

## 考古学に関する自然科学は

### いかにして「科学」たりうるか

— 古地震を例にした検証の必要性 —

● 鬼頭 剛

愛知県清須市の清洲城下町遺跡において西暦 1586 年の「天正地震」に伴うとされた地震痕について発生時期の検討を行なった。震源地震を特定できない可能性があり、考古遺跡でみられる地震痕を地質学、とくに層序学・堆積学的に捉えると報告される古地震情報には検討の余地を感じる。考古遺跡から発信される地震痕について検証の必要性を問う。

#### はじめに

1987 年愛知県埋蔵文化財センターに考古学分野においては全国でも数少ない科学分析室が置かれた。これを契機に考古学の発掘調査に自然科学的な見方が導入され、それまで考古学的には目が向けられてこなかった事象も調査対象として報告されるようになった。その例のひとつに「地震痕」がある。日本では 1980 年代の後半から、考古遺跡には地震の発生に伴って生じた変形構造が地層に記録されていることが知られるようになり、考古遺跡で観察される地震の痕跡をもとにかつての地震の活動度を推定することも行われてきている（例えば寒川，1992，2007，2011）。しかし、筆者の専門とする地質学、なかでも層序学・堆積学的にみると考古遺跡でみられる古地震に関する報告には検討の余地があるように感じる。愛知県内で報告された地震痕を例に「科学」としての検証の必要性を問いたい。

#### 考古遺跡における地震痕研究の歴史と愛知県での状況

考古遺跡では 1980 年代の後半から発掘調査において古地震の跡が観察されることが地質学や自然地理学の研究者に指摘されはじめた。例えば、地質学が専門の堀口万吉氏による埼玉県の考古遺跡における噴砂の報告や（堀口は

か，1985；堀口，1986）、自然地理学を専門とする寒川旭氏による地震考古学の提唱（寒川，1992）などにより発掘調査において液状化・流動化現象に伴う堆積物の変形構造がみられるとの認識ができてきた。1990 年代になり報告される地震痕の件数も増えはじめたころ、1995 年 1 月に兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）が発生した。この地震を契機に考古学分野では埋蔵文化財研究会が日本全国でこれまでに確認された地震痕についてまとめている（埋文関係救援連絡会議・埋蔵文化財研究会編，1996）。いっぽう、愛知県では 1975 年に一宮市の馬見塚遺跡において、ともに考古学を専門とする岩野見司氏と能登健氏が縄文時代の遺物包含層を貫く 2 本の砂脈を図版として掲載している（岩野・能登編，1975）。全国に先駆けて 1970 年代に古地震の跡を紹介しており特筆すべきことである。1980 年代後半になると森勇一氏が清須市（当時は西春日井郡清洲町）の清洲城下町遺跡において天正地震と濃尾地震の新旧 2 時期の地震痕を報告した（森・鈴木，1989）。その後、科学分析室に在籍していた伊藤隆彦氏は一宮市の山中遺跡において（伊藤，1992）、森勇一氏は岩倉市の岩倉城遺跡から（森，1992）、服部俊之氏は清須市（当時は西春日井郡清洲町）の清洲城下町遺跡から地震痕（服部，1992）をそれぞれ報告し、濃尾平野の考古遺跡においても次々に地震痕が認められはじめた。さらに地震痕の発見数は増え続け、服部氏は県下の古地震

情報を集めた(服部, 1992, 1993, 1994 など)。なお、各人はかつて愛知県埋蔵文化財センター科学分析室に在籍した職員である。

## 清洲城下町遺跡の新旧 2 時期の地震痕

愛知県清須市にある清洲城下町遺跡は西暦 1586 年 1 月 18 日(和暦天正 13 年 11 月 29 日: 2  
なお、以下では西暦を使う)に発生した天正地震により倒壊したとされ、地震考古学の事例のひとつとして紹介される考古遺跡のひとつでもある(寒川, 1992, 2011)。調査地点は東海道新幹線の名古屋駅から北西へ約 6.0 km、調査地点を流れる五条川とそれが合流して後の新川が伊勢湾に注ぐ河口から北へ約 14.6 km の濃尾平野中央部の東寄りに位置する。現在の地表の標高は約 5m である。発掘調査は北から南へと流下する五条川の流路にそって西および東側に設定された調査区で実施され、「清洲城下町遺跡」として愛知県埋蔵文化財センターでは 1990 年から 2013 年までに 10 の報告書が、西春日井郡清洲町として 4 報告書、清須市として 8 報告書の計 22 報告書が刊行されている。森・鈴木(1989)は、1988 年に五条川の流路沿いに設定された調査地点 A (IKJT63C 区)、調査地点 B (IKJM63R 区)、調査地点 C (IKJH63N 区)の 3 地点で観察した地震痕を基に天正地震と濃尾地震(1891 年(明治 24 年)10 月 28 日発生)の 2 時期の地震痕を報告した。著者はともに愛知県埋蔵文化財センターの職員であり、森勇一氏は地質学を専門とし当時科学分析室に在籍されていた。いっぽうの鈴木正貴氏は考古学を専門とし現職である。調査地点 A では平面図に 1 から 7 までの噴砂地点を示し、これら 7 つの噴砂のうち噴砂 4 から噴砂 7 とした地層断面図を提示した。噴砂と砂の供給源である砂層に点描を施し、その砂層により貫かれる 16 世紀末の整地層を白ヌキの地層として表わした。垂直にのびるそれらの砂脈群が 16 世紀末の整地層を切っているのを根拠に濃尾地震に起因する砂脈であろうと推定をしている。これが新期の砂脈である。調査地点 B では基盤砂層の上に 14 世紀の遺物を含む砂質シルト層とそれを貫く 5 ~ 6 本の噴砂が、調査地点 C では奈良時代の遺物

