



平成 24 年度 森－里－海連環学実習 I A
芦生研究林－由良川－丹後海コース
(Exercises in Ecological Interactions between
Forests and Coastal Areas A)

2012. 8.6. ～ 8.10.

2012 年度

京都大学フィールド科学教育研究センター

芦生研究林、舞鶴水産実験所

学際融合教育研究推進センター森里海連環学教育ユニット

目次

日程表	1
参加者名簿	2
実習時の注意、施設の利用についての注意事項	3
由良川流域図・土地利用図	5
芦生研究林の概要	7
由良川の源流域：芦生研究林について	12
由良川について	20
河川での実習と目的	22
水生生物	28
由良川の BOD,COD	35
由良川の全窒素、全リン	39
魚類編	41
魚類調査（魚類相）シート	46
魚類調査（胃内容物）シート	48
データシート（水質等）	51
メモ欄	55

●実習の趣旨

京都府の北部を流れる由良川は、京都大学芦生研究林を源流とし丹波地方を流れ若狭湾西部の丹後海に注ぐ。本実習では、芦生研究林内の溪流と森林の観察、由良川に沿って上流域から和知、綾部、福知山を經由して河口域までの水質調査、魚類や水生昆虫などの水生生物調査、土地利用様式の調査を行う。森林域、里域、農地、都市などの陸域の環境が、由良川の水質、生物多様性、食物構造などにどのような影響を与えているかを観察し、森から海までの流域を複合したひとつの生態系として捉える視点を育成する。

日 程 表

- 8月6日(月)(農学部バスで農学部→芦生研究林) 芦生研究林泊
- 08:45 京大フィールド研に集合(昼食は各自持参のこと)
- 09:00~11:00 京大農学部発 芦生研究林へ移動
- 11:00~12:00 昼食、着替え等の準備
- 12:00~17:00 芦生研究林のバスで林内(長治谷方面)へ移動、芦生研究林の森林および土壌観察・由良川源流調査(上谷、長治谷)、防鹿柵の見学
- 17:15~20:00 風呂、夕食準備(自炊)、食事
- 20:00~21:00 講義:実習の概要(山下先生)、芦生研究林の概要(長谷川先生)
- 8月7日(火)(芦生のマイクロバス→舞鶴水産実験所) 舞鶴水産実験所泊
- 06:30~08:30 起床、朝食(自炊)、掃除、片付け
- 08:30~09:30 由良川上流調査(芦生研究林入り口) 美山漁協立ち会い
- 09:30~17:00 由良川中流調査(バスで移動。途中、和知の道の駅で各自昼食)
大野ダム、和知、由良川支流調査:犀川(綾部)、和久川(福知山)
- 17:00~18:00 舞鶴水産実験所へ移動
- 18:00~20:00 夕食、風呂
- 20:00~21:00 水質分析
- 8月8日(水)(芦生のマイクロバス:昼まで) 舞鶴水産実験所泊
- 07:00~08:30 起床、朝食
- 08:30~12:00 河口調査(神崎)
- 12:00~13:00 実験所に戻り昼食
- 13:00~17:30 器具の洗浄・片付け、生物試料の分類、水質分析
- 17:30~ 風呂、夕食
- 8月9日(木) 舞鶴水産実験所泊
- 07:00~08:30 起床、朝食
- 08:30~12:00 生物試料の分類と水質分析、データ解析とまとめ
- 12:00~13:00 昼食
- 13:00~18:00 データ解析とまとめ
- 18:00~20:00 夕食、風呂
- 20:00~ データ整理・解析とまとめ、発表準備
- 8月10日(金)(農学部のバスで舞鶴水産実験所→農学部)
- 07:00~09:00 起床、朝食、手荷物整理
- 09:00~12:00 発表準備、報告会(10時頃~)
- 12:00~13:00 昼食
- 14:00 閉講挨拶、バスで農学部へ
(17時頃に帰着予定。ただし、交通事情により時刻が前後する)

●スタッフ名簿

教職員	所属
山下 洋	フィールド研 里域生態系部門里海資源保全学分野
益田 玲爾	フィールド研 里域生態系部門里海資源保全学分野 (舞鶴水産実験所)
長谷川 尚史	フィールド研 里域生態系部門里山資源保全学分野 (芦生研究林)
上野 正博	フィールド研 里域生態系部門里海資源保全学分野 (舞鶴水産実験所)
甲斐 嘉晃	フィールド研 里域生態系部門里海資源保全学分野 (舞鶴水産実験所)
中西 麻美	フィールド研 里域生態系部門里山資源保全学分野 (芦生研究林)
安佛 かおり	学際融合教育研究推進センター森里海連環学教育ユニット
大嶋 真謙	学際融合教育研究推進センター森里海連環学教育ユニット
福西 悠一	フィールド研 舞鶴水産実験所

技術職員

境 慎二郎	フィールド研 芦生研究林
西岡 裕平	フィールド研 芦生研究林
林 大輔	フィールド研 芦生研究林
細見 純嗣	フィールド研 芦生研究林

ティーチングアシスタント

熊谷 洋一郎	地球環境学堂
酒見 幹太	農学研究科応用生物科学専攻 (里海生態保全学)
金子 三四朗	農学研究科応用生物科学専攻 (里海生態保全学)

オブザーバー

北村 也寸志	兵庫県立西宮今津高等学校 教諭
ケン カセム	地球環境学堂
波岸 彩子	地球環境学堂

◆実習時の注意

- ・ 指示にしたがうこと
- ・ 自分勝手な行動は慎むこと
- ・ 時間を守ること
- ・ 野外における危険な生物には注意すること。近寄ったり、刺激しない。静かにゆっくり立ち去る。ハチはむやみに手やタオルなどで払ったりしない。（下記を参照のこと）
- ・ 熱中症防止のため、各自で水分補給をすること。
- ・ ケガ、体調不良、何かあった場合はすぐにスタッフに知らせること
- ・ ゴミのポイ捨てをしないこと
- ・ ケガ、事故のないように各自、気をつけること

※野外（森林・草原）の危険な生き物

野外には危険な生き物がいます。むやみに恐れることはありませんが、危険を避けるためには彼らの生態を理解して対応する必要があります。予防方法および対処方法を知っておけば、万一遭遇したときでも素早く処置ができ、被害を最小限に食い止められます。

<主な危険な生物の習性および害など>

生物	攻撃など	症状	予防	処置
マムシ	咬む	中毒	近づかない	ただちに病院へ
ヤマガカシ	咬む	炎症、中毒	触らない	応急手当ののち病院へ
ハチ類*	刺す	炎症、アレルギー	近づかない（飛んで来ても騒がない）	応急手当ののち病院へ
ツキノワグマ	打つ、咬む	打撲、裂傷等の外傷	出会いそうな場所を避ける。鈴などで自分の存在を知らせる。	応急手当ののち病院へ
ムカデ	咬む	炎症	触らない	応急手当
ダニ類	吸血	炎症	追い払う	応急手当
両生類（アカハライモリ、ヒキガエル類）	—	中毒、炎症（粘液が目や口に入った場合に起こる）	触った手で目をこすらない 触った後は手をよく洗う。	応急手当
ウルシ類	—	炎症	触らない	応急手当ののち病院へ

* ハチに刺された場合は**アナフィラキシーショック**(※)に注意

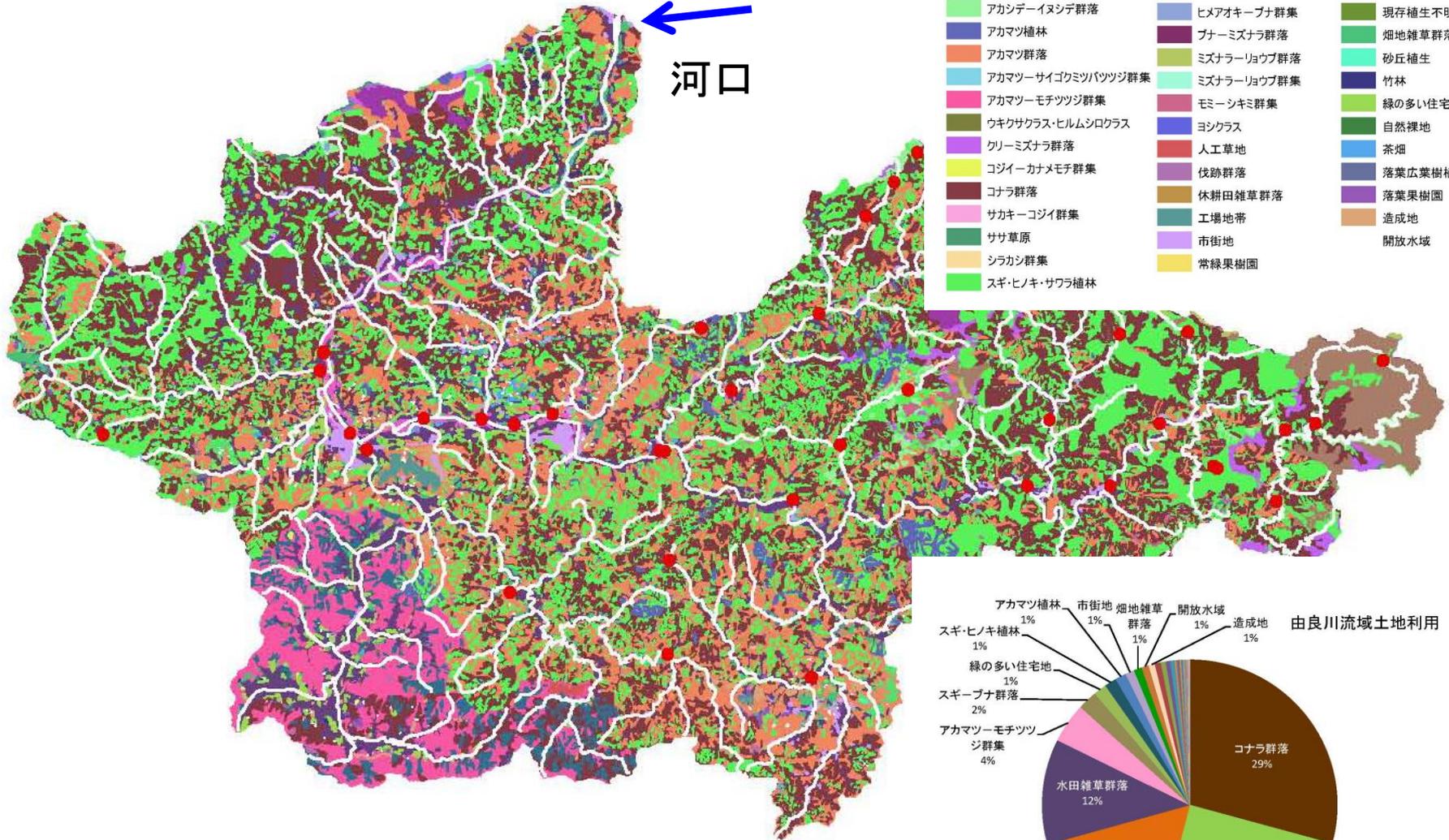
※**アナフィラキシーショック**；一度ハチに刺されるとハチの毒に対する抗体ができ、次回刺されたときに抗原抗体反応が起こる。このとき、呼吸困難、血圧低下などの強い全身症状が現れ、数分で死を招くこともある。

由良川流域図



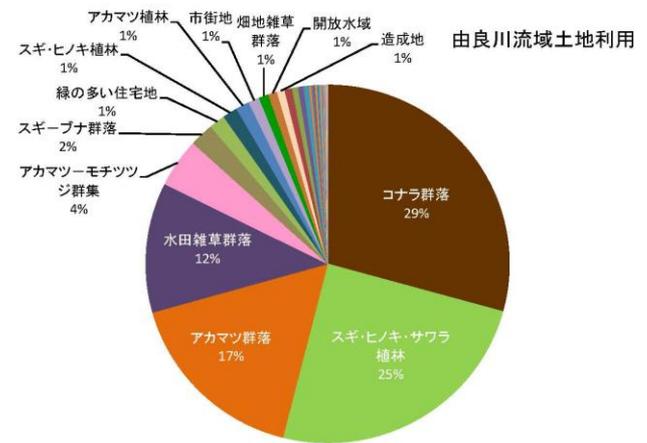
- ★ 芦生研究林
- ★ 舞鶴水産実験所

由良川流域土地利用図



凡例

- watersample
- vg_26a_heimen_Clip
- <その他の植すべて>
- NAME
- アカシデーイヌシデ群落
- アカマツ植林
- アカマツ群落
- アカマツ-サイゴクミツバツツジ群落
- アカマツ-モチツツジ群落
- ウキウサクラス・ヒルムシロクラス
- クリミズナ群落
- コジイ-カナメモチ群落
- コナラ群落
- サカキ-コジイ群落
- ササ草原
- シラカシ群落
- スギ・ヒノキ・サワラ植林
- スギ・ヒノキ植林
- スギ-ブナ群落
- ススキ群団
- ヒメアオキ-ウラジロガシ群落
- ヒメアオキ-ブナ群落
- ブナ-ミズナ群落
- ミズナ-リョウブ群落
- ミズナ-リョウブ群落
- モミ-シキミ群落
- ヨシクラス
- 人工草地
- 伐跡群落
- 休耕田雑草群落
- 工場地帯
- 市街地
- 常緑果樹園
- 常緑針葉樹植林
- 桑園
- 水田雑草群落
- 牧草地
- 現存植生不明区分
- 畑地雑草群落
- 砂丘植生
- 竹林
- 緑の多い住宅地
- 自然裸地
- 茶畑
- 落葉広葉樹植林
- 落葉果樹園
- 造成地
- 開放水域



芦生研究林の概要

長谷川尚史（京都大学フィールド科学教育研究センター）

1. はじめに

芦生研究林は、福井県と滋賀県に接する京都府北東部の山稜地帯にあり、日本海に注ぐ由良川（延長 146km、流域面積 1,880km²、京都府面積の約 40%）の源流域にあたります。面積 4,185.6ha の芦生研究林は、1921（大正 10）年、学術研究および実地演習を目的に、「農学部附属芦生演習林」として設置されました。



図 1 芦生研究林の位置

ただし、土地そのものは京都大学のものではなく、立木などの地上部だけを京都大学の所有とする「地上権」が 99 年間の期限付きで設定されています。この土地は、地域の 9 つの字（集落）の共有林で、設定当初は木材の売り上げの一部を所有者である各集落に支払う分収方式でしたが、現在は年間 2,800 万円を支払う地代方式となっています。

京都大学の研究林は、他に北海道研究林（北海道標茶町と北海道白糠町：それぞれ釧路市の北と西）、和歌山研究林（和歌山県有田川町：高野山と龍神温泉の間）があり、また試験地として、北白川試験地（京都市左京区：京都大学北部構内）、上賀茂試験地（京都市北区：京都産業大学に隣接）、徳山試験地（山口県周南市：山陽自動車道脇）があります。

これら 6 つの農学研究科附属演習林施設と、農学研究科附属舞鶴水産実験所（京都府舞鶴市）、農学研究科附属亜熱帯植物実験所（和歌山県串本町、現紀伊大島実験所）、理学研究科附属瀬戸臨海実験所（和歌山県白浜町）が 2003（平成 15）年合併し、京都大学フィールド科学教育研究センターが発足するとともに、「芦生演習林」は「森林ステーション・芦生研究林」と改称されました。

芦生研究林は、フィールドセンターの施設の中で最も面積が大きく、また大学から車で 2 時間と比較的近い場所にあることから、学生実習や研究に使用されることも多い施設です。人口 100 万人を超える大都市からこのような近い距離に、原始的な温帯林が残されていることは世界的にも大変珍しいことから、教育・研究の利用だけでなく、一般者の見学も条件付きで許可しています。

2. 自然環境

芦生の構内（標高 356m）の年平均気温、年降水量は、それぞれ 11.9℃と 2,298mm であり、京都市（それぞれ 15.6℃、1,545mm）と比べると、冷涼、多雨です。また標高 640m の長治谷では平均気温が構内に比べて約 1℃低く、降水量も 400~600mm 多くなります。

標高は 355m~959m、気候帯としては暖温帯上部から冷温帯下部にまたがっています。この境目は標高 600m あたりで、これより下部では

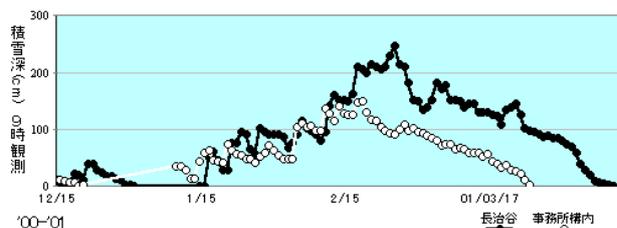


図 2 構内と長治谷の積雪

コナラや常緑広葉樹であるウラジロガシ、ソヨゴなどの暖温帯林構成種が見られ、それ以上の標高ではブナ、ミズナラを主体とした冷温帯林構成種が見られます。また同時に芦生は、日本海型と太平洋型の移行帯に位置しています。この違いは、日本海側が太平洋側に比べて多雪であることに由来します。芦生では事務所近辺で1m程度の積雪ですが、標高640mの長治谷周辺では2m以上にも達し、林内にはエゾユズリハ、ヒメアオキ、ヒメモチ、ハイイヌガヤなど、大雪に対応した植物も多く生育しています。

