

気候変動と文明の崩壊

明石茂生

1. はじめに

人類は過去1万年の間に農耕を契機に飛躍的な発展を遂げ、盛衰があるものの高度の文明を築いてきた。しかし、この人類の加速的な発展の前には、移動性の狩猟採集生活が長い間営まれてきており、定住型の農耕形態とは異質の生業が採用されてきたことも確かである。人類が生業形態を変えて農業を採用するようになった背景に、1万5千年ほど前から始まった気候の大変動が絡んでいたことは、考古学と古気候学の成果から次第にわかってきている。ヤンガードリアス期という寒の戻りがあったとはいえ、その後1万年前から始まった完新世という安定的な気候温暖期に、地球の環境は劇的に変化し、その適応から農業は始まったと考えられているのである。

これは、環境の変化が人間の行動を変え、農業というその後の人類の発展に基本的につながる生業形態を採用させたということであり、ある種の環境決定論を彷彿させる考え方である。しかし、このことは気候風土が人間の発展の可能性を決定するという、単純な決定論を意味するのではなく、環境という所与の形で従来想定していた部分が大きく変化することにより、人間が集団として選択できる選択肢の内容や成果を根本的に変化させ、迎えることができる経路の内容がおおきく変更されたことを意味している。人類が生み出す成果は、起こりうる様々な可能性（自由度）のひとつである一方で、環境とりわけ気候の変化は、長期的にみれば、人類が辿りうる方向を大きく制約するという意味で、きわめて影響の大きいものである。

気候変動と文明の崩壊

完新世という気候の安定期においても、実際には寒冷化を伴う急激な気候変動が周期的に発生していたことが、古気候に関する最近の研究成果からわかってきており、地球規模で観察された急激な気候変動が、節目ごとに人間の活動に影響を与え、遺跡の盛衰にも連動していたという考えが提示されている。文明の盛衰は、それ自身の固有の要因のみならず、気候変動という環境要因の大変化にも直接的、間接的に影響を受けていたということであり、このことを完全に否定することはむしろ難しいとさえ思われる。もちろん、これは単純な環境決定論を提唱することと同じではない。

本稿は、このような環境に関する関心と問題意識を前提にしながら、気候変動が文明の盛衰、とりわけ国家の盛衰にどのように連繋していくのかを改めて探っていきたい。内容としては以下の通りである。次節では、完新世における急激な気候変動を簡略して紹介し、第3節では、幾つかのイベントとして発生していた地球の寒冷化現象に対応させながら、人類の活動の変化を年代順に紹介していく。第4節では、気候変動と国家の衰退を繋げる関係を、前近代社会を前提しながら理論的視点から考察していく。その際、自然、経済、政治の領域をシステムとしてとらえ、その相互作用を想定することにより、単純な決定論からの離別が図られるはずである。第5節ではさらに近代社会の特質を簡略にとりあげ、改めて気候変動との関わりを再考することになる。

2. 完新世の気候変動

古気候学によれば、1万5千年ほど前に晩氷期から後氷期に入って気候が大変化し、温暖化が始まった。1万2800年ほど前にヤンガードリアス期という寒の戻りを経た後、1万1700年ほど前から完新世という安定した温暖期が始まり現在に至っているとされる。近年になって、年輪、氷床コア、湖沼・内湾での堆積物など、「年縞」と呼ばれる年代毎に蓄積された対象物の成分を分析することにより、高精度の気候変動が解析され、そ

気候変動と文明の崩壊

の変動の様相がわかってきている。それによれば、高緯度地域では東西ともに晩氷期の急激な寒冷化時期であるハインリッヒ・イベントやヤンガー・ドリアス期という温暖化後の寒冷化時期が同調して観察されたのに対して、後氷期の温暖化開始時期は東洋の中緯度地域のほうが西洋の高緯度地域より500年ほど先行しており、逆にヤンガードリアス期の開始が300年ほど遅れるという、時期上のずれが観察されている（安田2004: 152-54）。また温暖気候が定着したとされる完新世においても、その気候は幾つかの広範にわたる寒冷化現象に中断され、寒冷化はだまかに1500年±500年ごとに発生していたのである（Bond et al. 1997）。

千年単位の気候の変化は、地球上の気候区の変化をもたらし、対応して生態系の変化を促していた。とりわけ、晩氷期から後氷期への温暖化は、気圧配置や寒冷前線の位置を変え、中高緯度地域の植生に大幅な変化をもたらし、呼応して動物の分布をも大きく変化させることになった。人類が移動型の狩猟採集生活から定住型の狩猟採集生活に生業を変化させ、最終的には栽培と飼育に代表される農業と牧畜業を創造し発展させていった背景に、晩氷期から後氷期にかけて気候大変動があったことは見逃せない。さらに、完新世においてもみられた周期的な寒冷化現象は、程度の差があるといえ、人類の生業形態ないしは組織形態におおきな刺激を与え、その変化（進化）を促していたと考えられる。

気候変動の要因として、一般に、大気と海洋の相互作用、火山活動、大気成分の変化、太陽放射の変動などが指摘されてきた。大気の全般的な循環は気候と密接な関係があり、その変動は海洋や地表の状態との力学的・熱力学的なフィードバックによって増幅される。とくに海洋は膨大な蓄熱能力をもち大気の冷・熱源として役割を果たして、長期的で地球規模の影響を気候にあたえる。火山活動は、噴火により火山灰や硫化ガスを成層圏に吹き上げて、太陽から地球への輻射熱を減少させる。また水蒸気、二酸化炭素、オゾンなど大気ガス成分の変化は、いわゆる温室効果を発生させ

気候変動と文明の崩壊

て気温上昇をもたらすと考えられている。ちなみに、海洋は水蒸気の巨大な補給源であるとともに、二酸化炭素などの貯蔵庫でもあり、その表面温度の変化に対応して大気濃度を変化させる関係があるといわれている。

最後の太陽放射であるが、前者3つの要因が地球の温度変化を増幅させる効果を説明していたのに対して、太陽放射の変動は地球に直接的な影響を与えるわけであり、第一次的な要因としての重要性をもっている。太陽放射は、黒点活動などを通じ、それ自体周期的に変動するものとして観察されているが、他方では地球軌道や地軸の変化によっても実質的に太陽放射量が変化し、地球の温度に影響を与える。地球の公転軌道は楕円であり、その離心率は約10万年の周期で変動する。地軸の傾斜も約4万年の周期で変動し、さらに春分点の歳差運動があり、その太陽との距離は約2万年の周期で変化する。これら3つの周期的変化の複合により地球への太陽放射エネルギーは変化するものであり、実際氷期における気温の推移は公転軌道、地軸、歳差運動による理論値と符合していたのである¹⁾。

産業活動による温暖化ガスの増加が顕著となった現代を除けば、二酸化炭素など大気成分の変化は、海洋表面温度や大気温度の変化によって促され、その変化は決して無視できないとはいえ、増幅効果をもった派生的要因とみることができる。また火山活動は散発的であり、そのスクリーン効果が時間的に一時的であることを考慮すれば、二次的要因とみなされ、結局、気候変動の第一次的要因として太陽放射の変動を、その主要な増幅

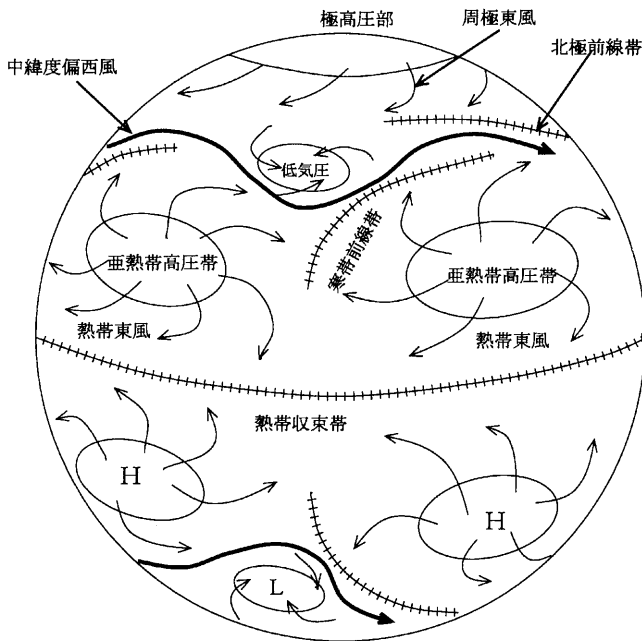
1) いわゆるミランコヴィッチ理論の検証であるが、その経過については Imbrie and Imbrie (1979: 164-72) が参考になる。公転軌道の周期的変動が気候に与える影響についてはさらに Bradley (1999: 35-46, 280-83) も参照されたい。深層海流と突然気候変動については、Broecker (2003), Street-Perrott and Perrott (1990) を参照。急激な気候変動 (Abrupt Climate Change) については近年関心が高まっており、人間の活動が気候に及ぼす影響も含めて、その概要については Alley et al. (2003) などを参照されたい。さらに、南極地域の大気や周極海流の変化が太平洋ならびに大西洋の気候と連動していることが指摘されており、急激な気候変動の引き金として注目されている (Lamy et al. 2004)。

気候変動と文明の崩壊

要因として（雪氷圏の変化を含めた）大気・海洋相互作用をとりあげることが自然となる。

大気循環モデルとしては、一例として図1のような構図で描かれるが、北緯（南緯）30度付近に亜熱帯高圧帯が、極地には極高圧部が形成され、風向の大枠を決めている。北半球では北極から東風の周極風が吹き、亜熱帯高圧帯の北側では中緯度偏西風が、南側では熱帯東風または北東貿易風が吹く（南半球では逆になる）。さらに亜熱帯高圧帯と極高圧部に挟まれる形で寒帯低気圧（亜極低圧帯）が発生し、偏西風と亜熱帯高圧帯からの東風がぶつかる境に寒帯前線帯（Polar Front）が、そして寒帯低気圧を回る偏西風と北（南）極からの周極風がぶつかる境に北（南）極前線帯が形成さ

図1 地球の風系モデル



気候変動と文明の崩壊

れる。赤道付近では北半球と南半球の熱帯東風が収束して上昇気流に転じ、熱帯収束帯 (ITCZ: Intertropical Convergence Zone) が形成される。また、熱帯収束帯と亜熱帯高圧帯、亜極低圧帯、極高圧部の間には上空に(ハドレー循環などの) 大気循環が存在し、その高層にはジェット気流が流れている。

世界の降水量の多寡は基本的に熱帯収束帯と寒帯(極) 前線帯の移動によって支配されている。収束帯と前線帯の移動は、極高圧部と亜熱帯高圧帯の勢力の変化によって影響を受け、これらは夏冬の太陽放射の変動に影響されて位置を変更する。また、北半球においては陸地の面積が大きく、とりわけチベット高原やシベリア平原における地表温度の変化が海面温度との差を生み、夏冬特有の気圧配置を形成して、熱帯収束帯の移動とともにモンスーン現象を生み出す。さらに、風向の変化により海流の変化が促され、海洋の表面温度の分布が変化することがある。これは翻って気圧配置の変更をもたらす風向の変化を促す。エルニーニョ・南方振動 (ENSO) のように、太平洋赤道東部の海水温度の変化が赤道付近の気圧配置の変化を促し、世界中の気候変化へと連動することになる。同じように北大西洋上の南北気圧勢力の変化 (NAO) は、欧州・地中海、中東、北アメリカなど広範囲の気候変動に連動することが指摘されている。さらに、アイスランド、ラブラドル・グリーンランド沖を起点として大西洋、インド洋、太平洋へと海底をゆっくりと流れ、循環する深層海流 (the Great Ocean Conveyor Belt) の存在は、地球の温度を安定化させる機能をもつものとして認識されてきている。北大西洋亜極域の寒冷化によりその循環が阻害されたとき、気候は急激に変動し不安定化すると推測されている。

世界の気候区は、緯度や高度といった地理的位置のみならず、世界の風系とその影響を受ける降水量に大きく依存している。土壌や植物の分布も気候区に対応して決まり、動物の生息地域も派生的に気候に条件付けられる。人間も適応性が高いといえども、その生業が動植物に依存している点

