

河川環境総合研究所資料
第13号

生態系と水質の相互的な関係に関する
欧州事情調査



2005年3月

財団法人 河川環境管理財団
河川環境総合研究所

はじめに

この報告書は、目下研究のとりまとめをしています「河川における生態系と水質の相互関係に関する研究」に関連して、欧州においての関連情報を収集した調査の結果をまとめたものです。

ご案内のように欧州では、かねてより環境保全の取り組みを、国境を越えたEUの枠組みで実施してきています。水環境に関しては、下水処理場に対する排水基準や地下水に対する硝酸塩濃度基準などがEU指令(EU Directive)として過去に次々に発効されてきました。そして、これらの取り組みを集大成するものとしてEU水枠組み指令(EU Water Framework Directive)が2000年12月に発効されました。この水枠組み指令では、全ての水域について健全で望ましい目標レベルを設定し、これを目指して流域管理計画を策定することとなっています。そのために現状の水域の評価を行うモニタリング計画の実施が当面の最重要課題となっています。このモニタリングは、従来の水質項目の評価に加えて、河川形態学的要素を基とし生物指標による評価を実施していくということが主要な取り組みとなっています。欧州の一部の国では底生生物を用いた水質評価、汚水生物体系が、伝統的に用いられてきたという経緯がありますが、今回EUで統一的に用いられようとしているモニタリング手法はこれを包含した新しい手法が確立されつつあるようです。

外国における情報の収集には、いつでも収集した情報が正鵠を射ているのかという課題がつきまといますが、今回の調査においては、訪問地の選択などにかかなりの予備検討を行ったとも聞いていますので、この分野における有用で十分ホットな情報が入手できたのではないかと思います。また、現在では細かい情報については、インターネットによる検索も可能な状況となっていますので、この報告書がそうした情報検索の重要な手掛かりになるものと考えられます。ここに示された欧州の情報が、わが国における今後の水環境のモニタリング手法の改善に、少なからず貢献するのではと期待しています。

最後に、本報告書をまとめられた皆さまのご努力に感謝申し上げます。

東京大学 教授 大垣 眞一郎

目次

	頁
1. 調査概要	
1.1 調査の目的	1- 1
1.2 調査メンバー	1- 1
1.3 訪問先	1- 2
1.4 調査行程	1- 3
2. 調査内容	
2.1 WFD	2- 1
2.1.1 WFD の概要	2- 1
2.1.2 デンマークにおける WFD の適用	2- 2
2.1.3 ドイツのバーテン・ヴェルテンベルク州における WFD の適用	2- 5
2.1.4 ルール川における WFD の適用	2-10
2.2 AQEM と STAR	2-16
2.2.1 AQEM と STAR の概要	2-16
2.2.2 AQEM について	2-18
2.2.3 STAR について	2-41
2.3 マックス・プランク陸水学研究所河川生態研究施設における溪流生態系の研究	2-64
2.3.1 河川生態研究施設における溪流生態系の研究	2-64
2.3.2 ブライテンバッハ川における研究紹介	2-64
2.3.3 研究フィールド：ブライテンバッハ川	2-70
2.4 ミチゲーションと自然再生の実例	2-72
2.4.1 ルール川におけるミチゲーション	2-72
2.4.2 オランダ・ライン河下流における自然再生	2-80
3. 環境への取り組み	
3.1 AQUA	3- 1
3.2 フライブルグにおける都市内水路	3- 3
3.3 オランダにおけるバイオ・マニピュレーション	3- 8
4. 調査対象機関	
4.1 N E R I (NATIONAL ENVIROMENTAL RESEARCH INSTITUTE)	4- 1
4.2 カールスルーエ研究センター	4-14
4.3 マックス・プランク陸水学研究所シュリッツ河川生態研究施設	4-15
4.4 ルール水組合	4-17
4.4.1 ルール水組合について	4-17
4.4.2 ルール川流域における環境モニタリングの状況	4-24
4.5 アーヘン工科大学	4-31
4.6 A L T E R R A	4-33
5. 調査雑感	5- 1

1. 調査概要

1.1 調査の目的

当財団では、河川整備基金事業による研究として、平成15年度より2ヶ年の予定で、「河川における生態系と水質の相互的な関係に関する研究」を行っている。本研究では、河川水の水質環境を河川生態系の観点から、BODに加えての水質指標、付着藻類、底生生物で記述する方法を探るとともに、河川の生態系をより良い状態にするための重要な水質要因を明確にすることにより、自然本来の良好な河川水質とは何かを提示し、健全な生態系の保全を目指した今後の河川水質管理に資することを目的としている。

本調査は、この研究の一部として、底生生物と水質の関係などに関する研究の進んでいるEU諸国において、生物と水質の関係に関する先進的な事例、生態系を指標に用いた水質管理の実態について、関係機関の訪問、現地調査を実施するものである。

1.2 調査メンバー

大垣 眞一郎	東京大学	大学院	工学系研究科	教授
谷田 一三	大阪府立大学	総合科学部	自然環境科学科	教授
佐藤 和明	(財)河川環境管理財団			技術参与
岸田 弘之	(財)河川環境管理財団			研究第二部長
大野 幸正	(財)河川環境管理財団	研究第二部		主任研究員
並木 嘉男	(財)河川環境管理財団	研究第二部		主任研究員
中西 由美子	(株)日水コン	河川事業部		技術第一部

1.3 訪問先

訪問国	訪問先	調査概要
デンマーク	National Environmental Research Institute (シルケボー)	<ul style="list-style-type: none"> ・WFD について ・デンマークにおけるモニタリング (NOVANA) について
ドイツ	Forschungszentrum Karlsruhe (カールスルーエ)	<ul style="list-style-type: none"> ・ドイツにおける WFD の適用 ・水質管理プロジェクトの現状について
	Limnological River Station Schlitz (シュリッツ)	<ul style="list-style-type: none"> ・溪流河川における底生生物の研究 ・底生生物の調査河川現地
	Ruhrverband (エッセン)	<ul style="list-style-type: none"> ・水質管理のための総合的な流域対策について ・ルール川におけるミチゲーション現地
	University of Essen (エッセン)	<ul style="list-style-type: none"> ・AQEMプロジェクトについて ・STARプロジェクトについて
	Aachen University of Technology (アーヘン)	<ul style="list-style-type: none"> ・水質管理指標等について
オランダ	Alterra (Wageningen University) (ワーゲニンゲン)	<ul style="list-style-type: none"> ・AQEMプロジェクトについて ・オランダにおけるバイオマニュピュレーションについて ・ライン川の自然再生地区現地

1.4 調査行程

表-1.4-1 行程表(1)

日次	月日	都市名	現地時刻	交通機関	訪問先等
1	10/12 (火)	東京成田 フランクフルト コペンハーゲン コペンハーゲン	発 11:35 着 16:25 発 17:50 着 19:25 発 19:50 着 20:10	全日空 #209 スカンジナビア #676 バス	コペンハーゲン(Kong Frederik)泊
2	10/13 (水)	コペンハーゲン スキャナボー シルケボー シルケボー スキャナボー コペンハーゲン	発 07:56 着 10:29 着 11:00 発 16:00 発 16:53 着 19:41	デンマーク国鉄 ICL #23 タクシー タクシー デンマーク国鉄 ICL #50	・ AQUA ・ National Environmental Research Institute コペンハーゲン(Kong Frederik)泊
3	10/14 (木)	ホテル コペンハーゲン フランクフルト フランクフルト空港 カールスルーエ 研究所 研究所 カールスルーエ	発 07:30 発 09:10 着 10:35 発 11:53 着 12:58 発 14:00 着 14:30 発 18:00 着 18:30	タクシー スカンジナビア #1637 ドイツ鉄道 ICE #105 車 車	Forschungszentrum Karlsruhe カールスルーエ (Schloss Hotel)泊
4	10/15 (金)	カールスルーエ フルダ シュリッツ	発 08:01 着 10:23 着 11:00 18:30	ドイツ鉄道 ICE #976 車	Limnologische Fluss-Station Schlitz 15:30~17:00 ブライデンバッハ川現地 シュリッツ (Vorderburg)泊
4	10/15 (金) (岸田・大野)	カールスルーエ フライブルグ フライブルグ フルダ シュリッツ	発 08:00 着 09:02 発 14:56 着 18:09 着	ドイツ鉄道 ICE #271 ドイツ鉄道 ICE #874 タクシー	フライブルグ市内都市水路視察
5	10/16 (土)	シュリッツ ビンゲン ザンクトゴア トリアー	発 08:30 着 11:00 発 11:40 着 13:00 発 13:15 着 16:50	バス 船(KD Line) バス	ライン河 コブレンツ経由 トリアー(mercure)泊
6	10/17 (日)	トリアー エルツ城 エッセン	発 09:10 着 13:40 発 16:00 着 19:15	バス バス	モーゼル河 モーゼル河の支川上流 ケルン経由 エッセン (Mercure Plaza)泊

表-1.4-2 行程表(2)

日次	月日	都市名	現地時刻	交通機関	訪問先等
7	10/18 (月)	ホテル 事務所	発 着 17:45	バス	Ruhrverband 13:15~17:15 ルール川現地 エッセン (Mercure Plaza) 泊
8	10/19 (火)	エッセン 大学 大学 アーヘン 大学	発 着 12:15 14:15 15:10 16:10	バス バス バス	University of Essen Aachen University of Technology アーヘン (Mercure Aachen am Graben) 泊
9	10/20 (水)	アーヘン バーゲニンゲン 研究所 バーゲニンゲン アムステルダム	発 着 着 17:20 21:25	バス バス バス	Alterra 16:15~17:20 ライン河現地 アムステルダム (Novotel Amsterdam) 泊
10	10/21 (木)	アムステルダム ロンドンヒースロー ロンドンヒースロー	発 着 発	ブリティッシュミッドランド #110 全日空 #202	アムステルダム・ライデン視察 機中泊
11	10/22 (金)	東京成田	着		



図-1.4-1 経路図(1)



図-1.4-2 経路図(2)

2. 調査内容

2.1 WFD

2.1.1 WFD の概要

WFDとは、The European Union Water Framework Directiveの略である。

このEU指令は、それまでに出されていた自然水域（河川、湖沼、地下水、沿岸域）に関わる法律を包括する形で、新たに2000年12月に発効した法規である。

本指令は次のような目的や特徴を有したものになっている。

- ① 協調した対策プログラムを伴う統合的な流域管理
- ② 表流水、地下水などすべての水域を対象とし、質、量、生態系の保護を目指す
- ③ 排出規制と水質基準の両者を連携させた手法による汚濁対策
- ④ プライシング（市場価格政策）の導入
- ⑤ 住民参加の強化

流域管理を実施していくために、河川流域管理計画（River Basin Management Plan）を策定することになっており、流域における一連の目標・目的（生態系の状態、水量、水質、保護地域の目標など）が必要とされる期間内に達成されるような枠組みを示すもので、

流域特性、人間活動に伴う影響の整理、既存の法律による対策効果の算定、新たな目標と現状との相違、必要とされる一連の対策手段を含むこととしている。また追加されるべきものとして、流域内での水利用の経済効果分析の実施があげられており、様々な対策手段の費用効果分析に基づいて合理的な議論が可能となる。すべての利害関係者（住民等）、関連団体がこの議論や流域管理計画の構築段階に十分に参加することが重要であるとされている。

またこの指令においては、EU加盟国が限られた期間内に効率的な流域管理を実行し、すべての水域において健全な状態を保つことが義務づけられているが、この中で重要な視点は、生態系と水質のモニタリングである。

この流域管理を実現するために、EUでは次のような指針を示している。

2004年末まで：流域の特徴分析と流域内での人為的インパクトの評価

2006年末まで：モニタリングプログラムの構築

2009年末まで：モニタリング結果の公表

2012年末まで：流域管理の進捗状況の報告

2015年末まで：流域管理計画の改良、以後6年ごとの更新

各流域のモニタリング結果に基づき、水質の状態と生態学的な河川の状態が下図のような分類基準により評価される。この評価をするために必要な監視項目は、生

物学的要素に含まれ、具体的な基準濃度は示されていないが、「生態系の機能を確保し、各生物学的要素を維持できる状態」を“Good Status”としている。

河川生態系の評価をする際に着目すべき要素は、以下のように分類され、それぞれの要素についての評価基準が WFD に示されている。

- ①生物学的要素：植物プランクトン、水生植物、底生無脊椎動物、魚類等
- ②水文および地形学的要素：流量、河川の連続性、河川形態学的状態等
- ③物理化学的要素：一般水質項目（温度、酸素収支、pH、塩分濃度、栄養塩類等）、人為汚染物質、自然由来の汚染物質等

また規定されているモニタリング手法であるが、水質監視のためのモニタリングと管理上重要となるモニタリングに分けられる。前者は、流域面積 2500km² 以上の河川下流地点、湖沼等の水量が多い地点、EU 加盟国の境界地点等で行うべきであり、後者は、汚染源（点源および面源）からの影響が予想される地点、河川形態学的な影響が見られる地点や予想される地点で行うべきであるとされている。なお、いずれのモニタリングでも各モニタリング項目の季節変動を考慮して、必要最低限の頻度で行うべきであるが、管理のためのモニタリング頻度は加盟国ごとにより決められる。

2.1.2 デンマークにおける WFD の適用

(1) WFD の河川環境評価

WFD における河川環境の評価は 5 段階である。評価方法の主体は、生物指標（底生動物、魚類、大型水生植物、藻類）によるものである。化学物質などの有害物質についても調査し、基準なども定めるようになっている。評価を行う際、「Reference status」を設定する。「Reference status」は、人為的な影響の加えられていない自然の状態、理想とすべき状態を示す。「good status」は、人間が手を加えていない状態とほとんど変わらない状態であり、「Reference status」から生物指標的に、わずかにはずれている程度である。基本的に、1 つでも満たされない項目があれば「満たされていない」と評価する。

デンマーク国内では、従来 4 階級で評価してきたが、WFD では 5 階級で評価することになった。

もし、改善のための投資が巨額になる場合には、「good status」を目指さなくても良いという例外も認められている。

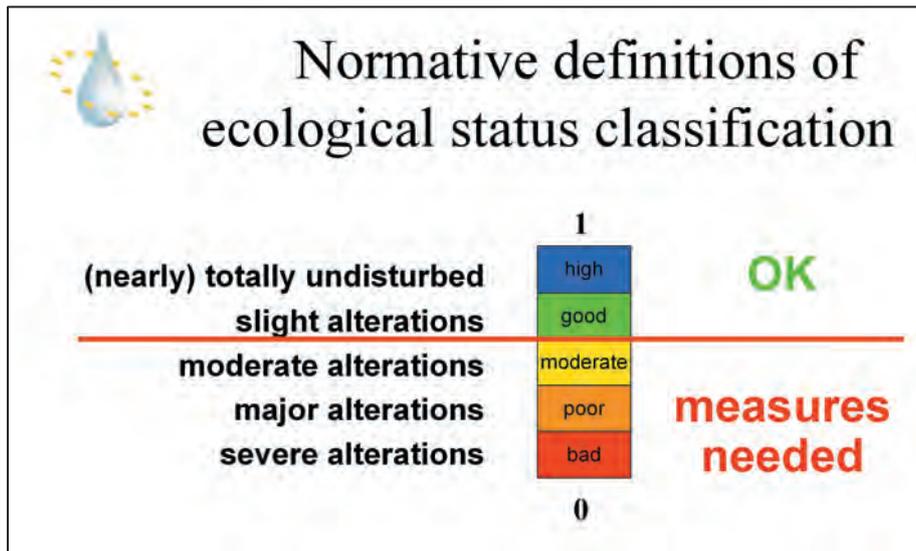


図 2.1-1 環境の質的分類の標準的な定義

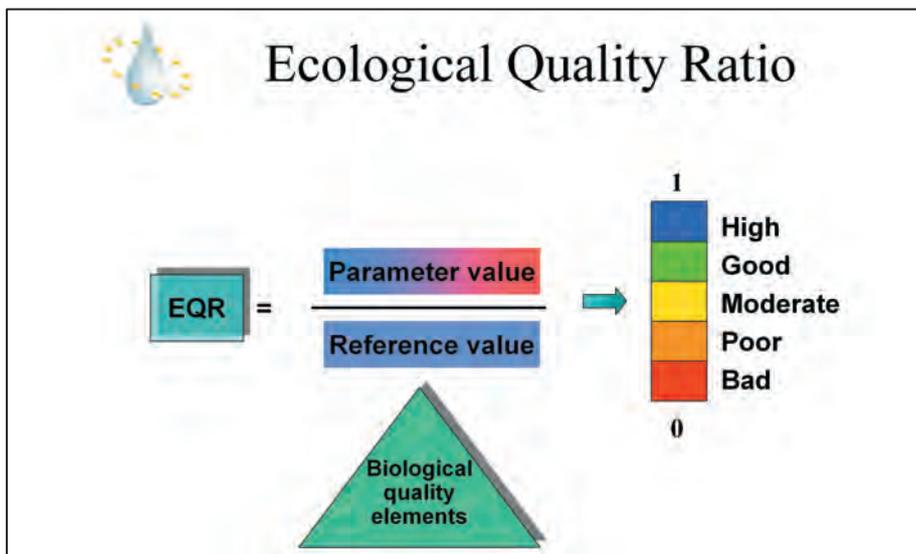


図 2.1-2 環境の質の区分方法

水環境の評価は、Reference における値との比率で表され、その値によって5段階に分けられる。各階級の境界の値は設定されていない。各国で設定し、EUの会議で調整がはかられる。国境を越えて流れる河川については、同じレベルにするよう、関係各国で協議し、決まらない場合はEUで調整をはかる。

WFD の長所は、

- 流域管理を目標としていること。
- 10 年前、50 年前を目標とするわけではなく、今の理想な状態を目標としていること。
- 農業からの排水も含めてすべて汚染源に対する計画が含まれていること。

である。

2006年までに調査、評価を行い、2006～2009年に調査方法を策定する。2009年に流域管理計画を公表する。

WFDの問題は、基準を厳しくすると各国が準拠できなくなるし、緩くすると環境保全にならないことである。

(2) デンマークにおける適用のために

デンマークでは、河川を自然の姿に戻すことが目標となる。

水中の植物や動物の生息場を自然な状態に回復し、管理していく。ただ、そのまま、放置すれば自然の状態に戻るところと、手を加えないと戻らないところの2種類がある。2009年までに各河川でどのような方法で対策していくかを決めていく。

また、湖沼、海洋における富栄養化の改善、農耕地からの排水改善が必要である。農耕地から排出される栄養塩(N,P)を改善することで、湖沼や海洋における水質の改善を図る。内湾については、海洋の基準を適用して、それぞれの内湾ごとに基準を決めていく。

特に小さな流域では、高度処理が必要とされている。現在、下水処理水では、Pが95%除去できているが、さらに除去するようにする。環境ホルモンについても対策が必要である。デンマークでは、都市部は下水道で処理されているが、都市部以外(農村部等)で、35万世帯が未処理であることが問題となっている。

WFDにおける水環境の評価は、生物の種数および個体数の両方で行うことで、環境の変化の大小も考慮した指標となっている。

デンマークにおいては、現在、水生生物の種数および個体数で河川環境を7段階に分けて評価している。約1000箇所の調査結果によって評価できるようになっている。

「Reference status」は、誰も手を加えていない河川を20～30見つけて、それを目標とする。目標については、理想な状態はこのような状態であろうという想定によって決める。100年前の調査データを目標としようとしても、調査技術的に信頼性が薄いために、目標としないという考え方である。

2.1.3 ドイツのバーデン・ヴュルテンベルク州における WFD の適用

(1) WFD(ドイツ語略称：WRRL)の実施

ドイツでは連邦制をとっており、州と連邦政府の間で課題を分担している。水に関しては、州が全てを管轄しており、WFD(EUの水枠組み指令)は州が基本的に取り組むこととなる。州は実施したことを連邦政府に報告する。EUには、連邦政府を経由してブリュッセル(EUの本部所在地)に報告される。

しかし、河川に関しては州の行政区域に関わらず流域毎にWFDを適用することとなるため、州を越えての取り組みが強力に行われている。WFDはEU加盟のそれぞれの国で国内法に転換する義務が課せられている。また、EUに加盟していない国においても、同様なことを行っていく合意が為されている。ライン川流域においてはスイス、ドナウ川流域においては白ロシア、ウクライナなどがそれに該当する国である。

(2) バーデン・ヴュルテンベルク州における取り組み体制

州では、1992年から図2.1-3の体制で取り組みを行っている。環境・交通省(UVM)のプロジェクトグループが関係機関の長の集まりである諮問委員会(Beirat)に諮りながらLfU(州環境保護局)のチームとともにWFDに関する取り組みを行っている。

バーデン・ヴュルテンベルク州の組織モデル

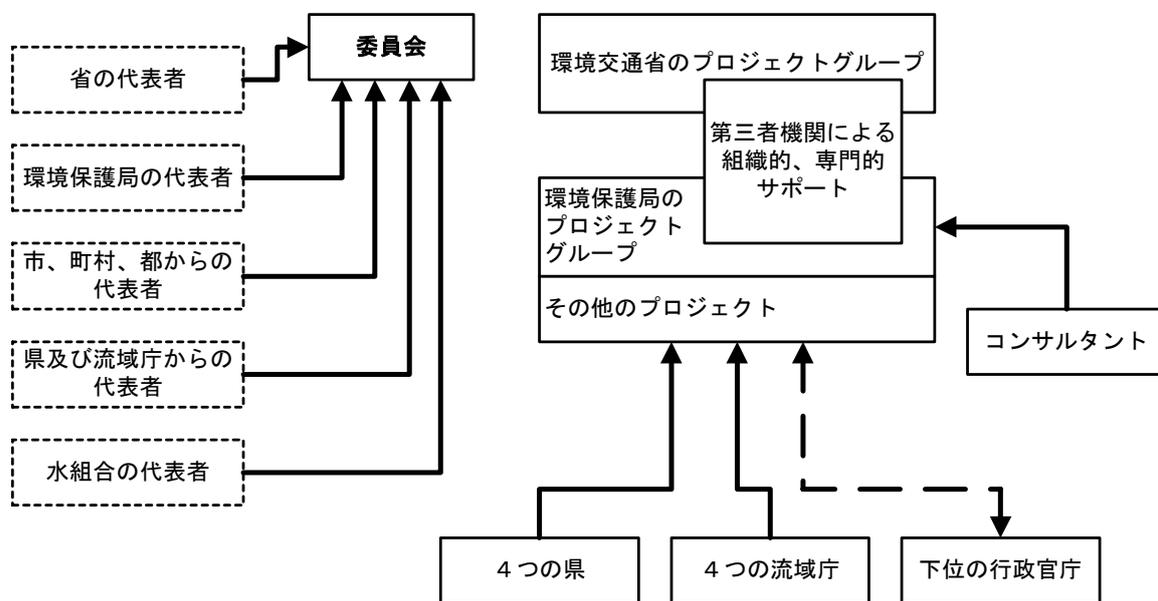


図 2.1-3 バーデン・ヴュルテンベルク州における取り組み体制

環境・交通省の役割は、関係行政機関のモチベーションを高めて行動させる仕組み作りである。環境保護局は、実施の準備とパイロットプロジェクトを担当しているが、これらは実施準備については完了している。プロジェクトの課題、分担は表

2.1-1 に示すとおりである。

表 2.1-1 プロジェクトの課題、分担

EU水枠組み指令に関するプロジェクトグループの課題

環境・交通省	環境保護局
<ul style="list-style-type: none"> ・ 全般的な調整 ・ 組織化 ・ 全エリアの情報 ・ 州の視点からの行政体への動機付けと活動 	<ul style="list-style-type: none"> ・ プロジェクトマネジメント ・ 構想準備 ・ パイロット研究の実施 ・ 専門的に実施する際の準備 ・ インフォメーションと専門的な調整

(3) 州における実施手順

計画の作成、実施、報告にいたる実行の手順は図 2.1-4 に示すとおりである。

①では、水管理局と実行機関が一緒になって行うべきことを提言。②では、環境保護局による実施の可能性を検討。③では、環境交通省が中心となり協議と合意の形成。④では、①から③を受けて拡大プロジェクトグループが提案。⑤では、環境交通省が中心となり専門家により審査。⑥では、州レベルでの実施。⑦では、諮問委員会、州への報告。という手順となる。関係する団体や市民には、①と②の合意形成後に伝えることとなっている。

なお、WFD のスケジュールは、2005 年までに現況把握、2008 年までにモニタリング計画、2009 年までに対策プログラムとなっている。

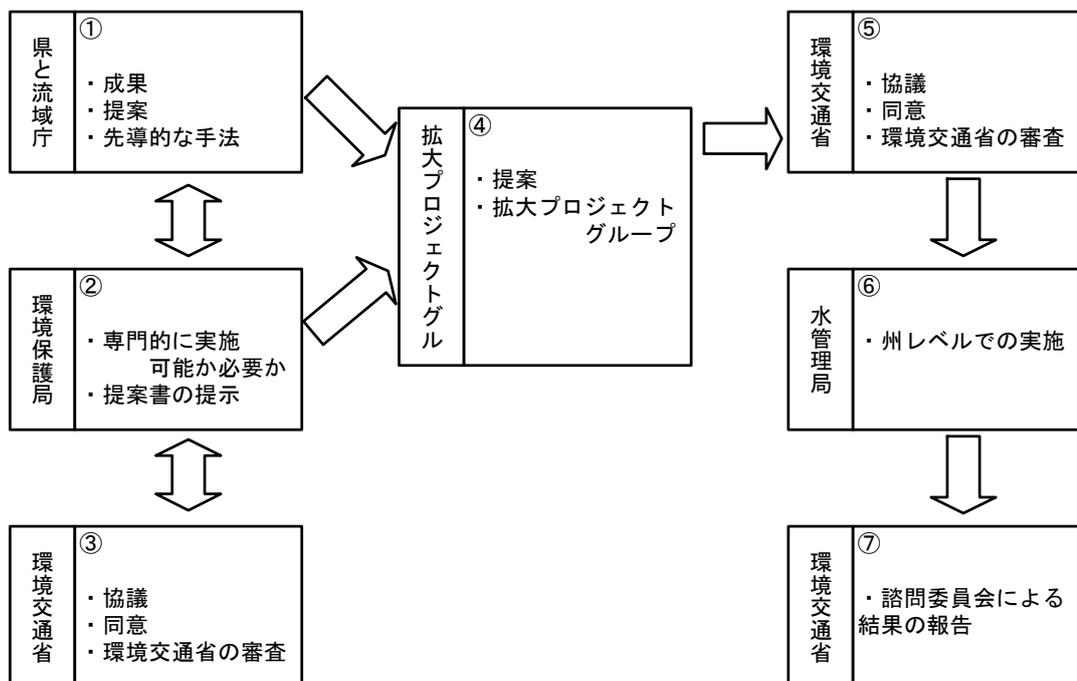


図 2.1-4 実施の手順

(4) 関係する州との連携

州の面積のほとんどがライン川とその支川流域となるが一部はドナウ川流域もあるため(図 2.1-5 参照)、様々な河川についてそれぞれの州の担当者との協議が必要となる。また、ライン川の流域には EU 加盟国が 7 カ国、非加盟国が 2 カ国存在しており、これらの国との協議も必要となる。関係する州や国で統一したものを作成したいが、調整に苦勞しているところである。



図 2.1-5 バーデン・ヴュルテンベルク州の流域図

(5) 生態系モニタリングについて

ドイツでは 1900 年代から河川の生物(底生動物)により水質を判定する方法があった。1950 年代から河川ごとに評価を実施していったが、その当時は水質の悪いところが数多くあった。しかし、2000 年には、ほとんどの河川がきれいになっている。

現在の生物のモニタリング地点は図 2.1-6 に示すとおり州内に 1800 カ所ある。調査の頻度は、いくつかの地点は毎年であるが、5 年ごとに行うことが多い。分析は、民間の生物学者に委託している。物理、化学的な指標についてもモニタリングを実施している。モニター小屋で連続的に測定している地点もある。生物毒性についてもモニタリングを実施している。

LFU Qualitatives Fließgewässermessnetz
- biologische Überwachung -



図 2.1-6 生物のモニタリング地点

(6) これからの取り組み

WFD では、河川をタイプ毎に分類して評価する仕組みがあり、ドイツでは河川タイプが 20 種に分類される。それぞれのタイプについて理想型としてのリファレンスを決めて、これと現況との隔たり具合で水質を評価する。州における生態学的な河川形態の分類を図 2.1-7 に示す。

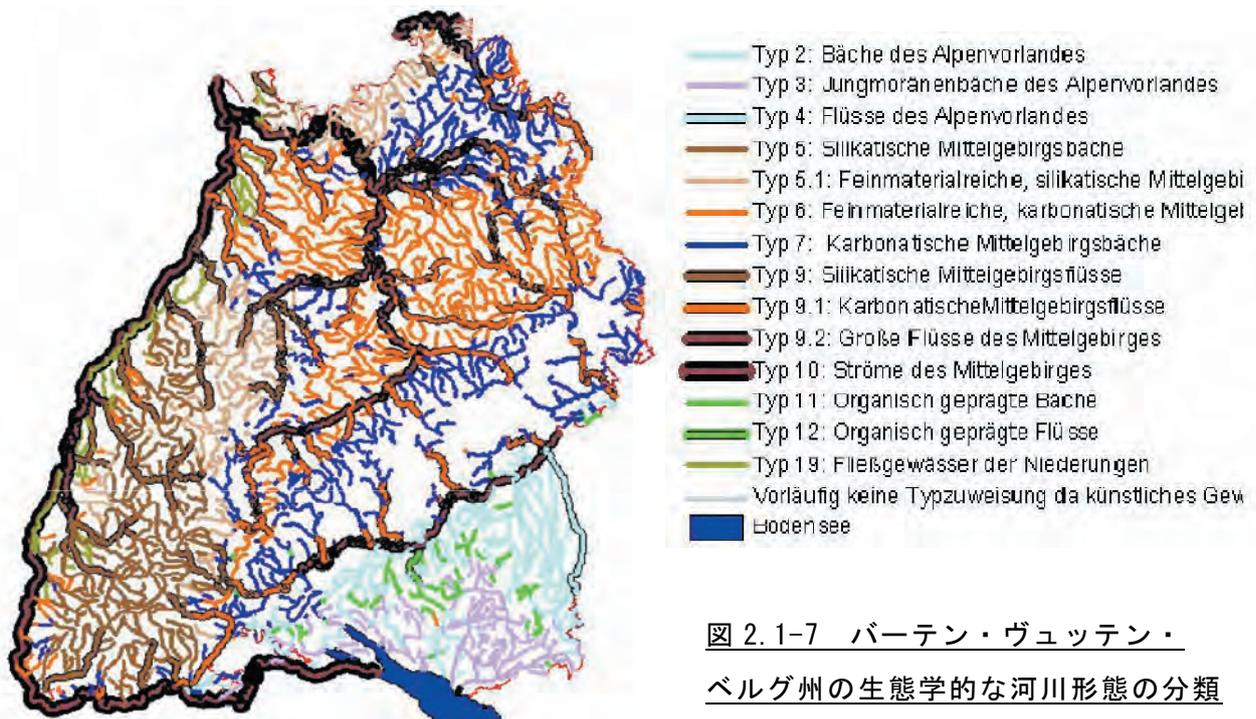


図 2.1-7 パーテン・ヴェッテン・ベルグ州の生態学的な河川形態の分類

評価の指標は、水質、生物の他に河川構造物の存在までもが対象となる。指標となる生物種については、かつては150種程度であったが、現在は500種類に達している。評価はいろいろな段階を経て、最終的には5段階の評価結果で示される。

対象とする生物群は、大型底生動物、水生植物、魚類、植物プランクトンとなっている。魚類についてはかつての姿を把握しておらず、どのような魚がいたかを推測するしかないため評価が難しいという課題がある。

河川形態については、どれほどの人為的な改変を受けているかが評価の基準となっている。州における評価の結果を図2.1-8に示す。青色は人為的な改変がないもの、緑色は軽度の改変、黄色は明白な改変、オレンジ色は強い人為的な改変、赤色は大変強いか完全的な人為的な改変を表している。地図上の色は黄色から赤色系が多く、人為的な改変を受けているのが明らかであり課題となっている。



図 2.1-8 水系構造地図（河川への人為的な改変の程度）

2.1.4 ルール川における WFD の適用

(1) ルール川の水質評価について

排水処理施設からの排水水質を比較すると、図 2.1-9 に示すとおり 1972 年から 2003 年にかけては、これまでの様々な取り組みにより、BOD は 1/10 に、総リンは 1/20 にまで削減されており、河川への負荷がかなり減少しているのがわかる。同時期のルール川の水質について見てみると、図 2.1-10 に示すとおりエッセンにおける 2003 年の水質は 1976 年に比べてかなり改善されている。

Average effluent parameters of the wastewater treatment plants operated by Ruhrverband

	1972	2003	reduction rate
BOD ₅ (mg/l)	53	5,5	- 90 %
COD (mg/l)	110	30,7	- 72 %
NH ₄ -N (mg/l)	20	4,9	- 76 %
P _{total} (mg/l)	14	0,61	- 96 %

図 2.1-9 排水処理場からの平均的な排水

Improvement of the water quality in the River Ruhr at Essen

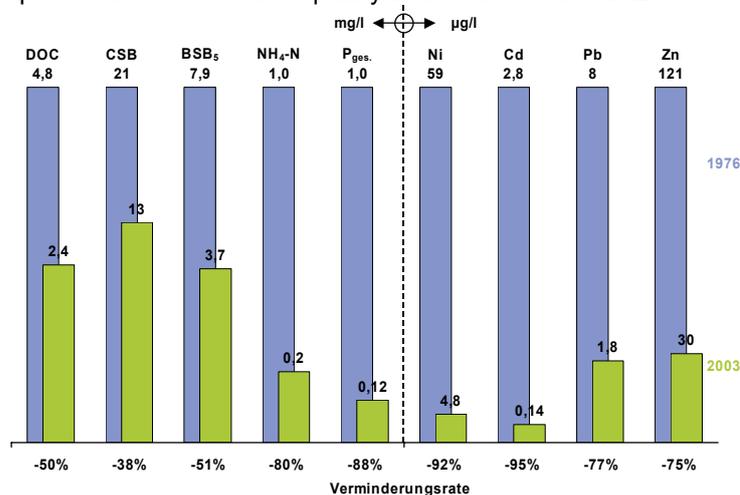


図 2.1-10 ルール川の水質改善状況

生物指標による水質階級評価（7階級区分）をみると、水質の改善傾向が明らかである。

図 2.1-11 はルール川の全測定点における水質階級を年度ごとに出現頻度の棒グラフとしたものである。近年になるに従い（右の棒グラフほど）、良好な階級を示す青、水色系の増加が見られる。

Chronological development of the water quality in the River Ruhr

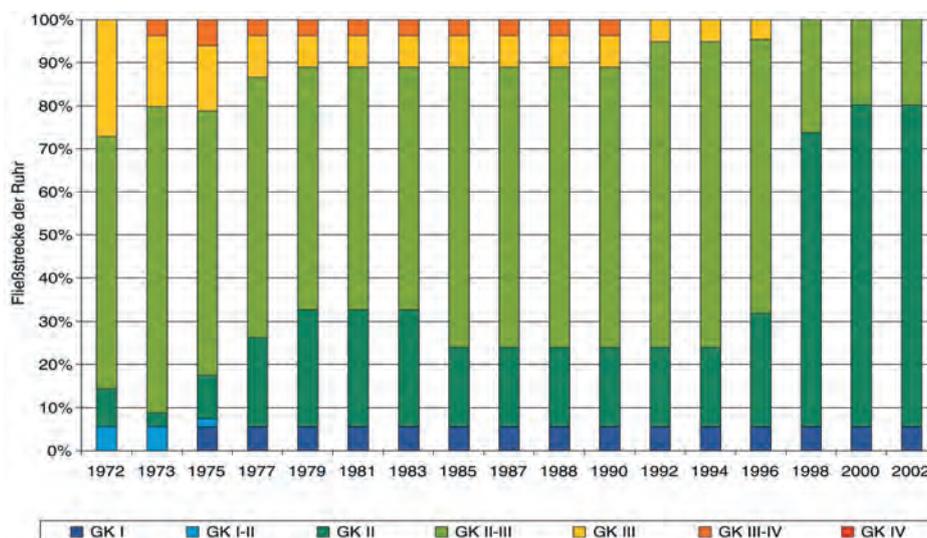
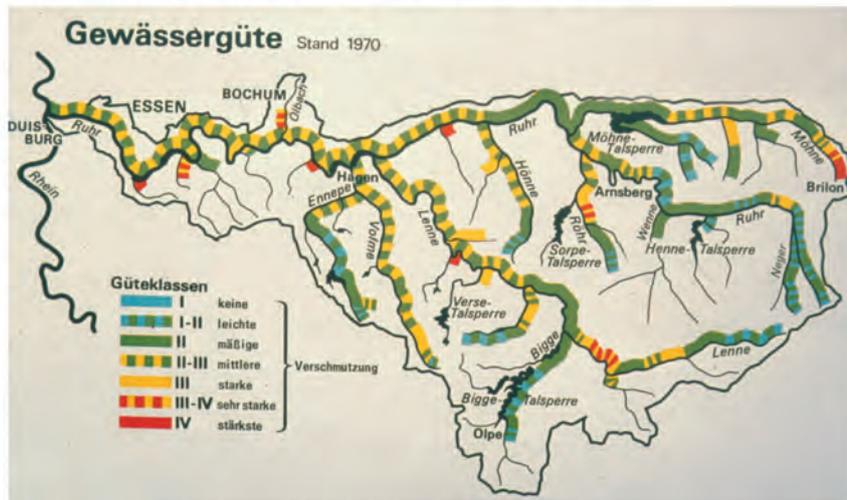


図 2.1-11 ルール川における水質の経年変化

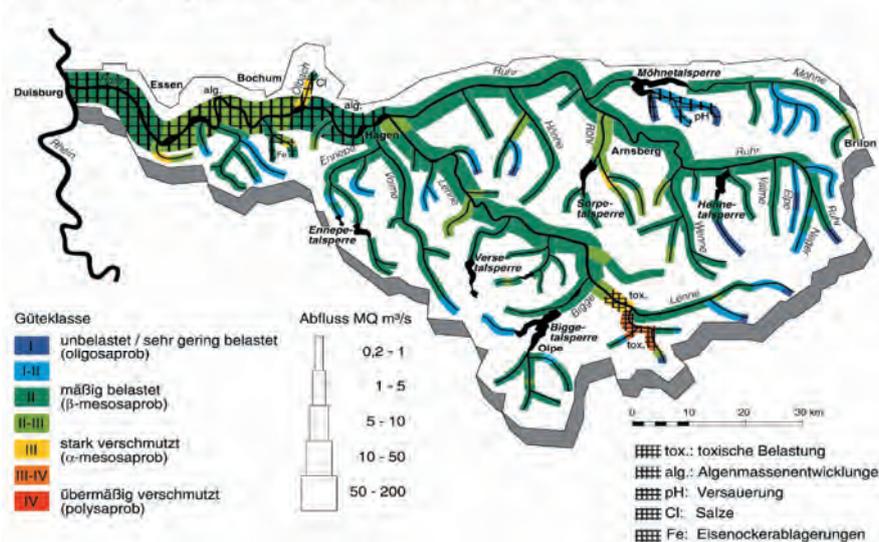
ルール川の水質測定ポイントの水質階級を平面図にして図 2.1-12 にを示す。左の 1970 年に比べて 2002 年はかなり改善傾向が見られている。2002 年では、ルール川の下流とレーネ川の上流で比較的水質が良くない地点が残っており、貯水池のプランクトンが流出した影響が河川に見られる地点もあるが、住民の意識としては水質は改善されてきたと認識されている。

Water quality in the Ruhr River basin in 1970



(1970 年)

Water quality in the Ruhr River basin in 2002



(2002 年)

図 2.1-12 ルール川の水質階級 (上 : 1970 年、下 : 2002 年)

これに対して EU の水枠組み指令 (WFD) で求められた基準で水質の現況を評価すると、図 2.1-13 に示すとおり、ルール流域の調査地点の 69%が「赤」(目標達成が確認されていない)とされ、「青」(目標達成が立証)と評価されたのは、人的影響が少ないザワーランドあたりに限られ、これは調査地点の 10%にすぎない。

この結果の理由として、WFD では、57 ある判定基準のうち一つでも「赤」があると、そのポイントの水質が「赤」と評価されてしまうからである。

Achievement of good status due to the WFD;
Probability estimation in the Ruhr River basin

