

## 国際河川の管理を通して見た国際協力について

高山 茂美\*

近藤龍夫 学部長 皆さまにお配りしたパンフレットには「高山先生最終講義」となっていますが、先生はまだ来年の3月まで、ここで講義をされますので、きょうは最終講義というよりも講演といったほうがいいかと思います。一つの区切りの講演として聴いていただければありがたいと思います。

ご紹介するまでもありませんが、先生は東京教育大学理学部を卒業され、そのあと同大学大学院・理学研究科で地理学を勉強され、修士・博士課程を終え、1963年に理学博士号を取得しておられます。そして母校で教壇に立たれたあと、立正大学の文学部に移られましたが、再び母校の筑波大学に戻られ、敬愛大学に来られるまでは筑波大学の教授をしておられました。その間、高山先生は通産省の技官の仕事もしておられました。日本地理学会の会員でもありますし、アメリカの地球物理学連合会の会員でもあります。一昨年、日本地理学会の全国大会がこの敬愛大学で開かれましたが、これも高山先生がいろいろとご努力された結果であります。

このように高山先生は、地理学一筋でやってこられ、この大学では環境問題、例えば「環境保全論」とか「環境と開発」、「環境アセスメント」などを教えておられます。いろいろな分野でのこれまでの貴重な研究や実体験をふまえて教えておられるわけですが、きょうはヨーロッパにおける国際協力の原点となった国際河川の管理について、お話をさせていただきます。そして、この秋にはヨーロッパの河川の水質調査を兼ねた海外スクーリングを実施される予定です。興味のある学生諸君はぜひ海外スクーリングに参加していただきたいと思います。

---

\* たかやま・しげみ：敬愛大学国際学部教授 科学史・環境アセスメント

Professor of Science History and Environmental Assessment, Faculty of International Studies, Keiai University.

まだまだご紹介したいことがたくさんありますが、きょうは内輪のものばかりなのであまり長くならないようにして、とにかく先生のお話をお聴きしたいと思います。

ご紹介いただきました高山でございます。タイトルは「国際河川の管理を通して見た国際協力」という非常に長いものです。「国際河川」というのは、いまさら説明する必要もないと思いますが、一応『広辞苑』を引いてみましたら、「複数の国の国境、または数ヵ国を貫流する川」と書いてありました。

なぜこんな題になったかということですが、ご紹介にありましたように私は理学部の出身で、地理学科のなかでも地学に近いほうを専攻しております。分野で言うと河川工学に近い地学です。それが敬愛大学にお世話になるようになって、友達に「なぜお前が国際学部だ」と笑われたぐらいですが、実際に国際学とは何であるかということも知らないし、これはゼミの学生に聞かれて返事に窮したのですが、「就職の面接で国際協力学科というのはいったい何を学問しているのかと、そういう質問を受けたけれど、先生、どう答えたらいいですか」と。私の理解ではお金を出すのが国際協力というぐらいに思っていたんですが、どうもそうでもないらしい、ということがわかってきました。

こんなに早く最終講義と銘打ったのはおかしいですが、私の健康上の問題もありまして、いまぶざまな格好をしておりますが、先週ぐらいから腱鞘炎がひどくなって、半身不随に近い状態です。無理をして書いた結果だとは言えますが、原因はわかっています。首の骨が変形しています。老人性で治らない。最後になると手足がしびれて動かなくなる。その時期がちょっとわからないんですが、首を切開するしかないんです。ですから3月まで保つかどうかギャンブルみたいなところがありまして、そのときは勘弁していただきたいと思います。それで少し早くお話しておこうと思ったわけであります。

これは私が研究してきたこととはあまり関係がないんです。なるべく国

際学部に合わせてお話をしようと思って、いろいろ調べた結果でありまして、よその受け売りが多いです。ただ一つだけご紹介しておきたいと思ったことをお話しします。1984年前後に私はドイツのライン川に行って実際に調査して、水質が非常に悪いと感じました。これはもう回復不能であろうと思っていたのですが、あにはからんや、あとでお見せしますが、なんと川の水が改善されつつある。1995年に第6回世界湖沼会議が筑波大学で開かれたとき、ある学者からライン川の水質の話が出まして、少しずつよくなっている、と言うのです。まさかと思いました。この根拠になっているのはドイツのザイトリッツという世界地図——あとでオーバーヘッドでお見せします——ですが、それによると最近、確かに水質が改善されている。

いちばん新しい2000年のデータがあります。これはオランダの地図ですが、いちばん悪いとき（1970年代）に比べてだいぶ改善されています。つまり川の水はいったん汚れるとなかなか回復できないんですが、もどることもあり得るのです。それは私にとって、非常に驚きでした。

## ライン川

きょうの主題になる国際河川ですが、代表的な例はライン川とドナウ川です。ライン川の場合、ドイツ語ですから「デア・ライン」です。面白いことにもう一つの有名なドナウ川は「ディ・ドナウ」です。なぜライン川が男性形でドナウ川が女性形なのかよくわからないのですが。

かなりよくものを知っている方でも、ライン川が何ヵ国を通っているかという質問に正確に答えられる方は少ないです。実は私も気がつかなかったのですが、今度地図を見てはじめて、ベルギーが入っていることがわかりました。つまりモーゼル川がライン川の支流で、さらにその支流のシュール川というのがベルギーのアルダヌス高原に源を発しているわけです。ルクセンブルグという小さな大公国の北側になります。

