

ライン河の 水質汚濁事情

遠山啓

1. はじめに

隅田川、淀川あるいは、遠賀川といった河川が、都市下水や工礦業の廃水によって、はなはだしく汚染され、この水を利用する農水産業や上水道に被害を与えるとともに、都市の環境を悪化させていることは周知のとおりである。都市の発展や産業の発達にともなって、河川や海域の水質が汚染されるのは今や世界共通の問題であり、その対策に各国ともそれぞれ頭を悩ましている。

歌に伝説に美しい風景と清流を伝えられてきたライン河も、その例にもれず、戦後における産業の目ざましい復興発展とともにあって、水質の汚濁がはなはだしく、沿岸諸国間の重要な問題となってきた。

1962年9月30日から10日間、
ライン河水質汚濁防止セミナー
(Travelling Seminar on Water
Pollution Problems on the Rhine)
が、国連のヨーロッパ経済委員会

(ECE)の主催によって行なわれ、はからずも筆者はこれに参加して、スイスのバーゼルから、オランダのロ

カット写真：古城とライン河

ッテルダムまでの
835 km の長区間に
にわたるライン下
りを楽しみつつい
ろいろと学ぶこと
ができた。筆者の
見たライン河の現
状について、セミ
ナーの模様などを
紹介しながらここ
に報告したい。

2. セミナーの概要

ライン河は、アルプス山中のボーデン湖に源を発し、スイス、フランス、西ドイツ、オランダ（支川の一部はベルギー）を経て北海にそそぐ。全長約1320 kmの国際河川である。おもな支川には、ブドウ酒で有名なモーゼル、学都ハイデルベルヒで名高いネッカー、工場地帯で知られているルールなどがあり、全流域面積は225 000 km²におよんでいる（図-1）。上流部は勾配が急なため、バーゼルとストラスブルの間には、数多くの閘門が設けられていて、上流までの航行を可能にしている。中流部から下流部にかけては勾配がゆるやかで、下流部は幾つもの支派川にわかれてオランダのデルタ地帯を形成している。沿岸には、豊富な天然資源と舟船の便を利用した工商業

が発達しており、その代表的なものがマルハウゼ近郊のカリウム鉱山群やルール地方の炭鉱、工場群であろう。これらはいずれもライン河の主要汚濁源と目され、水質改善の鍵を握っているように思われる。これらの廃水や流域内の都市下水の影響をうけ、特にオランダの水源は危機にひんし、その使用にばく大な処理費を必要とするに至っているのである。

ライン河流域の5カ国には、それぞれ水質汚濁防止に関する独自の法律があるが、もともとライン河を対象としたものでないため、これらの

法の遵守のみでは水質保全の実効が期しがたいことは明らかである。そこで、さきに、ライン河・水質汚濁防止委員会が5カ国間で組織され、チューリッヒ大学のJaag教授がまとめ役となって、一連の水質調査や水質基準案の作成などを行なっている。各国はいまのところ、自守的に規制を行なっているとのことであるが、早い機会に強制力のある法的な規制ができるのをオランダが願っているわけである。そこで国連がこの委員会の活動を側面から援助することとなり、法制定への足がためとして、今回のセミナーを主催するに至った模様である。ヨーロッパには国際河川が多く、これらはいずれも水質汚濁の問題をかかえているので、もしもライン河に対する水質規制の法律が制定可能となれば、各河川もその考え方をしたがって規制が容易にできることにならうし、わが国でも学ぶところが多々あるように思われる。

セミナーには、前記5カ国はもちろんのこと、ECE 所属の西欧諸国のほか、特別参加国である米国と日本を合わせて20カ国、60数名が参加した。その中には、水質分析関係

図-1 ライン河と主要都市



の技術者と思われる女性も4名参加していた。あとは上下水道、工場廃水処理関係の技術者が多かった。この人達の多くは、セミナーの約3週間前にロンドンで開かれた第1回の国際水質汚濁防止会議に参加した様子であった。とにかく、自由・共産両陣営からの集まりにもかかわらず、わけへだてのない和やかなものであった。また、スペインの参加者にやや黒味がかった人もいたが、東洋人は筆者ただ一人で、珍重がられもしたが、何かにつけさびしいものだった。

参加者は全員、貸切りの小遊覧船に宿泊し、講演はほとんどこの船の中で行なわれた。筆者には3畳ばかりの船室の2段ベットが与えられ、オランダ人と同室させられた。はじめての海外旅行であるうえに、第一夜から外人ととの共同生活でいささか面くらった。早朝から講演があり、あるいはバスやボートによる施設の見学などが、ほとんど毎日暗くなるまで行なわれた。その代り、ライン河の主要な部分はほとんど全延長にわたってみることができたわけであり、もちろん窓外に両岸の山野の美しい風景を堪能することができたし、眼下に汚濁の模様をつぶさに観察できたのはまことに貴重な体験となつた。

