

都市水害論(1)

—災害の時空間スケールと変遷について—

土屋義人

Natural Water Hazards in Urban Areas (1)

—Time & Spatial Scales and Historical Changes
in Natural Water Hazards—

By *Yoshito* TSUCHIYA

Synopsis

As my short notes of natural water hazards, historical changes in the water hazards and their prediction are summarized in a series of the natural water hazards in urban areas.

In the first report, change in total population for a period of past about 10,000 years shows five stages in its change, and then the time and spatial scales in natural water hazards are introduced to consider historical changes in the hazards. They are classified into longer and shorter timescales and their relevant spatial ones. By the longer timescale, natural hazards for a period of past about 10,000 years are considered in relation to changes in natural forces such as solar activity, temperature, sea level and vegetation, and in social environment such as residence, production and social activities. By the shorter time scale, natural water hazards and their changes in a period of past 2,000 years are also considered in more detail in relation to natural forces such as climate change, typhoons, drought and plagues, and social environment such as reclamation, construction, internal wars, social activities and politics.

1. 緒言

この災害論は、いふなればわたくしの都市水害論である。あえて、都市水害論として都市を強調したかについて、まず述べなければならぬであろう。都市計画、いや国土計画の分野で果して都市をどう定義しているか知らないが、ここではあえて明治以前日本土木史¹⁾に従って、都市とは都(みやこ)すなわち統治の権力者の所在地、市(いち)すなわち市場で、通商貿易の中心地であり、これを現代風に考えれば、社会経済の拠点であり、多くの人びとが生活の拠をなしているところであり、要は人間社会そのものといってもよいとしたい。次世紀に向って、都市時代を迎えようとしている現在、この狭長な日本列島は都市化の波に洗われ、ともすれば災害国であるこの自然への宿命を忘れがちであるが、自然は過去の習慣に忠実であるという寺田寅彦²⁾の名言を忘れるわけにはいかない。災害は忘れた頃にやってくると、よくいわれるが、忘れて困るのはむしろ自然のこのような忠実な習慣性であるはずである。

長い人類の歴史において、史実として明確でないものも少なくないが、歴史上栄えた多くの文明が自然

の習慣性により、人間活動への反作用として滅亡を余儀なくしたものが多い^{3),4)}。栄枯盛衰という語がどこから生れたかは知らないが、それが人間生活の一面のみをいう理解ではなく、文明のような時間的にも空間的にもスケールの大きな事象についてもいえることであろう。わが国は長い歴史を持ち、それがこれほどよく解明されている国も少ない。最近、都市化に伴って全国各地で発掘される多数の遺跡に基づく考古学の著しい進歩によって、さらにそれらが明確にされつつある。

わたくしの都市水害論では、こうした背景のもとに、わが国における過去約1万年の間において何が起きてきたか、その歴史的変遷において外力的な要因のほかに、社会的な環境変化などを考察に加えて、できる限り系統的に調べてみようとする1つの試みを示す。ここでいう水害としては、必ずしも洪水や高潮などによる災害そのみをいうのではなく、いわゆる気象災害とでもいう範ちゅうである。災害は進化するといわれ、文明は新しい災害を創るとも、寺田寅彦はいつている。都市水害論として、あえて気象災害一般を対象としようとする理由もここにおきたい。

わが国には、すばらしい歴史書が数多い。それらの1つでも、かつてひも解こうともしなかったわたくしが、数年前のことであろうか、そのうち1つ中公文庫の日本の歴史26巻を手にしたときの驚きは今も新鮮である。たとえば、井上光貞⁵⁾の語る神話時代において、また奈良本辰也⁶⁾の町人の実力において述べられている幾多の災害、その記録など、当時自然災害科学総合研究班に若干関係していたこともあって、その対象とすべき研究テーマのみならず、とり扱うべき時間スケールについて再考すべきものと反省した。力学的な研究手法を主体としてきたわたくしにとって、果してこの新鮮な驚きをポテンシャルにして、災害の変遷を研究し、その中からより低頻度な大災害の予測を試みることをしようとしても、とてもその可能性はないと思い、21世紀において都市時代を迎えると、このような巨大災害が対象となるということを幾度もいつてきた。こうした研究はだれもなかなか飛びつかないものとみえて、そのままになっていたが、昨年琉球大学および岐阜大学における集中講義で災害科学を対象とすることにしたので、その機会に我流でこの方面の文献、資料などを調べ、想像たくましく、約1万年の気象災害をまとめることにした。力学面と違って、基礎方程式を作る方法も知らないし、またそれを解いてある解を求め、それにより事象の全貌を明らかにするようなわけにもいかない反面、あらゆる可能性から、事象とくに災害が起り、それがどうなったのかという解を示すことができる程度可能であり、それはより汎関数的であり、また多分に人間味の深い解となるであろう。

水害論の研究において、その歴史的な研究の必要性は、すでに高橋⁷⁾によって述べられており、戦後ようやく復興し、社会経済が著しく成長した時代、伊勢湾台風などの未曾有の大水害を経て、諫早、狩野川災害に至り、わが国の水害の形態が変ってきたことを指摘し、いち早く都市水害を示唆したのは実にかれであった。昭和60年初春、奈良文化財研究所に坪井清足所長を尋ねたとき、遺跡が発掘され、そこに残存して出土されるのは、土砂によって短時間に埋没されたためであり、もし地震などで倒壊したものであれば、残存しないであろう、といわれた。後日、坪井⁸⁾による縄文文化論を岩波の日本史によって知ったとき、それはさらに新鮮となった。すなわち、縄文時代に栄えていた大集落が大きな天災によって一度に消滅するようなことがありえたとして、その人口が当時の生産力に対して飽和状態にあるとき、その地域は天災に対して非常に脆いことを示していると述べているが、まさに真理であろう。

一方、自然力はときに数分、または数時間から、せいぜい数日程度のきわめて短期間にわれわれの生活、生産の場に作用し、これが災害を起こす場合が少なくない。多くの風水害については、この種の災害が研究の対象とされる。これら両者の災害という現象を比較すると、そこには相異した時空間のスケールが存在することがわかる。すなわち、縄文時代のように、長期の時間スケールで気候変化が起り、これにより広範囲において、その影響をうけ人口が急減少し、その文明が崩壊するような場合と、台風などによる災害のように、その通過に伴う短期の時間スケールで、比較的限られた範囲に災害が発生し、被害が集中する場合とがある。これらは取扱うべき災害現象を外力の発生に応じて、どのような時間スケールで取り扱うかに依存するはずであり、その外力の伝播に応じた空間スケールが存在するものと思われる。

本文では、災害現象における時空間スケールについて述べたあと、具体的に時間スケールを2つに指定して、災害の変遷を社会活動の指標として人口の変遷をとりあげて考察する。すなわち、第1の時間スケールでは、縄文時代の初期から現代までの約1万年における自然外力の変遷とそれに伴う人口の変遷について述べる。そこには、5つステージ（5 stages）が存在し、それらの間には必ず自然外力および社会活動との関係で、かなり長期にわたるカタストロフィックな変化、すなわち災害が発生していることを示し、その原因について考察する。第2は、世歴年代以降の約2千年についてである。この時間スケールによると、さらに詳細に自然外力とそれに伴う社会活動との関係が鮮明にされ、人類の生産・社会活動の変化に伴って新しい災害が現われ、またそれに対する葛藤の変遷を知ることができる。

このようなことから、本文では、従来われわれが災害の研究において直接あまり引用しなかった考古学や環境考古学、あるいは日本歴史など、関係する多くの成書を参考にして、都市水害論として、縄文時代以降の災害史というか、災害科学の立場から文明史を眺めようと試みるつもりである。したがって、引用または参考とさせていただいた数多くの成書や文献の著者らの労に、まず感謝しなければならないと思う。

2. 災害現象の時空間スケール

前述したように、自然外力に起因する災害には、その継続時間がかなり長期にわたるものもあれば、数時間程度で終わってしまうものもある。そして、外力の伝播に伴って災害が発生するわけであるから、時間スケールと外力特性から決定されるような災害が起こる空間スケールが存在するはずである。ここでは、このような立場から、災害現象における時空間スケールを定義し、それによる災害の変遷とその要因について考察する1つの規範を考える。

2.1 人口変化における5 stages

まず、Fig. 1にはわが国における過去約1万年間における人口の変化を示す。これは、最近の2千年については鬼頭⁹⁾の推定のほか、人口統計¹⁰⁾によるものであり、また縄文時代（西暦前約9千年より2千年あたりまで）については小山¹¹⁾の推定を、さらにそのあとの弥生時代については、鬼頭⁹⁾による表によって作成したものである。このような人口の変化を長期にわたって知り得るということは、わが国の偉大な文明とでもいふべきものであり、それが最近の考古学の進歩に大きく依存していることはいうまでもない。縄文時代の人口の推定は、発掘された年代ごとの遺跡数の分布によって行われているので、都市化に伴う遺跡の発掘の程度に依存するという議論¹²⁾もあるが、ここではむしろ当時の人口の推定まで行うことができた成果を評価して、それを利用することを考える。

まず、この図から明らかなように、人口の変化において、5つの stages が存在する。このような人口変化における波の存在については、すでに鬼頭⁹⁾によって4つ波が指摘されているが、ここではとくに人口の増加が起りそれが緩やかに、または停滞や急激に減少する傾向に着目して、前述したように5 stages に分けられると指摘することにしたのである。すなわち、Fig. 1において、A stageは縄文時代、B stageは弥生時代を、またC stageは戦国時代を中心とした時代であり、そのあと全国统一が行われた以降、安土桃山時代を中心とする範囲がD stageであり、明治維新以降より現在までをE stageとすることができる。それらの自然外力的な要因のみならず社会的な環境要因との関係については、後述するようにそれが本研究の主目的であるので、ここではこの人口変化の全体傾向についてまず考察しておく。

Fig. 1によれば、人口の増加率が大きいほど、その stage が継続する期間が短くなっていることがわかるので、各 stage の継続時間 T_D と人口増加率 dN/dt （ここに t は時間）との関係を図示すると、Fig. 2が得られる。ただし、各 stage の継続時間は Fig. 1によって大体の期間を求めたものであって、たとえば縄文時代が約9,700年続いたという考古学的な知見¹³⁾とは必ずしも一致しない。この結果によれ

ば、各 stage の継続期間は人口増加率が大きくなるほど急激に減少することがわかる。この場合、C stage については、その継続期間を他の stage のように定められないので、矢印で示してある。この人口増加率が各 stage の継続時間にも関係するとして、その比 $(dN/dt) / T_D$ との関係で Fig. 2 と同様に示すと、Fig. 3 が得られる。このような表示をとると、A, B および D stages のみならず、C stage も1つの曲線にのりよることになる。すなわち、各 stage, いいかえれば同一の文化的な要因、たとえば生産、居住、社会活動などの方式が同一であれば、それに依存する文明または時代の存在期間は、人口増加率が緩やかなほど、そして

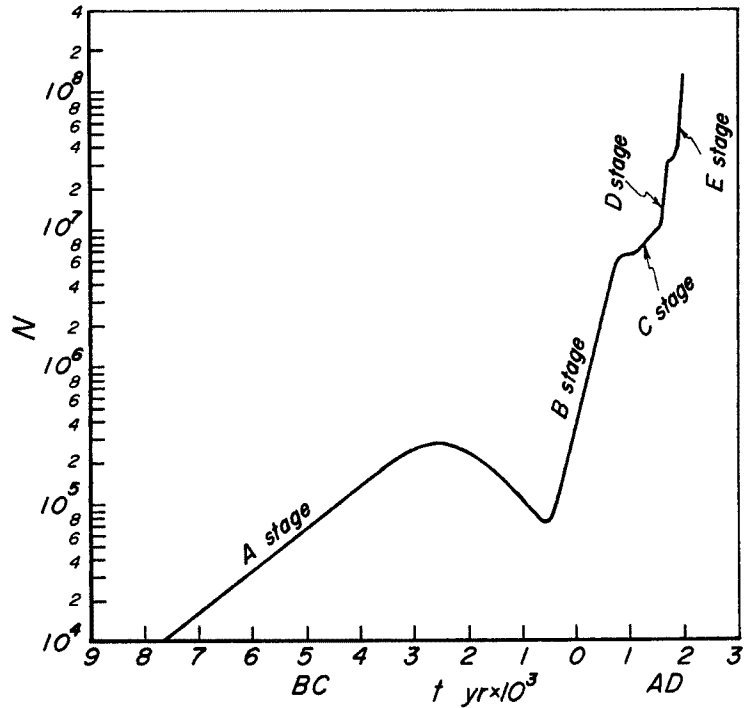


Fig. 1. Changes in total population in Japan and its five stages.

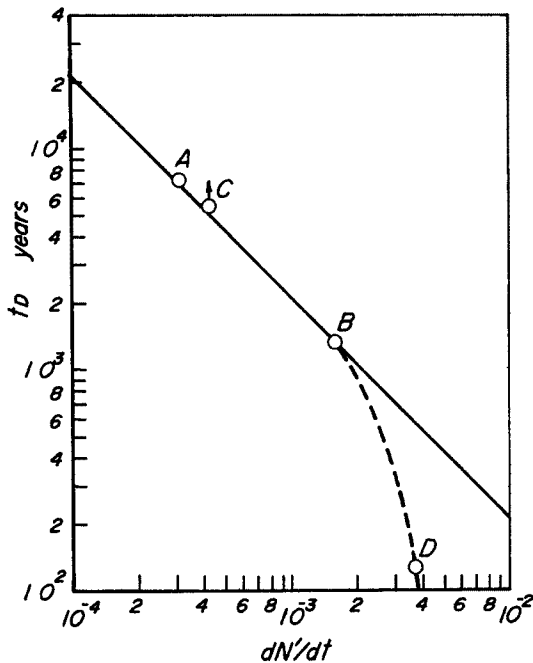


Fig. 2. Relation between duration of stages and increasing rate of population.

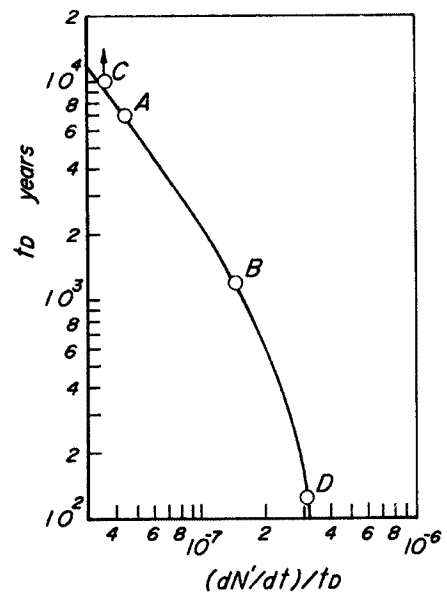


Fig. 3. Relation between duration of stages and increasing rate of population related to its duration.