包含層を貫く 21 本の地割れや噴砂が確認されたとされる。

旧期の砂脈は調査地点 A での地層観察に基づいており、論文では第 4 図として示された(図 1)。下位層より基盤砂層(C 層)、基盤砂層を覆う 16 世紀前半の遺物を含む包含層(B 層)、16 世紀末の整地層(A 層)の 3 層に層序区分された。スケール・バーから垂直に約 1.9m、水平に約 2.9m の地層断面図と読み取れる。断面図には地層を垂直に切る 2 つの砂脈が描かれ、砂脈はそれぞれ噴砂 1、噴砂 2 とされた。噴砂 1 が天正地震の際に形成されたものであるとされ、「上位の砂層 C で液状化が起こらずそれを貫いて、下位の砂が噴出している。矢印の位置は当時の地表面、地層 A は出土遺物および土層の観察結果から、16 世紀末の整地層であると考えられる」と記載された(森・鈴木, 1989)。上記の記載事項を経て旧期の噴砂の形成時期について、(1) 調査地点 A の井戸の壁で、城下町期後期の整地層(16 世紀末)に速やかにおおわれていること(織田信雄による地震直後の大改修とも考えられる)、(2) 地下水位の低い時期(冬期)に噴出した可能性があること、(3) 発掘区の北東部でみられた噴砂丘の下位から城下町期前期(16 世紀前半)の遺物、上位の地層から城下町期後期の遺物が出土していること、などから考えて、地震の発生時期を 16 世紀前半から 16 世紀末までの間と限定することができるので、天正地震に伴う地変の記録である可能性がきわめて高い、とした。すなわち新旧 2 時期の地震痕を新規のものは濃尾地震に、旧期のものを天正地震に伴うものと判断したのである。

## 天正地震と判断された噴砂について

筆者が職員となったのが 1992 年である。すでに森・鈴木(1989)の論文は世に出ており、早速手に入れて拝読した。天正地震とされた地層断面図(図 1)を層序学・堆積学的にみると、地層の変形構造の解釈には検討が必要なのではと感じられた。それを以下で述べようと思う。なお、筆者は当時の地層を観察していない。抛り所は森・鈴木(1989)の地層断面図(図 1)

であることをお断りしておく。さて、「天正地震と推定される噴砂の痕（北側断面）」（図1）に記載された2つの噴砂痕のうち、核となるのが噴砂1である。数字1が付された地点から上位層へ向かう噴砂1は、途中でC層の平行葉理が描かれる堆積構造を切ってB層を貫いている。その後、「矢印の位置は当時の地表面、地層Aは出土遺物および土層の観察結果から、16世紀末の整地層であると考えられる。」とした。図1の黒い矢印で示された標高約2.0m付近を地震時における地表面と推定したのである。これまでの論拠の流れを地層の時系列で示せば、砂層Cの堆積→地層B（16世紀前半の遺物を含む包含層）の堆積→太い矢印が示す標高に地表の出現→天正地震の発生→地層Bの上面（地表）を覆う噴砂1（天正地震の地震痕）→地層A（16世紀末の整地層）に覆われる、の順となる。

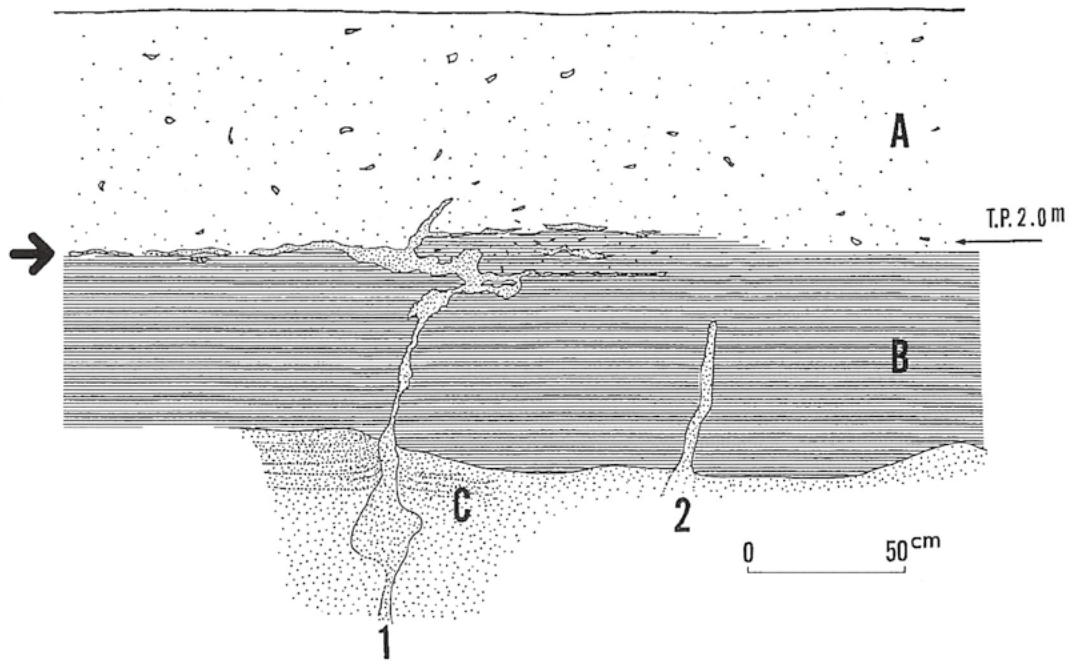
さて、ここで問題になってくるのが地層Aと地層Bとの境界（地質学的には層理面）から「矢印a」で指し示した垂直方向にのびる砂脈部分である（図2）。もしも森・鈴木（1989）が示した時系列通りに地層の形成と噴砂が生じたならば、天正地震が発生したときに地層Aはまだ存在しなかったことになる。と言うことは、地層B上面の太い矢印が示す標高の地表を水平に覆った砂脈1は、地層Bを水平に覆うとともに、矢印aで示したような重力方向に逆らって垂直に噴出した状態を保ったまま、その形を固定されなければならない。さらには、その後に整地層である地層Aに覆われるため、垂直に噴出した形を保ったまま崩されることなく矢印aの部分が地層Aによって覆われなければならない。加えて、矢印aで示した砂脈から下に目を移すと、地層Bの内部にも水平かつレンズ状の砂層と思われる地層が描かれている（図2の矢印b）。この地層について論文中では触れられてはいないが、もしもこのレンズ状の地層が、地層Bを水平に覆ったとされる砂脈1と一連のものならば、地表を噴砂が覆っている間、さらには噴出が終わってからも地層B（16世紀前半の遺物包含層）が形成され続けていたことになる。被災した城の大改修の際に整地層として形成されたとする地層Aの解釈と矛盾する。噴砂1において矢印aで示した垂直方向の砂脈が認められる

