

# 自然の恩恵とは (生態系の機能)

自然はどのような恩恵を私たちに与えてくれているのでしょうか。1枚の自然の景観を映し出した絵から、目に見えるものだけでなく、目に見えないさまざまな自然の恩恵を数え上げることができます。図1.2の絵に描いた恩恵の、2倍も3倍もの数を見つけることができるでしょう。

## ○ 恩恵その1 ~物質供給機能

**生態系(エコシステム)**は、私たちの生存基盤であり、また生活に潤いを与えてくれますが、それが持つ機能は以下のように説明できます。

第1の機能として、エコシステムは、大気、水、土、生物、鉱物資源など、さまざまな要素から構成されていて、それを私たち人間に利用させてくれます。また自然は、時間をかけて食料やエネルギーなど人間に有用なものを作り出し、供給してくれます。

私たち人間が、生態系の一員として**生きていくために必要なものは、すべて自然の中にあり、自然の中にしかない**といえます。大気中には酸素があり、人間はそれを呼吸作用で体内に取り込んで活動に必要な熱量を得ます。人間の身体の60~70%以上は水分でできています、体内の循環を保つために水の取り込みが不可欠です。自然が太陽エネルギーと水を受けて作り出す食料が、人間の身体活動の源になります。

適切な温度空間で過ごすために、森林から木材を切り出して住宅を作り、薪炭で暖を取ります。近代化した鉄筋コンクリートビルには、鉄や石灰石のような鉱物資源が要ります。これも元は自然が作り出したものですし、石油・石炭といった今のエネルギーの多くは、太古の森林や海中のプランクトンが何億年もかけて变成したものといわれていますから、これは太古の自然の遺産といえます。

衣料の面から見ても、木綿、絹、麻といった動植物から取れる繊維を使っていますし、化学繊維も元はといえば、石油から人間が作り出したものです。漢方薬のような薬草は、私たちの身体の健康を保ってくれます。熱

帶林のような自然の中には、生物学的機能で新しい物質を作り出す元になる遺伝子資源が残されているのですが、私たちが発見して医薬品などに利用しているのはまだほんの一部にすぎず、無限の可能性が残されているといわれています。