講演の内容はつぎに示すようなものであったが、おおむね上流の国からその国人達によって講演が行なわれた。

- (1) Jaag, 欧州の国際河川における水質汚濁防止現状
- (2) Jaag, スイスにおける水質汚濁防止
- (3) Kübler, ボーデン湖に対する汚濁防止委員会の使命、機構ならびに活動
- (4) Philip, ビュッゲンゲンのカリウム工場排水の脱塩に関する経済性
- (5) Millot, ライン沿岸の地質

(6) Graff, ラインの汚濁争議と委員会の仲裁調停

(7) Kumpf, ドイツにおける水の管理と防護

(8) Roth, ドイツにおける水利権の展望

(9) Kirdorf, 同盟国の水利権とその利用

(10) Hopman, オランダの水経済に対するライン河の重要性

(11) Schmitz, 運河の水質保全に関する行政上の問題

(12) Schramm, 國際河川の防護に関する経済的諸問題

(13) Pichl, ビンゲン付近のライン河の航行と排水の調整

(14) Sikora, マインツの航行監督局の水質管理について

(15) Pearce, 河川と放射性廃液

(16) Kruse, ドイツの水質汚濁防止と衛生的諸問題

(17) Dannhausen, ライン下流の防護について

(18) Haringer, 油の汚染に対する水路の防護

(19) Frangipane, 水質汚濁の衛生的問題

(20) Schickhardt, ドイツにおける水質汚濁防止と上水道の関係

(21) Wehrmann, ライン下流域における上水道

(22) Knob, 北ライン—西ファリヤにおける水質保全

一つの講演が終ると、WHOから推薦されたミラノ大学のFrangipane教授がChairmanとなって、質疑応答がかわされた。20カ国も集まれば使用語が問題であるが、意外にも英語の講演は最も少なく、フランス語、ドイツ語が残りを切半している。参加者のほとんどがフランス語

を話すので、いろんな案内にフランス語が使われたのには全く閉口した。ただし講演は、イヤホーンを通じて英語の同時通訳が聞ける仕組みになっていた。

3. 汚濁の現況と対策

ライン河の汚濁調査については、前記のようにJaag教授を委員長とするライン河水質汚濁防止委員会の手で行なわれていて、その結果が毎年発表されているが、このセミナーは、参加者に汚濁の実態を観察させ沿岸の主要な都市や工場の施設を見学して、自守規制の実効を確認してもらおうという、デモストレーション的な意図も多分にふくまれていたように思われる。

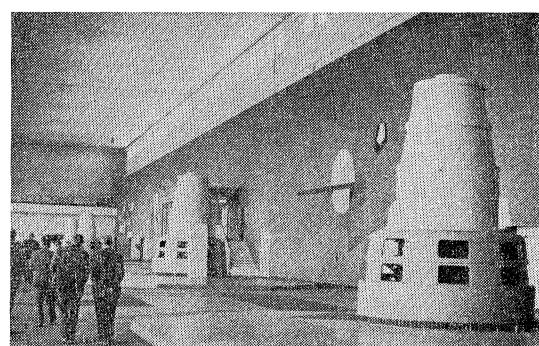
バーゼルの住宅街は、日曜日の朝であったせいかまことに静かで、古風な落ちついた家々が立ち並び、道路にはちり一つなく、並木道の間を流れるライン河の支流には鴨が遊ん

表-1 ライン河主要地点の年間平均水質

地點名	BOD (ppm)	Clイオン濃度 (ppm)	溶存酸素飽和度 (%)
ケンブス	3.2	12	100
ラウテルブル	3.0	90	85
コブレンツ	4.3	—	70
リース	5.5	150	65
ロービス	7.0	175	60

でいた。ライン河本流の埠頭付近では、岸辺の河底がみえるし、5、6寸大の鱈と思われる魚の泳ぐのも見えて、水質はまだかなり良好と思わ

フォジェールグリュン発電所内部



れた。バーゼルより、10 km ばかり下流のケンプスでの年間平均の水質は、BOD で 3.2 ppm, Cl イオン濃度で 12 ppm である（表-1）。

マルハウゼのカリウム鉱山では、地下から岩塩を採掘し、カリウムを精製しているが、その廃水中における Cl イオン濃度がはなはだ高く、ライン河上流部第一の汚染源となっている。ケンプスにおける Cl イオン濃度が 12 ppm であるのに対して、ここでの廃水が流入したあとからウテルブルーにおけるライン河のそれが 90 ppm に急上昇しているし、BOD が逆に 3.2 ppm から 3.0 ppm に減少しているのは、この辺の事情を率直に表わしている。地下 600 m の採掘現場において、1.5 m ばかりの岩塩の層を、“さそり”的なかっこうのへん平な掘削・運搬機が縦横に活躍しているのが目をひいた。