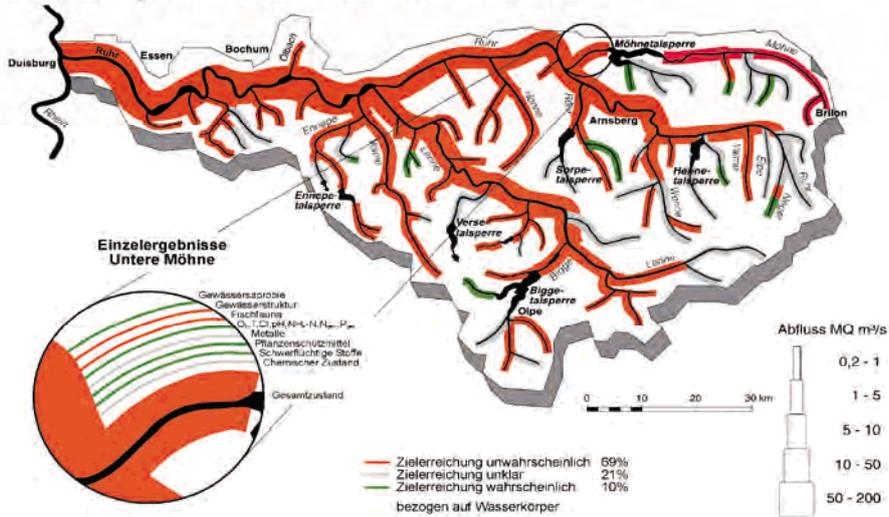


図 2.1-13 EU の WFD 基準による評価

WFD では、水域を自然生態系の一要素と位置づけた計画とその実行が求められている。このような視点により、流域からの直接排水だけでなく、交通や農業、河川利用など間接的な生態系への影響要素についても対象されており(図 2.1-14 参照)、最終的には「海域へ出しすぎないこと」も求められている。

- Focussing on „waters“ as a part of the natural ecosystem; thinking and acting in river basin areas

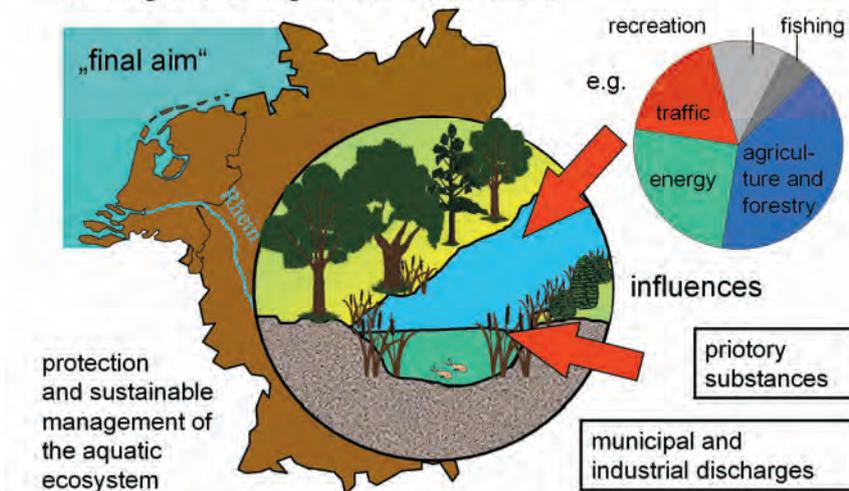


図 2.1-14 WFD 基準の求める点

(2) EU の水枠組み指令（WFD）の達成に向けて

ドイツ連邦共和国では図 2.1-15 に示すとおり 10 の大河川流域があり、全ての河川流域について WFD の達成に向けた取り組みが求められている。

WFD により、これまでの腐水階級による水質指標に加え、河川水中の栄養分、毒性、河道の構造や流体力学的な視点、さらに生物、化学的指標も含めた評価による河川管理が求められている。将来的には、生物学的な評価による管理も必要となることが考えられている。

WFD の 2015 年に向けた行動スケジュールは図 2.1-16 に示すとおりであるが、2000 年 12 月 22 日の WFD の実施以降 2004 年までに、実施項目のリストが作成されてきた。現在は、水のモニタリング・コントロール・分析に取り組み、目標の設定：不足項目の分析を行う段階にある。さらに、今後、管理計画・対策計画の検討、対策計画の実行・検証を進めていくスケジュールとなっている。



図 2.1-15 ドイツ連邦共和国の大河川流域

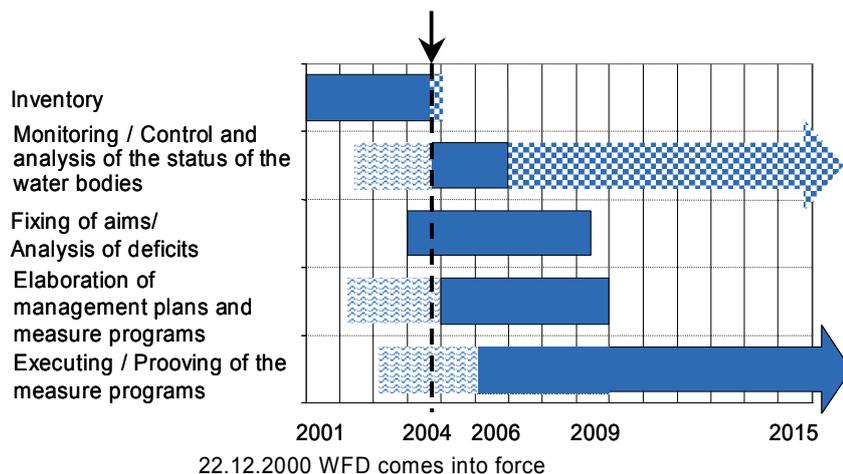


図 2.1-16 WFD の実行スケジュール

WFD 達成に向けた課題として、「負荷」への対応と WFD に適合していない点の解明がある。

負荷については対象と物質ごとにその起源を明らかにする必要がある。窒素とリンについては、図 2.1-17 に示すような発生源が確認されている。

- Identification of pressures, impacts and driving forces; e.g. determination of the load shares in the total nutrient emissions at the sampling point „Essen-Rellinghausen“ (2003)

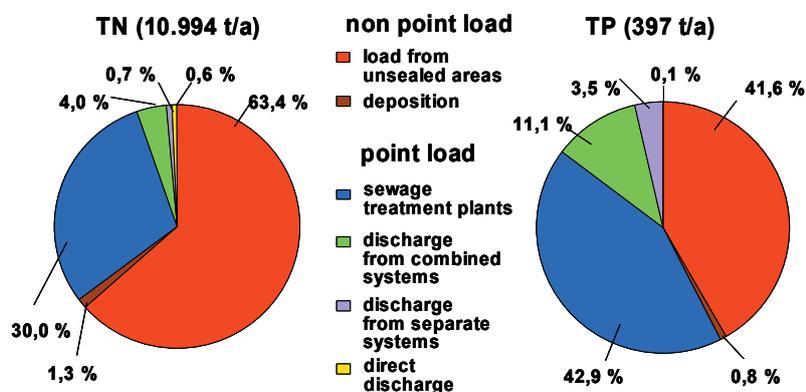


図 2.1-17 窒素とリンの発生源

WFD に適合していない点の解明については、以下のような課題があると認識している。

- 目指す河川の姿に対して現在の状況がどれほどの隔たりがあるかを分析すること
- 利水、水力、舟運、洪水防御など今後の水利用形態を見極めること
- 人為的にそして過度に改変された水環境をどのような過程で修復するかを見極めること
- 費用対効果や効率性に基づいた河川流域の管理計画と対策手法の綿密さを確保すること

今後、ルール水組合としては以下の方針に基づいて行動することが求められていると認識している。

- 持続的な展開に向け、水というものは自然のバランスの一部として見なされなければならない
- 利害関係の衝突は、水利用の間で生じるだけでなく、水利権と他の利権の間にも発生するものであり、利害関係の調整が重要である
- 水管理は、非常に複雑化したシステムである。河川における対策作業だけでなく、流域における統合的なアプローチが必要である
- 着実に実行していく上で、費用便益分析など影響や効果の評価は有用な手段である

2.2 AQEM と STAR

2.2.1 AQEM と STAR の概要

AQEM*および STAR**は、ともに生物を使って河川の生態学的クオリティを評価する仕組みである。とくに後者は、2000年12月に公表されたEUのWFD（水枠組み指令）***を実現させるために開発されている。

AQEMは、底生動物を使って河川の生態学的クオリティを統合的に評価するシステムを開発および試行するプロジェクトであり、2000年3月～2002年2月に実施された。

STARは、生態学的クオリティによって河川を等級づけするため、異なる生物群の調査結果を適用する方法であり、2002年3月～2004年9月に実施された。

AQEMとSTARでは、水域の評価プロセスは基本的に同じであるが、評価する際に使用する生物群が異なる。AQEMは底生動物を対象とするのに対し、STARでは底生動物に加え、魚類、大型水生植物、藻類も対象としている。

AQEMでは、河川のタイプごとに評価に使う指標（汚濁指数、摂餌タイプなど）を決め、採集された底生動物のリストを使って各指標のスコアを算出するという手法が開発された。STARでは、基本的にAQEMの手法を踏襲しつつ、対象とする生物群を拡大している。また、時間的・空間的なスケールを考慮して、河川の質を劣化させる要因を検討する際に、どの生物群が評価に適するかが加えられている。また、STARの中にAQEMのデータベースや手法が採用されている。

AQEMとSTARの目的の違いは、AQEMでは、手法の技術的開発を主眼にしていたのに対し、STARでは、WFDに適用するため、生態学的クオリティを評価する方法の標準化を大きな目的としていたといえよう。

両者の比較について表2.2-1に示す。

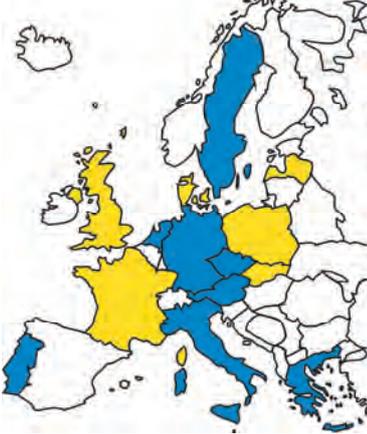
***AQEM:** The Development and Testing of an Integrated Assessment System for the Ecological Quality of Streams and Rivers throughout Europe using Benthic Macroinvertebrates.
<http://www.aqem.de/>

****STAR:** Standardisation of River Classifications: Framework method for calibrating different biological survey results against ecological quality classifications to be developed for the Water Framework Directive
<http://www.eu-star.at/>

*****WFD:** EU Water Framework Directive: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy
<http://www.euwfd.com/>

（参考）http://pwri.go.jp/taem/kasenseitai/ja/researchtopics/eawag_rep/rep20040607a.htm

表 2.2-1 AQEM と STAR の比較

	AQEM	STAR
概要	底生動物を使って、欧州の河川の生態学的クオリティを評価する統合的システムを開発および試行するプロジェクト	河川の等級づけの標準化 :生態学的クオリティにより河川を等級づけるため、異なる生物群の調査結果を調整する枠組み的な方法で、WFDのために開発された。
開発期間	2000年3月～2002年2月	2002年1月～2004年9月
関係国	8カ国 (スウェーデン・ドイツ・オランダ・イタリア・ギリシャ・ポルトガル・チェコ・オーストリア)	14カ国 (スウェーデン・ドイツ・オランダ・イタリア・ギリシャ・ポルトガル・チェコ・オーストリア・イギリス・フランス・デンマーク・ポーランド・スロバキア・ラトビア)
		
対象生物	底生動物	底生動物 魚類 大型水生植物 藻類

2.2.2 AQEM について

(出典：AQEM マニュアル, http://www.aqem.de/ftp/aqem_manual.zip)

(1) 概説

1) 目的

AQEM は、欧州の水管理者に対し、底生動物のデータを使って河川の生態学的クオリティを評価するシステムを提供するプロジェクトであり、8 カ国 16 研究機関がこれに携わった。AQEM では、当初、8 カ国の 29 の河川タイプが対象とされたが、STAR へと引き継がれることによって、その適用範囲が広がるだろう。

AQEM プロジェクトの目的は次の 2 点である。

- 底生動物リストに基づいて、河川の生態学的クオリティを 5 (優秀) から 1 (悪い) に等級づける。この場合、リストは統一された採集方法によって得られたものである。
- 将来の河川管理に役立たせるため、生態学的クオリティを劣化させる可能性のある要因について情報を提供する。

異なるタイプの河川には異なる底生動物群集が生息する。したがって、AQEM では、河川タイプごとに設計された等級づけのための計算手法が適用される。このとき、それぞれの河川タイプの基準条件と比較することによって計算が行われるが、同じ評価軸に沿って計算させることによって、河川タイプごとの計算方法は全体的な評価の枠組みに適合するのである。

2) AQEM の適用

河川の評価に AQEM を適用するには、AQEM のソフトウェアとマニュアルが必要である。これら AQEM システムは、STAR の中で適用することができ、その場合、AQEM システムに詳述されている底生動物のサンプリング方法と同定レベルが求められる。

また、AQEM システムによる河川の評価では、過去の河川モニタリングプログラムで得られたデータを使用することも可能である。このとき、データに十分な精度があるかどうかの確認をすることがとくに重要となる。

AQEM は、サンプリング地点の選定からデータ評価に至る一連の評価プロセスを網羅しており、データと結果との関係を読み取るためのガイドラインを与えるものである。図 2.2-1 では、実際の利用にあたっての最も重要なステップが記載されている。

3) AQEM の進め方

AQEM の全般的なプロセスは、図 2.2-1 に示したとおり、適切なサンプリング地点を選定したのち、一般的なフィールド調査および室内作業へと続く。評価しようとする河川タイプ次第では、タイプに合わせた変更を行う必要がある。サンプリングの時期は、河川タイプごとに最も適した時期がある。

河川および調査地点の基本的な特徴を「現地調査票」にしたがって記録する。これはその地点を的確な河川タイプにあてはめるために必要な作業である。底生動物のサンプリングを成功させる必須条件として、これらの生息環境の構造を丁寧に記録することが重要である。サンプリングは「マルチハビタット法」によって実施されなくてはならないが、ミクロな生息環境に応じた 20 程度のサンプリング地点が必要である。

底生動物のサンプリングには Sieving（ふるい分け）や Sorting（底生動物の選別作業）が含まれる。底生動物の同定は、河川タイプによってそのレベルは若干異なるが、一般的には種レベルまで判定する。野外サンプリングと室内作業を経て、調査地点ごとに底生動物リストが作成されるが、これらは分類学的に精査されなければならない。

続いて、精査された底生動物リストを AQEM のソフトウェアに入力する。適切な河川タイプを選ぶと、ソフトウェアは生態学的クオリティーの等級を算出し、河川評価にあたってのたくさんの情報を提供してくれる。なお、これらを読み解くためのガイドラインは、マニュアルに記載されている。

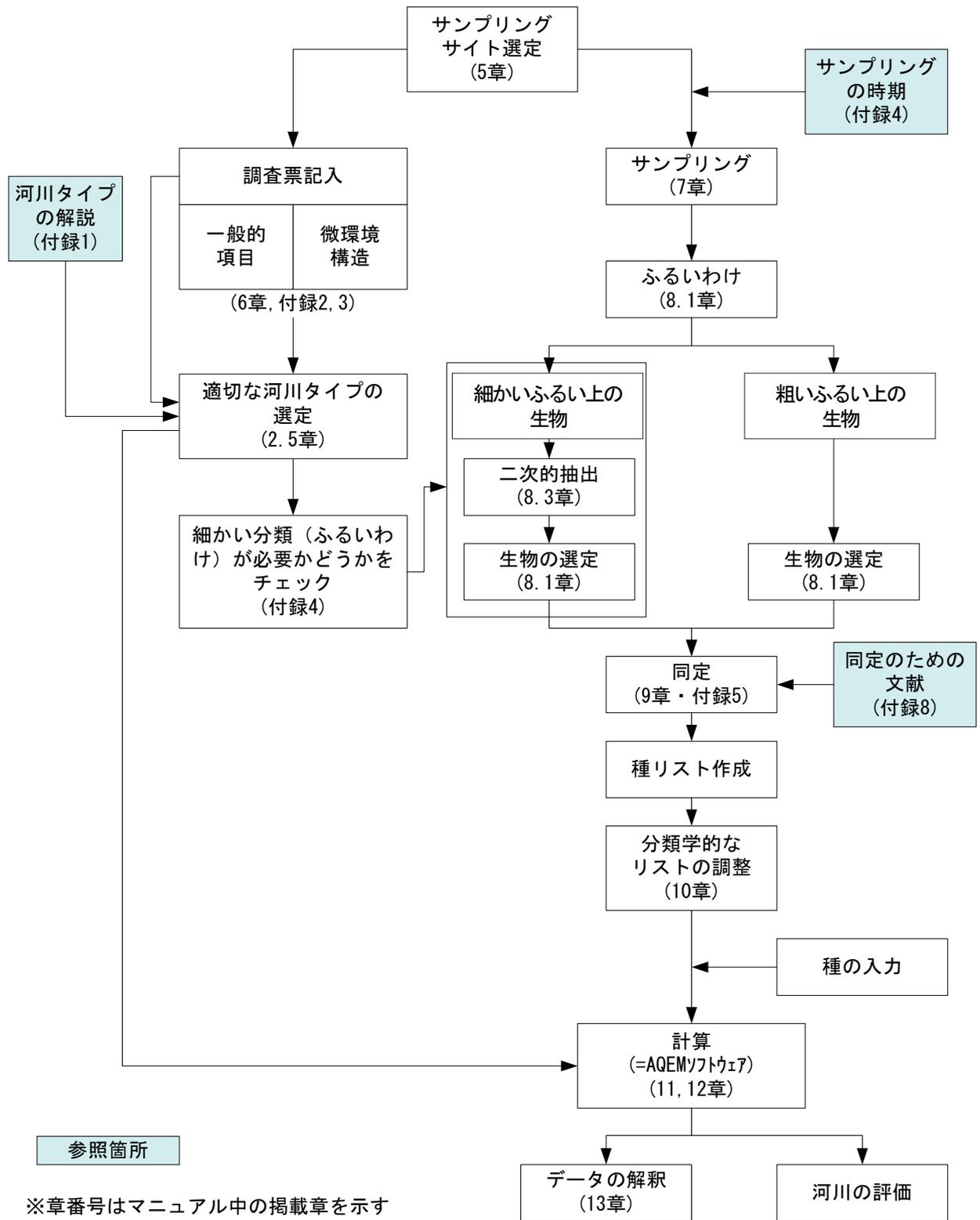


図 2.2-1 AQEM の作業プロセス
(章番号はマニュアル中の掲載章を示す)

(2) 29 河川の類型区分について

1) ルール

欧州には何千という河川が存在し、それらの自然条件は非常に多様である。類型区分を設定するため、WFDの付録2では、下記の方法論的ルールが示されている。

加盟国は、地表の水域に対し、その位置と境界を明確にし、以下の方法に従って最初の特徴づけを実施する。加盟国は、最初の特徴づけを行うため、複数の水域をグループにまとめてもよい。

- ① 地表の水域のカテゴリーとして、河川、湖沼、河口域、沿岸水域に区分する。
さらに、人工的な水域あるいは重度に手を加えられた水域を別に識別する。
- ② 類型区分を行うため、調査対象水域をタイプに照らして識別する。このタイプ分けは、付録2のセクション1.2に明記された「システムA」あるいは「システムB」のいずれかによって設定されるものである。

では、システムAあるいはシステムBのいずれを使用すべきであろうか？

WFDの付録2-セクション1.2では、水域のカテゴリーごとに類型を区分するアプローチ、システムAおよびシステムBが示されている。

2) システム A

システムAを用いる場合、対象とする水域は、まず地理的条件に従って該当する生態学的地域に区分される。次に、河川のカテゴリーの場合、下表の項目に従い、水域のタイプが区別される。なお、生態学的地域とは、ILLIES（1978）によって分けられた欧州の25の地域をいう。

タイプ (河川カテゴリー)	標高タイプ
	高い >800m
	中間 200~800m
	低い <200m
	流域面積タイプ
	小 10-100km ²
	中 >100-1000km ²
	大 >1000-10000km ²
	非常に大 >10000km ²
	地質タイプ
石灰質	
珪酸質	
有機質	

3) システム B

システム B を用いる場合、加盟国は少なくともシステム A で行うのと同程度の類型区分を行う必要がある。対象とする水域は、必須項目および追加項目の数値、あるいは、生物学的な基準条件が確実に導き出されるように項目を組み合わせることによって区分される。

システム B では、5 つの必須項目と 15 の追加項目が示されている。前者は部分的にシステム A と関連している。後者は、詳細な地形学的、水文学的な項目から成っている。これは、谷の形状や河床形態、水深、河川幅、河床材料、化学的要素などである。

システム B のほうが、類型をより順応的に、より詳細で理解しやすくする記述である。欧州の現状では、たいていの EU 加盟国はシステム B を類型区分に使っている。AQEM ではシステム B の基本的要素を河川タイプの区分に適用している。

新規の特性	河川および生物の個体数と種構成を決める 物理的・化学的要素
必須項目	標高、緯度、経度、地質、流域面積
追加項目	水源からの距離 流水エネルギー（流水と勾配の機能） 平均川幅 平均水深 平均勾配 主要な河床の形態 洪水区分 谷の形状 土砂輸送 酸中和能力 平均河床材料 塩素 気温の範囲 平均気温 降水量

4) AQEM の河川タイプ

AQEM のような大型プロジェクトでも欧州のすべての河川タイプをカバーすることは不可能である。そこで 29 の河川タイプが一般的な方法によって選定された。

一般的に受け入れられている欧州の河川タイプ区分のないところは、河川タイプを決める比較的単純な「トップダウン」方式が検討されている。多くの場合、WFD によって決められた次のような基準が最初の選定に使われた。

- 生態学的地域
- 流域面積に基づく区分
- 流域の地質
- 標高区分

河川タイプがよく知られている、または地域的な区分がすでにある地域では、追加的な基準が当てはめられた（オランダ、オーストリア、ドイツなど）。その多くはWFDのシステムBに示された基準である。また、より詳細に河川タイプを区分するため、その他のパラメータも考慮した。それは谷の形状、水路形態、氾濫原の幅、自然堤防、平均的な水深と川幅、河床材料、自然植生、水文、流速、洪水、水質、底生動物相などである。AQEMシステムは29の一般的な欧州の河川タイプをカバーした。これらの河川タイプのほとんどは流域面積が1000km²以下（小規模または中規模の河川）であった。

表 2.2-2 AQEM で研究された河川タイプの概要

	河川タイプ	規模 (km ²)	標高 (m)	生態学的地域	地質	主要な劣化要因
A01	ハンガリー平原の中規模河川	>100-1000	200-800	11	珪質 (モレーン)	有機汚濁
A02	アルプスの中規模石灰質土壌河川	>100-1000	200-800	4	石灰質	河川形態 有機汚濁
A03	アルプス非氷河地帯の小規模水晶質土壌河川	10-100	>800	4	珪質	河川形態 有機汚濁
A04	ボヘミア山地の中規模河川	>100-1000	200-800	9	珪質	河川形態 有機汚濁
C01	中央亜高山帯の中規模河川	>100-1000	200-500	9	珪質	有機汚濁
C02	カルパート山脈の小規模河川	10-100	200-500	10	砂岩・頁岩	有機汚濁
C03	カルパート山脈の中規模河川	>100-1000	200-500	10	砂岩・頁岩	有機汚濁
D01	ドイツ低地の小規模砂質河川	10-100	<200	14	珪質	河川形態 有機汚濁
D02	ドイツ低地の有機土壌河川	10-100	<200	14	有機質	河川形態 有機汚濁
D03	ドイツ低地の中規模砂質河川	>100-1000	<200	14	珪質	河川形態 有機汚濁
D04	中央ヨーロッパ低山地帯の小規模河川	10-100	200-800	9	珪質	河川形態 有機汚濁
D05	中央ヨーロッパ低山地帯の中規模河川	>100-1000	200-800	9	珪質	河川形態 有機汚濁
H01	北東ギリシアの中間的標高の中規模珪質土壌河川	>100-1000	200-800	6	珪質	有機汚濁
H02	中央及び北ギリシアの中間的標高の大規模珪質土壌河川	>1000-10000	200-800	6	珪質	有機汚濁
H03	西ギリシアの中間的標高の中規模石灰岩質土壌河川	>100-1000	200-800	6	石灰質	有機汚濁
I01	南アルプス珪酸塩質小規模河川	10-100	>800	4	珪質	河川形態

	河川タイプ	規模 (km ²)	標高 (m)	生態学的地域	地質	主要な劣化要因
I02	南アペニノ山脈の小規模石灰質土壌河川	10-100	200-800	3	石灰質	一般的な劣化
I03	北アペニノ山脈の中規模石灰質土壌河川	>100-1000	200-800	3		河川形態
I04	ポー渓谷の小規模低地河川	10-100	<200	3	珪質	一般的な劣化
N01	オランダの小規模低地河川	<10-100	<200	13. 14	珪質	一般的な劣化
N02	オランダの丘陵河川	<10-100	<200	14	珪質	一般的な劣化
P01	南ポルトガルの低山帯の小規模珪酸質土壌河川	10-100	200-800	1	珪質	有機汚濁
P02	南ポルトガルの低地の珪酸質小規模河川	10-100	<200	1	珪質	有機汚濁
P03	南ポルトガルの低地の珪酸質中規模河川	>100-1000	<200	1	珪質	有機汚濁
S01	北スウェーデンの小規模低地河川	10-100	<200	22	珪質	酸性水
S02	北スウェーデンの中間的標高の小規模河川	10-100	200-800	22	珪質	酸性水
S03	ポーリエル高地の中間的標高の小規模河川	10-100	200-800	20	珪質	酸性水
S04	ポーリエル高地の高山帯域の小規模河川	10-100	>800	20	珪質	酸性水
S05	南スウェーデンの低地の中規模河川	100-1000	<200	14	珪質	酸性水 有機汚濁

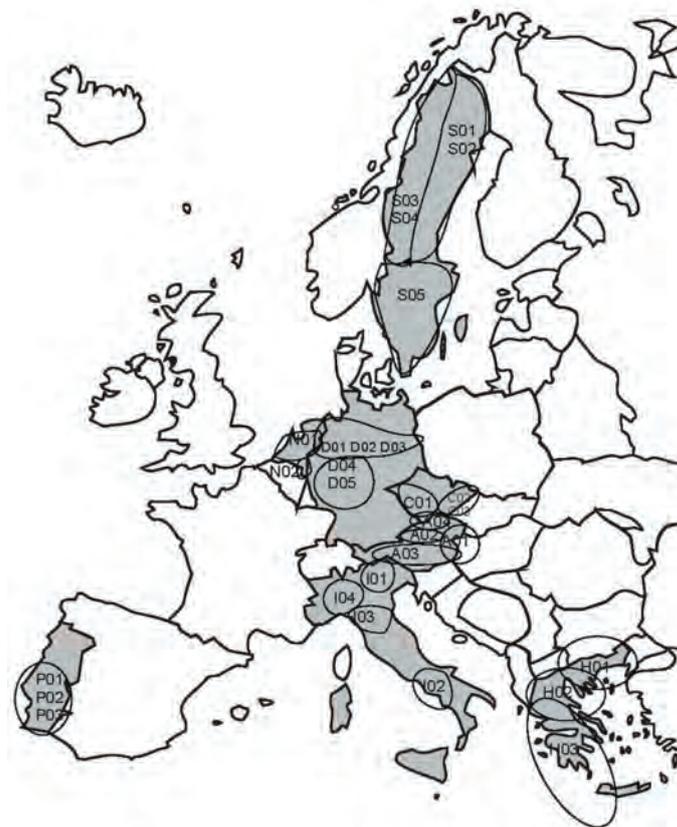


図 2.2-2 河川タイプの分布図



A01: Mid-sized streams in the Hungarian Plains



A02: Mid-sized calcareous streams in the Alps



A03: Small crystalline streams in the Alps



A04: Mid-sized streams in the Bohemian Massif



C01: Mid-sized streams in the central sub-alpine mountains



C02: Small streams in the Carpathian mountains



C03: Mid-sized streams in the Carpathian mountains

図 2.2-3(1) 河川タイプの現地状況



I01: Small-sized streams in the southern silicate Alps



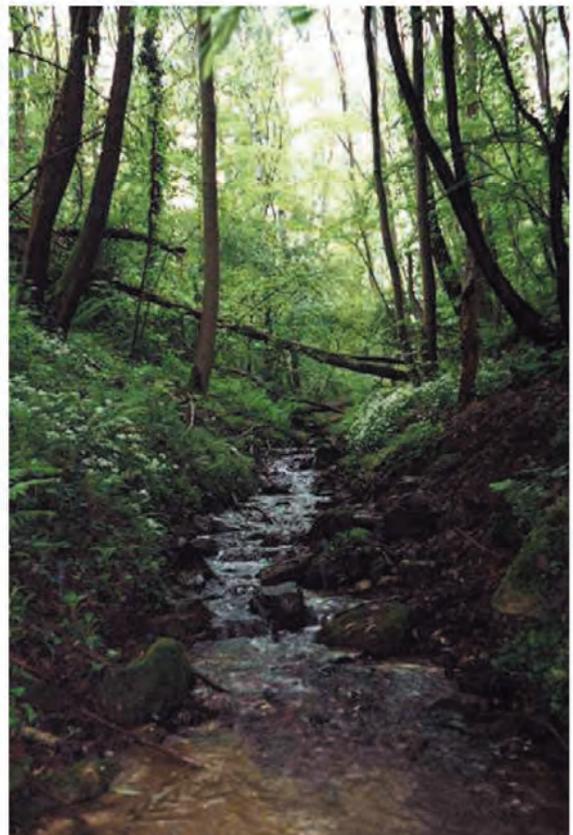
I02: Small-sized, calcareous streams in the Southern Apennines



I03: Mid-sized calcareous streams in the Northern Apennines



I04: Small lowland streams of the Po valley



N02: Small Dutch hill streams



N01: Small Dutch lowland streams

図 2. 2-3 (2) 河川タイプの現地状況



P01: Small siliceous streams in lower mountainous areas of Southern Portugal



P02: Small siliceous streams in the lowlands of Southern Portugal



P03: Mid-sized siliceous streams in the lowlands of Southern Portugal



S01: Small streams in the lowlands of Northern Sweden



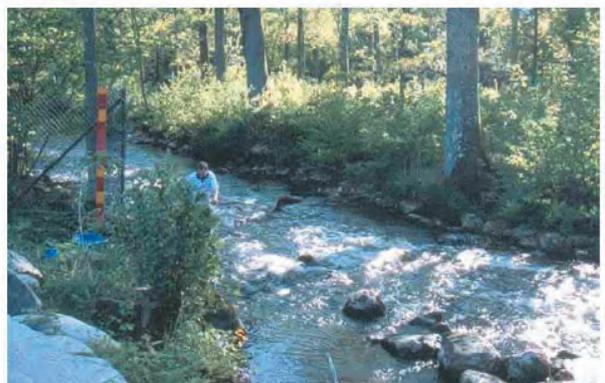
S02: Small mid-altitude streams in Northern Sweden



S03: Small mid-altitude streams in the Boreal Highlands



S04: Small high-altitude streams in the Boreal Highlands



S05: Small streams in the South Swedish lowlands

図 2.2-3 (3) 河川タイプの現地状況

(3) 基準的条件と劣化のクラス分け

WFD における河川評価の最終目標は、生態学的クオリティーの等級づけ (high, good, moderate, poor, bad) である。それは、河川タイプに規定された基準条件 (reference condition) からどのくらいかけ離れているか、によって決められる。中くらいの状態以下の水域は、貧弱 (poor)、悪い (bad) に区分される。

表 2.2-3 河川の生態学的クオリティーの等級

等級	説明
優秀 (High status)	物理化学的、水理学的な質的要素の評価数値では、人為的な改変や代償的な状態がないか、あるいはほとんどない状態。同様に、この水域の生物学的な質的要素の評価数値は、人の手の入っていない河川タイプに普通に見られるものを反映し、改変の痕跡はないか、あるいはほとんどない。 河川タイプの基準条件と同様の河川現況と生物群集をもつ。
良好 (Good status)	生物学的な質的要素の評価数値は、人的インパクトにより改変された小さな変化を示すが、人手の入っていない基準条件からは、ほんのわずかししか離れていない状態。
普通 (Moderate status)	生物学的な質的要素の評価数値は、この水域における基準条件からややずれている。この数値は、人間活動による改変の兆候を示唆しており、good status よりもさらに人為的介入が進んでいることを示している。
貧弱 (Poor status)	生物学的な質的要素の評価数値は、水域に大きな変化があったことを示しており、生物群集は基準条件から大幅にかけはなれている。
悪い (Bad status)	生物学的な質的要素の評価数値は、水域に深刻な変化があったことを示しており、基準条件を示す生物群集はほとんどみられない。

さらに、上位段階の底生動物相は以下のように定義される。

表 2.2-4 底生動物相のクラス分け

等級	説明
優秀 (High status)	種構成と生物量は完全に、またはほぼ基準条件に一致する。人為的改変に敏感なグループと敏感でないグループの比率は、基準条件から変化した形跡は見られない。同様に、種の多様性レベルは、基準条件から変化した兆候は見られない。
良好 (Good status)	種構成と生物量は、基準条件の底生動物相と比べて、わずかに人為的改変を受けた状況にある。人為的改変に敏感なグループと敏感でないグループの比率は、基準条件からわずかに変化した形跡が見られる。種の多様性レベルも、基準条件からわずかに変化した兆候が見られる。
普通 (Moderate status)	種構成と生物量は、基準条件の底生動物相と比べて、中程度に異なる。基準条件を満たす底生動物群集のうち多くのグループが欠損している。人為的改変に敏感なグループと敏感でないグループの比率および多様性のレベルは、基準条件に比べ非常に低く、good status よりもかなり低い。

要するに、底生動物による河川評価は、下記のようなパラメータによって表現される。

- 分類学的なグループ構成
- 生物量
- 敏感な種の敏感でない種に対する比率
- 種の多様性

生態学的クオリティの等級を指定するには、下記のガイドラインに従う。

- 優秀：基準条件からはずれていないか、またはほとんどはずれていない
- 良好：基準条件からわずかにはずれている
- 普通：基準条件から中くらいにはずれている
- 貧弱：基準条件から大きくはずれている
- 悪い：基準条件からひどくはずれている

(4) 河川の生態学的ステータスの評価

1) Multimetric index とは何か？

AQEM の河川評価手法は、多要素の計量指数法に基づいた方法である。多要素の計量指数 (Multimetric index) は、個々の計量指標 (汚濁指数、採餌タイプの構成など) をいくつか組み合わせ、最終的には、それらの結果を組み合わせで一つの結果とするものである。多要素の計量指数は、河川の生物群集の多くの特性を総合化しており、調査地点の状態を表現し、かつ評価することができる。

計量指標 (Metric) は、「人的影響によって変化する生物学的なシステムの測定可能な部分またはプロセス」(KARR&CHU, 1999) と定義されている。言い換えれば、計量指標は、人間活動に対する具体的で予測可能な底生動物群集の反応を映し出すものであり、この場合、必ずしもそのインパクト要素は単独ではなく、当該水域での出来事や活動によって積み重ねられた影響であるかもしれない。人為的改変のごく少ない地点は、モニタリング地点に対する基準地点として使用される。

多要素の計量指数法は、それ自体は時に複雑であるが、理解しやすく使用者にやさしい方法で適用できる。一般に、多要素計量法の利点は以下の通りである。

- ただ一つの生物リストから得られる単独の生物指標を使うよりも、広範囲にわたるストレスをを検出する可能性を提供し、生物学的にもより完成した状況を表現することができる。
- 単独の計量指標で得られる結果よりも、より安定した結果が得られる。
- 生物学的要素につきまとう扱いにくさ、欠陥、不明瞭が避けられる。
- 生物学的な階層構造の異なるレベルをカバーできる。
- たくさんの結果が一つの生物リストを元に導けるので、コストの面でも効率的である。

2) AQEM による評価手法

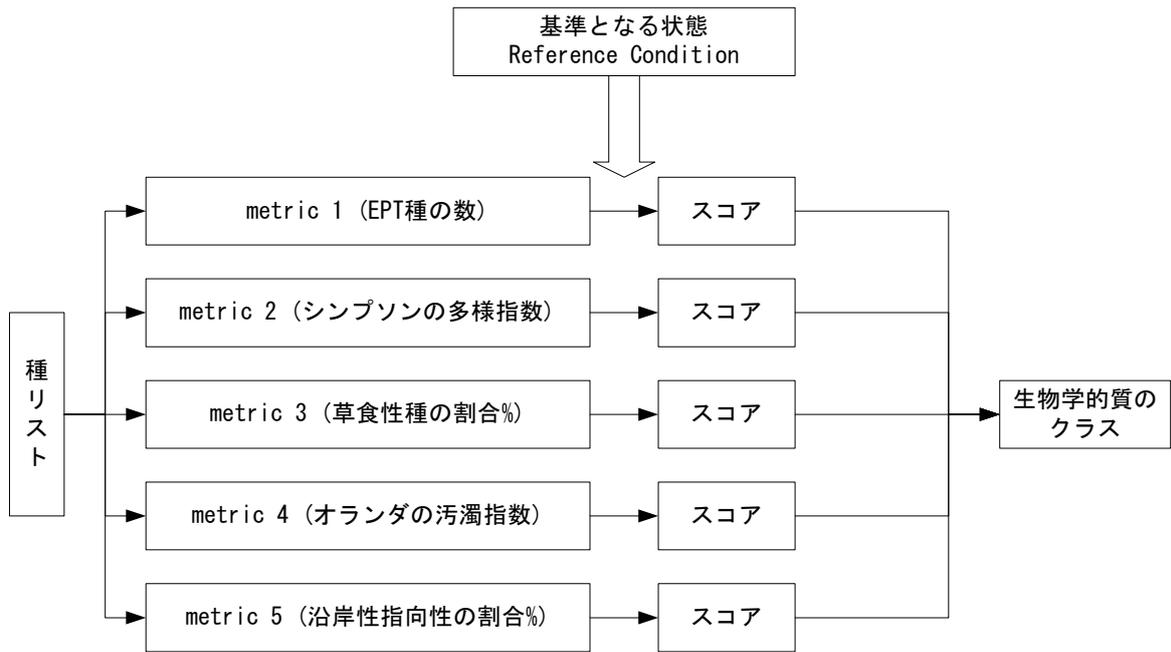
AQEM で行う多要素の計量指数法は、表 2.2-5 に示したとおりである。標準的な多要素計量は以下のようなステップで構成される。

- 出発点は、評価対象であるサンプリング地点から得られた種リストである。
- 種リストを用いて、多数の計量指標が計算される。
- 一般に、各指標の結果は、河川タイプの基準条件と比較することによってスコア化される。
- すべての計量指標のスコアは、最終的に一つの計量指数に統合され (通常は平均値)、調査河川の生態学的クオリティーが決まる。

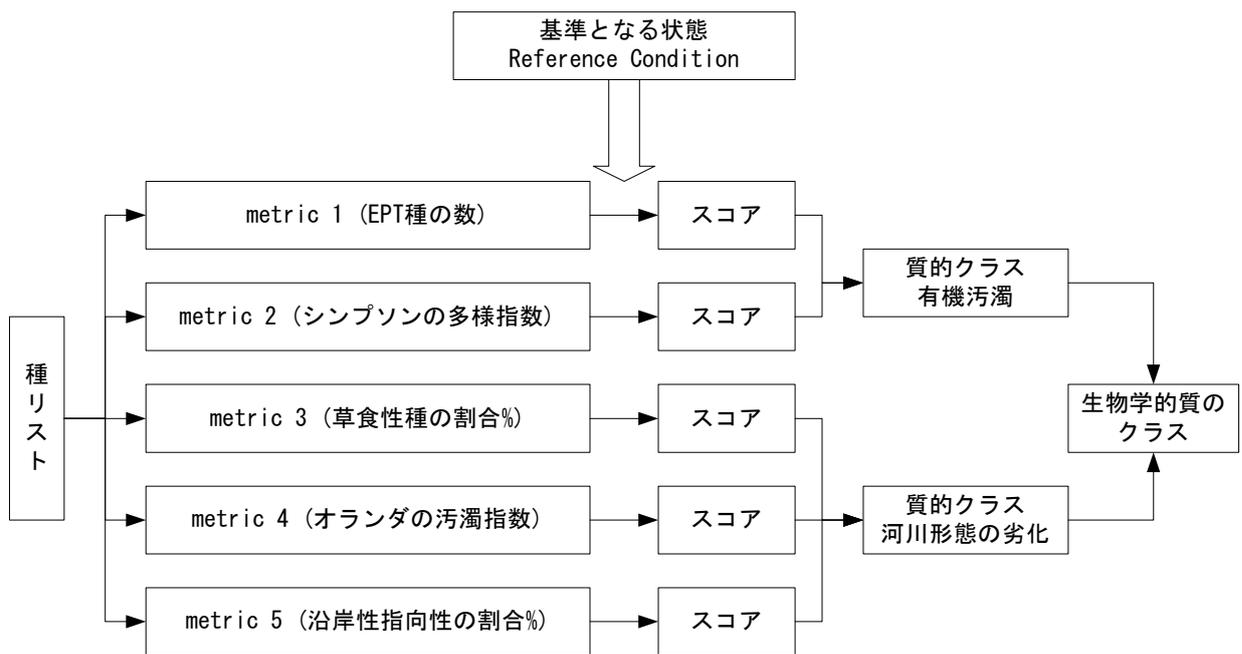
この方法により、使用者は、最終的な評価の結果（生態学的クオリティの等級）と、個々の計量指標の数値を得ることができ、それによって、将来の河川管理についての考察が可能になる。

