

沙漠と沙漠化現象の一断面

石井 武政 (環境地質部)
Takemasa ISHII

1. はじめに

サバクという言葉を目にし耳にしたとき皆さんはどんな心象風景を描くでしょうか。ラクダにまたがり綱や塩を運ぶ隊商の列が進むシルクロードの世界あるいはアカバ目指してまっしぐらの『アラビアのロレンス』の映画シーンはたまた鳥取砂丘や浜岡砂丘のような砂山と風紋の景色。私もその一人ですが 森林農耕地帯に身を置き八百よらずの神々に囲まれた多くの日本人が抱くサバクの景観は 多少なりともロマンチックで ある種の郷愁とさえ重なるものようです。

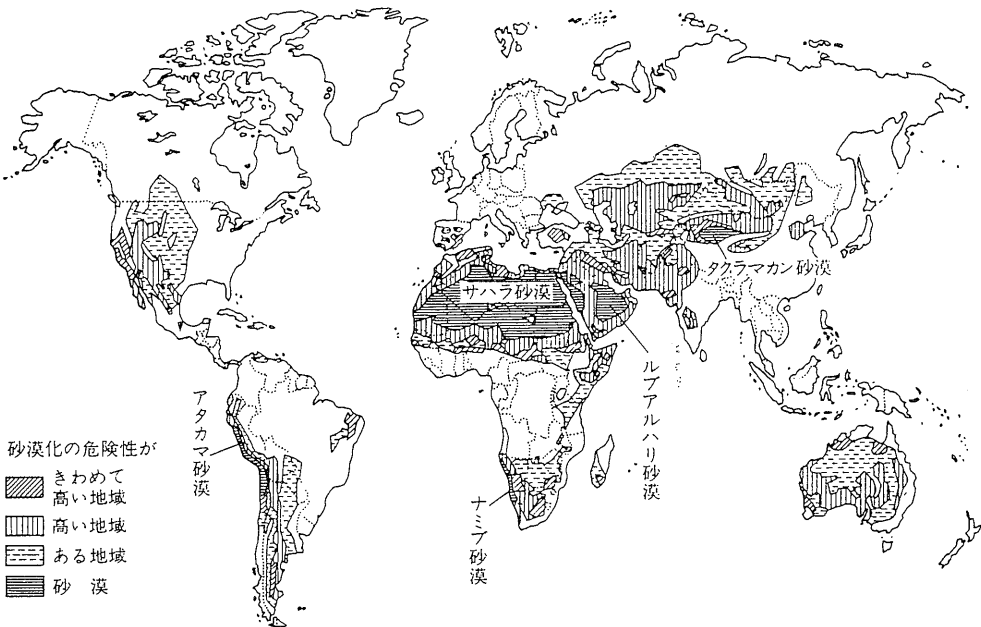
もう10年程も前のことサハラ沙漠の南縁部 (一般にサヘル地帯と呼ばれている)を訪れたことがあります。そのとき私に残ったサバクのイメージは 日の出とともに日中はガッカリするほど熱く夜半特に夜明け前は涼しく快適なこと 疎らな灌木と砂塵の向こうに確かに地平線があること 蠅や蚊がほとんどいなくなり代わりにサソリや蛇に出くわすこと 砂沙漠よりも岩石沙漠のほうが面積

的に広いこと そして水や草を求めて移動する遊牧民らがとても厳しい自然条件と闘いながら生活していることなどなどでした。つまりサバクはロマンチックとか郷愁とからは程遠く 見る前と後とでは全く世界観が180°変わるような現実そのものなものでした。

今このような過酷な沙漠地域が“沙漠化”という名のもとにその面積を拡げていて 世界的な関心を集めています (第1図 第1表)。拡大面積は毎年5万 km²とも6万 km²とも見積もられ 換算すればおよそ九州と四国を足したほどの陸地が年々緑を失い 砂に埋もれ 乾燥の世界に組み入れられているのです。しかも沙漠化の進行はここ10—20年に最も加速しているようです。

もともと全陸地の約3分の1は乾燥ないし半乾燥の気候下にありますが どうして沙漠地域が人々の目を見張らせ またそこで暮らしてきた人々の日常を脅かすほどに拡大を続けているのでしょうか。

本稿では沙漠の成り立ちとその拡大の原因を 幾つかの書籍・論文や新聞記事を基に紹介してみたいと思いま



第1図 沙漠化する地球 (石 1988の図18)。

第1表 世界の沙漠化の危険度別面積と既沙漠化面積 (科学技術庁研究開発局 1989の別添資料2). (単位: km²)

地域名	危険度極大		危険度大		危険度中		既沙漠化		計	
	面積	%	面積	%	面積	%	面積	%	面積	%
南米	414,195	2.3	1,261,235	7.1	1,602,383	9.0	200,492	1.1	3,478,305	19.5
北中米	163,191	0.7	1,312,524	5.4	2,854,273	11.8	32,638	0.1	4,362,626	18.2
アフリカ	1,725,165	5.7	4,910,503	16.2	3,740,966	12.3	6,177,956	20.4	16,554,590	54.6
アジア	790,312	1.8	7,253,464	16.5	5,607,563	12.8	1,580,624	3.6	15,231,963	33.7
オーストラリア	307,732	4.0	1,722,056	22.4	3,712,213	18.3	—	—	5,742,001	74.7
ヨーロッパ	48,957	0.5	—	—	189,612	1.8	—	—	238,569	2.3
計	3,449,552	2.6	16,459,782	12.2	17,707,010	13.1	7,991,710	5.9	45,608,054	33.7

す。なお本稿ではサバクの文字として“砂”漠ではなく“沙”漠を使用することにします。サバクは砂のみの世界ではなく字義どおり水が少なく乾燥した果てしない世界であるからです。

2. 沙漠の特質

地球の全陸地面積 $153 \times 10^6 \text{ km}^2$ のうち約3分の1に当る $48 \times 10^6 \text{ km}^2$ が乾燥-半乾燥地域で 荒っぽく定義すれば蒸発散量が降水量を上回る地域に相当します。ただし蒸発散するにはそれだけの水がそこにあるかどうか重要です。乾燥地域は水が乏しいわけですから一般的には水不足をきたしていない地表面からの蒸発散量を実験的に求めてこれを乾燥地域にもあてはめ蒸発散すればこれくらいになるという可能蒸発散量(推定値)を考慮します。ソーンズウェイトは世界各地の気象データを集め年間降水量が0のときに-100年間降水量が可能蒸発散量に等しいときに0とするという乾燥示数を設けて気候を分類しました。メイグスはこれを更に応用し気温と降雨期間を加味して乾燥地域を極乾燥・乾燥・半乾燥の三つに類型化しました(第2図)。ただしいづれにしても実蒸発散量(実際に蒸発散する量)は気温湿度風光植生など自然の様々な因子が関与して変化するものですから可能蒸発散量とは理屈の上でだけ成り立つものです。