ことから判断して、図1に描かれた地層の変形構造通りに噴砂1を再現するには、地層Bと地層Aが堆積を終え、その後に発生した地震により噴砂1が形成されたと考えた方が妥当のように思えるが、どうだろうか。これを時系列で示せば、砂層Cの堆積→地層B（16世紀前半の遺物包含層）の堆積→地層A（16世紀末の整地層）の堆積→噴砂1の順となる。

### 地質学における液状化 - 流動化現象

1980年代後半から考古遺跡には地震痕として地層の変形構造が認められることがわかってきた。寒川旭氏が述懐するように（寒川，1992）、1980年代後半までは地震により生じた砂脈などは、考古学を専門とする調査担当者にとってはいくら掘れども底が現れない不思議な考古遺構と考えられていた。いっぽう、地質学における地層の変形構造は日本では1920年代から研究対象とされ、植田房雄氏は千葉県房総半島に露出する新第三系の地層にみられる変形構造を記載し（植田，1929）、早川千尋氏は秩父盆地の第三系において地層の変形構造の発達状況を調べた（早川，1930）。1950年代になると世界中で地層の変形構造に関する研究が増えていった（例えば、Kuenen, 1950；藤原・生越，1950；林，1955；池辺，1951；Heezen・Ewing, 1952など）。砂の流動化 - 液状化現象が注目され始めたのが1964年（昭和39年）に発生した新潟地震とされる。1960年代以降には地質学のみならず土木工学分野でも研究が進むようになり、砂層の流動化現象についての研究や実験結果が増えた（例えば、白井，1973；Lowe, 1975；Allen, 1984など）。1980年代後半になると堆積物の液状化 - 流動化現象についての理論的・実験的な考察が行われるようになる。例えば、地質学、とくに構造地質学を専門とする辻隆司氏と宮田雄一郎氏は、宮崎県日南市の第三系の海成砂岩・泥岩の互層にみられる流動化・液状化による変形構造を記載し考察した（辻・宮田，1987）。また、同じく構造地質学を専門とする小川勇二郎氏は未固結～半固結の堆積物中に認められる変形構造形成のメカニズムについてレビューし考察を