ライン川自体は水源はスイスの東部で、サンモリッツという有名なスキー場があります。サンモリッツからは氷河特急が出ています。この特急は東

西方向に走りますが、西のほうに行くとオーバーラルプという峠があります。これは名前のように、アルプの上のほうです。オーバーラルプの峠の辺りにトゥーマという小さな湖があります。湖はどうでもいいのですが、だいたい標高2,400mあたりです。その付近に水源を発して、川が東に流れています。それがフォルダー・ライン、つまり日本語で言うと、「前ライン」です。それからオーバーラルプの峠の東南東約30kmに一つ山があります。それがラインバルトホルンで、ラインバルトのラインはライン川のラインです。バルトというのは森です。さらにホルンというのは角笛のことですが、私どもで言うホルンというのは、氷河の浸食によって山稜が鋭角（ナイフエッジ）に切り取られた山を言います。マッターホルン、フィンステルアールホルンもまったく同じです。これは氷河の氷の重みで切られるものですから、普通の山に比べて稜線が非常にナイフエッジ（シャープ）です。氷というのは水と違って強引に削っていきますから、その切り合った面同士がマッターホルンの北壁で、氷が非常に厚い。その氷が強引に下りてきます。これは重力の作用です。そういうのをホルン（尖峰）と言います。

ラインバルトホルンは、詳しい地図で見ると標高3,402mです。ものの本によると、いろいろ間違っていて書いてあります。これはスイスの地形図で確かめました。私が見た本では3,042mと、400mぐらい違っていました。そのラインバルトホルンという山から源を発し、北東に流れて、ライヘナウ・タミンスというところで合流します。ライヘナウ・タミンスとラインバルトホルンの間はヒンターライン、つまり「後ろライン」と言います。なぜ後ろなのか、よくわかりません。

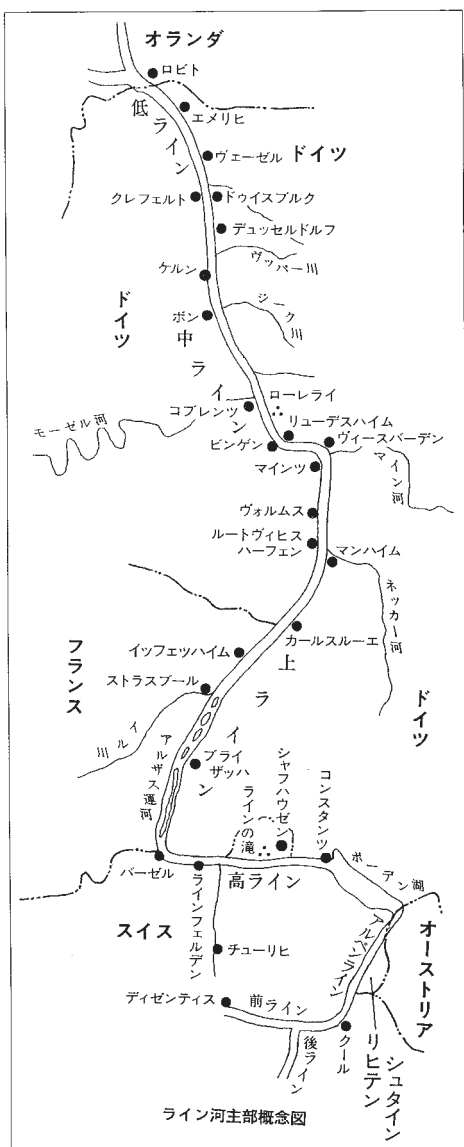
ライン川はこのライヘナウ・タミンスというところから北に向かって流れます。するとここに、あまり気がつかないのですが、リヒテンシュタインという小さな国があります。これは19世紀にドイツから独立した小さな公国です。人口3万人ぐらいですが、ファドゥーツという町があります。実はこの町については海外スクーリングで行くことを去年も計画していましたが、応募者が5人しかいなかったため取り止めになりました。という



(出所) 鮎田豊之『ラインの文化史——水とヨーロッパ社会』, 刀水書房, 1995年より。

のは最小催行チームが10人で、今年は何人になるかわかりませんが、なにしろ物価の高い国で、去年はしかも9月の夏休み中に行こうと思ったので、費用が29万8,000円。学生さんに言わせると、2単位とるのに30万円近い金要るのはかなわない。確かにそうで、しかもそのときは食事代も含まれていなかったんです。今年はお願ひして、時期をずらして安くしたいと思います。しかしそれでも27万円と高いです。物価の高い国ですからしようがないですが、その海外スクーリングで行くときにはこのファドゥーツという町に寄ろうと思います。

なぜひテンシュタインかという、こんなに小さい国なのに国際協力をやっているんです。というか、スイスが国際協力をしていると言ったほ



(出所) 図1に同じ。

うが正確ですが、政治・外交はもちろん、リヒテンシュタインはスイスに依存しています。治水工事はスイスとリヒテンシュタインで分担しています。もう少し北に行くと、ボーデンゼーという湖があります。ボーデン湖と言っています。ご存じだと思いますが、ドイツ最大の湖です。ところがボーデンゼーに入る河口のところは、実はオーストリア領です。これに意外に気がつかないんですね。ボーデンゼーからさらに西のほうに流れてスイスの西のはずれのほうにいくと、バーゼルという町がありますが、そこからさらに北に向かって流れます。このボーデン湖とバーゼルの間は、どういふわけか、ホッホライン、「高ライン」と言います。

バーゼルから先は、われわれが言う地形学的には地溝帯になります。両側が断層で落ちていて、西側のフランス側がボーージュという山脈、東側のドイツ側は有名なシュワルツワルトです。シュワルツワ

ルトというのは「黒い森」、酸性雨の被害で日本でもよく知られているところ。ボージュ山地は東側が急斜面で、西側はゆるく傾いています。パリー盆地に向かってケスタ地形で、ゆるく傾いています。断層崖のなかをライン川が流れている、という構造になっています。そういうところをわれわれはグラーベンと言っていますが、ライン・グラーベンです。両側の高くなった山地はホルスト（地壘）と言っています。

バーゼルからの途中にストラスブールという町がありますが、これはアルザスですからドイツ領になったりフランス領になったりいろいろします。ストラスブールまでは、川の流路が非常に変わりやすい。網状流路と言っていますが、網目状なんです。われわれはブレイデングとかブレイデッド・リバーと言っていますが、レースのように川筋が何本もあります。ストラスブールから下流になると、今度は蛇行流路で、蛇みたいにあちらに行ったりこちらに行ったりします。