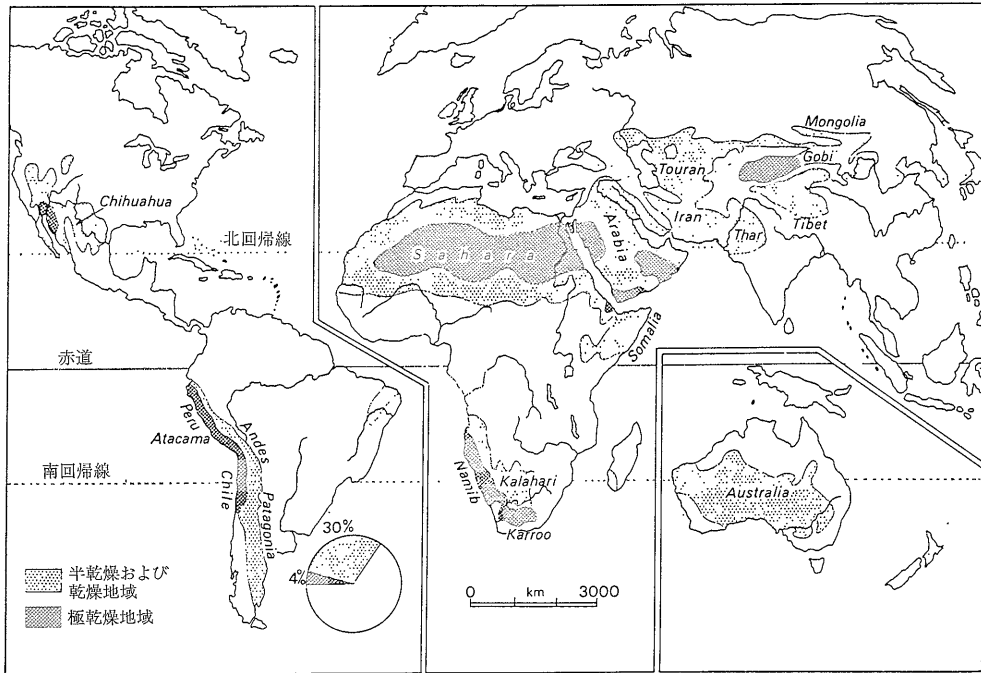
沙漠の気候を頭に想い描くときにはまず雨が余り降らないということを考えます。数年前に来日した中東からのある技術者は自分は傘を持ったことがない自動車にもワイパーはないと言っていました。でも全く雨が降らないわけではありません。沙漠にも河の跡はありますし洪水で死者が出ることも事実としてあります。ある沙漠のある場所である年100mmの雨が1日

だけあってそして向こう9年間一滴の雨も降らなかったと仮定してみますと その場所での10年間の平均降水量は10mm/年となります。沙漠地域では降雨に周期性や季節性がないのがむしろ普通でこのような統計学上の年平均降水量と実際の降水量との間の偏差(降雨の変動率という)が大きいことが一つの特徴です。降雨の変動率の分布(第3図)が沙漠の分布図(第2図)とよく一致することがお分かりいただけることと思います。

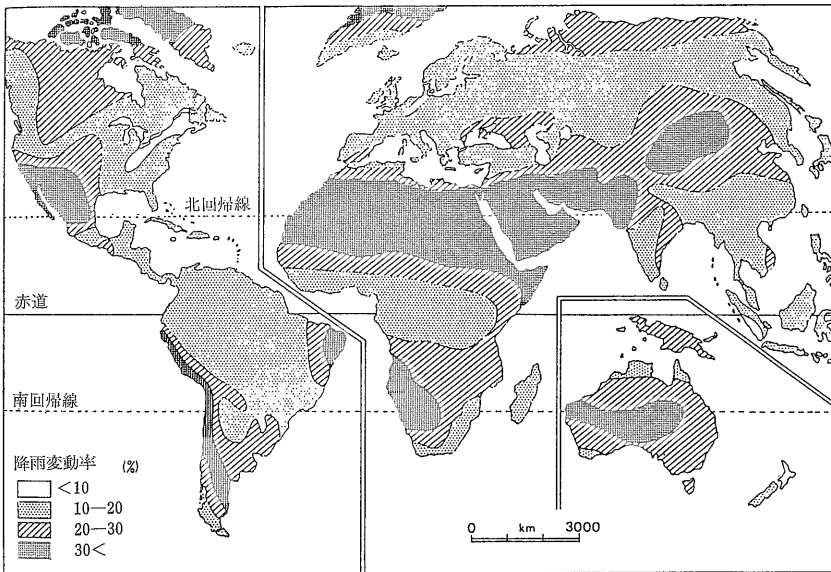
気温についてはその較差(日較差や年較差)が大きいことが特徴となります。特に内陸に分布する沙漠において較差が著しく明け方毛布が必要なくらいに冷え込んでも日中は体温を越える気温となることが珍しくありません。当然地表面や車のボンネットの温度も激しく変わり昼間には鉄板の上で半熟の目玉焼きができるほどに熱くなります。一方湿度は概して低く数%から30%程度です。湿度が低い分だけたとえ日中が猛烈に熱くても何とか我慢できるという按排(その分脱水症や日射病に注意が必要)です。でも海岸沿いの沙漠では湿度が100%近くになることもありまた未明に露が降りたり霧が発生したりすることもあります。

風も沙漠の気候を支配する重要な因子です。風向きや風力によって乾燥がより強調されたりあるいは気温を昇降させたり更に砂塵を舞い上げたりして気候のみならず地形や植生にも影響を与えます。サハラ沙漠南部で吹くハルマタンと呼ばれる風は熱砂を運ぶものとして恐れられています。

次いで光(太陽光線)の影響も無視できません。地表にまで到達した太陽光線のエネルギーは結果として地面を加熱する空気を加熱する水分を蒸発させるという三つの働きをします。蒸発させるべき水分は沙漠地域には最初からほとんどありませんのでエネルギーの大部分は地温と気温の上昇に使われます。沙漠では植生



第2図 メイグスの分類による世界の沙漠 (グーディー・ウィルキンソン 1987の図1).

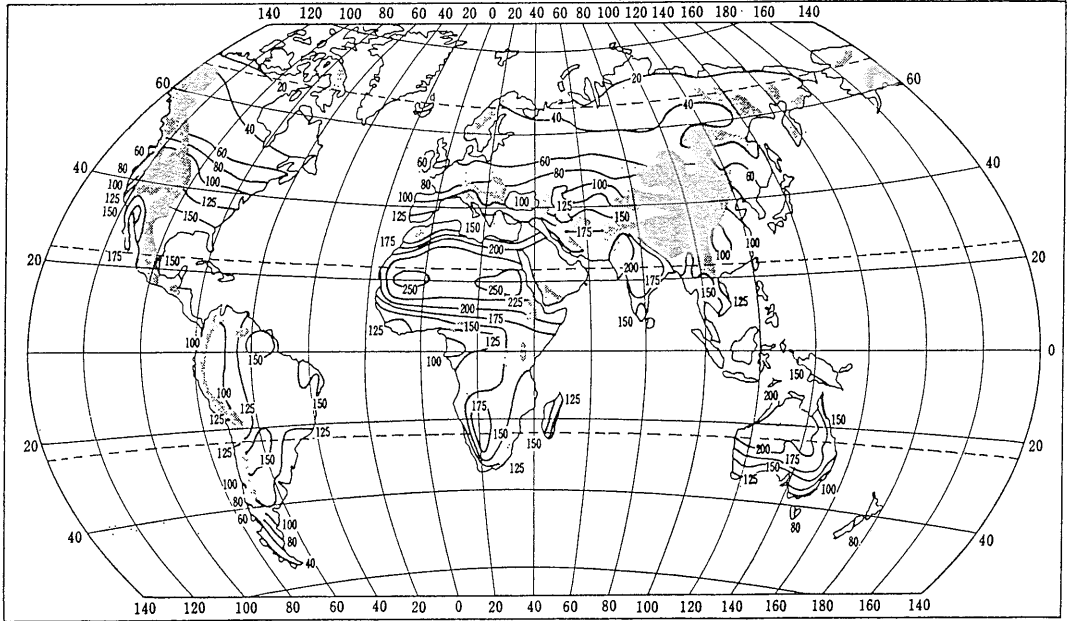


第3図 世界の降雨変動率 (グーディー・ウィルキンソン 1987の図4). 主要な沙漠における降雨変動率が30%を越えることに注意.

