

養老断層系周辺における 1586 年天正地震時の変動と第四紀累積変動に 関する再検討

産業技術総合研究所 地質情報研究部門* 小松原琢

Re-examination on coseismic crustal movement by the 1586 Tensho Earthquake and long-term crustal movement during the Quaternary around the Yoro Fault system, central Honshu

Taku KOMATSUBARA

Geological Survey of Japan, AIST, Site C7 1-1-1 Higashi, Tsukuba,
Ibaraki, 305-8567 Japan

The 1586 Tensho earthquake ($M \approx 7.8 \pm 0.1$) was one of the biggest inland earthquakes in Japanese historical era. The Yoro Fault system is thought to be a source fault of this earthquake from historical researches and geological researches. The Yoro Fault system is a low to middle angle reverse fault, and it has generated large subsidence in the footwall-side rather than uplift in the hanging wall-side since the Calabrian period (Early Pleistocene). There however, is no apparent evidence on coseismic regional subsidence by the Tensho earthquake. The author has investigated on whether coseismic subsidence did occur or not from view point of location of pre-existing buildings, tree and historic relics former than this earthquake, and depth of buried foundations of the Kofun era to the Kamakura era eastward (in the footwall-side) of the Yoro Fault system. The results are 1) Several buildings constructed before the Tensho Earthquake are now existent in tectonically subsiding area during the Quaternary, and they locate 1.5 to 2.5 km north from shoreline at that event. 2) Some historic relics from medieval era to the Sengoku era (ca. 12th to 16th century) such as site of castles remains on ground in the tectonically subsiding region, 3) Almost all of depth of the buried foundations from the Kofun era to medieval era (ca. 4th to 15th century) are less than 1 meter. These results strongly suggest that the Tensho Earthquake did not induce distinct (larger than 1 m) subsidence and large tsunami. These facts suggest that interseismic (aseismic) subsidence have occurred around the Yoro Fault reverse fault system.

Keywords: Tensho Earthquake, Coseismic crustal movement, Interseismic subsidence, reverse fault, Yoro Fault System.

§ 1. はじめに

1586 年 1 月 18 日 (天正十三年十一月二十九日) の天正地震 ($M \approx 7.8 \pm 0.1$; 宇佐美・他, 2013) は, 1891 年の濃尾地震とともに日本内陸で最大級の歴史地震である [北原・他 (2012)]. この地震の起震断層については諸説あるが, 養老断層とその南に連続する桑名断層 (以後, 本稿では両断層を合わせて養老断層系 [活断層研究会 (1991)] と呼ぶ^{注 1)} が活動したことは, 史料地震学的研究 [たとえば飯田 (1987), 寒川 (2010), 松浦 (2011)] からも, 地質学的研究 [たとえば須貝・他 (1999), 須貝 (2011)] からも支持される。

筆者は, この地震に伴って養老断層系の沈降側に位置する濃尾平野西部～北勢平野が沈降したか否

かを明らかにすることを目的として, 現存する建物や樹木, 史跡および遺跡発掘調査結果を調査した. その結果, 天正地震時に濃尾平野西部～北勢平野が顕著に沈降することはなかった上, 大規模な津波も生じなかったという結論を得ている. さらに, この調査結果と, 第四紀に当地域が累積的に沈降してきたとする地質学的研究 [たとえば桑原 (1968)] を統合的に解釈するため, 地震間に養老断層系周辺で非地震性沈降運動が行われているという説を提案する。

§ 2. 新たに得られた隆起を示唆する伝承と古地理に関連する史料

最初に, 本調査中に新たに見つかった地震性隆

* 〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 7
電子メール: komatsubara-t@aist.go.jp

起を示唆する伝承と、天正地震時直後の古地理に関連する史料について記載する。

桑名市^{ゆりあげ}汰上地区(東汰上・西汰上)は、養老断層系南部・桑名断層の西に隣接する、現標高 T.P. + 4~10 m の沖積段丘に位置する。この地区は、江戸時代における伊勢湾奥部の干拓以前は、海岸近くに位置していた。

汰上という地名の由来について、『桑名郡誌』には、「当村昔洪水波濤ノ為メニ汰リ上タル地ナル故ニ名フト」と記されている [江間 (1980)]。

この伝承の信ぴょう性や「洪水波濤のためにゆりあがる」という表現の真意については検討の余地があるが、これは当地が歴史時代に「汰リ上」ったこと、すなわち、隆起したことを示唆する。

なお、伊勢湾周辺地域において歴史上最大級の洪水被害をもたらしたとされる 1959 年伊勢湾台風でも汰上地区は冠水していない [建設省地理調査所 (1960)]。このことは、汰上地区が現在の標高に位置するならば、過去にも洪水によって水没することはほとんどなかったことを示唆する。したがって、「洪水波濤のためにゆりあがる」という記述を、洪水による土砂堆積に伴って陸地化したことを示すと解釈することは難しい。



図 1 桑名市汰上の了嚴寺の扁額
Fig. 1 Doorplate of the Ryogenji Temple, Yuriage, Kuwana City

また、西汰上最古の寺である真宗大谷派了嚴寺の扁額(図 1)には、「柳當寺創立は信州諏訪領主(高島藩)の二男中務卿源近芳に始まる。天文十一年(1542年)藩主・諏訪頼重の時、諏訪高島藩は甲斐城主武田晴信(信玄)によって攻められ落城。城主頼重は甲斐に送られ自刃。諏訪惣領家は滅亡した。城主頼重の実弟頼高(近芳)は城を脱出、一族数人と共に尾張国加路戸(現木曾崎町加路戸(原文ママ))に落ちのびた。天正十三年十二月二十五日(原文ママ)大地震発生により社地崩壊諸氏四方に散乱。その節近芳當国桑名郡西汰上村へ移転。世

上無常を悟り、終に遁世出家して真閑と号した。この時嫡男民部卿も父と共に出家して真慶と稱した。本願寺末道場を建立。文禄二年三月十五日本願寺信浄院教如上人より阿弥陀佛の画像並びに了嚴寺と寺号を免許され・・・了嚴寺開基 俗称諏訪民部卿釋真慶識 正保甲歴二月良日拭老限書之(了嚴寺由書による)」と記載されている。

この由来(正保元(1644)年に書かれたもの)は、汰上地区には天正地震当時には寺がなかったこと、地震で荒廃した加路戸からの移住者を受け入れることができ、かつそこで寺院を建立することができるような新開地であったことを示すと解釈される。

以上は、桑名断層が天正地震時に活動した可能性を示している。

§ 3. 天正地震時時の地殻変動と津波に関する研究の現状と問題

次いで、養老断層系近傍における天正地震時の地殻変動と津波に関する地質学・史料地震学的研究の現状と、養老断層系の第四紀地殻変動に関する地質学的研究の現状をまとめ、問題点を整理する。

3.1 天正地震の地震像復元に関する史料地震学的研究と地質学的研究

養老断層系が天正地震時に活動したことを示す研究成果として、次の史料地震学的研究と地質学的研究を挙げることができる。

飯田(1978, 1980)は、『勢州長嶮記附』『長島細布』『長嶋古今図考記』など江戸時代に当地で記された文書に、現在桑名市長島周辺の木曾三川河口部の広い地域で「湧没」「没亡」といった地変を伴った激しい災害が生じたことが記されていることを示した。その上で、多数の島が沈下したこと、伊勢湾内に高さ 2~4m くらいの津波があつこと、養老断層に関連する地震であったこと、を推論した。

次いで八木・他(1984)は、同時代史料に基づいて、天正地震は敦賀湾-伊勢湾断層系を含む断層が活動した双子地震であったという解釈を示すと共に、木曾三川河口域の亡所となった地域は江戸時代初期に再開発され、絵図に記載されていることを根拠として、木曾三川河口域における「湧没亡所」は、沈没を示すのではなく、地盤の圧密沈下や破堤による湛水などの現象を記したものと解釈した。

また飯田(1987)は、『当代記』^{注 2)}の「当時織田信雄居城百八里多以成川」という記述から、織田信雄の居城があつた桑名市長島地区で地震による地変か洪水かまたはその両者が発生したと解釈した。なお、飯田(1987)は、『当代記』について、成立年代が確かでないことを認めながらも、戦国時代末期の社会情

勢を詳細に記していることから、同時代史料に準ずるものとして扱っている。

その一方で、伊勢湾内の津波に関して、松岡・他 (2015) は、飯田 (1987) が津波の根拠とした『長島細布』などの文書は、江戸時代の地誌書であり、かつ津波による被害を記したものではないことから、この史料から津波の発生は証拠づけられないとし、さらに天正地震について記載した同時代史料を精査した結果、伊勢湾に津波が生じたことを示す記載は認められないと総括した。

以上の史料解釈に基づく地震像復元とは別に、深沢 (2019) は、養老断層沿いの養老町橋爪と海津市南濃町志津において、天正地震時に土地が「ゆり上」がったと記載している江戸時代の史料を見出した。

一方、地質学では、次のような研究成果が挙げられている。

海津市南濃町庭田地区の養老断層におけるピット調査において、12世紀後半～13世紀初頭の土器を含み、14～16世紀の¹⁴C年代値を示す地層が変形し、15世紀以降の年代値を示す上位層が、これを傾斜不整合に覆うことが見出されている [須貝・他 (1999), 須貝 (2011)]。この事実と飯田 (1987) の史料地震学的研究成果に基づいて、須貝 (2011) は、この断層活動が天正地震に相当すると考えるのが自然である、とまとめている。

また、桑名市汰上地区の桑名断層を横断して行われた群列ボーリングでは、シジミ貝や汽水性珪藻を産し、700～1000年前の¹⁴C年代値を示す泥層が約3.5 m 上下変動していることが見出された [須貝・他 (1998), 丹羽・他 (2010a)]。さらに須貝 (2011) は、断層沈下側におけるボーリングコアから得られた堆積速度の変遷より、養老断層と桑名断層が同時に活動しても矛盾は認められないこと、さらに両断層が一連であることを根拠として、桑名断層も養老断層と一括して活動したという考えを示した。

