

2 章

環境と健康

2.1 生態系の中の人間生活

2.1.1 環 境

環境(environment)とは、主体(生物や人間)を取り巻くすべての事象あるいは空間をいう。したがって、その内容は非常に複雑であり、多くの環境要素から成り立つ。しかもそれぞれの要因が直接影響を与える場合や要因間の反応の結果が影響を与える場合等があり、各要因を単純に分類することは困難である。しかし、図2-1のように、環境を大きく、外的環境(外部環境)と内的環境(内部環境)に分けることができる。

2.1.2 内的環境

内的環境とは生命を維持するための生体機能あるいはその変化であって、1)本来の生体機能そのもの、および、2)外界からの環境要因[**ストレッサー**(stressor)]による刺激(stimulation)に対応して起こる生体変化[この応答を**ストレス**(stress)という]が考えられる。生体内のすべての機能は生命維持のためにバランスよく統一されており、これらの機能がバランスよく働いているのが健康体である。すなわち、生体は外的環境の作用に対応して、生命の維持に都合のよいように内的環境を調節し、あるいは変化させながら生活し

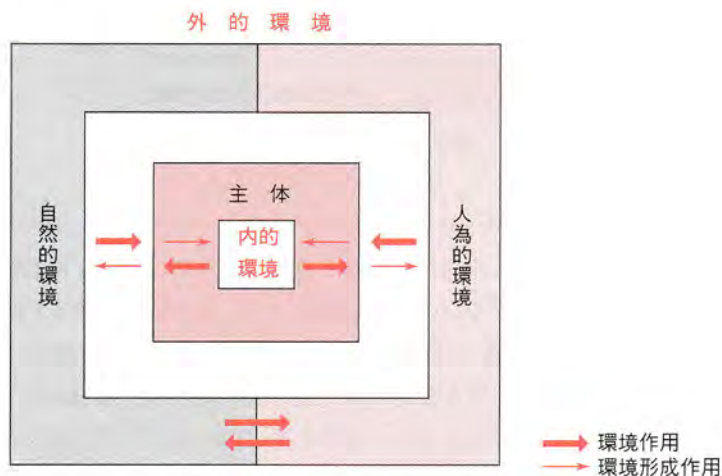


図2-1 環境の分類

ている。このような効果的な調整や適応(adaptation)を、内的環境の恒常性(ホメオスタシス, homeostasis)の維持という。しかし、このバランスには限度があり、これを上回る力(過剰負荷)を持った外的環境因子が作用すれば、バランスが崩れ、機能障害を誘発して病的状態となる。

なお、このホメオスタシス維持のための応答(response)は調整や変化の時間的な差から、① 反応(reaction)、② 適合(adjustment)、③ 適応(adaptation)とよばれ、さらにこの適応には、④ 馴化(acclimation, 1種類のみ環境要因の変化に対して引き起こされる場合)、⑤ 順応(2種以上の環境要因の変化に対して引き起こされる場合)があり、さらに長期的には、⑥ 進化(evolution)や、⑦ 淘汰(selection)が考えられる。

2.1.3 外的環境

外的環境は図2-2のように、まず人為的環境と自然的環境に分けることができる。人為的環境は住居、衣服、交通、教育、職業などの社会的環境、所得、購買、消費などの経済的環境、およびスポーツ、レクリエーション、芸術などの文化的環境、さらには公園、道路、街路樹などの人工的環境に分けられる。これらの人為的環境は、人間の精神面に多大の影響を与える要因となる。

一方、自然的環境はさらに無機的環境(非生物的環境)と有機的環境(生物的環境)とに分けられるが、前者には光、熱、風、放射能、水、空気、土壌などの環境因子が含まれる物理的環境と、それぞれの物理的因子に混在する人工的な化学的因子を中心とする化学的環境とがある。また、後者には地球上に棲息するすべての生物種が含まれ、無機的環境に依存しつつ、しかも生物種が相互に関連し合い、バランスをとりつつ生命を保持している。

