

岩手大学 学びの銀河プロジェクト
E S D (持続可能な開発のための教育)
全学共通教育 高年次課題科目

都市の自然再生 プランニング

橋本 良二・比屋根 哲 編著

地域環境再生研究会

はじめに

希望の囚人

「希望の囚人」という言葉を聞いたことがありますか？ これは、「自ら進んで希望に囚われる人 (willing prisoners of hope)」のことを言います。

私たちが暮らす地球は、深刻な問題に直面しています。温暖化をはじめとする環境問題は、悪化の一途のように見えます。それだけではありません。グローバルな経済競争の中で、国や地域の間で経済格差が大きく開いています。家族や地域コミュニティの崩壊も進み、凶悪犯罪の増加など暮らしの安全・安心が脅かされています。

こんな現実を前に、私たちは悲観的な気持ちになってしまいそうです。このままでは持続可能な未来はありえないように思われます。

しかし、このままでは持続可能な未来はない、という事実を真剣に、そして誠実に受けとめるところから、新しい1歩も始まります。「このままではいけない。社会を変えなくては。そのために、1人1人が新しい「学び」を開始しよう。新しい価値観を作っていこう。そして、子供たちに希望の持てる未来を作りだそう。」

このように、自分たちの直面している世界を見つめ、そこから希望に向けて新しい「学び」に1歩踏み出した人達を「希望の囚人」と呼ぶのです。

ESDとは

このような持続可能な未来のための新しい「学び」のことを英語でEducation for Sustainable Development (持続可能な開発のための教育)と言ひ、ESDと略します。このESDの起源は、1992年にブラジルのリオデジャネイロで開催された地球サミットに遡ります。そこで、環境保全と経済開発の対立、先進国と発展途上国との対立を克服するための鍵としてSustainable Development (持続可能な開発)というコンセプトの重要性が確認され、その実現のためには教育が特に重要であると提起されたのです(行動計画「アジェンダ21」第36章)。

それ以降、環境保全だけでなく、経済・社会を含めて様々な教育を結び合わせて、社会を全体として変えていく教育が世界各地で意識的に取り組まれるようになりました。そうした世界の動きを背景として、2002年に南アフリカのヨハネスブルクで開催された「持続可能な開発世界首脳会議」の場において、日本と日本のNGOが共同で、国連「ESDの10年」を提案し、出席した191ヶ国の賛同を得ました。それを受けて日本政府は、2002年の国連総会で2005年～2014年を国連「ESDの10年」とする決議案を提案し、満場一致で採択されたのです。

その推進機関には、ユネスコが指名され、ユネスコによって世界実施計画が策定され、2005年から世界各地でこの国連キャンペーンに応える取組が展開されています。

岩手大学におけるESD

岩手大学は、この国連キャンペーンに応じて、大学としてESDに取り組むために「学びの銀河」プロジェクトを開始しました。それは、ESDを岩手大学の全学共通教育の「旗印」にしようという

取組です。その背景には、全学共通教育をもう少し現実社会との関係が見えるように、かつ求心力のあるものにしたいという考えがあります。というのも、共通教育は1つ1つは興味深い授業でも、相互のつながりが見えず、全体として何のために学ぶのか分かり難いと言われるからです。

1つ1つの授業科目が、持続可能な社会づくりにどのようにかわるのかフラッグで示せたら、授業科目間のつながりや現実社会とのつながりも分かりやすくなるのではないかと。そのために、「4つの領域」と「4つのタイプ」という分類を作り、フラッグを立てることにしました。

「4つの領域」とは、持続可能な社会づくりの問題群を構成する「環境」「経済」「社会」「文化」の4領域です。また、「4つのタイプ」とは、「知識を行動へ」というESDの基本的な考え方に立って「関心の喚起」「理解の広がりと深化」「学生参加型」「問題解決の体験」の4つです。この内、「学生参加型」と「問題解決の体験」は、これまでの知識の受動的な伝達を中心とした大学教育を、より能動的な学び、体験を通じた学びに変えていこうという意図があります。

高年次課題科目としての「市民の手による都市づくり」

これまで講義形式が大半であった全学共通教育に、タイプ4「問題解決の体験」を取り入れるために、平成19年度から「高年次課題科目」という新しい区分ができました。これは、4つの学部に分かれて専門教育を受け、専門性を身に付けつつある3年次、4年次の学生がもう一度、学部を越えて集まって、地域にある現実の問題に触れて、それを解決するために何をすべきか、実践的に考える授業科目です。

同じ問題に対しても、専門の違いによって、発想や意見が違ってもいいかもしれません。そうした違いを学ぶことも「高年次課題科目」の重要な目標です。なぜなら、現実にある問題のほとんどは、複雑に入り組んでいて様々な方策を組み合わせることで総合的に取り組んでいかなければ解決できないからです。そうした違う専門のコーディネートについて、他学部の学生と一緒に学べる高年次課題科目は、総合大学ならではの貴重な学びの機会になるものと考えています。

私たちが今暮らしている盛岡市において、「市民の手による都市づくり」をどのように進めるか、この具体的な課題に対して、学部の違いを大切にして、学生同士で多に議論して、幅広い発想や観点を身に付けることが期待されます。また、そうした幅広い視点から自分の専門を持続可能な社会づくりに活かす方法について学んで下さい。

岩手大学 副学長

玉 真之介

2008年2月1日

都市の自然再生 プランニング

目次

はじめに

玉 真之介 (副学長)

第1章 都市の環境保全

複合化する大気環境問題への対応	大塚 尚寛 (工学部 建設環境工学)	3
河川環境とその再生	海田 輝之・伊藤 歩 (工学部 水環境工学)	11

第2章 都市の緑と生きものたち

都市域の植生構造を解き明かす	竹原 明秀 (人文社会科学部 植物生態学)	21
地域の雑木林再生と環境樹木学事始め	橋本 良二 (農学部 森林環境造成学)	29
野鳥のすめる街づくり	東 淳樹 (農学部 保全生物学)	39

第3章 都市のデザイン

まちを知り、まちづくりに取り組もう	三宅 諭 (農学部 都市・地域デザイン)	49
共生を支える水のネットワーク	三輪 弼 (農学部 河川・灌漑工学)	55
都市「盛岡」の形成と環境負荷の低減	南 正昭 (工学部 都市・交通計画学)	63

第4章 都市の環境活動

「行動する市民」を育む環境教育	比屋根 哲 (連合大学院 環境教育論)	73
環境コミュニティづくり	梶原 昌五 (教育学部 生物学・環境教育)	81

おわりに

橋本 良二	89
-------	----

第1章

都市の環境保全

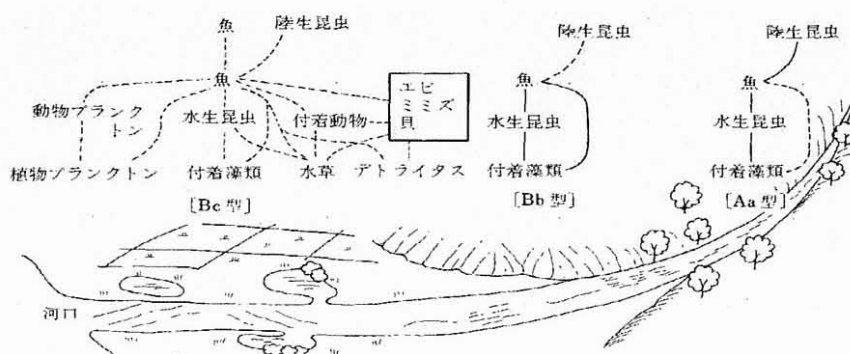
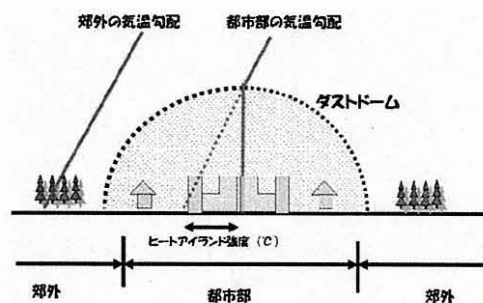
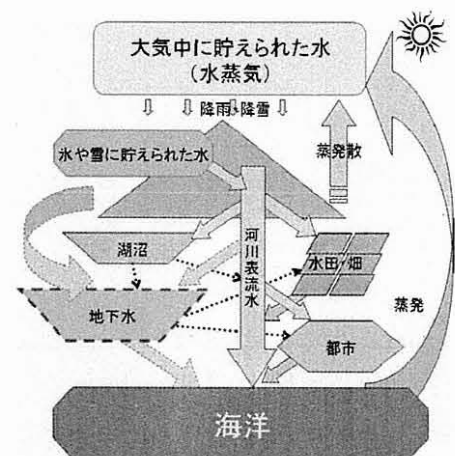
複合化する大気環境問題への対応

大塚 尚寛 工学部（建設環境工学）

河川環境とその再生

海田 輝之 工学部（水環境工学）

伊藤 歩 工学部（水環境工学）



複合化する大気環境問題への対応

大塚 尚寛 (工学部 建設環境工学)

都市部における大気環境問題には、大気汚染、騒音、熱環境（ヒートアイランド現象）、地球温暖化など様々な現象があります。本節では、大気汚染とヒートアイランド現象を中心に、その現状と保全対策について説明します。

1. 大気汚染の歴史

わが国の大気汚染の歴史は、「公害」という言葉さえ定着していなかった明治時代に遡ります。わが国の大気汚染は、その近代化の歴史のなかで幾度かの時代の節目を経つつ様々を変えてきましたが、その過程は、3つの時代に区分することができます。

(1) 産業発展の時代 (1897年 (明治30年)

～1965年 (昭和40年))

