

環境教育に関する

高校生用ハンドブック



平成20年5月

国際協力銀行
山口大学
貴州大学

はじめに

本書は、円借款による貴州省環境整備・人材育成事業の一環として、山口大学、貴州大学、貴州省政府および江西師範大学が共同して作成した環境教育に関する高校生用のハンドブックである。

20世紀以来、人口の増加、科学技術の発展と経済の成長・拡大は、地球に大きな変化をもたらした。人口の増加に伴い、自然資源に対する需要が急増し、資源の再生と需要のバランスが崩れた。そして、人間活動の激化と廃棄物量の増加は環境汚染や生態系の破壊など、一連の環境問題を引き起こしている。そして、今や環境問題は地域や国などの小範囲の環境汚染から地球規模の環境汚染へ変化している。環境問題はすでに民族や国を越え、人類全体、全世界が直面する問題になっている。

環境問題は地球の生命体に直接影響を与え、すべての生命体に共通事項であり、社会の発展に伴い生命体に危害をもたらす。惑星としての地球自体が危ないのではなく、人間を含めた生物が生きている場所・空間の生物圏が危なくなっているわけである。私達人類は、その問題を解決し、地球上の生命すべてが持続可能に生存していける未来を創る必要がある。そのために様々な視点から地球環境を捉え、学習し、考え、行動をしなければならぬ。地球を大事にすることは命を大事にすることであり、地球環境を良くすることは人間を含めた生物圏の未来を救うことであることを学生に教える必要がある。

本書が地球環境問題について考え、なぜ環境問題が発生したのか、どのような影響を及ぼしたのかについて考え、日増しに悪化している地球環境に対して、環境を守るための義務を持って自ら行動できる人間として動き出す高校生へのサポートとなることが出来れば幸せである。

最後に、本書の編纂に力を尽くしていただいた関係の方々に心より感謝申し上げます。

2008年5月 編著者 早川誠而

目次

第1章 地球 -生命の家-	1
第1節 地球環境の概要	1
1. 環境問題の登場と変遷	2
2. 環境問題への取り組み	5
- 課題のコーナー - <公害や地球環境問題について学ぼう>	6
- 課題のコーナー - <中国の公害について学ぼう>	6
第2章 大気汚染問題	7
1. 大気汚染の原因	7
2. 大気汚染物質	7
1) 大気汚染物質とは	7
2) 浮遊粒子状物質	8
3) 硫黄酸化物	8
4) 窒素酸化物	8
5) 炭素酸化物	8
6) オゾン	8
7) その他の有害大気汚染物質	9
- 課題のコーナー - <大気汚染について学ぼう>	10
第3章 地球温暖化	12
1. 温室効果とは	12
2. 温室効果ガス	12
1) CO ₂ と温暖化	13
2) メタンと温暖化	13
3) 一酸化二窒素（亜酸化窒素、N ₂ O）と温暖化	14
2. 温暖化の環境への影響	14
1) 水害などの気象災害の激化	14
2) 海面の上昇	15
3) 人類の健康への影響	15
3. 温暖化対策	15
1) エネルギーの構造の調整	15
2) エネルギーの利用率の向上	15
3) エネルギーの節約	15
4) 原子力の利用	16
5) 代替エネルギーの開発	16
6) 緑化保全活動	17
7) 国際協力の強化	17

8) 行政による規制と経済誘因の強化	17
- 課題のコーナー - <地球温暖化について学ぼう>	17
<コラム>ホッキョクグマの「ダイエット」紀行	18
第4章 オゾン層とオゾン層破壊	19
1. オゾン層の破壊	19
2. オゾン層破壊の環境への影響	20
1) オゾン層破壊がもたらす影響	20
2) 人体への影響	20
3) オゾン層の破壊による動植物への影響	21
- 課題のコーナー - <オゾン層について学ぼう>	21
第5章 酸性雨と環境問題	22
1. 酸性雨とは	22
2. 酸性雨の原因	22
3. 酸性雨の分布状況	23
4. 酸性雨による被害	23
1) 農作物の減産と土壌の酸化	23
2) 森林生態系への危害	23
3) 人体の健康への影響	23
4) 建築物や生活基盤への影響	23
5) 生態系環境への影響	24
- 課題のコーナー - <酸性雨について学ぼう>	24
第6章 水環境問題	26
第1節 水資源	26
1. 水資源の概念	26
2. 世界の水資源	27
1) 水資源危機に直面する地球	27
2) 水不足と水汚染	27
3. 中国の水資源の現状	27
4. 貴州の水資源	28
第2節 水質の主要な汚染原因	28
1. 水質汚染	28
1) 水質汚染源	28
2. 水質汚染の主要な物質	29
3. 水汚染の特徴	30
1) 都市を流れる河川の汚染	30
2) 海洋汚染	30

3) 湖沼の汚染	30
4) 地下水汚染	30
5) 水田、畑地や放牧地からの汚染	31
6) 富栄養化	31
4. 中国の水汚染の特徴	31
5. 貴州の深刻な水汚染	32
1) 農村生活污水とゴミ汚染	33
2) 工業と鉱業と都市汚染物質の排出の農業生産への影響	33
<コラム> 貴州省の水質汚濁事件	33
第3節 汚水と排水	34
1. 水汚染の総合予防・管理措置	34
1) 工業水汚染の予防管理対策	34
2) 都市水汚染の予防管理対策	34
3) 農業水汚染の予防管理対策	35
第4節 節水	36
1. 節水、我々の共同の責任	36
2. 中国の節水現状と存在する問題	36
1) 認識の低さ	36
2) 節水技術の向上	36
3) 体制の不整備	36
4) 法制の整備	37
3. 各国の取り組み	37
1) 「水資源教育」を展開して、人々の節水意識を高める	37
2) 工業用水の有効利用	37
3) 排水、汚水の再利用	37
4) 節水型の家庭用設備の普及	37
5) パイプの保全を強化して、給水損失を減らす	37
6) 経済措置を取った用水管理の計画と実行	37
- 課題のコーナー - <水資源について学ぼう>	39
- 課題のコーナー - <水質汚染について学ぼう>	40
- 課題のコーナー - <節水について学ぼう>	41
第7章 土壤環境問題	43
第1節 土壤について	44
1. 土壤とは	44
2. 土壤の構成	44
1) 土壤の三相と構成	44
2) 土壤断面	45
3. 土壤の働き	45

4. 土壌の種類	4 6
1) 世界の土壌	4 6
2) 中国の土壌	4 6
第2節 土壌環境の悪化	4 6
1. 土壌汚染とは	4 6
2. 土壌汚染源	4 6
3. 土壌汚染物質	4 7
第3節 土壌汚染の危害	4 8
1. 農作物への汚染、収穫量の減少	4 8
2. 土壌汚染による農作物の品質の低下	4 8
3. 土壌汚染の人体への危害	4 8
- 課題のコーナー - <土壌について学ぼう>	4 9
- 課題のコーナー - <土壌汚染について学ぼう>	5 0
<コラム>水銀による公害事件	5 1
第8章 ゴミ・リサイクル問題—あふれるゴミ—	5 2
第1節 ゴミの種類と成分	5 2
1. ゴミとは	5 2
2. ゴミの種類	5 3
1) 都市生活ゴミ	5 3
2) 産業ゴミ	5 3
3) 農業ゴミ	5 3
- 課題のコーナー - <ゴミについて学ぼう>	5 4
第2節 ゴミの汚染と危害	5 5
1. ゴミの汚染ルート	5 5
2. ゴミの危害	5 5
第3節 ゴミの処理と利用	5 6
1. 減量化	5 6
2. ゴミの無害化処理	5 6
3. 資源回収	5 7
4. 焼却の熱利用	5 8
5. 埋立てガスの回収	5 8
6. 農業ゴミの資源化利用	5 8
7. その他	5 9
8. 都市ゴミ問題の解決方法	5 9
1) 公衆の環境意識を高める。	5 9
2) 分類収集による解決	5 9
3) 法律による解決	6 0
4) 奨励政策による解決	6 0

5) 費用を徴収する	6 0
6) グリーン交換	6 0
- 課題のコーナー - <ゴミ処理について学ぼう>	6 1
- 課題のコーナー - <ゴミのリサイクルについて学ぼう>	6 2
第9章 荒漠化・砂漠化および石漠化	6 3
第1節 荒漠化	6 3
1. 荒漠化の定義	6 3
2. 荒漠化の原因	6 3
1) 自然的要因	6 3
2) 人為的原因	6 3
3. 荒漠化の環境への影響	6 4
第2節 砂漠化	6 5
1. 砂漠化の定義	6 5
2. 砂漠化の原因	6 5
1) 砂漠化に至る現象	6 5
3. 砂漠化の環境への影響	6 6
1) 植被率の変化	6 6
2) 地表形態の変化	6 6
3) 生命体の生存環境の変化	6 6
4) インフラへの影響	6 6
5) 耕地と農業生産の破壊	6 6
- 課題のコーナー - <荒漠化について学ぼう>	6 7
- 課題のコーナー - <砂漠化と荒漠化の被害について学ぼう>	6 7
第3節 砂漠化の管理	6 8
1. 砂漠化・荒漠化の対策と管理	6 8
1) 法に基づく砂漠化対策を強化	6 8
2) 荒漠生態系システムを保護・回復・再建する	6 8
3) 人畜の侵入を防ぐ	6 8
4) 合理的な土地利用	6 8
5) 合理的な計画作り	6 8
6) 人口の増加を制御	6 8
7) 防風林による制御	6 8
8) 生態草・生態林による対策	6 9
- 課題のコーナー - <砂漠化と荒漠化の管理について学ぼう>	6 9
第4節 貴州省の独特なカルスト地形	7 0
1. カルスト地形の概念	7 0
2. カルスト地形の形成	7 0
3. 石漠生成の原因	7 1

1) 石漠化の概念	7 1
2) 生成の原因	7 1
4. 石漠化と生態環境	7 2
1) 水土流失が深刻	7 2
2) 耕地面積の減少	7 2
3) 生態システムの退化	7 2
4) 水資源の欠乏	7 3
<コラム>石漠化地域における生活	7 3
<コラム>開発による悲劇	7 4
第5節 石漠化の管理	7 5
1. 植樹造林、休耕造林・造草プロジェクト	7 5
2. 天然林の保護、封山育林プロジェクト	7 5
3. 産業構造を調整し、その地に適した方法を取る	7 5
4. 移住プロジェクト	7 5
5. その他	7 5
<コラム>石漠化地域の経済振興	7 6
第6節 カルスト地形の開発と利用	7 6
<コラム>貴州省の観光名所	7 7
<課外活動>	7 8
第10章 持続可能な開発	7 9
第1節 これからの環境への考え方	7 9
1. 持続可能な開発とは	7 9
第2節 持続可能な開発への取り組み	7 9
1. 世界での取り組み	7 9
2. 生態系と地球環境	8 0
1) 生物多様性	8 0
第3節 今後の課題	8 1
1. 持続可能な3原則	8 1
2. 未来に向かっての持続可能な行動	8 1
- 課題のコーナー - <持続可能な開発について学ぼう>	8 2
参考文献・資料	8 3
本書の編纂に携わったメンバー	8 3

第1章 地球（-生命の家-）環境問題

ねらい：各地で局地的な大気汚染や水質汚染などの公害問題が噴出したが、最近では酸性雨や温暖化などの地球全体の環境問題がクローズアップされるようになってきた。人類は地球環境を破壊すると同時に、人間自身にも悪影響を与えている。逆に言えば、地球環境を保護することは我々自身を保護することである。地球は1つしかない。地球を大事にすることは命を大事にすることであり、地球環境を良くすることは未来を救うことである。そこで、なぜ環境問題が発生したのか、どのような影響を及ぼしたのかについて調べ、日増しに悪化している地球環境に対して、環境を守るための義務を持って自ら行動できる人間力を養成することを目的とする。我々のふるさとを守らなければならない。小さな事から、身の回りから…さあ！今から地球を守ろう！

第1節 地球環境の概要

地球は唯一人類の生存が可能な星である。また人類以外にもたくさんの生命体が存在している。たとえば、花、草、樹木、魚、虫、鳥、哺乳類などがいる。私達人類はこれらの生物と共に同一の環境の中で生活し、一つの共同体をつくっている。そして地球上では全ての生物が平等に生きる権利を持っている。

しかし、20世紀以来、人口の増加、科学技術の発展と経済の成長・拡大は、地球環境に大きな変化をもたらした。人口の増加に伴い、自然資源に対する需要が急増し、資源の再生と需要のバランスが崩れた。そして、人間活動の激化と廃棄物量の増加は環境汚染や生態系の破壊など、一連の環境問題を引き起こしている。

また、世界のあらゆる地域で起こっている戦争や紛争によって、豊かな森や緑が燃やされ、土地が荒らされ、大きな環境破壊を引き起こしている。

今や環境問題は地域や国などの小範囲の環境汚染から地球規模の環境汚染へ変化している。環境問題はすでに民族や国を越え、人類全体、全世界が直面する問題になっている。

私達人類は、その問題を解決し、地球上の生命すべてが持続可能に生存していける未来を創る必要がある。そのために様々な視点から地球環境を捉え、学習し、考え、行動をしなければならない。これから、我が家である地球について共に考えていこう。



1. 環境問題の登場と変遷

環境問題の始まりは、産業革命からだと言われている。18世紀のイギリスでは科学の進歩によって生産現場の機械化が進み、輸送手段では蒸気機関を用いるようになった。重工業も急速に発展し、作業時間や輸送時間が短縮され、人間にとっては豊かで快適な生活になっていった。ところが機械を動かすためには化石燃料が必要であり、人々がより豊かで快適な生活を追求すればするほど地球上の資源や化石燃料への依存を強めていくことになった。その結果、大量生産、大量消費、大量廃棄の生活が始まったのである。

産業革命が起こったイギリスでは、早い段階で環境問題も起こることとなった。それが公害である。産業革命後、石炭は蒸気機関や鉄生産などの機械の動力として多用されるだけでなく、生活面でも暖房などで多く利用された。その結果、石炭を燃焼させることで、煙突から排出される煤煙や硫黄酸化物(SO_x)の酸性排ガスが蔓延するようになり、スモッグによる健康被害が発生するようになった。そのため、1926年には「公衆衛生法」が制定され、大気汚染対策を実施しようとしたが、戦争の影響で対策は進展しなかった。世界でも重化学工業の発展から重金属や有害化学物質に起因する公害があらこちらで起こるようになった。1980年代までに発生した主な公害をまとめたものを表1-1に示す。化石燃料の燃焼によって引き起こされた大気汚染から、生産現場での化学物質の流出による水、土の汚染へと変化をしていることが分かる。

表 1-1 世界で起こった重大公害事件

公害名	発生期間	場所	汚染形態	原因	被害
ロサンゼルス 光化学スモッグ事件	1943.5~10	アメリカ ロサンゼルス	大気汚染 光化学汚染	400万台の車が毎日 1000t以上の炭化 水素類を排出。	目、喉、鼻を刺激し、 眼病、喉炎、頭痛を起 こす。死亡する場合も。
ロンドン スモッグ事件	1952.12	イギリス ロンドン	大気汚染	暖炉の石炭燃焼量 が急増。大量のSO ₂ 煙を排出。	死因は慢性閉塞性肺疾 患(COLD)、心疾患。 約4000人が死亡。事件 後の二ヶ月以内にさら に、8000人が死亡。
水俣(病)事件	1953~1961	日本 熊本県水俣市	海洋汚染 水銀汚染	工場から水銀触媒 入りの排水が海に 排出。	水銀中毒者283人、そ の60人が死亡。
四日市事件(喘息)	1955年以來	日本 三重県四日市	大気汚染	工場から大量にSO ₂ 煙と重金属粒子が 排出。	気管支喘息、肺気腫な どの呼吸器官疾病を起 こす。1972年までに、 日本全国における四日 市喘息にかかった患者 数は6376人に達し、そ の中の一部は死亡。

カネミ事件	1968	日本 愛知県など、 23 の府、 県	食品汚染 ポリ塩化ビフ フェニル汚染	米ぬか油を生産す る際、加熱媒体とし て使用したポリ塩 化ビフェニルが混 入したため。	食中毒した人数は 1400 人を超え、7 月、8 月に なると 5000 人を超え、 その中の 16 人が死亡し た。被害者は 13000 人 に達した。何十万羽の 鶏も死亡。
イタイイタイ病	1931~1975	日本 富山県神通川 下流域	水体汚染 土壌汚染 カドミウム汚 染	亜鉛製造工場がカ ドミウムの入った 廃水を河に排出。	カドミウム中毒によっ て、腎臓が壊され、胃 が軟化される。1972 年 3 月までの患者数は 180 人を超え、34 人が死亡。
アモコ・カジス号事件	1978. 3	フランス ブルターニュ 周辺	海洋汚染	タンカーが座礁し、 22×104t の原油が 海に流出。	藻類、湖間帯動物と海 鳥が絶滅する。農・工 業、旅行業に打撃。
スリーマイル島 爆発事故	1979. 3. 28	アメリカ ペンシルベニ ア州	大気汚染 放射能汚染	原子力発電所の原 子炉の深刻な水不 足による。	周辺 80km の 200 万人が 極度に不安を感じ、直 接損失は 10 億ドルに上 った。
メキシコ油田爆発	1984. 11. 9	メキシコ	大気汚染	石油会社の一つの 石油タンクが爆発。	4200 人が負傷、400 人 が死亡。300 棟の建物が 壊され、10 万人が疎開 した。
ボパール事件	1984. 12. 2 ~1984. 12. 3	インド ボパール市	大気汚染 有毒ガス汚染	45t のイソシアン酸 メチル (MIC) が流 出。有毒ガスが工場 周辺の町に流出。	3000 人以上が死亡。15 ~60 万人が被害を受け た。最終的に、1 万 5000 人~2 万 5000 人が死亡。
チェルノブイリ 原子力発電所事故	1986. 4. 26	ウクライナ (当時：ソビ エト連邦) プリピャチ市	土壌汚染 大気汚染 放射能汚染	4 号原子炉の機関室 の爆発	31 人が死亡し、203 人 が負傷。13 万人が疎開 し、直接損失は 30 億ド ルに達した。
エクソン・バルディー ズ号事件	1989. 3. 24	アメリカ アラスカ	海洋汚染	4. 2×10 ⁴ m ³ のオイル が漏れた。	海域がひどく汚染され た。



図 1-1 光化学スモッグ

(出典 <http://zh.wikipedia.org/wiki/Image:AirPollutionSource.jpg>)



図 1-2 水俣病

(出典 <http://baike.baidu.com/view/42227.htm>)



図 1-3 イタイイタイ病

(出典 <http://www.wiki.cn/wiki/>)

すなわち、燃料は石炭から石油や原子力に替わり、化学物質や放射性物質による汚染が各地で起こり、問題となっていることが分かる。これらの被害は短時間で広範囲に広がり、危害が深刻で、経済損失が大きく、資源浪費が深刻であるなどの点も挙げられる。また酸性雨や黄砂など自らの国や地域だけでなく、他国や他の地域からの環境汚染問題も浮上し、環境問題のグローバル化が進んでいった。

現在までに人々に認識され、人類の生存を脅かしている地球環境問題には、地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨、淡水の資源危機、エネルギーの不足、森林資源の激減、土地の荒漠化、生物種類の絶滅の加速、ゴミ災害、有毒化学物質による汚染などがある (図 1-1)。

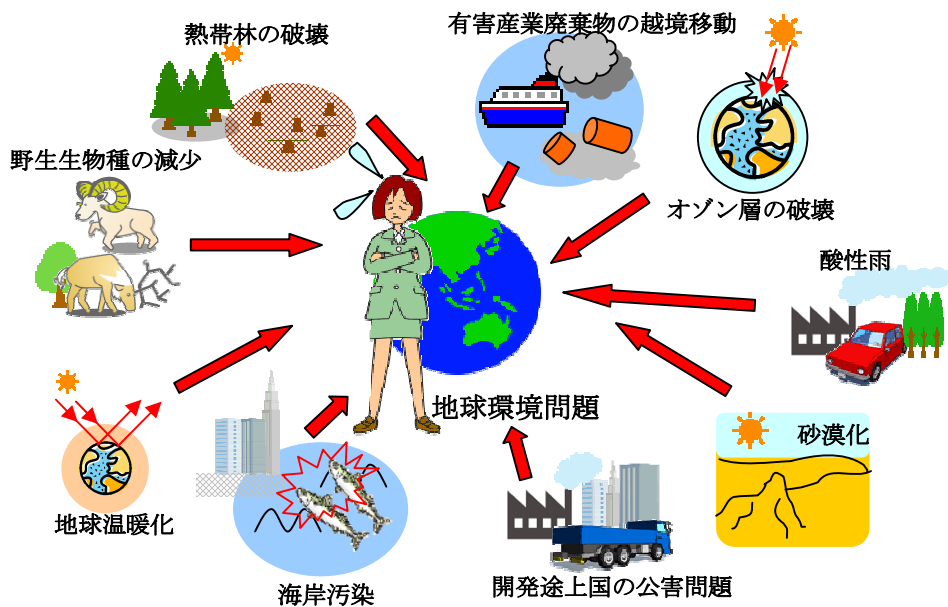


図 1-4 いろいろな地球環境問題

2. 環境問題への取り組み

前述で示した通り、現在までに地球上には様々な公害が発生した。人々の快適な生活と引き換えに人体、環境への負荷は大きくなっていった。1952年、レイチェル・カーソンは、「Silent Spring（邦題：沈黙の春）」という著者の中で、当時、農薬や殺虫剤として多く用いられていた「DDT」などの化学物質の危険性を述べ、環境問題の告発を行った。これは今まで豊かな生活を送ってきた人々に大きな衝撃を与え、環境への意識を変えるきっかけとなった。また1972年にはローマクラブが「成長の限界」を発表し、このまま人口増加や環境破壊が続けば、21世紀半ばには資源の枯渇や環境の悪化によって人類の成長が限界に達すると述べた。

このような動きの中で、アメリカでは環境への関心が高まり、1963年に大気浄化法で排気ガスの排出量を規制する法律を制定するなど、生態系の保全や水質汚染の防止を法律で定めていった。

ヨーロッパでも早い段階で環境への取り組みが行われる様になった。これは、酸性雨が国を越えて広範囲に及び、ドイツのシュヴァルツヴァルトでは多くの樹木が枯死した例など環境問題がグローバルな問題であるという認識が早くからあったため、国を越えた政策などが掲げられている。また水、大気、ゴミ問題についても早い段階で対策を講じている国が多く、世界的に見て環境対策の先進国となっている。

日本では、被害者や住民団体は公害を引き起こした企業、行政を相手に訴訟を起こすようになった。当初、企業は自分達が引き起こした公害について認めようとしなかったが、各自治体での条例や国の法令も施行され、企業も責任を認めた。しかしながらこの訴訟には長い時間がかかった。その他のアジアの地域では、発展途上国も多く、環境問題よりも先に国の発展、人々の生活の向上が優先され、多くの国々では水質汚染、土壌汚染、大気汚染、ゴミ問題などが浮上している。

国や地域だけでなく、各企業も公害問題に力を入れるようになった。OECD 経済協力開発機構では、1972年に「汚染者負担の原則 Polluter-Pays Principle (PPP)」を採択した。これは、汚染対策にかかるコストは汚染者自身が負担すべきだという原則である。そして世界的に汚染者自身が負担をするという規則を採用することで、規制の厳しい国とそうでない国がなくなり、公平な貿易が出来るだけでなく、公害を他の地域へ持ち出さないようにするというねらいもある。水俣病など公害先進国と言われた日本で起きた公害は、中国、タイ、ニュージーランド、ガーナ、ブラジル、グリーンランドなどでも起こっており、地域だけの問題ではなく、グローバルに考えていかなければならない問題となっている。

環境と開発に関する世界委員会は、1987年に「Our Common Future 私たちの共通の未来（通称ブルントラント報告書）」を公開した。この環境と開発に関する世界委員会は、国際連合総会において発足し、ノルウェーの環境相および首相経験を持つブルントラント氏が委員長に任命された。そしてこの委員会が国際連合に提出した報告書が先に述べたブルントラント報告書である。

その中で中心的となった考え方が「持続可能な開発 Sustainable Development : SD」である。これは、「将来の世代の欲求を満たしつつ、現在の世代の欲求を満足させるような開発」のことである。環境と開発が互いに相反するものではなく、共存しえるものだと捉え、環境保全を考慮した節度ある開発が重要であるという考え方である。この考え方により、環境を保全するためには開発を止めなければいけないという従来の考え方から、環境を保全しながら、環境と共存し、持続的に発展していく社会を目指すという考えが生まれ、1992年の国連環境開発会議や2002年の

持続可能な発展に関する世界首脳会議など、以後の国際会議や環境保全会議でも持続可能な開発は取り入れられることとなった。

持続可能な開発とは、地球環境を世界規模で考え、各国や地域が一つとなって環境保全について取り組むという考え方である。そのため、先進国も発展途上国も関係なく同様に持続可能な開発を行う必要があり、先進資本国と発展途上国の間に広がる経済格差の問題（南北問題）などをどのように乗り越えていくかが今後の課題となっている。

私達はその問題を世界中の国や地域と話し合い、地球の未来、私達の子孫のためにも持続可能な開発を進めていく必要がある。

- 課題のコーナー -

<公害や地球環境問題について学ぼう>

課題1-1 これまで引き起こされた公害を一つ選び、詳しく調べよう。	
1) 公害名と公害が起こった経緯を調べよう。	2) 公害による人への被害状況を調べよう。
3) その他の生物への影響を調べよう。	4) 環境への影響を調べよう。
課題1-2 これらの公害がなぜ引き起こされたのか、どのような考え方が足りなかったのかについて考えよう。例：安全装置の有無、公害に関する認識度 等	
課題1-3 国や地域を越えた地球環境問題にはどのようなものがあるか例を挙げ、その問題点について考えよう。	
1) 地域環境問題にはどのようなものがあるか。	
2) 問題点と解決法	

<中国の公害について学ぼう>

課題1-4 中国や貴州で起こった環境問題について ①被害の概要 ②原因 ③取られた対策 ④現在の状況 について調べよう。	
課題1-5 現在、中国や貴州で施行されている法律について ①施行された目的と年号 ②法律の概要 について調べよう。	
課題1-6 公害を引き起こさないために、私達はどのようなことに気を付ければいいのか考えよう。 ① クリーンな生活（排気ガスを出さない、廃棄物を減らす 等）にはどのようなものがあるか考えよう。 ② 今日から出来るクリーンな生活を決め、実行しよう。	