このように芦生は、気候条件の境界地帯にあたるため、動植物相が非常に豊富であることが特徴のひとつとなっています。研究林内で確認されている種数は、木本植物（亜種含む）が243種、草本植物が532種、そしてシダ植物が85種となっており、著名な分類学者の中井猛之進博士は1941（昭和16）年、著書の中で「植物ヲ學ブモノハ一度ハ京大ノ芦生演習林ヲ見ルベシ」と書いています。

傾斜地形の多い芦生では、斜面に対応した樹木の分布密度の変化が見られます。斜面上部ではアシウスギの分布密度が高く、中腹ではブナを主にミズナラなどが優先し、斜面下部から沢沿いの湿潤なところにはトチノキとサワグルミが優占します。アシウスギには、主に若木個体などの下枝が雪圧によって接地・発根し、やがて一木として独立するという方法で増殖する、多雪地に特有の更新様式、「伏条更新」が見られます。

また研究林内には多数の動物が棲息しています。大型の哺乳類としては、ツキノワグマをはじめ、ニホンカモシカ、ニホンジカ、ニホンザル、ニホンイノシシ、ホンダタヌキ、ホンダギツネ、ニホンアナグマ、ニホンノウサギなどの棲息が確認されています。また小型のほ乳類としては、ヤマネ、ムササビのほか、クロホオヒゲコウモリやミズラモグラなど、生物地理学上また分類学上貴重な種も見つかっています（ムササビは研究林事務所2階の煙突穴から入り、ロッカーの上を寝床にしています）。鳥類は、コノハズク、ヤマセミ、アカショウビン、オシドリ、アオバト、キバシリや猛禽類のオオタカ、ツミ、ハイタカ、クマタカなどが棲息し、稀にイヌワシも見られ、33科111種の鳥類が記録されています。爬虫類では、ヤマカガシやマムシといった毒蛇や比較的珍しいシロマダラが確認されています。両生類では、特別天然記念物であるオオサンショウウオをはじめ、ハコネサンショウウオ、ヒダサンショウウオ、モリアオガエル、ナガレヒキガエルなどが生息し、蝶類では、アサギマダラ、ギフチョウ、ウスバシロチョウ、スギタニルリシジミなどが、またトンボ類では、グンバイイトトンボやモイワサナエなどが、カミキリ類では、ブチヒゲカミキリ、エゾトラカミキリ、ソボリングカミキリ、フタオビミドリトラカミキリなど、貴重な種が数多く記録されています。

地質は秩父古生層に属し、中・古生層に属する丹波帯と呼ばれる砂岩や泥岩（頁岩）の基盤岩に、東西に延びるチャート層を挟みます。土壌は大部分がやや粘質で腐食に富み表土の厚い褐色森林土ですが、標高の高い尾根付近にはしばしばポドソル土壌が見られます。

3. 利用

芦生研究林4,185.6haのうち約半分の森林は、大正10年の演習林設定当時以来手が加えられておらず、森林の成立以来の原生的な森林も含まれています。また約1,800haは天然林の伐採跡地に再生



図3 長治谷の秋（上）と冬（下）

した二次林です。演習林設定後は、天然林内のアシウスギを中心に伐採され、跡地はスギを主とする人工林（250ヘクタール）が造成されています。

人間が木材生産などを目的として苗木を植えた森林は、普通、人工林と呼ばれますが、芦生では設定当初から、自然の力を利用した木材生産方法について研究が行われてきました。つまり、天然林をうまく伐採したり手入れしたりすることによって、植栽しなくても自然の力を借りて、目的とする樹種を育成する方法です。

これは天然更新と呼ばれ、ササや他の下層植生が繁茂しやすい日本では難しいとされてきました。しかし芦生はアシウスギが天然分布する地域ですので、やり方次第ではもっとも土地に向けた方法となる可能性があります。近年の林業不況の中で、より自然に近い林業の方法のひとつとして、こうした研究もふたたび注目を浴びつつあります。

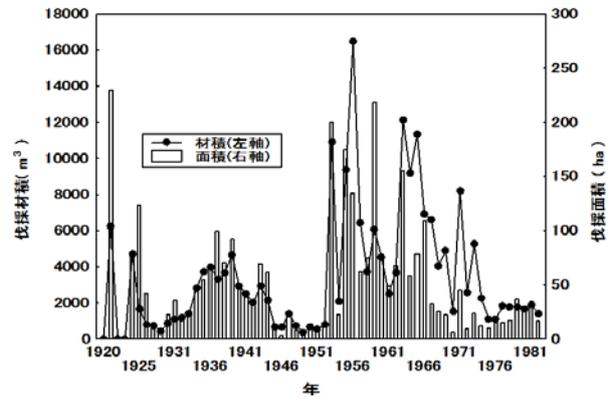


図4 木材伐採量と面積

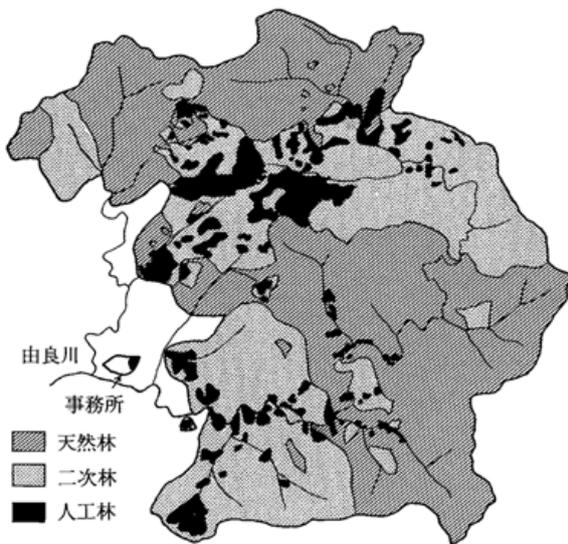


図5 芦生研究林の林相

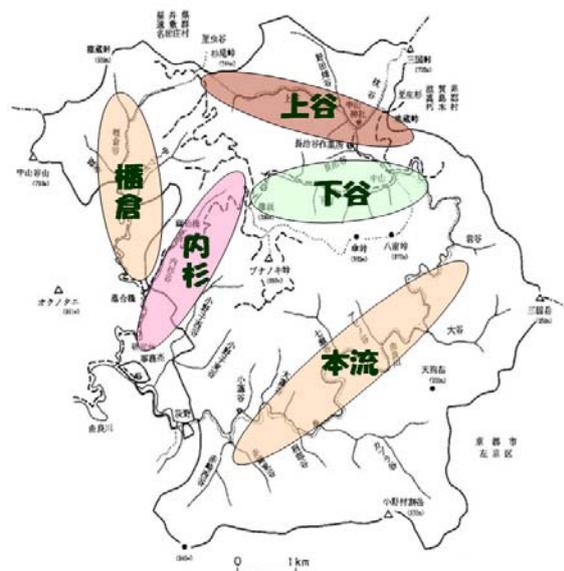


図6 芦生研究林の利用エリア

芦生研究林で林道の作設が本格的に開始されたのは1952（昭和27）年で、それまでは主に本流エリアの樹木を伐採、木炭を生産し、本流沿いに敷設された森林鉄道で運び出していました。1927～1928（昭和2～3）年に開設されたこの森林鉄道の一部（事務所～灰野）は、現在でも資材の運搬等に用いられており、日本でも数少ない現役の森林鉄道となっています。2009（平成21）年には経済産業省の近代化産業遺産に指定されました。

一方、林道が延長されるにつれ、内杉谷エリア、下谷エリアも利用しやすくなり、1970（昭和45）年に長治谷まで開設されました。これら林道沿いには多くの人工林や天然林施業試験地が作られ、研究プロットも多く設定されています。長治谷は林道終点となり、上谷エリアには多くの天然林が残されましたが、アクセスがよくなったことから、環境研究の盛んな近年では、もっとも研究利用の多いエリアとなっています。

一方、教育、研究だけでなく、芦生には年間 1 万人以上の一般の方が訪れます。ただしこれは、事前に入林申請を出された方、研究林と協定を結んでいる周辺施設によるガイドツアー参加者、研究林入口に設置してある仮入林受付ボックスで入林申請を出された方の総計で、実際には数倍の一般入林者の方が（無断で）入林されているようです。

ちなみに芦生の森は教育、研究のための森林で、貴重な森林を活かした多くの研究が行われていることから、研究に支障を来す恐れがあるため、無断入林や動植物の採取は厳禁となっています。特に上谷などの貴重な原生的自然が残るエリアは、一般の方にとって心安らぐ魅力的な森林ですが、研究にとっても大変貴重な森林です。動植物の最終だけでなく、歩行による土壌の締め固め自体が研究に影響を及ぼすおそれもあります。研究林の入口である事務所からは遠いですが、研究林が実施している公開講座や自然観察会、あるいは、厳しい審査を受けて許可されたガイドが同行するツアーを利用していただくことで、マイクロバスを使って現地に到達、案内してもらうことが可能ですので、決して無断入林はしないで下さい。特に近年、毎年数件の遭難事故が多発しており、数年に一度は死亡事故も起こっていますので、ご注意下さい。

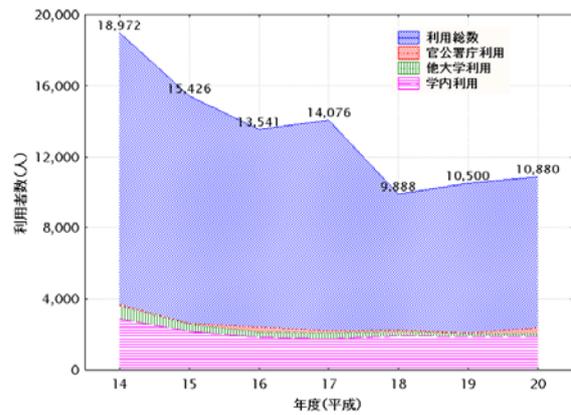


図7 近年の利用者数

4. 森林の変化と研究プロジェクト

芦生の森は、刻一刻と変化し続けています。古くは 1949 (昭和 24) 年のヘスター台風や昭和 50 年代に深刻化したマツ枯れ、さらに平成初期における一般入林者の増加による歩道の拡大、そして現在では、ナラ枯れとシカ害により、芦生の森は大きく変わりつつあります。

芦生研究林で初めてナラ枯れ被害が確認されたのは 2002 (平成 14) 年で、低標高域のミズナラ、コナラ、クリ、ウラジロガシが被害を受けました。その後、高標高域に被害は拡大し、多くの大径のミズナラが枯死しています。

ナラ枯れはカシノナガキクイムシという体長 5mm 程度の小さい甲虫が媒介します。このムシは菌類を持って木から木へと移動し、木の中で菌類を繁殖させ、自らのエサとします。この菌類の中に樹木に害を与える病原菌が含まれているため、過剰な抵抗性反応を起こした木が枯れてしまうのです。芦生研究林では、これまでにナラ枯れの機構を解明、防除するための研究プロジェクトが生まれ、数多くの研究が行われてきました。その中で、大径木ほど被害に遭いやすいことや、特定の方位に向かって被害が拡大しやすいこと、さらに被害拡大を防止するために有効な防除方法が開発され、実行されています。

一方、ニホンジカによる下層植生の消失も大きな問題となっています。芦生では 10 年ほど前からニホンジカが急増し、食料不足のため多くの下層植生が食べられています。ほとんどの林分でササなどの下層植生がなくなり、丸裸になった状態となってしまいました。現在では、テツカエデやオオバアサガラ、トリカブト、バイケイソウ、イグサ、イワヒメワラビなど、毒を持つなどの理由でシカが食べない植物ばかりとなっています。

ニホンジカが急増した原因は、積雪量の減少、猟師の減少、エサ場となる新植地の減少など、様々な要因が複雑に絡み合っていると考えられています。全国で同様の問題が発生していますが、その有効かつ実行可能な対策はまだ、取られていないのが実情です。

図8は 2002 年頃にシカ柵を設置して 1 年程度経過したところですが、柵の外側は別に草刈りをしたわけでもなく、シカが食べてしまった状況です。当時はまだ、シカに食べられた後の地面にも、植物

の種（埋土種子）が多く含まれていたため、1年程度で写真のように下層植生が回復しましたが、近年ではすでにこのような状況が長い期間続いたため、下層植生が回復するまで3～5年かかる見込みとなっています。しかも、回復したとしても、一部の種はほとんど出てきません。

芦生では、上谷エリアの長治谷、野田畑谷、ウツロ谷などでシカ柵を設置した調査が行われています。特にウツロ谷は、ひと谷すべてをシカ柵で囲み、すぐ隣のシカ柵で囲まなかった谷と、植生や流れる水がどのように変化するか、大変興味深い調査が行われています。



図8 2003年頃のシカ柵

さらにフィールド科学教育研究センターが芦生で取り組んでいる研究プロジェクトとして、2009（平成21）年度から「森里海連環学による地域循環木文化社会創出事業（略称、木文化プロジェクト）」が開始されました。芦生は由良川の源流ですが、由良川が日本海に注ぐ出口には、同じフィールド科学教育研究センターの舞鶴水産実験所があります。そこで、森林を伐採すると、川を通じて海にどのような影響があるか、木材を流域単位でうまく活用していく社会の仕組みはどのようなものか、を研究しています。

芦生の人工林は、他の地域と同様、間伐遅れの林分が多くなっています。こうした間伐遅れ林分を間伐し、その木材を利用し、さらに流域の環境を良くしていくための、経済的に、環境的に、社会的に持続的な方法はなにか、上記のシカの問題とあわせて、森と里と海とのつながりを大切にした社会の仕組みを模索しています。なお、このプロジェクトは、由良川だけでなく、高知県の仁淀川でも行っています。

5. おわりに

芦生に演習林が設定されて89年が経過しました。99カ年という期間は設定当初はずっと遠い先の将来で、世の中がどのように変化しているか、予想もつかなかったことでしょう。我々にとっても、2110年にどのような社会が構築されているか、妄想こそできますが、予想などできません。

しかし、芦生の森の樹木の多くは樹齢100年を超え、中には樹齢1,000年と推定されているアシウスギの森もあります。森をつくり、活かす仕組みづくりは、木・森を育てるところから考えると、99年というのは短すぎるほどの一瞬になります。

我々が未来を正確に言い当てることができるとすれば、それは、40年後の2050年には、世界の人口が100億人に達する、ということだけです。子供たちのためにも、人口100億人のなかで、貧富の差がない、安定した平和な社会をつくるには、太陽の恵みを受けて材料・エネルギーとなる木材をつくりながら、人間をはじめとする多くの動物にとって快適な生活環境を提供してくれる森林を、どのように活用していくかにかかっているのではないかと思います。

人口100億人になるまであと40年。仮に今、スギを植えても、我々の周辺にある間伐遅れの人工林と同じか、それよりも若い森林にしかありません。今ある原生的なすばらしい森林を保全・研究するだけでなく、今、ここにある天然林・人工林の、よりよい利用のあり方を確立し、社会の仕組みをつくることこそ、89年前、この土地を京都大学に貸与していただいた皆様をはじめ、芦生の森を愛して下さるすべての皆様への恩返しとなると考えています。

由良川の源流域：芦生研究林について

芦生研究林は、京都市の北約 35km、若狭湾（福井県小浜市）から南に約 20km にあり、福井県と滋賀県に接する京都府北東部に位置する。日本海に注ぐ由良川の源流域の森林で、総面積は 4185.6ha である。標高は 355～959m で、最高地点は由良川流域最高峰の三国岳である。

特に目立ったピークがなく、尾根（稜線）の高さが揃った定高性の地形を示す丹波高地の一部である。丹波高地の定高性については、準平原（山地が隆起した後に侵食を受け、さらに侵食が進むと低い岡と広い平らな谷となり、それらがゆるやかに連なる平原に近い地形になる）が、再び隆起運動によって現在の標高まで隆起し、後に谷が刻まれてできたと考えられている。地質は中・古生層に属する丹波帯と呼ばれる砂岩や泥岩（頁岩）の基盤岩に東西に延びるチャート層を挟む。研究林は丹波帯の中で東端に位置し、最も高く隆起しているため、標高 600～800m のエリアが研究林の面積の約 2/3 を占める。もっとも標高が低い研究林の入り口付近から十数 km の間に 300m あまりの標高差があり、谷は深く、30～40 度の急傾斜の地形が多い。土壌は大部分が褐色森林土で、全般に粘質で腐植に富み、表土が厚い。

芦生研究林の特徴は、流域レベルで約 2,000ha という大規模の天然林が残っていることである。低標高から高標高、沢筋から尾根筋に至るまで、大面積で残されている天然林は西日本では例がない。生物の種類が非常に多いことも特徴のひとつである。植生区分の上では暖温帯林と冷温帯林の移行帯に当たり、気候区分では日本海型と太平洋型の移行帯に位置するため、植物の種類が多く、多様な植物相を示す。また地域内における積雪量が異なることから、積雪傾度に沿った種や植生分布の変化が見られる。植物だけでなく、動物、昆虫の種類も多い。京都の自然 200 選にも選定されている。しかし、近年はシカによる食害、カシノナガキクイムシによる被害、オーバーユース等によって林内の様子が大きく変化してきている。

事務所構内（標高 356m）の年平均気温と年降水量は、それぞれ 11.7℃と 2353mm である。冬期の積雪深は、事務所構内で 1 m 前後、長治谷（標高 640m）では 2 m 以上になる。事務所構内における 2001 年から 2010 年までの 10 年間の最大積雪深の平均値は 93cm で、最大値が 147cm（2006 年）、最小値が 35cm（2007 年）であった。

