

鈴木 光剛（すずき・みつかた）

1931年、茨城県に生まれる。

1955年に東京大学農学部農業工学科を卒業し、

新潟大学農学部助教授（1966年）、同教授を経て、

1978年、筑波大学農林工学系教授、農林工学系長、農学研究科長を歴任。

1995年、筑波大学停年退官、名誉教授（農学博士）。

主要著書：『水と土と緑の話』（共著）技報堂、1985年

『新農業水利学』（共著）朝倉書店、1987年

『水利システムと水管理』（編著）公共事業通信社、1987年

生物と自然のハーモニー

1997年4月9日 初版第1刷

著 者 鈴木 光剛、他

発行人 平野 陽三

発行所 産調出版株式会社

〒169 東京都新宿区北新宿3-14-8

電話03-3366-1748

印刷所 株式会社平河工業社

乱丁落丁はおとりかえいたします。

Copyright © 1997 by SUN CHO SHUPPAN INC, JAPAN

ISBN 4-88282-154-0 C3045

生物と自然の

The Harmony of Organism and Nature

ハーモニー

江苏工业学院图书馆

藏书章

SUN
CHOH

まえがき

動物、植物、微生物など、人間を含めた生物生命が住んでいる場所、それは地球全体からみれば、ごく薄い層に過ぎないが、そこには大気と土壌と水が存在する、いわゆる生物圏です。この生物圏には、160万種の生物が存在するといわれています。これらの種それぞれが、生物圏の中で共生し、相互に関連し合い、多様性の中で調和を保ち、その過程で一定の秩序を求めて、進化をしながら生命を維持してきたわけです。すなわち、生物循環系といわれる所以です。

生命が地球上に誕生してから人間が文明を創造するまでに、30億年以上の永い時間がかかっていますが、その間で人間が生物循環系へ関与したのは、ごく近年のことです。それまでは、人間が与えたインパクトは今日程大きくはありませんでした。それは、人間の行動が自然の中で調和を保っていたからです。しかし、20世紀以後の化石文明は、物の生産力を飛躍的に増大させ、効率性一辺倒の魔力にとりつかれ、人間性の本質を忘れたものでした。

原子エネルギーの開発や遺伝子構造解明など、人間の世界観を改変するほどの先端理論の発見があったと同時に、一方では、環境汚染などの公害に泣かねばならぬ現実がありました。これは、決して調和を保った

生物共存の状態とはいいたいと思います。なぜなら、例えば環境汚染は人間ばかりではなく、動・植物すべてに大きな影響を及ぼすからです。人間は今、好むと好まざるを問わず、自分の意思で自分の将来を選択せねばならない時期に到達しています。その選択の基準は、生物生命の共生であり、すなわち自然との秩序ある調和であることは明かです。

それでは、生物と自然との調和は、どのようにして実現されるのでしょうか。人間を含めた生物循環系を持続的に維持するためには、それを支えている水と土の存在が最も重要な役割を演じています。動・植物およびほとんどの微生物は、水と土がなければ生命を維持することは不可能です。つまり生物循環は、広がりをもったいわば土壌圏を媒介とした水循環系の上に成り立っているということができます。この2つの循環系、すなわち自然生態系での生物循環と水循環は、密接に関連しながら、かなりの部分で人間が関与と影響を与えているわけです。

水は再生可能な資源ですが、水循環系の中で有限な資源でもあるので、いま世界中で水不足が問題になっています。1994年の日本中での水不足は、深刻な問題を提起しましたが、世界ではすでに26カ国が水逼迫国に分類され

ています。このような世界的な水不足の問題は、起こるべくして起こった問題で、緊急な対策と解決がせまられていると言えるでしょう。さらに、水質の問題を含めて水循環の過程での具体的な研究が必要となるでしょう。

また、生物循環の媒体としての土は、生物の生命の育み、進化をささえてきた母体です。土は水循環と強調して、微生物と共生しながら生物生命の生産を繰り返し継続的に維持しています。しかし今、この維持的な再生産が危機に瀕しています。化学肥料、農薬の投与になる地力の低下、さらに土壤侵食の増大、大気汚染などが直接植生に大きな被害を及ぼしているからです。これらの被害は、平地ばかりでなく森林地域にも及んでいます。土は、気の遠くなるほど永い間の生物循環系の中で、植生と微生物によって作られたものであるから、生きている物質なのです。だから土はいったん死んでしまったら回生することは困難であり、土作りが最も大切である所似です。