が乏しいため光のアルベド (反射能: 簡単に言えば入射量に対する反射量の割合) が樹林地帯よりも大きく したがって空気がより一層加熱されることとなります。

乾燥地域において仮に十分な水と 植生 (草地) があって蒸発散の現象が連続的に起こると (これが可能蒸発散量の定義です) 地表面の植生からまずアルベドが変化し

空気の加熱状態も変化し 雲の量も変わると予想されます。したがって蒸発散量の値そのものも変わり 例えばサハラ沙漠での年間 2,000mm を越す可能蒸発散量 (第4図) は期待できないものとなります。このことはもし現在のサハラ沙漠がかつて「緑のサハラ」と形容された時代のように草原で覆われているならば 今ほど



第4図 世界の可能蒸発散量の分布(権根 1973の図28). 数値の単位は cm/年.

厳しい自然条件ではなくなるということを表しています。

3. 沙漠の自然的発生要因

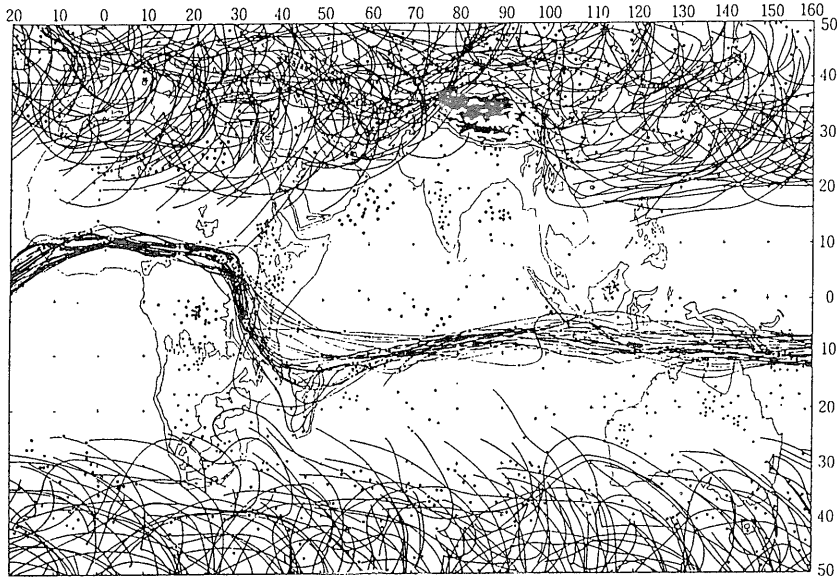
第2図を見て既にお気付きのとおり 沙漠あるいは乾燥地域は一定の規則的な分布をしていることが解ります。赤道を挟んで北半球・南半球ともに大体緯度10°-50°の範囲で しかも大陸の東部よりはむしろ西部に広がっています。北半球ではアフリカのサハラ 中東のルプアルハリ 中国のタクラマカンやゴビ 北アメリカのモハベなど 南半球ではアフリカのナビブやカラハリ 南アメリカのアタカマ オーストラリアのグレートビクトリアなどが代表的な沙漠です。

沙漠とは可能蒸発散量が降水量を上回っているところですから 沙漠の基本的な成因は気候条件に求められます。しかし気候は地形や海流 大陸配置 地球上での位置などに左右されます。そして長い(数万-数10万年のオーダー) 目でみると 海水準の変動 すなわち大陸氷河の消長の影響を受けています。大陸特に欧州や北アメリカに氷河が厚く継続的に存在した時代である氷期とその間に挟まれた間氷期が繰返した原因については諸説ありますが 太陽と地球との位置関係や地球の“ゆらぎ”に基づくミランコビッチの説明が現在評価を得つつあるようです。

3.1 沙漠と雨

沙漠地域は一般に まれにしか雨が降らないところで す。雨がさほど降らないから乾いている 草木もなかなか育たない。では逆にどのような地域に降雨があるのでしょうか。雨は空気中の水分(水蒸気)が上昇して凝結し ある程度の大きさの水滴にまでなった結果降ります。空気の上昇は 例えば 1)地上の空気が太陽熱に暖められたとき 2)風が立ちほだかる山脈に行く手を遮ぎられたとき あるいは 3)気温の異なる二つの気団がぶつかったときなどに起こります。これら上昇する空気に水蒸気が含まれている場合には降水の確率が高くなります。夏の入道雲と驟雨は1)のケース 冬の日本海側の山雪は2)のケース 梅雨や秋雨は3)のケースに入ります。

さて梅雨や秋雨のシーズンになると梅雨前線とか秋雨前線という言葉をよく聞きます。この前線とは二つの性質の違う気団の境界が地(海)面と接するところを意味していますが 前線が発生しやすい地帯を気象学では前線帯と呼んでいます。当然のことながら前線に沿っては大気が不安定で 結果として前線帯には雨が多く降ることになります。第5図を見て下さい。この図は1か月間の毎日の前線の位置を重ね合わせたもので 前線帯とそうでないところがかなり明瞭に区分できることが分かります。アフリカのサハラやナミブ アラビア半島南部 オーストラリアの中央部など 沙漠を抱える地



太線：前線，細線：収束帯，白丸：高気圧の中心，黒丸：低気圧の中心

第5図 1か月間の前線の分布 (鈴木 1978の第2図).

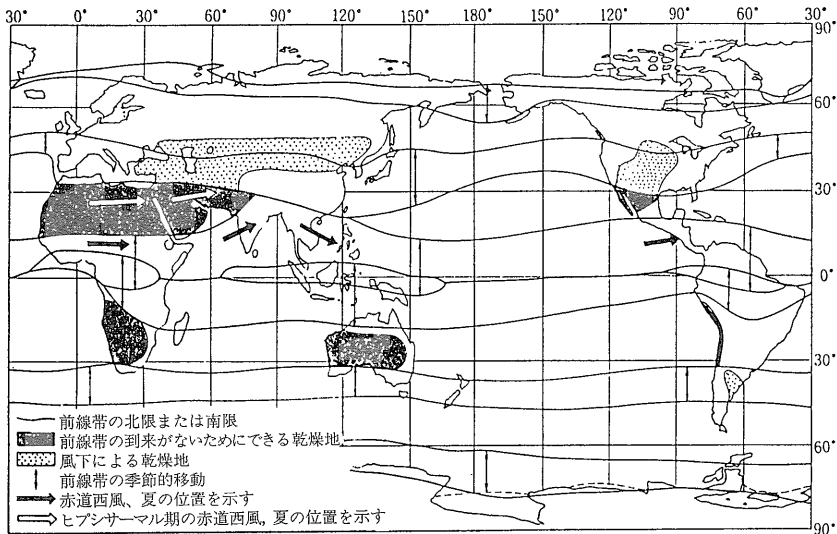
域にはほとんど前線の活動が及んでいません。

南北両緯度の20-30°の地域には亜熱帯高気圧がほぼ安定して居座り 北半球では北からの 南半球では南からの前線の進入を阻んでいます。この亜熱帯高気圧のもとでは下降気流が卓越して雨がなかなか降りません。

また亜熱帯高気圧の縁を北半球では北東貿易風が 南半球では南東貿易風が吹いて それぞれ赤道付近でぶつかり合う格好になります。ところが赤道付近には貿易風とほとんど反対方向に吹く赤道西風というものが存在することが明らかになりました。したがって正確には貿易風どうしがぶつかるのではなく 貿易風と赤道西風が

ぶつかっているのです(これを収束帯と呼ぶ)。赤道西風は小さな流れですが 非常に湿っており 山があって上昇すればすぐ雨を降らせるとい性質をもっています。第6図の黒矢印で示されたとおり 赤道西風はサハラ沙漠南縁からエチオピアやインドを経てインドシナに達しそれぞれの地域に夏モンスーンの雨をもたらしています。

湿った空気が上昇することが降雨の基本的な条件ですから ただ空気が湿っているだけでは雨は降りません。実際に紅海沿岸のアラビア半島は湿度が相当に高いのに雨が降りません。またナミブやアタカマのような海岸



第6図 前線帯と沙漠の分布 (鈴木 1978の第1図).