バーゼルからビンゲンというところまでは、オーバーライン、「上ライン」と言いますが、この定義はあまりはっきりしていません。場合によるとビンゲンまで行かないで、手前のマインツまでという説もあります。観光的には、この頃はマインツのほうがきりがいいというので、バーゼルとマインツの間をオーバーライン、ビンゲンからボンの間をミッテルライン、「中ライン」と呼びます。その区別は実は地質学的に意味があるのです。オーバーラインというのは先ほど言ったように断層で両側が落ちています。ミッテルラインには、ライニッシュシーファーゲビルゲというライン片岩山地があります。片岩あるいは頁岩と訳しているのがありますが、頁岩というのは本のページみたいに薄っぺらくなっているものです。堆積岩が動力変質を受けて、変成作用と言いますが圧力で押されてつぶされる。そうすると片理構造と言いますが、古い時代の岩石で本のページみたいに薄っぺらくなっているものです。しかし案外、変成岩というのは固いんです。その変成岩が、ちょうどビンゲンというところからボンの間にあって、ここは行った方はご存じだと思いますが、ビンゲンの対岸がリュエデスハイム。ここにケルン・デュッセルドルファーという観光船の出るところがあっ

て、3時間から4時間乗ればだいたいザンクト・ゴアハウゼン（左岸側はザンクト・ゴア）というところまで行きます。途中に有名なローレライがあります。

ローレライはどうして航行上の難所だったか。昔、ライン川は水上交通の要所だったわけです。ビンゲンとボンの間には、昔は古い城がいっぱいありました。これは何のためにあったか。実は昔から重要な輸送路だったので、ここを航行する船舶から通行料をとったわけです。ここではローマ時代から税金をとっていました。皇帝が許可して、領主が通る船からなにがしかの税金を徴収して、その金で航路水深の維持をしました。つまり船が通れるようにするためには、水深を一定の深さに確保しておかないといけない。そのための費用をライン川を航行する船から利用者負担でとっていたわけです。ところがビンゲンとボンの間はちょうどミッテルラインで、ライン川が片岩でできている部分ですから、川底が非常にでこぼこしている。岩盤が露出して、浅瀬が多かったんです。19世紀になってから爆破作業をして、川幅も広げましたが、それまではローレライの辺りは川幅も非常に狭かった。そのために難破する船が多かった。そこからローレライの伝説が出てくるわけです。

ライン川自体は全部で長さが1,320kmぐらいありますが、その7割、約900kmが可航水路であり、非常に珍しい川です。ドナウ川もずいぶん可航水路がありますが。ご存じだと思いますが、ライン川のなかには有名なモイゼントゥルムがあります。「ネズミの塔」です。これはまさに通る船を捕まえる。またプファルツ城もそうですが、ブルクワルツというのは中州に城があって、中州と右岸の間に鎖が張ってあります。要するに税金を払わず逃げようというのを、鎖を張って捕まえる。そうやってお金を取って、そのうちに海賊みたいなものも出てきて、積荷に税金がどんどん反映して非常に値段が高くなってくるんですね。

中世に税金を取るためのお城がいかにたくさんあったか、ということですが、例えば12世紀の税関所は19ヵ所ぐらいだった。13世紀になると44ヵ所、14世紀には62ヵ所に増えたという記録があります。18世紀になっても、



まだ32ヵ所ぐらいありました。ラインを船で行きますと、古城が山の上に見えます。これはみな監視用で高いところから見張らせたわけです。いまは遺跡だけになっているところもありますが、私はだいぶ前にケルン・デュッセルドルファーの船に乗って、リュードスハイムからザンクト・ゴアの間  
に城がいくつぐらいあるか数えたのですが、確か25、6ありました。そのとき撮ったスライドを、この間、市原市の教育委員会から出前授業を頼まれたときに持って行って見せたのですが、だいぶスライドがくたびれていてよく見えなかったものですから、そういう素人写真よりもいいだろうと思って、今日持って来たのがこれです。観光案内の写真ですが、こんな感じ  
です。いまお見せしているのは、支流のネッカーです。これがいちばん面白い  
です。これはカウプのプファルツ城だと思いますが、カウプというところはライン川の右岸側の町ですが、ライン川の中州みたいなところに税金を取るための城を造ったんです。ここからは通る船が、だいたいみな見えます。

全体としては、例えば山の上から見るとこんな感じ  
です。最初に船が出るリュードスハイムの町がここに  
あります。いまの川中島みたいなところにある城だけではなくて、この城はある程度山の高いところに頑張っ  
て、遠くのほうから来る船を見つけるのに見通しがいいから、こういうのがいっぱい残っているんです。

ライン川のあちこちで税金を取る  
ので物価が上がってしょうがない  
というので、実は中世にも航行を自由化しようという動きがあった  
ようです。最初は16世紀に「ライン協同管理の会議」があり  
ました。17世紀には「ライン航行自由化の列国会議」が1648  
年にありました。これを提案したのは大司教です。トリアとか  
マインツ、ケルン辺りの大司教とファルツ宮廷伯爵が4人ぐ  
らいで、ライン川の航行を自由化しようという動きを見せたこ  
とがありますが、いずれも失敗しました。1804年ぐら  
いに、ナポレオンがラインラントを押さえ込んで、そのとき  
に航行を自由化しようという姿勢を示しました。1815年  
に「ウィーン会議」があって、ここでライン航行の自由化が  
議論されました。ところがすぐには実現しないで、1831  
年になっ

てやっと「ライン川水運中央委員会」がマインツにできます。なんと16年たっているわけですが、それにしてもとにかくライン川の水運は非常に重要だから、国際的に協力しましょうということになります。さらに1868年「マンハイム条約」が結ばれて、ここでやっとバーゼルから公海にいたるライン川の本流およびその支流の水運は、この条約の規定を守る限り、商品およびモノに対して認められた。つまり全面的に通行税を廃止することになったわけです。それまでは、何らかのかたちで取られたわけです。