第2章 大気汚染問題

ねらい：大気汚染にはどのようなものがあるか、大気汚染が進むとどのような問題が発生するかを理解し、大気汚染の進行を食い止めるために自分たちで何が出来るかを考えよう。

1. 大気汚染の原因

大気汚染とは、「事業活動や産業活動などの人間の活動によってさまざまな汚染物質が地域あるいは広範囲の大気中に排出され大気が汚染されること」をいう。大気汚染を引き起こす主要な物質は、燃焼や化学反応によって排出される煤塵やガスである。これらの物質は生活環境や自然環境を悪化させる。大気汚染の発生に至る三大要素は、「汚染源」、「大気の媒介者」、「汚染されるもの」の3つである。汚染源とは、環境中に有害物質を排出する場所や設備のことである。大気汚染源は、「自然汚染源」と「人為的汚染源」を含み、大気汚染問題の多くは、人為的汚染源によって引き起こされる。また汚染物質の発生タイプによって、「生活汚染源」、「工業汚染源」、「交通汚染源」、「農業汚染源」などに分けることが出来る。

2. 大気汚染物質

1) 大気汚染物質とは

大気汚染物質は、人間活動あるいは自然な過程において大気に排出され、環境と人間に有害影響を与える物質のことである。大気汚染物質の種類は約 100 種類以上あり、汚染物の環境への入り方によって、大気汚染物質は一次汚染物と二次汚染物に分けられる。

- ①一次汚染物質：汚染源から直接環境に排出され、その物理及び化学的性質に変化が生じず、原発性汚染物とも呼ばれる。
- ②二次汚染物質：不安定な一次汚染物が大気の中にもともと存在する物質と反応すること、あるいは汚染物が反応しあうことによって発生する新たな汚染物のことである。普通二次汚染物の危害は一次汚染物の危害と比べるとより深刻である。

表 2-1 大気汚染物質及びその人為的汚染源

類別	一次汚染物	二次汚染物	人為的汚染源
硫黄を含む化合物	SO ₂ 、H ₂ S	SO ₃ 、H ₂ SO ₄ 、MSO ₄ ^①	硫黄を含む燃料の燃焼
窒素を含む化合物	NO、NH ₃	NO ₂ 、MNO ₃ ^①	高温での N ₂ と O ₂ の化合
炭素を含む化合物	C ₁ -C ₁₂ 化合物	アルデヒド類、 ケトン類、酸類	燃料の燃焼、石油の製錬、 溶剤の使用
炭素の酸化物	CO、CO ₂	なし	燃焼
ハロゲン族化合物	HF、HCl	なし	冶金作業

※MSO₄ と MNO₃ はそれぞれ一般の硫酸塩と硝酸塩を表す。

出典：唐孝炎『環境保護と持続可能な発展』2000年 p. 58

2) 浮遊粒子状物質

浮遊粒子状物質とは大気中に浮遊している粒子状物質で、代表的な「大気汚染物質」のひとつである。粒径 $0.1\sim 100\mu\text{m}$ ($1\mu\text{m}$ は 1mm の 1 千分の一) の液体あるいは固体の微粒子であり、重力作用の下で地面に沈下しにくい。各種の粒子の粒径によって、粉塵、煙、ばい煙、煤塵、黒い煙、霧、総浮遊粒子状物質 (TSP) などがある。貴州省の大気汚染物質の中でもっとも多いのは総浮遊粒子状物質 (TSP) である。

3) 硫黄酸化物

硫黄酸化物 (SO_x) には主に二酸化硫黄 (SO_2) と三酸化硫黄 (SO_3) の二種類がある。二酸化硫黄は無色で、刺激性の匂いのある気体で、それ自身の毒性は大きくない。しかし、 SO_2 は大気中、特に汚染された大気中において簡単に酸化され SO_3 になる。更に水の分子と結合して硫酸分子を形成し、硫酸エアロゾルになる。同時に、化学反応が起き硫酸塩を形成する。硫酸と硫酸塩は硫酸煙霧と酸性降水を形成し、大きな危害をもたらす。これで分かるように、 SO_2 は酸性雨あるいは酸性沈下が形成するときの前提である。

貴州省では工業生産と民間生活に大量の石炭を使い、また排気ガスを有効的に処理していないため、二酸化硫黄汚染が深刻である。

4) 窒素酸化物

通常、一酸化窒素 (NO) と二酸化窒素 (NO_2) の混合物は窒素酸化物と呼ばれ、 NO_x で表示する。人工的に排出した窒素酸化物は主に自動車の排気ガス、火力の発電所及びその他の工業から発生する。普通二酸化窒素の毒性は一酸化窒素より強く、酸性汚染物の先駆者 (例: 硝酸) で、大気中の光化学スモッグ反応の重要な化合物でもある。大気中の二酸化窒素の濃度が高すぎると、動物や人体の健康に対して危害をもたらす、主に呼吸器系の疾病を誘発する。

貴州省の窒素酸化物の発生源は硝酸、硝酸アンモニウムを生産する化学製品工場である。

5) 炭素酸化物

大気中の炭素酸化物は主に一酸化炭素と二酸化炭素を指す。

二酸化炭素は無色で、無味で無毒の温室気体で、二酸化炭素自身は大気環境に直接の危害はない。しかし、二酸化炭素の増加が地球温暖化に対して重大な影響をもたらす。

一酸化炭素 (CO) は、大気中に普遍的に存在し、排出量が大きい汚染物質である。また人類の健康に影響する。例えば高濃度の CO は、視力低下、頭痛を起こし、血液の中のヘモグロビンに吸収され、心臓が痙攣して酸素を供給する能力を低下させる。同時に CO は、光化学スモッグの形成に関与して CO_2 に転化することができ、世界の温暖化問題をもたらす。

6) オゾン

オゾン (O_3) は、窒素酸化物と窒素水素化物などの一次汚染物が紫外線的作用のもとで、混合系光化学反応から二次的に生成される汚染物質であり、光化学スモッグの形成に不可欠な汚染物質である。現在、たくさんの国ではオゾンの濃度を光化学スモッグの汚染の重要な指標にして監視測定を実施している。光化学スモッグは窒素酸化物、炭化水素などの一次汚染物がオゾン、ペルオキシアセチルナイトレート (PAN)、アルデヒド類などの二次汚染物とゆっくり反応して水色のスモッグとなる。とても強い酸化性と刺激性を持ち、視力低下を促進し、人体の健康にも危害を及ぼし、特に呼吸器系の疾病を引き起こす。人体の目、喉、鼻および動物、植物、各種の材料にも悪影響を与える。

7) その他の有害大気汚染物質

①石綿

石綿 (asbestos) は多種の疾病を引き起こし、特に職業性肺癌を引き起こす。一般的に大気中には常に石綿の微粒子を含んでいる。一般的に人の肺の中にも存在している。しかし、その効果は現在まだよく知られていない。

②ベリリウム

ベリリウムは各種の肺病を引き起こす。急性中毒の場合には死に至る。慢性ベリリウム中毒の潜伏期は数ヶ月から数年間にわたる。

③水銀

無機水銀は自然あるいは微生物を通して猛毒の有機水銀 (メチル基水銀) に転換した後に生物の体内に蓄積する。そして、食物連鎖を通じて人体に危害をもたらす。水銀の水蒸気は中枢神経系に対し深刻な危害をもたらす。

貴州省の大気汚染は煤煙型汚染に属する。主な汚染物として SO₂、煤塵、フッ素、カドミウム、ヒ素、燐、鉛、亜鉛、放射性元素などがある。汚染物は主に石炭の使用により発生する。各種の非鉄金属の製錬と化学工業の排気ガスの排出による汚染物もある。毎年全省の工業排気ガスの排出総量は 100 万 t 以上に達する。表 2-2 は貴州省の主要な大気汚染物質を示す。

表 2-2 1999 年貴州省 11 都市の大気中の主要汚染物 (年平均値) 統計表

	貴陽	六盘水	遵義	安順	都勻	凱里	銅仁	毕节	兴义	清鎮	赤水
二酸化硫黄	0.144	0.039	0.113	0.349	0.361	0.141	0.114	0.065	0.149	0.152	0.024
塩素酸化物	0.035	0.026	0.082	0.030	0.052	0.022	0.029	0.010	0.023	0.030	0.014
総浮遊粒子状物質	0.199	0.179	0.353	0.301	0.235	0.191	0.561	0.338	0.191	0.351	0.101
降水 (pH)	5.38	7.27	4.34	5.10	4.96	5.00	6.33	6.79	5.50		
酸性雨 (頻度)	42.7		80.9	53.2	71.8	25.1	1.3	1.3	30.1		

※二酸化硫黄、塩素酸化物、総浮遊粒子状物質の単位は mg/m³

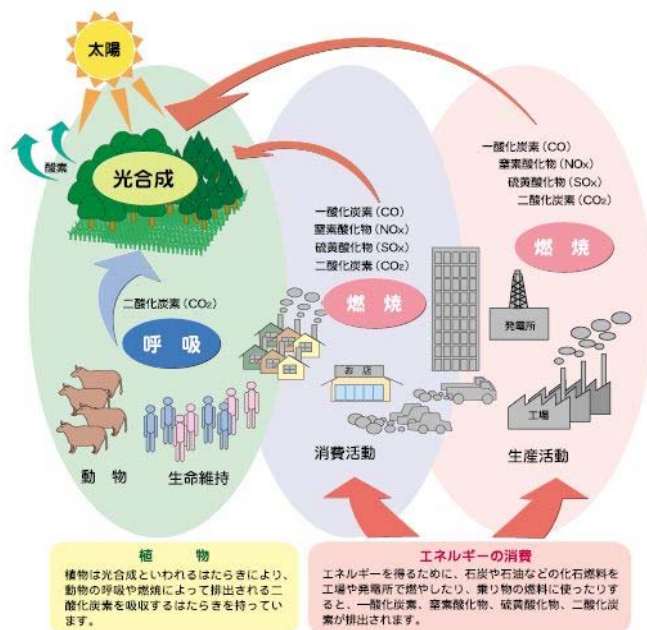


図 2-1 大気循環の要因 (出典：山口県)

- 課題のコーナー -

<大気汚染について学ぼう>

目的：大気汚染について、①大気汚染および大気汚染源がどのようなものであるか、②大気汚染物質について、③大気汚染がなぜ起ったか について理解しよう。

課題 2-1 大気汚染がどのようなものかについて調べ、まとめよう。

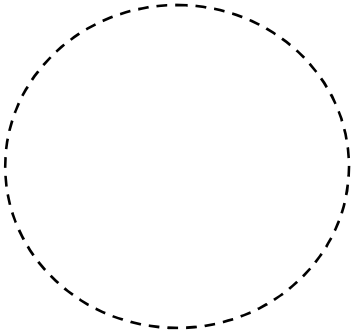
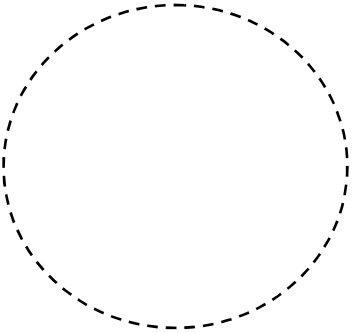
課題 2-2 大気汚染源にどのようなものがあるか調べ、まとめよう。

課題 2-3 自動車の排気ガスについて考えよう。

- (1) 乗用車とトラック、ガソリン車とディーゼル車、低公害車とそれ以外の車など使う燃料や車種の違いによって、自動車の排気ガスはどのように違うのだろうか。
- (2) もしも自動車がなければ、私たちの暮らしはどうなるのだろうか。車の排気ガスを減らすにはどのような車を選べばよいだろうか。またどのような生活をすればいいのだろうか。
- (3) 自動車の排気ガスを調べよう。

用意するもの：筆記用具、予め濡らした白いハンカチ、ヒモ、自動車

- 手順
- ① 自動車の持ち主の方に協力を依頼する。
 - ② 調べる自動車の排気管に予め濡らしておいた白いハンカチをかぶせ、排気管にしっかりとヒモで縛り付ける。
 - ③ 自動車のエンジンをかけ、しばらくそのままにしておく。
 - ④ エンジンを止め、排気管から白いハンカチを外して汚れ具合を見る。
 - ⑤ 汚れ具合を観察し、考えたこと、調べたことをまとめる。
 - ⑥ ガソリン車やディーゼル車、低公害車など種類の違う自動車で同じ実験を行い、比較する。
 - ⑦ 調べ終わったら、自動車の持ち主の方にお礼を言う。

<p style="text-align: center;">＜予測した汚れのスケッチ＞</p> 	<p style="text-align: center;">＜実際に調べた汚れのスケッチ＞</p> 
<p style="text-align: center;">＜考えたこと、疑問に思ったこと＞</p>	<p style="text-align: center;">＜分かったこと、今後の対策について＞</p>

課題 2-4 大気汚染が進むとどのような問題が発生するのか考えよう。

課題 2-5 大気汚染の進行を食い止めるには、自分達で何が出来るか考えよう。

調べる際に使うもの：本、インターネット、新聞

第3章 地球温暖化

ねらい：地球温暖化とはなにか、どうして生じているのかを学び、現代の地球温暖化の実態を理解するとともに、地球温暖化防止に向けて各国が取り組んでいる事例を調べ、地球温暖化について自分たちで出来る対策を考えよう。

1. 温室効果とは

これまで無害と思われていた二酸化炭素、フロン、メタンなどの大気中濃度が増加し、これらによる温室効果のために地球温暖化が進みつつある。

地球に届いた太陽光（太陽放射）の一部は、地表面に吸収され地表面を温める。温められた地表面は赤外線を大気中に向かって放射するが、大気中には赤線を吸収する温室効果気体があるため、大気は温まる。このように大気中の気体が赤線を吸収して地表付近の大気が温められることを「温室効果」という。図3-1（右）のように、赤線を吸収する温室効果気体が増加すると、宇宙空間へ逃げる赤線放射は少なくなり、地表付近の大気はさらに温まる。

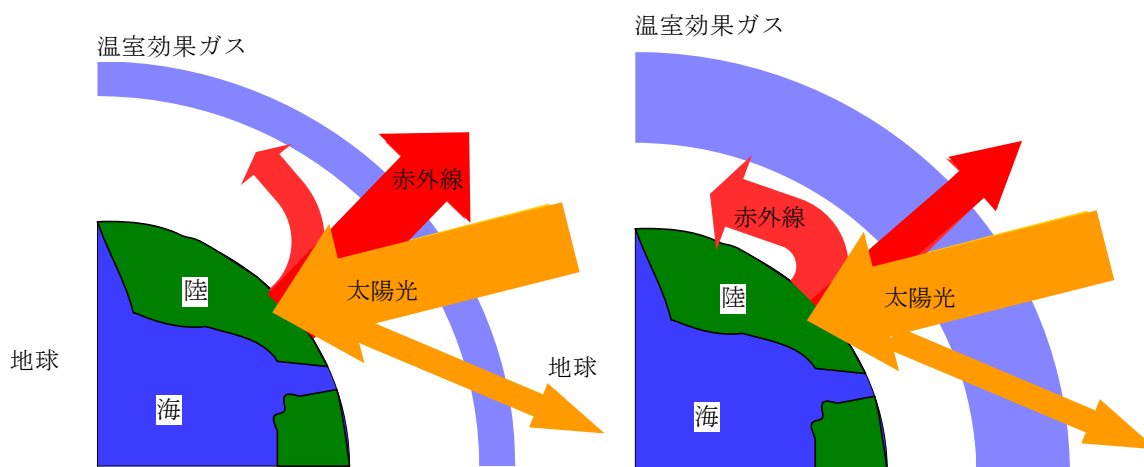


図3-1 温室効果と赤外線の関係

2. 温室効果ガス

温室効果を引き起こす気体を「温室効果ガス」という。温室効果ガスには、二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、一酸化二窒素（亜酸化窒素、N₂O）など、大気中にもともと存在するものと、HFC（ハイドロフルオロカーボン）、PFC（パーフルオロカーボン）、SF₆（六フッ化硫黄）など人工的に作り出されたものがある。人間活動により、温室効果ガスの量は、急速に増加している。

1) CO₂と温暖化

温室効果ガスである二酸化炭素 (CO₂) が増加していることが、現在の地球温暖化の主な原因とされている。二酸化炭素濃度の上昇による気候の変化は他の温室効果ガスよりずっと大きい。研究によると、現在地表と大気の大気温度上昇の70～80%はCO₂の増加によるものである。大気中のCO₂が増加する直接の原因は人間活動による排出が原因である。CO₂の発生源は、主に鉱物燃料を動力とする工場、発電所及び自動車などである。世界資源研究所の報告によると、2004年の世界における二酸化炭素の放出量は265億トンで、その内米国は世界の排出量の22.1%を占める。つまり、アメリカは世界の約4分の1を排出している。続いて排出量の多い国は、中国、ロシア、日本である。

表 3-1 世界の二酸化炭素排出量 (2004年)

順位	国名	排出量※
1	アメリカ	5 8 7 4 . 0
2	中国	4 8 0 7 . 0
3	ロシア	1 5 9 1 . 3
4	日本	1 2 7 9 . 7
5	インド	1 1 4 4 . 0
6	ドイツ	8 7 4 . 0
7	イギリス	6 7 9 . 3
8	カナダ	5 4 2 . 7
9	韓国	4 6 9 . 3
10	フランス	4 5 4 . 7
11	メキシコ	4 0 7 . 0
12	イタリア	4 0 3 . 3
13	オーストラリア	3 5 4 . 9
	その他の国	7 7 7 4 . 1
	各国の排出量の合計 (世界の排出量)	2 6 5 2 8 . 3

※排出量の単位は百万 t・CO₂換算

出典：EDMC/エネルギー・経済統計要覧 2007 年度版

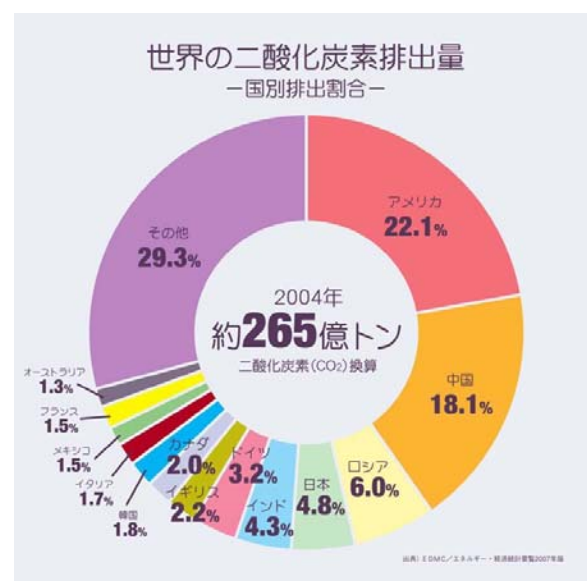


図 3-2 世界の二酸化炭素国別排出割合

2) メタンと温暖化

メタン (CH₄) も重要な温暖化物質である。それは主に水田、反芻動物、沼沢地と生物体の燃焼によって大量に発生する。天然ガス、石炭の採掘と有機廃棄物の燃焼などの人類活動もメタンを排出する。温室効果ガスの中で、メタンの寿命は、最も短くて10年である。モル当たりで計算すると、その温室効果はCO₂の15～30倍になる。最新の研究によると、将来、メタンは温室効果ガスの中で増加スピードが最も速い気体であり、これは将来地球温暖化が一層深刻になることを意味する。

3) 一酸化二窒素（亜酸化窒素、N₂O）と温暖化

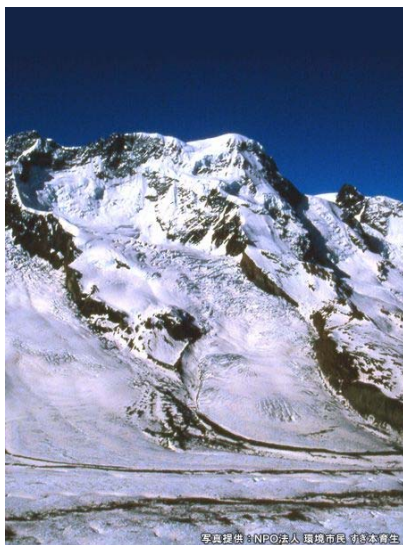
海洋は一酸化二窒素の重要な発生源である。無機窒素肥料の大量の使用、化石燃料と生物体の燃焼も一定量の一酸化二窒素を排出する。そして、航空機もこの気体が発生する。一酸化二窒素は地球を暖かくする以外に、光化学作用を通じてオゾン層を破壊する。

表 3-2 大気中の温室効果ガスの特性

	二酸化炭素 (CO ₂)	メタン (CH ₄)	一酸化二窒素 (N ₂ O)
大気中の濃度単位	×10 ⁻⁶	×10 ⁻⁶	×10 ⁻¹¹
1750-1800 年	280	0.8	288
1990 年	353	1.72	310
現在の増加スピード (%)	1.8 (0.5%*)	0.015 (0.9%.)	0.8 (0.25-1%*)
大気中における寿命 (年)	50-200 ²	10	150

2. 温暖化の環境への影響

専門家は、1960 年代から 2006 年まで、世界の気温は 0.8~1.0℃上昇したと報告している。特に、この 10 年の間、世界の平均気温の上昇幅は史上最高値を示した。2100 年までの予想によれば、地球の平均気温は 3℃上昇し、温暖化による地球環境の悪化が懸念されている。



提供：NPO 法人 環境市民
すぎ本育生

図 3-3 ブライトホルン近くの氷河 (左)：1984 年 6 月 (右)：2006 年 6 月

出典：全国地球温暖化防止活動推進センターホームページより (<http://www.jccca.org/>)

1) 水害などの気象災害の激化

温暖化は気候帯（温度帯と降水帯を含む）の変化を引き起こす。地球温暖化は温度帯を北に移行させ、暖冬は増加する。その他に、温度帯の変化に従い、降水帯も変化する。世界的な気温の上昇により海水の温度も高くなり、「エルニーニョ現象」の発生頻度も増え、ハリケーン、干ばつ、水害などの災害が世界各国で増え、水不足による被害や干ばつによる食糧不足なども多発するといわれている。近年、オーストラリアでは相次ぐ干ばつにより、農作物が大打撃を受け、日本でもその影響で輸入作物の価格が上がるなど、国際的な問題となっている。

2) 海面の上昇

海面の上昇には二つの原因がある。一つは世界的な温暖化により海水が膨張することにある。もう一つは世界の気候が暖かくなることにより、南極と北極の氷床と高山の氷河が融解し、融解後の雪水は海洋に流れ込み、海面を上昇させることである。海面の上昇によって、低地は水没し、海岸は侵食され、土地の塩類化および海水の逆流などの被害が出る。

表 3-3 海面変化の予測

予測機関・国・人等	予測年	上昇幅 (cm)
世界気象組織 (WMO)	2025	20～140
日本 環境庁	2030	26～165
EU	21世紀	20～165
国連環境計画 (UNEP)	21世紀末	65

3) 人類の健康への影響

気温の上昇によって、伝染病の流行が発生したり、激化したりする。そして、疾病の危険と死亡率が増大する。高温は人類の循環系に負担をもたらすと同時に、たくさんの細菌、かび、ウィルスと蚊は高温による影響で、迅速に繁殖して成長する。

3. 温暖化対策

地球温暖化を防止するには温室効果ガスの排出量を制御しなければならない。温室効果ガスの中でCO₂の排出量が膨大であり、温暖化への寄与度が最も高いため、CO₂排出量の削減が重要な課題となる。CO₂の削減には二つの基本的な方向がある。一つは化石エネルギーの消耗によって排出されるCO₂を減らす。すなわち、CO₂の発生源を制御することである。もう一つは自然界でCO₂を吸収する量を増やすことである。

1) エネルギーの構造の調整

世界中で使われているエネルギーには石油、石炭、天然ガスなどがある。中国の主なエネルギーは石炭で、8割近くを占める。もし、石炭と石油の代わりに天然ガスを使用すれば、同じ量の熱量を消費しても、大気中のCO₂の量を減らすことが出来る。

2) エネルギーの利用率の向上

エネルギーの利用率を高めることはCO₂の排出量を制御する最も現実的な戦略であり、すでに世界各国で取り組みを行なっている。

現在の新技術を利用することによって、照明システムの利用率は3倍に高めることができ、新しい自動車の燃料の経済性も2倍にすることが出来る。照明モーターと装置の面で、エネルギーの利用率を高めることによってエネルギーの消費を40%～75%削減することが出来る。新しい発電技術により電力コストは少なくとも半分以上減らすことが出来る。

3) エネルギーの節約

省エネルギーはエネルギー技術の革新であり、人々の観念の革命でもある。例えば、省エネルギーの出発点として、住宅などの建築物の断熱構造設計を改善し、建築物の中で太陽エネルギー湯沸かし器、太陽エネルギー電池などの自然エネルギーを利用する設備を取り付けたり、建築物

と窓の断熱性を改善したりすることにより暖房や冷房のエネルギー消費を大幅に減少することが出来る。

4) 原子力の利用

原子力の利用はすでに 30 年余りの歴史を持つ。世界で 38 カ国が商業用核発電所を擁する。フランスは世界中で最も原子力の利用割合が高い国で、原子力発電は全電力の 75% 近くを占める。国際環境保護団体の「グリーンピース」などの組織からの反対があるが、世界の原子力開発は依然として増加している。

5) 代替エネルギーの開発

化石エネルギーの代替エネルギーとして、自然エネルギーと再生エネルギーの開発を進めなければならない。例えば、水エネルギー、バイオマスエネルギー、太陽エネルギー、風力エネルギー、地熱、水素などがある。自然の力を利用した電力供給の開発は今後も進み、将来的にはさらに一般的なエネルギー供給源となることが期待されている。現在、水素エネルギーは環境汚染を起こさない清潔な燃料として、世界中の注目を集めている。



写真提供：(財)北海道環境財団

図 3-4 風力発電



写真提供：TDK株式会社

図 3-5 太陽光発電

出典：全国地球温暖化防止活動推進センターホームページより (<http://www.jccca.org/>)