沙漠においても湿度が100%になって霧が発生することはあっても雨にはなりません。山があるとか前線が通過するとか とにかく上昇気流が起こることが必要なのです。一方 湿った空気が山脈で雨や雪を降らしたあとの風下側はどうでしょうか。冬の日本の天気予報の決まり文句「日本海側は雪か時雨 太平洋側はカラカラの晴天が続くでしょう」を思い出して下さい。山脈や山地の風下側は乾燥します。このような常に山脈の風下側であって乾燥している地域としては 中国のタクラマカンやゴビ 南米のパタゴニア アメリカ西部の沙漠などを挙げる事ができ いずれも中緯度偏西風と呼ばれる西風によって乾燥化しているところです(第6図参照)。

3.2 沙漠と太陽と氷河

地球の各地の気候及び気候変化は もととと言えば太陽の放射エネルギーに支配されています。地球が受け取った太陽エネルギーは大気や海水の動きとともに伝播分散されていきます。地球と太陽との距離 地表面と太陽光線とのなす角度 地球の自転 大陸と海洋の配置 これらが全て地上の気候に影響を与えています。

空気中の水蒸気が一定して少ないところは普通乾燥しています。ですから大陸奥地の海から遠い場所は近い場所よりも乾燥化しうる条件を備えています。しかし南米のアタカマやアフリカ南部のナミブのように海岸地帯に沙漠があるのも事実です。これにはどうも冷たい海流や湧昇流が関係しているようです。また地質学的に長い時間(数百万-数千万年のオーダー)でみると大陸は分裂したり移動したりしています。このことは大陸と海洋の分布が過去には現在と異なり したがって気候も相当異なっていたことを意味しています。

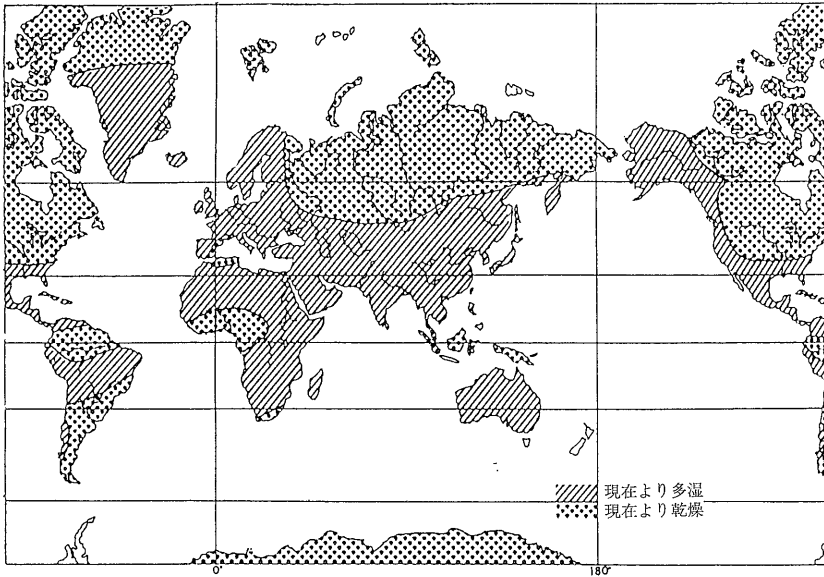
もう少し短い10万-数万年のオーダーでみますと 地質学で第四紀と呼ばれる時代の後半 およそ70万年前から現在までにかけては氷期と間氷期が繰返し起こっています。ミランコビッチは 地球の公転軌道の離心率の変化(9.3万年周期) 地軸の傾きの変化(4万年周期) 及び歳差運動(2万年周期)の合成から 地球が受け取る太陽エネルギーの周期的変動を説明しました(本誌 p.48第2図参照)。離心率が大きいとは地球の楕円軌道がより扁平になること 歳差運動とは回転する独楽のゆれと同じであると覚えて下さい。陸地の大部分が分布する北半球が夏至の頃 地球が太陽から最も遠く かつ北半球高緯度地域の受ける単位面積当りの太陽エネルギーが極少になるように地球の傾きが最も小さいとき 北半球上の大陸に氷河が成長し寒冷化が進行すると説明できます。そして一旦地表面が氷で覆われると先に述べたアルベド(反射能)が大きくなり 地表はますます冷えていくこ

とになります。ただし寒冷化は緩慢に進んで氷期はおよそ8-9万年続き 反対に温暖化は急速に進んで間氷期はおよそ2万年続きます。このサイクルが70万年前以降7回あったことが確認されていて 現在の地球は間氷期のヒブシサーマル(高温期のことで縄文時代に起こったことは立証されている)を過ぎてから大体5000-6000年が経過しています。

最終氷期最盛期の2万-1万8000年前の地球は平均気温が現在よりも2-3℃(場所によっては10℃前後)低く 海水準は今よりも80±5mほど低いレベルにありました。最終氷期には南極大陸と北欧や北米大陸北部は厚い氷河に閉ざされていましたが その他の地域の大部分には氷河はなく むしろ沙漠と森林が少なかった代わりに草原が広がっていたとみられています。世界で現在最も広大な面積をもつサハラ沙漠はこの最終氷期の時代に消滅し「緑のサハラ」と形容される 恐らく当時の人類にとっては生活しやすい快適な地帯であったと想像されます。気候学の観点からは「緑のサハラ」をもたらしたのは 北からの前線帯の南下と南からの収束帯の北上が合わさって降水量が増加したためと考えられています。日本でいう縄文時代前期に当る約6000年前頃 世界は後氷期のヒブシサーマル(ヨーロッパでは最適気候を意味するクライマチックオプチマムと呼ばれた)の時期を迎えました。現在よりも気温は平均して2-3℃高く 海水準は3mほど高い位置にありました。この時期も中緯度地域の多くは現在に比較して多湿の気候下にあり(第7図) サハラは再び緑に覆われていたことが判明しています。ナイル チグリス・ユーフラテス インダス 黄河の各流域の4大文明発祥地が今よりも多湿の環境にあったことも注目されるべきでしょう。インダス文明のハラッパ遺跡に排水溝が見つかっているのも雨の多さを物語る証拠です。ヒブシサーマルの高温期には蒸発散量が大きかったとみられますが それを上回る降水量が赤道西風すなわち収束帯の北上に起因してもたらされたと考えられています。

4. 沙漠化と現代人との係わり

これまで沙漠の特質やその分布及び沙漠化を促す自然的な要因について述べてきました。沙漠は現在の環境下ではあるべきところにあり また地史の上では地球的な環境変動に伴い 少なくとも第四紀後半に10万年単位のサイクルで発生と消滅を繰返ししてきました。気候学や地質学 地球化学 考古学 植物学などの調査研究を総合して沙漠化の自然的なメカニズムはおおよそ判明してきています。しかし沙漠化をもたらすのは何も自然



第7図 ヒプシサーマル期と現在との土壌水分状態の比較 (大嶋 1989の図2).