1963年、戦後ですが、ここで関係国だけでなくイギリスが入ってくるところが面白いんですが、英、独、仏、オランダ、ベルギー、スイス——イギリスはどうしてかと思ったのですが——の6ヵ国が参加して「ライン航行中央委員会」ができました。これ以後は逆に通行料を取ってはいけないうことになって、ライン航行中央委員会の6ヵ国で、ライン川の水運だけでなく、治水に関しての諸問題についても責任をもって解決することになりました。これが1963年の時点です。

ということで、ライン川の水運が非常に重要なことは私が申し上げるまでもなくおわかりだと思いますが、もう一つ注目すべきことは、ライン川というのはヨーロッパの内陸水路としていろいろな川とつながっていることです。例えばミッテルラインのところでもそうですが、下流にいくとローヌ川とライン川がつながっています。マルヌという川がありますが、これもライン川につながっています。またマルヌ川はセーヌ川にもつながっています。ローヌ川は地中海に出ていきます。ローヌ川とライン川とはアルザスのところで連絡しています。

ライン川の横のほうにアルザス運河というのがあります。これは第1次大戦のときに、フランスが戦後の補償でドイツに無理やり要求を突きつけて、ライン川の横にアルザス運河というのを造って、ライン川の水量のほとんどをアルザス運河のほうにもっていったというひどい話があります。確か流量で言うと毎秒1,000 tぐらいもっていったものですから、ライン川の本流の流量がうんと減りました。おそらく毎秒100 t未満ぐらいしか本流に残らなかったという話です。これは1912年、「ベルサイユ条約」の

ときにそういう話になりました。ドイツとしては非常に不満で、1955、6年頃になってから工事の続行中止を申し入れました。もちろんナチス・ドイツのときに、一時的にこの工事は中止になっていますが、戦後になってからドイツとフランスで交渉しました。アルザス運河を造ったことによって地下水位が低下したり、ライン川本流が水をもっていかれたり、いろいろな問題が起きました。

国際河川というのはそういうふうに、国家間の利益がぶつかるものですから、絶えずいろいろな衝突があります。

### 水質管理についての国際協力

ここで国際協力の事例を少し挙げておこうと思います。いままで話してきたように、ライン川自体はいろいろな国を通っているわけです。全部挙げますと、源流がスイスです。それからほんのちょっとですが、リヒテンシュタインという国、ボーデン湖のところでオーストリア、ボーデン湖の北側はドイツ、南側はまたスイスです。さらにバーゼルから北に流れるとフランスが関わってきます。さらにルクセンブルグという大公国、それからベルギーは先ほどお話ししたようにアルデンヌ高原の一部がシュール川という川で、それはモーゼル川に入っていきます。そして最後はオランダです。これだけの国の人口がだいたい2,000万人以上いるわけですから、その廃水たるや大変な量になります。

まず水質汚染の問題。実はライン川は1910年ぐらいまでは、ヨーロッパ鮭が175万匹ぐらい捕れていました。これは鮭の一種には違いないのですが、どう違うかは私もよくわかりません。ちょっと考えられないぐらい多いのですが、1910年代には鮭だけではなくて、鱒とか鰻も捕れたという話で、食卓にときどき出ていました。1950年代にはまだライン川で泳げたという話もあります。1950年代の後半ぐらいから、つまり戦後の復興期になって非常に水質が悪くなります。それで国際的に水質を協同管理でよくしよう、という話が出てくるわけです。1954年から69年の間、だいたい15年間に鮭以外の魚も含めて、魚の生息数が3分の1ぐらいに減ったという報告

があります。鮭自体は175万匹捕れていたのが、1950年代の後半に3,000匹ぐらいになって、しかも味が非常に落ちたという報告があります。

1945年にドイツは敗戦を迎えているわけですが、そのあと敗戦後の奇跡の復興を行っている間に水質の汚濁が進んで、1958年から68年までの10年間で、汚濁水が5割（48%）に増えたという報告があります。これはもちろん工場廃水も入っているのですが、家庭からの廃水が意外に多いんです。この辺が環境問題の非常に悩ましいところで、被害者だと思っていると実は自分が加害者だという、非常にいい例です。ですから家庭の廃水、とくに天ぷら油、食用油などが意外に汚染の原因になります。

家庭とか工場の廃水以外に問題になるのは、殺虫剤、薬剤、化学肥料です。ある種の化学肥料は土のなかから溶けだして、水のなかに入ると藻類の栄養塩になります。アオコなどもそうですが、すると水の色が緑色になります。ライン川も一時期、非常に緑っぽい色になりました。私はその汚い極盛期だけを見て、それ以後回復したのを見ていないので、今度行ったら見てみようかと思っています。

1969年に魚が数百万匹、大量変死するという事態が起こります。尋常の死に方ではなくて、いっぺんに何百万匹という数です。ビンゲンの辺りですが、ここで数百万匹の魚が全部腹を見せて、いっせいにひっくりかえって上がってきました。大騒ぎになって、原因がわからなかったのですが、いろいろ調べてみたら有機塩素系の殺虫剤で、名前はベンゾエピンとか何とか、私は化学構造式まではわからないのですが、その殺虫剤が流れだしたために、魚が全部死んだことがわかりました。数ヵ月間、生きている魚を見かけなかったということです。

そのときにいちばん困ったのはオランダです。オランダという国はご存じのように、海拔320m以上のところがないんです。ですから上水道水源は全部上流側に頼っていました。そこでまず1ヵ月間取水を停止して様子を見たんですが、どうもうまくない。結局は半年ぐらい停止しました。オランダはそれ以前にも、1950年代の後半に鮭が3,000匹ぐらいに減った時期だと思いますが、ライン川の水質が悪くなったことで、現在の額ではど

