

高分解能古気候データから始まる 新しい災害史研究の方向性

Directions in New Historical Disaster Studies
Based on High Resolution Paleoclimate Data

中塚 武

NAKATSUKA Takeshi

はじめに

- ① 災害の周期性と社会の対応力
- ② 気候災害史研究の重要性
- ③ 高分解能古気候学が生み出す新しい気温・降水量のデータ
- ④ 数十年周期変動の重要性
- ⑤ 歴史事例を比較分析する統計学的解析の可能性
まとめと今後の可能性

【論文要旨】

日本を含む東アジアでは、近年、樹木年輪幅の広域データベースや樹木年輪セルロースの酸素同位体比、或いは古日記の天候記録や古文書の気象災害記録などを広く用いて、過去2,000年以上に亘って気温や降水量の変動を年単位で解明する、古気候復元の取り組みが進められている。その最新のデータ群を歴史史料や考古資料と詳細に比較することで、冷害や水害、干害といった気候災害に対して、過去の人々がどのように対応できたか(できなかったか)を、時代・地域ごとに詳細に明らかにできる可能性がある。近世・中世・古代のそれぞれの時代における、これまでの気温や降水量の復元結果からは、数十年の周期で夏の気温や降水量が大きく変動した際に、大きな飢饉や戦乱などが集中的に発生していたことが明らかとなってきた。このことは、地震や津波による災害を含めて数十年以上の間隔をおいて同じ種類の災害が再発する際に、つまり数十年間平穏な時期が続いた後に災害が起きる際に、社会の対応能力が低くなるという普遍的なメカニズムの存在を示唆する。本論ではさらに、古代から近世に至る歴史の時間・空間座標の中から、数十年以上の時間間隔をおいて大きく気候が変動した無数の事例を抽出して、気候災害の再発に際して社会の中のどのような要因が災害の被害を増幅(縮小)させたのかについて、普遍的に明らかにするための統計学的な研究の枠組みについて提案した。こうしたアプローチは、「高分解能古気候データからスタートする歴史研究」において初めて可能になる方法論であり、伝統的な歴史学・考古学の方法論を補強できる、新しい歴史研究の可能性を拓くものになるかもしれない。災害への社会の対応力を規定する要因が何であるのかは、現時点では結論は下せないが、中世や近世の事例は、特に「流通経済と地域社会の関係のあり方」が飢饉や戦乱の有無に深く影響することを示唆しており、関連するデータの収集が急がれる。

【キーワード】 災害史, 古気候, 気候変動, 樹木年輪, 酸素同位体比

はじめに—災害史研究の隆盛と今後の可能性

2011年3月に東日本大震災が発生して以来、災害の研究は、歴史学・考古学の分野においても、新たな盛り上がりを示している。その中には、数百年前・数千年前に発生した地震や津波の様相を、文献に書かれた被害の記録や遺跡に残された災害の痕跡から時空間的に丹念に明らかにする研究だけでなく、災害が起きた際の社会の危機対応や復旧・復興のあり方について、過去の社会の実例から多くの教訓を得て今後の災害対応に生かしていこうとする研究まで、さまざまな視点のものが含まれる。総じて、過去の時代において地震や津波などの災害がどのように発生し、それらの災害に対して人々がどのように対応できたか（できなかったか）ということが、災害史研究の焦点であると言える。

一方で、現代の社会における防災・減災を目指した活動においては、「災害が起きてから、どのように対応するか」ということだけでなく、「災害が起きる前に、何ができるか」という観点からの取り組みが、重視されている。実際、地震や津波が起きた際の被害の大きさを決める要因には、「災害発生後にどのように迅速に避難行動がとり得るか」ということだけでなく、「災害発生前に建物の耐震性をいかに高めておけるか、或いは、低地の建物をいかに高台に移動できているか」ということが大きく関係している。つまり、災害が起きる前の平常時の備えこそが最も重要とされていて、そうした備えを実現できる社会のあり方が問われているのである。

この点からいえば、歴史学や考古学の研究でも、過去に起きた災害について、災害発生の実態経過や災害発生後の対応、復旧・復興の過程だけでなく、被害の大きさを決定づけた日常的な社会のあり方そのものを、明らかにできる可能性はないだろうか。現代の社会における防災・減災の研究者たちは、「これから起きるかも知れない災害」を想定して、手探りで災害に備えられる社会のあり方を探求しているが、歴史の研究では、「災害発生前のどのような社会のあり方が、災害発生後の社会の被害をいかに増大（縮小）させたのか」について、無数の事例研究を通して普遍的な教訓を現代社会に与えることが可能はずである。本論ではこうした観点から、気候変動という自然災害を対象にして、「災害発生前の社会のあり方と社会の防災・減災能力の関係」を明らかにするための新たな歴史研究の枠組みを提案したい。

①……………災害の周期性と社会の対応力—歴史研究の2つの課題

一般に人間の社会は、毎年やって来るような短い周期の災害（梅雨期の多雨など）には、比較的確実に対応できるが、1,000年に1度といった長い周期をもった災害（海溝型の巨大地震など）には、対応しにくいと考えられている。東日本大震災クラスの地震が毎年起きるのであれば、誰も沿岸域に建物や農地を作るはずはないが、実際には、1,000年に1度という長い間隔をおいて起きた超・巨大地震だったために、被害が大きくなった。滅多に起きない災害であればあるほど、備えは疎かになりやすい。「天災は忘れた頃にくる」という寺田寅彦の言葉が、正に災害と社会の関係の本質を表わしている。東日本大震災が起きてから数年が過ぎた今日、既に震災の記憶の風化が指摘され

始めているが、現代の防災・減災の研究は日常的にこの問題に直面させられている。すなわち、震災の直後には非常に多くの社会的関心が防災・減災に向けられるが、時間と共にその関心は薄らいでいくため、震災直後に作りだされる数多くの防災・減災のための研究成果が数十年・数百年後におきる次の大震災までの間、ずっと社会に受容され続ける保証はない。防災・減災の研究は、こうした社会的無関心をいかに乗り越えるかという課題を、常に背負っている。

災害の発生頻度と社会の対応能力の関係を考える上で、歴史の研究が持つ優位性の1つは、その自由な時間との向き合い方にある。災害発生の前に人々が災害をどのように予見し、災害発生の後に人々が災害にどのように対応したのか。歴史の研究では、その状況をさまざまな時間スケールでつぶさに議論することが可能である。「天災は忘れた頃にくる」という仮説に対しても、以下の2つの問いかけが可能であろう。

第一に、この仮説が真実なのかどうか。つまり、災害の発生間隔が何年以上になれば、人間社会は総体として、本当に過去に起きた災害を「忘れて」しまうのか。(問①)

第二に、この仮説が正しく、特定の年数以上の間隔で災害が再発した場合に、人間社会の対応能力が下がることが明らかになったとして、それでもそうした「忘れた頃にくる災害」から、大きな被害を受ける社会と、余り被害を受けない社会は、それぞれ存在するのか。もしそうなら、その違いを生み出す要因とは何か。(問②)

こうした問題に対して、現代の防災・減災の研究だけからでは解答を得ることはできないが、歴史の研究を通してなら答えを探せる可能性がある。そして、そこから得られる知見は、今後の防災・減災の取り組みにも大いに役立つに違いない。

②……………気候災害史研究の重要性—さまざまな変動周期の存在

地震や津波、火山噴火など、さまざまな自然災害がある中でも、気象・気候の変化がもたらす災害は、洪水や暴風、高潮などによって被災地域の人々の人命・財産に直接損害を与えると同時に、干ばつや冷夏などの発生を介して農業生産にダメージを与え全国的な大飢饉をもたらすなどして、歴史上、社会に多大な影響を与えてきた。加えて気象・気候の災害には、前述の2つの問いかけに答える上で地震や津波にはない大きな特徴がある。それは、地震や津波による災害が数十年～数百年の間隔をおいて間欠的に発生することが多いのに対して、気象・気候の災害には数日から数万年までのさまざまな周期性があることである。