◎沿革：芦生の森林と人びとの関わり

1921 年（大正 10 年）に旧知井村の九ヶ字共有林の一部（4179.7ha）に 99 年間の「地上権」が設定され、ここに芦生演習林が設立された。1923 年（大正 12 年）には農学部が設置され、事務所、苗畑、宿舍等の用地として 5.9ha が購入された。翌年、農学部附属演習林として学術研究及び実地演習に利用されることとなった。同時に、大学の財産林として、木材生産等により大きな財を生み出した。2003 年（平成 15 年）、フィールド科学教育研究センターの発足に伴って、森林ステーション・芦生研究林と改称されて、現在に至る。

演習林が設定される以前の利用に関する記録は少ないが、昔から人々に利用されていたようである。林内には、ブナノキ峠（標高 939m）、傘峠（標高 928m）、三国峠（776m）のように、山頂を「峠」、峠を「坂」と呼ぶところがあることから、これらの場所がかつて山越えの道として利用されていたと考えられている。明治時代にかけて、上谷周辺には木地師、製炭をする人が住んでおり、用材の伐採や、火入れなどが行われていた記録がある。上谷の一部にみられる二次林植生からは、かつての人為影響が伺える。明治中期以降には、伐採されたスギ丸太を川に流して運んだり、クリの大木を鉄道の

枕木の材料として林内全域で伐採していたという。明治の終わりから大正の初めには、上谷や下谷で天然生のスギの生育を促すことを目的に、広葉樹の巻き枯らしが行われていたようである。

演習林設立以降は、天然生スギの育成と生産を主として、林産物生産、樹木の伐採および売り払いやスギなどの造林 (250ha) が行われてきた。人工林施業および天然林施業が行われた面積は、研究林の面積の約半分 (約 2,000ha) を占める。1950 年代~60 年代のもっとも職員が多かった頃は、非常勤職員も含めて約 30 人の技術系の職員がいたが (現在は 7 人)、それでも人手が足りず、間伐遅れの場所がでるほど、盛んに施業が行われていた。芦生の天然林は大部分がスギと広葉樹の混交林であるが、用材としてのスギの育成が中心であったため、芦生における森林施業は、人工林施業にせよ天然林施業にせよ、スギが主役であった。天然林では、天然生スギの成長を促すために広葉樹を巻き枯らす施業が行われていた。元職員の登尾久嗣氏は、後にこの施業を振り返り、「1960 年代には長治谷付近の天然生スギと広葉樹の混交林をスギの一斉林へ導入するために、ミズナラやミズメなど広葉樹の大径木の巻き枯らしや伐採をしたが、今となっては立派な広葉樹を残しておけばよかったかもしれないなあ」と、結局は伐採されることなく残ったスギを見つめながら語ってくれた。

1967 年 (昭和 42 年) には、若狭湾沿岸の原発の夜間余剰電力を利用した揚水発電ダムを研究林内につくる計画が関西電力から発表された。地元住民および京大の反対により一旦は棚上げになったが、1980 年代にこの計画が再浮上し、推進と反対の立場で議論が巻き起こった。その後は長く凍結状態が続いたが、2005 年 (平成 17 年) に正式に中止が発表された。

研究林は、これまでから教育、研究の場として幅広く活用されている。最近では、天然林を調査対象とした生態学的研究で、日本森林学会の奨励賞 (2012 年、当センターの舘野隆之輔准教授が受賞。Tateno and Takeda 2010)、日本生態学会の宮地賞 (2007 年、Osono and Takeda 2001 など) を受賞した成果が発表されている。また、後述するが、シカの食害に関する研究プロジェクトも進行中である。昨年からは、「森を伐る」試験研究が下谷流域で始動している。

◎植生：芦生の大きな特徴

1992 年から 1993 年の調査において、126 科 438 属 801 種 (7 亜種 31 変種 12 品種 3 雑種) の種子植物が研究林内で確認されている (Yasuda and Nagamasu 1995)。彼らは、芦生の森林について、

- ・ 冷温帯と暖温帯の植物がともにみられる地域である。
- ・ 日本海要素とよばれる植物が多く分布する。地方的固有種が集中する地域に含まれる。
- ・ 遺存的不連続分布をする数種の植物にとって西日本における貴重な分布地にあたる。
- ・ フロラを用いた環境評価の結果、自然度が高い立地に生育する植物が多く、構成種から自然保護上、重要な環境を保持している。

と結論づけている。

代表的な地域固有種には、モミジチャルメラソウ、アシウアザミがある。かつて、アシウアザミは石川県から京都府にかけて分布するカガノアザミ (*Cirsium kagamontanum*) と分類されていた。横山ら (1996) の調査により、芦生研究林および福井県嶺南地域周辺のものには染色体数や形質などが異なることから、新種としてアシウアザミ (*Cirsium ashiuense*) と記載された。芦生の代表的な樹種であるスギは、アシウスギといわれている。アシウスギ (*Cryptomeria japonica* var. *radicans*) は、スギ (*Cryptomeria japonica*) の変種である。アシウスギについては後述する。当地の名前がついたアシウ

テンナンショウは、芦生地域を中心に分布する。ニッコウキスゲやリュウキンカなどの草本種は氷河期の遺存種である。

研究林内にはエゾユズリハ、ヒメアオキ、ヒメモチ、ハイヌガヤなどの多雪地域に特有の植物が自生しており、日本海型の気候条件を反映している。天然林は針葉樹（スギ）と広葉樹が混交した森林（針広混交林）で、尾根部を中心にスギの割合が高くなっている。自生するヒノキ、アカマツといった針葉樹は、尾根にわずかにあるだけで非常に少ない。

標高 600m付近まではコナラや常緑広葉樹であるウラジロガシ、ソヨゴなどの暖温帯林構成種が見られる。それ以上の標高ではブナ、ミズナラを主体とした冷温帯林構成種が見られる。また、傾斜地形が多いため、斜面に対応した樹木の分布密度の変化が見られる。斜面上～中部ではスギの分布密度が高く、斜面中～下部ではブナを主体にミズナラなどが、沢沿いの湿潤なところにはトチノキ、サワグルミ、カツラなどが多い。

研究林は、日本海側の多雪地帯を代表する、チシマザサ（ネマガリザサ）とチマキザサが林床に分布する地域である。しかし、2000年頃にチシマザサが一斉開花して枯死した後に次世代への更新が進んでおらず、シカの食害によって分布域は激減した。田中ら（2008）により、ササの分布面積の減少とシカによる食害が報告されている。タケ・ササ類は数十年に一度、一斉開花して枯死するが、散布された種子により次世代への更新が行われる。一斉開花の時期と、シカの食害が顕在化した時期が重なることから、チシマザサの実生が食害を受けて更新が阻害されたのかもしれない。かつては林内の広い範囲に背丈を超えるほどのササが生い茂っていたことが今では信じられないほどである。ちなみに、太平洋側を代表するササはミヤコザサとスズタケである。

◎アシウスギ：芦生の名がついた、スギの変種

スギはかつて北半球に広く分布していたが、現在は日本と中国の一部にしか分布しない。国内では、本州以南に広く自生する。また、日本の代表的な造林樹種である（花粉症の原因物質を生産する代表的な樹種でもある）。スギは、太平洋側に分布するものと日本海側に分布するものとは、形態や性質にそれぞれの地域の環境に適応した共通した分化が起こっていることがわかり、前者はオモテスギ、後者はウラスギとされるようになった。そして、日本海側の野生種と人工的に選別されたウラスギの品種群がまとめてアシウスギと認識されるようになった。当地の地名がついた由来は、芦生研究林で採集された標本を基準標本（タイプ標本ともいう。生物の新種を発表するとき、その基準となる標本を指定することになっており、この標本を指す）としてこの変種が記載されたためである。

アシウスギには、主に若木個体などの下枝が雪圧によって接地・発根し、やがて一個体として独立するという方法をとる、多雪地に特有の更新様式（伏条更新）が見られる。研究林内でかつて植林したスギは、「適地適木」ということですべて地元、芦生のスギが用いられた。切り取った枝から簡単に発根するため、挿し木が行われた。葉がやわらかく、材もやわらかいので材としての質は高くない。

◎シカ（ニホンジカ）による食害：芦生の生態系への影響

近年、日本各地でシカの個体数の増加によると考えられる植生への影響が著しい。芦生では1990年代後半からシカの食害が顕在化し始めた。1987年には林床に確認されたアシウアザミ、タイミンガサ、ウワバミソウ、シヤクなどが2003年には確認されなくなる（Kato and Okuyama 2004）など、

被害は急激に拡大、進行した。草本、稚樹、低木、ササの食害は甚大で、姿が見られなくなったり、分布範囲が激減した種は少なくない(たとえば、ハイイヌガヤ、チマキザサ、リョウメンシダ、ミゾソバ、ウワバミソウ等；福田・高柳 2008, 田中ら 2008, 藤井 2010)。一方で、バイケイソウ、オオバアサガラ、イワヒメワラビなどのシカの不嗜好性植物が増大している。

シカの食害によって植物だけが影響を受けるのではなく、受粉媒介者(マルハナバチ等)、植食性昆虫にも影響が及んでいることも指摘されている(Kato and Okuyama 2004)。また、1970年代には豊富に確認された、アザミの葉を食べるヤマトアザミテントウというテントウムシが、アザミの消失とともにほとんど確認できなくなっている。

このような状況の中、シカによる食害が研究林の生態系に及ぼす影響を調査する「芦生生物相保全プロジェクト」(通称ABCプロジェクト：<http://www.forestbiology.kais.kyoto-u.ac.jp/abc/>)が2006年に始まった。このプロジェクトでは、林内の2つの集水域を主な調査対象として、1つの集水域(面積は約13ha)をまるごと防鹿柵で囲ってシカの影響を排除し、柵を設置しないもう1つの集水域と比較しながら、植生、土壤動物、渓流水質、溪流環境および河川生物群集などの防鹿柵設置後の変化を観測している(福島・徳地 2008, 合田・高柳 2008, 石川・高柳 2008, Saitoh et al. 2008, 阪口ら 2008, Sakai et al. 2012)。柵で囲った集水域では、サワグルミの実生、ミゾソバなどのシカの嗜好性植物が回復して植生の被度が上昇してきている一方で、柵で囲っていない集水域ではイワヒメワラビなど不嗜好性のシダ類が優占し、植生の被度はほとんど変化していないことが報告されている(福島 2011)。

留鳥として年中府内に生息するクロジという小鳥は、府内では芦生でしか営巣が確認されていない。本州では日本海側の山地に多く、兵庫県の氷ノ山でも繁殖記録がある。芦生では2001年に梶田あまね氏により営巣が確認された。繁殖期はササの生えた混交林や亜高山針葉樹林で、巣を地上1~2mの低木の中やササの茎が密生する上に乗せるようにつくる。このため、ササをはじめとして下層植生が消失した芦生では、クロジの営巣が難しくなっている恐れがある。下層植生を餌場、営巣地、棲み場所などで利用している多くの生物にとって、下層植生の消失は大きな脅威となっている。

下層植生の消失は溪流の底生動物群集にも影響を及ぼしており、林床の裸地化で表土が溪流に流入して河床の細粒化が生じ、河床構造の単一化と底生動物群集の多様性の低下を引き起こしている(Sakai et al. 2012)。つまり、下層植生の消失 → 林床の裸地化、堆積した落葉落枝(腐植層)が移動しやすくなる → 降雨などに伴う土壌の侵食量の増大 → 河川へ表土が流入し、濁りが増大 → 河川環境(水生生物の生息環境)の悪化、という事態が生じている。例えば、かつてその味を賞賛された由良川のアユも影響を受けることが予想される。水の濁りが増えると河床へ届く太陽光が低下し、水中の一次生産者である付着藻類が減少する。アユは付着藻類を餌とする。餌が減る上に、餌があっても、細かい土壌粒子が堆積した“土まみれ”の餌を食わねばならないことになる。土まみれの餌を食べたアユは、泥臭い味がするかもしれない。

以上のように、下層植生の消失が多くの生物や生態系に及ぼす影響は計り知れない。しかし、シカの頭数を減らし、被害を軽減するための有効な対策は今のところない。

◎ナラ類の集団枯損(ナラ枯れ)：芦生では2002年に初めての被害

ナラ枯れは、1930～1950年代に山形県、兵庫県、鹿児島県で被害が報告されているが、このときの被害は数年で収束して、広く拡散することはなかった。しかし、1980年代以降、本州の日本海側を中心にして、ミズナラやコナラなど、ナラ類が集团的に枯れる現象が発生しており、この現象は「ナラ枯れ」、「ナラ類集団枯損」と呼ばれている。老齢の大径木で被害が目立つ。原因はカシノナガキクイムシ（以下、カシナガ）という体長5mm程度の小さな甲虫が、通称「ナラ菌」と呼ばれる樹木の病原菌を媒介することで発生することが明らかになってきている。健全木にカシナガが多数穿入した後、辺材部においてこの菌が繁殖することで、樹木の防御反応により通水機能が低下して、樹木が萎凋、枯死する。被害木にはカシナガが穿入して多数の穿孔が形成され、地際部に大量のフラス（木屑と昆虫の糞の混合物）が見られ、葉が夏期に赤褐色に急変する。発生理由については、燃料革命で山の木々が放置されて老齢の大木となったことでカシナガ大発生のおよぼした温床となった、などの説があるが、よくわかっていない。

京都府では、1991年に北部の久美浜町（現・京丹後市）、大江町（現・福知山市）で初めて確認されて以降、1990年代に丹後半島一帯、舞鶴、綾部、福知山に広がった。2000年に和知町（現・京丹波町）、美山町（現・南丹市）、京北町（現・京都市）へ被害が広がり、研究林では2002年7月にミズナラの被害が初めて確認された。ミズナラのほかに、コナラ、ウラジロガシにも被害がみられる。被害地域は徐々に南下しており、京都市内でも2010年に大規模な被害が出た。防止対策として、地上高2～4mをビニールシートでぐるぐる巻きに被覆するなどの方法が用いられている。また、樹木内で成長・羽化したカシナガが翌年に飛散して被害を拡大させないために、被害木は伐採した後に、薬剤処理、破碎・焼却処理などが行われている。しかし、被害は急速かつ甚大であり、処理が追いついていないのが現状である。研究林内でも、立ち枯れした枯死木があちこちに点在し、危険な状態になっている。

◎オーバーユース：芦生でも

利用者の著しい増加に伴い、ごみの増加、植物や樹根の踏みつけ、踏み荒らし、歩道拡幅、水質汚染、盗掘などをはじめとして、草本や若木の消失、種構成の変化、生息地の破壊や消失が、各地の森（屋久島や尾瀬などの国立公園など）で問題となっている。これは、森林の「オーバーユース（過剰利用）」と呼ばれており、芦生も同様の問題を抱えている。

◎由良川：芦生をはじめりとする清流であり、たびたびの大洪水を起こす一面も持つ

由良川は、研究林内の杉尾峠（標高756m）を始まりとして、宮津市由良と舞鶴市神埼で日本海に注ぐ、全長146km（全国19位）、流域面積1,880km²（全国33位）の一級河川である。流域は京都府だけでなく、兵庫県にもまたがる。流路に大きな平野部がなく、流域面積のうち山地は89%、平地は11%で、福知山、綾部両市周辺の東西20kmが福知山盆地として開けているほかは流域のほとんどが山地である。

河口から40kmの福知山市街地（標高が10mほどしかない）までは、河床勾配が非常に緩く、河口から17km付近まで海水が遡上する。この区間は狭くて長い谷底平野となっている。一方で、河口から50km（綾部市）より上流は河川勾配が非常に急であり、源流域で降った大雨はおよそ6時間で河口に達する。このような地形的特徴のため、綾部市より下流はこれまで何度も大水害に襲われた。最近では、2004年（平成16年）10月20日に大阪市付近に上陸した台風23号の豪雨による急速な水位上昇により、福知山市・舞鶴市・綾部市・宮津市で浸水面積約2,606haに達する大きな被害が出た。由良

川沿いの道路（舞鶴市志高）で観光バスが水没し、乗客 37 名がバスの屋根の上で手をとり合って歌いながら一晩を過ごし、翌朝にヘリコプターで救出されたのはこの時のことである。由良川の本流には治水や発電が目的のダムが 3 基ある（南丹市美山町の大野ダム、京丹波町和知の和知ダム、綾部市の戸奈瀬（由良川）ダム）。京丹波町内を流れる支流に新たに 1 基（畑川ダム）が建設中である。

公共用水域の水質測定結果からは、水質は“最後の清流”とも言われている高知県の四万十川にまったく引けをとらない。かつて、陶芸家であり、料理道を極めた北大路魯山人（1883-1959）は、由良川の、特に和知のアユ（京丹波町和知）の味を高く評価し、生きたまま東京の料亭まで運ばせて客をもてなしたという。残念ながら、現在は天然アユの遡上は綾部市の戸奈瀬（由良川）ダムまでのようである。

由良川の河口は、“由良の門（戸）”とよばれ、百人一首にも詠まれている。

「由良の門を わたる舟人 梶をたえ 行方も知らぬ 恋の道かな」 詠み人・曾爾好忠
由良川の河口には、3 日目の調査で行く予定である。なお、由良川の支流のひとつ、宮川の源流の森である大江山も百人一首に詠まれている。

