

地球と環境の はなし

科学の眼で見る日常の疑問

稲場秀明 著



技報堂出版

書籍のコピー、スキャン、デジタル化等による複製は、
著作権法上での例外を除き禁じられています。

まえがき

2018年は、日本列島を大きな災害が次々に襲いました。6月18日には、最大震度6弱を観測した大阪府北部地震が起これ、登校中の小学生がブロック塀の下敷きになり死亡しました。7月5～8日には、西日本を中心に広い範囲で記録的な豪雨が発生し、200人を超える死者が出ました。8月28～29日には、台風12号が伊豆諸島付近から三重県に上陸、近畿・中国地方から瀬戸内海に抜け、福岡県に再上陸した「逆走台風」が襲いました。9月4日には、台風21号が徳島県南部から関西地方を通過し、暴風と高潮による浸水で関西空港の機能が麻痺しました。9月6日には、北海道胆振(いぶり)東部地震が起きて最大震度7を記録し、火力発電所の被災により北海道全域で停電が発生しました。

このような異常気象とも思える現象は地球温暖化によるという説も有力です。人類が排出した二酸化炭素などの温室効果ガスの影響がこのような形で日本列島を襲ったと思えないこともありません。さらに、大阪府北部など思わぬところでの地震には改めて地震予知がほとんど不可能であると思わせられます。地震は地下深部のマントル対流が大元の原因で、プレート境界や断層で歪みがたまることで起こります。私たちが住んでいる日本も地球規模の環境問題や地球内部で起こっている現象と密接に関連していることを思わざるを得ません。

一方、地球環境の歴史を見ると、今日起こっている環境変化をはるかに超える劇的な変化が起きました。大陸の生成と分裂、氷河による全地球凍結と暖期における平均気温25℃という暑さ、巨大な隕石の落下、スーパープルームによる火山の大爆発など生物が生きてゆく基盤を根底から揺るがすような変化が起きました。そのため、絶滅した生物も多くありましたが、生き延びた生物の多くは環境変化に応じた進化を遂げました。

恐竜の全盛時代に弱者であった原哺乳類は夜間に活動し、昆虫を捕食するため聴覚・嗅覚・触覚を統合し、大脳新皮質を獲得しました。さらに、心肺機能、恒温性、胎生、臼歯の発達と進化を遂げました。人類の祖先である初期原猿は地面と落ち葉の空間でネズミとの生存競争に負けて樹上に逃避した弱者でした。原猿は木の枝を飛び移るための四足の親指の発達、枝を掴むための指の対向性を獲得しました。人類は類人猿から派生し、直立二足歩行し、石器や火を利用して進化しました。そして、現生人類のホモ・サピエンスは、約20万年前のアフリカで生まれ、厳しい氷期の

気候にも適応して世界各地に生存領域を広げました。東方に向かったホモ・サピエンスはモンゴロイドと呼ばれています。日本人の祖先はモンゴロイドの一部が約3万年前ごろの氷期に海面が現在より約100m低い浅瀬を渡って、南西諸島、朝鮮半島、樺太の3方向から日本列島に到達したと考えられています。

地球環境問題が提起される以前、私たちは地球が無限であるかのように思い込んでいました。しかし、私たちが当然のように使っている電気や自動車など生活の便利のために大量の化石燃料を燃やし、その結果大量の二酸化炭素や汚染物質を排出し、地球温暖化を招いていることに気づかされました。さらに、酸性雨、オゾン層の破壊、熱帯雨林の減少、砂漠化が進行し、有限である地球の環境が劣化していることを思い知らされます。これらの原因は主として人間活動によるもので、その結果、生物種の大量絶滅がかつてない速度で進行し、生物多様性が危機を迎えています。そのような危機を乗り越えるには、国家レベルのみならず、個人レベルでも環境意識を持った行動が求められます。2015年12月には温暖化防止に関する新しい枠組みのパリ協定が採択されましたが、2017年6月にアメリカのトランプ大統領が協定からの離脱を宣言しています。2018年にはフランスのマクロン政権が温暖化対策のため燃料税の値上げを計画しましたが、11月に各地で起こった暴動のため計画の撤回に追い込まれました。日本もパリ協定に参加していますが、その動きは鈍く、目標の達成は見通せていません。

