

2050年の世界地図 迫りくるニュー・ノースの時代

原注

- *1 2008年10月のカリフォルニア州ロサンゼルス郡の住宅価格中央値は35万5000ドルだった。*Los Angeles Times*, November 19, 2008.
- *2 ノースウエスト準州環境・天然資源局イヌビク野生生物管理委員会の責任者、Marsha Braniganとの個人的やりとりから(2007年12月4日)。
- *3 “Hairy Hybrid: Half Grizzly, Half Polar Bear,” *MSNBC World Environment*, May 11, 2006.
- *4 「ビズリー」の話に関連して、最近の発見によれば、ハイイログマがカナダの北極海諸島に頻繁にやってくるようになっており、メルビル島とその周辺で少数だが有望な個体群が確立しつつある可能性がある。J. P. Doupe, J. H. England, M. Furze, D. Paetkau, “Most Northerly Observation of a Grizzly Bear (*Ursus arctos*) in Canada: Photographic and DNA Evidence from Melville Island, Northwest Territories,” *Arctic* 60, no. 3 (September 2007): 271-276 参照。2頭目の交雑種は2010年4月8日、カナダの町ウルカクトック付近で撃たれた。遺伝子検査の結果、ホッキョクグマとハイイログマの血を引く母親とハイイログマの父親のあいだに生まれた子どもだった。“Bear shot in N.W.T. was grizzly-polar hybrid,” *CBC News*, April 30, 2010, <http://www.cbc.ca/canada/north/story/2010/04/30/nwt-grolar-bear.html?ref=rss>; “Grizzly-polar bear cross confirmed,” *Vancouver Sun*, May 3, 2010; “Tests confirm offspring of hybrid polar-grizzly bear,” *CTV News*, May 2, 2010.
- *5 1046を超える種を対象にした過去のデータの定量的評価によると、生息範囲は年間平均6.1キロ移動している。C. Parmesan, G. Yohe, “A Globally Coherent Fingerprint of Climate Change Impacts across Natural Systems,” *Nature* 421 (2003): 37-42. 春の生物季節学的変化は北緯32°~49°では10年間で平均4.2日、北緯50°~72°で5.5日早まっていた。T. L. Root et al., “Fingerprints of Global Warming on Wild Animals and Plants,” *Nature* 42 (2003): 57-60.
- *6 2010年2月、ブリザードが相次いでワシントンを襲い、続いて10年かそれ以上雪の降らなかった地域が雪嵐に見舞われ、テキサス州からフロリダ州北西部、ジョージア州とサウスカロライナ州の沿岸部で学校が休校した。フロリダ州、アラバマ州、ジョージア州、ルイジアナ州、ミシシッピ州では授業が中止された。M. Nelson, “Rare snowflakes start falling from Miss. to Fla.,” *Associated Press*, February 12, 2010, <http://www.breitbart.com/article.php?id=D9DQP5NG0>. 一連の嵐を識者は「スノーポカリプス」「スノーマゲドン」と呼んだ。S. Bezrob, “Covering the Snowpocalypse,” *FoxNews.com*, February 10, 2010, <http://liveshots.blogs.foxnews.com/2010/02/10/covering-the->

snowpocalypse/?test=latestnews. 一方、バンクーバー冬季五輪では雪上競技が雨にたたられていた。S. Almasy, "4,000 miss out on snowboard cross because of rain," CNN. com, February 15, 2010, <http://www.cnn.com/2010/SPORT/02/15/snowcross.refund/?hpt=T3>.

- *7 実際の供給網の話。トマトのグローバル化について掘り下げたものは以下を参照。Bill Pritchard, David Burch, *Agri-Food Globalization in Perspective: International Restructuring in the Processing Tomato Industry* (Burlington, Vt.: Ashgate Publishing, 2003), 308 pp.
- *8 G. A. Strobel et al., "The Production of Myco-diesel Hydrocarbons and Their Derivatives by the Endophytic Fungus *Gliocladium roseum*," *Microbiology* 154 (2008): 3319-3328, DOI:10.1099/mic.0.2008/022186-0.
- *9 S. Pinker, "A History of Violence," *The New Republic* 236 (March 19, 2007): 18-21; D. Jones, "Human Behaviour: Killer Instincts," *Nature* 451, no.7178 (2008): 512-515.
- *10 ふたつだけ例を挙げると、経済成長モデルは移民政策の政治的変化をほとんど考慮せず、気候モデルによる予測は雲の物理的性質をどう仮定するかに大きく左右される。
- *11 「キツネは多くのことを知っているが、ハリネズミは重要なことをひとつだけ知っている」。この現象をカリフォルニア大学バークレー校のフィリップ・テトロックは統計学的に調査し、経済や政治の専門家の予測がコインを投げて予測するのとはほとんど変わらないことを発見した。しかし対象を広げることにより、重要な要素を見落とす可能性は減少する。P. E. Tetlock, *Expert Political Judgment: How Good Is It? How Can We Know?* (Princeton, N. J.: Princeton University Press, 2006), 352 pp.
- *12 以下の世界の人口推計は米国勢調査局・国際データベース (2008年6月18日更新)、<http://www.census.gov/population/international/data/idb/informationGateway.php> より (2008年9月26日にアクセス)。
- *13 トマス・マルサスと1798年の『人口論』については第3章で再び取り上げる。
- *14 ポール・エーリック (Paul R. Ehrlich), *The Population Bomb* (New York: Ballantine Books, 1968)。邦訳『人口爆弾』河出書房新社。
- *15 死亡率は通常、普通死亡率 (人口1000人に対する1年間の死亡数) をさす。出生率についてはさまざまな尺度がある。本書で主に使っているのは合計特殊出生率 (TFR)、女性ひとりが一生涯に産むと想定される子どもの数だ。あくまでも統計学的な平均値なので、現実にはありえないが、女性ひとり当たり子ども1.7人など、数値が整数でない場合もある。本書ではTFRを単に「出生率」としている箇所もあるので普通出生率 (人口1000人に対する1年間の出生数) と混同しないよう注意。定義や人口均衡の方程式、データ収集の問題なども含め、人口統計学の入門書としては以下を参照。J. A. McFalls Jr., "Population: A Lively Introduction," 5th ed.,

Population Bulletin 62, no. 1 (March 2007).

- * 16 W. Thompson, "Population," *American Journal of Sociology* 34 (1929): 959-975. M. L. Bacci, *A Concise History of World population*, 4th ed. (Wiley-Blackwell), 296 pp も参照。
- * 17 途上国では人口構造の変化がヨーロッパや北米と異なるという議論については、J. E. Cohen, *How Many People Can the World Support?* (New York and London: W. W. Norton, 1995), 532 pp が傑出している。
- * 18 先進国・新興国 30 개국 〔2010 年末の時
〔京で 34 개국〕〕 が加盟する高度に統合された国際機関。本書ではこの集団に第一世界という表現は使わず、OECD もしくは先進国と呼んでいる。現在の OECD はもともと、第二次大戦後のマーシャルプランを機に欧州経済協力機構として始まり、その後の拡大でヨーロッパ以外の国も加盟するようになった。OECD 加盟国は 2010 年 4 月時点で、オーストラリア、オーストリア、ベルギー、カナダ、チェコ、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシャ、ハンガリー、アイスランド、アイルランド、イタリア、日本、韓国、ルクセンブルク、メキシコ、オランダ、ニュージーランド、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、スロバキア、スペイン、スウェーデン、スイス、トルコ、イギリス、アメリカ 〔さらに 2010 年 5 月にチリ、7 月にスロベニア、9 月にイスラエル、12 月にエストニアが加盟した〕。
- * 19 83%、人類影響指数 (HII) グリッドより算出。NASA 社会経済データ応用センター (SEDAC)、<http://sedac.ciesin.columbia.edu/wildareas/> (2008 年 10 月 8 日にアクセス)。
- * 20 以下、アメリカのエネルギー消費に関する過去のデータは米エネルギー省エネルギー情報局 (EIA) *Annual Energy Review 2001*, Appendix F, <http://tonto.eia.doe.gov/FTPROOT/multifuel/038401.pdf> より (2008 年 10 月 9 日にアクセス)。
- * 21 以下、数値は英熱量単位 (Btu) データより算出。1Btu は 1 ポンドの水の温度を 1°F 上昇させるのに必要なエネルギー量。原油 1 バレル = 580 万 Btu、石炭 1 米トン (t) = 2075 万 4000Btu、天然ガス 1 立方フィート (ft) = 1031Btu、薪 1 コード = 2000 万 Btu。
- * 22 石炭は 6841 兆 Btu から 2 京 2580 兆 Btu に増加。Appendix F, *EIA Annual Energy Review*, 2001。
- * 23 石油は 229 兆 Btu から 3 京 8404 兆 Btu に増加、同上。
- * 24 薪は 2015 兆 Btu から 2257 兆 Btu に増加、同上。
- * 25 ジャレド・ダイヤモンド (Jared Diamond)、“What’s Your Consumption Factor?” *The New York Times*, January 2, 2008.
- * 26 グローバル化の簡潔な入門編としては以下を参照。マンフレッド・ステイガー (Manfred Steger)、*Globalization: A Very Short Introduction* (Oxford: Oxford University Press, 2003)、邦訳『グローバリゼーション』岩波書店。David Held et al., eds., *Global Transformations* (Palo Alto: Stanford University Press, 1999)。アンソニー・ギデンズ (Anthony Giddens)、*Runaway World* (New

- York: Routledge, 2000)、邦訳『暴走する世界～グローバリゼーションは何をどう変えるのか』ダイヤモンド社。Martin Wolf, *Why Globalization Works* (New Haven: Yale University Press, 2004)。Steven Bunker and Paul Ciccantell, *Globalization and the Race for Resources* (Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2005)。ジョン・アグニュー (John A. Agnew), *Hegemony: The New Shape of Global Power* (Philadelphia: Temple University Press, 2005)。ジャグディッシュ・バグワティ (Jagdish Bhagwati), *In Defense of Globalization* (Oxford: Oxford University Press, 2007)、邦訳『グローバリゼーションを擁護する』日本経済新聞社。Harm de Blij, *The Power of Place: Geography, Destiny, and Globalization's Rough Landscape* (USA: Oxford University Press, 2008)。Allen J. Scott, *Social Economy of the Metropolis: Cognitive-Cultural Capitalism and the Global Resurgence of Cities* (Oxford: Oxford University Press, 2009)。アグニュー、*Globalization and Sovereignty* (Lanham, Md., and Plymouth, UK: Rowman & Littlefield Publishers, Inc., 2009)。
- *27 トーマス・フリードマン (T. L. Friedman), *The World Is Flat* (Gordonsville, Va.: Farrar, Straus & Giroux, 2005)、邦訳『フラット化する世界』(上・下) 日本経済新聞社。
 - *28 "Store Openings," <http://franchisor.ikea.com/> より (2009年11月13日にアクセス)。
 - *29 スティーガー、*Globalization: A Very Short Introduction*, p.38。
 - *30 アメリカのビジネスモデルの輸出については、アグニュー、*Hegemony* にくわしい。
 - *31 「ワシントン・コンセンサス」はワシントンのシンクタンク、ピーターソン国際経済学研究所 (<http://www.iie.com/>) のジョン・ウィリアムソンの功績とされる。多くの途上国がその方針を採用して(見方によっては強制されて)いる。新自由主義派は、こうした方針が新たな市場と貧しい人びとのための雇用を創出すると称える。批判的な向きは、多国籍企業が豊かになる一方、現地の人びとが手にする賃金は1日2ドルだと指摘する。「ワシントン・コンセンサス」をはじめ、この手の政策は依然として大いに議論を呼ぶ。グローバル化に異を唱える友人がいれば、いつか話をしてみるといい。この現状に相手は怒りをあらわにするはずだ。
 - *32 「貿易と投資の拡大はわが政権の最優先課題のひとつだった……。私が大統領に就任したとき、アメリカが自由貿易協定を結んでいたのは3か国のみだった。今では14か国と効力のある協定を結んでいる」。2008年11月22日ペルーのリマで、大統領として最後の首脳会合となるアジア太平洋経済協力(APEC)フォーラムで、退任を控えたジョージ・W・ブッシュ米大統領が行った演説より。全文は <http://www.hsdll.org/?view&did=233526>, Office of the Press Secretary (2008年11月23日にアクセス)。「At Summit, Bush Touts Free-Trade Record," http://articles.cnn.com/2008-11-22/politics/bush.apec.summit_1_panama-and-south-korea-apec-free-

trade?_s=PM:POLITICS、および“Bush Wraps Up Asia Economic Meeting,” *The New York Times*, November 23, 2008 も参照。

- *33 一部のエコノミストは、2008～09年の世界金融危機によって世界は再び関税と保護主義に傾くかもしれないと考えた。この考えを一蹴したのが2009年9月にピッツバーグで開かれた、「ブレトンウッズ2」こと主要20か国・地域（G20）首脳会議（金融サミット）で、金融規制については骨抜きだったが、途上国における自由貿易拡大の継続をあらためて明言した。
- *34 最も重要な温室効果ガスは水蒸気だが、二酸化炭素と違って大気中にとどまる時間が極めて短い。地球の平均気温は現在15℃だが、温室効果がなかったら-18℃くらいだろう。このセクションの詳細は一部、G. Schmidt and J. Wolfe, *Climate Change: Picturing the Science* (New York: W. W. Norton & Co., 2009), 320 pp、気候の変動要因に関するTim Hallの章より。R. Henson, *The Rough Guide to Climate Change* (London: Penguin Books Ltd., 2008), 374 pp も参照。2冊とも気候の物理と気候変動に関する入門書として、非常にわかりやすい。
- *35 閉め切った車やガラスの温室では大気中の空気循環とは違う部分もあるが、ここでの説明の趣旨からははずれていない。
- *36 スバンテ・アレニウス (Svante Arrhenius), “On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground,” *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 5th Series 41 (April 1896): 237-276.
- *37 温室効果に関するアレニウスほかの初期の研究については、Henson, *The Rough Guide to Climate Change* を参照。
- *38 世界の気象観測所のデータから、過去100年間（1906～2005年）で線形の長期変化傾向を推定すると、+0.74℃（誤差±0.18℃）。氷床コアに閉じ込められた気泡から、大気中のCO₂濃度は現在の平均約387ppmに対し、産業革命前（1750年ごろ以前）は平均約280ppmだったことがわかっている。CO₂濃度の最初の直接測定は1958年、マウナロア観測所のチャールズ・“デーブ”・キーリングが開始し、息子のラルフ・キーリングが引き継いだ。CO₂濃度は1958年の約315ppmから2009年は約387ppmと、毎年上昇を続けている。最新のデータは<http://scrippsco2.ucsd.edu/>を参照。2007年IPCC（気候変動に関する政府間パネル）のSRES（排出シナリオに関する特別報告書）のB₁、A_{1T}、B₂、A_{1B}、A₂、A_{1FI}という各マーカーシナリオでは、それぞれ21世紀末に約600、700、800、850、1250、1550ppmで、シナリオによって異なる排出規制を前提としている。産業革命以前の2倍から5倍の数値だ。IPCC第4次評価報告書・統合報告 *IPCC AR4 Synthesis Report*, Table 3. 1. (*IPCC Fourth Assessment Report [AR4], Climate Change 2007: Synthesis Report*, Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Core Writing Team, R. K. Pachauri, A. Reisinger (eds.), IPCC, Geneva, Switzerland: 104 pp) http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf より。

- *39 J. O'Neill, S. Lawson, "Things Are Heating Up: Economic Issues and Opportunities from Global Warming," *CEO Confidential*, Issue 2007-01, Goldman Sachs, February 8, 2007; J. Lash, F. Wellington, "Competitive Advantage on a Warming Planet," *Harvard Business Review*, March 2007.
- *40 USCAP プレスリリース, "Joint Statement of the United States Climate Action Partnership," January 19, 2007, http://www.us-cap.org/media/release_USCAPStatement011907.pdf (2008年11月20日にアクセス)。
- *41 <http://www.us-cap.org/about-us/> より (2008年11月23日アクセス)。その後、サイト上で数社の脱退を発表。
- *42 大気中の CO₂ 濃度が変化する背景には、氷期に低下し温暖な間氷期に上昇する自然の周期と、同じくらい大幅だがはるかに急激な人為的原因の両方がある。現在は、間氷期の自然な増加に加えて、人為的原因によっても急増しているため、大気中の CO₂ 濃度は中新世以来かつてないレベルに達している。過去 80 万年間に、約 1 万 2000 万年前から現在までの間氷期をはじめ、いくつもの氷期と間氷期が繰り返し、産業革命以前は大気中の CO₂ 濃度は約 172ppmv (氷期) と約 300ppmv (間氷期) の範囲で周期的に変化した。今では人類の活動によって約 387ppmv まで急上昇しており、21 世紀末には最低でも 450ppmv、ひょっとすると 1550ppmv まで達するとみられている。氷床コアの記録については、D. Lüthi et al., "High-Resolution Carbon Dioxide Concentration Record 650,000-800,000 Years before Present," *Nature* 453 (2008): 379-382, DOI:10.1038/nature06949. Urs Siegenthaler et al., "Stable Carbon Cycle-Climate Relationship during the Late Pleistocene," *Science* 310, no. 131 (November 2005), DOI:10.1126/science.1120130 なども参照。
- *43 はるかに古い中新世の大気中の CO₂ 濃度は現在、海底コア 〔海嶺の巔〕 中の有孔虫のホウ素とカルシウムの比率から推測される。A. K. Tripathi, C. D. Roberts, R. A. Eagle, "Coupling of CO₂ and Ice Sheet Stability over Major Climate Transitions of the Last 20 Million Years," *Science* 326, no. 5958 (December 4, 2009): 1394-1397, DOI:10.1126/science.1178296.
- *44 被害者のインタビュー ("Black Friday Tragedy," Fox News, January 23, 2009; "Trampled Wal-Mart Worker Had Helped Pregnant Woman," *Newsday*, January 24, 2009) およびナッソー郡警察提供の資料 (Detective Anthony Repalone, January 8, 2009) をもとに再現。
- *45 もちろん、人口増加と商取引と貿易だけが、都市の経済成長を促進する要因ではない。過去 10 ~ 20 年間、海外直接投資も少なくとも同じくらい重要になってきた。実効統治とインフラも極めて重要だ。これらについてもこの第 2 章で取り上げる。都市化のレベルが必ずしも経済成長と「抱き合わせ」でないことについては、以下を参照。D. E. Bloom, D. Canning, G. Fink, "Urbanization and the Wealth of Nations," *Science* 319 (2008)。
- *46 最貧国のスラム街でさえ、非正規雇用で生活の質は低いが、周囲の農村

部よりは経済的なチャンスが多いのが普通だ。世界全体の雇用に占める割合は現在、農業の39%に対し、サービスは平均40%。先進国とEUでは、サービス部門の雇用が雇用全体の73%を占めている。対照的に、サハラ以南のアフリカでは28%どまりだ。p.330 and Table 11. 2, P. Knox et al., *The Geography of the World Economy*, 5th ed. (London: Hodder Education, 2008), 464 pp.

- *47 世界各国の政府はこれらの状況の促進にひと役買っている。世界で急成長している245都市を対象とする新たな調査では、そうした都市で交通システムが構築され、「経済特区」が計画され、金融システムが合理化されていることがわかった。*State of the World's Cities 2008/2009*, 国連人間居住計画 (UN-HABITAT) (UK and USA: Earthscan, 2008)。
- *48 *World Urbanization Prospects: The 2007 Revision*, 国連経済社会局人口部, 2008。
- *49 *State of the World's Cities 2008/2009*, UN-HABITAT, 2008。
- *50 国連広報局ニュース・メディア部の記者会見, 2008年2月26日。
- *51 UN-HABITAT プレスリリース, SOWC/08/PR2, 2008。
- *52 Table I. 7, *World Urbanization Prospects: The 2007 Revision*。
- *53 都市部の割合は2007年の40.8%に対し、2050年は66.2%。ヨーロッパは2007年の72.2%に対し、2050年は76.2%と予測されている。Table I. 5, *World Urbanization Prospects: The 2007 Revision*。
- *54 40%という数字は2007年比。国連モデル予測 (中位推計値) では2050年の総人口は世界全体で91.91億、アフリカ19.98億、中国14.09億、インド16.58億、ヨーロッパ6.64億、南米5.16億、北米4.45億。以上をはじめ人口予測のほとんどは、*World Population Prospects: The 2006 Revision Population Database*, 国連経済社会局人口部より (2009年1月30日に閲覧)。
- *55 UN-HABITAT, 2008。
- *56 1位は香港。米ヘリテージ財団とウォールストリート・ジャーナル紙が考案した指数で、自由貿易から汚職・腐敗まで10項目で世界各国をランク付けする。2009年、シンガポールは100点満点の87点、アメリカは80点で香港、シンガポール、オーストラリア、アイルランド、ニューゼalandに次いで6位だった。ナイジェリアは55点で179か国中117位。データは<http://www.heritage.org/index/>より (2009年1月28日にアクセス)。
- *57 シンガポール政府投資公社およびテマセク・ホールディングス、V. Shih, "Tools of Survival: Sovereign Wealth Funds in Singapore and China," *Geopolitics* 14, no.2 (2009): 328-344; <http://www.temasek.com.sg/> も参照 (2009年11月16日アクセス)。
- *58 シンガポールの公共交通機関は非常に効率がよく魅力的なので、人口ひとり当たりの自動車の数が、ほかの同等の都市に比べてはるかに少ない。シンガポールのエネルギー消費のうち、輸送に使われるのはわずか5%で、ベルリン (35%)、ロンドン (26%)、ニューヨーク (36%)、東京 (38%)、ボローニャ (28%)、メキシコシティ (53%)、ブエノスアイレス (49%)

とは対照的だ。Figure 3. 4. 3 および 3. 4. 4 UN-HABITAT, 2008, p. 160。

- * 59 アレン・スコット (Allen J. Scott)、*Technopolis: High-Technology Industry and Regional Development in Southern California* (Berkeley: University of California Press, 1994), 322 pp.
- * 60 アンリ・ゲスキエール (H. Ghesquiere)、*Singapore's Success: Engineering Economic Growth* (Singapore: Thomson Learning, 2007)。
- * 61 マシュー・ガンデイ (M. Gandy)、“Planning, Anti-planning, and the Infrastructure Crisis Facing Metropolitan Lagos,” *Urban Studies* 43, no. 2 (2006): 371-396.
- * 62 E. Alemika, I. Chukwuma, “Criminal Victimization and Fear of Crime in Lagos Metropolis, Nigeria,” CLEEN Foundation Monograph Series, no. 1, 2005.
- * 63 J. Harnishfeger, “The Bakassi Boys: Fighting Crime in Nigeria,” *Journal of Modern African Studies* 41, no. 1 (2003): 23-49.
- * 64 “The State of Human Rights in Nigeria, 2005-2006,” National Human Rights Commission, Nigeria, 2006, http://www.ng.undp.org/publications/governance/STATE_OF_HUMAN_RIGHTS_REPORT_IN_NIGERIA.pdf (2010年3月31日にアクセス)。注：この文書に書かれているできごとは独自の裏付けが取れているわけではない。
- * 65 P. 1, *Global Trends 2025: A Transformed World* (Washington, D.C.: U.S. National Intelligence Council, 2008), 99 pp.
- * 66 “Dreaming with BRICs: The Path to 2050,” Global Economics Paper no. 99, Goldman Sachs (2003), 24 pp より。最近の他のモデル研究でも似たような結果が出る。
- * 67 PricewaterhouseCoopers, “The World in 2050: How Big Will the Major Emerging Market Economies Get and How Can the OECD Compete?” J. Hawksworth, Head of Macroeconomics, PWC (2006), 46 pp、および日本経済研究センター (JCER) の “Long-term Forecast of Global Economy and Population 2006-2050: Demographic change and the Asian Economy” (March 2007), 51 pp. などより。
- * 68 数字はすべてインフレ調整後・2003年の米ドル価値ベースで、2003年と2050年を見積もったもの。Appendix II, Global Paper no. 99, Goldman Sachs (2003) より。単に現在の成長率を当てはめるのではなく、成長と開発の仕組みについて明確な仮定をしている。財政面・制度面の安定性、貿易に対する市場開放性、教育など、仮定の一部は確かに将来の政治指導者の選択によって変わる。2008～09年の世界経済危機によって、これらの予測がどの程度遅れるかは不透明だが、2010年4月の時点では、こうした途上国経済は急速に回復していた (* 69 参照)。
- * 69 2007～09年のGDPの伸びは、ブラジル、インド、中国ではそれぞれ年間2.17%、6.35%、8.76%、アメリカ、ドイツ、日本では-1.16%、-2.08%、-3.07%だった。カーネギー財団による修正予測もこの研究より。U. Dadush and B. Stancil, “The G20 in 2050,” *International Economic Bulletin*,

November 2009, <http://www.carnegieendowment.org/2009/11/19/g20-in-2050/lp4>
(2009年11月26日にアクセス)

- *70 “Brazil Takes Off,” *The Economist* 339, no. 8657 (November 12, 2009): 15.
- *71 Dadush and Stancil (2009).
- *72 ゴールドマン・サックスの研究では、2050年にはロシアの人口ひとり当たり所得は約5万米ドルに増える見込みだ（数字はすべてインフレ調整後・2003年の米ドル価値ベース）。
- *73 2010年のインドの人口ひとり当たり所得は1000米ドル未満だった。2050年には約1万7000米ドルに上昇すると予測されている（数字はすべてインフレ調整後・2003年の米ドル価値ベース）。
- *74 P.99, *Global Trends 2025: A Transformed World*.
- *75 William A. V. Clark, *The California Cauldron: Immigration and the Fortunes of Local Communities* (New York: The Guilford Press, 1998), 224 pp.
- *76 *15 参照。
- *77 アジアにおける人口モメンタムの好例は次を参照。S. B. Westley, “A Snapshot of Populations in Asia,” *Asia-Pacific Population & Policy* 59 (2002).
- *78 2007年の世界の人口増加率は年1.02%で2倍になるのに約70年かかるのに対し、2050年は年0.55%で2倍になるのに約130年かかる。予測データは *World Population Prospects: The 2006 Revision Population Database*, 国連人口部より（2009年1月29日閲覧）。
- *79 L. Hayflick, “The Future of Ageing,” *Nature* 408 (2000): 267-269.
- *80 人口の半数が中央値より年上、残り半数が年下ということになる。年齢関連のデータはすべて *World Population Prospects: The 2006 Revision Population Database*, 国連人口部より（2009年1月29日閲覧）。
- *81 同上。
- *82 後発開発途上国では医療不足や栄養不足や暴力による平均寿命の低さも原因となって、人口構造がひずんでいる。
- *83 たとえばドイツでは、2050年には高齢者向け医療サービスの「配給」制が想定されている。R. Osterkamp, “Bevölkerungsentwicklung in Deutschland bis 2050 Demografische und ökonomische Konsequenzen für die Alterschirurgie,” *Der Chirurg* 76, no. 1 (2005).
- *84 0～14歳の人口を15～64歳の人口で割った「年少人口指数」、年少人口指数と老年人口指数の合計である「従属人口指数」もある。いずれの場合も、15歳未満の子どもは学校に行っており、65歳以上の層は働くのをやめていて、ともに生産年齢の家族や国からの給付制度に頼っている、という基本的前提に立っている。
- *85 R. Hutchens, K. L. Papps, “Developments in Phased Retirement,” in R. L. Clark, O. S. Mitchell, eds., *Reinventing the Development Paradigm* (New York: Oxford University Press, 2005).
- *86 E. Calvo, K. Haverstick, S. A. Sass, “Gradual Retirement, Sense of Control, and

Retirees' Happiness," *Research on Aging* 31, no.1 (2009).