「大江山 いく野の道の 遠ければ まだふみもみず 天の橋立」 詠み人・小式部内侍

由良川は、数十万年前までは京都府福知山市付近から土師川、竹田川を南流し、兵庫県丹波市氷上町石生（いそう）付近を通って加古川へ流れていたと考えられている。その後の地殻変動により、氷上町石生付近で隆起が起こり、流れが北向きが変わった。氷上町石生付近のこの分水界は日本でもっとも低い（標高 95m）。かつて、由良川が加古川水系だったことを示す例として、オヤニラミという魚が由良川に生息していることが挙げられる。オヤニラミは主に太平洋側の河川を生息域とするが、氷上町や日吉町での分水界（流域の境界。分水嶺、流域界ともいう）の形成過程において由良川水系に移ってきて、流れが変わった後、由良川に遺ったと考えられている。由良川と丹波高地は、これまでに長い年月をかけてたびたび地形や川筋が変化していることがわかっている。由良川流域内には、流域の分水界が尾根などではなく、平坦地にあるところが 6 箇所もあり、このことから川の流れが地殻変動や河川争奪（流域が隣接する 2 つの河川のうち、1 つの水系の谷頭が浸食等により上流へと伸び、ついにもう 1 つの水系へ達すると、そこから上流の流域をすべて奪い、別の河川を自らの流域に組み入れる）によって変化してきたことが伺える。

◎ツキノワグマ：クマ剥ぎの多発地・芦生

ツキノワグマにはクマ剥ぎという習性がある。スギなどの樹皮を根元から 2~3m にわたり剥ぎ取って、その内側の形成層を削り取る。縦方向に爪痕や歯痕が残る。5 月から 7 月にかけてみられる。クマ剥ぎの被害が集中する時期と、糖分を含む樹液が最も多い時期が重なることから、糖分を含む樹液をなめる採食行動の一つという説が有力である。被害を受けたスギは、翌年には葉が赤茶色に変色して枯死することがある。枯れなくても、風や雪による幹折れを起こしやすくなる。被害木は材価が著しく下がるため、クマ剥ぎ防止対策として、ビニル紐などを幹に巻きつけるなどの方法がとられている。

Kitamura and Onishi (2011) が、芦生および京都府北中部において、クマ剥ぎ被害木に付着したツキノワグマの体毛から遺伝子を抽出し、加害個体の特定を行うという調査を行った。この結果、由良川東部地域の全ての個体がクマ剥ぎをするわけではなく、特定の家系が被害を起こしており、母グマ

から子グマにクマ剥ぎの習性が伝わっていることが明らかになった（クマ剥ぎをする母グマから生まれた子グマはクマ剥ぎをするが、クマ剥ぎをしない母グマから生まれた子グマはクマ剥ぎをしないということ）。彼らは、母から子へ伝わるクマ剥ぎの習性を“文化”とも言っている。ツキノワグマのメスは冬眠中に1~2頭を出産するが、生後約1年半を母グマと一緒に生活する子グマは、この間にクマ剥ぎ行動を母グマから学習していると考えられている。

京都府内のツキノワグマは京都府レッドデータブックの絶滅寸前種に指定されている。一方で、民家周辺への出没による人への危害や、作物や果樹を荒らす、などのトラブルが、ブナなどの堅果類（ドングリ）が不作の年に多発している。

京都府内に生息しているツキノワグマは福井、滋賀、兵庫にまたがる地域を生息域としている。今年の5~6月には、京都市内（左京区の瓜生山）での目撃情報がある。京都府のツキノワグマは遺伝的に、由良川を境に西部群と福井県・滋賀県とつながる東部群があることがわかってきた。クマ剥ぎは由良川を挟んで芦生のある東側に被害が多く、西側では被害はほとんど確認されていないが、数年前に、兵庫県内で初めて確認されたとの情報がある。クマハギの習性（文化）を持つ個体が由良川を西に渡ったのかもしれない。



写真左上：クマハギ被害木、
写真左下：幹折れした古い被害木。
写真右：被害木についていた歯痕、
いずれも 2005 年 5 月 27 日撮影

引用文献

- 藤井伸二 (2010) 芦生研究林枕谷におけるシカ摂食にともなう林床開花植物相の変化. 保全生態学研究 15: 3-15
- 福田淳子・高柳敦 (2008) 京都府の多雪地におけるニホンジカ *Cervus nippon* Temminck によるハイイヌガヤ *Cephalotaxus harringtonia* var. *nana* の採食にみられる積雪の影響. 森林研究 77: 5-11
- 福島慶太郎(2011) 山のめぐみー迫り来るシカの脅威ー. 第21回芦生公開講座「今、森から考えるー森のめぐみー」京都大学フィールド科学教育研究センター. pp.6-8
- 福島慶太郎・徳地直子 (2008) シカの食害が森林生態系の物質循環に与える影響: 溪流水質の予備調査から. 森林研究 77: 77-87
- 合田禄・高柳敦 (2008) シカの利用頻度が草本群落に及ぼす影響. 森林研究 77: 35-41
- 石川麻代・高柳敦 (2008) 異なる光環境下における草本群落に対する防鹿柵の影響. 森林研究 77: 25-34
- Kato M. and Okuyama Y. (2004) Changes in the biodiversity of a deciduous forest ecosystem caused by an increase in the Shika deer population at Ashiu, Japan. Contributions from the Biological Laboratory, Kyoto University 29: 433-444
- Kitamura F. and Ohnishi N. (2011) Characteristics of Asian black bears stripping bark from coniferous trees. Acta Theriologica 53: 267-273
- Osono T. and Takeda H. (2001) Organic chemical and nutrient dynamics in decomposing beech leaf litter in relation to fungal ingrowth and succession during three year decomposition processes in a cool temperate deciduous forest in Japan. Ecological Research 16: 649-670.
- Saitoh S., Mizuta H., Hishi T., Tsukamoto J., Kaneko N., Takeda H. (2008) Impacts of deer overabundance on soil macro-invertebrates in a cool temperate forest in Japan: a long-term study. Forest Research, Kyoto 77: 63-75
- 阪口翔太・藤木大介・井上みずき・高柳敦 (2008) 芦生上谷流域の植物多様性と群集構造ートランセクトネットワークによる植物群集と希少植物の検出ー. 森林研究 77: 43-61
- Sakai M., Natuhara Y., Imanishi A., Imai K., Fukushima K., Kato M. (2012) Ecological functions of persistent Japanese cedar litter in structuring stream macroinvertebrate assemblages. Journal of Forest Research: DOI 10.1007/s10310-012-0339-0
- 田中由紀・高槻成紀・高柳敦 (2008) 芦生研究林におけるニホンジカ (*Cervus nippon*) にの採食によるチマキザサ (*Sasa palmata*) 群落の衰退について. 森林研究 77: 13-23
- Tateno, R. and Takeda, H. (2010) Nitrogen uptake and nitrogen use efficiency above and below ground along a topographic gradient of soil nitrogen availability. Oecologia 163: 793-804
- Yasuda S. and Nagamasu H. (1995) Flora of Ashiu, Japan. Contributions from the Biological Laboratory, Kyoto University 28: 367-486
- 横山 俊一・山下 水緒・清水 建美 (1996) 北陸地方およびその近隣地域のアザミ属植物の分類学的研究(2)アシウアザミ-京都府芦生産の一新種. 植物地理・分類研究 44: 19-24

由良川について

由良川流域図. 濃い線が由良川の本支流. 薄い線が行政界.
丸印は由良川本流上の公共水域水質測定点. 三角印は支流上の同測定点.
国交省が管轄し, 月に一回ないし季節毎に水質が測定されている.

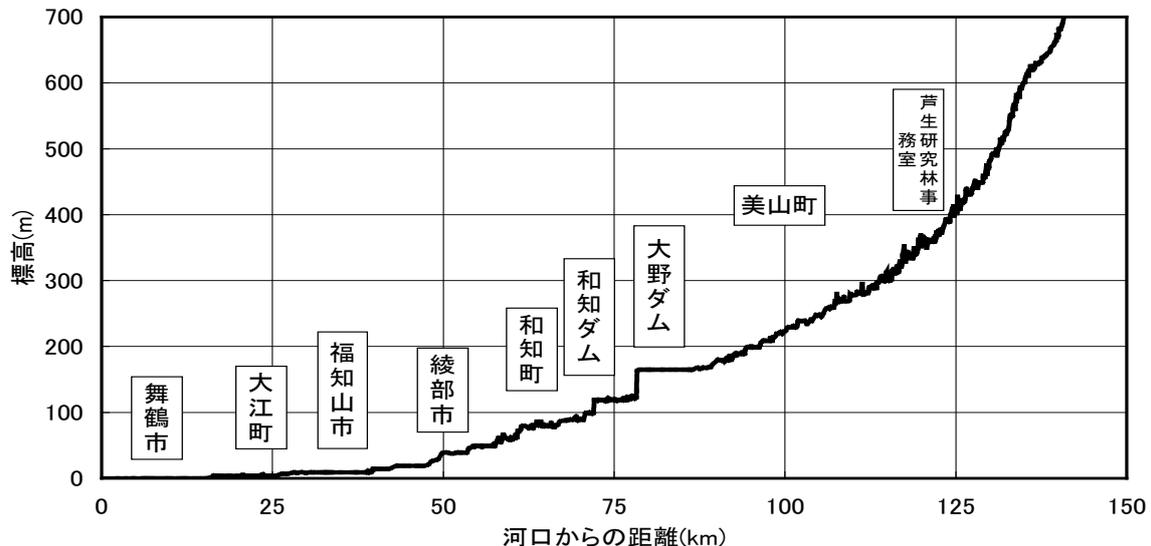
由良川は芦生研究林に源を発し幹線流路(本流)延長 146km(全国 19 位), 標高差 700m を流れ下り若狭湾に注ぐ. 流路に大きな平野部を持たず源流から河口までのほとんどが山間を流れるが, 樹枝状に発達した支流は京都府中央部のほとんどの町を流れ流域面積は 1880 平方 km²(全国 33 位)に達する.

しかし, 河川勾配図に見られるように, 河口から 40km の福知山市までは河床勾配が非常に緩く, 福知山市中心部でも標高は 10m しかない. また, 河口から 17km の舞鶴市と大江町境界付近までは海水が遡上する.

このように由良川は源流から綾部市までは急傾斜の上・中流域で, 下流域がほとんど無く海に注ぐ. このため, 源流域に降った大雨はおよそ 6 時間ぐらいで河口に達し, 綾部市より下流ではしばしば大水害に襲われた(綾部市, 福知山市, 大江町の役場の 1 階は由良川の水面より低い).

そこで, 古くから治水工事が行われ, 16 世紀に明智光秀がつくったという堤防が由良川河畔に立つ福知山城の下に残っている(明智藪). 1953 年 9 月の 13 号台風による水害では福知山市市街地がほぼ水没し, 本格的な治水計画の実施が必要と大野ダムが築造された.

由良川の河川勾配



その後も河川改修工事は継続されたが, 人口が多い綾部市と福知山市の堤防造成に力を注いだため, 2004 年台風 23 号の洪水は下流域に集中し, 大江町役場の一階は水没, 大江町と舞鶴市の境界付近では多数のバスや乗用車が水没した. 堤防で守られた綾部市と福知

山市でも、支流の氾濫で広い範囲が床上浸水し、道路も寸断されたので台風通過後はたくさんの地区が孤立した。

河川改修というと生態系にとっては悪の権化みたいにいる人もいるが、年中洪水の恐怖にさらされている人にとっては切実な問題（いまでも綾部市から下流では少し大雨が降ると洪水警報が鳴り響いている）。この10年くらい、河川改修にも環境修復（ミチゲーション）の考えが取り入れられるようになったので、将来的にはかなり改善されると思われる。

問題は下水処理でこちらはとにかく水洗にして快適に暮らしたいという欲求が強すぎて十分な処理ができているとは言い難い。

河川での実習と目的

水は循環する

地球上にある水の97%は海に、2.5%は南極と北極の氷にある。残りの0.5%が雲となり雨となって川を流れている... つまり循環している。陸上に暮らす生き物はすべてこのわずか0.5%の水によって支えられている。

Q. この段落には明らかな誤魔化しがあるがそれは何か？

命の母は海？それとも川？

海から蒸発した水は雨となり川を下り再び海に帰る。でも、ただ帰るわけではない。この循環の過程で陸上のいろんなモノを水に溶かし込み川は海に運び込む。海の塩辛さは海水がナトリウム、カリウム、塩素、マグネシウム、鉄などの塩類を含むためだが、この塩類のほとんどは、川が海に何年もかかって運び込んだモノだと考えられている。

細胞膜を通る物質の収支はナトリウムやカリウムの存在無しにはほとんどできないし、鉄や亜鉛がなければ光合成もできない。海で生命が誕生したのは間違いないだろうけれど、川がこういう物質を陸から運んでこなければ、いま地球上にあるような生命は生まれなかつただろう。さて、どっちがホントの母と言えるだろう？

Q. 海水中に存在するある物質の量を1年間に川から海に流れ込むその物質の量で割れば原始の海ができた時代が分かる... ホントか？

川はゴミ捨て場

人間だけではなく陸上のあらゆる生物は自らの生み出す老廃物が水によって運び去られることで生命活動を維持してきた。したがって、山から海へ一方に絶え間なく水が流れる川は格好のゴミ捨て場である。熱力学とのアナロジーで、絶え間なく発生するエントロピーを川が運び去ってくれるので陸上の生態系は維持されているとも言える。川によって運び去られた老廃物は下流の生物によって再利用され、その繰り返しは河川連続体と呼ばれる川の生態系を形作ってきた。少なくとも19世紀までは。

Q. 19世紀以前の人口と現在の人口、哺乳類のうち個体数の多そうな種（たとえばネズミ）の現存量を比較せよ。

河川と人間活動

20世紀に入り人口の爆発的な増大と大量消費文明が始まった。その結果、川と川が流れ込む沿岸域＝里海は人間の排出物の汚染にまみれることになった....

海を汚す最大の原因は私たちの日々の暮らしである。

京都府の海や川を汚す有機汚染物質排出源の割合 (%)

	産業系	生活系	畜産・農業・自然系
由良川	28.4	49.5	22.1
舞鶴湾	30.1	66.5	3.4
京都府平均	34.0	57.9	8.1

というわけで、今回の実習は人が川に流す有機物負荷量の大きさを測定し、それが里海の環境に与える影響の大きさを体験することを目的とする。

河川の観察

人間による有機物負荷の小さい上流から負荷の大きい下流域までの何カ所かで水質を測定し、あわせて生物採集を行い、どのような生物が生息しているかを調べる。

測定項目 懸濁物質質量 (SS), COD, 透視度, 硝酸態窒素, アンモニア態窒素, 電気伝導度, 水温, pH, 酸化還元電位、水生生物

懸濁物質質量 (SS : Suspended Solid)、単位 mg/L

水中に懸濁している粒径 1 μ m~2mm 程度の不溶解性物質のこと。粘土粒子、土壌粒子、微生物、生物由来の有機物などが含まれる。濁りの指標のひとつ。環境基本法により定められている環境基準によると、25mg/L 未満で河川 AA 類型に属する。高濃度では、魚類の呼吸障害、水中植物の光合成阻害などの影響がある。沈殿物として底質への影響もある。

測定方法：試水の一定量を 1 マイクロメートルのガラスフィルター（あらかじめ重量を測定したガラス繊維ろ紙、GF/F など）で濾し、フィルターを 105 $^{\circ}$ C で 2 時間乾燥させた後、フィルターに捕集された粒状物質の乾燥重量を測定する。ろ過後の重量の増加分が SS 量。観察：ろ紙上の物質を顕微鏡で観察する。

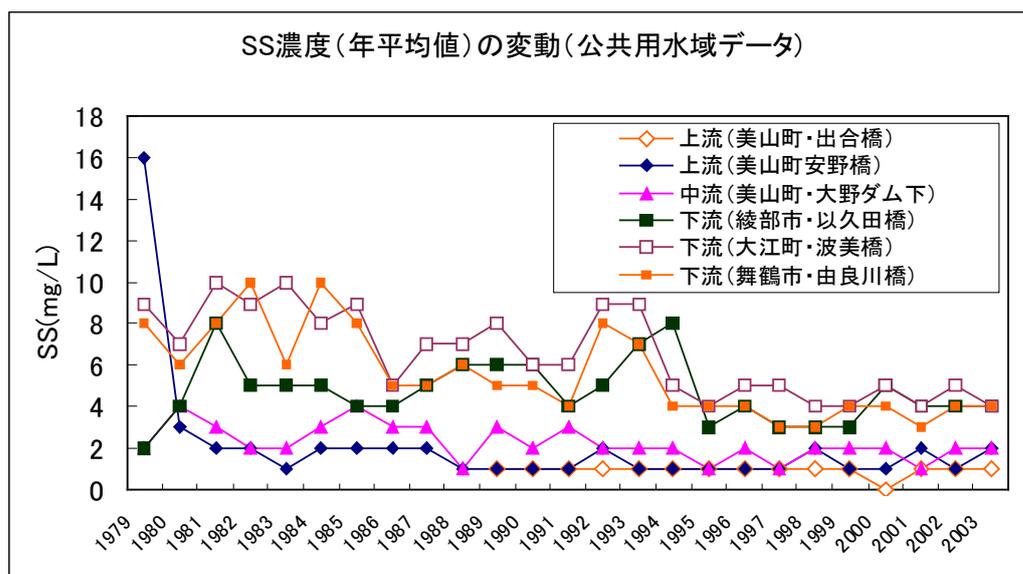


図. 由良川における公共用水域データ (SS 濃度の年平均値)

