高水工事が本格化した。北海道庁内に北海道治水調査会が設けられたほか、民間でも石狩川治水調査会が組織され、明治三十二年から国費による治水のための測量調査も開始された。石狩川治水の基礎調査は、その後北海道十年計画（明治三十四年～四十三年）のなかでも継続されていたが、この期間中の三十七年七月には未曾有の大洪水が発生し、四十二年にはこれらの調査資料をもとにはじめての石狩川治水計画が立てられた。この計画を中心となってまとめたのは、当時の北海道庁技師で、明治三十一年の豊平橋を設計したり、函館港の調査など幅広く北海道の開発に貢献した岡崎文吉であった。

こうして、北海道の治水事業は明治四十三年からの第一期北海道拓殖計画事業のなかでようやく本格的にとり上げられ、さらに第二期北海道拓殖計画（昭和二年～二十一年）にひきつがれた。石狩川についてもこのなかで、第一期工事（明治四十三年～昭和八年）、第二期工事（昭和九年～十六年）、第三期工事（昭和十七年～二十一年）のほか、支流の江別川、夕張川、千歳川治水工事（大正九年～昭和十八年）、豊平川治水工事（昭和二年～十九年）などが実施に移された。石狩川第一期工事では、河口近くの対雁（江別市）・生振（石狩町）間五か所の曲流部を捷水路工事によって直線化したほか、旭川、深川、滝川の市街堤防工事などが行われた。続く第二期工事では、対雁上流・月形間の治水工事に重点がおかれた。第三期工事でも月形から上流、深川間を対象に計画されたが、これは戦時体制の影響ではほとんど実施されなかった。

第二次世界大戦後の石狩川治水事業は、月形付近から上流の工事に重点がおかれ、昭和四十四年に完成した砂川の捷水路工事で一段落している。石狩川の流路延長はかつては三六〇キロ余りもあったが、相次ぐショートカットにより蛇行か所はほとんどなくなり、約百キロ短縮された。河道は大きく変貌したが、旧河道は河跡湖として各地に残り、その一部は公園などとして利用されている。

サケのふ化事業

北海道のサケ漁業は、江戸時代からニシン、コンブと並ぶ重要漁業で、ニシン、コンブの漁場が沿岸であるのに対し、サケ漁場の中心は河川であった。最大の産地であった石狩川河口などで大規模な曳網漁業が営まれ、のちには沿岸、沖合漁業としても発展した。

一方、サケを捕獲して採卵、稚魚を育てて放流するサケの人工ふ化事業は明治初期以降にはじめられた。明治十一年、開拓使によってふ化試験事業が行われ、札幌付近の千歳川、琴似川、漁川、函館の近くでは遊楽部川、茂辺地川、根室では西別川で採卵され、札幌の借楽園にはふ化場がつくられ、函館では七重勸業試験場で試験が行われた。試験段階は数年で終わり、事業としては明治二十一年、千歳川上流に千歳鮭鱒孵化場（現水産庁北海道さけ・ますふ化場千歳支場）が設置されてから本格化した。

日本のふ化事業史上画期的な施設であった千歳ふ化場は、明治十九年から一年余りアメリカの漁業事情を調査して帰国した、初代の北海道庁水産課長の伊藤一隆が、メイン州バックスポートのふ化場などでサケ・マスふ化法について学んだ経験にもとづいて計画された。伊藤の構想は、中央ふ化場を官営で設立し、発眼卵にして道内の河川に送り、このため各河川にも簡易ふ化場をつくるというものであった。中央ふ化場の候補地として、調査の結果豊富な湧水に恵まれた千歳

川上流が選ばれた。江戸時代からサケの漁場として知られ、すぐれた産卵河川であった千歳川の上流は、中央ふ化場の設置にふさわしい場所であった。

四五坪ほどのふ化室をもつ千歳ふ化場は明治二十一年十二月には完成、さっそく地引網で親魚を捕獲、この年の採卵は約三百万粒に上ったという。

翌年二月には日高沿岸の六河川に卵を送った。同年ふ化室を増築し、六百万粒を採卵しうち二五〇万粒を道内十の河川に配分した。はじめてのサケが回帰した二十五年十二月にはおびたしい数のサケが川を埋めたという。明治三十三年には千五百万粒の収容能力を有する国内最大規模の施設に発展した。千歳ふ化場以降、千歳から移植する河川として多くのふ化場が民営で設立され、多くの施設が千歳の指導を受けている。

明治期に設置された道内の民営ふ化場は三四か所に上り、うち明治四十年には虹別ふ化場が官営となった。その後えとりま択捉島にも官営のふ化場がおかれた。

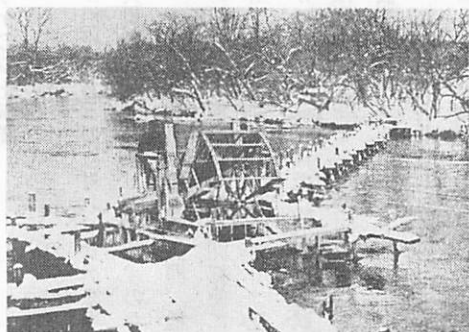


写真-3 千歳鮭鱒孵化場の捕魚車
(『殖民公報』第4号 明治34年より)

しかし、大正期には多くの民営ふ化場は経営難からその官営化が検討され、昭和九年四月にはふ化事業は国に移管された。移管された民営ふ化場は三十八、それまでの官営三ふ化場を合わせ道内のふ化場は四十一か所となった。

米作の発展と灌漑

米作は畑作、酪農とともに北海道農業を支えるひとつの柱であり、川水の利用ときわめて深いかかわりがあるが、この点については後にでてくる「農業用水と環境」の節(一二三ページ)を参照していただきたい。

木材資源の開発と流送

北海道の豊富な森林資源の開発は、すでに江戸時代に一部の地方にみられ、江戸、大阪方面に送られているが、明治前期以降その用途は輸出向けの枕木のほかマッチ軸木、経木、銃床材、船材、その他各種の建築用材として商品化の道が拡大され林業が発展した。

明治から大正中頃までは、伐りたおした木材を運搬する運材法は河川を利用する流送が中心で、大小河川のいたる所でみられた。当時の伐木造材事業は冬山造材が中心で、流送による運材は雪

融け時期からの数か月の作業であった。水量の豊富な大河川では十月から十一月頃まで行われたという。

北海道の木材生産地の中心は、明治三十年頃までは石狩、後志、胆振などの道南・道央地方であったが、それ以後は天塩、十勝、北見地方へと拡大していった。流送を中心とした水運材時代といわれた当時、木材生産の大部分は河川流域を中心に拡大していった。

天塩川流域でエゾマツ、トドマツの本格的な流送が行われたのは明治三十三年以降であった。水量が多い上にゆるやかな流れに恵まれた天塩川は流送に適し、河口の天塩港は木材積出し港としてさかえた。とくに、明治三十年代後半から四十年代にかけての一時期、「天塩材時代」と呼ばれる活況を呈した。明治四十年前後には天塩地方のほか、北見、日高地方などでも未開地処分によって伐り出された農場などの立木が対象とされ、沿岸で積取りが行われ東京、大阪、名古屋方面に輸送された。

各河川でみられた流送技術は本州の府県から伝えられたもので、ほとんど同じであったが、北海道では管流し、つまり木材をバラ流しする方法が多かった。水量の少ない小河川では、水をためる堰を数か所に築いて、満水になると一気に木材を流す鉄砲出しの方法もとられていた。管流しに対する筏流しが行われたのは釧路川、石狩川、天塩川など大河川の一部と、釧路川上流の屈

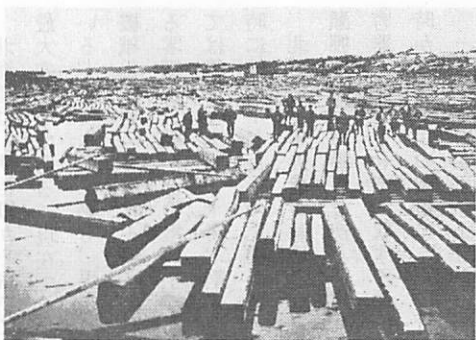


写真-4 天塩港の木材
（『殖民公報』第43号 明治41年より）

斜路湖や千歳川上流の支笏湖などの湖面運搬に限られていた。

流送作業の従事者は、冬の間山元での伐木造材、馬櫓による運搬作業などに従事していた本州からの出稼者が、引き続き流送作業に従うことも多く、事業規模が大きく、また、河川の状態によって流送技術に熟練を要する場合には富山、岐阜、奈良、徳島、和歌山、東北地方などの流送事業のさかんな地方からの出稼者がその中心を占めていた。

流送作業の人の配置は管流し、筏流しで多少異なっていた。管流しの場合、流れる木材の下流側を木鼻、上流側を木尻といい、先狩、中狩、後狩の三隊に分けられ、障害をとりぬきながら木材といっしょに下った。後狩隊に最も多くの人員を配置した。

しかし、流送は橋や護岸工事、灌漑用水などにも被害を与えるので批判が高まり、大正十年の温根湯（留辺蘂町）をはじめとして、大正末期以降森林鉄道の発達による軌道運材の時代を迎え

ると次第に姿を消していった。

馬鈴薯澱粉工場

北海道は、明治期から国内で生産される馬鈴薯（ジャガイモ）澱粉のほとんどを供給してきた最大の産地である。現在でも、道内で栽培される馬鈴薯の五〇パーセントは澱粉原料に向けられている。澱粉生産工場も、現在は昭和三十年代以降に登場した農協系の資本を中心とした大規模な機械化工場（合理化工場）の時代であるが、それまでは個人、あるいは農家の共同経営などによる零細な工場がその担い手であった。合理化工場に対し、在来工場と呼ばれる零細工場は、かつては後志、上川、十勝、網走などの馬鈴薯主産地を中心に北海道内の各地に存在し、昭和十年当時には約千七百もの工場があった。

北海道で馬鈴薯が栽培されるようになったのは江戸時代前期の宝永三年（一七〇六）、道南の瀬棚地方の漁場が最初といわれている。水洗いした馬鈴薯をおろし金ですりおろし、水を入れた容器に沈澱させて回収する澱粉はどこでも簡単につくることができるから、馬鈴薯栽培の導入當時から自家用の澱粉づくりは行われていたと思われる。

一方、商品生産を目的とした澱粉の製造は明治十五、十六年頃からで、道南の八雲地方がその

先進地であった。明治二十六年頃の八雲村では水車を動力とした工場で千俵（一俵＝十貫）余りを製造する者があらわれ、以後三十年代にかけ工場設備の改善がはかられた。

澱粉の製造工程は薯洗い、すりおろし、沈澱、さらしの各工程を経て乾燥後製品となるが、さらしまでの段階に大量の水が必要とされる。また、初期の澱粉工場は水車を動力にするものが最も多かったから、澱粉工場も製造工程で使われる水と、水車をまわす落流の得られる川の流域に多かった。

澱粉の製造工程で必要な用水は豊富で、良質であることが望ましい。そのため、小河川の清水でもいったん溜池に導き、日光にさらし不純物を沈澱させてから使用するのがよいとされていた。工場動力の水車は、第一次世界大戦の影響で北海道の澱粉がヨーロッパ市場に直結し、工場にわかに増えた大正五年当時、全工場数一四八一の約七〇％を占めていた。これに次ぐのが馬を使った馬廻し動力で、以下ガス・石油発動機、蒸気機関となっていた。水車動力による工場は上川地方と後志地方に最も多く、次いで渡島、桧山、網走の順となっていた。当時の澱粉製造の主な産地である。

火山灰地が広がる後志の羊蹄山麓地方は、馬鈴薯栽培に適した土地・気候条件に恵まれ、開拓地への入植が本格化した明治三十年代中頃から澱粉生産が始まった。喜茂別町ひらおか比羅岡地区はその

中心地のひとつであった。尻別川に注ぐ水量豊富で流れの速い目名川沿いの比羅岡地区には、昭和十年代には馬鈴薯栽培農家の経営する九つの工場が集中していた。動力はいずれも水車であった。澱粉工場の操業期間は、馬鈴薯収穫後の九月十一月中の約二か月間が中心で、最盛期には川も濁流と化したという。水車をまわす流水や薯洗い用の水は濁り水でもかまわなかったが、製造工程で流される水は清水で、この地区では豊富なわき水が使われた。水車は直径七尺、九尺などの他に十二尺というのもあった。

戦後、澱粉工場の動力にも石油発動機、電動機が普及したが、水利に恵まれた生産地では最後まで水車を動力とする在来工場が多かった。

初期の水力発電所

国内初の水力発電所は、明治二十五年に琵琶湖の水を利用し京都につくられたが、北海道では岩内水力電気(株)が、日本海岸の岩内郡敷島内村(岩内町)に建設した幌別川発電所が最初であった。この発電所の発案者は岩内の資産家武内嘉三郎で、明治三十六年頃当時珍しかった水力電気の話を知り、雷電山から流れる小河川である幌別川の利用を考え、当時水力発電機を扱っていた京都の才賀電機商会に計画調査を依頼した。同商会から提出された設計書によると、幌別川に

堰堤を設け、そこから山腹に沿って木樋水路で導き、落差四十三メートルを利用し一二〇瓩発電機と二四〇馬力のフランシス型水車各一台を設置し、岩内町、野束村（岩内町）、敷島内村に送電して電灯用に電力を供給するというものであった。

この設計書にもとづいて発電所が建設され、明治三十九年十月に送電が開始された。しかし、この発電所は、水量計算が甘かったため、竣工はしたが水力発電所としては不十分なものであった。そのため、明治四十二年には百馬力の吸入ガスエンジン発電機を設置し、市街への電力供給は渇水時には火力で、豊水時には水力でまかされた。大正四年には水力発電設備も五〇瓩に変更されている。

岩内の発電所はその後の水力発電所建設に影響を与えたように、明治四十二年には豊平川上流に定山溪発電所が完成している。四百瓩発電機二台で三八メートルの落差を利用し、札幌まで一万一千ポルトの特別高圧送電線路で送電されたが、これは道内における高圧送電の最初であった。

初期の水力発電所はいずれも地方の市町村に電灯をともし電力を供給するものであったから、その規模も小さかった。これに対し、工場の動力用に電力を供給する水力発電所としては、明治四十三年、王子製紙苫小牧工場建設のためにつくられた同社の千歳第一発電所が、当初から国内有数規模の水力発電所であった。

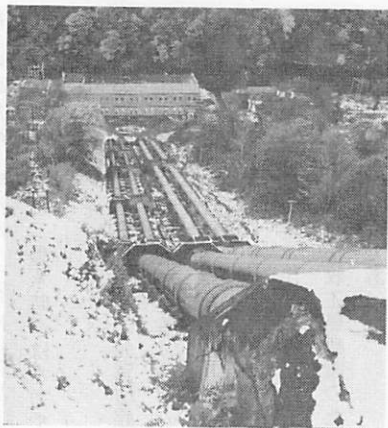


写真-5 王子製紙(株)千歳第一発電所

の役割を持つ支笏湖と、数か所に滝のある千歳川の上流が、水力電気開発にふさわしい場所であるのを発見したのは明治三十七年秋のことであった。当時の本州では製紙工場は木材パルプ用の原木の得やすい山間部に立地し、動力もタービン水車であったから、工場も川の水利のよい地点が選ばれていた。

当初は、王子製紙も北海道工場をこの発電所の近くに建設する計画であった。しかし、当時は

支笏湖に源を発する千歳川の上流域、当時の烏さくまい棚舞村(千歳市)に建設されたこの発電所は、一、二六の落差を利用し、当初一萬馬力の発電能力をそなえていた。当時としては大変な容量で、苦小牧工場への送電だけでは消費できず、余剰電力を札幌、小樽、苫小牧、江別などへ供給した。千歳川上流に発電所を建設したのは、当時本州の三か所に製紙工場を操業していた同社が、原木の枯渇傾向などから北海道内に工場適地をさがし、調査を進めた結果にもとづいてであった。天然ダム

また、送電技術がようやく発展しつつあった時代で、明治三十年代の後半には三〇キロ程度の距離の送電が可能となっていた。そこで同社の工場も発電所から約二四キロ離れた苦小牧に決定されたという経緯がある。当時一寒村にすぎなかった苦小牧への工場建設は、工業都市苦小牧発展の基礎となり、製紙工場の本格的な工場電化の先がけとなり、製紙工場の立地条件を山間の工場から平野部へと移動させた。千歳第一発電所で発生した三千ボルト電圧は変圧器で四万四千ボルトとし苦小牧工場に送電された。千歳川上流域には、その後苦小牧工場の規模拡張にともなって、大正初期以降昭和十年代にかけて第二、五発電所が建設された。

参考文献

- 藤本 強 一九七九 北辺の遺跡 教育社
- 白老民族文化伝承保存財団 一九八七 アイヌ文化の基礎知識
- 梅木通徳 一九五〇 北海道交通史 北方書院
- 国土開発調査会 一九六六 石狩川―その治水と利水
- 北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会 一九八四 北海道における鋼道路橋の歴史
- 秋庭鉄之 一九八〇 北海道のサケ 北海道開発問題研究調査会

大金永治編 一九七三 北海道林業発達史論 北海道大学図書刊行会
北海道電気協会 一九七八 北海道電気事業史

(2) 飲む水・すてる水

神 山 桂 一

生きるための水と都市の水

わたしたちは水なしでは生きていけない。大昔から人々は水の得やすい川岸や泉の周辺に集って暮してきた。今でも昔の川岸から当時の人々が住んでいた遺跡が発掘されるのはそのためである。

ところで人々は生命を維持するためにどの位の水を必要とするのであろう。われわれの身体を構成する細胞は大部分が水である。体重の六〇ないし七〇%を水が占めているといわれている。その水は飲み水や食品と一緒に身体にとり込まれるが、一方では体内の水は汗として皮膚に湿り気を与えたり、温度調節を行うために蒸発して失われる。また、尿として体内から老廃物を排泄するための役割もしている。こうして失われ

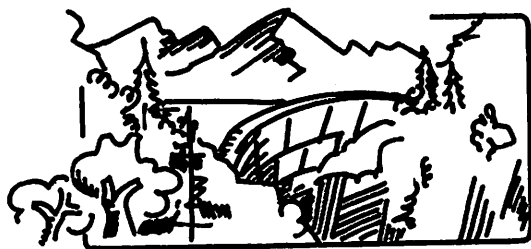


表-1 生活用水の用途と使用量⁵⁾

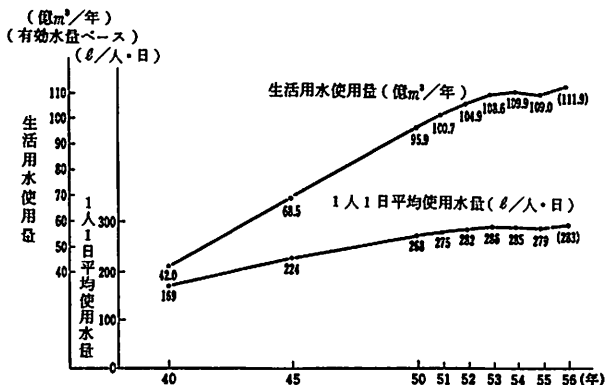
用 途	1人1日当り(ℓ)
飲 料 水	5
手洗・洗面用水	30
厨 房 用 水	40
浴 室 用 水	30
便 所 用 水	15
雑 用 水	10
合 計	130

(表-5 も参照のこと)

てゆく水を補うために、人間にとって水は不可欠なものであるが、最低限必要な量は一人一日当りにすると僅か二ないし二・五リットルである。激しいスポーツをして汗を多量にかく時や、塩分をとり過ぎてのどがかわく時に、もっと多くの水を飲まねばならないことは日常よく経験している。人々が生活するためには、口から摂取する水以外にも種々な目的で水を使っている。炊事・洗濯・入浴・清掃、さらに最近では水洗便所にも使っている。(表-1)。生活レベルの向上につれて、水の使用量は次第に増加し、家庭での生活用水は一日に一人当り約二八〇リットルが標準とされている(図-1)。

このほかに、都市では商店や事務所や公衆浴場などで使用する水が必要である。また学校や市場で使う水、公園や道路に散水する水など、公共用の水も必要になる。大都市周辺や工業都市では工場用の水も加わってくる。このような水の消費量も含めると、都市における水の使用量は市民一人当りに換算すると一日二五〇ないし四五〇リットルにもなる。さらに都市で忘れてはならないものに消防用水がある。また地震その他の災害に備えて、市民のために応急用の水

II 水と暮らし



資料：国土庁調による。

図-1 生活用水使用量 (全国) の推移

飲み水の条件
 生活に必要な
 水のうちで、
 最も重要なも
 のは飲み水や
 食事の用意に
 使う水である。
 海上や水田の

表-2 都市人口別1人1日
 最大使用水量(1970)³⁾

給水人口	1人1日給水量 (ℓ)	
	平均	最大
1万人以下	236	342
5万人以下	270	368
10万人以下	309	408
50万人以下	352	445
100万人以下	362	463
100万人以上	462	575

を貯えておくことも必要である。昔は天水桶にた
 めたり、近くの池や川から水を汲み揚げて使って
 いたが、今では都市に必要な水として、こうした
 災害用の水も確保しておかねばならなくなった。
 そのため、大きな都市になるほど市民一人当りの
 使用水量³⁾が増加してゆく(表-2)。

まん中で働いている時、自分のまわりは水がとり囲んでいるが、その水を飲むことはできない。飲むことのできる水とはどのようなものであろうか。

われわれが水を飲んでおいしいと感じるのは本当は無味・無臭で、ある程度つめたい水である。生ぬるく臭いのついた水はおいしい水とは言えない。おいしく感じる水でも、その中に伝染病の病原菌が入っているようでは困ったことになる。

飲み水として適している条件として、厚生省では水道水に対して厳しい水質基準を定め、これにもとづいて飲料としての適不適を判断している。こうした基準は世界中みな同じかというところではない。より厳しい基準をもっている国やそうでない国もあり、それぞれの国の事情が反映されている。わが国では人々が飲んで安全であるばかりでなく、他の水の用途、例えば洗濯などに使用しても問題のおこらぬように決められている。しかし、これはおいしい水の基準でもないし、他の特殊な用途（例えばコンピュータ等に使われている集積回路の製造用）にも適しているというわけではない。

飲料水の水源

都市で生活する人々は必要な水を水道（上水道）にたよっている。農漁村や山間の集落でも上

II 水と暮らし

水道が普及し、わが国では全人口の九三%（北海道では九二%）が水道水を使っている。他に、地下水や溪流の水、あるいは降雨を集めて使っている人もいる。それらの中には飲み水としては不適当な水質の水をやむを得ず使わねばならない人もいる。