- *87 "Japan's Pensioners Embark on 'Grey Crime' Wave," *The Independent*, April 13, 2006; "Report: More Elderly Japanese Turn to Petty Crime," CNN Asia, December 24, 2008.
- *88 *79 参照。
- *89 P.22, *Global Trends* 2025.
- *90 "The People Crunch," *The Economist* 390, no.8614 (January 13, 2009).
- *91 直接材料輸入は化石燃料 3.2t、水など再生可能原材料 8～9t、鉱石などの鉱物 11～15t。国レベルでの試算だが、スウェーデンの場合は都市部が 85% を占める。V. Palm, K. Jonsson, "Materials Flow Accounting in Sweden Material Use for National Consumption and for Export," *Journal of Industrial Ecology* 7, no.1 (2003): 81-92.
- *92 対象となるモノのインプット・アウトプットを 2004 年に丸 1 年間かけて検証し、収支を計上。S. Niza, L. Rosado, "Methodological Advances in Urban Material Flow Accounting: The Lisbon Case Study," presented at ConAccount 2008, *Urban Metabolism, Measuring the Ecological City*, Prague, September 11-12, 2008.
- *93 こうした都市の発展と天然資源供給の関連は、都市化研究では従来なぜか無視されてきた。中国の都市にとってとくに重要な天然資源は、セメント、鉄鋼、アルミニウム、石炭だ。L. Shen, S. Cheng, A. J. Gunson, H. Wan, "Urbanization, Sustainability and the Utilization of Energy and Mineral Resources in China," *Cities* 22, no. 4 (2005): 287-302.
- *94 重工業製品も消費財も新興工業国の輸出経済に大きく貢献してきた。重工業は往々にして消費財製造業をもしのご勢いで拡大している。新興工業国は T シャツやコンピュータのコンポーネント部品だけでなく、鉄鋼、機械、化学製品も輸出している。
- *95 実はマルサスの『人口論』は若きチャールズ・ダーウィンに多大な影響を与え、約 60 年後にダーウィンが自然淘汰論にたどりつく一助となった。マルサスが 1798 年に匿名で出版した初版の完全なタイトルは *An Essay on the Principle of Population as it Affects the Future Improvement of Society, with Remarks on the Speculations of Mr. Godwin, M. Condorcet, and other Writers* (人口の原理に関する小論、それが社会の今後の改善に与える影響と、ゴドウィン氏、コンドルセ氏、その他の著述家の思索についての所見) (London: printed for J. Johnson, in St. Paul's Church-Yard)。第 2 版以降は著者名入りで出版された。この画期的な本は今なお出版され、議論を呼んでいる。
- *96 エーリックは第 1 章で取り上げた『人口爆弾』をはじめ著書多数。故ジュリアン・サイモン (Julian Simon) は *The Ultimate Resource* (Princeton: Princeton University Press, 1981) などでエーリックに反駁し、人類の発展に対する唯一の制約は人類の創造力だと主張した。
- *97 このようにマルサスの考えを食糧生産以外にまで拡大するようになったのは 1800 年代からで、鉱床について論じたイギリスの経済学者デービッ

- ド・リカード (David Ricardo)、1865年に石炭埋蔵量の限界(ピークコール)がゆくゆくはその国の経済成長を止めると予測したウィリアム・スタンレー・ジェボンズ (W. Stanley Jevons) などがいる。それから1世紀とたたずにジェボンズの予測が正しいことがわかった。
- *98 世界の埋蔵量の表のデータは *BP Statistical Review of World Energy June 2008*, 45 pp., <http://www.bp.com/statisticalreview> (2009年2月12日にアクセス) (石油、ガス、石炭は2007年まで) および *World Metals & Minerals Review 2005* (London: British Geological Survey and Metal Bulletin, 2005), 312 pp. (2003年まで) より。天然ガスはLNGに換算。「チタン」は二酸化チタン (TiO₂)。白金族にはプラチナ、パラジウム、ロジウム、イリジウム、オスミウム、ルテニウムなどがある。人口68億3000万人(2010年の国連による推計)と想定。
 - *99 平均的な地殻岩石1 km³にはアルミニウム2億t、鉄1億t、亜鉛80万t、銅20万tが含まれるので、分子という意味での鉱物資源の枯渇という話は無意味だ。D. W. Brooks, P. W. Andrews, "Mineral Resources, Economic Growth, and World Population," *Science* 185 (1974): 13-10.
 - *100 鉱物資源の枯渇論と資源アセスメントを行う際の埋蔵量固定アプローチの危険性について、くわしくはジョン・ティルトン (John E. Tilton)、*On Borrowed Time? Assessing the Threat of Mineral Depletion* (Washington, D.C.: RFF Press, 2002), 160 pp を参照。邦訳『持続可能な時代を求めて～資源枯渇の脅威を考える』オーム社。
 - *101 マシュー・R・シモンズ (Matthew R. Simmons)、*Twilight in the Desert: The Coming Saudi Oil Shock and the World Economy* (Hoboken, N. J.: John Wiley & Sons, 2005), 428 pp. 邦訳『投資家が見たサウジ石油の真実』日経BP社。
 - *102 つくば市の物質・材料研究機構 (NIMS) による非常にくわしい分析がある。論文執筆陣は第2章で取り上げたゴールドマン・サックスによるBRICsおよびG6の経済予測を使って、22の金属について将来の需要を予測している。K. Harada, M. Shimada, K. Ijima, "Forecasting of the Consumption of Metals up to 2050," *Materials Transactions* 49, no. 3 (2008): 402-410.
 - *103 J. B. Legarth, "Sustainable Metal Resource Management-the Need for Industrial Development: Efficiency Improvement Demands on Metal Resource Management to Enable a Sustainable Supply until 2050," *Journal of Cleaner Production* 4, no. 2 (1996): 97-104; C. M. Backman, "Global Supply and Demand of Metals in the Future," *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 71 (2008): 1244-1254 も参照。
 - *104 非在来型石油は採掘がはるかにむずかしく、よく掘削されるものとしてはオイルシェールやタールサンド、高粘度油などがある。
 - *105 国際エネルギー機関 (IEA) は、埋蔵量が50億バレル以上の54の「超巨大油田」をはじめ、800の油田の分析に基づいて、世界全体で生産

- ピークを過ぎた油田の減耗率（生産量加重ベース）が、現在の約 6.7% から 2030 年には 8.6% になると予測している。World Energy Outlook 2008, OECD/IEA, 578 pp.
- * 106 米エネルギー省エネルギー情報局の米油田生産量データ、<http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&cs=MCRFPUS1&f=A> より（2010 年 3 月 31 日にアクセス）。
 - * 107 この段落は 2008 年にワシントンで開催された「アメリカのエネルギーの将来に関する科学アカデミー・サミット」での初代米エネルギー長官 ジェームズ・シュレシンジャー（James Schlesinger）の所見より。p.31, summary of National Academies Summit on America's Energy Future (Washington, D. C., 2008).
 - * 108 だからといって、これらの地域が開発されないということではない。トルクメニスタンはカスピ海地域で外国による炭化水素開発に最後に門戸を開いた国のひとつだが、2009 年には中国海洋石油総公司、ガスピロム、ルクオイル・コノコフィリップス、ミッドランド・コンソーシアムなど石油企業少なくとも 15 社、それに油田サービス企業のシュルンベルガーが活動を始めようとしていた。Turkmenistan's Crude Awakening: Oil, Gas and Environment in the South Caspian (Alexandria, Va.: Crude Accountability, 2009), 87 pp.
 - * 109 「アメリカのエネルギーの将来に関する科学アカデミー・サミット」でのジェームズ・シュレシンジャーおよびサミュエル・ボドマン（それぞれ元・前エネルギー長官）の所見より引いた。
 - * 110 IEA によるこのモデル予測は、2008 年の世界的景気減速を説明するため、それまでの予測を下方修正した。2008～15 年には石油価格が平均 1 バレル = 100 ドル、その後着実に上昇して 2030 年には 120 ドルに達すると想定している。World Energy Outlook 2008, OECD/IEA (2008), 578 pp.
 - * 111 デービッド・グッドスタイン (David Goodstein)、*Out of Gas: The End of the Age of Oil* (New York: W. W. Norton & Company, 2005), 148 pp. マイケル・クレア (Michael Klare)、*Resource Wars: The New Landscape of Global Conflict* (New York: Holt Paperbacks, 2002), 304 pp. (邦訳『世界資源戦争』廣済堂出版)、および *Rising Powers, Shrinking Planet: The New Geopolitics of Energy*, reprint ed. (New York: Holt Paperbacks, 2009), 352 pp. シモンズ、*Twilight in the Desert*, 428 pp.
 - * 112 ピークを過ぎた油田の減耗率は、平均すると、超巨大油田で 3.4%、巨大油田で 6.5%、大油田で 10.4%。World Energy Outlook 2008, OECD/IEA (2008), 578 pp.
 - * 113 アブカイクの施設はサウジアラビアの石油供給の 3 分の 2 をまかっているため、アルカイダによる攻撃が成功していたら、世界の石油市場を震撼させただろう。National Academies Summit on America's Energy Future, p.9.

- *114 水素燃料電池で走る自動車への迅速な移行に大きな障害があることについては、あとで論じる。
- *115 とくにオゾンと粒子状物質が原因。M. Jerrett et al., "Long-Term Ozone Exposure and Mortality," *New England Journal of Medicine* 360 (2009): 1085-1095.
- *116 クリーンで再生可能なエネルギー源から電力が供給される場合のみ、プラグイン式の自動車は汚染ゼロ、カーボンゼロになる。しかし、石炭・ガス火力発電所の効率と、高压線で送電される距離によっては、この相殺分を差し引いてもプラグイン式の電力のほうが分が悪いのが普通だ。一方、とりわけ炭素回収・貯留 (CCS) 計画に関しては、無数の発電所から出る汚染物質と温室効果ガスを回収するほうが、無数の車の排気管から出る分を回収するより実現しやすい。
- *117 水素は非常に反応しやすく、すぐにほかの元素と結合する。たとえば酸素と結合して水 (H₂O) になる。
- *118 ほとんどすべての電力は、外部のエネルギー源を使ってタービンを回転させ、固定された磁場のなかのきつく巻いた銅コイルを回して生み出される。これにより、銅線に電子の流れ (電流) が生まれる。風力発電、水力発電、石炭・ガス火力発電、原子力発電はすべて、この基本的なアイデアの変形を用いて発電しており、いちばんの違いはタービンを回すのに使うエネルギー源だ。たとえば、石炭の燃焼や安全に制御された核反応によって生み出された熱で水を沸騰させて高压蒸気を発生させ、タービンに送る。あるいは川にダムを造ると人工の滝ができて、水の重みでタービンを回すことができる、などだ。
- *119 水の電気分解では、電気は水の分子を純粋な水素と酸素に分解するのに使われる。純粋な水素を手に入れる一般的な方法だ。
- *120 物理学の観点からすれば、対流圏水蒸気のほうがCO₂よりもはるかに強力な温室効果ガスになりうる。しかし、大気中の滞留期間が平均わずか11日間と短いため、すぐに地表に戻ってしまう。対照的にCO₂は何世紀ものあいだ大気中にとどまることが可能なので、長期的には大気中の濃度が着実に上昇する。
- *121 *Energy Technology Perspectives-Scenarios and Strategies to 2050* (OECD/International Energy Agency, 2006), 483 pp.
- *122 エタノールはガソリンよりも腐食作用があり、エタノールだけで動くエンジンは、耐久性の高い専用のプラスチックやゴムの部品と弁座の強化を必要とする。エネルギー含有量がガソリンより低いので、ガソリンに比べて燃費も悪い。それでも、オクタン価が115と高いおかげで、ガソリンのオクタン価向上剤として、地下水を汚染するMTBE (メチル・ターシャリー・ブチル・エーテル) の代わりに使える。R. E. Sims et al., "Energy Crops: Current Status and Future Prospects," *Global Change Biology* 12 (2006): 2054-2076.

- * 123 José Goldemberg の 所 見 よ り。National Academies Summit on America's Energy Future.
- * 124 この予測は推定ではなく、ブラジルで許可を受けて建設中のエタノール工場の数に基づいている。National Academies Summit on America's Energy Future.
- * 125 José Goldemberg, Suani Teixeira Coelho, Patricia Guardabassi, Sugarcane's Energy: Twelve Studies on Brazilian Sugarcane Agribusiness and Its Sustainability, *Energy Policy* 36, no. 6 (June 2008): 2086-2097. 複数のファイルが UNICA (ブラジルのサトウキビ産業協会) のサイトから無料でダウンロードできる (<http://english.unica.com.br/multimedia/publicacao/>)。Dr. Matthew C. Nisbitt にも個人的に取材 (2008 年 4 月 18 日、オハイオ州コロンバスで)。
- * 126 Fig. 7. 3, National Academies Summit on America's Energy Future.
- * 127 "Brazil Ethanol Sales Pass Petrol," *Sydney Morning Herald*, December 31, 2008.
- * 128 M. E. Himmel et al., "Biomass Recalcitrance: Engineering Plants and Enzymes for Biofuels Production," *Science* 315 (2007): 804-807.
- * 129 エタノールが温室効果ガスを純減させるか純増させるかをめぐっては、世界中で研究が進められているが、「副産物」を加味するかどうかで大きく違ってくる。これらの要因を加味すると、トウモロコシ由来のエタノールの温室効果ガス削減効果は石油に比べてわずかに多い程度で、約 13% となる。だが、セルロース系材料 (スイッチグラス) 由来のエタノールは、温室効果ガスも石油投入量も大幅に減らす。A. E. Farrell et al., "Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals," *Science* 311 (2006): 506-508.
- * 130 José Goldemberg の 所 見 よ り。National Academies Summit on America's Energy Future.
- * 131 キャサリン・ゴージェイ (C. Gautier), *Oil, Water, and Climate: An Introduction* (New York: Cambridge University Press, 2008), 366 pp.
- * 132 "Food Crisis Renews Haiti's Agony," *Time*, April 9, 2008; "Looters Running Wild in Haiti's Food Riots," *San Francisco Chronicle*, April 10, 2008; "Hunger, Strikes, Riots: The Food Crisis Bites," *The Guardian*, April 13, 2008; D. Loyn, "World Wakes Up to Food Challenge," BBC News, October 15, 2008.
- * 133 とくに南米、カリブ海諸国、サハラ以南のアフリカで、現在放牧に使われている地域が農地に転換される場合。E. M. W. Smeets et al., "A Bottom-Up Assessment and Review of Global Bio-energy Potentials to 2050," *Progress in Energy and Combustion Science* 33 (2007): 56-106.
- * 134 A. E. Farrell et al., "Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals," *Science* 311 (2006): 506-508.
- * 135 たとえば、酵素を利用した加水分解のような高度な転換技術や、五炭糖を転換する新種のイーストや微生物。 *Energy Technology Perspectives-Scenarios and Strategies to 2050*, International Energy Agency (2006), 483 pp.

- *136 エコロジカル・フットプリントとは人間が環境に及ぼす影響を土地面積に換算して表したものだ。4種類のエネルギーを使用する場合、それぞれ10年間でフットプリントがどのくらい増減するかをHoldenとHoyerが計算したところ、水力発電で-75%、天然ガスで-45~-75%（減少幅が最大となるのは天然ガス燃料電池）、石油で-15~-30%だったのに対し、セルロース系（樹木）バイオ燃料は0%から+50%だった〔フットプリントの数値が大きくなるほど環境への負荷が大きい〕。E. Holden and K. G. Hoyer, "The Ecological Footprints of Fuels," *Transportation Research Part D* 10 (2005): 395-403.
- *137 G. Fischer, L. Schrattenholzer, "Global Bioenergy Potentials through 2050," *Biomass and Bioenergy* 20 (2001): 151-159; および *Energy Technology Perspectives 2008: Scenarios and Strategies to 2050*, OECD/International Energy Agency (2008), 643 pp.
- *138 2050年には最大26%が液体バイオ燃料になるかもしれない。同上。
- *139 Table 9.1, "Nuclear Generating Units, 1955-2007," 米エネルギー情報局、<http://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/showtext.cfm?t=ptb0901> (2009年3月11日にアクセス)。
- *140 A. Petryna, *Life Exposed: Biological Citizens after Chernobyl* (Princeton: Princeton University Press, 2002), 264 pp.
- *141 復旧作業員は現在、発癌率が通常より数%高く、(他の原因による癌で死亡する約10万人に加えて) 原発事故による被曝が原因の癌で死亡する最大4000人が上乗せされるとみられた。2002年には子ども約4000人が事故後数か月間に放射性ヨウ素に汚染された牛乳を飲んで甲状腺癌にかかった。チェルノブイリ・フォーラム(2003-2005年)、「Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts,」 2nd rev. ed. (Vienna: IAEA Division of Public Information, April 2006)、<http://www.iaea.org/Publications/Booklets/Chernobyl/chernobyl.pdf> より。チェルノブイリ・フォーラムはIAEAによるイニシアチブで、世界保健機関(WHO)、国連開発計画(UNDP)、国連食糧農業機関(FAO)、国連環境計画(UNEP)、国連人道問題調整事務所(UNOCHA)、原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)、世界銀行、およびベラルーシ、ロシア、ウクライナ各国の政府が協力。この報告書が示す死亡率については一部で非難もあるが、こうした国連主導の包括的な取り組みは事故の慎重な評価を象徴するものだ。
- *142 M. L. Wald, "After 30 Slow Years, U.S. Nuclear Industry Set to Build Plants Again," *International Herald Tribune*, October 24, 2008; "EDF Nuclear Contamination," *The Economist*, November 21, 2009, 65-66; "Obama offers loan guarantees for first new nuclear power reactors in three decades," *USA Today*, February 16, 2010; スティーブン・チュー(S. Chu), "America's New Nuclear Option: Small modular reactors will expand the ways we use atomic power," *The Wall Street Journal*, March 23, 2010. 2010年3月のギャラップ社の世論調査

では、原子力の利用を支持する人はアメリカ人全体の62%と、1994年の調査開始以来最高だった。“Public support for nuclear power at new peak,” *The Washington Post*, March 22, 2010.