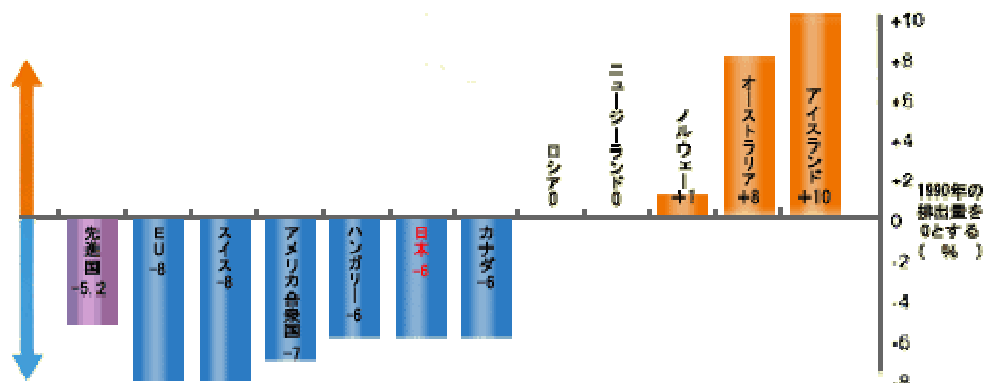


図 3-6 京都議定書で交わされた各国のCO₂削減

出典：全国地球温暖化防止活動推進センターホームページより (<http://www.jccca.org/content/view/787/554/>)

6) 緑化保全活動

世界規模の植樹造林と森林破壊を制御することは地球温暖化の緩和に寄与するところが多い。森林の破壊は、石炭に換算してみると、毎年 1000~2000Mt 以上の CO₂ が排出していることになる。そのため、森林の破壊を防止すると同時に、大規模な植樹造林を行わなければならない。この戦略はすでに世界科学界と各国政府が重視している。

7) 国際協力の強化

新しい環境の時代を迎え、環境汚染を防止し、国際的な協力を行っていくことが必要である。例えば、1992 年 6 月に、154 の国や地域は、ブラジルリオデジャネイロで開催した「国連環境と開発大会」において「気候変動枠組条約 (Framework Convention on Climate Change : FCCC)」に署名をした。1997 年 12 月に、日本の京都では、地球温暖化に関する「京都議定書」に署名をした。

8) 行政による規制と経済誘因の強化

徴税政策を制定して、化石燃料の生産と消費に対して税金を徴収し、その税金を森林保護、造林、新しいエネルギーの開発に使う。

- 課題のコナー -

<地球温暖化について学ぼう>

目的：地球温暖化について、①地球温暖化とは何か、②地球温暖化の原因は何か、③地球温暖化の防止対策について理解を深めよう。

課題 3-1 地球温暖化について調べよう。地球は本当に暖かくなっているのだろうか？

課題 3-2 地球温暖化の影響を受けている国、地域を調べよう。

課題 3-3 地球温暖化になる原因物質について、どこから発生し、どの様な影響が出るか調べよう。

課題 3-4 地球温暖化について自分達で出来る対策は何かあるか考え、発表しよう。

課題 3-5 地球温暖化問題のため、世界でどの様な取り組みが行われているか調べよう。

調べる際に使用する物：書籍、新聞、インターネット、工場などの見学

<コラム>ホッキョクグマの「ダイエット」紀行

「ダイエット」は近代社会ですでに一種のファッションになっている。おかしいことに、ここ数年、シロクマの間でも「ダイエット」が流行し始めている。カナダのハドソン湾で生活しているシロクマは世界で最も体が大きい熊である。普通雄の熊の体重は 600 kg に達し、雌の熊も 300 kg ぐらいにま



で達する。しかし、過去 25 年間で、かれらの平均体重は 80～100 kg も下がった。その原因が、温室効果がもたらした地球温暖化により、「ダイエット」を強いられていることと分かった。

シロクマは寒い気候を好み、気温の上昇に対し非常に敏感である。海水が結氷する時、シロクマは氷の上で自由に通行し、食べ物を探す。しかし、ここ数年、世界の気温の上昇にしたがい、海水の結氷期はだんだん短くなり、氷層の融解時間もだんだん早くなり、シロクマはどうしても食物を探す期間を短縮しなければならず、次回の氷結期を待つ。食物を探す期間の短縮によって、シロクマは十分なエサが得られず、「ダイエット」は避けられない状況となっている。これに類似する不思議な現象はたくさんある。

出典：『大気—いつでも離れない友達』中国環境科学出版、2005 年

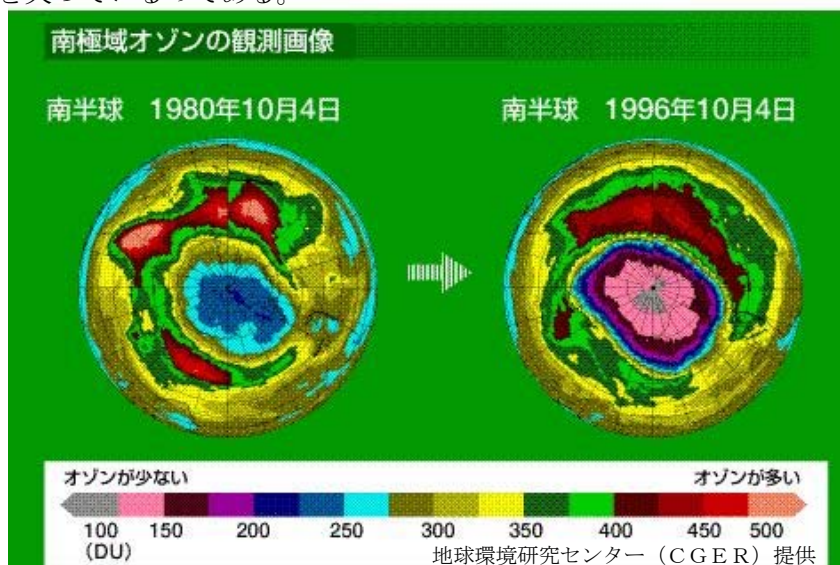
第4章 オゾン層とオゾン層破壊

ねらい：オゾン層がどうして破壊されているかを理解し、オゾン層破壊を防止するためにどのように行動したらよいかについて考えよう。

ドイツの化学者 SCHONBEIN 博士（1840）は初めて水の電気分解と火花が放電するときに出す臭い匂いが、自然界での稲妻の後で発生した匂いと同じだと提起した。SCHONBEIN 博士はその匂いから、ギリシア文の OZEIN（臭いという意味）にちなんで、その気体に OZONE（オゾン）と命名した。オゾンは成層圏の高さが約 15～50km の範囲内に、地球を包むようにオゾン層を形成している。オゾン層の中のオゾンは主に太陽の紫外線により造り出される。オゾンの総量は大気の 10 万分の 1 よりも少ないと言われている。もし大気中のすべてのオゾンを地球の表面に集めると、厚さが 3mm の「コート」を形成する。この少量の気体は地球上の生命体に極めて重要な役割を果たしている。

1. オゾン層の破壊

オゾン層の破壊に最も寄与しているのは、私達人類であり、対策を講じなければならない。1970 年代以来、人々は大量に冷蔵庫やエアコンのような電気機器を使い、大量の炭素、水素、塩素、フッ素などからなる化合物群（フロン）を放出した。その結果、それらの気体がオゾン層まで達し、光化学反応を通じて大量にオゾンを減少させた。1979 年から 1990 年まで、世界のオゾンの総量は約 3% 減少し、特に南極近くのオゾン量の低下が一番深刻で、それは一つの穴のようなため、これを「南極オゾンホール」と呼ぶ。1989 年国連環境保護省の報告によると、北極上空においても一つのオゾンホールができ、面積はおよそ南極の半分である。それ以外に、世界の多くの地域でもオゾンが減少している現象が確認されている。オゾン層が破壊され、地球上の生態系も徐々にオゾン層という「保護傘」を失っているのである。



出典：国立環境研究所
<http://www.nies.go.jp/>

図 4-1 オゾンホールの拡大



図 4-2 オゾン層の破壊による影響

出典：<http://58.52.195.237/KU>

2. オゾン層破壊の環境への影響

オゾン層は、太陽からの有害な紫外線の多くを吸収し、地上の生態系を保護する役割を果たしている。紫外線は波長によって UV-A、UV-B、UV-C に分類される。最も波長が短く有害な UV-C はオゾン層によって完全に吸収され、地表に届くことはない。UV-A と UV-C の中間の波長を持つ UV-B（波長が 280～315nm）は、そのほとんどがオゾン層によって吸収され、オゾン層は濾過作用の役割を果たす。その一部は地表に到達し、皮膚の炎症や皮膚がんの原因となる。最も波長の長い UV-A は、大半が吸収されずに地表に到達するが、有害性は UV-B よりも小さい。オゾン層濃度の低下は地表に届く UV-B の量を増加させ、人類に悪影響をもたらす。

1) オゾン層破壊をもたらす大気温度への影響

オゾン層は成層圏において太陽からの紫外線と地面からの赤外線を吸収することで大気の高める。ところが、オゾン層の破壊によって成層圏が獲得する熱量が減少する。それによって、対流圏と地表に到達する紫外線が増え、対流圏の温度が高くなり、成層圏が冷えていく。地表の輻射に対する収支のバランスが壊され、地球の気候に変化をもたらす。

2) 人体への影響

紫外線中の UV-B の増加は、免疫システムを破壊し、皮膚癌の患者数を増やす。そして、視覚機能が低下し、白内障にかかる患者も増える。



図 4-3 紫外線による人体への影響

出典：<http://www.tanghu.net>

3) オゾン層の破壊による動植物への影響

①植物への影響

強烈な紫外線は農作物と植物に影響をもたらす。UV-B の増加は植物と微生物の組織、芽胞の発育と生理機能などを破壊する。そして、植物の葉面構造も変わり、葉の面積は小さくなり、光合成の有効面積と機能が低下し、農作物の生産高が減少する。さらに、長い寿命の植物では、体内に蓄積して、森林生態系にかなり大きいダメージを与える。

②水生生態系への影響

紫外線 UV-B が強くなると、たくさんの海水表層で生活している魚類の稚魚（母体を離れたばかりの魚）を死滅させ、魚類、エビ、カニ、両生動物と他の動物の初期発育に危害をもたらす。さらに、繁殖能力を低下させ、幼体の奇形発育を招き、それらの生存率を減らして、水性生態系に変化をもたらす。それによって、水体の自浄能力も弱くなる。資料によると、成層圏のオゾン濃度は 25%減少するたびに、プランクトンの初級生産力は 10%下がる。これにより、水面近くの生物も 35%減少する。最終的に、海洋生態系に逆転できない変化が発生する。

③動物への危害

紫外線が強くなると、植物は危害を受ける。植物は陸生生態系の食物連鎖のいちばん基礎的な位置にある。食物連鎖の崩壊によって、動物の種類と数量が減少してしまう。しかも、紫外線が強くなると、動物は皮膚癌、白内障や免疫系の疾病を罹る。南米のいくつかの地域では、すでにたくさん目の見えない動物やもうすぐ目が見えなくなる動物が発見されている。例えば、ウサギ、羊、羊飼いの犬と野生の鳥類などである。川の中でも目の見えない魚が発見されている。

④建築材料への影響

UV-B の増加は建築物、包装、エアークラシ製品、彫塑、プラスチック製品及び電線被覆の分解、老化、変質を加速し、それらを硬く、脆弱にさせ、使用寿命を短縮する。特に高分子の材料に対して、強烈な太陽光、高温、乾燥した気候の下で、被害は一層深刻になる。

⑤大気汚染を激化

自動車排出する排気ガスの中の NO_x は強烈な紫外線の輻射を受けて、急速に分解してしまう。そして、高温の下で光化学反応が発生し、O₃ を主要成分とする光化学スモッグを形成して、人体の健康に悪影響を与える。

- 課題のコナー -

<オゾン層について学ぼう>

目的：オゾン層について、①オゾン層がどのようなものか、②オゾン層が破壊されるとどのような問題が起こるか、③オゾン層の破壊を食い止めるにはどうすればよいかについて学習し、理解しよう。

課題 4-1 オゾン層の働きについてまとめ、オゾン層がなければ、どうなるか調べよう。

課題 4-2 オゾン層の現状について調べ、今問題となっている環境問題について調べよう。

課題 4-3 オゾン層の破壊について 自分達で出来る解決策はないか考え、発表をしよう。

調べる際に使用する物：書籍、新聞、インターネット 等

第5章 酸性雨と環境問題

ねらい：酸性雨がどのように発生するか、また、その環境への影響について理解を深めるとともに、酸性雨による被害を防ぐにはどのように対処したらよいかについて考えよう。

1. 酸性雨とは

酸性雨とは、字をみての通り酸性の雨のことである。大気中の二酸化炭素濃度は 360ppm であり、これと平衡な雨水の pH は約 5.6 となるため、自然の雨水は一般に弱酸性を示す。酸性雨は、pH 値が 5.6 より低い雨、雪、霧と雹などの大気降水のことを指す。



図 5-1 酸性雨によって出来た白い斑点

2. 酸性雨の原因

酸性雨を形成する主要な原因は、人類活動と生活によってもたらされた大気汚染である。大気中の二酸化硫黄、二酸化窒素、塩化物と大気浮遊粒子（エアロゾル）などは、酸性雨を形成する主要な物質である。これらの汚染物は、特定の気象条件の下で集積し易くなり、一定の条件下で化学反応を通じて H_2SO_4 、 HNO_3 と HCl を形成し、また雨、雪などとともに地面に降下する。例えば、石炭の燃焼などにより生じる硫黄酸化物 (SO_x) や自動車の排気ガスに含まれる窒素酸化物 (NO_x) などが、大気中の水蒸気と結合し酸性の化合物（硫酸や硝酸）の水滴となり、地上へ降下すると pH の低い雨—酸性雨—になる。

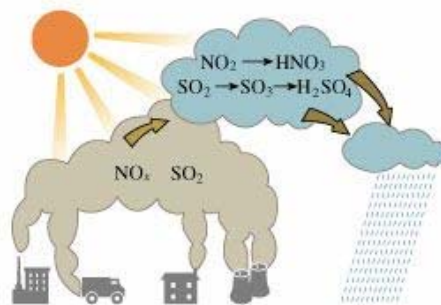


図 5-2 酸性雨生成の概略図

3. 酸性雨の分布状況

現在、世界中のどこでも、ある程度は酸性雨の被害を受けている。水生生態系だけでなく、自然界の生態系全体や農業生産も酸性雨による影響が出ている。また人体、動物の健康が脅かされるだけでなく、生活基盤となる道路、施設、建築物などが腐食されることによって巨大な損失を受けている。酸性雨は主にヨーロッパ、北米と中国の3つの地域に集中している。特にドイツ、イギリスなどの国を中心とする半分以上のヨーロッパに波及する西欧酸性雨区、米国とカナダを含める北米酸性雨区、中国の青藏高原以東、長江主流以南の東南アジア酸性雨区の3つである。

1980年代初期、中国の酸性雨は西南部の硫黄含有量の高い石炭を使う少数の地域が中心であった。酸性雨が深刻な地域は、重慶を中心とする四川省、貴陽を中心とする貴州省、南昌を中心とする江西省である。

貴州省は、中国南部の酸性雨地区である。全省の石炭（硫黄の含有量が高い石炭）の資源が豊富で、主な燃料として石炭を使うからである。地形的に大気汚染物の拡散がおこりにくい場所では、酸性雨は非常に深刻な問題である。中部の貴陽、遵義、安順、都勻、キャリーと興義などの6市は「中国の酸性雨を制御する地域」となっている。

4. 酸性雨による被害

酸性雨はすでに人々が関心を持つ環境問題になっている。以下に酸性雨がもたらす影響を紹介する。

1) 農作物の減産と土壌の酸化

中国の重慶、貴州、四川、江蘇などの地区では、農作物が酸性雨による直接の被害を受けたと報道されたことがある。特に瓜、野菜、果物などはSO₂あるいは酸性雨に最も敏感であるため、収穫はゼロになる。貴州などいくつかの省では、酸性土壌が多く、その上に酸性雨が降り、土壌の酸化が促進されている。

2) 森林生態系への危害

大気のSO₂濃度が長期にわたって0.36mg/m³に保たれていていると、松は枯れてしまう。中国の重慶市南山地域では、長期に酸性雨の影響を受けているため、約133km²の馬尾松に枯死の現象が現れた。重慶市では、SO₂と酸性雨の影響を受け、たくさんの木種は正常に成長することができず、都市の緑化はガジュマルの木を主としなければならなくなった。四川省の峨眉山地区では、大面積のモミが枯れてしまうという被害が発生した。

3) 人体の健康への影響

SO₂汚染と酸性雨、酸性霧の頻繁な発生は、人体の呼吸器に影響を与える。調査を行った結果によれば酸性雨、酸性霧が頻繁に出現する地域での呼吸器疾病にかかる比率は、無汚染地域の20%以上であった。

4) 建築物や生活基盤への影響

酸性雨により建築物の建材表面が変質し、材質がもろくなり光沢も失ってしまう。中国の重慶、四川、貴州などの地域のテレビタワー、街灯、自動車のボディー、送電用鉄の棒などは、酸性雨による損失がその他の地域より明らかに高い。そして、酸性雨は珪酸塩、アルミニウム合金なども腐食する。かつて、四川のある所でつり橋が酸性雨に浸食され、金属の部品が腐食し、橋板が河の中に落ちるといった事件があった。

5) 生態系環境への影響

酸性雨のため、水質が変化し、土壌が酸化され、たくさんの動物、植物や微生物が正常に成長出来ず、一部の動物はすでにその生活習慣を変えている。スウェーデンでは、90,000の湖のうち、18,000が酸化し、魚類は生存出来なくなっている。ノルウェー南部の2,000の湖のうち、すでに3分の一が魚類が生存することが出来なくなっている。

- 課題のコーナー -

<酸性雨について学ぼう>

目的：酸性雨について、①酸性雨がどのようなものであるか、②酸性雨による被害について理解し、酸性雨に対する意識を高めよう。

課題5-1 身近な物のpHを、万能pH試験紙を用いて調べよう。

例：レモン、リンゴ、牛乳、野菜、醤油、井戸水、水道水など

課題5-2 雨のpHを測定しよう。

準備するもの：雨を溜める容器、pH試験紙、地図、筆記用具	
手順 ① 雨を採取する場所を決め、地図に採取する場所を記入する。 ② 雨水を集める。(降雨直後、降雨中など何段階かの雨を集める。) ※風の向きや強さを必ず記録する。 ③ 結果を表にし、地図に書き入れる。 ④ 測定値に違いがあれば、みんなでその理由を考える。	
<測定場所地図>	<測定日時>
<測定場所の風の向きと強さ>	<測定結果>
<他の測定結果の値と比較して考えたこと、疑問点、値が違った理由>	

課題5-3 酸性雨の植物の成長に与える影響を調べよう。

目的 酸性雨に対する認識を高め、酸性雨の影響について学ぼう。
準備するもの：大根の種(10粒程度)、植木鉢(2つ)、小石、畑の土、酸性水、水道水
手順 ① 酸性水を作成する。 (i) 蓋付きのガラス瓶に蒸留水または水を入れ、pHを測定する。 (ii) マッチ4~5本に火をつけ、蓋をずらし、瓶の中で燃やす。 (iii) 火が消えたら、マッチを取り出して蓋をし、煙が水に良く解けるように瓶を振る。 (iv) 水のpHを測る。

- ② 二つ植木鉢を用意し、植木鉢の底に小さい石を敷いたあとに畑の土を入れる。水を与えるときに、一つには水道水を与えるが、もう一つには①で作った酸性水を与える。それぞれ 10 回ずつ与える
- ③ 大根の種を水の中に一晚浸す。
- ④ 二つの植木鉢にそれぞれ 5～6 粒の種を入れ、日当たりがよい場所に置く。毎日水を与える。双葉が出たあとに、絵を描くか写真を撮る。
- ⑤ 約二週間後、二つの植木鉢にある植物をくらべてみよう。
- ⑥ 植物の成長の差をより明白に把握するために、茎の高さと株の重さを量ったあとに図表を作る。

<酸性水の pH>

<双葉が出た直後の植木鉢の様子>

<双葉が出て 1 週間後の植木鉢の様子>

<双葉が出て 2 週間後の植木鉢の様子>

酸性雨についてあなたが考えたことをまとめよう。

第6章 水環境問題

ねらい：世界の水資源について学び、なぜ水資源が危機に直面しているかを考え、水資源を有効に活用するために私たちはどのような行動をとるべきかについて考えよう。

広大な宇宙の中で、地球は極めて美しい青の惑星である。「青」を示す「水」は、姿を変えながら地球の表面を循環している。この多くの水に覆われた生命の星-地球-は、多様な生命体に満ち溢れている。これは地球に存在する豊かな水資源のおかげである。水資源の環境は、人類とも密接な関係がある。太古から水資源は人類だけでなく生命全体の生存に関わり、水害は生活の安全を脅かし、水の汚染は直接生命体に危害を及ぼす。従って、人と水との関係をいかにコントロールするか、また、いかに生命体と水の調和がとれた社会をつくるかということが、生命全体の社会、経済、環境の持続的発展を実現する重要な課題である。

第1節 水資源

1. 水資源の概念

水資源とは、利用可能な水の総称で、様々な開発に利用することが出来、水の循環によって再び水の量が回復する水のことである。一般的に、水資源は淡水資源のことを指す。海水、万年氷河、汲み上げることが出来ない一部の地下水は含まれない。地球上には、約14億 km^3 の水があるといわれているが、その97.5%は海水で、淡水は2.5%である。この淡水の70%は南北極地の氷であり、河川や湖沼など私達が利用できる水資源は、地球上の水のうちわずかである。このことから、水資源を大切にしなければいけないことが分かる。



図6-1 宇宙から見た地球

表6-1 地球上の水資源分布

淡水		塩水	水蒸気	生物が吸収する水	計
利用可能な水	氷				
0.73%	1.75%	97.52%	0.001%	0.0001%	100%

2. 世界の水資源

1) 水資源危機に直面する地球

1995 年世界銀行は、「水資源危機に直面する地球」という報告書を発表した。また世界銀行セラゲルディン副総裁は、「20 世紀は石油をめぐる戦争だったが、21 世紀には水をめぐる戦争が起きるだろう」と警告し、世界中に衝撃を与えた。このように、現在、水資源の枯渇が危ぶまれている。

この報告書によると、世界の人口の約 4 割にあたる 20 億人は、恒常的に水不足の状態に直面している。また約 10 億人が、水質の汚染等で衛生的な飲料水の確保が出来ないでいる。これは、急激な人口増加や経済成長に水資源の確保、開発が追いついていないことが挙げられる。特に発展途上国での水不足、水の汚染は深刻な課題となっており、早急な対策が必要となっている。水質の悪化は、水域に生息する生命体を脅かし、生態系のバランスが崩れている地域も少なくない。また生態系のバランスが崩れることによって、河川や湖沼、海での漁獲量の低下だけでなく、水不足や水質の悪化から農業用水の確保が困難となり、食糧問題へも繋がる。

世界銀行では、先進国の政府や民間企業に対し、融資や技術協力などを発展途上国や水問題を抱える地域に提供すべきだと述べている。

2) 水不足と水汚染

世界の水使用量は、1950 年から 50 年間の間に、約 2.6 倍も増えたという報告もある。私達は、水を工業用水、農業用水、生活用水として使用している。特に生活用水に関しては、私たちの快適な生活と比例してその使用量が増加している。先進国では、生活環境の向上と共に、上下水道の整備が進み、水道をひねれば清潔な水が出てくる。また毎日の入浴、洗濯機による洗濯等により、日々の生活で使用する水が多くなっている。

それに引き換え、多くの発展途上国では水不足や水汚染に悩まされている。人口増加と共に水不足が起きるだけでなく、下水や農薬、産業廃棄物などにより水の汚染が生じている。毎年 300 万～400 万人が水の汚染などが原因で死亡していると推定されている。また世界には、病原菌やヒ素などの有害物質を含んだ水しか飲むことが出来ない人々も多く、WHO では、8 秒に 1 人ずつ水の汚染から病気になった子どもが死亡しているという報告がある。

もちろん、水不足と水汚染は人類だけの問題ではない。人類が行った開発によって他の生物への影響も多く出ている。例えば、農業用水のために行った水資源開発によって、アラル海は今や滅亡の危機にある。中央アジアにあるアラル海といえ、かつては世界第 4 位の面積を誇る湖であり、世界有数の漁業地域であったが、2000 年には、湖の塩分も上昇し、塩水湖となり、年間 5 万トンもあった漁業は失われ、多くの生物が死滅した。このように、人類は自分で自分達の水資源を枯渇させているのである。

3. 中国の水資源の現状

中国の水資源の総量はおよそ 2.8 億立方メートルで、ブラジル、旧ソ連、カナダ、米国とインドネシアに次いで、世界の第 6 位を占める。しかし、中国は人口が多いため一人当たりの占有量は非常に少なく、約 2200m³しかない。これは世界平均で一人当たりの占有量の 1/4 しかなく、世界で最も水資源が乏しい国の一つである。

中国の河川の長さは、42 万 km で、面積が 1 km² 以上の湖は 2300 余りあり、湖の総面積は 7.2 万

km²で、国土総面積の約0.8%を占める。湖の貯水量は7088億m³で、そのうち淡水の貯水量は2260億m³あり、湖の総貯水量の31.9%を占める。

しかしながら、現在、中国の汚染によって飲用できない水の量は監視測定されている水質の40%を占める。都市を流れる河川の半分以上は飲用水として使えない。

4. 貴州の水資源

貴州省の河川は、すべて山岳地帯雨源型の河川で、降水が河川溪流に水を補給する。多くは苗嶺を分水嶺にして、北部は長江流域に属し、流域の面積は115747km²で、全省の総面積の65.7%を占める。南部は珠江流域に属し、流域の面積は60420km²で、全省の総面積の34.3%を占める。

全省の河川は中小の河川を主とし、川の長さが10km以上、流域の面積が20km²以上の河川が984本ある。流域面積が300km²以上（省外から流れ込む部分も含む。）の河川は167本で、そのうち、長江流域に属するものが102本、珠江流域に属するものが65本である。流域面積は10000km²以上の河川に烏江、六沖河、清水河、南盤江、北盤江、紅水河、都柳江などがある。貴州省は典型的なカルスト地形であるため、水資源は比較的豊富であるが、利用できる水資源は少ない。降雨時の雲の分布が不均一なため、大雨での災害や水不足で干ばつになる。河川上流の分水嶺地帯や貴州省の主要な都市では、水不足問題が生じている。カルストの山岳地帯において、水利施設の工事水不足が深刻であるため、灌漑に使用する水と飲用水が不足している。また、表土流失、酸性雨などによる水の環境汚染も深刻である。