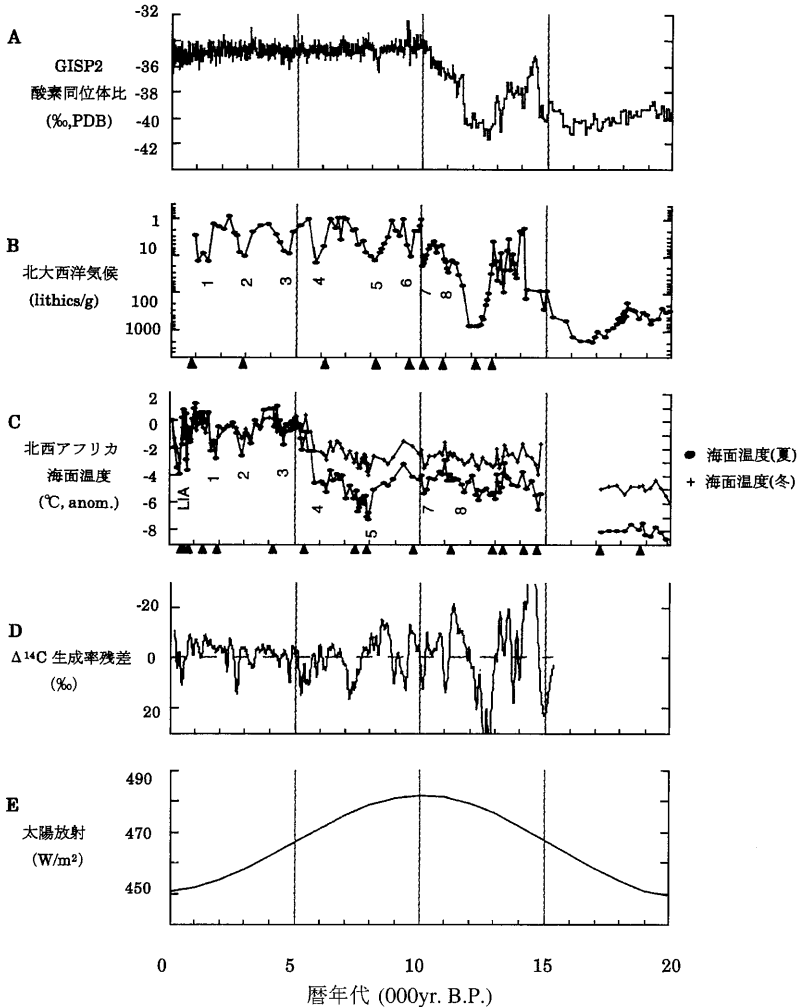
気候変動と文明の崩壊

で、気候の変化に大きく影響を受けざるをえない。気候の変動は、数十年、百年、千年単位で発生しているが、先に述べたように完新世という気候の安定した時期においても、気候区の変化をもたらすほどの大きな変動（寒冷化）が千年単位のレベルで発生していたことがわかっている。寒冷化は、赤道地域と極地域の温度差を拡大させて、大気循環を活発化させ極前線の発達を促して、高緯度地域の雪氷圏を拡大させる。その結果、極高圧部の発達をもたらし、全般的に寒帯前線帯を赤道方向へ移動させる。さらに熱帯収束帯も、大陸の地表温度、偏西風の位置や両極高圧部の勢力の相違などにより、その移動の範囲が変わってくる。寒冷化は5500年前に生じたサハラ砂漠の乾燥化のように、全般的な気温低下と乾燥化を想像させるが、実際は高緯度地域の寒冷化とともに亜熱帯高圧帯、寒帯前線、熱帯収束帯がその位置を変えて気候区が変更し、それによって乾燥化は引き起こされると考えるべきである。

人類は完新世になって気候の変動とともに農業・牧畜業を発展させ、国家の形成を中心として文明の内容を発展させてきたといえるのであるが、その1万年にわたる完新世の気候変動の様子を東西にわたって次の図のように一望することができる。図2Aはグリーンランドの氷床コアの年縞に含まれた酸素同位体の比率を表しており、晩氷期の終局から間氷期(B-A=ベーリング・アレレード期)、ヤンガードリアス期を経て完新世(Holocene)にはいるまで、(気温の代理指標である)酸素同位体比は大きな変動を示しているのに対し、完新世に入るとその変動は小さくなっている。この結果から、完新世の気候は安定化していたと解釈されてきたのであるが、その内容をより詳しく分析すると、完新世になっても急激な気候変動が発生していたことがわかってきた。図2B、2Cは北大西洋の亜極区域と亜熱帯区域における海面温度(代理指標)の推移を表している。図からわかるように、完新世になってもボンド・サイクルと呼ばれる8つの寒冷化のイベントが発生しており、亜極・亜熱帯区域ともにほぼ同調していることがわ

気候変動と文明の崩壊

図 2



deMenocal (2001: Fig. 2) を一部改変。図 A は Greenland Ice Sheet Project 2 (GISP2) からの酸素同位体データ、図 B は Bond et al. (1997)、図 C は deMenocal et al. (2000a)、図 D は ¹⁴C 炭素同位体比残差のデータ (e.g. Stuiver et al. 1998) に基づいている。図 E は北緯 20 度の夏季 (6, 7, 8 月) 太陽放射量を表す。図 B, C 中の数字はボンド・サイクルの各イベントを表し、年代軸の三角マークは年代測定点を表す。

かる。さらに、5500年前ごろから北大西洋亜熱帯区域では海面温度が上昇し、他の指標から乾燥化が始まっていることが確認され、およそ14800年前から5500年前まで湿潤であり緑のサハラであった地域が砂漠化し始めたと考えられている (deMenocal et al. 2000a)。

図2Dは炭素同位体比偏差を表しており、太陽活動の代理指標として解釈されている。これを図2B、Cと比較すると必ずしも同調しているとはみえないようであるが、他の研究では北大西洋亜極区域の気候変動は太陽活動と密接な関係にあることが示されており、太陽活動との関係は無視できない (Bond et al. 2001)。そして、図2Eは北緯20度における6、7、8月の太陽放射エネルギー量を表している。1万年前をピークに放射量が減少していることがわかり、北アフリカの乾燥化が基本的には太陽放射の長期的な変化に対応して生じていたことが推察できる (deMenocal et al. 2000b)。

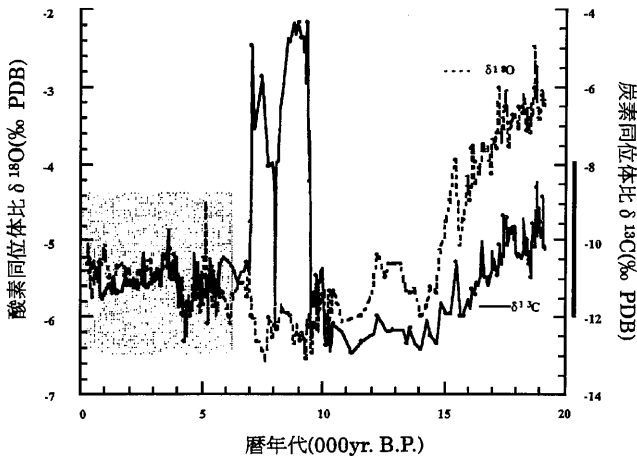
図3はイスラエルのソレク洞窟 (Soreq Cave) の石筍から抽出された酸素同位体比偏差 ($\delta^{18}\text{O}$) と炭素同位体比偏差 ($\delta^{13}\text{C}$) をそれぞれ表したものである。 $\delta^{18}\text{O}$ は気温が一定である限り降水量と負の相関関係があり、湿潤度を表す代理指標となる。他方、 $\delta^{13}\text{C}$ は $\delta^{18}\text{O}$ との対比で環境を表す代理指標となり、夏期に繁茂する草本類の頻度が高くなる状況では値が高くなるのに対し、冬期の比較的冷涼湿潤な環境で繁殖する樹木類の頻度が高い状況では値が低くなる (Issar and Zohar 2004: 25, 32)。

図3からわかるように、晩氷期である2万年前から $\delta^{18}\text{O}$ は急激に低下をしていき、1万4500年前頃に最低になった後、ヤンガー・ドリラス期の一時的な上昇の後、再び低下し6500年前まで現在より低い値をとり続けていた。6500年前から上昇し現在と同じ水準を維持している。 $\delta^{13}\text{C}$ の方は、同じく晩氷期から間氷期まで低下を続け、現在より低い値をとっていたが、9500年頃から値は急上昇し高い値を維持した後、6500年頃前から現在の水準に低下している。

これらのことは、1万5千年前まで降水量が増加して乾燥気候から湿潤

気候変動と文明の崩壊

図 3



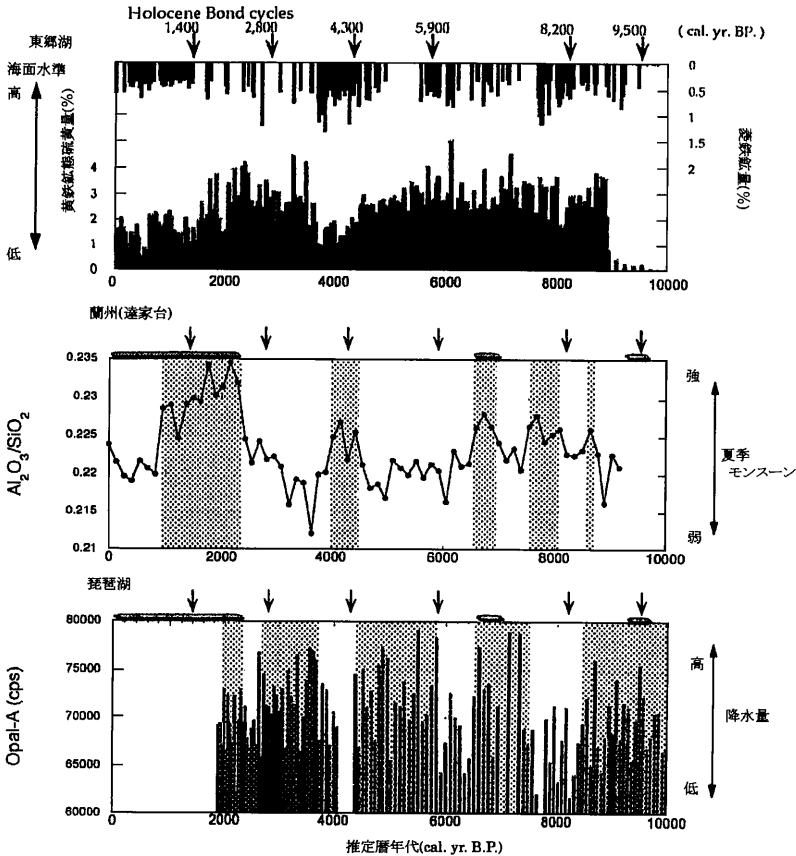
Bar-Matthews et al. (1998: Figure 9.1.) を一部改変。年代推定は 230Th/234U 法によっている。両縦軸の縦線は現在における変動範囲を表わす。

気候に変わったことを意味し、 $\delta^{13}\text{C}$ の値から冬雨による湿潤化であったと推測される。9500年から6500年の期間は冬雨のみならず夏雨も加わり、湿潤の度合いはさらに高まった。6500年前から気候は現在と同じ地中海性気候に変わったと考えられる。冬雨は寒帯前線（ポーラーフロント）の南下によるものである一方、夏雨は熱帯収束帯の北上（または偏西風の蛇行による低気圧の発生）によるものと考えられ、北アフリカの湿潤化が9500年から6500年前までに東地中海沿岸にまで及んでいたということであろう (Bradley 1999; 323)。

図 4 は、鳥取県の東郷湖、中国黄土高原（達家台）、琵琶湖の堆積物の成分分析から得られたデータを示し、それぞれ海面水準、夏季モンスーン、降水量の代理指標となっている。それらは1万年前からの完新世の状況を示しているが、それ以前についても状況がわかっている。福澤仁之の研究によれば、1万年前までは夏季モンスーンの活動は弱く（冬季モンスーンは

気候変動と文明の崩壊

図 4



福澤 (2002: 167, Fig. 19) を一部改変。各図上部の矢印はボンド・サイクルの各イベント時期を表し、中段，下段の図上部に描かれた卵形の領域は中国における温暖期を表す。

活発)、偏西風が強かったのに対し、1万年前頃から夏季モンスーンが急に活発化し、海面が上昇し始め、洪水が頻繁に起こるようになった (Fukusawa 1999)。1万年以後では、図 4 からわかるように、寒冷化に対応したイベント (ボンド・サイクル) が東アジアでも観察され、寒冷化と海面水準の低下、

夏季モンスーンの衰弱が連動してみられる。ただし、日本の琵琶湖（近畿地域）降水量がボンド・サイクルに対応して変動しているのに対し、中国黄土高原における夏季モンスーンは必ずしも対応して変動していない。中国黄土高原のデータは、夏季モンスーン活動そのものよりむしろ湿潤化の程度を表すものと考えた方がよく、寒冷期に中国において湿潤化する現象は、太平洋から吹いてくる夏季モンスーンと中緯度偏西風との関係で南下する寒冷気団との狭間で発生する寒帯前線（ポーラーフロント）が活発化・継続化することにより発生するものと考えられる (An et al. 2000)。

3. 気候変動と文明の盛衰

完新世には、ボンド・サイクルと称して 1500±500 年ごとに 8 つの寒冷化イベントが生じていた (Bond et al 1997)。これにヤングドリラス期と小氷期が加わって 10 のサイクルが存在することになる。これらの中で人間の活動との関係があると推定されるのは、イベント 0 (小氷期 400B.P.)、イベント 1 (1400B.P.)、イベント 2 (2800B.P.)、イベント 3 (4300B.P.)、イベント 4 (5900B.P.)、イベント 5 (8200B.P.)、ヤングドリラス・イベント (12500B.P.) の 7 つである²⁾。ワイス (Weiss 2000) によれば、完新世における突然の気候変化は 12800、8200、5200、4200B.P. に起きており、その反応として何らかの文明 (文化) の崩壊が生じているという。彼は、イベント 3 からヤングドリラス・イベントに注目しているわけであるが、とりわけ 4000 年前前後に生じたイベント 3 の寒冷化は、東地中海、北アフリカ、西南アジア、インダス流域という広範囲にわたって、文明の崩壊ないし衰退をもたらした点で特記すべきイベントであったという。

7 つの寒冷化イベントが反応過程として文明の崩壊・衰退ないしは変容

2) 年代は暦年代ないしその推定値の形で表示されている。炭素測定年代であれば、年輪補正が施された較正值で表示され、未較正值の場合は ¹⁴C 年代値と明示することにしてある。年代値は、1950 年から溯った値 (B.P.: Before the Present) か、西暦 (紀元後 A.D., 紀元前 B.C.) のどちらかで表示されている。

気候変動と文明の崩壊

をもたらしたという命題は、東地中海・西南アジアという地域に限定されたものでなく、地球規模の現象であったといえるようである。これは寒冷化という気候変動が局地的ではなく、地球規模にわたる急激なものであり、気候区の変化をもたらして、経済システムを変容させ、その基盤に乗った政治システムの動揺・崩壊をもたらしたものと考えられるからである。しかしながら、1万5000年ほど前に生じた晩氷期から後氷期への温暖化という現象が、人類が文明化への道を辿り始めた出発点であったことはいうまでもないし、1万年前をピークとし以後減少に転じるという、公転軌道による太陽放射の絶対的な変化が寒冷化イベントのインパクトを変え、急激な気候変化の引き金になった可能性も留意しておかなければならない。