現在、地球上には数百万種にのぼる生物種が棲息しているといわれるが、これらは相互に密接な関連を持ちながら1つのシステムを形成しており、これを生態系(ecosystem)と称している。

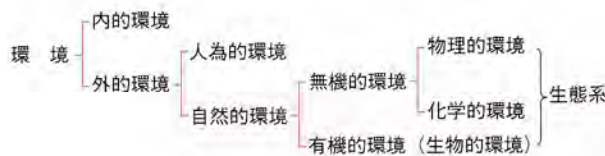


図2-2 環境の分類

2.1.4 主体—環境系

すべての生物(主体)は環境から生活の資源など種々の恩恵を受け、また影響を受けながら生活を続ける。また、その生活を続けることによって、あるいは続けるためにその環境に変化を与える。このように主体が環境によって作用を受けることを環境作用(environmental action)といい、同時に環境を変えることを環境形成作用(reaction)という。このような主体と環境との密接な相互関係はすべての生物において当てはまることで、両者は常に1つの系として存在する。これを主体—環境系(host-environmental system)という。

この主体—環境系では、主体を個体あるいは単一の生物種から成る個体群として考える

場合もあり、また生態系を考える場合には主体は複数となり、それぞれの主体が別の主体に対して環境として作用するような関係が存在する。

このような視点は主体—環境系をより大きな視野で理解するのに都合がよく、地球規模の問題や地域の環境破壊・汚染問題などの環境保健を考える際の重要な観点となる。

2.1.5 環境保健の立場からみた人間の生活環境

人間の生活環境を健康への影響という立場(環境保健, environmental health)から眺めてみると、図2-3のように、1)生活の場(habitat)、2)生活の資源(resource)、3)環境の諸要因(factors)の3つの要因に分けて考えることができる。

「生活の場」は家庭、近隣、学校、職場、乗り物、街路、商店、図書館などの日常生活圏、都市と農村、国、気候帯、地球などである。「生活の資源」は、それが生活の場で消費されることによって環境としてとらえられるもので、空気、水、飲食物、住居、衣料、燃料、生活用品、商品などである。これをもとに空気衛生、水の衛生、食品衛生、住居衛生などの学問分野がある。「環境の諸要因」は、環境把握あるいは測定の方法によって物理的環境、化学的環境、生物的環境、心理・社会・文化的環境などに分類される諸要因である。

人間は生活を続けるうえで以上のような環境要因と相互に影響を及ぼし合っており、それぞれを独立させて考えることはできない。



図2-3 環境保健の立場からみた人間の生活環境

2.1.6 生態系

自然界では種々の生物の集団が複雑に絡み合って生活している。この生物と生物、あるいは生物と無機的環境(非生物的環境)との間には密接な相互関係が存在し、そこでは生物による食物連鎖があり、物質が種々の形態を取りながら循環し、エネルギーの授受を行っ

ている。この自然のシステムを**生態系(ecosystem)**という。

2.1.7 生態系の構成

生態系内の生物のうち、植物や一部の微生物のように太陽エネルギーなどを利用し、自力で無機的環境から生体をつくり上げる能力を持つ生物を、**独立栄養生物**(autotroph)とよぶ。この生物はまた無機物から有機物をつくり、生態系を支える基礎的役割を果たすことから**生産者**とよぶ。これに反して、動物は無機物から有機物をつくり出す能力はなく、植物や他の動物を食することによって自己の体をつくり、エネルギーを得ている。前者の食植動物を**第一次消費者**、後者の食肉動物を**第二次消費者**、さらに上位食肉動物を**第三次消費者**とよぶ。

また、この物質やエネルギーの流れは生産者から消費者へ移行していくが、そこで固定されることはなく、生物の遺体や排泄物はやがて土壌や水圏に存在する微生物によって分解され、無機化される。これら微生物を**分解者**とよぶ。そして、これら消費者や分解者のように、他の生物のつくった有機物に依存して生きている生物を**従属栄養生物**(heterotroph)とよぶ。