第2節 水質の主要な汚染原因

世界の工業化と都市化の加速に伴い、工業排水と生活排水の排出も急増している。現在、世界で毎年約4260×10⁸m³の汚水が排水され、5500×10⁸m³の水が汚染されており、これは世界の総流量の約14%以上を占める。また、世界河川の安定流量の40%前後が汚染されている。人口密度が高い地域の河川のみが、汚染されているのではなく、人口の少ない地域や南極大陸、北極地域でも水質汚染の影響を受けている。世界最高峰であるチョモランマの積雪の中でもDDTが検出されている。

1. 水質汚染

1) 水質汚染源

水質汚染源は、自然的汚染源と人為的汚染源の2つに分けられる。また人為的汚染源は点汚染源と面汚染源に分けられる。

①点汚染源

点汚染源は、汚染物質を排出している汚染源が単一と特定できるものである。実際にはパイプで収集したあと集中して排出するケースが多い。具体的には、工場などからの排水、排煙、家庭からの生活排水などが挙げられる。長期にわたって、工業排水は水質汚染を引き起こす一番問題となる汚染源である。

②面汚染源

面汚染源は非点源汚染源とも呼ばれる。汚染物質の排出源が面的に散在し、特定することが困難な汚染源のことを指す。面源汚染には雨水が地表を通過して浸透すること、農薬・化学肥料が入っている排水の排出、家畜養殖排水の排出と水土流失などがある。農村で分散して排出する生活污水と郷鎮企業が出す工業排水は通常面汚染源に入る。

表 6-2 汚染の種類と原因

分類		原因	特徴
自然的汚染源		自然界	通常、局所的に発生する。 危害が地域性をもつ。
人為的汚染源	点汚染源	工業排水	企業が生産過程において排出した排水。工程用水、冷却水、煙洗浄水、設備・工場の掃除用水と生産廃液などを含む。 汚染量が多い。汚染物質が複雑で、浄化しにくい。 毒性が強く、色と匂いがあり、水量と水質の変化が大きい。
		生活排水	日常生活において排水された汚水の混合液。台所、洗浄室、浴室、公共施設などから出た汚水を含む。 生活污水の中の 99.9%が水である。 固形物は 0.1%にも満たない。 窒素、リン、硫黄の含有量が高く、細菌が多い。種類が違う病原菌、ウイルス、寄生虫の卵などを含む。用水量は季節によって変化する。
	面汚染源	農業面源	農作物の栽培、家畜の飼育及び食品を加工する際に出た汚水と液体廃棄物。 窒素、リンの含有量が高い。主な成分は微生物、化学肥料、農薬、非溶解性固体と塩分を含む。
		都市径流	都市部雨水地表径流 面積が大きく、成分が複雑
		大気中の汚染物	大気沈下物 工場からの排出が主であるが、野焼きなどからも発生する。

2. 水質汚染の主要な物質

水質汚染をもたらす汚染源は多様である。種類と性質によって、無機無毒物、無機有毒物、有機無毒物、有機有毒物の 4 種類に分類することが出来る。それ以外に、放射性物質、生物汚染物質と熱汚染などがある。

表 6-3 水質汚染の主要な物質

分類	特徴	代表物
無機物	無毒	酸、アルカリ及び一般無機塩、植物栄養物質 (N、P など)
	有毒	重金属、シアン化物、フッ化物、硫化物など
有機物	無毒	好気汚染物 (炭水化物等)
	有毒	スフェノール類化合物、有機塩素農薬、石油
他の物質	放射性	放射性元素あるいは同位体 (Sr、Cs、Pu)
	病原微生物	ウイルス、病原菌、寄生虫
	発ガン物質	芳香族炭化水素、芳香アミン、ニトロソ基化合物、有機塩化化合物
	熱汚染	熱排水

3. 水汚染の特徴

1) 都市を流れる河川の汚染

各種工業と大型企業が都市に密集しているため、市街区域を流れる河川に排出する汚染物の量は極めて多く、都市を流れる河川の汚染は深刻である。また下水道の設備が整っていない地域でも河川の汚染が深刻である。人口の多い都市部でも、生活廃水による河川の富栄養化や水質汚濁が問題になっている。

2) 海洋汚染

海洋汚染とは、海域や海水が化学物質、油脂、廃棄物等で汚染されることをいう。「国連海洋法条約」では、海洋汚染の原因を、①陸地からの汚染 (河川、パイプラインなどから河川へ流れ込む工場や家庭からの排水)、②海底資源探査や沿岸域の開発活動による生態系の破壊、汚染物質の海への流入など、③不法な投棄による汚染 (陸上で発生する廃棄物を海洋に投棄することによる汚染)、④船舶による汚染 (船舶の運行に伴って生じる油、有害液体物質、廃棄物などの排出による汚染)、⑤大気による汚染 (大気汚染物質が雨などととも海洋に達して生じる汚染など)、⑤タンカー事故や戦争 (「湾岸戦争」での大量の油の流出など) も大きな海洋汚染の原因と記されている。また、環境中に放出された有害物質や有機水銀が海へ流出し、海洋生物の体内に取り込まれ、食物連鎖によりマグロなどの大型魚類や鯨などの哺乳類に大量に蓄積することも問題となっている。

3) 湖沼の汚染

河川は流速が大きい場合、希釈と自浄能力が強く、汚染は比較的軽く、回復するのが早い。しかしながら湖は、水の循環が遅く、水の交換能力が弱いために汚染物が長期にわたり滞留し、水質の悪化と富栄養化をもたらす。

4) 地下水汚染

地下水汚染とは、地下水中に重金属、有機溶剤、農薬、油などの物質が、自然環境や人の健康、生活へ影響を与える程度に含まれている汚染である。地下水汚染は、有害物質に汚染されているものの、それが地下に浸透することによって地上にいる生物にはなかなか分かりづらいものとなる。また、地下に浸透することで、水の循環も起こりにくく、有害物質が滞留してしまう。よっ

て一度汚染してしまうとなかなか元には戻らず、多くの生物へ影響を与える。

5) 水田、畑地や放牧地からの汚染

水田や畑地では、代かきの濁水や肥料、農薬を過剰に使用し、リンや窒素などが排水路や河川へ流出し、富栄養化や水質汚濁が生じる恐れがある。また放牧地では、家畜の糞尿からアンモニア態などが流出し、水域の富栄養化になるのではないかと危惧されている。使用する農薬や過剰な肥料の散布は行わない、代かき時には濁水の発生を抑制するために土を耕さない不耕起栽培を行うなど対策を考える必要がある。

6) 富栄養化

水質富栄養化とは、窒素化合物やリン化合物などの栄養塩類が、河川や海域に流入し、水中の栄養塩類濃度が上昇することによって生じる水質汚染のことである。富栄養状態になると、水生生物、植物の増殖と成長が促進され、大量繁殖のプランクトンによって水面は赤色、茶褐色、青色などの色に変色する。このような現象は海域で発生する場合は「赤潮」と称し、河川と湖で発生する場合は「水の華」という。

河川や湖沼、海の水質が富栄養化になると、以下のような問題が発生する。

- ①水の透明度が低くなり、悪臭を出す。
- ②急激に溶存酸素量が低下し、水質の自浄能力が下がり、水質が悪化する。藻類の過剰繁殖により、水の中の溶存酸素が急速に変化する。藻類の呼吸と死亡した藻類の分解には大量の酸素を必要とするため、一定期間内において水質は深刻な酸欠状態になり、魚介類に酸欠被害をもたらす。
- ③一部のプランクトンは毒素を分泌し、有毒物質を生じる。
- ④都市と町の給水に悪影響を与える。水質の低下によって、水を処理するコストが高くなる。
例えば、太湖の富栄養化により蘇州、無錫への給水は困難になり、長江に頼らなければならなくなる。
- ⑤富栄養化は漁業の漁獲量を減少させ、漁場の減少へと繋がる。
- ⑥藻類が死滅すると、これが沈降し、水底が死湖と沼沢になる。

4. 中国の水汚染の特徴

2006年、全国の地表水の総体的な水質は中レベル汚染に属する。主な汚染指標は過マンガン酸塩類指標、アンモニア態窒素と石油類などである。

中国のダムの水質は湖の水質より良好で、富栄養化も比較的少ない。ほとんどの湖は汚染を受け、特に重金属汚染と富栄養化問題が目立っている。主な汚染指標は全窒素、全リンとアンモニア態窒素である。

表 6-4 廃水および主要汚染物質排出量

年度	廃水排出量 (億トン)			COD 排出量 (万トン)			アンモニア排出量 (万トン)		
	合計	工業	生活	合計	工業	生活	合計	工業	生活
2001	432.9	202.6	230.3	1404.8	607.5	797.3	125.2	41.3	83.9
2002	439.5	207.2	232.3	1366.9	584.0	782.9	128.8	42.1	86.7
2003	460.0	212.4	247.6	1333.6	511.9	821.7	129.7	40.4	89.3
2004	482.4	221.1	261.3	1339.2	509.7	829.5	133.0	42.2	90.8
2005	524.6	243.1	281.4	1414.2	554.8	859.4	149.8	52.5	97.3
2006	537.0	239.5	297.5	1428.2			141.3	42.1	99.2

出典：2006年中国環境状況広報

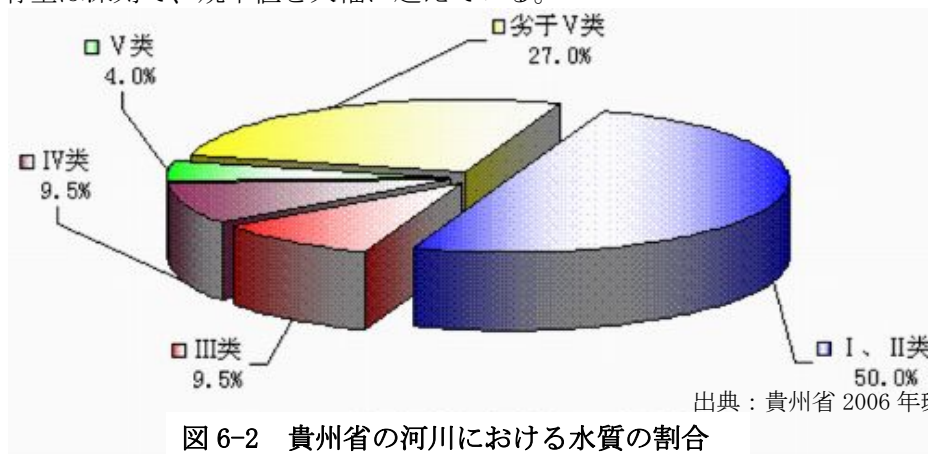
表 6-5 湖水ダム特定項目の基準値 (単位：mg/L)

順序	項目\分類	I類	II類	III類	IV類	V類
1	総磷 (Pで算出)	0.002	0.01	0.025	0.06	0.12
2	総窒素	0.04	0.15	0.3	0.7	1.2
3	クロロフィル-a	0.001	0.004	0.01	0.03	0.065
4	透明度 (m)	15	4	2.5	1.5	0.5

5. 貴州の深刻な水汚染

貴州の地下水の水資源量は 259.95×10^3 である。そのうち、水質基準値で見ると、I類は11.71%、II類は51.03%、III類は31.74%、IV類は5.52%を占める。汚染河川は、ほとんどの都市と工業区、鉱区を通る河川で、水質は劣V類に属する。主な汚染物は、アンモニア態窒素、化学的酸素要求量、過マンガン酸塩類指数、生物化学的酸素要求量、揮発フェノール、全リン、フッ化物などがある。

貴州のカルスト地区にある8つの主要な湖(ダム)の25ヶ所の水質を調査した結果によると、夜郎湖の水質が一番良く、平均水質はII類基準となっている。阿哈ダムの水質は、全域にわたって良く、III類基準以上の水質となっている。草海の水質はIV類で、基準値を越えた主な指標は、過マンガン酸塩指数と溶存酸素である。虹山ダムと百花湖の水質は比較的汚染されており、V類水質に属する。基準値を越える主な指標は、全リンである。鳥江ダムと万峰湖の水質は最も悪く、V類基準を超える水質となっており、その内、鳥江ダムの大嶺岡垂線、息烽河口垂線、偏岩河口垂線の総磷含有量は深刻で、規準値を大幅に超えている。



1) 農村生活污水とゴミ汚染

農村の衛生面での環境整備が遅れているため、一般的な農村では「不衛生、乱れている、状態が悪い」といった現象が起こっている。まず、全省の多くの村では、専門の排水管ネットがなく、雨と汚水とが一緒に流されて、生活排水も自由に流し、汚水の垂れ流しの状態が際立っている。次に、生活ゴミのほとんどは無害化処理されずに村の周辺で堆積される。そして、生活ゴミは雨の融解作用のもとで、有害物質を地表水と地下水質に流し、土壌、水質や大気汚染をもたらす。また、農村には簡易便所が多いため、雨季になると人・家畜の糞尿を垂れ流し、蚊・蠅はあちらこちらで飛んでいる。「汚い、乱れている、状態が悪い」という問題は深刻で、環境の悪化、飲用水、伝染病や病気の蔓延、人々の生活レベルに影響を与える。

2) 工業と鉱業と都市汚染物の排出の農業生産への影響

貴州省の一部の地方では、人々の環境保護意識が低く、経済の発展を追求する一方で、工業、鉱業と都市部の汚染物に対する管理は遅れ、大量の廃棄物を農村に排出し、農村の水源と農業の生態環境に危害を与えている。一部の地域では、汚水を利用して灌漑せざるを得ないので、耕地に大量の重金属などの有害元素がたまることによって、農産物の安全と人々の健康に悪影響を及ぼしている。衛生部門の調査によると、多数の鉱山区の水源は産業廃棄物による汚染から、フッ素とヒ素の中毒をもたらした。2005年、貴州省環境科学院が赫章県媽姑鎮大樹脚村に対して環境の検査・測定を行った。この地域はもともと亜鉛を精錬する工場があった。検査によると、この地域のカドミウム、鉛、亜鉛の含有量はそれぞれ国家基準の14倍、3倍と6倍を上回ることが分かった。地元の人々は長期にわたってこのような環境の中で生活したため、この20年の間、徴兵時の健康診断に合格する人は一人もいなかった。

<コラム>貴州省の水質汚濁事件

2001年3月に、烏江流域の水質が大規模に黒くなることによって、烏江の貴州から重慶市フウ陵烏江河口までの河道水質は深緑色になった。河沿いの恩南、沿河、彭水、武隆など県の生活飲用水源の水質に深刻な影響を与えた。監視、測定、調査の結果から、水質の中の浮遊藻類が多すぎるため、水質は緑になることが分かった。烏江の季節性富栄養化は“機能性”水不足をひきおこし、住民の生活と工業・農業の生産に非常に大きな影響をあたえた。烏江は長江上流南岸の最大の1級支流であるため、烏江水質の質は直接三峡ダム水環境の質にも影響する。

20世紀90年代中期に突然何件かの“黒水”事件が発生し、養殖の魚が大量に死亡した。それから何回かの“水の華”が現れたことによって、湖の水域の水質は、大部分が規定した水質基準値に達しなくなった。水質の中に過剰な窒素、リンの栄養物質が存在することは、藻類とプランクトンの成長を促進して、水質の富栄養化を招いた。

(出典：烏江流域水環境汚染現状要領および対貴州師範大学学報)

第3節 汚水と排水

1. 水汚染の総合予防・管理措置

1) 工業水汚染の予防管理対策

①マクロ対策

マクロの予防管理対策の面から、水汚染を予防・管理することと水環境を保護することを重要な戦略目標として、工業構造を最適化し、合理的に工業配置の調整を行う。

②技術対策

(i) 清潔生産を広げる

- a. 生産過程において、原材料とエネルギーを節約することを求めて、有毒原材料を厳選して、すべての廃棄物の量と毒性を減らす。
- b. 製品に対して、原材料から製品ができるまでの不利な影響を減らす。
- c. サービスに対して、環境の要素を提供するサービスを設計の中に組み入れる。

(ii) 工業用水を繰り返し使用し、利用率を高める

中国では工業用水を繰り返し使用する利用率は30%しかない。先進国の利用率は75%-85%に達する。もし工業用水を繰り返し使う利用率が60%に達するならば、470億立方メートルの水を節約することができ、これは現在工業取水量の42%に相当する。

(iii) 汚染物の排出量を抑制制度の実行

中国の環境汚染の状況によって、汚染物に対して排出総量のコントロールを実行する。主に8種類の汚染物の総量を規制する。すなわち、化学的酸素要求量(COD)、石油類、シアン化物、ヒ素、水銀、鉛、カドミウム、酸化クロムをなどである。汚染物総量のコントロール指標を上回った地域に対して、排出量抑制措置を講じなければならない。

(iv) 工業排水と都市生活污水の集中処理の促進

都市排水を集中して処理する施設を有する都市において、もし工業排水の質が都市浄水場の水質基準を満たせば、工業排水を都市浄水場に流し、生活污水と一緒に処理することができる。そうすると、基本建設と運営管理の費用を大幅に節約することができる。

2) 都市水汚染の予防管理対策

中国都市部のインフラの整備は立ち後れており、大量の適切に処理しなかった都市排水を河川・湖・海に流したため、深刻な水汚染をもたらしている。そのため、都市排水の管理は非常に重要である。

まず、水汚染の予防・管理を都市の総合企画に組み入れ、都市のインフラ建設を強化する。都市浄水場の建設は都市污水問題を解決する重要な手段である。また、都市排水の予防と管理は集中と分散を結合する原則に従うべきである。大規模な都市排水処理場は分散した小型排水処理場と比べると、基本建設の投資が少なく、運営費用が低く、管理の簡素化などのメリットがある。

さらに、水不足地域においては積極的に都市水汚染の予防・管理を都市排水の資源化と結び付けるべきである。水資源が不足している地域において、都市水汚染の予防・管理対策を考慮する際には都市排水の資源化を考えなければならない。水質汚染をなくすと同時に、排水の再利用を行って、都市の水資源不足の局面を緩和する。

3) 農業水汚染の予防管理対策

各種類の面源汚染は農村の水汚染に見られる。その特徴は分散し、汚染面積が広く、汚染負荷が大きい。水汚染の予防・管理において軽視出来ない解決しにくい問題である。以下には主な対策を紹介する。

①節水型農業の展開

農業は中国でもっともよく水を使う業種である。灌漑用水を節約し、節水型農業を発展させることは農業用水量・水資源の使用を減らすだけでなく、化学肥料と農薬の流失も防ぎ、水環境への悪影響を低減することもできる



図 6-3 スプリンクラーによる灌漑風景



図 6-4 点滴灌漑

②化学肥料と農薬を合理的な利用

灌漑方式と施肥方式を改善する。例えば、科学的に定量施肥をし、肥料の流失を減らす。化学肥料の種類と構造を調整して、高い効率、複合性、遅効性を擁する新しい化学肥料を採用する。有機複合肥料の使用を増やしたり、強力に生物肥料の使用を広めるなどを行う。

③家畜の排泄物、郷・鎮企業の排水と村・鎮生活污水の予防管理の強化

家畜の糞便の総合利用を強化し、糞便の取り除く方式を改善する。家畜養殖場の排出基準、技術規範と環境保護条例を制定する。深刻に汚染する郷鎮企業（例えば製紙、電気めっき、プリントなどの企業）を選定し、期限を切って管理させる。管理目標を達成することができなかった工場に対して、環境の汚染と危害を予防・管理するために、断固として関、停、併、転（閉鎖、停業、合併、転業）などの措置を取る。

④貴州省農業面源汚染予防管理の対策と提案

(i) 指導を強化して、農業面源汚染の管理を政府の議事日程と社会主義の新農村の建設計画に組み入れる。宣伝メディアを利用して、農業面源汚染の管理に関する広報と教育を強化し、広範な幹部と大衆の農業面源汚染の予防・管理の重要性に対する認識を高め、農業面源汚染の予防・管理に関する自覚、主動性を強化する。

(ii) 農業環境保護の法規、規則と基準を制定して、健全な管理と監督体系をつくる。

(iii) 積極的に全省の農村循環経済発展の道を探求する。メタンガスの普及と指導を強める。「養殖→メタンガス→栽培」という生態農業モデルを広める。大規模の養殖場と小規模の養殖場を試験場所として、その地に適した方法を採用し、大・中型のメタンガスの池を建設する。無公害農産物の生産基地と標準化生産モデルを通じて、積極的に生産技術規程を規範化させ、特色のある農業を展開して、農業重点産業基準の実施を促進する。

- (iv) 農業面源汚染の予防・管理を強化する。積極的に均衡施肥、調剤施肥、測土施肥と生物、物理予防管理する新しい技術と新しい成果を広め、分解できる農業用プラスチック・フィルムを開発し、これを広め、茎のアミノ化技術を広め、化学肥料と農薬の利用率を高め、化学肥料、農薬と農業用プラスチック・フィルムの汚染を減らす。
- (v) 工業、鉱業と都市、町の点源汚染の予防・管理・監視の強化と新しい汚染源の発生を抑制す
すでに閉鎖、停業、合併、転業された工業、鉱業企業が排出した汚染物に対して、具体的な処理する措置を制定し、その地に適した方法を採用して、都市と町のゴミの集中式埋立て場と排水処理場の建設を加速する。そして、すでにできた処理施設に関連する工場を建設し、汚染物の農村への広がりを防ぐ。

第4節 節水

1. 節水、我々の共同の責任

1999年「国連水の日」に、国連は、「人類の生産の発展と生活水準の向上とともに、世界の用水量は毎年5%のスピードで少しずつ増加している。15年ごとに水を使う総量は倍増し、各国の政府は力強い措置をとらない限り、2025年になる前に、地球上の二分の一の人口は淡水資源危機に直面し、三分の一の人口は清潔な飲用水が得られなくなる」と警告した。合理的に水資源を利用することは人類の持続的発展に必要な当面の急務である。節水は水資源の合理的な利用に不可欠であり、最もすばやく、最も実行しやすく、広範かつ有効に水資源の持続的な利用を維持するカギである。節水と水資源の持続的な利用を保障することは私達の共通の事業で、私達の共通の責任である。

2. 中国の節水現状と存在する問題

1) 認識の低さ

節水することは全社会の理解と支持がある。特に、節水を通じて華北地域と黄河下流の水不足と水環境問題を緩和するには、全区域（あるいは全流域）の社会メンバーと各地、各部門、各業界の共同の努力が必要で、それによって成果がでる。中国の現状は人々の節水に対する認識がまだ低い。

2) 節水技術の向上

節水を行う地域の範囲は広く、節水する量も多く状況も複雑であり、先進技術を取り入れる必要がある。しかし、現在の中国では工業節水の投資ルートが確立されておらず、農業節水への技術の投入は数年前と比べるとかなり増えたが、まだほんの一部で行われているのみである。技術の投入不足と従来の古い技術による中国の工業と農業は、先進国の節水レベルに比べ開きが大きくなる原因となっている。

3) 体制の不整備

現在、中国にはまだ整った市場経済に適応する体制はなく、特惠発展政策も足りない。このため、水をよく使う多くの業界の節水意識が薄い。節水は、まだ企業、農家の自発的な行動になっておらず、受動的な状態にある。

4) 法制の整備

節水には、法制整備による全面的かつ統一的な管理を必要とする。ところが、中国においてこの両者は希薄である。現在、節水管理はそれぞれ各自が自由に決めており、規定量の基準が定まっておらず、混乱している状態にある。国にはまだ全面的な節水に関する法規がなく、節水管理は法律的な根拠が足りず、有効な監督管理には程遠いため、今後は法整備も含め、行政から節水を呼びかけていく必要がある。

3. 各国の取り組み

1) 「水資源教育」を展開して、人々の節水意識を高める。

現在、世界各国は各種の方式を採用して節水の重要性、切実性を広報して、節水に対する自覚性を高めている。日本の東京では、節水に力を入れるために、一連の広報体系をつくって、ニュース、放送、新聞とパンフレットを利用して、そして都市の給水施設などを見学する活動を組織することによって、市民を教育している。節水の内容はすでに教科書に編入されており、小学生、あるいはそれ以前の年代から水の大切さについて教育を行っている。

2) 工業用水の有効利用

水不足問題を解決するために、多くの国や企業では、工業用水の節約を節水の重点にしている。例えば、雨水を地下に蓄え、水洗トイレ用の水として利用したり、手洗い用の水をその後トイレで流すような百貨店もある。工場では、工場で使用する水を循環させ、再利用する企業も多く、そのような会社は世間的に「環境にやさしい企業」として認知され、高い評価を受けている。

3) 排水、汚水の再利用

世界の大多数の都市では、すでに都市住民と公共施設の汚水を集めるパイプを作っている。都市汚水は2級あるいは3級処理浄化を行った後に回収して再利用することができる。米国は1926年に初めて水を回収した。1971年に358の工場と企業が処理後の都市汚水を利用し、回収量は5.1億立方メートルに達した。

4) 節水型の家庭用設備の普及

先進国では食事を作ったり、洗濯したり、トイレに使用したり、入浴することに使われる家庭用水が全体の80%程度を占める。そのため、生活に使用する水道やトイレについて、節水型の家庭用設備にすることは重要である。日本では、節水型の家庭用設備が標準化されており、節水することを強調した自動洗濯機などがよく売れている。

5) パイプの保全を強化して、給水損失を減らす

節水の前提は、水漏れと破損を防止することである。パイプの水漏れと破損を減らすために、パイプを敷設する時に、品質の良い管材と柔らかいゴムの継ぎ口を選ばなければならない。現在、各国は給水管ネットから漏れる水量を減らすことを給水企業の主要な仕事として扱っている。

6) 経済措置を取った用水管理の計画と実行

現在、世界各国が給水を制限するために、多くの法規を公布した。たとえば、違反者に対してある程度の罰金を課したり、たくさんの都市では水道料金制度で水の高効率使用を促進している。この料金は工事投資の返済と維持管理費用として使われる。米国のある都市では、計量と節水装置（50%ユーザー負担）の取り付けで、家庭の用水量は11%減ったと報告されている。もし水道料