のぐらいになるかわかりませんが、当時の金で8億マルクの損害賠償をし  
ろと、ドイツ政府に掛け合ったことがあります。オランダとしては、上水  
道水源を汚されたのではたまらないわけです。もちろんそのための浄水装  
置にもすごいお金がかかります。その当時、ライン川の下流部はご存じ  
のようにルールの重工業地帯です。ここからの廃水も非常に大量に出てき  
ておりました。

川の水には「3尺下がれば水清し」という表現がありますが、あれは嘘  
ではないのです。川は実際に自然浄化作用という機能を持っています。こ  
れを「自浄作用」と言っているわけですが、一つは流体自身の運動で、て  
んでんばらばらに勝手な方向に動くブラウン運動によって、乱流拡散がで  
きます。流れが乱れて、しかもそれが広がる。そうすることによって、自  
然にきれいになっていく。それから、例えば川底から地下水が湧いてきたり  
して流量増があります。支流が入ってくる場合もあります。これによっ  
て、単位体積当たりの濃度が減っていくわけです。それを「希釈」と言っ  
ています。薄めるわけです。どちらもこれによって、きれいになっていく。  
ただし自浄作用というのは、汚濁水を大量に流し続けるとだんだん効果が  
なくなってきます。ですから廃水を全部自浄作用でまかなうわけにはいか  
なくて、全体の30%ぐらいまでです。これを超えると自浄作用ができなく  
なって、川が汚れていくという構図になります。

そのために、国際的な協力が必要になるわけです。つまり下流の国に対  
して、上流の国が責任を持つ。そのためにはどうしたらいいか。一つは、  
例えば重金属、比重の大きいものは流さないようにしましょう、と。これ  
は実は大変なことなんです。例えば鉄とかクロム、コバルト、ニッケル、  
鉛とか亜鉛もみな重金属で、こういうものを使う工場はいっぱいあります。  
洗浄用の場合もありますが、とにかくこれをいっさい禁止する。この辺が  
徹底しています。またフェノール系のもの、農薬のようなものや石炭酸は、  
廃水として出してはいけない。出した場合には罰金を取る、という法体系  
を整備しました。これは、はじめはオランダとドイツがもめたことがきっ  
かけだったようですが、ともかくドイツ、スイス、オーストリアなどが最

初にやりました。

日本と違うと思うのは、ドイツの場合はご存じのように「緑の党」があって、環境問題に対して非常に敏感な国です。海外スクーリングの計画でもフライブルグの近郊に環境問題を教える学校があるというので、そこにも寄ってみようかと思ったりしています。ともかく非常に自然環境を守ろうという認識が強いです。ですからシュワルツワルトが酸性雨でどんどん枯れていることがわかったときに、ドイツでは非常に大きな反響がありました。環境、森を守らないといけない、と。どうもゲルマン民族というのは、森に対して非常に思い入れがあるんですね。われわれとは違うんです。はげ山を見ても何とも思わないのが日本人で、それに比べるとドイツ人というのは、森に対してはものすごく神経質になるようです。

ライン川で実際に具体的にはどのくらい国際協力をやっているかという、意外にいろいろなことをやっていることがわかりました。ライン川の航行の問題一つをとっても、国際協力なくしてはうまくいかない問題です。これはドナウ川についてもそうです。ドナウ川の場合はライン川よりもさらにたくさんの国が関係しており、私はちょっと数えてみましたが14カ国ぐらいです。というのは、前はユーゴスラビアが一つにまとまっていたが、いまは自治区まで入れるとかなり増えています。コソボも自治区です。コソボとボイボディーナはセルビアに入れるとしても、それでもボスニア・ヘルツェゴビナとかモンテネグロとかクロアチア、スロベニア、五つにはなります。

実は私も気がつかなかったのですが、ドナウ川の河口はウクライナ領です。これが盲点でして、たいていの人がルーマニアとブルガリアの国境を流れてそのまま黒海に注ぐと思っているのですが、どっこいドナウ川最下流部は、イズマイルという有名な都市で、これはウクライナ領です。その少し上流はモルドバ領です。そういうふうに数えていくと、いっぱいあります。

ついでに言う。「ドン」というのは、川という意味だそうです。ロシア語では「ドン」——「静かなるドン」と言いますが、大島先生がいらっしゃ

れば伺ってみたいと思いますが、ドニエプルとかドニエストルとかドネツとか、みな同じ語源ではないかと思います。英語ではダニューブです。ルーマニア語は私は知りませんが、ドナラーというような、だいたい似たような言葉のようです。

ドナウ川の場合も、19世紀になってから国際河川として航行が自由になったようで、それまでは国益を主張して、各国がいろいろ優先権を主張してなかなかまとまらなかったという歴史があるようです。ですから、日本にそういう意味で国際河川がないのは幸せな面もあるけれども、外交交渉にかけてヨーロッパ諸国にかなわないのは、何百年もこういう問題で実は国際的なコンフリクトをやってきたことがあると思います。

ライン川の航行以外、水質の問題以外でも、例えばスイスとリヒテンシュタインの場合は、国際協力が治水工事のほうで行われています。1847年にザルガンスというところで洪水がありました。標高493mの町です。これはライヘナウ・タミンスよりは下流で、ファドゥーツというリヒテンシュタインの首府のちょっと上流の対岸の町です。そこで洪水があって、491mぐらいまで水が上がってきました。ちょうどザルガンスから西に向かって湖がありますが、あわや西向きに流れようかという勢いを示しました。ライン本流は北へ流れています。水が溢れて、ザルガンスを突っ切るとこのまま西に流れる。大変な騒ぎになりました。スイスとリヒテンシュタインの間で協議して、流路維持のための条約を結んだんです。流路維持というのは、いままで通りライン川を北に流す、ということです。西に流れると困るんです。そのために堤防の補強工事をしました。日本でもよくやるのですが、嵩上げをして堤防の高さを二重構造にして、洪水が漏れないようにします。