生物循環と水循環が正常に持続されるためには、森林の役割が特に大切です。また、都市化の中でこれまで失われてきた人間性を回復するためにも、森林の役割は不可欠です。同時に森林の中で、木々のささやきを正しく聞く耳が必要でしょう。最近、生命材料として見直されている高付加価値材の生物循環系の中での位置づけについても明らかにすべきでしょう。

21世紀の世界人口は、確実に増加す

るといわれていますが、それを支える食料生産の増加は期待できません。むしろ最近の統計によると、食料生産の伸びは鈍化しています。このようなとき、新しい食料の開発がぜひとも必要でしょう。新しい食料の開発は、生物循環系の中の微生物の今まで隠れていた機能の役割りが重要となっています。そしてそれは、宇宙空間での利用までも期待されています。

また生物圏として、最も広大な海洋でも、その資源は生物共生の例外ではありません。従来の略奪型漁業から、漁業資源を適正に利用した資源管理型漁業をめざし、生物循環系の中で持続可能な漁業が世界的に望まれています。この一環として、水産生物の幼稚仔期の減耗率を高めた人口種苗の放流を柱とした栽培漁業に関する研究が必要となるでしょう。

本書は、以上のような生物循環を通して自然と調和を保ちながら、地球環境の中で人間が求めなければならない秩序はどのようなものであるかを一途に追求したものです。その秩序を回復したとき地球はよみがえり、美しいハーモニーの音色をきくことができると信じております。

大方の御叱正とご教示を頂きたいと考えます。

鈴木 光剛

編者／執筆者

編 者

鈴木 光剛 筑波大学 名誉教授

執筆者一覧（50音順、所属は執筆時、*印は編集幹事）

天田 高白 筑波大学 農林工学系 教授

今井 勝 明治大学 農学部 教授

熊崎 實 筑波大学 農林学系 教授

佐久間泰一 筑波大学 農林工学系 講師

佐藤 政良 筑波大学 農林工学系 助教授

杉山 博信 筑波大学 農林工学系 助教授

鈴木 光剛 筑波大学 農林工学系 教授

関 文威 筑波大学 生物科学系 教授

多田 敦 筑波大学 農林工学系 教授

田中 秀夫 筑波大学 応用生物化学系 教授

田村 憲司 筑波大学 応用生物化学系 講師

* 富田文一郎 筑波大学 農林工学系 教授

永塚 鎮男 筑波大学 応用生物化学系 教授

東 照雄 筑波大学 応用生物化学系 助教授

前川 孝昭 筑波大学 農林工学系 教授

渡邊 定元 東京大学 農学部 教授

目 次

PART 1 生物圏の調和と秩序

[CHAPTER ONE] 生物圏と生命——13

生物圏とは——13

生物とは——13

●生物の概念●生物生産

自然とは——14

●自然の概念●自然(観)の進化●新しい自然観

生物圏での共生とその条件——20

●人間と生物圏●生物圏での多様性●生物循環を支える水と土

[CHAPTER TWO] 自然の攪乱と調和——25

調和と制約——25

●ガイアとホメオスタシス●生物が気候を制約する●温室効果ガスと制約

自然の攪乱と予測——29

●1%の視野の中に未来がある●予測の方法と精度

●攪乱の吸収とその限界

新しい環境の創出にあたって——33

●人口増と穀物生産●廃棄物処理と自然環境●核のゴミを考える

[CHAPTER THREE] 生物の多様性の保全と有効利用——42

生物の多様性とその保全の重要性——42

遺伝資源の探索・収集・保存——44

遺伝資源の有効な利用・開発——45

地球上における物質循環の制御と生物の多様性——48

[CHAPTER FOUR] 生物資源の生産性——51

地球上における太陽エネルギーのバランスシート——51

生物生産の基礎としての光合成——52

各種資源生物の生産性——55

現代農業と持続型農業——57

生物資源生産の将来——59

PART 2 生物を育む水——水の調和と秩序

[CHAPTER ONE] 大気の運動と水循環——64

大気の運動——64

- 太陽熱の不均一性●海洋の熱容量●地軸の傾斜が季節を作る
- 放射平衡の仕組み●バランスがなぜ崩れるのか
- 空気は熱・寒気を吸収する●海洋と大気による熱輸送
- 風の生い立ち●地球上の大気の流れ