表 2.2-5 調査カテゴリーと計量指標の例

カテゴリー	計量指標 (Metric)
種の豊かさの測定	生物種の総数 EPT 種の数
種構成の測定	優占種 (%) 貧毛類の割合 (%)
多様性の測定	シャノン-ウィーナー (Shannon-Wiener) の多様度指数
類似性/欠落の測定	種の欠損 欠落した種
耐性/非耐性の測定	汚濁指数 BMWP ASPT
機能的/栄養的な測定 (採餌方法)	濾過食者 (%) 栄養的完全性指数 RETI
ハビタット/生存状態の測定	付着性種の割合 (%) 固着性種の数
流水指向性の測定	止水性の割合、流水性の割合
分布に関する測定	分布指数、湖岸性の割合
世代交代の測定	二化性の割合、一化性の割合
個体の状態の測定	汚濁のレベル 疾病個体の割合



<標準的なmultimetricプロセス>



<劣化の要因を特定したプロセス>

図 2.2-4 標準的な多要素の計量法と劣化の要因を特定したプロセス

(5) 各ステップにおける計算方法の詳細 (Q&A)

1) ある河川タイプの生態学的クオリティや、劣化要因となるストレスターの評価には、どの計量指標が使われるのか

「影響がある」あるいは「影響がない」という際立った状況を区別できる指標のみが使用される。ある特定の汚染や要因に明らかに反応するような指標がもっとも使いやすい。さらに、使用される指標は、水生生物相の構成、健全性、機能といった多様な側面をカバーできなくてはならない。

そのため、河川タイプによって異なる計量指標が必要だという結論に至った。選定の結果、18の指標がAQEMの河川タイプに適用されることになった。

2) 計量指標はどのようにスコア化されるのか

計量指標の尺度は多岐にわたり、指標の結果は、単位のある整数、パーセンテージ、あるいは階級値などで表現される。統合的な計量指数を開発するためには、単位のないスコアに変換することによって各指標を標準化することが必要であった。そこで、各指標の結果がそれぞれにスコア化され、最終的にすべての指標で数値はスコア化される。計量指標のスコア化は、可能な限り、生態学的クオリティの等級づけに用いるのと同じ等級区分にすることによって、スコアの差を認識することが可能となる。

- 5 = high status
- 4 = good status
- 3 = moderate status
- 2 = poor status
- 1 = bad status

スウェーデン、ドイツ、オランダ、チェコ共和国、イタリア、ポーランドで同様の方法を用いていた。少々異なるのは、オーストリア、ギリシアであり、すべてのスコアは0から1までの数値であった。

3) 生態学的クオリティの等級、あるいはストレスターの等級はどのように算出されるか。

多要素の計量指数は、いくつかの指標のスコアを統合することによって、情報を一体化する。通常は、すべての指標のスコアを平均化する。例外として、河川の劣化とよく相関を示すことが確実視される指標のスコア化では、重み係数が適用される。

4) ストレッサーの等級から、どのようにして生態学的クオリティーの等級が算出されるのか。

最も悪いスコアが、その場の結果となる。例えば、有機汚濁によるクラス=good、河川形態の劣化によるクラス=moderate であった場合、生態学的クオリティーは moderate となる。

表 2.2-6 各河川タイプによる使用する指標一覧（例）

	河川タイプ	生態学的クオリティーを評価する指標	予測される傾向
A04	ボヘミア山地の中規模河川	有機汚濁	
		・ ZELINKA&MARVAN の汚濁指数	増加
		河川形状の劣化	
		・ EPT 種数	減少
		・ 全種の生息量	多様
		・ 生物的場所指数	多様
		・ 貧毛類と甲殻類の種数 (%)	増加
		・ 沿岸指向性種の割合 (%)	増加
		・ 収集性の種割合 (%)	増加
		・ 総種数	減少
C01	中央亜高山帯の中規模河川	有機汚濁	
		・ チェコの汚濁指数	増加
		・ ASPT	減少
		・ RETI	減少
C02	カルパート山脈の小規模河川	有機汚濁	
		・ チェコの汚濁指数	増加
		・ カワゲラ類の種数	減少
		・ カゲロウ類の種数	減少
C03	カルパート山脈の中規模河川	有機汚濁	
		・ チェコの汚濁指数	増加
		・ EPT 種数	減少
D01	ドイツ低地の小規模砂質河川	有機汚濁	
		・ ドイツの汚濁指数 (新版)	増加
		河川形状の劣化	
		・ ドイツの動物相指数 D01	減少
		・ カワゲラ類 (%)	減少
		・ 流水性の指向種 (%)	減少
		・ 収集性種の種割合 (%)	増加
		・ 沿岸指向性種の割合 (%)	増加
・ 礫指向性種割合 (%)	増加		
D02	ドイツ低地の有機土壌河川	有機汚濁	
		・ ドイツの汚濁指数 (新版)	増加
		河川形状の劣化	
D03	ドイツ低地の中規模砂質河川	有機汚濁	
		・ ドイツの汚濁指数 (新版)	増加
		河川形状の劣化	
		・ ドイツの動物相指数 D03	減少
		・ トビケラ類割合 (%)	減少
・ 流水性指向種割合 (%)	減少		

(6) ソフトウェアを使った入力・出力

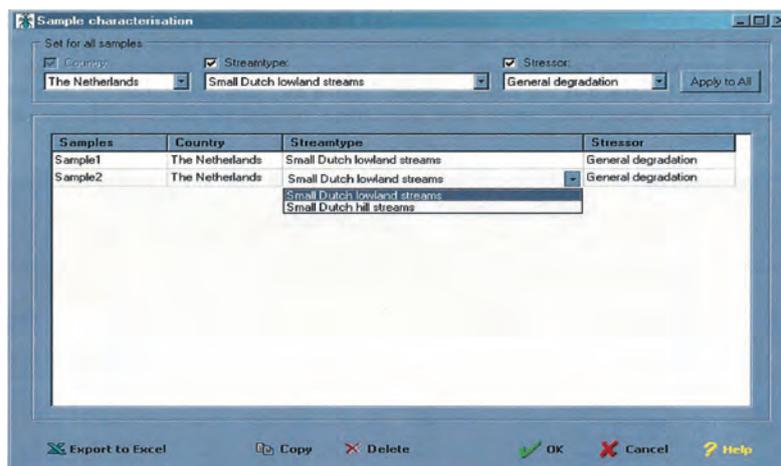
1) 底生動物リストの入力

底生動物リストはエクセルか ASCII のファイルからインポートできる。生物リストが正確に入力されていないと、正しい結果が得られない。リスト入力時の問題点は、スペル間違いや異なる表現の仕方（例えば spec か sp. か）である。これを防ぐために、種ごとにコードを設定して、スペルミスなどが無いような仕組みにしている。下表のようないくつかの KEY から入力様式が選択できるようになっている。

ファイルでの表現形式	説明
ショートコード	AQEM プロジェクト用のショートコード
ID-ART	AQEM プロジェクト用の種判別コード。オーストリア標準種判別コードを引き継ぐものであり、オーストリアソフトウェアである ECOPROF で使われている。
ドイツの DV ナンバー	ドイツの DV-コード。ドイツの標準種コード
TAXON_NAME	学名

2) 入力の手順

リストをインポートすると、自動的に調査データの特徴付けの画面になる。調査地点のデータごとに、それらのデータを採取した国名、河川タイプ、ストレスターを選択して設定していく。



サンプルごとのリストが認識され、河川タイプやストレスターなどが選択されると、次ページの画面になりリストが現れる。それを保存する。

The screenshot shows the AQEM software interface with the 'Taxa list (34)' window open. The window contains a table with the following data:

ID_ART	Taxon name	ShortCode	Sample1	Sample2
4190	Acanthocyclops sp.	acanthsp	4	15
S007	Drusus discolor	Drusdisc	1	3
S009	Drusus franzi	Drusfran	0	1
S010	Drusus melanchaetes	Drusmele	0	1
4195	Acentrella sinaica	Acentsina	3	30
4197	Aclius canaliculatus Lv.	Acliscana	4	40
4199	Aclius sp. Lv.	Aclisp.	5	50
4201	Aclius sulcatus Lv.	Aclisulc	6	60
4201	Acricotopus lucens	Acriluce	7	70
4205	Acroloxus lacustris	Acrolacu	8	80
4207	Acrophylax zerberus	Acrozerb	9	90
4210	Adicella cremisa	Adiccrem	10	100
4211	Adicella filicornis	Adicfil	11	110
4212	Adicella reducta	Adicredu	12	120

3) 計算結果

計算結果は、サンプルスコア画面の2つのシートに表される。「総括」シートでは、サンプルの生態学的クオリティーの等級と、その計算に採用された計量指標の結果が現れる。「計量指標」シートでは、すべての指標のスコアが示される。

The screenshot shows the 'Summary' sheet of the 'Sample scores' window. It displays a comparison between two samples from 'The Netherlands'.

	Sample1	Sample2
Country	The Netherlands	The Netherlands
Stream type	Small Dutch lowland streams	Small Dutch lowland streams
Stressor	General degradation	General degradation
Quality Class	1 (bad)	1 (bad)
Saprobic Index (Zelinka & Marv)	1.751 (4)	Saprobic Index (Zelinka & Marv) 1.754 (4)
Zonation		
- hypopotamal	0.453 (4)	- hypopotamal 0.455 (4)
Current preference (percentage - Type RP)	14.528 (-)	Current preference (percentage - Type RP) 14.478 (-)
Microhabitat preference (percentage - Type Pel)	12.736 (-)	Microhabitat preference (percentage - Type Pel) 12.809 (-)
Feeding types (percentage of (Grazers + Scrapers))(Gather)	0.711 (-)	Feeding types (percentage of (Grazers + Scrapers))(Gather) 0.717 (-)
Order (percentage of communi-		Order (percentage of communi-

「総括」シート

The screenshot shows the 'Metrics results' sheet of the 'Sample scores' window. It lists various metrics for Sample1 and Sample2.

Metric	Sample1	Sample2
Abundance [ind/m ³]	50	30
Number of Taxa	32	34
Saprobic Index (Zelinka & Marvan)	1.751	1.754
Saprobic Valence	-	-
- xeno	2.151	2.123
- oligo	13.264	13.26
- beta-meso	18.321	18.412
- alpha-meso	9.283	9.336
- poly	0	0
- no data	56.981	56.969
German Saprobic Index (old version)	Not Calculated	Not Calculated
- Dispersion	Not Calculated	Not Calculated
- Abundance	0	0
- Indicator Taxa	0	0
- Water Quality Class	Not Calculated	Not Calculated
German Saprobic Index (new version)	1.75	1.82

「計量指標」シート

(7) AQEMにより評価した事例

河川タイプ別の水環境評価の結果例を以下に挙げる。

1) 評価の事例 1：砂底河川

写真にあるような、砂泥河川の1例を挙げる。水質の汚濁指標からみると、汚濁指数は2.21となり、判定は「good」である。一方、形態的指標でみると、ドイツ動物相指数、沿岸帯の生物および流水性生物の指数での判定は「bad」であり、形態的にみた判定は「bad」となる。おそらく、水質は良好であるが、単調で直線的な河川形態であるため、生物の多様性が低いと考えられる。



汚濁指標		good
汚濁指数	2.21	good
形態的指標		bad
ドイツの動物相指数	-1	bad
沿岸帯生物 (%)	16.6	bad
収集性生物 (%)	38.0	poor
トビケラ目 (%)	4.41	mod
流水性生物 (%)	5.92	bad
Pelal の仲間 (%)	5.37	poor

2) 評価の事例 2 : 砂底の小河川

砂泥の小河川の例を挙げる。この河川では、1998年時点での調査では、水質の汚濁指標は「good」、形態的指標は「poor」であった。しかし、その後に周辺で採鉱が行われ、おそらく水質、河川形態でも影響を受けたと考えられる。その結果、2001年に調査した結果では、水質の汚濁指標が「mod」、形態的指標は多くの指標において「bad」という判定になり、生態学的クオリティーが低下したという例である。



	1998	採鉱前	2001	採鉱後
汚濁指標		good		mod
汚濁指数	2.11	good	2.38	mod
形態的指標		mod		bad
ドイツの動物相指数	-0.1	mod	-0.6	poor
沿岸帯生物 (%)	8.9	mod	14.9	bad
収集性生物 (%)	38.0	poor	45.3	bad
トビケラ目 (%)	4.4	mod	0	bad
流水性生物 (%)	7.9	mod	27.0	poor
Pelal の仲間 (%)	8.2	good	49.7	bad

(8) 計量指標 (metrics) の適用性の検討

(出典：AQEM レポート, http://www.aqem.de/ftp/3rd_deliverable.zip)

<ドイツの場合～各指標の値とランク分け設定に関する検討>

各河川タイプに適した指標と、そのランク分けについて検討が行われている。ランク分けを予備的に行った pre-classification が妥当であるかどうか、各指標値を載せることにより評価している。

河川タイプ D01 (ドイツの低地における砂底の小河川) は、全種数に対するトビケラの種の比率によって評価できる。この指標は、夏季のサンプルにおいて有効である。(図 2.2-5)。春のサンプルでは EPT 指数が有効である。また、春・夏両方のサンプルに対しては、有機汚濁条件を好む種の比率が、クラス分けのランクによりよく違いがでてきている。(図 2.2-6)。調査地点はすべて汚染されていないため、「有機汚濁」としてクラス分けされる種は生息条件をも指標していることは明らかである。

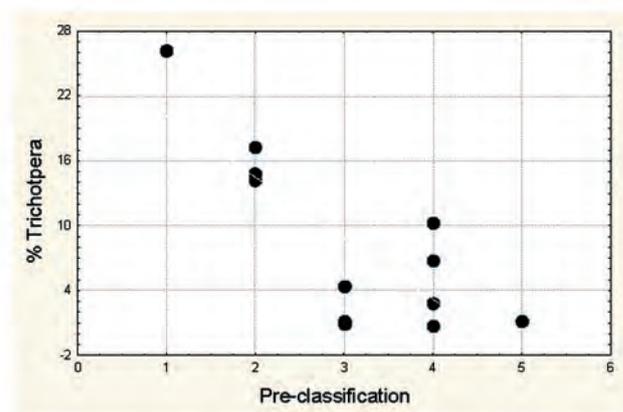


図 2.2-5 トビケラ目の比率と、D01 タイプ (ドイツ低地の砂底の小河川) の予備的なクラス分けをしたサイトの関係 (夏季サンプル)

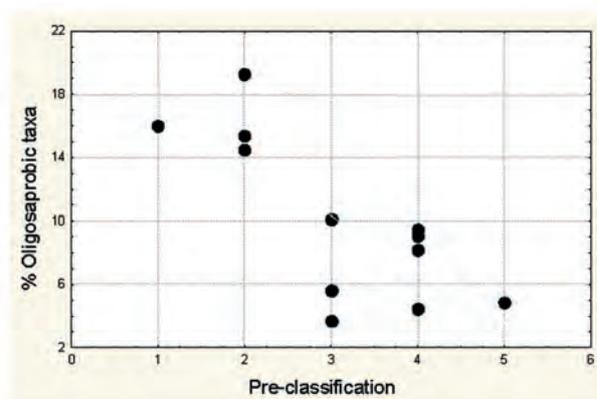


図 2.2-6 貧腐水性種の比率と、D01 タイプ (ドイツ低地の砂底の小河川) の予備的なクラス分けをしたサイトの関係 (夏季サンプル)

河川タイプ D03（ドイツ低地の砂底の中規模河川）は様々な指標によって評価できる。流水性の種の比率はインパクトの大きい場所とそうでない場所の間で明確に異なっている（図 2.2-7）。ユスリカ目に対する EPT*の比率は、さらに違いが明らかである。（図 2.2-8）両指標の組み合わせは最もよい結果を示している。（図 2.2-9）。

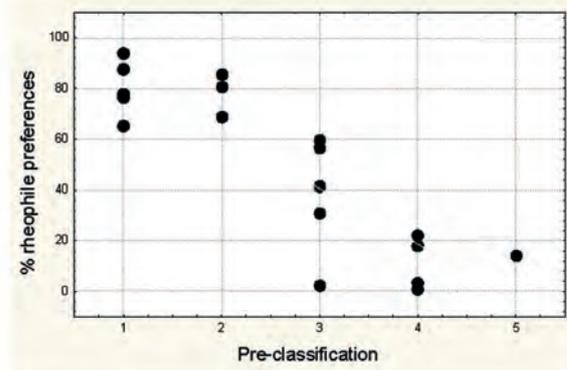


図 2.2-7 流水性種の比率と、D03 タイプ（ドイツ低地の砂底の中規模河川）の予備的なクラス分けをしたサイトの関係（夏季サンプル）

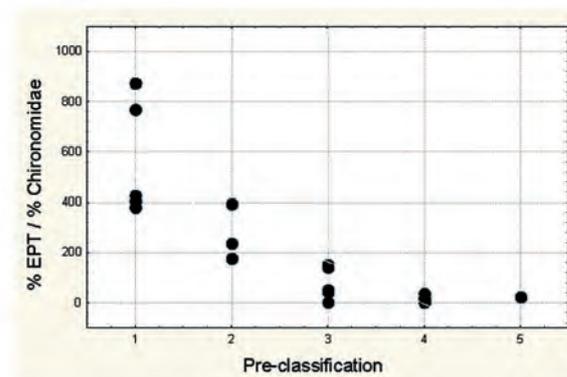


図 2.2-8 EPT の比率と、D03 タイプ（ドイツ低地の砂底の中規模河川）の予備的なクラス分けをしたサイトの関係（夏季サンプル）

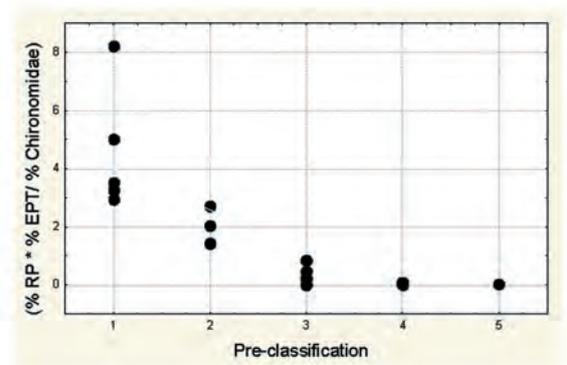


図 2.2-9 複合指標の一例と、D03 タイプ（ドイツ低地の砂底の中規模河川）の予備的なクラス分けをしたサイトの関係（夏季サンプル）

山岳地帯の河川では、生息場所の劣化に関する指標を見つけることは難しくなる。河川タイプ D04（ヨーロッパ中部の低山帯における小河川）では、最も標準的な指標と考えられる EPT 比率は劣化のステージと関連が見えにくい(図 2.2-10)。

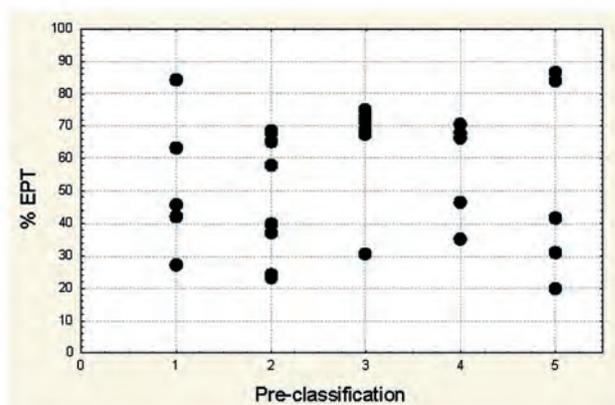


図 2.2-10 EPT 比率と、D04 タイプ（ヨーロッパ中部の低山における小河川）の予備的なクラス分けをしたサイトの関係（春季サンプル）

*EPT：カゲロウ目 Ephemeroptera、カワゲラ目 Plecoptera、トビケラ目 Trichoptera の 3 つのグループに属する全種数

2.2.3 STAR について

(出典：STAR ホームページ, <http://www.eu-star.at/>)

(1) STAR の背景

EU 加盟国においては、最近、非常にさまざまな方法を使うことによって河川の評価が行われている。いくつかの国では水質測定などの化学的な方法が適用されているし（ポーランドほか）、生物を使った指標による方法も非常に多様なものが実施されており、また開発中の手法もある。底生動物は、河川評価に最もよく使われているが、いくつかの EU 加盟国では、付着藻類がすでに重要な役割を果たしている（例えばイタリアの EPI-D、チェコ共和国の CSN757716、オーストリアの栄養条件指標など）。これらの評価手法はその国では最も使いやすい方法であるが、EU 共通としては使用に至っていない。

EU の WFD（水枠組み指令）は、2000 年 2 月 22 日に公表されたが、これはあらゆる水域を評価するための枠組みを明確に定めるものである。WFD の求める評価システムの焦点は、生物的な指標（底生動物、魚類、水生植物など）を使用することであるため、水域の生態学的状況（ステータス）は、自然環境の本来の状態に基づいて決められなければならない。そのため、欧州の多くの国々では、近いうちに評価システムを変更、または拡張する必要がある。これまでこのようなシステムを適用したことがなかった国では、新しいシステムを適用する必要があるし、または一から開発する必要がある。また、その他の国々でも、既存の底生動物を使った評価方法を WFD の枠組みに当てはめる必要がある（ドイツやスウェーデンなど）。多くの国では、魚や水生植物を使った新しい方法が必要である。したがって加盟国のたくさんのプロジェクトが、この評価システムの開発と適用に向けて取り組まれている。

しかしながら、新しいアプローチの多くは、WFD の重要な目的に適合していないようである。その目的とは、将来、すべての欧州の河川評価の結果が比較可能になることである。そのため、河川評価は標準化された方法で行われなければならないし、少なくとも評価方法の相互較正がされて標準化されなければならない。

残念ながら、河川評価手法の詳細が国際的な標準仕様になっているわけではない。底生動物のサンプリングに関する標準方法は定められている（例えば IS07828、IS08265、IS09391）。しかし、生物データの解釈についての基本的なガイダンス（IS08689）のほかは、計算手法、等級区分、質的評価などの評価システムにおける国際的な標準法はない。評価方法の標準は国内法に限られており、例えば、ドイツの DIN38410Teil2、オーストリアの ONORM6232 やフランスの AFNOR NF T-90 350 がある。

このように、河川評価に対する国際的な標準化は非常に強く求められている。そうでなければ WFD の目的、つまり欧州における比較可能な評価結果を得ることは成し得ないだろう。将来、もし河川評価手法が CEN（欧州標準化委員会）に諮問され

ると、当然、手法の標準化がテーマとなり、各国の標準化組織（DIN、BSI、AFNOR）やその専門家に委ねられる。

(2) プロジェクトの目的

欧州では、河川における幅広い評価方法があることによって、効果的な生物モニタリングや評価手順、ストレスや地理条件に対する計量指標などを開発する機会があった。しかし、考慮すべき生物が多様であることや、既に使われている方法が多岐に渡るがために、加盟国間での生態学的ステータスの解釈や設定が整合せず、困難な問題が顕在化している。これらを改善することにくわえ、さらに重要なこととして、調査手法の相互調整、生態学的ステータスの解釈と設定の標準化は、WFD実施のうえで非常に重要であり、これを STAR で実現しようというものである。

(3) STAR の技術的内容（エッセン大学プレゼンテーションより）

STAR は、WFD の運用に当たって、既往の各国の水環境評価方法を参考にして構築された方法である。以下のような視点で検討された。

- どの生物が、早期変化の指標として適しているか。また、どの生物が長期的変化の指標として適しているか。
- 異なる生物群によって、評価結果がどのように異なるか。
- どの生物群が個々の因子を最もよく示すか。
- 異なる生物群をどのように統合して使うのか。

STAR では以下のような概念的なモデルが採用されている（図 2.2-11）。

水の劣化の要因を左から汚濁、富栄養化、酸性化、河川形態変化としたとき、水質に関する汚濁、富栄養化、酸性化の影響をよく示すのは、付着藻類であり、そのうち富栄養化については大型水生植物が最もよい指標生物になる。汚濁、酸性化、河川形態変化に対しては底生動物がわかりやすい。魚類は、河川形態変化にのみ適するということである。

また、対象とする空間的スケールでいえば、付着藻類のような小さな生物ほど、河川の小さな生育・生息環境を評価するのに適し、流域単位の評価は魚類が適切である。時間的スケールでいえば、魚類ほど長期的な評価に適するということである。

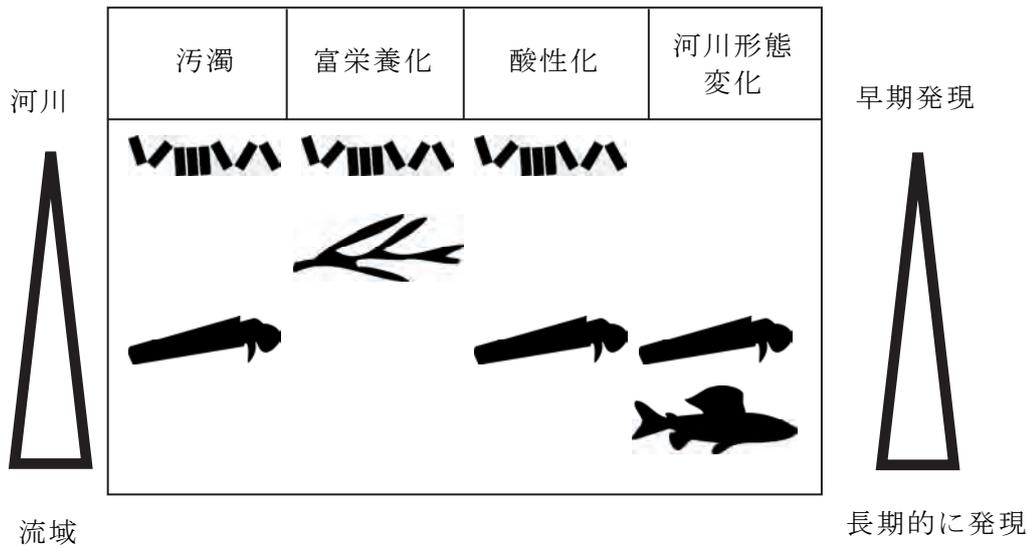


図 2.2-11 水環境劣化の要因を評価するための生物群概念図

STAR プロジェクトからのデータの流れは、以下の通りである（図 2.2-12）。

環境の変化の要因と、河川タイプの情報的前提にし、ここに、藻類、大型水生植物、魚類、底生動物の生息種の情報が加わることで、その場所の生態学的クオリティーがランク分けされる。

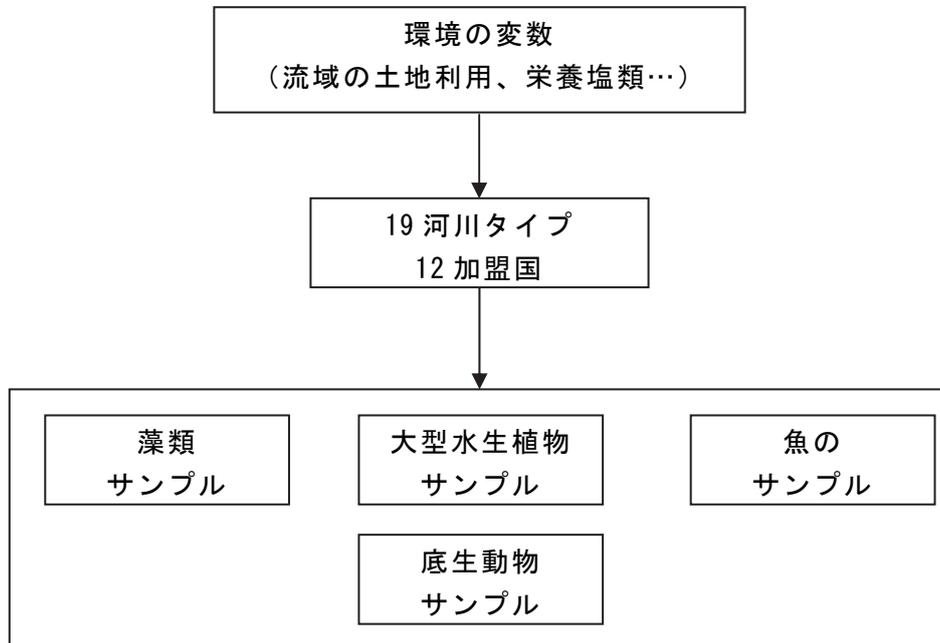


図 2.2-12 STAR の評価データ

STARで区分している河川タイプは、地形条件によって大きく以下のように区分している。

- 低地
- 山地
- アルプス
- 地中海沿岸

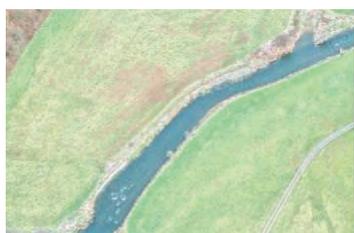
STARで考える水環境を評価する影響因子は以下の通りである。



富栄養化



河川形態



土地利用



ミクロな生息環境

河川のタイプによる、水質条件と生物との相関性の分析例として以下のようなものがある。この河川タイプでは、富栄養化の進行とともに、カワゲラ目のグループ数が減少する傾向が見られる。

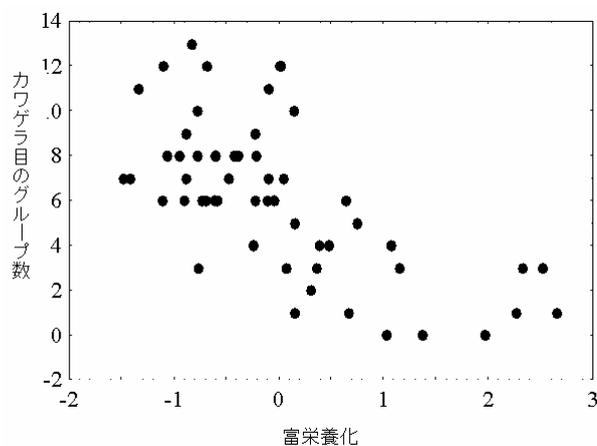


図 2.2-13 カワゲラ目グループ数と富栄養化進行との関係

生物群と、影響要因、空間的・時間的スケールとの関係の概念的モデルは、基本的には図 2.2-11 のようになる。

しかし、河川タイプによっては、生物群と影響要因との相関性の強さは、以下の図 2.2-14 に示すような概念図で示されることもある。このように、河川タイプによって、影響要因と相関性の強い生物群が異なり、評価に使うべき計量指標が決まるのである。

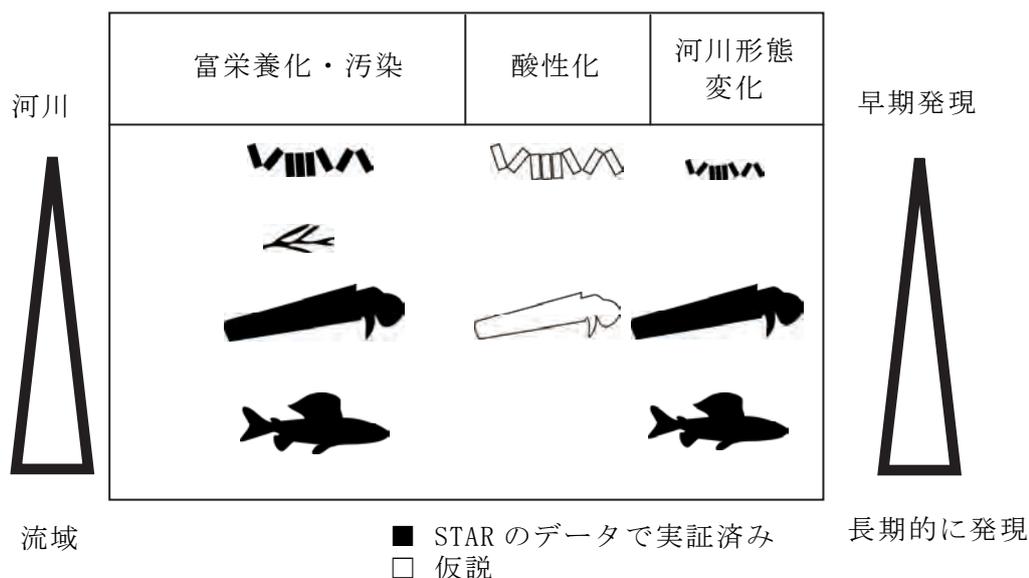


図 2.2-14 生物群と影響要因の相関が異なる場合

(4) STAR のワークプランの概要

(出典：STAR ホームページ内，<http://www.eu-star.at/frameset.htm>)

STAR プロジェクトは、19 のワークパッケージ (WP) から成り立っている。これらは大きく 2 つに分けられる。1 つは、ワークパッケージの 3 から 9 に該当し、底生動物、魚類、水生植物および河川生息環境に関するデータベースを構築するためのものである。これらは 2 つの核となる河川タイプと 9 つの河川タイプの既存データから得られている。2 つ目は、ワークパッケージの 10～14 に該当し、標準化への課題解決のためのものである。

さらに、より広い地理的条件、河川タイプ、特殊なストレスに適用するために、2004 年の EU 新規加盟国のパートナーが、さらに 4 つのワークパッケージ (16～19) を担当する。

- WP1 : 調整
- WP2 : プロジェクトのホームページ
- WP3 : 基準条件および既存の評価方法で得られたデータに関するレビュー
- WP4 : 既存データの収集
- WP5 : サンプルング地点の選定
- WP6 : サンプルングの標準化と理解のためのワークショップ
- WP7 : 河川タイプ 1 (小規模で、狭い、山岳地帯の河川) と、タイプ 2 (中規模で、深く、低地の河川) における調査
- WP8 : その他の河川タイプの調査
- WP9 : 底生動物と藻類の同定処理の評価
- WP10 : プロジェクトデータベースの一般化と普及
- WP11 : 底生動物をもとにした評価システムの比較とリンク
- WP12 : 異なる生物群を使った評価システムとのリンク
- WP13 : STAR のデータベースと既存データベースとのリンク
- WP14 : WFD の標準調査法の開発にあたっての CEN 支援
- WP15 : モニタリングプログラムの適用における実際的なガイダンスのための支援システム
- WP16 : 底生動物調査におけるフィールド調査と研究室作業の効率性およびコスト
- WP17 : 河川の機能に基づいた基準条件と生態学的ステータスの評価の確立に向けた、種の特性分布の価値について
- WP18 : 空間スケールの研究
- WP19 : 水生植物と水理形態に関するデータの収集および適用のための調査手法における誤差、変異性について

WP3 から 9 はデータの提供を受けるものであり、全メンバーから集められる。結果のデータベースは、コーディネーターの元で共有される。WP11 と 12 は、一部のメンバーによって行われるが、将来の標準化に当たって皆で共有される。

<ワークパッケージ (WP) の概要>

各メンバーの役割分担を表 2.2-7 に示す。●印は、資金が提供されているメンバー国を示す。◆印は、AC ファンドの常駐スタッフが参加することを示す。★印は、その WP のリーダーであり、●印は他の主な調査を示す。

表 2.2-7 WP の役割分担表

国名	パートナー(略称)	WP番号																		
		1 調整	2 プロジェクトのHP	3 レビュー	4 既存データの入手	5 サンプリング場所の選定	6 ワークショップ	7 コアの河川タイプ	8 その他の河川タイプ	9 同定処理の評価	10 データベース	11 底生動物のアセスメントとリンク	12 異なる生物群による違い	13 データベースとのリンク	14 標準化	15 サポートの決定	16 サンプリング効率	17 種の特性調査	18 空間スケールの分析	19 RHSやMTRとの変動性
オーストリア	BOKU		★	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
チェコ共和国	DZE MU				●	●	●	●	★	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	TGM WRI				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
デンマーク	NERI				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
フランス	Univ.Metz				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ドイツ	Univ.Essen	●	★	●	★	●	●	●	★	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Senckenberg				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ギリシア	NCMR-IIW				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
イタリア	CNR-IRSA				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	LABBIO				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
オランダ	ALTERRA		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	★	★	●	●	●	●
ポーランド	Univ Lodz				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	★	●	●	●
	ACAU				◆	●	●	●	◆	●	●	●	●	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	IOS				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ポルトガル	UnivEvora				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ラトビア	LUBI				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
スロバキア共和国	IZ-SAS				◆	●	●	●	●	●	●	●	●	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	DE-CUB				◆	●	●	●	◆	●	●	●	●	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
スウェーデン	SLU		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	★
イギリス	CEH	★	●	●	★	●	●	●	★	●	★	★	★	●	★	★	●	●	●	●
	EA			●	●	●	★	●	★	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
スタンダードグループ	CEN				●	●	●	●	●	●	●	●	●	★	●	●	●	●	●	●

< 工程 >

STAR は、以下の工程に従って実施される。

STAR の 2002 年 1 月に始まり、全プロジェクトは 3 ヶ年である。

表 2.2-8 STAR の工程表

内容(WP)	2002												2003												2004											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1 調整	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
2 プロジェクトのHP	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
3 レビュー	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
4 既存データの入手	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
5 サンプリング場所の選定	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
6 ワークショップ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
7 コアの河川タイプ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
8 その他の河川タイプ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
9 同定処理の評価	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
10 データベース	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
11 底生動物のアセスメントとリンク	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
12 異なる生物群による違い	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
13 データベースとのリンク	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
14 標準化	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
15 サポートの決定	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
16 サンプリング効率	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
17 種の特性調査	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
18 空間スケールの分析	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
19 RHSやMTRとの変動性	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
プロジェクト会議	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

(5) ワークパッケージ (WP) の解説

1) WP1 : 調整

【目的】

STAR プロジェクトのメンバーや EU 委員会、他の EU 加盟国、あるいは加盟国独自のプロジェクトや利水関連産業、科学技術団体などとのあらゆる連携・連絡を円滑にして、最も効率よく STAR を運営することを目的とする。

【方法・説明】

WP1 はイギリスの CEH (Centre for Ecology and Hydrology) が担当し、STAR の管理上必要な支援をすべて提供する役割を担う。この事務局は、個々の計画プロジェクトの効率的な管理や財政的・科学的なマネジメントに責任を持ち、これらプロジェクトの実施、統合、報告、普及を行う。

また、欧州委員会やその内部関連プロジェクト、他の研究機関などともコンタクトをとりながら、迅速でかつ透明性を持ったコミュニケーションをとるものである。

2) WP2 : プロジェクトのホームページ

【目的】

WP1 の効果的なコミュニケーションの手段として、戦略的に重要な仕組みを提供することを目的とする。

【方法・説明】

STAR のホームページは、STAR 開始時から作成され、STAR の実施期間中は常時アップデートされて内容の充実が図られる。

このウェブサイトのメンテナンスと作成はオーストリアのメンバーによって行われる。

3) WP3 : 基準条件および既存の評価手法で得られたデータに関するレビュー (精査)

【目的】

河川環境の基準条件に関するデータや、既存の評価方法 (底生動物、魚類、付着藻類、大型水生植物および河川生息場調査-RHS-)、加盟国の標準法 (サンプリング、分析および質の評価) および既存データベースに関して、概要を整理することを目的とする。これらの情報を WP3 の目的に合わせて使えるようにする。この結果はホームページの「レビューページ」に示される。

【方法・説明】

WP3 の目標は、加盟国が各国の中で WFD を適切に実施できるようにツールを対応させることである。この目的に耐えうるように、現在も、また将来にわたっても広く使用される最も適切な試験法とするために、詳細なレビューが行われる。

以下のような生物および関連分野が含まれる。

- 付着藻類
- 大型水生植物
- 底生動物
- 魚類
- 河川形態

加えて、基準条件に関するデータも集められる。以下のようなデータソースから情報が集められることになる。

- 既存のレビュー
- 委員会メンバーの個々人の知識
- AQEM プロジェクトのデータベース
- 公表済みまたは未公表の文献
- 加盟国のサンプリングマニュアル
- 既存の国内外のレビュープロジェクト
- アンケート

4) WP4：既存データの収集

【目的】

プロジェクトの成果を高めるため、十分な品質、信頼性、方法適合性を有し、直ちに利用可能な既存データを収集することを目的とする。他のヨーロッパ諸国および加盟国の評価手法や標準化アプローチとよく連携できるように関係を構築する。