現生人類であるホモサピエンスが地球上に誕生した約20万年前から今日までの間に、地球は氷河期を2回経験した[多田, 2013]。北米大陸とユーラシア西部に巨大氷床をもたらした氷河期の到来は人類が経験した最大の気候災害であると言え、当時の人々の生活に劇的な影響を与えたに違いない。しかしそれは約十万年の間隔で起きていたため、その一部始終を目撃した個人はもとより民族も存在せず、当時の人々が過去の氷河期の存在を「忘れて」いた(知らなかった)ことは間違いない。氷河期の中では、ダンスガード・オシュガーサイクルという北部北大西洋沿岸域において50年間で10℃の寒冷化を伴うような急激な気候の変化が何度も起きた[多田, 2013]。しかし1つのサイクルは約1,000年の長さを持っていたので、当時の人々は、以前に起きた同種の気候災害を「忘

れて」いたはずである。過去2,000年程度の歴史時代には、いわゆる中世温暖期、小氷期などの数百年の時間スケールをもった気温や降水量の変化が社会に大きな影響を与えたと考えられている [フェイガン, 2001; 2008]。しかし、こうした数百年間隔での現象の存在も、同時代の人々に認識されることは難しく、小氷期の開始期に突然の寒冷化に見舞われた世界の人々は、既に以前の寒冷期の記憶を「忘れて」しまっており、さまざまな災厄に巻き込まれたと考えられる [Parker, 2013 など]。

一方で、数カ月から数年の短い間隔でおきる気象・気候災害は、人々の記憶に焼き付けられる。台風は毎年のように日本に上陸し、暴風・高潮・洪水などによるさまざまな被害をもたらす。もちろん地域毎に必ず毎年大きな被害が出る訳ではないが、数年間隔で各地にもたらされる台風や梅雨前線によるさまざまな災害を、日本の人々は「忘れず」、古くからさまざまな対策が取られてきた。洪水の被害を受けにくい微高地上への集落の立地、水害の発生を前提にした輪中における水屋の設置、地震には弱い台風では飛ばされにくい瓦屋根の存在など、枚挙に暇がない。むしろ、大きな堤防で守られた低地に住宅が建設されるようになった近年は、洪水の被害を経験する時間間隔が長くなり、過去の水害の記憶を「忘れて」しまっただけで備えが疎かになり、一旦堤防が決壊すると巨大な被害に結び付くようになった可能性が指摘できるかもしれない。

それでは、その中間にある数十年の間隔で起きる気候災害については、どうであろうか。実は地球の気候の変動には、数十年の周期性が顕著に認められることが、最近になってわかってきた。地球の気候は、太陽や火山噴火などの「外力の変化」と気候システムの「内部の振動」によって周期的に変動しているが、例えば、太陽活動には顕著な10～20年の周期性があり、太平洋や大西洋における大気海洋相互作用にも20～50年の周期的な変動パターンが現れる [川崎ら, 2007]。その結果として生じる気温や降水量の数十年周期での変化は、19世紀以来の気象観測の進展の中で徐々に明らかになってきたが、同時に歴史時代の気候に関しても、後述するように近年、高分解能古気候研究の発展によって、数十年周期の気候変動が歴史の至る所で発見されるようになってきた。

つまり、人類の歴史に影響を与えてきた気象・気候の変化には、数日単位で起きる日々の天気の変化から、数カ月、数年、数十年、数百年、数千年、数万年まで、あらゆる時間スケールのものがある。災害の記憶を個人や社会が実質的に忘れてしまい、災害の再来への備えが疎かになる「災害の時間間隔」とは、どのくらいの長さなのか。そして、その「典型的な忘却時間」を越えた時間間隔で起きてしまう災害に対しても対応可能な社会とは、どのような社会なのか。過去数百～数千年間に亘って詳細な気候変動データを提供し始めている高分解能古気候復元研究の成果を、気候災害に関する歴史史料・考古資料を用いた研究の中に組み込み、両者を詳細に比較分析することで、こうした問題に対する答えが出せる可能性があるのではないか。それが本論の主張である。

③……………高分解能古気候学が生み出す新しい気温・降水量のデータ

気候災害に関連した気温や降水量の変動は、産業革命以降、世界各地で継続的に観測されるようになり、現在は測候所の設置されている陸上だけでなく、人間のいない海洋や極域においてすら、人工衛星を使って隈なく観測が行われるようになってきた。こうしたデータは、地球の気候変動の実態を余すところなく明らかにしつつあるが、残念ながら人工衛星のデータは過去数十年分しか

なく、地上の測候所による気象観測のデータも世界の多くの地点では20世紀以降に限られており、本論が対象とするさまざまな時間スケールの気候変動の影響を、歴史上の任意の時代に対して自由に議論できる状況にはなかった。しかし近年、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の取り組みの一環として、過去におきた気候変動を世界中のさまざまな地域で、できるだけ細かい時間解像度で、かつ精度良く復元しようとする取り組みが進み [PAGES 2k consortium, 2013]、日本を含む東アジアでも、急速に高精度・高分解能の古気候データが蓄積してきている [Cook et al., 2013]。

気温や降水量が過去にどのように変化したかを明らかにする古気候学は、20世紀の末までは、関連する別々の学問分野の中で孤立して細々と行われる小さな研究領域に過ぎなかった。すなわち、気候復元のための代替指標となりうる樹木年輪やサンゴ年輪、鍾乳石、堆積物、アイスコア、古日記、同位体比などを取り扱うことができる木材組織学、海洋生物学、堆積岩岩石学、海洋地質学、雪氷学、歴史学、地球化学などの専門家が、本業の片手間にサイドワークとして古気候復元を行うだけで、得られたデータも、その他の代替指標による復元結果との比較や、気候学的な解析に供されることも少なく、精度の検証も行われなまま放置されることが多かった。そうしたデータは正に玉石混淆であり、その一部は歴史の研究にも引用されてきたが、精度の低さや解釈の間違い等を反映して、複数のデータが相互に矛盾することも多く、結果的に、歴史学・考古学の側に「自分の歴史の解釈に都合の良い古気候データのみを選別する」という姿勢を誘引して、気候変動を歴史の解釈に利用する際の大きな障害になってきた。しかし、地球温暖化という人類史的な気候変動の課題を前にして、国際的に古気候復元への期待が高まったことで、古気候学自身が世界的に変らざるを得なくなってきた、ということが昨今の状況である。

2013年に発表されたIPCCの第5次報告書への準備を契機として、国際的な古気候・古環境の研究プログラムであるPAGESでは、地球温暖化などの将来予測に用いられる複数の気候モデルの能力の検証を行うために、気候モデルを用いて計算した過去1,000年以上に亘る古気候の再現計算結果と比較する目的で、世界を8つに分けた大陸・地域毎に過去2,000年間の気候変動を年・季節の解像度で詳細に復元する、2k (2,000) networkの取り組みを2009年から続けている。アジアでも樹木年輪や古文書のデータベースを元にして、年単位で詳細に気温や降水量の変動を復元するAsia 2kの取り組みが行われており、既にアジア全域の数百地点に及ぶ樹木年輪幅のデータベースを統合して、西暦800年以降の東アジアの夏季平均気温の年単位での変動を明らかにすることに成功した(図1) [Cook et al., 2013]。樹木年輪を使って夏の気温を復元する際には、一般に寒冷圏の樹木が用いられることが多い。その理由は夏の気温の僅かな変化でも、寒冷圏であれば樹木の成長に大きな影響があるからである。図1のデータは、それゆえ、アジアの寒冷圏であるチベットやモンゴル、ヒマラヤなどのデータを主に反映しているが、気温の変動には、もともとある程度の広域同調性があるので、後述するように、このデータは日本の歴史事象とも強い関係性を持つ。さらに近世に限れば、日本各地の古日記データベースを用いた夏季気温の推定 [平野ら, 2013 など] や、日本付近に限った樹木年輪による古気温の復元も次々と行われつつあり [Ohyama et al, 2013; D'Arrigo et al., 2015 など]、こうしたデータから日本の歴史上の気候災害、特に夏の気温の低下に伴う冷害の発生周期(発生間隔)を、明らかにすることができる。