都市の水道水はどこから取り入れているのであろうか。わが国では川の水を上水道の水源としているところが多く（図一）、全体の六八・五%になる。川の水を直接とり入れる場合と、ダムを造って川の流量変化に対応できるようにしている場合とがある。河川の伏流水や湖の水を使っている場合もある。

（伏流水とは川の流れに沿って砂・砂利層に滲透した川水が川と同様に下流に向かって流れている浅い地下水。水質は表流水に近い。）小規模な上水道では地下水が利用されることが多い。その場合に、地表からの汚染をうけ易い浅井戸を使うものと、汚染の心配は少ないが地質により含有成分に影響をうける深井戸の利用とに区別される。これらの地下水に対し、河川水や湖水や

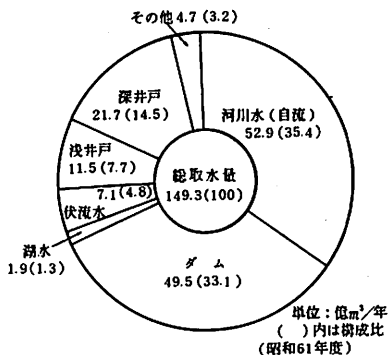


図-2 上水道の水源の種類別取水量

ダムで貯水した河川水を総称して表流水と呼んでいる。

表流水は川の最上流では、山奥から湧き出る清澄な水で、多くの場合表一三の基準を満足するし、そのまま飲んでもおいしい水である。しかし、流下して都市の水道用に取り入れられるまでには、表流水は種々の汚染を受ける。山の中でも、温泉水やエキノコックスの虫卵を含むキタキツネのフンが入ることがある。少し下流になると、田畑に散布した肥料や農薬が、人々の住む集落の下流では家庭からの排水が、都市周辺では工場廃水が流れ込み、川の水は次第に汚なくなってくる。北海道では泥炭地帯があちこちに存在するが、そうした地帯を流れる川には、泥炭から滲出してきた有機物質や鉄分を含む黄褐色の水が流れ込み、川水を汚い色に変えてしまう。

さらに大雨が降って洪水になると、地表の土砂が河川に流れ込み、濁流となって海まで泥土が運ばれてゆく。自然現象としての洪水のみでなく、大規模な土木工事を無神経に行うと、土砂が流れ出して河水を濁らせることもある（表一四）。

このように表流水は水道水として用いられることが多いが、同時に種々の汚染を受けるおそれがあり、飲料水として利用するのに、不適当な水質になることがしばしばある。上水道は安全で豊富な水を、安価に供給することがその役割りである。多量に供給するために、流量が豊富な川に水源を求めることが多いが、安全な水を供給するためには、水源が汚されることは大変困った

表-3 水道水の水質基準(厚生省)

要件	水質項目	基準	要件	水質項目	基準
病原生物による汚染を疑わせるような生物および物質	亜硝酸性窒素および硝酸性窒素	10 mg/l 以下	有害重金属 着色性金属 その他	銅	1 mg/l 以下
	塩素イオン	200 ml/l 以下		鉄	0.3 mg/l 以下
	有機物等 (KMnO ₄ 消費量)	10 mg/l 以下		マンガン	0.3 mg/l 以下
	一般細菌	1 ml中100以下		亜鉛	1.0 mg/l 以下
	大腸菌類	検出されないこと		鉛	0.1 mg/l 以下
有毒物質	シアン	検出されないこと		六価クロム	0.05 mg/l 以下
	水銀 有機リン	"/" "/"		カドミウム	0.01 mg/l 以下
酸性・アルカリ性	水素イオン濃度	pH5.8~8.6		砒素	0.05 mg/l 以下
異常な臭気	臭気 味	異常でないこと "/"		フッ素	0.8 mg/l 以下
				カルシウム、マグネシウム等(硬度)	300 mg/l 以下
外観	色度 濁度	5度以下 2度以下	蒸発残留物	500 mg/l 以下	
			フェノール類	フェノールとして 0.005 mg/l 以下	
			陰イオン界面活性剤	0.5 mg/l 以下	

表-4 上水道の水源別の優劣

水 源		河 川 水	伏 流 水	湖 沼 水	地 下 水
量	取水量	豊 富	取水権が得 易い	豊 富	小 規 模
	水量変動 容易さ	季節により 変動 容 易	変動はあま 無し 容 易	な し グム築造の 場合はさ かむ費	な し 試掘に経費
質	水 温	年間変動大	同 左	循環期があ る	ほとんど変 動無し
	清 澄 度	上流域： 良好 下流域： 不良	表流水に近 い	お お む ね 良 好	良 好
	硬 度	少 い	少 い	—	高 い
	汚 染 能 力 の 性 質 水 質 変 動	大 大	や や 大 中	富 栄 養 化 に 注 意 小	あ ま り 起 ら ぬ 小

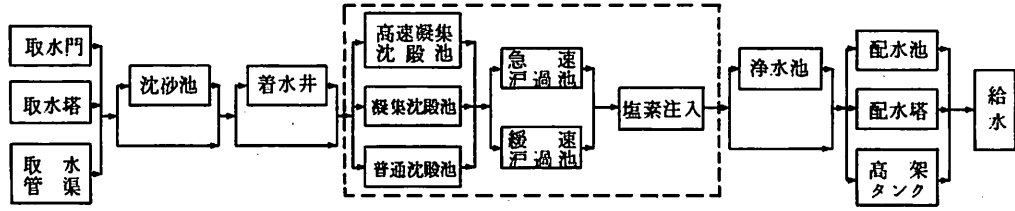
問題である。

水源が汚染されることを防ぐことも大切であるが、万一汚染された場合でも、水道水を安心して飲めるようにするために、汚れた水も飲めるように浄化することも必要となる。

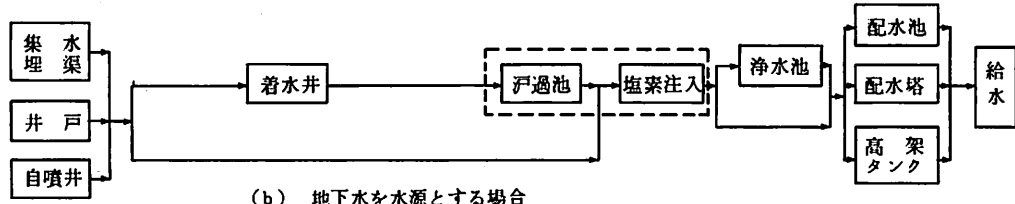
浄水場の役目

上水道の施設は一般的には図一三に示すような系統で水を浄化し、供給している。この中で破線で囲んだ部分が浄水場の主な役割りを担っている設備である。

水源から取り入れた水の中に濁りや着色があると、まず凝集剤を加え、濁りのもとになっている微小な粒子を集塊（フロック）



(a) 表流水を水源とする場合



(b) 地下水を水源とする場合

図-3 上水道施設の系統図

にして沈澱させる。単に静置しておくだけでも沈澱するような大きな物は、凝集剤を加える必要はないので、普通沈澱池で処理する。図一三のどの経路（方法）を選ぶかは、水源の水質の変化を予想してきめている。沈澱を終った水は次に濾過池で水をこしてやる。一般には粒度を人工的に調整した砂の層を使ってこすが、ここでは水中に残っていた微細な浮遊物や細菌を取除くことができるし、砂粒に吸着するような溶解成分も一部分除去できる。しかし、大部分の溶解成分はこうした方法では完全に除去できない。

浄水操作の最後には、塩素ガスか次亜塩素酸塩を注入して水を消毒する。水中に生存しているかも知れない病原菌を、完全に死滅させるためである。浄水場から送り出される水の中にも、また蛇口から出てくる水の中にも塩素による殺菌効果が残っているように、塩素ガス等の注入量を定めているので、水道水は伝染病に対しては安全であるが、水に塩素臭が残っているのが普通である。

このように水道水は幾つかの技術を使ってつくられているので、或程度の処理経費がかかる。本来は簡易な濾過や消毒のみで使用できるのが望ましいが、水源が汚染されると処理工程がより複雑になってくる。

泥炭地から出てきた水に含まれていた有機物や、上流で下水や肥料が流入したことに由来する

アンモニア性の窒素は濾過池であまり除去できない。水中の有機物がごく微量の場合には問題ないが、濃度がやや高い場合には殺菌のため行う塩素ガス注入によって、水中に発ガン性のあるトリハロメタン（最も簡単な構造をもつ炭化水素であるメタン（ CH_4 ）の水素の三個が塩素などのハロゲン原子により置換されたもの。クロロホルムはよく知られている（ CHCl_3 ）が生成する。アンモニアが塩素ガスと結合するとクロラミンとなり、細菌効果を弱めてしまう。したがって水源がこのような汚染をうけている時には、塩素注入の前に活性炭吸着や、アンモニアストリッピンなどの方法を組み込んで、それらを予め除去しておく必要が生じ、浄水操作に要する経費を大幅に増加させることになる。

給配水のしくみ

浄水場で安心して飲めるようになった水道水は、使用者のもとへ管路を使って送り出される。水を使いたい時に、家庭の蛇口（給水栓）を開くと水が勢いよく流れ出てくれることが望ましい。また火災が発生した時には、消火用の水がホースの筒先から噴き出して、屋根の上までも届いてくれなければ火は消せない。このように水道水は管路の末端でも、蛇口から出るところでも、充分な水圧がなければならぬ。そのため、高い山の上にある配水池に水道水をいったん貯めてお

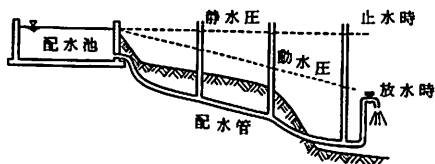


図-4 配水管・給水管内の水圧

き、そこから配水管を使って給水区域に送り出している。このときの水圧のかかり方を図-4に示した。水が管内を流れていなければ、水圧（静水圧）は配水池の水面と同じ高さまで水面が上るだけの強さをもっているが、蛇口や消火栓を開いて水を流すと、流す水の量に応じて管内の水圧が低くなり（この時の水圧を動水圧という）、水の出かたは悪くなる。上水道では予想される水量が使われても、管路の末端で最小一・五kg/cm²の動水圧（水柱では十五分に相当する）があるように、途中の管路の太さや最初の静水圧を定めている。配水池から遠い所であったり、給水区域が高台にあって十分な動水圧がとれない場合には、さらにポンプを使って加圧したり、配水塔や高置水槽を使って給水する（図-5）。

反対に、水圧が高すぎると管の継目からの漏水がふえたり、給水栓や給水装置を破損するおそれがある。高層建築物の場合は屋上に高置水槽を設けて、使用水量が少ない時間帯にこのタンクに貯水しておき、常時はタンクから自然流下で給水する方法がとられている。しかし超高層の建築物では、屋上の高置水槽のみでは下層階で水圧が高くなりすぎるため、数階分ごとに区切って高置水槽を設けている。

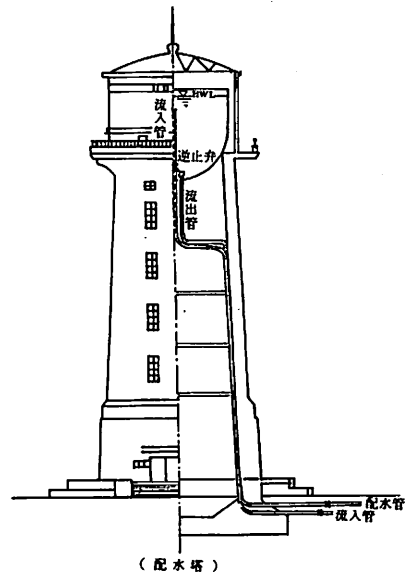
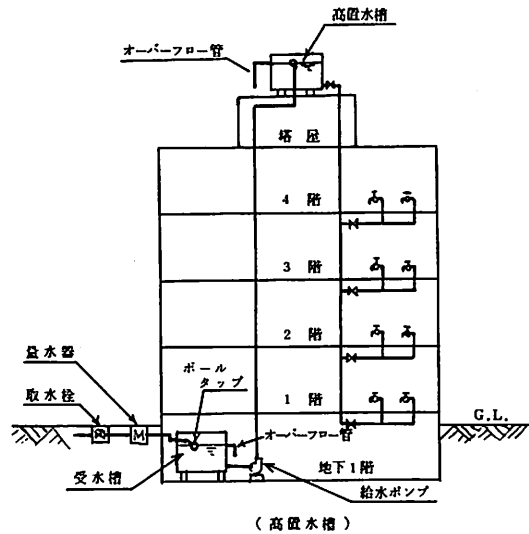


図-5 高置水槽・配水塔の例

排水はどこへ

家庭で使用した水は最後にどこかへ流し捨てねばならない。飲料とした水も最終的には尿として出てくる。そうした排水を家の中から流し出す設備の一例を図一六に示した。排水として出てくる水の量は、ほぼ上水道から使用した水の量と同じである。一軒の家から出される排水を、もしそのまま家の周辺の地上に流し出していけば、数日もたたないうちに、そのあたり一面、じめじめした不快な状態の土地になってしまうであろう。したがって排水はどこか適当なところへ、うまく流し去る必要がある。

ビルや住居から出てくる排水は大きく分けると、雨水・雑排水・水洗便器洗浄水（略して便所汚水）の三つになる。

雨水は敷地内や屋根、又は屋上に降った雨を集めたものである。雨は空気中にただよっている微細なホコリを核として水滴となったものであるが、本来はきれいな水である。しかし、屋根の上や、それが流れてゆく地上のさまざまな汚れと一緒に流してゆくため、降りはじめの雨水は浮遊物などの汚濁物質をかなり含んだものになってしまう。

雑排水はその水が使用された用途によって水質が異なるが、家庭からの排水量の大部分を占めるため、全体では放流水域に対して、かなり大きな汚濁負荷を流し出していることになる。表一五

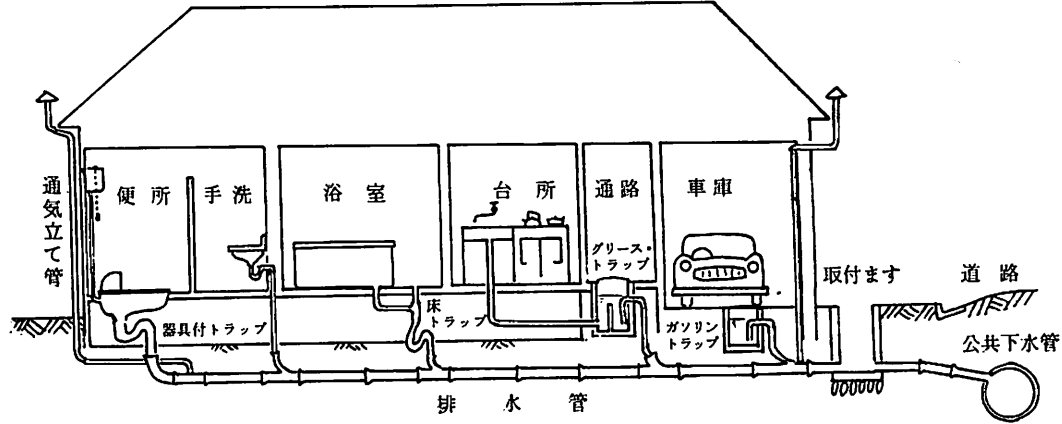


図-6 排水設備の一例

表-5 生活排水の水量と1人1日当りの排水汚濁負荷量⁶⁾

用 途		水 量 ℓ/人・日	汚 濁 負 荷 量 (g/人・日)				
			BOD	N	P	SS	MBAS
し尿 (便所)		50	13	6	0.5	22	0
生活雑排水	ちゅう房	30	18	4	0.7	18	2.1
	風呂	60					
	洗濯	40					
	洗面	10					
	その他	10					
合 計		200	40	10	1.2	40	2.1

はこの汚濁負荷量を、一人一日の平均値に換算した値である。

便所汚水は排泄された大・小便(し尿)を水道水で希釈したものである。排水量としては一人一日数十ℓにすぎないが、汚濁負荷量は大きい。汲取り式の便所を使っている地域では、この便所汚水は発生しない。またその分だけ上水使用量も減少する。その代りに、汲取られたし尿はし尿処理場へ運ばれ、処理された水が放流先へ流出されることになる。

この三種類の排水に加えて、各種の工場や事業場からは工場廃水(産業廃水)が出てくる。都市内の公園や道路に降った雨水も、どこかへ流し出さねばならない。これらの排水を受け入れて、人々が集り住む地区から排除する目的で造られているのが、都市の公共下水道(略して下水道)である。

下水道には前記の三種類の排水や工場廃水を速かに排除する役目と、それらの排水を浄化して、放流する水域（河川や湖・海）を汚濁させないようにする役目とがある。したがって、下水道は排水を流すための下水管路と、下水を浄化する施設である終末処理場とで構成されている。

前述の雨水は放置しておけば敷地内や道路に湛水し、氾濫することになるため、これを速かに排除することは大切である。降り始めを除くと、雨水が水質汚濁の直接的な原因とはならないので、雨水のみであればそのまま放流しても差支えない。都市の下水道では雨水のみを流す雨水管と、便所汚水や雑排水を流す污水管の二つの系統の下水管路を、別々に埋設している分流式下水道が普通である。しかしわが国では、古くから下水道を建設した都市には、雨水も汚水も一緒にして同一の管路で流す方式（合流式下水道）が採用されていたため、この方式もまだ各地に残っている。

下水による水質汚濁

都市の郊外や都市内でも、家屋内の排水を下水道へ排出することのできない地区がある。未だ下水道の整備されていない地区がそれである。このような地区では家ごとに、あるいは数軒が共同して、下水を処理してから近くの水域へ放流する必要がある。従来はこのような時、水洗便所

を使っている家は便所汚水のみを、し尿浄化槽と呼ぶ小型の排水浄化装置で処理し、雑排水は無処理のままに放流していた。し尿浄化槽の機能も必ずしも充分なものではなかったことと、無処理の雑排水にも表一五に示したような汚濁負荷量をもっていたため、そうした排水が流れ込む河川、特に都市近郊を流れる中小河川は汚濁がひどくなった。

このような地区では公共下水道の整備が急がれるが、それを待っていたのでは年月がかかるため、便所汚水と雑排水を合せて、戸別にあるいは共同して、排水を処理できる高性能の浄化槽（合併処理浄化槽）が開発された。ここ数年の間にそれを普及する施策がとられ、新しい工夫をもち込んだものが使われた。こうした装置の普及と適正な浄化槽の管理によって、都市周辺の中小河川の汚濁が軽減することが期待されている。

このように家庭からの排水が、無処理で公共用水域へ放流されると河川や海域が汚濁する。一七〇〇年代には欧州では水洗便所汚水がそのまま河川に放流されていた。例えばロンドンのテムズ川は汚濁が著しくなり、腸チフスやコレラが流行して、市民は恐怖におちいった。その対策として、一八〇〇年代のはじめには、下水を処理する研究が行われるようになった。欧米にくらべて下水道の整備がおくれていたわが国では、首都の東京でも一九六四年のオリンピック前には、隅田川などの都内の河川の汚濁がひどかった。そのため浅草の観音像が腐食するほどになり、緊

急対策として利根川からきれいな川水を流し込んで一時をしのいだほどであった。

下水による川の汚濁は、排水中に含まれる有機物質が水中の微生物により分解され、その時に水中の酸素（溶存酸素）を多量に消費するために起る。この時、河水は黒色に濁り、メタンガスや硫化水素ガスが発生し、いわゆる腐敗した汚水の様相を呈し、「汚濁」という表現そのものになる。以前には道内にも魚の生息できないような汚濁した川があったが、現在は相当に改善されてきている。一度このような状態になると、元の清流にもどすことは困難で、何よりも身近な川を汚さないことが大切である。

こうした汚濁の他に、湖沼や閉鎖性の海域（湾のなか）に下水が放流された場合に、下水に含まれていた無機塩類（窒素分やリン）が引金となって、プランクトンが異常に発生することがある。北海道でもかつて函館湾や石狩湾に発生した赤潮や、茨戸湖（はつと）などに現在も夏になるとあらわれるアオコの異常発生がこれである。こうした現象が起る水域は「富栄養化」されているという。一度こうしたプランクトンの異常増殖がおこると、魚類はエラがつまって呼吸できなくなって死滅するし、プランクトン自身も溶存酸素を消費しすぎて生存できなくなる。死骸は水底に沈み、そこで腐敗して栄養分を水中に溶出し、再び富栄養化を助長する。湖沼水を水源にしている場合、このような藻類の増殖は水道水に臭気をつける。

こうした河や海、湖沼の汚濁の他に、水源の汚染でいま最も心配されているのは地下水汚染である。地表からしみ込んだ汚染物質が地下水に達する場合と、故意に地下へ汚染物質を含む排水を注入するために起る場合とがある。近時、問題とされているのがIC工場やクリーニング店で使っていた有機溶剤による汚染で、トリクロルエチレンやテトラクロロエチレンが井戸水から検出され、その井戸水を飲料水として使っていた人々の健康への影響が懸念されている。

北海道で、今後問題になるおそれのある地下水汚染は、農業地帯で多用された窒素肥料が土壌へ滲透し、硝酸・亜硝酸性窒素の形で地下水を汚染するケースである。飲料水中の硝酸性窒素は胃の中で亜硝酸に変わり、吸収されてメトヘモグロビン症等をおこす。これは肥料の滲透が原因となる場合だけではない。最近家庭下水などを、土壌微生物利用により処理することが流行しているが、これなども無計画に行われる場合には同様な地下水汚染がおこり、回復困難な事態となるおそれがある。

下水処理のしくみ

下水管路で集められた排水は現在図一七のような系統に従って順番に浄化処理が行われている。このような処理を行う施設を下水終末処理場と呼んでいる。わが国で最も広く採用されてい