本書では、第1章で、地球がどのようにして生まれ、その環境がどのようにに変化したかを紹介します。第2章では、地球環境の変化に応じて生物がどのように生まれ、進化したかを紹介します。第3章と第5章では、地球の大気と水について述べ、それらがどのような原因で汚れてきているかを紹介します。第4章では、地球規模の環境問題を取り上げ、第6章では、自動車による環境問題を、第7章では、化石燃料使用による環境問題を、第8章では、新エネルギー使用による環境に与える影響を、第9章では、原発による環境問題を紹介します。第10章では、室内に限った環境問題を、第11章では、環境変化によってもたらされる災害について、第12章では、環境と食料生産との関係について紹介します。第13章では、環境変化による生物多様性の危機と極限環境で生きる生物について紹介します。

本書は疑問形で書かれた問題に関して、高校生程度の読者にわかるように、なるべくやさしく、かつなるべく原理に遡って解説されています。はじめから順に読み進めてもよいし、関心がある話題について拾い読みしてもよいようになっています。したがって、どこから読み進めても結構です。また、解説の終わりには「まとめ」

が数行で書かれています。疑問形で書かれた問題に関する回答を自分で考えて「まとめ」を読んで比較するのもよいし、解説を読んで自分が理解した内容を「まとめ」と比較してみるのもよいかも知れません。

若者の読書離れ、理科離れが言われる今日、日常の何気ない現象に目を留め、「なぜ？」という疑問を持つこと、そして子どもが発信してくる疑問に大人が答えることが求められます。その答え方しだいで子どもたちは自然や身近で経験する現象に対する関心を深め、好奇心を広げ、世界の広がりや奥深さを感じるに違いありません。

「科学の眼で見る日常の疑問」という視点は、筆者が転職して千葉大学教育学部に勤務しはじめた当初から教員を目指す学生に求めた視点でした。当時の稲場研究室に属した学生諸君の一部には卒論でも自ら疑問を見出し、それについて調べて発表してもらいました。本書を出版することができたのは、当時の研究室の議論での問題意識が基礎になっています。当時の共同研究者であり現在千葉大学教育学部准教授の林英子さんおよび当時の学生諸君に感謝したいと思います。

本書の出版を認めて下さり有益なコメントを頂いた技報堂出版（株）編集部長の石井洋平氏および直接編集に携わって下さり有益な助言を頂いた同社編集部の伊藤大樹氏に深く感謝したいと思います。

2019年5月

稲場秀明

《著者紹介》

稲場 秀明 (いなば・ひであき)

- 1942年 富山県滑川市生まれ
1965年 横浜国立大学工学部応用化学科卒業
1967年 東京大学工学系大学院工業化学専門課程修士修了
同 年 プリヂストンタイヤ(株)入社
1970年～ 名古屋大学工学部原子核工学科助手, 助教授を経る
1986年 川崎製鉄(株)ハイテク研究所および技術研究所主任研究員
1997年 千葉大学教育学部教授
2007年 千葉大学教育学部定年退職

工学博士

主な著書

- 波のはなし—科学の眼で見る日常の疑問, 技報堂出版, 2019
温度と熱のはなし—科学の眼で見る日常の疑問, 大学教育出版, 2018
色と光のはなし—科学の眼で見る日常の疑問, 技報堂出版, 2017
水の不思議—科学の眼で見る日常の疑問, 技報堂出版, 2017
エネルギーのはなし—科学の眼で見る日常の疑問, 技報堂出版, 2016
空気のはなし—科学の眼で見る日常の疑問, 技報堂出版, 2016
氷はなぜ水に浮かぶのか—科学の眼で見る日常の疑問, 丸善, 1998
携帯電話でなぜ話せるのか—科学の眼で見る日常の疑問, 丸善, 1999
大学は出会いの場—インターネットによる教授のメッセージと学生の反響,
大学教育出版, 2003
反原発か, 増原発か, 脱原発か—日本のエネルギー問題の解決に向けて,
大学教育出版, 2013

趣味はテニスと囲碁

千葉市花見川区在住 (hsqrk072@ybb.ne.jp)