的な要因のみではありません。そこで次に 考えようによってはずっと深刻な側面をもつ人為的な要因について触れてみることにしましょう。

4.1 文明の後に沙漠が残る

ここ 10-20 年ほどの間に“宇宙船地球号”に対して様々な警告が発せられています。それは人間活動の影響は人類のみならず地球全体に及ぶという危機意識に則ったローマクラブの「成長の限界」宣言 (1971年) に始まるというよいでしょう。以来 資源の消費・枯渇と廃棄物の排出また公害問題などに絡む指摘は多分に先進国向けられてきました。現在でもその基本の構図は余り変わってはいません。単純な図式では原因者と被害者がいて その根源を絶ちかつ自然界に自浄と回復の能力が残されていれば 問題の程度は軽減していく方向にあります。しかし指摘の多くが先進国向けられているとは言っても 現状は以前に増してずっと複雑で深刻であり しかも極めて“人間的な”要素をも含むという事態です。事態を引き起こした原因者が同時に被害者になり 被害を一方的に受けていると主張する人々もまた一方で原因者の構成メンバーであったりしていますのです。以下少しずつ事例を追ってみることにします。

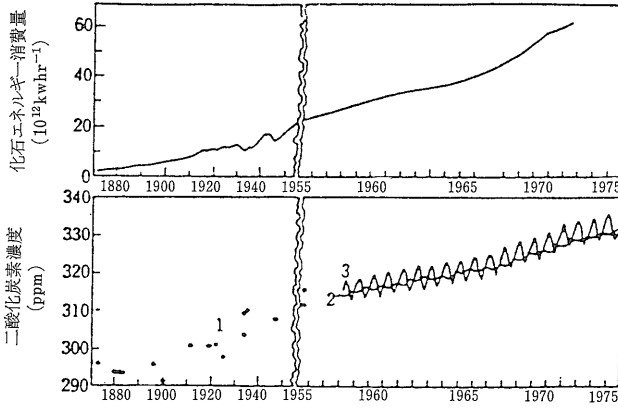
世界における農耕の始まりは西アジアでの 1 万 1000 年前にあると言われています。狩猟採取の生活から定着して農業を営むようになり 人間は次第に自然をいじり始めました。自然改変の規模が小さく人口も少なかった時代の農業は全く天候に支配されたもので 人間の活動は環境に負担を与えるほどのものではありませんでした。しかし中央集権的な都市国家の誕生とともに ま

ず人間は森林に過重な圧力を加えることとなりました。それはおよそ 4000 年から 5000 年前のこと (日本では弥生時代における稲作が始まる 2200 年前くらい) と考えられます。エジプト エーゲ クレタ ミケネの各文明は相次いで起こりまた滅びましたが そこには気候自体の変化と樹木の乱伐があったと言われています。「文明の前に森があり文明の後に沙漠が残る」とはけだし名言ではないでしょうか。

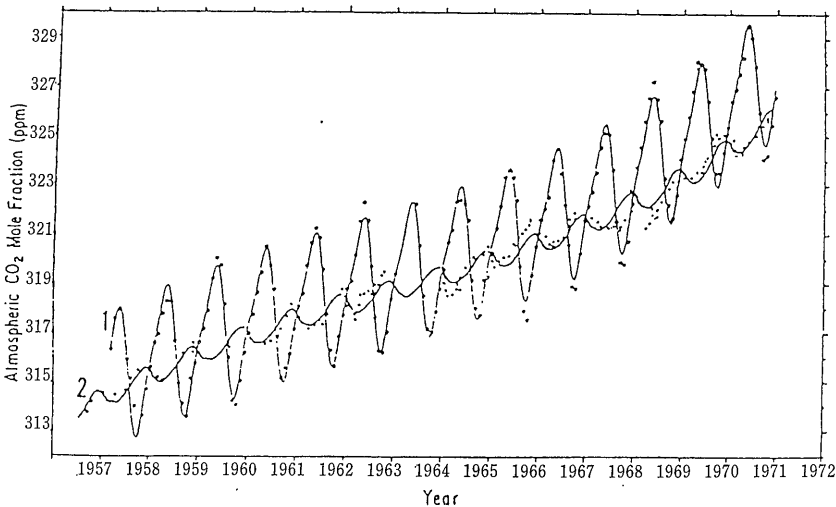
4.2 温室効果ガスの増加

話を一気に近代から現代に進めましょう。その手始めは産業革命以後の大気中の炭酸ガス濃度の増加問題です。第 8 図と第 9 図に示されたとおり 地球の炭酸ガス濃度は確実に増えています。19 世紀の終わり頃は炭酸ガス濃度は 290ppm くらいでしたが 今では約 350ppm にまでなっていて 石炭などの化石燃料の使用量の増加にほぼ比例しています。これが地球を温暖化させる主役の温室効果ガスの一つであるとして注目を集めているわけです。主流となっている見解では 炭酸ガス濃度が現在の 2 倍に達したとき 地球の平均気温は 3.0 ± 1.5 °C 上昇するそうです。これだけの温度上昇はちょうどヒプシサーマル期の地球環境に匹敵しています。地球が本当に温暖化していったときどのような現象が起きるか 確実な予想は難しいのですが ここにも地球科学の果す役割が相当に大きいことを痛感します。

さて炭酸ガス濃度の増加や温室効果問題の行く末については別の議論に譲り ここではもう一度第 9 図をながめてみることにしましょう。ハワイのマウラノアで継続観測されている炭酸ガス濃度の測定値には明らかに季



第8図 過去100年間における地表付近の二酸化炭素濃度と化石エネルギー消費量の推移 (工業技術院産業公害研究総合推進会議企画委員会 1988のp.18の図4)。



第9図 ハワイ島マウナロア(1)と南極点(2)における二酸化炭素濃度の経年変化 (工業技術院産業公害研究総合推進会議企画委員会 1988のp.19の図5)。

節的な変化が認められます。つまり毎年毎年 北半球の冬の終わりから春先にかけて炭酸ガス濃度は極大値に達し、そして夏の終わりか秋の初めに極小値を示しています。南極点の測定値にも周期的な変化があり、ここでは南半球のやはり冬の終わり頃に極大値が、夏の終わり頃に極小値があります。これは温帯地域の落葉樹など季節に応じた生命活動を繰返す植物の「脈動」パターンに一致し、植生の勢いが盛んな季節には炭酸ガス濃度は減少するという事です。炭酸ガス濃度の減少とはこの場合、大気中の炭酸ガスが植物の体内に固定されるということを意味しています。

4.3 沙漠と熱帯降雨林

植生は炭酸ガス濃度の変化一つをとってみただけでも重要なものです。従来、森林は建築材料や燃料あるいは紙パルプの原料など物質資源としてのみ扱われてきた感がありますが、実は環境資源(環境を調節する機能)の側面をもつ存在であることに十分な注意が払われるべき