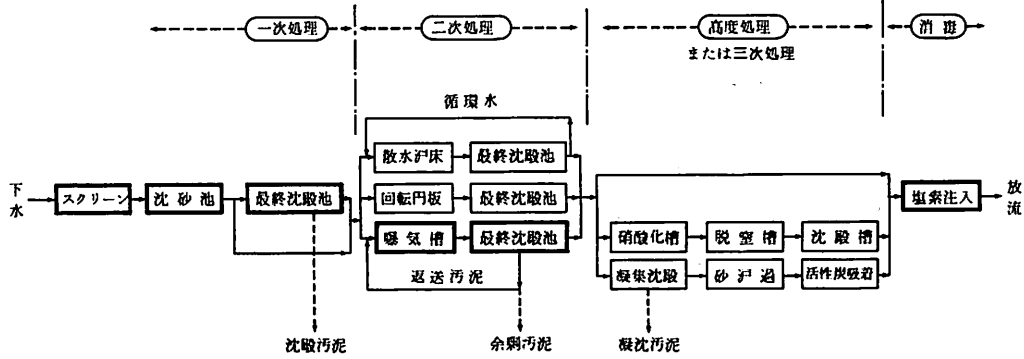


図-7 下水処理の系統

るものを太い枠線で示した。

下水の浄化は、まづ下水中に浮遊している物質をスクリーンで除去したり、比重の大きい物を沈澱させたり、といった物理的な作用を利用する。この段階を一次処理という。ついで、下水に溶解している有機物を微生物（主に細菌類）に吸収・分解させる生物学的な作用を利用した二次処理を行う。こうした二段階の処理を行うことで、下水中の大部分の有機物や浮遊物質は除去され、河川に放流しても前述のようなひどい汚濁状態を呈することは防げる。こうした下水浄化のしくみは、河川の中で流水が自然に浄化されてゆく作用を応用したものである。

水域の富栄養化を防止するためには、さらに高度な処理を行う必要がある。この場合には、高度処理または三次処理と称されている処理法をつけ加え、リンや窒素分を除去したり、色度や無機成分を減少させる。

下水処理の最後には、排水中に含まれていたかも知れない病原性の細菌類を、死滅させるための塩素注入が行われており、この点は水道の浄水操作と似ている。

下水の再利用

一度使われた水はこのように多くの技術を使用し、またかなりの費用をかけて処理した後川

へ捨てられてしまう。しかし全く無駄に捨てられている訳ではなく、川の流量を回復させたり、ある時は残存していた栄養分が水生生物の生育に役立つこともある。多くの場合、下水の処理水が再び飲み水に使われるためには、河川の中で他の清浄な水で十分に希釈され、かなりの距離を流下してから取水される場合に限られる。それ以外の場合には、かなり高度な処理を行って、溶存する無機塩類も除去したうえでなければ飲み水としては用いられない。

最近、水不足に悩む大都市では、生活用水のうちの雑用水（便器洗浄用や清掃用）に下水の処理水を利用することが計画され、大きなビルの中や再開発された都市の一部で実用化される事例がみられるようになった。こうした再利用する水を送る水道を「中水道」と呼ぶ場合がある。飲用に適した新しい水を使用しなくてもよい用途に、こうした再利用水がふりむけられることによって、水資源を節約すると共に、排水の放流量も減少できるため、環境への影響を軽減することができる。ただし、再利用水が飲料用水を供給している水道管に誤って接続されることのないように、十分な注意が必要なのは言うまでもない。

参考文献

- 1) 井上善十郎監修：新衛生公衆衛生学 p.78 (1960) 南山堂

- 2) 国土庁水資源局編：日本の水資源 p.12 (1983)
- 3) 川島普・篠原紀・西川泰治：衛生工学 p.12 (1977) 明現社
- 4) 厚生省水道環境部水道整備課 日本水道協会水道統計編纂専門委員会：水道統計の経年分析
水道協会雑誌 Vol.57, No.11, 通巻650号, p.23 (1988)
- 5) 桜井省吾：建築給排水設備便覧 p.231 (1959) 彰国社
- 6) 武藤暢夫：生活排水処理の現況と課題 空気調和・衛生工学 Vol.56, No.10, p.901 (1982)

(3) 農業用水と環境

山 上 重 吉

農業と農村の役割

農業の最も基本的な役割は食べもの、食糧の生産である。と同時に、農業はその営なみを通して豊かな国民生活を維持するために様々な役割をはたしている。

例えば、農業政策審議会の昭和六十一年報告・二十一世紀へ向けての農政の基本方向では、「農村地域は適正な農林業の生産活動の継続により、国民の財産たる緑豊かな自然環境、景観および水・大気を保持・培養するとともに、土砂の流出、土壌侵食の防止、洪水調節などの国土保全機能をも合わせて有している地域である。さらに緑豊かなゆとりある空間の中で自然とのふれあいを通じて望ましい青少年の教育、情操と創造



性のかん養などの機会が期待できる地域でもある。」と国土利用における農村地域の役割を評価している。このように、土地・水・緑などの地域資源を有効に利用しながら、人類の生存に不可欠な食糧を生産し続け、その生産活動を通じて、それぞれの地域に固有の風土・景観を創造・維持してきたのが農業および農村地域であるといえるだろう。

北海道の気象と農業 フランスの文化地理学者・オーギュスタン・ベルクが北海道の植民史についてまとめた本の標題を「水田と浮水」としているのは、流水のくるような北海道に熱帯原産の稲をもち込んだ開拓者達のメンタリテイに注目したことによると思われる。そしてこのメンタリテイ・情熱は北海道の畑作・酪農の発展にも注がれてきたのである。

現在、北海道の農業は酪農、畑作、水稲、果樹・園芸などに区分されるが、これらの農業立地区分は気象条件との関わりが大きい。気温は降水量とともに農業生産に関連の大きい気象要因であり、とくに冷涼な地域の農業は温度条件とその変動によって強く制約をうけている。

北海道において作物の生育に影響の大きい五月から八月の気温の四カ月平均値と農業立地区分の関係を見てみると、同平均値が十二〜十四・五度C以下の地域は根室、釧路、宗谷に分布し、草地酪農に限定されている。同平均値が十四・五〜十六度Cの地域は網走、十勝などに分布し、これらの地域では冷涼な気象条件にも適応性のある、ばれいしょ、てん菜、小麦などの畑作物が

中心に栽培されている。これ以外の地域の同平均値は十六・七・五度Cで、ある程度、安定した水稲栽培の地域となっている。

大規模な北海道農業 このような冷涼な気象条件などを反映して大規模な経営の展開されているのが北海道農業の特色といえる。一戸当りの平均耕地面積は十一 $\frac{1}{2}$ （府県は一 $\frac{1}{2}$ ）であるが、水稲は三 $\frac{1}{2}$ ～十五 $\frac{1}{2}$ 、畑作は五 $\frac{1}{2}$ ～四〇 $\frac{1}{2}$ 、酪農は二〇 $\frac{1}{2}$ ～七〇 $\frac{1}{2}$ と営農形態によって経営面積に大きな差異がみられる。また農業を主業とする専業・一種兼業農家の比率は七十八%と府県（二十九%）に比べて高くなっている。

このような大規模な農業は離農した農家の土地の購入と大型農業機械の導入、および機械化農業のための農地の排水改良と圃場の大型化によってもたらされたといえる。

しかし、北海道においても農業後継者のいない農家は全農家の三〇 $\frac{1}{2}$ ～五〇%に達しており、農業情勢の動向によって、経営面積の拡大は、さらに進むことも予想されている。

水田は多目的ダム 北海道の総土地面積に対する森林の比率は七十一%で、耕地率は十五・二%（約一二〇万 $\frac{1}{2}$ ）である。耕地の内訳は水田二十一%、普通畑三十六%、牧草地四十二%と、府県に比べて畑地と牧草地の比率が高くなっている。

水田や畑地は農作物の生産の場であると同時に、森林と並んで国土の保全に対しても大きな役

割を任っている。

水田と水のかかわりについては、あとで詳しく述べるが、水稻栽培には、かんがい用水が安定して得られることが必要である。このため河川の上流部には、水田かんがい用のダムが多く設けられている。

降雨を貯留し、ゆっくりとその降雨を流出する流域周辺の森林地帯は、ダムのない時代には降雨を貯留する天然のダムとして機能してきたし、森林の重要性は今日も変わっていない。北海道におけるかんがい用水の水源は、山岳からの融雪水、降雨および地下流出水であり、これらの水はダムに一時、貯留され安定的に下流へ供給される。

一方、水田にかんがいされた水の一部は地下に浸透し、一部は地表から排水され、これらの水は水田に留ることによって下流部の河川の水源ともなっている。また、水田の畦畔（けいはん）（アゼ）は降雨を一時的に貯留することによって遊水池として機能することもあり、下流河川への水の供給機能と合せると、水田は農業が作った遊水・利水の多目的ダムともいえるだろう。

農業は豊かな景観の任い手 農村地域の景観は土地利用および営農形態とのかかわりが大きく、北海道農業の多様性は、それぞれの地域で特色のある農村景観をみせてくれる。とくに大規模畑作や酪農地帯の大きな広がりのある農村風景は北海道の観光イメージともなっている。

II 水と暮らし

残雪のみられる十勝岳連峰を背景に、ばれいしょの白い花、黄金色の小麦、緑あざやかなてん菜、そして稜線に点在するカラマツ林が周水河地形の起伏した農地に織りなしている風景は、まさにそこに生活する農家の営農の成果であり、富良野・美瑛^{びえい}地域のすぐれた観光資源ともなっている。

山岳などの大自然そのものも人を引きつけるが、そこに人々が生活し農業の営みの中で創られてきた農地が、背景の山岳とみごとに融和している時、その景観は眺める人々に、また別な感動を与えるだろう。

十勝や網走の防風林の間に広がる畑地、さらに根釧の酪農風景など、スケールの大きな農業がそこにたくましく展開されていてこそ、それらの景観はすぐれた観光資源ともなっていることに注目すべきであらう。



写真-1 セスナ機から眺めた網走の農地景観

水田と水

我国における米づくりは水利条件の良好な山間部の沢沿いの地域から始まり、その後、平野部へと移行したが、信濃川などの大きな河川の流域における米づくりは、まさに水との闘いの歴史といえる。それは水稲栽培に欠かせない用水路の整備と洪水による浸水被害を防止するための排水および治水の歴史であり、北海道における米づくりにも同じことがいえる。北海道の農業開拓は府県で米づくりをしていた人々が多く、自然的条件を克服しながら、自分達の農業を地域に定着しようとしたものであり、まさにフロンティアスピリットの結晶ともいえる。

北海かんがい溝の建設 今日、空知平野は北海道の水稲栽培の中心地となっているが、その礎は北海土功組合による北海かんがい溝の開削によって築かれたといえる。

石狩川左岸平野のうち、砂川村、沼貝村（美唄）、三笠山村（三笠）、岩見沢町、北村、栗沢村、幌向村の一万一千㍓の区域の水田用水を整備する北海かんがい溝の造成事業は、明治四十二年の空知川かんがい溝期成会の結成に始まり、大正十二年の北海土功組合の設立によって本格化した。

北海道庁による事業の調査と設計は大正十年から進められ、大正十三年の十二月に着工した工事は工期を計画よりも一年間短縮して昭和四年に完成した。

その事業の概要は空知川赤平左岸部に建設した空知川頭首工（取水口、取水せきなどで河川の流水を用水路に引入れるための施設）から、毎秒一五・六立方メートルのかんがい用水を取水し、大幹線溝路八二・五メートル、小幹線溝路七五・五メートルにより、約一万畝の水田へのかんがいを行なうものである。

かんがい溝路は、三千分の一〜四千分の一の勾配で造られた。そのため、地形の低い所は盛土や十三の水路橋を架設し、山間部はトンネルを掘削し、美唄川などの五つの河川を横断するため河川の下に導水路（管路）が建設されている。

また北村地区では蒸気機関による揚水機（ポンプ）場が建設され、一千畝の水田に石狩川からの取水がなされた。これらの事業に要した工事費は七五八万円で、今日の金額に換算すると一千億円を越えるであろう。現在のようにブルドーザーなどの建設機械のない時代の工事であり、まさに人々の血と汗の結晶ともいえる事業であった。

水田かんがいの意義 水稲栽培には、かんがい用水が欠かせられない。水田かんがいの直接的な効果としては、①水稲の生育保障、②雑草の抑制、③連作障害の回避、④水温・地温の調節、⑤かんがい水による肥料成分の供給、⑥地力の消耗抑制などがあげられる。

畑地では連作障害を回避する手段として、浸透水による有害物質の洗浄がなされるが、水田で

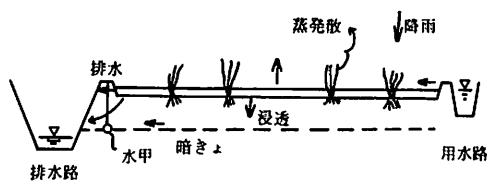
はこの操作が自然に行なわれている。

また、水が空気や土壌よりも比熱の大きいことを応用して、北海道のような寒冷地では水稻の幼穂を低温障害から守るために、深さ二五センチ程度の深水かんがいが行なわれる。

夏に太平洋からの冷涼な偏東風の流入する長沼町や南幌町などの水田地帯では、防風林や防風ネットがみられる。これは防風林などで風速を弱めることによって水田水面からの蒸発量を少なくし、水田の水温と気温を高めることを意図したもので、水稻の収量安定と品質の向上に明らかな効果をもっている。また、かんがい水温の低い山間部などの地域では、水温上昇施設や温水ため池などが設置されている。

水田の水収支 一枚の水田における水の流入と流出（水収支）を図一に示す。流入する水は降雨とかんがい用水である。流出する水は落水口からの地表排水、蒸発散、畦畔（アゼ）および地下への浸透などである。

水田水面からの蒸発と水稻の葉面を通しての蒸散を合せた蒸発散量は一日当り三〜六リットル程度であり、生育の初期には蒸発量が、また水稻の茎葉の繁茂した時期には蒸散量が多くなる。地下への浸透量は一日当り五〜一



図一 水田の水収支

〇〇^{ミリ}と土壤の性質などによって大きな差異がみられる。浸透量が過少な場合は、水稻の根への空気の供給が抑制されるため、根ぐされを生じ、逆に過大の場合は、肥料の流亡や水田水温が上昇しないことから、収量の高い水田の平均的な浸透量は一〇〇〜二〇〇^{ミリ}程度であるといわれる。

田植え作業を容易にし、水稻の活着を促進させ、また、過度の浸透を防止するために代（しろ）かきが行なわれる。代かきのための用水量は平均して一〇〇〜一五〇^{ミリ}であり、その作業は七〜十四日間になされる。北海道において以前は、冷害対応や田植え作業との関連から早生種、中生種、晩生種が組み合わせて栽培されていたが、最近では、「ゆきひかり」などの食味のよい品種の作付比率が高くなっている。このため、田植え時期が集中し、代かき日数の短縮化によって代かき用水が不足する事例もみられる。

水稻栽培における労働生産性を高めるための技術として直播方式が、最近、見直されている。直播には、代かきした水田に種もみを播く方式と、畑地状態の水田に種もみを播き、その後、たん水する乾田直播方式があり、その技術を確立するための圃場試験が進められている。

水田の用・排水系統 わが国の水田かんがいの水源は河川八八%、ため池一〇%、地下水など二%で、河川を水源とする比率が高い。

河川から水田までの用水系統は、頭首工（かしらこう）を設けて河川の水位をせき上げ・取水し、幹線用水路

(北海かんがい溝など) — 支線用水路 — 圃場内用水路 — 水田取水口 — 水田の順に送水される。河川の水量が減った場合でも、安定してかんがい用水を得るために、河川の上流部にダムを設け、かんがい期間にダムから一定の水量を放流するという操作がなされる。

水稻を合理的に栽培するには、用水とともに排水の整備が必要である。排水には地表排水と地下排水がある。排水の役割には、①大雨の時に水稻をたん水被害から守る、②水田にかんがいされた水や地表に貯った水を排水する、③地中に埋設した暗きょ(深さ一丈程度)パイプによって浸透水を排水し、これによって水田を乾かし、トラクターやコンバイン(収穫機)などの利用効率を高めるなどがある。一般に水田の水は暗きょ排水・地表排水 — 圃場内排水路 — 支線排水路 — 幹線排水路(排水機場) — 河川の順で排水される。自然の勾配を利用した排水が中心であるが、低地部の水田地帯や大雨の時には排水機場のポンプによって排水される。

以前の水田の水管理は、隣接した水田の高低差を利用して順次かんがいする田越かんがいや、上流部の水田からの排水を再びかんがい用水として利用する用・排兼用方式が広く行なわれていた。しかし、農業機械の走行のための排水改良と、水田一枚ごとの水管理を可能にするため、水田区画の大型化(〇・三〜〇・五^{ハシ})と合せて、用水路と排水路を分離させる方式が多くなっている。さらに、かんがい用水路のパイプライン化や、暗きょパイプを利用した地下かんがい方

式なども検討されている。

北大農学部の梅田安治教授らは石狩川流域の北村と涓いの津地区において水田の水管理の実態を調査している。その調査結果によると、河川から農業用水として取り入れた水のうち、再び河川に戻る比率（還元率）は、かんがい期間全体では大きく変化するが、水管理操作の安定する田植え後から中干しまでの期間では、八〇%以上の値を示している。蒸発散量と降雨量を考慮した真の還元率は一〇〇%近い値を示し、水田地帯から河川への還元率は変動はあるが、総量としては非常に大きいといえる。このように水田にかんがいされた水の多くは元の河川に還元され、工業用水や生活用水として再利用されている。

また、水田からの多量の地下浸透水が地下水のかん養や地盤沈下の防止に役立っている地区も多くみられる。

畑地と水

昭和六十三年に北アメリカ中西部は干ばつにみまわれ、とうもろこしや大豆などは二〇〜三〇%の減収があったとされている。この年、北海道も六月から七月末まで低温と少雨の気象で経過し、とくに雨の少なかった北見地方では、てん菜、たまねぎなどで干ばつが発生し、一部の農家

はスプリングラーによる灌水を行った。

メロン、トマト、花きなどのハウス栽培は北海道でも増加しており、雨を遮断した施設栽培にとって畑地用水は欠かせられない。このように、地域の気象・土壤条件および栽培方式に対応して、水を利用した畑作農業は北海道においても重要なテーマになっている。

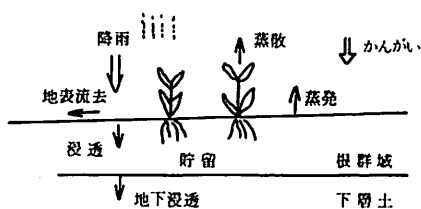


図-2 畑地の水収支

畑地の水収支と畑地かんがい 畑地の水収支を図1二に示す。地表に降った降雨の一部は地中に浸透し、一部は地表を流去する。浸透した水は作物の根の分布している根群域に貯留されるが、地中への浸透水が大きい場合は、下層へ浸透して地下水となる。根群域に貯留された水は作物の根から吸収され葉の気孔を通して蒸散する。作物からの蒸散量は作物の種類、生育の時期、土壤の湿り程度および気象条件によって異なる。

土壤表面からの蒸発量と作物からの蒸散量の合計は、 $1 \sim 7$ ミリと気象・土壤条件によって変化するが、北海道の畑作物の平均値は $3 \sim 4$ ミリである。したがって、毎月 $100 \sim 150$ ミリ程度の雨が、 $5 \sim 10$ 日間隔で降る場合は、畑地かんがいはあまり必要とされない。

しかし、実際の降雨は干天日が二〇日間も連続するなど、ばらつきが多く、三年に一回程度は土壌水分の不足する場合がある。北海道における畑地かんがいの実施時期は五月から七月に集中し、この三カ月の降水量は網走・北見地域と小樽などの日本海沿岸部で一九〇〜二二〇ミリと最も少なく、次いで二五〇ミリ内外の地域は富良野・旭川などの上川中部地域に分布しており、畑地かんがいの実施されている地域と一致している。

また、同じ気象条件でも、粘土質土壌や砂・礫質土壌のように保水性の小さい土壌や、作土の下層に盤層や砂礫層があつて、下層からの水分補給の少くない畑では干ばつの被害が発生し易く、被害の程度も大きくなる。

作物と水と土 土壌は土粒子、水および空気から構成され、作物の生育に適した土壌は、保水性も良く、排水性も良いという場合である。土壌に含まれている水のうち作物が容易に吸収しえる水を易有効水分といい、保水性の良否を判定する指標となっている。易有効水分は土壌によって大きく異なり、例えば、深さ五〇センチあたりの易有効水分量は火山性土で一〇〇ミリ、洪積土で三〇ミリ、沖積土で五〇ミリ程度となっている。

作物によって消費される水量は作物の種類によってほぼ一定であり、作物の単位乾物量一グラムを生産するのに必要な水量（要水量）で示される。要水量は小麦で四六〇〜五五〇、ばれいしょ

で四九〇〜六五〇、キュウリで六九〇、水稲で六九〇〜七一〇の値になっている。このように物を生産するためには多くさんの水が必要とされる。

北海道の畑地かんがい 北海道における畑地かんがいの施設面積は約一万余戸である。その内訳は、たまねぎ、てん菜などの畑作物へのかんがいが三、七〇〇戸、牛のふん尿やでん粉工場の廃水を畑や草地に散布する肥培かんがいが五、一〇〇戸、メロンやトマトなどのハウス栽培のかんがい面積が一、〇〇〇戸となっている。

灌水方式は栽培方法によって異なり、ハウス・トンネル栽培では穴あきチューブ、畑作物では地表に定置したスプリンクラーや、自走式のスプリンクラーなどが用いられている。

大規模な畑作経営の行なわれている南網走地域では、大型の自走式のスプリンクラーを用いて、夏は、てん菜やばれいしょにかんがいがいし、秋にはでん粉工場からの廃水を小麦の刈り取った畑に散布している。



写真-2 自走式スプリンクラーによる灌水(北見)

II 水と暮らし

でん粉工場の廃水は、以前には河川に流されていたが、廃水の処理と廃水中の肥料成分を畑地に還元して土壌を良くしようという二つの目的から廃水の農地散布が十数年前から行なわれており、この散布作業にも自走式スプリンクラーが有効に使われている。

また網走地方は火山性土が広く分布しており、五月と六月に強い風が吹くと、乾燥した畑の土が飛ばされる風食被害が時々、発生する。このような時にも、畑地かんがいは有効であり、また風害を受けた畑地に他の作物を植える場合にも、発芽を促進させる畑地かんがいは効果的である。

富良野地域は農業粗生産額の六割近くを野菜が占めるといふ北海道でも有数の野菜生産地である。ここでは、たまねぎや早出しのにんじんに、スプリンクラーを用いて、かんがいがなされている。さらにハウスメロンの栽培にも水は使われており、この地域の農業にとって畑地かんがい

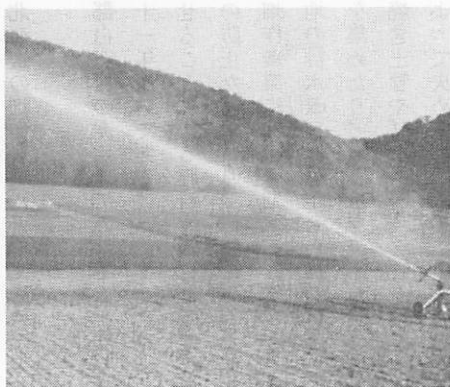


写真-3 移動式スプリンクラーによる灌水(北見)