その継続期間が長いほど継続期間はより長くなる可能性があることがわかる。これを普遍すれば、急激な人口増加や社会の急成長をもたらすような時代は、よほど人間社会のみならず、自然に対して技術的にも、また行政的にも確実な方策を採用しない限り、それを継続させることはむづかしいといえるのではなからうか。

なお、以上は人口の変化について考察したが、社会経済などの活動度についても、全く同様なことがいえるはずである。それは人類が地球環境の構成員であり、それ自身地球環境に影響を与え、また自然を通じてその反作用をうけることに他ならないわけで、その具体例もいくつかすでに示されている^{14), 15)}。

2.2 災害における時空間スケール

技術、物質文化、情報、思想などいわゆる文化環境という内的環境が人間社会を被い、その周囲を自然環境という外的環境がとり囲んでいる。初期においては、内的環境は小さく、人間から自然環境という外的環境までの距離は大変近かったが、文化の進歩とともに、その距離はしだいに遠ざかっていったといわれる¹⁶⁾。縄文時代における人間社会では、これら2つの環境は隣接しており、自然環境のもとで人類の生存があり、人間社会は自然の支配下にあったとさえいえるであろう。文明の進歩に伴って、自然を改造し、また自然を征服しようとするような試みにおいて、人間社会が形成されてきたが、そこには自然からの強い反作用を余儀なくしてきたわけである。すなわち、前者では、主として気候変動など自然環境の比較的長期の変化によって、人間社会が大きな影響を受けてきたであろうし、また後者では、人間活動への自然の反作用として、いわゆる自然災害を被ってきたのである。いずれの場合も、自然環境の変化には、比較的長期のものも、また短期のものもあるが、その作用においては人間社会と密接に関係し、それらの時間スケールが大きな要素となるはずである。また、その時間スケールに対応して、自然環境変化または自然外力の伝播に伴う空間スケールが存在し、それは人間社会の内的環境と大きく関係する。

前述した内的および外的環境の人間社会をとり囲む距離は文明の進歩の関数であるにせよ、人間の自然への対応において、実際では変動し、そこに自然との不調和により、自然災害という現象がくり返されるのかも知れない。ここでは、この両者の距離やその変動は、たとえばそこに生存する人口やそれが活動する社会構造を表す適当な指標によって代表されると考え、気候変動などを含む自然災害（もっと広義にとって内乱や戦争によるものも含めてもよい）における時空間スケールについて考察する。

過去約1万年におけるわが国の人口変化においては、現在までに前述したように5 stagesが存在するが、その主要因が何であるか、それは考えるべき時間スケールに依存する。いうまでもなく、この期間においては、気候変動のような長期の事象のほか、その中には洪水や高潮などのように短期で集中的に生ずる異常な事象もあったであろうが、1万年という時間座標において考察する限りでは、前者のみが顕在化することになる。これに対して、より短期の時間スケールにおいては、後者による異常な事象が特記され、それが自然災害の主対象となるはずであろう。そして、それらの空間スケール、いいかえればその事象が発生する地域の広さは、それら長期または短期の事象がどのように伝播し、どのような人間社会に影響を及ぼしたかによって定まる空間スケールとして定義されるべきであろう。

前者に対して、時間スケールを模式的に表わせば、Fig. 4 (a) のようになり、後者に対しては Fig. 4 (b) のようになるであろう。すなわち、社会活動の指標としての人口 N は、一定の社会構造のもとでは、一般に次のようないわゆる Logistic 方程式で表される¹⁷⁾。

$$\frac{dN}{dt} = rN \frac{(K-N)}{K} \quad (1)$$

ここに、 r は時間発展の指数であり、また K は終局値を示す。もっとも、この方程式の成立条件としての生物学的条件が必ずしも人口増加においては満されないといわれるが、むしろその非線形特性には注目すべきものがある。すなわち、それが前述した坪井⁹⁾の見解の理論的な背景となるものと思われるので、改めて災害の予測論としてとりまとめることにしよう。このように、人口 N が時間発展するとき、その社

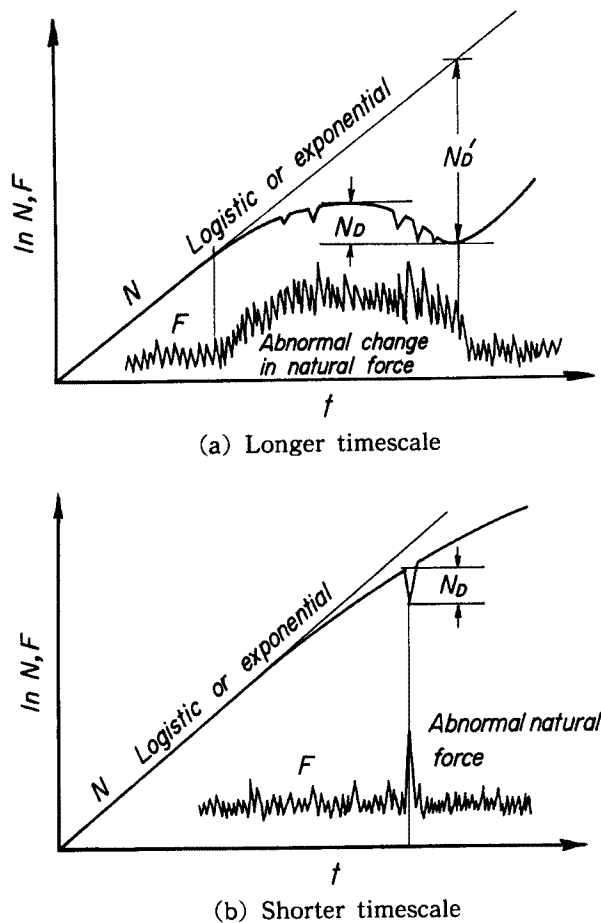


Fig. 4. Definitions of timescales in natural disasters.

であるが、明らかに日本列島のほぼ全域に及び、とくに東北地方に向うほど著しかったことがわかる。これは4.において詳細に考察するように、気候変動に加えて、悪政がこれを助長したものと理解されるであろう。

次に、Fig. 4 (b) に示したように、外力 $F(t)$ が異常な事象として生ずる場合には、それによる人口損失 N_D を生ずるであろうが、通常は間もなく回復する。このような異常な自然の外力としては、洪水、高潮などがあげられるが、この場合事象の継続時間はたかだか数時間から数日間程度であり、そこではきわめて短い時間スケールが要求される。また、空間スケールもかなり限定されることになり、たとえば伊勢湾台風によるわが国未曾有の大高潮災害の場合でも、Fig. 6に示すように¹⁰⁾、たかだか愛知、三重両県の伊勢湾沿岸域に限られるのである。

では、戦争などのように、人為的な外力または行為によって、多数の死者を出した場合にはどうなるか、比較的それが継続して行われた場合について例示しよう。また、数年にわたって異常気象が続き、そのため飢饉によって多数の死者を出したことがあるが、いずれの場合でも、原因となる事象の継続性に直接依存する時間スケールが存在するはずである。Fig. 7には、1910年より1970年間における人口変化を示し、さらに第1次、第2次世界大戦による人為的外力およびその間に発生した自然外力による災害のうち、死者行方不明者数2,000名を越えるもののみを比較のために示してある。各事象名の下に示した数字は、死者行方不明者の総数である。これから、第2次世界大戦のように、約310万人に及ぶ多数の死者を出すと、

会に与えられる自然環境としての外力 $F(t)$ が Fig. 4 (a) に示すように、十分長期に変動こそすれ、ほとんど一定であった後、あるかなり長期にわたって外力 $F(t)$ が増加し、その傾向が持続したとする。当然、その期間にはこのような長期の異常事象に加えて、さらに異常な事象も起ったであろう。このとき、もし人口が Logistic 方程式が示すようになりその飽和状態に近づいていたとすると、長期の異常な自然環境によって、しだいにその影響を受け、またその間に起こる異常な事象によって短期的な大被害をうけることになる。このような場合には、異常な外力の長期変化によって人口または社会構造に支配されるであろう。このときもし異常な外力の変化がなければ、人口などその指標は時間発展するであろうが、実際には N_D も減少することになり、また外力が平常状態に戻ったときの差においても、 N_D だけ影響を受けたことになる。その実例は前述したわが国の人口の変化における5 stagesとして認識される。これに対する空間スケールは、当然対象となる自然外力の伝播特性のみならず、社会構造そのものにも大きく依存するが、その一例を Fig. 5 に示す。これは Fig. 1 に示した D stage 内の1721年より1750年間において人口の減少を生じた地域を斜線で示したもので

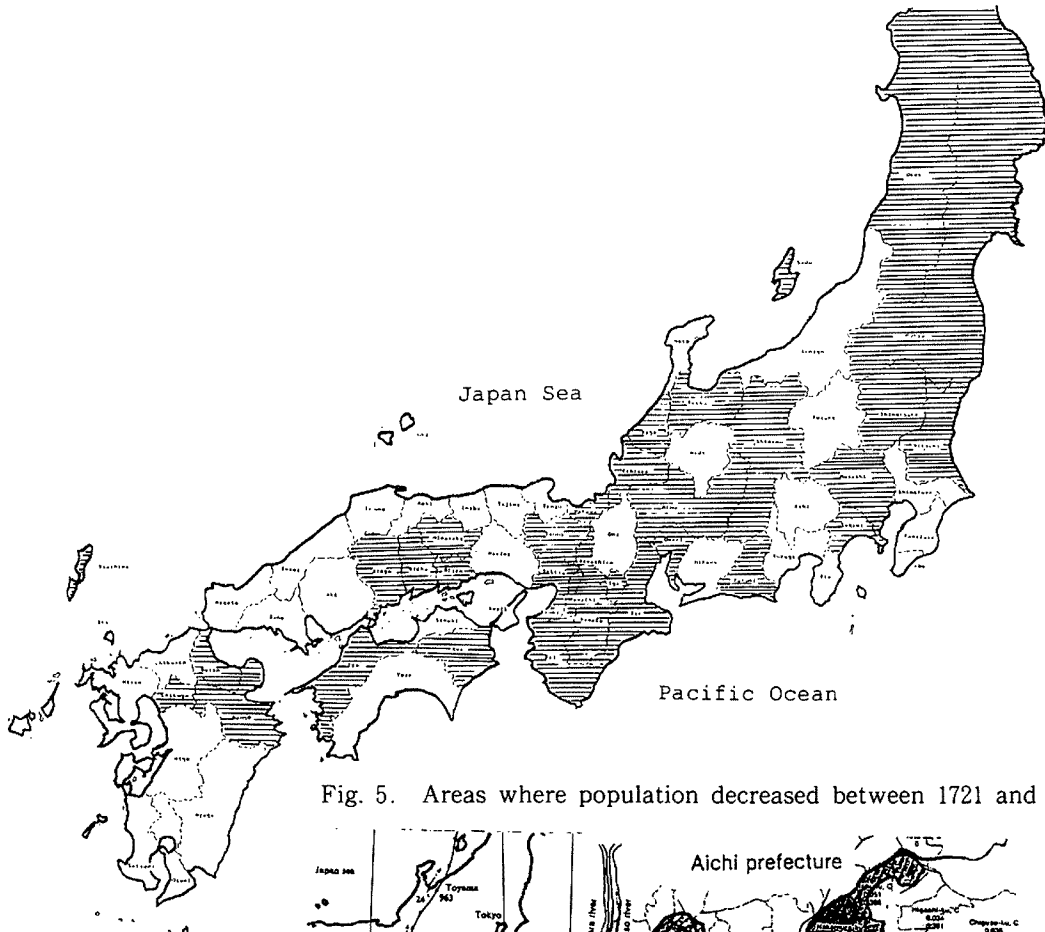


Fig. 5. Areas where population decreased between 1721 and 1750.

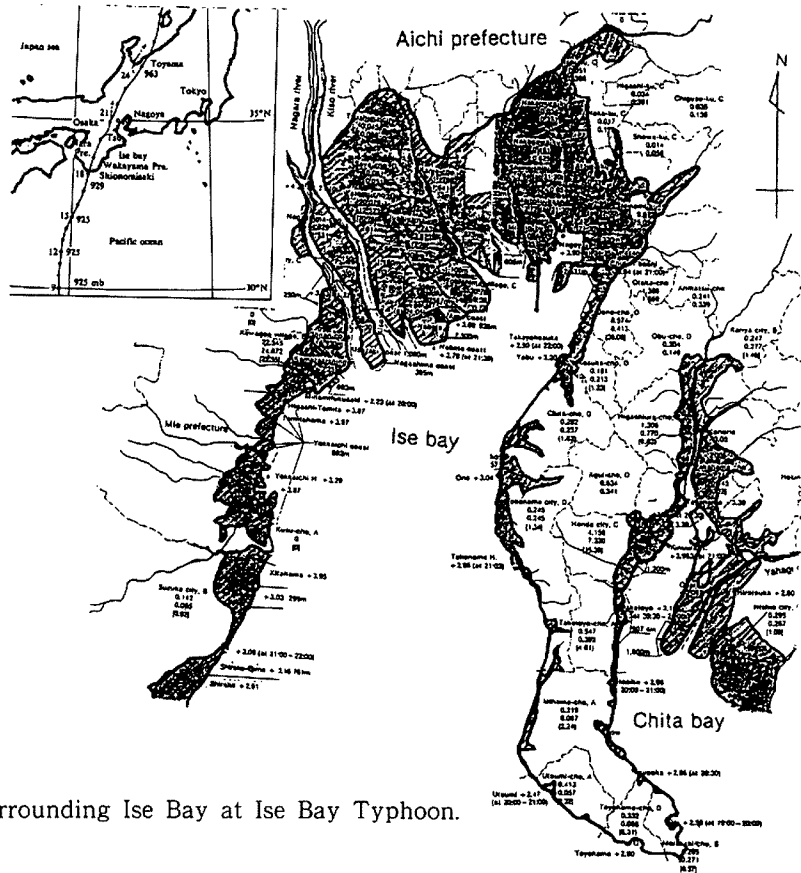


Fig. 6. Flooded areas surrounding Ise Bay at Ise Bay Typhoon.