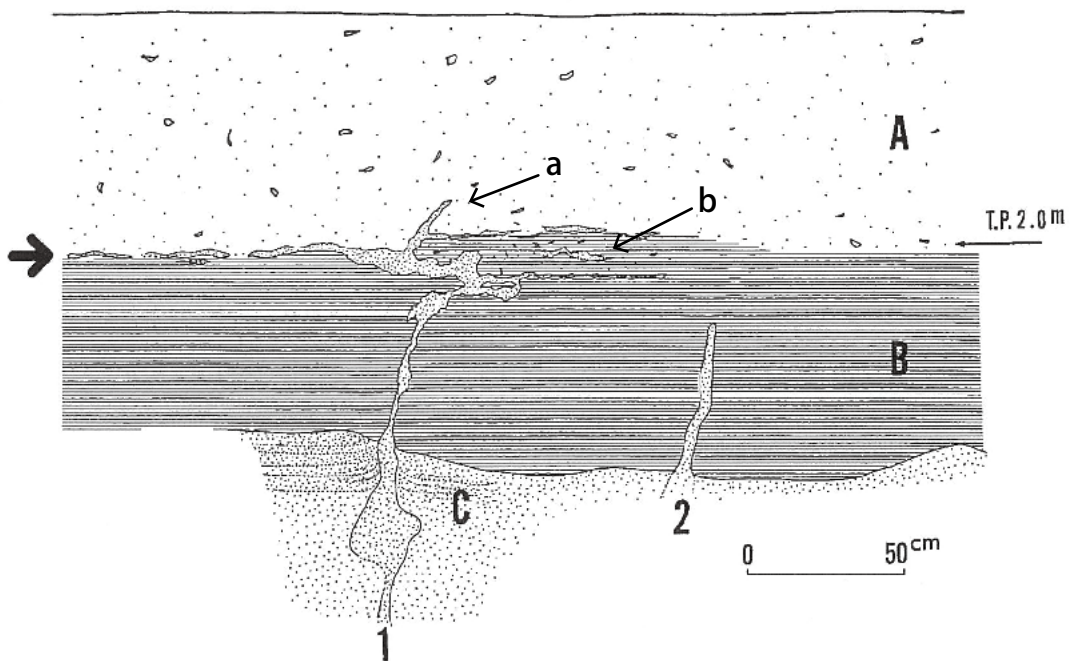




第4図 天正地震と推定される噴砂の痕（北側壁面）

1, 2 は噴砂の痕。A は16世紀末の整地層, B は16世紀前半の遺物を含む包含層, C は基盤の砂層（時期不明）。矢印は地震時における地表面と推定される。

図1 清須城下町遺跡における天正地震とされる噴砂  
（図番号、説明文ともに論文のまま、森・鈴木 1989 より転載。）



第4図 天正地震と推定される噴砂の痕（北側壁面）

1, 2 は噴砂の痕。A は16世紀末の整地層, B は16世紀前半の遺物を含む包含層, C は基盤の砂層（時期不明）。矢印は地震時における地表面と推定される。

図2 図1にみられる地層の変形構造  
（図1と同じものに矢印a, 矢印bを加えた。原図は森・鈴木 1989 を使用。）



している(小川ほか, 2006)。筆者も兵庫県の新第三系において堆積盆地の斜面を流下した地層の変更構造(専門的にはスランプ構造という)や、長崎県の古第三系において暴風時に形成された砂岩層中の脱水に伴う流動化・液状化構造を記載・観察した。考古遺跡でこれまでに発信されてきている地層の流動化・液状化現象に伴う報告は、構造地質学や層序学・堆積学的に捉えた場合、その地層の扱い方や地層の持つ構造の解釈あるいは地震発生の時期決定方法に相違を感じるのである。

沖積平野の考古遺跡でみられる地層を、砂などのひとつひとつの粒(専門的には堆積粒子とよぶ)が集まったものと考えた場合、地層はそれらの粒々が上下に重なったものの集合体と捉えることができる。ピンポン球が積み重なった様子を思い浮かべればよい。粒同士は接点をもって重なる。積み重なった粒と粒との間にはすき間(専門的には<sup>かんげき</sup>間隙とよぶ)ができる。すき間の中が水や空気(大気)で満たされているのが考古遺跡でみられる地層である。粒の積み重ね方を化学や地質学では「配位」という。この配位の仕方によって単位体積あたりにできるすき間の占める割合が変わる。球と球が接してつくるすき間の割合は数学的・幾何学的に求められ、もっとも密に詰まると0.740(無次元数のため単位はない)に近くなる。この値が小さくなるほど「すき間」が空いていることになる。考古遺跡で扱う地層のすき間は0.740よりも小さな値を取る傾向にあるので、それらを「ゆる詰め充填<sup>じゅうてん</sup>」という。考古遺跡でみられる地層は雷おこしのように、かなりすき間の空いた「ゆる詰め」の地層ということになる。ゆる詰め<sup>ゆる詰め</sup>の地層のすき間が充分に水で満たされた状態にあり、そこに瞬間的あるいは周期的な力(専門的には応力という)が与えられると、例えばそれが砂であれば固体状から液体状への状態変化が生じる。砂の載荷重(ローディング)の結果生じる現象が液状化(liquefaction)と呼ばれる。ここで敢えて「地震」ではなく「力」と表現した。なぜならば、液状化・流動化現象を生じさせるためにももちろん地震はその原因のひとつではあるが、「地震」だけに限らないからである。載荷重により生じる液状化現象がどのよ

うな自然環境のもとで起こりやすいかと言えば(1)地震の間、振動する地面(周期的な応力)、(2)津波や地滑りにより生じる堆積物地下の振動(瞬間的な力)、(3)波浪の通過に伴う湖底や海底の震動(周期的な応力)があげられる。さらに考古遺跡の場合には(4)現代の土木工事に伴う掘削機などによる振動や自家用車やトラックが絶えず通過していくことによる交通振動(自然現象に比べるとはるかに長期間におよぶ周期的な応力)も考慮しなければならない。Youd and Hoose (1977)は「ゆる詰め」堆積物が液状化作用をさらに卓越させる要因を検討した。それによれば(1)地面を攪乱する大きなマグニチュード、(2)多数回にわたる力のくり返し、(3)斜交葉理や斜層理にみられる低い堆積粒子(砂などを指す)濃度、(5)砂のより細かい端成分に向かう堆積粒子サイズ、(6)小さな封圧(浅い埋積状態)をあげている。専門用語の解説は省略させていただくが、それらの特徴は沖積平野にある考古遺跡でみられる地層に共通の特徴である。地質学的に考古遺跡の地層をみれば、震動(振動)に対してきわめて変形しやすい特徴をもっていると言える。また、考古遺跡で認められる噴砂や砂脈は、砂などの堆積粒子と水との混合流体による流体噴出構造(インジェクション(injection)構造)と捉えられる。地下から上昇してくる流体によって貫かれる地質構造のひとつに火山の地下にあるマグマの挙動があげられる。マグマは地下の圧力や浮力で上昇するが、地表まで上昇する過程で水平方向に注入したり、水平方向に進みながらも新たに地層の強度が低い部分を重力にさからって上昇する場合もある。マグマが周囲の地層構造と調和的に水平方向に注入したものをシル(sill)、周囲の地質構造を切って非調和的かつ垂直に上昇したものをダイク(dyke)とよぶ(図3)。これを考古遺跡の地層に置き換えれば、マグマと同様に砂や礫などと水との混合流体が水平方向に注入したものをシル(それが砂であればサンド・シル)に、垂直方向に上昇したものはダイク(砂であればサンド・ダイク(砂脈)、礫も含めばクラスティック・ダイク)として捉えられる。清洲城下町遺跡の地層断面図の場合(図1)、砂層Cの下位より上昇してきた噴砂1