は大きな役割をはたしている。畑地かんがいは、カリフォルニアなどのように雨の少ない地帯で始まった技術であるが、北海道のように、ある程度の降雨のある地域においても、地域の気象・土壌条件と営農方式に対応して、畑地かんがいが進められつつある。

畑地の排水 北海道には、泥炭（ヨシヤスゲなどの植物が分解せずに堆積した土壌）、湿性火山性土、重粘土など排水不良な土壌が広く分布し、北海道の畑作農業にとって排水は、最も重要な土地改良対策となっている。

北海道における排水事業は、明治二十九年に札幌郡白石村の泥炭地での地下水排除が最初であり、本格的な暗きょ排水事業が始められたのは昭和十一年からである。

畑地排水の目的は、①作物の根の活動を活性化させることによる肥料、水分の吸収の促進、②地温の上昇、③土壌の物理性の改善、④地上たん水の防止などにより、作物の生育を促進させることである。さらに、気象条件の冷涼な地域の大規模畑作農業には、適期・適作業がより重要であり、このためには、農業機械の走行を容易にする畑地の排水改良は欠かせられない。

畑地の排水には、暗きょ排水と、暗きょからの水を集めたり、地表水を流すための明きょ排水がある。暗きょ排水は、深さ〇・五〜一・二メートルに素焼き土管やプラスチック管を埋設して、地下水を排除する方式で、暗きょの間隔は土壌の種類によって決められ、八〜二十メートルの範囲である。

また、暗きよ排水の効果が高めるため、トラクターに装備したサブソイラー（爪）などによって畑地にき裂を入れるための心土破砕などの補助的な暗きよも、畑地の排水改良に効果がある。

畑地の排水は、雨の多い年や排水の不良な畑において、とくに有効であり、排水改良によって作物の収量が、三〇〜六〇％程度も高まる場合もある。

大切な農地の管理

これまで述べてきたように、効率的な農業を行なうには水の問題は欠かせられない。

農業は、その営なみを通して、食べものの生産ばかりでなく、景観の創造、国土の保全など、豊かな国民生活を守るために大きな役割をはたしている。しかし、一方では、畜産公害や農薬散布など、生活環境を汚染している場合もみられる。

例えば、湖沼の富栄養化の原因とされているリンの動きについてみると、北海道生活環境部の調査では、道内の川や湖、海などに流入するリンの量は、年間約六千トンと推定されている。それを発生源別にみると、家庭排水が三七％、工業排水二五％、自然系九％、そして農業系が二九％となっている。農業系の内訳は、肥料から六六％、家畜系から三四％である。

しかし肥料として施用されたリン酸は、その大部分が土壤に吸着されるので、土壤中での移動

は少なく、土壌から河川へのリン酸の移動は、土壌溶液中のリン酸が地下へ浸透するよりも、土壌粒子が侵食によって河川へ移行することのほうが大きいと思われる。

十勝の畑作地帯の調査でも、暗きよからの排水および融雪水のリン酸の濃度は、それぞれ〇・〇〇一〇・〇一ppm程度であり、畑地からのリン酸の流出が少ないことを示している。

しかし、チッソ肥料と異なり、リン酸肥料はリン鉱石などを原料とする有限資源であり、畜産排水や下水道の処理によって発生する汚泥などを含めて、リン酸成分を循環的に農地へ還元・利用することも、これからの農業の重要な課題である。

また、でん粉廃液や家畜のふん尿には多量のチッソ・リン酸などが含まれており、これらの廃液の処理と肥料成分の有効利用という視点から廃液の農地利用が進められている。このように、環境の汚染に注意しながら、有機物を多く含んだ「生きた土壌」を造り続けていくことが、これからの農業の大きな使命といえるだろう。

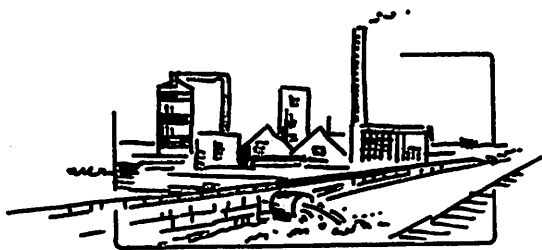
(4) 工業用水と環境

林 善 之

はじめに

工業では、私たちが感じている以上に多方面にわたって大量の水が使用されている。使用される水は淡水ばかりでなく海水にまで及んでいる。淡水でも、河川水、地下水、水道水などが直接使用される場合もあれば、ポイラー用水のように蒸留水が使用される場合もある。また半導体産業で使用される洗浄水は、微細で複雑な製造工程で製品を何度も洗浄するため、ホコリ、細菌が皆無に近く、不純物が溶けこんでいない超純水が用いられる。このように工業では用途に応じて種々の水が使用されている。

ここで注意しなければならないのは、工場で使用済みの水＝工場廃水



には、有用なもの、危険なもの、回収可能なもの、回収不能なものなどさまざまな物質が含まれていることである。したがって工場は、環境に影響を与えないように廃水を完全に処理したうえで工場外に排出しなければならぬ。これを怠って工場廃水を河川や海に排出したことが原因で発生した代表的公害につきのものがある（鉱業所の例も含む）。

イタイイタイ病気 一九四五年頃より、富山県神通川流域の一部地域で、更年期以後の経産婦に多発した骨軟化症様の病気で、全身が猛烈に痛むところからこの名がある。原因は、三井金属神岡鉱業所の排水中のカドミウムであった。

水俣病 一九五六年、熊本県水俣湾周辺で、この海域で採れた魚貝類を食べた人たちに奇病が集団発生した。症状は、手足や口にしびれ感がおこり、視野狭さく、知覚障害、言語障害、歩行障害などがあらわれた。母親の胎内で発病し生れた子供は、脳性麻痺の症状を呈し、胎児性水俣病といわれる。原因は、チッソ水俣工場の排水中の有機水銀である。

新潟水俣病 一九六五年、有機水銀中毒患者発生が公表された。チッソ水俣工場のアセトアルデヒド工程と同じ工程をもつ昭和電工鹿瀬工場から阿賀野川へ放出された排水中の有機水銀によって、第二の水俣病がひきおこされた。

以下、工場における工業用水の使われ方や使用後の水が環境に与える影響などを具体的に示す

II 水と暮らし

ことにしたい。なお使用後の水は工場内にある場合を廃水、工場外へ排出された場合を排水とす
る。

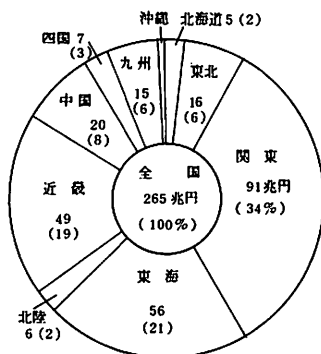
わが国の工業と工業用水使用状況

工業は、基礎資材型（化学工業、石油製品・石炭製品製造業、鉄鋼業など）、加工組立型（一般機械器具製造業、電気機械器具製造業、輸送機械器具製造業など）および生活関連型（食品製造業、繊維工業、パルプ・紙・紙加工品製造業など）の三つのグループに分けることができる。

この一〇年間のわが国の工業出荷額の推移をみると、基礎資材型と生活関連型は伸び悩んでいるが加工組立型がゆるやかに拡大を続けている。

工場規模では圧倒的に中小企業が多いが、中小企業の出荷額は年々減少している。

北海道は全国に比して工業生産の占める割合は低く、主な工業は、紙パルプ工業、食品品製造業、鉄鋼業である。なお一九八五年の統計を図一〜三に



図一 地域別の工業出荷額(1985年)
従業員4人以上の事業所について
(通産省調べによる)

示した。

都市用水（生活用水と工業用水）と農業用水を合せたものを用水といい、水使用量とか水需要量というのは、用水の量のことをいう。

工業用水とは、工業において使用される製品処理用水、温調用水、原料用水、ボイラー用水および冷却用水等の総称である。とくにことわりがない場合、水とは淡水を指しているから、表や

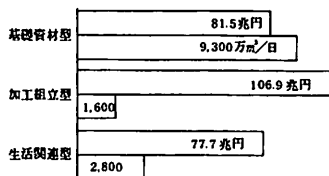


図-2 業種グループ別工業出荷額と淡水使用量 (1985年)

- ① 工業出荷額は1980年価格
- ② 淡水使用量は従業員30人以上の事業所の数値 (通産省調べによる)

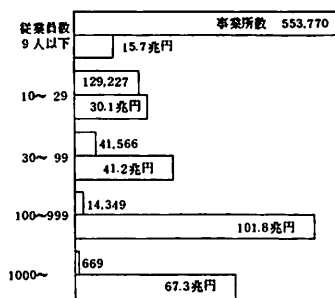


図-3 わが国の工場規格と工業出荷額(1984年) (通産省調べによる)

図を見るとときには冷却用などの海水はこの中に含まれていないことに注意する必要がある。

工業における淡水使用量は、河川や地下水等から取水される淡水補給量と、工場で回収されくり返し使用される回収水量の合計である。

II 水と暮らし

工業用水の使用量については、地域別、業種別に差があるが、特に基礎資材型の化学工業や鉄鉱業などは水使用量が多いことと、回収水量の多いことが目につく。食品製造業とパルプ・紙・紙加工品製造業の回収水量の少なさを除くと、全体として回収水量が意外に多いことに気がつく。(図四一―三、図一五)。

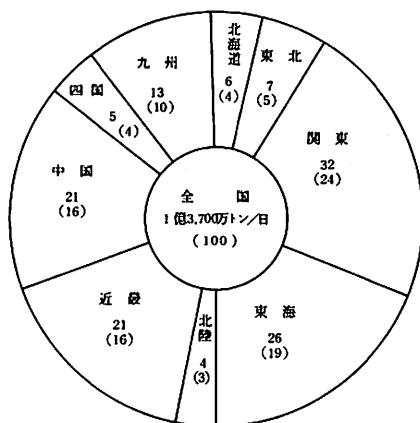


図4-1 工業用水の地域別淡水使用量(1985年)

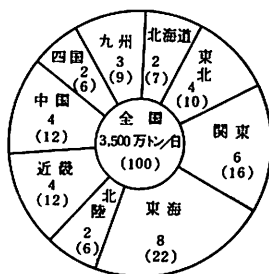


図4-2 工業用水の地域別淡水補給量(1985年)

工業用水の確保と環境破壊

わが国の工業用淡水補給量は、一日に約三、五〇〇万トンである。このように工業には恒常的に大量の淡水が必要であるから、工業用水の確保は重要である。流量の大きい河川が近くにあれば、ただちにそれを利用できるが、近く

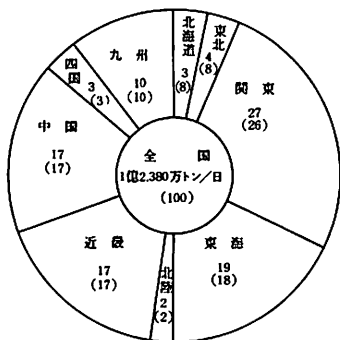


図4-3 工業用水の地域別淡水回収量 (1985年)

図4-1~3. 従業員30人以上の事業所についての数値
(通産省調べによる)

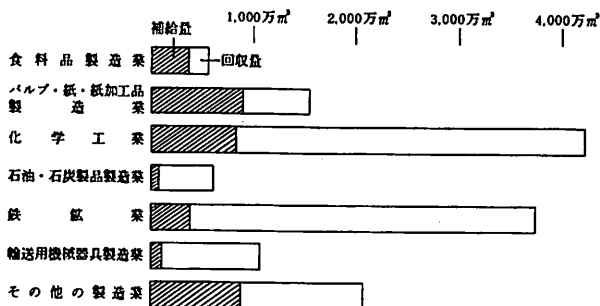


図-5 工業用水の業種別淡水使用量、補給量、回収量 (1985年)
従業員30人以上の事業所についての数値
(通産省調べによる)

になければバイパスをつくったり、パイプで遠くから運んでくる。それが不可能なら中小河川の上流にダムをつくるとか、深井戸を掘って地下水を利用したりする。ダムをつくるときには、建設現場に建設資材や重機などを運びあげるための道路の建設が必要になる。木を切り倒し、山を削りながら道路をつくることから環境破壊の第一歩が始まる。「日本の河川は滝である」といわれるくらいわが国の河川は短かく急流である。そのためせっかくつくったダムも上流から土砂が流れ込み、しだいに埋ってしまい数十年で役に立たなくなるところもある。そこで新たな水源を求め、さらに上流へ、あるいは他の河川にダムをつくる場合もある。そこでまた木を切り倒し――といった繰り返しが行われる。

地下水の利用も度が過ぎると地盤沈下の原因となる。日本の各地で地下水汲み上げによる地盤沈下が発生したため、それを防止する目的で、工業用水法などで地域を指定して地下水の汲み上げを規制している。しかし、地盤沈下がいったん発生すると二度と元の状態に戻すことはできない。過剰な取水により、海岸に近いところでは地下水に海水が入りこみ、各地で地下水の塩水化が生じている。

冷却水

工業にはぼう大なエネルギーが必要である。現在では電力がその主要なものである。わが国で以前には水力発電が主であったが現在では火力発電が、さらに原子力発電が主になってきた。ところで工業用水の用途別水量を見ると、海水も含めると冷却水が圧倒的に多い。

ここで火力・原子力発電所と冷却水の関係と環境に与える影響についてふれてみる。

火力発電所は、石炭とか重油（場合によっては原油）などの化石燃料をボイラーで燃焼させて、発生した熱エネルギーによって水を高温高圧の蒸気に変える。蒸気のもつエネルギーで蒸気タービン発電機を回転させて電気エネルギーを得る。燃料から得られる熱エネルギーの約四〇％が電気に変えられる。これを熱効率が四〇％であるという。タービン室から排出される蒸気を密閉された復水器とよばれる無数の細い管が集まった容器に導き、冷却水を通して管を冷却すると、復水器内の蒸気は凝結し水滴となるため復水器内部を高真空にすることができると、そのおかげで高温高圧の水蒸気がタービン室を高速で駆けぬけ、スチームに発電機を回転させることができる。

熱効率が四〇％だから、残りの六〇％の熱は外部に棄てられる。一五％は高温の煙となって煙突から大気中に捨てられ、残りの四五％は復水器を通過した冷却水が温められ温水になり、川や海へ捨てられる。たとえば、北海道電力の伊達発電所は七〇万キロワットの発電能力をもつ発電

所であるが、これがフル操業すると温排水の量は毎秒三〇トンから四〇トンになる。

原子力発電所では、石炭や石油のかわりに原子核の分裂による熱エネルギーを利用して発電機を回転させ、電気エネルギーを得る。したがって発電の原理は火力発電と同じである。ただ、原子炉内の圧力、温度に限度があるため、熱効率も火力発電所より低く三〇%台である。火力発電所と違って煙が出ないから、発生した熱の六〇%強が全部温排水となって捨てられる。

わが国の大容量火力、原子力発電所のほとんどが臨海地区にあって、冷却水には海水を利用している。取水口から取り入れられた海水は、水量、水温や季節によって違いがあるが、五度から一五度ぐらいさらに上昇した温排水に変化し、これが放水路を通じて勢いよく海へ放出される。

海の中に海岸から沖へ向って川が一本できた状態で、海底も変化する。魚がこの流れにぶつかると、習性から沖の方へ進路を変えるため、付近に漁場があれば定置網に魚がかからなくなったりする。温排水により周囲の海水の温度も変化する。魚は〇・五度以内の温度差にも敏感に反応するから、魚の分布もまた変化する。温排水は、海流の変化に従って左右、沖合方向へと舌のような動きをするが、時には温水塊がフラフラとその舌から離れて動きだすこともある。固定式の養殖漁業施設があれば温排水がきても逃れることができず、その影響を受ける可能性もある。ノリやホタテなどの施設がそうである。

温排水と赤潮

海の汚染のひとつに海の表面付近でプランクトンが急激に大量発生して水の色が変わる赤潮という現象がある。赤潮による魚類への影響は、プランクトンが魚のエラに付着し窒息死させたり、プランクトンのある種類には毒性をもつものがあるため魚貝類が毒物死したりする。プランクトンの寿命はたいへん短かく、大量のプランクトンが同時に一気に死滅する。その死骸が分解されていく過程で海水中の酸素が大量に消費され、海水が酸欠状態になり魚が窒息死するケースが今でもある。

赤潮の発生するメカニズムはまだよくわかっていないが、窒素やリンなどの栄養塩、ビタミン、鉄などの物質などによって海水が富栄養化したときに、降雨などによって塩分濃度が低下したり、日照りや温排水などにより水温が上昇するなどの要因が重なるると発生するといわれている。工場や下水処理場から栄養に富んだ廃水が海に排出され、そこに発電所からの温排水が加われば、赤潮発生の確率は高くなる。

公共海域に排出されると種々の弊害を与える温排水は、排出される場所の水温と同じまで冷却してから排出すべきである。温排水を地域暖房や農作物の温室栽培などに利用することで、エネルギーの効率的利用をはかるとともに温排水の環境に与える影響を小さくすることも試みられて

いる。しかし、今のところ温排水問題を根本的に解決するに至っていない。

煙突の煙も水質汚濁の原因

火力発電所から出る煙は、大気汚染の元凶といわれていた。燃料に含まれる硫黄分が燃やされてできる硫黄酸化物が人体や生物に被害を与えたからである。わが国の排ガス規制は、世界的に最もきびしい基準であるといわれているものの、大気汚染防止法によって規制される範囲内であれば硫黄酸化物を煙突から排出してもよいことになっているから、今でも煙突から硫黄酸化物は大気中にまき散らされている。

また、燃料を燃やすのには大量の酸素が必要で、そのために空気を利用する。ところが空気の成分の約八〇％は窒素だから、ボイラー内で燃料が燃焼中、空気中の窒素と酸素が結合して窒素酸化物ができる。窒素酸化物が大気中に放出されるとオキシダントを発生させ、目や呼吸器に刺激を与える光化学スモッグを発生させる。この窒素酸化物は自動車の排気ガスからも大量に発生する。

大気中にまき散らされた硫黄酸化物や窒素酸化物が雨に溶けて強酸性の雨が降る酸性雨現象が最近、北海道にも現れてきた。人体や生物に直接影響を与えるのは当然としても、生活用水や工

業用水も雨水がその源なのだから、水質が徐々に悪化する恐ろしい現象でもある。

石炭や石油を世界各地で火力発電所をはじめ自動車や暖房用の燃料として利用しているので大気中の二酸化炭素（炭酸ガス）の量が年々増加している。二酸化炭素には、太陽光はよく通すが、地表から宇宙へ逃げていく熱を吸収して、再び地表へ送り返す温室効果がある。このため大気中の二酸化炭素の増加は、地表面の気温上昇、大気の流れの変化、降水量の変化など気象に大きな変化をもたらす恐れがある。したがって地球における水の循環に変化が生じ、安定的な水の供給が不可能になることも考えられる。

ばれいしょデンブんとしょうちゅう

北海道は、ばれいしょの産地として有名である。食用としての男爵だんしゃくやメイクインはよく知られているが、デンブンの紅丸の名前はあまり知られていない。デンブンは甘藷かんしょ（さつまいも）、トウモロコシなどからもつくられるが、ばれいしょデンブンのほとんどは北海道で生産される。

原料のばれいしょをよく洗い（洗浄）、大根おろしのような歯をたてた回転ロールですりつぶす（磨砕）。磨砕したものに水を加え細かいふるいを通すと、デンブんと繊維を主とした細かい不純物との混合液となる。以前は沈澱池で自然にデンブンを沈降させて分離させたが、それだけ

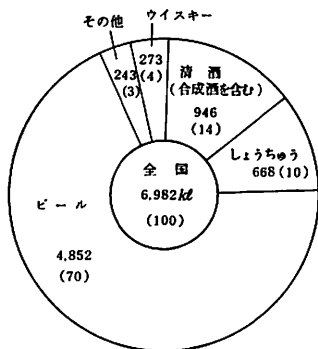
II 水と暮らし

では不純物がとり除かれないので、二回水を加えて精製していた。最近では、遠心分離機を導入して工程を連続化し、操業時間も短縮されている（分離、精製）。この後脱水し乾燥して製品にするが、乾燥には火力乾燥機が用いられている（脱水、乾燥）。

このようにデンプン製造には、水が重要な働きをするが、工場での廃水には多量の有機物が含まれるから、廃水処理には下水処理場のように微生物を利用する生物化学処理が行われている。糖質を多く含有するばれいしょやデンプンからは、最近若者たちにも人気のあるしょうちゅうがつくられる（図一六）。しょうちゅうとはアルコール含有物を蒸留して得られる酒類のひとつで、ウイスキーやブランデーなどはこの仲間である。

しょうちゅうの原料にはほかに、米、さつまいも、トウモロコシ、そば、麦など数多い。原料を蒸煮して、こうじ、水、アミロ酒母を加えて糖化液を発酵させてもろみをつくる。

ここで、連続して供給されるもろみを蒸留しながら、フーゼル油やアルデヒドなどの揮発性不純物を取り除き、濃度が九五%の、ほとんど純粋に近いアルコール



図一六 1985年度
一わが国の酒類生産高一
(通産省調べによる)

をつくる。このアルコールを水で薄めて二〇度、二五度、三五度の製品に仕上げる。これが酒税上甲類とよばれるものである。癖がないので他の飲料水と混ぜて飲むこともよくある。本道で消費されるのは、ほとんどがこの甲類である。

この連続式蒸留以外の方法によるものが乙類とよばれるものである。昔からある素材で単純な蒸留器が用いられ、揮発性不純物を含み、一種独特の香りや風味をもつしょうちゅうである。九州地方に多いもじょうちゅうやそばじょうちゅうなどは、もろみを単式蒸留したのもので、もろみとりしょうちゅうとよばれる。また清酒粕をせいろうに団子にして並べ、蒸気を通して蒸留してつくるものをカストリしょうちゅうという。

しょうちゅうの製造は、後に述べる石油精製工場と同じで蒸留が重要な工程のひとつであるから大量の冷却用水が必要である。

石油精製工場

北海道には、室蘭市、上磯町、釧路市に石油精製工場がある。室蘭の日石製油所前の道路を通るときなど赤と白に塗られた高い煙突、背の高い蒸留塔とその周囲をとりまく数多くのパイプと大きな石油タンクの群が目に入る。