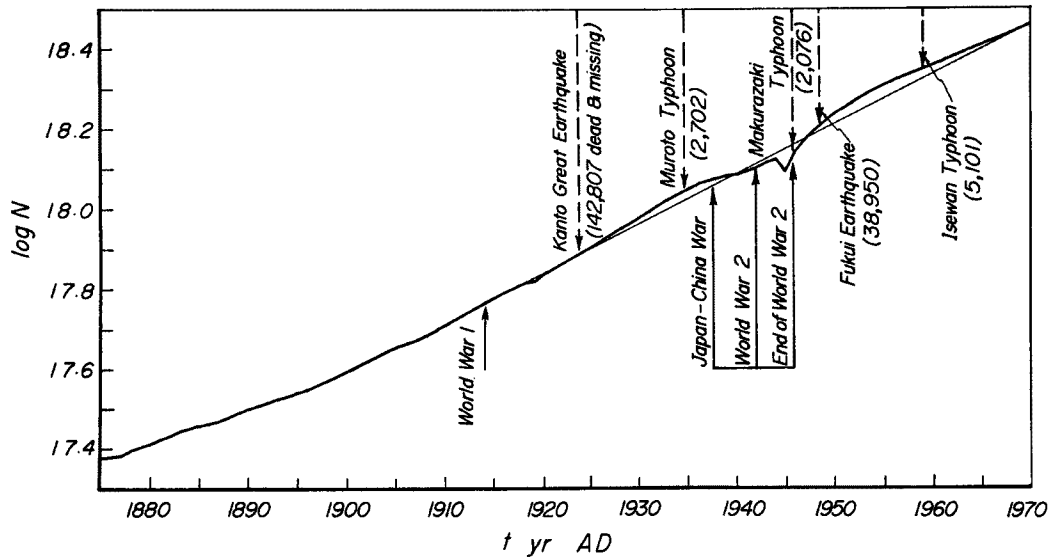


Fig. 7. Change in total population between 1910 and 1970 in relation to wars and natural disasters by which more than 2,000 persons were killed.

この程度の時間スケールで明確に表示できるが、図中に示した5つの大自然災害では、さらに短い時間スケールを用いなければならないことは前述したとおりである。なお、人為的な行為による戦争の場合と自然災害の場合との最も相違するところは、ここで考察した時間スケールのほか、前者は死者の性別構成であり、またそれが後世にも影響を及ぼすことである。

以上述べた災害における時空間スケールに基づいて、まず約1万年の災害史、とくに災害の進化と変遷を縄文時代から現在までをその時間スケールで考察し、ついで弥生時代以降の約2千年の災害史をより短い時間スケールで論じることにする。さらに、短い時間スケールで異常な事象による災害とその変遷および将来予測については、次報にゆずることにしたい。

3. 縄文時代以降における災害とその変遷（1万年の災害史）

前述した時間スケールにおいて、その長期の時間スケールとして、過去約1万年間を対象とし、その期間における災害の進化と変遷について考察する。この時間スケールにおいては、社会活動の指標としての人口の変化において、すでに Fig. 1 について考察したように、5 stages が存在し、社会構造に応じて人口増加が起こると、外的環境としての自然環境のみならず、社会活動そのものの影響もを受けて、人口の停滞または減少を余儀なくすることが経験されている。ここでは、これら5 stages において、なぜ人口の停滞または減少が起こったのか、その要因について、定義したこの時間スケールにおいて考察する。

3.1 自然環境としての外力的要因

縄文文化が Fig. 1 に示した人口変化における A stage として、なぜ崩壊したかについては、考古学の進歩に伴ってようやくその実態が明らかにされてきた。この時代の社会構造は、主として狩猟採集によるものであり、内的環境と外的環境は近接していたその自然環境における生産力に支配され、それに応じた社会環境を形成し得ていたものと考えられる。いいかえれば、自然環境とくに気候変化の影響を強く受けていたものと理解される。安田¹⁹⁾は気候変動が植生の変化をもたらし、それが縄文時代の崩壊に原因したとして、それらの関係を明らかにしている。また、小山¹¹⁾によれば、前述した A stage における人

口の急減少は、気候変化のみならず、大陸文化の流入に伴って疫病が流行したのではないかと述べている。

また、B stageとしての弥生時代から平安時代においては、縄文後期から弥生初期に入ってきた水稲技術によって、人口は急増した。安田¹⁹⁾によれば水田耕地がもっぱら洪水氾濫源としての扇状地に作られたため、洪水災害が頻発したのではないかと指摘されているが、一方では実際遺跡の発掘において洪水による土砂流出に伴って当時の住居が埋没または流出したことを実証するに値するデータはほとんど得られていないという見解もある。

さらに、DおよびE stagesにおいては、気象関係データによる気候変動との関係がかなり明らかにされており²⁰⁾、またそこには悪政が大きな要因となっていたことも示されている^{6,22)}。

したがって、ここでは気候変動に関する各種の要素について発表されているデータをそれらの相互関係が分かるように、前述した同一の時間スケールにおいて整理し、果して気候変動が主因となったかどうかについて考察することにしたい。そのため、地球が太陽系の惑星の1つであることに注目して、太陽活動の指標 A_s のほか、平均気温 T_{ave} 、堆積物中の安定炭素同位体比 n_c 、ハイマツ花粉分析による古気温指標 P_h 、堆積物中のコナラ亜属指標 n_N 、および平均海面 η の変化などをとりあげて、気候変動に伴う植生変化も考察できるようにする。

まず、太陽活動の変化を Fig. 8 に示すが²²⁾、これによれば全体的な傾向としては、A stage においてその活動の指標 A_s は大きいのが、BC 3,000 年あたりで減少しており、またこの stage 後半、すなわち縄文晩期においてはかなり減少し、それが長期に及んでいることがわかる。そして、B stage に入ると急速に活動の指標は増大し、AD 1,000 年付近で再び小さくなり、C stage にかけて増大するが、D stage、すなわち AD 1,400 ~ 1,600 年において減少し、それ以降再び増大している。

Fig. 9 には年平均気温 T_{ave} の変化を示し¹⁹⁾、またこれに対応する平均海面 η の変化を Fig. 10 に対比

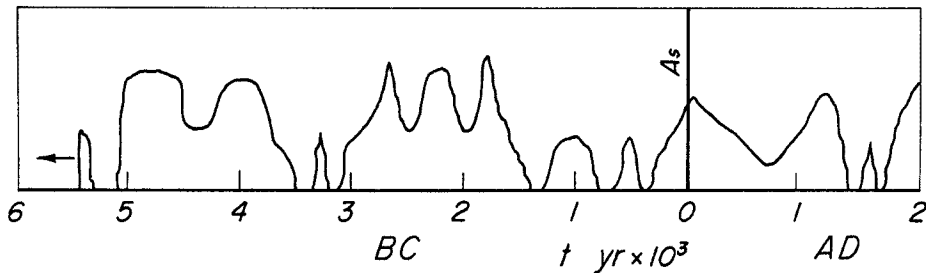


Fig. 8. Change in activity of the sun (after J. A. Eddy).

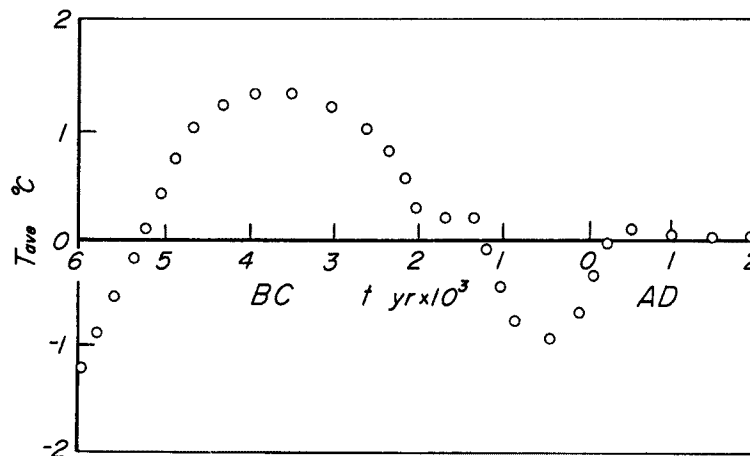


Fig. 9. Change in annual mean temperature¹⁹⁾.

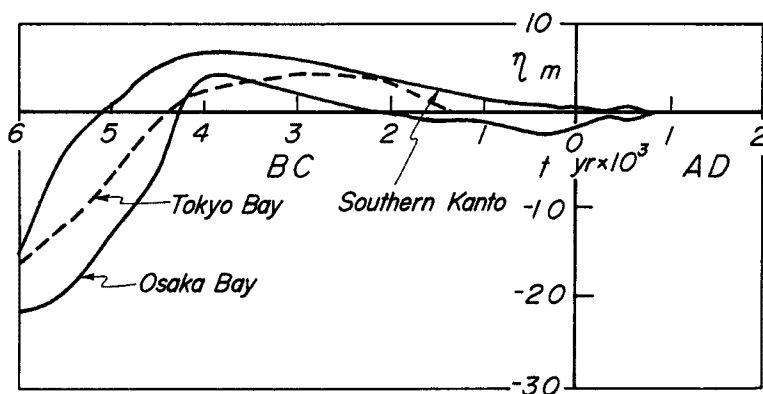


Fig. 10. Change in mean sea level at southern Kanto, Tokyo Bay and Osaka Bay²⁴⁾.

して示す²³⁾。よくいわれるように、縄文時代 (A stage) には年平均気温は現在より約 1°C 以上高かったようで、平均海面も $3\sim 4\text{ m}$ も高く、縄文海進といわれた時代であり、BC 2,000 年以降では急速に寒冷化が進み、年平均気温で現在より約 1°C も低かったことになる。これらの事実は Fig. 8 に示した太陽の活動状況ともかなりよく対応している。

気候変動による植生の変化については、安田^{19,20)}によって詳細に論じられ、縄文文化が後氷期以降の気候変化と密接に関係し、その成立から発展を経て、衰退していったことが明らかにされている。ここでは、安田による植生変化に関するデータに、さらに阪口²⁵⁾によって調べられたハイマツ花粉分析による古気温指標 P_h などを加えて、若干の考察を行う。Fig. 11 には、安田²⁰⁾が再整理した群馬県八島ヶ原湿原における堆積物中のコナラ亜属指標 n_N および石川県北潟における堆積物中の安定炭素同位体比 n_c に加えて、阪口²⁵⁾による福島県尾瀬ヶ原の泥炭層のハイマツ花粉分析による古気温指標 P_h と同一の時間スケールにおいて図示してある。ただし、前2者のデータがどの程度の時間間隔に対しての平均値なのか不明であるが、少なくとも数百年程度の平均値のように思われるし、また後者はより短い時間間隔であるので、適当な移動平均的な操作をした方がよかったと思われるが、ここでは3者とも原文献のまま図示しておいた。

これら3つの指標を得た資料の採取地点が相違しているので、直接比較することに若干の問題があらうが、この時間スケール程度に長期であれば、それらの変遷を相互に比較してもよいであろう。これらの指標の全体的な傾向は驚くほど一致しており、前述した気候変化とも大体対応していることがわかる。すなわち、A stage, 縄文前期より中期 (BC 5,000 年より 3,000 年) では、古気温指標 P_h はかなりの変動を示すが、Fig. 9 に示した年平均気温とよく対応し、この期間がかなり温暖な気候であったことが理解される。そのとき、安定炭素同位体比はかなり増大しており、気温が温暖であったことを示す。さらに、縄

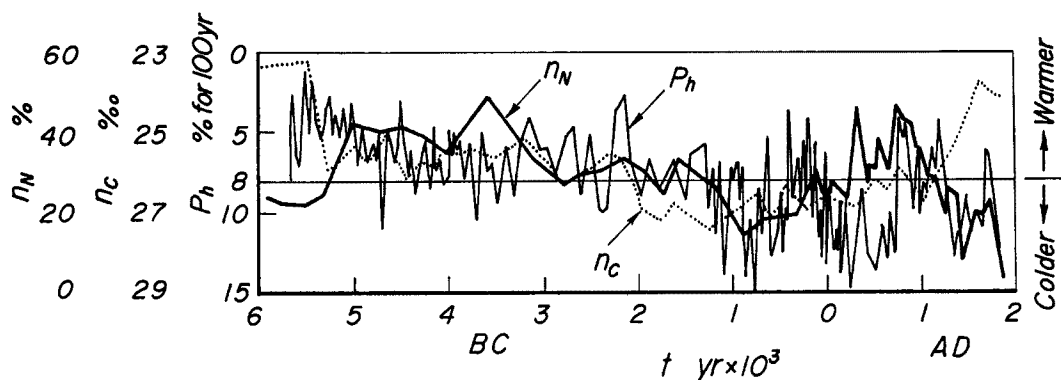


Fig. 11. Changes in temperature indexes, n_N , n_c and P_h .

文人の食生活の基本となっていたコナラ亜属指標 n_N が非常に大きくなっており、この時代にはコナラ亜属がよく繁茂していたことがわかる。これに対して、A stageの末期、すなわち縄文晩期よりB stageの初期、弥生前期（BC 2,000年より0年）までには、古気温指標 P_h はかなり変動しているけれども、確かに寒冷化の傾向となり、Fig. 9に示した年平均気温の変化とも同様な傾向を示す。それ以降においては、古気温指標 P_h によれば、阪口²⁵⁾が指摘しているように、AD 500～700年頃に寒冷期が現れており、この傾向は安定炭素同位体比 n_c の変化においてもみることができる。しかし、植生の変化をコナラ亜属指標のみでは、当然のことながら十分でなく、安田²⁴⁾が検討しているように、その他の樹種について、その変遷を調べるべきであろうが、この時代になると社会構造も変り、水稻を中心とする耕作農業が普及していたので、気候変動そのものによる影響を考察すればよいと思われる。

3.2 社会環境とその変遷

前述した気候変動など外力的な要因の変化との関係で5 stagesにおける社会構造を概説し、各stageの末期における自然災害的な要因について考察しよう。

1) A stageにおける社会環境とその崩かい

前述したこのstageにおける気候からも分かるように、当時わが国は熱帯雨林や亜熱帯針葉樹林とともに、温帯森林に覆れており、カシ、コナラ、クリなどのブナ科の林が繁茂していた。したがって、縄文人の主要な食糧はこれらから採集されるドングリであり、また狩猟によって得られる貝類や鳥獣類などであり、いわゆる狩猟採集社会を形成していた。小山¹¹⁾によれば、主食糧はやはりドングリ類を主体とする植物食であり、これを狩猟による動物食と漁撈による魚貝類で補っていたといわれる。主食糧の生産力は、地域差もあろうが、たかだか1～2人/km²程度であったと推定される。とくに、ドングリ類は気候変動の影響を受けやすく、数種の樹種から採集されるものを蓄蔵、保存し、