- * 143 もうひとつは水力発電。
- * 144 白煙は水蒸気。* 120 参照。
- * 145 *Energy Technology Perspectives: Scenarios and Strategies to 2050* (OECD/IEA, 2008), 643 pp.
- * 146 S. Fetter, “Energy 2050,” *Bulletin of Atomic Scientists* (July/August 2000): 28-38.
- * 147 とくに有望なのは新型「軽水」炉で、炉心損傷頻度が¹100万原子炉年に1回以下〔1基の原子炉を100万年間運転した場合に1回以下〕となるよう設計されている。同上。
- * 148 “従来型”とは1基の能力が1000メガワットの「ワンスルー」型原子炉で、使用済み燃料の再生利用、トリウムの利用、増殖炉のないものをいう。*The Future of Nuclear Power: An Interdisciplinary MIT Study* (Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2003), 170 pp.
- * 149 2005年、原子力発電による発電量は年間2771TWh（テラワット時、テラは1兆）で、全体の15%を占めた。2050年にはIEAの各シナリオによって、年間3884TWhと全体の8%まで減少（“Baseline 2050”シナリオ、原子炉の新設がほとんどない場合を想定）、もしくは1万5877TWhと全体の38%まで増加（“BLUE HiNUC”シナリオ、原子力発電が最も拡大する場合を想定）する可能性がある。Table 2.5, *Energy Technology Perspectives 2008: Scenarios and Strategies to 2050* (OECD/IEA, 2008), 643 pp.
- * 150 地熱、波力、潮力エネルギーはすべてカーボンフリーのエネルギー源で、特定の場所では非常に有望だ。とはいっても、2050年にはどれもまだニッチ・エネルギー源の域を出ていないだろう。
- * 151 水力発電は現在、年間約2922TWhを供給し、世界の電力市場の16%を占める。IEAの各シナリオによると、伸びが非常にゆっくりとしているので、2050年には実際は市場シェアが減少し、年間4590TWhで9%（“Baseline 2050”シナリオ）から5505TWhで13%（“BLUE hiOil & Gas”シナリオ）になりそうだ。Table 2.5, *Energy Technology Perspectives 2008: Scenarios and Strategies to 2050*, 643 pp.
- * 152 クリス・グドール (C. Goodall), *Ten Technologies to Save the Planet* (London: Green Profile, 2008), 302 pp.
- * 153 2006年時点では、ドイツ、アメリカ、スペインがそれぞれ発電設備容量2万2247MW（メガワット）、1万6818MW、1万5145MWで世界をリードしていた。インドと中国はそれぞれ8000MWと6050MWだった。アメリカは現在、世界で最も多くの風力タービンを設置している。Table 10.1, *Energy Technology Perspectives 2008: Scenarios and Strategies to 2050*, 643 pp.
- * 154 技術の進歩、生産能力の増大、タービンの大型化により、風力エネルギーのコストは1980年代に比べて少なくとも4分の1に下がっている。一方、効率は着実に向上し、タービン自体も大型化していて、大量生産

- のローターが1985年の20m 足らずから現在は100m 以上と、アメリカンフットボールのフィールドの全長とほぼ同じになっている。まだ石炭／ガス火力発電所に対して価格競争力はないが、しだいに差を詰めつつある。
- * 155 IEAの各シナリオによって、世界の年間風力発電量は2005年の111 TWhで全体の1%から、2050年には少なくとも1208 TWhで全体の2% (“Baseline 2050”シナリオ、新たなインセンティブがないと想定)、最大では6743 TWhで全体の17% (“BLUE noCCS”シナリオ、積極的なインセンティブがあり、炭素隔離(貯留)技術は未確立と想定)に増加。Table 2.5, *Energy Technology Perspectives 2008: Scenarios and Strategies to 2050*, 643 pp.
 - * 156 ショックレーークワイサー限界。
 - * 157 N. S. Lewis, “Toward Cost-Effective Solar Energy Use,” *Science* 315 (2007): 798-801.
 - * 158 *118 参照。
 - * 159 M. Lavelle, “Big Solar Project Planned for Arizona Desert,” *U.S. News & World Report*, February 21, 2008.
 - * 160 くわしくはTrans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation (TREC) のホームページ、<http://www.desertec.org/> を参照。
 - * 161 デービッド・J・C・マッケイ (D. J. C. Mackay)、*Sustainable Energy without the Hot Air* (Cambridge, UK: UIT Cambridge, Ltd., 2009), 370 pp 参照 (<http://www.withouthotair.com> より無料でダウンロード可能)、邦訳『持続可能なエネルギー～「数値」で見るその可能性』産業図書。クリス・グドールの試算では、2008年4月に完成したノルウェー—オランダ間の海底HVDCケーブルのコストは、1km 当たり100万ユーロ。 *Ten Technologies to Save the Planet*, 302 pp.
 - * 162 太陽熱発電所は従来のタービン方式で発電するので、夜間や曇りの日には天然ガスや石炭を燃焼させるように設計されている。
 - * 163 より新しいコンセプトは圧縮空気貯蔵と呼ばれるもので、タンクや密閉された地下の洞窟に水ではなく空気を注入する。
 - * 164 www.google.org/recharge/index.html (2009年3月10日にアクセス)。
 - * 165 とくに薄膜太陽電池と安価な触媒。一例としてM. W. Kanan, D. G. Nocera, “In Situ Formation of an Oxygen-Evolving Catalyst in Neutral Water Containing Phosphate and Co^{2+} ,” *Science* 321 (2008): 1072-1075。IEAによると、太陽発電の発電単価は、日射量の多い地域では2050年には1kWh (キロワット時) 当たり0.05ドルに下がる可能性がある。
 - * 166 N. S. Lewis, “Toward Cost-Effective Solar Energy Use,” *Science* 315 (2007): 798-801.
 - * 167 グドール、 *Ten Technologies to Save the Planet*, 302 pp.
 - * 168 IEAの各シナリオによって、世界の年間太陽発電量は2005年の3TWhで市場シェアほぼゼロから、2050年は最低167 TWhでやはり市場シ

アほぼゼロ (“Baseline 2050” シナリオ、新たなインセンティブなしと想定) から最大 5297 TWh で全体の 13% (“BLUE noCCS” シナリオ、積極的なインセンティブがあり、炭素隔離 (貯留) 技術は未確立と想定) まで増加する。Table 2. 5, *Energy Technology Perspectives 2008: Scenarios and Strategies to 2050*, 643 pp.

- * 169 現在、世界の電力の約 82% が、再生不能な石炭 (40%)、天然ガス (20%)、ウラン (15%)、石油 (7%) から生産されている。水力その他の再生可能エネルギーは合計 18% だ。私たちの選択次第で、2050 年には 64% に増大する (極端に積極的なシナリオの場合) か、15% と少し減少する可能性がある。現実にはこれらの IEA によるモデルシミュレーションのどこかに落ちつきそうだが、考えられるどのシナリオでも、今後 40 年間で人類が化石炭化水素エネルギーから解放されることはないだろう。
- * 170 *Energy Technology Perspectives: Scenarios and Strategies to 2050* (OECD/IEA, 2006), 479 pp. および Table 2.5, *Energy Technology Perspectives 2008: Scenarios and Strategies to 2050*, 643 pp.
- * 171 “Explosive Growth: LNG Expands in Australia,” *The Economist*, November 21, 2009, 66-67.
- * 172 “BP Statistical Review of World Energy June 2009,” 45 pp., <http://www.bp.com/statisticalreview> (2009 年 11 月 28 日にアクセス)。
- * 173 より厳密には、無煙炭は現在の年間生産量の 150 倍、褐炭は 200 倍を超える。T. Thielemann, S. Schmidt, J. P. Gerling, “Lignite and Hard Coal: Energy Suppliers for World Needs until the Year 2100-An Outlook,” *International Journal of Coal Geology* 72 (2007): 1-14.
- * 174 500MW の石炭火力発電所 500 基に相当。J. Deutch, E. J. Moniz, I. Green et al., *The Future of Coal: Options for a Carbon-Constrained World* (Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2007), 105 pp.
- * 175 フィッシャー-トロプシュ法など。同上。
- * 176 L. C. スミス (L. C. Smith)、G. A. Olyphant, “Within-Storm Variations in Runoff and Sediment Export from a Rapidly Eroding Coal-Refuse Deposit,” *Earth Surface Processes and Landforms* 19 (1994): 369-375.
- * 177 ゴーティエ、*Oil, Water, and Climate*, 366 pp.
- * 178 Thielemann, Schmidt, Gerling, “Lignite and Hard Coal: Energy Suppliers for World Needs until the Year 2100 — An Outlook,” *International Journal of Coal Geology* 72 (2007): 1-14.
- * 179 J. Deutch, E. J. Moniz, I. Green et al., *The Future of Coal: Options for a Carbon-Constrained World* (Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2007), 105 pp.
- * 180 “Trouble in Store,” *The Economist*, March 7, 2009, 74-75.
- * 181 アイオワ州の異常気象については、同州の気候学者 Harry Hillaker への

- 取材（2008年7月16日、デモインにて）、Hillakerが2008年12月に用意した概要書、アイオワ州農務省および連邦緊急事態管理庁（FEMA）のプレスリリースより再構成。
- * 182 “FEMA, Iowans Mark Six Month Anniversary of Historic Disaster,” FEMA プレスリリース、Number 1763-222（2008年11月26日）。
 - * 183 “Iowa Department of Agriculture and Land Stewardship Officials Brief Rebuild Iowa Commission on Damage to Conservation Practices from Flooding,” アイオワ州農務省のプレスリリース、2008年7月31日。
 - * 184 D. Heldt, “University of Iowa’s New Flood Damage Estimate: \$743 million,” *The Gazette*, March 13, 2009.
 - * 185 *California Fire Siege 2007: An Overview*, カリフォルニア州森林局、<http://www.fire.ca.gov/index.php> より（2009年3月22日にアクセス）。
 - * 186 行政命令 S-06-08, 2008年6月4日アーノルド・シュワルツェネッガー（Arnold Schwarzenegger）カリフォルニア州知事が署名。
 - * 187 Proclamation, “State of Emergency-Water Shortage,” 2009年2月27日、シュワルツェネッガー州知事が宣言。
 - * 188 J. McKinley, “Severe Drought Adds to Hardships in California,” *The New York Times*, February 22, 2009. セントラルバレーは約1万9000km²。
 - * 189 L. Copeland, “Drought Spreading in Southeast,” *USA Today*, February 12, 2008; D. Chapman, “Water Fight May Ripple in Georgia,” *The Atlanta Journal-Constitution*, August 24, 2008.
 - * 190 D. W. Stahle et al., “Early Twenty-first-Century Drought in Mexico,” *Eos, Transactions, American Geophysical Union* 90, no. 11 (March 17, 2009).
 - * 191 干ばつのデータは以下より。University College London Global Drought Monitor, http://drought.mssl.ucl.ac.uk/drought.html?map=%2Fwww%2Fdrought%2Fweb_pages%2Fdrought.map&program=%2Fcgi-bin%2Fmapserv&root=%2Fwww%2Fdrought2%2F&map_web_imagepath=%2Ftmp%2F&map_web_imageurl=%2Ftmp%2F&map_web_template=%2Fdrought.htm（2009年3月25日にアクセス）。
 - * 192 国連食糧農業機関世界情報早期警戒システム（FAO/GIEWS）、Crop Prospects and Food Situation, no.2, April 2008. 情報は以下にて隔月更新される。<http://www.fao.org/giews/english/cpfs/index.htm>
 - * 193 深刻な干ばつにより、河南、安徽、山東、河北、山西、陝西、甘粛の各省で、秋まき小麦950万ha分が被害に遭った。UN FAO/GIEWS Global Watch, January 4, 2009.
 - * 194 “1,500 Farmers Commit Mass Suicide in India,” *Belfast Telegraph*, April 15, 2009.
 - * 195 Dartmouth Flood Observatory, <http://floodobservatory.colorado.edu/>（2009年3月25日にアクセス）よりダウンロードした世界の洪水一覧によると、2008年1月3日から11月4日までに4553人が死亡、1748万7312人が住む場所を失っている。

- * 196 *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture* (London: Earthscan, and Colombo: International Water Management Institute, 2007), 665 pp.
- * 197 イーゴリ・アレクサンドル・シクロマノフ (I. A. Shiklomanov)、“World Fresh Water Resources,” ピーター・グリック (P. H. Gleick) 編、*Water in Crisis* (New York: Oxford University Press, 1993), 13-24 所収。注：I・A・シクロマノフの息子ふたり、アレクサンドル・イーゴリ (Alexander Igor)・シクロマノフとニコライ・イーゴリ (Nikolai Igor)・シクロマノフとともに著名な地球科学者なので混同しないよう注意。
- * 198 年間平均取水量は推定 3800 km³。O. Taikan, S. Kanael, “Global Hydrological Cycles and World Water Resources,” *Science* 313, no. 5790 (2006): 1068-1072. 取水量と消費量の定義については*225 参照。
- * 199 世界全体では年間平均取水量は上述のように 3800 km³、人工的な貯留水量は約 7200 km³ とみられている。同上。定義については*225 参照。
- * 200 Table 2, “Food and Water,” *World Resources 2008 Data Tables* (Washington, D. C.: World Resources Institute, 2008).
- * 201 ブルキナファソ、カーボベルデ、チャド、ガンビア、ギニアビサウ、マリ、モーリタニア、ニジェール、セネガルの 2010 年と 2050 年の人口予測に基づく。国連、*World Population Prospects: The 2008 Revision*, http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2008/wpp2008_highlights.pdf.
- * 202 The Central Arizona Project.
- * 203 ロバート・グレノン (R. G. Glennon)、*Water Follies: Groundwater Pumping and the Fate of America's Fresh Waters* (Washington, D. C.: Island Press, 2002), 314 pp.
- * 204 ただシアメリカでは、工業利用の減少のほか、農作業の効率化、電化製品、節水タイプのトイレ、より高密度な居住形態により、過去 40 年間ほど、(人口ひとり当たりでなく) 全体の水消費量は減少傾向にある。
- * 205 チャールズ・ベレシュマルティ (C. J. Vörösmarty)、パメラ・グリーン (P. Green)、ジョー・ソールズベリー (J. Salisbury)、リチャード・ラマーズ (R. B. Lammers)、“Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population Growth,” *Science* 289, no. 5477 (2000): 284-288. この研究では、河川の流量に対する人間の取水量の比率が 0.4 以上の区域を、「深刻」な水ストレスとしている。3つの地図は同論文の図 3 を参照。アメリカ西部のように水源 (山岳部の雪塊氷原など) と水を使う地域 (ツーソン、ロサンゼルスなど) が異なる場合は、やや不正確だ。
- * 206 たとえば、「人口と経済発展の世界規模で差し迫った変化がもたらす影響は、たかが気候の変化よりもはるかに甚大になるだろう」と、執筆陣は結論している。同上。
- * 207 送水管を設置した井戸や湧水、雨水貯水槽、深井戸。
- * 208 エチオピア (22%)、ソマリア (29%)、アフガニスタンおよびパプア

- ニューギニア (39%)、カンボジア (41%)、チャド (42%)、赤道ギニア およびモザンビーク (43%)。Data Table 3, グリックほか、*The World's Water 2008-2009* (Washington, D. C.: Island Press, 2009), 432 pp.
- * 209 ジェイミー・パートラム (J. Bartram)、K. Lewis, R. Lenton, A. Wright, “Focusing on Improved Water and Sanitation for Health,” *The Lancet* 365, no. 9461 (2005): 810-812.
- * 210 モード・バーロウ (M. Barlow)、*Blue Gold: The Fight to Stop the Corporate Theft of the World's Water* (New York: The New Press, 2003), 296 pp、邦訳『「水」戦争の世紀』集英社、および *Blue Covenant: The Global Water Crisis and the Coming Battle for the Right to Water* (New York: The New Press, 2007), 196 pp、邦訳『ウォーター・ビジネス～世界の水資源・水道民営化・水処理技術・ボトルウォーターをめぐる壮絶なる戦い』作品社。
- * 211 世界水会議の基本理念、<http://www.worldwatercouncil.org/> より (2009年4月5日にアクセス)。
- * 212 数々の賞を受賞したドキュメンタリー映画 *Flow* (2008、邦題『フロウ～水が大企業に独占される!～』) がこうした戦いを取り上げている (www.flowthefilm.com)。
- * 213 P.189, UN World Water Assessment Programme, *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World* (Paris: UNESCO, and London: Earthscan, 2009), 318 pp.
- * 214 ほぼすべての国が、国境をまたぐ河川の水資源共有に関する条約を交渉している。衛星によって状況がどう変化しうるか、新しい考えについては以下を参照。ダグラス・アルスドーフ (D. E. Alsdorf) ほか、“Measuring Surface Water from Space,” *Reviews of Geophysics* 45, no. 2, article no. RG2002 (2007)。アルスドーフほか、“Measuring global oceans and terrestrial freshwater from space,” *Eos, Transactions, American Geophysical Union* 88, no. 24 (2007): 253。F. Hossain, “Introduction to the Featured Series on Satellites and Transboundary Water: Emerging Ideas,” *Journal of the American Water Resources Association* 45, no. 3 (2009): 551-552。S. Biancamaria et al., “Preliminary Characterization of SWOT Hydrology Error Budget and Global Capabilities,” *IEEE JSTARS* 3, no. 1 (2010): 6-19。
- * 215 SWOT (The Surface Water Ocean Topography の略) 衛星は海洋観測も行う。アメリカとフランスの宇宙機関 (NASA と CNES) の共同事業だ。くわしくは <http://swot.jpl.nasa.gov/index.cfm> を参照。
- * 216 たとえば SRTM (<http://srtm.csi.cgiar.org/>) や ASTER (<http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>) などの地形データや、ランドサット (<http://www.landcover.org/index.shtml>) の衛星画像データなど多数。
- * 217 D. Ignatius, “The Climate-Change Precipice,” *The Washington Post*, March 2, 2007; F. Al-Obaid, “Water Scarcity and Resource War,” *Kuwait Times*, March 9, 2008; H. A. Amery, “Water Wars in the Middle East: A Looming Threat,” *The*

- Geographical Journal* 168, no.4 (2002): 313-23; N. L. Poff et al., "River Flows and Water Wars: Emerging Science for Environmental Decision Making," *Frontiers in Ecology and the Environment* 1, no.6 (2003): 298-306 ほか。
- * 218 P.19, UN World Water Assessment Programme, *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World* (Paris: UNESCO, and London: Earthscan, 2009), 318 pp.
- * 219 P.163、クレア、*Resource Wars*, 304 pp.
- * 220 同上、p.139。
- * 221 1948～99年、水資源をめぐる国家間のやりとりは1831件、口頭のやりとりから明文化された協定、軍事行動まで多岐にわたった。このうち67%が協力的、28%が対立的、5%がその中間か深刻でないものだった。とくに水をめぐって公式な宣戦布告がされたケースはなかった。ウェンディ・バーナビー (W. Barnaby)、"Do Nations Go to War over Water?" *Nature* 458 (2009): 282-283。ほかは以下より。S. Yoffe et al., *Journal of the American Water Resources Association* 39 (2003): 1109-1126。アーロン・ウルフ (A. T. Wolf)、"Shared Waters: Conflict and Cooperation," *Annual Review of Environment and Resources* 32 (2007): 241-269。
- * 222 <http://biblio.pacinst.org/conflict/>、<http://worldwater.org/conflictchronology.pdf>、および <http://www.transboundarywaters.orst.edu/> 参照。
- * 223 J. I. Uitto、ウルフ、"Water Wars? Geographical Perspectives: Introduction," *The Geographical Journal* 168, no.4 (2002): 289-292。T. Jarvis et al., "International Borders, Ground Water Flow, and Hydroschizophrenia," *Ground Water* 43, no.5 (2005): 764-770。
- * 224 バーナビー、"Do Nations Go to War over Water?"。
- * 225 水の「取水量」とは自然界の水源から人間が利用するために引く水の総量をいう。水の「消費量」とは、蒸発する、蒸散する、製品や作物に組み込まれる、人間や家畜が消費するなど、周辺の水環境から移動される量のことだ。河川や貯水池や湖や帯水層からの淡水の取水量は、世界全体で推定 3830 km³、うち 2664km³ が農業に利用されている。Pp.67-69, *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*, 665 pp.
- * 226 バーチャルウォーターという言葉は1990年代前半、J. A. Allan が造った。"Policy Responses to the Closure of Water Resources"、*Water Policy: Allocation and Management in Practice*, P. Howsam, R. Carter, eds. (London: Chapman and Hall, 1996) 所収など。
- * 227 商品に組み込まれて世界各地に移動するバーチャルウォーターの量は、推定で年間1兆6250億m³、人類の水消費量の約40%。A. K. Chapagain, A. Y. Hoekstra, "The Global Component of Freshwater Demand and Supply: An Assessment of Virtual Water Flows between Nations as a Result of Trade in Agricultural and Industrial Products," *Water International* 33, no.1 (2008): 19-32。

- Pp.35 および 98, UN World Water Assessment Programme, *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World* (Paris: UNESCO, and London: Earthscan, 2009), 318 pp も参照。
- * 228 グレノン、*Water Follies*。風車などの初期の技術では、揚水可能な深さは約 21 ~ 24m が限界だが、ディーゼルオイルや天然ガスや電力で動く遠心力ポンプなら、最大約 915m の深さからの揚水が可能だ。
 - * 229 Figure 7. 6, UN World Water Assessment Programme, *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World* (Paris: UNESCO, and London: Earthscan, 2009), 318 pp.
 - * 230 米地質研究所, “Estimated Use of Water in the United States in 2000,” USGS Circular 1268, February 2005.
 - * 231 ほかに砂利や細かく砕かれた岩盤なども、帯水層に向いている。
 - * 232 M. Rodell, I. Velicogna and J. S. Famiglietti, “Satellite-based Estimates of Groundwater Depletion in India,” *Nature* 460 (2009): 999-1002, DOI:10.1038/nature08238; および V. M. Tiwari, J. Wahr, and S. Swenson, “Dwindling Groundwater Resources in Northern India, from Satellite Gravity Observations,” *Geophysical Research Letters* 36 (2009), L18401, DOI:10.1029/2009GL039401 を参照。
 - * 233 ハイプレーンズ帯水層としても知られるオガララ帯水層は、カンザス、ネブラスカ、テキサス、オクラホマ、コロラド、ニューメキシコ、ワイオミング、サウスダコタの各州の下に広がっている。このセクションの他の部分は V. L. McGuire, “Changes in Water Levels and Storage in the High Plains Aquifer, Predevelopment to 2005,” U.S. Geological Society Fact Sheet 2007-3029, May 2007 より。
 - * 234 人為的原因による水位低下は年間約 30cm だが、自然に補充されるのは年間約 3cm に満たない。ケビン・マリガン (Kevin Mulligan) に電話取材 (2009 年 4 月 21 日)。
 - * 235 地下水の「耐用年数」とは飽和帯水層の厚さが 30ft (約 9m) に減少するまでの時間。それ以下になると、従来型の井戸は穴の周囲の地下水位が高さ 30ft の逆円錐状に低下することによって、空気を吸い込みはじめ。オガララ帯水層の GIS データと耐用年数の地図は <http://www.gis.ttu.edu/OgallalaAquiferMaps/> より入手可能。
 - * 236 LEPA 点滴灌漑システムは飽和帯水層の最後に残った 30ft から揚水することを可能にして、逆円錐状の水位低下を少なくする。そのため LEPA に移行すれば帯水層の耐用年数は 10 ~ 20 年延びるが、枯渇を止めることはできない。
 - * 237 とくにオランダ、フランス、ドイツ、オーストリア。グリック、 “Water and Energy,” *Annual Review of Energy and the Environment* 19 (1994): 267-299。だからといって、使われた水は二度と取り戻せないというわけではない。ほとんどの発電所は温めた水の大部分を元の川や湖に戻して

- いる。*225の取水量と消費量を参照。
- *238 これはEUの法律上の上限だが、推奨される「目安」の温度はより低く、EUとカナダでは約12～15℃。同上。
 - *239 風力発電についての著書も参照。マーティン・パスカレッティ (M. Pasqualetti)、P. Gipe, R. Righter, *Wind Power in View: Energy Landscapes in a Crowded World* (San Diego: Academic Press, 2002), 248 pp.
 - *240 水力発電ダムを支える屋外の貯水池から、非常に大量の水が蒸発して失われるためだ。
 - *241 一例として、P. W. Gerbens-Leenes, A. Y. Hoekstra, T. H. van der Meer, “The Water Footprint of Energy from Biomass: A Quantitative Assessment and Consequences of an Increasing Share of Bio-energy in Energy Supply,” *Ecological Economics* 68 (2009): 1052-1060.
 - *242 パスカレッティに電話取材 (2009年4月14日)。
 - *243 T. R. Curlee, M. J. Sale, “Water and Energy Security,” *Proceedings, Universities Council on Water Resources*, 2003.
 - *244 ハドレー循環の拡大についての気候モデルシミュレーションについては、J. Lu, G. A. Vecchi, T. Reichler, “Expansion of the Hadley Cell under Global Warming,” *Geophysical Research Letters* 34 (2007): L06085を参照。衛星からの直接観測については、Q. Fu, C. M. Johanson, J. M. Wallace, T. Reichler, “Enhanced Mid-latitude Tropospheric Warming in Satellite Measurements,” *Science* 312, no. 5777 (2006): 1179を参照。
 - *245 クリストファー・ミリー (P. C. D. Milly)、K. A. Dunne, A. V. Vecchia, “Global Pattern of Trends in Streamflow and Water Availability in a Changing Climate,” *Nature* 438 (2005): 347-350.
 - *246 グレン・マクドナルド (G. M. MacDonald) ほか, “Southern California and the Perfect Drought: Simultaneous Prolonged Drought in Southern California and the Sacramento and Colorado River Systems,” *Quaternary International* 188 (2008): 11-23.
 - *247 中世の温暖化は、太陽活動の活発化と火山噴火減少による成層圏中の二酸化硫黄 (亜硫酸ガス) 濃度の低下が組み合わさって起きたが、現在は温室効果ガスが温暖化を進めている。中世温暖期の場合、気温が最も上昇したのは夏だったのに対し、現在、温室効果ガスによる温暖化が最大になるのは冬と春なので、当時と今を単純には比較できない。それでも、温室効果による温暖化への生物物理学的反応を科学者が調べるのに、類似した「現実世界の」気候として中世温暖期が最良であることに変わりはない。くわしくはマクドナルドほか, “Climate Warming and Twenty-first Century Drought in Southwestern North America,” *EOS, Transactions, AGU* 89 no. 2 (2008)を参照。太平洋10年規模変動 (PDO) の詳細は、マクドナルドおよびR. A. Case, “Variations in the Pacific Decadal Oscillation over the Past Millennium,” *Geophysical Research Letters* 32, article no. L08703 (2005),