でしょう。では森林のうち通年繁茂し、最も炭素の貯蔵量が多いとみられている熱帯降雨林(第2表)は今のどのような状況に置かれているのでしょうか。

熱帯降雨林は赤道に沿う一帯にかつてはまさにグリーンベルトとなっていました。しかし一説によれば100年前には地球上に約16億haあった熱帯降雨林が今では9億haにまで減少してしまっただけです。その原因には大きく分けて、焼き畑農業による破壊と大規模な伐採による破壊の二つがあります。伝統的な焼き畑農業では一度火を放った森林地域は2-3年の間耕作し、次いで後の10-20年は植生が回復するまで放置しておきます。この農耕システムは最近では土地をもたない農民の流入などでほとんど崩れてしまい、森林は次々に焼き討ちの憂き目にあっています。

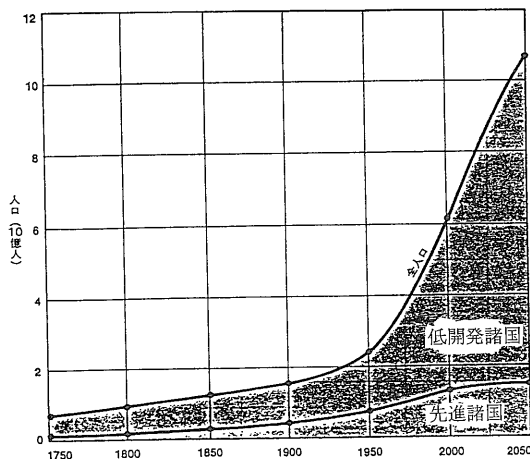
破壊された降雨林はなかなか元には戻りません。破壊の背景には途上国での爆発的な人口増加(第10図 第3表) 食糧難、穀物栽培農業から現金収入を求めている換金

第2表 主要植物群落の炭素収支
(ウッドウェル 1978 の p. 28の表).

	面積 (10 ⁶ 平方キロメートル)	総一次生産量 (炭素量, 10 ¹² グラム/年)	植物の呼吸量 (炭素量, 10 ¹² グラム/年)	
熱帯多雨林	17.0	16.8	344.0	
熱帯季節林	7.5	5.4	117.0	
温帯常緑林	5.0	2.9	79.0	
温帯落葉林	7.0	3.8	95.0	
亜寒帯林	12.0	4.3	108.0	
低木林	8.5	2.7	22.0	
サバンナ	15.0	6.1	27.0	
温帯草原	9.0	2.4	6.3	
ツンドラ, 高山草原	8.0	0.5	2.3	
砂漠低木	18.0	0.7	5.9	
岩石, 氷原, 砂漠	24.0	0.03	0.2	
農耕地	14.0	4.1	6.3	
沼沢, 沼沢林	2.0	2.7	13.5	
湖沼, 河川	2.0	0.4	0.02	
全陸地小計	149.0	52.8	826.5	
外洋	332.0	18.7	0.45	
湧昇流域	0.4	0.1	0.004	
大陸棚	26.6	4.3	0.12	
漁場, さんご礁	0.6	0.7	0.54	
河口域	1.4	1.0	0.63	
全海洋小計	361.0	24.8	1.74	
世界合計	510.0	77.6	828.0	

作物農業への転換 土地所有制度の矛盾 (少数の大地主と多数の小作人及び土地の囲い込み) など 政治・経済・社会的側面と 更に思いのほか脆弱な熱帯降雨林の生態系があります。 熱帯降雨林地帯の土壌は薄く しかも高さ30mを越すような巨木でもその根はわずか1mほどしかないそうです。

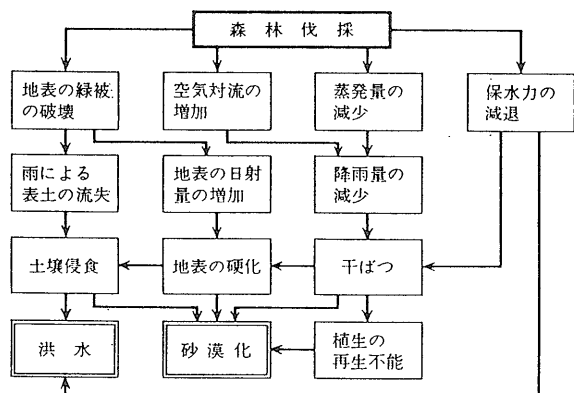
樹木は地元の人々が薪燃料用に切り出すほかにもっと



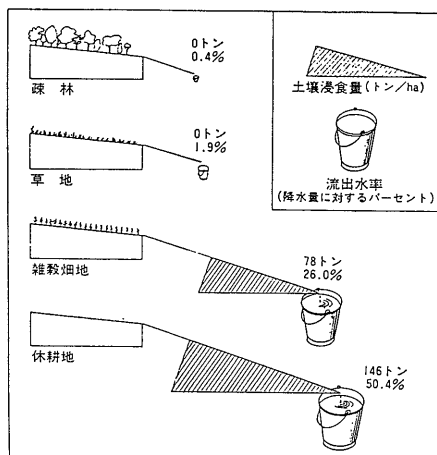
第10図 “人口爆発” 曲線 (キーフィッツ 1976 の p. 11 の図).

第3表 主要国の静止人口予測 (ブラウン 1988 編の表 2-2).

国	1986年の人口	年間増加率	静止人口達成時の人口規模	1986年の人口との比較	
	(100万)	(%)	(100万)	(%)	
増加の緩慢な国	中国	1,050	1.0	1,571	+ 50
	ソ連	280	0.9	377	+ 35
	アメリカ	241	0.7	289	+ 20
	日本	121	0.7	128	+ 6
	イギリス	56	0.2	59	+ 5
	ドイツ	61	-0.2	52	- 15
増加の急激な国	ケニヤ	20	4.2	111	+ 455
	ナイジェリア	105	3.0	532	+ 406
	エチオピア	42	2.1	204	+ 386
	イラン	47	2.9	166	+ 253
	パキスタン	102	2.8	330	+ 223
	バングラデシュ	104	2.7	310	+ 198
	エジプト	46	2.6	126	+ 174
	メキシコ	82	2.6	199	+ 143
	トルコ	48	2.5	109	+ 127
	インドネシア	168	2.1	368	+ 119
	インド	785	2.3	1,700	+ 116
ブラジル	143	2.3	298	+ 108	



第11図 森林破壊の影響 (石 1988の図10)。



第12図 タンザニアの半乾燥地域における地表植生別の土壤浸食率 (グーディー・ウィルキンソン 1987の図29)。

大規模にかつ激しく伐採され続けています。紙パルプ原料として建築材料として果ては棺桶資材としてまで更にハンバーグ用の牛肉を賄う目的で牧場を造成するために乱伐されているのです。多くは先進国からの需要を満たしそして途上国の外貨獲得の手段に熱帯降雨林は痛められています。伐採の跡地に熱帯の強い雨が降るとたちまち表土は有機質とともに洗い流され陽が射せばコチコチの堅い地表に変わってしまいます。台地や山地の斜面では保水能力の急速な低下が重なり雨は鉄砲水のごとく溢れだして土地は不毛の地に荒廃していきます (第11図 第12図)。

ある意味では炭酸ガスの増加は化石燃料の使用量拡大のみに比例するのではなく森林の荒廃と森林面積の減少にも深く係わっていて同時に現象面からみると沙漠は熱帯降雨林地域にも生まれていると言えます。もともとの沙漠の縁辺地域の現状は推して知るべきでしょう。人口の増加 難民の流入 過放牧 農業構造の転換 立木の伐採 管理されていない灌漑 しばしば襲う早ばつと大洪水 土壌の流出などが全部相乗して沙漠はますます周囲に拡大しています (第4表 第5表)。