このほか、生態系を構成する要素には上記のような生物による物質循環のほかに、生物による循環を円滑にする基盤として空気、水、土壌、光などの非生物的環境がある。なお、生産者が有機物として固定した物質とエネルギーが食行動を通して生物から生物へ移行することを、**食物連鎖**(food chain)という。生態系の構成を表2-1に示す。

表2-1 生態系の構成

生態系	生物	生産者(独立栄養生物)	植物、一部の微生物
		消費者(従属栄養生物)	第一次 食植動物 第二次 食肉動物 第三次 上位食肉動物
		分解者(従属栄養生物)	微小動物、微生物
	無機環境	媒質	空気、水、土壌
		基層	岩石、砂、粘土
		代謝の材料	光、CO ₂ 、O ₂ 、水、塩類

2.1.8 生態系の物質循環

生物が必要とする物質や元素は食物連鎖により**生物圏**(biosphere)を循環しており、この円滑な循環によって生物は生存でき、安定した生態系を維持している。有機物を構成する元素や生命維持に必要な元素を**生体元素**(bioelement)というが、この生体元素の生態系内での循環のしかたは元素によってさまざまである。たとえば、炭素は緑色植物を中心として、大気—植物—土壌—大気という大循環を行う。このような循環を**開放性循環**という。また、窒素や硫黄はそれらの気体を植物が利用できず、植物—土壌—植物という小循環を行う。このような循環を**半開放性循環**という。植物の生育に必要なその他の元素はいずれも小循環を行っており、それらの動きは閉鎖的である。これを**生態循環**(ecological cycle)という。生態系における物質の循環を図2-4に示す。

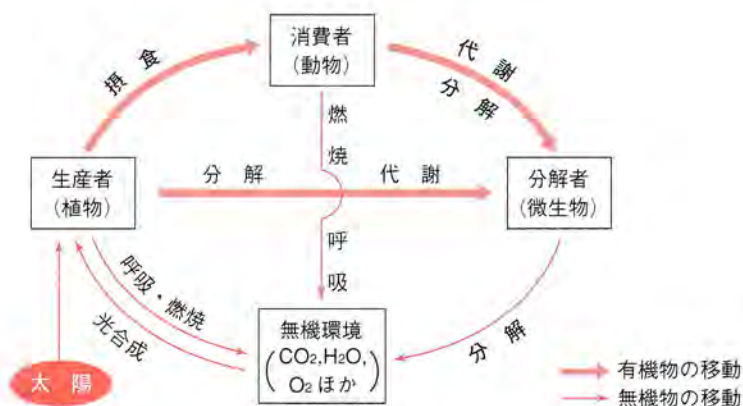


図2-4 生態系における物質の循環

ところが人類が出現し発展するに従って、この生物圏で行われている物質循環に、人間特有の人工的な物質循環の介入が始まった。産業革命以来、人間活動が旺盛になるに従って、化石燃料の使用量と森林伐採量が著しく増大した。そのため、大気中の炭素量(とくにCO₂濃度)が増大し、地球的規模で循環のバランスが崩れ、生物圏の温暖化や生態系への種々の影響を与える結果となっている。また、農林業や窒素肥料の製造、さらには化石燃料の燃焼による窒素酸化物(NO_x)の生成などは人工的な窒素固定であり、こうした窒素酸化物の増大は酸性降下物や酸性雨、水素の富栄養化の原因となり、自然破壊の大きな原因となっている。