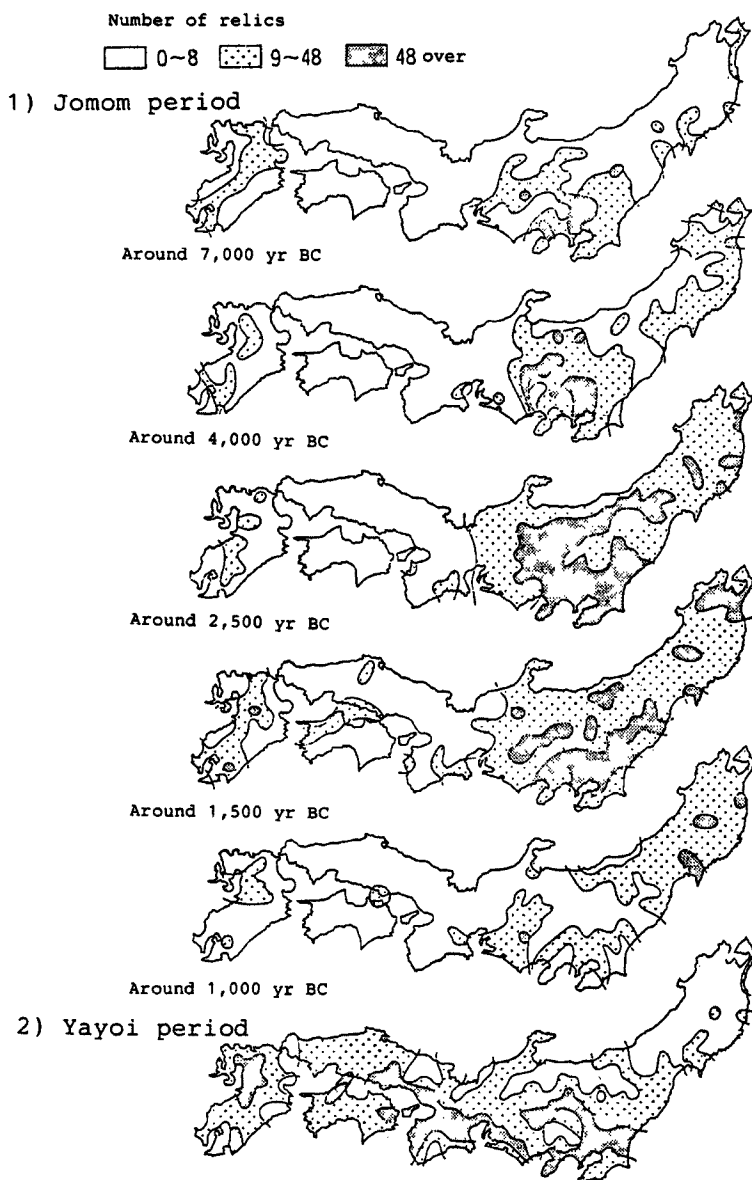


Fig. 12. Disstrbutions of relics in the Jomon period and their changes (after Koyama).

不作の年にそなえなければならなかったであろう。もちろん交流が行われるようになり、人口が増加してくると、集団化され、またその地域が細分化され、しだいに物質文化の交流によって社会構造が形成されていったと思われる。もともと生産力が十分でない風土で、生産技術もほとんどない当時の人びとの形成した社会は、埴原ら²⁰⁾が明らかにしているように、驚くほど知的である反面、気候変動など外力的要因に左右される状態であったといえよう。とくに、集団化が行われ、自然環境における植物食の生産力ぎりぎりにまで人口が増加してきた縄文中期以降では、それが中部山岳地帯のみならず、たとえば武蔵野台地周辺であっても、主食糧としての植物食の採集の強化が行れたであろうし、また動物食では狩猟から漁撈へと移行したのではないかとわれている¹¹⁾。

Fig. 12 は小山¹¹⁾によって示された縄文時代における遺跡分布とその変遷を表す。また、安田²⁰⁾によって詳細に論じられた気候変動と植生変化との関係から、約4,000 yr BC および1,000 yr BC 当時の植生分布図を引用して Fig. 13 に示す。ただし、図中に示す W_1 および C_1 はそれぞれ暖かさおよび寒さの指標で、 $W_1 < 15$ (ツンドラ気候)、 $15 \leq W_1 < 45$ (亜寒帯針葉樹林気候)、 $45 \leq W_1 < 85$ (冷温帯落葉樹林気候)、 $85 \leq W_1 < 180$ 、 $C_1 < -10$ (暖温帯落葉広葉樹林気候)、 $85 \leq W_1 < 180$ 、 $-10 \leq C_1$ (照葉樹林気候) および $180 \leq W_1$ (亜熱帯林気候) に分類されており、さらに点線で囲れた範囲は、日本海側のスギ林の卓越地域を示す。まず、Fig. 13 における植生分布と Fig. 11 による気候変化やコナラ亜属の変化などと対比すると、全体的な傾向として両者は一致しており、またこれらの期間において植生がかなり変化し、とくにドングリなど堅果物が採集できる樹種のある地域が縮小されたことが確かめられる。この傾向と縄文早

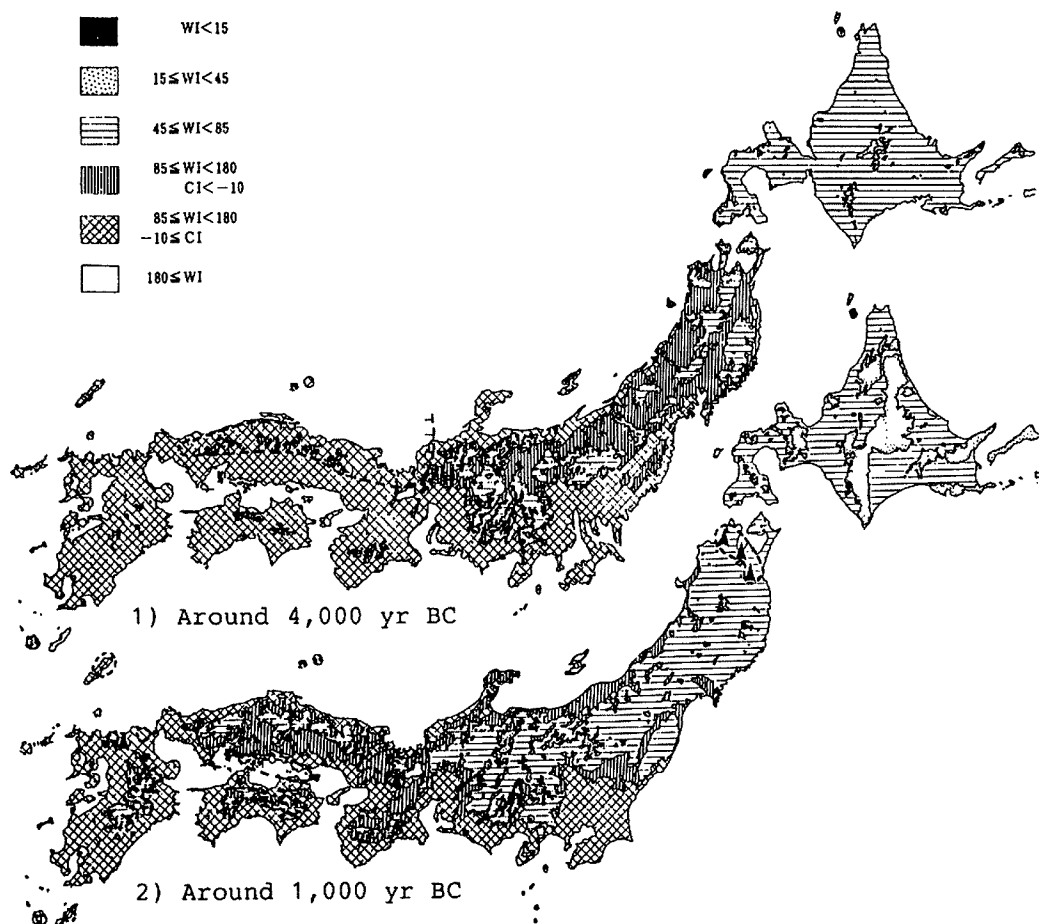


Fig. 13. Distributions of vegetation and their changes around 4,000 yr BC and 1,000 yr BC (after Yasuda).

期から晩期に至り、弥生時代へと変化した遺跡数分布の変化をみると、とくに中部山岳地帯から関東、東北南部地域において、遺跡数の急激な減少を示していることが分かり、前述した植生変化とも対応する。

前述したように、当時果して各地域の生産力の限界（その推定は困難であろうが、すでに小山¹¹⁾によって検討されているが）近くまで人口増加が起っていたかどうかを考察しなければ、これほど急激な遺跡数の減少を気候変動による植生変化によってのみ理由づけることは、若干疑問を感じる。小山¹¹⁾は Fig. 12 に示した各年代における遺跡数の分布から、生存していた人口の推定を行っており、また各地域ごとの人口密度 N/A （ここに、 N は人口で A は地域の面積とする）を求め、とくに関東、中部の本洲中央部において人口密度がきわめて高く、 $2\sim 3$ 人/ km^2 にも及び、狩猟採集社会としては例外的に濃密な分布を示していたこと、およびその増減が非常に激しいことを指摘している。ここでは、この推定されたデータを用いて考察する。すなわち、一定の社会構造では、人口は式（1）に示したような関係式で増加するとすれば、当然地域ごとの人口密度も同様に表されるし、また Figs. 2 および 3 において知ったように、人口の増加率とその状態の継続を支配するという事実を利用して考察するために、Fig. 14 に人口密度の変化を示す。

この表示において、ほとんどの地域では気候の温暖化に伴って 3,000 yr BC あたりまでは、かなり人口密度は指数関数的に増大したことがわかるが、九州や四国など日本列島の西南地域においては、その増加の傾向が異なっている。おそらく、気候変動との関係もあろうが、とくに 2,000 yr BC の末期頃からは水田稲作が流入し、それが西から東方へと伝播していたことと関係しているように思われる。そこでは、人口密度の減少はやはり起っているが、関東、中部などの地域に比べると、その減少の割合は四国を除いてそんなに大きくない。これに対して、関東、中部地域では、人口密度の増大はきわめて大きく、気候が温暖化した数千年間に、実に 10 倍以上で $2\sim 3$ 人/ km^2 にも及んだ。これは当時の生産力に対する飽和状態を越えたものであると思われる。そのためか、2,000 yr BC からわずか数百年の間に、 $\frac{1}{10}$ 以上に急激に減少している。東北、北陸地域では、同様に人口密度の増加割合は大きい、 1 人/ km^2 以内であったためか、同時期における人口密度の減少は 15～60% 程度にとどまっていたことがわかる。また、東海地域では、人口密度の増大の傾向は、他の地域における場合と縄文時代の初期において若干異なるけれども、最大人口密度は 1 人/ km^2 以下であり、その減少割合は 30% 程度で、東北地域と変らない。これは人口密度そのものは、北陸地域と同程度であったが、人口増加率がかなり小さかったことによるのではなかろうかと思われる。

これらの考察を総合すると、縄文文化の崩壊の原因として気候変動をあげるとき、そこ

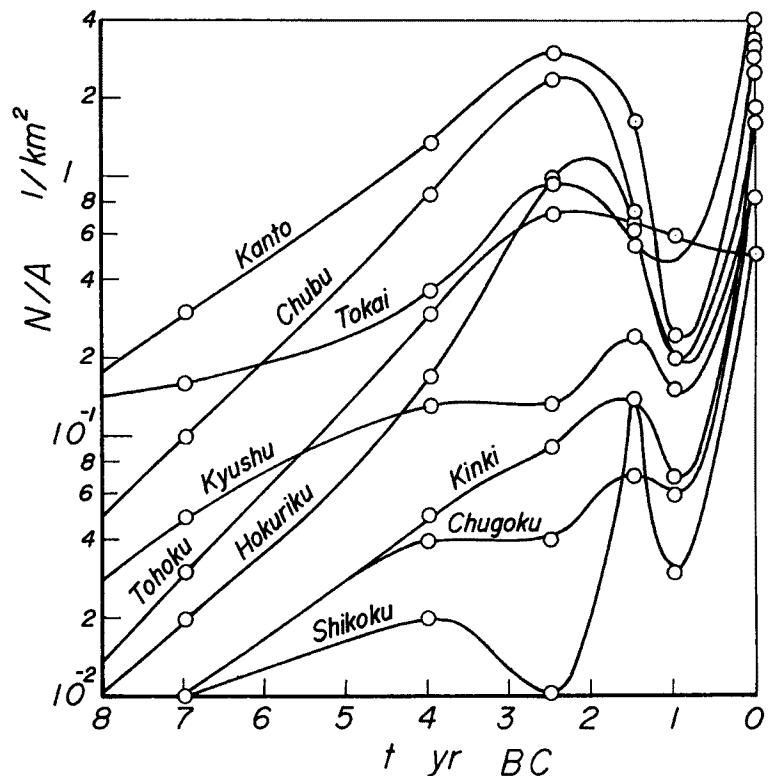


Fig. 14. Changes in population density in several districts.