日本の場合には、非常に高い万里の長城みたいな連続堤というのがある程度大きな川にいくと見られるわけですが、これは明治中期以降の河川工事の結果です。それ以前は、日本では低水工事と言って、ライン川と同じで、低い土地の航路水深つまり内陸水路として、高瀬舟などもそうですが、船を通すための航路水深を維持するための工事を河川工事として、明治中

期まではやっていました。ところが明治になって富国强兵政策で、低湿地は何でもかんでも水田開発を、とにかく増収・増産をしようということで、それから川沿いの土地でも何でも低湿地で都市化が始まっているわけです。そうすると、どうしても地価が高くなる。するとそういう財産を守るために、非常に堅固な、簡単には破れないような堤防を造る。それが連続堤という発想になる。これは武田信玄などが考えた霞堤と逆の発想です。

武田信玄の霞堤というのはご存じのように、「八」の字形で洪水が所々で外に逃げるようにしてあって、そのために少しずつ小出しに洪水量が出ていきますから、下流に被害が及ばないんです。ところが連続堤で両側を締め切ると、川は結局、連続堤のなかを流れます。断面で考えると、ふだんは堤防よりはるかに低いところを川が流れている状態ですが、洪水になると水位が上昇して堤防の天端高に近くなる。流路の両側に非常に強固な堤防を造ると、水も土砂も逃げ場がありませんから、結局、堤防のなかにたまるわけです。洪水が引いたあと、土砂がたまった分だけ河床が高くなります。そうすると有効断面積が減るわけです。仕方がないから、堤防天端をまた嵩上げする。こういう悪循環が明治の中期から続いています。

いちばんいい例は利根川で、明治の初期に3,500t/秒ぐらいあればよかったのです。これは洪水を想定したマキシマムの流量の値でした。ところがいまは、利根川の中流部の八斗島<sup>ヤツジマ</sup>で1万5,000t/秒ぐらい、計画洪水流量が増えています。だいたい5倍近く増えています。なぜか。堤防を強くしたために、上流から洪水流で運ばれてきた土砂がこのなかに蓄積したんです。たまに破堤すると、溢れた水はもどってこないんですね。河床のほうが高くなっていますから。

そのほかに、スイスとリヒテンシュタインは河床を協同で浚渫しています。1900年ぐらいにスイスとオーストリアでは、やはり河川工事で協定をしました。というのは、アルペンラインのところにボーデン湖があるというお話をしましたが、このボーデン湖の河口のところは前はロルシャッハというところでした。これはスイス領です。そこに流れていた河口を、ロルシャッハから東のほうのフーサッハへもってきて、直線で結んだわけで



す。つまり河口の位置をつけ替えたわけです。東側の新しい河口となった  
フーサッハはオーストリア領に入ります。なぜそんなことをしたかとい  
うと、ここはものすごく蛇行していたんです。そして非常にゆるい勾配で流  
れていたから、土砂がたまりやすく、このままでいくとどんどんボーデン  
湖が土砂で埋まる。それは具合が悪いというので、河道を短くして急勾配  
にする捷水工（ショート・カット）をやったわけです。つまり3,500分の1  
だった川底の勾配を、1,000分の1まで急にして、蛇行しながら流れる7、  
8 kmあった流路を4 kmぐらいに短縮しました。そのかわり、新しい河口  
はオーストリア領になりました。

ですからこの工事はオーストリアと、途中のスイス領のほうはスイスが  
それぞれ負担しました。新しい河口はオーストリア領のフーサッハですが、  
スイス領のほうはディーボルズアウと言います。ここで河道を直線化しま  
した。短くしたことによって、川底が急になりますから流速が速くなりま  
す。その工事が終わったのが1923年でした。そうすると、10年後には河床  
が2 m低下しました。それまでどんどん土砂が積もっていたのが、そうい  
う効果が出たんです。

あるいはラインフェルデンというのはホッホラインですが、バーゼルの  
ちょっと上流で峡谷部になっているところで、ドイツとスイスが協同で水  
力発電所を造りました。協同で水力発電所を造る構想は1871年で、ずいぶ  
ん古い話です。その後合意して、1895年に着工しています。水力発電所と  
いうのはこういう国際河川ではよく協同開発のかたちがとられていて、例  
えば東ヨーロッパでも1960年代に、ユーゴスラビアとルーマニアが協同で  
110万kWhの水力発電所を開発しているという経緯があります。こういっ  
た具合に、いろいろ協力してやれることがあります。

水質の話を少し紹介しておきます。最初に私が世界湖沼会議のときに聞  
いてびっくりした、まさかと思ったという話ですが。これは川の水質の最  
悪の状態です。この図中の赤っぱいところが非常に汚れていると考えてく  
ださい。河口のところは茶色と赤になっています。つまり非常に汚れてい  
るところです。茶色のところはルール重工業地帯です。ここに3本の川が

入っていますが、真ん中のものがルール川です。その北側がリッペ川で、いずれもここは重工業地帯で、工業の集積地です。その1975年の状態がこちら側ですが、1985年になると茶色の部分が少し減って、若干よくなっています。さらにこれはデイルケの地図で1990年のデータですが、赤っぽい色はやはり上流に多い。もちろんいちばん青いのはボーデンゼーの辺りですね。ここにボーデン湖があります。この辺の青いところはきれいで、緑色は少し汚れている。しかし先ほどの赤いところはなくなっている。

実際にそのあと2001年のオランダの地図で見ますと、さらに青いところが広がっています。ここがボーデン湖ですから、これから下流は青いのは当たり前ですが、赤いところが非常に少なくなっているのがおわかりだと思います。ただし、ここにエムシャーという小さな川がありますが、これはものすごい汚濁負荷がありまして、どうしようもない。つまり住民の人口が多すぎて、いかに浄水装置をつけてもなかなか回復しないという典型的な例です。