気温とは異なり、洪水や干ばつなどの気候災害をもたらす降水量の変動には、大陸スケールでの

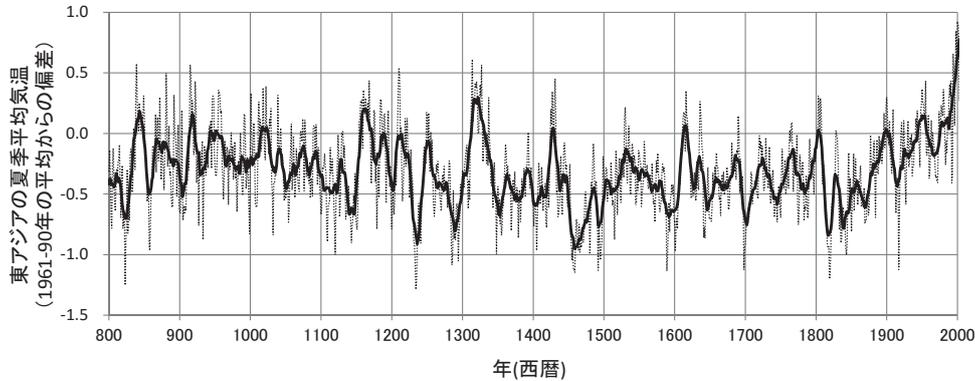


図1 樹木年輪幅の広域データベースを用いて復元された東アジアの夏季平均気温の変動 [Cook et al., 2013]
細点線が、年毎の値、太実線が、11年移動平均値を示す。

広域同調性は殆どない。例えば、中国の黄河流域が大干ばつに襲われていても、同じ年、揚子江流域では大洪水が起きていたりする。つまり降水量の変動に関連した日本の気候災害の周期性を明らかにするためには、あくまでも日本、それも日本の地域毎に、高時間分解能の降水量復元を行うことが望ましい。この点、古日記に天候の記載が歴大に残されている近世であれば、地域ごと、年月日ごとの詳細な降水量の推定が可能である [水越, 1993 など]。一方で日本はもともと降水量が十分に多く、樹木の年輪幅、すなわち樹木成長量の年々の変化に、降水量の大小が影響することはほとんどない。そのため樹木年輪から降水量の復元を行うことは難しく、中世以前の日本各地の降水量の変化を1年単位で復元することは、これまで不可能であった。

しかし近年、歴史時代の夏の降水量の経年変動を正確に復元できる全く新しいブレークスルーが発見された。樹木年輪セルロースの酸素同位体比である。樹木年輪に含まれるセルロースの酸素同位体比は、年輪幅よりも遙かに測定が面倒な指標であるが、夏の降水量（直接的には夏の相対湿度と降水同位体比）を正確に反映して、異なる樹種間・個体間でも同調して変化することが分っている [中塚, 2012, 2014, 2015 など]。現時点で、図2のように日本のさまざまな地域や時代から、年輪セルロースの酸素同位体比のデータは取得されつつあり [木村ら, 2014 など]、今後、順次公開されていく予定である [中塚, 2016a]。これらのデータから、過去に起きた洪水や干ばつなどの気象・気候災害の発生周期（発生間隔）が、詳細に明らかにされつつある。

こうした歴史時代における最新の気温と降水量の経年変動のデータは、復元のために統合された樹木年輪データベースの数の多さという点 [気温の場合：Cook et al., 2013] 及び、新たに導入された樹木年輪セルロース酸素同位体比という代替指標の精度の高さという点 [降水量の場合：中塚, 2014] から見ても、古気候復元の正確性と時空間的な解像度・被覆度を飛躍的に向上させるものである。それゆえ、そこから導かれる各時代・各地域における冷害や水害・干ばつ等の気候災害の発生周期（発生間隔）に関する知見を、膨大な歴史史料や考古資料の記録と重ね合わせることにより、第一に、気象災害の最も顕著な影響例である飢饉の発生やそれによる人口の変動などに対して、災害の発生周期が何らかの影響をもたらしたかどうかについて、客観的に明らかにすることができる。

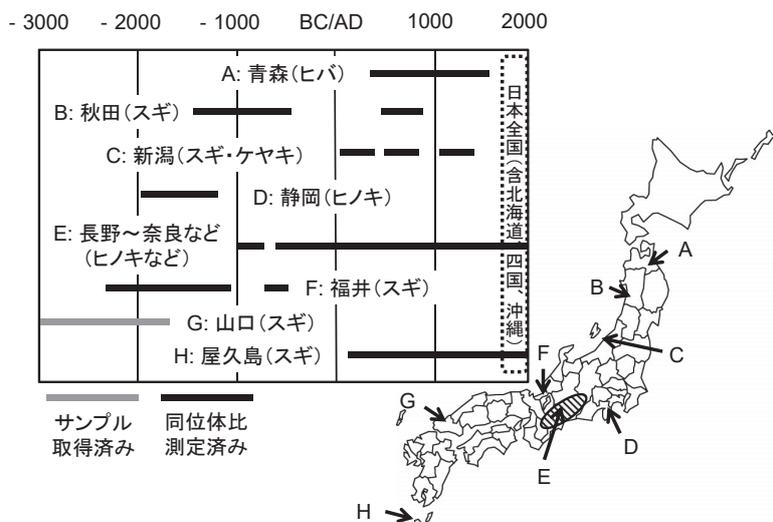


図2 2015年までに樹木年輪セルロース酸素同位体比の測定が
終わった(試料が確保された)時代と地域の分布

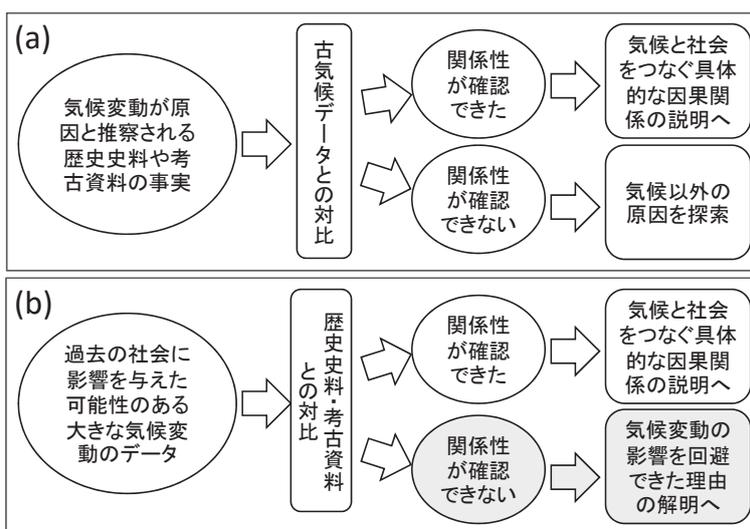


図3 これまでの歴史学・考古学における歴史と気候の関係の解析(a)と
高分解能古気候データから始まる新しい歴史と気候の関係の解析(b)

