仙台平野における貞観 11 年 (869 年) 三陸津波の 痕跡高の推定

東北電力(株)女川原子力発電所建設所* 阿 部 壽・菅 野 喜 貞
千 釜 章

Estimation of the Height of the Sanriku Jogan 11 Earthquake-Tsunami (A. D. 869) in the Sendai Plain

Hisashi ABE, Yoshisada SUGENO and Akira CHIGAMA

Onagawa Nuclear Power Station Construction Office, Tohoku Electric Power Company,
1 Maeda Tsukahama, Onagawa-cho, Miyagi 986, Japan

(Received July 26, 1990; Accepted December 10, 1990)

It is known that great Sanriku tsunamis sometimes hit the Sendai Plain in the north part of the Honshu Island in Japan. Among those great tsunamis, the field investigation had been rarely carried out about the tsunami of July 13th, 869 (11th year of the Jogan Era) because of the lack of the materials of old documents. We carried out the field investigation of the height of this tsunami in the Sendai Plain on the basis of the archaeological view and the sedimentologic examination. The former method is based on the archaeologist's judgement whether historic relics have the trace buried by the running water or not. We estimated the inundated area from the result of the survey for the 8 points in the Sendai Plain. In the latter method, we dipped the test pit and observed the soil layer of the side wall minutely to find the sand layer being supposed to be carried by the tsunami from the dune. Moreover to analyze the character of the sand layer, we made the physical examination, the chemical analysis and the measurement of the age by ^{14}C method. From the results of these investigations, the height of the Sanriku Jogan 11 earthquake-tsunami (A. D. 869) is estimated as 2.5-3 m at the point 3 km from the coastline in the Sendai Plain. Finally we checked it with the social and geographic circumstances at that time, and we got the result that the estimated height is not inconsistent with the record of this tsunami.

Key words: Tsunami, Height of the trace, Jogan 11 (A. D. 869), Tagajo, Sendai Plain, Miyagi prefecture.

§ 1. ま え が き

三陸沖に発生した大規模な歴史津波のうち、貞観 11 年 5 月 26 日 (869 年 7 月 13 日) の津波については、宇佐美 (1987) によれば、Fig. 1 に示すように東経 143~145°, 北緯 37.5~39.5° に震央をもつ $M=8.3\pm 1/4$ の地震に伴って発生したとされている。

この津波についての過去の研究としては、たとえば今村 (1934) は、その規模について『恐らくは次に記述する慶長津波と共に、三陸津波中最も激烈偉大なものの双璧であったのであろう。』と、また羽鳥 (1975) は、『慶長

16 年大津波の波源域は海溝沿いで、宮城・福島沿岸の異常波高を説明するのに、1933 年三陸津波のものより南寄りが考えやすい。貞観 11 年の大津波もこの種の津波であったであろうか。』と述べているだけで、津波高などについての具体的な成果はないのが現状であった。

本稿では、貞観 11 年の津波の仙台平野における痕跡高を考古学的所見および堆積学的検討に基づく手法により推定し、さらに当時の仙台平野での社会、地形状況などと照査するものである。

§ 2. 貞観 11 年の津波記録と多賀城付近の状況

1) 津波記録とその解釈

* 〒986-22 宮城県牡鹿郡女川町塚浜字前田一番

Fig. 1. The epicenter of the great tsunamigenic earthquakes occurred off the Sanriku Coast.

貞観 11 年の津波についての記録は「日本三代実録」に限られており、つぎのような記載がある。

『貞観十一年五月廿六日、陸奥國地震動、流光如晝隱映、頃之、人民叫呼、伏不能起、或屋仆壓死、或地裂埋殮、馬牛駭奔、或相舁踏、城郭倉庫門櫓墻壁、頽落顛覆、不知其數、海口哮吼、聲似雷霆、驚濤湧潮、汜洄漲長、忽至城下、去海數千百里、浩々不辨其涯涘、原野道路、總爲滄溟、乘船不遑、登山難及、溺死者千許、資産苗稼、殆無孑遺。』