これらのデータに基づいて、須貝 (2011) は、養老断層、桑名断層およびその南方の四日市断層が天正地震時に活動したと要約している。

3.2 養老断層系周辺の天正地震時の地殻変動と地質学的時間における地殻変動に関する研究

これまでの地質学的研究によって、第四紀に濃尾平野～北勢平野の沈降と、養老山地など養老断層系西側の隆起が、累積的に進行してきたことが明らかにされている [たとえば桑原 (1968, 1980), 須貝・杉山 (1999)]。

さらに、須貝 (2001) は、養老山地の標高 400～780 m の稜線上に点在する山砂利層を東海層群基底部の堆積物とみなし、これを反射法地震探査と大深度ボーリングから想定される濃尾平野西部地下の

T.P. -1400～1500 m に伏在する東海層群 (古東海湖堆積物) 基底部と対比して、養老断層の活動開始以降の上下変動量を約 2000 m と算定した。

このことは、東海層群基底堆積時の基準面高度が現海水準と同程度であった場合には、養老断層系周辺では隆起を大きく (2 倍程度) 上回る沈降が第四紀に生じたことを意味する。

また、現在筆者らが行っている伊勢湾周辺の第四系に関する調査では、養老断層系西側における最終間氷期極相期 (約 12.5 万年前) の旧汀線高度は、最高所 (桑名市西方周辺) で T.P. + 55～62 m である一方、最大沈降地点に近い海津市南濃町駒野の南濃コアでは同時期の海成粘土層上面の標高が T.P. -172 m である [須貝・他 (1999)] ことを明らかにしている。これは、養老断層系周辺では最終間氷期極相期以降に、隆起を上回る沈降が生じたことを意味する (後述)。

ところで、須貝・杉山 (1999) は、第四系下部 (0.9 Ma の層準) に達する層序ボーリングより、約 1Ma 以降濃尾平野は西傾動を伴う沈降運動を継続してきたことを明らかにし、この傾動・沈降運動 (濃尾傾動地塊運動 [桑原 (1968)]) は、養老断層系の活動による地震性地殻変動の累積現象であるという考えを提唱した。

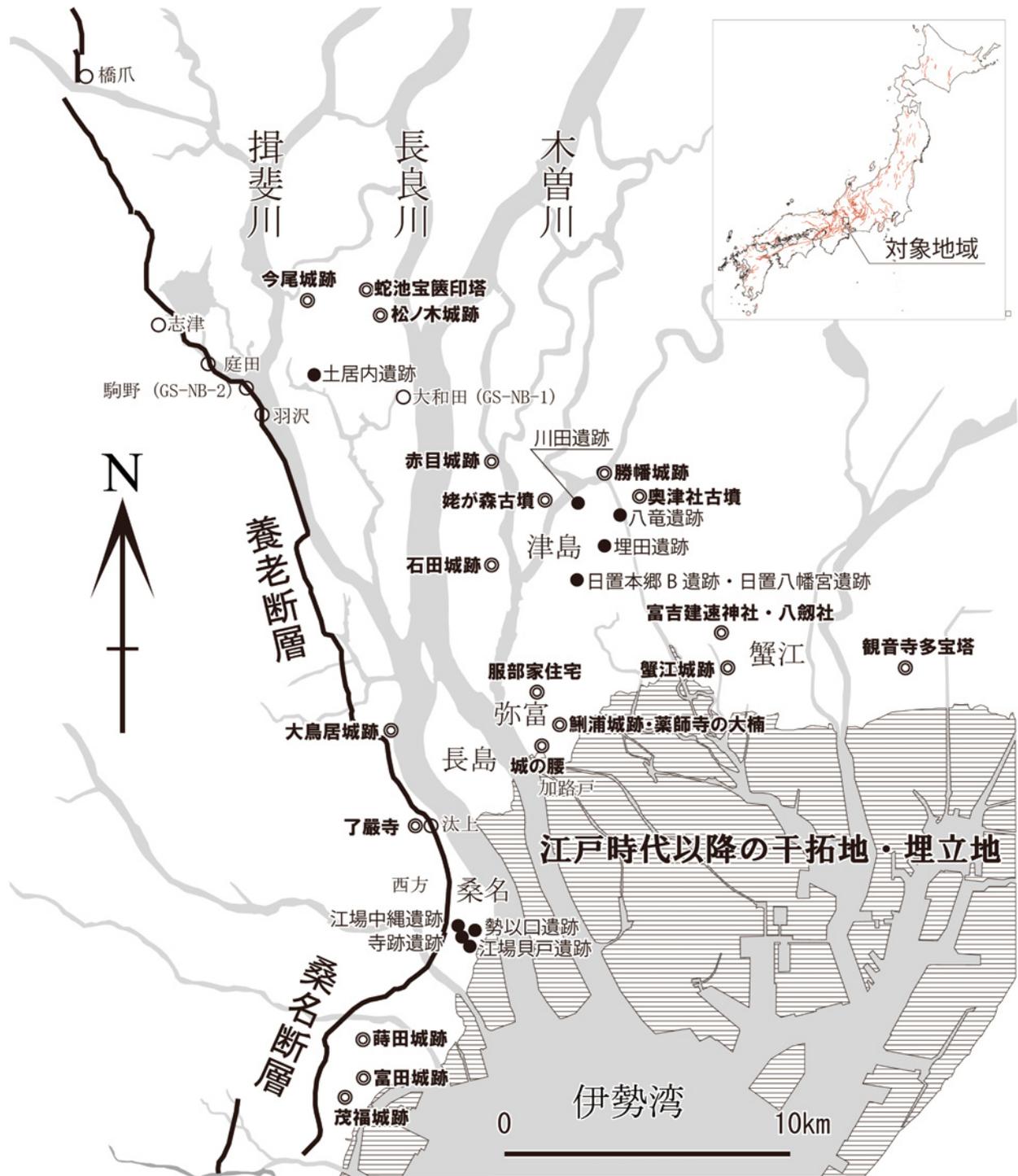
これを受けて、鳴橋・他 (2004), 中西・他 (2006), 丹羽・他 (2009), Naruhashi et al. (2008), Naruhashi and Sugai (2011), Niwa et al. (2011) は、断層周辺から濃尾平野に至る地域の沖積層ボーリングコアより、濃尾平野の傾動・沈降運動の発生期を読み取り、完新世断層活動履歴を求めている。

3.3 天正地震時の地震像復元の問題点

前述の通り、天正地震時における地殻変動に関連して、①養老断層系の沈下側で顕著な沈降が生じたか否か、②天正地震に伴って伊勢湾内に津波が発生したか否か、については未だ確実な知見が得られているとは言い難い。

また力学的にみると、弾性変形によって逆断層運動に伴って隆起側の隆起を上回る沈降が生じるとは考え難い (後述)。このことは、須貝・杉山 (1999) によって提案されている、濃尾平野 (～北勢平野) の沈降を、養老断層系の活動に伴う地震性変動とみなすことに対する疑問を生じさせるものである。

このような背景から、天正地震時における養老断層系の沈下側の地殻変動を明らかにすること、および伊勢湾内の津波の有無について再検討することは、理学面だけでなく、養老断層系の活動履歴 (間隔) の評価や地震時地殻変動予測の面でも重要な意味をもつと筆者は考えている。



○ 断層調査地点・文書に記された地名 ● 現存建物・史跡 ● 歴史時代の遺構が確認された遺跡

図 2 養老断層系東側の天正地震前から存在する、主として中世・戦国時代の建物・樹木・史跡と古墳時代から中世の埋没遺構が検出された遺跡

活断層は国土地理院の都市圏活断層図、干拓地・埋立地と旧河道の分布は国土地理院発行の土地条件図による。両図は、ともに国土地理院の「地理院地図」に電子情報として示されている。本図のカラー版は口絵 3 参照。

Fig. 2 Pre-existing buildings, tree and historic relics before the AD 1586 Tensho Earthquake mainly during medieval era (12th to 16th century), and archaeological sites accompanying buried foundations from the Kofun era to medieval era (ca. 4th to 15th century) eastward of the Yoro Fault system

Active Faults are after “active fault map of urban area”, reclaimed land and abandoned channel are after “land condition map”, both by Geospatial Information Authority of Japan. See Frontispiece 3 for the color version.

§ 4. 調査の手法および結果

4.1 本調査の手法

歴史時代における臨海低地の古地理や地殻変動の復元にあたっては、ボーリング試料の解析などの地質学的調査とともに、歴史記録や史跡および遺跡発掘調査に関連して得られた資料が、高精度かつ多地点の情報をもたらすことが少なくない。特に濃尾平野周辺では室町時代以降の人工物が少なからず現存することから、これらを古地理・地殻変動復元に活用することが可能である。

本研究では、養老断層系の沈降側に位置し、第四紀後期における沈降量の大きな、濃尾平野西部と北勢平野（岐阜県海津市・愛知県愛西市・津島市・弥富市・蟹江町および名古屋市南部と三重県桑名市・朝日町および四日市市）を対象として、天正地震以前に築かれた現存建物、樹木、史跡、および遺跡発掘調査成果について調査した(図 2)。

天正地震以前から存在する現存建物、樹木、史跡の多くは、文化財に指定され、調査報告書が出版されている。これらの報告書を参考として、現地踏査、旧版地図・空中写真判読、現地確認を加え、その来歴、史料としての信ぴょう性、現標高および微地形等について調査した。調査に当たっては、特に天正地震当時の古地理を復元したうえで、仮に地震に伴って広域的な沈降運動や津波が生じた場合に、そこで何が生じるか、に留意した。

遺跡発掘調査成果を調べるにあたっては、天正地震以前の埋没遺構から、遺構形成時の地表面（生活面）の年代と標高（深度）を求めることに重点を置いた。このため、必要に応じ調査機関が保有する遺構断面図等を原図に遡って参照し、近現代の盛土を除いた埋没深度を求めた。