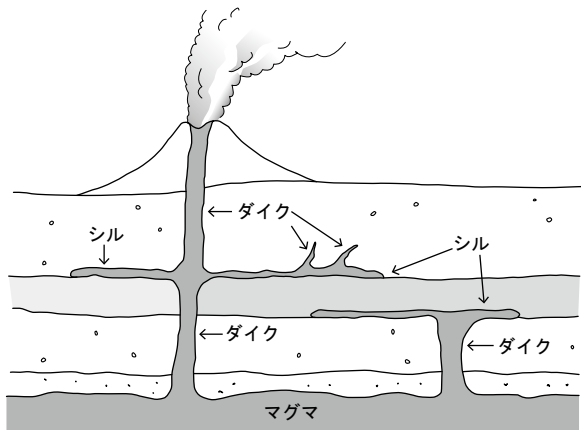


図3 火山地下でマグマがつくる注入構造  
(水平方向に注入したものがシル(sill)、垂直に切っているものがダイク(dyke)。伊豆半島ジオパーク解説図を参考に作製。)

が地層 A の地盤強度が高くて貫けず水平方向に注入した「シル」と、地盤強度の低かった部分をみつけた混合流体が重力に逆らって垂直方向に注入した「ダイク」とを捉えているように筆者にはみえるのである。

#### では清洲城下町遺跡でみられる地震痕はいつのものか

清洲城下町遺跡において天正地震により形成されたとする噴砂について、層序学・堆積学的に検討をすると、1586年1月18日に発生した天正地震により形成されたものではなく、それよりも後に形成された可能性を指摘した。では、森・鈴木(1989)により天正地震とされた旧期の噴砂痕(噴砂1)は、いつ発生した地震に伴うものであるのか、その疑問が残ると思う。森・鈴木(1989)は地震発生時期の決定にあたって歴史地震学を専門とする宇佐美龍夫氏がまとめた「新編日本被害地震総覧」と(宇佐美, 1987)と東京大学地震研究所がまとめた「新収日本地震史料」(東京大学地震研究所編, 1982 - 1984)を参考にして、この地域の地層に液状化をもたらした可能性のある地震を選び出した。発生年代が現代に近い(新しい)ものから順に東南海(1944年)、濃尾(1891年)、天正(1586年)、明応(1498年)の4つの地震を候補としてあげている。この4つのほかにも安政東海(1854年)と宝永(1707年)もあるが、震央距離や震害の程度を考慮してこの2つの可能性は小さいと判断している。だが森・鈴木

(1989)には、なぜ4つの地震に候補をしばらくすることができたのか、その理由の説明はない。寒川旭氏は著書「地震考古学」の中で液状化と噴砂の発生メカニズムを簡単に述べている。その中で「この現象は、気象庁の震度階級のVI(烈震)・VII(激震)で発生する。特に液状化しやすい地盤条件ではV(強震)でも発生しうる。だから、液状化跡を見つけることは、人間が立っておれないほどの強い地震動が発生したことの証明になる。」と記した(寒川, 1992)。なお、文頭の「この現象は、」とは「液状化」のことを指している。森・鈴木(1989)には寒川旭氏に現地において指導と助言を受けたことが記されており、これは当時のことを知らぬ筆者の推論ではあるが、寒川旭氏が述べた上記の震度階級を参考にして噴砂を発生させた古地震の候補を決定されたのかも知れない。

いっぽうで、地震の規模と液状化発生の頻度との相関関係については、1970年代から主に土木工学分野において研究されてきている。近代的な器械測定が実施されるようになってからこれまでに発生した多くの地震情報をもとに、地震の発生に伴って地面にはどのような効果が生じるかとめられている。それは主に日本をはじめインド、アメリカ合衆国で行なわれてきており、その中でKuribayashi and Tatsuoka(1975)とYoud(1977)は、リヒター(Richter)スケールの地震マグニチュード( $R_m$ )と液状化現象がみられた地点の震央からの最大距離( $x$ ) kmとの関係を経験的に求め、

$$\log x = 0.87 R_m - 4.5$$

の対数方程式に表わした。対数の底は10である。真数条件( $x > 0$ )があるので、右辺の値が0に限りなく近づくと最大距離 $x$ は1に近くなることが読み取れる。震央からの最大距離1 kmとは地震発生地点そのものと考えられるので、右辺の値を0に近づける地震マグニチュード( $R_m$ )の値にはある数値限界があることがわかる。それは地震マグニチュード( $R_m$ )が4と5との間を取る値のときである。つまり地震マグニチュード( $R_m$ )が4から5よりも小さな値の地震では液状化現象の発生はわずかであったり、発生しないことに注意しなければならない。液状化現象を発生させる要因のひとつ

には震度階級とともに地震マグニチュードも考慮しなければならないのである。

今回筆者は清洲城下町遺跡の噴砂時期を推定するため検討を行なった。参考にしたのは「新編日本被害地震総覧」(宇佐美, 1996)と「日本被害地震総覧 599-2012」(宇佐美ほか, 2013)、愛知県消防防災部がまとめた「愛知県災害誌」(愛知県総務部消防防災課編, 1993)である。それらで紹介された古地震記録と推定されたマグニチュードの値を参考値として、Kuribayashi and Tatsuoka (1975) などにより提示された経験式を用いて震央からの最大距離を求めてみた。すると、天正地震(1586年発生)から濃尾地震(1891年発生)までの305年間に日本全国には86(天正地震と濃尾地震は含まない)の古地震が記録されていた。それらの中で地層に液状化現象を生じ得る震央からの最大距離が清洲城下町遺跡の調査地点にまで及んでいる古地震が13あった。清洲城下町遺跡において森・鈴木(1989)が述べた整地層(地層A)すなわち16世紀末(西暦1500年代後半)の考古遺物を含む地層の時期から濃尾地震の発生までの間に、調査地点の地下堆積物に液状化を生じさせ得る13の古地震が存在する可能性がある。森・鈴木(1989)は噴砂(噴砂1)が地表に噴き出したと考えたため、噴砂を生じさせた古地震を強震以上の揺れで生じる諸現象を参考にその候補を選び出されたのかも知れない。だが、水で飽和した地下のゆる詰め未固結堆積物に液状化を生じさせる初動機構として古地震を捉えると、それは天正地震などの強震以上の地震に限定される現象ではなく、清洲城下町遺跡の場合であれば13の古地震が候補としてあげられるのである。ところで、液状化現象を発生させる要因として震度階級と地震マグニチュードを考慮しなければならないことを先述した。これに関して都市防災工学を専門とする若松加寿江氏は、西暦416年から2008年までに発生した150の地震に伴って液状化を被った地点1万6688件のデータをもとに「日本の液状化履歴マップ」として提示している(若松, 2011)。それによれば、液状化履歴が多い場所として(1)若い埋め立て地、(2)旧河道(昔の川筋)、(3)大河川の沿岸(氾濫常襲