金を2倍にすれば、家庭の用水量は25%まで減らすことができる。



国際湿地日	2月2日
国連水の日	3月22日
中国水週間	3月22日～3月28日

図 6-5 水と関係がある環境記念日

- 課題のコーナー -

<水資源について学ぼう>

課題6-1 水辺に生息する生き物を調べよう

目的：水辺に生息する生き物が、川の汚れの程度でどのように変化するか見てみよう

用意するもの：長靴、水中カメラ、記録紙(下の表参照)、図鑑、筆記用具

調査者名 環境 守

調 査 場 所		山口村水田地区				小早川河口														
年	月	日	時 ころ			年	月	日	時 ころ											
			2007・05・30 (10:00)						2007・06・02 (09:05)											
天気		晴れ				曇り (雲量9)														
気温		22.4 ℃				19.7 ℃														
水温		15.5 ℃				16.2 ℃														
川幅		(水田排水路) 0.5 m				8.8 m														
生物を採取した場所		平瀬・早瀬・淵・(その他)				平瀬・早瀬・淵・その他														
生物採取場所の水深		5.0 cm				50 cm														
流れの速さ		0.8 m/秒				0.3 m/秒														
川底の状態		コンクリート、土				小石、砂 (底質不安定)														
水にごり、におい、その他		澄んでいた				少し淀んでいた														
魚、水草、鳥、昆虫、その他の生物						アオサギ、オオブタクサ														
水質		指標生物		見つかった指標生物の欄に○印、数が多かった上位2種類(最大3種類)に●印をつける。																
きれいな水	水質階級 I	1	アミカ																	
		2	ウズムシ																	
		3	カワゲラ																	
		4	サワガニ	○(2)																
		5	ナガレトビゲラ	○(2)																
		6	ヒラタカゲロウ																	
		7	ブユ																	
		8	ヘビトンボ	○(1)																
		9	ヤマトビケラ																	
少しきたない水	水質階級 II	1	イシマキガイ	●(7)					○(4)											
		2	オオシマトビケラ																	
		3	カワニナ	●(8)					○(5)											
		4	ゲンジボタル																	
		5	コオニヤンマ	○(3)																
		6	コガタシマトビケラ																	
		7	スジエビ																	
		8	ヒラタドロムシ																	
		9	ヤマトシジミ	○(6)						●(7)										
きたない水	水質階級 III	1	イシコツブムシ																	
		2	タイコウチ																	
		3	タニシ	○(2)						●(9)										
		4	ニホンドロソコエ																	
		5	ヒル	○(3)						○(2)										
		6	ミズカマキリ							●(7)										
		7	ミズムシ																	
大変きたない水	水質階級 IV	1	アメリカザリガニ																	
		2	エラミミズ																	
		3	サカマキガイ																	
		4	セスジユスリカ																	
		5	チョウバエ																	
水質階級の判定		I				II				III				IV						
1		○印と●印の個数		3	4	2		I	3	3		II	1	2		III	4	5		IV
2		●印の個数			2															
3		合計(1欄+2欄)		3	6	2			4	5										
4		その他の水質階級		II				III												

⑨ 測定結果から 考えたこと							
課題6-4 中国で起きている水質汚濁について調べて発表しよう。							
課題6-5 自分達の生活において何をどれくらい排水しているか調べよう。							
生活排水		水量 (L/人・日)	汚濁負荷量(g/人・日)				
			BOD	窒素	リン	浮遊物	洗剤
し尿	便所						
その他の 生活排水	炊事						
	入浴						
	洗濯						
	その他						
合計							

参照：日本での排水量（1人1日あたりの家庭排水量 平均200L）

生活排水		水量 (L/人・日)	汚濁負荷量(g/人・日)				
			BOD	窒素	リン	浮遊物	洗剤
し尿	便所	50	13	6	0.5	22	0
その他の 生活排水	炊事	30	18	} 4	} 0.7	} 18	} 2.1
	入浴	60	9				
	洗濯	40	9				
	その他	20	9				
合計		200	40	10	1.2	40	2.1

<節水について学ぼう>

課題6-6 節水について学習し、自分たちの生活の中で、当てはまる項目について実践してみよう。						
準備するもの：節水チェック表、筆記用具						
項目	生活内容			点検結果		
歯磨き	水を出しっぱなしで歯磨きをする			-1		
	水をコップにためて歯磨きをする			0		
食器洗い	すべて食器をいっしょに入れて洗い、 食べ物の残りかすもそのまま残す			-2		
	事前に油をふき取り、流水で洗う。			-1		
	汚れにより食器を分類する。			+1		

自家用車	特に必要な時以外は、公共の乗り物を利用する。	+1			
	洗車について水を流しっぱなしで行う。	-1			
缶飲料	空き缶を無意識に捨てる。	-1			
	空き缶の後片付けをする。	0			
	転がっている缶があれば拾って捨てる。	+1			
ゴミ	全てゴミとして出す。	-2			
	燃えるゴミと燃えないゴミに分けて出す。	-1			
	リサイクルできるものは資源として回収してもらう。	+2			
洗濯	洗剤を大量に使う。	-2			
	お風呂の残り湯を使って洗濯をする。	+1			
清掃活動等	家の掃除さえもしない。	-2			
	家の周りだけでなく地域の共同清掃に参加する。	+1			
	地域の美化・清掃活動等のボランティア活動に積極的に参加する。	+2			
		合計			

第7章 土壤環境問題

ねらい：土壤の構成、働きを理解し、各地で発生している土壤環境問題を調べ、なぜそのような土壤汚染が生じたのかを討論することによって、土壤汚染の防止や土壤環境の保護について自分で考えよう。

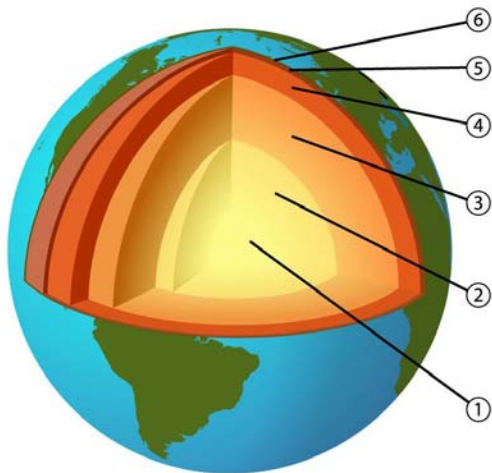


図7-1 地球の内部構造

地球の構造は、よくゆで卵に喩えられる。黄身に当たるのが地球の「核」と呼ばれる部分である（核の中央部分は内核①と呼ばれ、外側は外核②と呼ばれる）。白身に当たるのが「マントル」、（下部マントル③・上部マントル④）そして殻（カラ）に当たるのが土壤層「地殻（ちかく）⑤」である。また、その周りを覆っている土壤層を「地表⑥」と呼んでいる。土壤層は地球大陸の外側を覆っており、その厚さは、数10cm～1, 2m程度である。しかし、人類はその土壤によって植物生産を通して食料や衣類、木材を供給することにより、大きな恩恵を受けてきた。

また土壤は、農業生産における資源だけではなく、環境要素でもある。良好な生活環境を維持するためには、土壤を保全していかなければならない。現在、世界では土壤環境に関して非常に高い関心を持っている。主な関心事に以下の二つがある。

1. 人類の大規模な生産活動と消費活動の生活により、土壤の育成と密接な関係がある生態系の環境が変化し、土壤環境も大きく変化した。人類は、森林、草原など地表面を覆う植生を破壊してきた。森林の減少、過放牧、脆弱な土地の農地化、灌漑の影響によって、土壤侵食、土壤の保水性の低下、土壤の劣化、そして砂漠化が引き起こり、環境問題となっている。
2. 近年、大規模な近代農業生産を実現するために、大量の化学肥料、農薬殺虫剤などが用いられるようになった。その反面、堆肥の施肥量は減少し、土壤生物の働きが弱まり、土壤中の物質循環が滞り、土壤の劣化が深刻な問題となっている。収穫量を増やすために投入された肥料によって逆に土地が劣化し、収穫量が激減しているのである。また、工業化と都市化により、排気ガス、工場廃水、生活排水、分解不可能な廃棄物は、直接土壤に関係がないように見えるが、実際には土壤を汚染している。

このように、土壤環境の破壊防止と保護は、私達にとって非常に重要な責務となっている。

第1節 土壌について

1. 土壌とは

土壌とは、地表部における気候、生物、母材（土壌の風化生成物）、地形の自然環境因子と生命体の活動および時間的因子の影響下で、岩石の風化物である無機物質と動植物、微生物の遺体およびその分解物である有機物質の相互作用によって垂直方向に分化した物理性、化学性、生物性の異なる土層の集合体のことで、高等植物が根の生育を行うことが出来る部位のことである。

2. 土壌の構成

1) 土壌の三相と構成

土壌の中を見てみると、土壌の無機質、有機質の固体粒子間に隙間（以後孔隙と呼ぶ）があり、孔隙は水分と空気によって満たされている。それぞれを固相、液相と気相と呼び、土壌の三相と総称される。土壌の三相を占める割合、すなわち三相分布は、気候条件、土壌粒子の大小や集合状態などによって異なる。畑土壌の三相分布の一例を以下に示す。

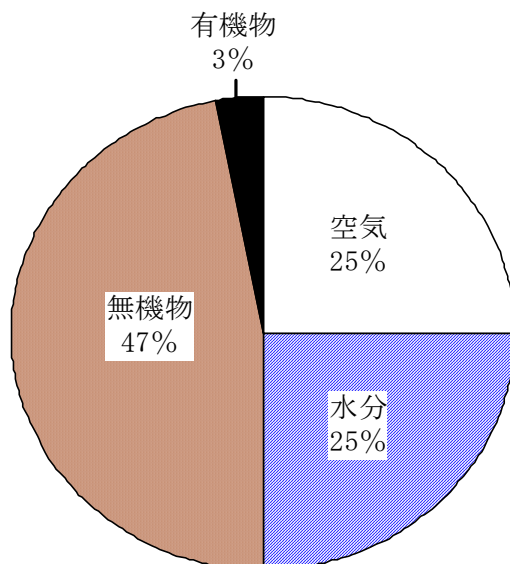


図 7-2 畑土壌の三相分布の一例

表 7-1 土壌成分の構成

土壌	固相	有機物	動植物、微生物に遺体など
		無機物	主に母材となる鉱物
	孔隙部分	気相	一部分は大気から入り、主な成分は O_2 、 N_2 など。一部分は土壌内部から生まれ、主な成分は CO_2 、水気など
		液相	粒間水分とその中に溶解した溶解性物質
	生物体		昆虫、線虫、節足動物
			土壌微生物, 1g の土壌中に数十億個が生存

2) 土壌断面

土壌が生成される過程で、母岩が風化し、動植物などが堆積していく中で、数千年にも及ぶ長い年月をかけて様々な無機物、有機物が堆積され、母岩とは性質の大きく異なる土壌が誕生し、それぞれが層を形成する。層は、風や水によって風化、堆積、沈殿した結果形成されるのである。

その層が最もよく分かる部分は、土壌の表層部分である。土壌は表層を通して水分、気体、熱と放射などのやり取りを行っている。よって土壌の表層は、土壌中の様々な循環に大きな影響を与える。しかしながら、土壌全体のことを知るには、穴を掘り、表面から下に向けて土壌を調査する必要がある。

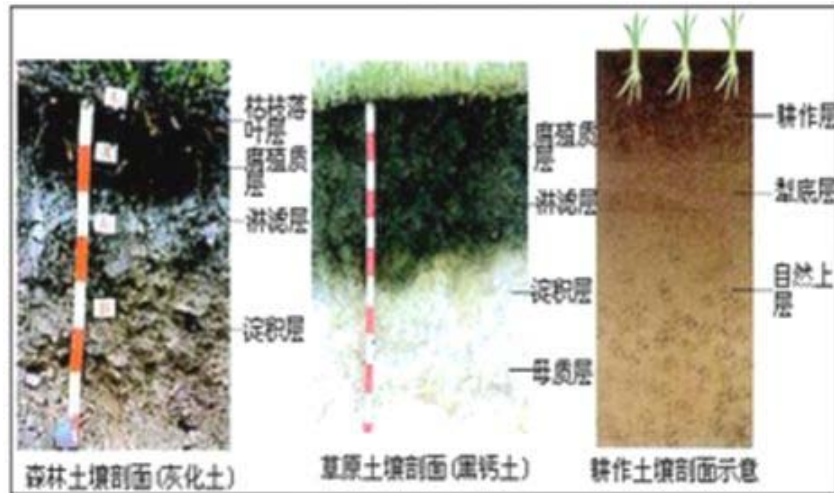


図 7-3 土壌断面の様子

3. 土壌の働き

土壌には非常に重要な働きがある。土壌は自然の中にあり、大気圏、岩石圏、水圏、生物圏の橋渡しを行っている。有機体と無機体を結びつける重要な部分であり、地理環境の要素を結びつけるバイパスにもなる。まず土壌は、生産者として陸上植物の生育を支え、そこから食物連鎖によってすべての陸上動物を養っている。陸上生態系において、土壌—生物システム（主に植物）は全世界のエネルギーと物質の循環と転化を司っている。これは土壌の陸上生態系における最も基本の役割である。

また、分解者として生物の遺体や排泄、廃棄物などの有機物質を分解し、再び土壌を作るだけでなく、土壌中に養分などの有機物を供給し、循環させている。その他にも土壌は保水性があり、降雨は土壌に浸透し、長い年月をかけて地下水として再び地上に現れる。このように水循環においても土壌は重要な働きを持っている。そして大気圏との間でガス交換を行い、大気組成の向上性の維持に寄与している。

以上のように、土壌には様々な働きがあり、すべての生命体は常に土壌の恩恵を受けていることを忘れてはならない。

4. 土壌の種類

1) 世界の土壌

世界の土壌を見てみると、気候、その土地の成り立ちなどにより、様々な種類の土壌がある。岩石だらけの土壌のリトソル、風化と養分の溶脱が進んでいるラトソル、砂漠土、酸性の強いポドソル、黒土とも言われる肥沃な土壌のチェルノーゼム、同じく肥沃な土壌の沖積土がある。北アメリカやロシアではチェルノーゼムが多く、南アメリカやアフリカではラトソルや砂漠土が多い。ヨーロッパではポドソルが多く、オーストラリアではグルムソルが多い。またアジアには気候や地形によって多くの土壌が存在する。

2) 中国の土壌

中国は土壌資源が豊富で、種類もたくさんある。主に、紅土、褐土、黒土、栗鈣土 (Castanozems)、漠土 (desert soils)、潮土 (Fluvo-aquic soils) (Lime concretion black soils)、灌淤土 (Cumulated irrigated soils)、水稻土 (Paddy soils)、湿土 (Meadow, Bog soils)、アルカリ性土壌、岩性土 (Limestone soils)、高山土などの 12 種類に分けられる。

第2節 土壌環境の悪化

現在、土壌を取り巻く環境は大きく変化している。人間の生産活動によって、多くの森が伐採され、過放牧や耕地の放棄などによって土壌が裸地となっている。山が裸地になったことで、大雨の際、山の麓では洪水の発生頻度が高くなり、土砂崩れも多発するようになった。これは、水を貯えるはずの森が消失したことで、水が山から大量に流れてくること、山が裸地であるため、降雨によって土壌が侵食され、土砂崩れが起こり易くなったことによる。また、年々土壌の劣化と風化から砂漠化する地域も増加し、大きな問題となっている。

このような土壌環境問題の中で、人間の生活の利便性や快適性を求めた結果から生まれた問題が、土壌汚染である。この節では土壌汚染について学んでいく。

1. 土壌汚染とは

土壌汚染とは、土壌中に重金属、有機溶剤、農薬、油などの物質が浸透し、自然環境やその他の生物の健康、生活へ影響を与える汚染のことである。日本では、大気、水質、騒音、振動、悪臭、地盤沈下と並んで典型七公害と言われている。

土壌汚染は、体感しづらいことから土壌汚染による被害が出た時には手遅れとなることも多い。またなかなか汚染物質の特定が難しく、これまでのデータも少ないことから土壌汚染源の特定が困難な場合が多い。大気汚染や水質汚染などと比べ、人々の認識もまだまだ低く、今後は人々の認識を高めていく必要がある。

2. 土壌汚染源

土壌は、大気圏と土壌中との間で環境要素と物質及びエネルギーの交換を行う。それゆえに、土壌汚染をもたらす物質の根源はきわめて広範囲である。土壌汚染源は、工業からの汚染、農業による汚染、生物からの汚染、自然界からの汚染に分けられる。

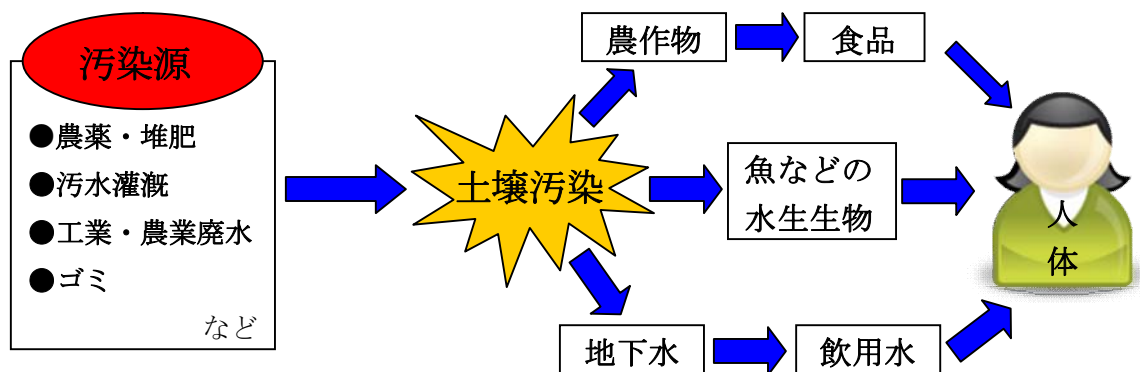


図 7-4 土壤汚染による汚染ルート

3. 土壤汚染物質

土壤汚染物質とは、土壤中に浸透し、土壤の通常の働きに影響する物質のことを指す。土壤の成分を変え、農作物の収穫量と品質を低下させ、人類を含めた生命体の健康に影響をもたらす物質のことである。また、土壤汚染物は無機汚染物、有機汚染物、土壤有害生物、土壤放射的汚染物の4つに大別される。

土壤汚染物質を作り出したのは、人類であるが、その被害を受けているのは、土壤中の微生物や昆虫類、土壤に根を張る植物類、汚染された植物を食する草食動物、その草食動物を食する肉食動物、その汚染された土壤で栽培した作物を食べ、動物を食べる人類にまで及び、生態系すべての生命に悪影響を与えてしまうのである。人間はそのことをしっかりと認識し、土壤汚染を食い止めるための行動を行う必要がある。

以下に汚染物質の例と、汚染物質と汚染源をまとめた。

表 7-2 汚染物質の例

汚染物	汚染物質が含まれている例
有機物	主に農薬（有機塩素農薬、有機燐農薬）、除草剤、工業の中の有機汚染物（フェノール、油、ポリ塩化ビフェニル、ベンゾピレンなどの有機化合物）
重金属汚染物	銅、カドミウム、クロム、砒素、亜鉛、水銀、フッ素など
放射性物質	ストロンチウム（Sr）、セシウム（Cs）、ウラン（U）、トリウム（Th）、プロトアクチニウム（Pa）
化学肥料	肥料中の N、P など
病原微生物	腸細菌、破傷風菌、結核菌など

第3節 土壤汚染の危害

1. 農作物への汚染、収穫量の減少

長期にわたって酸性肥料あるいはアルカリ性肥料を使用すると、土壤の pH 値が変化する。土壤の肥力は低下し、農作物の生産量も減少してしまう。例えば、亜鉛を含む汚水で灌漑すると、農作物、特に小麦への影響は非常に大きい。芽が出ず、分けつが少なく、体長が低く、葉が黄色いなどの危害が出る。もし土壤中に過剰な銅が含まれていると、植物の成長に大きく影響する。ここで土壤の重金属汚染の例をみてみよう。全国的に重金属汚染が進んだ場合、約 1000 万トン以上の食糧が減産される。そして、重金属に汚染される食糧も約 1200 万トンに達する。経済損失の合計は、少なくとも 200 億元に達する。この他、農薬、有機物汚染、放射的汚染、病原菌汚染などの汚染がもたらす経済損失も深刻である。

2. 土壤汚染による農作物の品質の低下

土壤汚染は、食料の安全と品質に影響をもたらす他、農作物の他の品質にも影響を与える。一部の地方では、土壤汚染により野菜の味が悪くなり、腐りやすく、悪臭が出るようになり、農産品の貯蔵品質と加工品質が高度加工の要求を満たせなくなった。

3. 土壤汚染の人体への危害

土壤汚染物は、植物、農作物の中で蓄積して食物連鎖を通じて人体と動物の体の中に入る。人類を含めた動植物の健康が脅かされ、ガンとその他の疾病になる可能性も増えている。農薬は、土壤中では有害物質に転化する。例えば、DDT は代謝物として DDD、DDE に転化され、毒性を呈する。人類が残留農薬を含む作物を食べると、有毒、有害物質が人体に入る。そして長年の蓄積により内臓の機能が損害を受け、体の機能に不調をきたし、慢性中毒になる。特に、殺虫剤による危害は大きい。例えば、ガン、奇形、突然変異などがある。また、人間と動物が出した病原体は、直接あるいは施肥、灌漑によって土壤を汚染する。この場合、一定の時間において、違うルートを通して人を感染し発病させる。ストロンチウムは、放射性物質で、主に植物の芽の部分に蓄積される。そして、土壤中のカルシウムとストロンチウムの濃度と正の関数関係があって、食物連鎖によって人体に入ることができる。また、土壤の放射的汚染は皮膚を通して直接に人体に入ることができる。

- 課題のコーナー -

< 土壌について学ぼう >

課題 7-1 土壌断面を観察してみよう。

目的：土壌断面の観察方法を学習し、土壌の構成を理解し、周りの環境との関係について考えよう。

用意するもの：シャベル、断面を削る刃物、トレー（土壌を採取する）、巻尺、pH 測定機、サンプルを入れる袋、記録用紙（下の表を参照）、筆記用具

- 手順
- ① 調査の目的によって代表的な場所を選定する。なるべく側溝の端、村のそばなどの人がよく行く場所を避ける。
 - ② 周囲の地形、植生、土地利用状況、存在する主な障害などを観察したあと、絵を描いて、断面を作る。断面の大きさは通常、縦 1.5m、横 1.0m、深さは地下水にあたるくらいである。
 - ③ 観察面は必ず日に当たり、そして、垂直に削る。
※ 掘るときに注意しなければならないのは、表土と下部土壌を別々に積むことである。観察が終わった後、下部土壌を下に、表土を上に戻す。
 - ④ 断面の垂直面ができた後、剖面刀（断面を切る包丁に似た道具）を用いて上から下まで軽く表面の土を取り、自然構造面を出す。
 - ⑤ 断面と土層区分を観察し、土体構成図を描く。

観察方法

- ① 離れた場所から断面の土層区分を観察する。また近くから観察を行い、断面の色、土質、構成、硬さ、根系などの変化による土層を区分して高さを測る。
- ② 断面特徴を記録する前に、環境条件を記録する。その後、各土層を詳しく描写する。
- ③ 土壌サンプルの収集を行う。
- ④ 土壌断面の一番下から順次（土壌区分）土壌のサンプルを取る。それぞれ袋に入れ、採集した場所・土層・日付・採集人などを記したラベルを張り付ける。
- ⑤ pH や土壌の物理性について考える。

記録方法

- ① 名称：図鑑などを用いて名称を調べる。
- ② 厚さ、色：観察し、記録用紙に記録する。
- ③ pH：pH 測定機を用いて測定する。
- ④ 土の乾湿度：採取した土を乾燥させ（出来れば炉乾燥が望ましい）、重量の違いから水分量と水分が占める割合を求める。
- ⑤ 土壌の固さ：実際に土壌を触り、土壌の固さを比較する。

観察場所：

記録時間：

土壌種類：

記録者：

性状	土層(表層から)	第一層	第二層	第三層	第四層		
	名称						
	厚さ						
	色						
	pH 値						
	土壌の乾湿度						
	土壌の固さ						
	まとめ						

＜土壌汚染について学ぼう＞

課題 7-2 中国における土壌汚染のニュースを調べ、どのような問題があるか考えよう。	
1) 中国における土壌汚染	2) 土壌汚染の原因は何か調べよう。
3) 土壌汚染を防ぐために、工場や家庭ではどのような対策を取る必要があるか考えよう。	
① 工場での対策	② 家庭での対策

＜コラム＞水銀による公害事件

40 数年前、我が国の貴州の回竜村で、1 種の奇怪な病症が現れた。患者の最も明らかな特徴は、一週間以内に髪の毛がすべて抜け落ちることである。これは円形脱毛症であった（民間は「鬼剃頭」と呼ぶ）。40 年間のあいだ、700 人以上の人がこの病症を患い、60 人以上の人が死亡した。医学専門家は、かつてこの病気は遺伝病あるいは伝染病であることを疑ったが、すべて否定された。一体何がこんなに奇怪な現象を起こしたのだろうか？



科学研究者の調査により、タリウム中毒ということが分かった。現地の野菜の中に大量のタリウムが含まれていたのである。このタリウムは灶硯山にあるスラッグから来ている。灶硯山には水銀鉱を主とする多種の金属鉱があり、康熙二年(1663 年)から、ここで水銀鉱を採掘・製錬することが始まり、それから 70 年続いた。採掘と製錬によってできたスラッグは随意に山に投げ捨てられた。回竜村は海拔の 1300-1400 メートルの高原地帯に位置し、両側の群山でできた狭くて長い谷間にある。谷間の南北の長さは約 2 キロメートル、東西の広さは約 1 キロメートル、両側の山は灰質頁岩 (calcareous shale) でできており、水銀などの多種の金属鉱がある。灶硯山はその中の 1 つである。

1958 年、回竜村周りの何平方キロメートルで千人以上の人が集まって伐採と開墾をした。伐採と採取活動は、周囲の環境を破壊した。もともと景色が優美な避暑地はすぐに荒れ山になった。森林植被のような自然障壁を失ったため、水土流失が深刻になった。