【方法・説明】

プロジェクト実施によって得られる新しいデータは、既存データによって補完されるものであり、一方で、既存データを補充することによって現行の標準化アプローチを補うものである。このような既存データは下記のデータベースから得られる。

- AQEM プロジェクトの底生動物データ
- イギリスの RIVPACS データベース、無脊椎動物データベース (NID)、1990 年と 1995 年の河川調査データベース、RHS および MTR データベース
- オランダのデータベース (EK00 と EBEOSWA)
- 北欧のデータベース
- FAME プロジェクト (魚類を使った河川の生態学的評価システム) のデータベース

これら既存データのすべては、共通データベースに収集・蓄積されるか、WP10で構築されるデータベース間でリンクされる。

5) WP5：サンプリング地点の選定

【目的】

生態学的ステータスが推測できるよう、「優秀」ステータスに等級づけられる基準地点と劣化した地点を両方含むことによって、異なる環境特性を持ったサンプリング地点を選定することを目的とする。

【方法・説明】

WP5 担当機関は、サンプリング方法に関する要件や、サンプリング地点選定に関する基準を共同で規定する。以下の事項を考慮することとする。

- サンプリング地点を選定する際には、さまざまな形態的状况が含まれていること。さらに、有機物（有機汚濁、富栄養化）、生息環境（生息場の劣化、水の停滞、水量の減少）、酸性化といった劣化要因が含まれていることが必要である。また、AQEMプロジェクトと一致させることが必要である。
- 他の主要な評価プログラム（AQEM、RIVPACS、PERLA、スウェーデンにおける淡水モニタリング）で調査された地点が含まれることが必要である。これは標準化を図るにあたって、これらの評価方法と整合させることが必要となるためである。
- 一般に、サンプリング方法は、「河川タイプ」によって決められる。WFDでは河川タイプごとに特化した評価方法が求められている。STARでは、「コアとなる河川タイプ」と「その他の河川タイプ」を設定することとする。「コアとなる河川タイプ」は広くヨーロッパに分布しており、STARで実施されるであろうと考えられるタイプである。「その他の河川タイプ」は広く分布しているわけではなく、サンプリング方法が限られるものである。

○コアとなる河川タイプ1：小規模、狭い、山岳地帯の河川

○コアとなる河川タイプ2：中規模、深い、低地の河川

○その他の河川タイプ：最終的にはWP3とWP4が実施されてから選定されることになる。これらは主に情報が少ない河川が含まれる。

表 2.2-9 ドイツの場合のコアタイプ 1 および 2

Germany: core stream type 1

Site number	Site name	River	River system	Distance to source [km]	Catchment area [km ²]	Altitude m.a.s.l	Ecoregion	Geology typology	Dominant stressor	Est. degradation class	Sampled in AQEM	Part of intercal. network	Sampling season (1)	Sampling season (2)
D040039	Wehebachtalsperre	Weißer Wehebach	Maas	7,6	14,7	265	8	sil	mor	5	yes	no	spr	sum
D040048	Neuludwigsdorf	Elbrighäuser Bach	Weser	4,6	9,3	416	9	sil	mor	5	yes	no	spr	sum
D040040	Kalltalsperre	Kall	Maas	8,4	19,5	445	8	sil	mor	4	no	no	spr	sum
D040041	Eicherscheider Berg	Platißbach	Maas	4,8	10,1	430	8	sil	mor	4	no	no	spr	sum
D040042	Oberprether Mühle	Prether Bach	Maas	5,2	14,9	490	8	sil	mor	4	no	no	spr	sum
D040045	Linneperhütte	Linnepe	Rhein	6,0	12,1	355	9	sil	mor	4	no	no	spr	sum
D040043	Wiesen	Wolffarter Bach	Maas	7,2	22,5	430	8	sil	mor	3	no	no	spr	sum
D040046	Niedersalwey	Salwey	Rhein	7,6	15,7	350	9	sil	mor	3	yes	no	spr	sum
D040047	Wemlighausen	Marienwasser	Weser	8,3	16,9	490	9	sil	mor	3	no	no	spr	sum
D040049	Feudingen	Lahn	Rhein	8,4	21,2	405	9	sil	mor	3	no	no	spr	sum
D040050	Dreis-Tiefenbach	Dreibach	Rhein	13,4	26,2	292	9	sil	mor	2	yes	no	spr	sum
D040044	Breitenhagen	Rahmede	Rhein	10,4	28,2	174	9	sil	mor	1	yes	no	spr	sum

Germany: core stream type 2

Site number	Site name	River	River system	Distance to source [km]	Catchment area [km ²]	Altitude m.a.s.l	Ecoregion	Geology typology	Dominant stressor	Est. degradation class	Sampled in AQEM	Part of intercal. network	Sampling season (1)	Sampling season (2)
D030020	Stepenitz near Putlitz (BB)	Stepenitz	Elbe	26,6	182	45	14	sil	mor	5	yes	unclear	spr	sum
D030021	Eltingmuehlenbach near Greven (NRW)	Eltingmühlenbach	Ems	48	164	47	14	sil	mor	5	yes	unclear	spr	sum
D030022	Rhin near Raegelsdorf (BB)	Rhin	Elbe	33	260	74	14	sil	mor	5	yes	no	spr	sum
D030023	Oertze N of Poitzen (NS)	Örtze	Weser	23,5	200	60	14	sil	mor	5	no	no	spr	sum
D030024	Aue E of Wildeshausen (NS)	Aue	Weser	15,1	100	20	14	sil	mor	4	no	no	spr	sum
D030025	Lachte W of Lachendorf (NS)	Lachte	Weser	24,8	440	41	14	sil	mor	4	no	no	spr	sum
D030026	Berkel SE of Vreden (NRW)	Berkel	Issel	53	240	31	14	sil	mor	4	no	no	spr	sum
D030027	Boehme S of Vierde (NS)	Böhme	Weser	37,9	260	44	14	sil	mor	3	no	no	spr	sum
D030028	Karthane near Muehlenholz/Karthan (BB)	Karthane	Elbe	33	290	30	14	sil	mor	3	no	no	spr	sum
D030029	Dinkel near Heek (NRW)	Dinkel	Issel	20	100	46	14	sil	mor	3	no	no	spr	sum
D030030	Issel N of Loikum (NRW)	Issel	Issel	36,2	200	16	14	sil	mor	2	no	no	spr	sum
D030031	Stever near Hullern (NRW)	Stever	Rhein	44,5	560	44	14	sil	mor	2	no	no	spr	sum
D030032	Dinkel at Gronau (NRW)	Dinkel	Issel	38	180	37	14	sil	mor	1	yes	no	spr	sum

6) WP6：サンプリングの標準化と理解のためのワークショップ

【目的】

利用者間でサンプリングの方法と理解を深めることを目的として、ワークショップを実施する。底生動物や付着藻類のサンプリング方法について、方法を再現化できること、定量的で比較の可能なサンプリング方法を習得することが目的である。

【方法・説明】

底生動物の採集および藻類の採取は、さまざまなサンプリング地点で実施される。メンバーは全員、サンプリングのトレーニングを受ける。トレーナーは加盟国の専門的技術を持った人員であり、参加者はあらゆるサイトの採集技術を習得する。

7) WP7：河川タイプ 1（小規模で、狭い、山岳地帯の河川）と、タイプ 2（中規模で、深く、低地の河川）における調査

【目的】

ヨーロッパ中央および北部に分布している河川タイプ 2 種類について、データセットを完備することを目的とする。この理由は、それぞれの河川タイプにおける手法の校正、さまざまな生物学的データの一体化、生態学的ステータスに適合させるような標準化を行うことによって、環境ストレス要因とそのランクについて情報を得るものである。

【方法・説明】

この目的のため、2 つのコアとなる河川タイプが決められている。河川タイプ 1（小規模で、狭い、山岳地帯の河川）と、タイプ 2（中規模で、深く、低地の河川）である。WP4 での既存データの収集に加え、さまざまな生物群についてのまったく新しいデータセットを、異なる劣化段階の地点から収集する。これらのデータは、標準化やクロスチェックにあたっての情報源の中心となるだろう。

- 各国のそれぞれの河川タイプにおいて、3 つの基準地点（生態学的ステータス：優秀）を選定する。
- 各国のそれぞれの河川タイプにおいて、各生態学的ステータス（良好、普通、貧弱、悪い）に該当する 1 地点を調査する。
- 調査対象とする環境ストレスの種類はすでに各河川タイプに割り当てられている。通常、1 つの河川タイプで 2 種類の環境ストレスが調査される。

8) WP8：その他の河川タイプの調査

【目的】

WP7 の成果を補完しながら、その他の河川タイプのデータを収集することを目的として調査を実施する。また、既存および現行の欧州での評価方法とデータベースをカバーする。

【方法・説明】

その他の河川タイプは以下の4つの役割を満たすものである。

- 個々のメンバー国に特有な、特徴的なタイプの河川であること。
- 既往のヨーロッパの評価システム（AQEM や PAEQANN）の延長上にあること。
- AQEM や RIVPACS のフィールドになった一連のサイトが含まれ、比較ができること。
- その他のサンプリング方法や評価方法（IBGN や PERLA）が実施可能な場所。

WP8 でのサンプリングの注意点は WP7 と同じである。その他の河川タイプの調査は9カ国で実施されるが、AQEM の調査地点において付着藻類と魚類を対象に調査する。

9) WP9：底生動物と藻類の同定処理の評価

【目的】

底生動物と藻類の同定およびそのエラーについて、メンバー国が互いに協力してチェックする。生態学的ステータスを区分する際に生じる不確かな影響となる同定エラーに対し、体系的な評価・見直しを行う。

【方法・説明】

底生動物と藻類の両方について評価する。いくつかのメンバー国は、担当する特定生物群の評価・見直しに関する責任者となる。責任者は以下のとおりである。

- イギリス：イギリス以外のすべての底生動物のサンプル
- ドイツ：イギリスの底生動物のサンプル
- オランダ：すべての藻類のサンプル

10) WP10：プロジェクトデータベースの一般化と普及

【目的】

WP5, 6, 7, 8, 9 で集められたあらゆるデータを、分析可能にし、ユーザーが使いやすく、かつ、主要データベースとして多面的な機能を持たせたものにするを目的とする。

【方法・説明】

データベースはイギリスが開発し、技術的な方向性についてはドイツ、オランダ、オーストリア、スウェーデンがサポートする。データベースは MS ACCESS で作成され、ユーザーが使いやすい簡単なメニューや、わかりやすいデータ出力フォームになるように配慮する。

11) WP11：底生動物をもとにした評価システムの比較とリンク

【目的】

既存の「底生動物による評価法」の結果に対し、とくに同定エラー、精度、基準条件との関係、生態学的ステータスの境界線という点について、比較・調整することを目的とする。また、既存の評価法における底生動物の採集と処理にかかるコストの効率性を調査する。

【方法と説明】

この WP で使用する情報は、前述の WP3, 4, 6, 7, 8, 9 と、追加で集められたサンプルの情報である。

WP が提供する情報

- 11 のメンバー国において、標準化された野外調査と室内作業によってサンプリングおよびソーティングされて得られた底生動物の高精度の同定結果。
- 他の国内外の河川生態学プロジェクトで得られた信頼できるデータベース。
- 生態学的ステータスを評価するために EU メンバー国によって使用されている計量指標 (metrics)。

これら評価法、データベース、指標は以下の点を考慮して評価される。

- 最も一般的な底生動物調査法によって生じる不確定性を定量化すること。
- 研究機関ごとのいくつかの調査法によって生じる同定とサンプル処理の偏りを定量化すること。
- 指標の適用および関連データの評価において、さまざまな底生動物グループや、河川形態および環境に関する情報を使用すること。

[サンプリングのばらつきと結果のばらつき]

サンプリングワークショップで集められる複数のデータは、規定のサンプリング法やサンプル処理に付随する不確定性を評価することに使われる。以下のようなサンプル要素で比較される。

- 調査法ごとのサンプルの平均種数
- サンプルの範囲、標準偏差、平均種数
- サンプルの構成種の変化量
- 一般的な計量指標や他の計量手法の平均や分散

サンプル処理に偏りがあったことは、前頁の項目による解析によって明らかにされる。評価に適用されたデータに隠れている相違点や、これを基にした評価から導かれる生態学的ステータスが異なることが明らかにされるためである。

[サンプル処理の偏り]

WP9 で得られた評価用のデータは、AQEM と RIVPACS のそれぞれの調査法に関する偏りを比較し、評価するために使われる。以下の項目から比較する。

- 各メンバー国による偏り。これらは河川タイプの機能からくるのか、個々の生態学的地域に特有な生物分類学的な難しさなのか、個々のメンバー国の研究機関の専門的知識や経験によるものか？
- 評価プログラムごとの個々の調査手法に関連する偏り。
- 各メンバー国で同定されたサンプルから持ち込まれた生物リストの範囲、指標値、その生物群の機能。

[エラーモジュールの開発]

上に定義したような底生動物のサンプリングと処理における変動、エラー、偏りは、1 つの不確定性モデルに組み込まれる。このモジュールは、既存評価システムに結合するソフトウェアパッケージとして開発される。類似のシステムが既に RIVPACS にあり、イギリスでの実験的なプログラムから出された不確定性が、全ヨーロッパのサンプリングで得られたものと比較できる。このエラーモジュールの機能は以下のようなになる。

- 底生動物サンプルの構成が、時間的・空間的に変化した場合に、統計上有意であるかどうかの評価（計算手法のバリエーションをすべて考慮に入れて）。
- テストサイトが本当に生態学的ステータスのクラス分けに有効であるかどうかの評価。
- 時間とともにサイトが本当にグレードを変える可能性があるかどうかの評価。生物モニタリングに関連する不確定性として、あるサイトが、時間とともに生態学的ステータスのグレードを変えるかもしれない。

[「底生動物による評価法」の較正とクラス分けの境界設定]

いくつかのフィールド調査を兼ねるサイトで収集されたデータは、手法の較正を可能にする。これらのテストは較正プロセスの一つとして使用される。

- AQEM と他の調査手法を使って集められたサンプルが、いずれも AQEM モデルの中で使われた時に、生態学的ステータスのグレードの比較がテストサイトでも確認できるか？
- AQEM と RIVPACS の方法を使って集められたサンプルが、いずれも RIVPACS モ

デルの中で使われた時に、生態学的ステータスのグレードの比較がテストサイトでも確認できるか？

もともと地理的な制約がある RIVPACS では、イギリスでのみ比較可能である。

- AQEM のように所定のサイトで所定の調査票を使って集められたサンプルが、他の基準による調査（RIVPACS や IBE、PERLA）によるシステムを使って評価された時に、生態学的ステータスのグレード比較がテストサイトで確認できるか？

[クラス分けの境界の提示]

上記のようなテストの結果、評価方法やストレスサーが異なるために、生態学的ステータスの境界に変化が生じることに、情報を得ることができる。

これらのテストは、異なる調査手法で生じる相対的な精度の違いを対比して評価するため、エラーモジュールを組み込む。変化の見られた部分の比較は、生態学的ステータスが異なるクラスと推定される地点間での空間的な違いの評価の上に成り立っている。

これらのステップは、WP11 の一部として、オランダが検討するサンプル処理およびコストの効率性に関するデータ資料で補完される。

追加的なサンプルは、水環境行政その他にも取り入れられるが、とくにサンプル処理に関していろいろな質問が出てくる。

サンプリングに関する質問

「サンプリングは対象エリアのすべての種類の生息環境で実施すべきか？」

「各サンプルから抜き取った生物を数えて、実際の生息環境の生物を見積もってもよいのか？」

ソーティングと計数の処理

「すべての生物が手でソートできなかった場合には、どんな結果になるのか？」

「大型生物のみ採集した場合にはどうなるのか？」

「ふるいから落ちた補足的なサンプルのみをソートした場合はどうか？」

同定

「生息している種数および生息量の正確な状況を知るためには、どのくらいの個体数を同定しなければならないか？」。

季節的な問題

「どの季節がサンプリングに適し、最も有益な結果をもたらすのか？」

結局、サンプリングの効率性と指標の計算結果との関係に留意する必要がある。「指標にはこれほど細かい情報が必要なのか」という質問が答えにもなるはずであ

る。

めざすところは、完全に標準化された調査手法に比較して、科学的な基礎に基づき、信頼でき、そして特にコストパフォーマンスのよい方法を提供することである。

12) WP12：異なる生物群を使った評価システムとのリンク

【目的】

生態学者が直面する本質的な課題の一つは、自然環境の空間的あるいは時間的な可変性（ノイズ）による重要な影響（シグナル）を単離することである。生物的な指標や解析技術が多く存在するにもかかわらず、また、一般に環境アセスメントプログラムで使用されているにもかかわらず、驚くべきことに、生物分野にもともと存在しているエラーや弱点についてほとんど把握されていない。WP12 の目的は、エラーによる変動を把握するために、選ばれた指標（生物）グループと計量指標による識別を明確にすることである。さらに私たちは、人間が導入したストレスターの生態学的な影響を最もよく表す指標グループを決定する際の戦略やガイドラインを開発する。

【方法・説明】

この WP12 で評価するデータは以下の通りである。

- WP7 で集められたコアとなる河川タイプのフィールドデータ、および同じ地点での既存データ。
- WP8 で集められたその他の河川タイプのフィールドデータ、および同じ地点での既存データ。
- WP4 で収集された、基準条件および劣化段階にある生物群の既存データ。

これらの3つのデータソースを用いて、部分的に WP11 と関連しながら、たくさん
の評価が行われる。目標と評価方法は以下の通りである。

- 特殊な地域におけるストレスターの生態学的な影響を決めるのに、最もふさわしい生物グループは何か？
- 河川タイプ 1 および 2 のエラーによって影響を受ける生物群や方法は違うか？
- 空間スケールごとに使える生物群はそれぞれ何か？
- 早期および長期的な評価にふさわしい生物群は何か？
- 対象地点の生態学的ステータスの体系的な評価を与えるために、異なる生物群と生息環境に関する調査（校正済み）から、どのような情報が得られるか？
- 目的ごとにどのグループを使用するか？
- クラスの境界線の定義と概要説明はどのように提案できるか？

13) WP13 : STAR のデータベースと既存データベースとのリンク

【目的】

ヨーロッパ委員会、利水関連の産業、研究機関の大きな利便性をもたらすため、プロジェクトデータベース (WP10) と、加盟国のデータベース (WP4 で選定) をリンクさせることを目的とする。

【方法・説明】

水生生物学や水環境のデータとして、ヨーロッパおよび国別データベース、アセスメントシステム、生物多様性データベース、研究プログラムそして博物館に蓄積されている学名などのデータ書式は、直接的な見直しや文献および WEB サイトへの照会によって確定されるだろう。

このデータ書式は、調査データの記録や現在の文献に使われている学名の分類コードシステムを含んでいる。多くのプロジェクトメンバーもまた、自身の経験や、既存データベースおよび現在の分類学に関する知識を持っている。

現行のプロジェクトデータベースは、特別な「マクロ」を取り入れており、主要なデータベース (WP4 で選定) を直接的に変換できるようにしている。また、最も広く使われている表計算ソフトやデータベースソフトからデータを移動することもできる。一般的なデータフィールドを使用することによって、データ移動プロセスの完全性が維持される。

プロジェクトデータベースは、ヨーロッパの主要な分類コードを他のシステムに変換するためのシステムを持っている。また、分類学上の異名を解決するためのシステムも提供する。

14) WP14 : WFD の標準調査法の開発にあたっての CEN 支援

【目的】

WFD に適合した標準調査法の開発において、CEN (欧州標準化委員会) をサポートすることを目的とする。これまでに記述した WP は、CEN が委員会資料として提案する中に、アウトプットとして取り込むことができるようにする。ヨーロッパの CEN 標準の設置に向けて適切な情報を準備する。これには、特別な地理的条件をもつ場所に最も適した方法、または生態学的ステータスの決定に最も効果的なデータや指標 (例えば、指標的な種、質的・量的な生物群の構成、栄養段階の構成、種の特性データなど)、さらに 5 つの生態学的ステータスの等級に関する説明が含まれる。

【方法・説明】

これまでの WP からの情報、特に WP6, 9, 11, 12 は、適切な調査法を提案するためのものであり、体系化された生物学的河川評価として CEN 標準の資料を作成することが考慮されたものである。あらゆる評価方法は、WFD 実施のために標準化されるこ

とが必要である。また、評価方法は河川タイプに特有な基準条件に基づくものであるため、欧州の河川タイプの生物群のデータは、将来に向けての標準でなければならない。このプロジェクトの各データは、さまざまな生物グループの基準群の構成種と多様性を説明している。

15) WP15：モニタリングプログラムの適用における実際的なガイダンスのための支援システム

【目的】

水管理者は通常、水域をモニタリングしている。しかし、あらゆる項目を、あらゆる場所でモニタリングするには費用がかかる。それゆえ、管理者はモニタリングについて明確な目的を絞らなくてはならない。もし目的が明確なら、選択肢も明らかになる。たとえば、サンプリングや評価にはどの方法がよいか？最適な方法と調査結果を得ることを支援するため、コストを最小にして、情報収集を最大にする支援システムがつくられる。このシステムは、WFD の目的に合ったモニタリングプログラムの手本になるだろう。

【方法と説明】

このプロジェクトの結果により、モニタリングに戦略的な道筋が与えられる。この WP では、河川のためのモニタリングネットワークを編み出すために、決定支援システムが開発される。この WP で最も重要な仕事は、異なる河川タイプのフィールド調査手法および評価手法を生物グループにリンクさせることである。異なるストレッサーや異なる河川タイプにおける、異なる生物群のサンプリングの比較結果が助けになる。このシステムが提供するアドバイスは、水管理者が質問することに答える内容がベースになっている。水管理者は、このシステムによって徐々に導かれていく。

[STEP1：河川の特長]

まず、すべての水管理者は、以下のような河川特長に関する質問に答えることによって、河川特長をシステムに導入すべきである。

- その河川はどの生態学的地域に属するか？
- 河川のディメンジョン（範囲、規模）はどのくらいか？
- この河川の特長は何か（日陰が多い、蛇行、氾濫、断続）？
- どのデータが使えるか？

このステップのために、河川のタイプ分けが必要である。河川タイプ、河川サイズ、その他の河川特長、そして河川の生物群の関係は WP11, 12, 14 から抽出されなければならない。地理条件と規模は重要なファクターである。

[STEP 2 : モニタリングの目的]

河川特性がクリアになったら、水管理者の次のステップは、モニタリングが目指すコンピュータシステムをどうするかということである。

- 標準的な評価
- 復元 (Restoration) 効果の評価、具体的には短期的効果、生態学的プロセスあるいは長期的な効果である。
- 攪乱による影響の測定、具体的には短期的影響、生態学的プロセスあるいは長期的な影響である。

この部分では、短期的と長期的な時期の違いは特に重要である。生物群、サンプリング戦略およびモニタリング計画が、モニタリングの目標に強くかかわってくる。WP11 はサポートシステムの決定に関わる。

[STEP 3 : リファレンスとストレッサー]

モニタリングの実際の目標（復元、標準評価法など）にかかわらず、水管理者はその河川がどんな自然か（どの生態学的ステータスにあるか）ということを知るべきである。なにがその河川のリファレンスになるか、どのような攪乱が役割を果たしているのか。質問の例は以下のとおりである。

- 形態的な劣化があるか？
- 富栄養化がおきているか？
- 有機汚濁が起こっているか？
- 酸性化がおきているか？
- どのリファレンスが使われるか？
- どの生態学的ステータスにあるか？

この部分をコンピュータシステムで構築するために、異なる攪乱での河川タイプと生態学的ステータス、リファレンスタイプ（WP11 より）の間のリンクが作成される。WP12 の結果、つまり生物群とその原因の検証も含まれる。

[STEP 4 : モニタリングのすすめ]

コンピュータプログラムが尋ねてきた質問にすべて答えたあと、水管理者は適切なモニタリング計画を得ることができる。このアドバイスは以下のような内容である。

- サンプリングすべき生物群
- 適切で、コストが最も効率的な野外調査方法
- サンプリング方法
- モニタリングの目標に最もふさわしい指標／計算
- サンプリングの頻度

- サンプルングの必要な期間

最もほしい答えは、「ある状況において、最も効率的な方法は何が考えられるか？」ということであり、答えは WP11, 12, 14 から抽出される。決定支援システムは、最もふさわしい生物群が与えるモニタリング（の組合せを含む）計画であり、またサンプルング方法、アセスメント方法、サンプルング頻度なのである。

16) WP16：底生動物調査におけるフィールド調査と室内作業の効率性およびコスト

【目的】

異なる「底生動物の野外調査手法」の結果について、とくにエラーや精度、そして評価やマネジメントに関係する効率性について検討することである。底生動物の採集や室内作業における異なる方法のコスト面での効率性を調査することである。

【方法・説明】

この WP では、既存データも特別なサンプルングプログラムで集められたデータも役立てるものであり、これらの組合せにより次に挙げたものを提供する。

- ヨーロッパで適用される方法についての情報
- STAR 加盟国によって標準的な方法で調査され、高度に同定された底生動物データ
- 底生動物データ収集における最も一般的な手法にみられる不確定性の定量化
- いくつかの研究室でのサンプルング処理の偏りに関する定量化

17) WP17：河川の機能に基づいた基準条件と生態学的ステータスの評価の確立に向けた、種の特性分析の価値について

【目的】

- 膨大かつ分散した生物情報を、専門家が速やかに受け取り、容易に種の属性に読み替えることができるようにすること。
- 異なる空間スケールにおける生物の生態的な特性の関係を示すこと
- STAR の同定レベルにおいて、機能別のグループに分ける重要性を示すこと
- 種リストを機能別グループに分ける定義。これは異なる河川タイプと人間のインパクトについて多面的なヒントを与える。
- あるストレスおよびその強さを指標できる生物群の機能別グループと組み合わせを定義すること
- 短期と長期における警告を与えることのできる生物群の機能別グループと組み合わせを定義すること

【方法・説明】

「生活史」などの生物の特徴は「生物的特性」とされ、「生物間の関係や生息場所の関係」は「生態的特性」とされる。

ここでは、STAR プログラムでサンプリングされた淡水性の底生動物群や藻類の生物的・生態的特性の情報が整理される。生物の特性パターンは、20 世紀に蓄積された知見から得られる。コード付けの手順 (Chevenet ら 1994) は、分類群と変数とのリンクに使用される。これにより生物の指向性や許容性、生活形式に関する情報も得られる。

18) WP18 : 空間スケールの研究

【目的】

生態系の多様性や異なる指標グループが、河川の生態学的ステータスの評価にどう使えるか、また、どの空間スケールが有意義であるかを評価することが目的である。

【方法・説明】

このプロジェクトの目的のため、空間スケールにおける河川の生物多様性の研究において、網目状の階層構造 (流域 > 河川 > 瀬 > 生息場所) が使われている。また、生態学的地域 No. 15 である中規模で水深のある低地の河川では、有機汚濁による劣化の異なる段階を評価するのに使われる。既存のデータの入手と、この対象データ取得のためのサンプリング地点選択が行われる。WFD の要求にしたがって、クロスチェックとヨーロッパの標準化のためにデータが必要である。

19) WP19 : 水生植物と水理形態に関するデータの収集および適用のための調査手法における誤差、変異性について

【目的】

標準的な MTR (Mean Trophic Rank) や RHS (River Habitat Survey) の評価に生じる変動性やエラーについて記述することを目的とする。最終結果におけるエラーの影響を最小限にして、収集したデータの品質を管理する。

【方法・説明】

潜在的な変動性やエラーというものが MTR や RHS の計量手法には存在する。これは、データの収集や指数化に関連して、変動を確定するための定量化が必要なためである。これらは、以下のように分類される

- 方法そのものに存在する変動性
- 調査者自身の変動性
- 自然背景の変動性

実験的なフィールドサンプリングプログラムは、総合的な変化と部分的な要因の定量化をするものである。この目的のため、再現的なサンプリングがポーランドのコアとなる河川タイプの 24 地点で行われる (WP7 にて実施)。

WP19 の研究プログラムは以下の通りである。

- 標準化された大型水生植物調査が MTR を使って夏に実施される。大型水生植物の同定レベルは種レベルである。
- 同時に、河川のコリドー／ハビタット調査が RHS または CEN 標準方法を使って実施される。RHS は、フィールドに基づいた記録システムであり、地図作成技術から得られた様々な情報を追加しながら行われる。
- 主要な水理学的、化学的データセットが変動性を説明するために収集される。
- それぞれのサイトで、3 人の別々の専門家が MTR と RHS を実施する。
- 3 人の専門家は互いに別々にデータを記録する。これらは施設に戻るまでお互いに野帳を照合することはない。
- 個々のデータと指標は、結果の変動性を分析するために使われる。
- 変動性のデータソースは整理され、WFD の実施に際し変動の重要性が評価される。

2.3 マックス・プランク陸水学研究所河川生態研究施設における溪流生態系の研究

2.3.1 河川生態研究施設における溪流生態系の研究

AQEM は底生動物を使った河川の評価システムであり、STAR プロジェクトは、そのほかに魚類や付着藻類など他の生物群も含めての河川の評価システムである。これらのシステムの確立のためには、これらの生物を含む河川生態系に関する基礎的な研究の蓄積が不可欠であった。ドイツにおいては、古くからこのような研究が行われてきた。

今回訪問したシュリッツ市にある河川生態研究施設は、こうした研究フィールドの一つである。

この河川生態研究施設は、マックス・プランク陸水学研究所に所属しており、ブルーンから 500km 南にある小さな町、シュリッツにある。ここで、所長の Zwick 教授の案内により、研究所の設立、フィールド調査の概要、および研究所での研究内容の紹介をいただいた。

2.3.2 ブライテンバッハ川における研究紹介

本研究所のフィールドは、ブライテンバッハ川であり、この川において専門家が研究を行っている。その研究のいくつかを以下に紹介する。

これらは河川の生態系に関する様々な研究内容であり、分子レベルから可視的なスケールの生物のレベルまで多様である。長期間にわたって実施された研究結果がこの研究所に蓄積されている。

(1) ブライテンバッハにおける底生動物と藻類の相互関係 (Dr Georg Becker)

Grazing activity of *Agapetus fuscipes* (Trichoptera) in the upper reach of the Breitenbach: Influence on biofilms and competitors.

(*Agapetus fuscipes* (Trichoptera) のブライテンバッハ川の上流域における摂食活動：生物膜および競争者に対する影響)

2 つの毛翅目、*Agapetus fuscipes* (Glossosomatidae) および *Drusus annulatus* (Limnephilidae) の幼虫のフィールド実験は、Breitenbach 川の上流域で実施した。これらの種の特徴としては、口の部分は、こそげとるような構造をしている。

9月に、人工の付着板を、低地のサイトの流水中に設置した。4週間後に、ごく少数の共存種 *D. annulatus* と共に、*A. fuscipes* が高密度で付着した。その後5週間の間、*A. fuscipes* の幼虫は、対照区ではそのままに残して、いくつかの基盤から毎日

取り除かれた。両方の種の密度は毎日記録した。

流水の流速の中での生体内の蛍光発光、クロロフィル a 濃度、下層にある生物膜の AFDM を定期的に測定した。対照区においては、*Agapetus fuscipes* は、実験を通して高い数値で出現した。集中的な摂食によって生物膜は薄くなった (AFDW $40 \mu\text{g cm}^{-2}$)。 *A. fuscipes* を毎日除去することによって、生物膜は増加し、5 週後にバイオマスは対照区の 27 倍になった。同時に、競争者 (*D. annulatus*) の量は、対照区と比較して著しく増加した。これらの結果は、低流速における *A. fuscipes* の生物膜に対する明確なトップダウン効果を示しており、これら 2 種間の食物を巡る異なる種特異的な捕食戦略と、搾取的かつ不均衡な競争をも示している。

<gallery (付着性の巣) について>.

- gallery は巣の前後に追加されて作られる。これは、BIOFILM である。マイクロエレクトロ装置を使ってこの測定を行った。
- gallery の表面には石表面よりも多くの珪藻が付着している。珪藻がなぜ食糧としてよいかというと、栄養効率がよいからである。
- 日陰なしの時には、11~2 月にかけてギャラリーの面積が増加し 2 月に最大になった。一方、3~4 月にかけてバイオマスが増加し 4 月に最大になった。
- 日陰ありになっていると、11~2 月にかけての増加がない。幼虫のバイオマスも増加しない。
- gallery は餌になっている可能性が考えられた。作っている間はエネルギー消費が大きい。

(2) 河川生態系における予測について (Prof. Rüdiger Wagner)

Prediction in running water ecology? - How discharge patterns affect species abundance and community diversity in the Breitenbach

1969 年に小川の生物の研究のためにブライテンバッハ川に温室を建設した。当初は生物の種類は 200 種類程度とされていたが、詳細な調査の結果、1000 種以上もの生物の生息が確認された。これらの 1000 種の各種の生物の生態が研究された。ブライテンバッハ川は、流域面積が 10km^2 に満たない小規模な小川であるが、自然保護地域に含まれている。

ここでの研究は、長期的な研究であり、生態学的な視点によるものである。

周辺の地域は雨量は変化が大きく、特に夏に大雨がある。流量は冬~春に少し増え始め、夏に多くなる。去年の流出パターンは異なっていた。流出パターンをいくつかに区分した。

コカゲロウは卵が 8 ヶ月間石の下で孵化を待つため、流されにくい。洪水が多い年には他の種類は流されてしまうため、コカゲロウが増加する傾向がある。

カワゲラ的一种は、水の少ないときに有利である。その年の流出パターンによっ

て種構成が変化する。これは、流出パターンとの関連性を調べることによって予測することができる。

1990年代以降、小雨であったが、94年、95年は流出量が多かった。これらの流出パターンから、予測を行った結果、いくつかの昆虫については予測が当たった。

水が少ないときに繁殖が盛んになる種—造網型のカワトビケラとイワトビケラ（砂に巣を作るものと、造網型であるもの）の2種で比較した。これらの成果は、WFDにも採用されている。生物群集の構成によって水質の評価を行うというWFDの水質評価に適用される。

WFDでは700種くらいの種を使って、5000の河川の水質を評価する。

これらの成果は、統計的なバックデータとしての有用性がある。多変量解析により、50種類の生物の生息条件を整理した。また、多様度指数と流量との関係についても研究した。重要なファクターについてはさらに詳細に研究を進めている。

グローバルな変化との関係については、流量パターンと生物群集との強い関連性が使える。他の河川でも調査した結果、本対象河川と同様な結果が得られた。

(3) ブライテンバッハにおけるバクテリアの役割 (Dr Jürgen Marxsen)

The role of microbes in the Breitenbach

<食物連鎖におけるバクテリアの役割>

河川生態系の中では、バクテリアが食物として重要な役割を果たしている。特に底質中のバクテリアが重要である。バクテリアの生産量の測定方法については、放射性物質のロイシン(タンパク質)を使用している。流出量が極端に大きい場合は、生産量は減少する。50%のバクテリアが、大型水生生物(PROTOZOEN、METAZOEN)に利用されている。バクテリアの20%が、大型底生動物のえきになっている。残りは自己分解したり、下流のフルダ川への流出が考えられる。

川の水中の多くの種類の炭水化物を分析した。止水と流水の違いを調査した結果、止水のRibが多かった。それはバクテリアの働きによるものかもしれない。

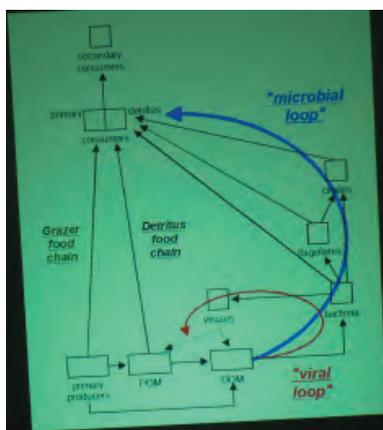


図 2.3-1 バクテリアの役割

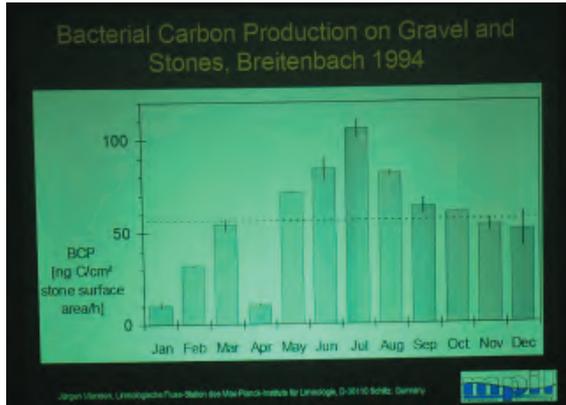


図 2.3-2 バクテリアによる炭素生産量

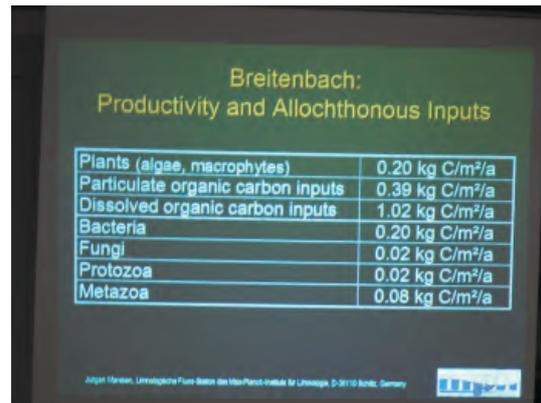


図 2.3-3 炭素生産量と移入量

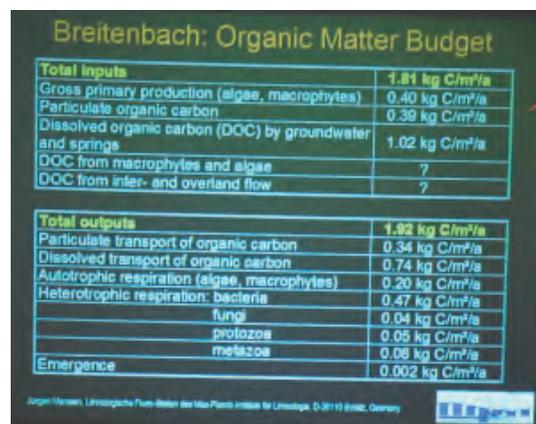


図 2.3-4 有機物量の推定

<細胞外の Enzyme (酵素) の役割>

生息場所によって、グルコシターゼの活性度が異なっているという現象がある。これを砂質の生物膜で調べた。酵素の濃度とその活性速度との関係は以下のとおりである。

遺伝子でサインされた方法を使い、分子生物学的アプローチを活用。DNA のバンド分析を行い、多変量解析や類似度を計算した。そして、ブライテンバッハと海、土壌、培養されたバクテリアの相違をみた。その結果、ブライテンバッハのバクテリアは、土壌のバクテリアと類似度が高いことがわかった。セルラーゼは普遍的に存在することから、重要であることがわかる。

(4) その他の研究内容

1) トビケラ *Tinodes rostocki* (Psychomyiidae) の採餌行動および構造物の隠れ場所

(Feeding behaviour and retreat construction of the caddisfly *Tinodes rostocki* (Psychomyiidae).)

流水中の石の表面で、*Tinodes rostocki* の幼虫の鉋物粒子の隠れ場所が、幼虫の糸と共に作られた。その隠れ場所は基質において固定されるが、そうでなければ幼虫が一方の端を壊し、もう一方を延長するため、ゆっくりと石の表面を横断する。*Tinodes rostocki* はブライテンバッハ川の rhithral な環境の典型的な生息種であり、ブライテンバッハ川の中下流域の優占種の一つである。この隠れ場所は、石の底質を高い比率で覆い、その結果、空間を巡る種内競争がおこる。しかし、この幼虫の隠れ場所の機能と摂餌戦略については完全にわかっていない。

時期的にもエネルギー的にも集中的に争う資源としても、*Tinodes* の隠れ場所が重要であるが、この隠れ場所の組成についての詳しい情報はまだ書かれていない。しかし、隠れ場所を作るためのエネルギー要求量や隠れ場所を作る意味についての情報は、本種の摂食戦略を理解するのに必要である。

本種の 5 齢幼虫の隠れ場所の長さは 3~13.5cm で、約 0.8cm である幼虫の体長より相当長い。典型的なサイズ(長さ 7cm および幅 0.4cm) の隠れ場所は、約 21,200 の鉋物粒子(粒子 > 33 μm) でできている。これらの粒子はすべて、幼虫の絹糸によってくっついている。さらに、幼虫は、壁の内部を絹糸で覆っている。ブライテンバッハ川のほとんどの隠れ場所は、目で見える生物膜をもつより古い部分と、薄い生物膜を持つ部分の両方をもっている。有機物の材料(絹糸および生物膜)は、乾燥量で古い部分では 3% 以下、新しい部分では 2% 以下にしかならない。鉋物粒子の大きさは、古い部分は新しいセクションより著しく小さい。観察により、以下のような幼虫の選択が判明したといえよう。すなわち、幼虫は、隠れ場所の古い部分から大きな粒子を切り取ってきて、それついた有機質を摂食し、これらの粒子を新しいセクションに移動させるのだと。そして、再びこれらを壁面に付けるのだ。つまり、この幼虫の隠れ場所の修理、延長、破壊にかかる時間、エネルギーの投資は、非常に高いようだ。

2) *Tinodes rostocki* の幼虫の隠れ場所における光合成活動及び光合成色素の分布)

(Photosynthetic activity and photopigment distribution in and beside larval retreats of *Tinodes rostocki*.)