ヤングドリラス・イベント

ヤングドリラス期という寒の戻りは、レバント回廊（シリア・パレスチナ）のナトゥーフイアンの人々に麦の栽培という農耕へのきっかけを作ったといわれている。1万5000年前の温暖・湿潤化のなかで、落葉ナラを中心とする森が拡大し、人々は草原から森林へ移住してナトゥーフイアン文化という定住型の狩猟採集生活を営んでいったと考えられている。安田喜憲によれば、1万2800年ごろに始まる気候の寒冷・乾燥化は、森林の生産性を落として食糧不足をもたらし、その結果、森林と草原の狭間にある湿原で生育していた野生麦を取捨選択して、栽培化への道筋をつけたというのである（安田2004: 201-5）。しかるに、シリア、アレッポの東にあるアブ・フレイア遺跡からは13000年前のライムギの栽培種が発見されており、時期的にはヤングドリラス寒冷期直前であった（Hillman et al. 2001）。栽培化自体は、寒冷化以前に進められていたのであり、寒冷化は生業の重心を農耕の方へより進めるプッシュ要因であったと考えた方がよいようである。

他方で東アジアに眼をむけると、後氷期に向けての温暖化がより早く1

万6500年頃前には始まっており、対応して中国や日本においてこの時期、土器が発見されている(安田2004:164-69)。生態系が温暖化とともに変化し、広葉樹林の森林が拡大し、それに適応した定住型の土器文化が発達していった。アジア(夏季)モンスーンも東郷湖のデータでは1万年ほど前から急に活発化したとされるが、他の地域(中国大連、韓国済州島)では1万5000年ほど前から活性化が窺われ、インド洋においても同じ時期インド(南西)モンスーンの活性化が窺える³⁾。公転軌道の変化による太陽放射の上昇は、氷河に蓋われた北大西洋亜極区域より太平洋・インド洋を中心として熱帯区域の海面温度を先に上昇させ、シベリアとオーストラリアの大陸性高気圧の季節的な変動との組み合わせにより、アジア・モンスーンの活性化を促したと考えられる。東アジア・インド地域の温暖化は風系の変化とともにいち早く進行し、ヤンガードリアスの影響は逆に弱かった。このような温暖化に対応して、野生稲の北限も北上し、長江流域に達したとされ、その後の気候変動をきっかけに栽培化へ進んでいったのであろう。長江中流域では、1万4000年前にまで溯るとされる稲の栽培種のプラント・オパールと粳穀が発見されている⁴⁾。

中南米ではカボチャ、トウモロコシ、ヒョウタンなどの栽培種のプラント・オパールが完新世前期(1万年前~7000年前)のものとして、エクアドル、コロンビア、アマゾン東部、パナマ太平洋岸などの熱帯雨林地域から発見されており、7000年前にはトウモロコシ耕作が行われていたのではないかと推測されている(Piperno and Pearsall 1998:182-239)。さらにニュー・ギニア高地においても、1万年ほど前にある種の農耕が行われていた証

3) 福澤(2002:326,337)、安田(1990:95-97)。

4) 徐(1998:39)。中国江西省吊桶環遺跡の調査から、11,000B.C.頃では稲の野生種ないし中間種が圧倒的であったが、9000-8000B.C.になると栽培種が大きな割合を占めることがわかっている。この間のヤンガードリアス期にまたがった期間では、稲のプラントオパールが見られなくなるという(Zhao 1998)。最近、浙江省浦江の上山遺跡で1万年前に遡る栽培稲の粳穀が発見されたという(新華社、2005.1.22)。

拠が見つかっている (Denham et al. 2003)。このような栽培化に向けた地球規模の行動は、環境の変化それも地球規模の気候の変化によって促されたと推測され、晩氷期を経た温暖化による植生上の変化にこそ、栽培化という人類と植物の共進化過程が進行する出発点があったとも考えられる。そしてその後のヤンガードリアス期という寒の戻りを経て、完新世という急激な気候温暖化に呼応するように、地球規模で栽培化に向けて人類は一斉に行動を変えていったと考えられる⁵⁾。

定住化と農業への転化は別物であると現在考えられるようになっているが、1万5000年程前の環境の変化は、野生種の取捨選択と栽培化を地球規模で生み出し、西南アジアと東アジアではいち早く定住化が進んでいた(東アジアではすでに土器が作り出されていた)。しかし、このことは即、農業への転化を意味するのではなく、しばらくの間、狩猟採集と農耕の混合経済が続いていたのであり、中近東では8500B.C.頃に、中国では7000/6500 B.C.頃に、中南米では遅れて3000/2000B.C.になって、農業を主体とする村落形態がみられるようになった⁶⁾。

イベント5 (8200B.P.)

第2の急激な寒冷化は8200年ほど前(6400-6000B.C.)に起きているが、これはハドソン湾イベントとも呼ばれている現象であり、ハドソン湾に大西洋の海水が流入し大陸氷が急に融け、北大西洋の水温が低下したのであ

5) 中南米については、農業と土器の存在が遺跡において確認されるのは2000 B.C.頃であり、気候の温暖化との時間上のずれが無視できないほど長くなっている。このため、完新世前期の温暖化よりも5800年前のエルニーニョに関連した湿潤化に、農業の起源の関係があるのではないかという考えもある (Sandweiss et al. 1999)。

6) ただし、中南米の熱帯雨林地帯では7000年ほど前には農業が行われていたのではないかと主張されており、論争中である。中東、東アジア、新世界などの、最近の農業の起源に関する研究の概要については、Bellwood (2005: 51-54, 116-20, 148-58) を参照されたい。また、Yasuda (2002) 収録の各論文も参照されたい。

る。これにより、北アメリカ、アフリカ、アジアに急激な寒冷化と乾燥化が発生した⁷⁾。ソレク洞窟(図3)でもこの時期に $\delta^{13}\text{C}$ の急低下と $\delta^{18}\text{O}$ の上昇がみられており、アフリカ湿潤期の中にあつて急激な乾燥化があつたことを示している。東アジアでも同調して寒冷化がみられる(図4)。レバント回廊では先土器新石器時代Bから土器新石器時代に移行していく時期に相当する。シリアではアムーク文化が、北メソポタミアでは(プロト)ハッスーナ文化が、他にアナトリア、ザグロスで固有の土器文化が発生するが、パレスチナでは土器文化が生まれず発生まで500年遅れる。すなわち、この時期、定住型の土器農耕文化は中東では北部に偏っており、南部は乾燥化により農耕から遊牧へ生業を変えていったものと思われる。

アナトリア高原東方のヴァン湖の堆積物からの分析により、6400B.C.より5750B.C.まで低湿度の状態が続き、その後湿潤度は高まって4400/4300B.C.まで続くことがわかっている(Lemcke and Sturm 1997)。ソレク洞窟でも6500年ほど前まで高い降水量が窺われ、それ以降乾燥化して現在と同じ地中海性気候に変わったと推測されている(Bar-Matthew et al. 1998)。紀元前6千年半ばからは中東でも温暖湿潤化していったわけであり、6000B.C.頃に北メソポタミアではハッスーナ期に、中部メソポタミアではサマラ期に入り、依然として土器新石器時代にあつたのが、5500B.C.頃には北ではハラフ期に、南ではウバイド1期という銅石器時代に入っていく、以後4200B.C.頃までウバイド期と呼ばれるメソポタミア全土におよぶ考古学的時期に続いていく。この拡大時期がちょうど5500~4500B.C.の温暖湿潤時期に相当していることは興味深い。6000B.C.以降(とくに5000B.C.以降)は、他の地域をみても、農耕により重点がおかれた社会が形成されていく時期であり、ヨーロッパ、東アジア、メソアメリカ、ニュー・ギニアで村落ないし農耕の遺跡がみられるようになる。

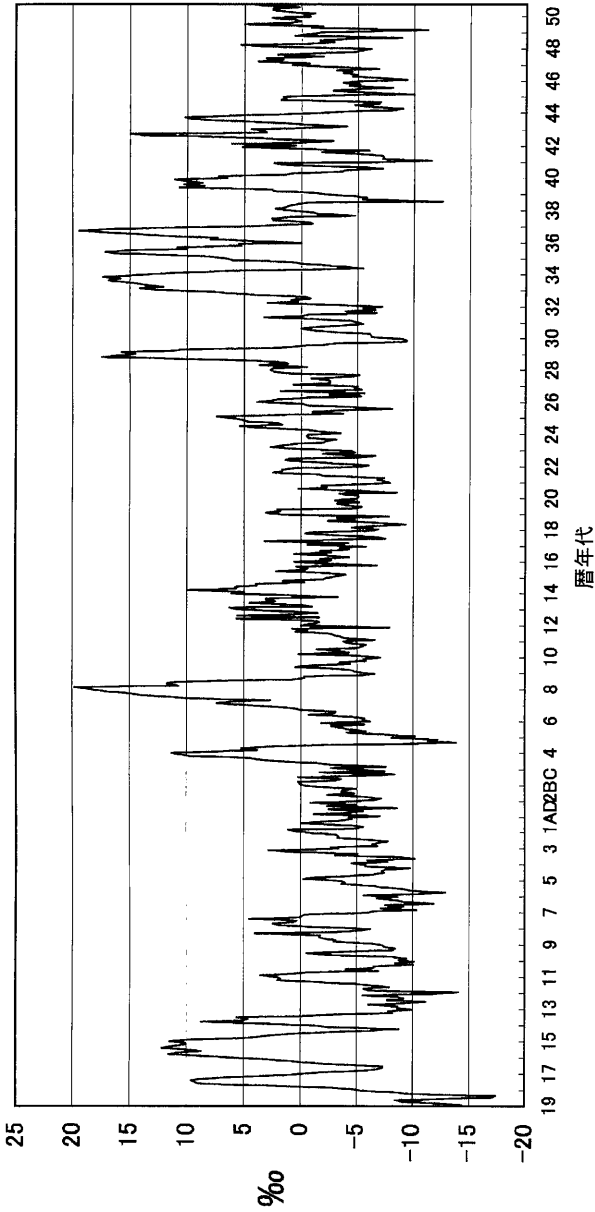
7) Barber et al. (1999), Hu et al. (1999), Street-Perrott and Perrott (1990)

イベント4 (5900B.P.)

第3の寒冷化は、5900B.P. (3950B.C.) 頃に設定されているが、4200~3200B.C. は気候区の大きな変化が起きた転換の時期であったといえよう。レバント回廊の時期区分では土器新石器時代から銅石器時代への移行期と銅石器時代から青銅器時代前期への移行期の期間にあたり、それぞれの移行期では乾燥化が生じていた (Issar and Zohar 2004: 28)。これはメソポタミアではウバイド期終末期からウルク期後期の期間にあたり、都市国家へむけて社会がおおきく変化していった時期に当たる。パレスチナ (ソレク洞窟) では4500B.C. 頃以降地中海性気候に転じ、アフリカの湿潤期は3500B.C. 頃には終わりを告げている。安田 (1990, 2000) によれば、3700 B.C. (14C 年代 5000B.P.) 頃に地中海、西アジア一帯に北緯 35 度を境にして以北では冷涼湿潤化が、以南では乾燥化が生じたという (安田 1990: 214-15, 2000: 129-35)。また、ワイスによれば、5200B.P. (3200-3000B.C.) に世紀規模の急激な寒冷・乾燥化が生じたとされ、ヴァン湖、オーマン湾、ソレク洞窟でそれぞれその証拠が確認されているという (Weiss 2000)。ウルク期が終わり、ジェムデド・ナスル期に入る時期であり、北シリア、北メソポタミア、南西イランにおいて独自の文化が現われ、南メソポタミア・シュメール文化は南方 (ペルシャ湾) に影響を与え始める。インドにおいても、北西インド・タール砂漠では、5000B.C. 頃に降水量が増えて湖が出現し、4200B.C. に急に水位が低下して3500B.C. 頃には枯渇してしまったという (Enzel et al. 1999)。

紀元前4千年紀が西アジア一帯における乾燥化への転換期であると述べたが、その引き金が公転軌道の変化とともに、図5に表れているように、太陽活動の衰退にもあるように思われる。図5は紀元前5千年紀から現在までの、世界各地の年輪標本から抽出された¹⁴C値偏差を表しており、高い値ほど¹⁴C濃度が趨勢から乖離して高くなっていることを示し、放射性炭素同位体の生成を阻む太陽活動が減衰していることを示唆している。

図5 △¹⁴C 生成率残差



Stuiver et al. (1998) の炭素同位体比残差データによる作図。

気候変動と文明の崩壊

これによれば、4200B.C. から 2800B.C. までひとときわ高い偏差が周期的に生じており、太陽活動の衰退が気候に影響を与えたことが窺えるのである。メソポタミアのウバイド期にみられた、水系単位の地域圏を緩やかにつなぐ祭祀ネットワークは、終末期に動揺をきたし、地域間のひとの移動を促して、最終的には解体して、ウルク期という、地縁的な專業集団と都市集住を特徴とする、階層社会が形成され、都市ならびに周辺地域を結び付ける交易ネットワークが拡大していった(小泉 2001: 205-6)。紀元前 4 千年末期にウルク期は崩壊し、紀元前 3 千年紀の初期王朝期という、都市間の覇権抗争時代に入っていく。抗争が終わり帝国へと統一されるのが、2350B.C. 頃のアッカド帝国成立時期である。

イベント 3 (4200B.P.)