わが国では、明治維新以降、富国強兵、殖産興業政策を強力に推進しましたが、日清戦争1894～95年 (明治27～28年) 頃を境に、鉱山や金属精錬所の排煙による「煙害」が各地で起こるようになりました。また、鉱山や精錬所からの廃水が河川や湖沼を汚染する水質汚濁の問題も各地で起こっていました。これらは後に「鉱害」と呼ばれますが、当時は大気汚染や水質汚濁は野放し状態で、特に社会問題となることはありませんでした。それは、鉱山や金属精錬所はわが国の基幹産業として、中心的な役割を果たしていたからです。また、これらの多くが山間僻地にあり、そこに住む人達の多くが、汚染源である企業と何らかの関連があり利益を得る立場にあったからです。

一方、大都市でも大正時代になると、大気汚染が問題となっていました。大阪が、その代表的な例です。明治の中頃から大阪では欧米式の工場が集中し始めましたが、その頃は燃料として石炭を使用しており、ばい煙はそのまま排出されていました。そのため大阪は「煙の都」と呼ばれていました。しかし、公害の恐ろしさを認識していなかった当時では、ばい煙を「工業発展のシンボル」とさえ考え、繁栄のための必要悪という概念が定着していました。

その後、昭和初期の大恐慌、第二次世界大戦、戦後復興といった産業発展を最優先せざるを得ない社会背景もあり、このような時代は、戦後の高度経済成長時代まで続きました。

(2) 公害の時代 (1965年 (昭和40年)

～1985年 (昭和60年)

第二次世界大戦後、他国に類のない経済発展を遂げたわが国は、さらに深刻な環境汚染を経験することとなり、大きな社会問題となっていきました。急速な工業発展や経済成長の陰で、工業地帯周辺では、四口市ぜんそくや川崎ぜんそくといった周辺住民の健康被害も生じ始め、これらは「産業公害」と呼ばれるようになりました。

一方、都市部では、過密化やモータリゼーションの進行に伴い、自動車排ガスによる大気汚染が急速に進み、「都市公害」と呼ばれるようになりました。これらの問題に対処するため、1967年 (昭和42年) に「公害対策基本法」が、翌年の1968年 (昭和43年) には大気汚染防止法が制定されました。

(3) 環境の時代 (1980年 (昭和60年)

～現在)

大気汚染防止法による発生源対策が講じられたことにより、硫黄酸化物 (SOx) を中心とする産業公害型の大気汚染対策は着実な進展をとげました。しかし、1970年代後半から大都市部を中心とした都市・生活型の大気汚染が問題となり、現在も改善されていません。最近では、大都市を中心に自動車、特にディーゼル車から排出される二酸化窒素 (NO₂) 及び浮遊粒子状物質 (SPM) による大気汚染が問題となっており、その対策が急務となっています。都市・生活型公害や地球環境問題などの新たな環境問題が顕在化してきたことから、1993年 (平成5年) には、地球環境時代にふさわしい新しい枠組みとして、環境基本法が制定され、これに基づき、政府が一体となって施策を講じるための環境基本計画が策定されました。また、大気汚染に関しても、1996年 (平成9年) に改正大気汚染防止法

が策定され、従来の高濃度局地型から低レベル広域型の大気汚染に対応できる内容に改正が行われています。

2. わが国の大気汚染の現状

大気汚染物質は、発生源から直接排出されるものと、大気中で集合・反応の結果生成されるものに分けられます。前者を「一次汚染物質」と呼び、二酸化硫黄、一酸化炭素、粉じんなどが代表的なものです。後者を「二次汚染物質」と呼び、光化学スモッグの原因物質である光化学オキシダントや酸性雨の原因となる硝酸イオンや硫酸イオンなどがこれに当たります。大気汚染物質の種類は多数ありますが、その中で相対的に濃度が高く、人の健康への影響が大きい汚染物質に対して、国が環境基準を定め、大気環境中の濃度をモニタリングするとともに、低減対策を講じています。

表1に、日本の大気環境基準を示します。わが国では、都市大気環境状況をモニタリングする測定局として、一般局と自動車排ガス測定局（自排局）があります。以下に、各測定局で測定された大気汚染物質の濃度の推移と現状について説明します。

表1 日本の大気環境基準

物質	環境基準
二酸化硫黄 (SO ₂)	1時間値の1日平均値が0.04ppm以下であり、かつ1時間値が0.1ppm以下であること
一酸化炭素 (CO)	1時間値の1日平均値が10ppm以下であり、かつ1時間値が20ppm以下であること
浮遊粒子状物質 (SPM)	1時間値の1日平均値が0.10mg/m ³ 以下であり、かつ1時間値が0.20mg/m ³ 以下であること
二酸化窒素 (NO ₂)	1時間の1日平均値が0.04～0.06ppmのゾーン内またはそれ以下であること
光化学オキシダント	1時間値が0.06ppm以下であること
ベンゼン	1年平均値が0.003mg/m ³ 以下であること
トリクロロエチレン	1年平均値が0.2mg/m ³ 以下であること
テトラクロロエチレン	1年平均値が0.2mg/m ³ 以下であること
ジクロロメタン	1年平均値が0.15mg/m ³ 以下であること
ダイオキシン	1年平均値が0.6pg-TEQ/m ³ 以下であること

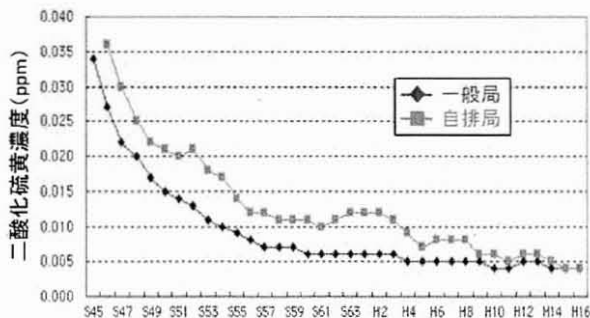


図1 二酸化硫黄濃度の年平均値の推移

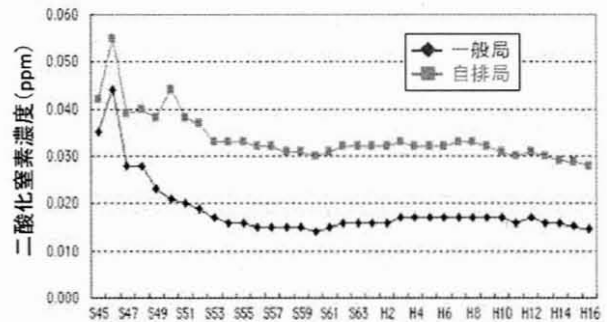


図2 二酸化窒素濃度の年平均値の推移

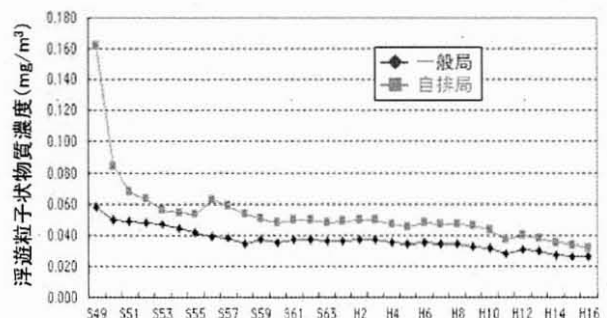


図3 浮遊粒子状物質濃度の年平均値の推移

年緩やかな減少傾向が見られます。環境基準の達成率は、平成17年度で一般局96.4%、自排局93.7%です。浮遊粒子状物質は、大型ディーゼル車から排出されるDEP（ディーゼル車排ガス粒子状汚染物質）が主な発生源であり、大都市圏中心部や交通量が集中している特定の交差点や沿道地域など、自動車交通量の多い地域では環境基準を大きく超える測定局があります。また、自排局と一般局の濃度差が小さい原因として、二次生成粒子の寄与が大きいことが示唆されています。

図4に示す環境基準達成状況の推移のように、平成14年度以前には、自排局の環境基準達成率が50%未満という状況にありましたが、「自動車NOx・PM法」の改正強化により、平成15年度以降は達成率が大幅に上昇しました。しかし、平成17年度においても、環境基準に達していない測定局は全国24府県に分布しています。

(4) 光化学オキシダント

図5に、光化学オキシダント濃度の年平均値の推移を示します。年平均値は、一般局、自排局ともに近年増加の傾向にあり、環境基準の達成状況は、平成17年度で0.3

%と極めて低い状況にあります。また、光化学オキシダント注意報の発令延べ日数（都道府県を一つの単位として注意報等の発令日数を集計したもの）は、平成18年度には177日にも達しています。

なお、大気中汚染物質濃度の実態については、その概要が環境省のホームページで公開されています。また、図6に示す環境省大気汚染物質広域監視システム（愛称：そらまめ君）により、全国各地の1時間毎のモニタリング結果や注意警報発令状況をリアルタイムで見る事が可能です。

3. 大気環境の保全対策

人間は、生産活動や消費活動の結果、さまざまな排出物や廃棄物を生み出しています。わが国でもかつては、自然浄化作用によって排出物や廃棄物は十分に処理されていましたが、高度経済成長以後、排出量が大量になって自然の処理能力を越えたり、自然の浄化能力では処理できない廃棄物が排出されるようになりました。こうして自然環境の汚染が進み、生態系が破壊されて人間の健康にも被害が生じ、大気汚染などの公害問題が発生するようになりました。