COD (化学的酸素要求量 : Chemical Oxygen Demand)、単位 mg/L :

水中の被酸化性物質 (有機物) を酸化剤で化学的に酸化したときに消費される酸化剤の量を酸素に換算したもの。同様の指標に **BOD (生物学的酸素要求量)** があり、これは試水を 20°C で 5 日間培養し、その間に微生物が有機物を分解するために消費した酸素の量を指標とする。普通、河川水や浄化槽の排水では BOD、湖沼や海では COD が用いられる。COD の高さは水中に有機物が多いことを示し、水質汚濁を示す重要な指標である。人為的な汚濁のない場所では、1mg/L 以下。COD が高い状態が続くと、水生生物相が貧弱になり、魚類などが生息できなくなる。

基準 : 人為的な汚濁のない場所では、1mg/L 以下。COD が高い状態が続くと、水生生物相が貧弱になり、魚類などが生息できなくなる。

測定方法 : パックテストを使用する。

Q. 日本では同じ河川を長期にわたって測定した場合、COD/BOD の値は増加傾向にある。なぜか。

透明度と透視度 : 水の濁りを測定する。透明度は直径 30cm の白色円盤を水中に沈め、それが見えなくなった水深と引き上げるときにそれが見え始めた水深の平均値で、海と湖沼で用いられる。透視度は底面に二重十字線が描かれたパイプに試水を注入し、二重十字線が二重に見えなくなる水の高さで、河川で使われる。・・・→実習では測定しません。

Q. 同じものを測定するのに、川では BOD と透視度、海と湖沼では COD と透明度を測定する。なぜ、測定方法が異なるのか。川では透明度板が流されたり川底に着いてしまうので透明度が測れないという現実的な理由以外に、有機物量と濁りの両方に関係する大事な生物学的理由がある。

栄養塩 : 植物の成長に欠かせない三大栄養素 (窒素、リン、カリウム) のうち、カリウムは海水にも淡水にも豊富に含まれている。そのため、水中での生物生産は窒素とリンの存在量に律速されることが多い。もちろん、これ以外の微量元素が律速因子になることもあり、たとえば、北西太平洋では窒素とリンが豊富にあるのに鉄が不足するために光合成が行えず生産量が小さいことなどが知られている。また、ケイ素は河川水中に豊富に存在するが、ダムなどで水の流れが停滞すると、大きく減少することがある。そこで、ダムの影響を調べる上では重要な項目となる。しかし、通常の河川水質では窒素とリンの存在量が問題になることが多く、狭義にはこの二種が栄養塩と呼ばれる。

窒素 (硝酸態窒素、アンモニア態窒素) : 単位 mg/L

窒素は生物にとって不可欠であるが、湖沼やダム湖などの閉鎖性水域では流入量が多いと富栄養化が進み、植物プランクトンの異常増殖を引き起こす。

測定方法 : パックテストを使用する。

ケイ酸 (SiO₂) : 単位 mg/L

水中の一次生産者である珪藻の被殻はケイ酸が主成分である。水中で光合成を行う珪藻は、単細胞または群体性の藻類である。珪藻は魚類の餌としても重要であり、アユの食う川底の石の表面などに付着している。自然水中のケイ酸の形態は非常に複雑で、イオン、コロイドおよび分子状のものやケイ酸塩または生物体に含まれるものなどがある。

測定方法：パックテストを使用する。

Q. なぜ、ダムなどで水の流れが停滞するとケイ素が大きく減少することがあるのか。

電気伝導度 (EC)、単位：mS/m、 μ S/cm

水中のイオン総量を示す指標。水に溶解している物質はほぼすべてがイオンの形になっているために、電気伝導度は水に溶解している物質総量の指標となる。

測定方法：電気伝導度計を使って測定する。

pH :

水中の水素イオン (H⁺) 濃度の逆数の対数。水の酸性・アルカリ性の度合いを表す指標。pH を決定する要因には、水中に溶解している炭酸塩 (HCO₃⁻) のほか、地質、生物的因子 (植物プランクトンの活動など)、人間活動による影響がある。河川ではほぼ7になるが、温泉水や工業廃水が流入していると強い酸性を示すこともある。

測定方法：ガラス電極法を用いた機器 (pH メータ) を使って測定する。

溶存酸素量 (DO) : 水中に溶解している酸素はすべての生命活動の基本になる、河川では90%以上の飽和度を示すことが多いが、停滞水域では非常に低くなることもあり、こういうところには低酸素耐性の大きい生物しか住めない。・・・→実習では測定しません。

酸化還元電位 (ORP) : 水中の酸化還元状態の程度を示す指標で、ORP が+であれば好気的条件下で酸化反応が、-であれば嫌気的条件下で還元反応が進行する。したがって、溶存酸素が継続的に十分あれば、ORP は+の値をとり、継続的に不足していると-の値をとる。溪流でも枯れ葉が堆積しているような停滞域では負の値を示すことがあり、メタンガスが発生するようなドブでは-300mv 以下の低い値を示す。・・・→実習では測定しません。

水生生物を使った水質判定 河川の水質は時々刻々、大きく変化する。たとえば、流域下水道が整備されていない河川では、朝、洗濯や朝シャンのために洗剤に含まれる界面活性剤の濃度が急増する。また、夕方から前夜半にかけては炊事と後片付けに伴う有機物濃度が急増する。

すなわち、科学的な分析や測定はピンポイントで正確な値を得ることができるが、ある場所の水質を正確に反映していないことも多い。これに対して、ある場所にどんな生物が住んでいるか〔住むことができるか〕は、その場所の平均的な水質と密接に関係している

ことが期待される。

また、水生生物を使った水質判定は、高価な分析・測定機器や高度な分析技術を使わずに、誰にでもできる。もちろん、問題点がないわけではない。たとえば、若狭湾に注ぐほとんどの川では、「きれいな水」か「少し汚い水」に分類されてしまう。

河川についての基礎知識

川ってなんだ：水が流れているところ？では、側溝は川か？

Q. 川を定義せよ

川の次数：流れ始めた源流を一次河川と呼ぶ。一次河川同士が合流した河川は二次河川、二次河川同士が合流した河川は三次河川と、同じ次数の河川が合流すると次数が一つ上がる。しかし、たとえば三次河川に二次河川が合流しても次数は変わらない。

次数は川の地形と関係があり、たとえば、河口が三次河川なら、その川は平均的には4本の二次河川と16本の一次河川で構成される。ただし、次数は明らかにフラクタルな構造を持つので、それを調べる地形図の縮尺によって変化する。たとえば、下に示した由良川流域図で由良川は芦生研究林から二次河川として流れ出すが、同じところでも5万分の一地形図では三次河川、1万分の一地形図では四次河川となる。

次数と生物の分布は関係することが知られていて、ダムも稚アユ放流もなかった明治時代の長良川でアユの漁場が形成されたのは、主に五次以上の河川で、四次以下の河川までアユが遡上するのは豊漁年に限られていた(次数は5万分一地形図による)。その他にも、付着藻類や水生昆虫の分布と次数の関係が知られている。

Q. 5万分一地形図で宮川の次数を調べよ

川の生態学的区分：川は必ず蛇行し、また、浅くて流れが速い瀬と深くて流れが緩やかな淵を持つ。蛇行・瀬・淵の要素によって川を分類したのが京大農学部で水生昆虫を研究していた可児(1944)で、その区分は現在でも広く使われている。

川の曲がり角には必ず淵が形成されるので、次の曲がり角の淵までいくつかの淵と瀬がある場合をA型、瀬だけがある場合をB型とする。この区間の落差が大きい順にa, b, cと分け、これらの組み合わせで区分する。実際は落差が大きくないとA型は形成されず、逆に落差が大きいとB型にはならない。したがって、**Aa, Bb, Bc**の3タイプに区分することになる。

Aa型は、河床勾配が1/60以上の上流域や中間盆地からの流出域に見られる。

Bb型は、河床勾配が1/60から1/400の中流域に多く、淵と淵の間に比較的流れの遅い平瀬と流れが速く白波が常に立つ早瀬がある。

Bc型は、河床勾配が1/400以下の下流域に多く、平瀬だけで早瀬がない。

淵の分類：川那部による

S(Substrate)型：Aa 型の河川に見られる階段状の落ち込み。瀧や堰下の深み

R(Rock)型：大きな岩や橋脚の周りの深み

M(Meander)型：蛇行部の曲がり角にできる深み。R型と複合していることも多い

D(Dam)型：ダムや堰の上流側の湛水部

O(Ox Bow)型：ワンド（河川沿いにある水たまり）や三日月湖

水生昆虫の見分け方

翅(はね)が認められ虫らしいか, 多少なりともイモムシ型で翅が無いかが, 第一歩.

① 一応虫らしい形で, 翅(の基)が認められる.

目 (Order)	尾	鰓	その他の特徴
蜉蝣目(カゲロウ)	普通3本 長い	側面に7対	肢のふ節の爪1個, 例外2個 主として藻食性
蜻蛉目 均翅亜目 イトンボ カワトンボ		腹部末端に葉状気 管鰓3個	捕捉用下唇 肉食性 外形は 細長い
蜻蛉目 均翅亜目 ムカシトンボ亜目 不均翅 亜目 トンボ ヤンマ	極めて短か く棘状	外部に現われてい ない(直腸壁)	捕捉用下唇 肉食性 外形は太 い, 体形種々
セキ翅目(カワゲラ)	2本 長い	肢の基部に細かく 多数	肢のふ節の爪2個 外形扁平 肉食 草食性
半翅目 アメンボ マツモムシ	種々	ない	吸液用の尖った口吻 肉食性 体形成虫に似る

一番たくさん出てくるカワゲラとカゲロウの見分け方は, 爪が二本か一本か

② 多少ともイモムシ状. 翅はない. 肢は短い, 痕跡的か, あるいはない.

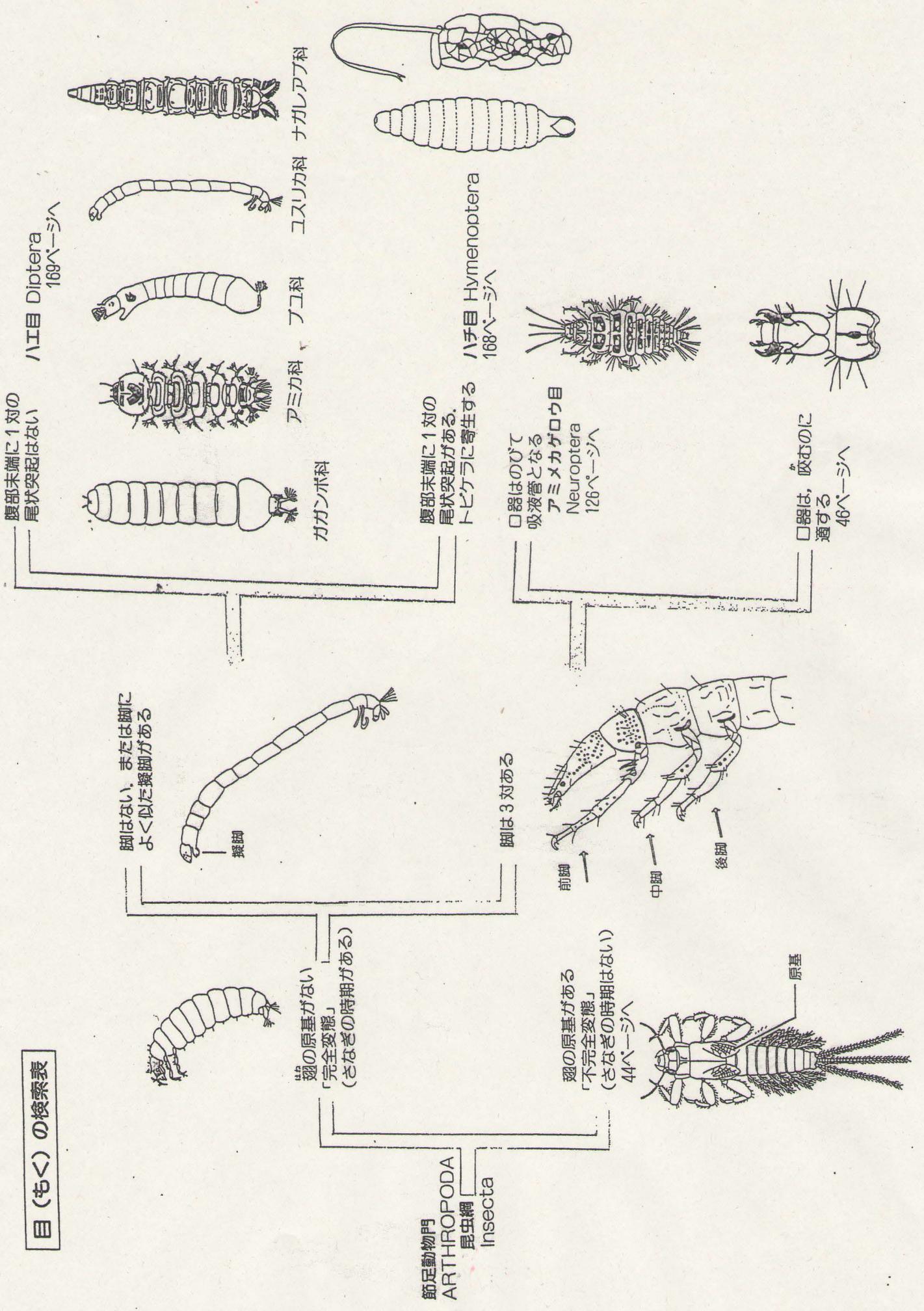
目 (Order)	肢	鰓 体の後端	その他の特徴
広翅目 (ヘビトンボ センブリ)	3対	糸状鰓・叢状鰓のあるもの、全くないものがある1 本の長い尾をもつもの 腹部各節に1対の長い側 突起 2本の鉤爪をもつもの	肉食性
毛翅目 (トビケラ)	3対	やや長い 種々 ないものもある 1対の尾肢 可携筒巢(砂粒で作った筒状の巢)をもつ	主に藻食性
鞘翅目(ゲンゴロウ ガムシ ホタル)	3対	通常ない 種々	肉食性
双翅目 (カ ブユ アブ アミカ)	ない	通常1対の伸縮性肛門鰓 種々	頭部は小さくない ようにみえる

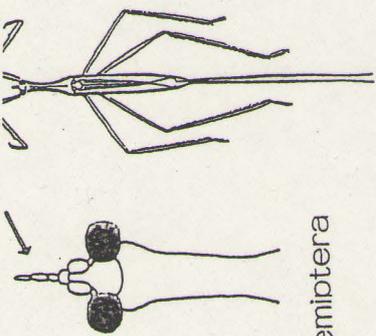
腹部が長くてイモムシ状になるので, 肢がある種は体の前方にまとまってある.