地)、(4)海岸砂丘の裾・砂丘間低地、(5)砂鉄や砂礫を採掘した跡地の埋戻し地盤、(6)沢埋め盛土の造成地、(7)過去の液状化の履歴がある土地をあげている。筆者は清洲城下町遺跡の調査地点も含めその周辺の地形解析と地下堆積物の観察を行なっている(鬼頭, 2012, 2013a, 2013b, 2015)。その結果と対照すると、清洲城下町遺跡の調査地点は若松(2011)があげた(1)・(2)・(3)・(7)の4項目が当てはまる。さらに若松(2011)は液状化履歴が多い場所は震度4ないし震度5弱ほどの比較的小さな震度で液状化が発生した事例が多いことも報告している。清洲城下町遺跡の調査地点は液状化現象を発生しやすい条件にあると言える。加えて、若松(2011)では西暦1885年～1987年と西暦1885年～2008年までに発生した地震を基に震央からの最大距離を与える対数方程式も示しており、それを加味した清洲城下町遺跡調査地点における古地震発生時期については現在検討中である。読み進められてきた方の中にはこの章で特定された古地震名があげられていることを期待されたかも知れない。期待に添えず申し訳ないが、検証をはじめたばかりである。検証結果は筆を改め、安易な古地震の特定はここでは避けたい。

### 考古遺跡の古地震を扱う学問分野に関して

考古遺跡でみられる地震痕について清洲城町遺跡で報告された地層の変形構造を基に筆者の考えを述べた。地震は年月日が限定され、近代的な器械観測が行われるようになってからはさらに時・分・秒単位で記録される。地震のような地質時間に比べるときわめて短い時間で形成され記録されている地層を地質学、特に堆積学を専門とする志岐常正氏と鈴木一久氏は「フリーズ(freeze)堆積物」とよんだ(志岐・鈴木, 1998)。フリーズ(freeze)とは凍ったように動かなくなることを言い表す英語である。また、フリーズが認められる地層の堆積過程として反砂堆(砂がつくる堆積構造のひとつ)やサイズマイト(seismite; 地震によりつくられる堆積構造)をあげ、その候補として液状化層や砂岩脈などをあげた。考古遺跡で認められる地



震痕を堆積学的な見地から捉えると、志岐・鈴木（1998）の言葉を借りれば「地震をトリガーとするサイズマイト（seismite）のトリガー（初動機構）識別問題」と表すことができよう。堆積物だけをみてトリガーと運搬・堆積過程の両方を知ることである。志岐氏はその検出を「そう易しいことではない」と述べた。愛知県下の考古遺跡でみられる地震痕を観察してきた筆者も同感である。目の前の地層にみられる噴砂を生じさせた古地震発生時期の決定方法は、「観察された地震痕＝特定の古地震」のような一対一の対応関係ではなく、古地震を生じさせたと考えられる多くの震源候補の中からひとつひとつその可能性を探り、丹念にその候補をしぼり込んでいく作業でなければならない。その検討の結果、震源候補がたったひとつにしぼられたときにはじめて、目の前の噴砂を生じさせた古地震が特定できたことになる。しぼり込む作業により古地震が特定できなくても、「特定できなかった」こと自体が解析の成果である。正確にかつ誠実にその結果を述べればよい。また、地表から地下へ向かって掘削されていく考古遺跡の場合には、地層にみられる地震痕跡はそれまでに生じてきた地震現象の総和となって地層に記録されていることを常に念頭に置かねばならない。考古遺跡でみられる地震痕をもとにした古地震発生時期の決定方法は、もっと緻密にかつ慎重に行なうべきだと思うが、どうだろう。このように感じているのは筆者だけではないようで、地球物理学と歴史地震を専門とする石橋克彦氏と寒川旭氏との間でなされた、地震考古学における地震発生年代の解釈に対する誌上でのやり取りがある。自然科学系で現代科学の動向を解説する雑誌のひとつに「科学」がある。1998年の科学第68巻1月号で寒川旭氏は「考古遺跡にみる地震と液状化の歴史」として自身が提唱された地震考古学の解説とそこから導かれた考古遺跡と発生地震との年表を提示された（寒川，1998）。それを読まれた石橋克彦氏は同年科学第68巻3月号において「読者からの手紙」として意見を述べられている（石橋，1998）。それは「地震考古学と東海・南海巨大地震－1月号寒川旭氏の解説に対して」と題し、「震源域の推定は慎重でなければならない」と論じて

