

参考文献 (参考文献と原注は Global-Fever.org でも参照できる.)

地球の発熱に関する本書に取りかかったとき、私は同時に明るい話題の本も書こうと決心した。そちらは『Almost Us; Portraits of the Apes』という本になった。地球温暖化という大問題についてもっとたくさんの本を読むときにも、同じように何冊かを同時に読んでもいいかもしれない。

まだ読んでいなければ、次の2冊をお勧めする。

Jared Diamond. *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. Viking, 2005. [邦訳:『文明崩壊 滅亡と存続の命運を分けるもの』ジャレド・ダイヤモンド著, 楡井浩一訳, 草思社, 2005年]:過去の社会の崩壊を人類学的・生態学的に考察しており, 地球温暖化だけを扱っているわけではないが, 基本的な背景を理解できる. いつものように素晴らしい作品だ.

Al Gore. *An Inconvenient Truth*. Rodale Press, 2006. [邦訳:『不都合な真実』アル・ゴア著, 枝廣淳子訳, ランダムハウス講談社, 2007年]:アカデミー賞を受賞した世界的に有名な同名の映画の直後に出版された. ジム・ハンセンは, 「アル・ゴアは農業を告発した『沈黙の春』と同じ影響を地球温暖化におよぼすかもしれない」と述べている*.

その後は以下にあげた本を何冊か読んでみたらどうだろうか.

Robert Henson. *The Rough Guide to Climate Change*. Rough Guides, 2006.:ガイドブックの出版社だからといって騙されてはならない. 最も読みやすい本の1つであり, 気候に関する授業で使うこともできる. 著者はコロラド州ボルダーにある国立大気研究センターのサイエンス・ライターだ.

Mark Lynas. *Six Degrees*. Fourth Estate, 2007. [邦訳:『+6°C 地球温暖化最悪のシナリオ』マーク・ライナス著, 寺門和夫監修・翻訳, ランダムハウス講談社, 2008年]

Joseph J. Romm. *Hell and High Water*. William Morrow, 2007.:気象科学に関する優れた作品で, アメリカエネルギー省前次官補代理による推薦文もある. 著者は物理学博士号をもち海洋学の教育も受けたが, 父親はジャーナリストでそちらの才能も受け継いでいる.

* アル・ゴアは2009年に *Our Choice: A Plan to Solve the Climate Crisis* [邦訳『私たちの選択 温暖化を解決するための18章』アル・ゴア著, 枝廣淳子訳, ランダムハウス講談社, 2007年] を出版した.

もっと広い分野では次のような本がある.

Brian Fagan. *The Long Summer: How Climate Changed Civilization*. Basic Books, 2004. [邦訳:『古代文明と気候大変動——人類の運命を変えた二万年史』ブライアン・フェイガン著, 東郷えりか訳, 河出書房新社, 2005年]

Tim Flannery. *The Weather Makers*. Atlantic Monthly press, 2006. [邦訳:『地球を殺そうとしている私たち』ティム・フラナリー著, 椿正晴訳, ソニー・マガジズ, 2007年]

Ross Gelbspan. *Boiling Point*. Basic Books, 2004.

Elizabeth Kolbert. *Field Notes from a Catastrophe*. Bloomsbury, 2006. [邦訳:『地球温暖化の現場から』エリザベス・コルバート著, 仙名紀訳, オープンナレッジ, 2007年]

Eugene Linden. *The Winds of Change*. Simong, Schuster, 2006.

James Lovelock. *The Revenge of Gaia*. Penguin/Allen Lane, UK, 2006. [邦訳:『ガイアの復讐』ジェームズ・ラブロック著, 竹村健一, 秋元勇巳訳, 中央公論新社, 2006年] †

George Monbiot. *Heat: How to Stop the Planet Burning*. Penguin/Allen Lane, UK, 2006. [邦訳:『地球を冷ませ!——私たちの世界が燃えつきる前に』ジョージ・モンビオ著, 柴田譲治訳, いのちと環境ライブラリー, 2007年]

Fred Pearce. *The Last Generation: How Nature Will Take her Revenge for Climate Change*. Eden project Books, UK, 2006. [邦訳:『地球最後の世代——自然が人類に報復しはじめた』フレッド・ピアス著, 小林由香利訳, 日本放送出版協会, 2009年]

A. Barrie Pittock. *Climate Change: Turning Up the Heat*. CSIRO, Australia, 2005.

Phillip W. Schewe. *The Grid*. Joseph Henry Press, Washington DC, 2007.

Spencer R. Weart. *The Discovery of Global Warming*. Harvard University Press, 2003. 最新版; www.aip.org/history/climate. [邦訳:『温暖化の＜発見＞とは何か』スペンサー・R. ワート著, 増田耕一/熊井ひろ美訳, みすず書房, 2005年]

気候問題に関する偽情報の問題があるため, 最初のうちはウェブの検索エンジンは避けた方がいいかもしれない.

<http://www.realclimate.org/>

本物の気象学者たちが運営している.

<http://www.sej.org/resource/index18.htm>

Society for Environmental Journalists;

† 2009年に *The Vanishing Face of Gaia: A Final Warning*. という本を出版している.

<http://stephenschneider.stanford.edu/>
 スティーブン・シュナイダー (Stephen Schneider) 教授の気候に関するウェブサイト

<http://www.aip.org/history/climate/links.htm>
 アメリカ物理学会 (American Institute of Physics)

<http://www.pewclimate.org/>
 気候変動に関するピューセンター (Pew Center)

<http://www.climate.org/>
 気候研究所 (Climate Institute)

<http://climateprediction.net/>

<http://www.ncar.ucar.edu/research/climate/future.php>
 アメリカ大気研究センター (The National Center for Atmospheric Research)

<http://www.metoffice.gov.uk/climatechange/science/hadleycentre/>
 イギリス, ハドレーセンター (UK's Hadley Centre)

<http://www.climatechoices.org/>
 憂慮する科学者同盟 (Union of Concerned scientists)

<http://www.rmi.org/rmi/>
 ロッキーマウンテン研究所 (Mountain Institute)

<http://www.wri.org/>
 世界資源研究所 (World Resources Institute) : Kevin A. Baumert, Timothy Herzog, Jonathan Pershing による Navigating Numebrs は非常に役に立つ。

<http://www.bbc.co.uk/sn/hottopics/climatechange/>
 BBC の最新の気候関連ページ

<http://topics.nytimes.com/top/news/science/topics/globalwarming/index.html?8qa>
 ニューヨーク・タイムズ紙

<http://www.aaas.org/climate/>
 米国科学振興協会 (American Association for the Advancement of Science)

これらのサイトはどれも他の推奨サイトへのリンクをリストとして掲載しており、定期的に更新されている。Society of Environmental Journalists の <http://www.sej.org/initiatives/climate-change/overview> には気候変動のすべての側面に関する優れたリストがあり、バードウォッチャー向けの地球温暖化ガイド [訳注: 記載のページの Further Information を参照] までである!

科学的知識があるていど身につけば、少しずつウェブ上のもっと広い範囲に手を広げることができる。行動を遅れさせることによってこれまで通りのやり方を続けたい企業は、問題ないことを宣伝するために偽装組織を作っているが、それらがどのくらい簡単に見つかるか試してみるといい。そうした組織のほとんどは、警戒心を抱かせないような立派な名前を持っているし、自分たちのプロパガンダを偽装するのに役立つきちんとした科学を多少は掲載している。それに慣れたら自分のスキルを GlobalWarming.org で試してみるといい。憂慮する科学者同盟 (the Union of Concerned Scientists) の 2007 年の報告書を見れば、エクソン・モービル社が一般市民を誤った方向に導くために 2300 万ドルを使ったことがわかる; http://www.ucsusa.org/assets/documents/global_warming/exxon_report.pdf.

さらに詳しく知りたければ以下を参照するといい。

<http://www.ipcc.ch/>
 気候変動に関する政府間パネル (IPCC: Intergovernmental panel on Climate Change)
 2007 年の各作業部会報告書の政策決定者向けの要約は以下で参照できる: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/contents.html [訳注: 日本語の要約は以下で参照できる: http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/syr_spm.pdf。IPCC 第 4 次評価報告書については、気象庁の次のページに詳しい解説が掲載されている <http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/index.html>]

<http://www.usgcrp.gov/usgcrp/Library/nationalassessment/>
 アメリカ地球変動研究プログラム (U.S. Global Change Research program), Climate Change Impacts on the United States, USGCRP.2001;

<http://www.acia.uaf.edu/>
 北極評議会 (The Arctic Council), Arctic Climate Impact Assessment, Arctic Council, 2005

<dx.doi.org/10.1007/s10584-005-4135-0>
 ジェームズ・ハンセン (James Hansen), "A slippery slope," Climate Change 68 (February 2005): 269-279.