すなわち、どのくらい災害の発生間隔が長くなれば、人間社会が過去の災害を「忘れて」しまい、災害の被害が増幅するのかわ、時代と地域毎に明確にできる可能性がある。第二に、その増幅のあり方に時代や地域間での相違があれば、どのような社会のあり方が、災害の発生間隔が長くなっても被害の拡大を食い止めることに役立つのか、歴史から貴重な教訓を得ることも可能であろう。

こうした研究のあり方は、従来の歴史研究における気候データの取り扱い方とは、全く異なる新しい可能性を持っている(図3)。これまでも歴史の研究においては、気候変動・気候災害が歴史の展開に何らかの影響を与えた可能性が、古気候データを引用して議論されることは多かった。しかしその議論は、あくまでも歴史史料や考古資料から出発するものであったため、気候の社会への影響があらかじめ推定される事例だけが、議論の対象となってきた(図3a)。しかし防災・減災の

観点から災害の被害を拡大させないことを念頭において、もう一度、歴史の事例を隈なく精査する際には、むしろ、「古気候データからは、気候変動が大きく生じ、気候災害の発生が予想される時代であっても、歴史史料や考古資料には、その被害が余り確認できない事例」、即ち、防災・減災に成功したと考えられる事例からこそ、多くのことを学ぶべきではないだろうか。古気候データから出発する気候災害史の研究は、そうした「歴史における防災・減災の成功例」を発掘することができる、全く新しい研究の方法論になりうるのである（図3b）。

④……………数十年周期変動の重要性—気候と社会の見かけの関係 (問①への答え)

①の最後に示した2つの問いに対して、最新の気温や降水量の復元結果は、何を示唆するであろうか。近世、中世、古代と順を追って、歴史上に起きた気候変動の発生周期と当時の社会の応答のあり方の間にどのような関係性があるか、検討を進めてみる。

良く知られているように、近世には天明・天保の大飢饉など、冷害に起因すると考えられる大規模な気候災害が、東北地方を中心に頻発した。江戸時代はもともと小氷期に当たることから、「近世の気温は低く、全般的に冷害が起きやすかった」という推察がこれまでの歴史の解釈の前提とされてきたが、実際には図4に示すように、日本を含む東アジアの夏の気温は、近世においても数十年の周期性を持って大きく変動していた、即ち、冷害を招く夏季気温の低下という気候災害は、約30～50年の間隔をおいて発生していたことが、最新のデータで改めて明らかとなった。元禄、宝暦、天明、天保の飢饉は、正にそうした数十年ぶりに訪れた気候災害の影響を、まともに受ける形で発生しており、当時の人々が社会全体として、その前に起きた同様の気候災害（冷害）の教訓を「忘れて」しまったことで、被害が大きくなった可能性が指摘できる。実際、冷害による飢饉の直後には、多くの地域で、社倉・義倉などの穀物の備荒貯蓄が行われ、冷害に強い稲の品種や稲以外の作物の栽培が奨励されたが、温暖期が続いて米の豊作が常態化すると、そうした冷害への備えは疎か

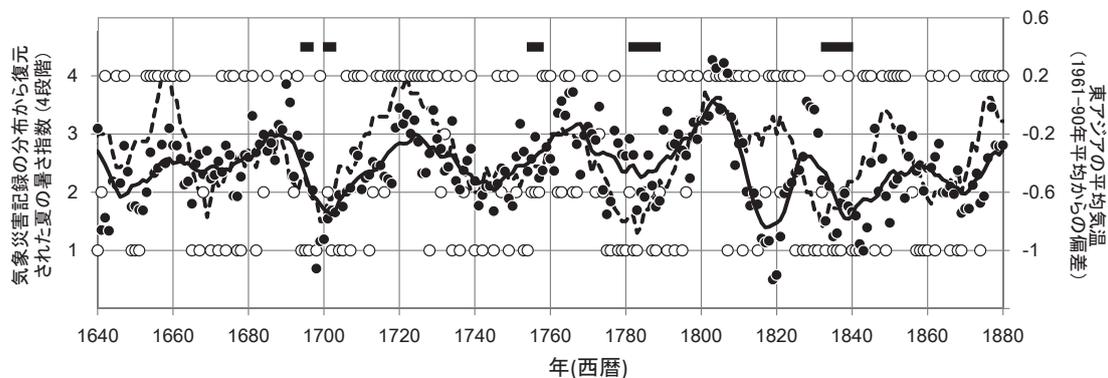


図4 近世における気象災害記録の分布から推定された日本の夏の暑さ指数[Maejima and Tagami, 1986; 白丸が年毎の値, 破線が11年移動平均値]と年輪データベースから復元された東アジアの夏の平均気温[Cook et al., 2013; 黒丸が年毎の値, 実線が11年移動平均値]の変化
図の上部の黒い横線は、東北地方における大飢饉の発生年を表わす。

になり、むしろ冷害は米の先物取引価格の上昇を伴うことから、東北地方などでも備荒貯蓄米の市場への売却を誘引し、冷害の被害を増幅させることにつながった〔菊池, 2003〕。近世日本の全国米市場において、世界に先駆けて発達した米の先物取引制度〔高槻, 2012〕のもとで、数十年ぶりの気温の低下は、冷害への警鐘となるどころか、格好の投機のチャンスと受け止められてしまった訳である。

Asia 2k の取り組みの中で復元された年単位の夏季気温の変動〔Cook et al., 2013〕は、西暦 800 年まで遡るものであり、中世の全体に対しても、近世と同じような気温と社会の関係の解析を初めて可能にするものである。図 5 に東アジアの夏季平均気温の変動を、藤木〔2007〕が集計した日本各地の古文書や古日記に表れた年当りの飢饉の報告件数（「飢」という文字を含む記録数）の変遷と共に示した〔伊藤, 2016〕。東アジアの夏季平均気温は、10 世紀から 12 世紀半ばまで、小刻みに変動を繰り返しながら徐々に低下していくが、12 世紀半ば以降、15 世紀後半までの間、極めて大きな変動を示すことが分る。特に数十年周期での気温の振幅が大きくなるのが、この 3 世紀半の期間の特徴である。一方で飢饉の報告件数は、その期間に激増し、特に数十年間に亘って続いた温暖期の直後の寒冷期に、大飢饉が多数報告されていることが分る。全国規模で多数の飢饉の報告がある寛喜の飢饉（1230～31）は、12 世紀半ば以降、70 年以上に亘って続いた温暖期が終わり、急激に寒冷化する際に起きた。当時の多くの人々にとって、冷害という気候災害は、未曾有のものであったに違いない。戦国時代の先駆けとなる応仁の乱につながる寛正の飢饉（1460）も、15 世紀前半の数十年間に亘る温暖期が終わり、寒冷化の極に達した際に発生した。こうした事実は、気温が数十年周期で大きく変動すること、すなわち冷害という気候災害が数十年の間隔をおいて発生したことにより、多くの人々が以前に起きた冷害を「忘れて」しまうことで被害が増幅した可能性を示唆している。実際には、同じような数十年周期の気温の変動が生じてても、14 世紀には、飢饉の報告件数は少ない。これが、気温自身が少し高めであったことに起因するのか、南北朝内乱という戦乱によって飢饉の存在が古文書からかき消されてしまったのか、或いは、実際に飢饉の発生が少なかったのか、現時点では結論が下せる状況にはないが、次項の解析とも関係して、13、15 世紀との間