図 3 弥富市荷之上の服部家住宅

Fig. 3 House of the Hattori family, Ninoue, Yatomi City

4.2 現存建物・樹木および史跡とその立地

4.2.1 愛知県弥富市 荷之上の服部家住宅の築年代とその立地

弥富市は、地下地質構造 [桑原 (1968) など] からみて濃尾傾動地塊運動に伴って構造的に最も大きく沈降している木曾三川河口に隣接し、最終間氷期の海成層上面は T.P. - 60 ~ - 70 m に位置し、地質学的時間では濃尾平野でも特に大きく沈降してきた地域に属する。

重要文化財服部家住宅がある弥富市荷之上は、近世以降の干拓地を除いた旧海岸から約 1.5 km 内陸の、自然堤防ないし浜堤 [国土地理院 (1975a)] と考えられる微高地上に立地する。服部家住宅は、この自然微高地に盛土した上に建てられており、住宅と周囲の低地の間には 1 ~ 1.5 m 程度の比高がある。

標高 T.P. - 1.9 m にある服部家住宅母屋 (図 3) は、かつて天正四年 (1576 年) に築造された建物とされてきた [『尾張名所図会』: 宮戸 (1890)]. しかし、服部家に伝えられる『服部家年表記録集覧 (安政年間)』には、承応二年 (1653 年) に建て替えられた記録があり、そこには「本家立替 凱按 在来の家大修復口 去天正四年七十八年のため建替なるべし新らしく建替たるにはあらず」と朱書きされている [文化財建造物保存技術協会 (1979)]. また、昭和の修復記録 [文化財建造物保存技術協会 (1979)] によると、当時使われていた礎石の下に旧礎石があるが、これは径 70 cm 前後と大きな水成岩自然石を用いており、地盤沈下を除いて移動した跡は見られない。したがって、天正四年の初築以降に基礎を作り直したとは考えられない [文化財建造物保存技術協会 (1979)]. さらに、昭和の修復時に「初期の工事の際に付けられた回り番付が上屋柱のほぞにいくつか発見された」ことから、主体構造は初期以来ほとんど変わっていないと判断されている [弥富町誌編集委員会 (1991)]. 以上から、服部家住宅は、大きな建て替えがなされないうまま現存していると考えられる [文化財建造物保存技術協会 (1979)].

服部家住宅は、1891 年濃尾地震 (弥富市における震度は 6 程度: 村松・他, 2002) でも目立った損傷を受けておらず、柱が太いことと併せて、耐震性に優れた建物であることは確かであろう。しかし、仮に地殻変動によって地盤が広域かつ顕著に (約 1 m 以上) 沈降したならば、荷之上地区周辺は海面下に没してしまうか、水没しなくても排水条件が悪くなって営農に支障をきたした可能性が高いと考えられる。さらに、当時の海岸線から 1.5 km の低地という位置を考えると、伊勢湾で大きな津波が生じたならば、被害を受けた可能性が高いと考えられる。

服部家の文書は愛知県下有数の史料群とされ [新修一宮市史編さん委員会 (1967), 愛知県史編さん委員会 (2006a)], 先述の服部家年表記録集覧のみな

らず、『万覚書帳（正徳二年）』にも承応二年の補修以外や地震・水害など多くの事象が記録されている[愛知県史編さん委員会（2006a）]。しかし、今までに刊行されている服部家文書の中には、天正地震による沈下や水没・補修等に関する記録はみられない。さらに、石田（2019 私信）によると、服部家文書中には天正地震と津波に関する記載は存在しないとのことである。

むしろ、前述の史料や修復時の調査結果は、天正地震後に移転・かさ上げ等の改修がなされたことに対し否定的である。

4.2.2 弥富市 鯛浦^{ういづら}の鯛浦城跡・薬師寺大楠とその立地

弥富市鯛浦には、元亀元年～天正二年（1570 年～1574 年）に織田信長が長島とその周辺の一向宗を攻める際に山城・鯛浦城が築かれたとされている。鯛浦城跡には城郭の遺構は残されておらず、明治時代に建立された薬師寺の敷地となっている[弥富町誌編集委員会（1991，1994）]が、薬師寺境内には、一向宗攻撃の際に木下藤吉郎が舟をつないだと伝えられる[弥富町誌編集委員会（1991）]楠（図 4：薬師寺の大楠）が原生する。



図 4 弥富市鯛浦薬師寺の大楠
Fig. 4 Big Camellia tree in the Yakushi temple, Uguiura, Yatomi City

鯛浦は、①江戸時代の干拓地を除くと最も海岸よりの浜堤上に立地し[国土地理院（1975a）]、②船つき場があったという伝承があること、③近世初頭の成立ではあるが、史料として信ぴょう性が高いと評価されている『信長公記』には、当時の濃尾平野周辺の地名が多数記載されており、その中で鯛浦は最も海岸

に近い場所の地名であること[佐織町史編さん委員会・佐織町史調査編集委員会（1988）]から、天正地震時には海岸に面していたと考えられる。このため、当地は地盤が沈降すれば水没する危険が高く、かつ津波被害を受けやすい土地であったと考えられる。

薬師寺の大楠が、伝承通り長島攻めに先立つ時代から生育していたなら、この木は天正地震以前から生えていたことになる。伝承の信ぴょう性の吟味と、楠が海水にどの程度耐えられるかについての検討は、今後の課題であるが、この木が現在も生長していることは、天正地震に伴って濃尾平野西部の沈降や伊勢湾奥に大津波が発生したことに否定的な証拠となる可能性が高いと考えられる。

4.2.3 蟹江町須成の富吉建速神社本殿・八剣社本殿

蟹江町は濃尾平野中部に位置し、最終間氷期海成層の上限は T.P. -50 m 付近に伏在する。蟹江町須成の現標高 T.P. -0.9 m の地点には、共に重要文化財に指定されている富吉建速神社本殿と八剣社本殿が並んで建てられている。この 2 つの神社本殿は、日光川支流・蟹江川畔の自然堤防上[国土地理院（1975b）]に立地し、津波や高潮が破堤した場合には氾濫の影響を強くつける危険性がある場所に立地する。また、両社殿は、共に高さ約 1m の石積基壇の上に建てられている。

富吉建速神社本殿は、天文十七（1542）年に織田信長によって修理されたと伝えられているが、築年代は確かではない[文化財建造物保存技術協会（1977）]。しかし、慶長十九（1614）年に修理されたことを示す棟札が残されていること[文化財建造物保存技術協会（1977）]から、江戸時代初期以前に建てられたことは確かである。また建築様式からみて、室町時代後期のもものと推定されている[文化財建造物保存技術協会（1977）]。

八剣社本殿は、富吉建速神社本殿よりも古い様式の建築物で、室町時代前期頃の建築と考えられるが、築年代はわかっていない[文化財建造物保存技術協会（1977）]。しかし、関連する棟札として、天正七年の「奉造五社」棟札が現存する[文化財建造物保存技術協会（1977）]。「五社」とは、草薙の神劍・天照大神・宮酢媛命・日本武尊・建稲種命の 5 神を祀っている八剣社のことを示す可能性があり、天正七年という年は八剣社造宮と伝えられる年と一致する[蟹江町史編さん委員会（1973）]。これらは、八剣社本殿が天正地震以前に建てられたことを強く支持する。

これらの 2 つの社殿は、江戸時代の干拓地の北限から約 2.5 km 内陸の低地に位置しており、仮に顕著な沈降や津波が生じていたならば、被害を受けてい

た可能性が高いと考えられる。しかし、そのような証拠は得られておらず、天正地震に伴う沈降運動や、顕著な津波が発生したことに対して、否定的な証拠となっている。

4.2.4 名古屋市中川区荒子町の観音寺多宝塔

名古屋市中川区荒子町周辺では、T.P. -40m 付近に最終間氷期海成層上面が推定されている [土質工学会中部支部名古屋地盤図委員会資料部会地質グループ (1988)]. 荒子町の T.P +0.3 m の地点に観音寺多宝塔が建てられている。



図 5 名古屋市中川区荒子町の観音寺多宝塔
Fig. 5 Tahoutou (Wooden tower) in Kannonji temple, Arako, Nkagawa-ku, Nagoya City

現存する多宝塔 (図 5) は、嘉永三 (1850) 年の修理で取り換えられた心柱墨書や寺蔵の『浄海雜記一』の記載より、天文五 (1536) 年の再建と考えられている [文化財建造物保存技術協会 (2001)]. また、藁股・組物・拳鼻の絵様の様式からみても室町時代後期に築かれたものと判断されている [文化財建造物保存技術協会 (2001)].

観音寺は江戸時代の干拓地の北限から約 1.5 km 内陸の旧庄内川自然堤防上の微高地に立地している [国土地理院 (1975b)]. このような場所柄、伊勢湾奥で大きな津波が発生した場合には、被害が生じる恐れが高い。

観音寺は、加賀藩祖となった前田利家が天正四 (1576) 年に再建し、江戸時代には尾張四観音の 1 つとして栄え、荒子観音として親しまれてきた歴史をもつ [中川区政施行 50 周年記念誌編集委員会 (1987)] が、文化財建造物保存技術協会 (2001) な

どの史料からは天正地震による被害・再建や津波に関する記録は見いだされていない。

4.3 濃尾平野西部～北勢平野の史跡

濃尾平野西部～北勢平野には、鎌倉時代～戦国時代の史跡が数多く現存する [たとえば愛知県教育委員会 (1991), 愛知県史編さん委員会 (2006b)]. このうち江戸時代に描かれた村絵図に記載されたものや、発掘調査によって比定されたものを図 2, 表 1 に記載する。なお、成立年代や性格が確実にされていないものについては、表 1 に未確定と付記する。

図表に示されるように、濃尾平野西部～北勢平野の低地部には、鎌倉時代以降の構造物が地表に露出している例が多いが、平安時代以前の史跡のうち、地表で確認されるものは、姥が森古墳を除いて知られていない^{注 3)}。また、姥が森古墳には墳丘が現存しない (図 6)。