ストラスブルーまでには、閘門が多いことは前記したが、閘門の地点においては、水位差を利用して発電所が続々と建設されている。その一つのショージールグリュン発電所を見学したが、新しくて内外ともに美しいが、内部の壁一面に抽象画風な模様が美しい色彩で描かれており、従来のわれわれの概念とは違ったものを見出しても興味深かった。

ストラスブルーの港では、目下掘込式の石油埠頭がしゅんせつ船やブルドーザーで盛んに建設されつつあり、石炭埠頭などではクレーンが忙

しく動きまわって、活況を呈している。数多くの運河でこれらの埠頭がつながっているのであるが、運河に面して数多くの工場があり、運河の水ははなはだ汚染されている。ストラスブルーの下流あたりから、ライン河の浮遊物が急にふえてきたように感じたが、運河から相当量の汚濁物質が流れ出るのであろう。

ストラスブルーの近郊にあるハグナウの下水処理場は、最近通水したばかりで、まだ整地工事など続行中だが、ケスナーブランを用い予備曝気槽に統いて、最初、沈殿池、曝気槽、最終沈殿池が一体となったコンパクトな施設をもつ処理場である。計画処理人口は 15 000 であるから、住宅公団の団地の処理場程度の規模である。通水後間もないでの水量が少ないのであろうか、処理はうまくいっていた。このあたりの法律では、下水処理場は必ず設置しなければならないことになっているが、小規模都市では建設費の捻出が困難なため、大都市以外では下水をほとんどそのまま河に放流している状態になっているとのことである。下水道建設財源の少ないことは日本と同じだが、下水管が完璧に整備されているところは普及率 17% のわが国と大いに異なる。裕福とも思えぬこの町の、ライン河水質汚濁防止に対する熱意を買っての見学であったのかもしれない。

セミナー期間中の食費、宿泊費、

見学費などはすべて参加費にふくまれていて、ホテルの生活費にくらべてずっと安いのは大変ありがたかった。ただし、与えられた食事しかできないので、三日もたたないうちに日本の食事が無性にはしくなっ

た。毎朝朝食される酸っぱいような黒パンには、ついに最後まで馴じめなかった。イタリア人が同感だと嘆いていたところをみると、案外ほかも食事に不満をもっている人がいたのかもしれない。しかし筆者のまわりにいた人達の健啖ぶりには驚いた。黒パンにバターをこって塗ってその上にハムやベーコンをのせ何枚も食べるし、コーヒーや紅茶は何杯もお代りをする。西洋人が少食だとはお世辞にもいえぬし、食事のマナーも筆者の考えていたようなことはおよそ違う。マンハイムでようやくスペaghetti にありついて一息入れることができた。

ライン河の風景で欠かせないものは、橋と古城と貨物船ではなかろうか。橋梁は都市とその周辺に多いのは当然だが、いろんな型の橋がそれぞれあたりの風景とよくマッチしていて美しく眺められた。戦災の痛々しい跡も時おり見あたったが、多くは立派にかけかえられていた。教会の尖塔も無数に沿岸でみられ、河に映って美しかった。また、ローレライの一帯には、中世をしのばせる石積みの古城が多く、河と古城との眺めは、遠く來しものかなの感を深くさせられた。ローレライの岩そのものは、想像に反して何の変哲も神秘さもないもので、日本ならこれにまさるものかいくらもあるかと思われた。ライン河の蛇行の激しいのは全長を通じてこのあたりだけだと思うが、曲り角の見とおしのきく山腹には、必ずといってよいくらいに古城があり、ひんぱんな船の往来を静かに見守っている。船のほとんどがへん平な貨物船で、母國の小旗をはためかせながら、石油、石炭、木材、自動車などを満載し、エンジンを響かせていた。家族も犬も船で生活しているのか、囲いの網の中で小供の無心に遊ぶ姿もよく見かけられた。とにかく船の交通はまさにひんぱんなもので、ライン下りの全区