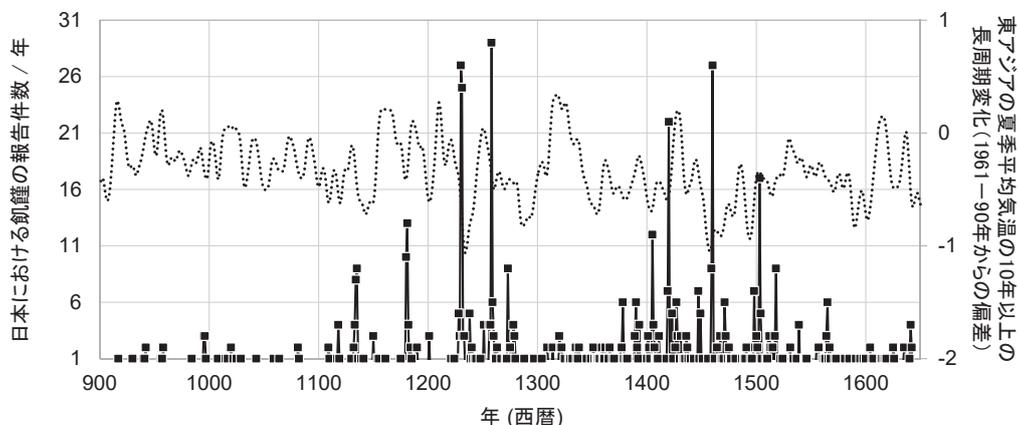


図5 中世における夏季気温の長周期変化〔Cook et al., 2013; 点線〕と飢饉の報告件数〔藤木, 2007; 黒四角〕の見かけの関係性〔伊藤, 2016〕

で興味深い対称性を示している。

奈良時代以前の先史・古代については、残念ながら現時点では、日本の歴史に応用できるような1年単位の気温データは取得できていない。弥生時代以降、稲作を主な生業としてきた日本社会では、気温の変化、特に夏季の低温化による冷害が、最も大きな気候災害の1つであったことは、近世・中世の事例(図4, 5)から容易に想像できるが、近・現代の日本の水稲統計データからは、東日本の冷害と共に、西日本の水害が、当地の稲作に大きなダメージを与えてきたことが分る[農林水産省・作物統計]。それゆえ年輪セルロースの酸素同位体比から推定できる夏の降水量の変動を日本史の史実と比較することで、先史・古代においても気候災害(水害・干害)の発生頻度・発生間隔と人間社会の対応の関係性について、議論することができるかもしれない。図6に、弥生時代後期(a)と古墳時代後期(b)における本州中部のヒノキ年輪のセルロース酸素同位体比の経年変動パターンを示すが、2世紀と6世紀に、酸素同位体比(夏季降水量)の変動が大きくなり、特に20~50年周期での変動の振幅が拡大したことが分る[中塚, 2015]。その同じ時代に、それぞれ弥生時代末期、古墳時代後期を特徴づける大きな社会的動乱、すなわち倭国乱や磐井の乱、武蔵国造の争い(534年)が起きたことが記録されている。これを気候災害の発生間隔という観点で解釈するならば、大規模な洪水、或いは干ばつといった災害が再来するまでに、20~50年という間隔が開いてしまったこ

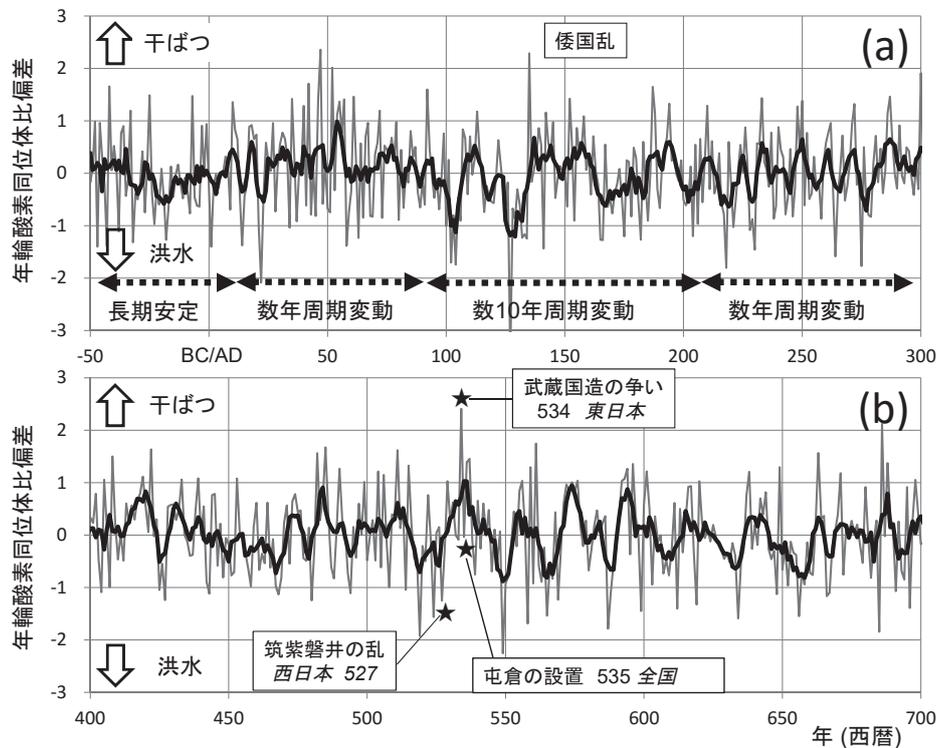


図6 中部・近畿地方で得られたBC1~AD3世紀(a)とAD5~7世紀(b)のヒノキ年輪セルロースの酸素同位体比の変動

年輪セルロース酸素同位体比は、ヒノキに特有の樹齡効果を取り除くため、測定個体毎に長期トレンドからの各年の値の偏差をまず計算し、その偏差を年毎に測定個体間で平均して表示している。灰色と黒色の実線は、それぞれ年単位と5年移動平均の値。(b)の★は対応する年代のデータに近接させて表示 [中塚, 2015]。

とで、当時の人々は、前回の同種の災害を「忘れて」しまい、洪水、或いは干ばつに対する備えを恒常的に維持できず、その影響を真正面から受けてしまって、さまざまな社会的緊張を生む原因となった可能性が指摘できるかもしれない。図6の事例は、共に海外の歴史書や日本書紀からの推定であり年代観も確定しているとは言い難いが、「数十年周期での気候（降水量）変動の拡大期が、時代の転換期に対応している」ということは興味深い。このことは、実は、図4、5に示したように、中世や近世に対してもあてはまることなのである。

気候災害の発生間隔という観点から、最新の年単位での古気候データを、近世・中世・古代における飢饉や戦乱などの史実と比較してみると、「数十年という時間は、人間社会がその前に起きた災害の記憶を実質的に忘れ去るのに必要十分な時間である」という新たな作業仮説を提案することができる。数年間隔で起きる災害であれば、人々の記憶には、前回の災害の記憶が生々しく残っているはずである。しかし数十年（以上）の時間間隔において、ある時、突然再発する災害の場合は、災害の種類が地震・津波や火山噴火であれ、冷害や水害・干害であれ、社会の人々に災害に対する備えをおろそかにさせる。数十年の寿命をもつ人間が、自分の記憶を保持しておける最長の期間は数十年のはずだが、実際には10～20年の単位で頻繁に新しい世代が生まれ、災害を経験しない人々が続々と社会に加入して来ることを考えると、10～20年以上、同種の災害が起きなければ、人間社会は総体として、その災害の記憶を「忘れて」しまうのではないだろうか。

この作業仮説は、しかし、引き続く歴史研究の課題を生起するための出発点に過ぎない。すなわち、「数十年以上の発生間隔において再来する災害に対して、人間社会は脆弱である」ということが概ね真実であったとしても、数十年の間隔において発生した歴史上の数多くの気象変動の全てで、人間社会が大きな被害をこうむったとは限らない。むしろ、歴史の中にその「例外」を探すこと、そして、その「例外」を生む背景の中にある「平常時の要因」を理解することこそが、災害史研究の1つの焦点になるに違いない。

⑤……………歴史事例を比較分析する統計学的解析の可能性 (問②の研究方法)