これを解釈すると、およそつぎのようになる。

『貞観 11 年 5 月 26 日、陸奥の国で大地震があった。昼のような光が流れて、光ったり陰ったりした。しばらくして、一般の人達は大声を出し、地面に伏して起き上がることができなかった。あるものは家が倒れて圧死した。あるものは地面が割れてその中に落ち埋まって死んだ。馬や牛は驚いて走り、あるものは互に舐って足踏みした。城郭や倉庫、門・櫓・土塀・壁が崩れ落ちたり転倒したりしたが、その数は数え切れないほど多い。海では雷のような大きな音がして、物凄い波が来て陸に上った。その波は川を逆上ってたちまち城下まで来た。海から数千百里の間は広々とした海となり、そのはてはわからなくなった。原や野や道はすべて青海原となった。人々は船に乗り込む間がなく、山に上ることもできなかった。溺死者は千人ほどとなった。人々の財産や稲の苗は流されてほとんど残らなかった。』

なお、ここでの城下とは、多賀城（仙台平野北方）と解するのが一般的であり、吉田（1975）もそのように指摘している。また、『海から数千百里の間は広々とした海になった。』というのは、吉田（1975）は、『誇大または十と千の誤りではないか。』としている。

2) 多賀城付近の社会情勢

貞観 11 年当時の多賀城付近の社会情勢については比較的よく研究されている。これによると、当時の仙台平野は、多賀城を中心として耕作や舟運が発達しており、かなりの人口があったものと考えられる。

各種の文献における記述はつぎのとおりであり、また、ここで述べる地名などを Fig. 2 に示す。

a. 多賀城の性格および構造について、伊東（1973）は、『多賀城は、多賀城市の丘陵 93 ha に築地塀をめぐらして外城とし、中心部に東西 106 m・南北 121 m の築地塀をめぐらせ内城とし、ここに政庁をおいた。政庁の建物配置は九州の太宰府と同じで、瓦葺・丹塗りの立派なもので、奈良政府の東北の鎮めとして作られた。内城は国府政庁であった。兵營の位置はまだわかっていない。』

なお、多賀城から東方約 1.2 km の所に多賀城廃寺がある。多賀城鎮護のためのお寺と考えられ、法起寺式伽藍配置（白鳳時代のもの）であり、この点でも太宰府の観世音寺と同じである。』としている。

外城の築地塀は、地山の傾斜に沿って山なりに作られており、塀高 5 m ぐらいである。現在の地盤の高さは、南側で標高 4~10 m となっている。

b. 多賀城付近はかなり栄えていたことが知れており、これについて伊東（1979）は、『多賀城には、東北の軍事的政治的中心機関である鎮守府および陸奥国府が、さらに宗教的中心機関である国分寺および国分尼寺が仙台の東郊におかれた関係上、多賀城から国分寺にかけての現在の仙台東北部は、東北地方でもっとも開けた所であった。』としている。

c. 仙台平野における当時の人口総数は不明であるが、多賀城へは段階的に屯田兵を配置したことがわかっており、後述する仙台平野の行政および耕作状況と合わせて考えると、かなりの人口があったものと推定される。

多賀城への軍人の配置について伊東（1957）は、『722 年および 815 年にそれぞれ 1,000 人および 500 人の屯田兵を配置したこと、724 年には屯田兵は妻子と共に暮らしうる状態にあったこと、さらに、蝦夷鎮圧に当たって数万人の軍隊が一時集結したことがあったこと。』を述べている。

d. 行政組織、すなわち律令制の進展については、少なくとも多賀郡および宮城郡（郡は国の行政単位で、50 戸構成の「里」が 2 里以上 20 里まで集って形成される。）の成立が確認されていることから、仙台平野は組織的にかなりの規模で開発されていたと推定される。

これについて伊東（1957）は、『多賀郡および宮城郡が少なくとも 766 年には出来上がっていたことおよび戸

Fig. 2. The present topographical map of Sendai Plain. The points where the investigations were done by the methods based on the archaeological view and the sedimentologic examination are shown.

は戸籍帳に記載され、制度の発足には相当の準備を要し、かなり早くから中央政府の勢力が進出していたと思われること。』を指摘している。

e. 耕作状況、すなわち条里制の進展については、特に仙台平野東郊部についてよく調査されており、七北田川から広瀬川間の土地を碁盤目に切り、条・里・坪の名称を付し、番地をつけていたことが、耕地整理前の航空写真などから明らかになっている。これより仙台平野東郊部では、広い範囲で条里制が実施されていたと推定される(坪は、小道や水路で区切られたほぼ110m四方をいい、坪が縦横6つつ並んだ36坪を里と呼び、里が一系列に並んだ帯状の土地を条と称した。)