には2つの付加的な要因があったと思われる。まず、気候変動に伴って、主食糧としての堅果類の生産量が急減したことによる事実に対しては、前述した考察から当時の生産力に対する飽和状態としての人口密度は、すでに小山¹¹⁾が指摘しているように、たかだか1人/km²程度であることがわかり、これを短期間に超過するほど人口密度があがった地域では、坪井⁸⁾が一般論として指摘したように、外力的要因に対してきわめて弱く、急激な人口の減少、たとえば関東、中部地域のように $\frac{1}{10}$ 以上にも及び、その時代の社会構造自体が崩壊したであろうと思われる。さらに、この傾向を助長した要因としては、人口密度の急増による影響であり、これは集落の集団化に伴うものであって、その社会構造そのものが崩壊の要因を助長する方向に作用したであろうと理解される。

なお、これらの要因のほかに、安田^{19,20)}によって指摘され、詳しく論じられている縄文人による森林破壊とそれによる気候変動よりかなり短期の時間スケールにおいて考察すべき洪水や地すべりによる災害を考察しなければならない。また、前述したように、縄文海進によって居住地域が後退しつつあった4,000 yr BCまでと、それ以降海岸線が前進しつつも、なお平均海面が高かった時代では、当然のことながら洪水のみならず、高潮や津波による氾濫が起り、生活の場をかなり脅かしたであろうと思われる。とくに、井関²⁷⁾によれば、縄文中期から後期にかけて、沖積上部砂層または砂礫層の形成速度が急速であったことが、濃尾平野や古利根川沖積低地に沿う東京湾などにおいて確かめられる。このことは、当時の気候条件によって山地流域の岩石の風化が促進され、また洪水流出などが盛んであったことを物語っているといえる。そして、安田¹⁹⁾が指摘しているように、縄文人の生活様式からすれば、かれらによる森林破壊はかなり著しく、とくに前述したように自然の生産力に対して飽和状態を越えるような人口密度で集団化していたとすれば、生存のために行った森林破壊とそれがトリガーとなった洪水や土石流などの頻発もあり得たことといえよう。しかし、それを直接支持する遺跡発掘のデータもないので、これ以上の推論はできない。

2) B stage における社会構造と災害

これは弥生時代を中心とし、前述した縄文時代の晩期から平安時代に至る1,000～1,200 yr ADまでの間としておく。災害は文明とともに進化すると、寅彦²⁸⁾はいつたが、果してこの時代における人口の停滞または弥生文化の崩壊(?)をもたらしたものは何んであったか、この時間スケールにおいて考察しよう。縄文時代は、狩猟採集を主体としたいわば孤立した社会であったが、その晩期ごろから大陸の先進文化が進入し、水稻耕作を主体とする農耕社会へと急速に変貌したのが弥生時代で、それは約500年間続いたといわれる¹⁹⁾。この水稻技術の文化は、北九州より、瀬戸内海、近畿を経て、伊勢湾沿岸に達し、その伝播の第1波は渥美半島から若狭湾を結ぶ線まで、第2波は東北南部、そして下北半島に及んだ¹¹⁾。

前述したように、この時代の気候は、Fig. 11によれば、縄文晩期から弥生前期にかけては寒冷であり、しだいに温暖な中期を経て、古墳時代(200～700 yr AD)では再び寒冷な気候となった。当時の集落は、一般に沖積平野に多く、自然堤防や沖積上部砂層の微高地を居住地とし、その後背湿地を水稻耕作に利用しており、洪水防御の知恵もないまま、多湿気のうへ洪水氾濫に脅やかされていたものと思われる。当初、水稻耕作には地下水位の高い湿地を選んだようであるが、やがて土木技術の流入や鉄の普及に伴って灌漑工事が実施されるようになり、耕地の拡大が図られるとともに、やがて管理社会の体制へと変わりつつ、村落が形成された。そこでは、より大規模な土木工事が行われ、また多くの内乱を経て、350 yr AD頃、人口増加も著しく、巨大な農耕社会を統治する大和朝廷の誕生となったのである¹¹⁾。

当時、人口の増加に伴って水田の拡大を図ったが、それは河川の氾濫源を主体としたものであった。このことは、人類がかれらの生存のために、直接自然を改造または改変して、自然の習慣性を抑制した最初であったといえる。その好例は、静岡平野の安倍川および大阪府河内平野の大和川の氾濫源に立地された登呂および瓜生堂遺跡などにみることができよう。井関²⁷⁾によれば、弥生後期またはところによっては9,000 yr AD頃、たび重なる洪水によって自然堤防が形成され、発達したといわれるが、ちょうどこの頃洪水が頻発し、多くの自然河川は流路変更、蛇行を繰り返す、氾濫したものと考えられる。洪水氾濫災害

による村落の埋没が起ったとしても不思議ではない。すでに、安田¹⁹⁾によって、瓜生堂遺跡について詳しく論じられているところであるが、洪水防御の手段を持たなかった人類が経験した最初の大洪水災害といってもよいかも知れない。坂口²⁵⁾も述べているように、古墳文化は近畿を中心として 200 yr AD 頃より始まり、400 yr AD になると全国的に広まったが、600 yr AD になると衰退してしまった。当時、寒冷期で洪水が頻発したので、古墳というマウンドを作って墓とし、その周囲に堀をめぐらして洪水に対する恐怖心から、洪水という自然の猛威に対する権力者の優越感の表現ではなかったかといわれる。

この stage において、水稲耕作が普及し、社会構造も国家という体制をとり始めたにもかかわらず、人口の停滞を生じたのは、果して前述した洪水氾濫による 1 次災害にのみよるのであろうか？ 洪水氾濫に伴う 2 次災害としての疫病の流行が人口の増加を阻止する要因になったのではないかと思われるが、このことについては、改めて次の時間スケールにおいて詳細に考察する。

3) C および D stages における社会構造と災害

これらの時代のうち、C stage はいわゆる戦国時代であり、ようやく全国が統一され住民も安住の社会を迎え出してからが D stage になるわけである。前者においては、1,200 年代中頃から 1,300 年代後半頃まで、大陸との外交は一時停滞していたが、その後再び盛んとなり、また高麗、明などへの侵略が行われた。そして、1,400 年中頃、すなわち室町時代に入り、戦国時代を迎え、群雄割拠の世相となり、住民の多くはその犠牲となり、土一揆や僧争が相ついだ³⁰⁾。このため、C stage におけるこの社会環境のもとでは、人口の停滞を起こし、前述した B stage より低い人口増加率を示す結果となった。この間、自然の外力的要因として気候は小氷期に属したが、ヨーロッパ中世の文明が崩壊するような自然災害よりも内乱の影響の方が著しかったのであろう。1590 yr AD には、約 1 世紀に及ぶ長い内乱の末、ようやく全国统一が行われると、内乱のみならず、土一揆などの発生も少なく、社会環境は回復され、住民の生活環境が好転してきたので、D stage として人口の急速な増加をもたらすことになった。

この時代は、安土桃山時代を経て、つぎの新しい時代、江戸時代にわたる期間であり、各種の大土木事業が新田開発のために勢力的に実施された。社会の急速な発展は自然に対して、かなり不調和な状態を作り出す要因となり³⁰⁾、このことは当時の気候変動によって飢饉や干ばつなど、人口の増加に伴って顕在化した新しい災害が多発することになった。天明および天保の大飢饉は、この時代における気象災害を代表するものであり、多数の住民が犠牲となった。このような災害は、その要因の伝播指数からかなり広域的に発生し、Fig. 5 に示したように、わが国のほとんど全域において、人口の減少をもたらすほどであった。とくに、特記すべきことは、当時の悪政がこの大飢饉を一層助長したことである。このため、一揆が頻発し、それは生活苦によるもののほか、徳政を主体としたものが多く、やがて次の新しい時代のトリガーとなったが、数多くの犠牲を払ったことはいうまでもない。

このように、これらの stages においては、内乱を主体として全国统一にまで至る経過として生じた人口の停滞と、気候変動が直接の引き金となり、社会の急成長に伴う自然との不調和および社会構造のうち、とくに行政上の未熟さが飢饉という新しい災害を誘発し、それを大きく助長して、人口の急減少にまで至らせたことになったといえるようである。

4) E stage における社会構造と災害

約半世紀を費して江戸幕府の支配下にある社会構造が形成されたが、その安定した支配体制、固定した秩序は支配者である武士階層の発展を停滞させ、社会的な生命力は涸らしていった³⁰⁾。しかし、百姓の叡知と勤勉はこの支配体制の盲点をつき、生活技術を発展させ、さらに社会体制を改変する原動力となり、300 年続いたあと、1868 年その幕を閉じ、明治維新を迎えてようやく自由民権の社会へと脱皮していったのである³⁰⁾。これに伴って、諸外国との交易の進展とともに、わが国社会は急速に発展していき、人口も著しく増加することになった。

このうち、明治時代は、全般に気候は寒冷の方で、洪水災害が頻発した。ここでは、社会の発展とともに、各種の大土木事業とくに河川の付替が行われ、新田開発と洪水防御が図られたが、それらに対する自

然の反作用として考えるべきであろう。

明治から大正時代を経て、昭和に入り、わが国は戦争という期間を体験してしまった。Fig. 7に示したように、第1次世界大戦より、日華事変を経て第2次世界大戦が終るまで、社会構造は急速に変わり、また多数の犠牲者を出した。とくに、第2次世界大戦では、実に310万人に及ぶ人口の急減少をもたらした。わが国の歴史上、忘れ得ざるべき変移点をあえて作ってしまったのである。この図を詳しくみれば、社会構造が変わると、人口の増加率が上昇し、そのあと事変が起ったことがわかるであろう。

4. 弥生時代以降における災害とその変遷（2千年の災害史）

ここでは、前述した1万年間を対象とした災害史に対し、さらに時間スケールを短かくした場合、すなわち、弥生時代中期以降、西歴初頭から現代までを眺めることのできる時間スケールにおいて、自然環境としての外力的要因と社会構造の変化に伴って生じた災害の変遷を明らかにしよう。とくに、文明の進歩に伴い内的環境はしだいに外的環境と少しずつ離れる傾向を示す。そこでは、生産基盤の変化や大土木事業の実施など、自然を抑制する行為が施され、また国家統一によって社会の統制が行われ出すと、どうしても社会に歪ができて内乱を生じ、災害をかえって助長するような悪政が行われるなど、社会構造の変化によって新しい災害が発生することになる。こうした災害の変遷をこの時間スケールにおいて考察する。

4.1 自然環境としての外力的要因

前述した長期の時間スケールにおいて示した太陽活動の指標（Fig. 8参照）に代って、ここではまずグリーンランドに堆積した氷中の酸素同位体の沈積率 δ (^{18}O) および ^{14}C の生成率の変化³⁰⁾をFig. 15に示す。いうまでもなく、太陽の活動周期には、Schwabe cycle (11 yr), Hale cycle (22 yr), Yoshimura cycle (55 yr) および Modelski cycle (110 yr) があり、また気候変動において指摘されたBrückner cycle (34.8 ± 0.7 yr) が知られている。これらのうち、Schwabe cycle および Yoshimura cycle と災害現象との関係については、簡単に後述するが、ここではまずFig. 15に示した2つの指標による気候変動について考察しておく。1,200 yr ADまでは比較的寒冷であり、このとき多雨であったことが山本²⁰⁾によって示されている。後述するように、台風の来襲と災害発生との関係を考察するFig. 20中に示すように、この時期は台風の上陸がかなり頻発していたようである。それ以降、Ground maximum後では、少なくとも3回の小氷期を経ており、一般にそれらはWolf, Schwabe および Mounder minimums といわれる。とくに、このうち Mounder minimum においては、太陽活動がきわめて衰退し、黒

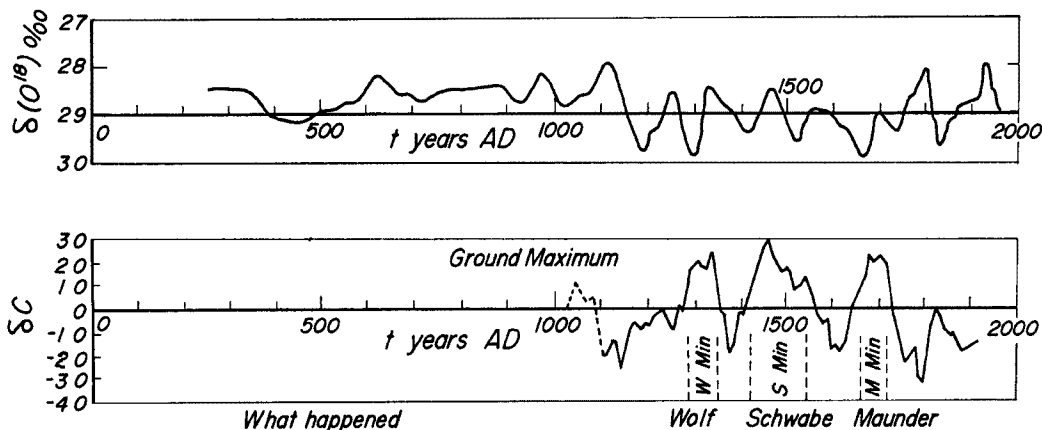


Fig. 15. Changes in deposition rate of ^{18}O in ice in Greenland and production rate of ^{14}C .

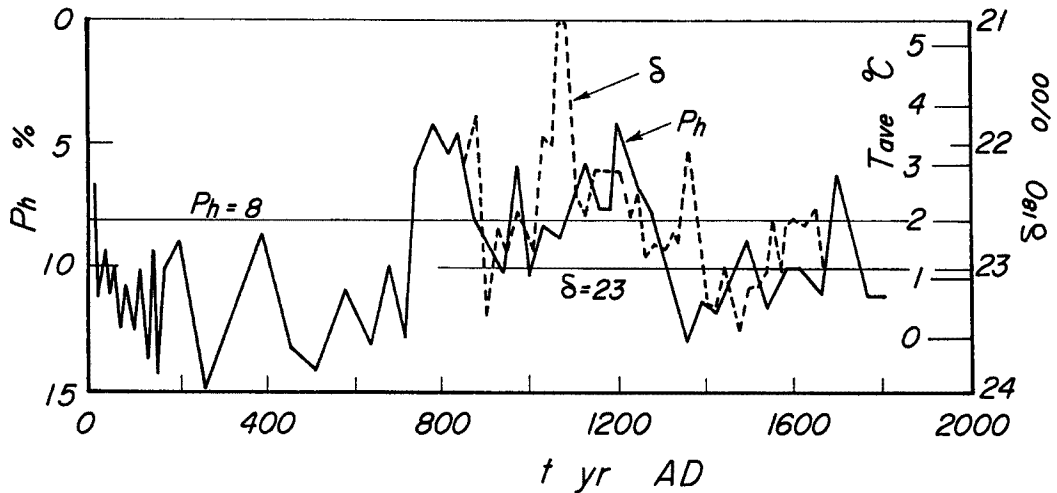


Fig. 16. Changes in deposition rate of ^{18}O in Yakusugi tree and climate change index P_h .

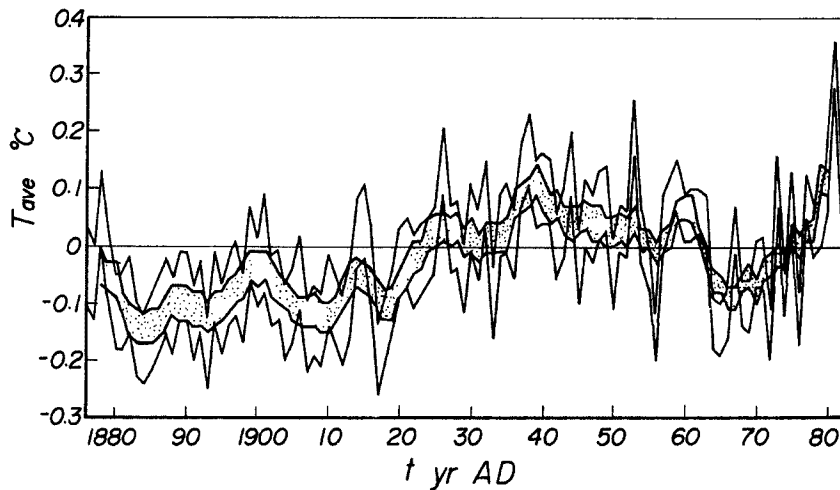


Fig. 17. Changes in average temperature on the northern hemisphere since 1880 yr AD.