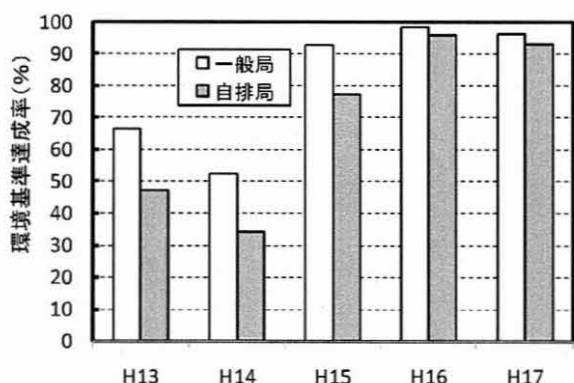


図4 SPMの環境基準達成状況の推移

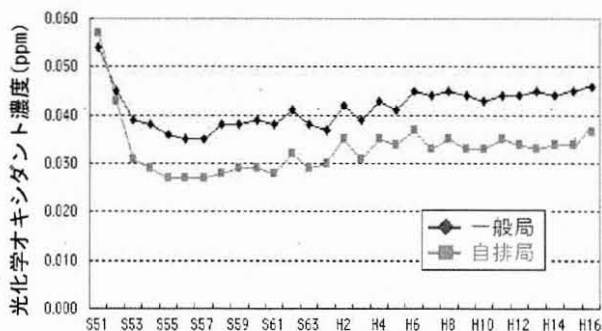


図5 光化学オキシダント濃度の年平均値の推移

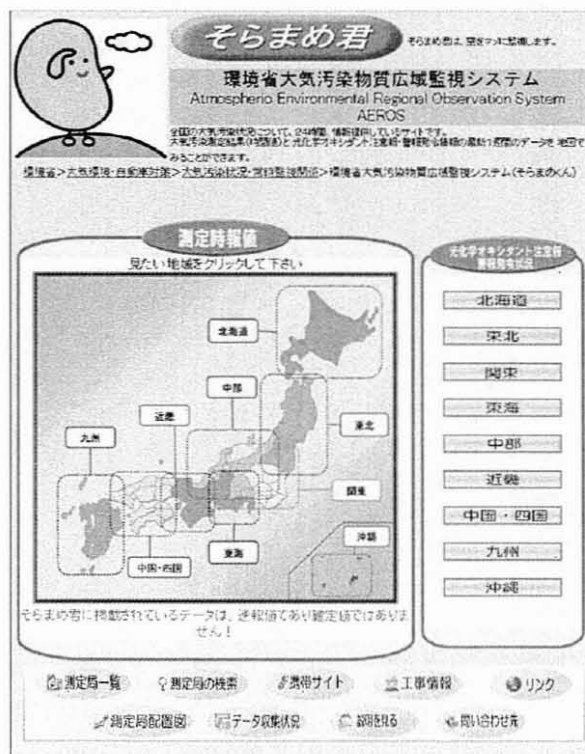


図6 環境省大気汚染物質広域監視システム

わが国では、1960年代から1980年代にかけて工場から大量の二酸化硫黄(SO₂)等が排出され、工業地帯など工場が集中する地域を中心として著しい大気汚染が発生していました。最近では、大都市を中心に自動車特にディーゼル車から排出される二酸化窒素(NO₂)及び浮遊粒子状物質(SPM)による大気汚染が問題となっており、その対策が急務となっています。

人間が生活・生産活動を行なうことによって発生する大気汚染物質の発生源には、工場、事業場などの固定発生源と自動車、航空機などの移動発生源があります。

ここでは、固定発生源対策と移動発生源対策について説明します。

(1) 固定発生源対策

固定発生源については、ボイラーなどのばい煙発生施設、コークス炉などの粉じん発生施設から発生する大気汚染物質を除去するために、つぎの4つの技術が開発されています。

- ・集じん…気体中に浮遊する粒子を分離・除去する技術
- ・排煙脱硫…排ガス中の硫黄酸化物(SO_x)を除去する技術
- ・重油脱硫…重油中の硫黄分を除去する技術
- ・排煙脱硝…排ガス中の窒素酸化物(NO_x)を除去する技術

これらの大気汚染防止技術の普及により、都市部における固定発生源による大気汚染は大幅に改善されました。

(2) 移動発生源対策

わが国では厳しい大気汚染規制行政によって各種の対策が進み、自動車交通が集中する大都市圏の中心部を除いて、深刻な大気汚染状況はなくなっています。しかし、交通量が集中している特定の交差点や沿道地域など、自動車交通量の多い地域では環境基準を大きく超えた深刻な大気汚染が未解決のまま残されています。最近の研究により、窒素酸化物ばかりでなく浮遊粒子状物質、特に粒径2.5μm以下の微小粒子(PM_{2.5})の健康影響が問題視されてきています。都市の大気汚染の原因は、主として移動発生源である自動車の排出ガスによるものです。そこでここでは、自動車排出ガス対策を中心に説明します。

①自動車単体対策と燃料対策

大気汚染防止法では、自動車排出ガスとして一酸化炭素、炭化水素、鉛化合物、窒素酸化物及び粒子状物質の5物質を指定し、排出規制の対象としています。このうち、自動車排出ガスによる窒素酸化物の大気汚染は依然深刻であり、その解決には、総合的な取組が必要です。自動車排出ガス規制による自動車単体からの排出ガス低減は確実に非常に効果の高い取組です。また、排出ガスの低減には、適切な燃料品質を有する燃料の使用が必要不可欠です。

②大都市地域における自動車排出ガス対策

大都市地域におけるNO_x及びSPMに関する大気環境改善に向け、自動車から排出される窒素酸化物及び粒子状物質の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法(自動車NO_x・PM法)に基づく車種規制、事業者による排出抑制のための措置、局地汚染対策等の施策が推進されています。なお、自動車NO_x・PM法とは、自動車交通の集中等により大気汚染防止法等の既存の施策のみによっては大気環境基準の確保が困難となっている地域において、自動車から排出されるNO_x及びPMの総量を削減し、大気環境の改善を図ることを目的とした法律です。現在、この法律に基づき、関東、関西及び中部の約250市区町村が対策地域として指定され、他の地域よりも厳しい特別の排出ガス規制(車種規制)が適用されています。

③低公害車の普及促進

地方公共団体や民間事業者等が低公害車を導入する際の補助、自動車税のグリーン化等の税制上の特例措置等を通じて、低公害車の更なる普及促進が図られています。

④交通流対策

交通流の分散・円滑化施策として、沿道環境保全に配慮しつつ、バイパス、環状道路を始めとする道路網の体系的整備、交差点及び踏切道の改良が進められています。ETCの普及を促進し、道路交通情報通信システム(VICS)の情報提供エリアの更なる拡大および道路交通情報提供の内容・精度の改善・充実、信号機の高度化が図られています。また、交通量の抑制・低減施策として、交通需要マネジメント施策が推進されています。さらに、公共交通機関の利用を促進するために、公共車両優先システム(PTPS)の整備、都市におけるバス

交通の活性化や交通結節点の整備が進められています。

4. 都市の気候

都市には人口が集中しているため、都市気候は人々の生活環境として重要です。また、都市気候は郊外の農耕地や林地などの局地気候から地球温暖化にも影響を及ぼすため、都市気候を制御することは一層重要になっています。ここでは、都市が形成する環境としての都市気候の特徴について説明します。

都市気候の特徴としては、①大気汚染の増加、②気温上昇、③風速減少、④都市固有の風系の発生、⑤雲量の増加、⑥乾燥化、⑦霧日数の増加・減少、⑧スモッグの増加、⑨強雨の増加などが上げられます。

これらの中でも、①大気汚染の増加と②気温の上昇が大きな問題となっています。①大気汚染の増加については前節までに述べましたので、ここでは、都市の気温上昇について説明します。

図7は、都市化による高温化要因を示したものです。都市部では、エアコンに代表される家電製品、自動車、工場等によるエネルギー消費量の増大、地表面の舗装化やコンクリート構造物の増加、緑地や水面の減少などが進んでいます。これらの要因により、人工排熱の増大、比熱の増加、蒸発量の低下、熱吸収の増加、放射冷却の減少、潜熱の減少、地表面被覆の潜熱の増加、地表面被覆の表面高温化、大気への顕熱・放射の増加、夜間の高温化、大気への顕熱・放射の増加、昼間の高温化などが起こっています。その結果、地表面被覆の蓄熱増加・高温化により、大気への顕熱・放射が増加し、昼

間および夜間の高温化が進んでいます。わが国では、人口30万人程度以上の都市で高温化の傾向が認められます。

図8は、盛岡市における年間平均気温、1年中で最も気温の高い8月の平均気温および1年中で最も気温の低い1月の平均気温の推移を示したものです。図より、平均気温の推移は、1980年以降に上昇の傾向にあることがわかります。すなわち、年間平均気温の上昇率は、1980年以前が $0.0153^{\circ}\text{C}/\text{年}$ であったのに対して、1980年以降は $0.0365^{\circ}\text{C}/\text{年}$ に上昇しています。8月の平均気温については、1980年以前は $-0.024^{\circ}\text{C}/\text{年}$ と下降していたのに対して、1980年以降は $0.0136^{\circ}\text{C}/\text{年}$ と上昇に転じています。一方、1月の平均気温は、1980年以前は $0.0284^{\circ}\text{C}/\text{年}$ から $0.0507^{\circ}\text{C}/\text{年}$ と上昇しており、特に冬季の気温上昇が高いことがわかります。このように、人口が約30万人の盛岡市においても、高温化の傾向が明らかに認められます。この背景には、都市の高温化ばかりではなく、地球温暖化の影響があることが考えられます。

5. 都市の熱環境 (ヒートアイランド現象)

都市域において、人工物の増加、地表面のコンクリートやアスファルトによる被覆の増加、それに伴う自然的な土地の被覆の減少、さらに冷暖房などの人工排熱の増加により、地表面の熱収支バランスが変化し、都心域の気温が郊外に比べて高くなる現象をヒートアイランド現象といいます。この