水の循環——68

- 水の行方●水量の推算●大気中の水の滞留時間●地球全体の水収支
- 水の循環と環境

[CHAPTER TWO] 水資源の利用——72

水利用の現状——72

水資源の変動——73

水田のための河川水の利用——74

水を「使う」ということ——74

工業用水の利用——76

水田における水の使用——76

農業用水における用水の反復利用——78

これからの水利用——80

[CHAPTER THREE] 水の過剰と不足への対応——83

洪水と干ばつの災害——83

- 毎年生起する異常気象●同居する洪水と干ばつ

究極の水利用——87

- 農業用水確保の努力●上・下水確保の努力

[CHAPTER FOUR] 水利用と水質——91

利水を抑制する水質——91

- 水源水質の種類と特徴●利水のための処理とコスト

水質の変動性とその評価——95

- 水質測定の代表性●水質の時間・空間分布と全体評価

水質回復への道——99

- 水系での水質回復の傾向と問題点●湖沼の水質浄化は可能か

[CHAPTER FIVE] 水利用計画——107

——水の有効利用のために

水の消費機構——107

- 生物の水の消費パターン●利水体の水の消費機構
- 水利用パターンの類型

水利用の限界と水の価値——111

- 水利用の姿と限界●農業用水と反復利用

水の価値と値段——115

- 利水目的で決まる水の値段●水の潜在的価値を引き出すには
- 水利システムのあり方——117

PART 3 生物を育む土——土の調和と秩序

[CHAPTER ONE] 生命を育てる土——121

土は生命をささえる——121

●人口をささえる土●植物をささえる土●小動物をささえる土

●微生物をささえる土

土のはたらきと特徴——123

●養分を保持し供給するはたらき

●水分を保持・供給し、空気や水を送るはたらき

●有機物を分解し、浄化するはたらき：ろ過・浸透に係わる性質

●熱を移動し、温度をマイルドにするはたらき：土の熱特性、その他の性質

[CHAPTER TWO] 土壌生成のメカニズムと分布——131

土壌はどのようにしてできたか——131

日本の土壌・世界の土壌——135

[CHAPTER THREE] 土の健康・保全と物質循環——143

健康な土とは何か——森林土壌に学ぶ——143

現代の病める土——151

人間と土の関わり——161

[CHAPTER FOUR] 生産基盤をめぐる秩序と調和——163

水田の役割——163

耕作放棄——163

●耕作放棄の背景●耕作放棄水田の実態●耕作放棄の防止

農地の乱雑な都市化——168

農業集落の混住化——168

PART 4 生物を育む緑——緑の調和と秩序

[CHAPTER ONE] 地球生命圏のなかの森林——173

森林の誕生	173
森林生態系	174
征服された森林	175
森林消失と環境問題	177
むすび	180

[CHAPTER TWO] 消えていく原生林と高まる保護運動——181

日本の木材輸入と原生林伐採	181
緑の大聖堂	182
クリントン大統領の森林会議	183
森林改造の功罪	185
なぜいま原生林の保護か	186

[CHAPTER THREE] 山地森林の保全——189

森林の持つ多面的機能と保全の必要性	189
●人口増加の圧力は森林を荒廃させる	
森林の公益的機能	189
●森林地における水循環●水循環調節機能	
●森林の表面侵食防止と土砂流出軽減機能	
山腹緑化工が侵食防止ならびに流域水収支に及ぼす影響	194
溪流工とその効果	198
●流域における山腹工と溪流工の位置づけ●溪流工事の効果	
水環境と森林	203
●都市人口の激増と水管理システムの破綻●誤ってはならない森林管理	

[CHAPTER FOUR] 木々の会話——207

気相下のアレロパシー	207
カンバ類の香り成分の生理活性	208
樹木の共通語	210
食葉性昆虫に対する樹木の戦略	212
樹木の意思の伝達	213
エコホルモン	214

[CHAPTER FIVE] 生命材料——216

死んでも生きてる木材	216
人間になごむ生物材料	219
まがいものではない木質材料	220
地球環境を救う木材利用	223

[CHAPTER SIX] 魚を育む森——227

森の中の溪流自然環境	228
溪流集水域の森林伐採	229
溪流生態系への森林伐採の効果	229
●気象環境の変化●溪流温度の変化●溪流流量の変化●溪流の水質変化	
●森林伐採からの回復●溪流の生物変化	