(谷 幸三著 「水生昆虫の観察」第2改訂版 トンボ出版より)

目(もく)の検索表

節足動物門
ARTHROPODA
昆虫綱
Insecta

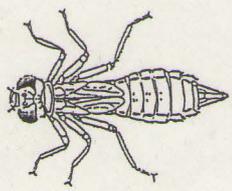
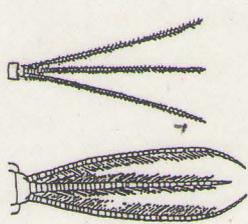




口器は長く針状、刺す形

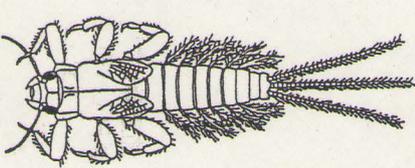
カメムシ目 Hemiptera
102ペーシハ

細長い尾がある。下唇は頭部より長くない

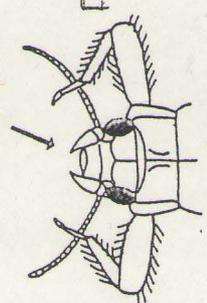


細長い尾がない (3個の葉状気管総がある)。下唇は蝶番(ちようつがい)状

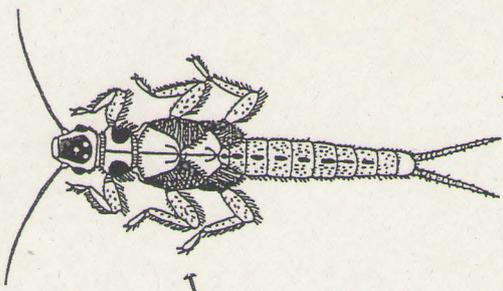
トンボ目 Odonata
67ペーシハ



42ペーシより
翅の原基がある (不完全変態)



口器は咬む形

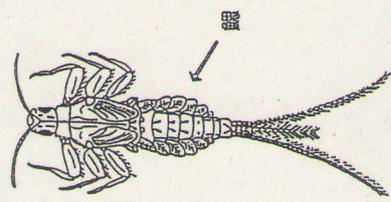
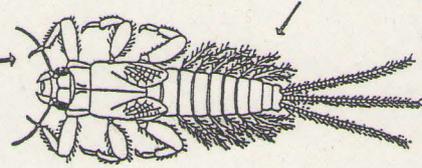


觸は胸部か腹部末端にある。跗節の鉤爪は2個

カワゲラ目 Plecoptera
90ペーシハ

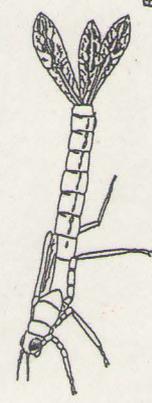
鉤爪は2個

鉤爪は1個



觸は腹部側面にある。跗節の鉤爪は1個

カゲロウ目 Ephemeroptera
49ペーシハ



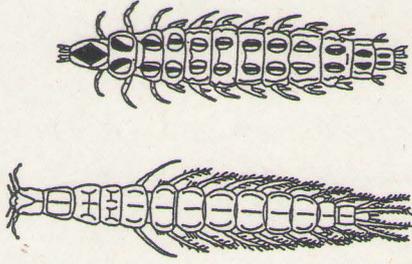
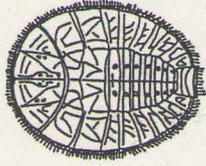
葉状気管總



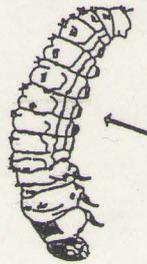
下唇(ちようつがい)状

腹胸がない、腹部に長い側突起がある

コウチュウ目 Coleoptera
150ページへ



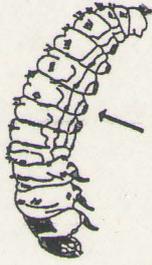
腹脚は数対あるか
または、ない。
尾脚に鉤爪はない



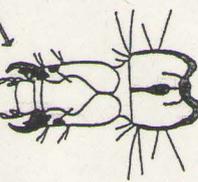
腹脚

5対の腹脚がある

チョウ目 Lepidoptera
158ページへ



腹脚



口器は咬むのに
適する

43ページより

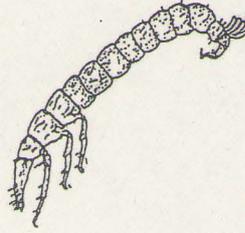
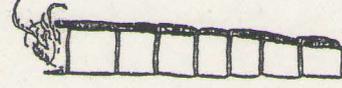
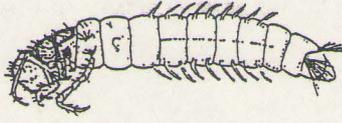
最後に1対の腹脚
(尾脚)がある。
尾脚に1または2個の
鉤爪がある



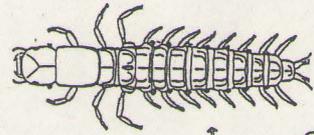
鉤爪

腹部には長い側突起
はない、体は円筒形

トビケラ目
Tricoptera
127ページへ



側突起

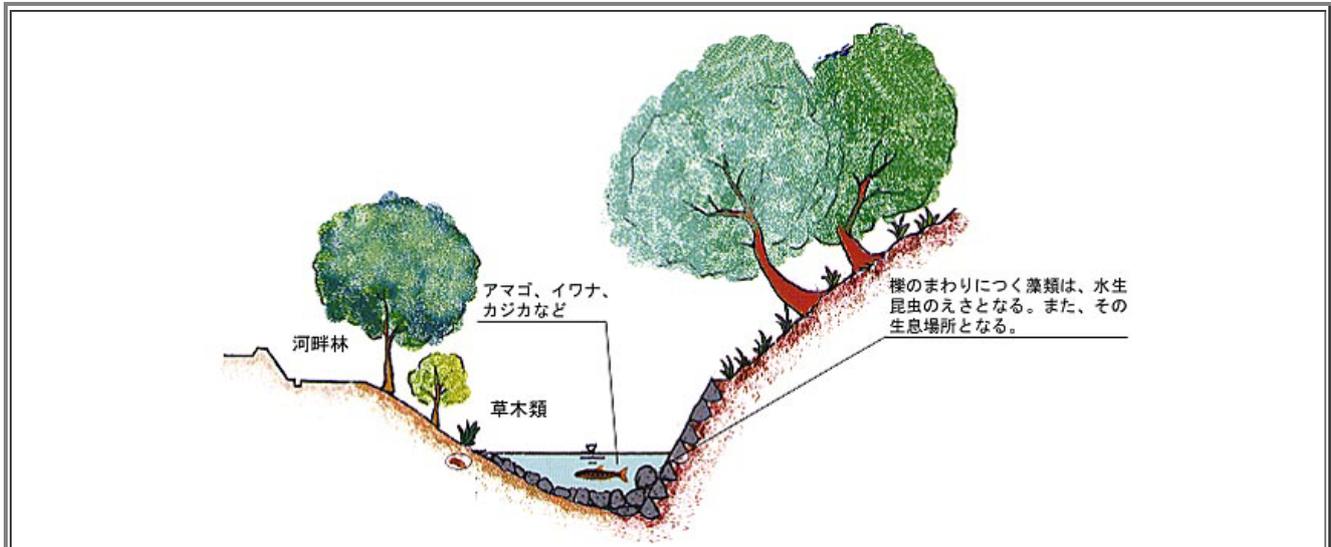


腹部各節に1対の
長い側突起がある

ヘトンボ目 Megaloptera
123ページへ

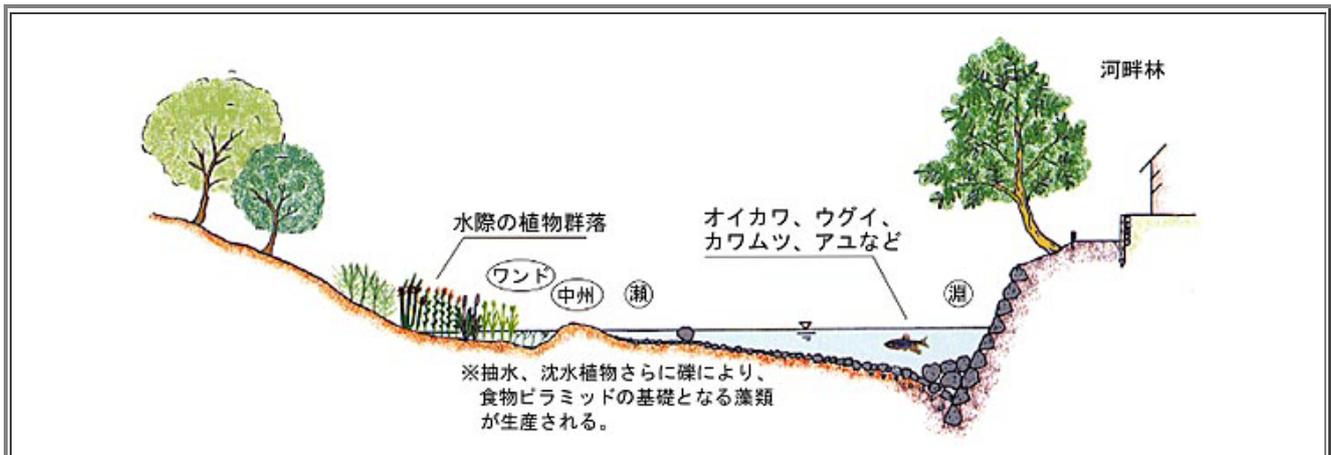
河川形態と水生生物

上流・渓流域の生物生息環境の良好な河川形態



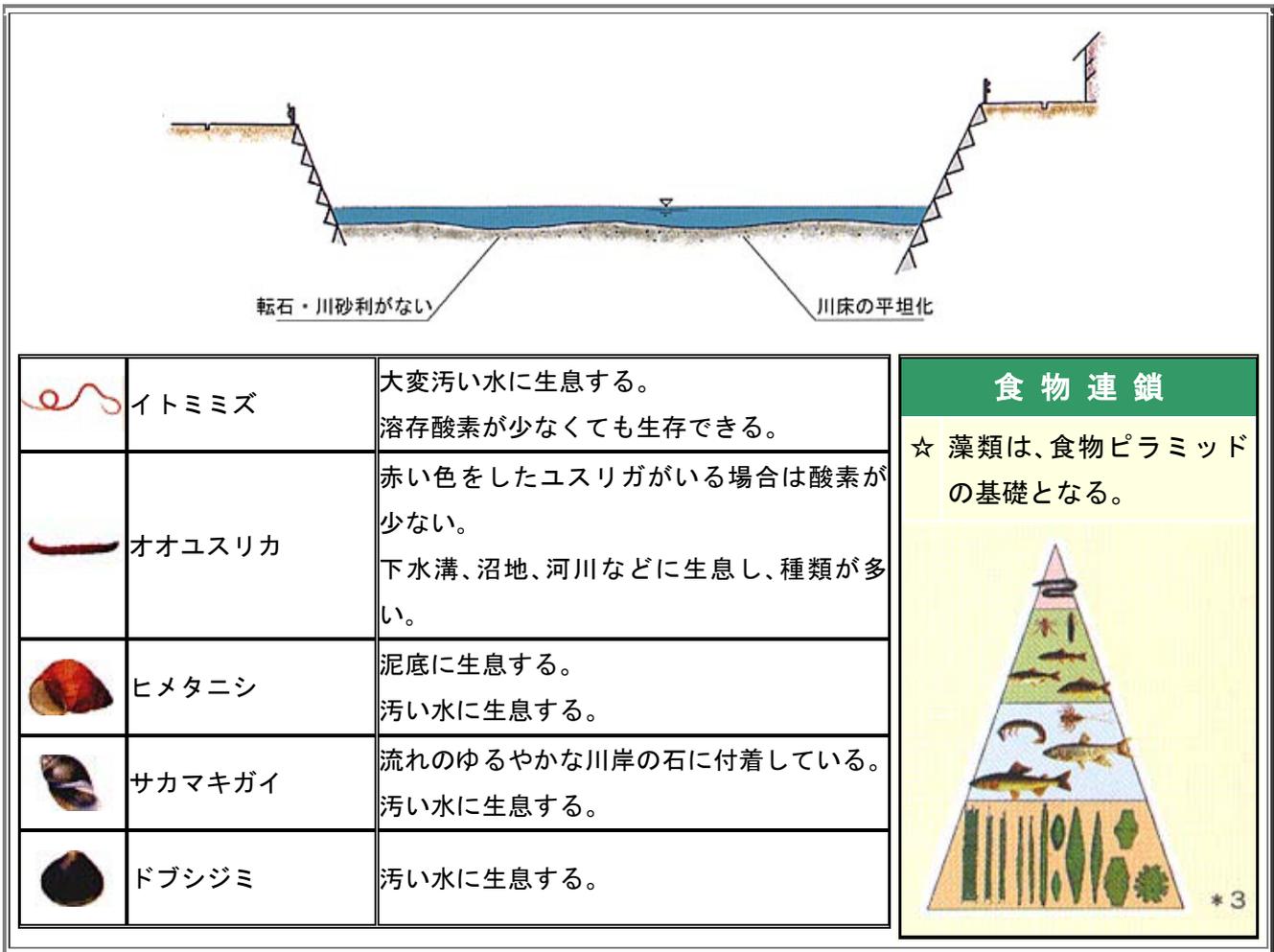
	ミヤマカワトンボ	山地の溪流に生息する。
	ダビドサナエ	山地・丘陵の溪流付近にすむ。 泥塵をかぶっている。
	フタスジモンカゲロウ	流れのゆるやかな区域の砂泥中に生息する。
	オオマダラカゲロウ	石の下、落葉などの下に見られる。
	オオヤマカワゲラ	溪流の砂礫の間や、流れが比較的ゆるくて落葉などが堆積するところに多い。
	カミムラカワゲラ	溪流の砂礫底に生息する。
	ゲンジボタル	水のきれいな川にすむ。 体はやや平たく、砂礫の上をはっているが、泳ぐこともできる。
	サワガニ	清流にすむ。
	カワナ	石に付着していたり、砂泥底にいることもある。
	ニンギョウトビケラ	山地溪流・平地流に見られる。 砂粒で円筒を作り、その両側に大きい砂粒3唐個づつつけた巣を作る。

中流域の生物生息環境の良好な河川形態



	モノアライガイ	少し汚れた水にすむ。
	ヘビトンボ	溪流の砂礫底に見られる。
	ヒゲナガカワトビケラ	流速の速いところ、溪流の砂礫底に生息する。
	ウルマーシマトビケラ	砂粒・植物の破片などで巣を作る。山地から平地の流水中に広く生息する。
	シロタニガワカゲロウ	川の中下流に見られるが、急流部の石面や石の下に付着して生活する。
	モンカゲロウ	流れのゆるやかな区域の砂泥中に見られる。
	エルモンヒラタカゲロウ	体はやや平たく、溪流の流れの速い石面に付着している。
	クロマダラカゲロウ	山地溪流の石の下や間に生息する。
	ヒラタドロムシ	上中流の砂礫に生息する。 石の表面に付着して歩行し、運動はきわめてのろい。
	ハグロトンボ	比較的水のきれいな流水河川の流れがゆるやかな砂泥底に生息する。

中・下流域の在来河川（かなりきたない場合）



福井県雪対策建設技術研究所発行の環境土木通信 Vol 8 (06. 1998) より転載

参考1 公共用水データ 由良川本流
BOD75%(ppm)

	出合橋	安野橋	大野ダム下	須川橋	山家橋	以久田橋	音無瀬橋	筈巻橋	波美橋	由良川橋
1981		0.6	0.7		0.9	0.9	1	1	1	1
1982		1.5	1.3		0.8	0.9	0.9	1.1	1.1	0.9
1983		1.7	1.8		0.6	0.8	0.9	1	1.1	1
1984		0.5	0.6		0.9	1	1.1	1	1	1.1
1985		0.5	1.1		0.7	0.8	0.9	0.9	1	0.8
1986		0.6	0.8		1.6	1	1.1	1.1	1	0.9
1987		0.5	0.7		1.2	0.7	0.7	0.8	0.9	0.7
1988		0.5	0.6		0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.7
1989	0.6	0.6	1.2	1.3	0.9	0.9	0.9	1	1	0.9
1990	0.5	0.5	0.9	1.2	0.7	0.8	0.9	1.1	1	1
1991	0.5	0.5	0.7	1.1	0.9	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
1992	0.5	0.8	0.8	1.1	0.8	0.7	0.8	1	1.1	0.8
1993	0.6	0.5	0.7	1.3	0.9	0.9	1	1.3	1.4	1
1994	0.5	0.7	0.8	1.2	1	1.3	1	1.6	1.1	1.1
1995	0.5	0.6	1	1.1	0.9	1	0.7	1.1	0.9	0.7
1996	0.5	0.5	0.8	1.1	1.6	0.8	0.7	0.9	0.8	0.7
1997	0.6	0.5	0.9	1.3	1.2	0.7	0.8	0.7	0.7	0.6
1998	0.9	0.9	1.1	1.3	1.4	0.7	0.6	0.8	0.7	0.6
1999	0.5	0.5	0.5	1.7	1.4	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8
2000	0.8	1	0.5	1.3	1.3	0.9	0.8	0.8	0.8	0.6
2001	0.5	0.7	1.2	0.9	1	0.7	0.8	0.9	0.8	0.7
2002	0.8	0.6	0.7	1.3	1.2	0.9	0.8	1.1	0.8	0.8
2003	0.5	0.5	0.5	1	1.2	0.7	0.8	0.9	0.8	0.7
2004	0.6	1	1.1	0.7	1.3	0.7	0.7	0.9	0.8	0.7
2005	0.9	0.8	1.1	1.3	1.8	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6
2006	1.2	0.9	1.1	1.2	1.4	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6
2007	0.5	0.5	0.6	1.4	1.3	0.7	0.6	0.7	0.7	0.5
2008	0.6	0.7	0.8	0.8	1.1	0.7	0.9	0.8	0.8	0.9
2009	0.6	0.5	0.5	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7
平均値	出合橋	安野橋	大野ダム下	須川橋	山家橋	以久田橋	音無瀬橋	筈巻橋	波美橋	由良川橋
85-89		0.54	0.88		1.04	0.82	0.88	0.92	0.94	0.80
90-94	0.52	0.60	0.78	1.18	0.86	0.86	0.88	1.14	1.06	0.92
95-99	0.60	0.60	0.86	1.30	1.30	0.80	0.70	0.86	0.76	0.68
00-04	0.64	0.76	0.80	1.04	1.20	0.78	0.78	0.92	0.80	0.70
05-09	0.76	0.68	0.82	1.10	1.28	0.68	0.72	0.74	0.72	0.66

参考2 公共用水データ 由良川本流
COD75%(ppm)