原注

以下の注は <http://global-fever.org/> にも本書のページ番号と共に掲載されている。引用の多くについてはウェブのアドレスを表示してある。“著者(年)”の形で引用したもののほとんどは、参考図書のページに著作名を示している*。

- 1 ムンクのリトグラフ：<http://www.jesuits.ca/orientations/Munch2.html>
- 2 ムンクはこう書いている：http://en.wikipedia.org/wiki/The_Scream

第一章 温暖化の全体像

- 1 一九三八年のことだった：Guy Callender による以下より。“The Artificial Production of Carbon Dioxide and Its Influence on Temperature.” *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* 64 (1938): 223-0.”
- 2 二倍：石炭ではキロワット時当たりのCO₂発生量が2倍近くなる。en.wikipedia.org/wiki/Energy_content_of_biofuel。[訳注：石炭はCO₂発生量に対しての発熱効率が非常に悪くて半分近くしかない。]
- 3 熱帯の木々がなければ：測定が非常に難しいため、これらの予測には炭素排出量に対する熱帯での森林火災の影響は含まれていない。1997～98年のエルニーニョの間にアマゾンとインドネシアでは深刻な早魃が発生し、広範囲の熱帯雨林が燃えて2～4億トンの炭素が放出された。将来、深刻なエルニーニョが何回も発生して早魃がさらに深刻になる、森林破壊によって引き起こされた降水量の減少によって乾期が長くなる、あるいは地球温暖化によって降水量が減少するといったことがあれば、世界中の熱帯雨林の木々に貯留されていた2000億トンの炭素の大部分が、今後数十年間で大気中に放出される可能性がある。1997～98年のエルニーニョの間に火災によって世界で排出された炭素は21±8億トンと推定されており、中南米はその30%近くを占めた。
- 4 ビル・マッキベン：Bill McKibben, *New York Review of Books* (16 November 2006), www.nybooks.com/articles/19596.

* [訳注]英語版(及び著者のWEBページ)に記載されているアドレスの多くは、既に該当先のアドレスが変更されていたり、あるいは無効になったりしている。日本語版の原注を作成するにあたり、できるだけ調査を行って最新のものと変更した。翻訳版の原注に記載されているアドレスは作成時点(2010年3月)で有効であることを確認したが、その後変更されている可能性がある。本書の注は一灯舎のホームページにも掲載する予定である。

- 5 テキサス州デミットの竜巻：撮影はHarald Richterによる。<http://www.photolib.noaa.gov/htmls/nssl0179.htm>

第二章 もうカンザスじゃないみたい

- 1 写真：2006年8月7日、提供者はJeff Schmaltz。http://visibleearth.nasa.gov/view_rec.php?id=20946。画像の左側を斜めに横切っているのは、衛星のMODIS [訳注：中分解能撮像分光放射計]が捉えたサングリントと呼ばれる太陽の反射光。非常に明るい部分では反射光が最大となっている
- 2 群発地震：Goran Ekstrom, Meredith Nettles, Victor C. Tsai, “Seasonality and increasing frequency of Greenland glacial earthquakes.” *Science* 311 (2006): 1756-758.
- 3 ジャレド・ダイヤモンド：Jared Diamond. *Collapse; How Societies Choose to Fail or Succeed*. Viking, 2005. [邦訳：『文明崩壊 滅亡と存続の命運を分けるもの』]
- 4 ミューア氷河：http://nsidc.org/data/glacier_photo/special_high_res_muir.html
- 5 アメリカ西部では：アメリカ西部の気温と山火事の相互関係については以下を参照。A. L. Westerling, H. G. Hidalgo, D. R. Cayan, and T. W. Swetnam. “Warming and earlier spring increase western U.S. forest wildfire activity.” *Science* 313 (5789): 940 (18 August 2006), dx.doi.org/10.1126/science.1128834.
- 6 山火事：IPCCによる2007年の評価報告書, WG1 報告書, 政策決定者向け要約より。[訳注：参考文献のwww.ipcc.chの箇所も参照]
- 7 赤道以北の降水量減少：地域的な降水量は次を参照。Xuebin Zhang, et al, “Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends,” *Nature* 448(26 July 2007): 461-65, dx.doi.org/10.1038/nature06025
- 8 リチャード・リンゼン：ニューズウィーク紙(2007), ダニエル・グロススマンによるインタビュー, <http://www.msnbc.msn.com/id/17997788/site/newsweek/print/1/displaymode/1098/> [訳注：日経サイエンス, 2002年3月号, 『素顔の科学者たち 温暖化に異議あり』も参照のこと]。リンゼンはまじめな気象学者であり、雲の形成や背の高い積乱雲の状態と関わっている“赤外放射アイリス”のため、気候感度はIPCCの評価値の1/3にしかならないと考えている。彼が正しければいいとは思いますが、個人的には予備理論を根拠にして、心配する必要はないと話して回ったり、エクソンモービル社を「私が知っているアメリカで唯一の信念を持った石油・ガス会社」と言ったりするつもりはない。<http://news.bbc.co.uk/2/low/business/6595369.stm>を参照のこと。

彼ほど有名でない気候問題反対派は、時とともにターゲットを移し、それは本当に科学的問題なのかそれとも何か別の問題なのかという疑問の声を上げる傾向がある。カリフォルニア大学サンディエゴ校の地質学者で科学史家でもあるナオミ・オレスケス (Naomi Oreskes) は、「彼らはどんな科学についても疑う方法を見つけようとする。そのおかげで、彼らにとってはそれが科学的問題ではないことが明らかになる」と述べている。Michael Hopkin, "Climate sceptics switch focus to economics: As the scientific case strengthens, dissenters change tack." *Nature* (10 February 2007) 582. [dx.doi.org/10.1038/445582a](https://doi.org/10.1038/445582a)を参照のこと。

- 9 カリフォルニア州知事アーノルド・シュワルツェネッガー: Thomas Friedman, "The power of green," *New York Times Magazine* (15 April 2007), http://www.nytimes.com/2007/04/15/magazine/15green.t.html?_r=1.
- 10 ジョン・ホルドレン: "The energy innovation imperative." *Innovation* (Spring 2006): 11

第三章 茹でガエルは動くのか?

- 1 スバンテ・アルテニウス: "On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground." *Philosophical Magazine and Journal of Science* (fifth series) 41 (1896): 237-75. ワートの歴史に関するサイト <http://www.aip.org/history/climate/> も参照のこと。
- 2 ロジャー・レビル: Roger Revelle and Hans E. Suess, "Carbon dioxide exchange between atmosphere and ocean and the question of an increase of CO₂ during the past decades." *Tellus* 9 (1957) 18-27.
- 3 ジム・ハンセンの鋭いコメント: 2006年4月に全米科学アカデミーで行われたジム・ハンセンの発表は、コロンビア大学の彼のウェブサイトに掲載されている。 <http://www.columbia.edu/~jeh1/>
- 4 オゾンホール: earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NewImages/images.php3?img_id=17436.
- 5 ジョージ・モンビオ: <http://www.monbiot.com/archives/2005/10/25/our-own-nuclear-salesman/>
- 6 アル・ゴア: アメリカの炭素排出量削減に向けた10の提案。
 1. 二酸化炭素の排出量を直ちに凍結し、2050年までに90%削減するというプログラムを開始する。
 2. 社会保障とメディケアのための給与税を、汚染、それも特に二酸化炭素に対する給与税に切り換える。
 3. 汚染税の一部を使い、炭素排出量を削減する際の低所得者の負担を減らす。

4. 気候変動に関する国際連合枠組条約(温暖化防止条約)の京都議定書を守るよう努め、2012年ではなく2010年を開始日とする新しい強力な国際協定を策定する。
5. 炭素の回収・隔離に対応していない新たな石炭火力発電所の建設を一時停止する。
6. 広範囲の分散発電を行うスマートグリッドである“エレクトラネット”を設立する。住宅や中小企業が太陽光および風力発電機を利用し、そのエネルギーを市場で決定された価格でグリッドに販売できるようにする。
7. 自動車の企業平均燃料節約(CAFE)基準を引き上げ、他の産業部門もエネルギー基準を設定する。
8. 白熱電球を禁止する期日を定める。
9. カーボンニュートラル住宅ローン協会(CNMA [コニー・マエ])を設立し、断熱性とエネルギー効率が高い窓のような高額なエネルギー削減方法を選んだ住宅購入者を支援する。
10. 証券取引委員会(SEC)に企業報告書での炭素排出量の開示を求めさせる。

アル・ゴア前副大統領による2007年3月のアメリカ議会公聴会での証言: *EOS88*(10 April 2007):171.