DOI:10.1029/2005GL022478 を参照。

- * 248 リチャード・シーガー (R. Seager) ほか, “Model Projections of an Imminent Transition to a More Arid Climate in Southwestern North America,” *Science* 316 (2007): 1181-1184.
- * 249 クリストファー・ミリー (P. C. D. Milly), フリオ・ベタンコート (J. Betancourt), M. Falkenmark, ロバート・ハーシュ (R. M. Hirsch), Z. W. Kundzewicz, デニス・レッテンマイアー (D. P. Lettenmaier), R. J. Stouffer, “Stationarity Is Dead: Whither Water Management?” *Science* 319 (2008): 573-574.
- * 250 混乱が起きるのは、「100年に1度の洪水」「500年に1度の洪水」などが、単に洪水位（洪水発生時の流量）として表される統計上の確率にすぎないためだ。この結果、100年に1度の洪水は100年間に1度、500年に1度の洪水は500年間に1度しか起きない、などと誤解されがちになる。実際は、確率はどの年でもそれぞれ1/100、1/500だ。100年間1度も100年に1度の洪水に遭わずにすむ確率は $(99/100)^{100} = 37\%$ となる。
- * 251 たとえば現在、気候変動は収穫量のリスク不確実性を増大させそうだ。B. A. McCarl, X. Villavicencio, X. Wu, “Climate Change and Future Analysis: Is Stationarity Dying?” *American Journal of Agricultural Economics* 90, no. 5 (2008): 1241-1247.
- * 252 ミリー、ベタンコート、Falkenmark、ハーシュ、Kundzewicz、レッテンマイアー、Stouffer, “Stationarity Is Dead”。
- * 253 レッテンマイアー, “Have We Dropped the Ball on Water Resources Research?” *Journal of Water Resources Planning and Management* 134, no. 6 (2008): 491-492.
- * 254 この保険会社 (State Farm Florida) は州規制当局から47.1%の保険料率引き上げを勝ち取れず、71万4000人の顧客の5分の1近くに契約打ち切りを通知した。フロリダ州保険局は同年、州内の大手保険会社200社中102社が営業純損失を計上すると予測していた。“State Farm Cancels Thousands in Florida,” February 23, 2010, http://www.msnbc.msn.com/id/35220269/ns/businesspersonal_finance/.
- * 255 P. W. Mote et al., *Bulletin of the American Meteorological Society* 86, no. 1 (2005): 39-49.
- * 256 ティム・パーネット (T. P. Barnett) ほか, “Human-Induced Changes in the Hydrology of the Western United States,” *Science* 319 (2008): 1080-1083.
- * 257 J. Watts, “China Plans 59 Reservoirs to Collect Meltwater from Its Shrinking Glaciers,” *The Guardian*, March 2, 2009; “Secretary Salazar, Joined by Gov. Schwarzenegger, to Announce Economic Recovery Investments in Nation’s Water Infrastructure,” U. S. Bureau of Reclamation Press Release, April 14, 2009; “California to Get \$260 Million in U. S. Funds for Water,” Reuters, April 15, 2009.
- * 258 氷河の水の融解と海水の温度上昇による膨張は、海面上昇の2大要因だ。海水の熱膨張は比較的ゆっくりと進行するので、今なお過去数十年

間の温暖化に反応しており、引き続き現在進行中の温暖化に反応するだろう。これまでに気候温暖化による熱の約80%が海に吸収されている。IPCC AR4（第4次評価報告書）以後のごく最近の研究では、1900～2008年、原因別の年間の海面上昇幅は熱膨張によるものが $0.4 \pm 0.2\text{mm}$ 、小規模な氷河と氷冠によるものが $0.96 \pm 0.44\text{mm}$ 、グリーンランド氷床によるものが $0.3 \pm 0.33\text{mm}$ 、南極氷床によるものが $0.14 \pm 0.26\text{mm}$ 、陸地からの流出によるものが $0.17 \pm 0.1\text{mm}$ 。C. Shum, C. Kuo, "Observation and Geophysical Causes of Present-day Sea Level Rise," *Climate Change and Food Security in South Asia*, R. Lal, M. Sivakumar, S. M. A. Faiz, A. H. M. Mustafizur Rahman, K. R. Islam 編に所収 (Springer Verlag, Holland)。20世紀に建設された貯水設備は合計で約30mm相当の海面上昇を抑制している可能性があり、年間平均 -0.55mm となる。B. F. Chao, Y. H. Wu, and Y. S. Li, "Impact of artificial reservoir water impoundment on global sea level," *Science* 320 (2008): 212-214。しかし、人工的な貯水設備による抑制効果はその後は減速もしくは逆転している。レットンマイアー、ミリー、"Land Waters and Sea Level," *Nature Geoscience* 2 (2009): 452-454, DOI:10.1038/ngeo567。

- * 259 S. Rahmstorf et al., Response to Comments on "A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise," *Science* 317, 1866d (2007)。 (更新された海面上昇率は訂正表を参照)
- * 260 M. Heberger, H. Cooley, P. Herrera, P. H. グリック, E. Moore, "The Impacts of Sea-Level Rise on the California Coast," Final Paper, California Climate Change Center, CEC-500-2009024-F (2009), 115 pp., http://pacinst.org/reports/sea_level_rise/report.pdf より。
- * 261 2007年IPCC AR4の「コンセンサス予測」である2100年までに0.18～0.6mというのは低すぎるかもしれない。他の予測では、考えられる範囲は0.8～2.0m (W. T. Pfeffer et al., "Kinematic Constraints on Glacier Contributions to 21st-Century Sea-Level Rise," *Science* 321, no. 5894 [2008]: 1340-1343) および0.5～1.4m (S. Rahmstorf, "A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise," *Science* 315, no. 5810 [2007]: 368-370, DOI:10.1126/science. 1135456)。
- * 262 これは主として、海面温度がハリケーンと台風を助長するからだ。IPCCの第4次評価報告書の予測では、ハリケーンと台風の勢力は増す「可能性あり」、つまり統計上は増す確率が66%を超える。IPCC AR4 (2007)。
- * 263 Table 2, R. J. Nicholls et al., "Ranking Port Cities with High Exposure and Vulnerability to Climate Extremes: Exposure Estimates," *OECD Environment Working Papers*, no. 1 (OECD Publishing, 2008), 62 pp., DOI:10.1787/011766488208 より算出。J. P. Ericson et al., "Effective Sea-Level Rise and Deltas: Causes of Change and Human Dimension Implications," *Global and Planetary Change* 50 (2006): 63-82 も参照。

- *264 金額は2001年の米ドル、購買力平価換算。同上。
- *265 “Water Global Assessment and Prognosis”の略。Center for Environmental Systems Research, <http://www.usf.uni-kassel.de/cesr/> 参照。
- *266 このシミュレーションの気候変動の要素はB2 SRESシナリオを想定したHadCM3モデルより。ほかの気候関連以外の想定については、ジョゼフ・アルカモ (Joseph Alcamo)、M. Flörke、M. Marker, “Future Long-term Changes in Global Water Resources Driven by Socio-economic and Climatic Changes,” *Hydrological Sciences* 52, no.2 (2007): 247-275を参照。
- *267 P. Alpert et al., “First Super-High-Resolution Modeling Study that the Ancient ‘Fertile Crescent’ Will Disappear in This Century and Comparison to Regional Climate Models,” *Geophysical Research Abstracts* 10, EGU2008-A-02811 (2008); A. Kitoh et al., “First Super-High-Resolution Model Projection that the Ancient ‘Fertile Crescent’ Will Disappear in This Century,” *Hydrological Research Letters* 2 (2008): 1-4.
- *268 T. H. Brikowski, “Doomed Reservoirs in Kansas, USA? Climate Change and Groundwater Mining on the Great Plains Lead to Unsustainable Surface Water Storage,” *Journal of Hydrology* 354 (2008): 90-101; S. K. Gupta and R. D. Deshpande, “Water for India in 2050: First-Order Assessment of Available Options,” *Current Science* 86, no.9 (2004): 1216-1224.
- *269 地球気候モデルはほぼ一致して、人為的要因による気候変動がコロラド川流域の流量を10～30%減少させると予測している。ティム・バーネット (T. P. Barnett)、D. W. Pierce, “Sustainable Water Deliveries from the Colorado River in a Changing Climate,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106, no.18 (2009), DOI:10.1073/pnas.0812762106。バーネット、Pierce, “When Will Lake Mead Go Dry?” *Water Resources Research* 44 (2008), W03201も参照。
- *270 これは必ずしもそうひどいことではない。水利権は消費ではなく取水に関するものなので、取水された水の一部は再循環されて水系に戻り、再び下流で使用できる。
- *271 ジェームズ・ローレンス・パウエル (J. L. Powell)、*Dead Pool: Lake Powell, Global Warming, and the Future of Water in the West* (London: University of California Press, 2008), 283 pp.
- *272 2003年の協定 (Quantification Settlement Agreement) は、インペリアル灌漑地区が10万エーカーフィートをコーチェラバレーの各都市に売却することを求めている。コロラド川からのカリフォルニア州の割り当て分は年間で合計440万エーカーフィート。南部カリフォルニア都市圏上水道区は26都市を管轄している。インペリアル灌漑地区のプレスリリース、2003年11月10日および2009年4月30日 (<http://www.iid.com/>) より。M. Gardner, “Water Plan to Let MWD Buy Salton Sea Source,” *Union-Tribune*, <http://www.signonsandiego.com/>, April 6, 2009も参照。

- *273 水蒸気はすぐに再循環されるが、ほかの温室効果ガスはより長いあいだ大気中にとどまりがちで、とくに CO₂ は何世紀にもわたって大気中にとどまる可能性がある。S. Solomon et al., "Irreversible Climate Change Due to Carbon Dioxide Emissions," *PNAS* 106, no. 6 (2009): 1704-1709. 約半分はかなり早くに消え、約 15% はより長くとどまるが、平均すると CO₂ は非常に長期大気中にとどまる。
- *274 より厳密には、火山の噴火が放出するのは亜硫酸ガス (SO₂) で、酸化して硫酸エアロゾル (SO₄) になる。エアロゾルは成層圏に達すると、何年間も世界全体に循環し、鮮やかな夕焼けを生み出すと同時に、日光をさえぎって一時的な気候寒冷化を招く。
- *275 こうしたメカニズムのなかには、とくに PDO のような息の長い海洋循環現象など、数十年間続くものもある。一例として、マクドナルド、R. A. Case, "Variations in the Pacific Decadal Oscillation over the Past Millennium," *Geophysical Research Letters* 32, article no. L08703, DOI:10.1029/2005GL022478 (2005)。
- *276 モデル・シミュレーションを 20 年間 (2046 ~ 2065 年) で平均することにより、この地図は前述した短期のばらつきをならし、その結果、根底にある温室効果の強さを明らかにする。だが、ならしたあとでも、温暖化のパターンには地理的なばらつきがある。地図の出典については*277 を参照。
- *277 *IPCC AR4*, Figure 10. 8, Chapter 10, p.766 (Full citation: G. A. Meehl et al., Chapter 10, "Global Climate Projections," in S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, H. L. Miller, eds., *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Cambridge, UK, and New York: Cambridge University Press, 2007]). IPCC 評価報告書の詳細については第 1 章を参照。
- *278 これらの結果は SRES シナリオと呼ばれ、うち 3 つをここで示している (横の各段が異なる SRES シナリオになっている)。各 SRES シナリオにはさまざまな経済的、社会的、政治的選択が含まれるが、その違いはここでは重要ではない。SRES とは「IPCC 排出シナリオに関する特別報告書」をさす。4 つのシナリオファミリー (A1、A2、B1、B2) に分かれており、それぞれが異なる発展の方向性を探り、人口構造、経済、技術のさまざまな要因とその結果としての温室効果ガスの排出を網羅している。B1 はサービス・情報経済に急速に移行する、均質化しグローバル化した世界を描き出す。A1 は経済が急速に成長し、世界の人口が 2050 年ごろにピークに達し、エネルギー技術が急速に進むと想定しており、A1B は化石エネルギーと非化石エネルギーが均衡すると想定している。A2 はグローバル化されていない世界で、人口は急増しているが、経済発展と技術の進歩のペースは鈍い。くわしくは N. Nakicenovic, R. Swart, eds.,

Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2000), 570 pp 参照。

- * 279 紹介した3つのシナリオはわかりやすく言い換えているが、それぞれ B1、A1B、A2 だ。ほかにも数多くのシナリオがあるが、この3つは IPCC AR4 の典型的な代表例である。
- * 280 P.217, Henson, *The Rough Guide to Climate Change*.
- * 281 これらの「魔物」については第9章でくわしく論じる。
- * 282 予測される気温上昇は陸地のほうが海よりも平均50%高い。根強く残る丸い部分は子午面循環 (MOC) ——別名、北大西洋深層水 (NADW) ——の北上する暖流が冷却されて沈む場所だ。MOC の循環が弱まると、この海域の気候温暖化効果が相殺されるとみられている。北の高緯度地方で温暖化効果が増大するには、ほかにも、蒸発率が低いこと、大気が薄いこと、陸のアルベド (反射率) が低いことなど、物理的理由がある。だが群を抜いて重要な理由は、北極海の氷が消失し、海面が太陽入射を宇宙に反射する高アルベドの表面から、太陽入射を吸収する何もない海に変えていることだ。
- * 283 一例として Figure 10. 12, *IPCC AR4*, Chapter 10, p.769. 気候モデルの予測は地中海地域、南アメリカ南部、アメリカ西部では非常に一致しており、こうした地域では降水量は減少する見込みだ。赤道周辺、南極周辺の海、北の高緯度地方一帯でもかなり一致していて、降水量の増加が予測されている。カナダ西部のプレーリーを除き、NORCS8 か国すべての北方の領土・領海で、降水量は大幅に増加する見込みだ。
- * 284 とくにクラウドジュース-クラベイロンの式、すなわち、大気の温度が高いほど多くの水蒸気を含む。
- * 285 2050年の予測は、ミリーほか、“Global Pattern of Trends in Stream-flow and Water Availability in a Changing Climate”より。北方の川の流量増加が自然の気候変動の範囲を超えるという予測は、Hulme et al., “Relative Impacts of Human-Induced Climate Change and Natural Climate Variability,” *Nature* 397, no.6721 (1999): 688-691 参照。20世紀の川の流量増加が最初に最も強力に現れたのはロシアだ。B. J. Peterson et al., “Increasing River Discharge to the Arctic Ocean,” *Science* 298, no.5601 (2003): 2171-2173; J. W. McClelland et al., “A Pan-Arctic Evaluation of Changes in River Discharge during the Latter Half of the Twentieth Century,” *Geophysical Research Letters* 33, no. 6 (2006): L06715. カナダでは20世紀後半、ハドソン湾への総流量は減少したが、ノースウエスト準州では増加した。S. J. Déry, “Characteristics and Trends of River Discharge into Hudson, James, and Ungava Bays, 1964-2000,” *Journal of Climate* 18, no. 14 (2005): 2540-2557; J. M. St. Jacques, D. J. Sauchyn, “Increasing Winter Base-flow and Mean Annual Streamflow from Possible Permafrost Thawing in the Northwest Territories, Canada,” *Geophysical Research Letters* 36 (2009):

- L01401. 最近では A. K. Rennermalm, E. F. Wood, T. J. Troy, “Observed Changes of Pan-Arctic Cold-Season Minimum Monthly River Discharge,” *Climate Dynamics*, DOI:10.1007/s00382-009-0730-5 に簡潔にまとめられている。
- * 286 スミスほか, “Rising Minimum Daily Flows in Northern Eurasian Rivers: A Growing Influence of Groundwater in the High-Latitude Hydrologic Cycle,” *Journal of Geophysical Research* 112, G4 (2007): G04S47。
 - * 287 氷冠(氷帽)とは陸地を覆う氷の塊をいう。南極は厚さ平均 1.6km を超える氷河に覆われ海に囲まれている大陸だが、北極は大陸に囲まれた海だ。冬季に海水が凍ってできる厚さわずか 1～2m の「海水」に覆われている 〔したがって北極に氷冠はない〕。
 - * 288 アメリカ地球物理学連合 (AGU) 秋季総会、毎年 12 月にカリフォルニア州サンフランシスコで開催。
 - * 289 北極海は冬には完全に凍るが、夏のあいだは一部で氷がなくなる。1 年間で海水が最小になるのは 9 月だ。
 - * 290 2009 年 9 月には、海水に覆われた部分が以前の線形の減少に近づきつつあった。しかし、2007～09 年の極端な減少は、長期的傾向を大幅に逸脱しており、北極の夏の海水が驚異的な速さで消失する可能性を明示している 〔2011 年は北極の海水域面積の年最小値が 2007 年に次いで史上 2 番目の小さくなった〕。
 - * 291 陸の氷河と違い、海水の形成・融解は海面を大幅に上昇させるものではない。浮いている氷全体の重さは押しのけた海水の重さに等しく、したがって氷全体が解けたときの体積と押しのけた海水の体積は等しいからだ (アルキメデスの原理)。わずかな違い (約 4%) は生じる。海水は押しのけた海水よりも塩分が薄い (そのため押しのけた海水よりやや体積が大きい) からだ。
 - * 292 このアルベド・フィードバックは逆方向にも作用し、地球寒冷化傾向を増大させる。地球全体の気候が寒冷化すると、北極の海水は広がり、より多くの日光を反射して、さらに局地的な寒冷化を強め、海水の形成を促すなどの影響が出る。
 - * 293 南極大陸の縁にも海水はできるが、面積は北極海の場合よりはるかに小さく、夏を越せない。北極と南極の温暖化に差がある原因としてはほかに、南極海周辺に強い極渦 (きょくうず) があって、南極を地球規模の大気循環から分離していることや、南極大陸の寒冷な高地では、海拔ゼロの北極海と違って気温がけって融点に達しないことなどがある。
 - * 294 海水のアルベド・フィードバックは、地球温暖化の兆候を北の高緯度地方で増大させる最も重要な要因だが、要因はほかにもある。(雪が減って) 陸地のアルベドが減少すること、大気が薄くなること、冷たい北極周辺の空気中では蒸発量が少ないことなどが、北の高緯度地方で作用している正の温暖化フィードバックだ。夏に氷がなくなる状態への移行は、大浮氷群が薄くなってもろくなると急速に起きる可能性がある。マーク・セレズ (M. C. Serreze), M. M. Holland, J. Stroeve, “Perspectives on the

- Arctic's Shrinking Sea-Ice Cover," *Science* 315, no.5815 (2007): 1533-1536. 北のアルベド・フィードバックがすべて正のフィードバックというわけではない。たとえば、気温上昇で予想されている森林火災の増加は、実は長期的にはアルベドを上昇させる。E. A. Lyons, Y. Jin, J. T. Randerson, "Changes in Surface Albedo after Fire in Boreal Forest Ecosystems of Interior Alaska Assessed Using MODIS Satellite Observations," *Journal of Geophysical Research* 113 (2008): G02012.
- * 295 NCAR CCSM3 気候モデルに基づく。これらの結果は以下で見ることができる。デービッド・ローレンス (D. M. Lawrence)、A. G. Slater, R. A. Tomas, M. M. Holland, C. Deser, "Accelerated Arctic Land Warming and Permafrost Degradation during Rapid Sea Ice Loss," *Geophysical Research Letters* 35, no. 11 (2008): L11506, DOI:10.1029/2008GL033985.
- * 296 ヒルとガディは「シベリアの呪い」という言葉を使って、ソ連の計画立案者たちが寒冷な僻地の開発をめざすことで自国の経済発展を遅らせたと主張している。ここでは生物学的要素も含めた、より広い意味でこの言葉を選んでいる。フィオナ・ヒル (F. Hill)、クリフォード・ガディ (C. Gaddy)、*The Siberian Curse* (Washington, D. C.: Brookings Institution Press, 2003), 303 pp.
- * 297 Chapter 2, "Arctic Climate: Past and Present," *Arctic Climate Impact Assessment (ACIA)* (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2005), 1042 pp および *Working Group II Report*, Chapter 15, "Polar Regions," *IPCC AR4* (2007) より。S. J. Déry, R. D. Brown, "Recent Northern Hemisphere Snow Cover Extent Trends and Implications for the Snow-Albedo Feedback," *Geophysical Research Letters* 34, no.22 (2007): L22504 も参照。観測された温暖化の大半は、温室効果ガスが直接の原因ではなく、大気循環の変化に対する反応で、北極では人為的な温室効果ガスの影響が始まったばかりであることがうかがえる。セレス、J. A. Francis, "The Arctic Amplification Debate," *Climatic Change* 76 (2006): 241-264.
- * 298 たとえば、ピーク時の緑地が北緯 65°以北では 1982 ~ 1990 年に 8% 増加、アラスカ北部では 1981 ~ 2001 年に 17% 増加。R. Myneni et al., "Increased Plant Growth in the Northern Latitudes from 1982 to 1991," *Nature* 386 (1997): 698-702; G. J. Jia, H. E. Epstein, D. A. Walker, "Greening of Arctic Alaska, 1981-2001," *Geophysical Research Letters* 30, no.20 (2003): 2067. 以下も参照。M. Sturm, C. Racine, K. Tape, "Climate Change: Increasing Shrub Abundance in the Arctic," *Nature* 411 (2001): 546-547; I. Gamach, S. Payette, "Height Growth Response of Tree Line Black Spruce to Recent Climate Warming across the Forest-Tundra of Eastern Canada," *Journal of Ecology* 92 (2004): 835-845.
- * 299 「楽観的」な IPCC B2 シナリオでは、北極全体の平均純一次生産力は 2080 年代には 2.8PgC/年 から 4.9 PgC/年 に増加する見込みだ。〔¹Pg (ペタグラム) C は炭素に換

算して)。Table 7.13, ACIA (2005)。

- * 300 こうした種の移動については、2006～07年にカナダ、アラスカ、フィンランドの各地での個人的な取材や逸話から引いた。フォートチペワイアン、フォートマクマレー、カンバーランドハウス、ホホワイトホース、ハイレベル、ヘイリバー、イェローナイフ、チャーチル、フェアバンクス、バローなどだ。以下も参照。G. Beaugrand et al., “Reorganization of North Atlantic Marine Copepod Biodiversity and Climate,” *Science* 296 (2002): 1692-1694; A. L. Pery et al., “Climate Change and Distribution Shifts in Marine Fishes,” *Science* 308 (2005): 1912-1915; N. S. Morozov, “Changes in the Timing of Migration and Winter Records of the Common Buzzard (*Buteo buteo*) in the Central Part of European Russia: The Effect of Global Warming?” *Zoologicheskyy Zhurnal* 86, no.11 (2007): 1336-1355; G. Jansson, A. Pehrson, “The Recent Expansion of the Brown Hare (*Lepus europaeus*) in Sweden with Possible Implications to the Mountain Hare (*L. timidus*),” *European Journal of Wildlife Research* 53 (2007): 125-130; N. H. Ogden, “Climate Change and the Potential for Range Expansion of the Lyme Disease Vector *Ixodes scapularis* in Canada,” *International Journal for Parasitology* 36, no. 1 (2006): 63-70; S. Sharma et al., “Will Northern Fish Populations Be in Hot Water Because of Climate Change?” *Global Change Biology* 13 (2007): 2052-2064; S. Jarema et al., “Variation in Abundance across a Species’ Range Predicts Climate Change Responses in the Range Interior Will Exceed Those at the Edge: A Case Study with North American Beaver,” *Global Change Biology* 15 (2009): 508-522.
- * 301 漫画や子ども向けの本ではペンギンとホッキョクグマが一緒にいるように描かれているものもあって、両者の生息地域について誤った認識を広めている。ホッキョクグマは極北地域にしかない。ペンギンは南半球だけに生息する。北極にはクマやキツネや人間がいるが、南極には陸生の捕食動物はいない。ワモンアザラシが人間を怖がるのに、ペンギンやゾウアザラシが人間を怖がらないのは、このためだ。
- * 302 いずれも2004年のできごと。S. C. Amstrup et al., “Recent Observations of Intraspecific Predation and Cannibalism among Polar Bears in the Southern Beaufort Sea,” *Polar Biology* 29 (2006): 997-1002. ホッキョクグマと人間の集落の接触が増えている状況については、I. Stirling, C. L. Parkinson, “Possible Effects of Climate Warming on Selected Populations of Polar Bears (*Ursus maritimus*) in the Canadian Arctic,” *Arctic* 59, no.3 (2006): 261-275 および E. V. Regehr et al., “Effects of Earlier Sea Ice Breakup on Survival and Population Size of Polar Bears in Western Hudson Bay,” *Journal of Wildlife Management* 71 (2007): 2673-2683 に記述がある。海水が減ってホッキョクグマの生息地が減少するという予測については、以下にくわしい。G. M. Durner et al., “Predicting 21st-Century Polar Bear Habitat Distribution from Global Climate Models,” *Ecological Monographs* 79, no. 1 (2009): 25-58.