紀元前 3 千年紀の末期になると、地球規模の寒冷化現象がみられる。ワイスによれば、4200~3900B.P. に急激な寒冷・乾燥化が起っており、先ほどのヴァン湖、オマーン湾、ソレク洞窟でそれぞれ変化が確認されている。その他、ドイツ西部(ホルツマル湖)、アフリカ東部(キリマンジャロ山)、ペルー北部(ワスカラン)、日本(東郷湖)などと、世界各地でこの時期急激な変化が認められている⁸⁾。ところが、図 5 の太陽活動の変化に関しては、急激な変化は認められない。そこで考えられることは、公転軌道による太陽放射の減少が蓄積してこの時期に不連続な気候の変化をもたらしたという可能性である。完新世中期から後期への変化がこの時期に起きて気候区が変化していることは確かであり、しかもその変化が急激であったということである。

寒冷化現象は、北半球では北極高圧部の拡大とともに、中緯度偏西風と寒帯前線の南下、ならびに熱帯収束帯(ITCZ)の南下を引き起こしたはず

8) それぞれ、Zolitschka and Negendank (1997), Thompson et al. (2002), Thompson et al. (2000), Kato et al. (2002) を参照。

であり、北大西洋では ITCZ の南下とともに亜熱帯高気圧が南下・拡大し、サハラ砂漠の乾燥化を進行させ、さらに西アジア（イラン高原）、タマラカン砂漠、ゴビ砂漠の乾燥・拡大化へと繋がっていった。北大西洋亜極区域では（おそらくアリューシャン海域においても）冬期に寒帯低気圧の発達を促し、ヨーロッパ西部の寒冷・湿潤化をもたらしたであろう。似た現象は南半球でも起きたはずであり、中緯度の乾燥地帯は北方に拡大したはずである。

紀元前 4 千年紀から 3 千年紀の時期は中緯度地域において温暖湿潤から寒冷乾燥へ変化していった時期であり、ユーラシア大陸では 4 大文明の発祥地域でそれぞれ農耕社会が一段と高度化していった時期でもある。しかし、4200B.P. のイベント 3 の影響については地域的な違いがみられる。2200~2000B.C. の間にメソポタミアでは異常気象が何度か生じ、北シリアの拠点集落が放棄されており、異常気象から派生した政治的混乱がアッカド帝国ならびにウル第 3 王朝の崩壊に繋がったと考えられている。エジプトでもナイル川の水位激減により、政治的混乱が引き起こされ、その結果古王国が崩壊し第 1 中間期に入っている⁹⁾。このような乾燥化と異常気象は、熱帯収束帯の南下と不活発化によるナイル上流域の降水量の減少、ならびに亜熱帯高圧帯の勢力拡大による北アフリカ・西南アジアの乾燥化に対応して発生したと考えられる。

インダス流域では、すでに乾燥化した気候の中でハクラ・ガガール流域の上流からインダス下流域まで至る都市国家群が生まれ、交易ネットワークを發展させていた（この時期タール砂漠は完全に砂漠化している）。イベント 3 はインダス文明には直接的な影響を与えたようには思われませんが、紀元前 2 千年紀に入り、1800B.C. 頃から乾燥化が急激に進行し、さらにハクラ・ガガール河の水路が東方に変更し、上流域と中流・下流域の分断化

9) メソポタミアについては Weiss et al. (1993), エジプトについては Hassan (1997), さらに金子 (2000) も参照。

気候変動と文明の崩壊

が進行して、インダス文明は生命力を失い、衰退していくことになる (Mughal 1990, Possehl 1997)。

中国では、紀元前3千年紀になると、気候は冷涼・乾燥化し、対応するように、黄河、長江流域で地域的な階層社会が発達し、都市の原型というべき囲壁集落が階層別に発達していった。しかしながら、4000B.P. 頃のイベント3に対応して発生した気候変動は、中国では乾燥化というよりは、急激な冷涼・湿潤化であったと考えられる。図4のように、黄土高原の夏季モンスーンはこの時期活発化し、湿潤化したことが窺われるのである。寒冷化により、中緯度偏西風が蛇行、南下し、他方太平洋高気圧が何らかの形で拡大して、夏にモンスーンを活発化させて、寒帯前線（ポーラーフロント）を刺激し続けたと考えられる。この冷涼・湿潤化は黄河、長江中流・下流域に洪水を引き起こし、ある段階まで高度化していた地域的社会的基盤を破壊してしまったと考えられる。各地域文化はその後衰退し、代わって被害の少なかった黄河中流域（中原）に初期王朝（夏王朝）が生まれ、中国は青銅器時代に入っていくのである¹⁰⁾。

イベント2 (2700B.P.)

イベント2の寒冷化が発生した時期を暦年代に直すと、750B.C. 頃になるが、より解像度の高いグラフ (Bond et al. 2001) によれば、750B.C. の他に1200/1300B.C. にもうひとつのピークがあり、図5の14C 偏差でもその時期にピークが観察される。イベント2の寒冷化は、この意味で、太陽活動の急激な減衰によって引き起こされたと推定できるわけであり、とくに前半の寒冷化に関しては太陽活動の減衰が1400B.C. からすでに始まっており、1, 2世紀ほどの遅れをともなって寒冷化が生じていることになる。西南アジアの気候は、イベント3の寒冷化以後、1600B.C. 頃から回復して温暖化に転じ、1500/1400B.C. に温暖のピークを迎え、1200B.C.

10) Stanley et al.(1999), Wu and Liu (2004), 王 (2004) を参照。

気候変動と文明の崩壊

頃に突然寒冷化した (Issar and Zohar 2004: 160-1)。さらに 750B.C. を中心とする寒冷化については、突然起こった気候変動と考えられており、大気循環と深層海流の変化などにより地球規模で発生していたと推定されている (Geel and Rensen 1998)。

この時期の政治・社会上の変化は、遺跡、記念碑、文献などにより、東地中海一帯に王国の崩壊、都市の略奪・破壊、民族移動があったことがわかっている。考古学上の時代区分でも、青銅器時代後期から鉄器時代初期に移行する時代の節目であった。東地中海では、「海の民」の侵攻によりミケーネ王国、ヒッタイト新王国が崩壊し、アナトリア・レバント沿岸都市は略奪・破壊され、それはエジプト新王国にまで至り、さらに混乱は他の地中海沿岸にまで及んでいた (Issar and Zohar 2004; 165)。

「海の民」はエーゲ海・ミケーネ文化圏の住民らしいが、民族移動はそれだけでなく、この時期、アルメニア人、フリギア人のアナトリア侵入、ドーリア人のバルカン半島南下などが並行してみられる。ヨーロッパでは 800~700B.C. 頃に気候が悪化し、スカンジナビア半島からユトランド半島にかけて居住していたゲルマン民族が、低ザクセン地方 (ドイツ北西部) に移住を開始し、その結果ケルト民族はライン河東岸から追い出された。ケルト民族はライン河流域からローヌ河沿いに南下し、その後のヨーロッパ各地への拡散を決定づけることになった (鈴木 2000: 104-105)。

ロシアとその周辺地域では、イベント 3 の寒冷化以後 (4500-3500B.P.) の影響は全般的な寒冷・乾燥化であり、農耕から遊牧への生業の転化を促したが、イベント 2 に関わる 3400/3300~2800/2700B.P. 頃には好転し、湿潤化したという (Krementski 1997)。ウクライナ東部では同様な傾向をみせながらも 1300B.C. から 800B.C. にむけては乾燥化してステップが拡大した (Gerasimenko 1997)。他方、鈴木秀夫によると、中央アジアのステップ・砂漠地帯は逆に湿潤化したらしい (鈴木 2000: 95-96)。おそらく、これはイベント 3 以後前半においてみられた現象であろう。イベント 2 が関わる

気候変動と文明の崩壊

3400/3300B.P.以降では、バルハシ湖の水位が下がっていることから、反対に乾燥化がこの地域で進行したと思われる。イベント3では乾燥地域がロシア南部まで北上する一方、寒帯前線の南下で中央アジア一帯は冬期に湿潤化したと考えられる。しかし、イベント2ではさらに寒冷化して気候区全般が南下して中央アジア付近を乾燥化させたと思われる。イベント3とイベント2の影響の違いは、中緯度偏西風の位置と蛇行状況の違いにも拠っていたのであろう。中央アジアにおける1000~800B.C.の乾燥化は、この地域に強力な遊牧騎馬民族を誕生させ、世界史に大きな影響を与えることになった。

インドでは、1500B.C.以降、インダス文明がすでに地域的に分裂し、衰退していた後に、アリア人が北方からパンジャブ地方に侵入し、ヒマラヤの麓から東方ヒンドスタン平原に展開し、生業を遊牧から農業へと変えていき、500B.C.頃には平原に都市を中心にした小国家が並立するまでになる。中国では、紀元前1000年初めに商(殷)王朝が減ほされ、周王朝が成立した(西周)。紀元前770年には遊牧民族の侵入と諸侯の内紛により周王朝が分裂し、最終的に都を洛陽に置いた東周が成立し、以後春秋時代に入ることになる(尾形・平勢1998:121-25)。これら一連の動きがイベント2の寒冷化ピークの間起きていたことは、興味深い。さらに、最近の年代推定により、日本の弥生時代早期が紀元前900年頃には始まっており、韓国では紀元前10世紀に灌漑式水田稲作が始まっていたが、100年以内には九州北部に伝播していたであろうとされている(春成・今村2004:18)。縄文時代後期がイベント3に、晩期がイベント2に関連して画定される可能性が高まっているのである。

インド北西部(タール砂漠)のデータは4000~2000B.P.に完全に砂漠化して気候変動がわからなくなるが、南西インドのデータを代理に使うと、14C年代3500B.P.(およそ1800B.C.)頃に急激に乾燥化しており、14C年代2200B.P.(およそ200B.C.)には現在と同じ気候になったとしている

(Bentaleb et al. 1997)。中国黄土高原では、4000 から 2500B.P. まで夏季モンスーンの活動は弱い方であったが、海面水位（東郷湖）や降水量（琵琶湖）は趨勢としての高水準にあったとよい。しかし気温は中国、日本ともにイベント2の時期に急激な低下を示している（鈴木 2000; 116）。

メソアメリカでは、ユカタン半島（チチャンカナブ湖）からの堆積物の分析により、¹⁴C 年代 3000B.P.（およそ 1200B.C.）から乾燥化し始めたことが確認されており（Hodell et al. 1995）、マヤ文明の時期区分によれば、マヤ地域の南部高地で紀元前 1100 年頃に土器をともなった定住村落が展開し、紀元前 1000 年以降先古典期中期（900~400B.C.）の間に、南東部、中部、北部へと定住型村落が展開して、人口増加とともに階層社会が進展していったようである（中村 1999: 39-40）。他方、アンデスでは古 [先土器] 期後期（2500~1800B.C. [未較正值]）から神殿建設が始まり、土器製作がともなう形成 [草創] 期前期（1800~800B.C.）にかけて農耕を中心とした地域神殿社会が展開し、ペルーの北海岸から中央海岸にかけて大祭祀センターが築かれる。しかし、紀元前 800~700 年頃に一齐に放棄されてしまい、新たに北部高地に祭祀センターが形成されて形成 [前期ホライゾン] 期中期（800~250B.C.）に入っていくわけであり、最終的に後期（250~50B.C.）末に神殿社会は崩壊し、地方発展期という王国形成時代に移っていく。

これら時代の境界となる 800~700B.C.（¹⁴C 年代：暦年代ではおよそ 900~800B.C.）にエル・ニーニョと思われる気候変動に見舞われて、海岸の大祭祀センターは放棄されたとされており、また神殿社会の最終的な崩壊となる紀元前 50 年頃にも気候変動があったとされている（加藤・関 1998: 212, 264-65）。エル・ニーニョという数年単位で起きる気候変動が社会の構造を変化させるほどの影響を持ち得るのかという疑問が出されようが、イベント2という千年単位で発生する気候変動に重なった場合は気候区の変化をもたらすほど大きなインパクトを与えるわけであり、イベント2の時期にマヤ・アンデス両文明が考古学的年代の一時期を画するほどの変化を受

けていたことはひとつの事実として受け入れるべきであろう。

イベント 1 (1400B.P)

イベント 1 については、西暦になおすと 550A.D. 頃となるが、Bond et al. (2001) によれば、イベント 1 に相応する北大西洋亜極区域海面水温（代理指標）は、紀元 400~500 年付近と 700~800 年付近で低温のピークを示し、以後 1200 年頃まで上昇に向かっている。サルガッソー海の水温も、幾分早く 300~500A.D. 頃には低温のピークを迎え、以後同じように上昇に転じている (Keigwin 1997)。中国各地の気温、洪水（干ばつ）の指標も、同じような動きを見せており、3 世紀から気温の低下がみられ、400~500 A.D. 頃に寒冷、干ばつ（南部では洪水）のピークを示し、700A.D. 頃には温暖な気候に変わっている（鈴木 2000: 126-29）。日本では尾瀬の花粉分析から、240~732A.D. を冷涼な「古墳寒冷」期（屋久杉の年輪からは 5 世紀と、7 世紀半ば~8 世紀半ばが寒冷期）としている（阪口 1995, 北川 1995）。趨勢としてみるならば、紀元 1 千年紀の気候は、前半に寒冷化に向かい、半ばで転じて中世温暖期に向かって気温が上昇していくということである。

このイベント 1 における寒冷化の引き金は何であったかは、必ずしも明らかでない。過去 1 千年間とくに 1850 年以前の期間において、その気温変動の内、41~64% は太陽活動の変動と火山活動で説明されるという (Crowley 2000)。そうであれば、紀元 1 千年紀においても、太陽活動と火山活動は気温変動の決定的要因と考えてよいであろう。しかし、図 5 からわかるように、この期間 ^{14}C 生成率残差からは太陽活動の顕著な減衰は見られないようである。そうすると、残りの火山活動に原因が求められることになる。紀元前 1 世紀と紀元 1 世紀の間、3 世紀半ば、6 世紀前半、7 世紀前半において火山噴火の形跡が認められるからである¹¹⁾。

11) この時期の火山噴火活動については、Classen et al. (1997), Hammer et al. (1997), Zielinski et al. (1994) を参照。