どれも必要だが弱すぎる。最終的にはこの提案が議会を動かすかもしれないが、この簡単な10項目は20年前ならふさわしいものだっただろう。もっと大規模で迅速な行動をとらなければ、まったく意味がない。

私はその代わりに2020年に向けた緊急課題を重視している。こちらは新しい原子力発電所と地熱発電所を建設し、多数の旧式な石炭火力発電所を廃止し、プラグイン・ハイブリッド車に乗り換え、石炭を使用している途上国に対して直流送電線の設置を助成するというものだ。

- 7 国連事務総長 潘基文(ハン・キムン): 記者会見(2007年6月8日), <http://www.un.org/apps/sg/offthecuff.asp?nid=1035>.
- 8 アンドリュウ・レヴキン: "Global meltdown," *AARP Magazine* (July 2007), http://www.aarpmagazine.org/lifestyle/global_meltdown.html
- 9 ジョゼフ・ロンム: *Hell and High Water* (William Morrow, 2007), 2.
- 10 ゴードン・R. サリバン将軍: securityandclimate.cna.org/report, p.10.

第四章 気候が“ボン!”と変化する

- 1 私が初めて: ウィリアム・H・カルヴィン(著者)による次の記事. "The great climate flip-flop," *Atlantic Monthly* (January 1998). この記事の内容は *The story is elaborated in A Brain for All Seasons: Human Evolution and*

Abrupt Climate Change. (University of Chicago Press, 2002) にさらに詳しく書かれている。

- 2 2002年のラーセンB棚氷の崩壊（衛星画像）：Eugene Domack et al, "Stability of the Larsen B ice shelf on the Antarctic Peninsula during the Holocene epoch." *Nature* 436 (2005): 681-85. この地域は約3250km²の面積が厚さ200mの氷で覆われており、最終氷期が終わる前からずっと凍結していた。出典はNASAのTerra/MODIS衛星画像、<http://www.globalwarmingart.com/>.
- 3 再凍結：2005年の融解と再凍結については以下を参照。<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=7730>

第五章 早魃——破滅への危険な坂道

- 1 写真：著者の不手際により、ブックマークが見あたらなかった。「Fleeing a dust storm」はオクラホマ州シマロン郡の農夫アーサー・コプルとその息子たちの写真。撮影は政府の写真家アーサー・ロススタイン、April, 1936 (Library of Congress LOC-00241v.jpg) [訳注：以下のページでダストボウルの写真を見ることができる http://www.weru.ksu.edu/new_weru/multimedia/dustbowl/dustbowlpics.html]
- 2 だが今度は：ここに述べた大まかな早魃のフィードバックの出典はウォレス (J. M. Wallace) による2002年の短い講演。
- 3 熱帯雨林では：最近蒸発した水が次の降雨を促進する。これはアマゾンでは大問題になりつつある。現在の平らな雲底（ここに露点がある）は、地面からそれほど高くない。だが地球温暖化によって雲底の高度が上がると、少し前に発生した水蒸気とよく混ざらなくなるだろう。雲はアマゾン山脈にぶつかるまで西に移動し続け、そこで多少の雨を降らせる。その雨は今と同じようにアマゾン川を下るが、川岸の豊かな植生は姿を消すだろう。早魃の間に燃えてしまう可能性も高い。
- 4 過去400年間に：Connie A. Woodhouse, Jonathan T. Overpeck, "2000 Years of Drought Variability in the Central United States," *Bulletin of the American Meteorological Society* 79(1998): 2693-2714.
- 5 オースターの引用：<http://www.pbs.org/wgbh/americanexperience/dustbowl/storyHighlights/3/>
- 6 アメリカ西部で：同じく Woodhouse and Overpeck (1998).
- 7 世界的な早魃は：Eleanor J. Burke, Simon J. Brown, Nikolaos Christidis による次を参照。"Modeling the Recent Evolution of Global Drought and Projections for the Twenty-First Century with the Hadley Centre Climate Model," *Journal of Hydrometeorology* 7 (October 2006): 1113-1125.
- 8 中世の温暖期：もともと中世の温暖期と名づけられてはいるが、この気

温変化は世界中で同じように起きたわけではないようだ。そのため、はつきりした小氷河期の前に、広範囲にわたって気候異常が見られた期間と考えた方がいい。

- 9 二一世紀のアメリカで：早魃の頻度については次より。Richard Seager et al, "Model projections of an imminent transition to a more arid climate in southwestern North America," *Science* 316 (25 May 2007): 1181-1184, dx.doi.org/10.1126/science.1139601.
- 10 砂塵嵐の壁：写真次を参照。NOAA, George E. Marsh Album, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dust_Storm_Texas_1935.jpg
- 11 現在、農業は：次を参照。<http://www.worldwatch.org/node/811>
- 12 灌漑：次を参照。<http://ga.water.usgs.gov/edu/irsprayhigh.html>
- 13 円形農地：カンザス州の円形農地については次を参照。http://earthobservatory.nasa.gov/images/imagerecords/5000/5772/kansas_AST_2001175_lrg.jpg

第六章 なぜ砂漠が広がるのか

- 1 キム・スタンレー・ロビンソン："Imagining Abrupt Climate Change: Terraforming Earth." Amazon Short essay (2005).
- 2 ハドレー循環："Concerning the cause of the general trade winds," *Philosophical Transactions*, 39 (1735).
- 3 緯度が高い地域：Qiang Fu, Celeste M. Johanson, John M. Wallace, Thomas Reichler. "Enhanced mid-latitude tropospheric warming in satellite measurements," *Science* 312 (26 May 2006): 1179.
- 4 アメリカ南西部では：Richard Seager, et al., "Model projections of an imminent transition to a more arid climate in southwestern North America." *Science* 316 (25 May 2007): 1181-1184, dx.doi.org/10.1126/science.1139601.
- 5 乾燥した植生：パースについては次を参照。Flannery (2005): 130. Pittock (2005): 141.
- 6 長期的な早魃：長期的な早魃の合成指標については次を参照。<http://www.drought.unl.edu/dm/monitor.html>.
- 7 ダニエル・ネプスタッド：http://www.whrc.org/resources/online_publications/essays/2006%E2%80%90008%E2%80%90Nepstad%E2%80%90Independent.htm.
- 8 フレッド・ピアス：次を参照。"Global meltdown." *The Guardian* (30 August 2006). <http://www.guardian.co.uk/environment/2006/aug/30/society.climatechange>

- 9 ジョージ・モンビオ：*Heat: How to Stop the Planet From Burning*, by George Monbiot, South End Press(2007) [邦訳『地球を冷ませ！—私たちの世界が燃えつきる前に』(参考文献に記載)]

第七章 ゆっくりとした変化から急激な変化へ

- ハリケーン・カトリーナ：2005年8月、ハリケーン・カトリーナが通過し3カ所の堤防が決壊した翌日のニューオーリンズの写真(撮影：アメリカ沿岸警備隊)。
- ロバート・フロスト：*Selected Prose of Robert Frost*, edited by H. Cox and E. C. Lathem (Collier, 1986), 33-46.
- 雪だるま式に：Pittock (2005) の p.110 に記載されている気候の非線形的な影響に関する考察は非常に優れている。
- ティートン・ダム：アイダホ州南東部のアイダホフォールズから44マイル(約70km)北東にあるティートン・ダムは、ダム湖に初めて水を張った1976年5月に突然決壊した。技術者は進んで漏水を探し、水が染みだしている場所を見つけていた。だが崩壊があまりに急だったため、数台の大型ブルドーザーが失われ、下流の共同体に警告が出されたのはほんの1時間前だった。このダムの決壊によって約300,000エーカーフット(3億7000万 m^3)の水が下流の農地と市街地に浸水し、死者14名、被害額10億ドルとなった：http://npdp.stanford.edu/npdp/home/npdpimages/Photo%20Gallery/fullimages/IDS00007_003_f.jpg。
- トーマス・マルサス牧師：Thomas R. Malthus, *An Essay on the Principle of Population* (printed for J. Johnson, London, 1798). [邦訳：『人口論』トーマス・マルサス著、永井義雄訳、中公文庫、1973年]。
- リーズ・アンド・ラグズ：レストランのリーズ・アンド・ラグズに関するダイナミクスは次を参照。<http://muller.lbl.gov/pages/news%20reports/ebexp.htm>。
- ジェームズ・マーチン：*The Meaning of the 21st Century* (Eden Project, London, 2007): 30. タラの漁獲量のグラフは<http://www.fao.org/docrep/005/y3684e/y3684e05.htm>。
- アル・ゴア：チャーリー・ローズ・ショーにて (September 2006)。
- レイ・ピエールハンバート：“Climate Change: A Catastrophe in Slow Motion,” *Chicago Journal of International Law* 6 (Winter 2006): 573, <http://cjl.uchicago.edu/past-issues/win06.html>。

第八章 悪循環の原因とは

- ワット：ワットについては James Lovelock, *The Revenge of Gaia* (Allen Lane: London, 2006) [邦訳：『ガイアの復讐』(参考文献に記載)] よ

り。http://en.wikipedia.org/wiki/Centrifugal_governor を参照のこと。図は “Discoveries & Inventions of the Nineteenth Century” by R. Routledge, 13th edition, published 1900 より。