5. アースシステムの複合破壊-あとがきに代えて

沙漠と沙漠化機構の一端についてこれまで述べてきました。沙漠が拡大していると言で片付けてもそこには実に複雑多岐に亘る原因・背景があります。メカニズムを追及するだけで学問領域を網羅的に総合することが必要です。その上国際政治の舞台上で検討されるべき南北問題・東西問題などが絡んでいます。何故途上国を中心に人口が爆発的増加をしているのか 何故先進国では消費がますます増えているのか 食糧・エネルギー・海洋と大気・飲み水などなどの将来は大丈夫なのか事態の深刻さに慄然とする思いです。

沙漠化現象はアースシステムの破壊の一断面に過ぎません。乾燥地域では動物の排泄物は貴重な燃料になっていますが 乏しい植生をも少しでも豊かにしていこうとすれば 本来は有機質肥料として大地に還元すべきものかもしれません。そういうことが出来ないほどに悲観的な状況です。

沙漠化をくい止める試みや未開発地域の振興計画は各地で行われていますが 短期的な成果を狙ったものはほとんど無残な目にあっています。ナイル川の水を塞ぎ止め灌漑農業に革新をもたらそうとしたアスワンハイダムは結果的に大失敗でした。ブラジルやインドネシアで過剰な都市人口を地方に分散させようとしているプロジェクトは かえって植生の破壊や沙漠化を引き起こして困難な状況に陥っています。地球が患っている症状についての病理学的所見を見落とした対策技術や政策判断は 逆に患者を一層悪化させてしまうことがあります。

第13図にアースシステムが患っている病気のカルテを图示してみました。沢山の病が併発してそれぞれの病気が他の病気と結び合っています。既に潜伏期間はどうの昔に過ぎて満身から精気が消えつつあるようです。アースシステムの破壊をこれ以上進めないためには まず健康であった頃の状態はどうであったかを正しく見極めることが大切です。かつての人間と自然との係わり合い 人間も生態系の一員であるとの謙虚な姿勢 アースシステムはどこか一つあるいはどれか一つが欠けても狂い始めるまさに全体として一つの系であるとの認識 このようなことを一人ひとりが考え直していくことが肝要でしょう。

直ちに施さなければならない処方の一つは緑の再生と

第4表 乾燥地の地域別・土地利用別の農村人口と被沙漠化人口
(科学技術庁研究開発局 1989の別添資料3).

(単位：百万人)

地 域	放牧農地		降雨依存農地		灌漑農地		計		
	全人口	沙漠化人口	全人口	沙漠化人口	全人口	沙漠化人口	全人口	沙漠化人口	比率(%)
アフリカ	30.0	26.0	99.5	80.0	11.0	3.5	140.5	109.5	78
アジア	21.5	16.5	85.0	56.0	147.0	50.0	253.5	122.5	48
オーストラリア	0.2	—	0.3	—	0.1	—	0.6	—	—
地中海ヨーロッパ	4.0	2.0	40.0	12.0	6.0	1.5	50.0	15.5	31
南米・メキシコ	5.5	4.0	31.0	22.0	7.0	2.5	43.5	28.5	66
北米	4.0	1.5	6.0	2.0	4.0	1.0	14.0	4.5	32
計	65.2	50.0	261.8	172.0	175.1	58.5	502.0	280.5*1	
沙漠化人口比率(%)	(77)		(66)		(33)		(56)		
各農地間比率	18		61		21		100		
深刻な沙漠下の人口	65.2	25.0	261.8	90.0	175.1	20.0	502.0	135.0*2	(57.0)*3
同上比率	(38)		(34)		(11)		(27)		

*1 都市生活人口を加えると4億7800万人

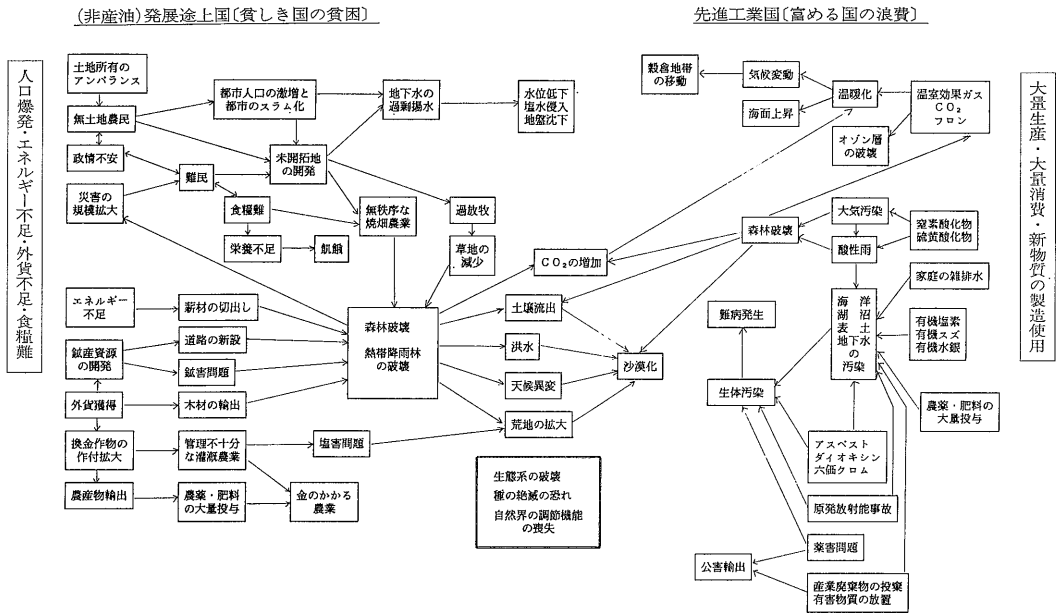
*2 都市生活人口を加えると2億3000万人(8,000万人)*3

*3 1977年の数字

第5表 乾燥地の地域別・土地利用別の沙漠化面積の比率
(科学技術庁研究開発局 1989の別添資料3).

(単位：百万ha)

地 域	放牧農地		降雨依存農地		灌漑農地	
	全面積	沙漠化比率	全面積	沙漠化比率	全面積	沙漠化比率
アフリカ	710	—	162	—	6.0	—
スーダン・サヘル	380	90	90	70	2.8	20
南アフリカ	250	80	52	65	2.0	20
地中海アフリカ	80	80	20	15	1.2	30
アジア	816	—	213	—	84.5	—
西アジア	116	85	18	75	7.5	15
南アジア	150	80	150	65	59.0	25
ソ連アジア	250	60	40	30	8.0	15
中国・蒙古	300	70	5	50	10.0	10
オーストラリア	450	30	39	20	1.6	15
地中海ヨーロッパ	30	55	40	25	6.4	20
南米・メキシコ	250	75	31	65	12.0	10
北米	300	50	85	25	20.0	20
計	2,556	—	570	—	130.5	—



第13図 アースシステムの破壊の構図。

保護です。 サヘルやエチオピアの乾燥地域更に中東の海岸沙漠に植林を試みるボランティアグループの活動また破壊された熱帯降雨林の再生に挑む国際協力事業団専門家の活動など 日本からの支援も続いています。しかし現状では10本の木が切り倒され やっと1本の木が植えられている割合です。これからは既存の政治・経済的な枠を越えた大きな取組みが必要になるでしょう。

ペーパーレスを一つの目的として導入したコンピュータが実際は大量の紙ゴミを出すこと アスファルトとコンクリートの地面が地下水の涵養を妨げていること フジボヤや貝を寄せつけない船底塗料中の有機スズが海魚を汚染していること 脱脂に抜群の効果を示す有機溶剤が人体に有害であること 車や工場からの排出ガスが酸性雨の一因であることなどなど 私達が享受している豊かさや便利さの陰には落とし穴があり 大きな代償を支払うのは私達自身であることを 説教じみた話で恐縮ですが最後に記しておきたいと思います。 割りばしを使うとき トイレの水を流すとき スプレーを吹きかけるとき いつでも私達の身の回りには環境問題が忍び寄っているのです。

謝辞及び参考文献

本稿の執筆に際して地質調査所環境地質部丸井敦尚氏のご協力をいただきました。紙面を借りてお礼申し上げます。また以下の書籍・論文・記事などを参照し 同時に図表の多くを引用もしくは再引用させていただきました。何か物を書くとき

きには必ず原典にあたるべきなのですが 入手できなかった資料が多々あり 先人の紹介を信頼して再録させていただいた次第です。

〔書籍・論文〕

ブラウン, L. R. (1988編) 地球白書—2000年人間と環境への提言—(本田幸雄監訳). ダイヤモンド社, 東京, 364 p.