気候変動と文明の崩壊

実際、6世紀半ばに世界中で異常気象が発生したようである。キーズによれば、紀元530年代中頃、地球の気候は混乱の極みにあり、その後の百年間に、既存の国家が崩壊ないしは衰退に向かい、新しい政治勢力が台頭して世界の勢力図を変えていったという (Keys 2000: 訳9-12)。東ローマ帝国は北からの異民族の侵入と南からのアラブによる圧力そして帝国内の伝染病(ペスト)の蔓延により崩壊寸前になった。中東では同じく異常気象による洪水のためアラビア南部の古代文明が消滅し、ペストの流行も加わって、政治的・精神的に不安定な状況に陥った。その結果、アラブが急速に台頭し、ササン朝ペルシャを滅亡させて、サラセン(イスラム)帝国が拡大するきっかけとなったのである。

西ヨーロッパでは異常気象と疫病により人口が急減し、経済的先進地域ほど影響が大きかった。その結果、政局の不安定化をもたらし、フランク王国の中心は依然として南部ではなく北部に置かれることになり、イングランド西南部、アイルランド東南部は疫病により大打撃を受け、ブリトン(ケルト)人の勢力は後退して、アングロ・サクソン人がイングランドを席卷して、彼らの王国の勢力を伸ばすきっかけとなった。また、スペインの西ゴート王国では、同じく異常気象と疫病による経済的混乱と東ローマ帝国の進出の中で、内紛と反乱が勃発し、最終的にはアリウス派からカソリックに改宗することによりアリウス派の拠点が消滅し、カソリック教会の助けも借りて王国の体質をより中央集権的なものに変えていくことになる。

中央アジアではこの天災が引き金になって、突厥(トルコ)という遊牧国家が勃興し、以後の東西の政治勢力に影響をあたえることになる。異常な乾燥化にあって、突厥は経済的打撃を受けていた柔然の支配下から抜け出して、最終的には柔然を追い出して東西にわたる遊牧大帝国を築く。柔然は西に移動して、アヴァール人として勢力を拡大し、ハンガリー平原に定住して東ローマ帝国に圧力をかけることになるのである。東アジアでも

気候変動と文明の崩壊

異常気象は、天災（干ばつ）、飢饉をもたらし、反乱などを引き起こして、南北朝下の中国に大きな影響をあたえている。政局の不安定化は、最終的に中国再統一を促して、隋・唐大帝国の成立をみるのである。

新世界では、メキシコ高原に君臨していたテオティワカンが崩壊し、政局が流動化していったと考えられている。マヤ地域では都市国家の勢力図が変動し、ティカル中心に反映していた古典期前期から有力都市が分立して文化的にも複雑化して行く後期に移っている。ペルーでは、モチェ王国において権力の中枢が低地海岸地方からアンデスの高原地域に移るが、勢力の後退は隠せず、代わって高原地帯に拠っていたワリ王国が勢力を伸ばすことになる。さらに、チチカカ湖周辺に 300B.C. 頃から成立していたティワナクは、この時期から隆盛期にはいり、1100A.D. 頃に祭祀センターが放棄されるまで続くのである。興味深いことは、節目となる時期に異常な乾燥化が発生したことであり、メキシコ・ユカタン半島でもペルー・ケルッカヤ氷河でも、そのことが確認されている。ケルッカヤ氷河からは 535-665, 855-985, 1384-1410A.D. に塵の粒子数が極度に多くなっており、極度の乾燥化が発生していたことが窺われ、同様にユカタン半島東部のプンタ・ラゲーナ湖でも 585, 862, 986, 1391A.D. 頃に乾燥化していたことが認められている (Thompson et al. 1988, Curtis et al. 1996)。

さらに、北アメリカ（合衆国）大平原では、10世紀になると湿潤な熱帯気団が入り始め、降水量が増加しており、他方合衆国南西部南部では乾燥期に入り始めたという（鈴木 2000: 226-27）。おそらく、極高压部の勢力が弱まり、熱帯収束帯の南北に位置する亜熱帯高压帯の勢力が「中世温暖期」に向かって伸長し、アメリカ両大陸における熱帯収束帯の位置は急速に南北に狭まったのではないかと推測される¹²⁾。そうであれば、メキシコ

12) 中世温暖期のアメリカ大陸の気候については、Stine (1998) を参照。南極大陸の大気や海面温度の変化が南米大陸のみならず、地球規模の影響を気候に与えていたことについては、Lamy et al. (2004) を参照。

気候変動と文明の崩壊

でもペルーでもこの時期に乾燥化がみられるという観測に結びつく。9世紀から10世紀の時期は、マヤ地方では古典期終末期（崩壊）にあたり、マヤ中部地域の主要都市が衰退・崩壊していく時期に対応している。さらに、ケルッカヤ氷河では920A.D. 頃に塵粒子が極度に多くなっているが、アンデス高原では1000A.D. 頃を境に気候が湿潤から乾燥へ移行し始め、乾燥化は農業生産に多大な影響を与えて文明の基盤を揺るがすまでになったようである。1100A.D. 頃にティワナク帝国は崩壊し、その祭祀センターは放棄されるに至るのである (Binford et al. 1997)。

イベント0（小氷期）

小氷期の始まりと終わりがいつになるのかは、いろいろ説が分かれるようであるが、14世紀になり寒冷化とともにペストが世界中で猛威を振るい始め、17世紀後半になり終息に向かい始めるという動きにちょうど連動するように、小氷期は14世紀から始まり、18世紀には終わりを告げ、温暖化に入り始めるとみることができる。もちろん、寒冷化と温暖化には地域差があり、一概に始まりと終わりを期することはできない。

イベント1と異なって、小氷期には太陽活動との関連性が古くから指摘されてきた。太陽（黒点）活動が衰退していたという3つの期間（ウォルフ極小期、シュペラー極小期、マウンダー極小期）が観測ないし推測され、それぞれ14世紀前半、15世紀後半～16世紀前半、17世紀後半に対応し、寒冷化が深刻化した時期にあたっていた。図5からも¹⁴C生成率偏差が14世紀から17世紀まで高まって、3つのピークができていたことがわかる。小氷期の寒冷化は、世界各地で代理指標を通じて観測されており、時期と気候の内容に差があるとはいえ、世界規模の現象であったことが認識されている¹³⁾。

13) 紀元後の気候データの概要は鈴木(2000)に収録されており、小氷期の気候変動の様子も参照可能である。小氷期については、他にLamb(1977, 1982)

気候変動と文明の崩壊

歴史的にみれば、14、15世紀は中世の終末（黄昏）期にあたり、16、17世紀は近世の始まりにあたる。符合するように、地域差があるとはいえ、小氷期には3つの極小期に対応して寒冷化が厳しくなった期間がある。中世の崩壊を決定づけ、近世の展開を導いた時期に、小氷期の厳しい寒冷化ないし付随した気候区の変動が重なっていたことは、他の寒冷化イベントでも政治・社会変動が同じように発生していた事実をみるにつけ、単なる偶然と扱うわけにはいかない¹⁴⁾。

政治的な変化に眼をむけると、14世紀後半には世界各地で新しい政治的勢力が成立ないし台頭し始めている。東アジアでは紀元1368年に明帝国が興り、西アジアでは1370年にチムール帝国が成立している。チムールは1395年に西アジアを統一し、1402年のアンゴラの戦いでオスマン・トルコを破り、1世紀の間西アジアの覇権を握るのである。南インドでは1336年にヴィジャヤナガル王国が興り、王朝が変わりながらも継続していたとはいえ、16世紀半ばになると急速に衰退していった。タイでは1351年アユタヤ朝が興り、ベトナムでは1418年明軍を駆逐して独立して黎朝が成立している。代わって、カンボジアのアンコール朝やジャワのマジャパヒト王国は15世紀にはいって衰退していった。翻って、1392年朝鮮では高麗から李朝鮮に変わり、日本では同年に南北朝の皇統が合一し、南北朝の抗争が終了している。ヨーロッパでは英仏間で百年戦争（1339～1453年）が起こり、最終的にイギリスは大陸の拠点を失い、英仏ともに国民国

や Grove (1988) も参照されたい。ここ1000年間の気温の変化については Jones et al. (2001) を参照。

- 14) 小氷期に対応する中世末期から近世の時期、欧州においては人口減少、農奴制の崩壊、財政国家の成立など劇的な社会経済変動がみられ、芸術、宗教、科学など精神的領域においても革命的な変化が進行していた。関連する気候変動、社会経済変動、科学革命などに関する叙述としては、Fagan (1999, 2000), Matossian (1997), 桜井 (1987) などを参照されたい。とくに異常気象に関しては1695年、1771年、1816年が異常気象の年として観測され、付随して生じていた（フランス革命などの）政治・社会的事件が注目されている。これについては、Grove (1988: 417-19), Lamb (1982: 235-38), 桜井 (2003: 80-99) などを参照。

気候変動と文明の崩壊

家への基礎固めの緒をつけることになった。また、教皇の権威は低下し、アヴィニョン幽囚の後、1378年の教会の大分裂で決定的になる。同調して、ドイツでは神聖ローマ皇帝の選出に教皇の権威が退けられるようになり、1356年に7選挙侯による皇帝選挙制度が確立する。

新世界に眼をむけると、南米では1100~1400A.D.の間高原地帯は乾燥期であったとされ、逆に海岸地域は湿潤期にあったとされる。ケルッカヤ氷河からは1400A.D.前後に極度の乾燥化が認められるが、その後1500A.D.頃から寒冷化が進行していった。チチカカ湖の水位も15世紀を境にそれまでの低水位から高水位に変わっており、乾燥期から湿潤期に転じたことが窺われる (Binford et al. 1997)。政治面では、ティワナクの崩壊の後、インカ帝国成立 (1438A.D.) までの期間は後期中間期と区分され、北部海岸ではチムー王国が、高原地域では幾つかの地方国家が並立する地方割拠の時代であった。メキシコでもアステカが北方の干ばつを逃れてメキシコ盆地に入ったのは1345A.D.頃とされ、それから1640A.D.までは比較的湿潤であったとされる (O'Hara et al. 1994)。この時期、アステカ (テノチトラン) は周辺の都市国家を組み入れて勢力を伸張させ、帝国を形成するまでに至る。マヤ地方では北部地域でマヤパンを中心とした共同統治体制 (マヤパン連合) が成立していたが、15世紀半ばに反乱が起きて連合は崩壊し、以後小国家が分立する状態になり、都市の衰退が進行した。崩壊以前プンタ・ラグーナ湖では1400A.D.前後に異常な乾燥化が起きていた (Curtis et al. 1996)。

16世紀になると、近世への足がかりとなる政治的勢力の変化が各地で見られるようになる。紀元1500年にチムール帝国が減び、代わってオスマン・トルコが伸長する。オスマン・トルコは1517年にエジプトを占領して、スルタン＝カリフ制をとり、西アジアの西部を領有することになる。他方、イランではサファヴィ朝が1501年に成立し、西アジア東部を支配してオスマン・トルコ帝国と並立する。インドでは1526年ムガル帝国

気候変動と文明の崩壊

が成立し、17世紀始めには北インドの大部分を領有するに至っている。東アジアでは豊臣秀吉の朝鮮出兵（文録の役）により明は出兵を余儀なくされ、その後国内に動揺が続くことになる。1616年に後金（清）が興り、中国本土への進出を図って、1644年には清が実質的に中国を支配するのである。日本では、1590年豊臣秀吉の天下統一後、1603年に江戸幕府が開かれている。ヨーロッパでは、新大陸の発見の後、1519年にカール5世が神聖ローマ皇帝に即位し、同時期に新大陸ではアステカ帝国を滅ぼし、1533年にはインカ帝国を滅ぼして植民地化し、ヨーロッパと新大陸にまたがったハプスブルグ大帝国を成立させている。ロシアでは1547年にイヴァン4世がツァール（皇帝）を称し、ロシア東方に勢力を伸張させていった。1613年にロマノフ朝が開かれて後、ロシアはシベリア方面に勢力を拡大していく。

このように16世紀は大帝国の成立の時代であるが、ヨーロッパを除き、アジアではいち早く帝国の勢力が決まり、17世紀にはいわゆる「帝国の平和」が訪れることになる。中国は17世紀に明から清への移行があったため、その分「平和」は遅れることになったが、西アジア・インドに比べ、帝国の平和は長く続くのである。平和の到来は軍事面の関心を薄れさせ、文化の成熟をもたらすことになる。他方、ヨーロッパでは宗教改革に端を発した宗教戦争が各地で勃発し、その中で最初の「近代的経済」を成立させたといわれるオランダが独立する。ヨーロッパの主要国は、国民国家単位で行動するようになり、軍事的衝突はヨーロッパのみならず新大陸、アジア・アフリカの植民地においても以後継続して発生していった。当然ながら、軍事的関心は継続し、科学の発達を促しながら、西洋の軍事的技術は発達していく。最終的には東西の政治的均衡を崩すまでにその差が拡大するのである。

以上のように14世紀から17世紀に発生していた政治的変動は、社会経済的な変動とともに、イベント0（小氷期）の寒冷化現象と連動していた

ことを示唆する。ただし、これは気候変動の時代が政治的変動（社会経済上の変動）の時代と重なっていたことを示しているだけであり、その因果関係または関連性が直接分析されたわけではない。しかし、直接的な関係の分析が欠如しているからといって、7つのイベントにかかわる気候変動とその時期に人間の行動が組織的に変化していたという事実は、無視されるべきものではないであろう。何ゆえに、地球規模の寒冷化に代表される気候変動が、直接的にも間接的にも、人間の行動空間上の変化に繋がったのかを解明することは、決して無駄ではないと思われる。