前章で述べたように、先史・古代から現在まで日本史の時間・空間座標の中には、「数十年周期の大きな気候変動が、社会に大きな被害をもたらした」と考えられる見かけの事例が数多く存在する。次の課題は、数十年以上の間隔において大きく気候が変化した無数の事例ごとに、第一に、「当時の人々が、実際にどの程度の影響をうけたのか」、第二に、「その影響の大小を決めた要因は何か」について解明することである。ここでは、まだ実際の歴史事象への応用に至っていない「試論」の段階であるが、それにむけた理論的な枠組みについて、提案してみたい。以下に示す内容は、総合地球環境学研究所において筆者が代表となって2014年度から5年間の計画で進められている個別連携プロジェクト「高分解能古気候学と歴史・考古学の連携による気候変動に強い社会システムの探索」(略称・気候適応史プロジェクト)の中で、議論されてきたものである[中塚, 2016b]。

歴史上の多数の事例を客観的に比較分析するためには、まず定量的な統計解析の手法を適用できる因果関係のモデルを構築する必要がある。図7に、その概念的なモデルを示した。ここでは、大

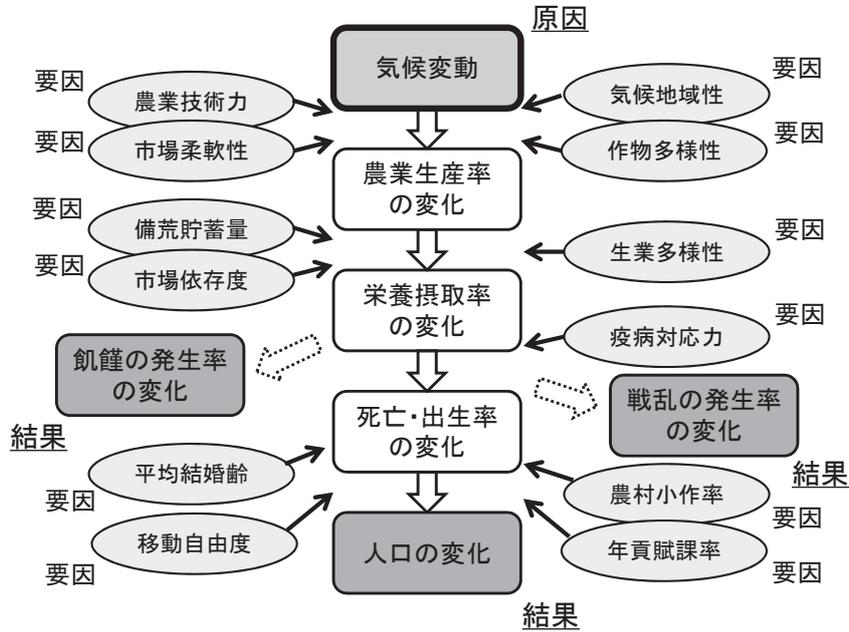


図7 気候変動に対する社会応答の因果関係についての概念モデル

きな気候変動という「原因」が、さまざまな社会的・自然的な「要因」の影響を受けながら、農業生産率や栄養摂取率、出生率・死亡率の変化といった中間過程を次々と経て、人口の減少や飢饉・戦乱の発生といった「結果」につながっていく一連の道筋を、できるだけ単純化・普遍化して表わしてある。「要因」に含まれる項目の多くは、近世の事例を対象に書かれたものであるが、中世以前の事例に対しても、(史料からの定量的データの取得はより困難と思われるが)類似の項目の設定が可能である。このモデルは気候変動に始まる因果関係を表わしたものであり、ここに表わした「要因」も気候変動に直接関係するものが多いが、後述するように、解析の際にどのような「要因」を設定するかは、実は自由であり、事例解析を進める中で、地震や火山噴火などの他の災害に対する社会の対応能力にも関連した、より普遍的な「要因」が浮かび上がってくる可能性は十分にあると考えている。

この概念モデルを使うことで、多数の事例を対象に、どのような統計的な解析が可能になるであろうか。ここでは、次のような2段階の解析方法を提案したい。まず上述の第一の課題、すなわち数十年間隔で大きな気候変動が起きた際に、「当時の人々が、実際にどの程度の影響を受けたのか」を、歴史の事例ごとに客観的に評価するために、「原因」としての気候変動の大きさ(例えば、気温の低下率)と「結果」としての被害の大きさ(例えば、人口の減少率、飢饉の発生率)の間にどのような関係性があるかについて、歴史上の各時代・各地域の事例を、(原因と結果の大きさをそれぞれX軸、Y軸とした)2次元グラフ上の点として、一つ一つプロットする(図8a)。この場合、その事例を表わす点がグラフ上のどの位置にプロットされるのか、つまり左上なのか、右下なのか、右上なのか(より詳細には、その事例の点と原点を結ぶ傾き(Y/X)の大きさ)が、「原因」が「結

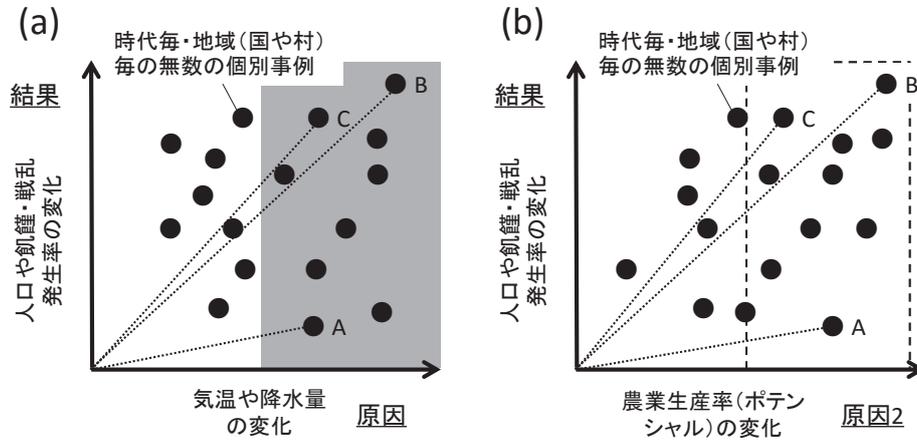


図8 気候変動に対する社会応答の大きさ(a)および、気候変動によって生じる農業生産力の変化に対する社会応答の大きさ(b)を分類するためのグラフ

果」に与えた影響の大きさ”を客観的に表すものとなるが、ここでは、大きな気候変動が起きた際の社会の対応を考察の対象とするので、主にグラフの右側の灰色の領域の事例を扱うことになる。図8aでは、X軸として「気候変動の大きさ」が設定されているが、実際には例えば、大きな気温の低下が起きても、東北地方で冷害が起きるのに対して、元々気温の高い九州地方では冷害の被害は起きにくい。このことは、図7に書いた多数の要因の1つとして「気候地域性」が挙げられていることにも表れているが、以後の解析において対象とする「要因」を社会的なものに絞り込むために、この「気候地域性」の影響をキャンセルして表示したのが図8bである。つまり、X軸として「気候変動の大きさ」を与える代わりに、地域毎に「農業生産率のポテンシャルの変化」を、気温や降水量などの古気候データの変化から推定して与えている。この推定には、近・現代の水稲統計や近世の年貢割付状（免定）[鎌谷ら、2016など]、坪刈記録[佐藤、1987など]等の地域毎の農業生産力に関する統計データを、気象観測データや古気候復元データと対比することで導かれる、地域毎の「気温・降水量と農業生産力の関係」に関する定量的関係式を用いることができる。