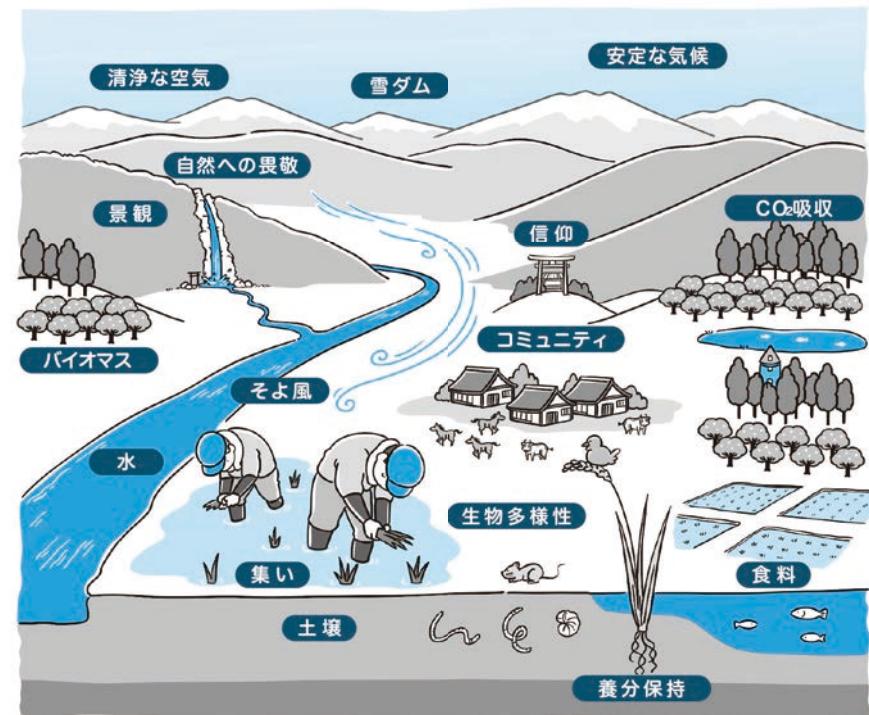


図1.2 さまざまな自然からの恩恵

## ○ 恩恵その2 ~調整機能

第2に、生態系は私たちが生存するために必要な**周辺条件を健全に保つ**てくれています。というより、生態系が形成する環境に合わせて人間が生を受け、生存・生活しているわけですから、「自然はいつも自己調整機能を持っていて、その下で人間が安心して住んでいる」というほうが正しいかもしれません。

## 2-2 水循環と海洋大循環

地球が生命の存在する星なのは、水が存在するからです。地球上の水は、熱エネルギーを移動し、気候を平均化しています。そのなかでも、人間生活に貴重な淡水は、地球上にわずかしか存在せず、世界各地で不足し、問題になっています。

### ○ 地球は水の惑星

地球は「**水の惑星**」といわれるよう、地表の7割は水に覆われています。

水の**97.5%**は**海水**で、**淡水は約2.5%**とわずかしかありません。その内訳は、氷河等の水（1.76%）、地下水（0.76%）、湖沼水と河川水（0.01%）となっています。人類が微量の淡水を多量に使うため、河川からの流入水量が減って、アラル海の縮小、黄河の断流、過剰揚水による地下帯水層の水位低下などが起き、全球的に淡水不足問題が深刻化しています。

### ○ 水は大きく循環している

地球上のさまざまな現象の原動力となっているのは、**太陽からの熱エネルギー**です。太陽光は赤道付近に最も強く降り注ぎ、海洋の水が熱せられて水蒸気となり、上空で雲を形成します。雲は流されて海洋上や陸上で降水となって、最終的にまた海洋に戻ってきます。その間に熱エネルギーを全地球に分配していきます。これを**水の大循環**といいます。

水の平均的な滞留時間は、海洋、氷河、地下、湖沼、土壌、河川など、存在する場所によって異なります。河川における水の滞留時間は約2週間半でとても短く、ほかとは比べ物にならないほど入れ替わる速度が速くなっています。したがって、河川の持つエネルギー、物質輸送量、海洋への淡水の流入など、河川が水循環全体に与える影響は大きくなります。

地下の帶水層には、平均滞留時間が数千年と推定される**化石帶水層**があります。一大穀倉地帯を支えているアメリカ中央部のオガララ帶水層や中国華北平原にある深層の帶水層、サウジアラビアの帶水層のような化石帶

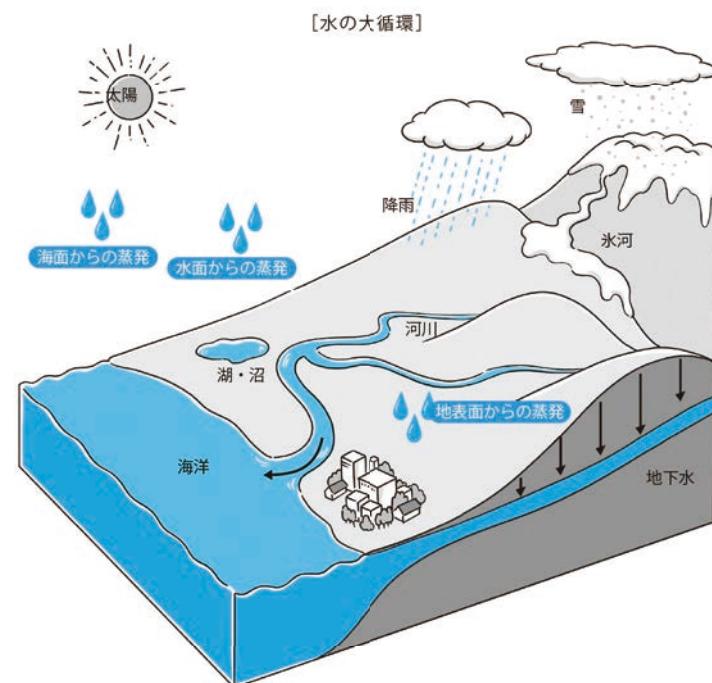
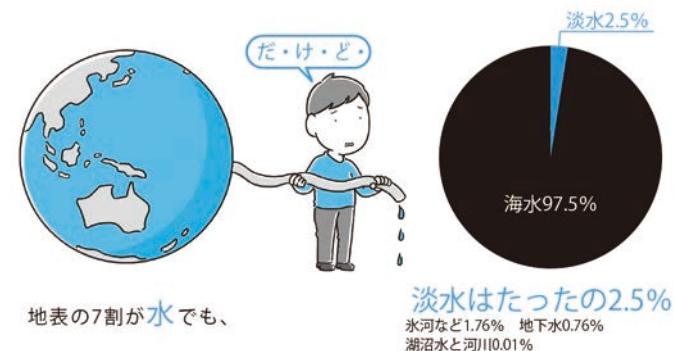