Georg Becker, Peter Stief (Max Planck Institute for Marine Microbiology)

Tinodes rostocki の隠れ場所は、岩表性の生物膜の三次元的に拡張したものと見

なされる。その生物膜は、明確な微環境の集合体の代謝と構造を持っている。したがって、光合成/呼吸活動(O_2 及び pH の生物センサー)、幼虫の隠れ場所の光合成色素構成(HPLC)および覆っている岩表性の生物膜を比較した。隠れ場所では、色素構成および光合成/呼吸活動が、可視的な付着藻類の生物膜のあるセクションで高い。それらは大部分が古い方の隠れ場所である。これと対照的に、新しく作られた部分と周囲の岩表性の生物膜は、だいたい数値が5倍低かった。隠れ場所の生物膜のフイコキサンチン/クロロフィル比は高く(fuco/chl-a=1.27)、珪藻が優占していることを示した。これは、周辺の岩表性の生物膜ではみられなかったことだ(fuco/chl-a=0.15)。500-700 μ m厚さの内腔中に差し込んだマイクロセンサー法によって、実験的に隠れ場所を顕微鏡のスライドに移動させることができた。光条件下では、 O_2 濃度と pH の値が、壁を通して著しく増加し、隠れ場所の内腔でも高い状態であった。しかし、暗条件下では、壁でも内腔でも O_2 と pH が低い状態または無かった。このデータが示していることは、本種の幼虫は特別な物理的・化学的な微環境を構築し維持しているということである。この微環境は、明らかに微生物群集に恩恵を与えている。それゆえ、豊富な *T. rostocki* 幼虫は、小河川における底質の一次生産と従属栄養的な新陳代謝に著しく影響していると思われる

2.3.3 研究フィールド：ブライテンバッハ川

ブライテンバッハ川は、延長約2 km。その一部区間で、川の上部に温室のような調査施設を設置して羽化昆虫を捕獲できるようにした。この河川では、測定装置を施設の下流側に6箇所設置している。流量測定は、上流側に設置され、三角堰と連続観測装置が設置により5分ごとに測定されている。



図 2.3-5 ブライテンバッハ川の上流域の状況



図 2.3-6 ブライテンバッハ川の調査施設



図 2.3-7 流量検定堰

調査施設の中には自動観測装置を設置して、濁度、pH、EC、D₀、水温などを測定している。pHは7.2程度、春～夏に7.4になることがあるがほとんど一定である。降雨の時には6.7-6.8より下がることはない。ECは40mv（蒸留水くらい）、酸性にはならない。温度は水源の状況によって変わるが、年間4～15℃くらいを推移する。1度だけ凍ったことがある。D₀はほぼ飽和状態であり、十分である。底質は1cmの深さで測る。栄養塩、カチオンの量は少ない。カルシウムが多い。流量は100万m³/年間。

年間降水量は650mm。NH₄：20μg/L、Mg：12mg/L、NO₃：600～1000μg/L、P：50μg/L、Ca：15mg/L、Na、K：5mg/L

温室内の捕獲器は、定量的にベントスのバイオマスを測るために設置したもので、イーリアス氏という人物の考案である。対象の分類グループを決め、生活史の中で

羽化する昆虫を対象を絞り込んで観察した。これは、幼虫の同定は難しいため、最低限の種を調査するためである。1000 種中半数が昆虫である。

当初はバキュームクリーナーで吸い込んで捕獲したが、1回で1時間くらいかかった。また、毎日これを繰り返した。すると、集める人によって結果が変動した。そこで、それを改善するために、走光性を利用して紫外線を通した装置を使った。上から流されてきた昆虫も含めて、この小川の平均的な生態系が把握できる。月・水・金に捕獲を行った。

このような装置で上の方に集められた羽化昆虫は、薬品の入った樋に落ち、最終的にはまとめて収集用の容器に集められる。



(羽化した昆虫の収集施設)



(昆虫を捕らえる樋)



(昆虫の収集器)

図 2.3-8 調査施設内の状況

気象状況による生物の移動と温度との関係が調べられた。600 種以上の昆虫を対象にした。ハエの仲間、ユスリカやヌカカなどは、その同定が困難であり、分類の専門家がいても全種の生態の把握は難しい。そこで、カワゲラ、トビケラ、甲虫類等を代表種として詳細に調べることにした。

この場所の生物相は過去からほとんど変わっていない。下流のフルダ川では以前汚染されていたが最近では改善されて、きれいになった。フルダ川の方で見られるようになった生物はこのフィールドの構成種と類似してきた。生産性は高い。なぜこのような微少な生物がここに生息するか。それは、流れが少なく緩やかであり、餌が細かい。細かいものが存在しているのである。バクテリアのような生物も多く存在する。周囲からの流入も十分ありえさが豊富である。線虫のようなデトリタスフィーダーにとっても生活ができるのである。このフィールドには魚類も生息するが種類は少ない。

2.4 ミチゲーションと自然再生の実例

2.4.1 ルール川におけるミチゲーション

(1) ミチゲーションの必要性

従来の水質評価システムでは、ルール川は図 2.4-1 に示すとおり良好な河川水質と評価されていた。しかし、EU の魚や水生昆虫、水生植物、植物プランクトンなどの要素も対象とするエコロジカルな観点から評価し直すと、図 2.4-2 に示すとおり目標が達成できていないことを示す「赤」が多い状態となった。そのため、生物的な要素の改善についても取り組む必要が生じた。

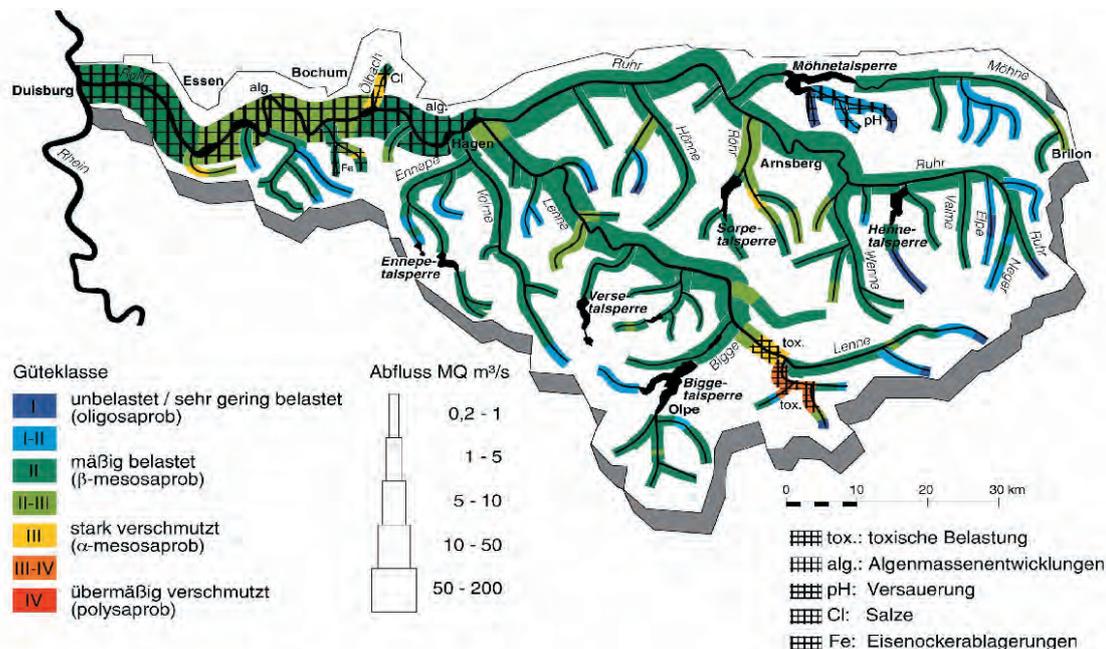


図 2.4-1 従来の水質評価（ルール川水系 2002 年）

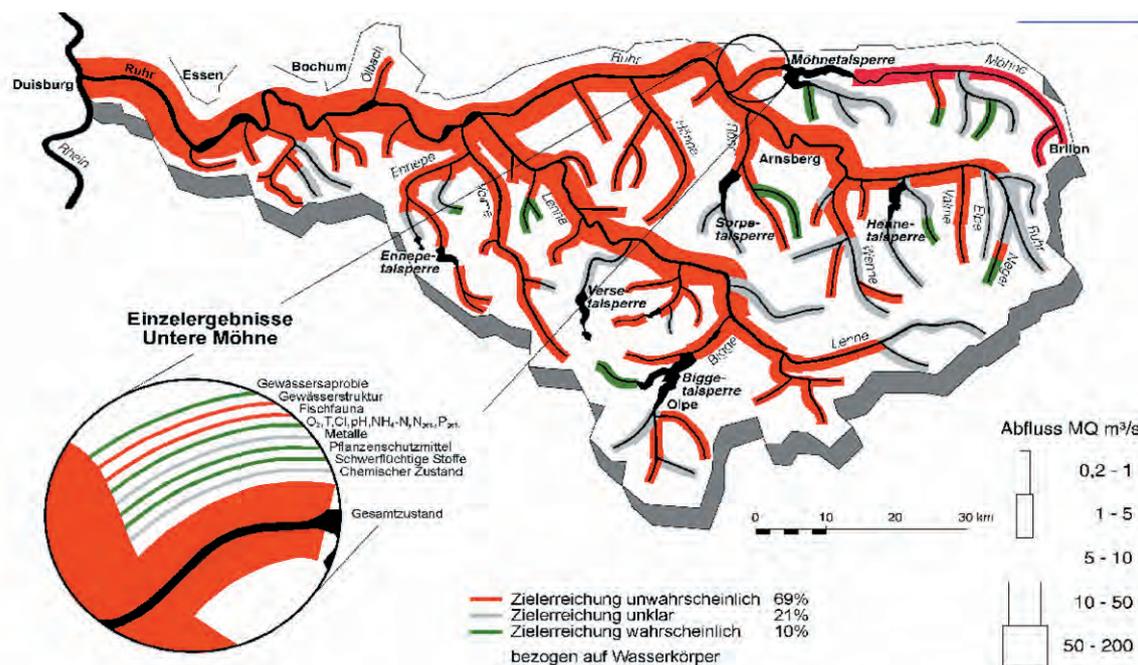


図 2.4-2 新たなエコロジカルな評価（WFD に基づく評価の推定）

河川の生態系について要約すると、「水辺に関わる全ての要素がそれぞれに役割をもち関わり合う」といえる。河川の倒木は流速に変化を与えて新たなハビタットを提供する。成虫期を樹上生活するカワゲラは、幼生期を河川水中で過ごすものであるが、樹林が無くなると生存することができない（図 2.4-3, 4）。

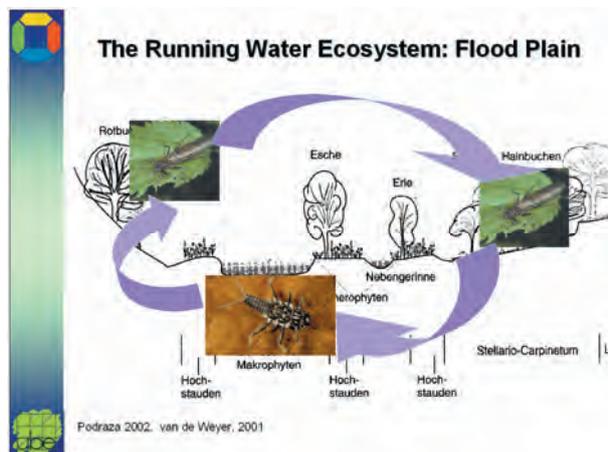


図 2.4-3 流水のエコシステム

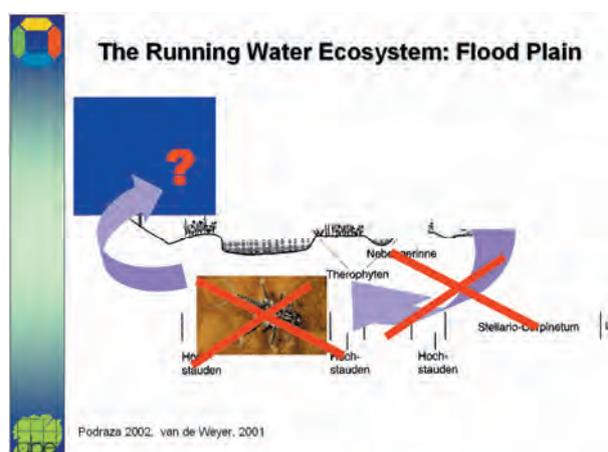


図 2.4-4 陸域植生との関わり

ヘイト（カワカマスの仲間）は、氾濫源に産卵する魚種であり、河川が氾濫しなくなると繁殖ができずに減少する（図 2.4-5）。1828 年から 1963 年の 150 年間に、ライン川ではかなりの直線河道化が進み、氾濫源が減少した（図 2.4-6）。WFD の基準を満たすために、これからは氾濫元を取り戻すことも必要となる。

The Running Water Ecosystem

- Another example for the loss of species regarding the loss of specific structures in the flood plains:

In spring the pike places its eggs onto flooded meadows. If flooded meadows do not exist anymore in these areas the population of pikes will be extincted.

The lack of specific structures in the ecosystem means the loss of species and a reduction of diversity.

図 2.4-5 ヘイト（カワカマスの仲間）

The Running Water Ecosystem

The change of the Rhine River between Breisach and Sasbach in a period of about 150 years

1828
1872
1963

Straightenings have caused reductions of flood plains.

Siebeck 1999

図 2.4-6 氾濫源の減少状況

(2) 下水処理場建設のミチゲーション事例

開発により失われた自然環境はどこかで取り戻す必要があるという観点から、下水処理場建設に伴うミチゲーション事例を紹介する。下水処理場を氾濫源に建設することは自然の改変であり、どこかで代償措置を講じてバランスをとる必要が生じる。ここでは、この様な観点から行われた Rellinghausen 島での自然再生について

解説する。

この島はルール川の中州となっている島（図 2.4-7）で、建設残土の盛り土により造成されたキャンプ場がある。氾濫の影響を受けなくなったことで、ネオファイト（15世紀以降の外来種の植物）が繁殖した。（図 2.4-8）このような状態を、護岸や盛り土を撤去して三日月湖を造成し、昔の植生が繁茂する中州を取り戻すこととしたのである。計画内容は図 2.4-9 に示すとおりである。本計画には、河川護岸造成の永久禁止、ネオファイトの駆除、樹木の移植と遷移による氾濫原の再生等も盛り込まれている。

Impact regulation

Island Rellinghausen in the Ruhr River in the condition of the year 2001:

This area (90.000 m²) is an ideal compensation for the impact in the flood plains of the Ruhr River.

A huge campground is in the north of the island. To protect it against flooding, this area was heaped up by several kind of soil material.

The southern part consists of grassland as well as of masses of **neophytes**.



Neophytes

Neophytes are plants which has been imported after the 15th century.

They can suppress the local flora.



Combat of *Heracleum mantegazzianum*



Reynutria japonica



Impatiens glandulifera

図 2.4-7 Rellinghausen 島での自然再生

図 2.4-8 ネオファイトの繁殖

Compensation Measure

Planning :

- elimination of the camping ground
- ablation of the landfill
- rebuilding of oxbow lakes
- partial elimination of the fixation of the banks
- repressing the neophytes
- re-establishment of flood plain forest by succession and by planting trees (15,000)

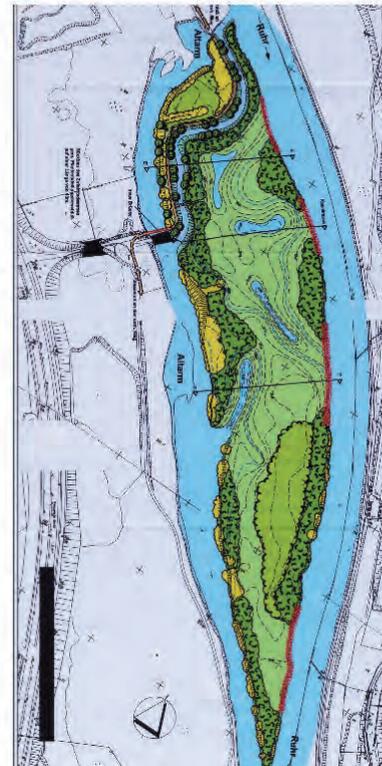


図 2.4-9 Rellinghausen 島での自然再生計画

2002年9月から2004年夏までの変化を航空写真でたどると図2.4-10に示す通りとなる。水生植物や樹木の状況は予定と比べて良好であり、出水により細粒土砂が流されて砂礫の河原も出現して、この様な場を利用する鳥類の繁殖場所となっている(図2.4-11)。造成した三日月湖には数種の水生植物が、その周辺には数種のアシ、低木、香草、灌木、樹木がそれぞれ繁茂するようになった。多くの低木、樹木が遷移による広がりを見せ、様々なタイプの牧草地が出現するなかで、ネオファイトは減少している。

Island Rellinghausen

realisation (03.09.2002) of the planning :

- elimination of the camping ground
- ablation of the landfill
- construction of oxbow lakes
- partial elimination of the fixation of the banks
- repressing the neophytes
- re-establishment of food plain forest by planting of trees



(2002年9月)



(2003年春)

Island Rellinghausen

Summer 2003

- In the background: the impact in nature and landscape by erecting the wastewater treatment plant
- In the foreground: the compensation measure



(2003年夏)



(2004年夏)

図2.4-10 Rellinghausen 島の変遷

Island Rellinghausen

Plain of gravel: The fine soil material has been washed out by the flood. That is the reason why there are only few small plants. Here is the breeding habitat of the “Flußregenpfeifer”.



Photo: Heinz Spath



図 2.4-11 Rellinghausen 島における鳥類の繁殖の様子

(3) Oefte の事例

Oefte ではトウモロコシ畑や牧草地であった川沿いの土地を湿地と灌木のエリアにするミチゲーションを実施した。1999 年春、手をかける前の状況は図 2.4-12 の通りである。この様な土地に、小河川や三日月湖の造成、植林による森林の造成、湿地の拡張など、図 16 に示す計画に基づいて手を加えた。

Riparian Plain „Oefte“

March 1999, before starting the renaturation measure:

- farmland with corn
- grassland
- a brook running in a ditch
- drainage channel around a little swamp
- area of wet farmland



図 2.4-12 Oefte の事前状況

Riparian Plain „Oefte“

Landscape conservation support plan for the riparian plain Oefte (100.000 m²):

- brook crossing the plain
- oxbow lake
- development of alluvial forest (succession, planting of 16,000 trees)
- extension of the swamp

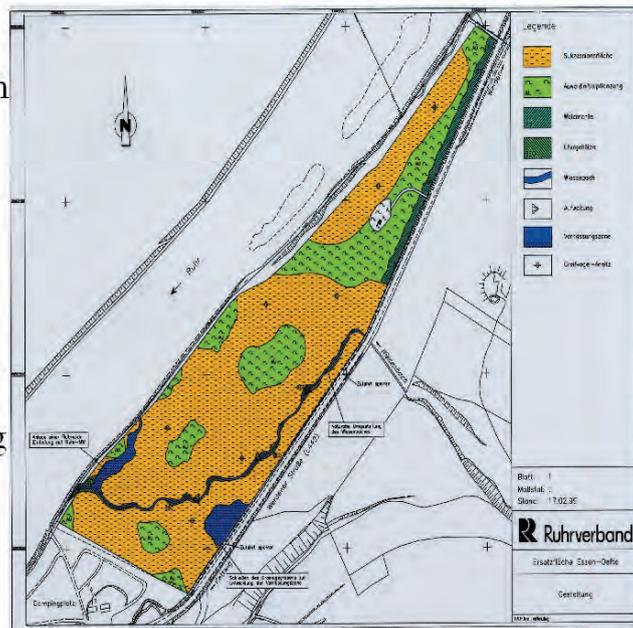


図 2.4-13 Oefte の自然再生計画

4ヶ月後には、200種の植物の生育を確認した。2年後には、ついに灌木で覆われるようになり、5年後の2004年夏には、灌木は6-8メートルにまで成長した(図2.4-14)。Oefteにおけるミチゲーション事例をとりまとめると、以下の通りである。

- 主目的はルール川沿いの氾濫原にある約200,000m²におよぶ複数の低木湿地の再生である。
- 再生行為が生態系を乱さずに行なえる氾濫原を対象に造成した。
- これらの再生行為は、その規模、生態的および形態的な多様性のうえで重要であり、Water Framework Directive (WFD)により要求される良好な生態系の状態に達するために大きく寄与するものである。

Riparian Plain „Oefte“

July 1999, four month after the alteration to a near-nature landscape:

- The whole area is covered by herbs and shrubs
- The planted trees and bushes are not visible because of their small size.
- The brook and the oxbow are well developed.



(1999年 夏)

Riparian Plain „Oefte“

Results of the study in August 1999:

- About 200 species were identified, most of them are herbs, grasses and shrubs.
- The planted trees and bushes did not dominate the impression because of their small size.



(1999年 夏の植生)

Riparian Plain „Oefte“

July 2001, two years after the alteration:

- At last, the whole area was covered by lots of trees and bushes (succession).
- Most of the herbs and shrubs were repressed by the alluvial forest.



(2001年 夏の状況)

Riparian Plain „Oefte“

July 2004, five years after alteration to a near-nature flood plain landscape:

- The whole area is covered by soft and hard wood forest.
- The trees have reached a size of six to eight meters.
- Most of the herbs and shrubs are repressed by the alluvial forest.



(2004年 夏の状況)

図 2.4-14 Oefte の変遷

2.4.2 オランダ・ライン河下流における自然再生

オランダ ワーゲニンゲン(Wageningen)の町の近くにある、ライン河下流部の自然再生地区(DE BLAUWE KMER)である。オランダのライン河下流部には、20箇所くらいの自然再生地区があり、その中で最も古い場所である。



図 2.4-15 自然再生地区の全景

ここは、夏に洪水が入るような構造となっており、夏の堤防と冬の堤防がある。これらの堤防の間に、水があふれる場所が存在する。(遊水池のようなものと考えられる)



図 2.4-16 遊水地

地区内には、家畜を放牧して、灌木等が茂らないようにしている。

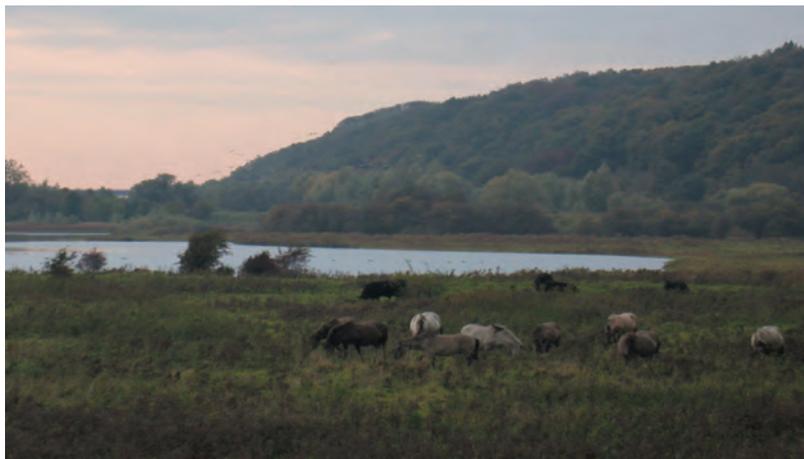


図 2.4-17 放牧されている家畜



図 2.4-18 自然観察小屋

地区の中程には自然観察小屋が設置されており、絶好のバードウォッチングの場所となっている。



図 2.4-19 自然観察小屋内部の鳥類図

3. 環境への取り組み

3.1 AQUA

デンマークのシルケボー (Silkeborg) の NERI 研究所に隣接している、AQUA 淡水水族館を訪問した。

AQUA 淡水水族館は、1993 年に作られた。訪れた人が湖や川の中を旅しているように思える水族館として作られている。

AQUA では、河川や湖沼に生息する生物とその周辺環境との関係などを、見たり触ったりして学習できるような施設となっている。

水族館の内部には、河川や湖沼に生息する淡水性の魚類を観察できるとともに、生態系のピラミッドや河川の自然再生などに関する説明などがあり、子供たちが直接魚に触れることができる水槽などもあった。また、上層階の展示室には、太古の生活の状況、流域の変化などに関する展示などがあつた。

水族館の外部は公園となっており、水鳥やビーバー、カワウソなど淡水域に生息する動物を観察できるようになっている。また、水辺で子供たちが遊べるような遊具なども設置されている。

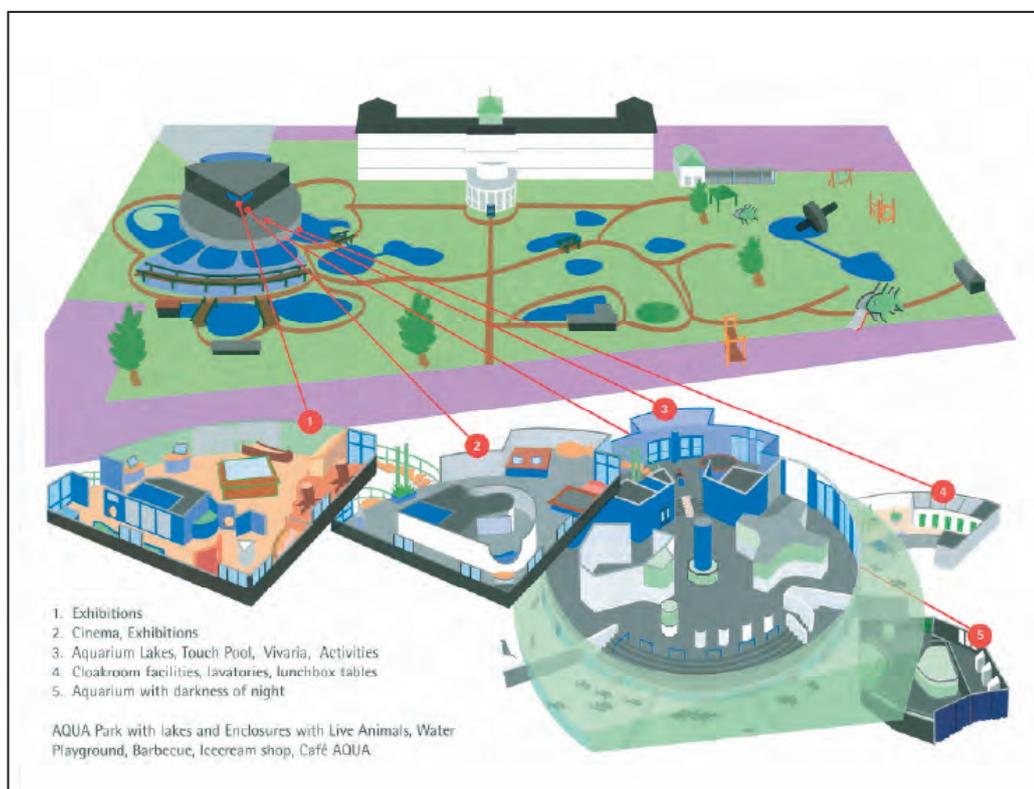


図 3.1-1 AQUA の全容



図 3.1-2 AQUAの入口



図 3.1-3.1Fの展示室



図 3.1-3 Touch Pool



図 3.1-4 AQUAの公園



図 3.1-5 自然再生の説明



図 3.1-6 生態系の説明

3.2 フライブルグにおける都市内水路

フライブルグ市はドイツの南、バーデンヴュルテンベルグ州にある観光と環境で有名な町で、人口約 20 万人である。駅にほど近い旧市内の歩道にはオーバーリング（飾り模様）が 450 か所程度施されている。これらは、歩道整備の際に商店主などが追加分の費用負担をすれば自分たちの店先の歩道に独自の模様を入れられる精度があるため、景観に配慮した街づくりが進められている。



図 3.2-1 フライブルグの小水路

フライブルグの街中には、古くからの小水路が今でも市民に愛されており、手入れも行き届いた状態で街のシンボルともなっている。近年、日本においては都市化の進行に伴い、生活の中心となっていた小水路が次第に姿を消してきたが、水辺環境がもたらす潤い、やすらぎ、防災、景観などの多面的な機能が注目されるようになり、その復活を望む声が次第に高まりつつある。このような状況の下、フライブルグの水路と市民の関わりを学ぶために現地を視察を行った。

(1) ベヒレとは

フライブルグの街中を流れる人工的な小水路は「ベヒレ」(Bächle) と呼ばれている。古くは 1200 年代に作られたとする説もあるが定かではない。用途は生活と防火用水で、飲料にも用いられていたが、現在では、雨水を流す、路面電車と歩道を仕分ける、そして街の潤いのために存在している。

ベヒレを流れる水は、ドレイザム川から発電、水車、石磨き、魚の蓄養などに用いるために取水された用水の一部である。ベヒレを通った水は用水路に還流し、その用途は現在も変わらない。

第二次世界大戦の戦災を受けて、街の大部分が破壊されたときに、フライブルグ市では、戦後の復興期にベヒレをアスファルトで蓋掛けをした。その後、1970 年代中頃の歩行者天国の流行を受けて、ベヒレを復活させることとなった。戦前は道路の中央を流れていたベヒレであるが、歩行者の安全と車両や市電の通行を勘案して

道路の脇に移した。それ以外は、かつての姿を基本として復元した。現時点でベヒレの総延長は 8.5km である。ベヒレは幅が 20–80cm（深さは 10–60cm）で、幾種類かの大きさがある。その土地は全て市の所有となっている。



図 3.2-2 フライブルグ市内地図（河川は左が下流）

ベヒレの建設コストは、300–350 ユーロ/m 程度である。河床に敷き詰める石の素材により建設コストが変わる。例えば、かつての道に敷き詰めていた丸い石を使うと、材料費として 225 ユーロ/m² かかるが、チロルから購入した石であれば、50 ユーロ/m² 程度である。さらに、建物のすぐ脇に設置する場合は、止水性に配慮した工法が必要となり、建設コストが上がる。



図 3.2-3 ベヒレの位置（市内の青い細線）

(2) ベヒレの用水について

ベヒレに必要な水量は、トータルで 250L/sec が必要である。これは用水路の水量の 1 割になる。この場合、各ベヒレに 15L/sec 程度が流れることとなる。

水源のドレイザム川は、川幅が 30m 程度で水量が豊富である。昨年の大洪水では、川まで干上がったために何も出来なかったが、通常は十分な水量がある。雨量は早春に比較的多く、夏には時折のスコールがある。特に水量が少ない時期というのは特定できない。近年は、温暖化の傾向にありあまり雪が降らなくなった。それでも、30-40 日間/年は霜が降りる。

降雨によりベヒレからオーバーフローするような場合には、あふれる前に下水道に流入するような作りにしてある。下水処理場は 40km ほど先にあり、いくつかの自治体の下水を処理している。フライブルグ市の下水道整備は完了している。

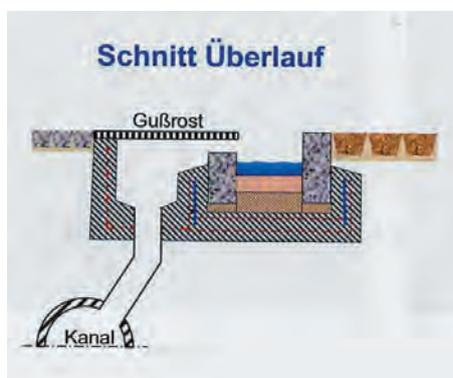


図 3.2-4 ベヒレの構造（断面図）－オーバーフロー対策－

(3) 維持管理について

維持管理には 2 人の職員が従事している。10 月に 2 週間ほど、用水路とベヒレの水を止めて清掃を行う。たまたま今回の視察時にはその時期に当たっていたため、ベヒレには水が流れていなかった。

ベヒレからのオーバーフローが凍結する恐れがある時期には、安全上の配慮から水を止めることがある。年間の維持管理は 18-20 万ユーロとのことで、市の職員からのヒアリングでは市民の協力についてはあまりふれていなかったが、商店でのヒアリングでは、ベヒレに関して「小川・里親制度」的のものがああり、市民は積極的に維持管理に深く関与しているようであった。

(4) 安全管理について

「ベヒレ」が関係する事故としては、通行人が気付かずに足を踏み外して捻挫することが最も多いが、それでも 2 年に 1 件程度である。1950 年代にこの種のトラブルに関する裁判の判例がカールスルーへの連邦裁判所で示されている。「ベヒレは

歴史的なものであり、誰に対しても責任を負う必要はない」というもので、この判決は市民にも支持されている。



図 3.2-5 レストラン街の前のベヒレ

(5)ベヒレの効果と必要性

1970年代から整備を行ってきたベヒレにより、特徴がある商店が集まるようになり、街の活性化に役に立っている。自分の家の前にもベヒレを引いてほしいという要望がある。このような要望に関しては、歴史的な背景（過去にその場所に存在したか）や地形（自然流下するだけの勾配があるか）などを勘案して決めるが、自分たちが工事費を分担してでも良いから作ってほしいという要望もある。

市としては、大聖堂と並ぶ観光の目玉であると認識しており、ベヒレツアーも催している。夏にはベヒレに裸足ではいる人もいる。ベヒレに足をつけた男性はフライブルグの女性と結婚しなければならないという掟があるという。市民ヒアリングによると、これは女性にも当てはまるとのことで、ベヒレを利用した人は、自分がフライブルグの一員であるという自覚を持ってほしいということのようである。

さらに、ベヒレは広く市民に認知されており、魚の視点から街を見た子供向けの本もある。（書名：Bernhard im Feiburger Bächle）



図 3.2-6 夏には犬も涼むというベヒレ

(6) 住民の人に聞く

地元の幾人かに話を聞いたところ、「ベヒレは景観の改善に役立っており、すばらしいものでフライブルグの誇りと思っている。特に、流れる水が飲料にも使えるような水質であることがすばらしい。」との話があった。カフェの前のベヒレの取り付けるグレーチング（蓋）の維持管理はカフェにも負担を求められるが、「小川・里親制度もあるので、大した負担にはならないと考えている。」という回答があった。市民が要望する背景には、それなりの歴史があるものであるが、日本においても水路が生活上必要とされたのはそれほど昔のことではない。いま、その記憶が薄れないうちに、水路を再認識する必要を強く感じたものである。

3.3 オランダにおけるバイオ・マニピュレーション

(1) 目的

オランダにおけるバイオマニピュレーションは 1980 年代にアメリカの技術が導入された。オランダにおけるバイオマニピュレーションの目的は、濁った湖、植物プランクトンの多い湖を水生植物が多い湖にすることである。湖が自然の状態に戻り、水生植物の多くなると、生物的に多様性が高くなると考えられる。また、飲料水の水源としての水質を確保することも目標としている。

湖沼への栄養塩の流入削減は、30年ほど前から実施されているが、リンを1～2g/m²/年程度まで削減するので限界であった。これ以上の削減には相当なコストがかかり、地元には受け入れられなかった。そこで、バイオマニピュレーションを実施することとした。

(2) バイオマニピュレーションの概要

80%以上の魚を除去することを目標とする。目標とするレベルは、プランクトンを食べる魚を10～15kg/ha、底生魚を15～25kg/ha とすることである。

削減する方法としては、毒物を入れることはできないことから、魚を釣り上げて削減する。

オランダにおいて望ましくない魚としては、コイ科の淡水魚である Bream がいる。Bream は、オランダの魚のバイオマスの 70% を占めている。Bream は、水底を掻き乱して泥を巻き上げてしまい、また、ダフニアを食べてしまうため植物プランクトンの増殖の原因を作っている。オランダには 150～200kg/ha が生息している。Bream の生息により 6g/m²/年程度のリンが生産されるといわれている。よって、Bream を除去すると水がきれいになる。

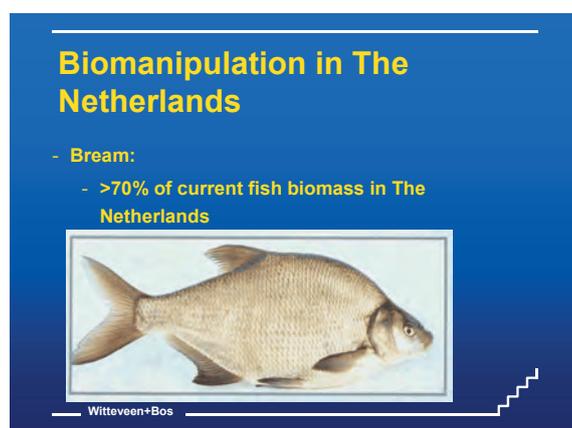


図 3.3-1 Bream

オランダにおける他の重要な手段としては、植物の増殖に必要な自然の水位変動（今は冬場が高すぎ、夏場が低すぎる）の回復がある。しかし、冬は農業で使う水が減るため水位が上がり、氾濫原には人が暮らすようになっているため水位を上げ

ることができず、水位変動の回復は難しくなっている。

水生植物を増やすと、水生植物を食べる Northern pike などの魚が増える。魚の生息量は、食べられる魚と魚を食べる魚の量のバランスの上に成り立っている。魚食魚の増減は、湖の生産力に左右されている。

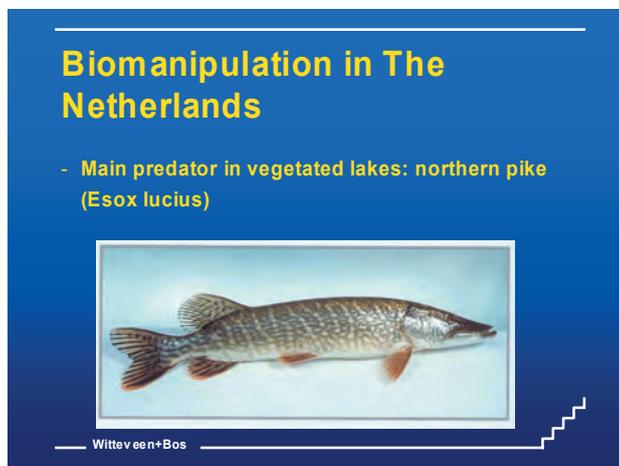


図 3.3-2 Northern Pike

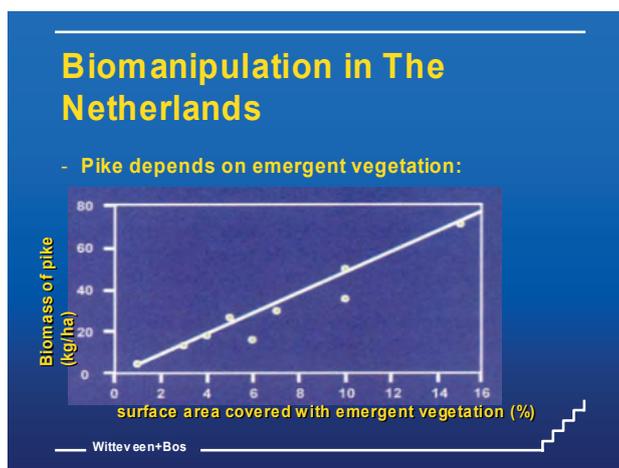


図 3.3-3 抽水植物と Pike の発生の関係

(3) 今後の課題

- 安定的にきれいで抽水植物が生息できる湖にできるか。
- 10～15年前から始めたばかりでわからないことが多い。
- 抽水植物の回復まで至っていないところもある。
- 魚を全て除去できない状況のところもある。

4. 調査対象機関

4.1 N E R I (National Environmental Research Institute)

(1)NERI の概要

NERI は、デンマークの環境省に属する研究機関である。

環境省には、直属の部局があり、その下に5つの研究機関などが属している。NERIはその研究機関の一つである。たとえば、Danish Environmental Protection Agencyでは、地球環境などについて担当している。



図 4.1-1 デンマーク環境省の組織図

NERI の研究所は、デンマーク国内に3カ所あり、Roskilde は、本部で施策の企画など、Kalo は、動植物、狩りなどに関する研究、Silkeborg は、河川、海洋、地上の生物等の研究を行っている。



図 4.1-2 NERI の位置図

今回の調査で訪問したのは、Silkeborg(シルkeborg)の研究所であり、デンマークの首都コペンハーゲンより、特急列車で約2時間30分のSkanderborg(スキャボグ)から車で約30分程度のところにある。研究所はSilkeborgの町はずれの森の中にある。