4. 気候変動と国家の崩壊

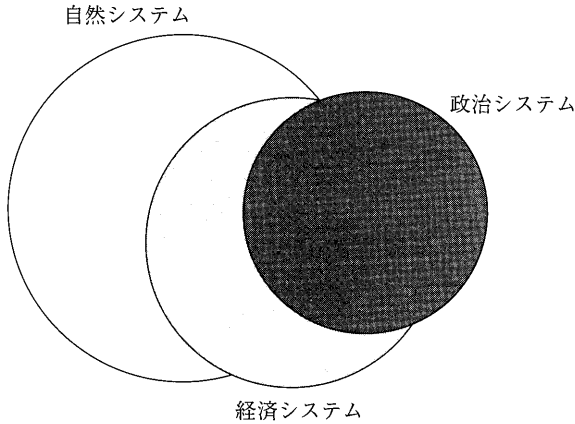
以下では気候変動が文明に与える影響を、前近代社会を中心に理論的な側面から見ていく。まず文明の概念を国家などの政治的集団の支配・従属関係で代表させることから始めることにしよう。これは、分析のための単純化と呼ぶべき操作であり、文明自体その内実は多様で、決して政治的側面に限定されるわけでない¹⁵⁾。それにもかかわらず、現象的には政治的關係がもっとも表面に現れやすい。他方で、人間が直接関与しない環境の部分を「自然」と総称するのであるが、人間にとっては所与であっても、自然の領域はそれ自体変動するものであり、その変化はあるときには恵沢となり、あるときには災厄となって現れる。気候は自然の一部を構成し、生態系はその変動により大きな影響を受けるのである。

政治の領域と自然の領域をシステムとして考えてみる。そして、その両者を連繋するもうひとつのシステムとして、人間の経済的活動を表す領域を考える。それぞれを政治システム、自然システム、経済システムと呼ぶことにしよう（図6参照）。自然システムは、さらに気候システムと生態系

15) 文明は政治的領域（国家）を超えるものであり、例えば、「文明は国家がその内に埋め込まれる、より広域の社会秩序と共有価値の集合である」(Yoffee 2005: 17)、または「共有された宗教、政治、経済的思想と概念の基礎の上に建てられた諸制度の複合体である」(Demarest 2004: 275) という指摘もある。

気候変動と文明の崩壊

図6 自然，経済，政治システム



に分けられる。ここでシステムの用語を使ったのは、システム概念がその構成要素間の相互作用を前提にして他から区別される全体性と、それを維持する自律性を意味するところにあり、以下の分析で便利であるためである。システムには、外部とのインプット・アウトプットを含まない閉鎖システムと含む開放システムの違いがあるが、後者にあつては、外部ショックの影響にもかかわらず構成要素間の相互作用の性質は維持され、あるときには適応過程としてシステムの性質を内部から変更することがある。いわゆる自己組織化という特性がシステム概念には含まれている。

自然システムのサブシステムというべき気候システムは、太陽放射、宇宙線、火山噴火などといった外部ショックを絶えず受けているのであるが、第2節でも述べたように、それを増幅するだけでなく、内生的に変動を引き起こすメカニズムを組み込んでいる。超長期的に眺めれば、気候は大変動するものなのである。気候変動に適応する形で、地球上の生物は固有の棲み分けをして生態系を形成し、気候区の変化に応じてその棲息の領域を変えていく。他方、人間の活動に眼をむければ、生産・分配・消費に代表

気候変動と文明の崩壊

される経済活動は多様な組織の形態とその間に張られるネットワーク様式に対応しながら発展している。経済システムは、狩猟採集や農業・牧畜業において生態系の一部と交錯し、気候の変化に翻弄されるという意味で、自然システムと重なる。しかし、その一部ということだけでなく、経済システム自体は自律して変化しており、その内容を発展（ある意味で進化）させている。

政治システムは、政治的集団ないし組織の間の支配・従属、連帯・対立といった政治的関係とその関係を維持させる制度的（立法的）設計で特徴づけられる領域である。とりわけ国家内部ならびに国家間の関係は重要である。国家が成立してどのような規模で均衡し、その体制が維持されるか。ある国家が他を吸収、滅亡ないし従属させ、覇権国家から帝国までどのように発展するか。それがどのように継続し、変容していくか、そして最終的には崩壊して、どのような新しい体制が生まれるかは、政治システム特有の主題（テーマ）である。国家はその構成員（国民）を支配・管理するため、幾つかの権力を行使するのであるが、その行使の代理人（貴族、官僚、軍隊、神官など）を扶持するために、国民に余剰生産物を収納させ代理人または利益関係者に分配する再分配制度を継続可能な形で成立させなければならない。そこに、経済システムとの関わりがでてくるわけであり、政治システム内での国家の盛衰は、並行して経済システム内で経済的単位がどのような形で組織化され、経済単位間のネットワークを進化させているかと連動しているのである。

それでは、気候変動で代表される自然システムのゆらぎが、どのように政治システムの動揺にまで連動するのであろうか。前節で提示された状況証拠からみれば、きわめて長いスパンをとると、気候変動は多大な影響を人間社会とりわけ国家の体制に与えている。ここで長いスパンという言葉を使ったのは、気候変動の長期的な変化がそのまま一対一に時間上政治システムの変化（国家の盛衰）に対応しているわけでないことを示唆するた

気候変動と文明の崩壊

めである。超長期的にみれば、気候は突然に大変動するのであるが、そのトレンドの下で観察される変動パターンがそのまま政治システムの変化のパターンに対応するわけではない。気候変動が政治システムの大変動（崩壊）に同調することもあれば、表面上政治システムに（王朝の交替のような）おおきな変化がみられず同調しないこともある。さらに前節で概観したように、時代の経過とともに、政治システムは気候変動のような自然システムの動揺に対して、耐久性を獲得しているように見られる。気候変動により農村部に飢饉が発生しても、支配階層が集住する都市では、再分配制度の整備により食糧不足は発生しないというパラドックスがみられるのである（藤田 1991: 32, 39）。

気候変動という自然システムの動揺に直接影響を受けるのは、狩猟採集経済では自然の生産物であり、農業では栽培物の収穫量である。このような第1次部門で産出される生活必需物資は気候条件に左右されやすく、収穫物から再生産に必要な費用を除いた余剰生産物も気候変動に連動して変化する。経済システム内では余剰の生活必需物資に依存して分業の程度が進化し、製造物、建設、サービスなどの第2次、第3次部門で生産物が多様に産出可能となる。そして、その分業体制を維持するように交易ネットワークが発達する。過度の寒冷化や温暖化という気候変動は、それが長期化すれば、第1次部門の生産量を低下させ、分業の程度を制限し、交易ネットワークの複雑化を阻害する。これに政治システムという再分配の原理で構築された領域が介在してくると、さらに経済システムの経済循環の構造は複雑化する。おもに租税・貢物によって収納された余剰物資は、権力者とその代理人層に再分配され、一部はさらに上層の権力者に貢納・贈与されて、分配物は権力の階層構造に対応して最終的に消費される。貨幣経済が進展すると、その収納と消費は貨幣を通じて行われるが、再分配制度という交易ネットワークとは異なったルートが政治システムを通じて発生することは確かである。

気候変動と文明の崩壊

このルートが、生活必需物資の生産地である農村と、権力者と代理人が集住する都市との間にみられる「都市と農村のパラドックス」(藤田 1991: 24)を生み出す元となる。気候変動による飢饉の発生は農村部に大きなダメージを与え、都市部では被害が相対的に軽微となる。このパラドックスは、権力に裏付けられた余剰物資の都市への集中という、再分配ルートの堅固な存在によって可能となる。権力者と代理人ならびに民衆が集住する都市部は、この意味で気候変動という外部ショックには耐久性を持っているのである。逆に都市部のなかで飢饉が生じることは、直接ないし間接的に接触する代理人と民衆に不安と不満をもたらし、政権基盤に直接動揺を与えることになる。権力者は都市住民の動向に敏感にならざるを得ない(藤田 1991: 139-152)。

それでは、耐久性をもった政治システムの基部、換言すると農村部門の上に再分配ルートを通じて構築された都市の階層構造が、気候変動を契機にして動揺し、究極には崩壊するとすれば、どのようにしてそこへ至るのであろうか。それも、変動のショックが軽微であっても長い時間が経過して崩壊に至る場合や、ショックが短時間に増幅して崩壊に至る場合などが考えられ、このように多様なルートを前提にした上で、国家はどのようにして崩壊に至るのかという議論である。

そもそも政治システムの表層部分を変化させるのは、権力者とその支持層の変更である。それは、暴力的にも平和裡にも行われうる。政権の交代などという現象は、政治的・軍事的に行動する集団間の抗争の結果、実現されるものである。本来、対立関係にある支配者と従属者の基盤は共通である。政治システムの基部に乗って、対立関係にある権力者たちはお互い抗争し競争しあって、支配と従属の政治的関係を構築している。政治的関係はその構成員間の権力均衡の上に成立しているのであり、一見制度的な頑健性を示していても、その状態を守ることが当事者同士で相対的に有利であるという意味で維持されているにすぎない。したがって、政治的関係

気候変動と文明の崩壊

が崩れ、新しい支配・従属関係が生まれるとすれば、それは構成員間の権力均衡が崩れ、新しい候補者に権力の源泉の重心が移行したときである。それは、それぞれの構成員を支える政治的システムの基部が、外部的ショックにより動揺をきたし、地域によってそのダメージが一様でない場合に潜在的に進行する。この意味で、政治システムは外部ショックに対して耐久し、システムを保持しうるのであるが、外部ショックを契機にその構成要素を維持する基部において変容が進行し、構成要素間の相互作用（均衡）が崩れてシステムの内容を突然変化させることはありうる。

先に政治システムの基部を構成する部分に経済システムが重なっていると述べたが、その経済システムの基部となる生産部門、前近代社会であれば、農村部における生産者（農民）の活動と、気候変動に代表される自然システムとが密接に関連しあっていることは既にふれた。超長期的なタイムスパンで観察される気候変動の影響は、それが地球規模であるがゆえに、気候区の変更を強いるほどに大きく持続的なものとなる。とりわけ、湿潤性と乾燥性気候の変更が顕著に観察される周辺地域では、農業か牧畜業かの選択を迫られるであろうし、全般的な気候変動により植生と動物の分布が変化する状況では、狩猟採集から栽培・家畜化への変更、もしくは居住地の移動などといった、より本質的な選択に迫られることもあろう。その大変化は、漸進的なペースであっても、経済システムにおける基部の性質を大きく変えるものであり、交易ネットワークという相互作用の内容も派生的に変えるものである。

気候区の風土は、人間集団の社会的関係、派生して政治的關係にも影響を与え、例えば、部族制ないし首長制という階層構造の弱い並列的な体制を維持するか、国家という階層構造で構築された体制に進化し、階層の内容を高度化し規模を拡大させていくか、という政治システムに関わる領域に関連していく。概して、湿潤で植生の豊かな地域では狩猟採集経済が温存され、農業が伝播しても、狩猟採集との混合経済が継続し、それに伴っ

て政治・社会的関係も部族制ないし首長制の段階に留まる傾向にある。他方の乾燥性・ステップ気候では、遊牧経済が圧倒的であり、農業は副次的である。その広範な移動範囲からもわかるように、家族、部族単位の行動が支配的であり、政治的な連繋は部族制に基づいたものとなる。農業を基盤にして、初期国家 (early state) が進展していく地域は、この両者の気候区に挟まれた、適度の降水量が望める、または灌漑が可能な、乾燥地域に限定されている。例えば、メソポタミア、ナイル流域、インダス流域、黄河流域、メキシコ高原地域、ペルー高原地域などである。後世に人口が集中的に増大する、湿潤な温帯地域（北西ヨーロッパ、ヒンドスタン平原、長江流域など）は初期国家の揺籃地ではなく首長制システムに留まる地域であり、国家が成立するのは森林を伐採し、開拓により発展していった後であった。

天水ないし灌漑農業が可能な準乾燥地域は、農地を維持する費用が比較的安く済み、農耕可能な土地に沿って集落が自然発生的に分布していく。それら農村部を結び付けるハブの地点により規模の大きい集落（町、都市）が成立し、権力者（首長）が住居する拠点となる。権力者は中心的集落ごとに割拠するわけであり、相互に牽制・競争し合う同列政体間作用 (peer polity interaction) という特有の首長制システムを形成する (Renfrew 1986)。首長制が形成する領域の間の交流が地理的に困難であり、独立性が保たれやすいような植生の豊富な亜熱帯・温帯地域では、初期国家への発展は阻害される。逆に、準乾燥性の地域では交流が比較的容易であり、その分、支配・従属の政治的関係が進展しやすい。国家は、権力者たちの階層を制度化したものであり、空間上、農村集落から町・都市、大都市に至る余剰物資の集中と逆方向の消費の流れを構造化したものに他ならない。準乾燥気候の河川に沿った地域に初期国家が発生したのは、それなりの理由があったのである（明石 2002）。

集落・都市間の階層構造は、強制力を具体化した権力（軍事力）に基づ

くこともあったであろうが、国家形成の初期時点ではむしろ、各集落の住民が個別に信奉する祭祀を中心都市の権力者が統合することにより、実現され維持されたと考えられる¹⁶⁾。祭祀を中心にした宗教的イデオロギーが政治的関係の維持に果たす役割は、時代を遡るごとに大きくなる。逆に初期時点で祭祀体系のもとで階層化した都市・集落の体系は、そのまま一極集中の形に進化し祭祀中心の国家を形成する場合を除けば、相互に対抗する権力者が複数存在して軍事力を行使した覇権抗争に進展し、最終的に圧倒的な軍事力で裏付けられた国家（王国・帝国）に取って代わられる。実際、祭祀イデオロギーによる統合から強制力による国家形成に代わるパターンが各地で数多くみられる。

イデオロギーにせよ強制力にせよ、国家の形成は余剰物資の供給地となる農村部（集落）の上に立つ中心的都市の再編成によって実現するのであり、その編成原理が動揺すれば、国家は分裂し、より小規模の対抗する複数国家の体制に変化する。国家の盛衰を各地域でみていくと、統合と分裂を繰り返しており、統合の期間は実質的にはそれほど長くはないという指摘がある（Feinman 1998: 102-3）。他方では、統合・分裂を繰り返しながらも、その支配する領域は趨勢として拡大しており、近世において大帝國が成立するまでに至っているともいわれる（Taagepera 1978）。時代の経過とともに、統合と支配のための制度はより強固となり、領域が広範になって、外部ショックに対し耐久力をつけることになる。しかし、地域の求心力は依然として残っており、各地域の自律性は否定できない。何らかのショックを契機に大帝國が分裂・崩壊するという現象は、現代においても観察される（明石 2003）。