図 2.3 水の大循環

水層では、いったん水が汲み上げられた場合に元の水量に戻るのに非常に時間がかかるため、使い果たしてしまうと、後は実質ゼロとなります。

およそ1万年前から続いている温暖な気候のもとに、人類は文明を発達させました。しかし、近年の熱帯雨林の伐採、地下水の過剰揚水、河川からの過剰な取水、都市化など、さまざまな人間活動の結果、地球温暖化に

## 3-3 温室効果ガス

温暖化を引き起こすのは、大気中に増えてきた温室効果ガスです。気候を安定化するには、大気中の温室効果ガスの濃度を安全なレベルで、一定に保つ必要があります。そのためには、増えすぎた温室効果ガスの排出を急いで減らしていかなければなりません。

### ○ 温室効果ガスが増えてきた

この温室効果ガスとはどのようなものでしょうか。

大気中にもともとある、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、オゾンなどのガスは、**地上から放射される熱エネルギーを吸収して大気を暖める性質**があります。

地上からの熱エネルギーは長めの波長を持った電磁波で出されています。二酸化炭素などのガスは、それぞれの分子構造の違いによって異なる一定の波長のエネルギーを取り込んで、ガス自身が熱を発生します。なお、6千度の太陽から地球が受け取るエネルギーは、短い波長の電磁波ですので、温室効果ガスには反応しません。

ガス自身が発する熱が大気全体に広がり、地球大気を暖めます。これが

	産業革命前	2005年	地球温暖化係数*	人間活動による主な排出原因
水蒸気 (H <sub>2</sub> O)	1~3%	1~3%	—	
二酸化炭素 (CO <sub>2</sub> )	280 ppm	391 ppm	1	化石燃料燃焼やセメント製造、土地利用の変化など
メタン (CH <sub>4</sub> )	0.7 ppm	1.80 ppm	28	農業、畜産、天然ガスの輸送、ゴミの埋め立てなど
一酸化二窒素 (N <sub>2</sub> O)	0.27 ppm	0.32 ppm	265	肥料の使用、化石燃料燃焼
フロン	—	0.000538 ppm (CFC-12のみ)	数百~14,000	スプレー、冷蔵庫などの冷媒、半導体の製造、絶縁体など