エックホルム, E. P. (1984) 地球レポート—緑と人間の危機 (石 弘之・水野憲一訳). 朝日選書 253, 朝日新聞社 東京, 276p.

グランツ, M. H. (1987) アフリカの干ばつ (門村 浩訳). サイエンス, vol. 17, no. 8, p. 10-18.

グーディー, A.・ウィルキンソン, J. (1987) 沙漠の環境科学 (日比野雅俊訳). 古今書院, 東京, 110p.

石 弘之 (1988) 地球環境報告. 岩波新書 (新赤版) 33, 岩波書店, 東京, 258p.

科学技術庁研究開発局 (1989) 砂漠化の機構解明等に関する調査成果報告書. 昭和63年度科学技術振興調整費, 94 p.

榎根 勇 (1973) 水の循環. 水文学講座 3, 共立出版, 東京, 230p.

キーフィッツ, N. (1976) 中産階級の増加と資源消費 (大原進訳). サイエンス, vol. 6, no. 9, p. 10-21.

小堀 巖 (1973) 沙漠—遺された乾燥の世界. NHK ブックス 187, 日本放送出版協会, 東京, 217p.

向後元彦 (1988) 緑の冒険—沙漠にマングローブを育てる. 岩波新書 (新赤版) 28, 岩波書店, 東京, 223p.

工業技術院産業公害研究総合推進会議企画委員会 (1988) 地球規模環境時代の課題と対応. 105p.

増田富士雄 (1989) 酸素同位体からみた地質時代の気候変動. 日本水文学会1989年度学術大会予稿集, p. 4-5.

見角鋭二ほか (1983) 広がる砂漠を追う. 科学朝日, 1983, 3月号, p. 34-70.

大嶋和雄 (1989) 第四紀の古気候から類推される気候変動。
 二酸化炭素問題研究講演会講演要録集, 工業技術院産
 業公害研究総合推進会議, p. 22-31.
 リチャーズ, P.W. (1974) 熱帯降雨林 (井上 浩訳). サイ
 エンス, vol. 4, no. 2, p. 55-65.
 鈴木秀夫 (1978) 森林の思考・砂漠の思考. NHK ブックス
 312, 日本放送出版協会, 東京, 222p.
 高橋浩一郎・岡本和人 (1987編) 21世紀の地球環境—気候と生
 物圏の未来. NHK ブックス 525, 日本放送出版協
 会, 東京, 225p.
 ウッドウェル, G.M. (1978) 森林の減少と二酸化炭素の増加
 (北野 康訳). サイエンス, vol. 8, no. 3, p. 20-31.

〔新聞記事〕

朝日新聞: 桜蘭を望む街で. 1988年7月3日—7月8日.
 朝日新聞: 桜蘭周辺の自然. 1988年10月26日—11月10日.
 朝日新聞: 私たち自身の手で地球を汚していないか. 1989年
 4月25日.
 朝日新聞: 地球をむしばむ酸性雨. 1989年5月29日.
 毎日新聞: 熱帯雨林で何が起きているか. 1989年6月13日—
 6月20日.
 毎日新聞: 記者の目「熱帯雨林並々なぬ覚悟を」. 1989年7
 月14日.
 毎日新聞: 危機の現場から. 1989年7月26日—8月2日.

新刊のお知らせ

「石油地質・探鉱用語集」

石油技術協会編

この度石油技術協会より上記の本が出版されました。大きさはB6版(約18cm×13cm) 318ページ(約1.9cm)でカバンのなかに入れても机の上においても場所をとらない上に大変使いやすいハンデー・タイプです。本用語集はみかけは小さいにもかかわらず多くの人の協力と努力によってできあがった価値のある大変パワフルな一冊であります。石油鉱業に関連する人の実用の書・座右の書としてはもちろんのこと地質学一般に興味のある人にとっても大変興味ある読み物・啓蒙書として役に立つのではないかと考えられるのでここに紹介します。本書の主な特徴は以下の通りです。

- 1) 収録した語数は1,552語で 堆積学(碎屑岩及び炭酸塩岩)・貯留岩物性・物理検層・物理探鉱・石油地球化学・石油地質学・古生物学・地質年代学・鉱物学・岩石学・リモートセンシング・構造地質学・海洋地質学・グローバルテクトニクスなどおよそ石油鉱業に関連するあらゆる分野の用語が選択・収録されている。
- 2) 上記の専門用語の他に 世界の油田(194油田)と堆積盆地(114盆地) 石油探鉱に関連の深い地層や地域などを説明する固有名詞の用語が加えられており 本書の一大特徴をなしている。これらの説明にあたっては本邦の石油鉱業界の経験と知識・情報が大いに活かされているといえる。
- 3) 付録として 世界の堆積盆地・油田分布図 地質時代区分表 地層対比表 堆積環境説明図 サイスマック・ストラティグラフィーの概念図 世界の研究所一覧などの図表類がつけ加えられており 本文の解説を助けるのに役立っている。
- 4) 各項目の見出しはすべて英語になっており 従って

配列もアルファベット順になっている。これは固有名詞の項目が多いのと関係しているのであろう。もちろん英語の見出しの後にはその日本語訳がついている。索引もすべて英語で引くようになっていて、索引には見出しの用語はもちろんのこと各見出しの解説の中でのみ用いられている用語も載せてあり読者にとって大変便利ようになっていて。

5) 本用語集の執筆は石油開発会社や研究機関の第一線で働く若手ないし中堅の技術者と研究者68名による記名執筆であり特に石油の探鉱に直接タッチしている石油開発会社の技術者が多数参加しているのが本書の一大特徴であるといえる。各項目はやさしくかつ簡潔に記述されていることから大変読みやすい解説となっている。また更に詳しく知りたいときにはその項目の執筆者に直接問い合わせることもできよう。

本書の価格は一冊2,700円である。購入を希望する場合には石油技術協会事務局(〒100東京都千代田区大手町1-9-4(経団連会館)石油鉱業連盟内, TEL. 03-279-5841 FAX. 03-279-5844)まで必要部数・氏名・送り先住所を明記のうえはがきでお申し込みください。一度に5冊以上お申し込みの場合には送料は無料になるのとことです(ただし同一グループの場合には1回限りとのことです)。一冊の場合の送料は260円で一冊増すごとに約50円加算されます。支払いは、領本とは別個に送られてくる請求書により銀行振込となり収書が必要な場合には振込用紙にその旨を宛名指定金額とともに明記して欲しいとのことです。更に詳しいことがお知りになりたいときは上記に直接問い合わせるとよいでしょう(燃料資源部 徳橋秀一)。