- *303 S. C. Amstrup et al., *Forecasting the Range-wide Status of Polar Bears at Selected Times in the 21st Century: Administrative Report to Support U.S. Fish and Wildlife Service Polar Bear Listing Decision* (Reston, Va.: U.S. Department of the Interior/ U.S. Geological Survey, 2007), 126 pp.
- *304 C. D. Thomas et al., "Extinction Risk from Climate Change," *Nature* 427 (2004): 145-148. IPCC AR4 も同様に、世界の気温が 1.5 ~ 2.5°C 上昇すると 20 ~ 30% の種が絶滅すると予測している。
- *305 たとえば、20 世紀前半以降、アメリカ西部では山岳部のツンドラ地帯の面積が 73% 減少している。H. F. Diaz et al., "Disappearing 'Alpine Tundra' Koppen Climatic Type in the Western United States," *Geophysical Research Letters* 34, no. 18 (2007): L18707. CO₂ 排出量が最大の A2 シナリオでは、2100 年までに地球の地表面の 12 ~ 39% でまったく新しい気候が出現し、10 ~ 48% で気候の「消失」が見られる見込みだ。排出量が最小の B1 シナリオでは、それぞれ 4 ~ 20% および 4 ~ 20% と予測されている。J. W. Williams et al., "Projected Distributions of Novel and Disappearing Climates by 2100 a. d.," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, no. 14 (2007): 5738-5742.
- *306 最も荒らされていないのであって、まったく手つかずという意味ではない。手つかずの北という思い込みについては第 7 章で指摘する。
- *307 より厳密には、維管束植物のすべての種の最大 44%、脊椎動物の 4 つの群 〔動物分類上「目」と「科」の中間に位置するカテゴリー〕 におけるすべての種の 35%。N. Myers et al., "Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities," *Nature* 403 (2000): 853-858, DOI:10.1038/35002501. 700 万種というのは控えめな予測で、真核生物——つまりバクテリアのようなものを除く、一般に植物や動物と認識されているものが対象だ。
- *308 害虫や森林火災による森林攪乱のため。Gillett et al., "Detecting the Effect of Climate Change on Canadian Forest Fires," *Geophysical Research Letters* 31 (2004): L18211; E. S. Kasischke, M. R. Turetsky, "Recent Changes in the Fire Regime across the North American Boreal Region-Spatial and Temporal Patterns of Burning across Canada and Alaska," *Geophysical Research Letters* 33 (2006): L09703 など。
- *309 以下の取材より。アラスカ州バローの Ron Brower (2006 年 8 月 9 日)、ヌナブト準州イカルイトの E・シェウティアピク (E. Sheutiapik) 市長 (2007 年 8 月 5 日)、ヌナブト準州サニキルアクの E. Kavo 市長および J. Meeko (2007 年 8 月 7 日)。
- *310 Brower への取材より (2006 年 8 月 9 日)。
- *311 以下より引用。J. Painter, "Greenland Sees Bright Side of Warming," BBC News, September 14, 2007; C. Woodward, "Global Warming Is a Boon for Farmers and Fishermen but a Hardship for Ice-Dependent Inuit," *Christian Science Monitor*, October 1, 2007; and "Greenlandic Super Potatoes," *The Copenhagen Post*, May 18,

2009.

- * 312 Workshop on Conservation of Crop Genetic Resources in the Face of Climate Change, Bellagio, Italy, September 3-6, 2007.
- * 313 より具体的には、南アジアの小麦、東南アジアのコメ、アフリカ南部のトウモロコシ。サイエンス誌編集部も強い印象を受けたらしく、5か月後に研究結果を同誌に掲載した。デーブ・ローベル (D. B. Lobell)、マーシャル・バーク (M. B. Burke) ほか、“Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030,” *Science* 319 (2008): 607-610.
- * 314 W. Schlenker, ローベル, “Robust negative impacts of climate change on African agriculture,” *Environmental Research Letters* 5 (2009), DOI:10.1088/1748-9326/5/1/014010.
- * 315 D. S. Battisti, R. L. Naylor, “Historical Warnings of Future Food Insecurity with Unprecedented Seasonal Heat,” *Science* 323 (2009): 240-244.
- * 316 シミュレーション実験では大気中の CO₂ 濃度が2倍になると想定。R. M. Adams et al., “Global Climate Change and U.S. Agriculture,” *Nature* 345 (1990): 219-224.
- * 317 J. E. Olesen, M. Bindi, “Consequences of Climate Change for European Agricultural Productivity, Land Use and Policy,” *European Journal of Agronomy* 16 (2002): 239-262. G. Maracchi, O. Sirotenko, and M. Bindi, “Impacts of Present and Future Climate Variability on Agriculture and Forestry in the Temperate Regions: Europe,” *Climatic Change* 70 (2005): 117-135; N. Dronin, A. Kirilenko, “Climate Change and Food Stress in Russia: What If the Market Transforms as It Did during the Past Century?” *Climatic Change* 86 (2008): 123-150.
- * 318 気温と雨だけではない。重要な問題はいわゆる CO₂ 施肥効果だ。植物は光合成に必要な CO₂ を好むので、大気中の CO₂ が多いほど作物の収穫量が多くなる傾向がある。ほとんどの農業気候モデルは、密室を使った初期の温室実験に基づいて、高い施肥効果を織り込んでいる。このためモデル上は、CO₂ 濃度の上昇によって予測される施肥効果のおかげで、夏の暑さと干ばつの大部分が相殺できる。しかし、実際の農場に送風機で高濃度の CO₂ を送って行った、より現実的な屋外実験では、施肥効果ははるかに小さい。このことから、モデルでは気候変動が世界の食糧生産に与える悪影響を著しく過小評価している可能性がうかがえる。S. P. Long et al., “Food for Thought: Lower-than-Expected Crop Yield Stimulation with Rising CO₂ Concentrations,” *Science* 312 (2006): 1918-1921.
- * 319 気候上の極端なできごとが2020年代には2倍になって収穫量が減少するなど。アルカモほか、“A New Assessment of Climate Change Impacts on Food Production Shortfalls and Water Availability in Russia,” *Global Environmental Change* 17 (2007): 429-444.
- * 320 たとえば、2020年代には、ロシアの西シベリア、東シベリア、北西部、北部、極東地域では穀類とジャガイモの生産性が拡大するが、中部、中

- 央黒土地帯、コーカサス北部、ボルガービヤトカ、ボルガ川流域では縮小する見込みだ。A. P. Kirilenko et al., "Modeling the Impact of Climate Changes on Agriculture in Russia," *Doklady Earth Sciences* 397, no. 5 (2004): 682-685 (ロシア語からの翻訳)。
- * 321 T. Parfitt, "Russia's Polar Hero," *Science* 324, no. 5933 (2009): 1382-1384. 以下も参照。"Artur Chilingarov: Russia's Arctic Explorer," *The Moscow News*, July 17, 2008.
 - * 322 米国防務省のトム・ケーシー (Tom Casey) 報道官は次のように発言している。「海底に立てた旗が金属製だかゴム製だか、それともシーツなのか、よくわからない。いずれにしても、法的根拠は何もない」"Russian Subs Seek Glory at North Pole," *USA Today*, August 2, 2007. "Russia Plants Flag on North Pole Seabed," *The Guardian* UK; "Russia Plants Flag under N Pole," BBC News; "Russia Plants Underwater Flag at North Pole," *The New York Times*; "Russia to Claim Energy Wealth beneath Arctic Ocean," *Pravda* ほかも参照 (すべて2007年8月2日)。
 - * 323 アークティックネット (ArcticNet) はカナダの政府援助による研究グループで、アムンゼン号の調査クルーズなど、北極地方での大型プロジェクトの調整役を務めている。http://www.arcticnet.ulaval.ca/
 - * 324 2007～09年の国際極年 (IPY, http://www.ipy.org/) は北極と南極に焦点を当てた国際的な科学プログラムで、2007年3月から2009年3月まで続いた。200を超えるプロジェクトと60あまりの国、数千人の科学者が参加。実はそうした極年は、1882～83年、1932～33年、1957～58年に続いて4度目だった。
 - * 325 2007年は驚くほど記録的な年で、晩夏に北極海の海氷の40%近くが消失した。第5章参照。
 - * 326 "A Mad Scramble for the Shrinking Arctic," *The New York Times*, September 10, 2008.
 - * 327 2008年、この非常に純度の高い鉱石が、カナダの鉱山会社バフィンランドが進めている同島の大規模鉄鉱石開発プロジェクト「メアリーリバー・プロジェクト」からヨーロッパに試験出荷された。P.77, *Arctic Marine Shipping Assessment 2009 Report*, Arctic Council, April 2009, 190 pp.
 - * 328 "Circum-Arctic Resource Appraisal: Estimates of Undiscovered Oil and Gas North of the Arctic Circle," digital data and USGS Fact Sheet 2008-3049, 2008; ドン・ゴージェイ (D. L. Gautier) ほか、"Assessment of Undiscovered Oil and Gas in the Arctic," *Science* 324 (2009): 1175-1179.
 - * 329 スコット・ボーガーソン (S. G. Borgerson), "Arctic Meltdown: The Economic and Security Implications of Global Warming," *Foreign Affairs*, March/April 2008.
 - * 330 ボーガーソン、"The Great Game Moves North," *Foreign Affairs*, March 25, 2009. 以下も参照。T. Halpin, "Russia Warns of War within a Decade over Arctic

- Oil and Gas Riches,” *The Times*, May 14, 2009; A. Doyle, “Arctic Nations Say No Cold War; Military Stirs,” Reuters, June 21, 2009.
- * 331 M. Galeotti, “Cold Calling — Competition Heats Up for Arctic Resources,” *Jane’s Intelligence Review*, September 23, 2008.
- * 332 ロブ・ヒューバート (R. Huebert), “In the Grip of Climate Change: The Circumpolar Dimension,” Session Paper no.1, 2030 NORTH National Planning Conference, Ottawa, June 1-4, 2009.
- * 333 カナダが「北西航路」(実際には考えられるルートが複数含まれる)は国内の水路となると主張しているのに対し、アメリカ、ロシア、EUは国際海峡だと主張している。現状では、アメリカとカナダは暗黙の方針として、この件に関して見解の不一致があるという見解で一致している。
- * 334 ロシア機はカナダ領空に近づきはしたものの、侵入はしなかった。B. Smith-Windsor, “The Perils of Sexing Up Arctic Security,” *Toronto Star*, June 26, 2009. ほかに “Two Russian Bombers Fly over Icelandic Airspace,” <http://www.icenews.is/index.php/2009/08/10/two-russian-bombers-fly-over-icelandic-airspace/>; *IceNews*, August 10, 2009 なども参照。
- * 335 この段落と次の段落の大半は以下より。ヒューバート, “In the Grip of Climate Change: The Circumpolar Dimension” および School of Public Policy, University of Calgary, “United States Arctic Policy: The Reluctant Arctic Power,” *SPP Briefing Papers* 2, no.2 (May 2009), 27 pp.
- * 336 “United States Arctic Policy: The Reluctant Arctic Power.”
- * 337 Captain L. W. Brigham, Ph. D. との個人的やりとり (2009年6月2日)。
- * 338 報告によると、攻撃潜水艦を使った2009年の「氷演習」が行われた。ヒューバート, “In the Grip of Climate Change: The Circumpolar Dimension,” p. 18.
- * 339 この2009年の大統領令はアメリカの北極政策における変化を正当化するため、次の4つを理由に挙げている。「(1)国土安全保障・国防に関する国策の変化、(2)北極地方における気候変動と人間活動の増加の影響、(3)北極評議会設立とその取り組み、(4)北極地方が脆弱であると同時に豊富な資源を有しているという認識の高まり」だ。米ホワイトハウス大統領報道官室、National Security Presidential Directive/NSPD 66, Homeland Security Presidential Directive/HSPD 25, Washington, D.C., January 9, 2009, <http://www.fas.org/irp/offdocs/nspd/nspd-66.htm>.
- * 340 ヒューバートに取材 (2009年6月3日)。
- * 341 ミハイル・ゴルバチョフ (M. Gorbachev), “The Speech in Murmansk at the Ceremonial Meeting on the Occasion of the Presentation of the Order of Lenin and the Gold Star Medal to the City of Murmansk,” October 1, 1987 (Novosti Press Agency: Moscow, 1987), http://www.barentsinfo.fi/docs/Gorbachev_speech.pdf。以下も参照。K. Atland, ゴルバチョフ, “The Murmansk Initiative, and the Desecuritization of Interstate Relations in the Arctic,” *Cooperation and Conflict*

43, no. 3 (2008): 289-311, DOI:10.1177/0010836708092838.

- * 342 こうした支援は多くの場合、草の根レベルで行われた。たとえば、シベリアで実地調査をする資金を確保することによって、私はまさにこのむずかしい時期に、後方補給や共同研究に当たるロシア人科学者や現地スタッフを雇うことができた。
- * 343 北極圏環境保護戦略 (AEPS)、1991年6月14日、フィンランドのロバニエミで取りまとめられた。AEPSは法的拘束力のない多国間協定で、カナダ、デンマーク、フィンランド、アイスランド、ノルウェー、スウェーデン、旧ソ連、アメリカが署名、イヌイット極域評議会、北欧サーミ評議会、ソ連北方少数民族協会、ドイツ、ポーランド、イギリス、国連欧州経済委員会、国連環境計画、国際北極科学者会議が参加。
- * 344 北極評議会は1996年に設立された政府間フォーラムで、「持続可能な開発と環境保護を筆頭とする北極共通の問題に、北極の先住民およびその他の住民の関与を得て、北極圏国家間の協力、協調、交流の手段を提供する」ことをめざす (<http://arctic-council.org>)。「加盟国」はカナダ、アメリカ、デンマーク／グリーンランド／フェロー諸島、アイスランド、ノルウェー、スウェーデン、フィンランド、ロシアの北極圏8か国。ほかに「常時参加」の先住民グループが6つと、イギリス、スペイン、中国、イタリア、ポーランド、韓国など、北極以外のオブザーバー国がある。北極評議会は環境保護と持続可能な開発に重点的に取り組み、安全保障や領土の問題への関与は固く禁じられている。それでも2010年時点では「北極の」政治組織の筆頭格だ。
- * 345 9・11の衝撃よりも前の、1990年代の終わりごろにはすでに、状況は厳しさを増しはじめていた。人びとは夏季の北極海の海氷が減少すれば、石油・ガス探査、海運、漁業に新たな経済的チャンスが開けると考えるようになりつつあった。プーチン政権下のロシアは、自国の科学者への資金援助を再開する一方、欧米の科学者に対しては門戸を閉ざそうとしていた。私と院生2人は——もうロシア人科学者が同行しても実地調査はできないと告げられて——荷物をまとめてロシアをあとにした。
- * 346 ACIA, *Arctic Climate Impact Assessment* (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2005), 1042 pp. <http://www.acia.uaf.edu> より無償でダウンロードできる。
- * 347 AMSA, *Arctic Marine Shipping Assessment 2009 Report*, 北極評議会, 190 pp., April 2009.
- * 348 これらはとくに、北極評議会が関与を禁じられている問題だ。でなければアメリカは北極評議会の創設を支持しなかっただろう。これは意外ではないかもしれない。軍事問題の議論を政府間フォーラムに委ねる超大国はまずないだろうから。アメリカは重要度の低い政治レベルおよび科学者間の問題では北極評議会を強力に支持しているが、高度な政治レベルでは終始、北極評議会を支持することに及び腰だ。
- * 349 J. Broadus, R. Vartanov, *Environmental Security: Shared U.S. and Russian*

Perspectives (Woods Hole, Mass.: Woods Hole Oceanographic Institute, 2002), 60-61.

- *350 カナダとアメリカの争いは1825年のイギリスとロシアの条約をどう解釈するかの違いに端を発している。一方、ノルウェーとロシアは、2010年4月、数十年来の争いが決着したと発表した。W. Gibbs, "Russia and Norway Reach Accord on Barents Sea," *The New York Times*, April 27, 2010; "Norway, Russia Strike Deal to Divide Arctic Undersea Territory," *The Moscow Times*, April 27, 2010; "Thaw in the Arctic," *Financial Times*, April 29, 2010.
- *351 国連大陸棚限界委員会 (Commission for the Limits of the Continental Shelf, CLCS)。海底のみが対象で「延長大陸棚 (ECS)」と呼ばれ、標準的なEEZを最大350海里まで延長。標準的なEEZと違って漁業権全体は含まない。
- *352 スウェーデンとフィンランドには北極海に面する海岸はない。アメリカはUNCLOSを批准していないので第76条の申請はできない。しかし批准したかのように振る舞い、申請に必要な科学的調査を行っている。カナダをはじめとする他の国が申請のための科学的データを収集する手助けもしている。
- *353 ノルウェーの第76条の申請は完全に解決したわけではなかった。CLCSはバレンツ海の重複する海域をめぐるロシアとノルウェーの主張はともに正当だと判断した。両国は独自に係争を解決することで合意した。"UN Backs Norway Claim to Arctic Seabed Extension," *Ottawa Citizen*, April 15, 2009. 合意は2010年4月、*350参照。
- *354 いわゆる「イルリサット宣言」は2008年5月28日に出された。デンマークはカナダ、ノルウェー、ロシア、アメリカをグリーンランドのイルリサットに招き、既存の法的枠組みであるUNCLOSなどに、これら5か国が団結して取り組むという声明を練り上げた。宣言は他の政治機構(たとえば、北極海の共同統治を提案する文書を出しているEUなど)に対し、干渉するなというメッセージと広く受け止められた。同じ北極圏のスウェーデン、フィンランド、アイスランドおよび先住民団体がさえ、イルリサットでの会議から締め出された。http://www.oceanlaw.org/downloads/arctic/Ilulissat_Declaration.pdfを参照。
- *355 D・ゴートイエ、"Assessment of Undiscovered Oil and Gas in the Arctic", 1175-1179。
- *356 カナダとデンマークの現在の境界線はロモノソフ海嶺の真ん中を走っているため、両国とも自国の大陸棚の地理的延長だと証明できる可能性がある。
- *357 北極海航路を使えばヨーロッパ～極東間の距離が35～60%短縮できる。横浜からロッテルダムまで、スエズ運河を通ると1万1200海里だが、北極海経由で行けば6500海里ですむ。
- *358 「多年氷」は少なくとも一度は夏を越す海水で、厚さも硬さも通常厚さ

- 1～2m どまりの「一年氷」をかなり上回る可能性がある。一年氷は多年氷に比べて、砕氷船や強化船が航行しやすい。
- * 359 ロシアの最新原子力砕氷船は世界最大で、その名も「五十年間の勝利」号だ。A. Revkin, “A Push to Increase Icebreakers in the Arctic,” *The New York Times*, August 16, 2008.
- * 360 *AMSA 2009*, Table 5. 2, p. 79.
- * 361 *AMSA 2009*, p. 72. 「6000」という数字は、アリューシャン列島経由でアジアと北米を結ぶ北太平洋の大圏航路〔地球の中心を通る平面と地表との交線を取る航路。最短距離となる〕を航行する船舶を含む。アメリカは大圏航路も「北極」の一部だと定義している。
- * 362 map 5.5 および 5.6, *AMSA 2009*, p. 85 より。
- * 363 ジョン・マーシャル (J. Marshall) 副社長に取材 (ノースウエスト準州ヘイリバー、2007年7月6日)。長い歴史をもち、現在は先住民が経営するノーザン・トランスポートーション社について、詳細は <http://www.ntcl.com/> を参照。
- * 364 コノコフィリップス・ロシア (ConocoPhillips Russia) のドン・ウォレット (Don Walette) 社長に取材 (トロムセ、2007年1月22日)。
- * 365 氷は淡水だが海水は塩分を含むため、海水の内部には凍りはじめた当初から内部に非常に濃い塩水がたまる。海水が幾度も冬を越して成長するにつれ、塩水のたまりが干上がって氷は厚くなり、強度と硬さが増す。
- * 366 海水は一年氷も含めて常に危険であり、今後も常に北極海の制約要因となるだろう。
- * 367 船が海水のなかで安全に航行するには、強化した船体や強力なエンジンなど、技術的な条件が必要になる。ポーラークラスは、船が対処可能な状況 (活動は夏季のみか通年か、一年氷か多年氷かなど) を指定する。あるポーラークラスの設計要件は国際海事機関 (IMO) が、カテゴリーは国際船級協会連合 (IACS) が決める。クラスが上がるほど、船の建造コストも上がる。
- * 368 世界の船団の航行速度は普通 15～20 ノット以上。ロシアの砕氷船は 12～15 ノットもの速度で氷の海を航行できるが、損傷の危険性はより高い。氷の海では 6～10 ノットのほうが普通だ。ローソン・ブリガム大佐 (Captain Lawson Brigham) に取材 (2009年11月25日)。
- * 369 カナダとロシアは、これらの航路が自国の支配下にある内水だと主張している。一方、アメリカをはじめ他の国は、国際海峡であって通告や許可なしに自由に航行できると主張している。これらも含めて国際海運の障害となる重要な問題は、*AMSA 2009* で論じられている。
- * 370 私の考えでは将来——グローバル化が失敗して閉鎖的な国家だらけにならなければ、2100年か2150年には——大型コンテナ船は北極の新興港湾都市とともに増えているかもしれない。遠く離れた場所にあることと今後さらに海水が減少することを考えれば、そうならざるをえないだろう。ただし、本書の思考実験の時間枠である 2050 年にはまだ起こりえ

ない。

- * 371 2004年にクルーズ船で北極を訪れた乗客の数は約120万人。3年後には2倍あまりに増えた。2008年にはグリーンランドの港だけで375のクルーズ船の寄港が予定されていた (AMSA 2009, p.79)。
- * 372 チャーチルのマイク・スペンス (Mike Spence) 市長への取材 (2007年6月28日) およびハドソンベイ港湾会社 (オムニトラックスが所有) のライル・フェタリー (L. Fetterly) 社長への取材 (2007年6月30日) より。チャーチルへ南北に走る、より短い民間ルートではなく、従来どおり、サンダーベイへ東西に走る、より長い国有鉄道でカナダの穀物を輸送するよう、強力なロビー活動が行われているようだ。
- * 373 永久凍土には巨大なレンズ状の氷が散在することも多く、その占有容積は比較的少ないため、凍土が解けると完全に消失する可能性がある。その結果、凍土が解けはじめた場合、非常に不規則な地盤沈下が起きる。樹木は立っていらなくなり倒れる。奇妙な形の「サーモカルスト」と呼ばれる陥没穴が生じ、水がたまるなどの異状が起きる。
- * 374 永久凍土のボーリング孔の温度は通常、北半球の高緯度地方のいたるところで上昇しているが、深さと場所によって温暖化の度合いはさまざまだ。アラスカでは1980年代以降、3℃も上昇しているが、より一般的には0.5～2℃だ。永久凍土の温度変化の観測結果はTable 6.8および関連する議論 (pp.210-213)、ACIA (2005) を参照。
- * 375 永久凍土の存在は水を地表近くに保つのに役立っている。C. L. スミス、盛永偉 (Y. Sheng)、G. M. マクドナルド、L. D. Hinzman, “Disappearing Arctic Lakes,” *Science* 308 (2005): 1429。
- * 376 北緯45°以北で湖が豊富にあるかどうかを決める最も重要な要因は氷河形成の歴史であり、その次に重要なのが永久凍土が存在するかどうかだ。平均すると、氷河で覆われた地形にはそうでない地形の約4倍の数の湖がある。うち半分は永久凍土があるから存在している。GIS (地理情報システム) による北半球の湖分布の分析から試算すると、「永久凍土のない」世界では、北緯45°以北にある、確認され地図に載っている湖の数は、およそ19万2000から10万3000に減少し (-46%)、合計の氾濫区域は約56万km²から32万5000km²に減少する (-42%)。しかし、それは極端なシナリオだ。より現実的な試算では、2050年に既知の湖の数が15万5000に減少 (-20%)、氾濫区域は47万6000km²に減少 (-15%) する。(地図に載っていない) 北極の湖の実数は数百万にのぼるため、実際には減少幅はさらに大きくなる可能性がある。スミス、盛、マクドナルド, “A First Pan-Arctic Assessment of the Influence of Glaciation, Permafrost, Topography and Peatlands on Northern Lake Distribution,” *Permafrost and Periglacial Processes* 18 (2007): 201-208, DOI:10.1002/ppp.581。
- * 377 いわゆる「連続」永久凍土の減少幅は19～53%とさらに大きいだろう。CGCM2、ECHAM4/OPYC3、GFDL-R30、HadCM3、CSMの気候モ