私がいちばんびっくりしたのは、ある時期にスイスやドイツに行ったら固形石鹸がなくなっていました。私はアメニティグッズを使わないで記念にもらって来て、コレクションみたいにして楽しんでいたのですが、それがどこのホテルでも石鹸液が容器に入っていて、必要な分だけ使うようになっていました。タオルは連泊している場合は、必要以外は洗濯に出すな、ということなんです。どうしても洗ってほしいときは床に投げ捨てておけばいい。それ以外は洗わないんです。それぐらい徹底しています。環境問題のためにお客さまにご理解いただきたい、という趣旨の説明が書いてありました。日本では少しずつは実行されていますが、なかなかそこまでいかない。例えばアウトバーンで、自動車の廃油を道路から直接川に流れ込ませないようにしています。私は車に弱いので、そんなことは気がつかなかったのですが。

いちばん徹底しているのがスイスで、6軒以上の住宅がある場合には、そこに浄水槽設備をつけることを義務づけています。個人の場合にも廃水をそのまま川にたれ流す場合は、居住を許可しないことになっています。

ドイツ政府は1971年に環境問題のために憲法を改正して、環境庁をつくりました。そのあと浄化設備について、財政的な援助をすることまでやっています。ボーデンゼーでは浄化装置に財政補助するということになりました。EC（欧州共同体）としてはボーデン湖の汚染防止委員会を立ち上げました。

都会ではスイスの場合、下水処理は100%です。道路でも廃水がオイルを分離する。ですから直接排水できないんです。私はツェルマットに行ったときにも驚いたのですが、ガソリン車は乗り入れ禁止です。スキー場で塩化カリウムというのがあって、スノーガンのあるところでは凍結用に使うのだそうですが、これもスイスでは使用禁止です。そのぐらい神経を使っています。

ヨーロッパはそういうふうに、列国の利害が絶えずぶつかりあって、しかしそこで折衝することによって非常にトレーニングを受けている、という感じがしました。ライン川は「ドイツ連邦内で最も汚い川」とか、「ヨーロッパの廃水路」とかいろいろ新聞に書かれていましたが、2001年のデータを見ますとかなり改善されています。だからあまり絶望することはないかと思います。

ちなみにこれは経年変化で、例えばアンモニアですが、1972年ぐらいに非常に多かったのがだんだん改善されて、1986年には0.5mg/l ぐらいです。72年のときには2.5mg/l でした。「mg/l」というのはppmと同じで100万分の1、1lは1,000ccで1mgは $10^{-3}$ gです。水銀が1972年には2.5mg/l ですが、これも減っています。O<sub>2</sub>の場合は増えています。BOD（Biochemical Oxygen Demand, 生物化学的酸素要求量）はイギリスのデュプレーという人が最初に考え出したのですが、水中にいる微生物です。いろいろな汚れの元になっている有機物を食べる、そして酸化して還元する。その活動のために、汚れた水のなかにある溶存酸素を食うわけです。つまり溶存酸素を取り込むことによって、微生物がうんと活動することになります。ここでは5日間BODを基準にしていますが、5日間の間に微生物がどのくらい酸素を消費したか。消費する量が多いということは、それだけ活動したこ

とになりますし、汚れていることにもなります。1970年に比べると、1986年は少し減っています。このあとのデータがないのが残念です。

雑駁な話になりました。きょうはこのぐらいで終わりにしたいと思います。ご清聴ありがとうございました。

**司会** 高山先生、ありがとうございました。それでは時間はほとんどないのですが、質疑応答の時間をもちたいと思いますので、ご質問のある方は挙手をお願いします。

## 質疑応答

**質問** 自由航行に関しては、中央委員会ができて管理しているわけですが、水質汚染に関しては各国の代表が出ている委員会があるのですか。

**高山** 「ボーデン湖の水質汚濁委員会」というのがあります。ボーデン湖は非常にきれいで、はじめ問題がないと思われていましたが、ユーバリンゲンという町が北岸にありまして、最初はそこから取水して延々と上水道水源としてニュールンベルグに供給していました。ボーデン湖は一時期、沿岸に化学工場があって、それが火災を起こして1960年代に有毒物質が大量に出たことがあります。私はチューリッヒ工科大学の人から聞いたので、あまり気にも止めなかったのですが、1969年の魚の大量斃死の話と関連があるのではないかって、それを確認するために手紙を書きました。そしたらボーデン湖岸の化学工場が火事になったのがそれではないか、という返事が来たのですが、しかし魚の大量斃死のあったビンゲンは、ボーデン湖よりはるか下流ですから、それが原因なら、他の所でも魚が死ぬはずです。これはあとで調べてみたら、別の事件だったことがわかりました。

ライン川については少しお話ししましたが、イギリスがどうして入ってくるかわかりませんが、英、仏、独、オランダ、ベルギー、スイスと6カ国で諸問題を解決するという、そのなかに、水質とか低水工事とか高水工

事とか、全部入っています。

質問 いわゆる日本で言う「水利権」についてですが、上流のほうで水をとって、下流のほうで水が不足するとそれは全然問題にならないんですか。

高山 その辺になると、私はよくわからないんですが。一つはアルザス運河の例があります。ライン川の場合、供給される水の70%がまた川に戻ってくると言われています。それがきれいな状態で戻れば問題ないのですが、汚れた状態で戻ってきているので、そのために浄水場をたくさん設置する。あるいは工場の場合は罰則が非常に厳しいらしいです。有害物質を出した場合には、営業停止までであると言います。これはノルトライン・ウェストファーレンという州がそうです。ドイツの場合は州政府が非常に強い権限を持っているらしいです。ですから連邦政府とは別に、独自でそういう法律を作って規制しています。私の知っている範囲ではそういうことです。