- フィードバック・ループ：神経細胞と筋肉による正のフィードバックは非常に優れている。素早く動けるのはそのためだ。反応時間が十分に短くなるので反射神経が向上し、尻餅をつきながら階段を落ちたりしなくなる。コンピューターもほとんど同じ方法で正のフィードバックを利用し、計算サイクルの各段階を短縮している。コンピューターのビットに用いられるフリップ・フロップ回路が初めて発明されたときの速さは、神経細胞とほぼ同じ(ミリ秒)だった。現在ではこちら(神経細胞ではない)は100万倍も速いナノ秒で作動している。
- ジェームズ・ハンセン：James Hansen, Makiko Sato, Pushker Kharecha, Gary Russell, David W Lea, Mark Siddall, “Climate change and trace gases.” *Philosophical Transactions of the Royal Society A* (July 15, 2007), dx.doi.org/10.1098/rsta.2007.2052。
- この地図で：K. Steffen, R. Huff, *Greenland Melt Extent, 2005* (Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, University of Colorado, Boulder, 2005); <http://cires.colorado.edu/science/groups/steffen/greenland/melt2005/> で入手できる。
- 五〇%ほど増幅：水蒸気はCO₂による温暖化を40～50%増幅する。次を参照。IPCC 2007 WG1 SPM (Summary for Policymakers)。
- CO₂によって：「CO₂によって下層大気の熱の蓄積量が増加すると、熱帯海洋からの蒸発が促進される」。この正のフィードバック自体は、多少の自己調節を行っている。湿度が高ければ雲が多いし、白い雲は太陽光の一部を宇宙にはね返すので、大気中の水蒸気が増加したときの加熱効果をいくらかは打ち消しているのだ。雲の形成は煙粒子の大きさのような多数の要因によっても左右されるため、平衡作用はまだ十分に解明されていない。例えば焼き畑で生じるススの粒子くらいの大きさがあれば、水滴の形成を促進できる。化石燃料を燃焼させる発電所で生じる粒子はもっと小さくて、風下の降水も少ない。
- 七%増加する：Frank J. Wentz, Lucrezia Ricciardulli, Kyle Hilburn, Carl Mears, “How Much More Rain Will Global Warming Bring?” *Science* (31 May 2007), dx.doi.org/10.1126/science.1140746。
- テッド・スカンボス：http://news.mongabay.com/2007/0404-sea_ice.html
- 地球規模での旱魃予測：Eleanor J. Burke, Simon J. Brown, Nikolaos Christidis, “Modeling the Recent Evolution of Global Drought and Projections for the Twenty-First Century with the Hadley Centre Climate Model,” *Journal of Hydrometeorology* 7 (October 2006): 1113-1125。

第九章 あゝ薄青の空

- 1 地球薄暮化によって: David Appell, news article "The darkening Earth," *Scientific American* (August 2004): 16-17.
硫黄は気球だけでなくジェット燃料によってもばらまかれる。下層大気中の硫黄の増加を避けるために、旅客機の燃料タンクの1つには硫黄を含まない燃料を入れておき、巡航高度に達するまではそれを使用する(これは長距離飛行で消費される燃料の約1/4に相当する)。だが天候に左右されないほど高いところを飛んでいるときは、硫黄を加えたジェット燃料を使うようになるかもしれない。
- 2 ビーラバドラン・ラマナタン: Pearce (2006) [邦訳:『地球最後の世代: 自然が人類に報復しはじめた』(フレッド・ピアス著, 小林由香利訳, 日本放送出版協会, 2009)] の引用より。
- 3 海水のCO₂濃度が上がった時に: Richard A. Feely, Christopher L. Sabine, and Victoria J. Fabry, "Carbon dioxide and our ocean legacy." National Environment Trust brochure (2006), [以下に同様の文が掲載されている。http://www.pmel.noaa.gov/pubs/PDF/feel2899/feel2899.pdf] .
- 4 煙霧(ヘイズ): Oliver Morton, "Is this what it takes to save the world?" *Nature* 447 (10 May 2007):132-136 news feature, dx.doi.org/10.1038/447132a.
- 5 ティム・フラナリー (2006) [邦訳:『地球を殺そうとしている私たち』(参考文献に記載)] の引用より: 219.
- 6 焼き畑による火災: 火災地図: 作成; Jacques Desclotres, NASA/GSFC MODIS 迅速応答システム, rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/firemaps/.

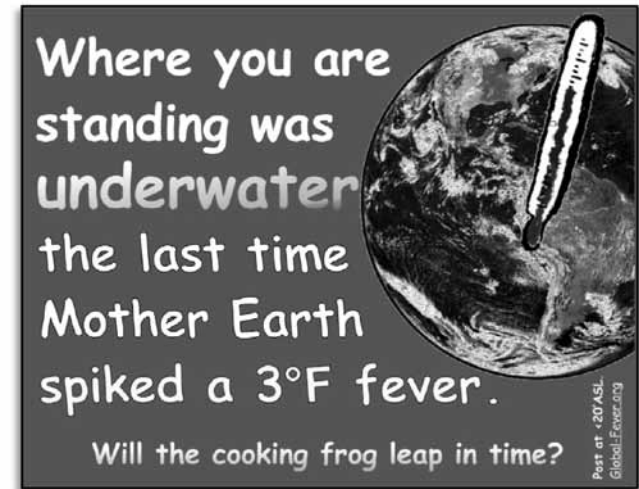
第十章 地域的な破滅と地球規模での崩壊

- 1 リチャード・アレー: Pearce (2006) [邦訳:『地球最後の世代: 自然が人類に報復しはじめた』(参考文献に記載)] の引用より。
- 2 ゲーグル・アース: ゲーグル・アースのソフトウェアは earth.google.com にある。インストール後は, WilliamCalvin.com/2006/GoogleEarth_PlacemarkGreenland_Shoulder.kmz でグリーンランド西部の氷塊の肩にあるあばたのような融解湖の映像を見ることができる。ゲーグル・アースを立ち上げると地形トグルに緯度/距離/高度の情報が表示されているのがわかる。北緯約70°にあるグリーンランド西岸に位置を合わせたら南に移動し, ヤコブスハン・イズブラエ(以前はラーセンBのような棚氷だったが, 暖かい海水によって土台が破壊されて崩壊した)の東西に長い氷舌を拡大する。それから東に移動すると氷床の肩にできた湖が見える。最後に湖を視界に入れながら南に移動する。これらの湖から流れ出す水は, グリーンランド中央部の氷床の南半分を崩壊させる原因となるかもしれない。

- 3 融解水の湖: 気象学者サラ・ダスの撮影。http://www.whoi.edu/oceanus/viewImage.do?id=17710&aid=9126。NASAの写真も参照のこと, http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=7569.
- 4 滑りを良くし: Jay Zwally et al, "Surface melt-induced acceleration of Greenland ice-sheet flow," *Science* 297(2002): 218-222。アイスランドの研究では, 氷の下に捕らわれた水は膨張して氷になろうにも圧力が高すぎて再凍結できない。そのため氷の底に亀裂ができれば, 水はどんどん亀裂に入り込む。膨張できる空間があれば再凍結する。水が凍るときに放出される熱によって周囲の氷が暖まると, 基盤岩とくっついていた部分が氷床の底に沿って崩壊し, 自己破壊的なサイクルが始まる。詳しくは http://www.pbs.org/wgbh/nova/transcripts/3211_megafluo.html を参照。
- 5 リチャード・アレー: Pearce (2006) [邦訳:『地球最後の世代: 自然が人類に報復しはじめた』(参考文献に記載)] の引用より。
- 6 前回地球の気温が: 海面の上昇については次を参照。2007年 IPCC 評価報告書 SPM (政策決定者向けの要約) の図 5.5.2 に加筆。このデータは過去 47 万年以上にわたる紅海の酸素同位体から得られたもの。Siddall et al., *Nature* 423 (2003): 853-858 を参照のこと。
- 7 植物プランクトン: プランクトンは氷河期の炭素を吸収して閉じこめる上で, さまざまな役割を果たしていた。肥沃化に関しては, 氷河期の激しい風によって, 鉄を豊富に含んだ大量の砂塵がサハラとナミブ砂漠から大西洋に運ばれたはずだ。生息地の拡大については, 氷河期の間は南北熱輸送が減少し北大西洋が寒冷化した。ラブロック(2006年)[邦訳:『ガイアの復讐』] は, 温度が低い海洋ではプランクトンはより多くの場所で繁殖し, 炭素をより速く吸収して閉じこめたと主張している。プランクトンの相対的重要性については結論がまだ出ていないし, 遺伝子操作によって CO₂ 問題の解決に役立つかどうかもわかっていない。
- 8 複雑な人間社会も: J. W. Day, Jr., et al, "Emergence of complex societies after sea level stabilized." *EOS* 88 (10 April 2007): 169.
- 9 リチャード・アレー: Pearce (2006) [邦訳:『地球最後の世代: 自然が人類に報復しはじめた』(参考文献に記載)] の引用より。
- 10 中国東部: David D. Zhang, Jane Zhang, Harry F. Lee, Yuan-qing He. "Climate Change and War Frequency in Eastern China over the Last Millennium." *Human Ecology* 35 (2007):403-414, http://www.springerlink.com/content/25397734x6n1m038/.
- 11 海面が六メートル上昇すると: 海面上昇を示した地図のほとんどは, アリゾナ大学のジョナサン・オーバーベックとジェレミー・ワイスが地図ソフトウェアで作成したもの。http://www.geo.arizona.edu/dgesl/research/other/climate_change_and_sea_level/sea_level_rise/sea_level_rise.htm