PART 5 生物とその優れた機能——食の開発と調和

[CHAPTER ONE] 快適な「細胞の家」づくりとその利用—— 238

顕微鏡の発明から始まる微生物学—— 238

第2期バイオブーム—— 238

遺伝子工学への懸念—— 240

「細胞の家」をつくって制御・調和を図る—— 241

地球上の南北問題も21世紀には解消する—— 244

[CHAPTER TWO] 微生物の機能—— 247

——食物連鎖上に並ぶ微生物の機能

炭素、窒素、リンの物質循環—— 247

廃棄物処理人としての微生物の機能—— 247

●好気性菌群の活用●嫌気性菌群の活用

●好気性菌群と嫌気性菌群の相互利用

[CHAPTER THREE] 海と漁業—— 269

海の世界連鎖—— 269

海の水産物生産能力—— 272

●海の基礎生産能力●海の生食連鎖による水産物生産

●海の腐食連鎖による水産物生産

狩猟型漁業—— 276

栽培漁業と海洋牧場—— 277

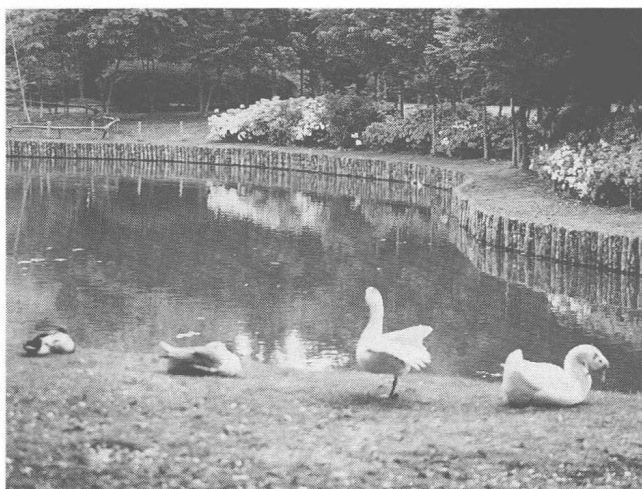
PART 1

生物圏の調和と秩序





網走近郊での水芭蕉の群落



自然公園（つくば市）

生物圏と生命

生物圏とは

バクテリアから人間まで、すべての生物生命が住んでいる**生物圏**は、地球のごく限られた部分です。この生物圏の中では、150万種以上の多種多様の生物が相互に関連し、依存しながら生命体として共生している訳です。共生には、同じ場所に住んでいて、しかも生物種間の生活上の利益が相互に認められる相利共生が一般的ですが、その他に片利共生、寄生なども含めて考えられています。生物圏では、ある種の生物だけが優勢になったり、または生物圏から姿を消してしまったりすると、生態系のバランスをくずし、悪い影響が顕在化していきます。例えば、最近の東京を含めた関東地方での杉花粉症の異常な発生は、植生樹林のバランスを欠いた**生物的極相**の一面が表れた結果と言えるでしょう。少なくとも戦前には、このような病気はほとんどみられませんでしたから。

さて、生物圏内部の生物の活動、とり分け人間の活動は単に生物圏ばかりでなく、生物圏外、すなわち地球環境全体に大きな影響を及ぼしています。ここでは、地球環境を「自然」としてとらえてみることにより、生物生命と自然とのかかわり合いを歴史的に分析

することが可能となります。この生物生命と自然との現在のかかわり合いは、進化の過程での調和の結果生じたものでなく、人間によって意識的に創出された生態系のシステムであることを知ることができるでしょう。また同時に、生物圏は単純な個々の生物の和ではなく、個々の生物の相互作用の集積された全体システムであることも知れるでしょう。

しかし、もともと地球が誕生して間もない時点では、生物の数はわずかな数に限られていたものが、35億年もの永い時間をかけて、現在の多種多様な生物に進化した事実を考え合わせれば、人間を含めた生物圏の中で生物共生の下で今日の進化が完結（正確には継続中）した訳ですから、生物の中に人間を含めた自然との本来のかかわり合いはどうあるべきかを考えるのが大切なわけです。

生物とは

●生物の概念

生物はバクテリアから人間まで、生命のあるもののすべて、すなわち動物、植物、微生物をさすが、その属性としてDNAを利用して自己増殖をするものであると定義されます。J.モノー(1971)は、分子生物学的論拠をもと

に生物の属性として

- ①自分自信をつくりあげる機械であり、
- ②自己を複製する機械でもあり、
- ③不変性を合目的性により高次の秩序をもった構造を複製する能力をもつ、としています。

しかし、生物と無生物の境界はむしろ、現在ではウイルスがそれにあたるといわれています。例えば、W.M.スタンリー（1935）によって、初めてタバコモザイクウイルスの結晶化に成功しましたが、この物質は生命のない化学物質でもあるわけです。しかし、一旦細胞の中に入ると成長し、増殖して病原体として作用しますから、生物の一面をもっていることは明らかです。このように、ウイルスは生物と無生物の中間的存在であると位置づけられ、いわば生物と無生物の境界を示すものと考えられています。もちろん人間も生物の一員です。P.クラウド（1981）は、「人間は先祖をわかち合っている下等な霊長類、それよりもさらに縁が遠い動植物とともに、生物圏の一部である。また人間は生物圏の高いところに立っているが、生物圏より一段上にいるのではない」といっているように、人間は他の動植物とともに生物圏を構成し、共生しているわけです。