目 次

第1章	地球環境の変遷	1
1 話	地球はどのようにして形成されたか？ -----	2
2 話	地球の大気はどのように変遷したか？ -----	4
3 話	地球の海はどのように変遷したか？ -----	6
4 話	地球の大陸はどのように変遷したか？ -----	8
5 話	日本列島はどのようにしてできたか？ -----	10
6 話	氷河はどのように変遷したか？ -----	12
コラム	日本列島は今後どうなるか？ -----	14
第2章	地球環境の変遷と生物の進化	15
1 話	地球にどのようにして生命が誕生したか？ -----	16
2 話	地球環境に対応して生物がどのように進化したか？ -----	18
3 話	生物の大絶滅に地球環境がどのように影響したか？ -----	20
4 話	生物の大絶滅の後に哺乳類がどのように進化したか？ -----	22
5 話	人類はどのような進化を経て登場したのか？ -----	24
コラム	日本人のルーツ -----	26
第3章	大気と環境	27
1 話	エアロゾルとは何か？ -----	28
2 話	窒素酸化物はどのように発生するか？ -----	30
3 話	PM2.5 はどのように発生するか？ -----	32
4 話	PM2.5 は中国からどのようにやってくるか？ -----	34
5 話	光化学スモッグはどのように発生するか？ -----	36
6 話	花粉でなぜアレルギーになるか？ -----	38
7 話	森の空気はなぜおいしいか？ -----	40
コラム	公害と大気汚染 -----	42

第4章 地球環境問題

43

-
- 1 話 二酸化炭素の増加で地球がなぜ温暖化するか？ ----- 44
 - 2 話 地球温暖化説に懐疑的な人はどんな考えか？ ----- 46
 - 3 話 オゾン層の破壊はなぜ問題か？ ----- 48
 - 4 話 酸性雨はなぜ降るか？ ----- 50
 - 5 話 砂漠化とは何か？ ----- 52
 - 6 話 生物種の絶滅がどこまで進んでいるか？ ----- 54
 - 7 話 熱帯雨林の減少がどこまで進んでいるか？ ----- 56
 - コラム 有害廃棄物の越境移動とは？ ----- 58

第5章 水と環境

59

-
- 1 話 地球上の水の収支はどうなっているか？ ----- 60
 - 2 話 水道水はどのようにつくられているか？ ----- 62
 - 3 話 水はなぜ汚れるか？ ----- 64
 - 4 話 湖沼の水質はどうなっているか？ ----- 66
 - 5 話 河川の水質はどうなっているか？ ----- 68
 - 6 話 海の生物の分布はどうなっているか？ ----- 70
 - 7 話 海の環境の劣化はどのように進むか？ ----- 72
 - コラム 森林の伐採による海の環境劣化 ----- 74

第6章 自動車と環境

75

-
- 1 話 ガソリン車の環境への影響は？ ----- 76
 - 2 話 ディーゼル車の環境への影響は？ ----- 78
 - 3 話 ハイブリッド車の環境への影響は？ ----- 80
 - 4 話 プラグインハイブリッド車の環境への影響は？ ----- 82
 - 5 話 燃料電池車の環境への影響は？ ----- 84
 - 6 話 電気自動車の環境への影響は？ ----- 86
 - 7 話 自動運転がもたらす社会と環境への影響は？ ----- 88
 - コラム 電気自動車と日本の部品産業の未来 ----- 90

第7章 化石燃料と環境

91

-
- 1 話 石炭の利用は環境にどのような影響をもたらすか？ ----- 92

2 話	石炭は環境に良くないのに世界で多く使われている理由は？	94
3 話	石油の利用の環境への影響は？	96
4 話	天然ガスの利用の環境への影響は？	98
5 話	石炭火力発電は環境に良くないか？	100
6 話	天然ガス発電はどの程度環境に良いか？	102
コラム	自家発電の役割と環境	104

第 8 章 新エネルギーと環境 105

1 話	太陽光発電の仕組みと環境への影響は？	106
2 話	風力発電の仕組みと環境への影響は？	108
3 話	地熱発電の仕組みと環境への影響は？	110
4 話	バイオマスの仕組みと環境への影響は？	112
5 話	燃料電池発電の仕組みと環境への影響は？	114
6 話	海洋エネルギー発電の仕組みと環境への影響は？	116
コラム	電気エネルギーの貯蔵と環境	118