デルによる 2050 年の予測、*ACIA* (2005), Table 6. 9。季節的融解層とは、夏季に融解し冬に再凍結する地表の活動層をさす。通常、活動層は深さ 10 ~ 100cm。

- * 378 大きな村や都市における危険な建造物の割合は、ティクシの 22% からボルクタの 80% まで、マガダン 55%、チタ 60%、ドゥディンカ 35%、ノリリスク 10%、ペバク 50%、アムデルマ 50%、ディクソン 35% など。バイカル・アムール鉄道では、1990 年代前半には永久凍土中の地盤の 10 ~ 16% が永久凍土によって変形したが、1998 年にはその割合が 46% に増えた。*ACIA* (2005), pp.935-936。
- * 379 この地図は数種類のデータを組み合わせている。永久凍土の荷重負担能力モデル（グレーの部分）は非常に新しく、デラウェア大学のストレッツキーの博士論文となる予定だ。気温上昇や冬季の積雪の増加（雪が積もるほど地面を断熱する）によって、永久凍土の温度が上がる。一般に、永久凍土の温度が上がれば、荷重負担能力は低下するが、ほかにも地質、氷の含有量、熱性といった重要な要素がある。これらのプロセスは最近、ストレッツキーの半経験的モデルに組み込まれ、ここでは SRES A1B 排出シナリオを前提とし、地表温度と積雪量の NCAR CCSM3 による予測を 2000 ~ 2014 年と 2045 ~ 2059 年の各 15 年間で平均したものである。シミュレーションしている。地図は 2 つの期間のあいだに起きると予測される変化を示している。「大幅に低下」とは荷重負担能力の低下幅が 50% を超える場合、「中程度」は 25 ~ 50%、「軽微」は 25% 未満の場合だ。斜線部分はウィンターロードの走行適性が低下して輸送コストが増加する地域で、UCLA で私の指導院生であるスコット・ステイブソン (Scott Stephenson) が作成した。ウィンターロードが輸送に使われるのは、建設と利用に適した気候条件である場所に限られる。ウィンターロードの走行適性は、気温に応じて変化する凍結指数と強い相関性がある。北極地方で陸地がウィンターロードに適しているとされたのは、平均気温が 0℃ 以下、積雪量が 20cm を超える地域だった。川や湖は凍結する部分の深さが最低 23cm あれば適しているとされた。走行適性の低下は 11 月から 3 月の累積。ここでも NCAR CCSM3 による地表温度の予測を、SRES A1B 排出シナリオを前提に、2000 ~ 2014 年と 2045 ~ 2059 年の各 15 年間で平均し、地図は両期間のあいだに起きると予測される地域ごとの走行適性の変化を示している。この地図は、実際に現在ウィンターロードが使われているかどうかではなく、ウィンターロードの使用に適した気候かどうかを評価している点に注意。
- * 380 ノースウエスト準州交通省の D. Augur 次官補に取材（イエローナイフ、2007 年 7 月 9 日）。平均建設コストは常設道路の場合、1km 当たり 50 万 ~ 100 万ドル、ウィンターロードの場合は 1km 当たり 1300 ドル。
- * 381 ティビット-コントウォイト間道路は開通する短期間、大型トラックで込み合う。2007 年は 72 日間に 1 万 1000 件の輸送が行われた。D.

Hayley and S. Proskin, "Managing the Safety of Ice Covers Used for Transportation in an Environment of Climate Warming," 第4回カナダ・ジオハザード会議 (Canadian Conference on Geohazards, 2008年5月20～24日、カナダ・ケベック市)。

- * 382 地質学でいうキンバーライトパイプのこと。ダイヤモンドは地殻の非常に深い部分に形成されるが、キンバーライトパイプと呼ばれる、地表まで達する場合もある火成岩の細いパイプ (管状鉱脈) 内部でみつかることもある。ノースウエスト準州では湖の下でキンバーライトが見つかる場合が多い。周囲の花崗岩よりも軟らかく、浸食されて水がたまるからだ。
- * 383 ディアビク・ダイヤモンド鉱山の渉外・社内問題担当、トム・ホーファー (Tom Hoefer) に取材 (ノースウエスト準州イエローナイフ、2007年7月9日)。
- * 384 トルコ・インダストリーズ社の地区森林管理担当者 Jeremy Beal に取材 (アルバータ州ハイレベル、2007年6月4日)。
- * 385 適切に建設され使用されているウィンターロードは、ほかのタイプの道路と比べて、環境 (とくに湖や湿地) への悪影響が驚くほど少ない。S. Guyer, B. Keating, "The Impact of Ice Roads and Ice Pads on Tundra Ecosystems," National Petroleum Reserve-Alaska, U.S. Bureau of Land Management, BLM-Alaska Open File Report 98 (April 2005), 57 pp 参照。
- * 386 Hinzman et al., "Evidence and Implications of Recent Climate Change in Northern Alaska and Other Arctic Regions," *Climatic Change* 72 (2005): 251-298.
- * 387 気候温暖化効果を軽減するには、除雪機を配備して建設予定の道路を除雪し、地面の断熱性を減少させる方法もある。
- * 388 バサースト湾から港湾道路を建設する2億7000万ドルの提案は保留されている。実現すれば、ダイヤモンド鉱山がティビット-コントウォイト間道路の衰退を相殺するのに役立つほか、地域の他の鉱山活動も可能にする。G. Quenneville, "Bathurst Inlet Project Reconsidered," Northern News Services, June 15, 2009.
- * 389 明らかに、純粹に数で見ると、アメリカの増加分のほとんどは南部の州になりそうだ。しかし、アメリカ全体ではNORCsの国であることに変わりなく、北部の州で+1500万人という数字は控えめかもしれない。たとえば、アラスカ州は現在人口100万人未満だが、アメリカの州でもとくに急速に成長しており、2030年には40%近く人口が増える見込みだ。対照的に、ニューヨーク州の伸びは3%に届かないと予測されている。米国勢調査局人口課、State Interim Population Projections, 2005, <http://www.census.gov/population/www/projections/projectionsagesex.html>。表のデータは以下より。国連人口部、The 2008 Revision Population Database (中位推計値)、<http://www.un.org/esa/population/unpop.htm> (2009年7月26日にアクセス)。
- * 390 地球の北半球北部、北緯45°～90°の陸地のGISによる分析より。約

2100 万 km² になんらかの形の永久凍土の上であり、1800 万 km² は最終氷期に氷河に覆われ、比較的移動しやすいなだらかな地形になった（山地帯を除く）。沿岸部と低地（ここでは単純に標高 300m 以下とする）をすべて加えると、高地よりも温暖で近づきやすいので、約 2700 万 km² となり、うち 1300 万 km² が現在なんらかの段階の永久凍土にある。永久凍土の面積を引くと、表向き人が住める面積はおよそ 1400 万 km² だ。

- * 391 アジアとヨーロッパ全体は北米やヨーロッパ北部と違って、最終氷期に広く氷に覆われることはなかった。現代のロシアのほとんどは、少なくとも過去 4 万～4 万 5000 年間、おそらくはそれ以上、人間が暮らしている。北極圏でもマモントバヤ・クリャヤヤナ川で新たな考古学的発見があり、3 万～4 万年前に人間が活動していたことがわかっている。Pavel Pavlov et al., *Nature* 413 (September 6, 2001): 64-67、および Richard Stone, *Science* 303 (January 2, 2004): 33 参照。
- * 392 これらの人びとはハプログループ U の遺伝子、とくに U5B1B1 をもつ。いわゆる「サーミ・モチーフ」で、起源は 5 万 5000 年前のイベリア半島、彼らは氷河期の終わりにそこから北へ移動した。T. Lappalainen et al., "Migration Waves to the Baltic Sea Region," *Annals of Human Genetics* 72 (2008): 337-348.
- * 393 カナダ、中国、インドの人口密度の国別平均はそれぞれ、1km² 当たり 3 人、141 人、369 人で、ひとり当たりの土地面積（エーカー）では 82.4、1.75、0.67 に相当。
- * 394 これは北半球の海では普通は渦が時計回りで、南の海の水を大西洋海盆と太平洋海盆の西端に沿って北へ、北の海の水を東端に沿って南へ送っていることと関係がある。あとで触れるが熱塩循環も非常に重要だ。最後に、北半球の大半では卓越風が西から吹くため、暖かい海上の空気が陸へ流れ込む移流は通常、東から西ではなく西から東となる。
- * 395 北半球の場合。同上。
- * 396 物理的な地形が人間の定住に与える影響についてくわしくは以下を参照。Harm de Blij, *The Power of Place: Geography, Destiny, and Globalization's Rough Landscape* (New York: Oxford University Press, 2008), 304 pp.
- * 397 これは第二次大戦中に大量の軍事物資を同盟国に供給する、アメリカの武器貸与プログラムの下で行われた。P.42, K. S. Coates, W. R. Morrison, *The Alaska Highway in World War II* (Norman and London: University of Oklahoma Press, 1992), 309 pp.
- * 398 アメリカは合計で少なくとも 40 億ドル（2009 年のドル価値換算）をプロジェクトに投じた。1942～45 年のアメリカの支出は、当時のドルの価値で飛行場に約 4100 万ドル、初期の仮設幹線道路に 2000 万ドル、ノースウエスト準州とユーコンを結ぶキャノルロードとパイプラインに 1 億 3300 万～1 億 4400 万ドル、完成した幹線道路に 1 億 3100 万ドル。アラスカとユーコンを結ぶヘインズロードのデータはない。Coates,

Morrison, *The Alaska Highway in World War II*.

- * 399 日本が侵攻してくる可能性が薄れると、米軍兵士と請負業者はカナダ北西部から召還され、新設のインフラはほとんど約東どおり引き渡された。ほかの北部の基地は何十年間もそのまま、ケフラビークの大規模な軍事基地も 2006 年によくアイスランドに返還された。ソンドラストロームフィヨルド（現在のカンゲルススーク）がグリーンランドに返還されたのは 1992 年。チューレ空軍基地は今もアメリカが運営している。
- * 400 アン・アプルボーム (A. Applebaum)、*GULAG: A History* (London: Penguin Books, 2003), 610 pp (邦訳『グラーグ〜ソ連集中収容所の歴史』白水社)。非常におすすめの一冊。
- * 401 GULAG または Gulag は Glavnoe upravlenie legerei (収容所管理総局の意)の頭文字。強制労働収容所は帝政ロシア時代から先例があり、ロシア革命後ほとんど即座にレーニンが継承実施した。しかし 1929 年のスターリンによる拡大は、収容所システムを規模と経済的重要性の面で新たなレベルに押し上げた。くわしくはソルジェニーツィン (A. I. Solzhenitsyn)、*The Gulag Archipelago 1918-1956* (New York: HarperCollins, 1974), 660 pp (邦訳『収容所群島〜 1918-1956』新潮社) およびアプルボーム、*GULAG: A History* 参照。ヒルおよびガディ、*The Siberian Curse* も参照。
- * 402 ヒルおよびガディ、同上。
- * 403 博士論文、タチアナ・ミハイロワ (T. Mikhailova)、“Essays on Russian Economic Geography: Measuring Spatial Inefficiency,” Pennsylvania State University, Department of Economics, 2004。ヒルおよびガディ、同上も参照。
- * 404 この部分の地質学上の進展などについては、地球科学学会の John D. Grace への取材 (カリフォルニア州ロングビーチ、2009 年 6 月 5 日) と、彼の優れた著書 *Russian Oil Supply: Performance and Prospects* (New York: Oxford University Press, 2005), 288 pp より。
- * 405 これは主として前払い費用の経済的「減価」のため、つまり事前に払った額がその後目減りするためだ。提案されたプロジェクトで将来見込まれる収益は、前払い金を今、金利を生む別の投資に回す場合の収益と比較される。後者のほうが多ければ、財政上はプロジェクトを進めても意味がない。このため、無料高速道路の建設やシベリア開発といった利益が出るまでに時間のかかる大型プロジェクトは、民間資本にとっては魅力がない。これらの試算における重要なパラメーターは「減価率」、つまり金利だ。減価率が大きいほど (別の投資の金利が高いほど)、プロジェクトが意味をもつには完成を急がなければならない。経済的減価はエネルギー開発において極めて重要だ。提案された油田やガス田が、生産開始までに 5 年かかるか 7 年かかるかによって、経済的に有意義か、そうでないかが決まる。
- * 406 私は 1998 ~ 2000 年の 3 年間、米科学財団のプロジェクトで、西シベ

- リア低地の泥炭地の炭素動態を調査するチームの指揮をとった。各地でコア（柱状試料）を採取するのが目的で、ロシアとアメリカの科学者や院生数十人が参加した。ロシア科学アカデミーの Olga Borisova、Konstantine Kremetskiy、Andrei Velichko、UCLA の David Beilman、カレン・フレイ（Karen Frey）、グレン・マクドナルド、ヨンウエイ・シェン（盛永偉）などだ。文献と調査結果については http://www.geog.ucla.edu/people/faculty.php?lid=297&display_one=1&modify=1 を参照。
- * 407 ロシア連邦保安庁（FSB）は旧ソ連の KGB の後継機関で、ロシアの主要な国内治安機関だ。西シベリアの都市を訪れる外国人は、到着時に登録して地元 FSB 職員と面接し、パスポートをホテルに提出しなければならない。外国人は立ち入り禁止という町もある。
 - * 408 たとえば、沖合の 61 万 1000ha の海域を調査する権利に、12 億カナダドルで入札、p.77, *AMSA 2009*.
 - * 409 “Circum-Arctic Resource Appraisal: Estimates of Undiscovered Oil and Gas North of the Arctic Circle,” デジタルデータおよび USGS Fact Sheet 2008-3049 (2008); D. ゴーティエほか、“Assessment of Undiscovered Oil and Gas in the Arctic”, 1175-1179.
 - * 410 より具体的には、石油が眠っていることが期待できる地域にはほかに、キャニング川-マッケンジー川流域（64 億バレル）、北バレンツ海盆（53 億バレル）、エニセイ川-ハタング川流域（53 億バレル）、北西グリーンランド・リフト縁（49 億バレル）、南デンマークシャウン塩地（44 億バレル）、北デンマークシャウン塩地（33 億バレル）がある。天然ガスが眠る可能性のある地域にはほかに、南バレンツ海盆（184 兆 ft^3 ）、北バレンツ海盆（117 兆 ft^3 ）、そしてやはりアラスカ・ブラットフォーム（122 兆 ft^3 ）だ。P.1178、D. ゴーティエほか、同上。
 - * 411 ロシア天然資源省、アレクセイ・ワルラモフ（Alexei Varlamov）次官に取材（トロムセ、2007 年 1 月 22 日）。
 - * 412 2008 年、ロシアの天然ガス生産は 6027 億 m^3 、さらに確認埋蔵量は 43 兆 3000 億 m^3 で、ともに他国を上回っていた。ロシアの石油生産は日量平均 988 万 6000 バレル、サウジアラビア（日量 1084 万 6000 バレル）に次いで 2 位だ。*BP Statistical Review of World Energy June 2009*, <http://www.bp.com/statisticalreview> より。
 - * 413 第 3 章参照。
 - * 414 J. D. Grace, *Russian Oil Supply: Performance and Prospects*.
 - * 415 西シベリアのウレンゴイ、ヤンブル、メドベジェの大手ガス田の生産量は、ピーク時には年間 5000 億 m^3 近くに達した。2030 年には生産量は年間 1300 億 m^3 に減少する見込みだ。E. N. Andreyeva, V. A. Kryukov, “The Russian Model-Merging Profit and Sustainability,” pp.240-287, A. Mikkelsen and O. Lenghelle, eds., *Arctic Oil and Gas* (New York: Routledge, 2008), 390 pp 所収。
 - * 416 ガスプロムは 2011 年にヨーロッパ市場向けにボバネンコボ・ガス田を

- 操業開始することをめざして、2009年にパイダラツカヤ湾の海底にパイプラインを敷設しはじめた。“Yamal Pipeline Laying Proceeds,” <http://www.barentsobserver.com>, July 24, 2009.
- * 417 一部石油会社は改質ステップを省略し、低級瀝青を生産する。ここで説明したプロセスはタールサンド産出ではカナダ最大のシンクルード社のもの。B. M. Testa, “Tar on Tap,” *Mechanical Engineering* (December 2008): 30-34.
- * 418 2008年、シンクルード社のくず鉱池に降り立ったマガモ約500羽が死んだ。“Hundreds of Ducks Die after Landing in Oil Sands in Canada,” Fox News, May 8, 2008. 以下も参照。E. A. Johnson, K. Miyanishi, “Creating New Landscapes and Ecosystems: The Alberta Oil Sands,” *Annals, New York Academy of Sciences* 1134 (2008): 120-145; マーティン・パスカレッティ (M. J. Pasqualetti), “The Alberta Oil Sands from Both Sides of the Border,” *The Geographical Review* 99, no. 20 (2009): 248-267.
- * 419 T. M. Pavelsky, L. C. スミス, “Remote Sensing of Hydrologic Recharge in the Peace-Athabasca Delta, Canada,” *Geophysical Research Letters* 35 (2008): L08403, DOI:10.1029/2008GL033268.
- * 420 オイルサンド産出会社の自己申告では、合計65km²、開発された地域全体の約12%がなんらかの形で再生された。非営利シンクタンクのペンビナ・インスティテュート (Pembina Institute) によると、完全に回復してアルバータ州政府に承認されたのはわずか1km²にすぎない。このようにズレはあるものの、どちらの数字も開発された530km²に比べると小さい。
- * 421 Johnson, Miyanishi, “Creating New Landscapes and Ecosystems.”
- * 422 マッケンジー・ガス・プロジェクトは1970年代前半から提案されているが、以前、先住民の土地請求権問題が未解決だったために中止された。今ではこの問題は解決しており、プロジェクトは第8章で説明する理由で保留になっている。
- * 423 京都議定書の下、カナダは2008～2012年までにCO₂排出を1990年比-6%に削減することを約束した。にもかかわらず、2009年までにカナダの排出量は27%増えており、アルバータ州のタールサンド開発が拡大すれば、再び増加するだろう。“Canada’s northern goal,” *The World in 2010*, special supplement to *The Economist* (2009): 53-54 所収。カナダの2大タールサンド採掘・開発会社であるシンクルード社とサンコー社は、温室効果ガスの排出量がカナダの企業で3番目と6番目に多い。パスカレッティ, “The Alberta Oil Sands from Both Sides of the Border.”
- * 424 現在の地下採掘技術で最も有望なのは、スチーム補助重力排油 (SAGD) 法だ。この方法では、オイルサンド油層内に掘削した上下平行な2本の水平坑井のうち、上部の坑井から水蒸気を圧入して瀝青を温める。約6か月で瀝青は流動化しはじめ、下の坑井に排出されて地上へ回

- 取できるようになる。
- *425 アルバータ・エナジー社が油層内（地下）採取のためにリースしている区域は、2009年5月19日時点で7万9298km²。J. Grant, S. Dyer, D. Woynillowicz, “Clearing the Air on Oil Sands Myths” (Drayton Valley, Alberta: The Pembina Institute, June 2009), 32 pp., <http://www.pembina.org>. 将来の予測は B. Söderbergh et al., “A Crash Programme Scenario for the Canadian Oil Sands Industry,” *Energy Policy* 35, no.3 (2007): 1931-1947 より。2009年時点で、アラスカ州ノーススロープの石油生産は平均日量約70万バレル。
 - *426 カナダ政府の政策研究イニシアチブ、“The Emergence of Cross-Border Regions between Canada and the United States, Final Report” (November 2008), 78 pp., <http://www.horizons.gc.ca/doclib/2008-0002-eng.pdf> より。以下も参照。D. K. Alper, “The Idea of Cascadia: Emergent Regionalisms in the Pacific Northwest-Western Canada,” *Journal of Borderland Studies* 11, no.2 (1996): 1-22; S. E. Clarke, “Regional and Transnational Discourse: The Politics of Ideas and Economic Development in Cascadia,” *International Journal of Economic Development* 2, no.3 (2000): 360-378; H. Nicol, “Resiliency or Change? The Contemporary Canada-U.S. Border,” *Geopolitics* 10 (2005): 767-790; V. Conrad, H. N. Nicol, *Beyond Walls: Re-inventing the Canada-United States Borderlands* (Aldershot, Hampshire, and Burlington, Vt.: Ashgate, 2008), 360 pp.
 - *427 <http://www.atlantica.org> 参照。
 - *428 国境を越えたスーパー・リージョン内に共通する価値観があるという、この発見はカナダ政府の政策研究イニシアチブの調査データに基づいている。“The Emergence of Cross-Border Regions between Canada and the United States,” Final Report.
 - *429 米務省はロシアの北極海沿岸沖の6つの島について、アメリカ人が一部の島の発見と探査に関与していても、島に対して主権を主張する可能性を否定した。“Status of Wrangel and Other Arctic Islands,” U.S. Department of State, Bureau of European and Eurasian Affairs, Washington, D.C., May 20, 2003. カナダの政治家はカナダ北部の広大な領土をアメリカやロシアから守らなければと腐心したが、アメリカやロシアがカナダ北部の領土を狙っている証拠はほとんどない。それどころか、アメリカはカナダの主権を守る暗黙の軍事支援を行っている。アメリカとカナダの比較的良好な関係について、くわしくは K. S. Coates et al., *Arctic Front: Defending Canada in the Far North* (Toronto: Thomas Allen Publishers, 2008), 261 pp を参照。ただし、北極圏の国家間で紛争が起きる可能性は低いものの、国内の先住民グループが土地に対する権利を主張して緊張が続いている。これについては第8章で取り上げる。
 - *430 やはり国境を越えて経済的なつながりを増しているのがロシアとアメリカで、ロシア極東のチュクチ自治管区ではアラスカ州からの燃料などの輸入が増えている。J. Newell, *The Russian Far East* (Simi Valley, Calif.: Daniel

& Daniel Publishers, Inc., 2004), 466 pp.