図 6 愛西市町方の姥が森古墳
Fig. 6 Ubagamori Kofun, Machikata, Aisai City

4.4 濃尾平野西部～北勢平野の埋没遺構

濃尾平野西部～北勢平野では、遺跡発掘調査によって古墳時代～鎌倉時代の埋没遺構が、数多く確認されている (図 2, 表 2)。

表 2 に示したように、歴史時代の生活面は、桑名市寺跡遺跡の 1 例を除き、深度 1 m 以浅の浅層に埋没している。この地域は、歴史時代を通じて水害常襲地であったことから明らかなように、堆積作用を受けやすい場所に位置している。このことを考え併せると、生活面の埋没深度は沈降量を大きく下回るとは考えにくい。以上から、濃尾平野西部～北勢平野では、昭和期の地盤沈下を除くと、歴史時代 (特に鎌倉時代以降) に顕著な (約 1 m 以上の) 沈降は生じなかったと考えられる。

§ 5. 養老断層系周辺の地殻変動に関する考察

以上のように、養老断層系沈降側の濃尾平野西部～北勢平野には、天正地震以前の建物・樹木および

鎌倉時代以降の史跡が現存し、かつほとんどの遺跡において歴史時代の生活面の埋没深度は、地表下 1 m 以浅である。

このことから、当地では天正地震による顕著な (1 m を越える) 沈降は生じなかったと考えられる。また天正地震以前に建てられた建物が現存することから、海岸から約 1.5~2.5 km 以上内陸まで遡上するような津波は生じなかったと考えられる。

この調査結果から示される地殻変動について考察する。

5.1 圧密による沈下量の推定

まず予備作業として、圧密に伴う沈下量の補正に関して、須貝・杉山 (1999) の研究を紹介する。

須貝・杉山 (1999) は、海津市海津町大和田地区において掘削したボーリングコア (GS-NB-1) で、粘性土 (シルトおよび粘土) の湿潤密度 ρ_x (g/cm^3) と深度 x (m) の間には、次の単純な関係が成り立っていることを見出している。

$$\rho_x = 1.2225 x^{0.0702} \quad \dots 1)$$

ここで、初期体積 V_i (cm^3)、湿潤密度 ρ_i の粘性土が土粒子間の間隙水の排水のみによって圧密収縮した (土粒子密度の変化を伴う収縮は生じない) 場合には、深度 x における圧密後の体積 V_x と密度 ρ_x について

$$\rho_i \times V_i = \rho_x \times V_x + \rho_w \times (V_i - V_x) \quad \dots 2)$$

ここで ρ_w は水の密度 ($=1\text{g}/\text{cm}^3$)

が常に成り立つ。

この場合、圧密による収縮率 $1 - k_x$

ただし $k_x = V_x / V_i$ について、

$$k_x = (\rho_i - 1) / (\rho_x - 1) \quad \dots 3)$$

である。

さらに、1) 式より

$$k_x = (\rho_i - 1) / (1.2225 x^{0.0702} - 1) \quad \dots 4)$$

が得られ、初期密度 ρ_i を仮定することにより、任意の深度の粘性土レイヤーの圧縮率を求めることができる。

須貝・杉山 (1999) は、この式を用いて収縮量を求め、深度 500 m 以浅においては無視できない (約 15%) の圧密沈下が生じていると推論した。

なお、砂質土や礫質土などの粗粒堆積物の圧密収縮量はわずかであり、圧密沈下量に大きな影響を与えることはない [Einsele (1992)]。

ここで、後述のように最終間氷期極相期の海成粘土層上面深度が明らかにされている、桑名市長島地区について、深度約 100 m 以浅 (上部更新統~完新統) については 100 m 級土質調査ボーリングの柱状図より、深度約 100 m から約 1500 m の鮮新更新統 (東海層群) 基底までは吉田ほか (1991) に示された長島地区松蔭の 1500 m 級のボーリングの柱状図より、全粘性土レイヤーについて上下端深度を讀

み取り、レイヤーごとに 4) 式より収縮率を求め、さらにレイヤーの層厚を乗じることにより、圧密沈下量を求めた。

最終的には、最終間氷期極相期層準堆積以降における圧密沈下量を求めるため、鮮新更新統堆積以降現在に至る総圧密沈下量と、最終間氷期極相期堆積物の堆積完了段階までの圧密沈下量を求めた。

計算に当たっては、初期密度 ρ_i として $1.5086 \text{ g}/\text{cm}^3$ (GN-NS-1 における深度 20m の粘性土の密度) を用いた。また、最終間氷期極相期以前の圧密沈下量は、同層準堆積時 (現在の T.P. -80 m) には現在と同様の圧縮率-深度関数 (前述の 1) 式) が成り立っていたと仮定して計算した。

その結果、鮮新統堆積以降の総圧密沈下量は約 320 m、最終間氷期極相期相当層堆積までの圧密沈下量は 310 m と求められた。

以上より、長島地区における最終間氷期極相期層準堆積以降の圧密沈下量は、両者の差から約 10 m と算定された。

5.2 地震時の地殻変動と地質学的時間の累積変位の比較

須貝・他 (1998) は、桑名市汰上地区における群列ボーリング調査から、シジミ貝や汽水性珪藻を産する沖積最上部泥層 (TM 層: 約 1000~700 年前) が約 3.5 m 上下変動していることを示し、これを天正地震による可能性が高いと判断した。TM 層上面は、撓曲崖上の No. 350 コアでは T.P. +2.50 m、撓曲崖下の No. 200 コアでは T.P. -1.81 m に位置する [鳴橋・他 (2004), Naruhashi et al. (2008)]。このうち、撓曲崖下の TM 層上面は盛土に覆われ、人為によって削剥されている可能性があり [鳴橋・他 (2004) および Naruhashi et al. (2008) の断面図読図により筆者判断]、須貝・他 (1998) に示された断面図 (TM 層上面の標高は T.P. -1 m 付近) は、より自然の状態を示したものと考えると、遺構の埋没深度分布と矛盾しない。TM 層堆積当時は「中世の温暖期」に相当すると考えられ、当時の海水準はほぼ現海水準と同じであると考えられること [たとえば中村 (2006)] から、TM 層上面の標高は、ほぼ天正地震時の隆起・沈降を示す可能性が高い。

したがって、TM 層上面から求められる隆起量、沈降量は、それぞれ約 2.5 m、約 1 m であり、隆起が沈降を約 2 倍以上、上回っていると考えられる。

次に、最終間氷期極相期以降の累積隆起量・沈降量を検討する。

筆者らの調査によると、汰上地区東方・桑名市長島地区における最終間氷期極相期の海成粘土層上

面の標高は、T.P. -80 m 前後、西方の桑名市西方地区における同時期の旧汀線高度は、T.P. +55 ~ +62 m である。この海成粘土層上面の標高には、先述した約 10 m の圧密沈下が含まれていると考えられる。それを差し引いた最終間氷期海成層上面標高は T. P. -70 m と算定される。最間氷期極相期の海面高度は、現海面より 5~9 m 高かったと推定されている [町田・他 (2013), Dutton et al. (2015)] こと、および当時の海成粘土層上面の堆積深度は現在の木曾三川河口沖における内湾性泥層と三角州前置層砂層の分布域の境界水深 [10~20 m: 国土地理院 (1973)] と同じく海面下 10~20 m と仮定できること、から最終間氷期極相期の海面高度を基準とみなした場合の累積変動は、桑名断層東側で 55~69 m の沈降、西側で 46~57 m の隆起と算定される。このことから、桑名断層では最終間氷期極相期以降の累積変動は、隆起と沈降がほぼ等量、ないし沈降が隆起を若干上回っていると考えられる。

養老断層については、最終間氷期極相期海水準のように、断層の両側で同時代に形成された、一連で水平な基準面が認められていないため、同様の検討はできない。しかし、以下の理由から、桑名断層以上に地震時変動パターンと地質学的時間の累積変動パターンに違いがある可能性が高い。

須貝・他 (1999) は、海津市羽沢地区における群列ボーリング調査より、沖積中部泥層上面 (MM) の変形より過去 4000 年間における上下変動量は約 15 m で、この間に 2~3 回の断層活動が、沖積上部砂層上面 (US) の変形より過去 1700 年間における上下変動量は約 10 m で、この間に 1~2 回の断層運動が生じたとしている。したがって、養老断層の単位変動量は 5~7 m と推算され [地震調査研究推進本部 (2001)], これは沈下側の遺構の埋没深度から求められる天正地震時の沈降量 (1 m 未満) を数倍上回る。したがって、天正地震時の地殻変動は隆起が沈降を上回っていたと考えられる。

一方、最終間氷期極相期の海成層上面は、沈降側では海津市南濃町駒野の GS-NB-2 において T. P. -172 m に認められている。養老断層の隆起側における河成中位段丘面の高度は、最も高い所でも 150 m 程度と考えられ [岡田・東郷 (2000) より読図], 後期更新世以降に沈降を上回る隆起が累積しているとは考えにくい。

さらに、東海層群基底と考えられる層準は、沈降側で T. P. -1400~-1500 m, 隆起側で T. P. +780 m に出現することから、第四紀における総隆起量は、総沈降量を下回っていると考えられる。

以上のように、地質学的時間における累積変動

は、沈降が隆起と等量、ないしそれを上回っていると考えられる。

5.3 くいちがいの弾性論から示される弾性変形

ところで、地震性地殻変動に伴う地表の変動場は、「くいちがいの弾性論」と呼ばれる弾性体の変形に関する理論を用いて導き出すことができる。

逆断層運動は短縮変形によって生じることから、断層運動に伴って、自由面である地表に向かって地質体がせり出す隆起運動が生じることは自然であるが、隆起以上の沈降が生じること (地質体が他の地質体中に突き沈むこと) は考えにくい。

くいちがいの弾性論に基づく、半無限弾性体中のすべりが均一で、単純な長方形の断層面に沿った、逆断層運動による上下変動場の計算 [Mansinha and Smylie (1971)] では、断層面が低角になるほど、沈降量の隆起量に対する比は小さくなる (図 7)。たとえば長さ 40 km, 下端深度 15 km, 上端深度 0 km, 傾斜 45° の長方形で変位一様の逆断層が活動した場合の沈降量は、隆起量の約 20 % に過ぎない。

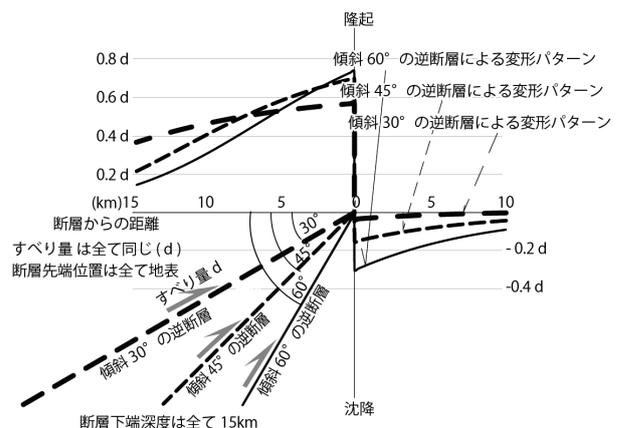


図 7 くいちがいの弾性論より求められる、傾斜の異なる逆断層運動に伴う上下変位パターン計算は Mansinha and Smylie (1971) の式による Fig. 7 Vertical deformation patterns induced by different angle reverse faultings calculated by dislocation theory Calculated by using the formula in Mansinha and Smylie (1971).