いる。また、「神戸市住吉宮町遺跡の側方流動跡は1596年の内陸地震によると断定されているが、そこを見学して資料を読んだとき、なぜそれが南海地震によるものではなく、ほかの多くの地震跡は南海地震によるものといえるのか、疑問が残った」ともした。そして南海地震だと立証するために必要な作業工程を解説され「安易に結論を下すべきではない」と結んだ（石橋，1998）。日本の考古学は人文科学系の学問分野に属している。同じ人文科学系の歴史学では、史料がはたして真実を著しているかどうかの吟味、すなわち「史料批判」が大切であることを歴史学を専門とする山内昌之氏は説く（山内，1997）。考古遺跡に関わる自然科学者にはいろいろな専門分野の方がいる。先ず目の前の地層を正確にかつ緻密に記載することが基本であるが、多角的に判断し、天正地震としか結論できないときにのみそれが証明される。考古遺跡から発信される古地震報告は層序学・堆積学的にいま一度検証してみる必要があるように思う。

### まとめに代えて

清洲城下町遺跡の地震痕は寒川旭氏の著書にも引用され（寒川，1992）、愛知県埋蔵文化財センターにとって重要な発掘調査成果のひとつでもある。筆者が森・鈴木（1989）の論文を拝読したときにはすでに調査は終了していた。その後の清洲城下町遺跡の調査地点ではうまく地震痕が検出されなかったこともあり、地震痕を伴う堆積物を観察する機会がなかった。地震痕の生じた堆積物を実際にこの目でみるまでは本論で述べたような言及は控えておこうと思った。だが、2011年から2015年にかけて愛知県埋蔵文化財センターや清須市で清洲城下町遺跡の発掘調査が行なわれ、筆者も地震痕とそれがみられる堆積物を観察する機会に恵まれた。それが今回筆を取った理由のひとつである。データの検証を経てしだいに科学は成長する。発掘調査終了後に埋め戻されてしまう考古遺跡は、検証からは遠い学問分野のひとつではないだろうか。検証が難しいという事実は言葉は適切でないかも知れないが「言った者勝ち」となる。イギリスの哲学者カール・ポパー（Karl

Popper : 1902-1994) は反証されえない理論は科学的ではないとした。発掘調査が終われば埋め戻されてしまう考古遺跡は、根源的に反証が難しい宿命を背負っている。そのためにも誠実かつ正確な事実の記載が必要であろう。考古遺跡から発信される古地震報告の中には、層序学・堆積学的にみると、なぜ古地震の発生時期をピンポイントで決めることができたのか読み取れない地層断面図が提示されている場合がある。その反証性という意味では、森・鈴木(1989)の示した天正地震の地層断面図は地層の中の細かな情報(堆積構造)も省略することなく記載されており、本論のように実際にその地層を観察できなかった者にも考察の機会を与えている。反証可能性をもち、科学的である。今回は清洲城下町遺跡で報告された天正地震とされる地層の変形構造のみについて述べた。いっぽうで、地震発生時期の決定方法やその証明方法、変形を被った地層の記載方法、地震に伴う地層変形メカニズムの解釈など、今までに考古遺跡から発信されてきている古地震情報には検証すべきことが多いと感じている。それらについては筆を改めたい。筆者は全国的にも数少ない考古遺跡分野における「科学分析室」に所属している。「科学」という文字を看板に掲げているからには、わたしたちは考古遺跡から発信される情報を真の「サイエンス(科学)」のベースに載せなければならない。

## 文献

- 愛知県総務部消防防災課編, 1993, 愛知県災害誌, 愛知県, 283p.
- Allen, J. R. L., 1984, *Sedimentary Structures : Their character and physical basis*, Elsevier, New York, I and II, 593p and 663p.
- 藤原 昭・生越 忠, 1950, いわゆる“層間異常堆積”についての一考察, 地質雑, 56, 656, 299.
- 服部俊之, 1992, 清洲城下町遺跡で見られた地震痕 - 砂脈の方向性に関する一考察 -, 愛知県埋蔵文化財センター調査報告書第 27 集 清洲城下町遺跡 (II), 愛知県埋蔵文化財センター, 188-191.
- 服部俊之, 1993, 濃尾平野における歴史地震の地震痕, 愛知県埋蔵文化財センター年報 平成 4 年度, 愛知県埋蔵文化財センター, 126-136.
- 服部俊之, 1994, 濃尾平野における歴史時代の地震痕 - その 2 -, 愛知県埋蔵文化財センター年報 平成 5 年度, 愛知県埋蔵文化財センター, 134-142.
- 早川千尋, 1930, 秩父盆地第三紀層中に存する水中地氈, 地学雑, 42, 496, 342-346.
- 林 唯一, 1955, テイクソトロピーに関する地質現象, 地球科学, 24, 37-42.
- Heezen, B. G. and Ewing, M., 1952, Turbidity current and submarine slumps, and the 1929 Grand Banks earthquake, *Amer. Jour. Sci.*, 250, 849-873.
- 堀口万吉・角田史雄・町田明夫・昼間 明, 1985, 埼玉県深谷バイパス遺跡で発見された古代の“噴砂”について, 埼玉大学教養部紀要, 自然科学, 21, 243-251.
- 堀口万吉, 1986, 埼玉県北部でみられる古代の“噴砂”について, 歴史地震, 2, 9-14.