点がほとんど存在せず、太陽の輝度が極端に低下した。よく知られているように、この時代北西ヨーロッパではペストが大流行し、多数の死者を出し²⁹⁾、ヨーロッパ中世の崩壊³⁰⁾をもたらしたわけである。

この気候変動に対して、わが国における同様なデータとして、屋久杉について調べた δ (^{18}O)の結果²⁰⁾に、阪口²⁵⁾による Fig. 11 に示したハイマツ花粉による古気候指標 P_h を重ねて図示すると、Fig. 16 が得られる。これによれば、弥生時代中期は寒冷期であり、それ以降 700 yr AD より 1,200 yr AD、すなわち平安時代あたりまでは温暖で、ついで前述した Mounders minimum 期において寒冷となったことが分かる。この傾向は、屋久杉およびハイマツの採取地点がかなり離れているにもかかわらず、両指標においてよく対応しており、このような気候変動の空間スケールはかなり広域であることが分かる。さらに詳細にこれらの変動と Fig. 15 に示した 3 つの小氷期の存在とを対比すれば、おおよその傾向が現われている。1,700 yr AD より 1,800 yr AD にかけては酸素同位体の沈積率 δ (^{18}O) のデータは示されていないが、古気候指標 P_h によれば、再び寒冷化していたことが推定される。この期間以降においては、北半球における平均地上気温の観測値があり、その約 300 地点の月平均気温を用いて整理された結果を Fig. 17

に示す^{15,32)}。確かに、1,800年代末期より1,900年代初頭にかけて、気候は寒冷化していたことが再確認される。また、1,900年代の中頃以降では、平均気温はかなり上昇傾向にあり、これらの気温変化は太陽黒点数の変化とよく対応しているのである。そして、1900年代の後半においては、太陽活動の方はむしろ減少する時期に入っているにもかかわらず、平均気温はかえって増大する傾向を示しているが、これは最近いわれている温室効果 (Green house effect) の現れであるといつてよいであろう。

4.2 社会構造の発展と災害

前述した長期の時間スケールにおいて考察したように、弥生時代以降、わが国の社会構造は水稻耕作の流入をはじめとする大陸からの文明の伝播に加えて、独自の文化が栄え、また多くの内乱を経験したが、その間気候変動と社会環境の変化により、各種の災害が起り、人口の停滞やときには著しい減少さえ生じた時期を経ている。ここでは、より詳細に気候変動に伴って生じた自然の外力的要因に加えて、社会構造または環境が社会の発展過程においてどういう自然との不調和を生じ、またどのような内乱や悪政がそれらを助長し、どんな災害が起ったかについて考察することにしよう。ただし、この時間スケールにおいては、なお個々の災害事象における災害の規模や被害状況については考察できないが、経年的な実態の変化をきわめて鮮明にすることができるであろう。とくに、前述したより長期の時間スケールで考察したとき現れた B および D stages の末期における人口の停滞または減少の要因を社会環境、自然外力的な要因との関係で詳細に考察することに意義があるはずである。

災害はこれらの要因の相互関連によるので、まずわが国が国家としての体制がとられ始めたころから、全国統一が実現できた1,600 yr AD 頃までの社会環境を総観的に検討する。そのために、日本史年表³⁷⁾を用いて、100年ごとにおける外交 (すなわち、大陸への派遣記事数 N_M 、大陸よりの来訪、来朝などの記事数 N_V で表す) および内乱 N_{ID} (すなわち、通常の討伐などの内乱 (others)、僧争 (monk disturbances) および土一揆 (riots) 数に分類して示す) の記事数の変遷を調べて、Fig. 18 に示す。いうまでもなく、この記事数はそれぞれの事象の実発生件数ではなく、また歴史年表によっても相異なるものであるが、相対的にそれらの歴史的な変遷を十分知ることができる。大陸文化のわが国への最初の伝播は、200~300 yr BC のようであるが、それ以降、弥生末期にはかなり交流があったようで、とくに 538 yr

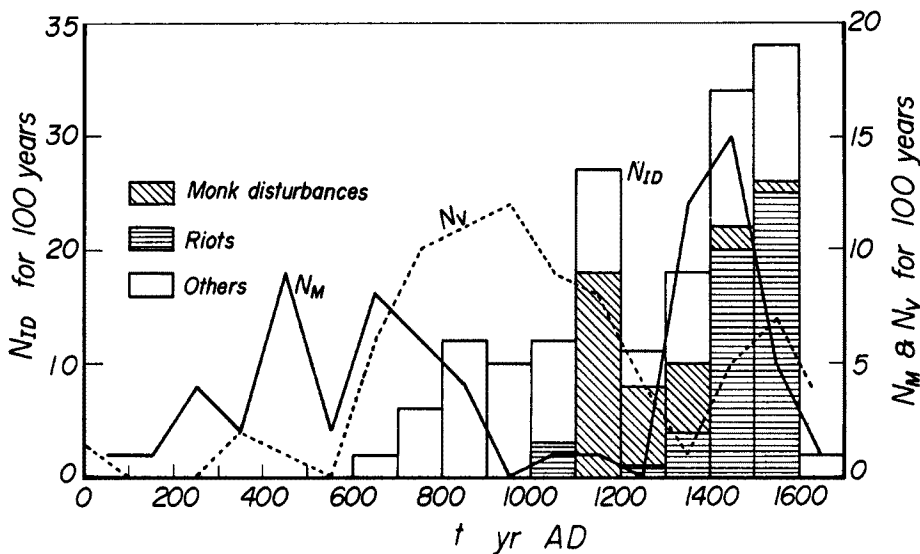


Fig. 18. Changes in occurrences of internal disturbances N_{ID} such as riots, monk disturbances and other disturbances, and in international exchange such as missions and visits.

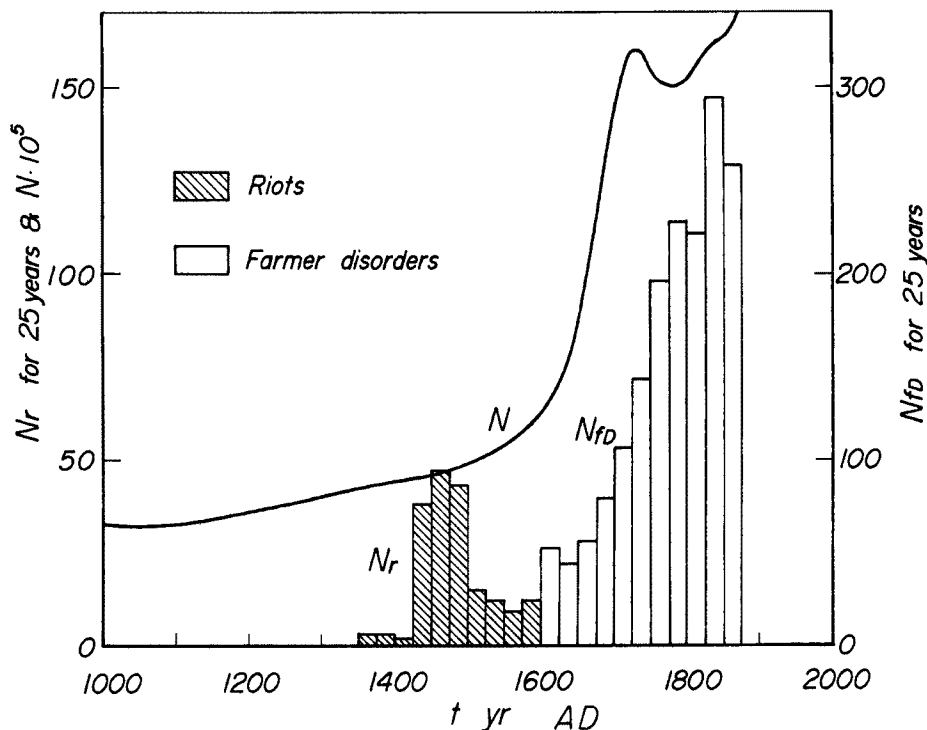
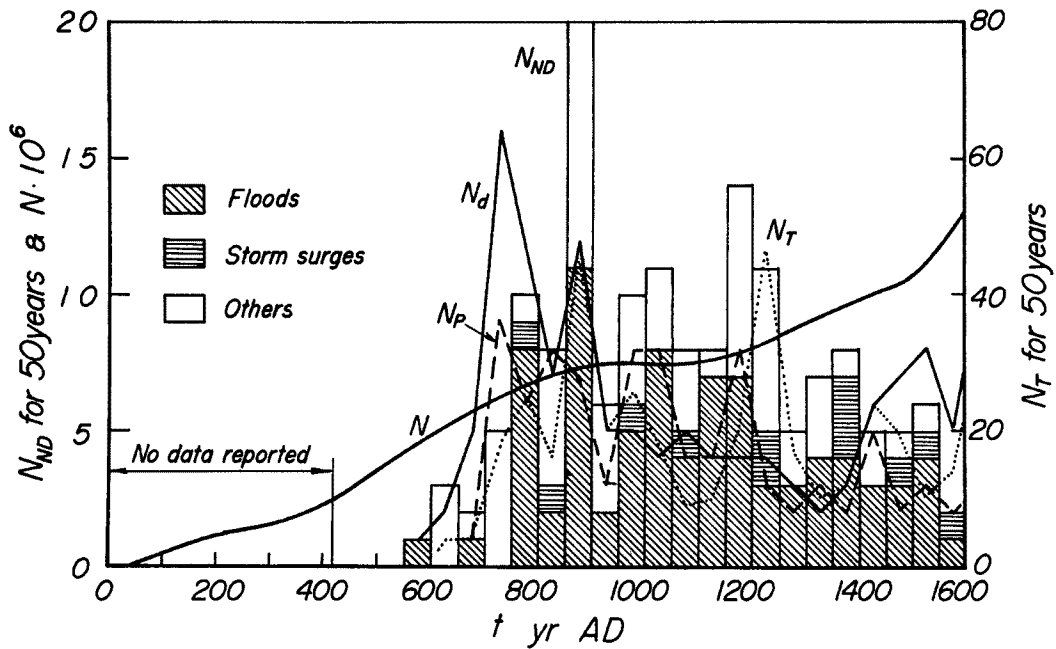


Fig. 19. Changes in occurrences of riots and farmer disorders, and in total population.

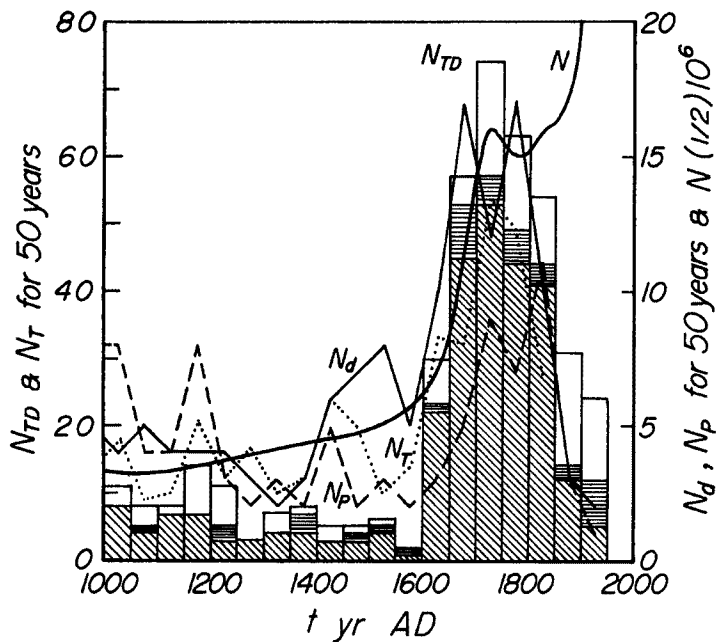
AD (または 552 yr AD) に仏教が伝来してからは遣唐使など大陸への派遣が頻繁に行われ、また来朝された件数もきわめて多かったことがわかる。900～1300 yr ADの間、とくに 894 yr AD 遣唐使がとりやめとなり、急激にその記事数が減っているが、その直後日元の国交が再会し、高麗などへの侵略を行い、また大陸文化の交流が一層活発になったのである。これによって、宗教のみならず、高度の土木技術などがもたらされ、新田開発に大きく貢献した。

一方、内乱も頻発し、800～1100年代および1400～1500年代に集中したが、前者では新田開発のため蝦夷討伐、陸奥の凶作、および山陽南海などの海域における海賊など討伐が含まれているが、とくに1100年代は主として僧兵の勢力増大による内乱である。また、後者では、群雄割拠、戦国時代における争乱で、特記すべきことは、そのため土一揆などが頻発したが、やがて全国統一へと経過した。土一揆や百姓一揆に関する文献^{38,39)}は数多いが、ここでは全体的な変遷を知るために、山本²⁰⁾による図表を再整理して Fig. 19 に示す。すなわち、25年間の発生数に換算し、1300～1500年代の土一揆と1600～1800年代に起った百姓一揆（実際には、ここに用いたデータよりさらに詳細に青木⁴⁰⁾によって年表が作成されている）とに分けて示す。これは、Fig. 17 に示した内乱発生記事数のうち、土一揆、百姓一揆に関する実際の発生件数の変遷を示すものであるが、後者については青木⁴⁰⁾の年表によれば、さらに件数は増加するであろう。よく分ることは、1500年代を最初のピークとし、土一揆は全国統一されるまで続き、またその後、後述するように、洪水災害や飢饉が多発し、それに悪政がそれらを助長したため、百姓一揆のみならず義民としての徳政一揆も多発し、また大規模化して、多くの犠牲を余儀なくした。

では、このような社会環境において、災害の発生はどうなっていたか、またどんな災害が発生したかについて調べよう。そのため、荒川および宇佐美⁴¹⁾による災害史年表を用い、災害の発生件数を50年ごとに集計して、その変遷を Fig. 20 に示す。ただし、災害は洪水災害 (floods)、高潮災害 (storm surges) およびその他 (others) に分け、さらに飢饉・旱ばつ N_d および疫病 N_p に分類してある。また、台風の数 N_T については、日本災異誌⁴²⁾によるほか、その他の災害史料に基づいて河田⁴³⁾が調べたものであり、



(a) 0 yr AD to 1600 yr AD



(b) 1000 yr AD to 1950 yr AD

Fig. 20. Changes in occurrences of natural disasters N_{ND} , plague N_p , drought N_D in number of typhoons landed N_T , and in population N .