次に上述の第二の課題、すなわち数十年間隔で気候の大きな変化が起きた際に、「当時の人々に対する影響の大小を決めた要因は何なのか」を明らかにするために、図8で得られた各事例における「影響の大きさ」をY軸に、事例毎に定量的に得られる可能性のある任意の社会統計データ（要因の候補）をX軸において、2次元グラフを作成する（図9）。この図9のX軸に当てはめられる「要因」には、どのようなものがあり得るであろうか。現時点では、その範囲を絞り込むことはできないが、それが江戸時代の地域毎の事例の比較であれば、まず「藩の財政の市場依存度」とか「藩内での社倉・義倉の設置率」とか、およそ無数の事例全体の一部についてでも取得可能なあらゆるデータが想定できる。それが中世の時代間での事例の比較であれば、政治・経済体制の時代間での違いを表現できる何らかの指標（例えば、「単位年あたりの幕府の法令の発布数」とか）が、試されることになるであろう。図9のグラフ上のデータの分布がどのような形になるかは、現時点で全く予想できないが、さまざまな「要因」をX軸として図9を多数作成する中で、有意な関係性を見つ

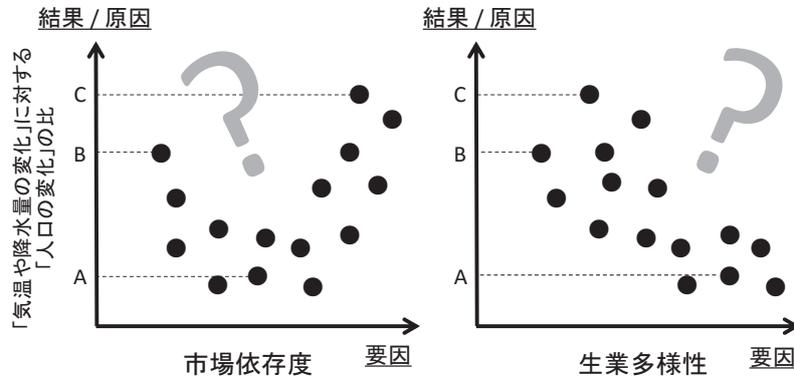


図9 気候変動に対する社会応答の大きさを決めている要因を明らかにするためのグラフ

けることができれば、その X 軸の変数の一つ一つが、ここで明らかにすべき「気候災害を回避するために社会において考慮すべき重要な要因」の候補になるはずである。

図8や図9のような解析手法は、歴史の研究においてこれまでに用いられたことのないものと考えられるので、さまざまな疑問が生じうる。中でも最大の疑問として、「人口や飢饉・戦乱発生率の変化が、全て気候変動の影響で決まっているはずがない」という事実がある。これは近・現代の経験を紐解くまでもなく自明であり、実際に少数の事例を図8上にプロットして、その結果を図9に応用しても、その点の分布の意味を議論する前に、「気候以外の要因」を精査する必要が生じ、意味のある解析が進められなくなることは容易に想像できる。では、こうした解析には意味がないのか。ここではしかし、「統計的解析」という言葉の意味を強調したい。すなわち図8や図9には、文字通り「無数の事例」がプロットされることを想定している。実際、江戸時代であれば、国ごと、或いは村ごとに、幕府の人口調査や宗門改帳などの形で人口のデータは記録されており、天明・天保の飢饉といった大きな気候災害の前後で、地域毎にどのような人口の変化 (Y 軸) と農業生産率の変化 (X 軸) があつたかについて、時代や地域を越えて無数の事例を、図8b上にプロットすることができる。そこで得られた「影響の大きさ」を図9の Y 軸に用いて「要因」の分析を行う際には、個別の事例に含まれている気候変動以外の隠れた「原因」やその他の「要因」の影響は、事例群の点分布のバラツキの大きさとして表れてくるはずである。つまり、「気候変動という原因」や「解析対象としている要因」とは異なる事項からの影響が大きい時には、図9の相関が低くなることで「答え」が得られないし、逆に、そうした影響が少ない時には、図9の相関関係が有意に高くなって「答え」(即ち、X 軸に示された要因が気候変動による社会の被害の大きさを考える上でとても重要である、という答え) が自然に導かれるはずである。歴史の研究に統計解析を持ち込む大きな目的の1つが、そうした答えを導く手続きの透明性にあり、図7の概念モデルの外部からの影響の大小については図8、9の解析の中で統計的に評価可能であると考えられる。

現時点では、本章で述べた「気候災害の社会への影響の大小及びその規定要因」に関する統計的な解析方法は、まだ具体的な応用も始まっていない未熟なものである。今後、実際のデータを用いた事例群の比較分析を行っていく中で、さまざまな問題が発生する可能性があり、次々と修正をし

て行く必要があるものと思われるが、こうしたアプローチは図 3b に示した「高分解能古気候データから始まる新しい歴史と気候の関係の解析」を可能にする有効な方法論の 1 つになると、考えている。

まとめと今後の可能性

本論の前半でのべたように、高分解能の古気候データから出発する新しい災害史研究の目的は、以下の 2 つの設問に答えることである。第一に、災害の発生間隔が何年以上になれば、人間社会は総体として、過去に起きた災害を「忘れて」しまうのか。第二に、特定の年数以上の間隔で災害が再発した場合に、人間社会の対応能力が下がることが明らかになったとして、それでもそうした「忘れた頃にくる災害」から、大きな被害を受ける社会と余り被害を受けない社会の違いを生み出す要因とは何か。

こうした設問に答えるために、日本史の全体を対象にして無数の事例を掘り起こしていく訳であるが、本論ではまず、第一の設問に対して、「数十年以上の間隔において再発した災害に対しては、人間社会の対応能力が下がる可能性が高い」という作業仮説を示した。その上で、第二の設問に答えるために、その具体的な方法論、特に多数の歴史の事例をまとめて取り扱うことができる「統計学的方法」の可能性について詳しく議論した。

もとより歴史学の研究の特徴は、時代と地域が限定された個別の史料(群)を深く読み解くことで、その時代や地域の本質を明らかにすることにある。その史料群の時代と地域が、上述の第二の設問における「忘れた頃にくる災害から、あまり被害を受けない事例」に対応している場合、その研究は、「新しい災害史研究」の目的に直接貢献するものとなる。同じことは、個別の遺跡の資料を深く検討する学問である考古学の研究にも、ある程度当てはまるであろう。一方で、従来の歴史学や考古学が苦手としてきたことに、時代や地域を越えて膨大な数の事例を取りまとめて、その背後にある共通の要因を抽出するような作業がある。本論では、そうした作業の可能性について議論したが、もしもそれに成功したならば、「忘れた頃にくる災害から、あまり被害を受けない社会の事例」の背後にある「共通の要因」を、より説得力のある形で提起することが可能になるに違いない。

「歴史の教訓を現代社会に役立てる」、具体的には、「歴史の教訓を正確な予測が不可能な災害の再発に直面せざるをえない我々のこれからの社会設計に活かしていく」ためには、その教訓を「誰もが受け入れられる形」で歴史から抽出し社会に提供していく必要がある。その際には、「狭いが深い具体的な個別事例」が持つ“共感力”と「浅いが広い普遍的な共通事例」が示す“説得力”の両者の利点を組み合わせることが、重要である。つまり本論で示した「統計学的な解析」は、新しい災害史研究の唯一のゴールでは、全くない。「個別事例を対象とした数多くの歴史学・考古学的研究」と「無数の事例の全体を取りまとめる統計学的研究」は、相互作用しあって短所を補いあい長所を伸ばしあえる、相補的な関係になりうるものであると考えている。

さて、こうした方法論を用いて歴史の無数の事例の中に、「忘れた頃にくる災害の被害を減少させるための社会の要因」を探っていくと、その先にどのような要因が浮かび上がってくるであろうか。これまでみてきた、中世や近世における気温の変動と飢饉の発生の間の見かけの関係性は、「流