- *431 表のデータの出典は以下のとおり。2009 Index of Economic Freedom, Heritage Foundation and Wall Street Journal (179 か 国、<http://www.heritage.org>) ; 2008 Economic Freedom of the World Index (141 か 国、<http://www.freetheworld.com/2008/EconomicFreedomoftheWorld2008.pdf>) ; 2009 KOF Index of Globalization (208 か 国、<http://globalization.kof.ethz.ch/>) ; 2009 Global Peace Index (144 か 国、<http://www.visionofhumanity.org/>) ; 2008 Economist Intelligence Unit Democracy Index (167 か 国、<http://graphics.eiu.com/PDF/DemocracyIndex2008.pdf>) ; 2009 Freedom in the World Country Rankings (193 か国、<http://www.freedomhouse.org>)。各指標の比較のため、数字の指数データは国別のパーセンタイル順位に換算した。これらのパーセンタイル順位を平均したのが、右端の総合点だ〔左記にほゞ〕。
- *432 各指数には独自の意図があるため、私はすべての指数に目を向けた。たとえばジェフリー・サックス (Jeffrey Sachs) は、貿易自由化が必ず GDP の伸びにつながるという「世界自由度ランキング」の主張に対し、指数での得点は低いが非常に堅調な経済成長を遂げている中国などを例に、疑問を投げかけている。J. Sachs, *The End of Poverty: Economic Possibilities for Our Time* (New York: Penguin Group, 2005), 416 pp (邦訳『貧困の終焉〜2025年までに世界を変える』2006年、早川書房)。
- *433 北の高緯度地方で操業する石油・ガス関連会社のほとんどが、民間の多国籍企業だが、ロシアは例外で、石油・ガス産業の再国有化が進んでいる。
- *434 エコノミスト・インテリジェンス・ユニット (EIU) は 2010 年の報告書で、140 か国を対象に、世界各都市の住みやすさを評価した。上位 10 都市に入ったのは、NORCs ではバンクーバー、トロント、カルガリー、ヘルシンキの 4 都市。ほかはウィーン、メルボルン、シドニー、パース、アデレード、オークランドだった。ワースト 10 はダカル、コロンボ、カトマンズ、ドゥアラ、カラチ、ラゴス、ポートモレスビー、アルジェ、ダッカ、ハラレだった。EIU プレスリリース、“Winter Olympics Host, Vancouver, Ranked World’s Most Liveable City,” February 10, 2010, http://www.eiu.com/site_info.asp?info_name=The_Global_Liveability_Report_Press_Release&f=0 (2010 年 2 月 16 日にアクセス)。
- *435 実際、ヨーロッパのほとんどの国は、移民抜きでは人口も労働力も減少するはずだ。たとえばドイツは現在、合計特殊出生率がわずか 1.3 で人口は減少している。西欧の合計特殊出生率は 1.6 で、高齢化も進んでいることからすれば、EU は現在の労働力を維持するためだけでも年間 110 万人の移民を受け入れなければならないだろう。P.129, K. B. Newbold, *Six Billion Plus: World Population in the 21st Century* (Lanham, Md.: Rowman & Littlefield Publishers, Inc., 2007), 245 pp.
- *436 2009 年時点でロシアの合計特殊出生率はわずか 1.4 だった。国連の推

- 計では、標準的な人口置換水準（人口が増えも減りもせず維持される出生率）は2.1だ。ロシアの普通死亡率（粗死亡率）は人口1000人当たり16.2、一方、普通出生率（粗出生率）は人口1000人当たり10だった。*The Economist, Pocket World in Figures* (London: Profile Books, 2009), 256 pp.
- * 437 I. Saveliev, “The Transition from Immigration Restriction to the Importation of Labor: Recent Migration Patterns and Chinese Migrants in Russia,” *Forum of International Development Studies* 35 (2007): 21-35.
- * 438 G. Kozhevnikova, “Radical Nationalism in Russia in 2008, and Efforts to Counteract It,” *Sova Center Reports and Analyses* (April 15, 2009), <http://www.sova-center.ru/en/xenophobia/reports-analyses/2009/04/d15763/>.
- * 439 より正確には、2008年、アメリカの合法的な外国人永住者は110万7126人、市民権を取得した人は104万6539人だった。外国からの入国者1億7500万人。通勤などで頻繁に出入国するメキシコ人や観光や出張でやってくるカナダ人を除く3900万人のうち、90%が観光や出張などの短期滞在者、10%（370万人）が専門職労働者、学生、看護師など長期滞在者だった。2005～08年、米国境での逮捕者数は年間72万3840人から118万9031人にのぼった。米国土安全保障省移民統計局の以下の報告書より。R. Monger, N. Rytina, “U.S. Legal Permanent Residents: 2008,” Annual Flow Report, March 2009; J. Lee, N. Rytina, “Naturalizations in the United States: 2008,” Annual Flow Report, March 2009; R. Monger, M. Barr, “Nonimmigrant Admissions to the United States: 2008,” Annual Flow Report, April 2009; N. Rytina, J. Simanski, “Apprehensions by the U.S. Border Patrol: 2005-2008,” Fact Sheet, June 2009; J. Napolitano et al., *2008 Yearbook of Immigration Statistics*, August 2009.
- * 440 2008年、カナダの合法的な外国人永住者は24万7243人、うち14万9072人が「経済クラス」（熟練労働者）、6万5567人が「家族クラス」（家族との再会）、3万2602人が「難民」もしくは「その他」のクラスだった。“Facts and Figures 2008-Immigration Overview: Permanent and Temporary residents,” Citizenship and Immigration Canada Web site, <http://www.cic.gc.ca/english/resources/statistics/facts2008/index.asp> (2009年8月22日にアクセス)。
- * 441 Pp. 121-128, K. B. Newbold, *Six Billion Plus: World Population in the 21st Century* 参照。
- * 442 アイスランドとノルウェーは、欧州自由貿易連合（EFTA）と国境管理の撤廃をめざすシェンゲン協定に加盟しているので、両国の労働市場は事実上EUに対して開かれている。
- * 443 2005年時点で外国生まれの人口の割合は、アメリカが12.3%、ドイツが12.5%。カナダは19.3%と最多だった。資料：Table 1, J.-C. Dumont, G. Lemaître, “Counting Immigrants and Expatriates in OECD Countries: A New Perspective,” *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, no. 25 (2005), 41 pp. <http://www.oecd.org/dataoecd/34/59/35043046.pdf> 参照。

- * 444 冬に異例の暖かさが続くと、雪が一部解けて再び凍結し、積雪が氷に覆われる。草食動物は氷の下の植物を食べることができず、飢える可能性がある。雪の上に雨が降るととくに致命的だ。カナダのバンクス島では2003年10月、ひどい豪雨でジャコウウシの群れの4分の1に当たる2万頭近くが死んだ。J. Putkonen et al., "Rain on Snow: Little Understood Killer in the North," *Eos, Transactions, American Geophysical Union* 90, no. 26 (2009): 221-222.
- * 445 2007～08年、ヌナブト準州の普通出生率は人口1000人当たり平均25.2、一方、カナダ全体では11.1、オンタリオ州では10.6だった。合計特殊出生率(TFR)はヌナブトの2.84に対し、カナダ全体では1.59。年齢中央値はヌナブトが23.1歳、カナダ全体では39.5歳だった。資料: Statistics Canada, <http://www.statcan.gc.ca/pub/84f0210x/2006000/5201672-eng.htm> (2009年8月28日アクセス)。
- * 446 カナダ沿岸警備船アムゼン号の船上でイカルイトのエリサビー・シェウティアピク市長に取材(2007年8月5日)。水深の深い港を建設したいという同市の意向については、www.city.iqaluit.nu.ca/i18n/english/pdf/portproject.pdf を参照。
- * 447 カナダは州と3つの準州(ノースウエスト、ユーコン、ヌナブト)で構成されている。準州は政治的自治権をもつが、憲法で正式に定められている州ほどの力はない。
- * 448 ロシアは約200の「民族」を認めており、うち130(約2000万人、ロシアの総人口の14%)が先住民と思われる。しかし(「北部の先住少数民族」と)正式に認められているのは45(約25万人)、ロシアの総人口の約0.2%だ。B. Donahoe et al., "Size and Place in the Construction of Indigeneity in the Russian Federation," *Current Anthropology* 49, no. 6 (2008): 993-1009 参照。
- * 449 北米の先住民人口のデータは米国勢調査局およびカナダ統計局より。北欧諸国については、国勢調査で民族データを収集していないため、UN World Directory of Minorities and Indigenous Peoples, <http://www.minorityrights.org/directory> より。
- * 450 2000年の米国勢調査の時点で、アラスカ州の人口55万43人のうち先住民は8万5698人(15.6%)だった。U.S. Census Brief C2KBR/01-15, "The American Indian and Alaska Native Population: 2000," February 2002, <http://www.census.gov/prod/2002pubs/c2kbr01-15.pdf> (2009年8月30日にアクセス)。サーミ人はスウェーデンではキルナ、イエリバレ、ヨックモック、アルビッツヤウルに暮らしており、それらの地域の人口の約11%(5万3772人中5900人)を占めている。Minority Rights Group International, *World Directory of Minorities and Indigenous Peoples-Sweden: Sámi*, 2008, <http://www.unhcr.org/refworld/docid/49749ca35.html>。フィンランドではウツヨキ、イナリ、エノンテキオ、ソダンキュラの人口の約40%(1万8990人中

7500人)を占める。同、*World Directory of Minorities and Indigenous Peoples-Finland: Sámi*, 2008, <http://www.unhcr.org/refworld/docid/49749d2319.html>。ノルウェーのフィンマルク郡では約34% (7万3000人中2万5000人)。同、*World Directory of Minorities and Indigenous Peoples-Norway: Sámi*, 2008, <http://www.unhcr.org/refworld/docid/49749cd45.html>。デンマーク／グリーンランドおよびサハ共和国のヤクウト人のデータは Arctic Human Development Report (Akureyri: Stefansson Arctic Institute, 2004), 242 pp より。しかしロシア北部では、先住民は公式には約25万人で総人口のわずか0.2%にすぎない。ロシア政府、“Yedinyy perechen' korennykh malochislennykh narodov Rossiyskoy Federatsii (Unified list of indigenous numerically small peoples of the Russian Federation),” 2000年3月24日ロシア政府の政令第255号で承認。

- *451 アメリカ先住民(インディアン)とアラスカ先住民は現在490万人、2050年には860万人に達する見込みだ。米国勢調査局プレスリリースCB08-123, “An Older and More Diverse Nation by Midcentury,” August 14, 2008, <http://www.census.gov/newsroom/releases/archives/population/cb08-123.html> (2009年8月29日アクセス)。カナダの国勢調査では、カナダインディアン(ファーストネーション)、イヌイット、メティス(ヨーロッパ人との混血)の数は、1996年は79万9010人、2001年は97万6305人だったのに対し、2006年は117万2790人にのぼった。カナダ統計局プレスリリース, *Aboriginal Peoples in Canada in 2006: Inuit, Métis and First Nations, 2006 Census, January 15, 2008*, <http://www12.statcan.ca/census-recensement/2006/as-sa/97-558/pdf/97-558-XIE2006001.pdf> (2009年8月30日にアクセス)。
- *452 先住民民族トリングットはこの件についてロシアに抗議したことを記録までしていた。トニー・ペニケット (T. Penikett), *Reconciliation: First Nations Treaty Making in British Columbia* (Vancouver: Douglas & McIntyre Ltd., 2006), 303 pp.
- *453 画期的なANCSA法案につながる状況と政治の歴史については、W. R. Borneman, *Alaska: Saga of a Bold Land* (New York: HarperCollins Perennial, 2004), 608 pp を参照。
- *454 ANCSA成立後、米政府がアラスカ州の土地の60%近く、州が28%、リージョナル・コーポレーションが12%を所有していた。それ以外の私有地は合わせて2%未満だった。
- *455 地下の鉱物資源に対する権利はリージョナル・コーポレーションが保有しているが、ビレッジ・コーポレーションは水や木材など、地上のさまざまな権利を手にすることができる。アラスカ州の12のリージョナル・コーポレーションは以下のとおり。Ahtna, Inc.; The Aleut Corporation; Arctic Slope Regional Corporation; Bering Straits Native Corporation; Bristol Bay Native Corporation; Calista Corporation; Chugach Alaska Corporation; Cook Inlet Region, Inc.; Doyon Ltd.; Koniag, Inc.; NANA Regional Corporation, Inc.;

Sealaska Corporation. 13 番目の The 13th Regional Corporation は、他の 12 社と違い、州外在住のアラスカ先住民のための補償金のみ受け取った。

- * 456 これらの先住民企業には、イヌイット、ユーコン先住民、メティス、クリーといった先住民の政治団体も含まれていた。F. Abele, "Northern Development: Past, Present and Future," N. F. Abele et al., eds., *Northern Exposure: Peoples, Powers and Prospects in Canada's North* (Montreal: McGill-Queen's University Press, 2009), 605 pp 所収。
- * 457 マッケンジー・ガス・プロジェクトはまだ全員一致で支持されているわけではなく、デチヨ人は権利申し立てがまだで、現状ではパイプライン建設を支持していない。ノースウエスト準州のアカイチョとメティスの申し立ても未解決だ。
- * 458 "Imperial Says Earliest Startup Date for Mackenzie Gas Project in 2018," *Oilweek*, March 15, 2010. <http://www.theguardian.pe.ca/Business/Natural-resources/2010-03-16/article-1289599/Imperial-says-earliest-startup-date-for-Mackenzie-Gas-Project-is-2018/1>
- * 459 資源採掘権の使用料は集落によって大きく違う。一般に、ANCSA の単純不動産権は与えられた土地のすべての鉱物資源と地下に及ぶが、周囲の公有地からの使用料支払いはない。カナダの土地請求に関する協定は、実際の保有地から生じる地下の収入の一部のみを保証するが、やはり土地請求の範囲に含まれる周囲の公有地からの採掘権使用料も確保する。このように、カナダの権利設定地の地理的範囲は公有地にも先住民の所有地にもいたるところに広がっているが、アラスカではそうではない。
- * 460 この議論は一部、土地請求問題の弁護士 John Donihee への取材（オタワ、2009 年 6 月 3 日）から。
- * 461 カナダでは少なくとも 22 件の包括的土地請求協定が発効している。最新のものは 2008 年発効のヌナビク・イヌイット土地請求協定と 2009 年発効のツワッセン・ファーストネーション最終協定法だ。それ以前のものにはジェームズ湾・北ケベック協定（1975）、北東ケベック協定（1978）、イヌビアルイト最終協定（1984）、グウィッチン協定（1992）、サーツ・ディネおよびメティス協定（1994）、ヌナブト土地請求協定（1995）、ニスガ最終協定（2000）、トリチヨ協定（2005）、ラブラドル・イヌイット土地請求協定（2005）、ヌナビク・イヌイット土地請求協定（2008）、ユーコン・インディアン評議会包括最終協定（1993）。および同様の協定が以下の先住民自治組織について結ばれている——バンタット・グウィッチン（1995）、ナチヨ・ニヤク・ドゥン（1995）、テスリン・トリンギット評議会（1995）、シャンペイン・アイシヒク・ファーストネーション（1995）、リトルサーモン／カーマックス・ファーストネーション（1997）、セルカーク・ファーストネーション（1997）、トゥロンデク・ウェチン・ファーストネーション（1998）、ターン・クワチャン評議会（2002）、クルアニ・ファーストネーション（2004）、クワンリン・ドゥン・ファース

- トネーション (2005)、カークロス/タギシュ・ファーストネーション (2005)。Indian and Northern Affairs Canada, <http://www.ainc-inac.gc.ca/al/ldc/ccl/pubs/gbn/gbn-eng.asp> (2009年9月3日にアクセス)。
- *462 土地請求協定の最後の波が来るのはブリティッシュコロンビア州だろう。同州先住民は北米のかつてのイギリス植民地で唯一、協定によって自らの継続的権利を無効化することを拒んだ。州内の先住民は現在、土地請求協定交渉を積極的に進めている。ベニケット、*Reconciliation: First Nations Treaty Making in British Columbia*; ユーコン準州のトニー・ベニケット元首相に取材 (オタワ、2009年6月2日)。カナダのインディアン問題・北方開発省もいまだに、ノースウエスト準州のデチョ、アカイチョ、メティス、および同準州最南部とヌナブト準州南部の両方にまたがる2つのディネスリネ組織と、土地請求協定交渉を行っている。ケベック、ラブラドル、大西洋岸地域、オンタリオ州東部でも交渉中もしくは交渉に入りつつある。インディアン問題・北方開発省のD. Perrinに取材 (2009年11月24日)。
- *463 グリーンランドでは1979年に内政自治が導入されるまで、Landsråd (「地方評議会」の意) が選挙によって選ばれた最高意思決定機関だった。J. Brøsted and H. V. Gulløv, "Recent Trends and Issues in the Political Development of Greenland," *Actes du XLII Congrès International des Américanistes*, Paris (September 1976): 76-84.
- *464 内政自治の導入は1979年5月1日。1982年、グリーンランドは別の国民投票で、欧州共同体 (EC) からの離脱を決めた。外交や司法など特定の分野は今もデンマーク当局が管理しているが、デンマーク政府は関連するあらゆる問題についてグリーンランドに諮問しなければならない。両国の主要な関係は経済的なもので、グリーンランドは債務支払いをデンマークからのあついで助成金に頼っている。2008年、グリーンランドはやはり国民投票によって、圧倒的多数でデンマークからの完全独立をめざす意向を示した。
- *465 上記のとおり、グリーンランドの完全独立は、一部ではデンマークの植民地支配300年目となる2021年に宣言されるとの憶測があるが、それには、グリーンランド人ひとり当たり年間平均1万1000ドルというデンマークの気前のいい助成金に依存した状態から脱却しなければならない。依存脱却の方法として最も可能性があるのは、石油・ガス開発による収入で、グリーンランド政府は積極的に奨励している。これまでに13の探査許可がエクソンモービルなどに下りており、2010年には新たな許可が下りるだろう。"Greenland, the New Bonanza," *The World in 2010*, special supplement to *The Economist* (2009): 54 所収。
- *466 カナダ憲法 (1982年)。
- *467 ノースウエスト準州とユーコン準州のディネは番号協定 [1871~1877年、カナダ全土の先住民と交渉
締結された協定] の第8号または第11号に加盟していたが、これらの協定は完全

には施行されずじまいだった。Perrin に取材。

- *468 多くの血が流れイギリス側の砦9か所が占領されたボンティアック戦争を受けて、イギリスの国王ジョージ3世は1763年宣言を出し、先住民を「迫害、妨害してはならない」とし、一般市民ではなく国家だけが先住民から土地を購入できるとした。1763年宣言は今でも、史上初めてカナダにおける先住民の土地請求を認めたものとみなされている。*462のとおり、ブリティッシュコロンビア州も先住民の権利無効化を拒否した。
- *469 カナダにはもうひとつ、過去の条約に署名した先住民のための“Specific Claims”と呼ばれる現代の協定がある。多くの先住民グループがこれまでに申請済みか申請中だ。しかしこれらは普通、金銭による和解であり、土地に対する権利とは関係がない。
- *470 前述の空間データのGIS分析から、私の試算では、アメリカの隣接地域にあるインディアン保留区の28万4247km²およびカナダの土地請求協定の対象である435万8247km²（2009年時点）。
- *471 この地図の作成に当たっては、アラスカ州土地管理局、同天然資源局、合衆国国勢地図、カナダ天然資源省、同インディアン問題・北方開発省の複数のデータを、地理情報システム（GIS）で次のように組み合わせた。(1)アラスカ州の土地請求データは同州土地管理局の空間データ管理システムから抽出。土地請求は先住民特許区域もしくは暫定権利移譲区域および先住民選択区域で示し、データは<http://sdms.ak.blm.gov/isdms/imf.jsp?site=sdms>より入手。(2)ANCSAリージョナル・コーポレーションの境界はアラスカ州天然資源局・地理空間データエクストラクターよりダウンロード。境界線は土地管理局の“Alaska Land Status Map”（1987年6月）より作成。データは<http://www.asgdc.state.ak.us/>より入手。(3)アメリカ国内の先住民の土地は国勢地図よりダウンロード、アメリカ先住民が第一義的な統治上の権限を有する土地だと米政府が認め、米内務省インディアン保護局が管理する地域を示している。データは<http://nationalatlas.gov/mld/indlanp.html>より入手。(4)カナダ国内の先住民の土地はカナダ天然資源省のGeoBaseよりダウンロード。これらの土地にはインディアン法に定められたように明け渡された土地や保留区、およびシーシェルト・インディアン自治法に定められたシーシェルトの人びとの土地が含まれる。データは<http://www.geobase.ca/geobase/en/data/admin/alta/description.html>より入手。(5)カナダの土地請求は、インディアン問題・北方開発省の‘Comprehensive Land Claims Map’、<http://www.ainc-inac.gc.ca/al/ldc/ccl/pubs/gbn/gbn-eng.asp>（2009年後半に更新）より抽出。
- *472 普通「ラップ人」は現在では差別的とみなされるので、「サーミ人」と言い換えるほうがいい。
- *473 以下の取材より。ノルウェーのサーミ人議会のアイリ・ケスキタロ議長（2007年1月23日、トロムセ）、イスビアルイト・リージョナル・コ

ーボレーション会長兼 CEO でノースウエスト準州元首相のネリー・クルノイエ (2007年1月23日、トロムセ)、グリーンランド外相で元首相のラルス・エミール・ヨハンセン (2007年5月24日、グリーンランド)、チャーチル市長マイク・スペンス (2007年6月28日、マニトバ)、イカルイト市長エリサビー・シェウティアピク (2007年8月5日、ヌナブト)、サニキルアク市長エリ・カビク (2007年8月7日、ヌナブト)、アークティックスロップ・リージョナル・コーポレーション副社長リチャード・グレン (2008年8月22日、アラスカ州パロー)、ユーコン準州元首相トニー・ペニケット (2009年6月1日、オタワ)、カナダの全国的なイヌイット団体であるイヌイット・タピリット・カナタミ (ITK) のメアリー・サイモン会長 (2009年6月2日、オタワ)、ユーコン・ファーストネーション評議会エド・シュルツ事務局長 (2009年6月4日)。

- *474 国連先住民問題常設会議 (UNPFII) は「先住民の権利に関する国連宣言」——「先住民の権利についてこれまでで最も包括的に述べたもので、国際人権法史上類を見ないほど集団権を際立たせている」——を作成し、2007年9月13日の国連総会で採択した。 <http://www.un.org/esa/socdev/unpfii/> (2009年9月6日にアクセス)。北欧5か国はすべて、この宣言に賛成票を、オーストラリア、アメリカ、カナダは反対票を投じた。ロシアなど11か国が棄権した。
- *475 ノルウェーのフィンマルク法 (2005年) はフィンマルク県の土地所有権の96%を、サーミ人議会と地方および中央政府の代表で構成される「フィンマルク委員会」に移譲した。Minority Rights Group International, *World Directory of Minorities and Indigenous Peoples — Norway: Overview, 2007*, <http://www.unhcr.org/refworld/docid/4954cdf23.html> (2009年9月10日にアクセス)。
- *476 ケスキタロに取材 (2007年1月23日)。
- *477 J. Madslie, "Russia's Sami Fight for Their Lives," BBC News, December 21, 2006, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/6171701.stm>.
- *478 M. M. Balzer, "The Tension between Might and Rights: Siberians and Energy Developers in Post-Socialist Binds," *Europe-Asia Studies* 58, no.4 (2006): 567-588. A. Reid, *The Shaman's Coat: A Native History of Siberia* (New York: Walker & Company, 2002), 226 pp も参照。
- *479 とはいえ、ロシアの人びとのあいだでは無条件の土地所有問題は二の次にされる。先住民をはじめ、ほとんどのロシア人は土地の私有は不必要、さらには不適切とさえみなす。先住民はむしろ、土地の管理責任、競合使用からの保護、土地使用を子孫が相続することのほうに関心がある。G. Fondahl and G. Poelzer, "Aboriginal Land Rights in Russia at the Beginning of the Twenty-first Century," *Polar Record* 39, no.209 (2003): 111-122.
- *480 ユカギルと呼ばれる先住民の少数民族は、ユカギル人 (2002年時点で1509人) の大半が住むネレムノエとアンドルシユキノにおける自治を保

障する特別法の採択を勝ち取った。P.97, *Arctic Human Development Report*.