多くの農民の個人保有地に、とても厚いスラッグと玉石が残され、農地は直接に汚染を受けた。



調査によると、これらの汚染された土壌中のタリウムの量は、標準値より 2000 倍以上高く、これらの土壌でできた野菜の中のタリウム量も標準値よりも 30~40 倍も高かった。現地の自然環境が人為的に破壊されたため、タリウムは表面に現れた。また、食物連鎖を通じて人体に入り、人類に危害を与えた。これは人為的な活動が環境を破壊し、また大自然の懲罰を受ける典型的な例である。

(出典：北京科学技術新聞、2005 年 2 月 23 日)

第8章 ゴミ・リサイクル問題—あふれるゴミ—

ねらい：生活から出されるゴミが年々増加し、いろいろな問題が発生していることを学ぶ。また、実践的、体験的活動を通じて家庭や地域のゴミがどのように処理されているかを調べ、ゴミを減らすために自分に何が出来るかを考え、ゴミの減量化や不用品の再利用などに取り組むことが出来る能力を身につけよう。

経済発展に伴って、需要も増加し、生産規模も拡大している。大量の自然資源を消費すると同時に、固体廃棄物の排出量も増大し、環境に多大な影響を及ぼしている。中国では、都市化と都市人口の急速な増加に伴い、都市部の固体廃棄物の年排出量は $1.4 \sim 1.3 \times 10^8 \text{t}$ に達し、毎年 8%～10%の割合で増加している。しかし、廃棄物の無害化への処理率は 10%未満で、中国の多くの都市は、ゴミ処理問題に困惑している。さらに、中国の急速な工業化への発展に伴い、産業廃棄物の排出量はかなりの量にのぼり、すでに生態系すべての生物の生存環境に深刻な影響を及ぼしている。

第1節 ゴミの種類と成分

1. ゴミとは

ゴミとは、人類が生存と発展の過程において排出した固体、半固体廃棄物である。ゴミはおおまかに都市生活ゴミ、産業ゴミ、農業ゴミに分類される。日常生活において、人々はよく都市生活ゴミを「ゴミ」と呼ぶ。都市生活ゴミは住民生活ゴミ、商業・サービス業ゴミと建築業ゴミの混合物を指す。

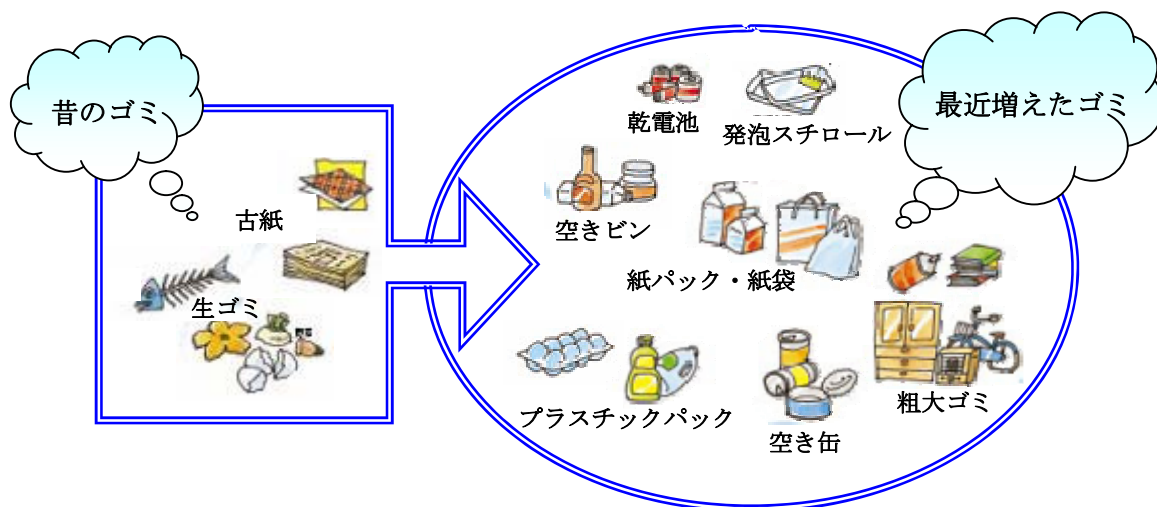


図 8-1 ゴミの時代による変化

2. ゴミの種類

1) 都市生活ゴミ

人間の生活によって生み出されるゴミの事を生活ゴミという。例えば、生ゴミ、紙、空き缶、空き瓶、家具などの粗大ゴミ、電池、プラスチックなどが挙げられる。以前は、生ゴミや紙などの焼却できるもの、堆肥として肥料に出来るものが多く、ゴミの量も少なかったが、生活の向上と共に様々なゴミが出現した。今までにはなかったビニールなどのプラスチック製品や発泡スチロール、など燃やすと有害なガスが発生するゴミや缶などの燃えないゴミ、土に埋めても分解出来ないゴミが多くなった。

現在では、ゴミを焼却すると、有害なガスが出るということで多くの国ではゴミの分別を行い、処理の方法を分けている。特にゴミの分別に関して先進国であるドイツなどのヨーロッパでは、ゴミに対する教育も進んでおり、ゴミの分別を法的に定めている。

2) 産業ゴミ

産業ゴミとは、工場から排出されるゴミのことである。工業化が進んだ現在、工場からは様々なゴミが廃棄されている。ゴム、プラスチック、金属、木材などその種類は多いと同時に大量の廃棄物が生まれている。

ヨーロッパやアメリカ、日本などでは、各企業が廃棄物を減らすために廃棄物をゴミとしてではなく、再利用しようという試み「リサイクル」が盛んに行われており、リサイクルが盛んな企業ほど、世間からの評価が高くなっている。また行政も廃棄物の処理について様々な法律を施行しており、国を挙げて廃棄物を減らす取り組みが行われている。

3) 農業ゴミ

農家から出る農機具やビニルハウスのビニール、園芸資材のゴミの事である。不燃物や分解出来ないゴミが多く、日本では各自治体で許可を受けた廃棄物処理業者に引き取ってもらうなど、個人が処分しないように決められている。

燃やせるごみの日		燃やせないごみの日		資源の日	
毎週2回 〇・〇 曜日		毎週1回 〇 曜日		毎週1回 〇 曜日	
台所のごみ ・生ごみはよく水洗いしてから出すください。 ・ガラス容器には、湯をいれようと思えば湯や酢で一度洗いごみ袋に入れ、しっかりと縛ると効果的です。 食用油 動物油脂などに出張されるが動物脂肪で固化する危険があります。 洗濯 布類などの水洗いものは、水拭きとして可燃物として出すことができます。 紙類 ・新聞紙などは水洗いしてから出すください。 日用品 ・洗剤（漂白剤、漂白剤、洗剤）はダンボール箱内などの単品包装状態で出すことができます。 ・洗剤、コンタクトレンズのケース、イヤークリーナー、洗面用歯ブラシ、歯磨き粉、歯ブラシなどには水洗いしてから出すことができます。 草・枯れ葉・切り花 土を巻いて、乾燥させてください。 木の枝・幹 長さ30cm以下のものを、長さ（両端）1m以下のものを10本以上。多量の場合は、切り口の収集日に分けて出すことができます。	資源の日には燃やさないゴミ 缶、びん、不要品のプラスチック類、紙類、生ごみ、洗剤類、洗剤類（効果的ですのでください）。 小容量容器類 トースター・ポット・ジョーサー・ミキサー・コーヒーメーカーなど50cm以下のもの。 皮革・ゴム くつ・かばん・ゴム手袋など、台所・洗濯用布類。 玩具・文具類など プラスチック製、金属製のものなど。 台所・水回り用品 湯か、やかん、フライパン、ボウル、ヘルメット、食器類など。 木の板 大きなもの。 スプレー式容器類 この取扱説明書に火災が起きます。・洗剤類、脱臭剤、虫けし剤などは火災の原因となるため出すことができません。・洗剤類、脱臭剤、虫けし剤などは、洗剤類、脱臭剤、虫けし剤専用容器に入れてください。 ガラス・せともの・蛍光灯 割壊品などは、0.5kg以上の重量の破片を減らして出すことができます。割壊品は必ず破片を減らして出すことができます。 乾電池 乾電池は必ずしも減らして出す必要はありません。0.5kg以下の乾電池は、乾電池専用容器に入れて出すことができます。 有害電池 マークのある乾電池は必ず有害電池専用容器へ出す必要があります。	ペットボトル が付いたペットボトル、プラスチック製のビン、プラスチック製のビン、プラスチック製のビン（詰め替えるタイプ）。 空きびん（詰め替えるタイプ） ●飲料用のびん、ジュース、お酒などのびん、レトルト、めん、びん詰めのものなど。 資源の日 そのまま再利用できるびん（ビールびん、一升びんなど）は、資源日に引き取ってもらうことができます。資源日に引き取ってもらう場合は、資源日に引き取ってもらうことができます。 空き缶 ●飲料用の缶（アルミ、スチール） ●ジュース、ビールなど ●缶詰類など（空き缶を減らす）、 ●その他の缶。	●マークがついているものは全て資源となります。 プラスチック類 ●シャンプー、リンス、洗剤、ドレッシング、化粧品などのボトル ●プラスチック製のビン（詰め替えるタイプ） ●プラスチック製のビン（詰め替えるタイプ） ポリ袋・ラップ類 ●レジ袋、食品袋、洗濯袋などの袋、ラップ。 パック・カップ類 ●ジュース、飲料、菓子類などのパック、 ●インスタント食品、コンビニ、弁当などの容器。 チューブ類 マヨネーズ、チューブ、歯磨き粉などのチューブ。 トレイ類 生野菜袋、洗剤、菓子などのトレイ、 梱包材 泡盛用発泡スチロール、 あかん、ダンボール、 紙、紙類。	資源の日 出し方ルール ●（びん・缶・ペットボトル）と「プラスチック」を同様の袋に入れて出すことができます。びん・缶・ペットボトルは一枚の袋に入れて出すことができます。 ●水で軽くすすぎしてから出すことができます。	資源の日 ●資源品回収でいる。資源品回収の日には資源品回収の日に出すことができます。資源品回収の日には資源品回収の日に出すことができます。資源品回収の日には資源品回収の日に出すことができます。資源品回収の日には資源品回収の日に出すことができます。

図 8-2 ゴミの分別表

出典：<http://www.city.sapporo.jp/seiso/gomi/index.htm>

- 課題のコーナー -
< ゴミについて学ぼう >

課題 8-1 周りから出るゴミを調べてみよう。

目的：①周りから出るゴミについて調べ、ゴミ汚染の基本状況を把握し（生産量、成分、汚染と危害）、原因を調べ、解決対策を検討する。
②ゴミ成分の変化、産出量の変化及びゴミの産出量と処理量が一致するかどうか、ゴミ処理コストの変化などについて調べる。

手順 ①地元（貴陽市）のゴミ現状について調べる。
a) 学生のグループ分けを行う。
b) 地元（貴陽市）の状況によって地域分けを行う。
c) 調査内容を設定する：昔のゴミ成分；今のゴミ成分；ゴミの生産量（例えば、10年前からの調査と比較する）；ゴミ処理費；違う種類、違う性質のゴミの処理方法、「白色汚染」；ゴミ分類収集の利害
②学生が一人ずつ家庭から出したゴミに対して調査を行い、結果をまとめ、図表を作成する。
期間：一ヶ月
内容：ゴミの成分、性質などゴミの分類をする。異なる種類ゴミの廃棄量や生活ゴミの分類状況、「白色汚染」などの利害について調べる。
③学校のゴミを出す状況を調べる。
期間：一ヶ月
内容：ゴミ分類を行う。ゴミの成分、性質について調べる。ゴミの廃棄量の区分について調べ、廃棄物の特徴を調べる。
④学校、通り、公園、市場などの場所を選び、人々のゴミを捨てる行為を観察して、ゴミの特徴や、問題点について思考する。

結果 結果をまとめ、問題を発見しよう。ゴミ成分、排出量、排出源及び原因を追究し、汚染状況を把握し、リサイクルできるのはどれか考えよう。

データシート

ゴミ種類	数量	場所	分類	排出源	感想

まとめ ① 自分自身の行動に対して評価をしましょう。
② 自分は何ができるか考えましょう。
③ 防止と対策案を検討しましょう。

第2節 ゴミの汚染と危害

1. ゴミの汚染ルート

ゴミは一定の条件の下で、物理的、化学的変化が起こり、他の物質や新たな生物への転化が生じ、周りの環境に影響を及ぼす。もし処理方法が不適當であれば、有害成分は水域、大気、土壌、生態系などの環境に潜在的、長期的な危害をもたらす。

2. ゴミの危害

ゴミを廃棄する事でどのような問題が生じるだろうか。まず、ゴミを捨てる土地が必要である。そしてゴミを捨てる事で、その土壌が汚染される。汚染された土壌に降り注いだ雨やゴミから出た有害な液体が土壌に浸透し、やがて河川や湖沼へ流れ込み、水域が汚染される。またゴミから発生する有害な気体によって大気も汚染される。ゴミを廃棄している状態を想像してみよう。いい景色とはいえないはずである。また、衛生的にもよくない。

汚染が拡大すると、汚染された水域から水を取り、生活用水として用いることになりかねない。また汚染された土壌で作物を栽培することになってしまい、食する作物や家畜も汚染される。山々の木々や草花、動物達、海に生息する生き物へも汚染は広がり、生存が危ぶまれる。

このように、ゴミを廃棄する事で様々な場所へ汚染が広がり、生態系へ悪影響を与えることになる。人間が出した廃棄物が、その他の生物にまで影響を与えてしまうのである。

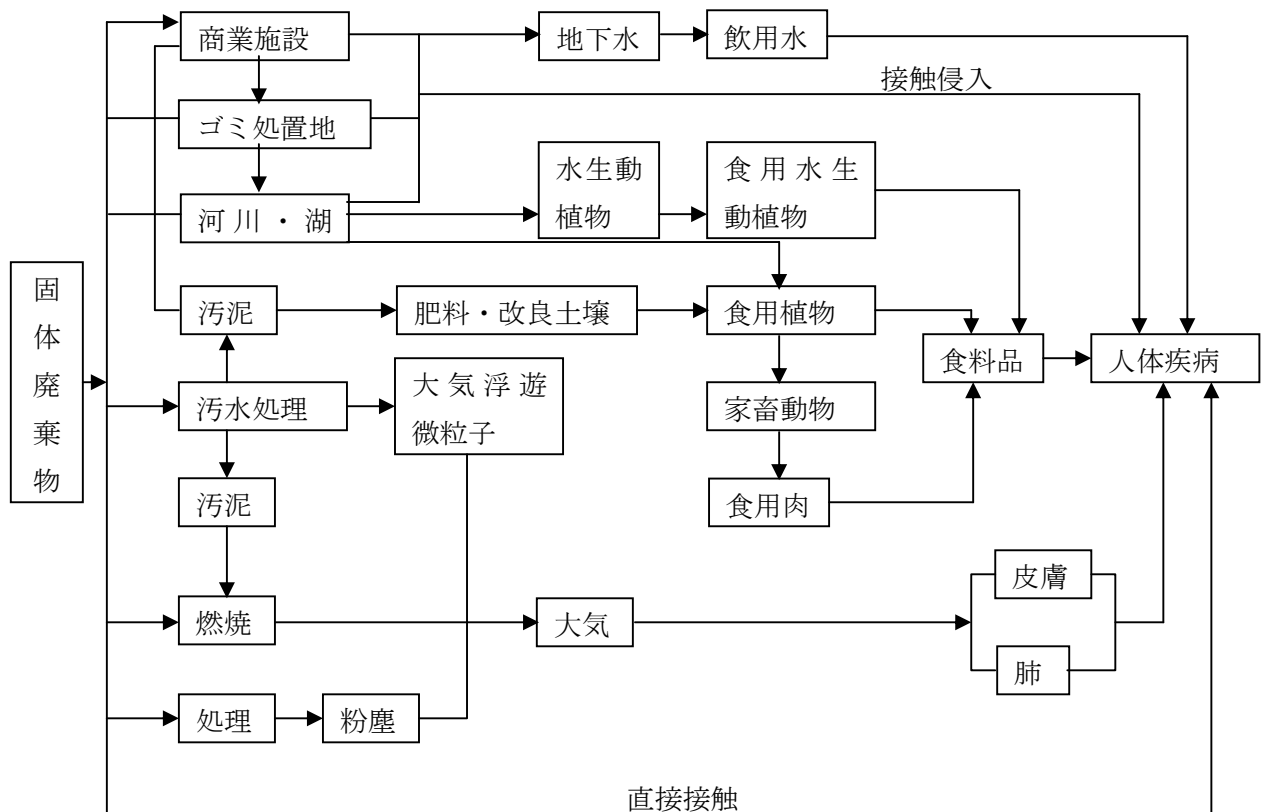


図 8-3 ゴミによる汚染経路

第3節 ゴミの処理と利用

ゴミの種類は非常に多く、そして量も多い。これらはゴミの処理と再利用に非常な困難をもたらす。ゴミ処理と再利用の基本原則とは減量化、無害化と分別による資源化である。

1. 減量化

「減量化」(minimization)とは適当な手法を使って、固体廃棄物の量を減らし、最終処分量を縮小することである。常日頃から減量化について考え、行動をすることが大切である。

3 R原則

- Reduce (リデュース=減量) : いらぬものの量を少なくする。
- Reuse (リユース=再使用) : くりかえし使用する。
- Recycle (リサイクル=再資源化) : 使えないものを再生利用(リサイクル)する。

2. ゴミの無害化処理

無害化 (innocuity) 処理とは、人の健康又は生活環境に係る被害を生ずるおそれがある廃棄物について、高度な技術を用いて人の健康又は生活環境に係る被害が生ずるおそれがない性状にすることである。現在、ゴミの無害化処理はすでに一つの新たな技術になっている。主な処理方法は埋立て、堆肥および焼却などである。表 5-3 は各国の各処理方法が占める比率を示している。現在、中国のゴミ処理方法は主に上述の三種類があるが、無害化処理率はまだ低い。

表 8-1 外国の各処理方法が占める都市部ゴミ処理の比率 (%)

方法 国	埋め立て率 (%)	焼却率 (%)	堆肥率 (%)	処理率 (%)
アメリカ	70	25	5	100
日本	28	66	1.4	95.4
ドイツ	71	25	1	97
イギリス	89	10	<1	88
フランス	60	20	10	80
オランダ	61	23	16	87
スイス	15	70	14	90
イタリア	86	13	1	90
スウェーデン	65	33	2	100
デンマーク	32	66	2	100
ベルギー	62	27	9	98
ニュージーランド	64	30	6	100
オーストラリア	65	24	11	100

3. 資源回収

都市の生活ゴミから回収できる物質にはエネルギー、鉄金属、非鉄金属、ガラス、プラスチックと紙などがある。



図 8-4 ゴミから生まれる再生品 (出典：山口県)

表 8-2 ゴミと再利用品

ゴミ	製品
紙	印刷用品、再生紙、トイレトペーパー、包装紙、断裂材料、建材用紙、高圧板
家畜の糞	堆肥、路盤
ゴム (タイヤ)	歩道、タイヤ、帆材
プラスチック	パイプ
ガラス	タイル、コンクリート
鋼鉄	鋳鉄パイプ、フレーム模型
スラグ	セメント
石炭灰とスラグ	道路充填材、路盤増強剤、アスファルト添加物、セメント
回収した燃料	エネルギー
各種化学品	ペンキ、石鹼、ろうそく
木材、金属、紡績品	消耗品
石炭の灰、石灰、石膏粉	肥料

4. 焼却の熱利用

ゴミを焼却するときにはたくさんの熱が出る。この熱を利用して水を加熱し水蒸気を作る。この水蒸気は給湯、あるいは蒸気タービンを用いて発電する。ゴミは、燃料として汚泥を乾かすことも出来る。最も分解が困難であるプラスチックは、たくさんの熱を出す特性があるため、燃料として使うことができる。固体燃料を燃焼して出来た熱は、工場のボイラーに用いられる。過熱された水、は魚類の養殖、花、果物の温室栽培、温水プールなどで広く使われている。

5. 埋立てガスの回収

中国の都市のゴミ量は、2010年まで2.9億トンになるといわれている。もしゴミの70%を埋立て方法で処置すると、毎年2.03億トンの都市ゴミを処理しなければならない。1kgのゴミは0.064~0.44m³の有害な気体を出すと仮定すると、104~716億m³の有害な気体が発生し、熱量は7450~22350kj/m³にもなる。もし有害な気体を全て回収すると、約40~280億m³の天然ガスに相当する。

6. 農業ゴミの資源化利用

現段階では、農業ゴミの資源化利用のルートには以下の種類がある。メタンガス・有機肥料・飼料をつくり、複合的生態システムプロジェクトの形成、あるいは工業原料を抽出して工業製品を加工するなどである。

●地域生ごみリサイクルの流れ

食堂などで毎日出される生ごみを乾燥処理して堆肥原料として活用し、その堆肥を使って生産された農作物を食材や商品として利用する取り組みを進めるもので、従来燃やされていた生ごみを有効に活用する新しい取り組みです。

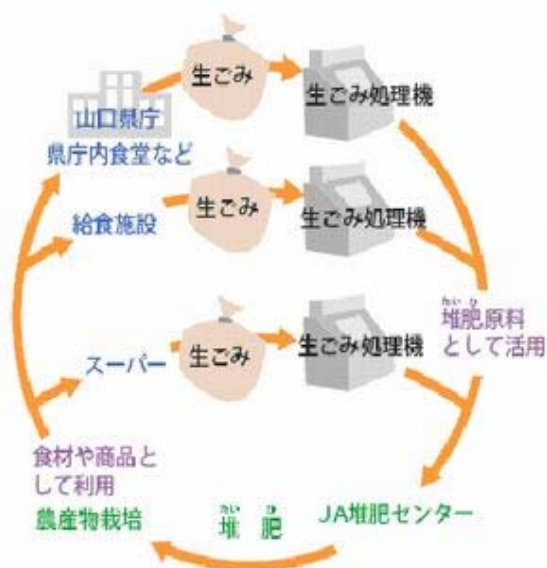


図 8-5 生ゴミから堆肥を作る流れ(出典：山口県)

7. その他

多くの国家や地域は、生態系回復の方法を考え、ゴミ問題を解決してきた。例えば、台湾省のゴミ公園、イギリスのリバプールの国際花園、アルゼンチンのブエノスアイレスのグリーンベルトなどは、全てゴミの山の上に建築されたものである。米国のシカゴでは、固体ゴミを処理する場合、「ゴミの山」という方法を採用した。近くで廃棄された沼沢区で1つの湖を掘り、掘り出された粘土を「ゴミの山」の一番下に敷く。これは漏水防止シートとなる。そこへゴミを入れ、その後粘土で覆う。最終的に114.3mの人工の山ができた。その後この山全体を粘土で密封し、草花や木を植えた。



図 8-6 リサイクル商品のマーク

出典：http://www.ssinfo.com/mark/recycle_mark.htm

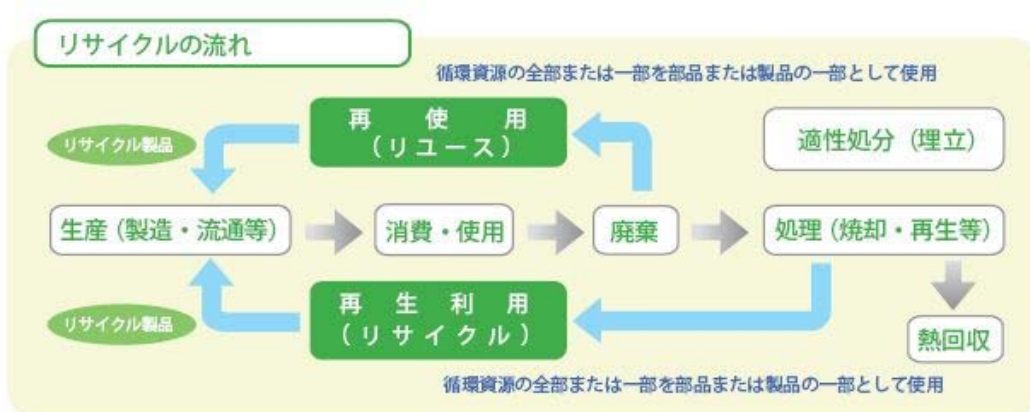


図 8-7 リサイクルの流れ(出典:山口県)

8. 都市ゴミ問題の解決方法

都市ゴミ問題を解決する道はたくさんある。例えば、生活ゴミの中の台所から出るゴミの量を減らす。包装用のものを使わない、あるいは少なくすることを提唱し、包装用の材料は回収して再利用する。また、使い捨てとなる商品は使わない、あるいは少なくする。ビニール袋の使用量を減らし、回収率を高める。積極的にプラスチックの再生利用技術を開発し、社会へ広める。現在、世界中のたくさんの国では生活ゴミを減らすために様々な措置を取っている。

1) 公衆の環境意識を高める。

環境問題は、人類の自然資源と生態環境に対する不合理な利用と破壊から生まれた。これは人々の環境に対する知識が足りないことにも関連している。そのため、環境広報活動を強化し、人々の環境意識を高めることは環境問題を解決する根本的な道である。

2) 分類収集による解決

ドイツでは、普通1つの家庭には3つのゴミ箱がある。一つは新聞と各種の紙くずを入れる；一つは焼却処理場に届けるゴミを入れる；もう一つはリサイクル工場に届ける資源型のゴミを入

れる。かつて中国でもたくさんの都市がこの方法をとったことがある。北京を例にしてみよう。ゴミを分類して捨てるが、相応した設備と分類の運搬・処理装置がないため、最終的に分類されたゴミは混合されるしかない。中国のゴミ分類は設備と人員素質の意識向上に待たねばならない。



図 8-8 日本のゴミ箱と分類



図 8-9 ゴミの種類別に分けた回収

3) 法律による解決

①増税法

ゴミ税を徴収する。プラスチック製品と使い捨ての製品などに対して増税をする国が増えている。EU 各国はビニール袋、除錆剤などの汚染をおよぼすものに対して環境税を徴収して対策を講じている。

②罰金法

フランスにはゴミに関する処理規定があり、いかなるタイプの不用物、廃棄物などを公共の場所あるいは自分の所有地以外に捨てる人に対して、250～600 フランの罰金を取っている。