図 4.1-3 NERI

NERIは、政策分析部門、水環境部門などの8つの研究室から成り立っている。8つの研究室のほかに研究室をサポートする3つの部署がある

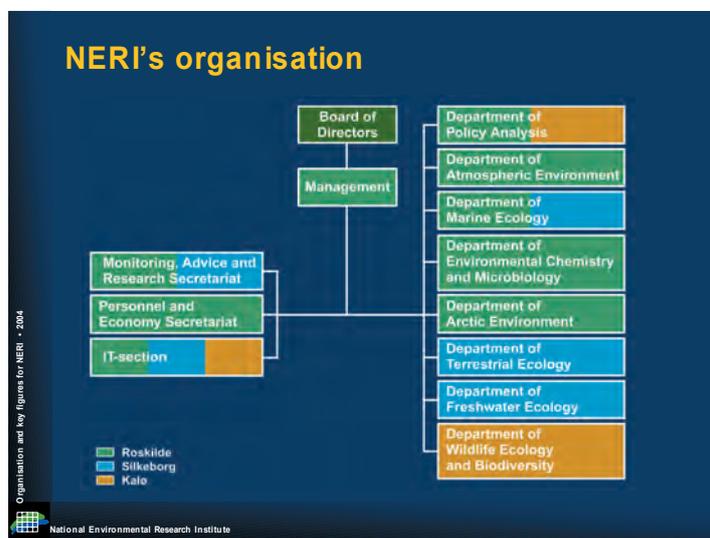


図 4.1-4 NERI の組織図

年間予算は合計約25,000万DKKであり、国家予算が15,000万DKK、EUや環境省からの調査費が10,000万DKKである。業務は、国内だけでなく東ヨーロッパからの調査依頼も受けている。研究者は、主任研究アドバイザーが最も多い。Silkeborgには研究者が約60名いる。



図 4.1-5 NERI の従事者

(2)デンマーク国内の水管理法

デンマーク国内の水管理法の歴史は、1850年代のコレラがきっかけとなって、保健衛生に関する法整備がされたのがはじめである。

地表水の保護（水環境の保護）は、農業と密接に関係しており、農業用水について、ある地区から排水された水が、別の地域で使え、農地の拡大ができることを目的として、水環境の保護が行われてきた。当時は、各地区からの排水については、個別に地区（市）レベルで許可されてきていて、全国的な統一がなされていなかった。

そこで 1974 年に、環境保護法が改正され、国が表流水に関する計画を作成し、県が具体的な条例等を作成し、各市レベルが準拠するようになった。

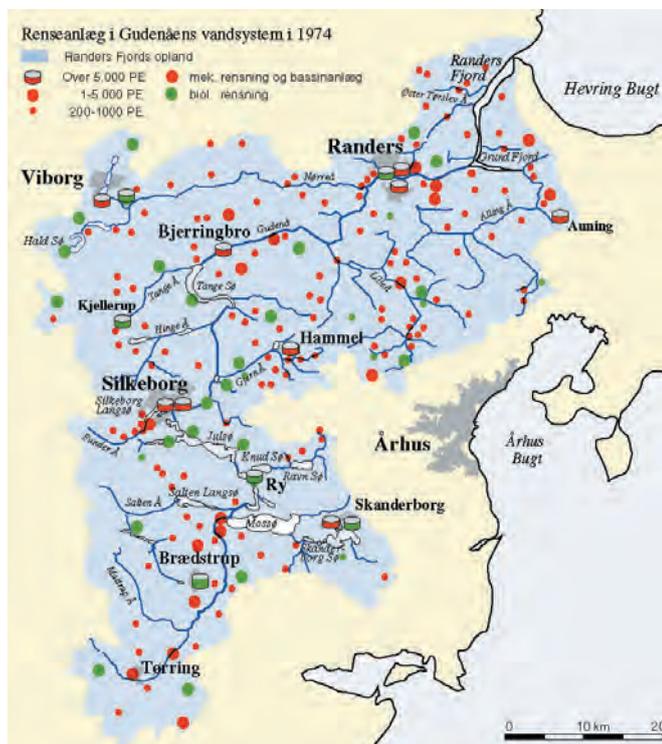
水環境の管理、制御を行った国の計画には、成功したものと、失敗したものがある、成功した例としては、Gudenna 川（デンマークで一番長い川）がある。

Gudenna 川は、流域面積約 3,200km²であり、その 70%は農地であり、流域人口は約 350,000 人である。



図 4.1-6 Gudenna 川（Silkeborg の北）

1974 年頃には、流域に多くの小さい下水処理施設があり、生物処理をしているものは少なかった。1997 年には、全体として施設数は減ったが、規模が大きくなり生物処理やリン処理施設をもつ施設が増えた。



(Gudenåkomiteén, 1998)

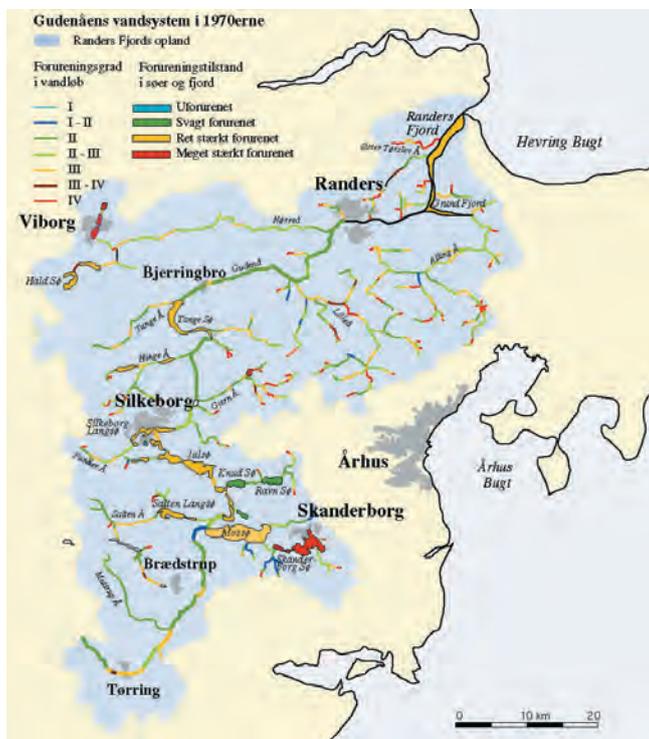
図 4.1-7 Gudenna 川流域の下水処理場(1974 年時点)



(Gudenåkomiteén, 1998)

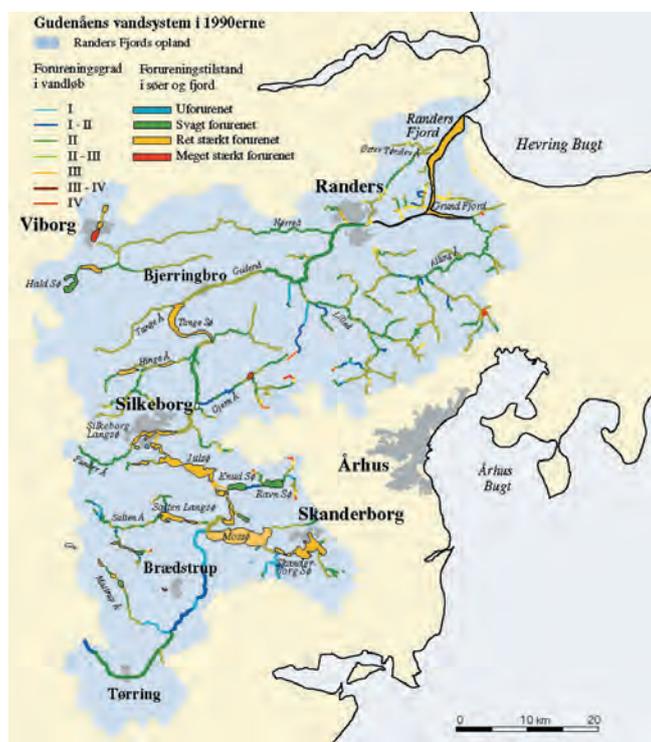
図 4.1-8 Gudenna 川流域の下水処理場(1997 年時点)

その結果、生物指標によって水質を評価すると、1970年代に比べ1990年代は良いと評価される河川の区間が増えた。しかし、一部の河川では、目標とするのはレベルIIであるが、まだ、人為的な改修や農業による影響などによって、思うほど改善が進んでいないところもある。



(Gudenåkomiteén, 1998)

図 4.1-9 Gudenna 川の水環境指標 (1970 年代)



(Gudenåkomiteén, 1998)

図 4.1-10 Gudenna 川の水環境指標 (1990 年代)

その後、1987年に法改正があり、1974年の法律に追加する形で改正され、環境保護法が改定され、デンマーク全体のアクションプランが作られた。1974年の法律では、地域計画の中には海域の目標が含まれていなかったことなどが背景となって改正された。1986年には、海域でDOが下がり、窒素が増加することになってしまっていた。

新しい法律では、それまでの県レベルでの水管理では、対応に限界があることから、全国的に統一的な管理を行うこととした。県レベルでは、農業に対する規制まで踏み切ることができなかった。

改正された法律では、窒素を50%、リンを80%削減することを目標とした。

人口5,000人以上の町では、下水処理場を設置し、BOD：15mg/l、N：8mg/l、P：5mg/lを目標とした。農地からは、窒素を削減することを目標とした。サイレージや畜産排水はもともと規制されていたが、さらに意識付けをするようにした。

窒素はとりきれぬものではないことから、法律の施行とともにモニタリングシステムの整備を行った。

そして、2004年に、WFDの法律が国内法に適用されることとなった。

(3) NOVANA

(Nation-wide Monitoring and Assessment Programme for the Aquatic and Terrestrial Environment)

1987年の水管理法の改正にともない設定された水環境における行動計画に基づき、全国規模で組織的な環境調査が始まった。全国規模の調査は、1989年～1992年及び1993年～1997年に渡って実施された。そして、デンマークにおける水環境のモニタリングとアセスメントの施策は、1998年～2003年に実施された。調査は県レベルで実施されていた調査に追加される形で実施された。

このモニタリング調査は、湖沼、河川、海洋における生物指標と窒素、リン、有機物（環境ホルモンを含む）に焦点をあてて調査を実施した。1993年と1998年に改訂が加えられて、対象とする物質が増えている。また、各物質の排出源と地下水、地表水の動きに注目した調査を行った。この調査結果は、県などの施策に活用し、農業における行動計画の見直しにも使用された。その結果は国際的に報告されるとともに、NERIの研究にも使われている。また、水環境行動計画の改訂等に当たっても重要な資料として使用されている。

2004年からはNOVANAとして、全国的な調査と評価が新たに始まった。NOVANAは次のような観点で改訂された。

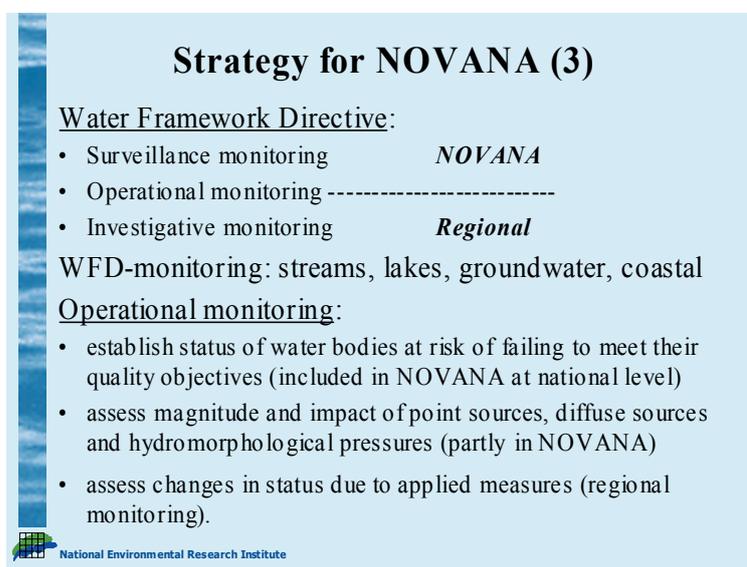
- 目標設定をして、目標達成するためにモニタリング調査をする。
- 政治的決定機関が、目標を設定したらモニタリング調査をしなければならない。

-
- 国際的な義務が付け加わった。国際という場合はEU以外にも海洋環境については周辺各国の協定にも従わなければならないという義務も含む。

モニタリングは集中的に頻繁に行うことを目標としている。調査の優先順位は予算に応じて決められる。また、国全体の状況を把握するために、頻度を下げて全体を把握するための調査も実施している。

調査は、有害化学物質(HZS)についても行っており、その中には農薬などの環境に影響を与えるもの全てが含まれている。2004年にデンマークで新たに2つの影響物質を見つけた。調査結果については、その原因などについても分析しとりまとめることとしている。

WFDで必要となる調査のうち、Surveillance モニタリングと Operational モニタリングの一部はNOVANAで実施する。それ以外については、県レベルで調査行う。



Strategy for NOVANA (3)

Water Framework Directive:

- Surveillance monitoring **NOVANA**
- Operational monitoring -----
- Investigative monitoring **Regional**

WFD-monitoring: streams, lakes, groundwater, coastal

Operational monitoring:

- establish status of water bodies at risk of failing to meet their quality objectives (included in NOVANA at national level)
- assess magnitude and impact of point sources, diffuse sources and hydromorphological pressures (partly in NOVANA)
- assess changes in status due to applied measures (regional monitoring).

 National Environmental Research Institute

図 4.1-11 NOVANA による調査の WFD における位置づけ

NOVANA は、湖沼、河川、地下水、海域、大気降下物などの10項目について実施している。

Main content of NOVANA (1)

Sub-programmes in NOVANA:

- Lakes
- Watercourses
- Groundwater
- Agricultural Catchment Monitoring
- Point sources
- Marine Areas
- Atmospheric deposition
- Air quality in big cities
- Habitats
- Species.

 National Environmental Research Institute

図 4.1-12 NOVANA による調査範囲

調査地点は、その地域の土地利用などにあわせた調査項目で、デンマーク全体をカバーできるように配置している。

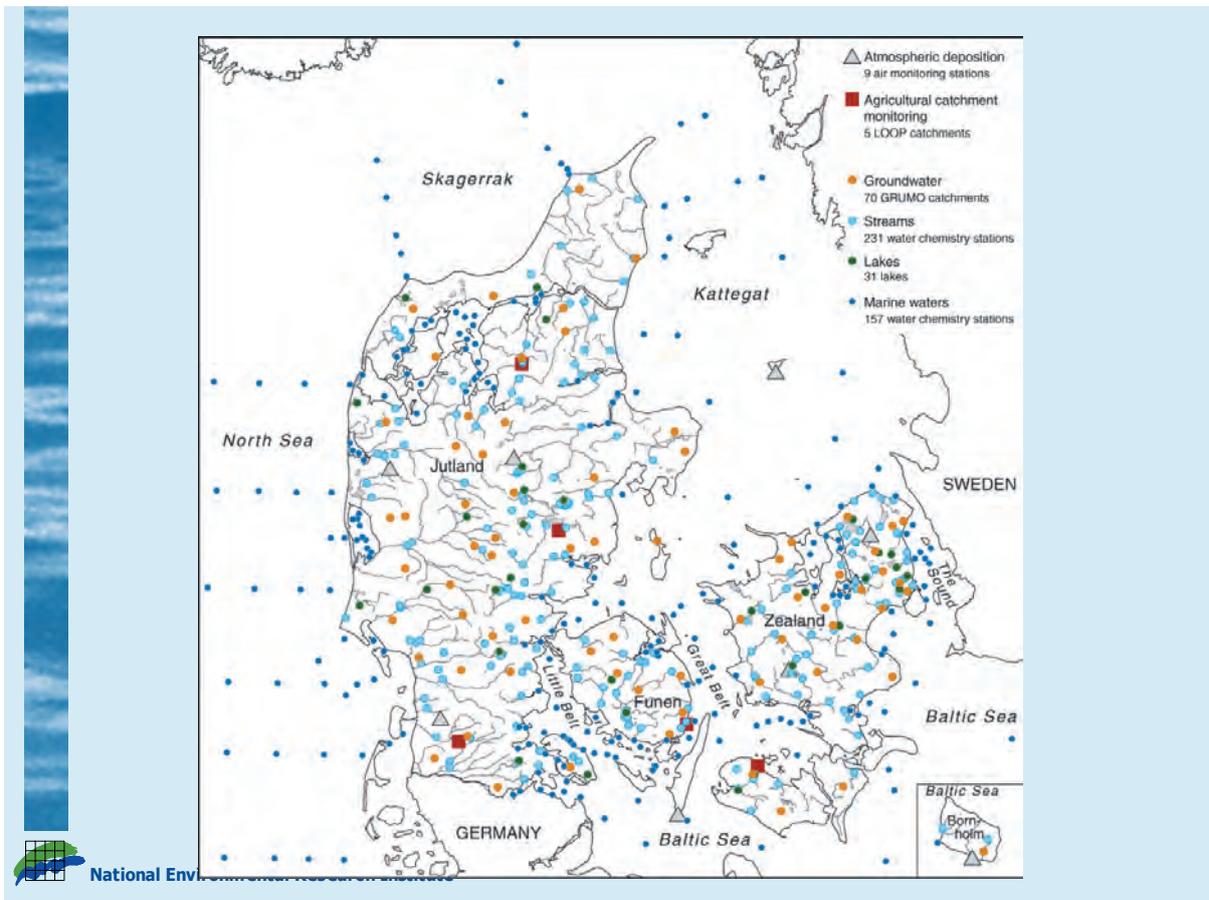


図 4.1-13 NOVANA による調査地点

主な調査内容は

○特定排出源

- 人口 30 人以上の下水処理場排水 (1450 箇所)
- 企業で持っている個別の処理場からの排水 (110 箇所)
- 養魚場 (400 箇所)

等を対象

- 道路排水、屋根からの排水、個別排水は調査していない。

○大気降下物分析

- 窒素、リン、ナトリウム、カリウムなどを 9 地点で観測

○地下水

- 飲料水の 95%は地下水であり、56 箇所で、浅井戸と深井戸について、有害化学物質なども含めて調査

○農業

- 6 カ所の小さな流域について、有害化学物質、生産力、肥料の量、耕作物などの項目を調査し、農地個々について、農薬、肥料の使い方、N,P の使用実態を把握している。

○河川

- 国と県で 180 の地点において、流量、栄養塩、BOD、有害化学物質などを調査している。
- 750 の地点で、生物も調査している。そのうち、50 箇所では、動植物、水質の詳細な調査を実施している

○湖沼

- 23 箇所の湖沼で、マスバランス、栄養塩類、有機物、生物構造を年間 19 回調査している。
- 面積 0.01ha 以上の湖沼で、毎年ではないとしても何らかの調査を実施している。

○海洋

- 9 箇所の特徴的なフィヨルド、34 箇所の代表的な海岸、11 箇所の海洋で調査を実施している。
- 水の動きと、物質が流出した場合の状況を調査している。

Investigated Parameters	Lakes	Water-courses	Ground-water	Agricultural catchment monitoring						Point sources	Marine	Atmosphere
				gw	lm	wa	dr	sw				
Catchment descriptions	x	x	x									
Catchment analyses	x	x										
Physical parameters:												
- oxygen and temperature	x	x	x	x					x	x		
- water quantity	x	x	x		x	x			x	x		x
- substance quantity	x	x	x			x	x		x	x		x
- age, soil physics			x									
Chemical parameters:												
- nutrients	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x
- org. matter, other param.	x	x	x	x			x		x	x		
- acidifying substances												x
- hazardous substances	x	x	x	x	x				x	x		
- heavy metals	x	x	x		x				x	x		x
- pesticides			x	x	x	x	x		x			
Biological investigations:												
- Phytoplankton	x										x	
- Zooplankton	x										x	
- Fish fry	x											
- Fish	x	x										
- Macrophytes	x	x									x	
- Macroinvertebrates	x	x					x				x	

gw = ground water; lm = liquid manure; wa = watercourses; dr = drain, sw = soil water

図 4.1-14 NOVANA による調査項目

(4) デンマークにおける水環境の実態

デンマーク国内の多くの河川の環境は、長年にわたる河川改修、堰とダム建設、および農地を開拓するための河川管理など、物理的変化による影響を受けていた。しかし、重大な汚染源である污水排水からの有機物質は、ここ数十年にわたる污水处理により広範囲にわたって改善しつつある。

毎年 1,000 箇所以上で大型底生生物の生息状況を調査し、河川の生物学的水質を評価している。その状況はデンマーク河川の動物相指数 (DSFI) で 1 から 7 までの指数で表現している。河川水質の生物指標は 1999 年より実施している。

指数 5、6、7 は、比較的清浄で物理的河川環境の変化に富む状態を表し、2002 年は 44% を若干超える河川がこの数値を示した。また 39% の河川は環境の影響を中程度に受けた指数 4 を示した。不良状態を表す指数 1、2、3 は 17% 近い河川で見られた。

環境の質は一般的に小河川よりも大河川の方が良好である。従って指数 6 と 7 の比率は川幅が広くなるとともに 10% (0~2m) から 36% (10m 以上) まで増加する。

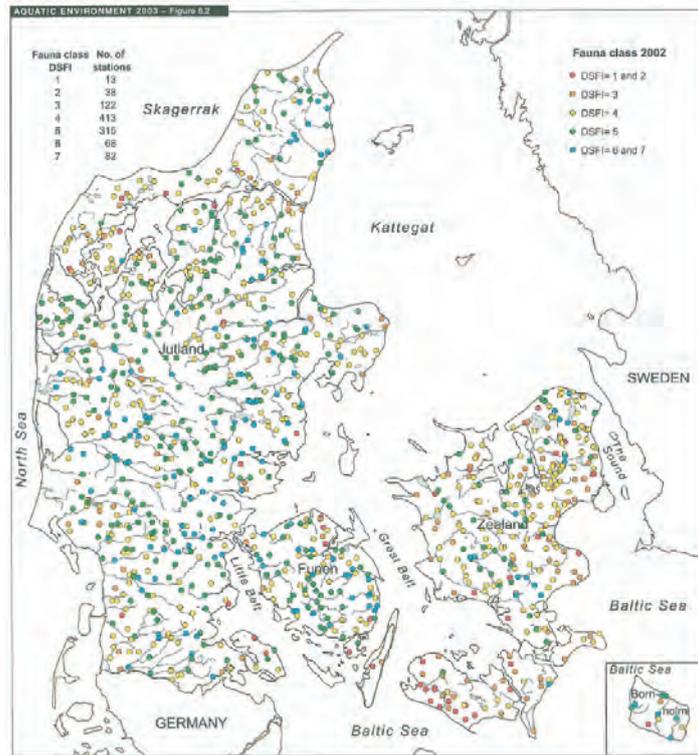


図 4.1-15 生物指標による河川環境評価(2002年)

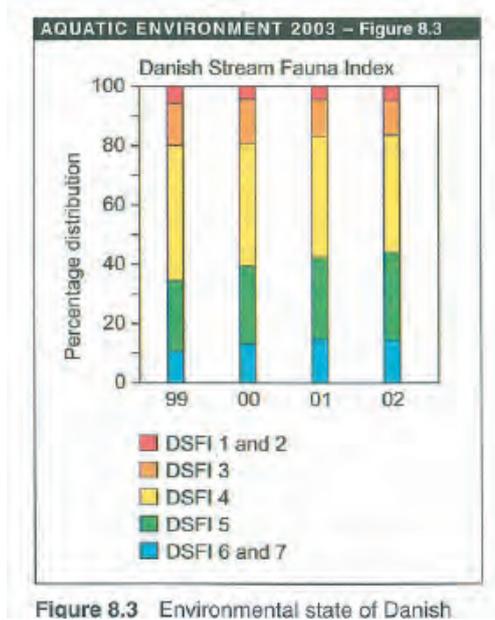


Figure 8.3 Environmental state of Danish

図 4.1-16 1999年～2002年までの河川環境指標の変化

総窒素 (N) と総リン (P) の含有量の流量を加味した平均濃度を図 4.1-17 に示す。リンの濃度は汚水比率の高い河川で高く、窒素濃度は耕地集水域で高くなっている。

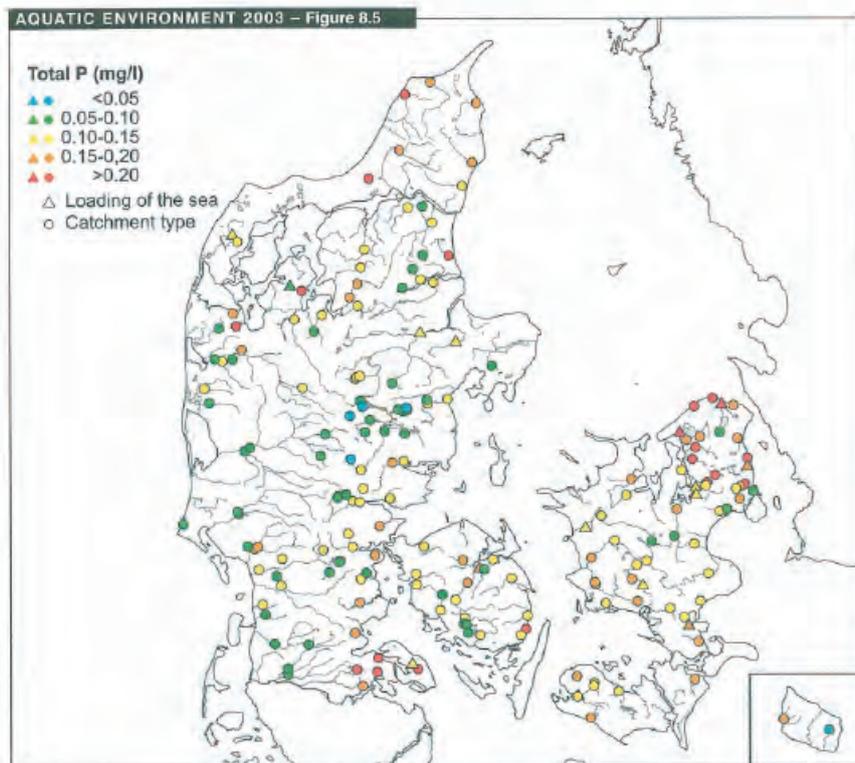
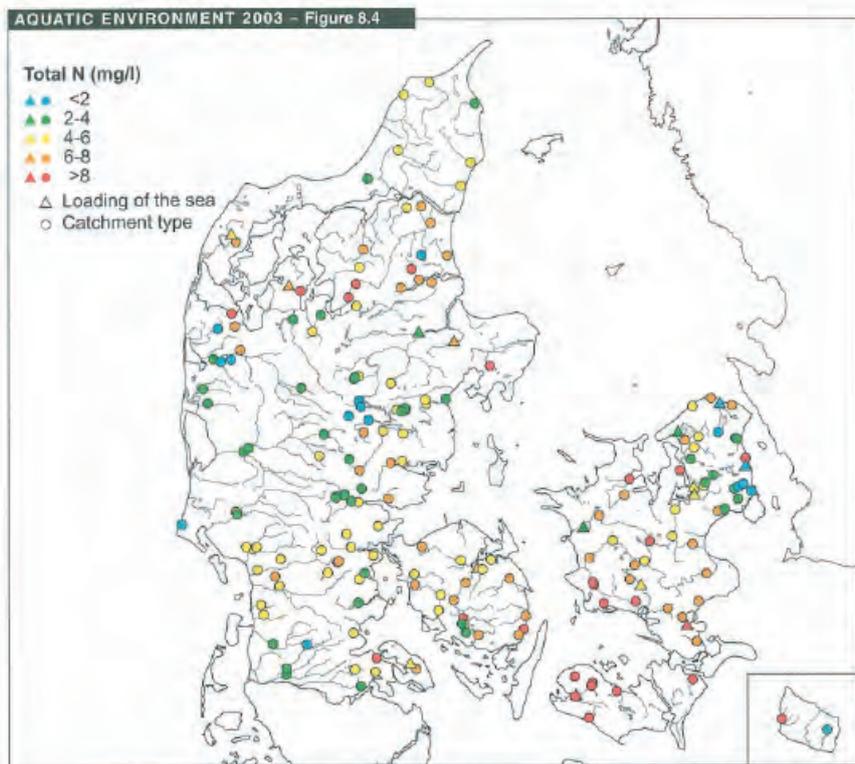


図 4.1-17 窒素・リンの濃度(2003年)

また、窒素とリンの経年的な変化は図 4.1-18 の通りである。

窒素は、河川全般の窒素濃度は全体的にみれば低下しつつある。この濃度低下は

農耕地が多い河川流域や特定排出源のある河川ではもっとも顕著である。農耕地や特性排出源からの流入対策として、1989年から2002年にかけて適切な下水処理を行うことで約30%の低下している。そうした河川では、2mg/L以上の窒素濃度の低減となっている。

リンは、総流入と平均濃度は1989年以降約40%低下した。1990年代に下水処理におけるリン除去が進んだことによる。リンの含有量は降雨量が少なかった1996年には上昇したが、1998年以降は安定している。

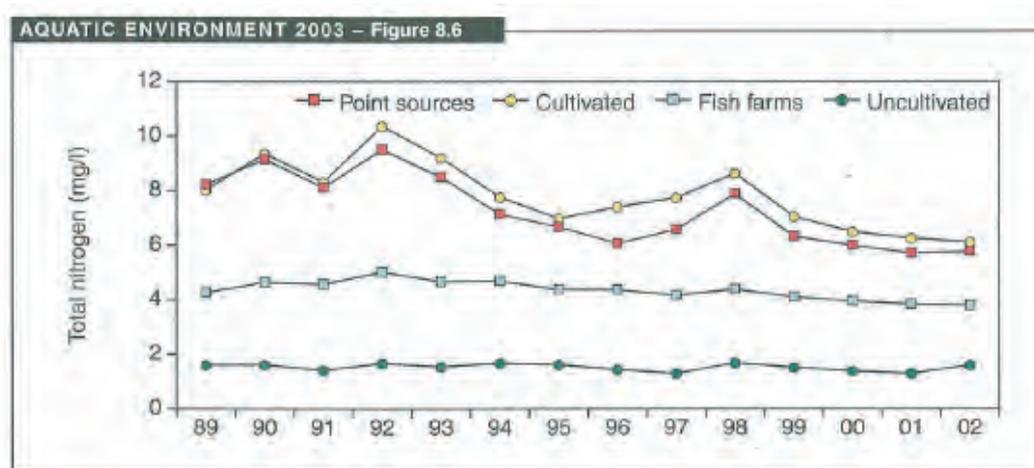


Figure 8.6 Trend in nitrogen concentrations since 1989. Average of flow-weighted annual mean values for streams subjected to different pressures. *Bogstrand (ed.), 2003.*

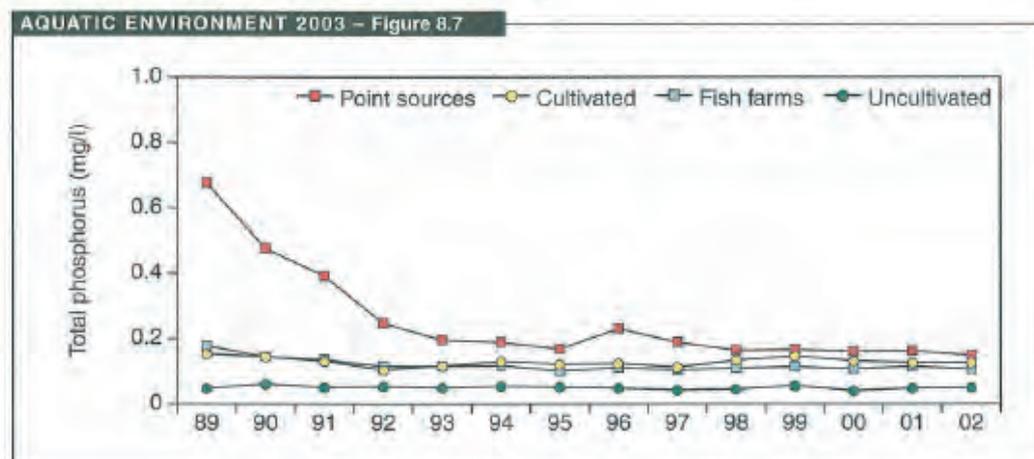


図 4.1-18 窒素・リン濃度の推移

4.2 カールスルーエ研究センター

カールスルーエ市の郊外に位置するカールスルーエ研究センターは、欧州における科学技術研究所として最大のものの一つであり、ドイツ連邦政府ならびにバーデン・ビュルテンブルク州の補助をうけている。研究開発プログラムは、Hermann von Helmholtz 国立研究センター協会の上位研究計画の枠組みの中で実施されており、構造材料、地球環境、健康、エネルギーおよびキーテクノロジー の5分野の研究に重点を置いている。

このセンターの中には以上の分野をカバーする多くの研究所があるが、その内の一つ工業化学研究所(Institute of Technical Chemistry) では水質に関する研究が行われている。ここでは水中のコロイド物質、ケイ酸の化学、磁力によるイオン交換などの研究開発がおこなわれている。

また、このセンターの中にはプロジェクト管理機構(Project Management Agency) という組織があり、この内の一つに水技術及び廃棄物管理プロジェクト管理機構がある。ここでは、例えば水技術に関して、連邦研究教育省の予算の下で様々な研究プロジェクトが実施されている。水技術及び廃棄物管理のプロジェクトの年間予算は現在34.5百万ユーロであり、この予算はドイツ国内の大学などによる研究プロジェクト予算に使用される他、国際的なプロジェクトにも用いられている。例えばロシアの水環境対策技術について、Oka-Elbe ならびに Wolga-Rhein プロジェクトが行われている。中国に対しては Chao 湖プロジェクトが実施されている。



図 4.2-1 カールスルーエ研究センター

4.3 マックス・プランク陸水学研究所シュリッツ河川生態研究施設

マックス・プランク協会の数多くの研究所は広範囲な科学研究を実施している。1911年にヴィルヘルム帝によって設立されたのが協会の前身であり、100年以上の古い歴史を持っている。マックス・プランク協会は1948年に設立され、現在、協会に属している研究所は約30にもものぼり、自然科学を中心として、例えば分子生物学など近代的で将来性のある研究内容を扱っている。大学で研究すると、費用がかかりすぎる研究内容も、リスクの高い研究内容も対象にしている。現在の年間の研究総予算は13億ユーロであり、全体で12000人の職員が従事し、そのうち4000人の職員が科学者である。

研究予算の99%は国の予算（連邦政府と各州）から支出されている。しかし、研究内容については、国が管理しないため研究所で独自の研究が実施できる。つまり自由度が高い。しかし、それぞれの研究所では、専門家による審議会があり、そのもとで研究の内容が審議される。審議会は国際的なメンバーも含んだ研究者から構成され、2年ごとに実施される。

本協会に属する研究所は大きく3つの部門に分かれている。

- 化学物理部門
- 生物医学部門
- 人文科学部門

(1) 設立経緯についてのエピソード

戦後ドイツが5つの地区に分かれていた時代、ゲッティンゲンで学生が集まって研究を行っていた。彼らは1949年にロシアの教授と共に研究に来ていた。フルダの川が水源から河口までひとまとまりでセットになっており、研究フィールドとしていい場所だった。しかし、漁業地区であったために許可が必要だった。当時シュリッツに、Grat Otto Hartmann 伯爵という人がいて、この5名の学生が開いている釣り協会の展示会で彼らと出会って気に入り、彼らの研究の援助をすることになった。Grat Otto Hartmann 伯爵は、当時ホルスタイン州 Plön に設立されていた河川生物研究所 (Hydrobiological Institute 後に Max-Planck-Institute of Limnology に改組) に建物を寄贈し、シュリッツに出先機関が、1951年設立された。

(2) 研究内容

本来のこの研究所の目的は、「地域の河川の研究」であった。というのは、当時河川の生態系についてはよく知られていなかったからである。そこで、生物群集による河川環境についての把握調査が開始された。この地域の河川は、30年前までは河川生態系のリファレンス的な地域であった。

特定の分野（分類）に関しては、分類のスペシャリストがおり、ミューラー教授が一時担当していた。ここでは、定量的なエコロジーを目的としている。しかし、5名の研究者では人数が不足していた。そこで1969年には、対象を小さな河川に絞って調査研究をすることになった。ヨーロッパではこのような自然に近い小規模な河川は非常に少ない。研究対象の小川は水が飲めるほどきれいな水質の水である。

しかし、ここでの研究は微小な底生動物に関する研究が主体であり、動物、植物に関して、長期的な調査を行うスタッフはいない。

本研究所の図書館は、LIMNOLOGY 専門の図書館であり、建設後53年以来、研究者がこの施設に来て博士号をとったり、専門論文をここで書いたりしている。

(3) 今後のシュリッツ研究施設

マックスプランク協会は、2年後にシュリッツ研究施設を閉鎖することを検討している。それは財政上の事情による。財政は、150万ユーロの半分以上が職員の給与、30万ユーロが研究費である。ヘッセン州も維持する予算がないという。



4.4 ルール水組合

4.4.1 ルール水組合について

(1) 重要な河川「ルール川」の水管理

ルール川は、中部ドイツの源流からライン川に合流するまで 219km を流下して、500 万人以上に飲料水等を供給する重要な河川である。4500km²にも及ぶルール川の流域は、ドイツで最も人口密度が高いノルトライン・ヴェストファーレン州の一面にあたる。ちなみに、同州の人口は 1700 万人で、これはオーストラリアの人口に匹敵する。

表 4.4-1 ルール川及び流域の諸元

(2003 年 1 月 1 日現在)	
ルール川	
集水面積 -----	4,485km ²
標高(海拔): 源流 -----	674m
標高(海拔): 河口 -----	17m
延長 -----	219km
平均勾配 -----	3%
平均流量 -----	76m ³ /s
河口での年平均累積流量 -----	2,400×10 ⁶ m ³
主な支流	
Lenne, Volme, Moehene, Wenne, Roehr	
人口	
集水区域内人口 -----	220 万人
下水処理人口 -----	210 万人
ルール川からの供水人口 -----	520 万人
主な施設	
下水処理場 (83 カ所) 処理量 -----	380×10 ⁶ m ³
貯水湖 (5 カ所) 総容量 -----	19.1×10 ⁶ m ³
ポンプ場 (101 カ所)	
雨水処理場 (512 カ所) -----	580,000m ³
貯水池 -----	473.6×10 ⁶ m ³
水力発電所 (17 カ所) 発電量 -----	162×10 ⁶ kwh/年
増圧ポンプ場 (7 カ所) 最大能力 -----	10m ³ /s

ルール水組合では、ルール川の水を流域内 200 万人以上と流域外の 300 万人に供給している。流域の年間降水量は 750mm 程度で、年間を通じて比較的安定しているが、夏に渇水が生じやすい。

比較的流量が少ない時期では、ルール川の流量は 4 m³/sec 程度である。これに対してルール川の水供給量は 9 m³/sec である。この流量の差は、貯水池により補われている。かつては供給不足が生じたときには、ライン川の水をポンプで上流に圧送して使用していた。このような水量管理の他に排水処理を含めた水質管理も担当しており、「ルール川流域の統合的水資源管理」を行っている。その規模は、図 4.4-2 に示すとおりである。

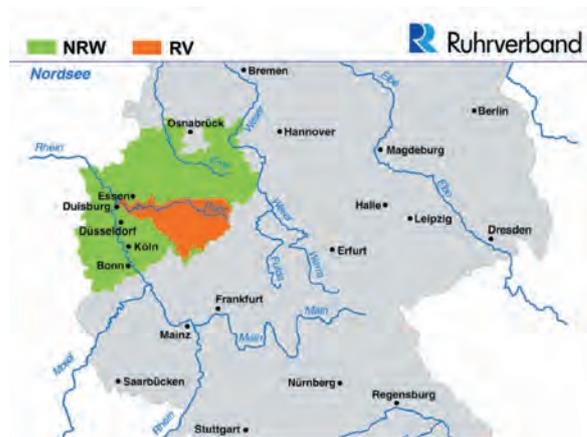


図 4.4-1 ルール川の位置（赤が流域、緑が供水域）



図 4.4-2 ルール川流域の統合的水資源管理

(2) ルール水組合の成り立ち

1850 年頃のルール川下流域は、石炭を中心とした工業都市として栄えていたが、生活排水は垂れ流し、下水は未処理であったために、都市の衛生状態の確保が必要とされていた。また、人口増加により水需要が高まった結果、渇水時には川が干上がることがしばしばあった。（図 4.4-3 参照）

プロイセンの一部であったルール地方では、1910 年にルール川の正常化に向けた緊急の取り組みが開始された。数年にわたる協議を経て 1913 年にルール水組合が設立されたが、これは「ドロナワ」的に設立されたと言っても良い状態で、現時点でこのような組織化を想定した場合、かなりな困難が考えられることは否めない。