	出合橋	安野橋	大野ダム下	須川橋	山家橋	以久田橋	音無瀬橋	筈巻橋	波美橋	由良川橋
1981										
1982										
1983										
1984										
1985		1.1	1.5		1.9	1.8	2.2	2.5	2.5	2.6
1986		1.5	1.8		1.5	1.7	1.8	1.9	1.9	2.7
1987		0.6	0.9		1.9	2	2	2.1	2.2	2.5
1988		0.5	0.5		1.9	1.6	1.6	1.7	1.8	1.8
1989	0.5	0.5	0.6	1.5	2.2	1.8	2	2.2	1.9	2.2
1990	0.5	0.5	0.9	2.1	2.1	2.3	2.4	2.7	2.2	2.3
1991	0.9	0.8	1.2	1.8	2.1	1.9	2	2.1	2.2	2.2
1992	0.7	0.8	1.2	2.3	1.9	2	2.4	2.7	2.5	2.3
1993	0.9	0.7	1.1	2	1.6	2.7	2.6	3	2.9	2.8
1994	1	1.2	1.5	2.4	2.1	2.9	2.4	2.8	3	3
1995	0.9	1.1	1.4	2.3	1.9	2.2	2.1	2.5	2.3	2.2
1996	1	1.3	1.3	1.8	2.5	2.3	2.2	2.2	2.3	2.3
1997	0.8	0.8	1.1	2	2.3	2.1	2.1	2.1	1.9	2.3
1998	1.5	1.5	1.7	2.1	2	2.3	2.4	2.4	2.3	2.4
1999	1	1.3	1.3	2	2.4	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3
2000	1	1.2	1.2	2.7	2.4	2.6	2.4	2.6	2.6	2.5
2001	1.4	1.4	1.4	2.5	2	2.1	2.1	2.2	2.3	2.8
2002	1.6	1.5	1.5	3	1.7	2.5	2.7	2.8	2.7	2.7
2003	1.6	1.3	1.3	2.3	2	2.6	2.5	2.7	2.6	2.5
2004	1.4	1.2	1.2	2.1	2.1	2.4	2.4	2.3	2.8	2.6
2005	1.2	1	1.3	1.5	1.6	2.2	2.3	2.5	2.3	2.4
2006	1.3	1.6	2.1	2.6	2.1	2.1	2.2	1.9	2.4	2.3
2007	1.4	1.3	1.6	2.3	2.5	2.3	2.4	2.4	2.4	2.3
2008	1.2	1.2	1.2	1.6	1.7	2.1	2.3	2.3	2.2	2.3
2009	2	1.5	1.7	1.7	2.3	2.3	2.4	2.4	2.6	2.3
	出合橋	安野橋	大野ダム下	須川橋	山家橋	以久田橋	音無瀬橋	筈巻橋	波美橋	由良川橋
85-89		0.84	1.06		1.88	1.78	1.92	2.08	2.06	2.36
90-94	0.80	0.80	1.18	2.12	1.96	2.36	2.36	2.66	2.56	2.52
95-99	1.04	1.20	1.36	2.04	2.22	2.22	2.20	2.28	2.20	2.30
00-04	1.40	1.32	1.32	2.52	2.04	2.44	2.42	2.52	2.60	2.62
05-09	1.42	1.32	1.58	1.94	2.04	2.20	2.32	2.30	2.38	2.32

参考3 公共用水データ 由良川支流

BOD75%(ppm)

	棚野川	高屋川	上林川	八田川	犀川	弘法川	和久川	牧川	宮川	伊佐津川	高野川	与保呂川
1985		0.9		2.2	3.2		7.3	1		2.5	7.2	5.9
1986		1.5		2.3	1.4		4.5	1.3		2.7	6.6	4.3
1987		1.1			1.5		3	1.2		3.9	5.3	3.5
1988		1.1		1.5	1.3		4.2	1.9		0.9	6.2	3.5
1989		1.7	0.8	1.5	1.9		5.2	2.7		2	7.2	3.7
1990		1.5	0.5	1.2	2.3		4.5	2		1.2	5.5	3.1
1991		1.2	0.6	1.3	2.2	2.4	3.4	1.7		1.6	6.1	3.1
1992		1.3	0.9	0.9	2.2	1.9	4.6	1.8		1.5	7.4	3.6
1993		1.3	0.8	1.4	1.6	2.8	5.9	1.4		1.1	6.2	2.5
1994		1.8	1.3	2.9	1.4	5.8	14	1.2		1.5	9.8	3.1
1995		2.2	1.1	2	1.7	2.2	1.9	1.6		2.1	5.4	3.4
1996	0.5	1.2	2	2.7	2	2.6	2.8	2.3	1.3	0.9	5	1.6
1997	0.7	2	1.5	1.6	1.9	1.9	1.3	1.5	1.3	1.4	4.7	2.5
1998	1.2	1.2	1.3	1.6	1.2	3.4	3	1.9	1.7	1	4.4	1.8
1999	0.5	1.4	1.6	2.3	1.3	3.1	2.8	2.8	3.1	1.8	5	2.2
2000	0.7	1.9	1.8	1.7	1.7	2.1	1.7	1.4	1.3	1.7	3.9	1.4
2001	0.8	1.7	1	1.8	2.2	2.4	2.1	1.4	1.8	1.4	3.5	1.8
2002	0.8	1.4	0.8	2.1	2	3.3	2.5	3.3	2.8	0.8	4.3	1
2003	0.5	1.2	1.2	1.3	1.1	2.5	2	2.5	1.6	0.8	4.1	1.1
2004	1.1	1.5	1.6	1.9	1.4	1.6	1.3	1.5	1.1	1	2.6	1.5
2005	1.1	1.5	1.2	2.3	1.1	2.4	2.3	1.6	1.6	1.6	3.1	1.9
2006	1	1.4	1.3	2.3	3.2	2	1.4	1.4	1.2	1.3	3	1.8
2007	0.8	0.8	1.7	1.6	1.4	2.5	0.7	1	0.9	1.1	1.7	1
2008	0.5	0.7	0.8	1.8	1.5	1.4	0.8	0.8	0.6	1.2	2.2	1.5
2009	0.5	0.7	1	1.6	1.3	1.6	1.1	0.8	0.5	1.2	1.8	1.6

	棚野川	高屋川	上林川	八田川	犀川	弘法川	和久川	牧川	宮川	伊佐津川	高野川	与保呂川
85-89		1.26	0.80	1.88	1.86		4.84	1.62		2.40	6.50	4.18
90-94		1.42	0.82	1.54	1.94	3.23	6.48	1.62		1.38	7.00	3.08
95-99	0.73	1.60	1.50	2.04	1.62	2.64	2.36	2.02	1.85	1.44	4.90	2.30
00-04	0.78	1.54	1.28	1.76	1.68	2.38	1.92	2.02	1.72	1.14	3.68	1.36
05-09	0.78	1.02	1.20	1.92	1.70	1.98	1.26	1.12	0.96	1.28	2.36	1.56

COD/BOD	棚野川	高屋川	上林川	八田川	犀川	弘法川	和久川	牧川	宮川	伊佐津川	高野川	与保呂川
85-89		2.2	2.8	2.5	2.6		1.5	1.2		1.4	0.9	1.1
90-94		2.2	2.5	2.9	2.1	1.5	1.5	1.4		1.8	0.9	1.3
95-99	1.6	2.1	1.5	2.0	2.6	1.2	1.2	1.1	1.0	1.5	1.1	1.3
00-04	1.4	2.3	1.8	2.4	2.1	1.4	1.6	1.2	1.2	1.8	1.1	2.0
05-09	1.4	3.2	1.6	2.4	2.0	1.8	2.0	1.7	1.8	1.4	1.3	1.6

参考4 公共用水データ 由良川支流

	COD75%(ppm)											
	棚野川	高屋川	上林川	八田川	犀川	弘法川	和久川	牧川	宮川	伊佐津川	高野川	与保呂川
1985		2.6		4.5			8	1.8		3.4	7.4	5.5
1986		3.3		5.2			8.3	2.2		4.4	6.8	4.8
1987		3.4					6.4	1.6		4.9	5.6	4.6
1988		2.3		4.1			7.5	1.7		1.5	5.4	3.5
1989		2.4	2.2	5.2	4.9		5.8	2.3		2	5.5	4
1990		3.2	2.2	4.7	4.1		5.6	2.6		2.5	6.8	4.4
1991		2.5	1.9	4.1	4.6	4.6	6.6	1.9		3.3	5.7	4.3
1992		3.8	1.8	3.6	3.6	3.5	8.6	2.3		2.8	6	4.6
1993		2.4	2.2	4.3	4.6	3.9	10	2.4		1.7	5.4	3.3
1994		4	2.3	5.4	3.7	6.9	17	2.5		2.4	6.8	2.9
1995		5.1	1.9	4.1	4.3	3.9	3.3	1.8		2.2	5.3	3.6
1996	1.2	2.7	2.7	4.4	4.6	3.1	2.9	2.3	1.7	2.4	5.5	3.2
1997	0.8	2.9	2.8	4.9	5.6	3.5	2.7	2.3	1.9	2.2	5.4	3.2
1998	1.4	3.1	2	2.8	2.4	3.3	3	2.4	2	1.8	5.5	2.5
1999	1.2	2.9	2	4.1	3.8	2.6	2.5	2.5	1.9	2.4	4.6	2.9
2000	1	3.7	2.4	4	3.3	3.9	2.7	2.2	2	2.3	3.7	2
2001	1.3	3.7	2.6	2.8	3.6	3.4	3.7	2.6	2.2	2	3.9	2.6
2002	1.1	4.1	2.3	5.8	3.8	3.8	4	3	2.1	2.4	4.6	3.5
2003	1.2	3.3	2	4.2	3.6	3	3.4	3	2.7	1.9	4.1	3.4
2004	0.9	2.9	2.1	4.6	3.4	2.8	1.7	1.8	1.4	1.7	3.8	2.3
2005	0.8	3.2	1.3	4.5	3.5	3	2.8	2	2.8	1.6	3.5	2
2006	1.2	4.2	2	4.8	3	5.2	2.1	2	1.7	1.9	3.2	2.7
2007	1.1	3.2	2.4	4.6	3.5	4.1	1.9	2.1	1.3	1.9	3.3	2.6
2008	0.8	2.5	1.5	4.4	3.2	2.5	3.2	1.4	0.9	1.4	2.3	1.7
2009	1.6	3.3	2.5	4.9	3.9	2.9	2.9	2.1	1.7	2.2	2.6	3.6
	棚野川	高屋川	上林川	八田川	犀川	弘法川	和久川	牧川	宮川	伊佐津川	高野川	与保呂川
85-89		2.80	2.20	4.75	4.90		7.20	1.92		3.24	6.14	4.48
90-94		3.18	2.08	4.42	4.12	4.73	9.56	2.34		2.54	6.14	3.90
95-99	1.15	3.34	2.28	4.06	4.14	3.28	2.88	2.26	1.88	2.20	5.26	3.08
00-04	1.10	3.54	2.28	4.28	3.54	3.38	3.10	2.52	2.08	2.06	4.02	2.76
05-09	1.10	3.28	1.94	4.64	3.42	3.54	2.58	1.92	1.68	1.80	2.98	2.52

参考5 公共用水データ 由良川本流および舞鶴湾流入河川
全窒素・全リン (ppm)

全窒素	出合橋	安野橋	大野ダム下	須川橋	山家橋	以久田橋	音無瀬橋	箆巻橋	波美橋	由良川橋
1999	0.28	0.36	0.36	0.59	0.55	0.57	0.63	0.84	0.78	0.84
2000	0.31	0.79	0.4	0.56	0.66	0.68	0.67	0.95	0.93	0.88
2001	0.31	0.37	0.32	0.5	0.56	0.57	0.6	0.83	0.77	0.75
2002	0.29	0.32	0.35	0.6	0.56	0.67	0.68	0.87	0.83	0.8
2003	0.18	0.18	0.22	0.44	0.48	0.53	0.58	0.78	0.72	0.75
2004	0.22	0.25	0.28	0.5	0.61	0.61	0.63	0.77	0.77	0.78
2005	0.37	0.47	0.53	0.6	0.57	0.66	0.69	0.93	0.9	0.84
2006	0.34	0.32	0.37	0.55	0.69					
2007	0.42	0.38	0.44	0.61	0.92					
2008	0.38	0.85	0.39	0.51	0.57					
2009	0.29	0.25	0.29	0.36	0.44					
00-04	0.262	0.382	0.314	0.520	0.574	0.612	0.632	0.840	0.804	0.792
全リン	出合橋	安野橋	大野ダム下	須川橋	山家橋	以久田橋	音無瀬橋	箆巻橋	波美橋	由良川橋
1999	0.007	0.008	0.009	0.028	0.012	0.026	0.027	0.040	0.033	0.035
2000	0.005	0.015	0.007	0.052	0.020	0.034	0.031	0.042	0.049	0.042
2001	0.004	0.009	0.008	0.020	0.016	0.034	0.034	0.047	0.045	0.039
2002	0.004	0.008	0.006	0.025	0.020	0.036	0.035	0.053	0.051	0.050
2003	0.004	0.005	0.006	0.022	0.020	0.031	0.035	0.042	0.044	0.045
2004	0.005	0.010	0.011	0.030	0.025	0.032	0.033	0.036	0.048	0.042
2005	0.012	0.015	0.037	0.036	0.020	0.030	0.036	0.061	0.053	0.050
2006	0.011	0.011	0.013	0.031	0.024					
2007	0.009	0.010	0.010	0.032	0.026					
2008	0.009	0.010	0.012	0.020	0.017					
2009	0.014	0.014	0.014	0.025	0.015					
00-04	0.004	0.009	0.008	0.030	0.020	0.033	0.034	0.044	0.047	0.044

参考6 公共用水データ 由良川支流および舞鶴湾流入河川
全窒素・全リン (ppm)

全窒素	棚野川	高屋川	上林川	八田川	犀川	弘法川	和久川	牧川	宮川	伊佐津川	高野川	与保呂川
1999	0.34	1.40	0.56	0.93	0.88	1.70	0.87	1.00	0.58	0.86	1.00	0.80
2000	0.35	1.50	0.58	0.85	0.86	1.50	0.98	1.00	0.56	0.77	1.00	0.70
2001	0.28	1.50	0.56	0.93	0.64	1.30	0.87	0.90	0.57	0.65	0.90	0.64
2002	0.24	1.50	0.62	1.10	0.93	1.30	0.94	1.10	0.60	0.56	1.10	0.55
2003	0.17	1.10	0.39	1.10	0.73	1.20	0.75	0.88	0.45	0.47	1.00	0.52
2004	0.23	1.10	0.61	0.98	0.86	1.60	0.58	1.10	0.68	0.58	1.00	0.70
2005	0.60	1.20	0.54	1.20	0.85	1.40	1.00	1.20	0.76	0.67	1.00	0.70
2006	0.30	1.10	0.77	2.20	0.71	1.20	0.75	0.98	0.68	0.67	0.80	0.56
2007	0.34	1.00	0.69	1.30	0.86	1.20	0.83	0.93	0.52	0.98	0.90	0.73
2008	0.55	1.10	0.63	1.50	0.80	0.68	0.71	0.89	0.50	0.71	0.79	0.54
2009	0.25	1.10	0.54	1.20	0.69	0.75	0.51	0.77	0.44	0.60	0.69	0.36
00-04	0.254	1.340	0.552	0.992	0.804	1.380	0.824	0.996	0.572	0.606	1.000	0.622
05-09	0.408	1.100	0.634	1.480	0.782	1.046	0.760	0.954	0.580	0.726	0.836	0.578
全リン	棚野川	高屋川	上林川	八田川	犀川	弘法川	和久川	牧川	宮川	伊佐津川	高野川	与保呂川
1999	0.014	0.081	0.013	0.061	0.053	0.027	0.022	0.023	0.010	0.023	0.062	0.020
2000	0.018	0.078	0.023	0.076	0.054	0.025	0.042	0.038	0.025	0.030	0.076	0.014
2001	0.010	0.110	0.016	0.063	0.042	0.027	0.041	0.035	0.012	0.018	0.048	0.016
2002	0.007	0.094	0.020	0.080	0.069	0.025	0.032	0.034	0.022	0.022	0.054	0.022
2003	0.007	0.091	0.017	0.080	0.054	0.042	0.047	0.035	0.016	0.019	0.058	0.023
2004	0.008	0.120	0.017	0.110	0.064	0.034	0.023	0.027	0.016	0.022	0.066	0.020
2005	0.045	0.110	0.018	0.130	0.066	0.034	0.058	0.056	0.027	0.020	0.073	0.024
2006	0.010	0.150	0.022	0.170	0.038	0.041	0.030	0.043	0.027	0.049	0.052	0.018
2007	0.010	0.130	0.018	0.130	0.028	0.035	0.038	0.033	0.011	0.035	0.057	0.019
2008	0.010	0.120	0.020	0.140	0.052	0.020	0.042	0.035	0.016	0.024	0.043	0.017
2009	0.017	0.095	0.020	0.130	0.058	0.024	0.031	0.036	0.010	0.022	0.066	0.035
00-04	0.010	0.099	0.019	0.082	0.057	0.031	0.037	0.034	0.018	0.022	0.060	0.019
05-09	0.018	0.121	0.020	0.140	0.048	0.031	0.040	0.041	0.018	0.030	0.058	0.023

魚類編

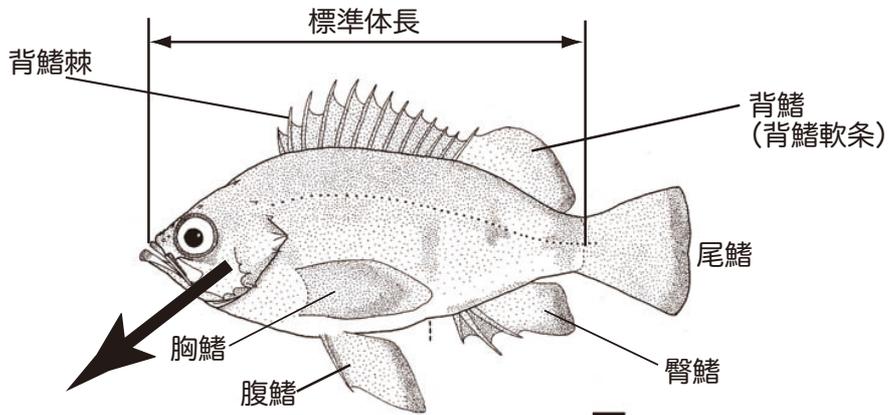
実習内容：

- 1) 魚類の採集（タモ網・刺し網）
- 2) 個体数の計数，一部は消化管内容物調査のため持ち帰り（データ用のシート有り）
- 3) 種同定（日本産魚類検索・日本産魚類大図鑑を参照）
- 4) それぞれの場所で多様性指数を計算（各班でデータを共有）（データ用のシート有り）
- 5) 持ち帰った個体の消化管内容物調査（データ用のシート有り）
- 6) 考察

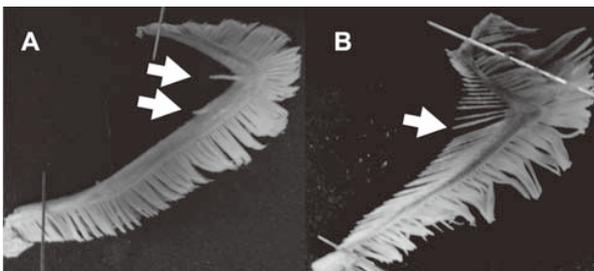
魚類編— 1.