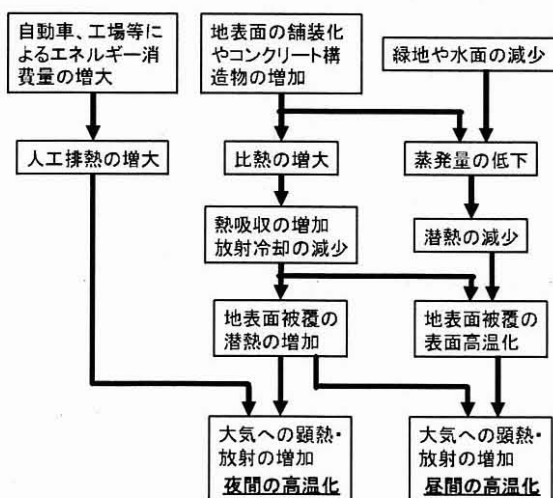


図7 都市化による高温化要因

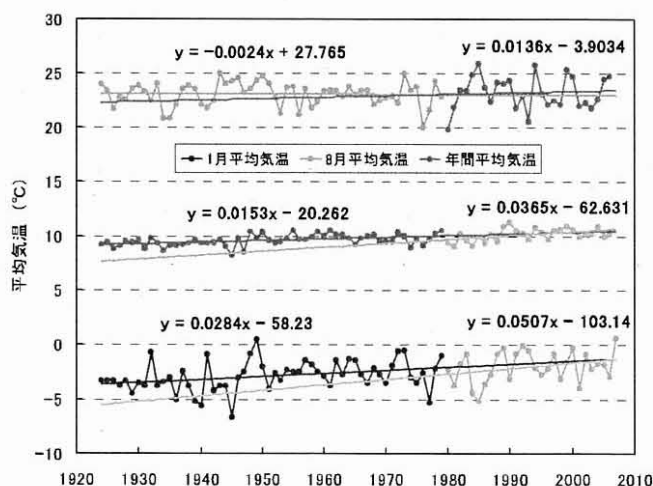


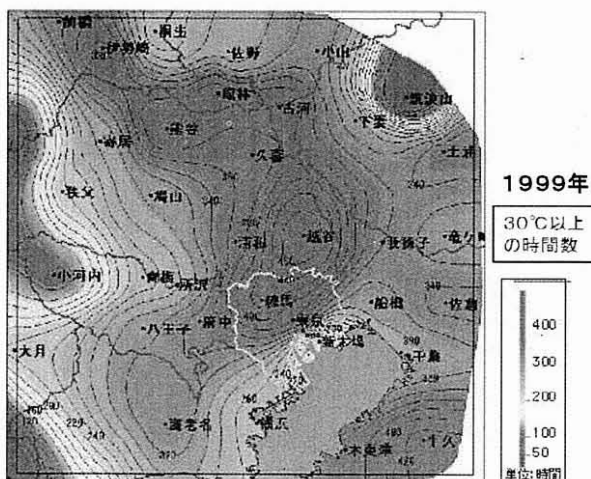
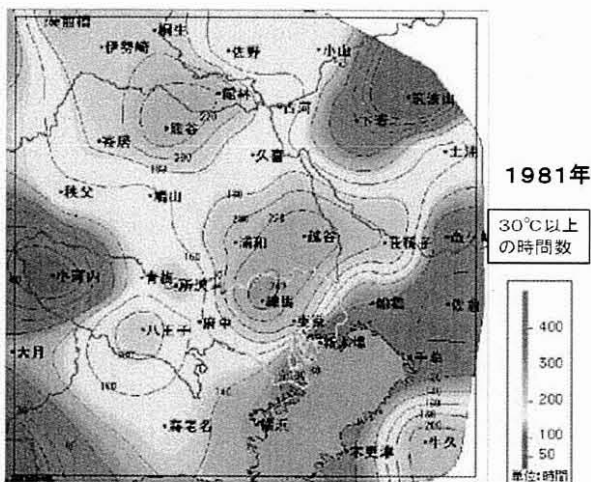
図8 盛岡市における平均気温の推移

現象は、都市およびその周辺の地上気温分布において、等温線が都心部を中心として島状に市街地を取り巻いている状態により把握することができるため、ヒートアイランド（熱の島）といわれます。

都市の活動に起因する大気環境問題としては、これまでは、主として自動車に起因する大気汚染問題、騒音問題などが課題となっていました。上で述べたような都市での活動の増大と過密化により熱環境の悪化（ヒートアイランド現象）も生活環境に影響を及ぼす深刻な問題となってきました。また、都市におけるエネルギー消費の増大は地球温暖化にもつながることに目を向ける必要があります。

図9は、東京地域における30℃以上の年間の時間数を、1981年と1999年について示したものです。いずれの年も高温域が島状に現れるヒートアイランド現象が認められます。また、1981年に比べて1999年には、30℃以上の時間数が大幅に増加し、その領域もかなり拡大していることがわかります。

図10は、都市部と郊外の熱バランスのイメージを示したものです。都市域で消費されたエネルギーは最終的に熱の形で放散されます。建物では冷却塔から冷房排熱が、また排気口からは高温となった排気が都市大気に放散されます。道路上の自動車や地下鉄からの排気も高温となって大気中に放散されます。一方、都市では雨水が下水道



出典：環境省「ヒートアイランド現象の実態解析と対策のあり方について報告書」

図9 東京地域の高温域の分布

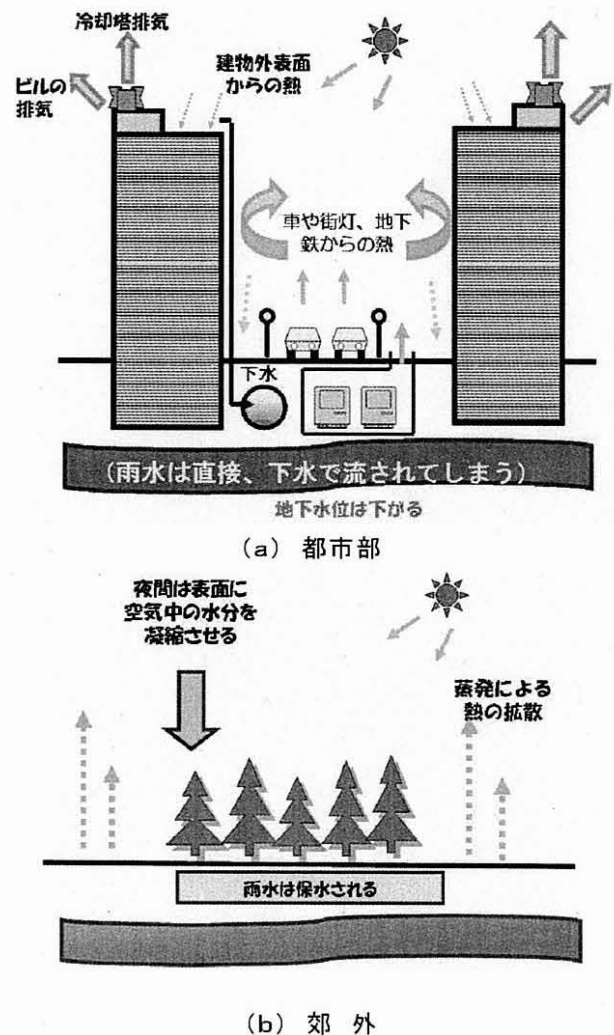


図10 都市部と郊外の熱バランス

に直接放流されてしまうために土壤に保水されず、都市の土壤は乾燥するとともに蒸発能力が減少していくことになります。建物表面や道路表面に照射される太陽熱は蒸発による気化熱によって冷却されることがなく、都市表面と空気の温度差によって大気に放散されるために、都市表面は高温になります。夜間にも、日中に放散しきれなかった熱を大気に放散するために1日を通して都市表面は高温になります。

一方、郊外の緑地では雨水は地表付近の土壤に保水され、十分な蒸発能力があります。日中の緑地表面温度は大気温度とほとんど変わらず、太陽熱の50～80%は蒸発によって地表から熱が奪われます。土中水分の蒸発・発散が行われると、地下水位が地表付近に保たれて土壤は乾燥しません。夜間に地表温度が下がり、さらに夜間放射によって大気より地表面温度が低くなると、大気中の水蒸気が地表面に結露します。このように、大気中の水蒸気は日中に蒸散し、夜間に結露するといった大きな水分移動があります。

ヒートアイランドの形成要因としては、緑地の減少による要因とエネルギー消費による要因がおおむね同程度であると推測されています。一般に、冬季の方がヒートアイランドは発達するといわれていますが、この原因は大気安定度が強まるとともにエネルギー消費量が大きくなるためです。図8に示した盛岡市における平均気温の推移でも、冬季1月の平均気温の上昇率が大きかった理由は、この原因によって説明することができます。

関東以西の都市部では、夏季にエアコン

からの冷房排熱により高温化が進み、さらに冷房を強力にするために排熱量が増えるという悪循環により高温化が一層増進しています。これにより、日中の最高気温が30℃以上になる真夏日が大幅に増加する傾向が見られます。また、夜間でも舗装面や建物に蓄積された熱の放散により、最低気温が25℃以下にならない熱帯夜の日数が多くなっています。

6. ヒートアイランド現象に起因する大気汚染

図11は、ヒートアイランド現象に起因する大気汚染の概念図です。本来のヒートアイランド現象は、冬季の夜間に発達する現象です。郊外では、夜間は放射冷却によって地表面温度が大気温度よりも低くなり、大気温度の勾配は地表付近が最低温度となり、高さとともに温度は上昇しています。これに対して、都市部では地表面から大気に対して熱が与えられ、温度勾配はゼロになり、ある程度の高さまでいくと郊外の大気温度と等しくなります。高温となった部分は、ダストドームと呼ばれ、この中では温度勾配がゼロであるので、汚染物質を含む空気の拡散は比較的大きくなります。しかし、ダストドームの境界では上部の空気温度の方が高くなっているため拡散しません。ダストドームで覆われた都市の大気は外部に拡散しないため、大気汚染物質も郊外に拡散しなくなるため都市の大気汚染が進行することになります。これを外部から見ると、ドーム状に汚染された大気が観察されるため、ダストドームと呼びます。冬季に盛岡市の郊外から市街地を見ると、ダ