同様に50年ごとに集計して示してある。

前述した気候変動によれば、阪口²⁵⁾により700年代まではいわゆる古噴寒冷期、それ以降1300 yr ADまでは奈良・平安・鎌倉温暖期、そして1900 yr AD頃までを小氷期といわれている。古噴寒冷期の末期

は、すでに述べたように、洪水災害が多発したと考えられるが、その年表ではデータはほとんど収録されていない。しかし、Fig. 20 (a) によれば、次の温暖期には飢饉・早ばつが多発し、それが時代とともに減少してきている。水稻耕作の導入以来、主として扇状地を水田として開発してきた800 yr AD頃までは、急速に人口の増加をもたらした、社会構造も大集落化が進んできたが、水稻、直播きの低湿地農耕であったため、異常気象に弱く、早ばつが頻発し、また食糧確保の方法も未熟であったため飢饉という新しい災害を余儀なくした。これは人口の急増に伴う農耕技術のおくれがもたらした災害であり、これと相関して疫病が多発したことがわかる。これらのため、人口の停滞を生じ、とくに1000年代では減少したと思われる。また、この期間では、洪水災害がかなり多発し、そのほとんどは台風依存していたようであり、また高潮災害も人口の増加に伴って少しずつ増加しているが、これはその居住条件の変化により、沿岸部の低湿地の利用によるのかも知れない。

Fig. 21 には、仏教伝来以降、この期間における遷都の回数 N_p および建造された寺院数 N_T を25年ごとに集計して、その変遷を示してある。筒井⁽⁴⁾によれば、奈良(天平)時代(710 yr AD~783 yr AD)には、宮城造営に、また寺院の建造に多量の造営用材を必要とし、その大部分が滋賀県蒲生町より甲賀、信楽、田上地方一帯の森林であったといわれる。たとえば、宮城造営に用いられた木材は、約75,000 m³に及び、延100万人を要した。この図によれば、600 yr ADから800 yr ADにかけて、たび重なる遷都をくり返し、また寺院も数多く建設された。このため、大量の木材が伐り出され、それが約300年続いたため、森林破壊による河川流域の荒廃が著しく、これが800年代から1000年代の洪水災害を多発させた要因になっていると考えてよいであろう。また、Fig. 20 (a) でも述べたように、この時代は天然痘およびその他の疫病が流行し、多くの死者を出しているが、これは洪水災害の2次災害的な要素といえる。この時代以降、諸国には数多くの寺院が建造されるが、焼失するものも(その数 N_b) 増加した。

小氷期といわれる1300 yr AD以降では、Fig. 20 (b) によれば、1700 yr AD頃をピークとして台風の来襲があったことがわかるが、それに比例して洪水氾濫災害が急増している。また、同時に飢饉・早ばつも増加し、少しおくれで疫病が多発している。また、高潮災害が急増していることも特記に値するであろう。長い内乱を過ぎて、ようやく1590年全国統一が行われ、それ以降人口は急増し、その傾向は約100年続いたが、前述した災害の多発により、とくに大規模な全国的な飢饉の発生により、人口は急減少

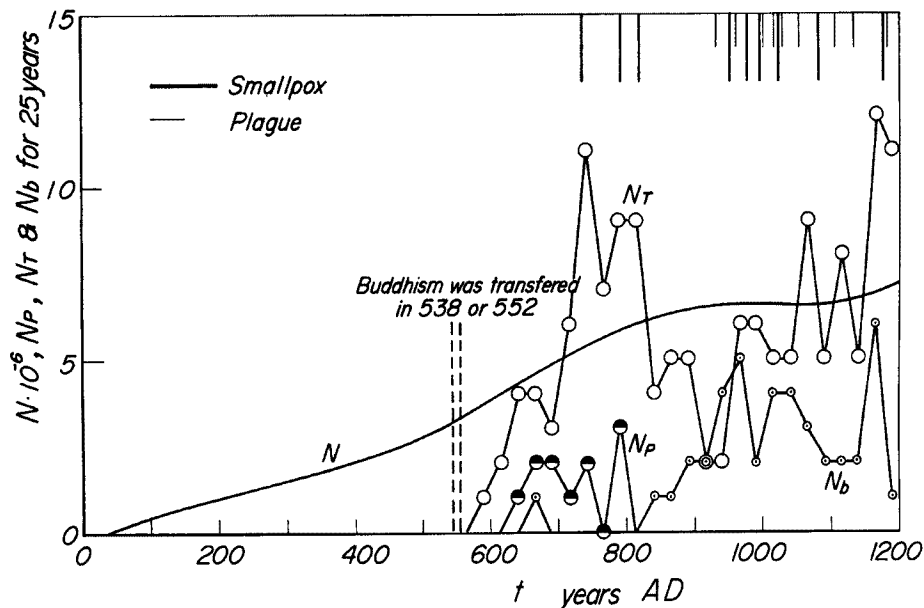
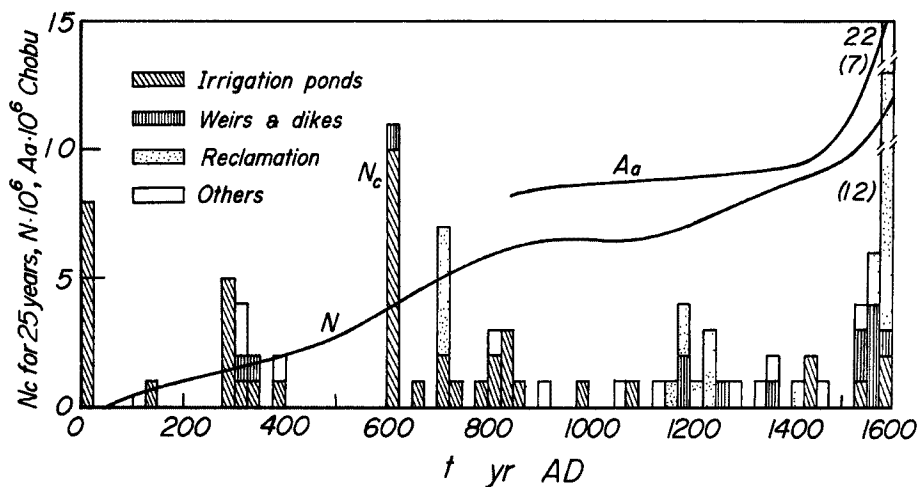
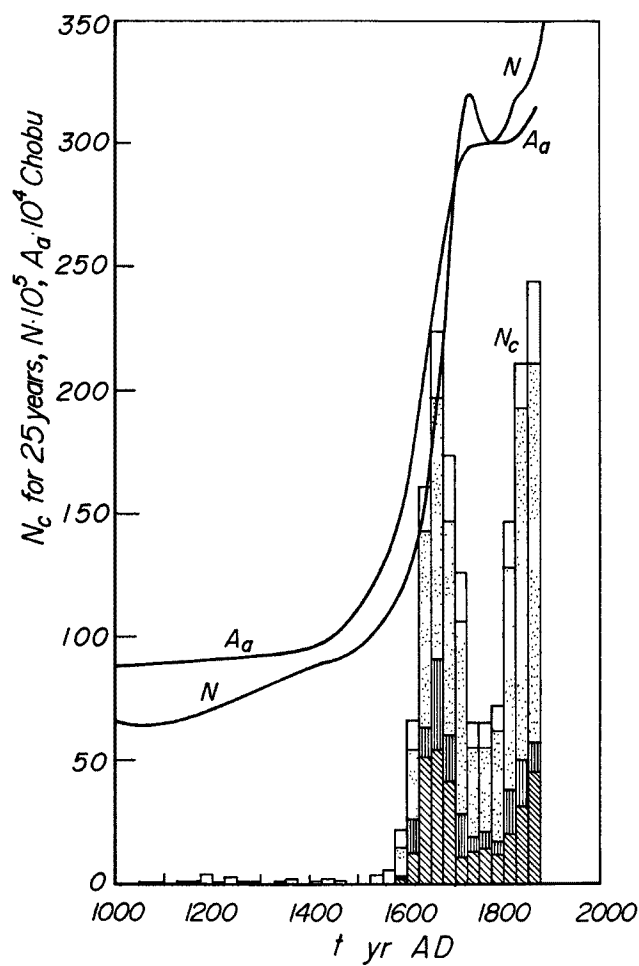


Fig. 21. Changes in number of temples N_T , palaces N_p transferred and temples burned N_b and occurrences of smallpox and plague in relation to total population N .



(a) 0 yr AD to 1600 yr AD



(b) 1000 yr AD to 1900 yr AD

Fig. 22. Changes in number of constructions N_c such as irrigation ponds, weirs and dikes, reclamation and others, and agricultural land area A_a in relation to total population N .

し、再びこの災害に多数の人的被害をうけることになったのである。

大陸文化の流入に伴って、土木技術も導入され、灌漑工事をはじめとする各種の大規模な土木工事が実施された。また、仏教の伝来とともに、数多くの寺などが建造された。これらの変遷を調べて、前述した災害がなぜ多発したかその社会的な要因について考察しよう。明治以前日本土木史¹⁾により、**Fig. 22**には、土木工事としての農業用溜池 (irrigation ponds)、堰、用水路、堤防 (weirs & dikes)、新田開発、開こん (reclamation) およびその他 (others) に分類し、それらの25年ごとの工事件数の変遷を示す。まず、溜池の築造は、水稲耕作の流入とともに、古くより行われてきたようであるが、これは河川の三角州扇状地で自然堤防の背後地を利用して水田を開発したために、溜池（現在、なお利用しているものもあるが）による灌漑方式が普及したものと思われる。**Fig. 22 (a)**によれば、800 yr AD頃までは、溜池が最初奈良を中心として、そして全国に築造され、それは新田開発に附随するものであり、これとともに人口の増加が起った。700 yr AD以降では、新田開発がときどき実施されたが、それは前述した社会環境のため、耕地面積 A_c （このデータは大石²⁾による表を図示す）は1400 yr ADまでは、ほとんど増加していない。戦国時代の末ころから、耕地面積も増加しはじめ、とくに全国統一以後は、急速に各種の土木工事が実施された。それも、新田開発が圧倒的に多く、ほとんど全国的に実施された。大石²⁾はこの戦国時代末期から江戸時代の中期末までを新田開発時代とよんでいる。おそらく、わが国の農地の大部分は、この当時の住民の汗の結晶で拡張されたものである。**Fig. 21 (b)**より明らかなように、この新田開発時代は1600 yr AD初頭より始まり、約100年に及ぶ第1期に相当する。それ以後、1800年代の開発を第2期としてよい。新田開発において多くの堰や堤防が建造され、また各種の用水路の築造が行われた。前者は、これまで洪水の氾濫源として放置されていた扇状地沖積平野を新田開発するため、各種の堤防を築造して氾濫防止を図り、また河川の付替え工事を数多く実施した。その代表的なものをあげれば、仙台藩主伊達政宗による北上川の分流工事（1623 yr ADより1626 yr AD）、太田道灌の着想によるともいわれるが、幕府関東郡代であった伊奈備前守忠次が2代にわたって行った利根川の付替工事をはじめとし、木曾川、重信川、遠賀川など沖積平野の開発は、ほとんどこの時代に始められた^{1,2)}。

この場合、新田開発が始められた当時律令政下においては、土地はすべて公地であったが、律令政府は農耕地の不足を補うため、新田開発を奨励した。当時は小規模な水田開発であったが、戦国時代末期からは強力な領主権力のもとに、土木技術を駆使して沖積平野を対象とした大規模な新田開発が実施されるに至ったのである。そのとき最も強力な支配権や発言権をもっていたのは、用水の開発者であって、後世まで用水管理権をもち住民から特別の扱いをうけていたという²⁾。そして、住民は廻し水制という新田独自の分水制度のもとに、水稲耕作を行ない得たのである。さらに、江戸時代中期、1700年代初頭に入ると、町人請負新田により、さらに開発されることになった。この場合も、用水路の建設は町人の財力において行ない、新田地主となったわけであるが、実際の耕地の開発は百姓によって実施された。その好例として、木曾川下流の扇状地にある神田新田（宝永4年、1707 yr AD）があげられる。

一方、**Fig. 20 (b)**についてすでに述べたように、この時代、とくに1600年代末期から1700年代初頭には、台風がしばしば上陸し、洪水および高潮氾濫災害が多発した。大石²⁾も適確に指摘しているように、これは大河川の本川や支川における洪水防御の技術の乏しかった当時、新田開発により改造された沖積平野には、この氾濫災害の多発を余儀なくしたのである。これは、沖積平野の開発そのものの直接的な影響のほか、その流域の開こんに伴う急速な森林破壊によって河川流域が著しく荒廃したためであろう。事実、寛文6年（1666 yr AD）には、幕府は新田開発主義への反省から、諸国山川掟という法令により、開発の規制を行ったのである。

寒冷な気候のため、**Fig. 20 (b)**に示したように、干ばつ発生数 N_d がこの時期には急増し、人口の急増とあいまって天明（天明3～7年、1783 yr AD～1787 yr AD）および天保（天保4～8年、1833 yr AD～1837 yr AD）の大飢饉をはじめとする飢饉が頻発し、また同時に疫病が流行して数多くの犠牲者を出した。そのため、人口は急減少し、異常な時代を迎えたわけである。ここで、この飢饉をさらに助長

した要因にふれなければならない。将軍家光、綱吉の時代の濫費は甚だしく、護国寺、東照宮などの築造によって、幕府の財政は著しくひっ迫していた⁹⁾。それに大地震や富士山の噴火もあってかなりの犠牲者を出し、そのため莫大な援助支出を余儀なくしていた。これに伴って、諸藩の財政も苦しく、また悪政が随所に現れた⁹⁾。この著しい人口の減少をもたらした要因の1つにこの悪政をあげなければならず、その実態は百姓一揆として、悪領主の追放や徳政を目ざすものが多かったのである。

こうして新時代として明治時代に入るわけであるが、そこでは江戸時代後の新田開発に伴って行われた各種の河川工事に対する自然からの強い反作用が現れ、洪水氾濫災害が頻発した。この時代の災害については、より短い時間スケールにおいて、さらに詳しく考察して次報で述べることにする。

4.3 死亡リスクと災害の変遷

では、この時間スケールにおいて、人口 N に対する死者行方不明者数 N_D との比、すなわち死亡リスク N_D/N の変遷と災害との関係を考察しよう。畠山¹⁰⁾による気象災害年表によれば、700 yr AD 以降における災害について、死者行方不明者数を記入してあるものが多いので、判明している災害については、当日の人口から死亡（行方不明者を含む）リスクを求め、それを対数で表し、各種災害ごとに分類して図