質問 ライン川はもともとは浄水場がなくても、飲める水ですか。硬水なんですか、軟水なんですか。

高山 どちらかといえば硬水だと思います。ヨーロッパ全体がだいたい軟水は少なく、どちらかというところ石灰岩が多いところですから、フランス辺りでオー・ポタブル（飲用可）と書いてあるところは非常に珍しい。水道水なんかうっかり飲めないわけで、パリで歩いていて水道のところにオー・ポタブルと書いてあったのは何回かあるんですが、あとのところはだいたい飲めないですね。私はだいたい水を飲まないの、あまり注意を払ったわけではないのですが。

質問 幼稚な質問で申しわけないんですが、ライン川というのはこうして観光の写真なんか見た限りでは、幅の狭い小さな川のような感じですが、利根川とか淀川と比べて、それよりは大きいんですか。

高山 大きいです。長さは1,320kmですから、利根川は322kmで約4倍ぐらい長くて、流域面積はオランダのデルタを入れると22万4,400km<sup>2</sup>ぐらいですね。日本の国土が全部で35万km<sup>2</sup>ですから、3分の2ぐらいの広さです。ヨーロッパのなかでのランキングではベスト10に入ると思います。

質問 ドナウ川はどうですか？

高山 ドナウはもう少し大きく、2,850kmで、81万5,000km<sup>2</sup>です。ボルガ川は3,688km、138万km<sup>2</sup>です。ですからドナウ川のほうがライン川の倍ぐらいの長さがあって、流域面積でいくとだいたい4倍ぐらいの広さになります。

ただ、ボルガ川とか、あとヨーロッパ、ロシアの川が多いのですが、これらの大河の流域内はあまり人間が住んでいません。むしろドナウ川よりもライン川のほうが人口が集中しています。ですからそこに大勢の人間が住んでいて、それが大量に廃水を出すわけです。これをきれいにするのは、並大抵の努力ではできないと思います。

質問 いまライン川の話がでましたが、東ヨーロッパでは、ドナウ川流域ではトラバント（多量の排気ガスを出す東独製の車）が走り回って環境問題に無神経な感じを受けました。

高山 ただ東ヨーロッパの場合は、ドイツほど環境問題に敏感ではないというか、国民性もあると思います。

質問 ドナウ川をめぐる国際協力はすんなりといっているんですか。

高山 船の航行、水運に関しては、やはり19世紀に一応解決したはずですが、水質管理のほうまでいっているかとなると……。私は3年ぐらい前にハンガリーに行ったのですが、ドナウ川はかなり汚いのですが、みんな平気で泳いでいました。私どもはとても泳げるような状況ではないと思ったのですが、その辺はドイツ人のほうが環境問題に神経質というか、民族性のようなものがあるのではないのでしょうか。

質問 川じゃないですが、バルト海で汚染が進行していると報道されたようですね。

高山 閉鎖水域だとかなり問題になっています。バルト海の場合、全体が地中海（回りを陸地で囲まれた海）のような内陸部みたいになっていますから。

質問 日本の場合はそういう問題を抱えていないわけですね。

高山 ですから放射性の低レベル廃棄物を南太平洋のほうに捨てに行き、向こうの国からクレームをつけられて、「これは安全である」と言ったら

「安全なら、どうして日本の近海に捨てないのか」という笑い話みたいなことがあります。

ドナウ川の水質管理についてはそれほど詳しく調べておりません。「国際ライン汚染防止委員会」は1976年に発足しています。「国際ボーデン湖水質保護委員会」は1967年です。ボーデン湖のほうが先のようにです。

**質問** ライン川の水源から海に出るまでには何日ぐらいかかりますか。ああいう延々と流れる河川は蒸発しないとすると何日間ぐらいかかるのでしょうか。

**高山** これは流れの状態にもよりますが、計算してみないとわかりません。

**質問** 先生の私見として、おおざっぱでいいんですが。

**高山** 意外に速いんです。ただラインデルタに入りますとゆっくりになりますが、途中は意外に水深のある川で、だいたいミッテルラインぐらいまでは1.5mぐらいの流速があります。日本の川とちょっと違うのは、礫床のところが少ないです、中流以下は水深が大きいわりに速いんです。逆に言うと、水深があるから速い。ミッテルラインだとだいたい1,300kmとして、流速に8万6,400秒を乗じて約10日間、そのぐらいでいくのではないのでしょうか（本当はもっとかかると思います）。ちなみに1970年のライン川の洪水は約2週間ぐらいの波形を示しました。

**質問** そんなに速いですか。

**高山** 例えばミシシッピー川などのハイドログラフを見ますと、200日くらいピークが続きます。これよりははるかに速いです。日本のように2、3日というわけにはいきませんが。

**質問** もう一つ、水の汚れが改善されたということですが、過去に蓄積されている汚染物質、また重金属というのは、いわゆる川底にたまってすぐには出ていかないで洪水のときにどっと出ていくと思うんですが、川底の汚れのようなものはどういうことになるのでしょうか。

**高山** これはよくわかりませんが、ここにお見せした図は、汚染生物指標というものです。これは、当時のブレスラウ（現在のブロッツラフ）の

生物学者でフェルディナント・コーンという人がはじめに気がついたらしいのですが、汚れたところに好んで棲んでいる水棲動物と、逆に、きれいなところにしかいない昆虫——優占種と言っているようですが——の生息状況などを調べて作られたものです。この汚染生物指標を使ってきれいとか汚いとか言っているんです。ですから定性的な話です。これは日本でも行われているわけで、鮎が棲んでいると、やや汚れている程度で我慢ができる。ユスリカがいると駄目だとか。

実は私の友達で、そういうものの全国的な地図をつくっている人がいます。これが生物学的水質階級地図ですが、日本全国でこんなふうになっています。赤いのがいちばん汚れているところですよ。淀川とか名古屋、東京の大都市圏は汚れている川が多いです。青っぽいのは一応きれいな川で、こういう図ができています。ご覧になったことはないですか。作成したのは淡水生物研究所長の森下郁子女史です。 (2002年5月28日)