- *481 S. N. Kharyuchi, "Option (sic) letter by the delegates of the VI Congress of indigenous small-numbered peoples of the North, Siberia and the Far East of the Russian Federation" (20年間のカムチャツカでのサケ漁業権リリース権売却に関し、ドミトリー・メドベージェフ大統領とウラジーミル・プーチン首相に宛てた公開書簡)、May 12, 2009, RAIPON, <http://www.raipon.org/RAIPON/News/tabid/523/mid/1560/newsid1560/3924/%20Option-letter-by-the-delegates-of-the-VI-Congress-of-indigenous-smallnumbered-peoples-of-the-North-Siberia-and-the-Far-East-of-the-Russian-Federation/Default.aspx> (2009年9月15日にアクセス)。G. Fondahl, A. Sirina, "Rights and Risks: Evenki Concerns Regarding the Proposed Eastern Siberia-Pacific Ocean Pipeline," *Sibirica* 5, no. 2 (2006): 115-138 も参照。
- *482 1995年9月7日、アレクサンドル・ピカら9人がチュコトカの町シレニキを出航したあと、姿を消した。5日後、転覆した船と5人の遺体が発見されたが、ピカを含む残り4人は発見されなかった。引用部分は以下より。P.16, Aleksander Pika, ed., *Neotraditionalism in the Russian North* (Edmonton: Canadian Circumpolar Institute Press, and Seattle: University of Washington Press, 1999), 214 pp.
- *483 ロシア連邦法 No.82-F3, April 30, 1999, *O garantiyakh prav korennykh malochislennykh narodov Rossiyskoy Federatsii* (「ロシア連邦の先住少数民族の権利保障について」)；ロシア連邦法 No.104-F3, July 20, 2000, *Ob obshchikh printsipakh organizatsii obshchin korennykh malochislennykh narodov Severa, Sibiri i Dal'nego Vostoka Rossiyskoy Federatsii* (「ロシア連邦北部、シベリア、および極東の先住少数民族のオブシュナ(農村共同体)の組織に関する一般原則について」)；ロシア連邦法 No.104-F3, July 20, 2000, *O territoriyakh traditsionnogo prirodopol'zovaniya korennykh malochislennykh narodov Severa, Sibiri i Dal'nego Vostoka Rossiyskoy Federatsii* (「ロシア連邦北部、シベリア、および極東の先住少数民族の伝統的な自然利用の領域について」)。英訳は G. Fondahl and G. Poelzer, "Aboriginal Land Rights in Russia at the Beginning of the Twenty-first Century," *Polar Record* 39, no. 209 (2003): 111-122.
- *484 P.50, *Arctic Human Development Report*.
- *485 カナダはNORCsの他の国と違って北部に大学がなかったが、大学新設を求める圧力は強まっている。一般に、北米とグリーンランドにおける戦いは、財産所有権と政治的自治の問題から、それ以外の教育、公衆衛生、および天然資源の権限移譲といった問題に移るだろう。これらの問題についてはこの章では割愛する。
- *486 たとえば、質量とエネルギーの保存、気体の法則、放射の伝達と雲の物理学、大陸の位置と海拔や地球の自転速度といった基本的な地理学と地球物理学、サブグリッド気候プロセスの適切なパラメーター割り当て、エアロゾルなどだ。

- *487 リチャード・B・アレイ (R. B. Alley)、*The Two-Mile Time Machine: Ice Cores, Abrupt Climate Change, and Our Future* (Princeton: Princeton University Press, 2000), 229 pp. 邦訳『氷に刻まれた地球 11 万年の記憶～温暖化は氷河期を招く』2004 年、ソニーマガジズ。
- *488 K. C. Taylor et al., “The ‘Flickering Switch’ of Late Pleistocene Climate Change,” *Nature* 361 (1993): 432-436, DOI:10.1038/361432a0; アレイほか “Abrupt Increase in Greenland Snow Accumulation at the End of the Younger Dryas Event,” *Nature* 362 (1993): 527-529, DOI:10.1038/362527a0.
- *489 B. L. Isacks et al., “Seismology and the New Global Tectonics,” *Journal of Geophysical Research* 73, no. 18 (1968): 5855-5899.
- *490 結局、アレイのおかげもあって、プロジェクトは興味深い結果になった。ウェーブレット解析という数学的手法が、河川の流量データに隠れた気候のシグナルを見つけるのに役立つことがわかったのだ。L. C. スミス、D. L. Turcotte, B. L. Isacks, “Streamflow Characterization and Feature Detection Using a Discrete Wavelet Transform,” *Hydrological Processes* 12 (1998): 233-249.
- *491 Greenland Ice Sheet Project 2、1989～93 年、グリーンランド中央部付近で掘削された。
- *492 アレイほか、 “Abrupt Increase in Greenland Snow Accumulation at the End of the Younger Dryas Event,” *Nature* 362 (1993): 527-529, DOI:10.1038/362527a0.
- *493 CIA の新気候変動センターは、「砂漠化、海面上昇、人口移動、天然資源争奪戦の激化といった現象が国家安全保障に及ぼす影響」を評価する。CIA プレスリリース、 “CIA Opens Center on Climate Change and National Security,” September 25, 2009, <https://www.cia.gov/news-information/press-releases-statements/center-on-climate-change-and-national-security.html> (2009 年 11 月 26 日にアクセス)。J. M. Broder, “Climate Change Seen as Threat to U. S. Security,” *The New York Times*, August 8, 2009 も参照。
- *494 バークほか、 “Warming Increases the Risk of Civil War in Africa,” *PNAS* 106, no. 49 (2009): 20670-20674, <http://www.pnas.org/content/early/2009/11/20/0907998106.abstract>.
- *495 最も有名かつ劇的な寒波が「ヤンガードライアス期」で、約 1 万 2700 年前に突然氷期に近い状態に逆戻りし、1300 年近く続いたのち、再び温暖化した。ヤンガードライアス期と 8200 年前の急激な寒冷化の原因は、すぐあとで触れるように、北大西洋の海水の塩分濃度が薄くなり、熱塩循環が停止したことだと考えられている。8200 年前のできごとについては、以下を参照。アレイ、A. M. Ágústssdóttir, “The 8k Event: Cause and Consequences of a Major Holocene Abrupt Climate Change,” *Quaternary Science Reviews* 24 (2005): 1123-1149; E. R. Thomas et al., “The 8.2 ka Event from Greenland Ice Cores,” *Quaternary Science Reviews* 26 (2007): 70-81.
- *496 Peter Schwartz, Doug Randall, “An Abrupt Climate Change Scenario and Its

- Implications for United States National Security” (October 2003), 22 pp., http://www.s-e-i.org/pentagon_climate_change.pdf (2009年9月27日アクセス)。
- * 497 8200年前のより小規模な寒冷化の原因となった洪水は、ハドソン海峡を流れて流れ込んだのかもしれない。D. C. Barber et al., “Forcing of the Cold Event of 8,200 Years Ago by Catastrophic Drainage of Laurentide Lakes,” *Nature* 400 (July 22, 1999): 344-348, DOI:10.1038/22504. ヤンガードライアス期の引き金となった洪水は、古代のアガシ湖からセントローレンス海峡経由で、あるいはマッケンジー川や北極海経由のより長いルートで北大西洋に流れ込んだという仮説もある。L. Tarasov, W. R. Peltier, “Arctic Freshwater Forcing of the Younger Dryas Cold Reversal,” *Nature* 435 (June 2, 2005): 662-665, DOI:10.1038/nature03617.
 - * 498 ウォレス・ブロッカー (W. S. Broecker)、D. M. Peteet, D. Rind, “Does the Ocean-Atmosphere System Have More than One Stable Mode of Operation?” *Nature* 315 (1985): 21-26。最近の研究としては、Z. Liu et al., “Transient Simulation of Last Deglaciation with a New Mechanism for Bølling-Allerød Warming,” *Science* 325 (2009): 310-314.
 - * 499 A. K. Rennermalm et al., “Relative Sensitivity of the Atlantic Meridional Overturning Circulation to River Discharge into Hudson Bay and the Arctic Ocean,” *Journal of Geophysical Research* 112 (2007), G04S48, DOI:10.1029/2006JG000330. *IPCC AR4* (2007年)では、次の100年間も熱塩循環のコンペアーは90%を超える確率で機能し続けると想定している。
 - * 500 CO₂排出量が最も少ない(450ppmで安定)シナリオでも、この臨界閾値を結局は超えるというシナリオが35のうち34にのぼる。J. M. Gregory et al., “Climatology: Threatened Loss of the Greenland Ice-Sheet,” *Nature* 428 (April 8, 2004): 616, DOI:10.1038/428616a.
 - * 501 Table 1, G. A. Milne et al., “Identifying the Causes of Sea-Level Change,” *Nature Geoscience* 2 (June 14, 2009): 471-478, DOI:10.1038/ngeo544。しかし、当時の地球には現在を70%上回る量の氷が存在したため、1世紀で4mの海面上昇が再び起きる可能性は低いことを、念頭に置いておくべきだ。
 - * 502 *500 参照。
 - * 503 氷床の表面が寒冷な高度まで達し、かつ、太陽エネルギーの大半を反射することが、氷床の存続に役立っている。グリーンランドの氷床が消失すれば、低く黒っぽい基岩の表面は現在よりもはるかに温度が高くなり、氷床が再び形成される可能性は低いだろう。
 - * 504 とくに上海、大阪～神戸、ラゴス、マニラ。ほかにブエノスアイレス、チェンナイ(マドラス)、ダッカ、広州、イスタンブール、ジャカルタ、カラチ、コルカタ、ロサンゼルス、ムンバイ、ニューヨーク、リオデジャネイロ、深圳、東京も影響を受ける。
 - * 505 地質学的データからは、西南極氷床が40万年前と、ひよっとすると1万4500年前にも崩壊した可能性がうかがえる。P. U. Clark et al., “The Last

Glacial Maximum,” *Science* 325, no. 5941 (August 7, 2009): 710–714, DOI:10.1126/science.1172873. 現在、西南極氷床の質量が減少しているのは明らかで、こうした減少が1万5000年前から、北半球の退水をきっかけとする海面上昇を受けて起きているという証拠がある。したがって、たとえ温室効果による温暖化を制限しても、期待どおりの氷床の安定化にはつながらないかもしれない。J. Oerlemans, “Freezes, Floes, and the Future,” *Nature* 462 (2009): 572–573, DOI:10.1038/462572a.

- * 506 海面の高さはどこでも同じではなく、海流からの水の蓄積、重力、海水温度、地殻変動、その他の要因によってでこぼこがある。アメリカ沿岸部の平均以上の海面上昇は以下に紹介されている。J. X. Mitrovica et al., “The Sea-Level Fingerprint of West Antarctic Collapse,” *Science* 323, no. 5915 (February 6, 2009): 753, DOI:10.1126/science.1166510; J. L. Bamber et al., “Reassessment of the Potential Sea-Level Rise from a Collapse of the West Antarctic Ice Sheet,” *Science* 324, no. 5929 (May 15, 2009): 901–903, DOI:10.1126/science.1169335. 後者の研究では、西南極氷床が崩壊した場合、世界の平均海面は3.2m上昇する可能性があるとしており、IPCC AR4が予測する5mを下回る。
- * 507 くわしくは以下を参照。D. G. Vaughan, R. Arthern, “Why Is It Hard to Predict the Future of Ice Sheets?” *Science* 315, no. 5818 (2007): 1503–1504, DOI:10.1126/science.1141111; アレイほか, “Understanding Glacier Flow in Changing Times,” *Science* 322 (2008): 1061–1062.
- * 508 S. A. Zimov et al., “Permafrost and the Global Carbon Budget,” *Science* 312, no. 5780 (2006): 1612–1613, DOI:10.1126/science.1128908; E. A. G. Schuur et al., “Vulnerability of Permafrost Carbon to Climate Change: Implications for the Global Carbon Cycle,” *Bioscience* 58, no. 8 (2008): 701–714; C. Tarnocai et al., “Soil Organic Carbon Pools in the Northern Circumpolar Permafrost Region,” *Global Biogeochemical Cycles* 23, GB2023 (2009), DOI:10.1029/2008GB003327.
- * 509 この問題を取り巻く難題について、くわしくは S. E. Trumbore, C. I. Czimczik, “An Uncertain Future for Soil Carbon,” *Science* 321 (2008): 1455–1456 を参照。
- * 510 泥炭地の底までコアを掘削し、放射性炭素による年代測定を実施した結果、北部の泥炭地は約1万1700年前、ヤングドライアス期が終わったところに急速に広がりはじめたことがわかっている。このメタンはグリーンランドと南極大陸の氷床コアに封じ込められている。L. C. スミスほか, “Siberian Peatlands a Net Carbon Sink and Global Methane Source since the Early Holocene,” *Science* 303 (2004): 353–356; マクドナルドほか, “Rapid Early Development of Circumarctic Peatlands and Atmospheric CH₄ and CO₂ Variations,” *Science* 314 (2006): 285–288. スウェーデンの研究は E. Dorrepaal et al., “Carbon Respiration from Subsurface Peat Accelerated by Climate Warming in the Subarctic,” *Nature* 460 (2009): 616–619, DOI:10.1038/nature08216. 西シ

ベリアの2つの研究はカレン・フレイ (K. E. Frey)、L. C. スミス、
“Amplified Carbon Release from Vast West Siberian Peatlands by 2100,” *Geophysical Research Letters* 32, L09401 (2005), DOI:10.1029/2004GL020225, 2005; および
D. W. Beilman et al., “Carbon Accumulation in Peatlands of West Siberia over the
Last 2000 Years,” *Global Biogeochemical Cycles* 23, GB1012 (2009), DOI:10.1029/
2007GB003112. アラスカの研究は E. A. G. Schuur et al., “The Effect of
Permafrost Thaw on Old Carbon Release and Net Carbon Exchange from Tundra,”
Nature 459 (2009): 556-559, DOI:10.1038/nature08031。

- *511 言い換えれば、人口の多い親の世代は出生率がまだ高いときに生まれた。人口モメンタムは逆にも働く。たとえば、高齢国では出生率が上昇しても、出生率が低いときに生まれた親世代の人口が少ないため、人口減少が続くだろう。
- *512 対 GNP 比では 1880 ~ 1913 年、先進国における国家レベルの投資と国民貯蓄の相関性は 1999 年よりはるかに弱く、現在の投資が 1913 年に比べて国内貯蓄により依存し、外国からの投資にはさほど依存していないことを意味している。Pp. 89-90 and Figure 3. 3, P. Knox et al., *The Geography of the World Economy*, 4th ed. (New York: Oxford University Press, 2003), 437 pp.
- *513 第一次大戦が勃発する直前、先進国では貿易取引が GDP の平均 12% を占めており、その後同レベルに回復したのは 1970 年代になってからだった。P.32、ステイーガー、*Globalization: A Very Short Introduction*。
- *514 *Global Trends 2025: A Transformed World*。
- *515 “Green with Envy: The Tension between Free Trade and Capping Emissions,” *The Economist*, November 21, 2009.
- *516 ナタリヤ・リジヨワ (Nataliya Ryzhova) とグリゴリー・ヨッフエ (Grigory Ioffe) はすでにロシア国内に 1000 万 ~ 1200 万人の中国人がおり、2020 年には 4000 万人に達すると予測する大げさな主張を取り上げている。ロシアの移民研究者の考えでは、現在ロシア在住の中国人は 40 万人だ。リジヨワ、ヨッフエ、“Trans-border Exchange between Russia and China: The Case of Blagoveshchensk and Heihe,” *Eurasian Geography and Economics* 50, no. 3 (2009): 348-364, DOI:10.2747/1539-7216.50.3.348.
- *517 リジヨワとヨッフエによれば、アムール州の中国人移民労働者は 3 万 4000 人だが、公式統計では 435 人。同上。
- *518 B. Lo, “The Long Sunset of Strategic Partnership: Russia’s Evolving China Policy,” *International Affairs* 80, no. 2 (2004): 295-309. 島は結局、1991 年に中国領となった。
- *519 W-J Kim, “Cooperation and Conflict among Provinces: The Three Northeastern Provinces of China, the Russian Far East, and Sinuiju, North Korea,” *Issues & Studies* 44, no. 3 (September 2008): 205-227. “Development of Trade and Economic Collaboration between China and Primorye Discussed in Vladivostok,” http://vladivostoktimes.com/show/?id=48916&cs_day=22&p=30(accessed March

- 11, 2010).
- * 520 2004年、トルコは超大型タンカーでイスラエルに水を送る契約を結んだ。その後、中止と再開を繰り返しているが、イスラエルはトルコからパイプラインで水を引くことを提案している。C. Recknagel, "Can 'Wet' Countries Export Water to 'Dry' Ones?" Radio Free Europe, March 21, 2009, http://www.rferl.org/content/Can_Wet_Countries_Export_Water_To_Dry_Ones/1514322.html.
 - * 521 2009年時点で東ルートはほぼ完成、中央ルートは2014年完成予定で、議論を呼んでいる山地経由の西ルートは2050年完成予定だ。S. Oster, "China Slows Water Project," *The Wall Street Journal*, December 31, 2008.
 - * 522 P. Annin, *The Great Lakes Water Wars* (Washington, D.C.: Island Press, 2006), 303 pp.
 - * 523 ケベック州のロバール・ブーラサ首相とカナダ首相になる前のジョン・ターナー。R. MacGregor, "A Visionary's Epiphany about Water," *The Globe and Mail*, October 5, 2009, <http://www.theglobeandmail.com/subscribe.jsp?art=1311853>. Pp. 60-63, Annin, *The Great Lakes Water Wars* も参照。
 - * 524 モデル化研究は、GRAND 運河プロジェクトによってハドソン湾の春の氷の消失が毎年1か月遅くなり、生育期間のピークに気温はより低く、降水量は多くなって、沿岸部の植物相が変化し、沿岸部から森林が後退し、永久凍土が拡大する可能性を示している。W. R. Rouse, M-K Woo, J. S. Price, "Damming James Bay: 1. Potential Impacts on Coastal Climate and the Water Balance," *The Canadian Geographer* 36, no. 1 (1992): 2-7.
 - * 525 F. Pierre Gingras, "Northern Waters: A Realistic, Sustainable and Profitable Plan to Exploit Quebec's Blue Gold," Montreal Economic Institute, Economic Notes (special edition, July 2009), http://www.iedm.org/files/juillet09_en.pdf.
 - * 526 P. Micklin, "Project of the Century': The Siberian Water Transfer Scheme," ケンタッキー大学での会議 Engineering Earth; the Impacts of Megaengineering Projects (2008年7月21～24日)用に準備された論文。
 - * 527 2004年。"Luzhkov Wants to Reverse a River," *The Moscow Times*, December 10, 2002; N. N. Mikheyev, "Voda bez granits (Water without Limits)," *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo* 1 (2002): 32, 34。以下も参照。ピアス, "Russia Reviving Massive River Diversion Plan," *New Scientist*, February 9, 2009, <http://www.newscientist.com/article/dn4637-russia-reviving-massive-river-diversion-plan.html>; P. Micklin, "The Aral Sea Crisis and Its Future: An Assessment in 2006," *Eurasian Geography and Economics* 47, no. 5 (2006): 546-567, DOI:10.2747/1538-7216.47.5.546.
 - * 528 オビ川、エニセイ川、レナ川から大量の淡水が北極海に流れ込むと、その大半が海水となって、最終的にはフラム海峡か北極諸島を通して北大西洋に入り、そこで解けて、海面の水の塩分を薄め、その結果、熱塩循環の深層水の沈下を妨げる。

- * 529 ESA 初の CryoSat 衛星は約 1 億 4000 万ユーロのコストを要したが、2005 年に打ち上げに失敗して大破。続く CryoSat-2 は 2010 年 4 月に無事に打ち上げられた。NASA は 2003 年に ICESat 1 号機を打ち上げ、現在は ICESat-II および DESDynI を 2015 年の打ち上げに向けて建造している。NASA のこれら 3 つの衛星ミッションの設備投資は総額 20 億米ドルになりそうだ。くわしくは *Earth Science and Applications from Space: National Imperatives for the Next Decade and Beyond*, Committee on Earth Science and Applications from Space: A Community Assessment and Strategy for the Future (Washington, D.C.: National Research Council, 2007), ISBN: 978-0-309-10387-9, 456 pp を参照。
- * 530 この段落は、アラスカ州ノーススロープ沖での米海軍演習、ノルウェーが先ごろイージス装置搭載の武装フリゲート艦 5 隻と F35 ジェット戦闘機 50 機近くを購入したこと、サムスンが極地用タンカーで LNG ガスを北極海から輸送しようと計画していることなど、本書ですでに触れた内容に言及している。2008 年に米内務省鉱物資源管理局が北極海沖のリース権売却によってエネルギー関連企業から受け取った額は、総額 27 億米ドルにのぼった。
- * 531 北極評議会、*AMSA, Arctic Marine Shipping Assessment 2009*, 77-79。
- * 532 世界の地図データの GIS 分析から、私が算出した世界の地球表面、陸地、氷のない陸地、氷も永久凍土もない陸地の面積は、それぞれ以下のとおり。世界全体では 5 億 877 万 9504 km²、1 億 4726 万 3072 km²、1 億 3280 万 1596 km²、1 億 950 万 8640 km²。北緯 45°以北では 7469 万 7936 km²、4036 万 4452 km²、3821 万 2960 km²、1710 万 72 km²。北極圏内では 2123 万 9512 km²、793 万 424 km²、615 万 9648 km²、27 万 1632 km²。北極圏（北緯 66.55°から北緯 90°）は本当に狭い範囲であることがわかる。
- * 533 「北極圏」のこの地理的定義は、2004 年の北極人間開発報告書で提案されたもので、次の地域が含まれる。アラスカ州全域、カナダの北緯 60°以北およびケベック州北部とラブラドル、グリーンランド全域とフェロー諸島、アイスランド、ノルウェー最北部の各県、スウェーデン、フィンランド。ロシアではムルマンスク州、ネネツ自治管区、ヤマロ・ネネツ自治管区、タイムイル自治管区、チュクチ自治管区、コミ共和国のボルクタ市、クラスノヤルスク地方のノリリスクとイガルカ、サハ共和国の北極圏に最も近い地域。Pp.17-18, *Arctic Human Development Report* (Akureyri, Iceland: Stefansson Arctic Institute, 2004), 242 pp.
- * 534 北緯 45°以北のアメリカ北部。アラスカ、アイダホ、メイン、ミシガン、ミネソタ、モンタナ、ニューハンプシャー、ニューヨーク、ノースダコタ、サウスダコタ、バーモント、ワシントン、ウィスコンシンの各州はすべて、北緯 45°線以北をかすめており、第 1 章の「ニュー・ノース」の定義によって NORCs に含まれる。ニューヨーク州を除くと、NORCs の合計は GDP が 5 兆 9440 億ドル、陸地面積が 3183 万 7087 km²、

- 人口が2億3505万9000人に減少する。
- *535 いわゆる「資源の呪い」は、天然資源が豊富な国は資源不足の国ほどうまくいかないという経験的証拠をさしているが、その理由については一致した見解はほとんどない。以下を参照。M. L. Ross, "The Political Economy of the Resource Curse," *World Politics* 51 (1999): 297-322; C. N. Brunnschweiler, E. H. Bulte, "The Resource Curse Revisited and Revised: A Tale of Paradoxes and Red Herrings," *Journal of Environmental Economics and Management* 55, no. 3 (2008): 248-264.
- *536 北極圏経済の大部分は商品輸出をベースにしている。GDP比では公共サービスが20～40%、輸送が約5～12%、観光と小売りは特定の地域のみで大きなシェアを占める。2001年、北極圏経済は総額2300億米ドル（購買力平価）で、この場合の北極圏の定義は以下のとおりだった。アラスカ州全域（アメリカ）。ユーコン準州、ノースウエスト準州、ヌナブト準州、ヌナビク、ラブラドル地方（以上、カナダ）。グリーンランドおよびフェロー諸島（デンマーク）。アイスランド。ヌールラン県、トロムセ県、フィンマーク県、スバルバル諸島（以上、ノルウェー）。オウルおよびラップランド（フィンランド）。カレリア共和国、コミ共和国、サハ共和国、アルハンゲリスク州、ムルマンスク州、チュメニ州、カムチャツカ地方、マガダン州、ネネツ自治管区、ハントゥイ・マンシ自治管区、ヤマロ・ネネツ自治管区、クラスノヤルスク辺区、タイムイル自治管区、エベンキ自治管区、コリヤーク自治管区、チュクチ自治管区（以上、ロシア）。「公共サービス」には行政、医療、教育が含まれる。
"Economic Systems," pp. 59-84 of *Arctic Human Development Report*.
- *537 NTCL（1934年にNorthern Waterways Limitedとして創立）は1985年にInuvialuit Development CorporationおよびNunasi Corporationに買収され、100%民間の先住民企業になった。くわしくは<http://www.ntcl.com/about-us/history-timeline.html>を参照。