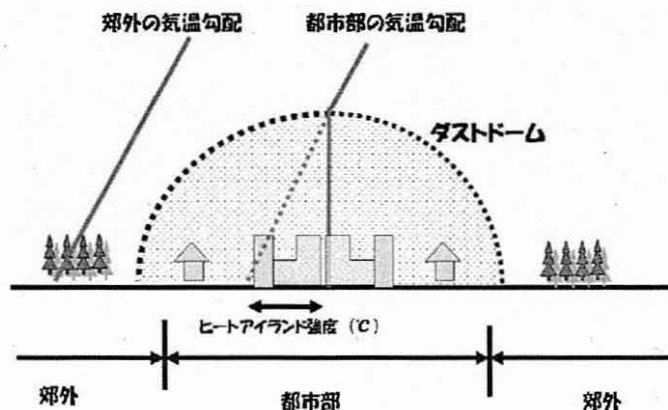


図11 ヒートアイランド現象に起因する大気汚染の概念図

ストドームが明瞭に観察できます。

7. ヒートアイランド対策

ヒートアイランド対策に関する国、地方公共団体、事業者、住民等の取組を適切に推進するため、基本方針を示すとともに、実施すべき具体の対策を体系的にとりまとめたヒートアイランド対策大綱が、平成16年3月にヒートアイランド対策関係府省連絡会議において策定されました。ヒートアイランド対策大綱では、(1)人工排熱の低減、(2)地表面被覆の改善、(3)都市形態の改善、(4)ライフスタイルの改善の4つを柱とするが施策が推進されています。

(1) 人工排熱の低減

省エネルギーの推進、交通流対策等の推進、未利用エネルギー等の利用促進により、空調システム、電気機器、燃焼機器、自動車などの人間活動から排出される人工排熱を低減させることを目標としています。

(2) 地表面被覆の改善

緑地・水面の減少、建築物や舗装などによって地表面が覆われることによる蒸発散作用の減少や地表面の高温化を防ぐため、地表面被覆の改善を図ることを目標としています。

(3) 都市形態の改善

都市において緑地の保全を図りつつ、緑地や水面からの風の通り道を確保する等の観点から水と緑のネットワークの形成を推進すること。また、長期的にはコンパクトで環境負荷の少ない都市の構築を推進することを目標としています。

(4) ライフスタイルの改善

都市における社会・経済活動に密接に関連するヒートアイランド現象を緩和するために、ライフスタイルの改善を図ることを目標にしています。

ヒートアイランド対策として、自然や気候を生かした都市熱環境の改善が必要です。風が弱すぎると夏季は暑く感じるし、風が強すぎると不快に感じたり危険に感じたりします。風環境評価尺度によれば、夏季は平均風速0.7～1.7m/sが適風域とされ、冬季は平均風速0～1.3m/sが適風域とされています。強すぎず弱すぎない適度な風が大切であり、その地域の気候に基づいて都市をつくるのが大切です。

また、都市熱環境の改善策として、緑化計画は有効な手段となります。都市の熱環境を改善する緑化のタイプには、つぎのようなものがあります。

(1) 分散タイプの緑化

都市全体に緑化域を分散することにより、ヒートアイランド強度を弱める働きを持ちます。分散タイプの緑化には、地表面緑化と立体的な緑化があります。地表面緑化には、街路樹、住宅団地の中庭、総合設計制度による公開空地の緑化などがあります。立体的な緑化としての屋上緑化、壁面緑化、人工地盤上の緑化などは、計画的に施工できる他に、緑地の少ない地域に緑地を増やす手段として利用できます。また、建物に占有された土地を自然環境に戻す手段として位置づけられ、都市熱環境の改善や建物の劣化防止などの効果も期待されます。

(2) グリーンベルトタイプの緑化

大都市の大きなヒートアイランドを小さく分断する働きをします。ヒートアイランドの分断には、幅が約150～200m以上の緑地が必要です。

(3) 高層化による地表面の開放と緑地化

高層化に伴う地表面の開放は大規模な緑地を可能とし、水平方向のヒートアイランドを解消します。

河川環境とその再生

海田 輝之・伊藤 歩（工学部 水環境工学）

1. はじめに

川はかつては子供たちの遊び場であり、子供たちは河川での遊びを通して自然の恐ろしさや自然環境の大切さを学んできた。しかしながら、高度成長期には川が汚れ、ひどい場合には悪臭が発生するような川もあった。また、治水や利水が最優先の目標であったため、三面張りの工事が行われたり、コンクリートむき出しで急勾配の護岸が造られたり、河川に覆いを掛けたり、高速道路を造るために河川自体が消滅したものもあった。このようにして人と河川との関係が薄れ、子供たちにとって川は危ないところ、近寄ってはいけないところになってしまった。

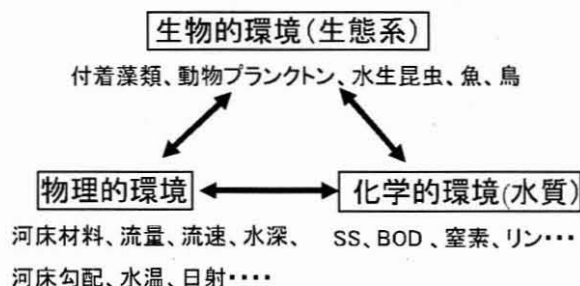
このような事態の反省から、1990年頃から多自然型工法が河川の改修工事に採用されるようになり、河川の自然環境や水辺空間に対する国民の要請の高まりを受けて1997年には河川法が改正され、従来の「治水・利水」に加えて「河川環境の保全と整備」が位置づけられた。人と河川との触れ合い、心の安らぎ、レクリエーションの場として親水性がクローズアップされ、公園、避難場所等としての空間や水質の浄化、生態系を考慮した自然環境の保全や創造が重要視されるようになった。

ここでは、河川の水環境、水質、自浄作用を概説し、近年の河川の改修工事に採用されている多自然川づくりの概要を示す。

2. 河川の水環境

河川の水環境は図1に示すように3つの環境から構成されており、各々の環境は種々の要素からなっている。また、個々の環境やその要素が独立して存在しているのではなく、これらが相互に影響し、その結果として全体としての水環境が形成されている。詳しくみると、水環境は生物、物理及び化学的環境から構成されている。生物的環境としては、第一生産者としての付着藻類、消費者としての動物プランクトン、水生昆虫、魚、鳥というように食物連鎖を通してこれら自体で生態系を構成し、最上位には人間が位置している。物理的環境の要素としては、河床の材料としての石や砂礫、流量や流速、水深、河床勾配等が重要な要素である。水温や日射も容易に想像されるように生物的環境要素に大きく影響している。化学的環境としては、有機物質や浮遊物質の濃度の指標としてのBODやSSを代表として、様々な理化学的水質が関わっている。

例えば、河床の石の表面に生息する付着藻類を例にとってみる。藻類は光合成により増殖するので、太陽光が届かないところでは増殖できず、生息場としてある程度の粒径の石が必要であり、水温も高い方が増殖速度は増加する。また、藻体の構成成分を作るためには窒素やリンなどの栄養塩類が必要である。一方、増殖した付着藻類は水生昆虫や魚によって摂食され、洪水時には剥ぎ取られる。このように生物的環境要素の一つである付着藻類だけをみても3つの環境の中の様々な要素が影響し、我々が測定した付着藻類の現存量やその種はこれらの相互作用の結果として表れたものである。従って、水中の窒素やリンの濃度も付着藻類に利用された結果としての値である。さらに、河川環境を見る場合には場と時間の空間スケールも問題となる。場のスケールとしては、例えば、淡水域と海域を行き来する回遊魚では、支流も含めた河川流域



場(空間的スケール)、時間

図1 都市部と郊外の熱バランス

全体が対象となるし、水生昆虫では河床の比較的小さな領域が相当する。時間スケールの例として、洪水自体は精々数日のオーダーであるが、河川環境へは年オーダーで影響することもある。

河川の流域での一般的な形態を図-2に示す。急勾配の山地から出てきた河川は扇状地を形成し、勾配が緩やかになり蛇行し、自然堤防を形成し、下流部では三角州を形成して海に注ぐ。人間活動がない場合には問題が生じなかったが、人が河川流域に集まり集落を形成し、そして都市が形成され

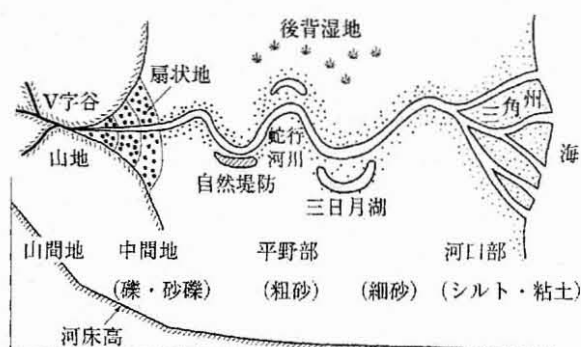


図2 河川の一般的形態¹⁾

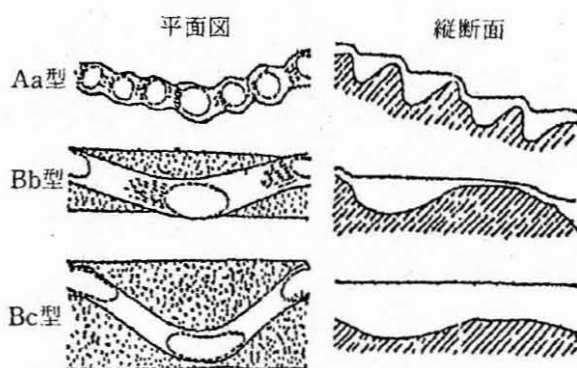


図3 河川形態の分類²⁾

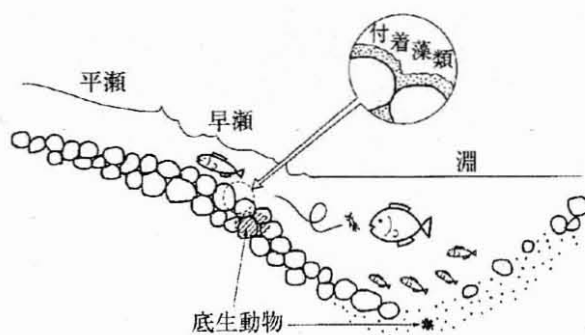


図4 瀬と淵¹⁾

るようになると洪水による災害が起き、人は防災のため河川を直線化し、護岸をコンクリートで固めて改変し、上流部にはダムを造ってきた。また、生活に伴う廃水が流入し、その処理が追いつかなくなり河川の水質が悪化した。