養老断層系は、反射法地震探査から低角ないし中程度の傾斜の逆断層と考えられている [京都大学理学部・他 (1996), 須貝・杉山 (1999), Ishiyama et al. (2004, 2007)]. したがって、地質学的時間で累積的に生じてきている隆起と同程度ないしそれを上回る沈降は、養老断層系の活動に伴う弾

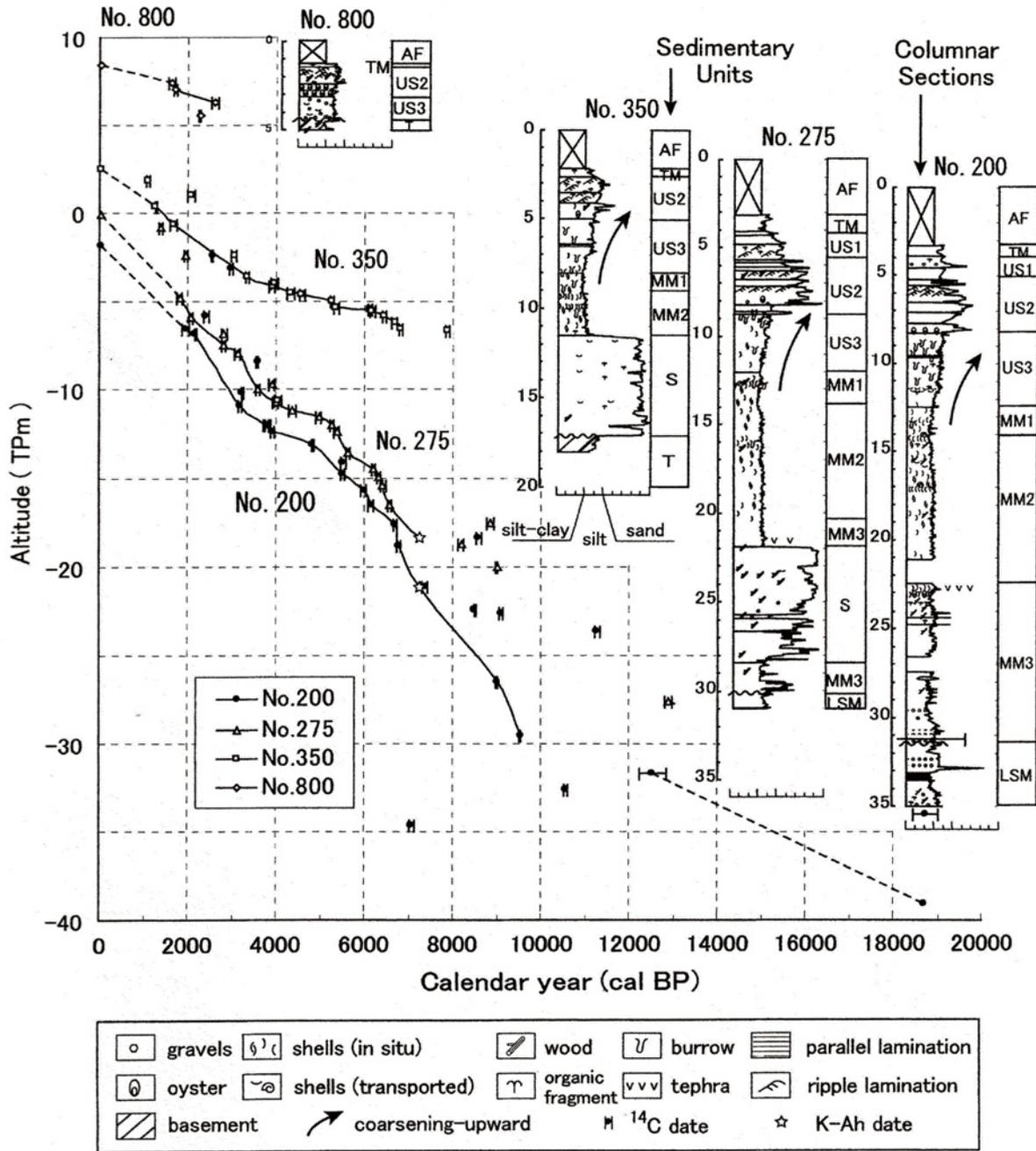


図8 桑名市汰上地区の調査で得られた桑名断層周辺の堆積曲線
 鳴橋・他 (2004) より引用(©日本第四紀学会). No.800 は桑名断層西側の背斜軸上, No.350 は撓曲崖直上, No.275 および No.200 は桑名断層東側の沖積低地のボーリング
 Fig. 8 Sedimentary curves in Yuriage district on the Kuwana Fault
 after Naruhashi et al. (2004). Drilling No. 800 is on the anticlinal axis in the hanging-wall side, No. 350 is just on the flexural scarp, No. 275 and 200 are in the foot-wall side of the Kuwana Fault.

性的な地殻変動として説明できない. 一方, 先に述べた天正地震時の地殻変動は, 弾性変形とみて矛盾しない.

したがって, これまでの議論を基に地質学的時

間における累積変動形態を説明するには, 養老断層系の周辺では, 地震時の地殻変動とはパターンを異にする, 断層系周辺を沈降させるような変動が, 非地震的に生じ, その結果, 断層沈下側で断

層隆起側の隆起と同程度、ないしそれを上回る沈降が生じていると考えなければならない。

5.4 地震間における沈降を考慮した完新世地殻変動の解釈

以上に述べたような、非地震的な沈降運動を支持すデータとして、次の事実をあげることができる。

鳴橋・他 (2004)、中西・他 (2006)、Naruhashi et al. (2008)、丹羽・他 (2010b)、Naruhashi and Sugai (2011) は、桑名断層の撓曲帯隆起側でも縄文海進期以降の地層が累積的に沈降していることを示している。

とりわけ桑名市汰上地区で調査を行った、鳴橋・他 (2004)、Naruhashi et al. (2008)、丹羽・他 (2010b) および Naruhashi and Sugai (2011) は、完新世後期に撓曲崖が海水準に対して沈降していること、撓曲崖直上（上盤側）において、地震時のみならず地震間においても累積的に堆積作用が進行してきたことを示している（図 8）。この点について検討する。

汰上地区では、約 4000 年前の年代値が得られている中部泥層上半部 [須貝・他 (1998) の MM2 および MM3] から、約 2000 年前の年代が得られている上部砂層下部 [須貝・他 (1998) の US1] に至る地層は、いずれもマガキを産する。このことから、上記の地層は、ほぼ海面付近で堆積したものと考えられる。

過去 4000 年間の海面高度の変化について、日本列島の中では地殻変動が比較的静穏な地域を対象として海水準変動過程を調べた最近の研究 [たとえば中村 (2006)、田辺ほか (2016)] によると、海面高度は、最も高い時代（縄文海進期後期）で T.P. + 1 ~ + 3 m、最も低い時代（約 2000 ~ 3000 年前頃の弥生海退期）で T.P. - 2 m 程度と推定されている。

したがって、海面付近で堆積した MM2 ~ US1 の標高は、最大 -2 ~ +3m の誤差範囲でそのまま地殻変動量を示すと考えられる。

一方、鳴橋・他 (2004)、Naruhashi et al. (2008) および Naruhashi and Sugai (2011) が示す堆積曲線は、撓曲崖直上（上盤側）において、MM2 ~ US1 が現海水準以下に位置し、かつ地震間においても累積的に沈降が進行したことを示している。

このような、逆断層先端（撓曲崖直上）が基準面に対して沈降する現象は、くいちがいの弾性論に基づく計算結果と矛盾する。しかし、濃尾平野西部 ~ 北勢平野から断層周辺に至る範囲が、地震間に沈降していると考えれば、このような弾性体

の変形としては不自然な現象も、地震間における海面高度付近における累積的な堆積作用も、ともに説明することができる。言い換えれば、鳴橋・他 (2004) などの研究が示す汰上地区の撓曲崖直上における堆積曲線は、当地で非地震性沈降運動が累積的に進行してきたことを物語る証拠とみなすことができる。

§ 6. まとめ

養老断層系東側の現存建物・樹木・史跡および歴史時代の生活面の埋没深度から、天正地震時に断層沈下側で顕著な (1 m を越える) 沈降は生じなかったと考えられる。また、天正地震時には、少なくとも海岸から低地を 1.5 ~ 2.5 km 以上遡上するような津波は生じていないことが明らかになった。

また、養老断層系では、第四紀ないし最終間氷期極相期以降の累積変動量に関してみると、沈降が隆起と同程度ないしそれを上回っている。このことから、養老断層系周辺の地質構造は、単純に地震性地殻変動が累積することによって形成されたものではないと考えられる。

同様の現象は、元禄能代地震時に活動した能代断層についても認められている [小松原 (2020)]。

これらは、地震時とは異なって非地震時に断層周辺で沈降運動が生じていることを強く示唆する。さらに、第四紀後期に地質学的時間尺度で見て沈降が隆起を上回っている構造盆地縁辺の逆断層 [小松原 (2015)] の周辺では、このような非地震性地殻変動が一般に生じている可能性も指摘できる。