\*100年間の値

出典：気候変動に関する政府間パネル（IPCC）「IPCC 第5次報告書」などをもとに作成

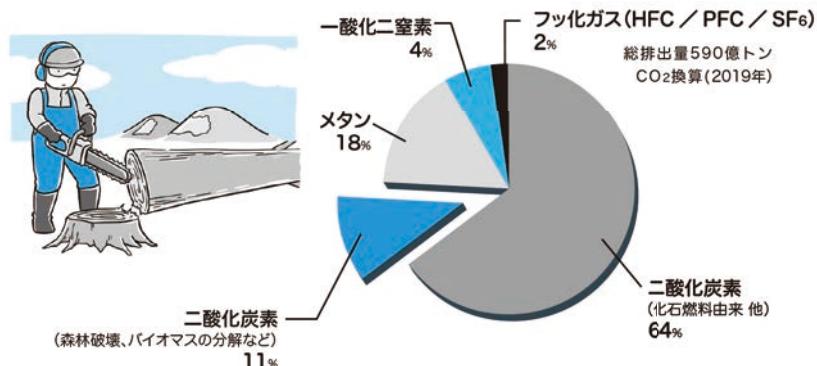
図 3.4 さまざまな温室効果ガスと排出原因

温室効果で、このような作用を持つガスを**温室効果ガス**と呼びます。温室効果ガスが大気にあるおかげで、地球大気温度は平均14度で保たれています。温室効果のおかげで地球は私たちにとって住みよい場所になっているのです。しかし温室効果ガスが増えてきたことによって、温室効果が高まりすぎて、**温暖化**が進んでいます。

### ○ ガスによって異なる地球温暖化への影響

こうした温室効果ガスは50種類以上あげられます。代表的なガスは図3.4のとおりです。ガスの種類によって、性質や大気中の存在量や寿命が違いますし、温暖化への効き方が異なります。

同じ重さで二酸化炭素と比較した効き方を**地球温暖化係数（GWP）**と呼んでいますが、メタンは二酸化炭素の28倍効くとされますから、同じ重量を削減するのならメタンのほうが効果的です。人工的に作られた**フロン類**は、ものによっては二酸化炭素の1万倍以上の効き方ですから、少量でも出してはいけません。**水蒸気**（雲）も温室効果ガスで、大気中に1~3%程度存在します。しかし雲はその構成がさまざまであり、太陽光線を反射するなどの性質もあり、効き方を定めることができません。また、雲が増えてもその制御はできませんので、削減対象ガスとはしません。**オゾン**は、一部大気汚染物質間の反応で生成しますから、制御が厄介です。また、成層圏オゾン層の破壊は、わずかに地球を冷やします。



出典：気候変動に関する政府間パネル(IPCC)  
「IPCC 第6次評価報告書」をもとに作成

図 3.5 温室効果ガスの内訳(2019年)

# 4-1 成層圏オゾン層破壊

「夢の化学物質」と呼ばれたフロンは分解されずに、成層圏まで達して成層圏オゾン層を破壊しています。1980年代に南極でオゾンホールが生成し始め、今も継続して春季に発生しています。国際社会は「脱フロン類」で足並みを揃え、遅くとも2100年には南極オゾンホールが消失すると予測されています。

## 成層圏オゾン層破壊の実態

成層圏のオゾン層には、地球上の全オゾン量の約90%を占めるオゾンが存在します。1970年代まではこの成層圏オゾン層に変化は見られませんでした。しかし、1980年代から現在に至るまで南極上空のオゾン層に、オゾンが破壊されてなくなったオゾンホールが観測されています。