図3に河川生態学で良く用いられる可見による河川の分類を示す。大文字+小文字の2つのローマ字で示され、

A型：一つの曲がりの中に瀬と淵の組み合わせが複数個

B型：一つの曲がりの中に瀬と淵の組み合わせが1個

a型：水面が不連続で滝のように落下

b型：水面で白波が立つ場合

c型：穏やかな水面

通常、上流域ではAa、最下流域ではBcとなる。

図4に瀬と淵を示す。瀬は早瀬と平瀬に分けられる。瀬と淵は河川に生息する生物の環境に大きく影響し、付着藻類は光合成のために光を必要とするので水深が浅い瀬の砂礫表面に生息し、水生昆虫も生活型や摂食機能に応じて棲み分けており、これらに伴って図5に示すように魚の餌の種類そして魚種も変化する。また、淵は魚にとって休息や避難場を供給する。

3. 河川の水質

河川の汚濁の程度を表す方法として、河川に生息している生物を用いる生物学的判定法³⁾と理化学的水質判定法がある。前者による評価は、底生動物、付着藻類や魚類などが指標生物として用いられ、後者がある時間でのある場所の瞬間値であるのに対して、生息する生物の寿命を考えると比較的長期の河川の水質状況を反映していると考えられる。また、生物学的判定法は環境教育の一環として、河床に生息する底生動物を採取して、水質を評価しようとする試みが各地で行われている。表1に示すように、生息する生物の優占種に対して、水質階級として4つに分類する方法が提案されている。また、出現した種を汚濁非耐忍種の数Aと耐忍種の数Bに分け、

BI (Biotic Index、生物指数) = 2A + B の値より水質階級を評価するBeck-Tsuda法や出現した個体数も考慮した汚濁指数PI (Pollution Index) で評価する方法もある。

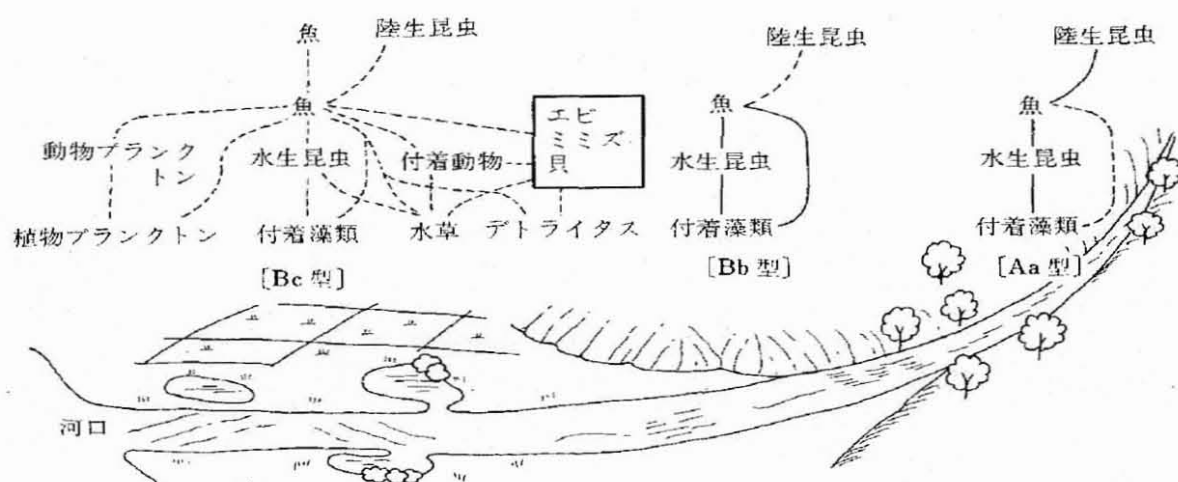


図5 河川の形態と食物網²⁾

表1 出現生物による水質階級³⁾

水質階級	感覚的評価	溶存酸素飽和率 (%)	BOD (mg/l)	主な出現生物
貧腐水性 (os)	きれいな水	80~100	3 以下	カワゲラ, ナガレトビケラ, ヤマトビケラ, ヒラタカゲロウ, ヘビトンボ, ブユ, アミカ, ウズムシ, サワガニ
β 中腐水性 (β ms)	少しきたない水	50~80	3~5	コガタシマトビケラ, オオシマトビケラ, ヒラタドROMシ, ゲンジボタル, コオニヤンマ, カワニナ, スジエビ, ヤマトシジミ, イシマキガイ
α 中腐水性 (α ms)	きたない水	20~50 (底泥では嫌気性分解)	5~10	ミズムシ, ミズカマキリ, タイコウチ, ヒル, タニシ, イソコツブムシ, ニホンドロソコエビ
強腐水性 (Ps)	大変きたない水	20 以下	10 以上	セスジユスリカ, チョウバエ, エラミミズ, サカマキガイ, アメリカザリガニ

主な出現生物は「水生生物による簡易水質調査法」(国土交通省, 環境省)より, 下線は汽水域の生物

底生動物のうち、水生昆虫は幼虫期に水域、成虫期に陸域で生活する種が圧倒的に多く、また、幼虫期に河川を流下し、成虫期に遡上する種も幾つか確認されている。つまり、水生昆虫は水域から陸域へと至る横断的な移動と、遡上・流下といった縦断的な移動によって形成されている。さらに、水生昆虫は魚ほど移動しないこと、水質のみならず、水温、底質、流速等の環境を選別して住み分けていること(環境を反映している)、河川に流入した有機物(落葉等)の碎片化(細粒化)や取り込み、水生昆虫自体が魚の餌になること等から水生昆虫の評価は、河川生態系全体の評価にも繋がるものと考えられる。

理化学的水質を用いる方法では、個々の対象とする物質の濃度(各種重金属や内分泌攪乱物質、pH等)やBOD、SS等の総合的指標で評価される。SS(浮遊物質、Suspended solids)

は、水中に懸濁している固形物質で、孔径1 μ mのガラス繊維ろ紙に残存する物質の乾燥重量で、有機物及び無機物を含み、mg/Lの単位で通常表される。洪水時のSSの主要成分は細砂、シルトや粘土等の無機物質で数百mg/Lになる場合もあり、水の濁りの指標である。BOD(生物化学的酸素要求量、Biochemical oxygen demand)は、従属栄養の好気性細菌が20℃、5日間で試水中の有機物を酸化分解する時に消費する溶存酸素量をmg/Lで表したもので、水中の生分解可能な有機物量の指標である。有機物量が多くなればBOD値も大きくなり、下水のBODは200 mg/L程度である。

日本では公共用水域の水質環境基準⁴⁾として、人の健康の保護に関する環境基準(健康項目、表2)と生活環境の保全に関する環境基準(生活環境項目、表3)が理

表2 水質環境基準（健康項目）

項目	基準値	項目	基準値
カドミウム	0.01mg/l以下	1,1,1-トリクロロエタン	1mg/l以下
金シアン	検出されないこと	1,1,2-トリクロロエタン	0.006mg/l以下
鉛	0.01mg/l以下	トリクロロエチレン	0.03mg/l以下
六価クロム	0.05mg/l以下	テトラクロロエチレン	0.01mg/l以下
ヒ素	0.01mg/l以下	1,3-ジクロロプロペン	0.002mg/l以下
総水銀	0.005mg/l以下	チウラム	0.006mg/l以下
アルキル水銀	検出されないこと	シマジン	0.003mg/l以下
PCB	検出されないこと	チオベンカルブ	0.02mg/l以下
ジクロロメタン	0.02mg/l以下	ベンゼン	0.01mg/l以下
四塩化炭素	0.002mg/l以下	セレン	0.01mg/l以下
1,2-ジクロロエタン	0.004mg/l以下	硝酸性窒素および亜硝酸性窒素	10mg/l以下
1,1-ジクロロエチレン	0.02mg/l以下	フッ素	0.8mg/l以下
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04mg/l以下	ホウ素	1mg/l以下

表3 水質環境基準（生活項目）

項目 類型	利用目的の 適応性	基準値				
		水素イオン 濃度 (pH)	生物学的酸素 要求量 (BOD)	浮遊物質 (SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数
AA	水道1級 自然環境保全およびA以下の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	1mg/l以下	25mg/l以下	7.5mg/l以上	50MPN/ 100ml以下
A	水道2級 水道1級 水浴およびB以下の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	2mg/l以下	25mg/l以下	7.5mg/l以上	1000MPN/ 100ml以下
B	水道3級 水道2級 水浴およびC以下の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	3mg/l以下	25mg/l以下	5mg/l以上	5000MPN/ 100ml以下
C	水道3級 工業用水1級およびD以下の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	5mg/l以下	50mg/l以下	5mg/l以上	—
D	工業用水2級 農業用水およびE以下の欄に掲げるもの	6.0以上 8.5以下	8mg/l以下	100mg/l以下	2mg/l以上	—
E	工業用水3級 環境保全	6.0以上 8.5以下	10mg/l以下	この等の浮遊 が認められないこと	2mg/l以上	—