第 9 章 原子力発電と環境 119

1 話	原子力発電の仕組みは？	120
2 話	福島第一原発の事故はどのように起きたのか？	122
3 話	福島第一原発の事故はどんな放射能汚染をもたらしたか？	124
4 話	放射線の人体への影響は？	126
5 話	放射能による土壌汚染の影響は？	128
6 話	放射能による海洋汚染の影響は？	130
7 話	福島第一原発の廃炉はどうなるか？	132
8 話	使用済み核燃料はどうなるか？	134
コラム	核燃料サイクル	136

第 10 章 室内の環境 137

1 話	換気はなぜ必要か？	138
2 話	シックハウスとは何か？	140
3 話	室内の空気をどのように浄化するか？	142
4 話	冬暖かく夏涼しく暮らすためには？	144

5 話 どんな照明が良いか？ ----- 146
6 話 騒音を防ぐには？ ----- 148
7 話 ピアノ騒音のトラブル対策は？ ----- 150
コラム 室内の湿気調節 ----- 152

第 11 章 災害と環境

153

1 話 緑のダムとは？ ----- 154
2 話 都市型集中豪雨とは？ ----- 156
3 話 竜巻はどのように発生するか？ ----- 158
4 話 地球温暖化で海面上昇が進んでいるか？ ----- 160
5 話 火山災害に対処するには？ ----- 162
6 話 都市の大火を防ぐには？ ----- 164
7 話 被災者支援を有効に行うには？ ----- 166
コラム 災害時に必要なもの ----- 168

第 12 章 食料と環境

169

1 話 人口問題と食料問題の関連は？ ----- 170
2 話 日本の食料事情は？ ----- 172
3 話 異常気象によって食料生産はどうなるか？ ----- 174
4 話 アジアの農業の現状と将来は？ ----- 176
5 話 アメリカの農業の現状と将来は？ ----- 178
6 話 世界の水産物の需給は？ ----- 180
コラム イギリスの食料自給率と EU の農業政策 ----- 182

第 13 章 生物と環境

183

1 話 生物の多様性とは？ ----- 184
2 話 生物の多様性はなぜ必要か？ ----- 186
3 話 乾燥環境での生物の生き方は？ ----- 188
4 話 高温環境での生物の生き方は？ ----- 190
5 話 低温環境での生物の生き方は？ ----- 192
コラム 塩湖で生息する生物 ----- 194

第 1 章



地球環境の変遷

超新星爆発から原始太陽系が形成され、原始地球は其中で、小惑星との衝突を繰り返してほぼ現在の姿になった。地球内部にあった水から海が形成され、そこで生命が誕生した。この章では、生物の生存環境を劇的に変えた大気の変遷、大陸の分裂および合体、氷河と海の変遷、さらには日本列島の形成について紹介する。

1 話 地球はどのようにして形成されたか？

太陽はかつて存在していた質量の大きい恒星の寿命が尽きて起こる大爆発（超新星爆発）によって宇宙にまき散らされた星間ガスによって形成された。星間ガスには密度の大きい部分と密度の小さい部分とがある。密度（質量）の大きい部分は万有引力が大きいので周りの星間ガスを集めてより大きくなる。このようにして太陽系は約 50 億年前に成長を始めたと考えられている。原始太陽はでき始めの段階で、今の 100 倍程度の明るさで輝いていた。そのエネルギーは収縮するときを得た重力エネルギーによる。その後ゆっくり収縮したためにしだいに暗くなっていった。そして、温度と圧力が大きくなった太陽の中心部で水素をヘリウムに変換する核融合が始まる。そうすると、重力による縮まろうとする力と、核融合による膨張しようとする力とが釣り合って、安定な状態になる。こうした太陽の寿命は 100 億年程度なので、太陽はあと 50 億年程度は今の状態を続けると考えられている。

原始太陽系の温度が下がってくると、ガスだった円盤部から物質が凝縮して塵（固体）ができるようになる。そのとき、温度が高い太陽に近いところでは岩石と金属（主に鉄）が、太陽から離れたところでは氷（水、アンモニア、メタン）が塵の主成分となる。