メインツ市内の橋梁



間において、前後に船のみえなかつたことはまずなかった。船からである廃水の影響も相当なもので、ライン河全体の汚濁量の約5%に達するといわれている。

船舶からの廃水には、生活に起因する汚水と、油とがある。汚水はそのまま放流されるわけであるが、油は法により港以外の水域では排出してはならないことになっている。しかし、航行しながら船体を洗っていたのもあったし、棄てたのかこぼれたのかわからぬがギラギラ光りながらかたまって流れているのもみかけた。これらの影響によるものだろうが、ボンの近くの河岸で砂利が真黒になっていた箇所もあった。国際河川における、法の取締りのむずかしさがあらわれているようであった。なお、ストラスブルールやデュイスブルグには、油回収船が港内に配置されていて、港内の油を集めてポンプで陸上に棄てている。

ケルンの近くのシェル石油会社の精油所を見学したが、すばらしい広さをもっており、しかも数人で操作されているとのことで、全く人影は見られなかった。ここでは冷却装置の改良により、従来 30,000 m³/日も廃水を出してとやかくいわれていたのが、30 m³/日ですむようになったということで、円形の強制沈殿池による処理が行なわれていた。

ケルンをすぎ、デュッセルドルフ、デュイスブルグのあたりになると、ライン河も相当汚れているという感じをうける。茶褐色の色度はますますふえるし、大粒の浮遊物が目に見えるようになる。このあたりは西ドイツ工業の心臓部に相当するところで、石炭、鉄鋼、化学などの工場が集中している。BODに着目すると、コブレンツで平均 4.3 ppm であったものが、ルール地方より下流のリースでは平均 5.5 ppm となり、これがさらに 25 km ばかり下流の国境の町ロービスにおいては、平均

7.0 ppm に達する。オランダが悲鳴をあげるのは当然のことであろう。わが国でも淀川が京都市の下水等のために汚れ、大阪市等下流の上水道に悪影響を与えてるので、さきほど水質基準が決められたが、枚方大橋の付近において、現在 BOD の平均は 3 ppm であるが、規制されたのちにはこれが 1.5~2.6 ppm となる予定となっている。

ルール地方には、ラインの支流の流域ごとにルールフェルバンド、エムシャーゲノッセンシャフト、リッペフェルバンド、ブッパー・フェルバンドなどの下水道（一部は利水もふくむ）の協会ができていて、都市と工場事業場がそのメンバーとなってい。そして廃水の質と量とに応じて下水処理場の建設費、維持管理費を分担している。エムシャーゲノッセンシャフトにおいては、廃水の質のファクターとして、魚の棲息できるまでに廃水を薄めた場合の希釈倍数を用いているが、魚の種類の選定などに問題はあるが面白い方法である。それぞれの協会には優秀な技術者がいて、新しい処理場の建設、処理方法の研究に努力をはらっている。ルールフェルバンドには、有名なイムホフ博士の令息がやはり下水道技術者として働いておられ、所管の処理場を案内して下さった。イムホフ博士はなお健在で、一年おきに著書を出版されているとのことであった。セミナー終了後再びこの地方を訪れて各協会の施設を見学したが、処理場内の施設の配置、財源の乏しい国における処理方法の考え方など参考となつた。各協会は、ライン河汚濁に対する責任を自覚しており、汚濁防止に対して真面目にと

り組んでいる意気込みが、行きとどいた管理や操作の端々にも見うけられた。

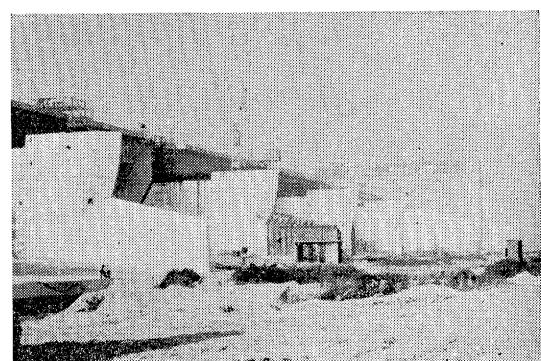
ロッテルダム付近のライン河は、流れもゆるやかであるし、海水の希釈もあって、浮遊物はそれほど多いとは思われなかった。港はヨーロッパ大陸第一のものだけあって、規模はすばらしく大きく、ずいぶん多数の船が停泊していた。どの埠頭も満員の盛況で、目下増工中である。マントモス豪華船ロッテルダム号の出航にたまたま出会ったが、その雄姿にしばしみとれると同時に、これだけ大きな船の出入りする河口港のしゅんせつ費も相当なものだらうと推測された。