16) 東南アジアや中米（マヤ）などの亜熱帯地域では、地理的背景から地域的政治勢力が自律的になる傾向が強く、その分強制力による統合よりも宗教的権威と発揚に基づいた政治的統合（劇場国家）が有利となる（Demarest 2004, Geertz 1980, Tambiah 1976）。国家以前の首長制の段階では、イデオロギーによる政治的権力の確立は、軍事力や経済力と同等もしくはそれ以上に有効となる。これについては例えば Earl (1997) を参照されたい。

気候変動と文明の崩壊

ところで、経済システムは国家を中心とした政治的システムの内容に大きな影響を受けながらも、それ自体自律した組織化原理を有している。気候変動に対応した生業形態の変化を受けながら、地域単位の経済は生産物の特性を変え、それに対応して交易（商業）ネットワークを通じて分業体制を再構築していく柔軟性を備えている。交換ないし市場の扱うエリアはそれぞれ商品ごとに異なり、市場を結び付けるネットワークも異なってくるのであるが、概して、気候変動という自然システムの変化に長期的には順応して、各地域の特産物を結び付けるルートを絶えず再生し、地域内と地域間の交易（商業）ネットワークを複雑化しているのが経済システムの特性である（明石 2004）。

再度、気候変動が政治システムにもたらす影響を追ってみることにしよう。気候変動が長期的なトレンドの中で顕著にみられるとき、それは気候区の変更を促し、生態系の変化を引き起こす。特に寒冷化は乾燥化を付随的にもたらすが、地域によってはポーラーフロントの移動（南下）により湿潤・寒冷化が進行する。前近代の農業中心経済では、天候不順により農作物に影響を与え、その収穫量を低下させる。短期的な気候変動はときには飢饉をもたらすが、租税・貢物を中心にした再分配制度が依然と働いて、農村部を犠牲に都市部は食糧を確保する。しかし、気候変動が趨勢として進行している場合は、生産量の長期的な低下は避けられず、国家の扶養人口を維持するのに必要な食料生産が困難になる。

さらに地域ごとに気候変動の影響が異なる場合、地域の中心都市の繁栄と沈滞が新しく発生してくる。それに応じて地方権力者たちの権力分布が変化し始め、国家を構築する階層構造に揺らぎが生じてくる。とりわけ、国家の周辺地域にあって従属しながらも相対的な独立を保っていた権力者または外部にあって競争的地位にある対抗国家などが、気候変動に大きな影響を受けずにある場合ないしは相対的に抵抗力をもっている場合、権力の均衡が崩れるにしたがって既存の秩序を守るよりも破壊して新しい政治

の関係構築しようとする誘因が高まってくるであろう。

国家（王国）が崩壊に至る場合、気候変動という外部ショックからかなりの時間を要して表面化することはありうる。気候変動が長期的に継続する場合、個別のショックは断続的に発生するわけであり、不作、飢饉という形で継続化し、ときには疾病の流行により破滅的になることがある。国家機構の頑健性は翻って実質的な増税という形で農村部に負担をかけ、それが蓄積して流民化や地域的な暴動を発生させる。流民化は生産基盤を欠落させ、略奪と暴動は人心を荒廃させ治安を悪化させる。中心都市への再分配ルートはその分麻痺し、それが都市部での政権に対する不満の温床となる。都市住民への食糧の確保はますます農村部への負担を重くし、さらに流民化を促して悪循環と化する。

他方で、地方の権力者は国家の求心性が弱まるに応じて、周辺部から物資を集積して再分配ルートを再編させ、政治的権力を強化し、最終的には国家への対抗勢力として軍事力を行使するようになる。政治的秩序ないし既存の制度を強制的に変更または破壊して、政治的優位性を確立しようとする誘因が高まり、結果的に抗争（内乱）状態が生まれることになる。内乱の継続は国内の生産基盤を破壊し、広域にわたる再分配制度を破壊して、国家を崩壊させ分裂状態を生み出す。たとえ、このような内部の分裂が生じなくても、外部の対抗勢力（国家、部族）が存在し、比較的気候変動の被害を受けていない場合には、政治的な主導権を握る、または経済的利益を引き出すため、戦争状態に入り、同様の破壊的な状況を生み出すであろう。内部からでも外部からでも、対抗勢力との強制力を行使した戦争状態は、国家がそれを排除したとしても、戦費という重い負債を残すことになる。荒廃した農村部で農民への度重なる賦課は国家への求心性をさらに弱め、分権状態を決定づけることになる。統一を促す強力な政治的勢力が生まれなければ、不安定な分権的政治システムは継続することになる。

5. 近代とは

前節で扱われた前近代社会は、有機経済 (the organic economy) に築かれていたことを確認しておかなければならない。有機経済とは、動力をもっぱら人力と畜力に依存しており、そのエネルギー源は人畜を維持するのに必要な食料であり、その他に水力、風力、そして燃料として木材、一部に化石燃料 (石炭、石油) に依存するという経済である。前近代社会は、動力の上で自然の産出物に基本的に依存する経済であったのであり、文明の果実を直接に表現する政治と文化の構造物は、このような有機経済の上に建てられていたのである。

文明が高度化するにしたがって、森林破壊、塩化現象、土壌流出などの環境破壊という負の産物が進行したのは、近代社会だけのことでなく前近代社会においても同様であった¹⁷⁾。しかし、前近代社会においてはその基盤を有機経済という、自然の産出力と復元力という生態的循環システムに置いていたゆえに、環境破壊は長期的には自殺行為であった。自然を征服するという人間の活動は、前近代社会においては限界があり、それを超えると便益より費用が上回り、費用は環境破壊となって自然の産出力に依存した生産基盤を崩してしまう、という制約が働いていたからである。さらに、気候変動は自然の産出力と復元力に負に働き、文明の経済的基盤を侵しかねないほど影響力をもっていた。

近代とは、このような前近代社会の制約を超えることを意味していた。近代社会とは何よりも動力革命とエネルギー革命の産物であったのである。内燃機関の発明は人畜力をはるかに超える動力の利用を可能にしたのであり、化石燃料という地球が何億年をかけて蓄積したエネルギーのストックを大量に消費することによって、それは実現できたのである。動力革命と技術進歩により、近代的経済は人口成長という制約からも解放されて成長

17) 例えば、Carter and Dale (1995) や湯浅 (1993) を参照。

気候変動と文明の崩壊

することができ、経済の規模は拡大して第1次部門から第2次、3次部門に中心は移っていった。交通機関の発達はその地域の市場を連繋し、分業化を促し、第2次、3次部門の拡大は都市化を進行させて都市への人口の集中をもたらすことになる。これらの過程は地域・国家を超えて進行し、世界は市場を通して連繋し、一度外部からショックが加えられれば、それは連鎖反応して世界中に波及していったのである。

経済成長と付随するエネルギーの大量消費は、大量の産業廃棄物の排出を伴うものであった。地球が何億年の間に蓄積してきた化石燃料の短期間の消費は、窒素酸化物、二酸化炭素、メタンなどのガスを大量に排出し、地球の温暖化に無視できない影響を与えている。地球が過去の歴史のなかで示してきた気候変動の増幅作用が、太陽活動や地球内部の変動要因だけでなく、人間の活動自体が引き金となって作用し始める可能性が高くなってきたのである。完新世という比較的安定した時期でも気候変動は内在的に発生していたのであるが、さらにそれ以前の氷期において極めて急激な気候変動が発生していたことは見逃してはならない。

経済システムが自然システムの制約を超えて急速度で膨張し、世界規模で分業化と多様化を進行させてきたことは既にふれた通りである。政治システムは、その膨張する経済システムの一画を占め、技術的革新を通じて強制力のレベルアップを実現させてきた。その具体的な現象が軍事力の増大であり、国家間の軋轢、とりわけ戦争の深刻化であった。19世紀は経済が世界規模で拡大していった世紀であるとすれば、20世紀は経済システムの中で進行していった技術革新の成果を受けて高精度の兵器が生み出され、大量の殺戮が行われた戦争の世紀といわなければならない。

ところが、一見政治システムは拡大した経済システムの上に立って、強制力を強化させ、その独立性と頑健性を獲得したかにみえるが、実は依然として、人間は第1次部門の産出物に依存せざるをえなく、その第1次部門は自然システムと密接な関係を維持しているという意味で、脆弱である

気候変動と文明の崩壊

といわざるをえない。急激な気候変動により第1次部門の産出力が低下したとき、国家の間に無視できない緊張が高まることは、現代においても例外ではないのである。

人間の活動が質量ともに急速度で拡大していることは、自然システムに無視できないほど反作用を及ぼし始めており、とくに気候システムに及ぼす影響は蓄積していき、急激な変化のある時期に引き起こすほどに大きくなっていると思われる。公転軌道の計算から推定される寒冷化傾向を打ち消すように、経済活動に伴う大量の排出物は短期間で地球温暖化をもたらす、急激な気候変動のメカニズムの引き金を引く危険性が高まっていると考えられている（根本 1992: 60-61）。地球のもつ急激な気候変動メカニズムは、人間が活動する領域（政治・経済システム）に多大な影響を与えてきたことは、過去の歴史が示している通りであり、その破壊力は決して忘れるべきではない。

参考文献

- 明石茂生 (2002) 「国家の形成：空間的視点からの考察」『成城大学経済研究』156: 201-78.
- 明石茂生 (2003) 「帝国の盛衰—管理者・代理人モデル—」『成城大学経済研究』163: 309-46.
- 明石茂生 (2004) 『「前近代」世界システム：形成と変容』成城大学経済研究所研究報告 38, (www.seijo.ac.jp/research/keiken/green.html).
- 王巍 (2004) 「公元前 2000 年前後我国大範圍文化变化原因探討」『考古』第 1 期：67-77.
- 尾形勇・平勢隆郎 (1998) 『中華文明の誕生』中央公論社.
- 加藤泰建・関雄二 (1998) 『文明の創造力：古代アンデスの神殿と社会』角川書店.
- 金子史朗 (2000) 『古代文明はなぜ滅んだか』中央公論社.
- 北川浩之 (1995) 「屋久杉に刻まれた歴史時代の気候変動」吉野正敏・安田喜憲編『講座文明と環境第 6 巻』朝倉書店：47-55.
- 小泉龍人 (2001) 『都市誕生の考古学』同成社.

気候変動と文明の崩壊

- 阪口豊 (1995) 「過去一万三〇〇〇年間の気候と人間の歴史」吉野正敏・安田喜憲編『講座文明と環境第6巻』朝倉書店：1-12.
- 桜井邦朋 (1987) 『太陽黒点が語る文明史：「小氷河期」と近代の成立』中公新書.
- 桜井邦朋 (2003) 『夏が来なかった時代：歴史を動かした気候変動』吉川弘文館.
- 徐朝龍 (1998) 『長江文明の発見—中国古代の謎に迫る』角川書店.
- 鈴木秀夫 (2000) 『気候変化と人間』大明堂.
- 中村誠一 (1999) 『マヤ文明はなぜ滅んだか?：よみがえる古代都市興亡の歴史』Newton Press.
- 根本順吉 (1992) 『世紀末の気象』筑摩書房.
- 春成秀爾・今村峯雄編 (2004) 『弥生時代の実年代：炭素14年代をめぐって』学生社.
- 福澤仁之編 (2002) 『湖沼・内湾・レス堆積物によるアジアモンスーン変動のトリガーの解明』平成11年度～平成13年度科学研究費補助金(基盤研究A(2))研究成果報告書, 東京都立大学.
- 藤田弘夫 (1991) 『都市と権力—飢餓と飽食の歴史社会学—』創文社.
- 安田喜憲 (1990) 『気候と文明の盛衰』朝倉書店.
- 安田喜憲 (2000) 『大河文明の誕生』角川書店.
- 安田喜憲 (2004) 『文明の環境史観』中央公論社.
- 湯浅越男 (2003) 『環境と文明：環境経済論への道』新評論.
- Alley, R., J. Marotzke, W. Nordhaus, J. Overpeck, D. Peteet, R. Pielke Jr., R. Pierrehumbert, P. Rhines, T. Stocker, L. Talley, and J. Wallace (2003), "Abrupt Climate Change," *Science* 299: 2005-10.
- An, Z., S. Porter, J. Kutzbach, W. Xihao, W. Suming, L. Xiaodong, L. Xiaoquang, and Z. Weijian (2000), "Asynchronous Holocene Optimum of the East Asian Monsoon," *Quaternary Science Review* 19: 743-62.
- Bentaleb, I., C. Caratini, M. Fontugne, M. Morzadec-Kerfourn, J. Pascal, and C. Tissot (1997), "Monsoon Regime Variations During the Late Holocene in the Southwestern India," in H. N. Dalfes, G. Kukla and H. Weiss, eds., *Third Millennium BC Climate Change and Old World Collapse*, Springer: 475-488.
- Barber, D. C., A. Dyjke, C. Hillaire-Marcel, A. Jennings, J. Andrews, M. Kerwin, G. Bilodeau, R. McNeely, J. Southon, M. Moorehead, and J. Gagnon (1999), "Forcing of the Cold Event of 8,200 Years Ago by Catastrophic Drainage of the Laurentid Lakes," *Nature* 400: 344-48.
- Bar-Matthews, A. Ayalon and A. Kaufman (1998), "Middle to Late Holocene