③禁用法

現在、米国の州の半数では、分解できない、還元処理ができない、再利用できない包装を禁止することを法律ではっきりと明記している。韓国政府は 1994 年に使い捨てのお箸、コップ、歯ブラシなどの日常用品を禁止することを法律で定めた。

4) 奨励政策による解決

米国では、廃棄物の再利用を促進するため、印刷紙と白板紙中の再生紙の割合を 20% より少なくしてはいけないという決まりがある。米国では「ゴミ回収賞」という奨励措置を定め、責任者は毎週市内でランダムに家を選択し、そのゴミ箱を検査する。もし回収できるゴミが見つからなかった場合は、250 ドルの賞金を渡す。こうして、住民は回収できるゴミはゴミ箱に入れないという習慣を身につけた。

5) 費用を徴収する

現在、多くのところではゴミは山のように積んであり、これに対するゴミの処理費用が高くなり、解決しなければならない難題になっている。2000 年から北京では住民に都市ゴミ処理費の徴収を始めた。徴収基準として北京市住民は、1 戸当たり毎月 3 元で、市民以外は一人当たり毎月 2 元である。徴収された料金は市政府に上納し、都市ゴミ処理に使用される。

6) グリーン交換

いくつかのスーパーマーケットでは、廃品回収のコーナーがあり、廃棄物は貨幣として生活必

需品と交換することができる。学生が学校へ行く時に回収できる廃棄物を学校に出すと、学校は無料で学生に昼食を提供する。この措置は貧困扶助政策を実現すると同時に、市政府の財政支出を節約した。

- 課題のコーナー -

< ゴミ処理について学ぼう >

課題 8-2 ゴミの埋立てについて学習しよう。
目的 違う性質のゴミを埋めて、一定の期間が経過してから、ゴミの土の中での分解状況と残留物質を観察することによって、環境への影響を考える。
準備するもの ・ 前回体験したとき収集と異なる種類のゴミ ・ 植木鉢などの入れ物 ・ 虫めがね（できれば顕微鏡） ・ 筆記用具
手順 ① 違う性質のゴミを埋める。 ② 一週間後ゴミを掘り出して観察した結果を記録する。 ③ 同じことを繰り返し、三ヵ月後、記録をまとめる。
まとめ 結果の相違の原因を調べよう。
課題 8-3 堆肥について調べよう。
目的 堆肥ができるゴミの性質を考える。堆肥の温度、湿度、時間などを観察し、記録する（文字、写真など）。できた堆肥で盆栽を植える。違う状況のもとでの植物の成長状況を観察する。
手順 ① 堆肥と土壌を混合して、五つのサンプル（違う混合比率）を作る。（失敗する可能性があるため、同じサンプルを三つ作る。合計 15 個）。（混合比例は自分で選定する。例えば、土壌 30%、堆肥 70%。） ② 栽培する植物を選択する。育ちやすい植物を選ぶ（ギョウギシバなど）。 ③ 15 個の植木鉢を用意する。①の中の 15 個にサンプルを入れ、草種を入れる。 ④ 一週間以内の発芽率を観察する。 ※ 間引き、植木鉢に同じ数の苗があるように注意 ⑤ 週に一回草の成長状況を記録する。草の色、高さ、葉っぱの広さ、分株など。
まとめ なぜサンプルの植物の成長状況が違うか考えよう。

- 課題のコーナー -

<ゴミのリサイクルについて学ぼう>

課題8-4 ゴミとなる物を再利用しよう。
目的：出せばゴミ、利用すればまた新たな物が生まれるということを学び、物を大切に使うように日頃から行動する。
用意するもの：缶や瓶、プラスチック容器など捨てるもの、工作道具
手順 ① 材料を集める。 ② 材料によって何を作るか考える。 ③ 工作する。 ④ ゴミを再利用する事のメリットを学内、地域に広める。
例： 空き瓶→色やビーズなどを装飾し、花瓶にする。 着なくなった洋服→小物入れや風呂敷を作る。 空き箱→装飾し、小物入れや筆箱として再利用する
発展：学内や地域でリサイクル製品の展示会を開き、リサイクルを広める。

第9章 荒漠化・砂漠化および石漠化

ねらい：地球が直面している環境問題の一つである砂漠化・荒漠化・石漠化とは、どのようなものかをインターネットや書物をもとに理解し、なぜそのような現象が発生したかを考え、砂漠化・荒漠化・石漠化を防ぐために私たちはどのような行動をとるべきか、あるいは貴州の独特なカルスト地形がもたらす作用や効果などについて考えよう。

荒漠化と砂漠化は、現在、地球が直面している深刻な問題であり、人々の関心は高くなっている。しかし、概念が混同し、はじめがはっきりしないなどの問題が存在している。本章では、荒漠化と砂漠化の定義と意味を紹介する。そして、荒漠化と砂漠化の形成原因ともたらす結果を述べ、管理措置を検討する。

第1節 荒漠化

1. 荒漠化の定義

荒漠化の実質は土地の退化で、広い意味を持つ。砂漠化はその中の一部分である。「荒漠化」とは、乾燥地域、半乾燥地域及び乾燥半湿潤地域における種々の要素（気候の変動及び人間活動を含む）に起因する土地の劣化をいう。この定義は1992年に開催された地球問題首脳会議（全世界環境発展大会）で定められたものである。砂漠化は荒漠化の主な種類である。この二つの概念を同一視してはならない。

2. 荒漠化の原因

荒漠化の原因には自然的要因と人為的要因があり、非常に複雑である。

1) 自然的要因

自然的要因は主に気候条件のことをいう。特に厳しい旱魃条件などの気候によって植被が退化し、風食が加速し、荒漠化が生じる。土壤の風食、流動性の砂丘が代表的な形態である。また土壤の劣化や石灰岩、カルスト地域、海岸砂丘などで土壤としての利用が困難な地域も荒漠化が進む。土壤の凝結、細い粒子の減少及び土壤水分の減少のため、土壤の乾燥化と土壤有機物の低下でも荒漠化が引き起こされ、土壤養分の迅速な減少と土壤の塩化が現れる。

2) 人為的原因

人為的要因は主に過放牧、過伐採、過開墾（その上に連続耕作を行う）などが挙げられる。植被が破壊され、地表が表面化され、風食と雨食も促進される。世界では、過放牧と不適切な旱作農業（dry farming）が乾燥地域、半乾燥地域の荒漠化の主な原因になる。

また、不適切な水の管理が引き起こした乾燥地域、半乾燥地域での大面積の土地塩化も重要な問題である。アジア・太平洋地域の人間活動による植被破壊は37%、過放牧は33%、非持続的な耕作は25%、インフラの過度開発は5%を占める。アフリカの状況はアジアと類似しており、過放牧、過耕作と過伐採は土地荒漠化の主要な原因である。荒漠化の90%以上は人類の活動によってもたらされている。

現在、中国の荒漠化の情勢は非常に厳しい。中国は世界で最も荒漠化の総面積が大きく、被害が大きい国の一つである。2004年までに全国の荒漠化した土地の総面積は263.62万km²で、国土面積の27.46%を占める。その範囲は北京、天津、河北、山西、内モンゴル、遼寧、吉林、山東、河南、海南、四川、雲南、チベット、陝西、甘肅、青海、寧夏、新疆などの18の省（自治区、直轄市）の498の県（旗、市）に及ぶ。中国の国土の1/3はすでに砂漠化の被害を受けている。同時に、中国の砂質化する土地は依然として毎年2460万km²のスピードで広がっている。乾燥地域、半乾燥地域と亜湿潤乾燥地域での被害がもっとも大きく、荒漠化の土地面積は80%近くになる。

3. 荒漠化の環境への影響

荒漠化は土地の退化と関係がある。人為的な要素と気候の変化は土地生物生産力の喪失をもたらし、すでに地球1/3の面積および10億人以上の人々の生活に影響を与えている。また、潜在的に社会と経済に悪影響を与える。荒漠化の危害はある意味では、洪水・地震などの自然災害よりさらに深刻である。人類の生存に欠かせない土地と環境を取り壊し、直接に人類社会の経済発展の基礎と空間を脅かす。荒漠化の激化は必然的に貧困を招き、荒漠化はほぼ貧困の代名詞となった。



図 9-1 荒漠化

出典：<http://www.desertification.gov.cn/>

第2節 砂漠化

1. 砂漠化の定義

「砂漠化」(sandy desertification)とは、植生に覆われている土地が、不毛化する現象の事で、土地の生産能力を減退させるプロセスであり、世界規模の生態環境問題であると同時に、地質問題でもある。通常、サハラ砂漠のような「砂漠」と称される乾燥地帯とは別物として扱われる。



(出典：地球環境キーワード辞典)

図 9-2 砂漠化がすすむサヘル地域

2. 砂漠化の原因

砂漠化の主な原因は、気候要因、地形要素、人為的な活動が挙げられる。乾燥地帯の移動など気候の変化による自然現象の砂漠化や周囲の砂漠から砂が運ばれてくることによる砂漠化も見られるが、砂漠化の最も大きな原因は、人為的な活動によるところが大きい。

1) 砂漠化に至る現象

砂漠化は、様々な要因が絡み合う現象であり、その原因を特定するのは難しい。しかしながら、人為的な活動は砂漠化を助長させた。砂漠化に至る現象として、主に土壌流出、飛砂、土壌の塩類化の3つがある。

インドや中東、中国の黄土地域では、土壌流出が起きている。有機物を多く含み、農作物が育つ土壌が、雨や洪水によって流出し、作物を栽培することが困難になっている。

オーストラリアでは、飛砂が起きており、周辺の砂丘から砂漠ではない地域に砂が流れ込み、砂漠の一部と化してしまう地域がある。

そして近年、砂漠化の最も深刻な現象として挙げられている問題が、土壌の塩類化である。土壌の塩類化とは、土壌中の塩類濃度が上昇し、植物の生育が出来なくなってしまう現象である。これは、地下水灌漑や地下水位の上昇などによって地下水が地表面に汲み上げられ、水分が地表面から蒸散し、地表面に塩類が残留するためである。土壌の塩類化が起こると、土地は固くなり、農作物はおろか、その他の植物も生育することが困難となり、何も育たない、何もない、生命体のない土地と化してしまい、塩類化が起きた地域では、土地を捨てる場合が多い。アジアやオーストラリア、ロシアなど多くの国や地域で塩類化が進んでいる。

また、水資源の不合理な利用も砂漠化の誘因である。農業用水、生活用水、工業用水として水は様々な場所で用いられているが、水の消費量が増加するとともに地下水の過剰汲み上げなどにより、土壌の塩類化は急速に広まった。また、過剰な肥料や汚染された水を流すことで、汚染された土壌が生まれ、土地の荒廃から砂漠化となるケースも少なくない。内モンゴルの阿拉善盟は歴史で最も評判の高い「居延大穀倉」であった。しかし、上流地域が大量に黒河の水資源を使ったため、オアシスに流れてくる水の量は急減した。1960年代の9億立方メートルから現在の2億立方メートルにまで減少してしまった。東西居延海は、すでに干上がっており、約9.3×10⁵haの梭梭林（低木の一つ。新疆・内モンゴル西部の砂漠地帯に生え、流砂防止に役立つので砂漠の造林に用いられる。）も枯れてしまった。

中国の土地砂漠化も深刻になっている。2004年までに、砂漠化が進行した土地面積は、173.97万平方キロで、国土面積の18.12%を占める。その範囲は上海、台湾、香港とマカオ特別行政区以外の30の省（自治区、直轄市）、889の県（旗、区）に分布している。明らかに砂質化した土地面積は31.86万平方キロで、国土面積の3.32%を占める。主に内モンゴル、新疆、青海、甘粛の4つの省に分布している。それぞれの面積は18.08万平方キロ、4.81万平方キロ、4.20万平方キロ、2.58万平方キロである。その面積の合計は全国の砂質化した土地面積の93.13%を占める。（参照：国家林業局「2005年中国荒漠化と砂質化公報」）

3. 砂漠化の環境への影響

1) 植被率の変化

植被率が低下し、植被の群落の構成と個体群（population）の構成が衰退する。

2) 地表形態の変化

耕地では風食と風積という地形が現れる。退化した牧草地帯は風と砂ぼこりによって、平坦な牧草地帯から固定砂丘、半固定砂丘、流動砂丘そして新月方砂丘、低木林砂丘（Nabkhas）と密集した流砂が分布する砂漠化地帯へと変化する。

3) 生命体の生存環境の変化

砂漠化は土地生産力の減退、家屋の埋め、井泉の破壊、交通の遮断、空気の汚染など、一連の生存条件を悪化させる。それ以外に、砂漠化は砂漠化地域以外の環境の問題を引き起こす。大規模な砂塵暴（Sand-dust storm）の発生は人々の生命、財産に重大な損失をもたらす。

4) インフラへの影響

砂漠化はある地域では鉄道の路床、橋梁、暗渠を破壊する。また、道路の路床と路面に砂が積もるため、道路交通が中断される。さらに、これで道路が廃止される場合もある。それ以外に、通信、送電線路と施設の破壊による災害は住民の安全を脅す。また、飛行機の離陸と着陸にも影響を与える。

5) 耕地と農業生産の破壊

毎年4月と5月頃はちょうど春の種まきの季節である。しかし、砂漠化地域では、種と肥料は常に風に飛ばされ、さらに若苗は根こそぎにされる。土壌の水分はなくなり、苗は乾燥してしまうか埋められることによって枯死する。

- 課題のコーナー -

< 荒漠化について学ぼう >

課題 9 - 1 貴州の荒漠化について調べよう。	
目的：荒漠化についての理解を深め、身近な問題について関心を高めよう。	
1) 周りにどんな砂漠化と荒漠化の現象が存在しているか？それを辿ってももとの土地の利用状況を調べよう。	
2) 周りにどんな土地砂質化と荒漠化を促進する環境不経済の行為が行われているか調べよう。	
3) これらの環境不経済行為が生じる理由について考えよう。	

< 砂漠化と荒漠化の被害について学ぼう >

課題 9 - 2 砂漠化と荒漠化の被害について調べよう。	
目的：砂漠化と荒漠化の被害について学び、現状を知ろう。	
1) 中国以外の砂漠を1つ選び、その砂漠の問題点を挙げよう。	2) 1) で調べた砂漠で行われている対策を調べよう。
3) 中国の砂漠化や荒漠化について意識を高めるために、どのような活動が必要だろうか。	4) 人々に砂漠化や荒漠化の危機を伝えるポスターやチラシを作ってみよう。(再生紙や再利用品など工夫をして作ろう。)

第3節 砂漠化の管理

1. 砂漠化・荒漠化の対策と管理

1) 法に基づく砂漠化対策を強化

砂漠化の管理と関係ある法律には「環境保護法」、「森林法」、「草原法」、「水土保持法」などがある。現在、「防砂治砂」（砂漠化防止と砂による被害抑制のための整備・対処を指す）という法律も制定中である。

2) 荒漠生態系システムを保護・回復・再建する

荒漠生態系（砂漠、ゴビ系統、乾燥地域、半乾燥地域の草原系統、森林系統と湿地系統を含む）の人為的な破壊は系統内部の固有の安定とバランスを崩して、砂漠化の形成と広がり of 根本的な原因になる。そのため、防砂治砂の事業を戦略を調整するべきである。例えば、人工植被を重視するだけでなく、人工天然林の高い灌木と草の複合植被を積極的に取り入れる。単にオアシスを保護することから積極的にオアシスを含める全体の荒漠生態系を保護することに転化するなどの戦略が必要である。荒漠生態系を再建してこそ、根本的に砂漠化の拡張する趨勢を食い止めることができる。

3) 人蓄の侵入を防ぐ

農業と畜産業が入り組んでいる地域の住民、耕地、牧草地帯の相対的な分布の特徴によって、「生態戸」（家庭を単位）を基礎にし、封育保護（荒地を金網で囲い、人や家畜の進入を禁止して植生を回復させる）を全面的に実施し、旱作農業（dry farming）を主とする土地利用の仕組みを調整し、林・草の用地割合を拡大し、水土条件のよい土地を集約的に管理するなどの措置を取る。その上に、防風林、防風ネットをつくり、砂丘表面に固砂植物を植え、砂丘間に林をつくるなどの封育保護と結びつける措置を取る。

4) 合理的な土地利用

草原の放牧地域では、合理的に牧草地帯の載畜量を決定し輪牧、人工芝生および飼料基地を建設する以外に、合理的に井戸を配置し、放牧場所の密度を決定し、牧道を作ることと結びつけることも重要である。

5) 合理的な計画作り

乾燥した地帯では、内陸の河川流域を生態の単位にして全体的な長期にわたる計画と合理的な用水計画を立てなければならない。そして、オアシスを中心にして、オアシス内部に田畑の防護林ネット、オアシスのへりに高木と低木が組み合わせた防砂森林帯とオアシスの周りに砂丘の固定などの措置を合わせて、完備した防治体系を形成する。

6) 人口の増加を制御

人口的負荷を減らす。人口、経済と資源の関係を調整しなければ、土地資源が過度利用され、植被が破壊され、荒漠化が促進され、乱開発、乱伐などが発生する。

7) 防風林による制御

地表の植被率を高めると、風力の直接の含砂地表への影響を弱め・避けることができ、環境が改善され、砂漠を減らすことができる。

8) 生態草・生態林による対策

ギョリュウ、クコ、吉生羊草、塩基のチガヤ、樟子松、沙棘、沙打旺、ムラサキウマゴヤシ、小葉錦鶏などの植物はみんなアルカリと旱魃に強い。これらの高木、低木と草などの植物を組み合わせて「生態草」群落にする。これらの群落は「封（封育）、造（造林）、補、種（植え）、改（改善）」などの措置と一緒に荒漠化の管理に効力を発揮する。

キイチゴとブラックイチゴは多年生灌木である。株の平均寿命は20年前後で、定植した翌年から実を結ぶ。3年目から豊作期に入り、4～5年目で年間生産量は最高になり、豊作と安定生産は10年以上続く。キイチゴとブラックイチゴの環境に順応する能力は高く、旱魃に強く、やせている土地でも強い。品種によって寒さに強い能力もある。特に、キイチゴとブラックイチゴの根と葉が豊かで、地下でネットのように混ざり合い、中国西部の生態系の優良樹種である。水土保持、そして、荒れ山の緑化、休耕造林に役立つ。

- 課題のコーナー -

< 砂漠化と荒漠化の管理について学ぼう >

課題9-3 砂漠化と荒漠化を防ぐための対策を考えよう。	
目的：砂漠化と荒漠化を身近な問題と捉え、その対策を考えよう。	
1) 自分の水の使い方は無駄がないか考えよう。	2) 植林や水の管理など自分で出来る土壤の管理を考えよう。
3) 校外へ出て、砂漠化や荒漠化の対策を広めるために、どのような活動が出来るだろうか。	4) 学内や校外で行った活動についてまとめよう。

第4節 貴州省の独特なカルスト地形

1. カルスト地形の概念

「カルスト」はドイツ語の「karst」という単語の音訳である。カルストはユーゴスラビア西北部イステラ半島の石灰岩高原地区の名称で、岩石の露出する所を意味する。近代カルストに対する研究はそこから始まったため、「カルスト」と命名された。中国では、「カルスト」は岩溶地形とも称される。通常、岩石が露出し、地層が薄く、草木の育たないところを指し、ドリーネ(doline)、ウバーレ(uvale)と地下川が多いのが特徴で、地表川と湖が欠乏している。中国のカルスト地形は主に貴州、広西と雲南東部に分布しており、面積は $55 \times 10^4 \text{km}^2$ で、世界で最大のカルスト区を形成している。

2. カルスト地形の形成

カルスト地形は主に石灰岩などの水に溶解しやすい岩石が水に浸食されることによって形成される。カルスト地形の形成を促す条件は、①地表の近くに節理の緻密な石灰岩が存在すること、②降雨量は中等あるいは多いこと、③地下水の循環が良いことである。

石灰岩(炭酸カルシウム)は弱酸性水に溶解されやすい。このような水が自然界の中に広範に存在している。酸性の雨水は、水平あるいは垂直の割れ目に沿って石灰岩の中に浸透し、石灰岩の主要成分である炭酸カルシウムと化学反応を起こし、固体のカルシウムを形成する。それによって石灰岩の構造を変化させ、たくさんの層状の物質が形成される。雨水が流れることによって、層状の物質と地表の物質も流され、まだ溶解されていない石灰石はカルスト地形の表面になる。雨水は地下の隙間に沿って浸食すると、隙間はますます広くなり、深くなり、最終的に洞窟と地下水流を形成する。「雨垂れが石をうがつ」はカルストの形成の真実を描写する言葉といえる。狭くて垂直の縦方向の溝が近くの水流とつながることにより、地表水はスムーズに地下を流れることができる。世界中の大きい洞穴の大多数はカルスト地域に属する。石灰岩の溝、天生橋、石柱と石林などはすべてカルストの特有な地形である。



図 9-3 鍾乳洞の様子



図 9-4 石林

3. 石漠生成の原因

貴州省は石漠化の深刻な地域である。土地荒漠化の現象はまだ目立たないが、大量の農民が出稼ぎに行くことによって、土地を耕作する人が少なくなり、畑が荒れ果ててしまう。このため、土壌の肥力が低下し、土地が退化し、最後に土地の荒漠化をもたらす。広西、貴州など南西地域の石灰岩地域の水土流失も深刻である。この水土流失で引き起こされる「石漠化」にも特別な注意を払うべきである。

1) 石漠化の概念

石漠化とは、主に土壌流失、地表岩石の露出などによる土地資源の減少、生態環境悪化の現象のことを指す。主にカルスト地形において発生するため、またカルスト砂漠化あるいは石化と呼ばれる。中国西北一帯の砂漠化の現状と似ており、土地劣化の結果である。

2) 生成の原因

①乱伐

石漠化の発生には自然原因があるが、主に人為的な要因によって起こる。人類の自然の法則に背く土地、森林などの自然資源の略奪は土地の深刻な石漠化の最も根本的な要因である。森林の過剰伐採と過剰開拓は、原生林と二次林の植生を破壊し、水土流失をますます激化し、最後に土地の石漠化となる。貴州農村1年あたりのまきの使用量は、1946.3万トンに達する。その中で合理的と考えられるまき伐採は20.6%であり、残りは全て過剰伐採である。

②四季が明瞭で、降水が多く、気温が高い。

特殊な気候は、土地石漠化の発生に有利な条件を提供する。貴州省は低緯度高海拔の強烈な溶岩山地に属する。亜熱帯気候の影響を受けて、大部分の地域の年間降水量が1000～1300mmである。四季がはっきりし、降水は多く、気温が高い気候特徴はさらに水土流失を激化させ、石漠化の形成を加速する。

③山が高く、坂が険しい自然要因が招く石漠化

貴州省の山岳地帯の面積は全省の土地総面積の92.5%を占める。地面の傾斜度は大きく、斜面は長く、いったん地表の植生が破壊されるとすぐに回復することができない。雨水の濁りが坂に沿って流れると、大きな位置エネルギーは運動エネルギーに転化して、深刻な水土流失を招き、最後に深刻な土地石漠化を形成する。

4. 石漠化と生態環境

カルスト石漠化の地域に特有な水文地質地形環境は、一連の重大な生態環境問題を引き起こし、地域の社会経済の持続可能な発展に深刻な影響を及ぼしている。カルスト石漠化地域は、中国において農村貧困面積が最も広く、貧困人口が最も多く、貧困程度が最も深刻な地域となっている。以下に石漠化が引き起こす主な生態環境問題を挙げる。

1) 水土流失が深刻

土層が薄く、地表がでこぼこで、裸岩が多く、降雨量が少ないなどの原因によって、植生がまばらで、根系の土を固定する能力が弱まり、土壌の移動性が大きくなり、水土流失に有利な条件を作り出している。貴州の水土流失の面積は、50年代に全省の土地総面積の14.2%を占め、60年代に19.9%、80年代には28.4%を占め、90年代初期に $7.67 \times 10^4 \text{km}^2$ まで拡大し、全省総面積の43.5%を占めた。貴州は長江と珠江上流の分水嶺地帯に位置するため、毎年南、北盤江流域の年間土砂流失量は7135.6tに達し、烏江流域は $1.4 \times 10^8 \text{t}$ 、そして $1.1 \times 10^8 \text{t}$ が直接三峡ダムに入る。

2) 耕地面積の減少

土地石漠化はカルスト地域のきわめて貴重な土壌の大量流失を招く。それによって、土壌の肥力が下がり、土壌の水分保持の能力が低下し、穀物の生産高も低く不安定になってしまう。現在、貴州省の1人当たりの耕地面積は 853.34m^2 (元統計1人当たり 520m^2)しかなく、全国の基準の61.2%で、すでに国連が出した1人当たり耕地面積の警戒線より低くなっている。

3) 生態システムの退化

石漠化はカルストの水土環境要素の破損を招き、環境は生態間の物質エネルギーの転化を妨げ、植物の生息環境を悪化させている。これはカルスト生態系の多様化の減少と消失をもたらすだけでなく、カルスト植生が悪化した環境に適応するための変異を起こすため、カルスト山岳地帯の森林が退化し、地域の植物の種類が減少し、群落構造は単純化し、変異が発生する。カルスト石漠化の山岳地帯において、森林被覆比率は10%未満で、しかも大部分は乾生植物の群落である。例えば、藤本灌木、乾生高木灌木草地と多肉多汁植物などがある。植物集団の種類の一と数量の減少は、必然的に動物と微生物を希少化させ、生態系の多様性に深刻化な影響をもたらす。最終的に生態系を破壊し、退化速度を速める。統計資料によると、貴州省には高級植物は6000種以上、食用野生植物は500種以上、工業用野生植物は600種以上、薬用植物は3700種以上が生育しており、生物資源はきわめて豊富である。しかし、石漠化の進行と急スピードの拡張により、生態環境が脆弱になり、退化が深刻になり、大量の稀少な生物資源は毎年驚くべきスピードで消えている。

4) 水資源の欠乏

カルスト石漠化は植生が希少になり、地層が薄くなり、床岩が露出することを招く。それにより、地表の土壌の保水力が弱くなる。それに加えて、カルストの地表、地下の二重景観という地質構造により、水の浸出が深刻になる。浸透係数は高く、普通0.3~0.5になる。露出峰と低地のその係数は0.5~0.6に達する。このため、地下の河道は縦横に流れ、流量が巨大になり、逆に地表の水資源は希少となり、径流は少なく、井泉は枯れ、土地は非地帯性干ばつになり、人と鳥