2.1.9 生態系におけるエネルギー循環

生物が生態系のなかで生命を維持していくためには、エネルギーの供給が不可欠である。このエネルギーは太陽から供給されている。すなわち、生態系におけるエネルギーの流れ(energy flow)は、太陽エネルギーの入力から始まる。緑色植物の光合成に利用される太陽エネルギー量は、大気上層に入射する太陽エネルギーの0.05%にすぎないが、植物によって固定されるこのエネルギーは生態系に蓄積され、順次、第一次消費者(食植動物)、第二次消費者(食肉動物)、第三次消費者(上位食肉動物)に摂食され、同化される。その利用可能なエネルギー量は摂食したエネルギー値の約10%であり、餌となる生物量は食物連鎖の栄養段階に順じて、ほぼ1桁ずつ減少していく(10%法則)。また逆に、この10%の法則では1つの食物連鎖ごとに10倍量の餌の生物を食べるので、排泄されないとしたら有害物は4段階の食物連鎖ごとに、順次10倍に濃縮されることになる。

このように、光合成によって生物界に取り込まれた太陽エネルギーは食物連鎖を通して種々の生物の間を移行していくが、その過程で生物の活動により消費され、結局、熱エネルギーとして放出され、失われていく。つまり、物質は地球の系内を循環するものであるが、エネルギーは太陽から地球に流れ込んで仕事に消費され、やがて系外の宇宙空間に流れ出ていく、非可逆的なものである。

2.1.10 自然界における系という観点からみた人間生活

人間にとっての環境とは、個体を取り巻くすべての事象あるいは空間、つまり地球の自

然全体である。このなかには大気、水、土壌、鉱石などの非生物と人間を含む生物とがあり、これらはそれぞれの要素の間で互いに物質やエネルギーのやり取りを行いながら、全体として**自然系**を形成している。この自然系のなかで、生物界は非生物界との間で相互作用を持つとともに、生物界のなかにおいても、種間で互いに「食う—食われる」の食関係を通して**生物系**を形成する。人類はこの生物界のなかにおいて、他の生物や自然との相互作用を持ちながら、生物の進化の過程のなかで誕生したものである。しかし、人類はその社会の生産および消費の規模の拡大とともに、この生物系に収まりきれなくなり、独自の生産、消費活動の系、つまり**社会系**を形成するようになった。この人間の社会系とその環境である生物系、自然系との相互作用がこの環境を長期的にわたって変化させ、場合によってはそれを破壊するようになり、資源の枯渇、環境破壊、環境汚染などの環境問題を引き起こすに至ったのである。

人間の社会系はその生産・消費活動を維持・発展させるために、系外からの資源の導入、系外の改変、系外への廃棄物の放出を行っている。系外の資源供給能力、改変に対する適応力、廃棄物の浄化能力が系内の発展に対応できる間は、この系は開放系であっても発展を続けることが可能である。別のいい方をすれば、生物系、社会系を問わず、自然のなかに存在する系の安定性は、その系を構成する物質の循環、エネルギーの流れの均衡が保たれることによって保証される。しかし、1)社会系における資源の消費速度と自然系からの資源の供給能力の不均衡、2)社会系が放出する廃棄物量と自然系の浄化能力の不均衡、3)社会系が進める自然改変速度と自然の回復能力の不均衡など、外界が内部からの相互作用に対応できなくなると、系の内と外の矛盾が生じ、系内の発展は停止し、系外からの作用によって系の維持すら困難となる。人間が営む生産・消費活動の系、すなわち社会系は、地球の自然系のなかでのみ正常に維持され、正常に発展することが可能であるにもかかわらず、系内の発展にのみ注目し、系外的能力をあたかも無限であるかのように錯覚したため、人間の社会系の循環は、自然系の生態循環と大きくずれてきたのである。この社会系を含む自然系の物質循環、エネルギーの流れの不均衡が、今日の環境問題の基本的な要因であるといえる。