原油からLPG、ガソリン、灯油、軽油、重油、潤滑油、アスファルトなどの製品を製造するのが石油精製工場（製油所）である。これらの製品は沸点（蒸発して気体になる温度）の範囲によって分けられる。LPGの沸点はマイナス一度以下、ガソリンでは三〇〜二〇〇度となっている。

背の高い常圧蒸留塔の中には数段の棚が設けられている。塔の底に原油を入れて加熱し、塔の先端を冷却すると、蒸発して上昇した原油は塔頂付近から沸点の低い製品が凝縮して液状になって棚段にたまる。つぎに沸点の高い製品が下の棚段にたまり、一番下の塔底には沸点の最も高い残油がたまる。残油はさらに減圧蒸留装置で重油や潤滑油などの製品に分けられる。常圧蒸留塔の各棚段からとりだされたガソリン、灯油、軽油の各製品にはつぎの工程でスチームが吹きこまれて引火点が調整される。使用後のスチームは凝縮され（ここでも冷却水が必要）水になるが、これには油分が含まれているので油分と水分とを分離し、油分は原料に、水分は廃水となる。

原油には油井の泥水や硫黄などが含まれている。原油を運ぶタンカーは、船がカラのときは船内のタンクに海水を入れて船の安定を計って航行し、原油を陸揚げした後は海水でタンクを洗う。このため船内のタンクには海水がいくらか残っていて、原油をタンクに入れると海水の中のナトリウム、マグネシウム、カルシウムの塩化物などが原油に混入する。

これらの物質を含んだまま原油を加熱すると、その一部が分解し、硫化水素や塩化水素（塩酸）などの腐食性のガスを発生し、蒸留装置の熱交換器や加熱炉のパイプをつまらせたり、蒸留塔を腐食させる。これを防ぐため製油所では硫黄分や塩分を蒸留に先だって除去する脱塩装置を設置している。脱塩装置では、原油を加温し、原油の5%ほどの量の熱湯を混合し、これに塩分などを溶解させる。原油と水分を分離した後、この水分は処理されて廃水となるが、これには種々の物質が含まれているので、その処理にはたいへんな手間がかかる。

製油所では、製品の引火点調整のスチームや脱塩装置に用いる熱湯などのプロセス水や油蒸気やスチームを冷やすための大量の冷却水が必要としている。冷却水には多くは海水が用いられるが、二五万バレルの常圧蒸留装置では、海水を冷却水に用いるならば一日約七二万トンになる。このように蒸留装置は加熱と冷却とが対になっている。これにともなって加熱用の燃料からの煙が高い煙突から排出される。

鉄鉱業

室蘭市は、鉄の街として有名であるが、長びく鉄鉱不況、円高による輸出競争力の低下などにより、新日鉄室蘭の高炉は一九九〇年をもって、八〇年間燃え続けた火を消すことになっている。

製鉄には、大量の水が使用され、使用後の水の大半が回収されていることは先に述べた。

鉄の原料になる鉄鉱石は、主に鉄の酸化物から成っている。高炉で銑鉄がつくられる手順を示すとつぎのとおりである。炉の中には鉄鉱石、コークス、石灰石が入れられるが、鉄鉱石とコークスは互い違いに幾重にも層をなして積み重ねられる。炉の底部から熱風炉で加熱された高温の熱風を送りこむとコークスが燃えだし二酸化炭素が発生する。これが白熱したコークスと反応して一酸化炭素を発生させる。一酸化炭素は炉中を上昇しながら酸化鉄と反応して酸化鉄から酸素をうばいとして（これを還元という）二酸化炭素にもどる。これらのくり返して酸化鉄から酸素がつぎつぎはぎとられ金属鉄が生まれる。

とけた鉄は炉の底部にたまるが、このとき原料中に含まれるリンや硫黄などは石灰石と反応して軽量のスラグ（カス）となり、とけた鉄の上に浮ぶので容易にこれを分離することができる。このとき炉の底部で生成された鉄が、炭素を三〜四%、ケイ素、マンガン、リン、硫黄などを微量に含んだもうい銑鉄といわれるものである。

コークスが燃えてできるガスは、鉄鉱石と反応して順次炉の頂点へ向って昇っていくが、頂点でのガスは、一酸化炭素が三〇%も含まれている可燃性ガスである。このガスは集じん器を通して粉鉱やゴミをとり除かれ、洗浄装置で水で洗い流されてきれいにされたりえて、製鉄所内の燃

製紙工場

北海道には、王子製紙（苫小牧市、江別市）、本州製紙（釧路市）、十條製紙（釧路市）、山

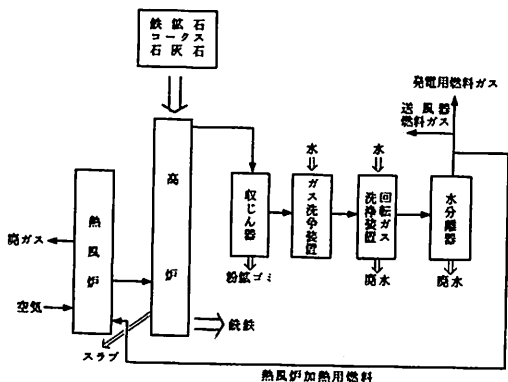


図-7 銑鉄製造工程

料として利用される。例えば、熱風炉を加熱して高温の空気を炉底のコークスに送りこむときの、あるいは発電用の燃料として利用する（図-7）。

銑鉄はこの後、含まれている炭素などが取り除かれ鋼にされ、用途に応じた鉄板などに加工される。途中、メッキ、酸洗い、洗浄などに水が使用される。

工場建屋の湿式集じん器では多量の洗浄水が、また厚板の熱間圧延にはこれまた多量の冷却水が使用される。したがって、これらの使用済の水には多量の細かい酸化鉄が含まれているので、水中からこれらを分離して再び鉄の原料とする。鉄鋳業の水の回収率が九〇%と高い値を示しているのはこのためでもある。

II 水と暮らし

表-1 紙・板紙生産高(1985年) (単位 1,000 t)

品 種	A全 国	B北海道	(A/B)×100
洋 紙	11,898	2,459	21
新 聞 用 紙	2,604	1,322	51
印 刷 用 紙	4,802	662	14
家庭用薄用紙	1,099	41	4
板 紙	8,729	669	8
紙・板紙 合計	20,627	3,128	15

(通産省調べによる)

陽国策パルプ(旭川市、苫小牧市)、大昭和製紙(白老町)など多くの製紙工場があり、道内工業の重要な位置を占めている。道内生産量の国内生産量に占める比率は、洋紙が二〇%、板紙が八%であり、洋紙のうちの約半分が新聞用紙である(表-1)。板紙の需要は、天候などによっても左右される。猛暑になればビールや清涼飲料水用の、野菜や果物などの農作物が豊作の年にはこれらを箱詰めにするダンボール箱やダンボールシートの需要が増加する。

紙のつくり方

現在私たちが使用している紙のほとんどは洋紙で、和紙はたいへん少なくなっている。どちらの紙も植物の繊維でつくられる点では同じである。洋紙は、針葉樹や広葉樹の木質部の繊維から、和紙は、コウゾやミツマタなどの木質部と表皮の間にある靱皮繊維じんひからつくられる。とりかから、和紙は、

だされた植物繊維を水につけて、叩きながら十分に膨らませて、さらにもみほぐし、最後にすい

て紙ができあがる。これらの作業を全部手でやるか、機械でやるか、途中で薬品を用いるか、あるいはこれらの組合せでやるか方法はいろいろあるが、基本は水の中でジャブジャブやることである。

紙の原料は、植物繊維を含んでいけばよいから木のほかに草、わら、古紙でもよい。これら原料と大量の水が紙をつくるときに必要なのである。

新聞用紙は、皮を剥いだ木材に水をかけながら、それをグラインダーで削っていき、そのなかのセルロースとリグニンからつくられる。木材一・二割から新聞紙一割がつくられる。この一割の中に、紙の印刷適性を増すため加えられている填料は二〇割程度であるから、木質部のほとんどが新聞紙になることがわかる。

ノートなどに使用されている上質紙は、紙を長持ちさせるため、薬品を用いてリグニンを取り除き、セルロースだけを利用する。上質紙一割を得るのに木材は一・八割が必要で、上質紙一割のうち一〇割以上が填料やインクのにじみ止め用のサイズ剤である。木質部の半分が上質紙になるのである。

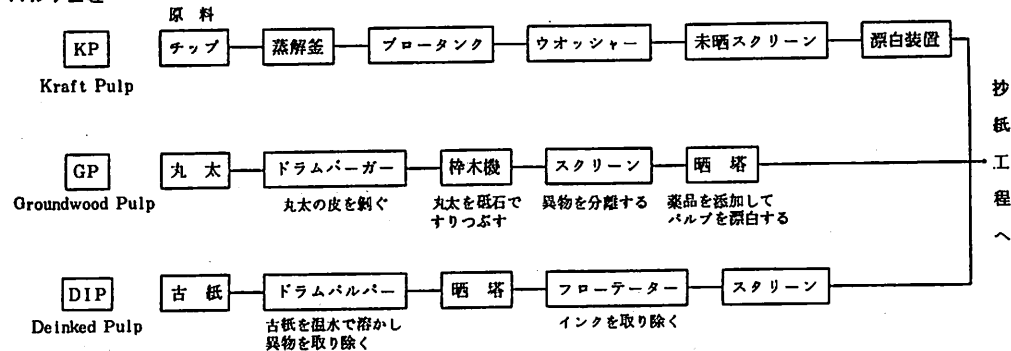
新聞用紙に混ぜものが少ない理由は、長持ちさせる必要がないこととインクが多少にじんでもよいということである。印刷したときにインクが散るのは、一方でインクがすぐ乾くことであり、

高速印刷が可能という長所でもある。インクの散りは他の紙にくらべると少々目立つかもしれないが、読み終わると棄てるか古紙になってしまう「気楽な紙」、これが新聞紙である。紙をつくるのに大量の水が必要といったが、新聞紙一錠^錠つくるのに一五〇錠^錠、上質紙なら約二〇〇錠^錠の水が用いられる。

紙のできるまでを例示したのが図一八である。クラフトパルプ（KP）は、チップ（小さな木片）を蒸解釜で蒸して、薬品を入れ、水で洗って繊維を取り出す方法、機械パルプ（GP）は皮を剥いだ丸太をグラインダーで擦り潰していく方法で、新聞用紙は後者の方法でつくる。取り出された繊維は抄紙工程で水分を絞られ、乾燥され巻き取られていく。

紙には、紙と板紙がある。印刷用紙、新聞用紙、家庭用薄葉紙や包装紙などは紙であり、段ボール原紙、厚紙などは板紙である。わが国では現在、紙の総生産高の六〇%が紙である。柔らかく水を吸い取りやすいトイレットペーパーとかティッシュペーパーなどの家庭用薄葉紙の紙質は、和紙にとてもよく似ている。トイレットペーパーでは、一錠^錠生産するのに約八五〇錠^錠の水を使用する。新聞紙の五〜六倍の水を使用しないところのような紙はできない（表一三）。

パルプ工程



抄紙工程

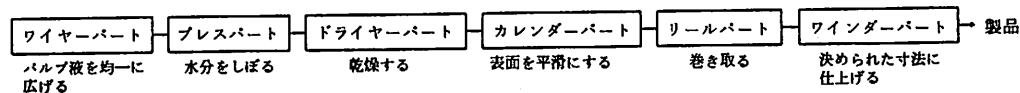


図-8 紙のできるまで (紙のはなし編集委員会編『紙のはなし』I、1985より改変)

II 水と暮らし

表-2 紙・板紙、1トン当り使用水量 (m³)

	調 整	抄 造	その他	計
上 質 紙	25	170		195
更	20	130		150
新 聞 用 紙	20	130		150
模 造 紙	30	240		270
京花紙2号	500	300	100	900
トイレット紙	550	250	50	850
黄 板	80	100	20	200
段ボール原紙	70	150	30	250
中シン(セミ)	50	130	20	200

(パルプ技術協会調べ)

古紙について

新聞、雑誌、ダンボールなどの古紙回収車が街を走る姿が最近減少している。円高の影響で、輸入パルプの価格が安いためである。わが国での製紙用原料はパルプと古紙で各々五〇%ずつである。特に板紙では古紙が八〇%と高比率を占めている。

古紙の回収率は、燃やされたり、トイレットペーパーのように下水道に流されたりするものもあるもので、理論的には約六〇%が限度といわれている。現在わが国での古紙回収率は五〇%と世界一を誇っている(表一三〇五)。

紙は、細く長い植物繊維が微妙にからまってできあがったものであるが、紙を再度水に溶かすと繊維がバラバラになるときにちぎれて短かくなってしまふ。だから紙の原料としては古紙はパルプより質が落ちるのである。また古紙のほとんどは新聞、雑誌などの印刷物が多いから、水に溶かし

表-3 各国の古紙回収率

(%)

国名	1985年	国名	1985年
日本	50.0	西ドイツ	41.1
イギリス	27.8	フィンランド	25.4
イタリア	25.0	フランス	29.5
オーストリア	38.4	アメリカ合衆国	26.3
オランダ	46.3	ソ連	21.6
スウェーデン	38.9	中国	17.8

(『日本国勢図会』より)

表-4 古紙回収率の推移

(%)

	1950	1951	1952	1953	1954	1985
回収率	39.0	47.5	48.5	49.3	50.7	50.2

日本製紙連合会調べより

表-5 製紙用繊維原料の消費推移

(単位: 1,000 t)

年度	原料 用途	パルプ		古紙(含その他繊維)		繊維原料合計	
		消費量	構成比%	消費量	構成比%	消費量	構成比%
1985	紙用	8,996	74.3	3,116	25.7	12,112	100.0
	板紙用	1,875	19.8	7,589	80.2	464	100.0
	合計	10,870	50.4	10,705	49.6	21,575	100.0

(通産省調べによる)

てインクを取り除かなければならない。さらに各種薬品を用いて白くする必要がある。したがって古紙を原料にして白い紙などをつくろうとすると、多くの添加剤や漂白剤を使うことになり、それに伴い生産工程から生じる廃棄物の種類もまた多くなる。

リサイクルの面からみると、原料の質が落ちずに何度も使えることが最も望ましいが、紙の場合には残念ながらその質が落ちてしまう。

パルプ工場の排水と環境問題

紙をつくる工程で大量の水が使用されることはすでに述べた。蒸解工程で使用された水は濃縮・燃焼して灰から薬剤を回収して再使用する。抄紙工程では水中に短い繊維が多量に含まれるのでこれを回収するため廃水を循環利用することが広く行われている。このように工場の廃水には、細い繊維や填料などから生ずる浮遊物、リグニン、有機物、その他薬品、水銀などが含まれる。したがって十分処理したうえで放流しないと、河川あるいは海の汚染を生じることがある。

一九六一年、静岡県富士市で発生した田子の浦ヘドロ事件は有名である。製紙工場の廃水が無処理のまま港の専用排水路を通して港内に流され、海底にヘドロがどんどん溜っていった。ヘドロという言葉が一般化したのがこの時期であった。港がヘドロで埋ってしまい、船が入港できず

浚渫しゅんせつを始めたが、その作業中、海中から硫化水素が発生し、作業員八人が倒れたという事件である。製紙工場の廃水が無処理で放流されるといかに恐ろしいものであるかがわかる。

北海道でも、かつてバルブ工場の排水問題が発生したことがある。王子製紙苦小牧工場の操業時のことである。その事情を『苦小牧市史』より一部引用する。

ところが、明治四十三年（一九一〇）八月王子製紙が試験操業を行い、苦小牧川に廃液を放流すると今まで澄みきっていた水は茶褐色に変わり無数の小魚が浮き上がった。そして、同年九月本格的な操業に入ると、この廃液は海へ出て沿岸一帯をも染めたのである。当初においては廃液濾過網ろくわをとうさず流したため大量の木くずが海に流れ出て、網をかければ魚が入らずこの木くずが網にかかって、取りはずしも大変で、ついには新製の漁網もだめにしてしまふという現象が続いた。あわてた漁民たちは、当初において王子製紙が言明したこと（工場廃液を苦小牧川に放流しても魚の棲息に何ら害は与えない）と違い、魚族棲息漁撈などに重大障害があるとして、勇払老水産組合が中心となって、王子製紙に対して廃液除害設備、この被害による組合員救済などについて交渉したが、王子製紙側はこれを取りあげようとはしなかった。一時は坊主山にムシロ旗を立てての集団抗議も行われたほどで、これは苦小牧における公害運動の最初であったともいえるのである。そして、ついに漁民代表五名は村長、道庁に陳情書を提出

したのである。

(カッコ内筆者加筆)

翌年、工場からの慰籍金三、〇〇〇円と貸付金二、五〇〇円をもらって、漁民たちは、村長、道庁に提出した陳情書を取り下げたのであった。

王子製紙苦小牧工場では、近年になってもまた排水問題を起している。

一九七三年五月、北海道生活環境部は、苦小牧工場の排水から環境基準を大幅に上回る多量のヒ素が検出されたと発表した。原因は、バルブ蒸解液用の重亜硫酸マグネシウムの製薬工程で、原料に使われている硫化鉍にヒ素が含まれていたためで、そのヒ素が排水に混入して流出したのである。検出濃度は、排水口で排出基準の二・三・六倍、下流の苦小牧川では環境基準の四・七倍に達した。工場では除去施設もつけず、たれ流しの状態であったため、道庁は工場に対し、「排出水の一時停止または凝集処理をするよう」改善命令を出し、工場はこれを受けて応急的な処理施設をつくと回答した。

ヒ素は、二〇リットル含まれた水を二〇リットル飲むと急性中毒にかかり、胃や肝臓障害を起したり、ひどいときには死亡する。一九五五年に発生した森永ヒ素ミルク事件では、ヒ素中毒により多数の乳児が死亡している。

道は、工場が硫化鉱の使用を知っていながら、パルプ工場ではもっぱらカドミウムと水銀を重点に調べていたため、これまでヒ素を見逃したが、このときはたまたま、健康に関わる有害物質として基準が決められている物質すべてを検査の対象としたため、偶然発見されたという。

パルプ工場の排水問題は王子製紙に限ったことではない。

山陽国策パルプ旭川工場の排水が、工場のすぐそばを流れる牛朱別川うしよべつに排出され、牛朱別川や石狩川の川底の泥や水中に棲息しているウグイに多量の水銀が蓄積される事件が発生している。

一九七五年のことである。

この工場では原料のチップ工程で、水銀電解法でつくられた水銀を含むカ性ソーダを一日二〇トンも使っていたことや、パルプのカビを防ぐため水銀系のスライム・コントロール剤を一九六〇年から七年間使っていたことがわかった。またチップ自身にも微量の水銀が含まれている。これらの水銀が未処理のまま排水に含まれて、長年にわたって牛朱別川に放流されていたのである。

現在ではカ性ソーダの製法も水銀電解法から隔膜法へと転換され、カ性ソーダに水銀が含まれることはなくなったし、水銀系スライム・コントロール剤も使われていない。もともと地殻にはある程度微量の水銀が含まれているが、これまで世界中いたるところで水銀系農薬をはじめとする水銀系薬剤、水銀を含むさまざまな製品が使われたことによって、地球上にさらに多くの水銀

が分布することになった。その結果、パルプの原木のほとんどに微量の水銀が含まれてしまった。そのため現在では、どこのパルプ工場でも水銀系薬剤を使用しないにもかかわらず、水銀の処理は不可欠になっている。

牛朱別川も今は水銀濃度は低下しているものの、有機物などによる汚濁は依然として進行している。北海道開発局による一九八六年における道内一級河川の水質調査によると、牛朱別川では、一リットル当りのBOD（一七一頁、Ⅲ水は友達参照）が、三ミリグラム以下と定めている道の基準を三・五倍も上回る一〇・四ミリグラムであることがわかった。原因については、旭川市街の生活排水やパルプ工場の排水によるものと道開発局が指摘している。

工場の廃水は、有害物質や自然の浄化力をこえる量の有機物などが含まれているかぎり工場外へ排出されてはいけない。いろいろな製品ができる工場では、水が各種工程を経るたびに、いろいろな物質を含むことになる。この複雑な性状の水を処理することはたいへん困難である。この困難さを若干取り除くには、同じ水を他の工程に用いず、一つの工程にだけかき起こることであるが、この場合、工場内での工業用水使用量は増加する。

わが国では、うすめて流せば許される法体系（濃度規制）になっているから、工場内に廃棄物処理施設をつくらず、安い工業用水を大量に用いて有害物質を工場外へ排出するケースが多い。

また複雑な性状の廃水をBOD、COD、SS、油分など数種の指標で処理するのも無理があるから、国はこれらの見直しを含め、総量規制を基にしたよりきびしい基準を設けるべきである。工業用水の価格を上げることも一つの方策である。

しかしながら、企業が十分な廃棄物処理を行えば必然的に製品のコストアップをまねく。私たちが価格の安い製品だけを求めるならば、企業はコストダウンをはかるため、処理に要する費用をカットすることになりかねない。私たちがまた良好な環境を維持するための費用を負担する必要がある。

参考文献

- 「紙のはなしⅠ、Ⅱ」紙のはなし編集委員会編 技報堂出版（1985）
- 「石油文明の技術と公害」内村瞭治編 技術と人間（1981）
- 「公害から環境問題へ」柴田徳衛、松田雄孝著 東海大学出版 改訂第二刷（1979）
- 「酸性雨」ロス・ハワード、マイケル・パーレイ著 新曜社（1986）
- 「北海道・森と木の文化」札幌学院大学人文学部編 札幌学院大学生協同組合（1988）

III 水は友だち

III 水は友だち

(1) 汚れた水・きれいな水

鮫 島 和 子

水をめぐる諸問題は「生命が水の中で誕生した」という地球の歴史、生命の歴史を忘れたところから発生したと思われる。人間が自然界の一員であることを忘れたとき、この原点も忘れ去られてしまうからである。都市化が進むにつれて、水と人間のかかわりは、自然と人間のかかわりを離れたものになってきた。特に都市部に住む人たちの水とのつき合いは、水道水とのつき合いだけになってしまった。水を買う生活がはじまって、他の商品と同様に水も使い捨て商品となってしまうのである。



廃棄物に目をつぶることによって成り立ってきた経済成長路線が、使い捨て文明をつくり上げ、公害や環境破壊の元凶となったのであるが、水もその仕組みの中に組み込まれてしまっている。

買っている水がどこからどのようなようにして届くのか、また捨てている水がどうなるかを考えなくても、生活は維持できる。台所や風呂場に汚れた水が溜まっているわけではないし、捨てた水はたいてい地下の管を通して遠くへ送られてしまうから、自分自身が環境汚染の加害者になっていることに気がつかないことが多い。後始末を忘れた無責任時代の典型である。