通経済と地域社会の関係」のあり方が、気候災害の軽重を規定する大きな要因になる可能性を示している。図5からは、13世紀と15世紀に気温の数十年周期変動に伴う大飢饉の発生が認められるのに、14世紀にはそれが少なくとも表面的には見られなくなる。その理由として、13世紀後半以降、日本中で物資の流通が活発になり、寛喜の飢饉（1230～31年）や正嘉の飢饉（1258年）の際には孤立して餓死せざるを得なかった地域の人々が、その後の凶作の際には外部からの食料の供給によって部分的に救済されるようになってきた可能性が指摘できる。一方で15世紀に京都を中心におきた寛正の飢饉（1460年）や引き続き応仁の乱の際には、逆に、流通によって都市に集まる物資に過度に依存する社会構造の中で、むしろ飢饉の規模や影響は飛躍的に拡大してしまっただとも言えるかも知れない。図4に示した近世の飢饉の際にも、流通経済の功罪は明らかである。温暖期の虫害でおきた享保の飢饉（1732年）の際に幕府は、飢饉が広がる西国に米を輸送して飢饉の緩和を図ったが、この時に流通経済による米の売却で恩恵を受けた東北諸藩は、引き続き寒冷期の天明の飢饉（1780年代）や天保の飢饉（1830年代）の際には、逆に、飢饉輸出とも言える無理な備蓄米の売却を通して甚大な被害を蒙った〔菊池、2003〕。

「流通と地域の関係が、災害の緩和あるいは拡大に、どのように関係しているのか」について歴史的に検証していくことは、グローバリズムに覆われた現代の社会に対しても普遍的な意味を持っている。今後、各時代・各地域の事例を比較分析するための適切な社会経済指標を導き出し、定量的なデータを収集・整備する作業を急ぎたい。もっとも、歴史の研究に統計学的手法を持ち込む目的の1つは、結論についての予断を排することであり、流通経済以外にもあらゆる社会指標が、図9のX軸として検討されるべきことは言うまでもない。こうした新しい取り組みによって、災害と社会の歴史的関係について、どのような新しい見方が生まれてくるのか、自ら、その視野の広がり期待している。

引用文献

- 伊藤啓介(2016):藤木久志『日本中世災害年表稿』を利用した気候変動と災害史料の関係の検討—「大飢饉」の時期を中心に—。気候適応史プロジェクト(総合地球環境学研究所)成果報告集I, 65-75.
- 鎌谷かおる・佐野雅規・中塚 武(2016):日本近世における「年貢」上納と気候変動。日本史研究, 646, 36-56.
- 川崎 健・花輪公雄・谷口 旭・二平 章編(2007):「レジーム・シフト—気候変動と生物資源管理」成山堂書店
- 菊池勇夫(2003):「飢饉から読む近世社会」校倉書房
- 木村勝彦・中塚 武・小林謙一・角田徳幸(2014):BC2300年に達する年輪酸素同位体比の物差しの構築と三瓶スギ埋没林の暦年代決定。日本植生史学会・2014年度年会・講演要旨集
- 佐藤常雄(1987):「日本稲作の展開と構造—坪刈帳の史的分析—」吉川弘文館
- 高槻泰郎(2012):「近世米市場の形成と展開」名古屋大学出版会
- 多田隆治(2013):「気候変動を理學する—古気候学が変える地球環境観」みすず書房
- 中塚 武(2012):気候変動と歴史学。「環境の日本史① 日本史と環境—人と自然」(平川 南編)吉川弘文館, p.38-70.
- 中塚 武(2014):樹木年輪セルロースの酸素同位体比による気候変動の復元。「現代の生態学⑩ 地球環境変動の生態学」(原 登志彦編)共立出版, p.193-215
- 中塚 武(2015):酸素同位体比がもたらす新しい考古学研究の可能性。考古学研究 62, 17-30.
- 中塚 武(2016a):高分解能古気候データを用いた新しい歴史学研究の可能性。日本史研究, 646, 3-18.
- 中塚 武(2016b):気候の変動に対する社会の応答をどのように解析するのか?—新しい形での文理融合を目指した統計学のアプローチ—。気候適応史プロジェクト(総合地球環境学研究所)成果報告集I, 27-38.
- 農林水産省・作物統計(<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/>)

-
- 平野淳平・大羽辰矢・森島 濟・財城真寿美・三上岳彦(2013)：山形県川西町における古日記天候記録にもとづく1830年代以降の7月の気温変動復元. *地理学評論* 86, 451-464.
- ブライアン・フェイガン(2001)：「歴史を変えた気候大変動」河出書房新社
- ブライアン・フェイガン(2008)：「千年前の人類を襲った大温暖化」河出書房新社
- 藤木久志(2007)：「日本中世気象災害史年表稿」高志書院
- 水越充治(1993)文書記録による小氷期の中部日本の気候復元. *地学雑誌* 102, 152-166.
- Cook, E. R., P. J. Krusic, K. J. Anchukaitis, B. M. Buckley, T. Nakatsuka, M. Sano and PAGES Asia2k Members (2013) : Tree-ring reconstructed summer temperature anomalies for temperate East Asia since 800 C.E. *Climate Dynamics* 41, 2957-2972 doi:10.1007/s00382-012-1611-x41.
- D'Arrigo, R., R. Wilson, G. Wiles, K. Anchukaitis, O. Solomina, N. Davi, C. Deserg and E. Dolgovae (2015) : Tree-ring reconstructed temperature index for coastal northern Japan: implications for western North Pacific variability. *International Journal of Climatology* 35, 3713-3720.
- Maejima, I. and Y. Tagami(1986) : Climatic change during historical times in Japan: Reconstruction from climatic hazard records. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University* 21, 157-171.
- Ohyama, M., H. Yonenobu, J.-N. Choi, W. K. Park, M. Hanzawa and M. Suzuki (2013) : Reconstruction of northeast Asia spring temperature 1784-1990. *Climate of the Past* 9, 261-266.
- PAGES 2k consortium(2013) : Continental-scale temperature variability during the last two millennia. *Nature Geoscience* 6, 339-346.
- Parker, J.(2013) : "Global Crisis: War, Climate Change and Catastrophe in the Seventeenth Century", Yale University Press

中塚 武 (総合地球環境学研究所, 国立歴史民俗博物館共同研究員)

(2016年1月18日受付, 2016年5月30日審査終了)

Directions in New Historical Disaster Studies Based on High Resolution Paleoclimate Data

NAKATSUKA Takeshi

Past changes in temperature and precipitation during last two millennia are now being reconstructed in Japan and East Asia at annual time resolution using various paleoclimate proxies such as tree rings, including large scale database of tree ring width and tree-ring cellulose oxygen isotope ratios, and literature records, covering diary weather descriptions and documentary climate disaster reports. By comparing those high resolution paleoclimate datasets with historical and archaeological evidences, it might be possible to elucidate how people in local societies of past periods reacted to climate disasters due to cold summer, severe flood or drought in detail. So far, reconstructed variations in summer temperature and precipitation during early modern, medieval and ancient ages have clarified apparent coincidences that multi-decadal variations in summer temperature and precipitation often underlain many large famines and/or warfare at the corresponding periods. This fact implies a universal mechanism that societies cannot successfully react to disasters, including earthquake and tsunami, which reoccurs after long pausing periods, more than multi-decades. In this paper, I proposed a statistical research strategy to elucidate what kinds of societal properties enhanced (reduced) people's damages owing to the disasters by extracting and analyzing of numerous historical examples on multi-decadal or longer time intervals of large climate changes and their societal consequences. This statistical approach to historical researches starting from high resolution paleoclimate data may develop a new possibility to strengthen traditional historical and archaeological methodologies. Although I cannot conclude now about the important factors determining degree of people's damages by the disasters, medieval and early modern examples suggest that relationships between distribution economy and local societies might have played key roles.

Key words: history of disasters, paleoclimate, climate change, tree ring, oxygen isotope ratio