獣は飲水難になる。例えば、貴州省では花江大峡谷の両側の住民は、飲用水と生活水の確保がすでに非常に困難になっている。

<コラム>石漠化地域における生活

六盤水から六枝に行く途中は、でこぼこな山道を通る。道の両側にある大部分の家屋は山石で築き、家屋の後ろは荒涼としている岩山で、山には岩が重なり合い、褐色の石灰岩は露出している。農作物は石の隙間のわずかなスペースで栽培され、土がなく、水が不足し、植生はきわめて希薄である。その土地では、ジャガイモとトウモロコシのみを栽培することが出来る。ジャガイモとトウモ



ロコシは山地の住民の主食である。途中、一戸の農家に遭遇した。低くて湿りけのある石の家は、約30度の傾斜地に建てられ、屋内はうす暗く、最も値打ちがある財産は色の見分けがつかない綿入れの掛け布団である。家屋には輝いてきれいな家具はなく、1脚の木の腰掛けもなかった。家



屋の主人銀髪国は、今年42歳で、「この地域の多くの農民の年収は、300元ぐらいしかない」と記者に言った。貴州省貧困扶助総合処処長羅有銘は、「貴州省の石漠化が深刻である74の縣市は、ほとんど貴州の50個国レベル重点貧困扶助県と20個普通貧困扶助県を独占する。石漠化が深刻な地方はすべて全省の最も貧しい地方である。」と述べている。

(出典：sina インターネット)

<コラム>開発による悲劇

貴州省の中央部にある安順市の南西 45km にある黄果樹瀑布は、幅 81m、落差 74m を誇り、中国最大といわれ、世界でも最も壮観な滝の一つである。黄果樹瀑布を見たすべての人はその氣勢に震え上がるだろう。しかし、ここ数年の間に壮観な滝の様子を見ることが出来る期間がますます短くなった。2001 年の「メーデー」ゴールデンウィークの時に、輝かしい名声の黄果樹瀑布は平均一日 12000 人以上の観光客を大変失望させた。いつもは飛瀑の急流が流れていた崖が、つるつるになり、「1 本の細い水、何行の澄んだ涙」と形容されるさびしい風景となっていた。宣伝された「5 里遠く隔てても、滝の音が聞こえる」の豪放さは全くなく、いわゆる「飛流直下三千尺、疑是銀河落九天」というロマンチックで雄壮な美しい風景もなかった。関連部門の紹介によると、その時期に、黄果樹瀑布上流の河水の流量は秒あたり 1 立方メートルしかなかった。流量が秒あたり 4 立方メートルのときに、滝のカーテンは、通常の 1/3 の量の景観が形成される。黄果樹観光景区は、瀑布を中心にして、周囲の 450 平方キロメートルは全て珍しいカルスト地形で貴州省で最初の国レベルの景勝地である。前世紀 70 年代以前、たとえ冬季の渇水期としても、黄果樹瀑布の水流量はかなり多かった。10 年前でも、春夏が交替する 5 月には、多くも少なくもない水量でも人々にその美しさを見せた。しかし、現在、毎年渇水期は約半年間続き、上流でダムを建設し、夜に蓄えて昼に放出しても、依然として根本的に問題を解決することができない。

以上の状況をもたらす根本的な要素は二つある。一つは、管理体制に関するもので長期にわたる不合理な生態系破壊のため、景勝地の建設と管理の混乱は日増しに際立っている。もう一つは、観光地域内に 3.5 万余りのプイ族、ミャオ族の農民が居住しており、開墾に必要な水量は年々増加し、人口負荷過剰と有効な管理の欠乏によって、水土流失を激化させ、石漠化も深刻になっている。

多くの専門家は、観光地域内のカルスト地形で封山育林を行い、小さい苗木がやせている土壌でゆっくりと成長することを待ったとしても、滝が直面する断流危機を解決することはできないと指摘した。黄果樹瀑布は珠江水系の北盤江支流打邦河の上流に位置する。ちょうどこの河の上流地域は、貴州省の生態破壊と石漠化現象が最も深刻な地域である。もし上流地域で広範囲に休耕造林と封山育林を行うことができないならば、滝の水量が年々減っている状況を阻止しにくいであろう。(出典：中国放送ネットワーク)

第5節 石漠化の管理

1. 植樹造林、休耕造林・造草プロジェクト

適用できる最新の科学技術の成果を強力に広め、その地に適した方法を取って、その地に適した木を選択し、適応性が強く、成長の速い優良な木の種類を選んで造林する。休耕造林プロジェクトは、生態建設の核心プロジェクトであり、25度以上の急な傾斜耕地に対して休耕造草ということを行って、不合理な土地利用と耕作方式を変え、林と草の植生を回復させ、林面積を広げる。これにより、水土流失と石漠化を効果的に抑制する。

2. 天然林の保護、封山育林プロジェクト

このプロジェクトとは、地域内の天然林と植生を保護することを通じ、生態系の多様性を効果的に維持し、生態環境の破壊を防ぐものである。それと同時に、人類の乱伐を防止することにより、水土流失と石漠化の形成を抑制することができる。封山育林は異なった植物に対し、十分に天然更新能力を促し、最大限にカルスト地域の特殊な環境を利用し、自然を更新・遷移させる。それにより、比較的に高い生物多様性を擁する植物群落を形成する。封山育林は長い期間を必要とするが、カルスト地域の植生の回復に極めて有益である。そのため、石山、半石山と白雲石山などの人工造林が困難である地域では、大規模に封山育林という措置を取るべきである。

3. 産業構造を調整し、その地に適した方法を取る

その土地の特有な地理、交通、水熱環境に考慮し、産業構造を調整し、現地の環境に適応する農作物あるいは経済作物を開発し、栽培する。また条件が悪く、傾斜度が大きく、水土流失が深刻である地域では、生態公益林を作る。条件が比較的に良く、平坦な傾斜地においては竹、薬草、果物、藤などの木の種類を選択し、果樹林、生態材木林、生態薬種林、生態雑木林などの経済林を作る。木の種類を選択するとき、十分に石漠化の厳しい土地条件の特徴を考慮する必要がある。旱魃に強く、痩せている土地に強く、成長期が短く、抵抗力が強く、高い経済価値がある木の種類を選択しなければならない。

4. 移住プロジェクト

この方法は石漠化がかなり深刻になり、生態環境が極めて退化している地域に適用する。移住プロジェクトを通じ、最大限に石漠化がもたらす利益損失を軽減することができ、住民の安全と財産を確保することができ、農村の貧困から脱却すること、社会の安定に寄与するところが多い。

5. その他

上述した方法は比較的典型的な管理措置である。この他にも、たくさんの実用的で経済的な方法で効果的に石漠化を防止することができる。例えば、「林・果樹・薬・食糧—ブタ・牛・馬・羊—メタンガス」、「サンショウ—ブタ—メタンガス」の普及、「林—草—食糧—果樹—放牧—薬—加工業」などの生態農業方式の結合することによる農村産業体系の創立、GISなどのハイテクを利用して異なった時期の石漠化の現状、分布、退化スピードなどに対して調査・監視を行うものである。

<コラム>石漠化地域の経済振興

貴州省花江県地域の石漠化問題は深刻である。土層が浅く、降雨量が足りない。ところが、熱資源が豊富で、地形条件が特殊であるため、この県は積極的に産業構造を調整し、スイカズラ、サンショウ、シクシャミツの種、ザクロなどの経済類の作物を栽培した。それによって、現地の石漠化の危害は大いに軽減され、土壌が侵食される面積はもとの 12.227t/km² から 8.819t/km² まで下がった。また農民 1 人当たりの年収は、780 元から 1500 元までに上がった。この方法に基づいて建設した石漠化総合管理基地は全国の同類環境管理の手本にもなった。

安順市水利局水保科課長劉詠琴は『新週新聞』の記者からの取材に対し、「ここ 10 年間、当地は石漠化の深刻な地域に対して、傾斜地を段々畑にし、果樹を植え、小型水利の工事の実施、メタンガスの池の建設などを行った。国は全部 250 万元の資金を投入し、11km² の地域に対する管理を完成させた」と答えた。

この管理工事による最大の変化は、村民の収益が大幅に上昇したことである。管理前、板貴郷の 1 人当たりの年食糧収穫は 150 キログラムで、年収入は平均 120 元しかなく、広く知られているほど貧しい地域であった。しかしながら現在では、管理された山はすべて青々と生い茂り、各種の経済林に覆われている。管理された村の約半分の農家は、新しく家を建てた。多くの農家は冷蔵庫、テレビなどの電器を買い入れた。また板貴郷の出稼ぎ労働者 4200 人のうち、郷里に戻って「就職」したのは約 3600 人である。

板貴郷と同じように石漠化の管理で著しい成果を挙げた地域として石板橋小流域がある。副県長によると、貧困人口は 1997 年の 3072 人から、764 人までに減少した。農民の 1 人当たりの平均収入も 651 元から 1800 元に増加した。(出典：『新週新聞』)

第 6 節 カルスト地形の開発と利用

カルスト地形は一連の生態環境問題をもたらすと同時に、プラスの効果ももたらす。我々はこの正の効果を軽視することはできない。景観生態学の角度からみれば、カルストの独特な地質地形環境は、大きい観賞性を有している。カルスト地域の岩石の形は奇異で、峰峰が聳え立っている。よくみられるカルスト地形には石芽、石林、峰林、カルスト丘などのカルスト正地形と、溝、洞窟、谷、乾谷、カルストくぼ地（カルスト盆地などを含む）などのカルストマイナス地形（地下カルスト地形には鐘乳洞、地下河、地下湖などがある）、そして、地表と地下を密接につなぐカルスト地形には立て坑、芽洞、天生橋などがある。カルスト地形は我々にとって美しい景色を作った。独特なカルスト地形があるからこそ、貴州、雲南、広西の観光資源が非常に豊かになっている。例えば、黄果樹瀑布、桂林山水、「天下一の奇観」「世界カルストの精華」と呼ばれる雲南石林、「この景色は天上にしかない」といわれた国家地質公園織金洞、中国一の美しい峰林「興義万峰林」、国際クラス風景名勝区の荔波茂蘭カルスト自然保護区、「外国人が行くべき中国の 50 ヶ所」に入れられた国家クラス地質公園中国最長洞窟「綏陽双河洞」、人間業とは思えないような天星橋風景名勝区などは、全てカルスト地形が私達生命のために作った最も貴重な贈り物である。

＜コラム＞貴州省の観光名所

国家クラスの荔波樟江名勝、世界人間と生物圏保護及び国家クラス自然保護区「茂蘭カルスト森林自然保護区」は、全て貴州省南部の荔波県境界内に位置する。広西環江、南丹県に隣接し、桂林—貴陽—昆明の三角形になる観光地の空白地域に位置する。荔波樟江名勝の総面積は273.1平方キロメートルで、小七孔風景区、大七孔風景区、水春河風景区と樟江観光地区から構成される。茂蘭カルスト森林自然保護区の総面積は213平方キロメートルで、典型的な生態科学普及教育と生態旅行の重要基地である。



漓江山水



黄果树瀑布

荔波樟江名勝の主体は、カルスト地形における樟江水系と広大なカルスト森林景観である。観光地域内に幾重にも重なり合った山々、溪流縦横、景物と景観が動静交互、柔中に剛ある。天然美と水、美玉、芽のプイ族、水族、ヤオ族とミャオ族などの少数民族と一体になる。同時、荔波は中国共産党一次大会の代表鄧恩銘の故郷で、鄧小平が指導した赤軍第七軍の革命活動の旧跡があり、そして古井、古墳群もある。

茂蘭カルスト森林は、広い原始森林である。国内外の専門家に「世界中のカルスト地形で一番よく保存されている緑色の宝石」と称される。神秘的なカルスト森林は、木、石、水、藤、喬、灌木を完璧に結び付け、大自然の不思議さを存分に表している。

観光資源の開発は、現地の経済発展をさらに大きく推進することができる。貴州を例にしてみよう。貴州省における観光業の総収入は、3年連続30%をこえるスピードで増加している。2006年の増幅は54%にまで達成した。旅行ランクは、過去の第26位から第10位に上がり、旅行業の総収入は380億元に達した。歴史上で貴州省の庶民は「一人当たり三銭の銀もない」と言われたが、現在、観光業が貴州省の一人当たり1000元近く稼ぐことに寄与している。



桂林象鼻山



馬嶺河峡谷

観光資源を開発すると同時に、カルスト地形を保護しなければならない。例えば、貴州織金洞風景区、馬嶺河峡谷、黄果树名勝及び屯堡文化などは中国国家自然遺産に入選された。ニュージーランドクライストチャーチで開催された第31期世界遺産大会で雲南石林、貴州荔波と重慶武隆の「セット」で申告した「中国のカルスト」（元の名前は「中国南方のカルスト」）も世界遺産名簿に選ばれた。

（出典：新週報）

＜課外活動＞

<p>課題9-4 石漠化を知るために、石漠化が起きている地域へ見学に行こう。</p> <p>準備するもの：筆記用具、ノート、カメラ</p>	
<p>1) 石漠化とはどのようなものですか？</p>	<p>2) 見学した場所、日時を書きましょう。</p>
<p>3) 石漠化の地区では、どのようなことが起きているですか？</p>	<p>4) 石漠化の現状について調べて見ましょう</p>

石漠化見学ルート {

- 興仁 → 関嶺 → 紫雲 → 貞半 → 望謨
- 六枝 → 水城 → 盤県 → 威寧

<p>課題9-5 貴州省の美しい自然について考えよう。</p>	
<p>1) あなたの好きな貴州の観光地を答えよう。</p>	<p>2) 1)で答えた場所で起きている環境問題について調べよう。</p>
<p>3) その環境問題を止めるには、どのような対策が考えられるでしょうか。</p>	<p>4) 一人一人が出来る環境対策としてどのようなことが考えられるでしょうか。</p>

第10章 持続可能な開発

ねらい：①生物種絶滅の危険はなぜどうして引き起こされたのかについて説明できるようにする。②なぜ、生物種の絶滅や生物多様性の減少が問題であり、種の保護が必要であるかについて説明できるようにする。③持続可能な開発とはどういう概念であるか、また持続可能な開発を目指して私たちに何が出来るのかについて考えよう。

第1節 これからの環境への考え方

1. 持続可能な開発とは

持続可能な発展の優先課題として世界が受け入れることを強く求めた項目は、経済成長である。これは、貧困による環境破壊によって発展途上国では多くの人々、生物が影響を受けている現実を受けて、先進国は発展途上国を支援し、技術協力などを行うことで環境対策事業を広める必要があると述べたものである。

また、地球を大切にすべきであると述べた。これは、地球の資源利用、投資のありかた、技術開発、社会の諸制度を見直し、地球を大切に、生態系と環境、発展を調和させる必要性を述べたものである。生活を豊かにすることだけを考えるのではなく、生活の質を地球環境保全に合わせながら、且つ持続的に発展して行くような質に変えていこうというものであり、世界に考え方の転換を求めたものである。

持続可能な社会というものは、環境容量の中に抑えるべきだと述べられている。人類が地球に与える負荷の大きさは、人口、1人あたりのエネルギーの消費量で決まる。その量が地球や生態系が循環する上で許容できる範囲を越えてはならない。環境には許容範囲があり、それを越えないように省エネルギー化に努める必要がある。持続的発展を目指した教育についても述べられている。持続可能な開発を進めるためには、人々の意識改革も必要となる。そのため、持続可能な発展のための教育の必要性が述べられている。

第2節 持続可能な開発への取り組み

1. 世界での取り組み

地球環境問題に大きく貢献したのは、1972年に開催された国連人間環境会議であり、ここで「人間環境宣言」がなされた。この会議を経て、1972年の国連第27回総会で「国連環境計画」(UNEP)が設立された。その20年後に当たる1992年にリオデジャネイロで開催された「環境と開発に関する国連会議」(UNCED：地球サミットともいわれている)で「気候変動枠組み条約」、「生物多様性条約」、「環境と開発に関するリオ宣言」、「アジェンダ21」および「森林原則声明」などが採択されている。これら一連の国際取り組みの基本的な考え方は、以下のようにまとめられている。

- ①人間生存の重視
- ②持続可能な開発
- ③各国共通の、しかし差異のある責任
- ④国連憲章および国際法の原則に基づく協力と責任
- ⑤予防原則：重大・不可逆的変化の恐れのある環境問題について、その原因の不確実性を理由に対応の先送りをしない
- ⑥環境倫理の確立
- ⑦環境汚染負担原則

これらの国際的取り決めを実行するためには、各国において国内法や規則の制定が必要であり、それはすべての人々に課せられた責任である。

2. 生態系と地球環境

生態系は全生物とその環境の総称であり、生物群集と無機的環境からなる。そもそも自然界を「無生物界」と「生物界」とに分けたのは、古代ギリシアの哲学者アリストテレスと言われる。一言で言えば、環境問題とは、生態系と人間活動をどう調和させるかという問いに他ならない。

1) 生物多様性

人間を含むすべての生き物は、ほかの多くの生き物と大気・水・土などで構成される生態系というシステムの中でお互いに関わりあいながら生きている。生態系が破壊され、遺伝資源の消失や大面積の単一人工林が病虫害によって壊滅的な打撃を受けたなどの報告がある。国連自然保護連合（IUCN）の「レッドリスト」によれば、2004年の時点で、世界では鳥類の12%、哺乳類の23%、両生類の32%が絶滅の危機に瀕しているといわれている。生物種が消えると、食物連鎖の一部が空白になり、その地域の生態系が変化する。また、熱帯雨林には世界の生物種の約40%が存在していると推定されているが、開発による熱帯雨林の減少は大きな問題となっている。このような生物絶滅の危機はなぜ引き起こされたのであろうか。その背景および原因を図10-1に示す。生態系多様性の減少は人間活動による自然破壊や環境汚染による犠牲である。

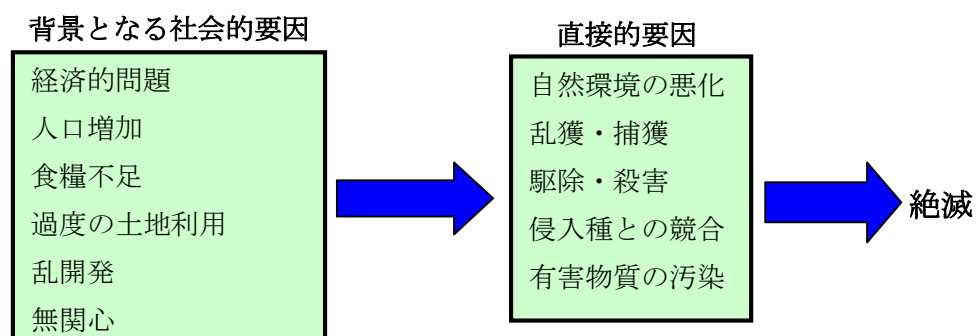


図 10-1 生物種の絶滅をもたらす原因とその社会的背景

生物多様性の確保は現在における人類の重要課題の一つとなっている。種の絶滅を引起す諸原因を解消するために各国の努力に加えて国際的な協力による取り組みが不可欠であり、現在すでにいくつかの二国間あるいは多国間で条約や取り決めが結ばれている。たとえば、1975年発効の「絶滅の恐れのある野生動植物の種の国際取引に関する条約」（ワシントン条約）、「水鳥の生息地

等として国際的に重要な湿地に関する条約」(ラムサール条約)、および1993年発効の「生物多様性条約」などである。現実には捕獲が禁止されている希少種の密売や商品の売買が後を絶たず、これらの実行には、市民の理解と協力なしには実現されない。

第3節 今後の課題

1. 持続可能な3原則

1987年ブルントラント委員会においてハーマン・デイリー教授が説いた持続可能性の三原則が提唱された。この3原則は簡単に言うと、循環不可能な要素を循環可能な要素で代替していく発想に基づいている(図10-2)。この報告書から「持続可能な開発」が定義され、組織や制度を越えた国際協力の必要性が求められた。

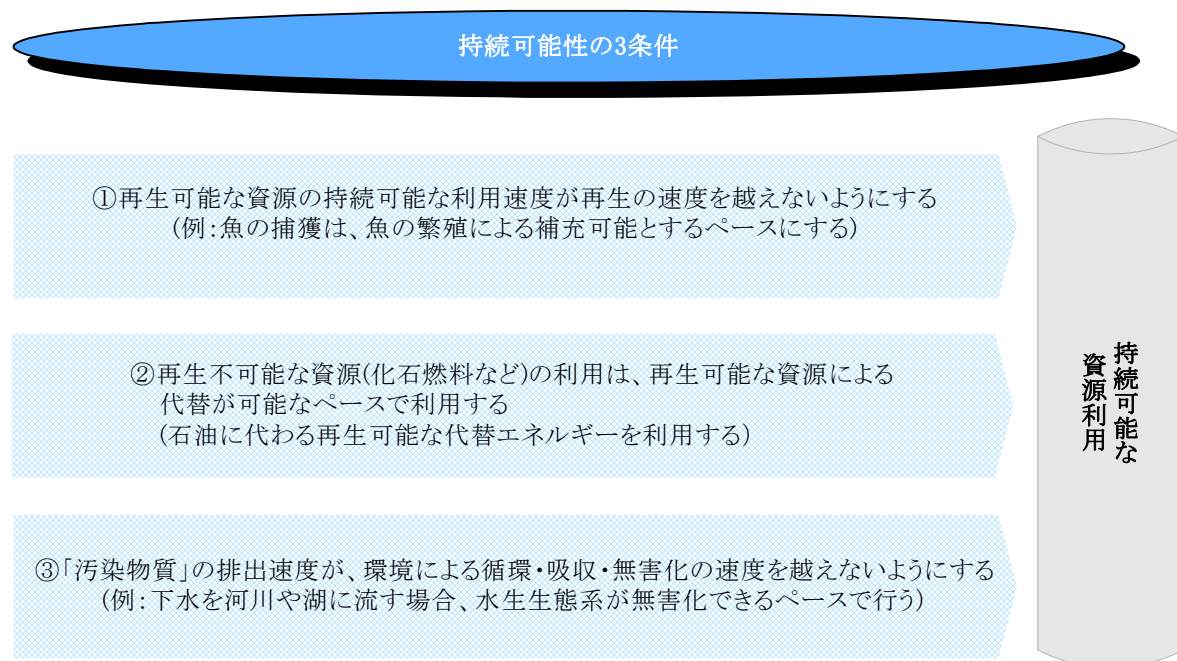


図10-2 持続可能な3原則

2. 未来に向かっての持続可能な行動

人類がこの地球上に出現したのは、数百万年前であり、人間も生態系の一員として必然化されていた。しかし狩猟採集民として生きてきた人類は自然環境を改変し、人工化した。社会基盤が農耕である限りにおいては、生態系のシステムの中に組み込まれそれほど大きな影響を与えていなかった。しかし、産業革命を契機とする石炭や石油などの化石燃料に依存した工業化は、自然生態系とはまったく異なったエネルギーや物質循環を形成した。この近代文明の負の遺産が、環境破壊や環境汚染である。人類も地球に生息する生物種の一つであるという視点から、複雑な生態系を守ることが個体群としての人類を含めた生物種を守ることであると認識して行動することが大切である。

20世紀後半から顕在化した地球環境問題は、人類の生産・消費活動の急激な増加によってもたらされた。環境悪化の被害は全人類に平等に降りかかるわけではなく、「環境弱者」に集中して降りかかりがちである。この観点から見れば、地球環境問題は「人権問題」でもある。この意味から、地球環境問題は単に自然環境から考えるだけではなく、社会問題として考えるべき問題でも

ある。現在地球環境を保全し、守るためにさまざまな条約や法規が作られているが必ずしも遵守されず、環境倫理確立が必要である。環境についてあらゆる認識や思想を統合し、倫理的・道徳的に適切な判断を導こうとする習慣は、社会も個人も日ごろから心がけるべきことの一つである。

先進国、発展途上国の持続可能な開発の足並みを揃える為に、開発・貧困解消と環境保全のために政府開発援助をどのように進めていくか、国境を越えた直接投資の基準や方法、環境保全を理由とした貿易制限など経済協力のあり方について抱える問題は大きく、難しいのが現状である。しかしながら、私達はその問題を世界中の国や地域と話し合い、地球の未来、私達の子孫のためにも持続可能な開発を進めていく必要がある。

- 課題のコーナー -

< 持続可能な開発について学ぼう >

課題 10-1 1992年にブラジルのリオ・デ・ジャネイロで開催された国連環境開発会議についての以下の内容を書籍、新聞、インターネット等で調べよう。 1) 環境と開発に関するリオ宣言 2) アジェンダ21
課題 10-2 個人で出来る持続可能な開発について考えよう。 1) 未来に美しい地球を残すためには、環境を守り、よくしていかなければいけない。生活の中で、環境保全をするために出来ることは何かがあるか。具体的に考えよう。 例：ゴミの分別を行い、リサイクルを積極的にする。雨水を溜め、農作物へ供給する。 など
2) 持続可能な開発について個人で出来ることを少しずつ広げていくことが出来れば、地球上が持続可能な開発をすることに繋がっていく。周りの人々に持続可能な開発について考え、行動してもらうために、何が自分たちに出来るか考えよう。 例：廃品回収などを地域で実施し、環境保全への取り組みを行う。など

参考文献・資料

- 1) 石川聡子 編著：プラットフォーム環境教育、東信堂(2007)
- 2) 二宮洸三 著者：気象と地球の環境科学（改訂2版）、オーム社（2007）
- 3) 今村光章 編著者、石川聡子、井上有一、今村光章、塩川哲雄、原田智代：持続可能性に向けての環境教育、昭和堂（2005）
- 4) 山口県環境生活部県民生活課、豊かな環境作り推進室：山口県環境学習プログラム（2000）
- 5) 左巻健男・平山明彦・九里徳泰編著：地球環境の教科書10講、東京書籍（2005）
- 6) 森脇 仁著：環境問題の基本がわかる本、秀和システム（2006）

本書の編纂に携わったメンバー

早川誠而：山口大学名誉教授

林 徳治：山口大学教授

张 崇玉：貴州大学教授

金 颖若：貴州大学教授

段 建军：貴州大学副教授

王 小利：貴州大学副教授

曾 峰海：江西師範大学

翻訳編纂

李 穎：山口大学大学院博士課程