行政は水質汚濁防止の対策に努力されているが、汚濁の改善は遅々としている。水質汚濁防止法（昭四五・法一三八）や湖沼水質保全特別措置法（昭五九・法六）に基づいた排水規制措置（一律排水基準や上乘せ排水基準）がとられ、産業排水に対する規制が強化され、産業排水による汚濁は改善されつつあるのに、川や湖や海はまだ汚れている。生活排水による汚濁が進んでいるからである。

北海道の水はいま、どれぐらい汚れているのだろうか。まず「北海道環境白書'88」から現状を紹介し、誰でもどこでもできる水質チェックの方法を通して、一人ひとりが、どうすればよいのかを考えてみたいと思う。

III 水は友だち

水質汚濁についての環境基準

「環境白書」で具体的なデータを見る前に、日本での水質汚濁についての環境基準の説明をしておこう。

環境基準というのは、一九六七年に制定された公害対策基本法（昭四二・法一三二）にもとづいて、大気汚染、水質汚濁、土壌汚染および騒音などから人の健康を保護し、環境を保全するために、決められた基準である。つまり、この基準以上に汚れると、人体にも環境にもよくないという、上限を示す値である。

水質汚濁についての基準は、「人の健康の保護に関する環境基準」と「生活環境の保全に関する環境基準」が決められている。「人の健康の保護に関する環境基準」では、カドミウム、シアン、有機リン、鉛、クロム、ヒ素、水銀、PCBについて、全国一律に規制されている（表一）。「生活環境の保全に関する環境基準」は水道用水、産業用水などの利水目的に応じた公共用水域の水質を良好に保全するために、河川、湖沼、海域ごとに水域類型を指定し、「水素イオン濃度（pH）」、「生物化学的酸素要求量（BOD）」、「化学的

表一 人の健康の保護に関する環境基準

項目	カドミウム	シアン	有機リン	鉛	クロム (六価)	ヒ素	総水銀	アルキル水銀	PCB
基準値	0.01 mg/l 以下	検出されないこと。	検出されないこと。	0.1 mg/l 以下	0.05 mg/l 以下	0.05 mg/l 以下	0.0005 mg/l 以下	検出されないこと。	検出されないこと。

「油分等」についての基準が定められている(表一三)。「溶存酸素(DO)」、「浮遊物質(SS)」、「大腸菌群数」、「酸素要求量(COD)」。

最近では環境に対する関心が高まっているので、御存知の方も多いかと思うが、一般的には、耳なれない用語が多いので、基準についての表を読むために必要な用語の説明を加えておこう。

水域類型(表一三) 北海道では一九七一年から順次利用目的等に応じた水域類型が指定され、一九八八年八月までに、河川一九五水域、湖沼一三水域、海域六二水域を指定し、その総数は二七〇水域になっている。

河川ではAA、A、B、C、D、Eの六段階(六類型)がある。AAは水道一級で、ろ過などによる簡易な浄水操作をすれば飲める水で、最もきれいな水である。Aは水道二級・水産一級で、沈澱ろ過などによる通常の浄水操作で飲める水で、ヤマメ、イワナが棲める河川、Bは水道三級・水産二級で、前処理を伴う高度の浄水操作をしなければ飲めない水とされており、サケの仲間やアユが棲める河川である。ここまでは、とにかく飲むことのできる水である。Cになると水産三級・工業用水一級で、コイ、フナなどしか棲めない汚れた水であり、Dは工業用水二級と農業用水、Eは特殊な浄水操作後に工業用水にしか使えない水とされている。人間が泳ぐことのできるのはAAとAだけである(表一三)。(一)。ちなみに石狩川上流(留辺志部合流前)はAA、上流

III 水は友だち

でも永山橋あたりから東鷹栖浄水場取水口まではA、それより下流はBに指定されており、環境基準も達成されている。

湖沼ではAA、A、B、Cの四段階（四類型）となっており、AAは水道一級・水産一級、Aは水道二級と三級・水産二級、Bは水産三級・農業用水・工業用水一級、Cは工業用水二級で、高度の浄水操作、または特殊な浄水操作をして工業用水に使える水である。湖沼についてはさらに一九八二年から窒素とりんについて五段階の区分（五類型）が設けられており、富栄養化のチェックもされている（表一ニ一（一）ア・イ）。

海域についてはA、B、Cの三分（三類型）になっており、Aは水産一級でマダイ、ブリ、ワカメ等の水産生物用で、泳げる海域である。Bはボラ、ノリ等の水産生物用の水産二級と工業用水として利用される。Cは環境保全として、国民の日常生活（沿岸の遊歩道等を含む）において、不快感を生じない程度の基準が定められており（表一ニ一（二））、河川のE、湖沼のCとVに相当している。

表-2 生活環境の保全に関する環境基準

1 河川

(1) 河川(湖沼を除く)

項目 類型	利用目的の適応性	基準値				
		水素イオン濃度 (pH)	生物化学的酸素要求量 (BOD)	浮遊物質 (SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数
AA	水道1級 自然環境保全及びA以下の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	1mg/l 以下	25mg/l 以下	7.5mg/l 以上	50MPN /100ml以下
A	水道2級 水浴及びB以下の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	2mg/l 以下	25mg/l 以下	7.5mg/l 以上	1,000MPN /100ml以下
B	水道3級 水産2級 及びC以下の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	3mg/l 以下	25mg/l 以下	5mg/l 以上	5,000MPN /100ml以下
C	水産3級 工業用水1級及びD以下の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	5mg/l 以下	50mg/l 以下	5mg/l 以上	-
D	工業用水2級 農業用水及びEの欄に掲げるもの	6.0以上 8.5以下	8mg/l 以下	100mg/l 以下	2mg/l 以上	-
E	工業用水3級 環境保全	6.0以上 8.5以下	10mg/l 以下	ゴミ等の浮遊が認められないこと。	2mg/l 以上	-

備考 1 基準値は、日間平均値とする(湖沼、海域もこれに準ずる。)

2 農業利用水点については、水素イオン濃度6.0以上7.5以下、溶存酸素量5mg/l以上とする(湖沼もこれに準ずる。)

(2) 湖沼

(天然湖沼及び貯水量1,000万立方メートル以上の人工湖)

7

項目 類型	利用目的の適応性	基準値				
		水素イオン濃度 (pH)	化学的酸素要求量 (COD)	浮遊物質 量 (SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数
AA	水道1級 水産1級 自然環境保全及びA以下の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	1 mg/l 以下	1 mg/l 以下	7.5 mg/l 以上	50 MPN /100ml以下
A	水道2・3級 水産2級 水浴及びB以下の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	3 mg/l 以下	5 mg/l 以下	7.5 mg/l 以上	1,000 MPN /100ml以下
B	水産3級 工業用水1級 農業用水及びCの欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	5 mg/l 以下	15 mg/l 以下	5 mg/l 以上	-
C	工業用水2級 環境保全	6.0以下 8.5以下	8 mg/l 以下	ごみ等の浮遊 が認められないこと。	2 mg/l 以上	-

備考 水産1級、水産2級及び水産3級については、当分の間、浮遊物質量の項目の基準値は適用しない。

項目 類型	利用目的の適応性	基準値	
		全窒素	全りん
I	自然環境保全及びⅡ以下の欄に掲げるもの	0.1 mg/l 以下	0.005mg/l 以下
Ⅱ	水道1, 2, 3級(特殊なものを除く。) 水産1種 水浴及びⅢ以下の欄に掲げるもの	0.2 mg/l 以下	0.01mg/l 以下
Ⅲ	水道3級(特殊なもの)及びⅣ以下に以下の欄に掲げるもの	0.4 mg/l 以下	0.03mg/l 以下
Ⅳ	水産2種及びⅤの欄に掲げるもの	0.6 mg/l 以下	0.05mg/l 以下
Ⅴ	水産3種 工業用水 農業用水 環境用水 全	1 mg/l 以下	0.1 mg/l 以下

- 備考 1 基準値は、年間平均値とする。
 2 水域類型の指定は、湖沼植物プランクトンの著しい増殖を生ずるおそれがある湖沼について行うものとし、全窒素の項目の基準値は、全窒素が湖沼植物プランクトンの増殖の要因となる湖沼について適用する。
 3. 農業用水については、全りんの項目の基準値は適用しない。

2 海 域

項目 類型	利用目的の適応性	基 準 値				
		水素イオン濃度 (pH)	化学的酸素要求量 (COD)	溶 存 酸 素 量 (DO)	大腸菌群数	n-ヘキサ ン抽出物質 (油分等)
A	水産1級 水産1級 自然環境保全 及びB以下の欄に掲 げるもの	7.8以上 8.3以下	2mg/l 以下	7.5mg/l 以下	1,000MPN /100ml以下	検出されな いこと。
B	水産2級 工業用水 及びB以下の欄に掲 げるもの	7.8以上 8.3以下	3mg/l 以下	5mg/l 以上	—	検出されな いこと。
C	環 境 保 全	7.0以上 8.3以下	8mg/l 以下	2mg/l 以上	—	—

備考 水産1級のうち、生食用原料カキの養殖の利水点については、大腸菌群数70MPN/100ml以下とする。

水域類型はその水をどのように利用するか、つまり、飲み水にしなければならないのか、農業用なのか、あるいは工業用なのかという人間の諸活動に応じて指定されているから、AAに指定されているからといって、その水域が現在AA類型の環境基準どおりのきれいな水であるとは限らない。後にのべる阿寒湖、大沼、網走湖、春採湖などは、指定と現状のくいちがいの最も大きい例である。そのために、指定された類型の基準に近づけるよう、さまざまな対策がとられている。つぎの「基準項目」のところ、くわしく説明する項目について、継続的な測定が行われ、それぞれ指定された環境基準値まできれいになったとき、「環境基準が達成された」という。

基準項目

それぞれの類型について基準項目ごとの基準値が定められており、継続的に測定された結果が、毎年「北海道環境白書」として発表される。ここで、基準項目について、わかりやすく説明しておこう（表―二参照）。

水素イオン濃度 (pH) 溶液中に含まれている水素イオンの量を示す指標で、この値が七であれば中性、それより低ければ酸性、高ければアルカリ性である。環境基準では、河川と湖沼については六・五以上八・五以下、海域では七・八以上八・三以下が望ましいとされている。pHが三

以下の強酸性、pHが十一以上の強アルカリ性の水は、分解者としての水中微生物が生存できない環境であり、水の自浄作用ができなくなって、水質汚濁を促進する。

生物化学的酸素要求量 (BOD) 水中に含まれる有機物が好気性微生物の作用で自然浄化される過程 (自浄作用) で消費される酸素の量である。BODの値は採取直後の水に溶けている酸素の量 (DO) から、測定用の容器内に密封 (水封) して摂氏二〇度で五日間培養した後のDOを差し引いた値を mg/l で表したものである。したがって水が汚濁されていけば、有機物が多く、微生物による分解のために必要な酸素の量が当然多くなり、BOD値は高くなる。

化学的酸素要求量 (COD) 水中に含まれる有機物や被酸化性の無機物を酸化剤 (環境基準では過マンガン酸カリウム) によって酸化させて、消費された酸化剤の量に対応する酸素量を mg/l で表す。水質汚濁に係る環境基準としては湖沼と海域の基準項目とされている。欧米諸国の排水規制に用いられているCODは酸化剤として重クロム酸カリウムが用いられている。

浮遊物質 (SS) 粒径二mm以下の水に溶けない懸濁性の物質の量をいう。粘土、有機物、微生物などが含まれているにのりの成分であり、魚のエラにつまったり、水生植物の光合成を阻害したりする。沈澱たい積すると、水棲生物を埋没させて死亡させたり、易分解性有機物による二次的汚濁の原因ともなる。一 l 中の乾燥重量 mg で示される。

溶存酸素量(DO) 水中に溶解している酸素の量を mg/l で示す。気圧、水温、溶存塩などの影響を受けて値が変化するが、清浄な淡水の中では一気圧のもとで、摂氏 20°C で 8.8mg/l 程度溶解している。きれいな川では $7\sim 10\text{mg/l}$ 程度であるが、有機物が多くなると好気性微生物の活動によって酸素が消費されて減るので、水質汚濁の指標とされている。

大腸菌群数 水中に大腸菌群が多ければ、人間や動物の大便汚染の疑いがあり、ひいては消化器系の伝染病の病原菌等で汚染されている可能性がある。海水浴場が解禁になる前にも検査されて発表されるから、なじみの深い検査である。検査の方法は海水浴場と公共用水域では異なっているが、公共用水域では乳糖ブイヨン法という方法で試験した結果から、確率的に数値を算出して、最確数(MPN)を求め、 MPN/100ml で表わす。

これぐらいの基礎知識があれば、環境庁ならびに各都道府県から出されている環境白書のうち、水質汚濁についての部分は楽に読みこなすことができるだろう。

北海道における水質汚濁の現状

いよいよ「北海道環境白書'88」の内容に入ることになるが、ここでは「人の健康の保護に関する」部分(重金属等有害物質)と「生活環境の保全に関する」部分(BODまたはCOD、全窒

素および全りん等)に分けて、具体的な現況をみたいと思う。

重金属等有害物質

(ア) カドミウム・鉛・ヒ素

北海道環境白書によれば、北海道内には操業中の鉱山と休廃止中の鉱山を合わせると約一〇〇〇の金属鉱山がある。そのうちで鉱害防止対策の必要な鉱山は二〇あるが、一三鉱山は休廃止鉱山であるため、道が対策を進めている。すでに坑道を密閉するなどして鉱害防止対策を完了しているのは三鉱山、現在継続して対策をほどこしているのが七鉱山、鉱害防止対策の調査を進めているのが三鉱山となっており、対策中の二鉱山と対策調査中の二鉱山の坑内水、浸出水の中に環境基準を越えるヒ素(As)が検出されている。操業中の鉱山でも一カ所でカドミウム(Cd)と鉛(Pb)が環境基準を超えているが、利水地点までその影響のでているところはない。

(イ) クロム

一九七二年に閉鎖した日本電工(株)栗山工場による栗山地区の六価クロム汚染は十年以上かけての対策事業の結果、農用水などの利水地点では六価クロムは検出されなくなってきた。また埋立によって汚染されていた旧栗山小学校グラウンド、田上埋立地等の表面処理の効果も安定して推移していることが認められているようである。

(ウ) 水銀

水俣病で一般的に知られるようになった水銀汚染と似た例が北海道にもあったことは「工業と水」(一五八ページ)でもふれられている。人体被害は出ていないけれどもバルブ工場の排水などに含まれていた水銀が生物濃縮によってウグイなどに蓄積されているため、常呂川、無加川およびオサラッペ川のウグイと藻類の水銀濃度は毎年測定されている。海産魚介類の水銀濃度についての暫定的規制値(総水銀 $0 \cdot 4 \text{ mg/l}$ 、メチル水銀 $0 \cdot 3 \text{ mg/l}$)を超えていることがわかって、常呂川、無加川などのウグイは食用にしないように指導されてきている。水銀を含んだ水が工場から排出されなくなつてから一五年以上たった一九八七年の調査でも、常呂川、無加川のウグイは規制値を超えていて、食べることは危険である。

(エ) PCB

カネミ油症事件でよく知られているPCBは、一九七一年に製造停止、使用規制されたが、地球規模での汚染が今なお続いている。これも生物濃縮されて、動物性食品の中に残留しているために調査されているが、道の一九八七年度調査では、牛乳、バター、鶏卵、鶏肉、豚肉、牛肉、魚介類などの残留値は、それぞれの暫定規制値を超えてはいない。

環境基準の定められている重金属等有害物質による水質汚濁は次第に改善されてきているとは

III 水は友だち

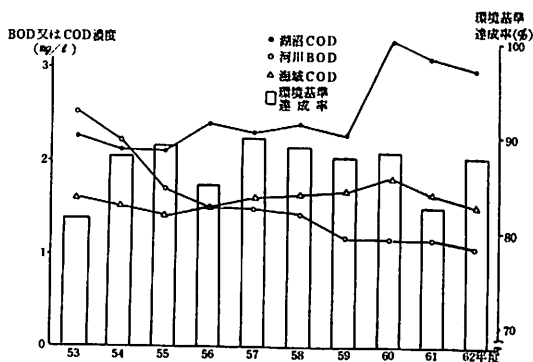
いえ、食物連鎖による生物濃縮によって、その影響は長い期間にわたって続いたため、一度汚してしまった水の影響は簡単に取り除くことはできないのである。さらに、現在検討中とのことではあるが、日本で環境基準の定められている有害物質の数が、世界各国にくらべて極端に少ないことも知っておく必要がある。

BOD・CODおよび窒素、リン等

一九七八年から一九八七年までの十年間に北海道における公共用水域の水質汚濁状況の推移をグラフにしたのが図一である。河川、湖沼、海域に分けて汚濁の現況をみてみよう。

(ア) 河川の汚濁

河川では一九七〇年に制定された水質汚濁防止法（昭四五・法一三八）に基づいた排水規制の強化によって、汚濁は総体的には減少する傾



- 注 1 環境基準の達成率はBOD又はCODの類型指定されている全水域数に対する達成水域数の割合です(棒グラフ)。
 2 BOD又はCOD濃度は環境基準点における年平均値の平均値です(折線グラフ)。
 3 60年度以前の湖沼のCOD濃度には、59年度に新たに類型指定された春採湖、然別湖及び鶴平ダム湖のデータが追加されています。
 (「北海道環境白書'68」より)

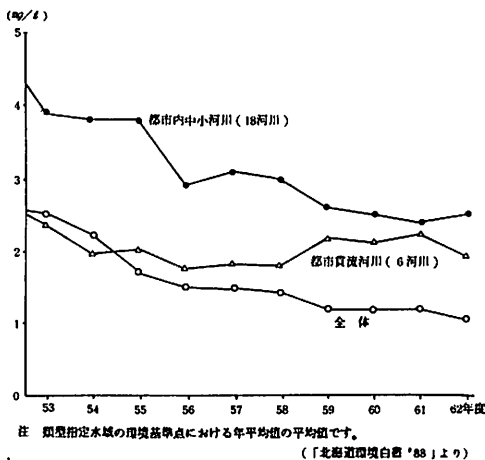
図一 水質汚濁状況の推移

向にあるが、都市内河川や都市貫流河川では、BODの値が依然として高い水準にある（図一）
 二）。原因は都市部への人口集中による生活排水の増加であると考えられている。

全道四河川のうち、類型指定されている一九四水域のBOD環境基準が達成されたのは一七九水域で、まだ一五水域の河川は達成されていない。その内訳はAA類型六、A類型四、B類型五となっており、汚れている水域がまだまだあるといえる。

（イ）湖沼の汚濁

湖沼については、一三湖沼が類型指定されている。北海道環境白書には毎年、平均値をグラフにした図が掲載される（図一三）が、ここ数年間、大きな変化はみられない。十三湖沼のうち、湖沼AA類型に指定されているのは支笏湖、洞爺湖、阿寒湖（以上一九七二年指定）と屈斜路湖（一九七三年指定）であり、湖沼A類型は大沼



図一三 河川種類別BODの経年変化

III 水は友だち

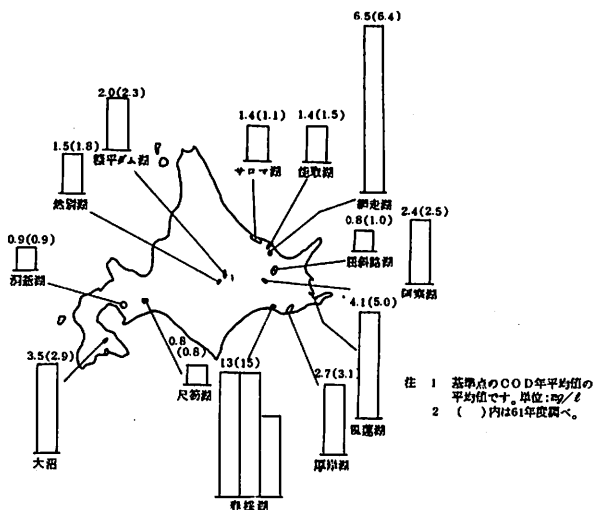


図-3 湖沼のCOD濃度の状況 (1987年度)

(一九七二年指定)、網走湖(一九七一年指定)、然別湖、糠平ダム湖(以上一九八四年指定)の四湖沼、湖沼B類型は春採湖(一九八四年指定)である。他の四湖沼は海域指定であり、海域A類型が、サロマ湖(一九七三年指定)と風連湖(一九七五年指定)で、海域B類型が能取湖と厚岸湖(いずれも一九七三年指定)となっている。

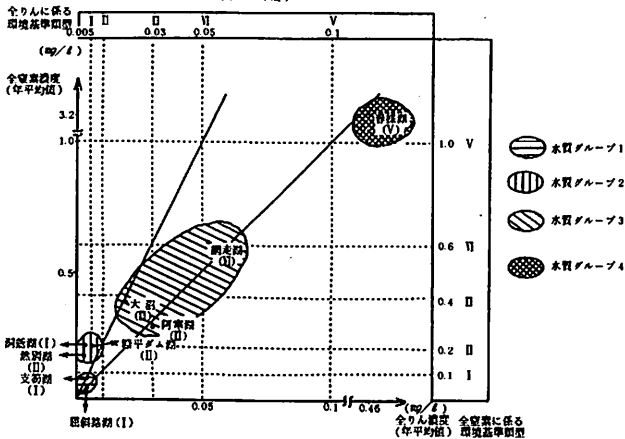
このうち、CODの環境基準が達成されているのは七湖沼(支笏湖、洞爺湖、屈斜路湖、能取湖、厚岸湖、然別湖、糠平ダム湖)だけである。環境基準が達成されているといっても、利用目的によって指定されている類型別に環境基準が異

なっていることに留意する必要がある。それにしても、現在水道水源として利用されていないとはいえ、水道一級、水産一級のAA指定を受けている阿寒湖や水道二・三級、水産二級のA指定をされている大沼、網走湖のCOD値の高さ、B指定とはいえ、春採湖の汚濁状況には驚かされる。また、海域A指定のサロマ湖は前年度より汚濁が進み、風連湖も依然として汚れたままである。