オゾンホールの面積を示しましたが、1980年代半ばに南極大陸の面積を超えて2000年頃まで増加し、その後、微減となり、現在は1990年頃のレベルになっています。

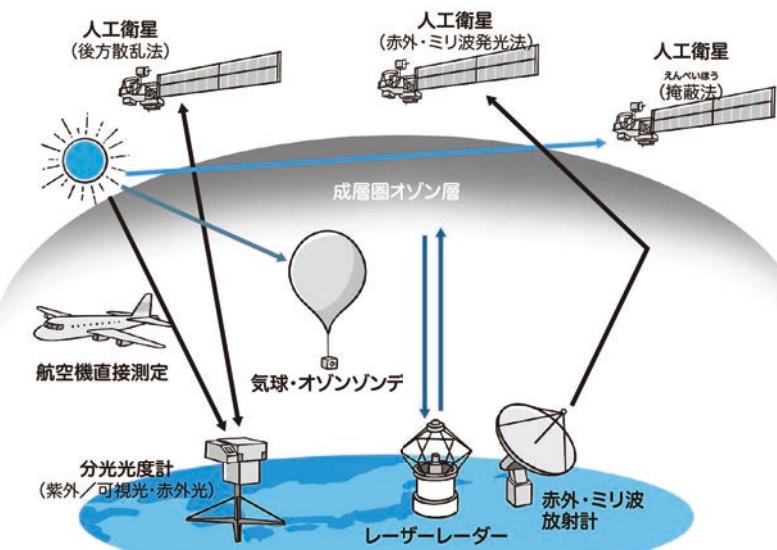
オゾン層は太陽光中の紫外線を吸収して、地表に暮らす人類や生物を紫外線の害から守っています。オゾンホールの直下は、生態系にとって太陽光中の紫外線が降り注ぐ危険地帯となります(→2-1大気の構造と循環)。

日本国内では、以前より札幌、つくば、那覇で、年間オゾン全量が測定されています。高緯度にある札幌では、オゾン全量は1980年代に明瞭な減少傾向があり、1979年から2013年にかけて約4%減少しています。

## 成層圏オゾン層を破壊するフロン

オゾン層破壊に大きく寄与しているのは、代表的なフロンであるクロロフルオロカーボン(CFC)です。

フロンは1930年代にアメリカで開発され、当時「夢の化学物質」と呼ばれた物質です。人体に無害で、分解性が低く、蒸発しやすく、引火性や可燃性のない使いやすい物質です。そのために冷媒や洗浄剤、噴霧剤の媒体、



出典：国土交通省・気象庁「南極オゾンホールの経年変化—オゾンホールの年最大面積」(2022年)をもとに作成

図4.1 オゾン層の観測手法

発泡スチロール等の発泡など、非常に広範に使われていました。生産量は急激に増加し、近代社会の快適な生活を支えてきました。ところが1974年、アメリカのローランド博士(1995年ノーベル化学賞受賞)らは、フロンが成層圏オゾン層を破壊することを指摘したのです。

一方、成層圏オゾン層は、以前から科学者の間でいろいろな関心の対象として観測されていました。そして1985年、南極オゾンホールの存在を証明する論文が発表されました。これらのことを受け、国際的にフロン対策が取られることになりました。

## オゾン層破壊のメカニズム

成層圏では、フロンが分解して生成した塩素原子が、オゾンを連鎖反応的に破壊し続けます。また、一酸化二窒素( $N_2O$ )も成層圏に達し、オゾンを分解します。

オゾンホールは、南極の春季である9月～10月(日本の秋季)にだけ見られる現象です。

## 5-8 海洋生物の保全

日本の沿岸は南北に長く、サンゴ礁が生育する沖縄の亜熱帯的な海洋環境から、流氷が接岸する北海道の亜寒帯気候まで、気候に伴う環境差があります。日本の中南部は世界最大の暖流である黒潮の影響を受け、北部では寒流である親潮の影響を受けています。

### ○ 海洋生物の人為的移入

日本に生息する生物種は**プランクトン**、**魚介類**、**海草**、**ベントス**（フジツボなどのように、水底や壁面に生息する生物。底生動物）など多様性に富み、海域ごとに独自の地域生物群集を形成しています。しかし、この数十年、日本近海の生物相（生物の種類）が変わったといわれています。

近年、海域間の船舶の往来増加や生きた魚介類の輸入などに伴い、海洋生物の輸送が盛んになりました。その結果、人為的に持ち込まれた場所で外来の海洋生物が繁殖していることが、世界規模で確認されています。こうした外来生物は、肉眼で確認できる大型の魚介類や海藻ばかりでなく、動植物プランクトンや有毒藻類なども多数移入されていて、在来生態系に大きな影響を与える場合があります。