化学的水質指標を用いて定められている。前者は、カドミウムや水銀などの重金属類、電子機器製造工場やドライクリーニング等で脱脂剤として用いられるトリクロロエチレンやテトラクロロエチレン等の有機塩素系化合物、シマジンやチオベンカルブ等の農薬など26項目であり、各項目に関して全国一律の基準濃度が定められている。後者は、河川での項目としてはpH、BOD、SS、DO（溶存酸素）及び大腸菌群数であり、利用目的からAA、A～Bの6段階の水域類型に分けて設定されている。通常、水質が良好な上流域では一番厳しいAA類型で、下流に行くに従って基準値が緩くなっており、基準が達成されればより厳しい類型に格上げされる。また、水生生物の保全や生態系の保護を目的に2003年に亜鉛が項目として追加され、河川での基準値は0.03mg/Lと設定され、2006年に北上川など4河川で類型指定された。

平成17年度では健康項目に関しては、全

国5600地点で基準値を超えたのはヒ素が23地点、ホウ素が14地点等であり、全体の達成率は99.1%でほとんどの地点で環境基準を満たしていた。生活環境項目のうち河川のBODでは87.2%で徐々に向上している。

近年では、内分泌攪乱物質である女性ホルモンや抗生物質等の医薬品による汚染が注目を浴びている。

4. 汚濁負荷量

汚濁物質の発生量の起源としては、通常の人間活動、畜産、農業、工場及び自然由来等に分けられる。表4～6に生活汚水、家畜及び面源（non-point）からの負荷量を示す⁴⁾。実際の河川のある地点での負荷量は、これらの値に処理施設での除去率、流達率や流出率を考慮して求められる。

表4の生活汚水による負荷は、し尿と雑排水（炊事、風呂、洗濯など）に分けられる。これより有機物（BODやCOD）や浮遊物質（SS）の負荷量は、雑排水の方がし尿より大きいことが分かる。実際、炊事や皿に残存する残渣からの負荷は非常に大きく、米のとぎ汁のBODは約3,000mg/L、醤油は150,000mg/Lである。し尿のみしか処理しない単独浄化槽の新規の設置が禁止されたのもこのためである。下水道の終末処理場で有機物は90%以上除去でき、図6に示すように下水道の普及に伴い河川のBODは改善される。しかしながら、通常行われている下水処理方法（標準活性汚泥法）による窒素やリンの除去率は50%程度であり、さらなる除去には高度処理施設の設置が必要である。一方、下水道や合併浄化槽が未普及のところでは家庭で雑排水からの負荷を出るだけ低下することが求められる。また、表5から分かるように家畜からの負荷は人に比べて非常に大きく、例えば、牛一頭のBOD負荷量は人の約10人分、SSは70人分に相当する。このように家畜排水は環境への影響が大きいので、平成11年に「家畜排せつ物法」が施行され、家畜排せつ物の適切な管理が義務付けられた。しかし、中小規模の畜産農家にとっては対策に要するコストと労力は大きく、経済的な維持管理及び処理方法の開発が必要である。また、人口密度が高い都市で下水道や浄化槽が普及した地域あるいは過疎地では、面源負荷が主要な負荷源となる場合

表4 生活污水の汚濁負荷量 (g/人/日)

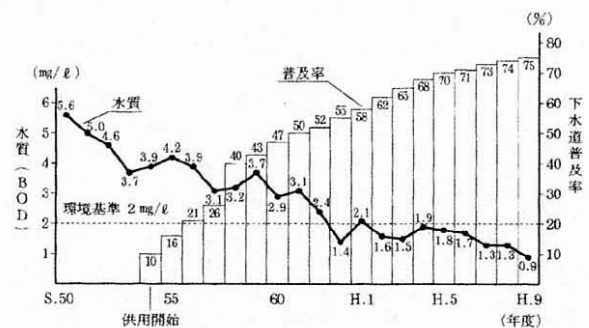
項目	汚濁負荷量	内 訳	
		し 尿	雑排水
BOD	58	18	40
COD	27	10	17
SS	45	20	25
T-N	11	9	2
T-P	1.3	0.9	0.4

表5 家畜の汚濁負荷量

項 目	牛	豚	馬
水量 [l/(頭・日)]	45~135	13.5	
BOD [g/(頭・日)]	640	200	220
COD [g/(頭・日)]	530	130	700
SS [g/(頭・日)]	3 000	700	5 000
T-N [g/(頭・日)]	290	40	170
T-P [g/(頭・日)]	50	25	40

表6 面源負荷量 (kg/ha/年)

	COD	T-N	T-P
水田 (総排水量)	35~480	25~68	1.5~7.4
畑地	4~50	8~240	0~2.4
市街地	34~380	4.5~40	0.6~6.5
山林	4~150	0.3~13	0.01~1.3
降雨	17~87	4.5~31	0.09~2.6

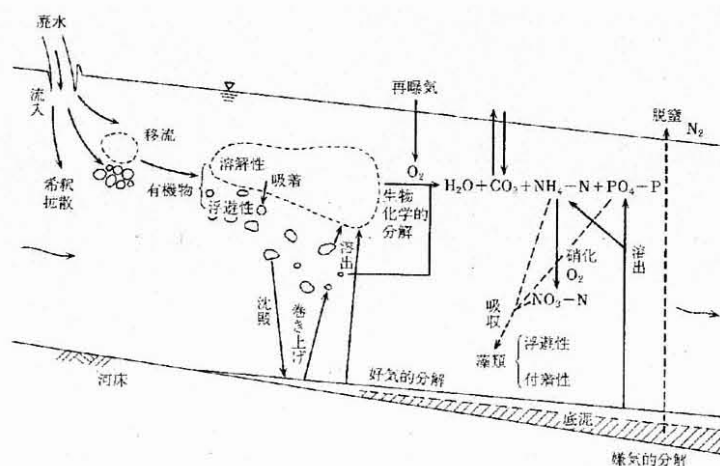
図6 下水道の普及に伴う河川BODの改善⁵⁾

(岐阜県高山市宮川)

が多い。農地からの負荷は適正な量の施肥によりある程度は削減出来るが、自然由来である山林や降雨、降雨時の市街地（道路や側溝等）からの負荷の削減は容易ではない。

5. 河川の自浄作用

河川に種々の汚濁物質が流入した場合、

図7 河川の自浄作用⁵⁾

河川は自浄能力を有しており、汚濁物質の濃度は減少し、直接的な影響は見られなくなる。‘三尺流れて水清し’といわれたように、排水の負荷量が僅かであった場合には汚濁問題は生じなかった。しかしながら、人口が集中し、人間活動が活発になって汚濁物質の負荷量が量的に増大し、また、質的に複雑な物質（難分解性物質）が水域に流入し、自浄能力を上回る汚濁物質が流入した場合、それらが蓄積したり、分解の過程で種々の悪影響が観察され、水域の汚濁問題が生じた。

河川に流入した汚濁物質は図7に示すように、希釈され、水の流れと共に移流・拡散し、浮遊性で密度が水より大きいものは沈降し、洪水時のように掃流力が大きくなると巻き上げにより再浮上する。溶解性の物質は浮遊性の粒子に吸着されて沈降したり、溶解性有機物は好気性の細菌による分解を受ける。また、無機物質も生物学的な変換を受け、形態が変化する。

自浄作用としては、3つの作用がある。

1. 物理的作用：沈降・沈殿、希釈、移流、

揮散、曝気、吸着

2. 化学的作用：化学反応による濃度の減少、紫外線による殺菌・分解、吸着
3. 生物学的作用：微生物による分解・変換、水生生物や藻類による吸収

物理的作用のうち、沈降・沈殿、希釈、移流等は、汚濁物が河川に流入した場合にこれらの作用により河川水中の濃度は減少するが、河川を一つの系としてみた場合には流入した物質量が減少したのではなく、真の自浄作用とは言い難い。一方、化学的及び生物学的な分解作用は、有機物質や有害有機物質の無機化であり、特に、河川では河床の礫の表面に生息する好気性の従属栄養細菌による生物学的分解が自浄作用の本質である。この時、好気性細菌によって河川水中の溶存酸素が消費されるので、大気から河川水中への酸素の供給（再曝気）が消費に追いつかなくなると河川低層部や底泥内では溶存酸素が枯渇して嫌気状態になり、水生生物の生存が脅かされることになる。また、嫌気状態になると硫化水素等の悪臭を発するようになり、いわゆる「どぶ川」になる。好気状態では、有機性の窒素は最初アンモニア性窒素に分解され、その後、独立栄養の硝化菌によって亜硝酸性窒素→硝酸性窒素に変換（硝化）され、嫌気状態になると窒素ガスに変換（脱窒）される。また、有機性のリンは好気状態ではオルトリンに分解される。河川に関しては以上のようにまとめられるが、これは湖、海でも適用できる。

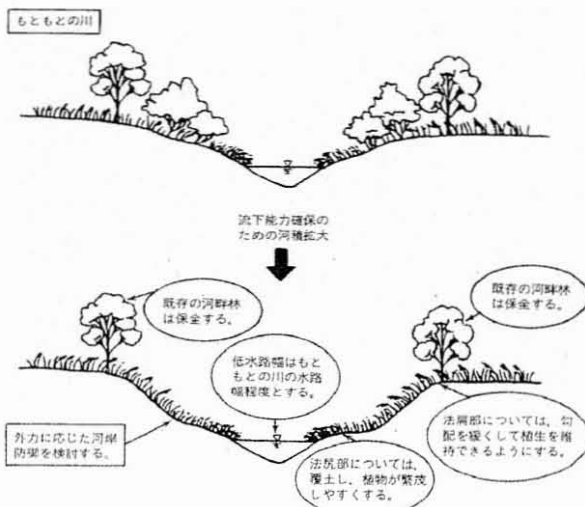


図8 川の前風景の保全

6. 多自然（型）川づくり7)