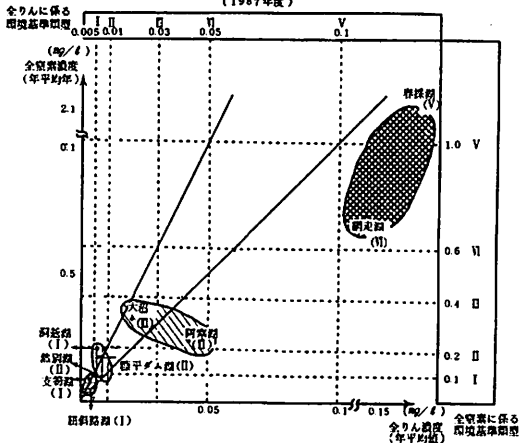
環境基準のところで述べたように、湖沼についてはCOD値だけでなく、全窒素と全りんについても類型指定があり、北海道では、海水が流入する四湖沼を除いた九湖沼が指定されている。全窒素および全りんの年平均濃度をグラフにしたのが図一四である。濃度によって四つの水質グループに分けられているが、水質グループ1の支笏湖はI類型の環境基準以下、水質グループ2の然別湖、洞爺湖、糠平ダム湖はII類型の環境基準以下である。洞爺湖と糠平ダム湖は特にりんの濃度が低い傾向にある。水質グループ3には大沼と阿寒湖が入っており、「富栄養湖」であり、III類型であるが、阿寒湖では基準値以上の全りんが検出されており、前年度より全りん値が増えている。水質グループ4の網走湖（IV類型指定）と春採湖（V類型指定）は、近年アオコの発生や魚類のへい死が見られており、北海道内で富栄養化の最も進んだ湖沼である。網走湖の全りんはV類型の基準を超えるほどになっており、全窒素もIV類型の基準を超えている。

III 水は友だち

(1986年度)



(1987年度)



注 () 内は、全窒素及び、全りに係る環境基準の類型であり、支羽湖、沼科路湖、阿蘇湖、四平ダム湖及び大沼は全りのみ類型が指定されています。

(「北越道環境白書'87、'88」より)

図-4 全窒素及び全りに濃度による湖沼分類

網走湖は一九八六年度まで水質グループ3に属して(図14-1上)、全りんは平均 0.06mg/l 程度であったが、一九八七年度の測定では 0.15mg/l と二倍以上も増え、急速に汚濁が進んでいる。その結果、水質グループ4に入ってしまった(図14-1下)。

湖沼の全りんが増加するのは、一般に人為的な汚染が進行しているためであると考えられている。白書「水質汚濁の現況」では、「網走湖の汚濁は泥炭地に起因する自然的なもの」であるとのべられており、「網走湖は底層にりん含量の高い停滞水層があり、小雨や風のための底層が上昇するとりんの値は高くなる」との説明もされているが、一年で二倍も全りん値が増加している原因が自然的なものだけであるとは考えられない。生活排水や事業所排水等の人為的要因の影響が大きいに思われる。環境保全対策として、一九八五年に網走湖環境保全対策推進協議会が設置され、一九八六年には網走湖の環境保全に係る基本方針が策定された。生活排水も含めた保全対策は進められているが、簡単に水質が改善されるとは考えられない。特に湖沼は水が滞留しているから、汚濁物質が蓄積しやすいため、改善が困難なのである。

(ウ) 海域の汚濁

北海道の海域で水質が測定されているのは一七海域で、六一水域が類型指定されている。一九八七年度の測定で、CODの環境基準が達成されているのは五一水域で、達成率は八三・六%

ある。基準が達成されていないのは、留萌海域、稚内海域、紋別海域、網走海域、根室海域、釧路海域、室蘭海域、岩内海域および石狩海域の九海域である。一九八六年度には小樽海域、十勝海域、伊達海域および森海域も基準が達成されていなかった。

北海道での海域汚濁の原因は、主として水産加工場排水と生活排水である。紙・パルプ工場排水も汚濁源となるが、近年水質汚濁防止法（昭四五・法一三八）に基づいた排水規制措置により、改善されてきた。

理化学的な測定法による北海道の水質汚濁の現況を、北海道環境白書のデータによって紹介してきたが、河川も湖沼も海域も、生活排水による影響を大きく受けて汚濁が進んでいることは見逃せない。道民一人ひとりが、それぞれの立場で、水を汚さないように心掛けないかぎり、解決の望みはないような気がする。

目で見る水質汚濁

日本人は水の汚れに鈍感だといわれている。それはコイやウナギやフナのような汚れた水に棲む魚を食用にしているために、水の汚れに対する危機感がないからだ。陸水研究者の森下郁子さんが「川の健康診断」の中でのべられている。

数年前、本州でのことである。学会出張の見学会の途中で橋を渡っていたら、地元の人が、「この川は魚が棲めるような、きれいな川になった」と言われたので、のぞいてみたら、何と泳いでいたのはコイであった。類型からいえばC類型で水産三級。とっさに「あら、コイの棲む水なんて、飲用に使えない汚れた水でしょう」と叫んでしまいそうになった。以前はよほど汚れた水が流れていたのかも知れないが、魚がいるから水がきれいだとは、決していえないのである。サケが帰ってくる川、アユが棲む川でさえ、水道三級でB類型の川であり、高度な浄水処理をしなければ飲むことのできない水である。そのアユが棲めなくなるほど汚れた水にコイやフナが棲むのだから、コイやフナの棲んでいるのは汚濁の進んだ川だと感じなければならぬはずである。アメニティからいえばコイやフナの棲む川があってもよいとは思いが……。

生物を無視した河川改修と、農薬の影響で絶滅寸前になったホタルをよみがえらせる運動が進められている。とても嬉しいことであるが、ホタルにしても、北海道に棲むヘイケボタルはゲンジボタルより、ずっと汚れた水辺で繁殖できるホタルだから、単純に水質がよくなったと自慢できないのである。

環境庁の採用している環境項目、つまり環境白書で報告されるppm単位の化学的測定値は数値で表わすことができる点でそれなりの意味はある。しかし、測定値は1と中のmg単位であらわされ

るので、薄めれば値が変化する。河川に例をとるならば、数日間雨が降り続いて、流量も流速も増している時に測定すれば当然晴天時とは異なった値となる。さらに水温の変化でも値は変わってくる。年平均で表わされるとはいうものの、水質汚濁の状況を総合的に判断することは困難である。また、一般市民にとってはまことに分かりにくい値でもある。

アユとコイの話でもわかるように、河川や湖沼の汚濁が進むにつれて、そこに棲む生物の種類が変化し、種類の数も減って、生物相が貧弱になることは、よく知られている。生物、特に水棲生物や水辺に生育する生物は水質の変化に敏感で、適応の幅もそれほど大きくないので、水質が変わると生育できなくなってしまう。代わって別な種が入り込んで生育するようになる。ひどく汚れてしまった場合には汚れた水に適応した生物だけが生育するようになる。部分的、瞬時的に採取した水で測定した値より、そこに棲む生物たちの方が、水の汚れを総合的に教えてくれるのではないかと思う。

放射能汚染は眼に見えないが、水の汚れは見えると思いがちである。しかし、川や湖の水を眺めただけでは水質はわからない。濁っていても煮沸するだけで飲める水もあれば、澄んだ水でも有害物質を含んでいたり、強いアルカリ性だったり酸性だったりするかもしれない。水だけを見ないで、その水の中で生き続けている生物に眼を移せば、汚濁の程度を知ることができるのであ

る。これを生物学的な水質判定という。この方法にも問題点がないわけではない。たとえば川虫の生活について見れば、川の汚れの程度だけで棲むか棲まないかが決まるわけではなく、川底の状態、水温なども関係するので、総合的な判断が必要になってくる。しかし、「きれいな水」や「ひどく汚れた水」に棲む種類は、かなり限られているので、判断をあやまることは少ないようである。

何よりも、いつでも、どこでも、誰にでも楽しみながらできる水質判定法であり、身近かに水問題を考えるきっかけをつくることができる点で、一人ひとりが知っておくべきだろう。生き物である人間が、他の生き物たちとの交流を深めることによって、自分達が加害者であることを知らされる。水道の蛇口と地下にもぐってしまった排水管とだけつき合ってきた生活の見直しが、そこからはじまるのではないかと思う。

せせらぎスクール

全国的に生活排水による汚濁が進んできてから環境庁でも、生物学的な水質判定をとり入れた河川観察運動の普及に力を入れはじめている。北海道では一九八六年から水質保全思想の普及啓発事業として、「せせらぎスクール」が開催されている。川の汚れやその仕組み、家庭でできる生

活排水対策などの講習会に加えて、簡易水質調査法（せせらぎさいえんす）による川の生物や水の汚れなど、野外での観察会によって、地域の自主的な河川観察リーダー（せせらぎすと）を養成しているわけである。もはや、行政レベルでの生活排水対策だけでは、水質汚濁をくい止めることのできない段階にきているともいえよう。住民一人ひとりが水を汚さない努力をしなければならぬ。

北海道主催の「せせらぎスクール」は、一九八六年度に帯広市、旭川市、網走市、函館市で開催され、講習会参加者一〇二名、観察会参加者二四五名であった。一九八七年度には音更町、小樽市、登別市、静内町で開催、参加者は一九五名となった。そのほか、地域における「せせらぎスクール」の開催を進めるために、一九八七年度には千歳川で市町村担当職員や住民団体の代表者等を対象に、「せせらぎスクールの開催運営の仕方」などについてのリーダー研修会が開催され、私もその会に参加させていただいた。四〇名の参加であった。一九八八年度も引き続き「せせらぎスクール」が開催されており、「せせらぎすと」たちは、各地域ごとに河川観察運動の普及につとめ、官民が協力し合いながらの生活排水対策が広がりをみせはじめている。

川に入って生活を問ひ直そう

北海道生活環境部公害対策課（現在、保健環境部環境対策課）では、「せせらぎスクール」用のテキストとして、「せせらぎさいえんす」を編集発行している。子供たちにもわかるように、生物学的水質判定を含む簡易水質調査の方法や注意事項が書かれた河川観察の手引書である。この「せせらぎさいえんす」にもとづいて誰にでもできる河川観察の方法を紹介しよう。

「木を見て森を見ず」という諺があるが、「木を見て川を見ず」にならないように、川に関連する環境を総合的に観察して、川のかくれた素顔を知ろうという試みである。

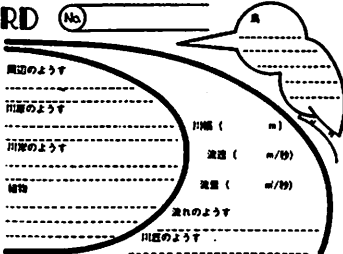
まず川の周辺、川原、川岸のようすを見る。つぎに、流れのようすを知るために、流れのかたち（蛇行、瀬とふちの間隔、波立ち）、川底のようす（石の大小とまるみ度、土砂の大きさと多少）を観察し、川幅、流れの速さ（ピンポン玉を5m流すのにかかった時間）、水の流量（川の平均的な深さ m ×幅 m ×速さ m ／秒 \parallel m^3 ／秒）を測定する。そのときガラスビンやフィルムケースに水をとって、水の色、水のおい、油の有無、あわ立ち、温度、水のにごり具合（1ℓの空ポリ容器など使用）、にごりの原因（コーヒー用フィルターを使用）などをしらべる。図1五のカードにその都度記入しておく。カードには記入欄がないけれども、川に棲む鳥類や魚類、川原や川の中の植物、水中の石についた小さな植物（藻類）などの観察もして、カードの裏にでも記

III 水は友だち

SESERAGI CARD

LABEL	
記入者	
年月日	年 月 日
時間	: ~ :
天候	(前日)
調査地点	
温度 (気温) °C (水温) °C	
メンバー	

No. _____



風速のようす _____

川原のようす _____

川底のようす _____

川幅 () m

流速 () m/秒

流量 () m³/秒

植物 _____

流れのようす _____

川底のようす _____

水の色	色なし	() 色		
水におい	においなし	() のようなにおい		
あわ立ち	泡がすぐきえる	泡がきえにくい		
あぶら	油がういていない	油がういている		
透明度	30cm以上	30cm未満 () cm		
にごりの原因	フィルターに何ものこらない	() がフィルターにのこった		
川底の虫	ヒラタカゲロウ	ヤマトビケラ	サカマキガイ	セズジユスリカ
	ブユ	カクスイトビケラ		
	アミカ	シマトビケラ	シマイシビル	イトミミズ
	カワゲラのなかま	コエブリトビケラ		
	ヘビトンボ	ナガレトビケラ	ミズムシ	
	ユスリカ	カクフツトビケラ		
マダラカゲロウ	ヒゲナガカワトビケラ			
フタオカゲロウ				

「せせらぎ さいえんす」より

図-5 せせらぎカード

録する。

溪流にカワガラスやヤマセミがいて、中流でカワセミに出会い、川原にはコヨシキリやハクセキレイ、ヒバリがいて、アオサギは下流の浅瀬やヨシ原を餌場に行っていることは、野外を歩いている人から経験的に知っている。植物についても、ある程度の知識はあるだろう。しかし、川の改修工事で、コンクリートの枠の中を水が流れ、川底に石など見られなくなって久しい。子供達が川で遊べなくなつてから、特に都市部に住む人達と川虫（水生生物）とのつき合いが

表-3 水の汚れと川虫の種類

きれいな水にすむ	少し汚れた水にすむ	汚れた水にすむ
アミカ類 ブユ類 カワゲラ類 ナガレトビケラ類 ヤマトビケラ類 ヒラタカゲロウ類 ヘビトンボ	ミズムシ サカマキガイ シマイシビル	セスジユスリカ イトミミズ類

(「せせらぎスタイルテキスト」より)

途切れてしまったために、川底の生物たちを知る人はきわめて少ないと思う。川底の生物こそ、直接的に川の汚れと関係をもっているから、生物学的な水質判定の指標生物として、最も重要である。

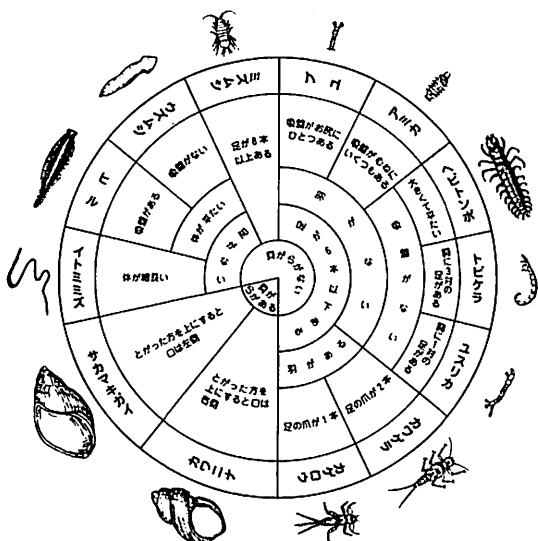
大きな石のあるきれいな川にいる生物たち（カゲロウの仲間、トビゲラの仲間など）、汚れた川にいる生物たち（ミズムシ、サカマキガイなど）、ひどく汚れた川にいる生物たち（セスジユスリカ、イトミミズなど）の三群に分けて、表-3に示した。川に入って、大きめの石をそつと持ち上げ、少し水を入れたボールに入れ、ピンセットでバットやピンにとったり、石の下流に網かザルをあてて、石を動かして、流れ出してくる虫を受けてからピンセットでとったり、砂や泥にもぐっている虫は川底を手やザルで掘って、砂ごとボールにあけて、生物だけをピンセットでとればよい。あとは同じ種類のものを集めてピンに入れ、図-1六の検査表を参考にしながら種を同定する。種の種類と数によって、きれいな川か汚れた川かを判断することができるわけだ。

夏の日、家族揃って楽しく川の観察をしてみてはどうだろうか。リ

III 水は友だち

ゾート開発でどんどん自然が壊されているが、人工的な大規模リゾート地でのレクリエーションより、小川に手足を入れて自然のささやきを聞くことの方が、はるかに健全なレクリエーションになるように思う。

フィルムの入っている透明なケースに半分くらい水をとって、十秒ほどはげしく振って、泡が消えないことを体験することから、合成洗剤問題を考えるきっかけができるかもしれないし、油が浮いていたら、台所での油の処理について反省が生まれるかもしれない。その捨てた油のリサイクルで、石けんがつくられていることにも……。川のまわりの環境を観察したり、水にぬれながら調べて



(「せせらぎ さいえんす」より)

図-6 川底の生物の検索表

みることから、自然と人間の共存を基本に据えた生活への第一歩がふみ出されればすばらしい。

参考文献

環境庁「63環境白書」（一九八八）

自治研さっぽろ編集部「特集 伝えたい残したいみどりとみず」自治研さっぽろ8号（一九八六）

高山茂美「川の博物誌」丸善株式会社（一九八六）

西尾 健「水・生活・環境」リサイクル文化社（一九八三）

北海道「'88北海道環境白書」（一九八八）

北海道「せせらぎスクールテキスト」（一九八七）

北海道「せせらぎさいえんす」（一九八七）

本間 都「やさしい飲み水の話」北斗出版（一九八七）

三木和郎「都市と川」農山漁村文化協会（一九八四）

森下郁子「川の健康診断」日本放送出版協会（一九七七）

同 「河口の生態学」山海堂（一九八二）

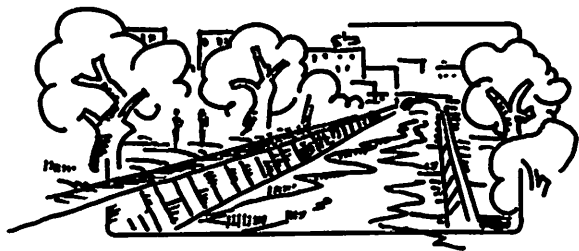
森 誠「水道蛇口からの警告」家の光協会（一九八四）

(2) 親水空間

足 達 富士夫

「親水」ということ

「親水空間」というのはいろいろなことを考えさせる言葉だ。もちろんあたらしい言葉である。昔はなかった。必要がなかったからである。家事作業でもあそびでも、水にふれる機会はいくらでもあった。川がながれていけば、車にわずらわされずに水に近づくことができたし、子供は毒物の心配なんかせずにその水にふれることができた。たとえば大阪は、昔は俗に八百八橋といわれたくらいに堀が多く、水のながれが町の中を四通八達していた。それが三〇年ほど前からほとんど埋められて道路や駐車場になり、すっかりひからびた町になってしまった。わずかに残った水面も、水がおそろしくよごれて、とても水にふれて見たいとい



う気にはならない。けれどもこれらの川や堀も昔はきれいで、最近まで、老人で子供のころ泳いだ経験をもっているという人も少なくなかった。

大阪市の南に接する堺の海岸は、古くから大阪市民のための海水浴場だったが、六十年代の高度成長期に埋立てられて臨海工業地帯になった。失われた海岸の代償に、大阪府はもとの砂浜のあたりに大きなプールをつくった。海岸の埋立てによる工業開発が当然と思われていたこの時代に、かわりのプールをつくるという配慮はめずらしかったけれども、それでもりっぱなプールと、昔の海岸のなごりをわずかにとどめている松の木立のすぐむこうに、石油コンビナートの工場がたちならび、大きな煙突が煙をあげている風景はなんともちぐはぐというほかなかった。そして「親水空間」という言葉で私の頭にうかぶのは、たとえばこの堺の海岸の大プールであり、コンビナートと一体になったちぐはぐな眺めなのである。

川や海が身近かに手にふれられるものとしてあったころには、わざわざ水にしたしむという考えも、そのための場所を特別につくるという必要も、したがって親水空間などという言葉もなかった。ふつうの生活空間として身近かにあったそういう場所が、六十年代から七十年代にかけての異常ともいえる地域開発でどんどん姿をけし、最近になってその異常さが反省されて、水辺の回復をもとめる動きがおこってきた。しかしもとどおりにはもちろんならない。特別の部分を取り

あげて水にふれられる場所をわざわざつくらなければならない。それが「親水空間」にはかならない。親水空間という言葉自身が、ふだん私たちがどれほど水から遠ざけられてしまっているかを示している。水にしたしむ場所は現在の生活環境でいちばん不足しているもののひとつで、そういう場所の整備はぜひ進めなければならない。それに昔とちがって現在では、水辺の放置はそのまま破壊につながるので、水辺を維持するためには積極的・計画的な保護・整備の努力が不可欠である。が、親水空間をつくるというこの裏には、そういう屈折にみちた背景があることを知っておくことがまず必要だ。

消えた水辺

昔は川で洗濯をする人が少なくなかった。川で洗濯するのは、戦後もしばらくは——「高度成長」がはじまる前までは、田舎では町場でもけっして「桃太郎」のようなおとぎ話の中だけのことではなかった。川岸につくられた石段をおりていって子供のおむつなどを洗っている風景はごくふつうの風景だった。こういう風景が消えてしまったのは、いうまでもなく電気洗濯器の普及が大きな原因である。そしてこのことに関するかぎり、川の水にふれることがなくなったことを惜しむにはあたらない。それが文明の進歩であり、生活水準の向上にはかならないからだ。けれ

ども電気洗濯器の普及は、生活のすべてに工業技術の成果がはいりこんで、たとえば水が農業で汚染されて、川の水にふれることそのことが危険になったということと切りはなすことができない。電気洗濯器のおかげで川で洗濯をする必要がなくなったこと自体はけっこうだ。けれどもその技術の進歩は一方で川がやすらぎでなく危険を人間にもたらずものだというイメージをつくりあげてしまった。町の中で水を見かけることは、昔にくらべて少なくともはなつたが、まったくなくなつたわけではない。むしろその水にふれるのをためらう気持ちに人びとがなつたことが致命的である。川と人間とは気持ちの上でもはなれてしまった。

こうなつたら川が埋められて道路や駐車場にされてしまふのは自然のいきおいだ。実際「高度成長」の時期を通じて、都市の中の自然で、川ほど情け容赦もなかつたためつけられた自然はない。東京では大阪よりもはやく堀や川が埋められて高速道路になってしまったし、お茶の水のあたりをながれている神田川なども、とにかく水面はあるがま



図-1 車道の「中央分離帯」になってしまった創成川(札幌市)

黒にこって、ふれるどころか眺めるのもあまりいい気分ではない。札幌でも創成川は札幌市最大の文化遺産でありながら、両側を車の道路ではさまれ、ごく一部をのぞいてブロックでかためられて、人の近づくことのできない、また近づく気もしないあわれな姿になってしまった。札幌にはほかにもたくさん小さな川が市内をながれているが、いずれも大同小異である。例外は豊平川で、これは水もきれいだし、その水にふれることもできる。やはり自動車道路にはさまれ、市街地と隔離された感じがあるのは残念だが、札幌の都市環境に救いをもたらしている。