- (6,500 Yr. Period) Paleoclimate in the Eastern Mediterranean Region from Stable Isotopic Composition of Speleothems from Soreq Cave, Israel,” in A. S. Issar and N. Brown, eds., *Water, Environment and Society in Times of Climate Change*, Kluwer Academic Publishers: 203-214.
- Bellwood, P. (2005), *First Farmers: the Origins of Agricultural Societies*, Blackwell.
- Binford, M. W., A. Kolata, M. Brenner, J. Janusek, M. Seddon, M. Abbott, and J. Curtis (1997), “Climate Variation and the Rise and Fall of an Andean Civilization,” *Quarternary Research* 47: 235-48.
- Bond, G., W. Showers, M. Cheseby, R. Lotti, P. Almasi, P. deMenocal, P. Priore, H. Cullen I. Hajdas, and G. Bonani (1997), “A Pervasive Millennial-Scale Cycle in North Atlantic Holocene and Glacial Climates,” *Science* 278: 1257-66.
- Bond, G., B. Kromer, J. Beer, R. Muscheler, M. Evans, W. Showers, S. Hoffmann, R. Lotti-Bond, I. Hajdas, and G. Bonani (2001), “Persistent Solar Influence on North Atlantic Climate During the Holocene,” *Science* 294: 2130-36.
- Bradley, R. S. (1999), *Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quarternary*, 2nd edition, Academic Press.
- Broecker, W. S. (2003), “Does the Trigger for Abrupt Climate Change Reside in the Ocean or in the Atmosphere?,” *Science* 300: 1519-22.
- Carter, V. G. and T. Dale (1995), *Topsoil and Civilization*, University of Oklahoma Press (山路健訳『土と文明』家の光協会).
- Clausen, H. B., C. Hammer, C. Hvidberg, D. Dahl-Jensen, and J. Steffensen (1997), “A Comparison of the Volcanic Records over the Past 4000 Years from the Greenland Ice Core Project and Dye 3 Greenland Ice Cores,” *Journal of Geophysical Research* 102 (C12): 26, 707-23.
- Crowley, T. J. (2000), “Causes of Climate Change Over the Past 1000 Years,” *Science* 289: 270-77.
- Curtis, J. H. and D. A. Hodell (1996), “Climate Variability on the Yucatan Peninsula (Mexico) during the Past 3500 Years, and Implications for Maya Cultural Evolution,” *Quarternary Research* 46: 37-47.
- Demarest, A. (2004), *Ancient Maya: the Rise and Fall of a Rainforest Civilization*, Cambridge University Press.
- deMenocal P., J. Ortiz, T. Guilderson, and M. Sarnthein (2000a), “Coherent High- and Low-Latitude Climate Variability During the Holocene Warm Period,” *Science* 288: 2198-2202.
- deMenocal P., J. Ortiz, T. Guilderson, J. Adkins, M. Sarnthein, L. Baker, and M.

- Yarusinsky (2000b), "Abrupt Onset and Termination of the African Humid Period: Rapid Climate Responses to Gradual Insolation Forcing," *Quaternary Science Reviews* 19: 347-61.
- deMenocal P. (2001), "Cultural Responses to Climate Change During the Late Holocene," *Science* 292: 667-73.
- Denham, T., S. Haberle, C. Lentfer, R. Fullagar, J. Field, M. Therin, N. Porch, and B. Winsborough (2003), "Origins of Agriculture at Kuk Swamp in the Highlands of New Guinea," *Science* 301: 189-93.
- Earle, T. (1997), *How Chiefs Come to Power: The Political Economy in Prehistory*, Stanford University Press.
- Enzel, Y., L. Ely, S. Mishra, R. Ramesh, R. Amit, B. Lazar, S. Rajaguru, V. Baker, and A. Sandler (1999), "High-Resolution Holocene Environmental Changes in the Thar Desert, Northwestern India," *Science* 284: 125-28.
- Fagan, B. (1999), *Floods, Famines and Emperors: El Nino and the Fate of Civilizations*, Basic Books.
- Fagan, B. (2000), *The Little Ice Age: How Climate Made History 1300-1850*, Basic Books (東郷えりか・桃井緑美子訳『歴史を変えた気候大変動』河出書房新社, 2001).
- Feinman, G. M. (1998), "Scale and Social Organization: Perspectives on the Archaic State," in G.M. Feinman and J. Marcus, eds., *Archaic States*, School of American Research: 95-134.
- Fukusawa, H. (1999), "Varved Lacustrine Sediments in Japan: Recent Progress," *Quaternary Research* 38: 223-29.
- Geertz, C. (1980), *Negara: the Theatre State in Nineteenth-Century Bali*. Princeton University Press.
- Gerasimenko, N. P. (1997), "Environmental and Climate Changes Between 3 and 5 ka BP in Southeastern Ukraine," in H. N. Dalfes, G. Kukla and H. Weiss, eds., *Third Millennium BC Climate Change and Old World Collapse*, Springer: 371-400.
- Grove, J. M. (1988), *The Little Ice Age*, Methuen.
- Hammer, C. U., H. B. Clausen, and C. C. Langway, Jr. (1997), "50,000 Years of Recorded Global Volcanism," *Climate Change* 35: 1-15.
- Hassan, F. (1997), "Nile Floods and Political Disorder in Early Egypt," in H. N. Dalfes, G. Kukla and H. Weiss, eds., *Third Millennium BC Climate Change and Old World Collapse*, Springer: 1-24.

- Hillman, G., R. Hedges, A. Moore, S. Colledge, and P. Pettitt (2001), "New Evidence of Late Glacial Cereal Cultivation at Abu Hureyra on the Euphrates," *The Holocene* 11: 383-93.
- Hodell, D. A., J. H. Curtis, and M. Brenner (1995), "Possible Role of Climate in the Collapse of Classic Maya Civilization," *Nature* 352: 391-94.
- Hu, F. S., D. Slawinski, H. Wright, Jr., E. Ito, R. Johnson, K. Kelts, R. McEwan, and A. Boedingheimer (1999), "Abrupt Changes in North American Climate during Early Holocene Times," *Nature* 400: 437-40.
- Imbrie J. and K. P. Imbrie (1979), *Ice Ages: Solving the Mystery*, Enslow Publishers.
- Issar, A. S. and M. Zohar (2004), *Climate Change-Environment and Civilization in the Middle East*, Springer.
- Jones, P. D., T. J. Osborn, and K. R. Briffa (2001), "The Evolution of Climate Over the Last Millennium," *Science* 292: 662-67.
- Kato, M., H. Fukusawa, Y. Yasuda, and O. Fujiwara (2002), "Varved Lacustrine Sediments of Lake Tougou-Ike, Western Japan with Reference to Holocene Sea-Level Changes in Japan," in 福澤仁之編 (2002)『湖沼・内湾・レス堆積物によるアジアモンスーン変動のトリガーの解明』平成 11 年度～平成 13 年度科学研究費補助金（基盤研究 A (2)）研究成果報告書：290-302.
- Keigwin, L. D. (1996), "The Little Ice Age and Medieval Warm Period in the Sargasso Sea," *Science* 274: 1504-08.
- Keys, D. (2000), *Catastrophe: An Investigation into the Origins of the Modern World*, Ballantine Books, (畔上司訳『西暦 535 年の大噴火：人類滅亡の危機をどう切り抜けたか』文藝春秋, 2000).
- Kremetski, C. V. (1997), "The Late Holocene Environmental and Climate Shift in Russia and Surrounding Lands," in H. N. Dalfes, G. Kukla and H. Weiss, eds., *Third Millennium BC Climate Change and Old World Collapse*, Springer: 351-370.
- Lamb, H. H. (1977), *Climate: Present, Past and Future, vol. 2, Climatic History and the Future*, Methuen & Co Ltd.
- Lamb, H. H. (1982), *Climate, History and the Modern World*, Methuen.
- Lamy F., J. Kaiser, U. Ninnemann, D. Hebbeln, H. Arz, and J. Stoner (2004), "Antarctic Timing of Surface Water Changes off Chile and Patagonian Ice Sheet Response," *Science* 304: 1959-62.
- Le Roy Ladurie, E. (1983), *Histoire du climat depuis l'an mil*, Editions Flam-

- marion (稲垣文雄訳『気候の歴史』藤原書店、2000).
- Lemcke, G. and M. Sturm (1997), “ $\delta^{18}\text{O}$ and Trace Element Measurements as Proxy for the Reconstruction of Climate Changes at Lake Van (Turkey): Preliminary Results,” in H. N. Dalfes, G. Kukla and H. Weiss, eds., *Third Millennium BC Climate Change and Old World Collapse*, Springer: 653-78.
- Matossian, M. K. (1997), *Shaping World History: Breakthroughs in Ecology, Technology, Science, and Politics*, Sharpe.
- Mughal, M. (1990), “The Decline of the Indus Civilization and the Late Harappa Period in the Indus Valley,” *Lahore Museum Bulletin* 3: 1-26.
- O’Hara, S. L., S. Metcalfe, and F. Street-Perrott (1994), “On the Arid Margin: The Relationship Between Climate, Humans and the Environment. A Review of Evidence from the Highlands of Central Mexico,” *Chemosphere* 29: 965-81.
- Piperno, D. R. and D. M. Pearsall (1998), *The Origins of Agriculture in the Lowland Neotropics*, Academic Press.
- Posssehl, K. (1997), “Climate and the Eclipse of the Ancient Cities of the Indus,” in H. N. Dalfes, G. Kukla and H. Weiss, eds., *Third Millennium BC Climate Change and Old World Collapse*, Springer: 193-243.
- Renfrew, C. (1986), “Introduction: Peer Polity Interaction and Socio-Political Change,” in B. Renfrew and J. Cherry, eds., *Peer Polity Interaction and Socio-Political Change*, C. Cambridge University Press: 1-18.
- Sandweiss, D., K. Maasch, and D. Anderson (1999), “Transitions in the Mid-Holocene,” *Science* 283: 499-500.
- Stanley, D. J., Z. Chen, and J. Song (1999), “Inundation, Sea-Level Rise and Transition from Neolithic to Bronze Age Cultures, Yangtze Delta, China,” *Geoarchaeology* 14:15-26.
- Stine S. (1998), “Medieval Climate Anomaly in the Americas,” in A. S. Issar and N. Brown, eds., *Water, Environment and Society in Times of Climate Change*, Kluwer Academic Publishers: 43-68.
- Street-Perrott F. A. and R. A. Perrott (1990), “Abrupt Climate Fluctuations in the Tropics: the Influence of Atlantic Ocean Circulation,” *Nature* 343: 607-12.
- Stuiver, M., P. Reimer, E. Bard, J. Beck, G. Burr, K. Hughen, B. Kromer, F. McCormac, J. Plicht, and M. Spurk (1998), “INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration, 24,000-0 Cal BP,” *Radiocarbon* 40: 1041-1083 (http://depts.washington.edu/qil/datasets/resid98_14c.txt).
- Taagepera, R. (1978), “Size and Duration of Empire: Systematics of Size,” *Social*

- Science Research* 7: 108-27.
- Tambiah, S. (1976), *World Conqueror and World Renouncer*, Cambridge University Press.
- Thompson, L. G., M. Davis, E. Mosley-Thompson, and K-b. Liu (1988), "Pre-Incan Agricultural Activity Recorded in Dust Layers in Two Tropical Ice Cores," *Nature* 336: 763-65.
- Thompson, L. G., E. Mosley-Thompson and K. Henderson (2000), "Ice Core Paleoclimate Records in Tropical South America since the Last Glacial Maximum," *Journal of Quaternary Science* 15: 377-94.
- Thompson, L. G., E. Mosley-Thompson, M. Davis, K. Henderson, H. Brecher, V. Zagorodnov, T. Mashioita, P. Lin, V. Mikhailenko, D. Hardy, and J. Beer (2002), "Kilimanjaro Ice Core Records: Evidence of Holocene Climate Change in Tropical Africa," *Science* 298: 589-93.
- Van Geel, B. and H. Renssen (1998), "Abrupt Climate Change around 2,650 BP in North-West Europe: Evidence for Climate Teleconnections and a Tentative Explanation," in A. S. Issar and N. Brown, eds., *Water, Environment and Society in Times of Climate Change*, Kluwer Academic Publishers: 21-42.
- Weiss, H. (2000), "Beyond the Younger Dryas: Collapse as Adaptation to Abrupt Climate Change in Ancient West Asia and the Eastern Mediterranean," in G. Bawden and R. Reyecraft, eds., *Confronting Natural Disaster: Engaging the Past to Understanding the Future*, University of New Mexico Press.
- Weiss, H., M. Courty, W. Wetterstrom, R. Meadow, F. Guichard, L. Senior, and A. Curnow (1993), "The Origin and Collapse of Third Millennium North Mesopotamian Civilization," *Science* 261: 995-1004.
- Wu, W. and T. Liu (2004), "Possible Role of the "Holocene Event 3" on the Collapse of Neolithic Culture around the Central Plain of China," *Quaternary International* 117: 153-66.
- Yasuda, Y. ed. (2002), *The Origin of Pottery and Agriculture*, Lustre Press & Roli Books.
- Yoffee, N. (2005), *Myths of the Archaic State: Evolution of the Earliest Cities, States, and Civilizations*, Cambridge University Press.
- Zhao, Z. (1998), "The Middle Yangtze Region in China Is One Place Where Rice Was Domesticated," *Antiquity* 72: 885-96.
- Zielinski, G. A., P. Mayewski, L. Meeker, S. Whitlow, M. Twickler, M. Morrison, C. Meese, A. Gow, and R. Alley (1994), "Record of Volcanism Since 7000 B.C.

気候変動と文明の崩壊

from the GISP2 Greenland Ice Core and Implications for the Volcano-Climate System,” *Science* 264: 948-52.

Zolitschka, B. and J. Negendank (1997), “Climate Change at the End of the Third Millennium BC- Evidence from Varved Lacustrine Sediment,” in H.N. Dalfes, G. Kukla and H. Weiss, eds., *Third Millennium BC Climate Change and Old World Collapse*, Springer: 679-90.