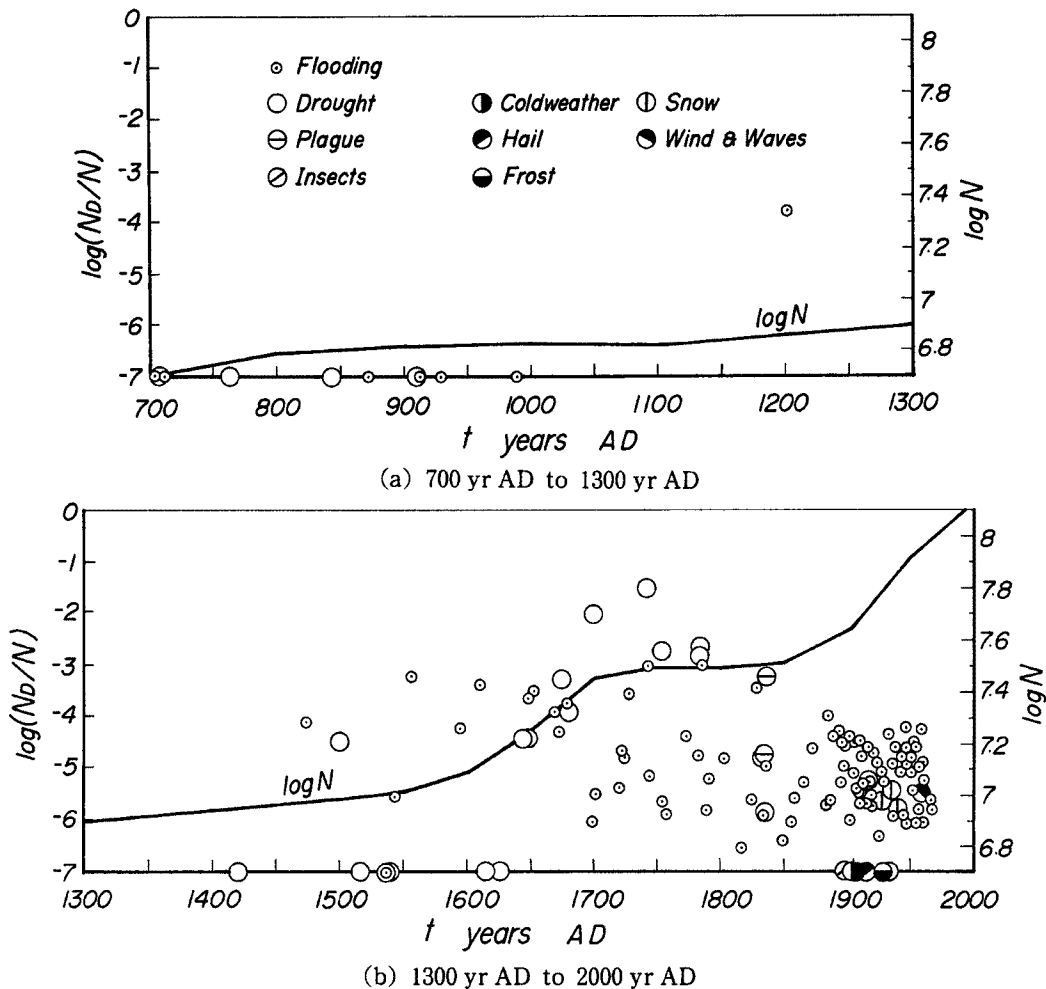


Fig. 23. Changes in occurrences of natural hazards in relation to total population.

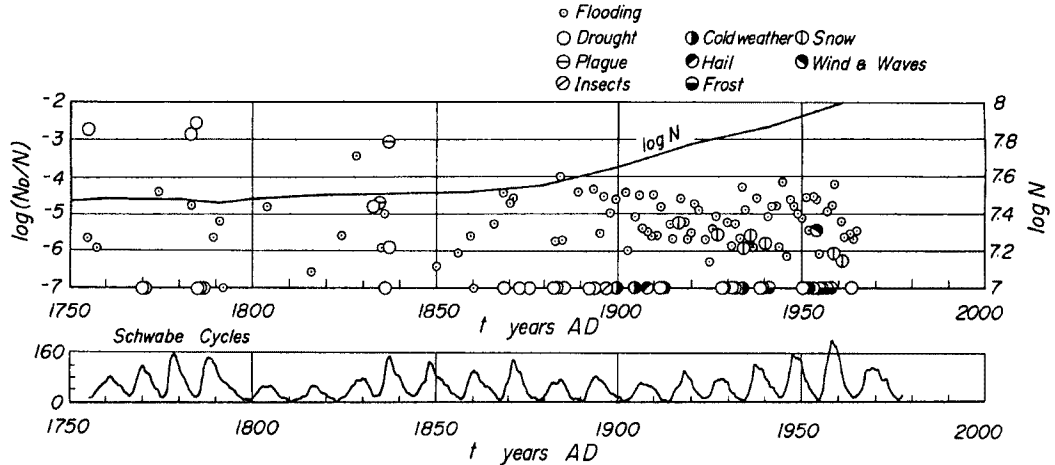


Fig. 24. Changes in life risk N_D/N by natural disasters classified into 9 causes with Schwabe cycle in relation to total population N since 1750 yr AD.

示すると、Fig. 23 (a), (b) のようになる。この場合、当然その精度は十分ではないが、死亡リスクのオーダの変遷を知ることができるであろう。ただし、図中では人口 N もやはり対数で表示してある。

これから、各種災害の発生と変遷をある程度知ることができる。すなわち、洪水災害（高潮災害も含む）は、この年表によれば、前述した考案に対応して、700 yr AD 頃から現れ、その後引き続き発生しているのが特徴であるが、そのリスクは 10^{-3} のオーダから、最近では 10^{-4} まで減少している。干ばつや飢饉という災害は当初から現れ、戦国時代を経て、人口が急増した直後の1700年代においてピークとなり、その死亡リスクは 10^{-1} にも及んでいる。その後、急速に減少して明治末期には死亡リスクとしては現れなくなったことがわかる。このことは、疫病についても、同様な傾向をとっている。

一方、Fig. 24 は1750 yr AD以降を拡大して示し、太陽の黒点数の変動周期、Schwabe cycleを併記したものである。Figs. 23 および 24 よりさらにわかることは、虫害、雪害、風・波浪災害など、時代とともに新しい災害が現れていることである。しかし、それらによる死亡リスクは 10^{-6} 以下である。ただし、特記すべきことは、このような時間スケールでみる限り、洪水、高潮による氾濫災害（土砂災害を含む）は依然死亡リスクとして 10^{-4} のオーダにあり、なお高いリスクを示していることである。これが気象災害のうちで弥生時代に現れながら、いまだ $10^{-6} \sim 10^{-7}$ の死亡リスクのオーダに減少できないのがこの氾濫災害であるといわなければならない。また、災害の発生と太陽活動との関係については、Schwabe cycle などと、どのような関係になるかについて、社会環境を考慮して考察すべきであるが、何んらか関係がありそうに思われる。

なお、このほか災害についても考察すべきであるが、その資料を整理中であるので、次報においてとりまとめることにする。

5. 結 語

以上、都市水害論として、気象災害の変遷を考察し、自然外力的要因と社会環境との関係を明らかにするため、まず災害における時空間スケールについて述べ、2つの時間スケールで災害の変遷を調べた。得られた主な成果は、次のように要約される。

1) わが国の約1万年に及ぶ人口の変遷を調べると、そこには5 stagesが存在し、それが災害の変遷を研究する場合の基本的な対象期間になる。そして、人口増加率が大きいほどそのstageの継続期間は

急激に減少することがわかった。これを普遍すれば、急激な人口増加や社会の急成長をもたらす時代は、よほど人間社会のみならず、自然に対して技術的にも、また行政的にも確実な方策を採用しない限り、それを継続させることはむづかしいといえよう。

2) 長期の災害事象の変遷を調べる場合、それは時空間スケールによって相異なるので、具体的に時空間スケールを定義し、その意義について考察した。そして、本都市水害論(1)としては、具体的に縄文時代以降約1万年における災害の変遷を考察するため、長期の時間スケールを用い、また弥生時代以降の約2千年については、より短い時間スケールで考察することにした。

3) 長期の時間スケールにより過去1万年の災害の変遷を、とくに社会の活動指標として人口を用い、その停滞または減少に及ぼす自然外力的要因と社会環境との関係を考察した。前述した5 stagesのそれぞれの末期における人口変化の要因を調べ、A stage(縄文時代)の崩壊は気候変動、とくに長期の寒冷化がその主因であり、これに疫病などが加ったものと理解された。B stage(弥生時代から平安時代)では、大陸文化の流入、交流が行われ、水稻耕作の普及による人口の急増と仏教伝来以降の建造物の増加に伴う森林破壊、それに気候変動から洪水災害が頻発し、これが人口の停滞をもたらしたと考えられた。C, D stages(戦国時代より江戸時代末期)では、内乱のあと新田開発時代を迎えるが、沖積平野を中心とする急速な新田開発をもたらした洪水・高潮の氾濫災害と気候変動による飢饉とにより、人口の急減少を生じたが、さらにこれを悪政が大きく助長させた。さらに、E stage(明治時代より現代)では、急激な開発と戦争による人口の減少を記したが、なお長期成長をもたらしている。

4) 短い時間スケールで、過去2千年の災害の変遷を考察した。すなわち、気候変動のほか災害の発生、土木構造物の築造および外的要因などの変化との関係図を示し、社会の発展に伴って人口が急増すると、どうしても自然との不調和を生じ、大災害が頻発する。とくに、新田開発の著しい波による自然の改造と悪政は、飢饉という新しい災害を引き起し、著しい人口の減少を生じたことを詳細に論じた。ついて、災害の変遷と社会環境の変化との関係を考察し、洪水・高潮などによる氾濫災害はなお十分減少させることができていることを指摘しておいた。

最後に、本研究を実施するに当り、ご協力いただいた福井工業大学芝野照夫助教授、および台風のデータを提供してくれた防災研究所河田恵昭助教授に謝意を表明するとともに、データ整理に協力してくれた妻祥子に感謝する。

参 考 文 献

- 1) 土木学会：明治以前日本土木史，岩波書店。
- 2) 寺田寅彦：津波と人間，寺田寅彦全集，第7巻，岩波書店，1979，pp.145-151。
- 3) たとえば，金子史朗：世界災害物語，I，II，III，胡桃書房，1983，267 p, 292 p, 285 p。
- 4) フレイザー，J.G.，星野 徹訳：洪水伝説，国文社，1984，208 p。
- 5) 井上光貞：日本の歴史，1，神話から歴史へ，中公文庫，1987，528 p。
- 6) 奈良本辰也：日本の歴史，17，町人の実力，中公文庫，1987，476 p。
- 7) 高橋 裕：国土の変貌と水害，岩波新書，B115，1984，216 p。
- 8) 坪井清定：縄文文化論，岩波日本歴史，I，1967，pp.109-138。
- 9) 鬼頭 宏：日本二千年の人口史，21世紀図書館0006，PHP，1983，210 p。
- 10) 人口問題研究所：人口の動向，人口統計資料1986，1987，208 p。
- 11) 小山修三：縄文時代，中公新書733，1984，206 p。
- 12) 西田正規：縄文時代の環境，岩波講座日本考古学，2，人間と環境，1985，pp.111-164。
- 13) 門脇禎二，田辺昭三：教養人の日本史(1)，原始から平安前期まで，現代教養文庫，1987，309p。

- 14) 馬野周二: 衰亡の法則, PHP 文庫, 1986, 217 p.
- 15) 嶋中雄二: 太陽活動と景気, 日本経済新聞社, 1987, 219 p.
- 16) 加藤晋平: 総論一人間と環境一, 岩波講座日本考古学, 2, 人間と環境, 1985, pp. 2-18.
- 17) たとえば, 山口昌哉: カオスとフラクタル, 非線形の不思議, ブルーバックス, 講談社, 1986, 197 p.
- 18) Tsuchiya, Y. and T. Yasuda: High tide and life risk, refuge warning in relation to the Ise Bay Typhoon, Jour. Nat. Disas. Sci., Vol. 2, No. 2, 1980, pp. 27-60.
- 19) 安田喜憲: 環境考古学事始, NHK ブックス, 1980, 207 p.
- 20) たとえば, 山本武夫: 気候の語る日本の歴史, そしえて文庫, 1976, 245 p.
- 21) 大石慎三郎: 江戸時代, 中公新書 476, 1977, 266 p.
- 22) 桜井邦明: 我が太陽を語る, 数理科学, No. 251, 1981, pp. 62-70.
- 23) 井関弘太郎: 沖積平野, UP Earth Science, 東大出版会, 1985, 145 p.
- 24) 安田喜憲: 気候変動, 縄文文化の研究, 1, 縄文人とその環境, 雄山閣出版, 1986, pp. 163-200.
- 25) 阪口 豊: 日本の先史・歴史時代の気候—尾瀬ヶ原に過去 7,600 年の気候変化の歴史を探る—, 自然, 1984, pp. 18-36.
- 26) 埴原和郎: 縄文人の知恵, 小学館創造選書, 1985, 239 p.
- 27) 井関弘太郎: 弥生時代以降の環境, 岩波講座日本考古学, 2, 人間と環境, 1985, pp. 165-211.
- 28) 寺田寅彦: 天災と国防, 寺田寅彦全集, 第 9 巻, 岩波書店, 1979, pp. 144-154.
- 29) 桜井邦明: 太陽黒点が語る文明史, 中公新書, 1987, 179 p.
- 30) 桜井邦明: 我が太陽を語る, 第 10, 話太陽活動の変動史, 数理科学, No. 252, 1984, pp. 67-75.
- 31) 村上陽一郎: ベスト大流行, 岩波新書, 1987, 192 p.
- 32) 気象庁: 異常気象レポート '84, 1984, 294 p.
- 33) 杉山 博: 日本の歴史, 11, 戦国大名, 中公文庫, 1987, 502 p.
- 34) 脇田 修: 教養人の日本史 (3), 戦国時代から江戸中期まで, 現代教養文庫, 1987, 307 p.
- 35) 辻 達也: 日本の歴史, 13, 江戸開府, 中公文庫, 1986, 496 p.
- 36) 北島正元: 江戸時代, 岩波新書, 1987, 248 p.
- 37) 児玉幸多: 標準日本史年表, 吉川弘文館, 1982, 56 p.
- 38) 横山十四男: 百姓一揆と義民伝承, 教育社歴史新書, 1985, 273 p.
- 39) 荒川秀俊: 飢饉, 教育社歴史新書, 1987, 201 p.
- 40) 青木虹二: 百姓一揆総合年表, 三一書房, 1986, 687 p.
- 41) 荒川秀俊, 宇佐美竜夫: 日本史小百科, 災害, 近藤出版, 1985, 350 p.
- 42) 小鹿島 果: 日本災害誌, 五月書房, 1982, 816 p.
- 43) 河田恵昭: 台風年表 (未発表).
- 44) 筒井迪夫: 山と木と日本人, 朝日選書, 1986, 240 p.
- 45) 島山久尚: 気象災害, 防災科学技術シリーズ, 1, 共立出版, 1966, 446 p.