そのような現象が起きているならば、地震時の地殻変動を予測する上で、地質構造と相似の変動が生じるという仮定は成り立たないことになる。また、沈降側のボーリングデータから求められた古地震履歴や変動速度の中には、非地震性の変動によるものが含まれている可能性もあると考えられる。今後は、地下水くみ上げによる地盤沈下の影響を再検討した上で測地学的なデータを再検討すること、山地の荷重や山地の削剥作用と平野の堆積作用による荷重の再配分に伴う変動等について検討すること、などを通じて、堆積盆地縁辺部における非地震性地殻変動の有無・実態と、その機構について調べていきたい。

謝辞

本研究は産業技術総合研究所「沿岸域の地質・活断層調査」の一環として行われた歴史地震に関する研究成果を取りまとめたものです。

本研究にあたり、服部家第 14 代当主の服部初弥様にはご自宅を案内していただくとともに服部家住宅

の歴史や構造についてご教示いただきました。愛西市佐織公民館の石田泰弘館長には服部家に伝えられてきた文書史料についてご教示いただきました。

また、本研究においては調査地域の埋蔵文化財発掘調査担当の多くの機関から未公表資料の閲覧・写真撮影許可を賜りました。ご協力いただいた機関は、岐阜県文化財保護センター、海津市社会教育課、愛知県埋蔵文化財センター、愛西市生涯学習課、弥富市歴史民俗資料館、三重県埋蔵文化財センター、桑名市観光文化・MICE 係、四日市市社会教育・文化財課をはじめとする機関です。とりわけ、海津市社会教育課の服部典晃様、愛知県埋蔵文化財センターの蔭山誠一様、愛西市生涯学習課の高橋秀光様、弥富市歴史民俗資料館の嶋野恵里佳様、三重県埋蔵文化財センターの三宅知世様、桑名市観光文化・MICE 係の須藤梢様と桑名市輪中の郷郷土資料館の斉藤理様、四日市市社会教育・文化課の川崎志乃様には、多くのご教示をいただきました。

東京大学地震研究所の西山昭仁博士には史料解説をご教示いただきました。また、産業技術総合研究所の行谷佑一様と千葉大学の宮内崇裕様および 1 名の匿名査読者から頂いた多くの意見は、本稿を建設的に改良する上で大きく役立ちました。

以上の皆様に、厚く御礼申し上げます。

対象地震：1586 年天正地震

注 1) 地震調査研究推進本部 (2001) や須貝 (2011) など、多くの研究で四日市断層を含めて、養老-桑名-四日市断層帯を一括して扱っている。しかし、桑名断層と四日市断層は雁行すること、両者間では第四紀堆積盆地の深さや後期更新世以降における堆積盆地の沈降速度に違いがあること、四日市断層が天正地震時に活動したことを明確に示すデータが不足していること、から本稿では活断層研究会 (1991) にしたがって養老断層と桑名断層の 2 つの断層をまとめて養老断層系として検討対象とした。

注 2) 愛知県史編さん委員会 (2007) は『当代記』を編纂史料として扱っている。

注 3) 愛知県内の「塚」と呼ばれる地目について、それが古墳であるか否かについて地籍図等を基

に再検討した伊藤 (2010) は、従来古墳とみなされてきたものの中には、実際には古墳ではないものや、疑わしいものが多数含まれていると結論付けた。本論でもこの見解にしたがって、伊藤 (2010) が古墳と認定し、かつ地表に何らかの痕跡が現存するもの (姥が森古墳) のみを古墳として記載する。

文献

- 愛知県教育サービスセンター・愛知県埋蔵文化財センター, 2002, 愛知県埋蔵文化財センター調査報告書第 103 集 川田遺跡, 愛知県, 91pp.
- 愛知県教育委員会, 1991, 愛知県 中世城館跡調査報告 I (尾張地区), 愛知県, 293pp.
- 愛知県教育・スポーツ振興財団・愛知県埋蔵文化財センター, 2012, 愛知県埋蔵文化財センター調査報告集第 177 集 日置本郷 B 遺跡, 愛知県, 82pp.
- 愛知県史編さん委員会, 2005, 愛知県史 資料編 3 考古 古墳, 愛知県, 844pp.
- 愛知県史編さん委員会, 2006a, 愛知県史 資料編 16 近世 2 尾西・尾北, 愛知県, 1018pp.
- 愛知県史編さん委員会, 2006b, 愛知県史 別編文化財 1 建造物・史跡, 愛知県, 852pp.
- 愛知県史編さん委員会, 2007, 愛知県史資料編 12 織豊 2, 愛知県, 908pp.
- 愛西市教育委員会, 2016a, 愛西市文化財報告書 第 1 集 日置八幡宮遺跡, 愛西市, 14pp.
- 愛西市教育委員会, 2016b, 愛西市文化財調査報告書第 2 集 八竜遺跡, 愛西市, 143pp.
- 文化財建造物保存技術協会, 1977, 重要文化財富吉建速神社本殿・八剣社本殿修理工事報告書, 重要文化財富吉建速神社本殿八剣社本殿修理委員会, 14pp.
- 文化財建造物保存技術協会, 1979, 重要文化財服部家住宅 (母屋・離座敷) 修理工事報告書, 服部家住宅修理委員会, 101pp.
- 文化財建造物保存技術協会, 2001, 重要文化財観音寺多宝塔保存修理工事報告書, 観音寺, 90pp.
- 土質工学会中部支部名古屋地盤図委員会資料部会地質グループ, 1988, 名古屋地域地質断面図集, 名古屋地盤図出版会, 77pp+40 図葉.

- Dutton, A., Webster, J. M., Zwart, D., Lambeck, K. and Wohlfarth, B., 2015, Tropical tales of polar ice : Evidence of last interglacial polar ice sheet retreat recorded by fossil reefs of the granitic Seychelles Islands, *Quaternary Science Reviews*, **107**, 182-196. doi: 10.1016/j.quascirev.2014.10.025.
- Einsele, G., 1992, *Sedimentary basins, evolution, facies and sediment budget*, Springer-Verlag, 628pp.
- 江間政発, 1980, 桑名群誌 (下巻), 歴史図書社 (復刻), 394pp.
- 深沢晋治, 2019, 1586 年天正地震における養老・宮代断層に沿った地殻変動を示唆する史料, 歴史地震, **34**, 21-30.
- 岐阜県海津町教育委員会・関西大学文学部考古学研究室, 2012, 海津市内遺跡詳細分布調査報告書 平成 20~23 年度国庫補助事業 岐阜県海津市文化財調査報告書 第 1 冊, 海津市, 64pp.
- 八開村史編さん委員会・八開村史調査編集委員会, 1990, 八開村史 資料編一 村絵図集, 八開村, 109pp.
- 平田町, 1964, 平田町史上巻, 平田町, 654pp.
- 飯田汲事, 1978, 歴史地震の研究(一)天正十三年一月二九日(一五八六年一月十八日)の地震の震害, 深度分布および津波について, 愛知工業大学研究報告, **13**, 161-167.
- 飯田汲事, 1980, 天正地震(1586)・明応地震(1498)の地震と津波災害について. 自然災害資料解析, **7**, 170-182.
- 飯田汲事, 1987, 天正大地震誌. 名古屋大学出版会, 552pp.
- Ishiyama, T., Mueller, K., Togo, M., Okada, A. and Takemura, K., 2004, Geomorphology, kinematic history, and earthquake behavior of the active Kuwana wedge thrust anticline, central Japan, *Journal of Geophysical Research*, **109**, B12048, doi:10.1029/2003JB002547.
- Ishiyama, T., Mueller, K., Hiroshi, S. and Togo, M., 2007, Coseismic fault-related fold model, growth structure, and the historic multisegment blind thrust earthquake on the basement-involved Yoro thrust, central Japan. *Journal of Geophysical Research*, **112**, B030S07, doi:10.1029/2006JB004377.
- 伊藤秋男, 2010, 地籍図で探る古墳の姿(尾張編)-塚・古墳データ一覧-, 南山大学学術叢書, 233pp.
- 地震調査研究推進本部, 2001, 養老-桑名-四日市断層帯の評価, 地震調査研究推進本部ホームページ (https://www.jishin.go.jp/regional_seismicity/rs_katsudanso/f067_yoro_kuwana_yokkaic)2020年3月6日参照.
- 海津町, 1983, 海津町史 通史編上, 海津町, 948pp.
- 蟹江町史編さん委員会, 1973, 蟹江町史, 蟹江町, 1022p.
- 活断層研究会, 1991, 新編 日本の活断層 - 分布図と資料, 東京大学出版会, 437pp.
- 建設省地理調査所, 1960, 伊勢湾台風による高潮・洪水状況調査報告, 建設省地理調査所, 25pp.
- 北原糸子・松浦律子・木村玲欧, 2012, 日本歴史災害事典, 吉川弘文館, 838pp.
- 国土地理院, 1973, 1:25,000 沿岸海域土地条件図 四日市, 国土地理院.
- 国土地理院, 1975a, 1:25,000 土地条件図 桑名, 国土地理院.
- 国土地理院, 1975b, 1:25,000 土地条件図 名古屋南部, 国土地理院.
- 小松原琢, 2015, 活断層の変位速度からみた日本弧のプレート配置-特にアムールプレート南東端に関して-, 活断層研究, **43**, 17-34.
- 小松原琢, 2020, 元禄能代地震の地殻変動の再検討, 歴史地震, **35**, 5-14.
- 桑原徹, 1968, 濃尾盆地と傾動地塊運動. 第四紀研究, **7**, 235-247.
- 桑原徹, 1980, 伊勢湾周辺の中中部更新統, 第四紀研究, **19**, 149-162.
- 桑名市教育委員会, 2002, 三重県桑名市勢以口遺跡発掘調査報告書 桑名市公共下水道敷設事業寺前正金縄幹線江場末端污水管路敷設工事に伴う埋蔵文化財発掘調査, 桑名市, 17pp.