このような外来生物は、輸送船やタンカーなどの船底に付着して運ばれるものが多く、ムラサキイガイやアメリカフジツボ、ヨーロッパフジツボなどが良く知られています。しかし、最近では、20世紀中頃から増えた大型貨物船の**バラスト水**（空荷になった船がバランスを保つため、錨として用いる海水）とともに運ばれる外来生物が問題となっています。バラスト水は採水した場所と排出する場所で環境が異なることが多く、生態系に影響を及ぼします。このバラスト水には、魚の稚魚ばかりでなく動植物プランクトンなども含まれています。東京湾ではイッカクモガニやチチュウカイミドリガニなどが確認されています。

このほか、水産物として故意に外国から持ち込まれるものや、釣りの餌として持ち込まれるものもあります。

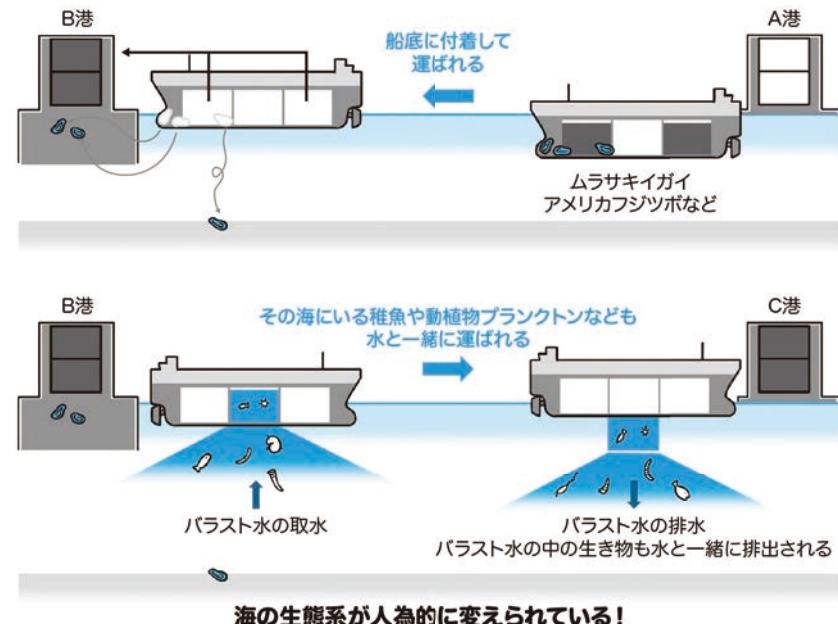


図 5.9 海洋生物の人為的移入

こうした外来生物は、外国から日本へ入るものばかりでなく、日本から国外へ移出される魚介類も多く、世界的な社会問題となっています。

### ○ 干潟、浅瀬は生物多様性の宝庫

干潟や浅瀬には、微細な地形変化や潮汐作用により、多様な自然環境が形成されています。生物多様性の観点から干潟や浅瀬をみると、そこは底生動物、プランクトン、貝類、魚類、水生植物、さらには水鳥など、さまざまな生物が生息しています。また、泥や砂などの底質の違いにより、生育する生物相が異なり、生物多様性の宝庫として大変貴重な場所となっています。

干潟や浅瀬は、潮の干満により干されたり水没したりします。また、波により、砂や泥が堆積したり侵食されたりして、絶えず環境が変化しています。こうした場所には**環境変化に強い生物種が多く**、学問的にも重要な場所となっています。

干潟や浅瀬は、魚介類の産卵や稚魚や稚貝の生育場所として、また、水質を浄化する場所としてなど、多くの機能を持っています。さらに、水鳥

## 6-3 ヒートアイランド対策

ヒートアイランドの対策としては、大規模な緑地やグリーンベルトの導入、屋上緑化、保水性のある舗装など地表被覆による対策があります。また、建物や自動車、冷暖房装置の排熱対策を実施する。さらに、建物、水辺、オープンスペースなどの配置や道路の方向など都市の形態を変えることにより、風の流れを変え、空気の交換を良くし、都市部を冷やす対策などがあります。ここでは、こうしたヒートアイランド対策について説明します。