基礎知識

魚の基本形態



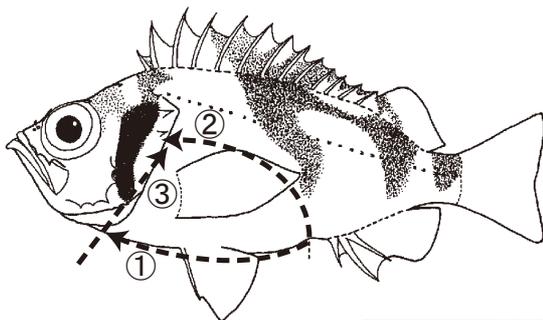
鰓耙



鰓耙は、鰓の内側にある櫛状の器官。餌を濾しとる器官であり、一般にプランクトン食の種では多く、肉食性の種では少ない。普通、右側の第一鰓弓（一番外側の鰓）を取り出し、数える。

図のAはカマス科魚類（魚食性が強い）、Bはウルメイワシ（プランクトン食）の鰓耙。

消化管内容物の調査



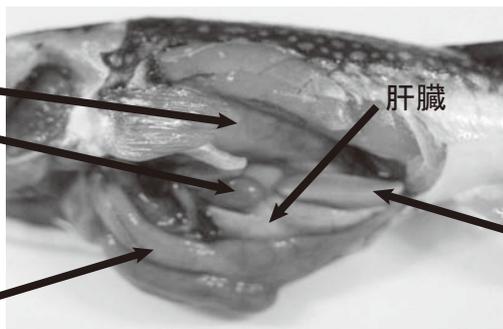
・方法

- (1) 左図①～③の順にハサミで切開
- (2) 消化管を取り出す（左下図を参照）
- (3) シャーレに水を入れて、その中で消化管を切開。柄付針・ピンセットで内容物を取り出す
- (4) 実体顕微鏡下で観察
- (5) できるだけ目レベル（可能なら科）レベルで同定
- (6) まとめはシートを利用

鰾（うきぶくろ）

胆嚢

消化管



肝臓

生殖腺

魚類編-2.

代表的な種とその解説

1) 上流部で見られる魚類



アマゴ

水生昆虫、小型の魚類などを食べる。体に赤い斑点があることで近縁のヤマメと区別可能。本来は太平洋側に流入する河川に分布するが、人為的な放流などで日本海流入河川にも見られる。川を降り、海で成長する降海型個体（サツキマス）も知られる。



タカハヤ

雑食性。体色は黄褐色から灰褐色。アブラハヤに似るが、体側の縦帯がはっきりしないこと、側線上方横列鱗数は18以下であることなどで区別できる。アマゴ（あるいはヤマメ）、カワムツと共存することが多いが、一番上流にアマゴ（あるいはヤマメ）その次にタカハヤ、アブラハヤ、そしてカワムツの順に分布する。



カジカ（大卵型）

一見、ハゼ科魚類に似るが鰓蓋に棘があること、左右の腹鰭は癒合しないことなどで簡単に区別可能。流れの速い瀬の石の間に生息している。肉食性で、付着性の水生昆虫を主に食べている。



アジメドジョウ

山間部の河川の上流から中流に分布。付着藻類を食べる。口は直線状に開いていること、眼を通る黒色斜帯がないことで近縁種から区別できる。



アカザ

体色は明るい茶色で口にヒゲを持つナマズの仲間。胸鰭や背鰭の棘は鋭く、毒があるので刺されないように注意。主に水生昆虫を食べる。

2) 中流部で見られる魚類



アユ

脂鰭を持ち、体側前半部に黄色い斑紋がある（冬に海の沿岸域で動物プランクトンを食べて育ち、春になると群れをなして川を遡り、川の中流域で育つ。稚魚期には円錐状であった歯は櫛状になり、これで付着藻類を食べるようになる。この頃に縄張りをつくり、単独生活を送るようになる。秋になると川を降り、下流域で産卵すると1年で一生を終える。



カマツカ

吻は尖り、眼は頭部の高い位置にある。口ひげは1対。体色は淡褐色で、体側には円形の暗色斑が、背中側には鞍状の暗色斑がある。下向きに付いた口を使い、砂や砂礫を吸い込みながら餌を探す。雑食性。



ニシシマドジョウ

中流の砂底に生息している。アジメドジョウに似ているが、体側の黒斑がよりはっきりしていること、眼を通る線（写真では不明瞭）があることなどで区別できる。底生性の小動物を食べる。



ヌマチチブ

頭部は大きく、ずんぐりした体型をしている。頭部や体の側面に白い斑点があることが特徴。岩や倒木などの堅い基底がある場所を好む。雑食性。

3) 下流部で見られる魚類



コイ

口のヒゲは2対。ほとんどが人為的に放流された個体起源で、野生型は琵琶湖の深所などごく限られた場所にしか分布しない。明瞭な胃は持たない。食性は雑食性で、カワナなどの貝類、水生昆虫、水草や付着藻類などを食べる。



ズナガニゴイ

体型は細長く、頭部も長い。体側と各鱗には黒い斑点が並ぶ。時に砂に潜る習性がある。止水性のカゲロウ類を中心とする水生昆虫を主に食べている。



カマキリ (アユカケ)

鰓蓋には棘があるカジカの仲間。成魚は海の沿岸部や河口周辺で卵を産み、仔魚は沿岸部で浮遊生活を送った後、13~15mmの稚魚として川を遡る。小魚などを食する。近年、全国的に減少していて、京都府の絶滅危惧種に指定されている。



カマキリ (アユカケ)

鰓蓋には棘があるカジカの仲間。成魚は海の沿岸部や河口周辺で卵を産み、仔魚は沿岸部で浮遊生活を送った後、13~15mmの稚魚として川を遡る。小魚などを食する。近年、全国的に減少していて、京都府の絶滅危惧種に指定されている。

4) 河口部で見られる魚類



コノシロ

背鰭の後部は糸状に延び、体の側面には黒い斑点が並ぶ。本来は内湾性の魚類だが、夏季には由良川河口部にも回遊する。鰓耙はかなり多く、74~157。プランクトン食。



ボラ

背鰭は2基あり、胸鰭の付け根が青いことが特徴。本来は沿岸域の魚類だが、河口付近にも頻りに現れる。海底の泥を吸い込むようにして口に入れ、そのなかの小動物などを食べている。



スズキ

体は側扁し、やや長い。口は大きく下顎が突出する。若魚では体側に黒い斑点があることがあるが、成長に伴い消失する。内湾や汽水域に生息する。稚魚まではヨコエビ類やアミ類を食するが、成長すると魚食性が強くなる。



ヒメハゼ

由良川河口で最も普通にみられるハゼ科魚類。体側に2つの丸が連なったような模様が5個あり、尾鰭の付け根には3又した黒い斑紋がある。砂底を好み、小型の動物食。

由良川魚類調査（魚類相）シート

調査日 *データは他の班のものも見せてもらって全てのを共有すること！！

班 メンバー（

調査場所	芦生研究林内		
調査時間	時 分～ 時 分	時 分～ 時 分	時 分～ 時 分
採集個体数（うち持ち帰り数）			
ウナギ目ウナギ科			
ウナギ	()	()	()
コイ目コイ科			
アブラハヤ	()	()	()
ウグイ	()	()	()
オイカワ	()	()	()
カワムツ	()	()	()
コイ	()	()	()
タカハヤ	()	()	()
フナ類	()	()	()
ニゴイ	()	()	()
ヌマムツ	()	()	()
その他コイ科	()	()	()
コイ目ドジョウ科			
アジメドジョウ	()	()	()
シマドジョウ	()	()	()
スジシマドジョウ			
ドジョウ	()	()	()
ナマズ目アカザ科			
アカザ	()	()	()
ナマズ目ギギ科			
ギギ	()	()	()
サケ目サケ科			
ヤマメ	()	()	()
サケ目アユ科			
アユ	()	()	()
ダツ目メダカ科			
メダカ	()	()	()
スズキ目スズキ科			
オヤニラミ	()	()	()
スズキ目ハゼ科			
ゴクラクハゼ	()	()	()
ヌマチチブ	()	()	()
ヨシノボリ類	()	()	()
その他の魚類	()	()	()
合計種数			
合計個体数			
多様度指数			

* シンプソンの多様度指数 群集の中の種iの個体数の割合がpiの場合 $SID = 1 - \sum pi^2$

由良川魚類調査（魚類相）シート

調査日 *データは他の班のものも見せてもらって全てのを共有すること！！
 班 メンバー（

調査場所			
調査時間	時 分～ 時 分	時 分～ 時 分	時 分～ 時 分
採集個体数（うち持ち帰り数）			
ウナギ目ウナギ科 ウナギ	()	()	()
コイ目コイ科			
アブラハヤ	()	()	()
ウグイ	()	()	()
オイカワ	()	()	()
カワムツ	()	()	()
コイ	()	()	()
タカハヤ	()	()	()
フナ類	()	()	()
ニゴイ	()	()	()
ヌマムツ	()	()	()
その他コイ科	()	()	()
コイ目ドジョウ科			
アジメドジョウ	()	()	()
シマドジョウ	()	()	()
スジシマドジョウ			
ドジョウ	()	()	()
ナマズ目アカザ科			
アカザ	()	()	()
ナマズ目ギギ科			
ギギ	()	()	()
サケ目サケ科			
ヤマメ	()	()	()
サケ目アユ科			
アユ	()	()	()
ダツ目メダカ科			
メダカ	()	()	()
スズキ目スズキ科			
オヤニラミ	()	()	()
スズキ目ハゼ科			
ゴクラクハゼ	()	()	()
ヌマチチブ	()	()	()
ヨシノボリ類	()	()	()
その他の魚類	()	()	()
合計種数			
合計個体数			
多様度指数			

* シンプソンの多様度指数 群集の中の種iの個体数の割合がpiの場合 $SID = 1 - \sum pi^2$

由良川魚類調査（胃内容物）シート

班 メンバー（ _____ ） 担当採集場所： _____
 採集日時 _____

*データは他の班のものも見せてもらって全てのものを共有すること！！

種名： _____

個体A	個体B	個体C
標準体長： mm	標準体長： mm	標準体長： mm
重量： g	重量： g	重量： g
胃内容物重量： g	胃内容物重量： g	胃内容物重量： g
胃内容物（目レベル）：個体数	胃内容物（目レベル）：個体数	胃内容物（目レベル）：個体数
カワゲラ目：	カワゲラ目：	カワゲラ目：
トビケラ目：	トビケラ目：	トビケラ目：
クモ類：	クモ類：	クモ類：
ユスリカ幼虫：	ユスリカ幼虫：	ユスリカ幼虫：
トンボ目：	トンボ目：	トンボ目：
その他昆虫：	その他昆虫：	その他昆虫：
魚類：	魚類：	魚類：
その他特記事項	その他特記事項	その他特記事項

種名： _____

個体A	個体B	個体C
標準体長： mm	標準体長： mm	標準体長： mm
重量： g	重量： g	重量： g
胃内容物重量： g	胃内容物重量： g	胃内容物重量： g
胃内容物（目レベル）：個体数	胃内容物（目レベル）：個体数	胃内容物（目レベル）：個体数
カワゲラ目：	カワゲラ目：	カワゲラ目：
トビケラ目：	トビケラ目：	トビケラ目：
クモ類：	クモ類：	クモ類：
ユスリカ幼虫：	ユスリカ幼虫：	ユスリカ幼虫：
トンボ目：	トンボ目：	トンボ目：
その他昆虫：	その他昆虫：	その他昆虫：
魚類：	魚類：	魚類：
その他特記事項	その他特記事項	その他特記事項

由良川魚類調査（胃内容物）シート

班 メンバー（ _____ ） 担当採集場所： _____
 採集日時 _____

*データは他の班のものも見せてもらって全てのものを共有すること！！

種名： _____

個体A	個体B	個体C
標準体長： mm	標準体長： mm	標準体長： mm
重量： g	重量： g	重量： g
胃内容物重量： g	胃内容物重量： g	胃内容物重量： g
胃内容物（目レベル）：個体数	胃内容物（目レベル）：個体数	胃内容物（目レベル）：個体数
カワゲラ目：	カワゲラ目：	カワゲラ目：
トビケラ目：	トビケラ目：	トビケラ目：
クモ類：	クモ類：	クモ類：
ユスリカ幼虫：	ユスリカ幼虫：	ユスリカ幼虫：
トンボ目：	トンボ目：	トンボ目：
その他昆虫：	その他昆虫：	その他昆虫：
魚類：	魚類：	魚類：
その他特記事項	その他特記事項	その他特記事項

種名： _____

個体A	個体B	個体C
標準体長： mm	標準体長： mm	標準体長： mm
重量： g	重量： g	重量： g
胃内容物重量： g	胃内容物重量： g	胃内容物重量： g
胃内容物（目レベル）：個体数	胃内容物（目レベル）：個体数	胃内容物（目レベル）：個体数
カワゲラ目：	カワゲラ目：	カワゲラ目：
トビケラ目：	トビケラ目：	トビケラ目：
クモ類：	クモ類：	クモ類：
ユスリカ幼虫：	ユスリカ幼虫：	ユスリカ幼虫：
トンボ目：	トンボ目：	トンボ目：
その他昆虫：	その他昆虫：	その他昆虫：
魚類：	魚類：	魚類：
その他特記事項	その他特記事項	その他特記事項

データシート

観測ステーション	長治谷	芦生	大野ダム 表層	大野ダム 底層
日時				
水温 °C				
pH				
電気伝導度(EC) mS/m				
塩分濃度 ‰				
溶存酸素(DO) %				
COD mg/L				
硝酸態窒素 mg/L				
アンモニア態窒素 mg/L				
ケイ酸 mg/L				
懸濁物質(SS) mg/L				
ろ過水量 ml				
(A)蒸発後(ろ紙+残渣) g				
ろ紙重量 g				
残渣重量 g				
強熱減量(VSS) mg/L				
(B)灰化後(ろ紙+残渣) g				
(A)-(B) g				
魚類				
昆虫類				
プランクトン				
観測・採集地点の様子 (川底の状態、にごり、におい、など気づいたこと)				
AAQによる測定値				

データシート

観測ステーション	和知	犀川(支流)	犀川との合流点付近	
日時				
水温 °C				
pH				
電気伝導度(EC) mS/m				
塩分濃度 ‰				
溶存酸素(DO) %				
COD mg/L				
硝酸態窒素 mg/L				
アンモニア態窒素 mg/L				
ケイ酸 mg/L				
懸濁物質(SS) mg/L				
ろ過水量 ml				
(A)蒸発後(ろ紙+残渣) g				
ろ紙重量 g				
残渣重量 g				
強熱減量(VSS) mg/L				
(B)灰化後(ろ紙+残渣) g				
(A)-(B) g				
魚類				
昆虫類				
プランクトン				
観測・採集地点の様子 (川底の状態、にごり、におい、など気づいたこと)				
AAQによる測定値				

データシート

観測ステーション	和久川 (支流)	和久川との 合流点付近	神崎(河口)	神崎(海)
日時				
水温 °C				
pH				
電気伝導度(EC) mS/m				
塩分濃度 ‰				
溶存酸素(DO) %				
COD mg/L				
硝酸態窒素 mg/L				
アンモニア態窒素 mg/L				
ケイ酸 mg/L				
懸濁物質(SS) mg/L				
ろ過水量 ml				
(A)蒸発後(ろ紙+残渣) g				
ろ紙重量 g				
残渣重量 g				
強熱減量(VSS) mg/L				
(B)灰化後(ろ紙+残渣) g				
(A)-(B) g				
魚類				
昆虫類				
プランクトン				
観測・採集地点の様子 (川底の状態、にごり、におい、など気づいたこと)				
AAQによる測定値				

データシート

観測ステーション				
日時				
水温 °C				
pH				
電気伝導度(EC) mS/m				
塩分濃度 ‰				
溶存酸素(DO) %				
COD mg/L				
硝酸態窒素 mg/L				
アンモニア態窒素 mg/L				
ケイ酸 mg/L				
懸濁物質(SS) mg/L				
ろ過水量 ml				
(A)蒸発後(ろ紙+残渣) g				
ろ紙重量 g				
残渣重量 g				
強熱減量(VSS) mg/L				
(B)灰化後(ろ紙+残渣) g				
(A)-(B) g				
魚類				
昆虫類				
プランクトン				
観測・採集地点の様子 (川底の状態、にごり、におい、など気づいたこと)				
AAQによる測定値				