地球は約 46 億年前、原始惑星系円盤の中で生まれた。惑星系円盤のほとんどは水素やヘリウムなどのガスからできていて、塵を含んでいた。それらの塵が集まり、無数の微惑星と呼ばれる小天体が発生する。その微惑星が衝突・合体を繰り返し、惑星のもととなる原始惑星となった。成長した原始惑星はお互いにぶつかったりまわりの微惑星を重力で集めたりして、そのうちの 하나가原始地球になった。太陽に近い軌道領域では微惑星が相対的に少ないため、重い物質から構成される小さな固体の表面をもつ地球型惑星となった。一方、太陽から遠い軌道領域ではより広い領域から微惑星とガスを集めることができたので、軽い物質から構成される巨大な木星型惑星が生まれた。

原始地球は今の地球に比べるとかなり小さい。今の地球になる前に、さらに衝突・合体が繰り返された。衝突は惑星同士の引力で引き合い、さらに木星の引力によって原始惑星の運動が不安定になって起こる。そのような中で火星程度の天体との大衝突の結果、現在の月ができたと考えられている。大衝突は斜めにかすめるような衝突で、月は剥ぎ取られた原始地球のマントル物質と原始惑星のマントル物質との

混合物からできたと考えられている。このため月からは約46億年前の岩石が検出されている一方、鉄などの金属がない。地球にある鉄などの金属は内部の深いところにあったからである。地球に比較的大きい衛星である月が存在することによって、地球は安定した自転を続けることができ、地球環境が安定した状態を保つことができたと言われている。

微惑星の衝突エネルギーは熱エネルギーに変換され、地球を加熱した。原始地球が大きくなるほど微惑星の衝突速度は大きくなっていった。地球の半径が現在の4割程度になると、この衝突エネルギーと、水蒸気や二酸化炭素の大気による温室効果によって、地表の温度は上昇した。そして原始地球の表面付近にあった岩石が溶けてマグマの海となった。これがマグマオーシャンで、深さ数百kmに及んだと考えられている。その結果、鉄やニッケルなどの重い金属は地球の中心部に集まった。その後40億年前ごろには、周辺の星間物質が減少して衝突の頻度が少なくなり、海と陸が存在する状態になったと考えられている。

現在の地球の70%は海に覆われている。その海底に存在している海嶺（海底の大山脈）で上昇したマントル物質の一部が玄武岩質の海洋地殻とカンラン岩質のマントル上部をつくっている。それらからなる海洋プレートは、太平洋を横断して海溝で沈み込み再びマントルに戻るといった循環を行っている。一方、海溝付近での火成活動により、大陸地殻（花崗岩質）と陸のプレートもできた。

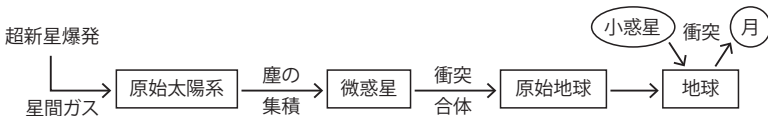


図 1-1 地球の形成

まとめ 原始太陽系は恒星の超新星爆発から生まれた。大量の星間ガスが集積して原始太陽や微惑星が生まれた。微惑星が衝突・合体を繰り返すなかから原始地球が生まれた。原始地球は太陽までの距離が比較的に近かったので、比較的重い岩石や鉄などの成分からできていた。原始地球は小惑星との衝突によって大きさを増すとともに月ができ、ほぼ現在の姿になった。

地球と環境のはなし
科学の眼で見る日常の疑問

定価はカバーに表示してあります。

2019年6月25日 1版1刷発行

ISBN978-4-7655-4485-6 C1040

著 者 稲 場 秀 明
発 行 者 長 滋 彦
発 行 所 技報堂出版株式会社
〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-2-5
電 話 営 業 (03) (5217) 0885
編 集 (03) (5217) 0881
F A X (03) (5217) 0886
振 替 口 座 00140-4-10
U R L <http://gihodobooks.jp/>

日本書籍出版協会会員
自然科学書協会会員
土木・建築書協会会員

Printed in Japan

©Hideaki Inaba, 2019

装丁：田中邦直 印刷・製本：三美印刷

落丁・乱丁はお取り替えいたします。

JCOPY <出版者著作権管理機構 委託出版物>

本書の無断複写は著作権法上での例外を除き禁じられています。複写される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構（電話 03-3513-6969, FAX 03-3513-6979, e-mail: info@jcopy.or.jp）の許諾を得てください。