2.1.11 人間生活と生態系の破綻

人類は狩猟生活の段階では生物環境の一員であって生態系の均衡を攪乱することはなかったが、農耕生活から集落形成に至って人為環境(人間の社会系)が発生し、農業労働の機械化、集落の都市化へと進むに従って、人為環境による生態系への影響が増大した。そして、産業革命以後、エネルギー源として石炭、石油さらには原子力が利用されるに至り、産業規模や都市の巨大化が急速に進み、人為環境は加速度的に拡大している。

この自然の循環(生態系)に入り得ない人為環境による影響が局地的段階に留まらず、生態系の破綻が地球の規模にまで拡大するならば、人類の生存にまでその影響が及ぶことになる。したがって、環境衛生学においても従来のような個々の環境因子を個別的に対象とするのではなく、いまや生活、職場など人間生活を取り巻く生態系全体との関連において、人間集団の健康の維持・増進を考えていくことが必要な段階となってきた。

この人為環境の拡大により発生し、現在直面している地球規模の環境問題については

次節で述べる。

2.2 環境汚染と健康

2.2.1 環境汚染の歴史

日本における環境汚染の歴史は、明治時代の渡良瀬川の汚染(足尾銅山の銅を含む排水による)に始まる。昭和30年代前半には東京江戸川下流でパルプ工場からの排水による漁業被害が発生し、これを機に、「公共用水域の水質の保全に関する法律」、および「工場排水等の規制に関する法律」が制定された。また、同時期から4大公害事件(熊本水俣病、新潟水俣病、四日市喘息、イタイイタイ病)が発生し、その被害は深刻であった。

イタイイタイ病は富山県神通川流域に発生した。鉱山の排水に含まれていたカドミウムによる腎障害を原因とする激痛を伴う骨軟化症である。**水俣病**は熊本県水俣湾沿岸地域で確認された。工場排水に含まれる有機水銀(**メチル水銀**)が、食物連鎖により生物濃縮を受け、その汚染された魚を摂取したことで、異常歩行、くちびると手指のしびれ、視野狭窄などの中枢神経障害を発症した。また、胎児性水俣病も発生した。熊本水俣病と同様の公害は新潟県阿賀野川流域でも発生した。**四日市喘息**は三重県四日市市で、工場から排出される二酸化硫黄などを含む煤煙によって気管支喘息や慢性気管支炎が多発した。

こうした状況に対し、1967(昭和42)年に**公害対策基本法**が制定され、これによって、大気汚染、水質汚濁、土壌汚染、騒音、振動、地盤沈下、悪臭が**典型7公害**とされた。1970(昭和45)年のいわゆる「公害国会」においては、**水質汚濁防止法**などの法体系が整備された。その後、水質汚濁防止法はいく度かの改正を受け、現在に至っている。公害対策基本法は1993(平成5)年に廃止され、新たに**環境基本法**が制定された。規制手法を中心とした公害対策基本法では、今日の地球規模的環境問題への対処が不十分であったためである。環境基本法では、**環境の保全**を目的とし、国、地方公共団体、事業者および国民の責務を明確にしている。

環境基本法に基づく**環境基本計画**で目標を定め、実現のために**環境アセスメント(環境影響評価)**などの環境保全対策が推進されている。行政上達成することが望ましい基準として、水質汚染物質、大気汚染物質、騒音・振動などについて**環境基準**が設定されている。人の健康の保護に関する環境基準(健康項目)と生活環境の保全に関する環境基準(生活項目)がある。

2.2.2 水質汚濁の現状

法整備ならびに排水処理技術の発展により、近年の水質汚濁の状況は総体的に改善方向にある。環境省の2005(平成17)年度の公共用水域水質測定結果における、人の健康の保護に関する26項目の環境基準達成率は99.1%であった。一方、生活環境項目について、**BOD**(biochemical oxygen demand, 生物化学的酸素要求量)または**COD**(chemical oxygen demand, 化学的酸素要求量)でみると、環境基準達成率は83.4%まで上昇している。一方、湖沼、内湾、内海など閉鎖性水域での環境基準達成率は、依然として低い状況である。