第十一章 困難がまとめてやってくる

- 1 フラナリー：Tim Flannery. *The Weather Makers*. Atlantic Monthly Press, 2005. (2006, p.140) [訳注：『地球を殺そうとしている私たち』(参考文献に記載)]
- 2 海面が一メートル上昇しただけで：1mの海面上昇によってニューヨーク市では、これまで100年に一度だった洪水が4年ごとに起きることになる：http://ccir.ciesin.columbia.edu/nyc/ccir-ny_q2b.html, C. Rosenzweig and W.D. Solecki (Columbia Earth Institute, New York, 210 pp), *Climate Change and a Global City: The Potential Consequences of Climate Variability and Change - Metro East Coast.*, Report for the U.S. Global Change Research Program, National Assessment of the Potential Consequences of Climate Variability and Change for the United States (Columbia Earth Institute, New York, 2001).
- 3 ハリケーン・センターの所長：Max Mayfield, director of the National Hurricane Center, ロイター通信社のインタビュー(22 August 2006)より。
- 4 提案：ニューヨーク市の高潮に対する提案：http://metroeast_climate.ciesin.columbia.edu/reports/infrastructure.pdf. ニューヨーク市とロングアイランドの高潮についてもっと例を見たければ <http://stormy.msdc.sunysb.edu/> を参照のこと。リアルタイムの予報もある。
- 5 一九九二年のノーイースター：1992年のノーイースターが停滞中の地下鉄のホーボーケン駅。この写真と世界貿易センターの入り口の写真は次より。Metro New York Hurricane Transportation Study, 1995.
- 6 デイビッド・キング卿：“Climate Change Science: Adapt, Mitigate, or Ignore?” *Science* 303 (9 January 2004): 176–177.
- 7 ニュー・サクラメント湾：Claudia Dreifus, “A Conversation With Jeffrey Mount: Giving Sacramento Good Reason to Have New Orleans on Its Mind.” *New York Times* (April 18, 2006). http://www.nytimes.com/2006/04/18/science/18conv.html?_r=1.
- 8 控え目：David Biello, “Conservative Climate: Consensus document may understate the climate change problem,” *Scientific American* のウェブサイト (18 March 2007), <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=conservative-climate>
- 9 最終氷期：過去2万4000年間の海面上昇を示したグラフは2007年IPCC評価報告書、政策決定者向けの要約(WG1)より。ワシントン記念塔の写真は http://en.wikipedia.org/wiki/File:Washington_Monument_Dusk_Jan_2006.jpg を大幅に修正したもの。



(図注の文) ここは前回地球が3°F(約2°C)の熱を出した時には水面下にあった。茹でガエルはちゃんと逃げ出せるのか?

[訳注：以下から掲示用のPDFファイルを取得できる <http://global-fever.org/>]

私は海面が六メートル上昇する地域で掲示するための、自由に印刷できるカラーポスターを作成した。このポスターのPDFファイルと、GPSユニットやグーグル・アースを使って掲示する場所を決める方法は <http://global-fever.org> にある。同様のプロジェクトについては <http://nytimes.com/2007/06/16/arts/design/16chal.html> を参照のこと。

- 10 大規模な氷河地震の回数：Göran Ekström, Meredith Nettles, and Victor C. Tsai, “Seasonality and Increasing Frequency of Greenland Glacial Earthquakes,” *Science* (24 March 2006): 1756–1758, dx.doi.org/10.1126/science.1122112.
- 11 レーダーによって：Eric Rignot and Pannir Kanagaratnam, “Changes in the velocity structure of the Greenland Ice Sheet,” *Science* (17 February 2006): 986–990, dx.doi.org/10.1126/science.1121381.
- 12 3°Cの場合：Jonathan T. Overpeck, Bette L. Otto-Bliesner, Gifford H. Miller, Daniel R. Muhs, Richard B. Alley, and Jeffrey T. Kiehl, “Paleoclimatic evidence for future ice-sheet instability and rapid sea-level rise,” *Science* (24 March 2006) 1747–1750 at dx.doi.org/10.1126/science.1115159.
- 13 IPCC評価報告書：2007年のIPCC評価報告書における海面上昇についての議論は、シュテファン・ラムストルフの議論を参照のこと：<http://>

- www.realclimate.org/index.php/archives/2007/03/the-ipcc-sea-level-numbers/#more-427.
- 14 マーク・ライナス：『+6℃ 地球温暖化最悪のシナリオ』（参考文献に記載）。邦訳の該当部分は p.186
 - 15 一二万五〇〇〇年前：モデル・データ；Kurt M. Cuffey and Shawn J. Marshall, "Substantial contribution to sea-level rise during the last interglacial from the Greenland ice sheet," *Nature* 404 (6 April 2000): 591-594, dx.doi.org/10.1038/35007053. モデルから推測された 12 万 5000 年前のグリーンランドの氷については、次を参照。2007 年 IPCC 評価報告書 WG1 技術報告書.
- ## 第十二章 二重の脅威となるメタン
- 1 キルポチン：Pearce (2006) [邦訳：『地球最後の世代：自然が人類に報復しはじめた』（参考文献に記載）] の引用より.
 - 2 1850 年以降の状況：CO₂, CH₄ および気温の記録は James E. Hansen, *Climate Change* 68 (2005): 269 より.
 - 3 デルファイの神託：Guiseppe Etiope, "The geological links of the ancient Delphic Oracle (Greece): A reappraisal of natural gas occurrence and origin." *Geology* (October 2006): 825-828. メタンによって空気中の酸素濃度が低下したことが、酸素欠乏症が神託に影響したと思われる.
 - 4 産業革命前：“CO₂ の倍増”という言葉は、産業革命前に 275ppm だった CO₂ 濃度が、CO₂ 換算で 550ppm に倍増することを示している。氷河期の CO₂ 濃度の最小値と最大値の間の自然な変動範囲は約 100ppm だった。すでに歴史的な最大値である 110ppm を越え、メタンやその他の温室効果ガス濃度が増加しているために、CO₂ 換算で少なくとも 50ppm 増加する.
 - 5 これまでの自然のプロセスで：Renato Spahni, Jérôme Chappellaz, Thomas F. Stocker, Laetitia Loulergue, Gregor Hausammann, Kenji Kawamura, Jacqueline Flückiger, Jakob Schwander, Dominique Raynaud, Valérie Masson-Delmotte, and Jean Jouzel. "Atmospheric Methane and Nitrous Oxide of the Late Pleistocene from Antarctic Ice Cores," *Science* (25 November 2005): 1317-1321.
 - 6 ジョン・M・バリー：*Rising Tide: The Great Mississippi Flood of 1927 and How It Changed America* (Simon and Shuster, 1997) 69.
 - 7 アメリカでは：David A. Kirchgessner, Robert A. Lott, R. Michael Cowgill, Matthew R. Harrison, Theresa M. Shires, "Estimate of methane emissions from the U.S. natural gas industry," n.d., <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch14/related/methane.pdf>
 - 8 漏出：天然ガスは約 2 ~ 4% 漏出している。Society of Chemical Industry (2004), James Lovelock. *The Revenge of Gaia*. Penguin/Allen Lane, UK, 2006. [邦訳：『ガイアの復讐』] から引用.
 - 9 図：A. I. Best et al, "Shallow seabed methane gas could pose coastal hazard," *Eos* 87 (30 May 2006): 1.
 - 10 液化天然ガス (LNG)：LNG 排出量については以下を参照 Richard Heede, 2006 年 5 月の報告書, http://www.edcnet.org/pdf/Heede_06_LNG_GHG_Anlyns.pdf.
 - 11 融解湖：2003 年のシベリア, チェルスキ付近の融解湖の航空写真。撮影は Katey Walter. Katey Walter et al, "Methane bubbling from Siberian thaw lakes as a positive feedback to climate warming," *Nature* (7 September 2006): 443, dx.doi.org/10.1038/nature05040.
 - 12 自然の問題：T. M. Hill et al, "Climatically driven emissions of hydrocarbons from marine sediments during deglaciation," *Proceedings of the National Academy of Sciences* (U.S.) 103 (12 September 2006):13570, dx.doi.org/10.1073/pnas.0601304103.
 - 13 メタンハイドレート：David Archer, "Methane hydrates and anthropogenic climate change." *Biosci. Discuss.* 4 (2007): 993-1057, <http://www.realclimate.org/index.php/archives/2005/12/methane-hydrates-and-global-warming/>.
 - 14 燃える氷：燃えるメタンハイドレートの写真は次を参照。 http://www.giss.nasa.gov/research/features/200409_methane/hydrate.jpg.
 - 15 大気中のメタン濃度：I. J. Simpson, F. S. Rowland, S. Meinardi, and D. R. Blake, "Influence of biomass burning during recent fluctuations in the slow growth of global tropospheric methane," *Geophysical Research Letters* 33 (2006): L22808, dx.doi.org/10.1029/2006GL027330.
 - 16 約 1000 年は：David Archer and Victor Brovkin, "Millennial Atmospheric Lifetime of Anthropogenic CO₂," *Climatic Change* (to appear, 2007).
 - 17 農業の関与は：農業廃棄物の問題については次を参照。 <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/A0701E/A0701E00.pdf>
 - 18 あまり考慮していなかった：M. S. Torn and J. Harte, "Missing feedbacks, asymmetric uncertainties, and the underestimation of future warming," *Geophysical Research Letters* (2006) , dx.doi.org/10.1029/2005GL025540.
 - 19 正のフィードバックはこの効果を：Marten Scheffer, Victor Brovkin and Peter Cox, "Positive feedback between global warming and atmospheric CO₂ concentration inferred from past climate change." *Geophysical Research Letters* (2006) , dx.doi.org/10.1029/2005GL025044.