### ① 緑化や水面利用、舗装材の改善

植生には気候の緩和、大気の浄化、斜面地の保護、見た目の美しさ、レクリエーションの場、動物の生活の場などいろいろな機能があります。なかでも**気候の緩和効果**は、蒸散と、樹葉が生み出す日陰の作用によるところが大きくなっています。

真夏の都心部においても、大きな樹冠部の下で適度に換気のある場所は、**クールスポット**と呼ばれ、快適な空間を作っています。こうした空間を都市の各所に設けて、都市の温度を下げる効果的な対策を計画しなければなりません。具体的には、**公園や緑地を整備**したり、屋上や壁面を緑化する**建物緑化**を行ったり、敷地内に**植樹**をしたりします。また、並木道など街路空間や、中央分離帯の緑化も大切です。

樹木によるヒートアイランド緩和対策のほかには、舗装面の反射率を向上させるために**舗装面を淡色化**したり、**保水性や透水性の高い材料**を使って太陽熱を舗装面に蓄熱しないようにします。

さらに、水面を利用した対策も行われています。都市には、河川や水路が覆いや蓋をされて地中に隠されている（**暗渠化**）ところが多くあります。これらの覆いや蓋を取り除いて**開渠化**したり、ビオトープや池、流れなどを作ることにより水面を確保して、ヒートアイランドの緩和策とします。公園などの池もヒートアイランド緩和に役立っています。

ヒートアイランド

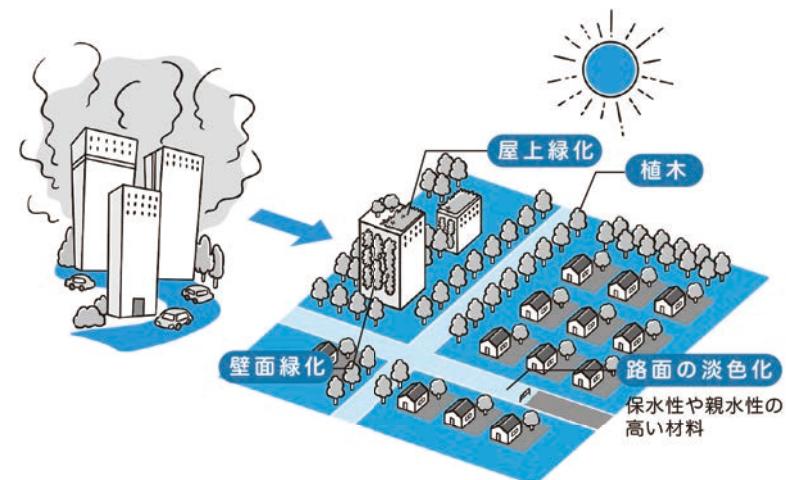


図 6.4 ヒートアイランド対策

### ② 人工排熱を減らす

都市では人工的な排熱が多く、これがヒートアイランドの原因のひとつとなっています。**人工排熱量を低減**するためには、まず、空調システムなどエネルギー消費機器の高効率化や適切な運転により、排熱量を少なくします。近年、**省エネタイプの家電**製品が数多く開発されていますが、空調など家電製品をこまめに消して排熱量を減少させたり、**自然通風**を利用することも対策のひとつとなります。

建物の表面を淡色化したり、ガラスを多く使って反射率の向上を図るような**建物の構造を変える**ことも必要です。

自家用車をあまり使用しないことも排熱量を少なくする対策です。バスや電車など、なるべく**公共交通システムを利用**して移動したり、近い距離は自転車を利用するなども奨励されています。

こうした個人的な対策のほかに、地域ぐるみで行う対策もあります。たとえば、地域冷暖房システムを構築して省エネ化を図ったり、地域交通システムを充実させて、自家用車の使用を少なくする、駐輪場を整備し、自転車の使用を促す、などがあります。