- 桑名市教育委員会, 2004, 三重県桑名市寺跡遺跡発掘調査報告書 桑名市公共下水道事業敷設事業大福寺幹線江場五丁目東端污水管路工事に伴う埋蔵文化財発掘調査, 桑名市, 53pp.
- 桑名市教育委員会, 2007, 三重県桑名市教育文化財調査報告書 平成 16 年度. 桑名市, 61pp.
- 京都大学理学部・(財)大阪土質試験所・阪神コンサルタンツ(株)・(株)地球科学総合研究所・水資源開発公団中部支社・建設省中部地方建設局, 1996, 反射法地震探査による桑名断層および伊勢湾断層の深部形態, 地震予知連絡会会報, **55**, 558-570.
- 町田洋・大場忠道・小野昭・山崎晴雄・河村善也・百原新, 2013, 第四紀学, 朝倉書店, 323pp.
- 松岡祐也・都司嘉宣・今村文彦, 2015, 1586 年天正地震における伊勢湾沿岸の津波の再検討, 津波工学研究報告, **32**, 251-257.
- Mansinha, L. and Smylie, D. E., 1971, The displacement field of inclined faults, Bulletin of the Seismological Society of America, **61**, 1433-1440.
- 松浦律子, 2011, 史料情報の詳細検討による最新成果. 活断層研究, **35**, 29-39.
- 三重県埋蔵文化財センター, 2004, 三重県埋蔵文化財調査報告 249 茂福城跡・里ノ内遺跡Ⅲ発掘調査報告, 三重県, 12pp.
- 三重県埋蔵文化財センター, 2009, 平成 19 年度三重県埋蔵文化財年報(江場貝戸遺跡), 三重県埋蔵文化財センター, 49pp.
- 三重県埋蔵文化財センター, 2011, 平成 21 年度三重県埋蔵文化財年報(江場貝戸遺跡), 24pp.
- 宮戸松斎, 1890, 尾張名所図絵, 金華堂, 107pp.
- 村松郁栄・松田時彦・岡田篤正, 2002, 濃尾地震と根尾谷断層帯 内陸最大地震と断層の諸性質, 古今書院, 340pp.
- 中川区政施行 50 周年記念誌編集委員会, 1987, 中川区史, 中川区, 508pp.
- 中村唯史, 2006, 山陰中部地域における完新世の海面変化と古地理変遷, 第四紀研究, **45**, 407-420.
- 中西利典・竹村恵二・須貝俊彦・中村正信・田澤雄二・松本博・広瀬昌憲・荻野晃也, 2006, 桑名断層を挟んだ沖積層に記録された古地震イベント, 月刊地球号外 **54** 活断層・古地震とアクティブテクトニクス, 194-204.
- 鳴橋龍太郎・須貝俊彦・藤原治・栗田泰夫, 2004, 完新世浅海堆積物の堆積速度の変化から見た桑名断層の活動間隔, 第四紀研究, **43**, 317-330.
- Naruhashi, R., Sugai, T., Fujiwara, and Awata, Y., 2008, Detecting vertical faulting event horizons from Holocene synfaulting in shallow marine sediments on the western margin of the Nobi Plain, central Japan, Bulletin of the Seismological Society of America, **98**, 1447-1457. doi:10.1785/0120070034.
- Naruhashi, R. and Sugai, T., 2011, Study of a burial model of a shallow submarine active fault scarp: An example from the Kuwana Fault, central Japan. Transactions, Japanese Geomorphological Union, **32**, 192-200.
- 丹羽雄一・須貝俊彦・大上隆史・安江健一・齋藤龍郎・藤原治, 2009, 濃尾平野西部の上部完新統に残された養老断層系の活動による沈降イベント, 第四紀研究, **48**, 339-349.
- 丹羽雄一・須貝俊彦・大上隆史・田力正好・安江健一・藤原治, 2010a, 相対的海水準の急激な上昇イベントが示唆する養老断層系の完新世活動, 地学雑誌, **119**, 668-682.
- 丹羽雄一・須貝俊彦・松崎浩之, 2010b, 桑名断層の完新世活動-群列ボーリングの解析と¹⁴C年代測定値から-, 日本活断層学会 2010 年度秋季学術大会及び 1586 年天正地震シンポジウム講演予稿集, 59-60.
- Niwa, Y., Sugai, T., Yasue, K. and Saito-Kokubu, Y., 2011, Tectonic tilting and coseismic subsidence along the Yoro Fault System revealed from Upper Holocene sequence in the Nobi Plain, central Japan, Transactions, Japanese Geomorphological Union, **32**, 201-206.
- 岡田篤正・東郷正美, 2000, 近畿の活断層, 東京大学出版会, 395pp.
- 寒川旭, 2010, 秀吉を襲った大地震 地震考古学で戦国史を読む, 平凡社新書 504, 277pp.
- 佐織町史編さん委員会・佐織町史調査編集委員会, 1987, 佐織町史 資料編二, 佐織町, 912pp.
- 佐織町史編さん委員会・佐織町史調査編集委員会, 1988, 佐織町史 通史編, 佐織町, 775pp.
- 新編一宮市史編さん委員会, 1967, 新編一宮市史 資料編七, 一宮市, 842pp.

- 須貝俊彦, 2001, 中期更新世テフラによる濃尾平野の地下層序編年と中部傾動地塊運動, 山崎晴雄編「山地形成史の研究-第四紀火山噴出物を手が掛かりにして-」平成10～12年度科学研究費補助金(基盤研究(B))(1)研究成果報告書, 58-64.
- 須貝俊彦, 2011, 1586年天正地震養老断層震源接を示唆する地形地質学的記録. 活断層研究, **35**, 15-28.
- 須貝俊彦・栗田泰夫・下川浩一, 1998, 桑名断層・四日市断層の活動性調査, 地質調査所速報 no.EQ/98/1, 75-90.
- 須貝俊彦・杉山雄一, 1999, 深層ボーリング(GS-NB-1)と大深度地震探査に基づく濃尾傾動盆地の沈降・傾動速度の総合評価, 平成10年度活断層・古地震研究調査概要報告書 地質調査所速報 no.EQ/99/3, 77-87.
- 須貝俊彦・伏島祐一郎・栗田泰夫・吾妻崇・苅谷愛彦・鈴木康弘, 1999, 養老断層の完新世後期の活動履歴-1586年天正地震・745年天平地震震源断層の可能性, 平成10年度活断層・古地震研究調査概要報告書 地質調査所速報 no.EQ/99/3, 89-102.
- 多度町教育委員会, 2002, 多度町史資料編 1 考古・古代・中世, 多度町, 519pp.
- 田辺晋・堀和明・百原新・中島礼, 2016, 利根川低地における「弥生の小海退」の検証, 地質学雑誌, **122**, 135-153.
- 立田村文化財専門委員会, 1991, 立田村 近世村絵図集 解説, 立田村, 138pp.
- 津島市史編纂委員会, 1968, 津島市埋田遺跡発掘調査報告, 津島市, 55pp.
- 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, 694pp.
- 八木伸二郎・伊藤英文・上田さち子, 1984, 天正地震-特に濃尾・近江・越中の被害について, 大阪府立大学歴史研究, **23**, 1-53.
- 弥富町誌編集委員会, 1991, 弥富町誌 資料編 1, 弥富町, 301pp.
- 弥富町誌編集委員会, 1994, 弥富町誌, 弥富町, 500pp.
- 四日市市教育委員会, 2012, 四日市市埋蔵文化財発掘調査報告書 45 茂福城跡 5, 四日市市, 11pp.
- 四日市市遺跡調査会, 1978, 四日市都市計画道路富田山城線道路改良事業に伴う埋蔵文化財発掘調査記録 茂福城跡, 四日市市, 21pp.
- 四日市市教育会, 1930, 四日市市史, 832pp.
- 吉田史郎・栗本史雄・宮村学, 1991, 地域地質研究報告 5 万分の1地質図幅 桑名地域の地質. 地質調査所, 154pp.

表 1-1 養老断層系東側の天正地震前から存在する建物・樹木・史跡-1

Table 1-1 Pre-existing building, tree and historic relics before the Tensho Earthquake eastward of the Yoro Fault system -1

	現存建物・ 樹木・史跡	時代	標高 T.P.m	備考	確 か さ	出典
岐 阜 県 海 津 市	蛇池宝篋印塔	正安二 (1300) 年	+2.1m	慶長八 (1603) 年の移転年移転以前 は蛇池集落南の「字前並」にあった 標高は字前並の値		平田町 (1964) 岐阜県海津町教育委員会・関西大 学文学部考古学教室 (2012)
	今尾城跡	文明年間 (1469-1486年) ～ 明治6 (1873) 年	+1.9m	廃藩置県まで存続 土塁が現存		岐阜県海津町教育委員会・関西大 学文学部考古学教室 (2012)
	松ノ木城跡	中世 (14世紀中期の石塔の部 材出土) ～ 織豊期	+2.4m	堀の遺構とみられる窪地あり	未 確 定	岐阜県海津町教育委員会・関西大 学文学部考古学教室 (2012)
愛 知 県 愛 西 市	赤目城跡	室町時代	+1.0m	村絵図に記載あり		愛知県教育委員会 (1991) 八開村史編さん委員会・八開村史 調査編集委員会 (1990)
	勝幡城跡	永正年間 (1504-1521年) ～ 享禄四 (1531) 年	+0.6m	遺構は現存しないが、明治の地籍図 から復元可能		佐織町史編さん委員会・佐織町史 調査編集委員会 (1988) 愛知県教育委員会 (1991)
	奥津社古墳	古墳時代? 中・近世?	-0.8m	4世紀の古墳とされていたが、伊藤 (2010) は否定	未 確 定	佐織町史編さん委員会・佐織町史 調査編集委員会 (1987) 愛知県史編さん委員会 (2005) 伊藤 (2010)
	姥ヶ森古墳 (第6図)	古墳時代 (6世紀)	+1.0m	墳丘は認められないが巨石現存 現在は姥ヶ森神社		伊藤 (2010)
	石田城跡	不明	-1.0m	村絵図に記載あり		愛知県教育委員会 (1991) 立田村文化財専門委員会 (1991)
愛 知 県 弥 富 市	服部家住宅 (第3図)	天正四 (1576) 年建造 現存	-1.9m	承応二年 (1653年) の史料に「本家 建替 凱按ニ 在来の家大修復口去 天正四年七十八年のため建替なるべ し 新らしく建替たるにはあらず」 と記載		文化財建造物保存協会 (1979) 愛知県 (2006b)
	鯛浦城跡 薬師寺の大楠 (第4図)	鯛浦城は永禄八 (1565) 年築城 元亀年間 (1570-1573年) 廃城	-1.4m	鯛浦城跡伝承地に木下藤吉郎が舟を つないだという伝承を持つ大楠が現 生		弥富町誌編集委員会 (1991, 1994)
	城の腰	永禄年間 (1558-1570年) ～ 元亀年間 (1570-1573年)	-0.1m	村絵図に記載あり	未 確 定	愛知県教育委員会 (1991)
愛 知 県 蟹 江 町	富吉建速神社 本殿	室町時代末期頃 慶長年間再建の可能性あり	-0.9m	天文十七 (1548) 年織田信長修理と 伝えられ、建築様式・手法から室町 時代末期ごろ建造と考えられる 慶長十九 (1614) 年修理の棟札あり 高さ約1mの石造基壇上に建てられ ている		文化財建造物保存技術協会 (1977b) 愛知県 (2006)
	八剱社本殿	室町時代前期	-0.9m	富吉建速神社本殿よりも古い建築様 式の特徴をもつ 最古の棟札は天正七 (1579) 年のも の 高さ約1mの石造基壇上に建てられ ている		文化財建造物保存技術協会 (1977) 愛知県 (2006b)
	蟹江城跡	永享年間 (1429-1441年) ～ 天正十二 (1584) 年	-1.0m	村絵図に記載あり		愛知県教育委員会 (1991)