第十三章 突然の気候変動

- 1 クラウディア・テバルディ：Claudia Tebaldi et al, "Going to Extremes, *Climatic Change* (December 2006). <http://www.ucar.edu/news/releases/2006/wetterworld.shtml>. Richard B. Alley, et al., "Abrupt climate change." *Science* 299 (2003): 2005-10.
- 2 メキシコ湾流：“How Likely are Major or Abrupt Climate Changes, such as Loss of Ice Sheets or Changes in Global Ocean Circulation?”, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, edited by Susan Solomon, et al. (Cambridge University Press, Cambridge and New York) IPCC, 2007年評価報告書, WG1 報告書：自然科学的根拠, 第10章 全球気候予測 <http://www.ipcc-wg1.unibe.ch/publications/wg1-ar4/wg1-ar4.html>
- 3 もう一つの安定した状態：「金曜には時速 100 マイル（161 キロメートル）以上の風がユタ州北部に吹き荒れ、20 台のトラクタートレーラーが横転した…風速は時速 113 マイル（182 キロメートル）という州記録に到達した…」撮影：Marta Storwick, ユタ州, オグデン・スタンダード・エグザミネー (Standard-Examiner of Ogden) 紙. 掲載許可取得済み.
- 4 私が：ウィリアム・H・カルヴィン（著者）による次を参照, "The great climate flip-flop," *Atlantic Monthly* (January 1998). この記事の内容は *The story is elaborated in A Brain for All Seasons: Human Evolution and Abrupt Climate Change*. (University of Chicago Press, 2002) にさらに詳しく書かれている.
- 5 図：the National Oceanic and Atmospheric Administration, El Niño Web site からの出典. <http://www.pmel.noaa.gov/tao/elnino/nino-home.html>. 専門的には、エルニーニョとは太平洋中部の海面温度が通常より 0.5℃以上高い状態が 4 カ月間続くことだ。ラニーニャは 0.5℃以上低い状態が 4 カ月間続くこと（だがラニーニャという言葉を正常な中間域として使う人もいる）。ラニーニャはエルニーニョに続くことも多く、基本的に正反対の性質を持つ。ラニーニャの間、赤道近くの偏東貿易風は普通より強くなる。そのためより多くの暖かい表層水が、太平洋を横切って西に押しやられる。その代わりに冷たい深層水が表面に湧昇し、はるか中央赤道太平洋まで広がる。歴史的なエルニーニョの図は http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/ で見られる。
- 6 “持続的な” エルニーニョ：A. V. Fedorov et al, "The Pliocene paradox (mechanisms for a permanent El Niño)," *Science* 312 (9 June 2006): 1485, dx.doi.org/10.1126/science.1122666.

第十四章 CO₂ の海

- 1 エルニーニョであり：Michael J. Behrenfeld, et al, "Climate-driven trends in contemporary ocean productivity," *Nature* 444 (7 Dec 2006): 752-755, dx.doi.org/10.1038/nature05317.
- 2 上の図：CO₂ を吸収している水域に関して、このデータは北半球では 3 月から 6 月までの間、太陽光によって南半球の冬よりも多くのプランクトン・ブルームが発生することを示している。主な制限要因は栄養素だ。河川からの栄養素以外に、一部の地域では海水の湧昇によっても栄養素が供給されている（太平洋中部の線は貿易風が収束する部分で、大陸の西岸にも見られる）。世界規模でのプランクトン・ブルームを示したカラーのオリジナル画像は次より。 <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=6735>. 地図は次より。 <http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/Search.html?group=12>. グーグル・アースをインストールしていれば、neo.sci.gsfc.nasa.gov/RenderData?si=493385&cs=rgb&format=KMZ を参照のこと。
Russell Hopcroft による撮影。 *Cavolinia uncinata* (左), *Victoria Fabry, C. tridentata* (右), Laurence Madin, *Salpa aspera*.
- 3 白化：Michael P. Lesser, "Coral reef bleaching and global climate change: Can corals survive the next century?" *Proceedings of the National Academy of Sciences (U.S.)* (2007), dx.doi.org/10.1073/pnas.0700910104.
- 4 二〇〇五年の：2005 年のカリブ海でのサンゴ礁の消失は次より。 news.nationalgeographic.com/news/2006/04/0406_060406_coral.html
- 5 病気：J. F. Bruno, et al., "Thermal stress and coral cover as drivers of coral disease outbreaks." *PLoS Biology* 5 (2007): e124, dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.0050124.
- 6 大気中の CO₂ は：イギリス王立協会による声明は次より。 "Ocean Acidification Due to Increasing Atmospheric Carbon Dioxide" (2005), www.royalsoc.ac.uk/displaypagedoc.asp?id=13539.
- 7 南の海洋による：Corinne Le Quéré, et al. "Saturation of the Southern Ocean CO₂ Sink Due to Recent Climate Change," *Science* (2007), dx.doi.org/10.1126/science.1136188.
- 8 植物プランクトン：プランクトンの減少については次より。 Scott C. Doney, "Plankton in a warmer world." *Nature* 444 (7 December 2006) 695.
Michael J. Behrenfeld, et al. "Climate-driven trends in contemporary ocean productivity." *Nature* 444 (7 December 2006): 752-755, dx.doi.org/10.1038/nature05317.

- 9 ケン・カルディエラ：エリザベス・コルバートの引用より。Elizabeth Kolbert, "The Darkening Sea: What carbon emissions are doing to the ocean," *New Yorker* (20 November 2006): 67-75.
- 10 “鉄散布”実験：Philip W. Boyd, et al. "Mesoscale Iron Enrichment Experiments 1993-2005: Synthesis and Future Directions." *Science* 315 (2 February 2007): 612-617, dx.doi.org/10.1126/science.1131669.
Philip W. Boyd, "Biogeochemistry: Iron findings." *Nature* 446 (26 April 2007): 989-991.
- 11 ケルゲレン海台：ケルゲレンに関する解析については次より。Stéphane Blain, et al. "Effect of natural iron fertilization on carbon sequestration in the Southern Ocean." *Nature* 446 (26 April 2007): 1070-1074, dx.doi.org/10.1038/nature05700. ケルゲレンの図は添付のニュース記事の図に加筆したもの。
- 12 波力ポンプ：深層水を表面に汲み上げる波力ポンプの動きは、atmocean.com (http://www.google.co.jp/url?q=http://www.atmocean.com/pdf/BioOceanSeqWaveDriv.pdf&ei=kMOKS7qglcyLkAX1_LS6CA&sa=X&oi=nshc&resnum=1&ct=result&cd=2&ved=0CAkQzgQoAQ&usq=AFQjCNHA5vKegS8PITKTYs1_gP8o7n7oqg) に保存されている画像が最もわかりやすい。
- 13 ジョゼフ・ロンム：Joseph J. Romm, *Hell and High Water* (William Morrow, 2007): 8.
- 14 マーク・ライナス：Mark Lynas (2007) [邦訳『+6℃ 地球温暖化最悪のシナリオ』(参考文献に記載)].
- 15 トニー・ブレア：Flannery (2005) [邦訳『地球を殺そうとしている私たち』(参考文献に記載)] の引用より：247.
- 16 2020年までに：図はジョン・ホルドレンの海洋生物学研究所での講演(2006年11月)に加筆。

第十五章 長期的な予測

- 1 グリーンランドの氷の層：写真はグリーンランドの氷床で深さ1837mの場所から採取したGISP2のうち1m分のサンプル：http://globalwarmingart.com/wiki/File:GISP2_Ice_Core.jpg
- 2 IPCCの評価報告書：Susan Solomon, D. Qin, M. Manning, R.B. Alley, T. Berntsen, N.L. Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, J.M. Gregory, G.C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B.J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T.F. Stocker, P. Whetton, R.A. Wood and D. Wratt, "Technical Summary. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of*

the Intergovernmental Panel on Climate Change [Susan Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. (IPCCの評価報告書：IPCC, 2007年評価報告書, WG1報告書作業部会報告書：自然科学的根拠, 技術要約). <http://www.ipcc-wg1.unibe.ch/publications/wg1-ar4/wg1-ar4.html> [訳注：第4次報告書については、気象庁の以下のページに詳しい解説がある <http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/index.html>]. 政策決定者向けの要約：http://www.aaas.org/news/press_room/climate_change/media/4th_spm2feb07.pdf [訳注：日本語版は以下で参照できる：http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/syr_spm.pdf]. IPCCで用いられている気候モデルの詳しい解説と評価は以下で参照できる [英語]. <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter8.pdf>.