# 7-1 環境問題の特色を知る

環境をよくしていくしくみを考えるとき、環境問題の特色を踏まえたものでなくてはなりません。環境問題は他の問題——景気・教育・政治・貧困——と比べると、「自然と人間の共生」としての定義からくる、いくつかの特色があります。しかけや行動は、その特色を踏まえて構成されます。

## ○ 科学で問題を予見

まず対象が自然ですから、それがよい状況にあるのか否かを常に観察し、変化を見つけ、早期に警報を出すための**科学的活動**が不可欠です。自然の変化には慣性があり、危険が迫ってから手を打ってもその効果がすぐに効いてくるわけではありませんから、**自然のメカニズムを分析**し、対応する人間社会の動向を調査し、それに基づき**環境の変化を予測**することが重要です。また、人間の行動がどのような結果を自然にもたらし、その結果、人間にも影響するかを前もって評価する**環境評価(アセスメント)**などで、私たちが取り組むべき問題が何か、どこに原因があるのかを予見的に発見していくかなければなりません。

## ○ 社会をあげての対策と、環境社会経済への政策が必要

人間活動は、あらゆる面で自然に圧力を加え、環境を変えつつあります。現実に土地を改変するのは土木技術であり、大気や水に汚染物質や二酸化炭素を出すのは生産設備や居住施設ですから、**環境を壊さないような技術開発**が必要です。

これまでの技術も、人々の生活をよくしていくこうとする経済活動を実現するために工夫されてきたものですが、経済システム自体が自然や環境の価値を勘定に入れてこなかったため、環境破壊が進行してきたともいえます。今は、これまで無視されてきた**自然の価値を組み入れた環境経済**へ変えることが要求されています。

また、**環境を念頭においた新しい産業**も生まれねばなりません。そうし

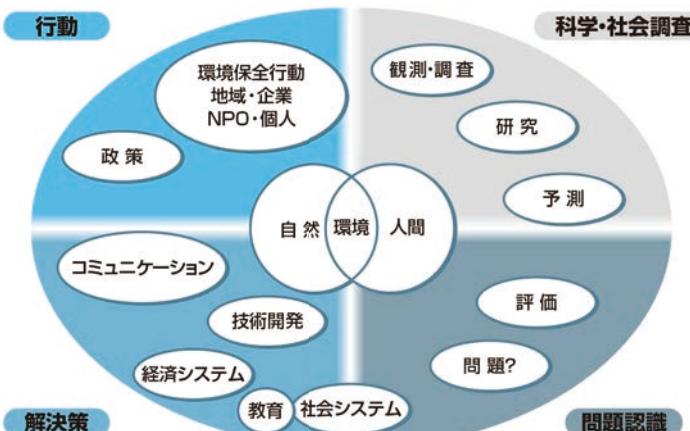


図7.1 よい環境を作るしかけ

た経済のシステムができるには、一人ひとりが環境に関する教育を受け、社会全体が自然を大切にしようという気にならなくてはなりません。これまでのエネルギーやモノを使い放題というライフスタイルを止めるとか、環境をよくするためにお金を払う覚悟がいります。

環境は誰もがその恵みを享受すべき、いわば**公共財**です。さまざまな対策や経済システムをまとめ上げ、国民全体を環境を守るために行動に向けさせるしかけを作り上げるには、法体系を整備したり、予算の適正な配分などを通じた社会システムを変えていく**政府の強い政策**が必要です。

## ○ 環境を守るのは、それぞれの地域住民

環境は「地域的」といわれます。環境の状況は、それぞれの場所での自然における人間の住まい方で決まります。自然はそれぞれの場所によってまったく異なり、そこに住む人たちの生産生活もそれに合わせたものになっているので、**環境問題は場所場所で様相が違います**。中央からの一律の政策で環境が維持されるわけではなく、それぞれの場所の自然を熟知している地域の**住民の参加**がなければ、よい環境はできません。個人では、活動がなかなか難しくても、**環境NPO**(Non-Profit Organization)のようなグループに入って活動することはできます。もちろん、地方自治体の音頭取りがいりますし、地域に立地する企業も地域活動に加わります。結局