表 1-2 養老断層系東側の天正地 震前から存在する建物・樹木・史跡-2

Table 1-2 Pre-existing building, tree and historic relics before the Tensho Earthquake eastward of the Yoro Fault system -2

	現存建物・ 樹木・史跡	時代	標高 T.P.m	備考	確 か さ	出典
愛 知 県 名 古 屋 市	観音寺多宝塔 (第5図)	天文五(1536)年建造・現存	+0.3m	永禄年間(1558~1570年)再興 心柱墨書に岡部甚四郎吉定(岡部家 は熱田神宮工匠・禁裏や室町御所の 造営に関わる)の名あり 室町時代末期の建築の特徴をよく残 している		文化財建造物保存協会(2001b) 愛知県(2006)
三 重 県 桑 名 市	大鳥居城跡	天正二(1574)年廃城	+0.4m	天保四(1833)年刊行「勢陽伍鈴遺 響」に記載される 昭和17年刊「土地宝典」に記され た地籍図に城郭地割あり		多度町教育委員会(2002)
三 重 県 四 日 市 市	蒔田城跡	詳細不明・文治年間(1185- 1190年)には存在	+4.6m	堀は現存 現在は長明寺		四日市市教育会(1930)
	富田城跡	13世紀以前~天正元(1573) 年	+2.0m	地籍図から土塁・堀跡が推定可能 現在は富田幼稚園		四日市市教育会(1930)
	茂福城跡	15世紀初頭~元亀二(1571) 年 永禄十(1567)年廃城説もある	+1.7m	土塁現存 一部発掘調査されている		四日市市教育会(1930) 四日市市遺跡調査会(1978) 三重県文化財センター(2004) 四日市市教育委員会(2012)

表 2-1 養老断層系東側の埋没遺構-1

Table 2-1 Buried foundations eastward of the Yoro Fault system -1

	遺跡名	地表の標高 (T.P. m)	遺構の種 類	遺構の年代	遺構面の埋 没深度 (GL-m)	備考	確 か さ	出典
岐 阜 県 海 津 市	土居内遺 跡	+0.1~1.7 m	住居跡	平安時代初期~鎌 倉時代初期	1m付近	遺構を記した図なし	未 確 定	海津町 (1983) 岐阜県海津町教育委員会・ 関西大学文学部考古学教室 (2012)
愛 知 県 津 島 市	埋田遺跡	±0.0m	柱穴・溝		0.7m		未 確 定	津島市教育委員会 (1968)
			柱穴	平安初期?	0.9m	柱穴の底に柱受けとみ られる須恵器片出土		
			柱穴		0.9m			
			炉跡		1.0m	土師器・須恵器出土		
			柱穴・溝		0.8m, 0.9m	室町時代の天目茶碗出 土		
			溝		0.9m			
			遺物群出 土 溝		0.3m~0.6m 0.6m, 0.8m	動いていないとみられ る		
愛 知 県 愛 西 市	川田遺跡	+0.3~0.5m	方形竪穴 状遺構	中世	0.7m, 0.6m		愛知県教育サー ビスセン ター・愛知県埋蔵文化財セ ンター (2002)	
			方形土坑 墓	中世(13世紀前後)	0.5m, 0.6m			
			溝	中世(13世紀)	0.6m, 0.8m			
	八竜遺跡	-1.1~-1.4 m	建物跡	13世紀ごろ	0.3~0.5m		愛西市教育委員会 (2016b)	
			土坑	13世紀前半ごろ	0.3~0.5m			
			土坑	12世紀後半~13世 紀前半ごろ	0.3~0.5m			
			土坑	4世紀	0.3~0.5m			
			土坑	平安時代	0.3~0.5m			
			土坑	平安時代	0.3~0.5m			
			土坑	12世紀後半ごろ	0.3~0.5m			
			土坑	13世紀前半ごろ	0.3~0.5m			
			土坑	12世紀後半ごろ	0.3~0.5m			
			土坑	12~13世紀ごろ	0.3~0.5m			
土坑	12世紀後半ごろ	0.3~0.5m						
溝	12世紀後半ごろ	0.3~0.5m						

表 2-2 養老断層系東側の埋没遺構-2

Table 2 -2 Buried foundations eastward of the Yoro Fault system -2

遺跡名	地表の標高 (T.P. m)	遺構の種類	遺構の年代	遺構面の埋 没深度 (GL-m)	備考	確 かさ	出典	
愛 知 県 愛 西 市	八竜遺跡	-1.1~-1.4 m	井戸	10世紀前後	0.3~0.5m		愛西市教育委員会 (2016b)	
			井戸	13世紀ごろ	0.3~0.5m			
			井戸	9~10世紀ごろ	0.3~0.5m			
			井戸	12世紀後半ごろ	0.3~0.5m			
			畦畔状遺 構	13世紀前半ごろ	0.3~0.5m			
			建物跡	12~13世紀ごろ	0.3~0.5m			
			建物跡	12~13世紀ごろ	0.3~0.5m			
			土坑	10世紀ごろ及び	0.3~0.5m			
			土坑	12世紀後半ごろ	0.3~0.5m			
			土坑	13世紀ごろ	0.3~0.5m			
			土坑	12世紀後半ごろ	0.3~0.5m			
			土坑	12世紀ごろ	0.3~0.5m			
			土坑	10世紀ごろ及び13 世紀ごろ	0.3~0.5m			
			土坑	12世紀ごろ	0.3~0.5m			
			溝	14世紀前半以前	0.3~0.5m			
			溝	13世紀前半以降14 世紀前半ごろまで	0.3~0.5m			
			溝	13世紀前半以降14 世紀前半ごろまで	0.3~0.5m			
			井戸	10世紀ごろ	0.3~0.5m			
			井戸	13世紀ごろ	0.3~0.5m			
			井戸	12世紀前半以前及 び14世紀代	0.3~0.5m			
			井戸	13世紀ごろ	0.3~0.5m			
			墓(方墳)	古墳時代後期	0.3~0.5m			
水田遺構	古代以前	0.3~0.5m						

表 2-3 養老断層系東側の埋没遺構-3

Table 2-3 Buried foundations eastward of the Yoro Fault system -3

	遺跡名	地表の標高 (T.P. m)	遺構の種 類	遺構の年代	遺構面の埋 没深度 (GL-m)	備考	確 か さ	出典
愛 知 県 愛 西 市	日置本郷B 遺跡	-1.0~- 1.1m	落ち込み	中世後半	0.8m, 0.9m			愛知県教育・スポーツ振興 財団・愛知県文化財セン ター (2012)
			土坑	中世後半	0.8~0.9m			
			土坑	中世後半	0.8~0.9m			
			土坑	中世前半	0.8~0.9m			
			掘立柱建 物	14世紀後半~15世 紀	0.9m			
			井戸	14世紀後半~15世 紀	2.1m	上部が失われている		
			土坑	14世紀後半	0.8~0.9m			
			溝	中世後半	0.8~0.9m			
			平行する 溝	中世後半	0.8~0.9m			
			土坑	14世紀	0.8~0.9m			
			落ち込み	中世前半	0.8~0.9m			
			溝及び土 坑	中世	0.8~0.9m			
			土坑	平安時代前期	0.8~0.9m			
	日置八幡 宮遺跡	-1.45m	井戸	中世後期	1.2m	0.75mの盛土に覆われ る		愛西市教育委員会 (2016a)
三 重 県 桑 名 市	江場中繩 遺跡	+1.0m	土手状遺 構	中世	0.6m (原図より)			桑名市教育委員会 (2007)
	勢以口遺 跡	+0.7m	遺物包含 層	鎌倉時代	0.3m	摩耗していない遺物多 含層		桑名市教育委員会 (2002)
	寺跡遺跡	+0.6m	柱	中世~近世	2.3m	AD1355-1385 cal yの 14C年代値を示す		桑名市教育委員会 (2004)
			礎石	中世ないしそれ以 前	2.5m	1.1mの盛土に覆われる		
		柱穴	中世ないしそれ以 前	2.9m	1.9mの盛土に覆われる			
	江場貝戸 遺跡	+0.1m	土坑	中世	1.0m (原図より)	0.3mの盛土に覆われる		三重県埋蔵文化財センター (2009) 三重県埋蔵文化財センター (2011)