- 3 スペンサー・ワート：*New Scientist* (14 April 2007) 20.
- 4 シュテファン・ラムストルフ：Stefan Rahmstorf, et al., "Recent climate observations compared to projections," *Science* 316 (4 May 2007): 709, dx.doi.org/10.1126/science.1136843.
- 5 科学的沈黙：James E. Hansen, "Scientific reticence and sea level rise." *Environ. Res. Lett.*, 2 (2007): 024002, <http://iopscience.iop.org/1748-9326/2/2/024002/fulltext?ejredirect=migration>
- 6 マーク・ポーエン：*Thin Ice* (Henry Holt, 2005).
- 7 報告書：Richard A. Kerr, "Pushing the Scary Side of Global Warming," *Science* 316(8 June 2007): 1412-1415, <http://www.sciencemag.org/cgi/content/short/316/5830/1412>
- 8 風力発電システム：スウェーデンのスコーネにある風力タービン。撮影は Väsk：http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vindkraftverk_i_Sk%C3%A5ne_februari_2005.jpg.
- 9 クリスピン・ティッケル卿：http://www.futurefoundation.org/documents/nty_report_apr02.pdf
- 10 フィリップ・F・シュエヴ：Phillip F. Schewe, *The Grid* (Joseph Henry Press DC, 2007): 168.

第十六章 やり方を変えるには

- 1 電気使用量：カリフォルニア州対アメリカの電力使用量 (訳注：各種データは以下で参照可能 http://www.eia.doe.gov/emeu/states/_seds.html). すべての州の表は http://www.eia.doe.gov/emeu/states/sep_sum/plain_html/rank_use_per_cap.html.
- 2 ポール・クルーグマン：“Colorless green ideas.” *New York Times*

(23 February 2007), <http://select.nytimes.com/2007/02/23/opinion/23krugman.html>.

- 3 発電方法：発電方法の進歩については次を参照：<http://www.iaea.org/stats/graphsearch.asp> [訳注：国を選択し、表示されたページで「Energy production」のリンクを開くと各国のグラフが表示される]

第十七章 行いを改めるには

- 1 ジョージ・モンビオ：George Monbiot. *Heat: How to Stop the Planet Burning*. Penguin/Allen Lane, UK, 2006 [邦訳：『地球を冷ませ！——私たちの世界が燃えつきる前に』（参考文献に記載）]
- 2 ウェッジ：<http://web.princeton.edu/sites/pei/pdf/newsletters/currentnl.pdf>
- 3 国連気候変動・持続的開発科学専門家グループ（2007年）：www.unfoundation.org/SEG/ (<http://www.unfoundation.org/global-issues/climate-and-energy/sigma-xi.html>) .

第十八章 気候に対する楽天主義者

- 1 二〇世紀前半：Gregory L. Armstrong, Laura A. Conn, Robert W. Pinner. "Trends in Infectious Disease Mortality in the United States during the 20th Century." *JAMA* 281 (January 1999): 61-66.
- 2 エルニーニョ：E. O. ウィルソン (Wilson) は 2006 年の私信で特にとりわけ長くとりわけ温度が高いエルニーニョの発生について次のように述べた「…残っている熱帯雨林の大半が燃えてしまえば、残っていた動植物種の半分はすぐに絶滅の危機に直面する可能性がある」
- 3 自動料金収受システム：高い費用をかけて新しく路側通信網を敷設しないですむ簡単な方法としては、携帯電話で使われているセルラー方式の技術を車に応用し、車が 1 つの区画 (セル) から別の区画に移動したことを検出し、それに従って課金する方法がある。次を参照。 <http://www.newscientist.com/article/mg19225815.600-cellphone-networks-could-help-with-road-tolls.html>
- 4 給与税：アメリカでは多くの人々の給料から天引きされる額は所得税より給与税 (社会保障やメディケア、失業保険に当てられる税金) の方が高い。
- 5 人工の方法：人工光合成については次を参照。Frédéric Goettmann, Arne Thomas, Markus Antonietti, "Metal-Free Activation of CO₂ by Mesoporous Graphitic Carbon Nitride." *Angewandte Chemie* (2007), doi.org/10.1002/anie.200603478.
- 6 フランクリン・D・ルーズベルト：フランクリン・D・ルーズベルトは

1940 ~ 1941 にリーダーシップを発揮した：Doris Kearns Goodwin, *No ordinary time* (Simon and Shuster, 1994), pp. 44-59

- 7 ジャック・ドイル：*Taken for a ride: Detroit's Big Three and the politics of air pollution* (2000). 実際、私はデトロイトの自動車メーカーには、人生の新たな目標が必要だと思う (同じように NASA の宇宙計画にも、一時的な目的を再び持たせてはどうだろうか)。もっと重要な課題が彼らの才能を切実に必要としているのだ。
- 8 グレグ・イースターブルック：“Some convenient truths,” *Atlantic Monthly* (September 2006). http://www.esl.ucsb.edu/people/rightmire/ling2/Easterbrook_Ling2_W10.pdf
- 9 ジム・ハンセン：James Hansen, "How Can We Avert Dangerous Climate Change?," アメリカ議会での宣誓証言 (2007), arxiv.org/abs/0706.3720.

第十九章 二〇二〇年までに増加を減らす

- 1 ジョージ・ミラー (スペルは Mueller だが発音は Miller)：http://en.wikipedia.org/wiki/George_Mueller および http://futurefoundation.org/programs/hum_wrk4.htm.
- 2 プラグイン・ハイブリッド車：Michael Kintner-Meyer, Kevin Schneider, Robert Pratt. "Impacts assessment of plug-in hybrid vehicles on electric utilities and regional U.S. power grids. Part 1: technical analysis." Report from U.S. Department of Energy's Pacific Northwest National Laboratory (2007), http://energytech.pnl.gov/publications/pdf/PHEV_Economic_Analysis_Part2_Final.pdf
- 3 空気車：http://en.wikipedia.org/wiki/Air_car および "World's First Air-Powered Car: Zero Emissions by Next Summer": *Popular Mechanics* (June 2007), http://www.popularmechanics.com/automotive/new_cars/4217016.html. 「インド最大の自動車会社が世界初の市販用空気車の生産を開始する。(この車の)最高時速は 68 マイル (109 キロメートル)、走行距離は 125 マイル (201 キロメートル) だ。CityCAT なら、専用の空気圧縮機のあるガソリンスタンドでの燃料補給もほんの数分しかかからない。MDI 社によると、4350psi (ポンド・平方インチ) の圧力で 340 リットルの炭素繊維製タンクを満タンにするコストは約 2 ポンドだ。コンセントを電源に繋いで車に搭載されている圧縮機を使えば、約 4 時間で再充填できる」 [訳注：4350 psi = 305.9 kgf/cm² (キログラム / 平方センチメートル)]
- 4 環境に優しい石炭：CO₂ の回収については次を参照。"Future of 'Clean Coal' Power Tied to (Uncertain) Success of Carbon Capture and Storage", <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=future-of-clean-coal-tied-to-success-of-carbon-capture-and-storage>.

- 5 飛散灰：飛散灰中の放射性物質については Alex Gabbard の分析を参照のこと。 <http://www.ornl.gov/info/ornlreview/rev26-34/text/colside2.html>
- 6 大手石炭企業： Jeff Goodell, *Big Coal* (Houghton Mifflin, 2006).
- 7 ジマー発電所：ジマー発電所の写真とデータは次より。 George Campbell, <http://www.flickr.com/photos/65439930@N00/sets/72157623220481382/>.
- 8 MIT：MIT report, "The future of coal: options for a carbon- constrained world" (2007), web.mit.edu/coal/The_Future_of_Coal.pdf.