## 謝辞

本論をまとめるにあたり、清洲城下町遺跡の詳細について調査研究専門員の鈴木正貴氏にご教示をいただいた。調査課長の宮腰健司氏、鈴木正貴氏、調査研究専門員の永井宏幸氏には粗稿をお読みいただき、ご教示・ご批判を賜るとともに原稿の改善に大いに参考になった。古地震と考古遺跡でみつかると地震痕に関する文献・情報の入手ではセンター長の梅本博志氏、調査研究専門員の早野浩二氏、事務補助員の永井智子氏にお世話になった。図の探索では調査研究専門員の堀木真美子氏の手を煩わせた。考古学用語について調査研究専門員の蔭山誠一氏・川添和暁氏にご教示いただいた。副センター長の石黒立人氏からは考古学について常日頃からご教示をいただき学問的な刺激を受けている。図の整理などでは前田弘子氏、鈴木好美氏にお手伝いいただいた。以上の方々に記して厚くお礼申し上げる次第である。

- 池辺展生, 1951, いわゆる層間異常についての考察(演旨), 地質雑, 57, 670, 320.
- 石橋克彦, 1998, 地震考古学と東海・南海巨大地震ー1月号寒川旭氏の解説に対して, 科学, 68, 3月号, 266.
- 伊藤隆彦, 1992, 山中遺跡から発見された地震痕, 愛知県埋蔵文化財センター調査報告書第40集 山中遺跡, 愛知県埋蔵文化財センター, 64-69.
- 岩野見司・能登健編, 1975, 一宮市文化財調査報告2 馬見塚遺跡範囲確認調査報告  
付載馬見塚遺跡出土の御物石器・祭祀遺物, 一宮市教育委員会, 26p.
- 鬼頭 剛, 2012, 清洲城下町遺跡の地下層序と表層地形解析, 清須市埋蔵文化財調査報告 III  
清洲城下町遺跡 III - 清須市一場地内道路敷設に伴う発掘調査報告 -,  
清須市教育委員会・イデアコンサルタント株式会社・株式会社島田組, 26-32.
- 鬼頭 剛, 2013a, 清洲城下町遺跡周辺の地形解析と五条川の流路について,  
愛知県埋蔵文化財センター調査報告書 第183集 清洲城下町遺跡 XI, 愛知県埋蔵文化財センター, 91-94.
- 鬼頭 剛, 2013b, 清洲城下町遺跡周辺の地形解析と五条川の流路について, 清須市埋蔵文化財調査報告 VI  
清洲城下町遺跡 VI - 新給食センター建設及び清洲中学校代替体育施設整備に伴う発掘調査報告書 -,  
清須市教育委員会, 97-101.
- 鬼頭 剛, 2015, 清洲城下町遺跡の地下層序と立地環境, 清須市埋蔵文化財調査報告 VIII  
清洲城下町遺跡 VIII - 一場御園地区宅地造成に伴う発掘調査報告書 -,  
清須市教育委員会・イデアコンサルタント株式会社・株式会社島田組, 87-93.
- Kuenen, Ph. H., 1950, Marine Geology, John Wiley and Sons, New York, 244p.
- Kuribayashi, E. and Tatsuoka, F., 1975, Brief review of liquefaction during earthquakes in Japan,  
Soils Foundns 15, 4, 81-92.
- Lowe, D. R., 1975, Water escape structures in coarse-grained sediments, Sedimentology, 22, 157-204.
- 埋文関係救援連絡会議・埋蔵文化財研究会編, 1996, 発掘された地震痕, 825p.
- 森 勇一・鈴木正貴, 1989, 愛知県清洲城下町遺跡における地震痕の発見とその意義, 活断層研究, 7, 63-69.
- 森 勇一, 1992, 岩倉城遺跡より発見された地震痕について, 愛知県埋蔵文化財センター調査報告書第38集  
岩倉城遺跡, 愛知県埋蔵文化財センター, 128-129.
- 小川勇二郎・田中勝法・鈴木清史, 2006, 未固結～半固結堆積物中の変形構造形成の解釈, 地学雑誌, 115, 3, 326-352.
- 寒川 旭, 1992, 地震考古学, 中公新書, 251P.
- 寒川 旭, 1998, 考古遺跡にみる地震と液状化の歴史, 科学, 68, 1月号, 20-24.
- 寒川 旭, 2007, 地震の日本史 大地は何を語るのか, 中公新書, 276p.
- 寒川 旭, 2011, 日本人はどんな大地震を経験してきたのか 地震考古学入門, 平凡社, 259p.
- 志岐常正・鈴木一久, 1998, 「フリーズ」と「フリーズ堆積物」ー予報, 堆積学研究, 47, 95-101.
- 白井 隆, 1973, 流動層, 科学技術社, 丸善, 236p.
- 東京大学地震研究所編, 1982 - 1984, 新収日本地震史料, 第1巻～5巻, 日本電気協会.
- 辻 隆司・宮田雄一郎, 1987, 砂岩層中にみられる流動化・液状化による変形構造ー宮崎県日南層群の例と実験的研究ー,  
地質雑, 93, 11, 791-808.
- 植田房雄, 1929, 上総新第三紀層中の層間異常堆積, 地質雑, 36, 429, 288-289.
- 宇佐美龍夫, 1987, 新編 日本被害地震総覧, 東京大学出版会, 434p.
- 宇佐美龍夫, 1996, 新編 日本被害地震総覧 [増補改訂版 416-1995], 東京大学出版会, 493p.
- 宇佐美龍夫・石井 寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子, 2013, 日本被害地震総覧 599-2012, 東京大学出版会, 694p.
- 若松加寿江, 2011, 日本の液状化履歴マップ 745-2008, 東京大学出版会, 71p.
- 山内昌之, 1997, なぜ歴史を書くのかーイブン・ハルドゥーンと司馬遷によせてー,  
義江彰夫・山内昌之・本村凌二編 歴史の文法, 東京大学出版会, 291p.
- Youd, T. L., 1977, Discussion of ' Brief review of liquefaction during earthquakes in Japan '  
by E. Kuribayashi and F. Tatsuoka, Soils Foundns 17, 1, 82-85.
- Youd, T. L. and S. M. Hoose, 1977, Liquefaction susceptibility and geologic setting, Proc. 6th World Conf.  
Earthquake Engng, 6, 37-42.