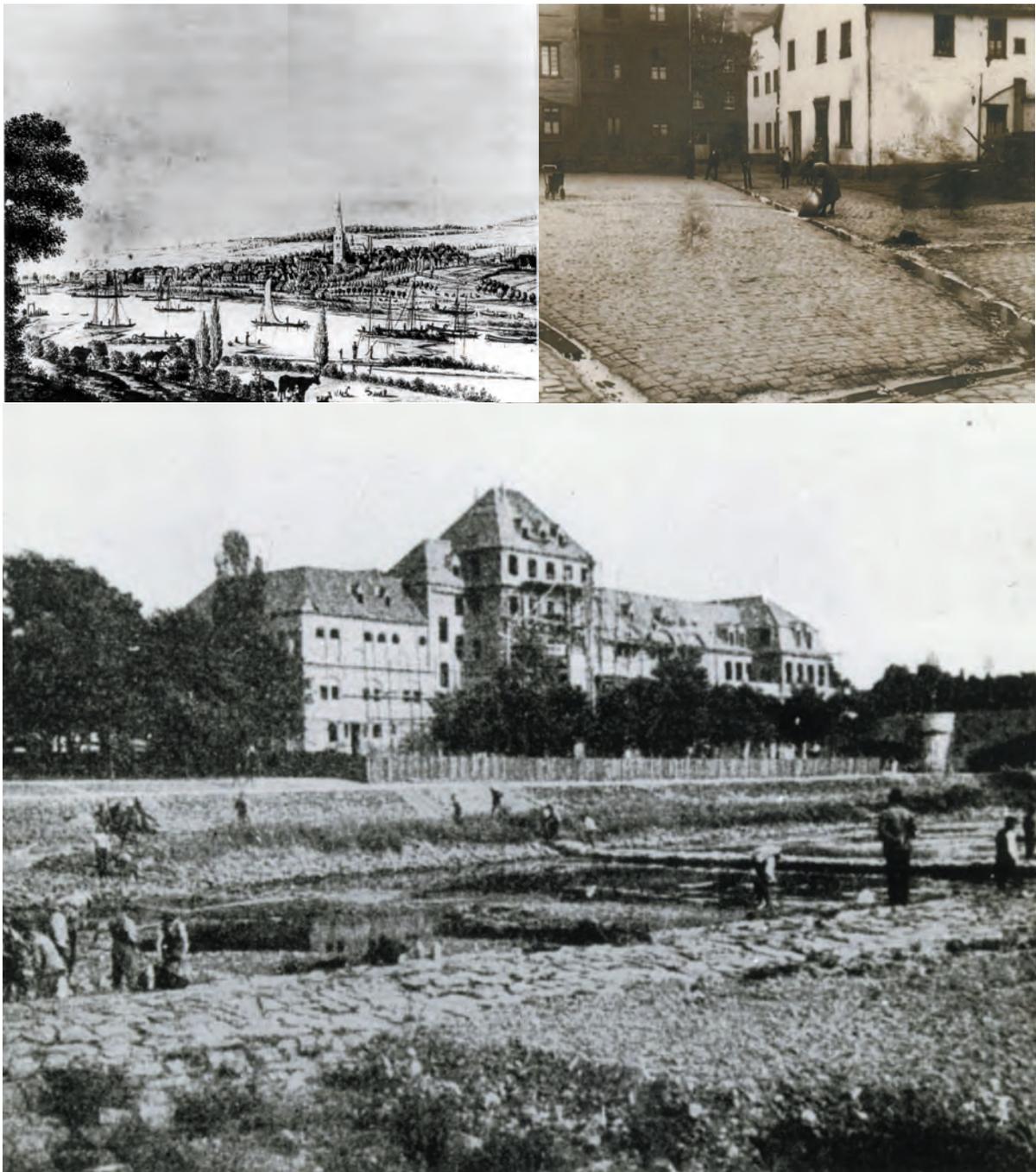


図 4.4-3 かつて（1850 年頃）のルール川下流域

(3) 組織

ルール水組合は株式会社形式をとっているが、利益を上げてはいけない組織である。148 の市町村を中心とする団体により構成される総会が最高決定機関となっており、具体的な運営は評議委員により行われる。(図 4.4-4 参照)

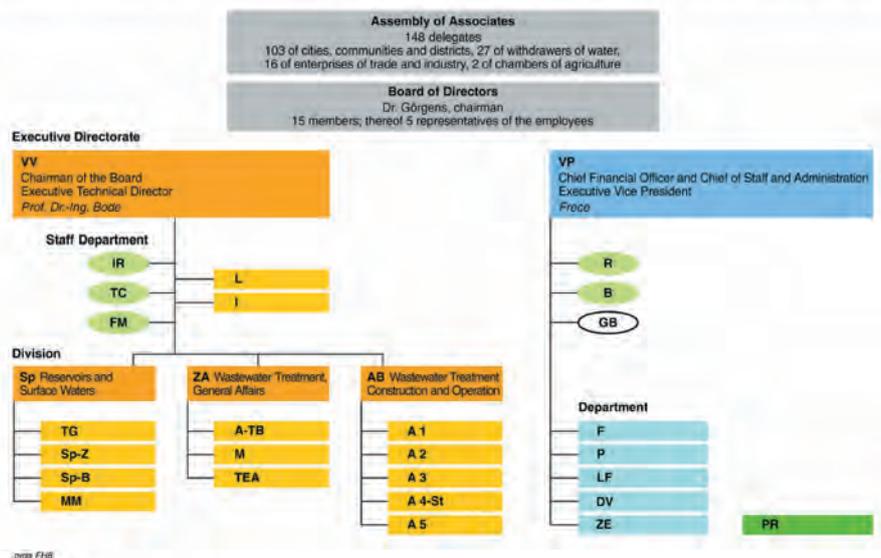


図 4.4-4 ルール水組合の組織

(4) 水量確保

不足していた水量は、8カ所の貯水池により確保が可能となっている。総貯水量は46億m³で、多目的なダムとして、ヨット、ウィンドサーフィン等の水面利用も可能である。貯水池の水は、河川への供給用であり、直接飲用には提供されていない。ダム運用にあたり、ルール水組合は、流量の集中制御と保守管理を、ダムの予防的な管理も含めて行っている。

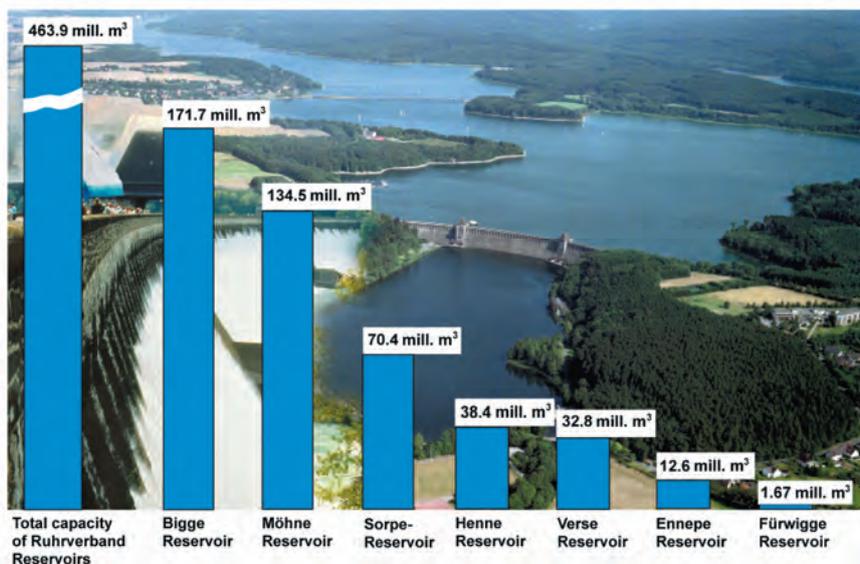


図 4.4-5 ルール水組合の貯水池の能力

(5) 洪水対策

ルール水組合の目的には、洪水対策も含まれている。レンネ川の洪水調節の様子を写真にて示すと以下の通りとなる。図 4.4-6 の写真は 1990 年における洪水の状況で、図 7 の写真はダムが未整備の場合に同規模の出水が生じた場合を想定した合成写真である。この写真にみられるように、ダムがない場合は、歩いている人まで水に浸かる事態が想定される。このようなダムの調節機能については、各種イベントにてアピールしている。

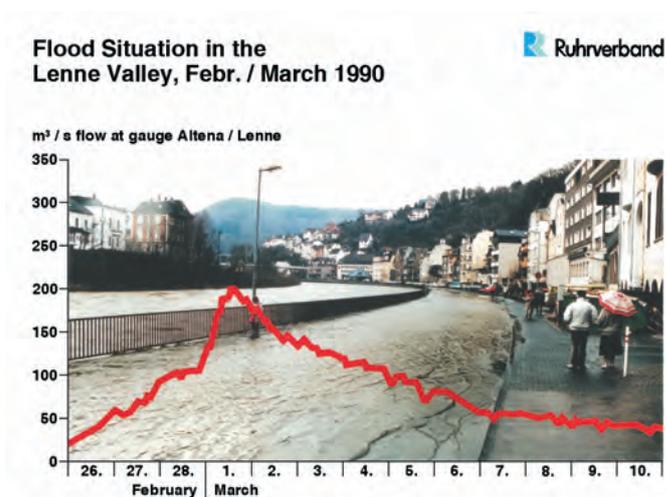


図 4.4-6 洪水時の状況（レンネ川、1990年2月3月）

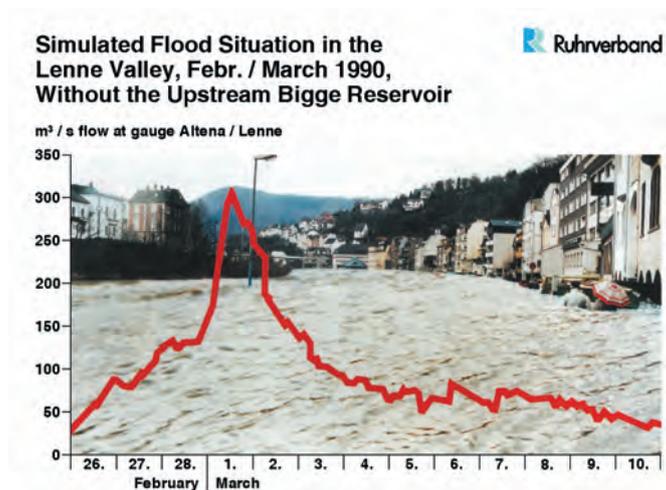


図 4.4-7 ビッグゲ貯水池がない場合の洪水想定図

(6) 水質確保

ルール水組合では、流域内に 84 カ所の排水処理施設を設置し管理している。先の図 4.4-2 に示した赤い点が排水処理施設の位置である。図 4.4-8 の写真では 3 カ所の施設の例を示しているが、排水処理施設で浄化された後にポリッシングラグーンを経て河川放流する施設が 30 カ所ある。

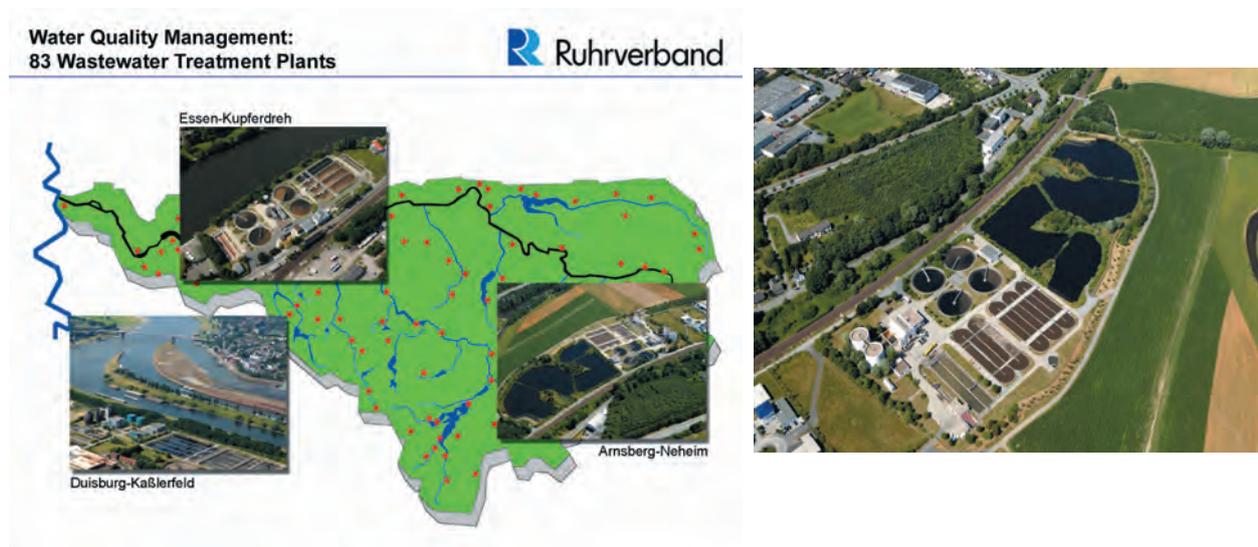


図 4.4-8 排水処理施設の例（右の写真はポリッシングラグーン）

(7) 水質対策の効果

排水に対する最低限の基準値は厳しくなる方向にあり（図 4.4-9）、1990 年以降の対策費用はそれまでの 4 倍にあたる 200 万ドイツマルクにまで増加した（図 4.4-10）。これにより、窒素、リン除去の施設設置が 2005 年までに完了することが見込まれている。

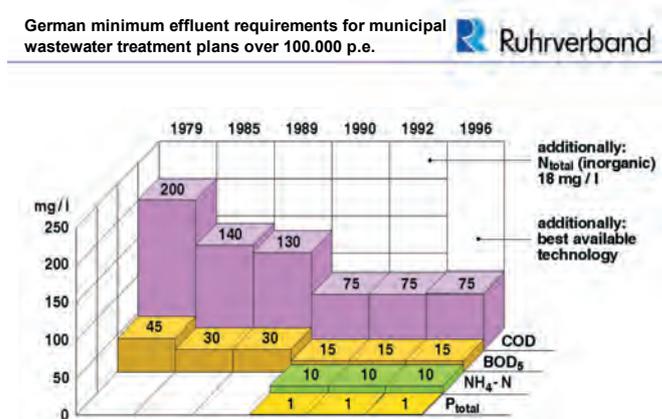


図 4.4-9 最低限の排水基準ドイツの公共污水处理施設

（人口 10 万人以上規模）

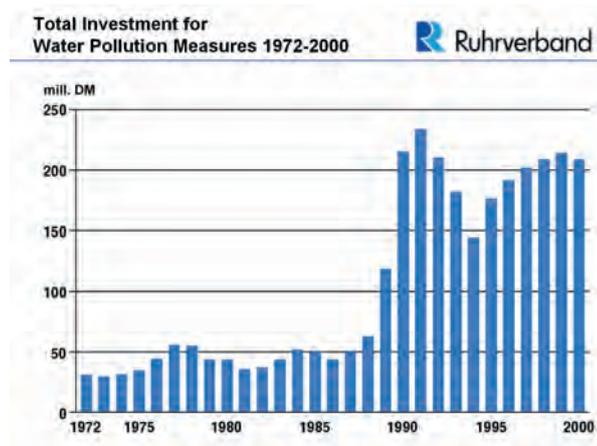


図 4.4-10 水質汚濁対策への投資額（1972-2000）

水質浄化対策の効果を河川合流点の比較で見ると、図 4.4-11 の写真の通りである。写真は、レンネ川・ルール川合流点（レンネ川がルール川の左岸に合流）を示しており、左の写真が 1970 年代に撮影、右の写真が 2000 年代の撮影である。

合流点付近の樹木がかなり生長していることから年月の経過が理解できる。河川水質に関しては、現在 80 名のスタッフが分析に従事して効果を上げている。

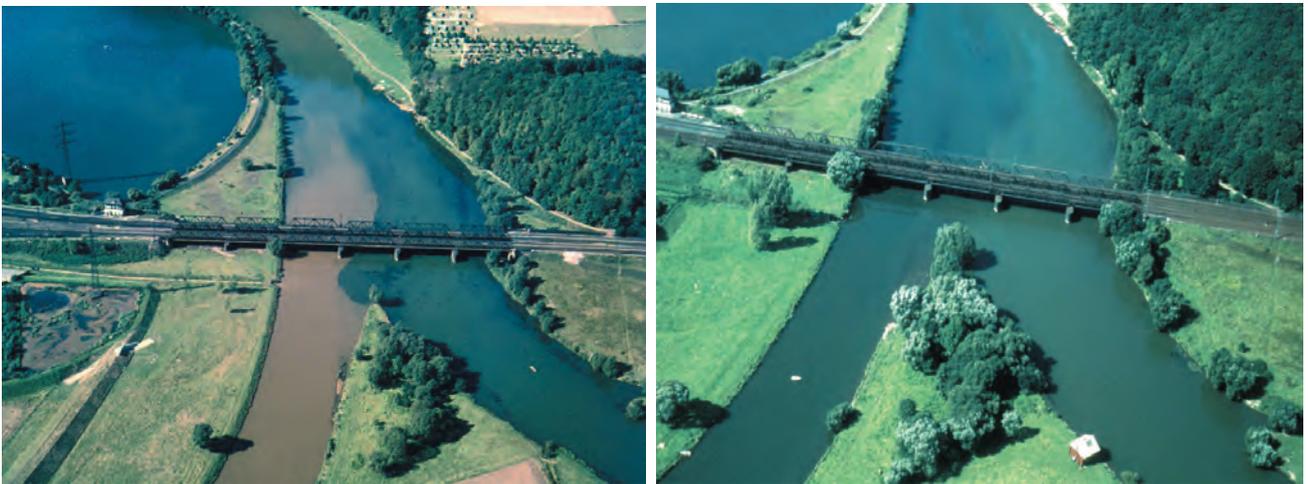


図 4.4-11 レンネ川・ルール川合流点の状況（左 1970 年代、右 2000 年代）

4.4.2 ルール川流域における環境モニタリングの状況

(1)生態系の保全

ルール川は飲用に供する上水の取水源として、漁業の場として重要である。ワーランドとメンタールの河川では（図 4.4-12 参照）、かつてのままの状態が保たれており、河川の自然を保ち生物の多様性を維持することが重要である。最近では「貴重な生物」（図 4.4-13 参照）となってしまった河川では、産卵場となる氾濫原や水生植物群落、餌となる生物の生息環境までも保全して、取り戻していくことが重要である。



図 4.4.12 かつての状態が保たれた河川

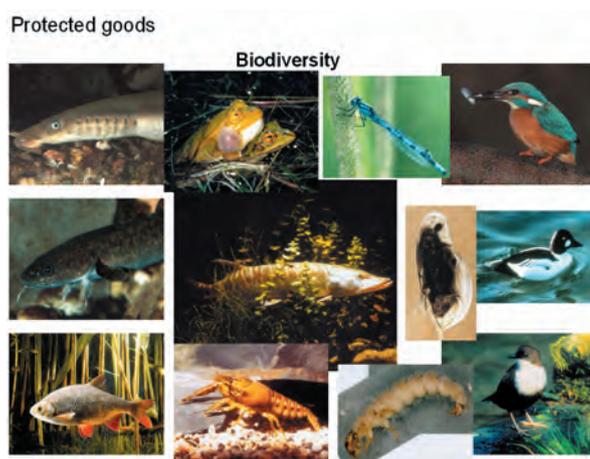


図 4.4-13 貴重な生物

(2)水質モニタリングの意義

モニタリングの基本方針として、“比較”という視点を重視している。すなわち、「かつてと今」、「場所（例えば上流、下流）」「現況と目標となる姿」などの異なった状況の比較をしながらモニタリングを行っていく必要がある。

水質モニタリングの目的として、以下のような事項があげられる。

- 水質管理における基礎データ・基礎情報の取得
- 利水、漁業など特定の利用への適合性や自然環境の保全上の価値の評価
- 水質事故発生 of 初期段階における警告
- 汚濁発生源の調査研究
- 改善行動の理由や復元の効果確認のための水質状態の把握、評価
- 生態学的機能性の調査研究

(3) 生物モニタリングの意義

WFD に基づいた生態学的な状態の評価に際して、生物学的な属性分類として図 4.4-14 に示す 4 つの分類群の生物モニタリングが必要となる。河川においては、有機物汚染、富栄養化、酸性度、生息場の消失や移動障害を伴う河川形態の改変、(例；移動の障壁、河道の変化)、流量の変化など様々な問題点を抱えている。河川流水部においては毒性物質、富栄養化等が、河川湛水部では富栄養化等が、そして貯水池においては富栄養化、分水界から取り込まれる栄養分、酸素不足、漁業上の弊害等が知られている。

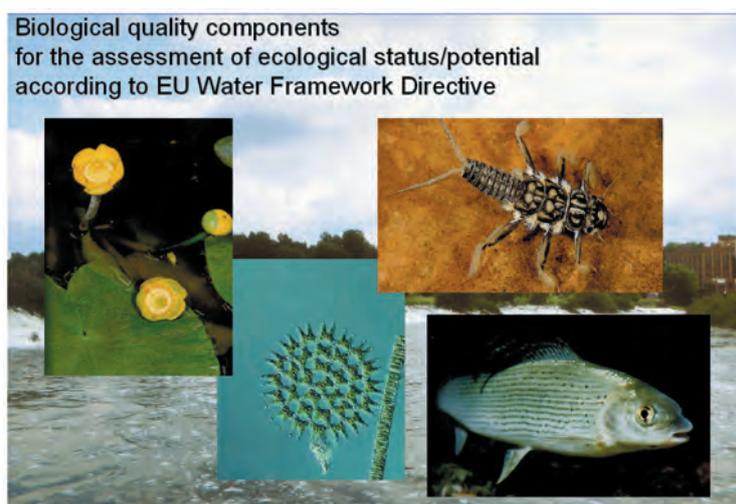


図 4.4-14 モニタリング対象の 4 生物群

(4) 生物による測定手法

底生動物の出現状況を調べることで水質への負荷の状況がある程度把握できる。出現種による判定のマニュアルとしては図 4.4-15 に示すようなものがある

Indicator species of the Saprobic System

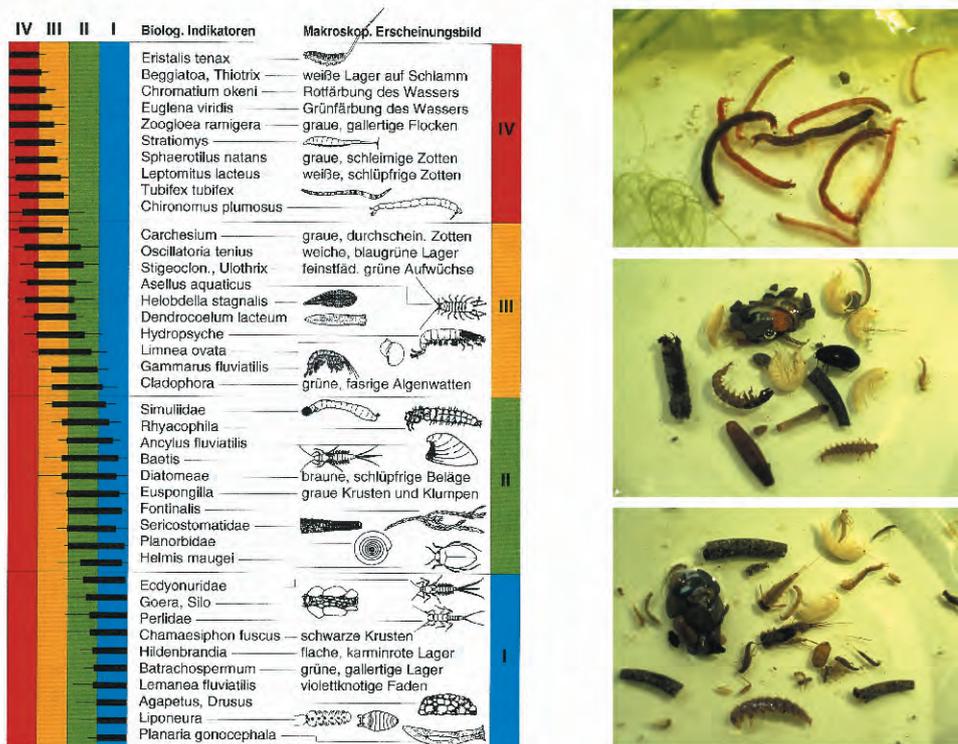


図 4.4-15 汚濁評価システムにおける種別の評価基準

これまでのデータから水質項目と生物指標による評価の関係を整理すると下図の通りである。

Relation of biological water quality classes with chemical parameters BOD₅, NH₄-N, DOC, o-PO₄-P

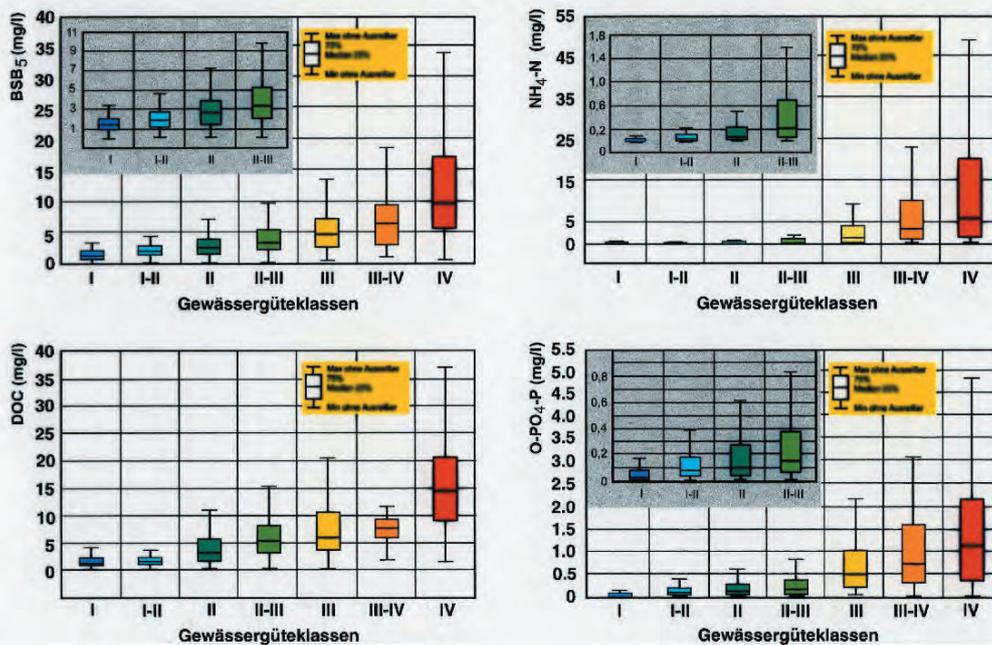
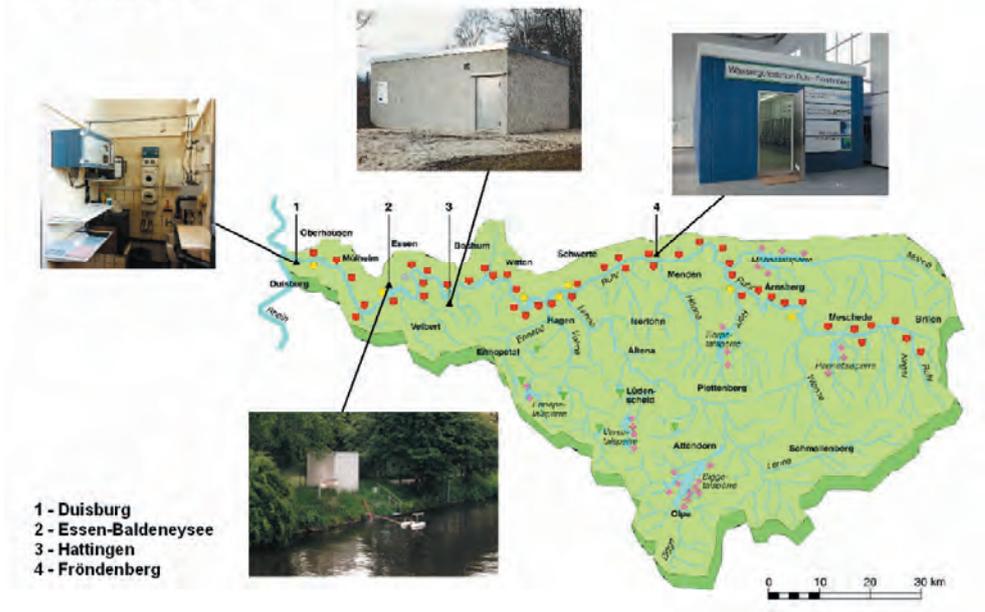


図 4.4-16 水質項目と生物指標の関係

(5)ルール川における水質調査

現地の観測施設の状況は、図 4.4-17 に示すとおりである。貯水池ではフロートに観測機器をつけて観測している。

Water quality monitoring stations at Ruhr River



Water quality monitoring stations at Ruhr River



図 4.4-17 ルール川における水質観測所

自動観測施設にはバイオアッセイも取り入れている。図 4.4-18 はダフニア（大型のミジンコ類）を水槽に入れて、個体数の増減を装置で計数するシステムである。繁殖時期に急激に個体数が増加して緊急出動したことがある。

Dynamischer Daphnientest

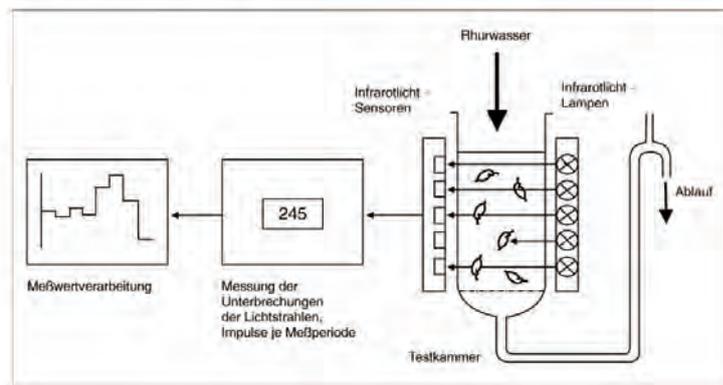


図 4.4-18 バイオアッセイによる計測システム

図 4.4-19 はムッセルモニターの概要図である。河川水を常時循環させた実験水槽にマグネットをつけた貝をいれて、その開閉状況（回数と頻度）を記録することで貝の活性度を把握して水質をモニターするシステムである。これは学生のアイデアを取り入れている。

Muschelmonitor

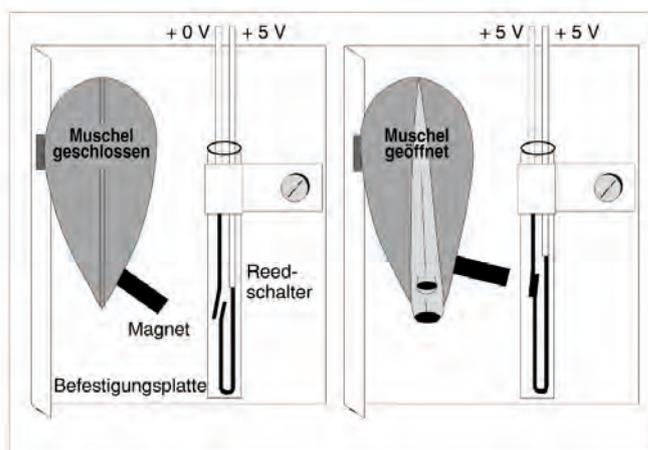


図 4.4-19 ムッセルモニターの概要図

(6) 水質モニタリングの成果

自動観測装置によるモニタリング項目には表に示すようなものがある。定められた値の範囲からはずれると緊急出動を行い、観測装置の異常も確認しながら河川における問題発生の有無や原因者の特定を行う。このようなシステムが役に立ち、その結果、河川への不法な排出が減少している。

表 4.4-2 モニタリング項目

Limnological and management related parameters measured at Ruhr River Monitoring Stations

- **Wassertemperature** (for computation of oxygen-saturation-indices and interpretation of biogenic processes, e.g. photosynthesis, biodegradation, nitrification)
- **Oxygen content** (as measure for the intensity of physical and biological processes (assimilation / dissimilation))
- **pH-Value** (as measure for the acid-/base-relation, as consequence of photosynthetic CO₂-depletion and microbial CO₂-production)
- **Electric Conductivity** (as measure for the saltcontent)
- **Turbidity** (as measure for the suspended particulate matter)
- **Spectral Absorptioncoefficient (SAK 254,** as measure for dissolved organic matter)
- **Chlorophyll content** (as measure for phytoplankton)
- **Total Irradiance** (as measure for light intensity)

(7) ルール川観測所で測定される要素

- 水温（光合成、腐蝕化、硝化作用などの有機作用の解明、酸素飽和指標の計算値として）
- 酸素含有量（物理的・生物学的プロセスの強さの指標）（同化・異化）
- pH 値
- 電気伝導度（塩分含有量の指標）
- 濁度（浮遊微粒物質の指標）
- スペクトル吸収係数（SAK254、溶解有機物の指標）
- クロロフィル量（植物プランクトンの指標）
- 全放射束密度（光の強さの指標）

自動観測装置によるクロロフィルの値を室内分析の結果と照合すると、とても良い相関を示している。

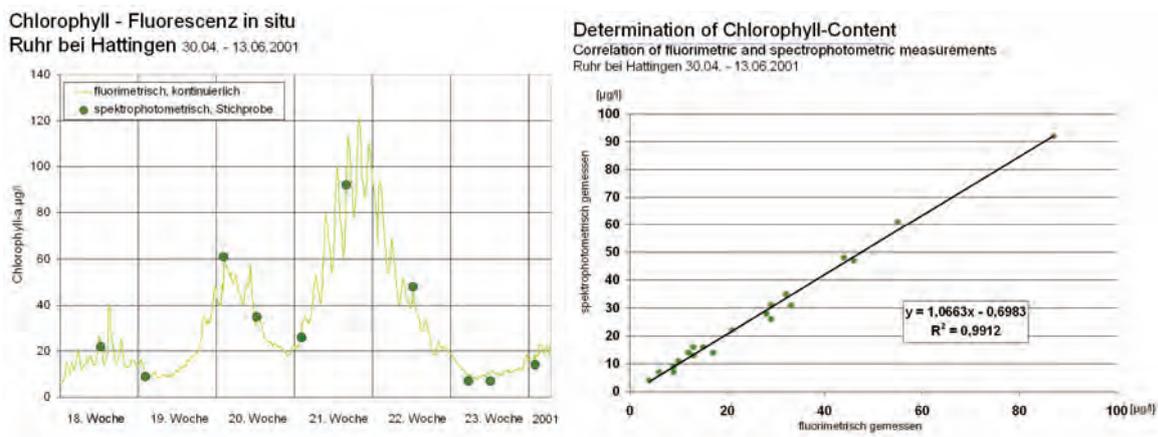


図 4.4-20 クロロフィル濃度の自動観測値と実測値の関係

このような水質モニタリングシステムは図 4.4-21 に示すようなフローで計画立案されたもので、河川の水質などの情報が流域の分析や各種影響要因の分析に活用されている。

その分析結果によりモデルが構築され、調査手法の見直しや対策技術の検討に役立っている。

また、我々にはスポンサーがおり、実施に先立つ意向の確認と成果の報告にも活用されている。成果の報告には数年がかかることもあるが、これらの各段階で問題点や妥当性を確認した上で、さらにその成果をフィードバックして改善に努めている。

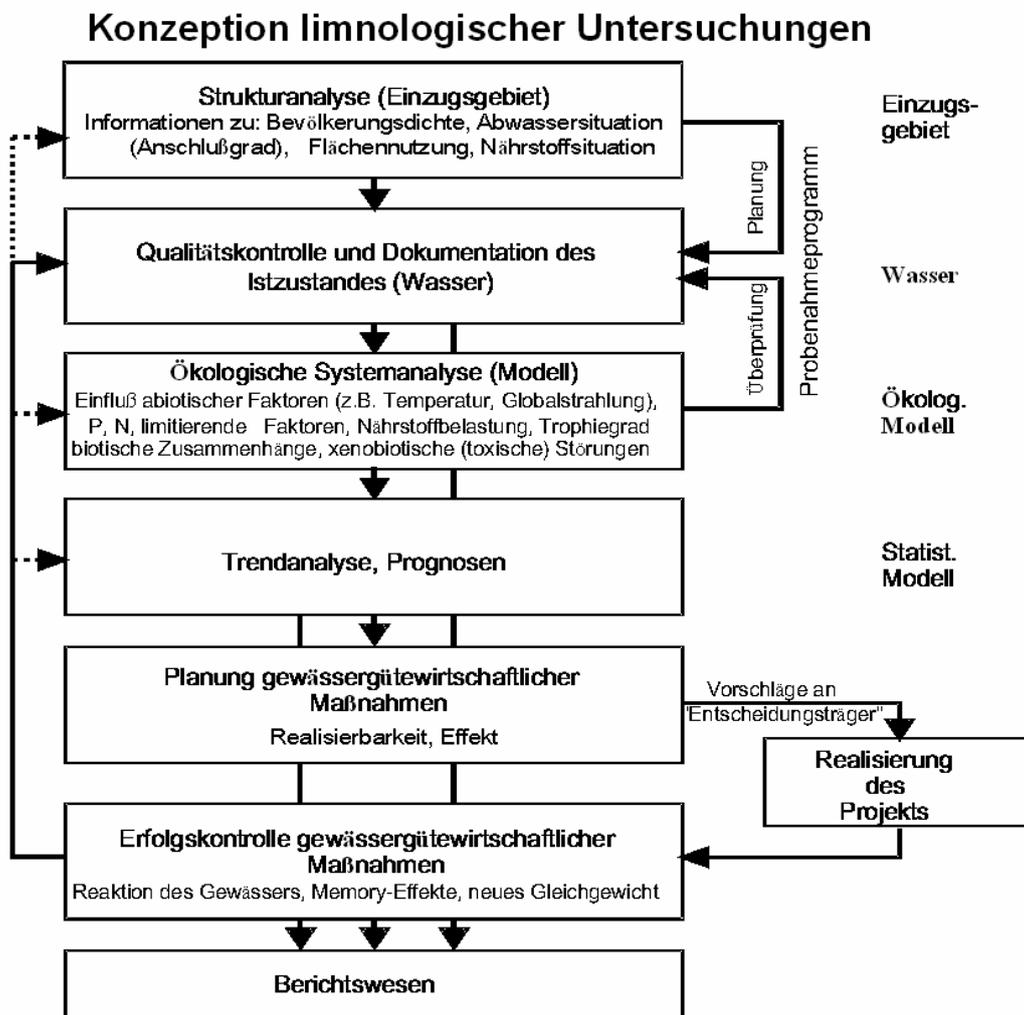


図 4.4-21 測定計画立案フロー

4.5 アーヘン工科大学

アーヘン工科大学は、ノルトライン・ウェストファーレン州に属する工科大学であるが、28,000人の学生を有するヨーロッパでも屈指の工科大学である。現在、経済学部、芸術学部、医学部も併設され既に総合大学としての形式に近いこともあり、英語では Aachen University と称している。

アーヘン工科大学の位置するアーヘン市は、ドイツがオランダ、ベルギーと隣接する3国国境に近いところにあり、ヨーロッパの始祖であるカール大帝がかつて都を定めたところでもある歴史的な都市である。市の中心部にあるドーム（教会堂）は世界遺産にもなっている。

土木工学部（Faculty of Civil Engineering）の中に、上下水道及び廃棄物研究所（ISA: Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Institute of Water and Waste management）があり、ここで水、大気、廃棄物に関する事業及び環境問題に関する研究が行われている。

ISAにおける研究課題は大きく分けると次の分野をカバーしている。

- 都市下水路
- 汚染物質分析
- 廃棄物管理
- 水質経済
- 排水処理
- 環境生物工学

この内、都市下水路の分野では、合流式下水道の改善、雨水排除計画、下水管への浸入水・浸出水問題などが主要課題であり、排水処理では下水処理プロセスの動力学シミュレーション、膜処理プロセスなどが主要課題である。また、最近では分散型、代替型下水処理システム（Decentralized wastewater system）の研究も実施しており、とくにこのシステムによる地区での水のリサイクルなどの持続可能性の評価研究を行っている。また、排水からのリンの回収技術開発も重要な課題となっている。

本研究所の所長に本年5月に新しくなられた Pinnekamp 教授は日独下水道技術者交流の一環で日本下水道事業団にも滞在されたという大変は親日家である。Pinnekamp 教授との主な質疑内容は以下の通りである。

- ①膜分離処理は、日本で技術開発が行われたものであるが、その技術の実用化はドイツの方でより進んでいる。最近アーヘンに近い Erft 水組合で 80,000 人口等量の下処理場が膜分離処理の技術形態で建設された。
- ②水環境との接点の課題としては、家庭や工場から排出される種々の微量化学物質の測定、処理の可能性の検討を行っており、とくに膜分離処理でのこれらの物質

の処理の可能性について研究している。

- ③EUの水枠組み指令の適用については、州の水管理法に反映することになる。ドイツでは飲料水の水源を地下水、河川伏流水、山地での貯水ダムで賄っている。この水量で年間の平均値ではまず大丈夫という関係である。ドイツにおける水の使用量は現在一人あたり100リットル以下あり、この20年間でもその値は減少している。環境を大事にしようという意識の表れかもしれない。