川と町文化の蘇生

水にしたしむ場所や仕掛けは海岸、プール、噴水などいろいろあるが、身近かにあってしかも水のイメージにふさわしい自然の環境というと、なんととっても川がいちばんである。今までじゃまものようにあつかってきかた川に、最近ようやく和解の手をさしのべて、川をふたたび水にふれあえる場にしようという動きがおこってきた。たとえば建設省は昭和六十二年から、全国の小河川から「ふるさと川モデル河川」をえらんで指定し、すぐれた水辺空間の形成と一体になった河川改修をすすめるという事業をはじめた。これまで河川改修といえば川をブロックでかためて、もっぱら水の通りをよくすることだったのにくらべると、たいへんな前進である。こういう

事業のほかにも、町の中をながれる昔の農業用水を生かして緑道をつくったり、人と川とをへだてていたコンクリートの護岸をつくりなおして、直接水にふれられるような仕掛けをつくったりする例も、全国に見られるようになった。

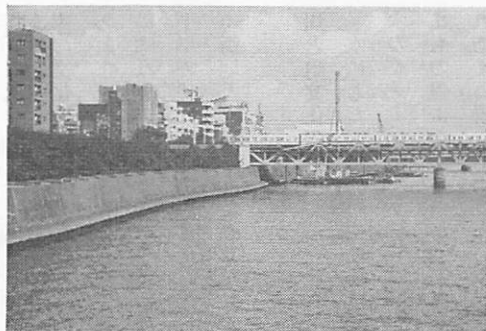


図-2 コンクリートでかためられた墨田川
(東京都)

墨田川は昔の東京を代表する川で、小説、歌、芝居、年中行事などと切っても切れない江戸・東京の象徴であった。それが六十年代以降、ごたぶんにもれず水の汚濁のために川が見はなされ、そのうえ上流の市街化による洪水の危険や高潮対策として、両岸が二メートル以上もある高いコンクリートの護岸でかためられてしまった。吾妻橋から上流にむかって一キロほど、両岸が公園になっているが、護岸のために、せっかくの公園から人は川面を見ることができない。それが最近、両岸の公園をつなぐ歩行者専用の橋がつくられ、水がぐっと身近かになった。桜橋がそれで、X字型のプランをもち、橋のまん中にベンチがおかれ、小さな緑地まであって、川の上にさしかけられた広場というおもむ

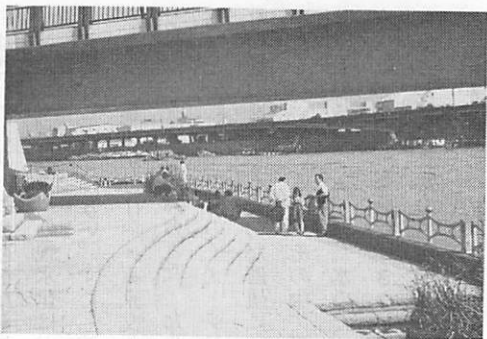


図-3 水辺をとりもどした墨田川
—桜橋のたもと—

きになっている。橋のたもととは護岸が改造されて、水面ちかくまでおりられるようになった。日曜などは子供や家族連れでにぎわっている。お年寄りが三、四人、橋の上でベンチに

腰かけて話しこんでいるなどはわるくない風景だ。車にわずらわされずに川の上でのんびりと風にかかれていく気分というのは、ここ二、三十年なかったことだろう。現在は桜橋の

ところだけが「点」として親水化されているにすぎないが、そこから下手に五〇〇メートルほど、護岸の内側に水辺の遊歩道をつくる計画があるらしい。それができれば墨田

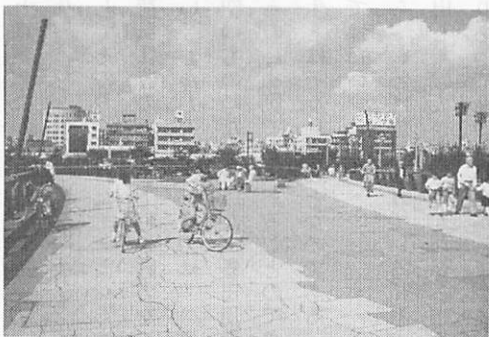


図-4 川の上の広場—桜橋—

川はさらに人びとに身近かなものになるだろう。

このような墨田川の親水化は、ただ川の一部に水としたしめるきもちのいい場所ができたというだけのことではない。すこし誇張していうと、東京がよみがえったのである。さきにもいったように、墨田川は江戸・東京文化のひとつの象徴だった。これは東京にかぎらず、町の魅力というのは、その町が舞台となった小説や歌や芝居と無関係ではない。むしろ実際の見聞よりも小説、歌、芝居によって町のイメージがつくられることが多い。そしてそのつくられたイメージもまた町の魅力をつくる大切な価値にはかならない。たとえば永井荷風は昔の東京の下町の魅力をくりかえし描いているが、その中で墨田川のもつ意味は小さくない。しかしそういう魅力は、コンクリートの護岸やよごれた水のために、本や舞台の上だけの架空のものになっていた。墨田川の親水化は、ごく一部分にすぎないけれども、その魅力を、人びとの目や肌でとらえることのできるものとして、日常生活環境の中にとりもどした。都市の再生とはそういうことなのである。ただ歩道がひろがったり自然がゆたかになったりすることだけではない。

環境をゆたかにする上できわめていい条件にめぐまれながら、いわば放置されている川も少なくない。網走川などはその例だ。この川は網走湖からながれ出して、大きく蛇行しながら市街地の中を通って海に出る。日本の川にはめずらしく水がたっぷりあってゆっくりながれている。幅

III 水は友だち

の遊歩道をつくったら、雰囲気は一変するだろう。河口ちかくでも、「もよる貝塚」と一体になった河岸公園も考えられよう。このように川を町やひととをむすびつけることで、都市環境はいちじるしくゆたかさをますにちがいない。

小さな水辺の魅力

墨田川の親水化はそれ自身魅力的な環境をつくっているし、またその象徴的な意味は大きいけれども、ひるがえって考えると、そこでは直接水にふれられるわけではない。それにこの環境を



図-5 網走駅前親水広場案

も市街地の川としては適当だ。しかしこの川は河口が漁港や材木置場に使用されているくらいで、川と町とのつながりはまったくくないといってよい（上の方には川ぞいに遊歩道がつくられているが）。たとえば現在の網走の駅前はいへん殺風景だが、小さな広場をつかって駅前を川とつなぎ、さらに川岸

日常利用できるのは、浅草、向島かいわいのかぎられた地域の人だけである。もっと大勢の人がづかに水にふれられるような水辺こそぞましい。それには墨田川のような大きな川よりも、たくさんの小さな川の再生をはかる方がいい。そしてそういう動きも、まだ数は少ないけれども方々であらわれはじめている。

札幌に安春川という川がある。幅一〇メートル程度の小さな川なので、札幌の人でも知らない人が多いかもしれない。新琴似の六条付近を北西にながれて十三丁目のあたりで北にまがり、発寒川に合流する。この川で、昨年（昭和六十二年）から親水公園の整備工事がはじまっている。この川は明治二十三年に屯田兵によって開削された人工の水路で、農業用水の役割をになってきたが、昭和四十年ごろからの急速な都市化のために用がなくなり、水が枯れて見るかげもないありさまになっていた。これを地域の水辺公園として再生させようというのである。今はあわれな姿になっているが、札幌の歴史を物語る貴重な文化遺産で、その公園化は文化

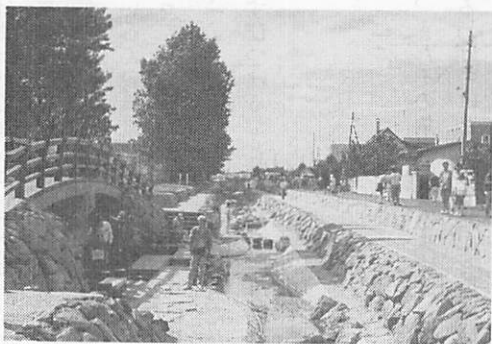


図-6 公園になった安春川(札幌市)

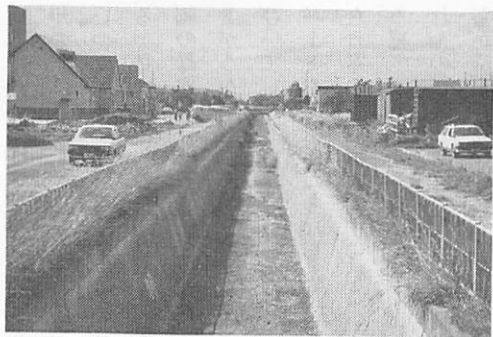


図-7 安春川の現状

遺産の生かし方としても、いちばんうまい方法である。

川幅は十^八分足らずだが、両側の道路を川と一体の歩道にして、一六〇〇^分にわたって幅二五^分三〇^分ほどの川ぞいの公園にする。水は近くにある創成川下水処理場から高度処理水をながす。深さ三〇^分ほどなので、小さな子供でも中にはいってあそべる。汚水の再生利用ができるばかりでなく、水量の調節ができるので、大雨のあとでも増水の危険がない。川ぞいには近隣公園や中学校、大学のグラウンドがあり、環境もよい。すでに一部完成しているが完成が待たれる。この事業はさきにふれた「ふるさとの川モデル事業」として札幌市がおこなっているもので、「モデル」だから、これからつきつきにこういう公園があらわれるは

ずだ。それを大いに期待したい。

三 こういう身近かな川の親水化はすでに実例がある。一例をあげると東京の江東区で、昔の掘割を利用して実際に水にふれることのできる文字どおりの親水公園が最近つくられた。横十間川と

いう幅四〇呎くらいの川で、一キロちかくにわたって公園化されている。両側を緑化して遊歩道をつくり、中の水路はボートをうかべられる水面や池がつながりながらつづいている。一部には水あそびの場所があり、たらいにのったり、川の上にはったロープにぶらさがってむこう岸にわたるといった、多少とも冒険的なあそびができるようになっていく。私は秋晴れの日曜日の昼ごろいったことがあるが、両側の緑地やベンチでは家族連れが弁当をひろげ、水にはボートがうかび、水あそびのところでは大勢の子供の喚声がひびいていた。水はきれいではない。川の両側にはすぐにアパートや民家がたちならんでいる。がそれだけに、身近かな日常生活環境の中のいこいの場として生きているという感じがあった。掘割の昔のようすを私は知らないが、場所柄から考えて、もっぱら水運に使われたのだろう。それなりに風情はあり、町の人たちは魚釣りぐらいはしたかもしれないが、水にちかふれるということは、めったになかっただろうと思う。子供にとってはもちろん大人にとつ

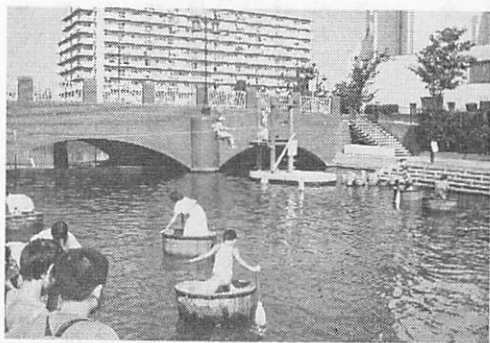


図-8 子供の水あそびでにぎわう横十間川
(東京都)

でも、こういうたのしい環境は、このあたりでははじめてのことにはちがいない。埋めて道路にされてしまう川が多い中で、この川は、よみがえったというよりも、別のよりすぐれた環境に生れかわったのである。

こういう身近かな小さな川の親水化は、さきにもいったように、方々にたくさんできてはじめて意味がある。安春川も横十間川も、たいへんけっこうな近隣の水辺公園で、こんな公園がほとんどできてほしいものだが、そのことでちょっと気になるのは、両方とも少しりっぱすぎるといふことである。りっぱなのがなにがわるいとしかられそうだが、親水公園がみなこれほど手をかけてつくらなければならぬものだとしたらやっかいである。もちろんできるだけりっぱなものをつくりたいが、もっと単純な親水公園——水のながれとあるく人のための道と、水にちかぶれられる仕掛けと若干の緑だけはそなえているといった親水公園もあっていいのではないか。そういう場所があれば人は——ことに子供はたちまち水あそびをはじめるのである。さしあたりは数がほしい。札幌でも市街地をながれる小河川はずいぶんある。たいていはブロックでかためられてしまっているが、かんたんな親水装置をつくるのはそうむつかしくはなからう。増水のとき危険を考えると、近くの児童公園にながれを引込んで親水化をはかるといった方法も考えられよう。

ながれの復元

ところでこういう現存の川の改造をさらにすすめて、消えてしまった水辺の再現をはかりたいものだ。たとえば現在の札幌は水景観のまずしい町である。市内に川は少なくないけれども、人がふれることができないし、きたなくなったり水が枯れたりして、埋められて姿をけしたものもある。昔はこんなこととはなかった。地下水が豊富で、豊平川の扇状地が平地に接する道庁、植物園、知事公館、北大のあたりには、ゆたかな泉（メム）が自噴し、それがながれになって琴似川にそそいでいた。戦後でも鮭がのぼっていたそうだ。メムが枯れたのは市街化の進行や地下水の汲みあげがすぎたためだが、今ある川の整備もさることながら、こういういかにも北海道らしい自然をもう一度再現したいものである。

北大の中央ローンにはメムが再現され、水がながれてたいへんいい風景をつくっている。知事公館にも同様のものがある。いずれも水道の水を機械仕掛けで還流させていて、

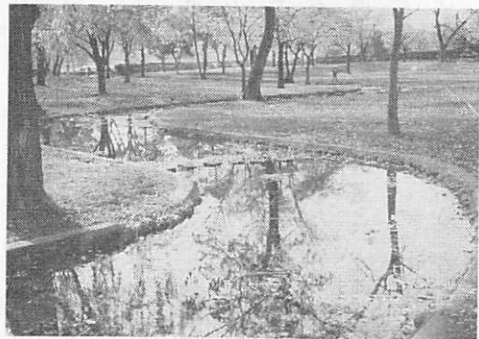


図-9 流れがもどった北大中央ローン
(札幌市)

その点は少し残念だが、それでいいのである。昔のとおりの水路というのはむりだろうが、大通りや都心の道路のわきにきれいな水がながれていたら、それだけで町の景観はすばらしくゆたかになるにちがいない。

日常生活環境としての港

都市の水辺で最近注目を集めているのは港である。港町では、町そのものが港のまわりに発展してきたので、港は町の中心にある。それなのにこれまで市民生活と直接関係のないただの運輸施設として、日常生活環境から切りはなされてきた。ごく身近かにある自然環境で、独特の雰囲気もあり、散歩や魚釣りに足を踏みいれるひとは多いが、ここに入るのはなんとなく入ってはいけないところに入るような、うしろめたい気がするものだ。これを積極的に市民生活の場に取りこもうというわけである。

これにはやくから目をつけたのはアメリカである。有名なサンフランシスコのピア三九などはその例だ。古い港の使われなくなった棧橋や倉庫などの港湾施設を利用して、レストランやホテルやショッピング・センターに再生させ、あたらしいダウン・タウンのにぎわいをつくりだしている。同様の例はニュー・ヨークやボストンなどにもみられる。

形をのこしている。一部は倉庫の荷揚げにつかわれていた船だまりに面しており、水辺の荷揚げのヤードを板張りにしてそのままレストランのテラスとして生かして、たいへ



図-10 サン・フランシスコのウォーター・フロント(写真 石塚雅明)

わが国でも、これほど大規模ではないけれどもこういう動きがあらわれている。昭和六十三年函館で、港の古いレンガ造の倉庫を数棟改造した商店、レストランが店開きをした。レンガの構造体はそのままにして（あとからモルタルなどを塗ったものは、これをかきおとし）模様変えは屋根や入口のあたりに少し手を加える程度にし、ほとんど昔のままの

わが国でも、これほど大規模ではないけれどもこういう動きがあらわれている。昭和六十三年函館で、港の古いレンガ造の倉庫を数棟改造した商店、レストランが店開きをした。レンガの構造体はそのままにして（あとからモルタルなどを塗ったものは、これをかきおとし）模様変えは屋根や入口のあたりに少し手を加える程度にし、ほとんど昔のままの

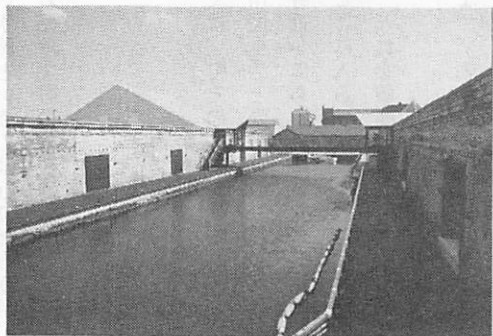


図-11 水辺のレストランに変身した倉庫(函館市)

III 水は友たち

んいムードをつくっている。いかにも港町函館の発祥の地にふさわしく、古めかしくしかもハイカラで、まわりの町並を引きたてている。この店開きのおかげで、このあたりの観光客のなれがかわったということだ。

けれどもこの倉庫群の修復・活用は、港のごく一部にすぎない。函館開港以来のこの古い港は、港湾機能が対岸の新しい港にうつり、その上青函連絡船も廃止になって、用事がなくなってきた。一方背後の町並は、今年から景観保存条例がつくられ、歴史的な環境の保存整備がはかられようとしている。港自身も貴重な文化遺産である。港全体をいろんな港湾施設といっしょに上のような整備をはかるなら、単に快適な水辺をつくるというだけではなく、町並と一体になって、函館を象徴するすぐれた歴史的環境をつくるだろう。

計画中のものも少なくない。釧路は日本一の水揚げをはこる漁港だが、ここに観光関連の総合施設（フィッシャーマンズ・ワーフ）をつくろうという計画がある。これは函館の旧港とちがって現役で活動している港だが、むしろその港の活気そのものを日常生活環境に取りこもうという発想がおもしろい。こういう発想は、道内というと室蘭や小樽の港とその関連の施設でも可能であらう。

水とつきあう作法の回復を

ある会合で、このごろ親水だとかウォーター・フロントだとか、さかんにいわれるようになってたけれども、ちょっと異常ではないか。一時の流行で、またすぐ消えてしまうのではないかといった人がいた。私はそうは思わない。たしかに流行の気味はあるが、けっして異常なのではなく、今まで水辺をかたっぱしからつぶしてきたのが異常だったので、それが多少とも正常にかえってきたのだと思っている。まだまだ十分に正常ではないので、一時の流行におわらせてはいけなしいし、またおわらないだろうと思う。

けれども水にふれられる場所を回復したら、人と水との親密な関係がとりもどせるかというところ、そうかんたんにはいかないような気がする。水とつきあう作法が忘れられてしまっているからである。水の魅力は危険と表裏一体である。その危険にたいして高い防壁で仕切って、ハードのがわだけに対応しようとするのがこれまでのやり方だった。それだけ敵視されては水の方も魅力的な姿を見せるわけがない。危険防止の配慮はもちろん必要だが、水の魅力をとらえ

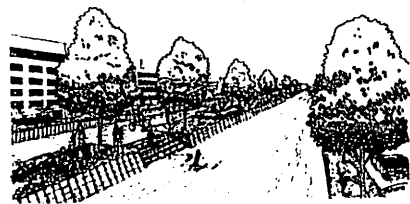


図-12 創成川の再生(イラスト・木原淑行)

るには柵などは必要最小限にとどめ、人間のがわで水と上手につきあうというソフトの面での訓練をすることがどうしても必要である。私は子供のころ、深い川や湖や沼などに近づくことについて、親からくどいほどくりかえし注意された記憶がある。ひとりではけっして水に近づくなというふうに。それほど水が魅力的な姿を見せていたわけだ。ところが私は子供にそういう注意をしたことがない。そんな環境がなくなってしまうたからである。水の魅力とともにその危険とそれをさけるための作法を、社会常識としてもう一度たてなおさなくてはならない。水辺をほんとうに回復させるには、親水空間の回復と同時に水と上手につきあう生活様式の回復が必要条件である。

あ　と　が　き

半日ばかりで渓谷の水を頭にのせて運ぶ人びと、僅かな水を求めてオアシスに集う人びと……。世界各国を歩いてみると、「なんと日本は水に恵まれた国か」の感慨がおのずから湧いてくる。

このように豊富で、しかも私達の生活とは切っても切れない、密接な関係にありながら、あまりにも私たちは水について考えないのではなからうか。丁度それなしには一刻も生存し得ない空気について、平素全く無関心でいるように。

そこで当協会では、社会人を対象とした「森と私たち」につぐ自然保護読本の第二弾として、水をテーマにとり上げることとした。すなわち、地球上での水の起源に始まり、栓をひねると流れ出る水道の水にいたるまで、自然における水的作用、水と人びとの暮しとのかわり、さらには水をふくむ環境問題など、水にまつわる諸問題を多くの分野の研究者が、それぞれの立場から論じたのがこの「水と私たち」である。

この小冊子が、私達のもっとも身近な物質である水について、改めて考える機会を提供し、水に学び、水に親しみ、さらに環境を守るための一助ともなれば望外の喜びである。

この間、北海道および財団法人前田一步園財団より補助を、また、横路北海道知事より推薦のこ

とばをいただいた。ここに厚くお礼申し上げます。

執 筆

- | | |
|---------------------|--------------------------|
| あきやま まさひこ
秋山 雅彦 | 北海道大学理学部地質学鉱物学科・助教授（地質学） |
| あだち じお
足達 富士夫 | 北海道大学工学部建築工学科・教授（建築学） |
| こうやま けいいち
神山 桂一 | 北海道大学工学部衛生工学科・教授（廃棄物処理） |
| さめじま かずこ
鮫島 和子 | 札幌学院大学・教授（環境科学） |
| たんじ きいち
丹治 輝一 | 北海道開拓記念館・学芸員（地理学） |
| なるせ れんじ
★成瀬 廉二 | 北海道大学低温科学研究所・助教授（雪氷物理学） |
| はやし よしゆき
林 善之 | 札幌学院大学・教授（環境科学） |
| やまぎ けんぞう
★八木 健三 | 北海道大学・東北大学・名誉教授（岩石学） |
| やまがみ じゅうきち
山上 重吉 | 専修大学北海道短期大学・教授（農業土木） |

編集とイラスト

- | | |
|------------------------|---------------------|
| たわら ひろみ
★俵 浩三 | 専修大学北海道短期大学・教授（造園学） |
| さめじまじゅんいちろう
★鮫島 倅一郎 | 自然環境研究室・主宰（植物生態遺伝学） |

編集事務局

- | | |
|-------------------|----------------|
| たかはし たけお
高橋 武雄 | 北海道自然保護協会・事務局長 |
| ★印 | 編集委員 |

水と私たち—北海道自然保護読本—

1989年 発行

編集・発行 社団法人 北海道自然保護協会

〒060 札幌市中央区北3条西11丁目 加森ビル5

電話 (011)251-5465

印刷 株式会社 広報社印刷