多自然（型）川づくりはドイツやスイスの河川復元手法を参考に1990年頃から日本でも採用されてきた。当初は多自然「型」が入っていたが、個々の河川の個性を考慮せず全国で同じような手法が採用されたため、最近では型を取って「多自然川づくり」が推奨されている。

この基本的考え方は、必要とされる治水上の安全性を確保することを前提に、

- 1) 各々の河川は特有の自然環境、景観、歴史、文化を有しているの、川の前風景の保全・復元に努める。(図8参照)
- 2) 多様な環境（住み場、ハビタット）には多様な生物が生息できるので、生物の良好な生息・生育環境を出来るだけ改変せず、生息環境が悪い場合には積極的に創造する。
- 3) 自然の攪乱と更新が行われるようにする。自然の攪乱とは具体的には洪水や渇水である。これらにより河川は浸食や洗掘、土砂の堆積を生じ、横断及び縦断形状が変化していく。生息環境は破壊されるが、遷移し、ある時間が経過すれば平衡状態に達する。例えば、一般的には植生は1年生草本群落→多年生草本群落→樹木群落（極相）へと遷移する。しかし、河川では図9に示すように、洪水による攪乱を受け、極相に至ることは稀であるが、上流のダムによる流量の平滑化による水位変動の低下や流水の掃流力の低下によって樹林化が進み、河川の流水能力の低下の問題が生じている。

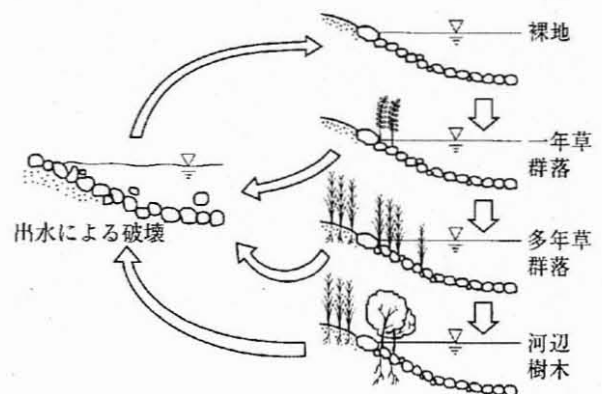


図9 河川の植生の遷移¹⁾

また、早瀬には図10に示すように、浮石（礫全体が河床から露出している状態）より構成されているが、攪乱が少ない場合には沈み石（礫が河床に埋まっている状態）になり、付着藻類量の低下を引き起こし、鮎のように付着藻類を餌とするような魚にとっては好ましくないし、河床の「清掃」という意味でも中規模の攪乱が必要である。

3) 連続性を確保する。即ち、河川の流れ方向（上下流、本川と支川・水路）と横断方向の連続性が保たれるようにする。連続性は水の流れのみではなく、生物、土砂及び栄養塩類を含めて考慮すべきである。工学的には、魚道や多段落差工を用い、水域と陸域を繋げるように環境保全ブロック等を用いる。

4) 元の川に形成されていた淵と瀬は残す。瀬と淵は土砂供給が多い河川は自然に形成

されやすいが、少ない河川は形成され難いので、元の川を参考にして作る。

5) 低水路や滞筋は出来るだけ残す。改変する場合には元の川を参考にして作り、直線化しない。（図11参照）

6) 山付き部の淵は残す。

7) 水際域は出来るだけ固めないようにする。護岸を設ける場合でも現地の土で覆土する。

8) 河岸の法勾配は出来るだけ緩くする。きつとした方が多様な環境を形成できる場合もある。（図12参照）

9) 水辺林（溪畔林、河畔林）は出来るだけ残す。

基本的な多自然川づくりの概念は以上の通りであるが、岩手県の雪谷川での改修例を以下に示す。雪谷川は平成11年10月の豪雨により家屋の全壊（流失含む）25戸、半壊5戸、床上及び床下浸水583戸の甚大な被害を受けた。このため、災害防止と自然との共生を目的として大規模な災害復旧工事が行われた。安全・安心で住民参加による自然豊かな川と地域づくりを行うために、種々の説明会、懇談会、子供サミットやワークショップを開き、「人と自然が共生し、みんなでささえ育む雪谷川」を目標に掲げた。図13に上流部での改修過程を示す⁸⁾。改修前は自然豊かな河川であったことが分かる。洪水に対する安全性を確保するために、川幅を広げると共に河床を掘削した。右岸側の既存の河畔林は残し、護岸は環境ブロックを用いた。工事中は川の流れを変えて水が全く流れていない状態で工事が行われた。図から分かるように工事終了直後は人工的でかなり違和感があるが、数ヶ月後には植生が回復し始め、1年後にはコンクリート製のブロックの上端部も植生に覆われ回復している状況が伺える。図14に水生昆虫の個体数、種数及びShannonの多様性指数の変化を示す。図中の丸が工事中を示している。これより、工事直後はこれらの値はかなり低下するが、1年程度経過すれば十分に回復したことが分かる。水質に関しては自浄能力の向上が期待されたが、水質の各項目について顕著な改善は観察されなかった。以上のように、多自然川づくりにより河川環境は保全されるが、改修工事が終了した時点が川づくりの始まりである。すなわち、住民と川との付き合いが再

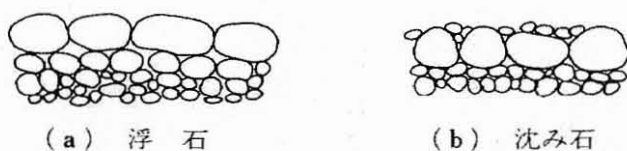


図10 浮石と沈み石

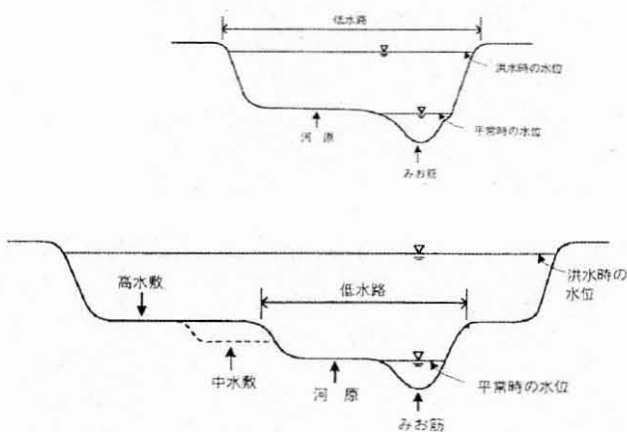


図11 滞筋の保全

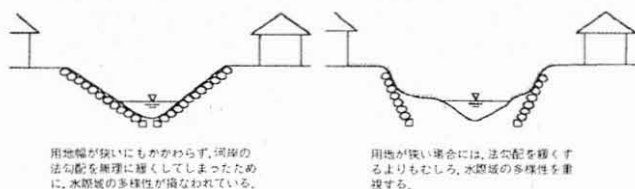


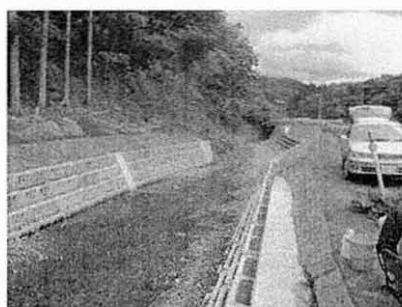
図12 法勾配の配慮



H13.6



H13.11



H14.6



H14.9



H15.8



H16.6

図13 雪谷川の河川改修

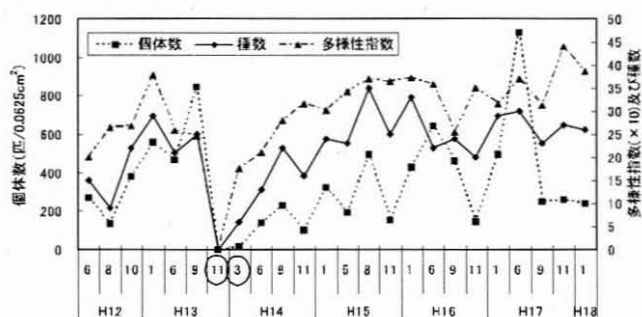


図14 雪谷川での水生昆虫

出発するのであり、今後どのように河川を利用し、維持・保全し、次世代にどのようにして受け渡していくのが問われることになる。例えば、コンクリートで護岸を整備すれば維持管理は容易であるが、図14から分かるように多自然工法を採用すれば、植生の回復は比較的早い。行政は改修工事を行ってもその後の維持管理費の負担は財政上無理であり、住民には草刈りの仕事は直ぐに始まる。高齢化を迎える日本で住民と河川との新たな関係の持ち方を各河川で考えていく必要がある。

<参考文献>

- 1) 有田正光編著 水圏の環境 東京電気大学出版局 (1998)
- 2) 水野、御勢 河川の生態学 補訂版 築地書店 (1993)
- 3) 土木学会 環境工学公式・モデル・数値集 丸善 (2004)
- 4) 松尾友矩編 水環境工学 オーム社 (2005)
- 5) 日本下水道協会 日本の下水道
- 6) 松本順一郎編 水環境工学 朝倉書店 (1994)
- 7) (財) リバーフロント整備センター編 河川と自然環境 理工図書 (2000)
- 8) 小林裕也 中小河川における粒子状有機物質が水生昆虫相に与える影響 岩手大学修士論文 (2006.3)