図 4.5-1 ピネカンプ先生を囲んで

4.6 ALTERRA

(1) ALTERRA の概要

ALTERRA は、オランダ Wageningen 大学と研究センター（Wageningen UR）の一部である。ALTERRA のあるバーゲニンゲンは、首都アムステルダムより南東に約 80km 離れたライン河沿いの町である。

ALTERRA における研究は、植物相および動物相、土、水、環境、地理情報およびリモート・センシング、景観および空間計画などの分野にわたっている。ALTERRA は、ローカル、全国・国際的なレベルで政策を作ることおよび管理に従事しており、生物学実験室、データベース、国内および国際的な土質データおよび DNA 技術のような様々な研究施設を持った、独立した研究所である。

ALTERRA の研究センターには、以下のような 5 部門がある。

○生態系センター

生態系センターは生態学的な知識の改善および知識を用いて研究を行っている。

○地理情報センター

データ収集、データ管理およびデータ処理のような複雑なデータ活用の統合を行っている。

○景観センター

景観センターは、地方・都市景観の検討、管理および保全のために必要な研究を行っている。

○土壌科学センター

土壌学センターは、土の中及び上の物理的、化学的および生物学な特性について研究を行なっている。

○水・気候センター

統合水管理のような様々な相互関係のあるテーマについての基本的な研究を行っている。氾濫と干ばつに対する気候の影響、温室効果ガス、栄養塩、塩化物および殺虫剤のような汚染物質などに関する研究を行っている。



図 4.6-1 ALTERRA

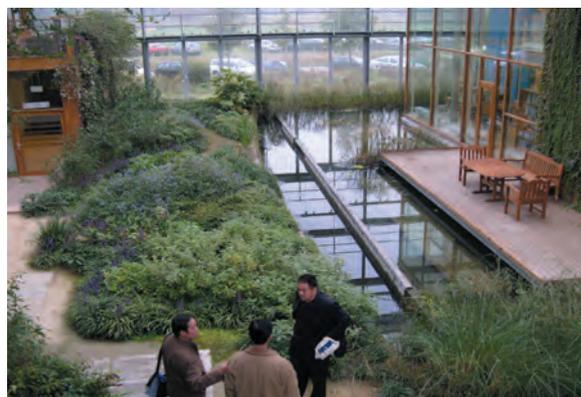


図 4.6-2 ALTERRA の内部の庭

研究センター内には、室内実験室もあり、オランダの急流河川に生息する生物を使った水路実験装置などがあった。

水温や河床材料などを変化させた実験水路で水生生物の飼育実験を行い、生物の生息には河床材料と水温が効いていることがわかってきた。また、平らで大きな石があれば水生生物は生息できる。ということであった。



図 4.6-3 水生生物の飼育実験装置

(2) オランダにおける河川環境評価

オランダでは、化学的方法で河川環境評価を実施していたが、その後、生物評価方法を用いるようになった。生物評価方法は、底生生物の種類が多く、水質を判断するのに適切な指標である。

オランダにおいては、魚類、プランクトン、底生生物、水生植物の調査を行っている。

生物評価方法は、まず、レファレンスとして、完全にきれいな水であれば、どのような生物が生息するか決めた。小川や池、湖などにおいて、水質が少し変化すると生物がどのように変化するかを栄養塩なども含めて調査した。そして、文献や他国の似た状況の河川をサンプルとしてレファレンスを作った。

レファレンスは WFD において、Best（最も自然の状態）の上の状態にある指標である。

ライン川は、オランダの下流部で3つの支川に分かれる。そのうちの2つの派川は自然な状況ではなくなっている。ライン川におけるレファレンスの設定が難しい状況にある。

底生生物のうち北半球から入ってきたものが 70～80%であり、外来種は 95%にもなることがある。150 年前の水生生物の種リストがあったので、そのリストから、おそらく生息していると考えられる種を決めることで評価基準を作成している。トビケラ、カワゲラ等は指標性が高いといえる。

河川環境の評価は、日本で小川といわれるような川の状況までも評価している。

5. 調査雑感

シュリッツとマックスプランク河川研究施設

大阪府立大学 教授 谷田 一三

フランクフルトからアウトバーンで2時間ほど、ツビック博士の車で、シュリッツをはじめて訪問したのは1983年の夏。当時はまだ東ドイツが存在したがその国境に近い小さな町であった。近くの森には、米国駐留軍の基地建設の計画もあった。フランクフルトとフルダの間には、まだインターシティー（高速電車）も走っていなかった。シュリッツは小さいながらも中世以来の町で、牢獄にも使われた見張り塔のある城を中心に町が発達している。田舎の小都市だが、河川生態や水生昆虫の研究者には、昔から馴染みの深い土地である。

マックスプランク財団は、ドイツの研究期間を統括する組織で戦前は王立の研究組織「カイザー・ウィルヘルム協会」。その陸水学研究所が、河川の研究施設をこの地に創ったのは、世界的な河川生態学者であったイリエス博士の存在と、当地の貴族（城主）が研究所のために水車小屋と付帯施設を寄付したことによるという。大きくはないが、欧州の河川生態研究の中心施設として連綿と続いてきた。

今回の訪問で確か6回目の訪問となる。欧州で学会のあるときは、必ず寄せて頂いた。家族ぐるみでお世話になったことも一度ではない。多少の緊張感のある海外での学会や調査、この町に来ると完全に故郷に帰った思いがするのは、ツビック博士のご夫妻や家族の存在と町のたたずまいのためだろう。東西ドイツの国境地帯の訪問、高山のお花畑、アウトバーンを旅行しながらのピクニックランチ、ヨーロッパブナの林でのキノコ狩り、川虫採集やセミナーもしたが、それ以外の記憶のほうが残っている。義理の母、子ども3人、合計6人の大家族、近くの友人や内外の訪問者の多い、賑やかなツビック家であった。フランスのリヨンであったカワゲラシンポの前には、世界のカワゲラ研究者が次々と来訪していた。

河川研究施設の研究員の数は、多いときでも10人に満たなかったが、技術者（職人）や研究補助員が充実していたし、来訪研究者も多く、活気のある研究所であった。20年前に最初に訪問したときに見た研究所の所蔵文献は、論文別刷りも含めて、大感激だった。コピー機に一日中張り付いて、段ボールに一杯近いコピーを日本に送ったこともあった。玄関ロビーの壁や天井は、世界中から訪問した研究者のサインで埋まっていた。

この河川研究施設も、マックスプランク財団や陸水学研究所の厳しいレビューに曝されてきた。最初の危機は、初代所長のイリエス博士の急死（心臓麻痺）であった。廃止も検討されたが、それを救ったのが新進気鋭のカワゲラの分類学者であり、河川生態の研究者であった現所長のツビック博士である。国際誌「Aquatic Insect」の編集者であり、東側

の研究者やアジアの研究者に多くの支援や指導を続けてこられた博士が、イリエスの後を継いだ。今回の訪問までの20年あまりで、シュリッツのみならず欧州の環境は激変した。東西ドイツの統合、ソ連邦の崩壊、旧東欧諸国の変貌。いずれも河川研究施設に関係の深い激動であった。地下1階、地上2階で、コンパクトな研究所だが、所長の人柄と町の雰囲気をもって、政治状況にかかわらず世界中から多くの研究者が滞在していった。もちろん、私のような短期訪問者ではなく、学位論文執筆、あるいはポスドクとして長期滞在した研究者も多く、彼らは所長としてのツビック博士ではなく、ツビック家にも大層お世話になった。研究施設のスタッフと来訪研究者は、米国流の研究機関とはひと味違う、欧州大陸型の重厚で地道な研究を積み上げたきた。

このツビック博士ももうすぐ定年になるという、その後の研究所の存続は厳しいようである。シュリッツの再訪はできるだろうが、研究者として滞在することは難しいかもしれない。今回の訪問で、はじめて町にある城中のホテルに泊まることができた。研究所にも宿泊できる部屋はあったが、町につくと常にカズミの泊まるホテルはここと、自宅に案内された。夫婦で子ども部屋を占拠してしまったこともあった。博士との付き合いは、石川県白山自然保護センター在任中に、白山での採集ツアーを案内して以来だが、自宅でのお世話は一宿一飯、その時以外は完全にお世話になり続けている。

日本で関係学会のある時にご夫妻を呼びたいと思っているが果たせていない。1980年の京都での国際昆虫学会、国際陸水学会と奈良で開かれて国際カワゲラシンポジウムが最後の日本訪問になっている。オーストラリア留学後、やはり昆虫学者になった息子のアンドレアスさんには、ぜひ日本訪問を果たして欲しい。頑固で優しいツビック博士と奥様のハイデには、今回の訪問でも自宅で心のこもったお茶会に招待されるなど、またまたお世話になってしまった。第二のハイマート（故郷）のシュリッツの再訪はいつも楽しい。

今回の調査によってEUがWFD（水枠組み指令）によって実施しようとしている取り組みの全容がある程度明らかになったのではないかと思う。調査日程の半分以上をドイツに割いたが、南西部のバーデン・ヴュルテンブルグ州ではWFDの実際の推進母体である州政府の担当官からWFDのプログラムの推進にあたっての各部署の役割、ならびにその準備調査の全容を説明いただいた。また、ドイツ中部ノルトライン・ウェストファリア州にあるルール河水系の管理に長い歴史を有するルール水組合では、WFDの趣旨に則り水質改善や河川区域のミチゲーションに取り組んでいる様子を実地に見聞できた。

ドイツでは19世紀初頭より河川の汚染度の判定に底生動物を用いる方法が開発されてきた。今回その直系とみられるシュリッツの溪流生態系研究所を訪問できたのは誠に幸運であった。そしてこれらの研究調査結果をEU共通の底生動物の調査仕様にまとめる努力をされた研究者グループの責任者、エッセン大学のHering先生にもAQUM研究プロジェクトのまとめとこれから始まるSTAR研究の概要を聞くことができた。そして、ドイツ最後の日の午後を国境の街アーヘンで過ごし、世界遺産ともなっているアーヘンドーム（聖堂）をピネカンブ教授夫妻とともに訪問しヨーロッパの古い歴史の片鱗にも触れることができた。

このように今振り返ってみても、それぞれ内容の濃い情報を得ることが出来たのではないかと思う。ドイツの先生方、技術者、行政マンからそれぞれ真摯な対応をいただいた。ドイツは1990年の東西統一を経て、決して財政的に楽な状況ではなかったと思われるが、この間の環境問題に取り組む姿勢はむしろEUの模範ともなっているように思える。温暖化ガス削減に対する積極姿勢、ゴミ対策に関する種々の新規施策そしてほぼ全国にわたる高度下水処理の導入などがそれである。この延長上でWFDに基づく水系の保全、復元があるが、その歩みは着実であるように見える。WFDに基づく取り組みはまだ緒に付いたばかりであるが、注目に値する事例がこれから数多くでてくるであろう。ドイツを車で走ると風力発電の施設が多いのに気付く。こうした風景を見ながら人間の生活と生態系の保全の間に暫し想いを巡らせた。

ドイツには1979年当時西ドイツのアーヘン工科大学の上下水道研究所に1年間席をおいた。以来下水道分野でのおつきあいを細々と続けさせていただいている。今回もそのうちの幾人かにお世話いただいた。外国の友人も有り難いものである。おかげさまで大変楽しく実り豊かな海外調査になりました。対応いただいたEUの皆様と団員の皆様一人一人に改めて御礼を申し上げます。

今回の調査では、EU諸国のWFDに対する取り組み状況の把握、AQEM・STARに関する詳細情報の把握などを目的としていたが、その中で今まで余り情報を入手していなかったデンマークとオランダの研究機関を訪問する機会を得た。それぞれの国にわずかではあるが滞在することが出来たので、思うがままに感想を述べる。

デンマークについては、今回の調査で首都コペンハーゲンから鉄道のインナーシティー（IC）に乗る機会があり、その車中で通訳の方から色々なことを教わり、また車中で移り変わる景色を堪能した。季節的なことと北欧の国と言うこともあり、朝は暗いうちにホテルから出発した。欧州の鉄道は改札がなく（英国や地下鉄を除く）そのまま列車に乗れるのだが、日本の鉄道になれているせいか不思議な感じがしたが、半面効率的な感じも受けた。ICから見るデンマークの国土は、広大な地平線に農地が広がり、至る所で牛が優雅に放牧されていた。さすがに酪農王国という感じがあり、農家一家当たりの農地面積が48haに上るといふ。食料自給率300%とは恐れ入ったという感じである。土地が平坦なためエネルギーとしての水力は全くなく、政策として原子力は行っておらず、風力エネルギーやバイオマスエネルギーが主流となっており、そのせいか車窓には大きな風車が何度となく映し出された。全国で6000基あるそうだが、世界第4位の風力発電量である。2030年には全電力の1/3を目標にしているとのことであった。

年間降雨量も900mm以下というように非常に小さく、飲み水は90%が地下水に依存しているとのことであるが、それだけ水質に関する関心は高いように感じた。

訪問した研究所の周辺も水に関係する体験水族館や公園になっており、たまたま休みということもあり、小学生で賑わっていた。

いずれにしてもコペンハーゲン市内は駅とホテルとの往復と言った感じで、アンデルセン公園の入り口だけ通ったが、もう少しゆっくりと町を見れる機会があったらなあと思った次第である。

オランダといっても地方都市にある研究機関の訪問のみで、後はアムステルダム市内を半日見学しただけなので、これといった感想というのはない。アウトバーンから伸びた高速道路がしっかりとしているという印象であった。今回の調査そのものではないかもしれないが、土曜日の半日、アムステルダム市内組とライデン組の二手に分かれて回るようになったこともあり、市内の様子について感想を述べる。

中央駅は東京駅の駅舎のモデルになったとのことだけあって、しゃれた駅舎であったが、工事中で一部見えなかったのが残念ではあった。ダム広場は昔この辺りに堤防（ダム）があったためにこの名前が付けられてとガイドブックに書いてあったが、至る所に網の目のように水路が市内に走っており、市の中心部を守るために昔は堤防が築かれていたのであろう。その水路では落ち葉の清掃のために人が除塵しながら船が走っていたが、生業とな

っているようで面白い光景であった。水路のほとりにアンネ・フランクの生家があったが、観光化の波はここにも来ており、近くに博物館が出来ていた。市内の町中にはレンガづくりのアパートや建物が多かった。また市内には様々な寺院や教会があり、それぞれに趣のある姿を見せており、地震がないせいもあるが、歴史というか文化を大切にしていこうという姿勢が感じられた。市内には非常に便利な路面電車のようなトラムが走っており、ドイツでも各都市で見られたように、環境にやさしい都市づくりに心がけているようであった。

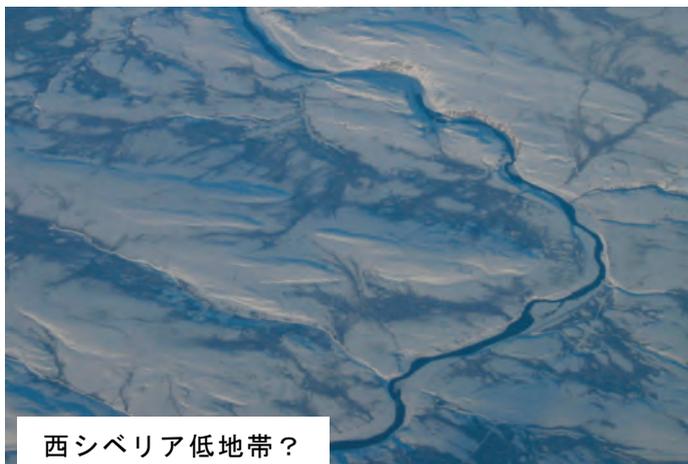
こちらも同じくもう少し時間を頂いて色々なところを見る機会があればと思った次第である。

海外旅行に関しては、学生時代から避けてきたところがありました。父親から「学生時代は時間があるから金を出してやるので行って来い」と言ってもらいながら、「日本も知らないで海外なんて」と言ってお断りしたりしました。今思えばもったいない話ですが、この様な私にとっては、今回の調査旅行は新鮮な驚きの連続でありました。ここでは、初日に心に残ったシベリアからフィンランド上空について感動を少々記します。

飛行機の中から見た大河「アムール」です。人が関与しない河川が自由に蛇行をくり返す姿、蛇行の要所要所に砂州が存在し、支川が合流する様に川の流れ具合を感じたものでした。

ひと寝して、窓のブラインドを開けて見ると、平坦な白い大地が広がっていました。シベリア高原を越えた西シベリアの低地帯あたりだったので、神秘的な美しさに窓に額を当てて眺め続けました。凍土がやや溶けた様子で、水の流れが川を生み出していました。川は集めた水で黒い筋を白い大地にきざみ、大きく蛇行したり静脈状に合流をくり返したり、自然の造形美に心を奪われました。かなり谷も深い様子でした。

今年担当していた「都市水路」の検討は、水路の役割をきちんと整理して、その多面的な機能を地域とともに生かしていく方策を探るというもので、河川とはどのようなものかを見直す機会となった業務でした。そのような視点から、河川は流域の動脈であり静脈であるという事も感じておりました。眼下に見える景色が、シベリア低地の雪解けに伴う自然な河川の姿だと思えば、自由奔放に流れる河川の原点を感じて心を奪われたのです。



西シベリア低地帯?

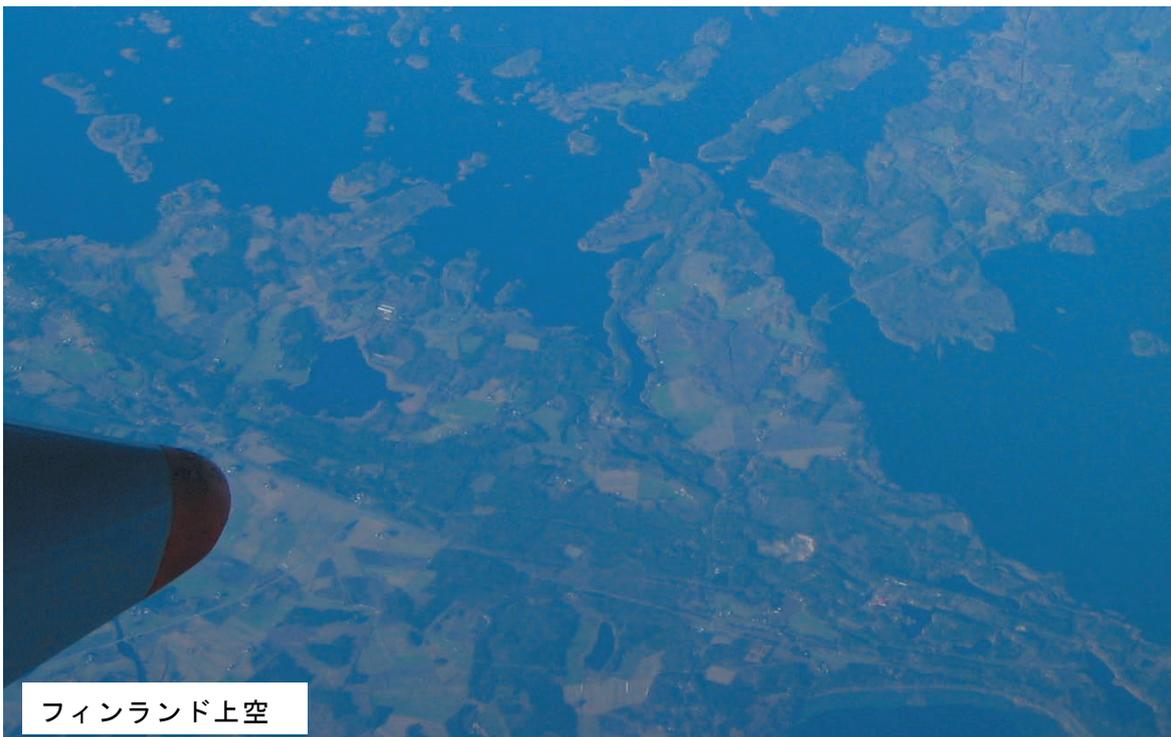


アムール川?

自然な河川の姿だと思えば、自由奔放に流れる河川の原点を感じて心を奪われたのです。

これから日本では、いかに管理したらよいかを皆で考えながら川づくりを進めていくことになると思います。その際には、その河川が自然状態でどのようなポテンシャルを持っているのかをきちんと把握し、望

ましい目指すべき姿を描く必要があります。日本とシベリアでは基本的な条件が異なりますが、人の手が加わっていない状態のひとつを鳥瞰する事ができて大変幸せでした。



フィンランド上空

フィンランド上空からは、至る所に湖沼が散らばり、田舎道が点在する家々を結んでいるのが見えました。湖沼は人々の生活上どのように活用されているのであろうかと興味を持ちました。この様なところを車で旅しながら、湖沼との関わりなどについて地元の人々の話を聞いて、時にボートを浮かべて釣りなどしながら時を過ごしたならどれほど楽しいものでしょう。沈む夕日に染まる景色はどれほど素敵なものでしょう。どこの湾かはわかりませんが、砂州があまりにもきれいなので撮影しました。ご覧ください。

今回の海外業務を通じて、ここでお伝えしたかったのは、「大いに感動した」ことです。欧州調査を通じて様々な感動がありました。業務として参加した欧州調査の成果は「レポートにより成果を多くの人々に共有していただくこと」であります。この「雑感」がひとつの「箸休め」としてレポートを読み進める上でのお役に立てば幸いです。



フィンランド上空(砂州)

日本からおよそ 15 時間、シベリアのツンドラ地帯をわたりフランクフルトで乗り継ぎ、デンマークのコペンハーゲンに着きました。コペンハーゲンは、北緯 55°、サハリンの北端とほぼ同じ緯度です。私にとって初めてのヨーロッパの地でした。10 月の夜ということもあり少々寒かった。コペンハーゲンの町の街灯はオレンジ色であり、それに何となく暖かさ感じました。初めて見たヨーロッパの町並みは、高い建物が並んでいても、日本の東京のように雑然とした感じはなく、古い建物であっても整然としていて非常に美しく感じました。

国内での移動は、鉄道、バスを利用しましたが、車窓は、どことなく北海道の秋の田園地帯を走っているようで違和感がなく、デンマークで訪れたシルケボーなどは、紅葉した木々と常緑樹の木々に小川や多数の湖など、どことなくホッとする風景がたくさんありました。また、ドイツで訪れたシュリッツは、地方の古い城下町でしたが、こぢんまりとしていて、町を歩いていても落ち着いていて、非常に居心地の良い町でありました。バスなどでドイツ国内のいくつかの町を抜けきましたが、地方の町は何れも同じような印象を受け、憧れていたドイツ訪問も非常に満足できました。

ここで、ちょっと余談。今回、私のわがままによりデンマーク国鉄の ICL（インター・シティー・リユン）とドイツ鉄道の ICE（インター・シティー・エクスプレス）に乗車することができました。

デンマーク国鉄の ICL は、IC 3 という 3 両一組のディーゼル特急車両で、前面は周りに黒いゴムを付けたデンマーク国鉄独特の形状をしています。今回は、コペンハーゲンからスキャナボー間に乗車しました。ICL は、コペンハーゲン～スキャナボーを約 2 時間 30 分で走ります。コペンハーゲンをでて、ストアー海峡を橋梁とトンネル（1997 年竣工）で通り抜け、オデンセを通りユトランド半島を北上し、スキャナボーに着きました。デンマークは起伏が少なく橋梁やトンネルはほとんどありません。風力発電施設が多数あり、一方牛や羊のいる平坦な田園地帯を疾走してました。今回は 1 等車に乗車しましたが、大きなテーブルの付いたコンパートメントがあり、コーヒーや紅茶が飲み放題。朝食や果物が配られるといった、大サ



デンマーク国鉄 ICL IC3(スキャナボーにて)



ドイツ鉄道 ICE ICE3(カールスルーエにて)

ービスぶりです。2時間半でしたが、非常に快適な旅でした。

また、ドイツ鉄道の ICE には、フランクフルト空港からカールスルーエと、カールスルーエからフルダ間に乗車しました。フランクフルト空港～カールスルーエは、ICE 3 という日本の新幹線と同様の動力分散型の最新型でした。カールスルーエ～フルダは、ICE 1 という初期型の先頭と最後尾に電気機関車があるタイプでした。今回は残念ながら、新線区間には乗車できなかったため、ICE の最高速走行を体験することはできませんでした。車内は、日本の新幹線のグリーン車並みで、デンマークの ICL に比べると、ビジネスマン向けの車内作りといった雰囲気でした。在来線の走行ということもあり、若干揺れはあったものの、比較的ゆったりと旅することができました。

今回の調査で、EU 諸国における WFD、AQEM や河川環境管理の説明を受け、現地を見ましたが、生物指標や河川形態などを組み合わせて河川環境を評価していることに、非常に興味を感じました。日本では、Beck 法をもとに津田氏らが提唱した指標などがありますが、主に水質によって水環境を評価しています。私は、水環境関係の業務に携わる数年前までは、河川の水環境は主に BOD を基準として判断すれば良いと思っていました。しかし、ここ数年水環境関連の業務に携わり、今回、EU における環境評価方法や水環境と河川生態系の研究などに接して、河川生態系の多様性などを求め、生物にとって望ましい水環境という観点から評価を行うためには、水質項目で評価することも重要だが、生物指標による評価の方が合理的なように思えてきました。また、EU の各国では、シュリッツで説明して頂いた底生動物に対する基礎研究など、100 年近く前から生物指標に関する研究が続けられており、その蓄積が現在の各国の河川環境の指標や AQEM の元となっていることは、基礎的な研究やデータの積み重ねの大切さを感じさせられました。

これを機会に、生物指標や生物と水環境の関係などについて、もっと勉強していきたいと考えています。

最後に、今回、訪問先で出会った人々と一緒にビールを飲み、食事をするなどしましたが、会議中も含めて、皆さんが非常に暖かく迎え入れてくれて、3カ国での滞在は大変居心地が良く、有意義なものでした。これも、訪問先の方々、そして今回の調査メンバーの方々のおかげだと思っています。みなさま、ありがとうございました。

ヨーロッパの国々を訪問するのは今回が初めてであった。

今回の調査のテーマである欧州における国家的な水質管理プロジェクトについて学ぶ一方で、今回はヨーロッパの自然と人々の暮らし、自然観といったことにも大いに触れ、さまざまなことに思いをはせることのできた、有意義な10日間であった。

この調査の中で、さまざまな方々と出会い、お世話になったが、彼らとの出会いを通じてヨーロッパと日本について考えたことをここでは述べてみたい。今回は欧州の技術的手法について学びに行ったのであるが、技術が生まれる基盤をなす自然・社会・文化という背景について考えることも興味深いことである。

最初に訪れたデンマークでお世話になった通訳の方は、デンマークに住んで長いという日本人女性。デンマーク事情に非常に詳しく、往復の列車でいろいろと話を聴いた。環境先進国である側面について多くのことを聴いたが、その詳細は岸田部長の雑感に詳しい。それにしても、公立の大学の授業料がいっさい要らないということには驚いた。次世代の教育に対する国の考え方や取り組みについてつい日本と比べてしまう。学力低下だとか、少子化だとか、今日本では、対処療法的な教育施策で右往左往している。授業時間はむしろ日本より少ないが、子供の学力は上位クラスの北欧スウェーデンのことも頭に浮かぶ。子供の教育を社会的なバックアップと強く結びつけている欧州の人々の「目」をそこに見た。子供がいくらたくさんいても、安心して学校に通わせることができる。通訳の方も、4人のお子さんをこのデンマークで立派に育て上げた方だ。

ドイツではシュリッツという小さな美しい街を訪れた。ここでお世話になったツビック夫妻の暖かいもてなしと、つましく真に豊かな暮らしぶり、そして美しい街は、この旅で最も感慨深かったものの一つである。ツビック夫人のチャーミングな笑顔はいつもたえることがなく、自然や生き物について話すときの輝く目を忘れることができない。また、シュリッツという街は、古い歴史を心から誇りに思い、大切にしている人々の思いが伝わってくるような、本当に美しい街であった。レンガ造りの細い小道や古い建物はどこを見ても絵になり、いつまでも眺めていたいと思った。それはこの場所の自然や風景と見事になじんでおり、こころが安らぐのであった。歴史がある国の人々の心の余裕と豊かさを見たような気がした。そして、夫妻やこの研究所の方々の素朴なゆったりしたもてなしは、他の人への温かく広い心を感じさせた。

かつて日本も、日本を訪れた欧州人から「美しく豊かな国、それも真に心の美しい礼儀正しい人々の国」と絶賛された時代が存在した。物に囲まれて豊かになったと言われる現代の日本人には、ここの人達のような幸福感に満ちた美しい笑顔と豊かな心があるだろうかとふと日本に思いを馳せた。

この地でツビック氏にドイツの森林事情についても聴く機会があった。かつてほとんど

全ての森林を伐ってしまったヨーロッパ。そのような歴史の反省を踏まえて、ドイツでは森を育て大切にしている。いちど自然を壊滅的状态にしたという歴史は、自然への意識や関心をどのように変えたのであろうか。彼らにその辺りもう少し詳しくきいてみたかった。

ライン川を船で下った時に見たものは、川の両岸に延々と続く葡萄畑の丘陵、河川敷がほとんどないゆったりした大河。その形状はほとんど変わることがなく、単調な景観が続く。まさしくここは大陸を流れる大河であり、勾配の緩い長い延長の大陸の河川を感じた。自然の豊かさ・多様性でいえば、日本はやはり世界でも屈指の自然を誇れる国であると、外国に行くと実感する。日本の河川の風景は美しく、山と里と織りなす川の風景や、河川敷の環境の多様さはその地方や地質によっても異なり、2つとない地域独特の景観をつくっている。また、豊かな降水量と複雑な地形により、生き物の多様性や豊かな森林が長い間かけて成立し、それがわが島国の小さな面積に凝縮している。欧州の自然も、緑の田園が広がり、広々としたのどかな風景が広がっているが、日本の自然の多様性と比べると小さいし、同じくらいの面積である島嶼国イギリスの植物の種類は日本の植物の7分の1しかないらしい。かの蘭医学者シーボルトも日本の自然に強い関心を寄せ、本業の傍らで日本の植物をいろいろと収集した。

残念なことに、世界に誇るべき自然に囲まれている事実を、日本人はあまり自覚していない、というか知らない。壊滅的状态にまでしてはじめて自然を見つめることを始めた欧州の人々と、旺盛な自然の回復力と、緻密で豊かな自然が残っている恵まれた環境に囲まれている日本人の、これからの自然との付き合い方についても考えさせられた。

日本と海外とは地理的社会的条件がそもそも異なり、日本ではすぐには適用できない、・・・とよく言われる。しかし、適用できることを探すのではなく、国外の事情を知ることによって、はじめて自らの姿が見えてくること、それがあある意味では1つの成果であるかと思う。日本をよく知るための海外調査という言い方もあるかもしれない。日本という国は特徴のある国と思われているが、自国にはよく見えないし、気づかないことが多くある。外に出ることによって、自らを再発見できることは多い。

今回の視察から、海外の事例から適用できることも勿論あると思われるが、もっとも大切にしたいのは、自分たちの姿に気が付くということである。ここでは技術とは離れた面について述べたが、環境施策や環境に関する技術についても、然りである。

< 付 録 >

I. ライン河とモーゼル河

行程中の土日を使って、ライン河とモーゼル河及びその周辺について視察した。

○ライン河

ライン河は、スイスのトーマ湖とラインバルトホルンの氷河を源とし、スイス、オーストリア、リヒテンシュタイン、フランス、ドイツ、オランダの六カ国を流れて、大西洋へと注ぐ河川である。流域面積約 22 万 km²、流路延長約 1320km である。

われわれは、ビンゲン～ザンクト・ゴア間を、ラインクルーズ船に乗船した。

ライン河は中世の 800 年間を通じて、帝国領域の中央を流れ、ヨーロッパの南北を結びつける重要な交易路だった。川の通行税という利権を狙って、近隣の諸侯はこぞってライン流域に進出し、数々の城を建てられたといわれている。

ビンゲンを出て、900 年頃税関として建てられたラインシュタイン城。昔は川を渡る舟をおそう盗賊騎士の根城だったゾーネック城。中州に建つ「プファルツ」と呼ばれるプファルツ伯の川の通行税をとるための税関だった所などを見ながら、ライン川を下った。オーバーヴェーゼルには、シェンブルクの城があり、ここから川幅は狭くなり、有名なローレイの岩山をすぎて、ザンクト・ゴアに到着した。



図-1 ビンゲン付近のライン川



図-2 ゾーネック城



図-3 バッハラッハ付近のライン川



図-4 オーバーヴェーゼル付近のライン川

○ローレライ

ローレライとは、妖精の岩という意味を持つ。水面から高さ 130mという巨岩が川に突き出している。ここでラインは川幅 113mと、最も狭くなり、深さは 25mとなる。行き交う舟人達にとって最大の難所となり、そのために伝説が生まれたといわれている。「この岩の上には金髪の水の精たちが住み、船が通ると美しい歌声を響かせる。船乗りたちはその美しい姿と、歌声に魅せられ、うっかり舵を取り損ねて命を落としてしまう。」といわれている。

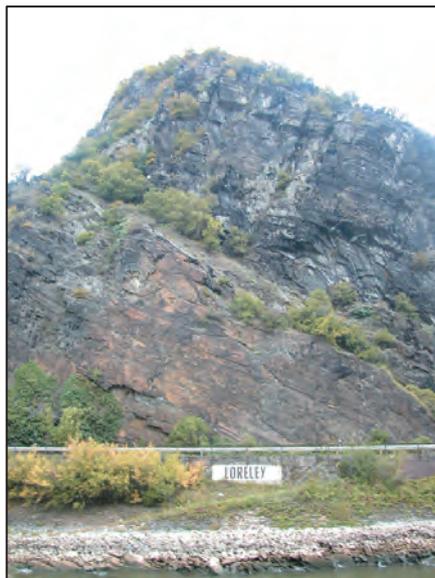


図-5 ローレライ

○モーゼル河

モーゼル河は、ライン川最大の支流である。ボージュ山地南部に源を発し、パリ盆地東縁部のロレーヌ地方を北流して、ルクセンブルクとドイツとの国境をなす。ドイツ領に入ると北東に向きを変え、著しく蛇行しながら北のアイフェル丘陵と南のフンスリュック山地の間を流れて、コブレンツでライン川に合流する。流域面積 2万 8360km²、全長約 545km である。



図-6 ベルンカステル付近のモーゼル河



図-7 モーゼル河に設置されている堰

モーゼル河はローマ時代より交通路として利用されたが、現在も鉄道や自動車道路、水運に重要な役割を果たしている。とくにコブレンツからメッスまでの約 300km には 1964 年に運河工事が完成し、1500 トン級の船舶の航行が可能となった。

モーゼル河谷は河岸段丘の発達がよく、段丘面上ではモーゼル・ワインとして知られる白ワインの生産を目的とするブドウ栽培が盛んである。

我々は、トリアーからベルンカステル、コッヘムと通り、モーゼル河の支川エルツ川へと行った。



図-8 ベルンカステルの町



図-9 コッヘムの町



図-10 コッヘムの町にあった洪水位の記録



図-11 モーゼル河沿いのブドウ畑

○トリアー

トリアーは、2000 年の歴史を持つドイツ最古の町である。ドイツにあるローマ時代の遺跡として最も貴重なポルタ・ニグラ（黒い門）をはじめ、ローマ風呂跡や古代円形劇場など、多くの価値のある遺跡のある町である。

ポルタ・ニグラは、周囲 6.4km のローマ市壁の北門として 2 世紀後半に建てられたものである。



図-12 トリアーの中心部



図-13 ポルタ・ニグラ

○エルツ城

エルツ城は、モーゼル河の左支川のエルツ川の上流にある。ドイツ中世最高の名城であり、トリアーの大司教の家来であったエルツ一族の居城で、城主の名をとってエルツ城と呼ばれ、中世の生活を雄弁に物語る広間“騎士の間”、“貴婦人の間”などがある。城から見る景観の美しさでも、ノイシュバンシュタイン城と並び称されている。西暦1200年より一度も陥落したことがない城であるといわれている。



図-14 エルツ城



図-15 エルツ川

Ⅱ. 訪問先と担当者



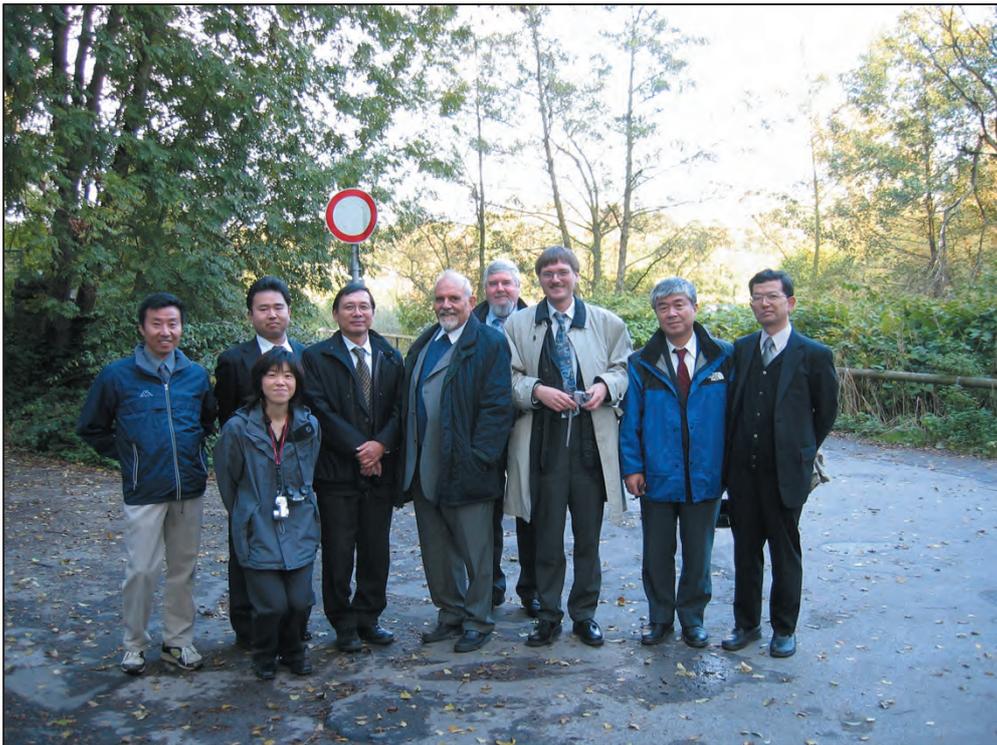
National Environmental Research Institute



Forschungszentrum Karlsruhe



Limnologische Fluss-Station des Max-Planck-Instituts für Limnologie



Ruhrverband



Universität Essen



Institut für Siedlungswasserwirtschaft RWTH Aachen



Alterra

表 訪問先と担当者リスト

Country	Organization	Name
DENMARK	National Environmental Research Institute	Mr. Jens Møllre Andersen
		Dr. Lars Moeslund Svendsen
GERMANY	Forschungszentrum Karlsruhe	Dr.-Ing. Matthias Franzreb
		Dr.-Chem. Rüdiger Furrer
	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg	Mr. Burkhard Schneider
		Mr. Bernhard Link
Limmologische Fluss-Station des Max-Planck-Instituts für Limnologie		Prof. Dr. Peter Zwick
		Dr. Jürgen Marxsen
		Dr. Georg Becker
		Dr. Rüdiger Wagner
		Dr. Hans-Heizrich Schmidt
Ruhrverband		Dipl.-Ing. Detlef R. Albrecht
		Dr. rer. nat. Heinrich Schweder
		Dr. Ernst A. Nusch
		Dr.-Ing. Thomas Grünebaum
		Dr.-Ing. Michael Weyand
Universität Essen		Prof. Dr.-Ing. Daniel Hering
		Prof. Dr.-Ing. Johannes Pinnekamp
		Dr. L. W. G. Higler
Institut für Siedlungswasserwirtschaft RWTH Aachen		Ms. H. E. Vlek
		Drs. Marcel Klinge
NETHERLANDS	Witteveen Bos	Ecologie en Mullieu
		Research Instituut voor de Groene Ruimte

河川環境総合研究所資料 第13号

平成17年3月編集・発行

ISSN 1347-751X

生態系と水質の相互的な関係に関する欧州事情調査

編集・発行 財団法人 河川環境管理財団

〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町 11-9

企画調整課

TEL 03-5847-8302 FAX 03-5847-8308

ホームページ 『河川環境情報ステーション』

<http://www.kasen.or.jp/>

E-mail info@kasen.or.jp

印刷・製本 株式会社サンワ 〒102-0072 千代田区飯田橋 2-11-8 TEL 03-3265-1816 FAX 03-3265-1847