この報告書の要約では、炭素の回収と長期保存に関する規模の問題が説明されている。

- ・現在の化石資源はエネルギー需要の80%を占めている。その比率は石炭(25%)、天然ガス(21%)、石油(34%)、原子力(6.5%)、水力(2.2%)、バイオマスおよび廃棄物(11%)。世界的なエネルギー需要のうち地熱、太陽光、風力によって供給されているのはわずか0.4%だ。
- ・アメリカの発電量の50%は石炭による。
- ・アメリカには500メガワット級の石炭火力発電所にして500基以上に相当する発電所が存在し、それらの平均寿命は35年である。
- ・中国は現在、500メガワット級の石炭火力発電所2基に相当する発電所を毎週建設しており、イギリス全体の送電網に匹敵する能力の発電所を毎年建築している。
- ・500メガワット級の石炭火力発電所は毎年約300万トンの二酸化炭素(CO₂)を放出する。
- ・アメリカは石炭火力発電所によって毎年約15億トンのCO₂を排出している。
- ・もしこれらすべてのCO₂を隔離すれば、その量はアメリカのガス・パイプラインシステムで毎年輸送される天然ガスの重量の3倍、通常の操業条件では体積の1/3に相当する。
- ・アメリカの石炭火力発電所で生成するCO₂の60%を回収し、地中隔離のために圧縮して液化すると、その体積はアメリカの1日当たり2000万バレル(約318万キロリットル)の石油消費量に匹敵する。
- ・現在行われている最大の隔離プロジェクトはスライプナー・ガス田から発生する年間100万トンの二酸化炭素(CO₂)を、北海の下にある帯水層に注入するものだ。

MIT委員会：MITは2006年にも化学工学のH.P.Meissner(マイスナー)教授であるジェファーソン・W・テスター(Jefferson W. Tester)を委員長として、18名の専門家からなる委員会を設立し、深部地熱資源の

規模な利用について評価した。この“The Future of Geothermal Energy: Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century,”という報告書は geothermal.inel.gov/publications/future_of_geothermal_energy.pdf で入手可能。

- 9 高温岩体発電：1972年のロスアラモス国立研究所による高温岩体発電の概念については次を参照。 <http://www.lanl.gov/orgs/ees/ees11/geophysics/staff/brown/HDRintheUS.pdf>. R. M. Potter, E. S. Robinson, and M. C. Smith, “Method of extracting heat from dry geothermal reservoirs,” U.S. Patent 3,786,858 (1974).

Dave Duchane and Don Brown, “Hot Dry Rock (HDR) geothermal energy research and development at Fenton Hill, New Mexico,” *GHC Bulletin* (December 2002): 13–19, <http://geoheat.oit.edu/bulletin/bull23-4/art4.pdf>. 「現場の作業員がいなくても長期間操業が完全に可能であることがわかった。これは最終的なHDR技術の商業化にとって経済的に重要な意味のある事実だ」。この言葉は熱交換機を使って発電するプラント全体のことではなく、熱交換機を使った再循環用坑井について述べたものだ。以下は“Building a Hot Rock Energy System”, <http://forums.skadi.net/showthread.php?t=103863> より。

2つかそれ以上の坑井につながった人工の熱交換機に水を通して熱を取り出す。この熱交換機とは透過率を強化した多量の高温岩体を指し、水圧破碎刺激によって作成される。すべての岩石中にさまざまな度合いで存在している既存の割れ目系に、高圧水をポンプで送る方法も用いられる。もともと存在する割れ目が高圧水の圧力によって広がると、小さなずれが生じる。水圧がかからなくなると割れ目は再び閉じるが、ずれがあるので完全に元通りにはくっつかない。その結果、割れ目系の透過性は永久的に100万倍に増加し、エネルギーを取り出す熱交換機が作られる。

典型的なシステムでは最初の掘削孔を高温岩体に向けて掘り、水圧破碎刺激を行う。地表と近くの坑井に分散させた3次元微小地震計測ネットワークを用いて、数週間にわたって水圧をかけている間に広がった割れ目による、小さなノイズを記録する。こうして破碎刺激の進行と、生成しつつある熱交換機の大きさと形を監視して地図化する。

その後、最初の坑井から500m以上離れた熱交換機の境界線に、2番目の坑井を掘削する。地下の熱交換機にポンプで送りこまれた水は、超過熱状態で地表に戻ってくる。そこからエネルギーを取り出して、再び循環サイクルに注入する。

もちろん地震が多い地域で掘削を行うと、地震が身体で感じるくらい強くなるかもしれない (http://en.wikipedia.org/wiki/Hot_dry_rock_geothermal)。2006年12月にバーゼル郊外で起きたケースのように多くの人が気づけば、負傷者がいないマグニチュード3.4の地震でも、大騒ぎになるかもしれない。坑井を都市の中に作った理由は、プラントの

余熱によって2700世帯を暖められるからだ（またさらに1万人が電力を得られたら）。そのため高温岩体発電所の坑井を別の位置に配置し、余熱は同じ場所に作られた温室などを暖めるのに使う方法が進むかもしれない。

- 10 オーストラリア：オーストラリアの高温岩体プロジェクト関連の調査については次を参照。 http://www.pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0003/43338/apia_presentation_29_march07.pdf
- 11 地熱発電所：写真提供はフィリピン、レイテ島。 <http://www.ormat.com/>。かなり手を加えた略図がthe MIT geothermal report of 2006〔訳注：次を参照 http://www1.eere.energy.gov/geothermal/future_geothermal.html〕にある。
- 12 第四世代の設計なら：高度な高速反応炉について。「しかし、賢い方法に基づいて原子力の開発を進めれば、原子力は真の意味で持続可能かつ実質的に無尽蔵、しかも気候変動を引き起こすことのないエネルギー源となるだろう。特に新しい技術を用いれば、現在の原子力発電が抱える主要な問題点を克服することができるはずだ。原子炉事故に対する懸念、核燃料が核兵器に転用される可能性、危険性が高く長期間放射能を出し続ける廃棄物の管理、採算に見合った採掘法で入手できるウランの減少などの問題に対処できるのだ」。William H. Hannum, Gerald E. Marsh, George S. Stanford, "Smarter use of nuclear waste," *Scientific American* (December 2005): 84, <http://www.nationalcenter.org/NuclearFastReactorsSA1205.pdf>. 引用は邦訳より（日経サイエンス2006年3月号『核燃料完全リサイクルへの挑戦』）。
- 13 p.265の図：交流 vs 直流送電線：“Bulk power transmission at extra high voltages, a comparison between transmission lines for HVDC at voltages above 600 kV DC and 800 kV AC,” an ABB Power Technologies presentation by Lars Weimers, n.d.
- 14 バイオ燃料：バイオ燃料を発電用に燃やしてCO₂を回収・貯留するというのも、面白い使い道だろう。ただ、CO₂が貯蔵サイトから大噴出する危険もあるし、大気中に蓄積したCO₂を吸収する能力がプランクトンの増殖強化と同じくらいあるとはとても思えない。Stephen Leahyによるバイオ燃料の関連記事は <http://www.ipsnews.net/news.asp?idnews=38384>.
- 15 ティム・フラナリー：<http://www.heraldsun.com.au/news/national/coal-cant-be-clean-flannery/story-e6frf7l6-111112994276>

第二十章 大きな戦いに備えて

- 1 分別を持っている政治指導者：フランクリン・D・ルーズベルトは1940にこう述べている。「この計画が要求する設備、工場および人員の拡大のために必要なすべての資本投資を、民間企業が行えるとは思えないのは

わかっている…。アメリカ政府は工場の拡大、必要な労働者、必要となる多数の原材料の新たな供給源の開発、供給用の迅速な大量輸送の開発に役立てるため、必要な資金を前払いする用意がある。

新たな“実コストと確定費用”契約で、政府は国防契約の実行に不可欠なすべてのコストを負担し、あらかじめ決定している確定費用によって契約者の利益を保障した。言い換えれば、政府は動員プロセスの主な財政的責任を引き受けた。Doris Kearns Goodwin, *No Ordinary Time* (Simon and Shuster, 1994), 59.

- 2 デイビッド・アッテンボロー（2006）：<http://www.guardian.co.uk/books/2006/nov/12/scienceandnature.politics>〔訳注：ページ最後の部分〕の引用より。

第二十一章 一回で成功させる

- 1 毎年三％：Michael R. Raupach, Gregg Marland, Philippe Ciais, Corinne Le Quéré, Josep G. Canadell, Gernot Klepper, and Christopher B. Field. “Global and regional drivers of accelerating CO₂ emissions” *PNAS* 104 (10 June 2007): 10288–10293, dx.doi.org/10.1073/pnas.0700609104.
- 2 回復用マニュアル：ウィキペディア・プロジェクトは、回復マニュアルをトップダウン型の組織なしで作成する方法の参考になる。 en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:WikiProject.
- 3 行動経済学：テレサ・トリッチによる有益な要約については次を参照。Teresa Tritch, “Helping people help themselves,” *New York Times* (14 February 2007), <http://select.nytimes.com/2007/02/14/opinion/15talkingpoints.html>
- 4 マーチン・ルーサー・キング牧師：“The Casualties of the War in Vietnam.” カリフォルニア州ロサンゼルス、1967年2月25日の演説については次を参照。 http://mlk-kpp01.stanford.edu/index.php/home/pages?page=http://mlk-kpp01.stanford.edu/kingweb/publications/speeches/unpub/670225-001_The_Casualties_of_the_War_in_Vietnam.htm