清浄な水源の確保と水害防止の上から、デルタ地帯では驚くほど雄大な計画のもとに、干拓の国営工事が進められている。その一つのハーリングブリートでは、河口部にまず人工島を作り、ドライワークでダムを建設したあと、ダムを残して島を取り去り、両岸からダムに向かって堤防を築造して締切りを完了するという興味ある工法が採用されており、目下 PS コンクリートによるダム本体の工事が盛んに行なわれていた。世界に誇るオランダの干拓技術の一端がしのばれた。

4. おわりに

ライン河下りをした結果、これは相当に汚れていると感じたし、水質

ハーリングブリートの干拓用ダム建設現場



分析の試験結果でもそれが立証されたのであるが、当然早急に防護対策を確立する必要があろう。ライン河水質汚濁防止委員会の活動に今後を期待するわけだが、法的規制にはまだ前途多難の感がある。

それにひきかえわが国には「公共用水域の保全に関する法律」があるので、これにもとづいてとにかく江戸川、淀川、木曽川の水質基準がすでに設定されたのは幸いといふべきであろう。水質基準そのものについてはいろいろ批判もあると思われる

が、基準設定がきわめて困難とされてきた問題であるだけに、各産業間の調和をとりながら、この段階に到達したことは、前途を明かるくした感がある。

水質汚濁の問題が世界の共通の話題としてとりあげられてからの歴史は浅く、1964年に東京で第2回目の国際水質汚濁防止会議が開かれる予定となっている程度で、この方面的先進国である米英両国以外はまだ法にもとづく規制を実際に施している例がないのではないかろうか。この点

わが国は一步先んじたわけであるが、ライン河の自守規制にせよ法的規制にせよ、行政的にも技術的にも注目すべき多くの要素がふくまれている。

このセミナーには、筆者が建設省都市局下水道課在任中に参加したものであり、文末ながら、関係各位に厚く感謝する次第である。

(1963.3.26・受付)

[筆者：正員 経済企画庁水資源局
水質調査課専門調査員]

新しい基礎工法の歩掛と実績

中島 武義　滝山　編　近代図書KK刊

本書は「新しい基礎工法」の統編ということができる。「新しい基礎工法」が、基礎工法の設計上および施工上の特質において説明しているのに統いて、本書は、それらの工法の過去の工事実績と新しく計画する場合の参考としての歩掛について説明している。

したがって本書の目的とするところは、新しい基礎工法を容易に設計し、または実際に施工する上での便宜をはかることがあるといえる。

「新しい基礎工法」と本書を併用することは、最も有利な工法の採用、工費の見積、工期の算定などにきわめて有益であろう。

ただ、支持力計算法、各工法の細部設計などにつけ加えて欲しい項目があり、設計編の追加が望ましい。

本書は、官民の建設技術者の共同執筆によるものであり、きわめて具体的に説明されているので経験者のみでなく初心者にも指導書として役立つものと思う。

内 容

第1章 概 説

第2章 既製杭基礎

第1節 打撃による打込工法：木杭、遠心力コンクリート杭、鋼管杭、鋼矢板

第2節 ジェット工法：森式ジェット カッター、大成ジェット カッター

第3節 圧入工法：前田式圧入工法、清水式圧入工法

第4節 振動式打込工法：不動式 VPD 工法、ソ連式打込工法、KSK 式振動打込工法、パイプ杭打工法

第3章 場所打コンクリート杭基礎

第1節 掘削後コンクリートを打設する工法：ベノト、ジェット、カルウエルド、ウィリアムズ・ディッカー、ホッホストラッセル、清水式柱礎工法、深礎工法、リバースサー・キュレーション・ドリル工法

第2節 貫入後コンクリートを打設する工法：ペデタル

第3節 特殊な工法：イコス工法、重水掘削工法、プレパクト杭

第4章 ケーソン基礎

第1節 空気ケーソン：空気ケーソン、大豊式空気ケーソン

第2節 井筒工法：井筒一般、鹿島式井筒沈下工法、間式井筒沈下工法、加藤式井筒沈下工法

第5章 地盤改良

第1節 ウェル・ポイント工法

第2節 サンド・ドレン工法

第3節 バイプロ・コンポーネン工法

第4節 バイプロ・フローテーション工法

第5節 薬液注入工法

第6章 アンダーピニング

編者：中島 正員 工博 首都高速道路公團理事

滝山 正員 日本国有鉄道常務理事

体裁：B5判 330ページ 定価 1900円

1963.4.20.刊

近体図書KK 東京都千代田区神田神保町 1-35

Tel (201) 1040 振替東京 23801

【首都高速道路公團】玉野治光・記】