●生物生産

私ども人間が、衣食住に利用している生物からの生産物（植物繊維、穀物、

野菜、魚、畜産物、果樹、調味料および木材、バイオ医薬品、バイオ農薬、酵母、バイオ電池、クローン動物など）は、いわゆる農業の一次生産の他に、最新のバイオテクノロジーを活用した生産物など、多種多様で驚くばかりです。

このように、人間が農学およびバイオサイエンスの技術を駆使して生産することを生物生産といい、当然のことながら生物生産といった場合の生物の中には、人間は入らないことになります。

生物生産を直接関連している農業、林業、畜産業や水産業は、自然環境と深くかかわっています。だから人間は、自然と調和した生物生産の発展をはかることが重要となります。それでは、まず自然とはどのように考えればよいのでしょうか。

自然とは

●自然の概念

自然は、本来生物と密接に関連した概念ですが、その多様性のため定義することは困難ですが、強いて言えば自然は生物生命が地球上に誕生する以前から存在し、進化し、現在の地形、気候、水、植物、動物、微生物、土壌などから構成されるいわゆる自然環境としての概念と、人間を主体とした形而上学的観念を含んだ自然解釈論的な自然哲学としての概念があります。自然環境の側面から自然を構成要素として分類すれば（ハーバー：1990）地球環

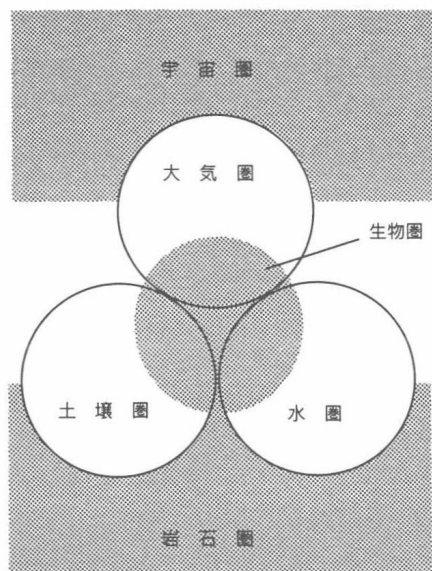


図1-1 生物循環を支える水と土

境は、宇宙圏（磁気圏）、大気圏、水圏、生物圏、土壌圏、岩石圏に分けられるとしています（図1-1）。ハーバーによれば、生物圏は組織体としての生物相の全体をさすとして、いわばエコロジ的とらえ方をしています。この点については、後で論議の対象にしたいと思います。

最近の地球科学では、大気から地球内部のコアに至るまで、それぞれ独立して機能しているのではなく全体が有機的に関与した複雑なシステム系として機能していたことが、地球の起源と進化に関する研究の過程で解明されています（松井孝典：1993）。

すなわち、地球は進化しながら生きているのです。例えば、地球科学的な見方をすれば、プレートテクト

ニクスで明らかにされているように、地球内部のマントルが対流によって中央海嶺で上昇し、その上にのった十数枚のプレートがゆっくりと（平均速度約5cm／年）移動し、プレート境界付近で地球内部へ沈み込み、火山活動や地震活動の原因になっています。これは、まさに地球は生きている証拠でしょう。

また、地球生態的な観点からラブロック（1979）は、地球を生きた生命体としたガイアのモデルを提唱しました。それは、例えば地球の大気の化学組織は、他の惑星のそれに比べ大きく進化しましたが、それは生物自身がその進化の過程でみずからに適した大気をつくり出したものと考えれば理解できるとし、一方で、海水の塩分濃度や気候なども大きく変化していないなど、地球上に生命が誕生して以来、生物学的にコントロールしてきたからだとしています。つまり地球は、全体としてひとつの生命をもった生き物のように自己の生きる環境条件を作り、コントロールしているシステムだとし、このようなシステムをラブロックは、ガイアのモデルとしたわけです。このような考え方は、地球という自然環境は、生物とともに相互に関連し、影響を及ぼし合いながら進化しているものであると理解できるでしょう。

さて、古来から人間と深くかかわり合いながら進化してきた観念論的自然観は、歴史と共に変化してきました。したがって、その時代に対応した自然