いっぽう、多賀城付近では調査はあまり行われていないものの、同様に条里制は進展していたものと推定されている。

これについて伊東(1957)は、『ここに(上述の七北田川から広瀬川間の土地のこと)条里がある以上、国府のあった多賀城付近でも条里制が実施されていたことは当然考えられるところであるが、この方面の精密な調査はまだ行われていないので、確かなことはわからない。』としている。

また、最近の発掘調査結果によれば桑原(1984)は、『城外南面西方を昭和55年に調査した結果によれば、最古のものは8世紀に属す幅の狭い溝が東西南北に走り、この一帯が耕作地として利用されていたことを示している。』としている。

f. 舟運の状況についてもその存在が確認されており、たとえば桑原(1984)は、上述の調査で運河状遺構やそれと並行する道路(バラス敷両側に側溝を伴う)などを発見している。

3) 多賀城付近の古代の海水準および地形

a. 多賀城付近の古代の海水準については、松本(1984)によれば『多賀城を北端とする仙台湾岸における海水準の変動は、約5千年前・以後は若干の微変動は認められるものの相対的安定期に区分される。』としており、貞観11年当時の海水準は現在と大差ないものと推定される。

b. 仙台平野の地形は、自然堤防または浜堤列により形成された比高1mぐらいの微高地が連続しており、これらによって囲まれた部分は後背湿地となっている。

標高は国道45号線付近で2.5mぐらい、多賀城付近で3~4mぐらい、さらに北方の利府町で5~10mぐらいとなり、その北は丘陵となっている。西方は、海岸線から6kmほどはなれて平行に走る国道4号線仙台バイパスで標高6~7mぐらいであるが、海岸線から4km付近までの標高はおおむね2~3m台で低くなってい

る。

つぎに浜堤列の分布についてみると、浜堤列は海岸線に沿って大きく3列みられ、松本(1984)によれば『最も内陸の列は、沼向-大沼の西側-下飯田、中間の列は新浜-長屋敷-仙台空港、そして最も外側の列は現在の海岸線に沿うものであり、形成年代は内陸の列が約5千年前頃、中間の列が2,600~1,700年前頃と求められている。』としている。

最も外側の列の浜堤列(砂丘)の現在標高は、高い所で5m、おおむね3mぐらいとなっており、海岸線に沿って連続して形成されている。

砂丘には石碑(4箇所)が建立されており、これによると、大正から明治にかけて年々の暴風や高潮などで昔の防潮林が枯死したこと、特に昭和16年(1941年)の高潮の災害を受け部落全戸浸水、造林木の埋没流出があったことおよびその後の植林事業により昭和30年代によく現在のような植林形態となったことなどが記されている。

気象庁(1967)によれば、昭和初期の宮城県における顕著な高潮災害時の石巻湾の水位は、1937年9月10日~12日で東京湾中等水位より117cm(以下『T.P. 117cm』と示す。)、1938年6月28日~7月3日でT.P. 119cmおよび1941年7月21日~23日でT.P. 104cmとしており、波浪などの影響を加味しても現在の砂丘の標高より低いと思われる水位で、昔の防潮林は被害を受けていることがわかる。

また、旧地形図〔大日本帝国陸地測量部(1911)、(1912)、(1930)、(1931ab)〕には、この砂丘は現在のものと比べて、断続的にかつ幅も狭く表示されている。浜堤列の形成年代などから推定すると、貞観11年当時の地形は現在と大差ないものになっていたと考えられるが、最も外側の浜堤列は防潮林が形成される前のことから、断続的でその高さも低く、津波・高潮の来襲には弱いものであったと推定される。

4) 伝承

多賀城付近での津波の襲来についての伝承としては、三塚(1937)によると『今の七北田川は多賀(村)の新田の堰場の辺から東流し、市川(今の砂押川)を合せて、八幡大代を過ぎ、現在の七ヶ浜村湊浜に注いでいた。

昔、本村(多賀城)八幡には、上千軒・下千軒といって沢山の商家が軒を並べて繁昌していたが、いつの頃であったか、大津波に全部押流されて砂原と化してしまった。この津波の年代については、多賀城の栄えていた時分と思われることから、貞観11年と考えられる。』としている。

§ 3. 貞観 11 年の津波痕跡高の推定

1) 推定手法

近年の津波あるいは洪水などの痕跡高は、検潮記録や現地踏査記録などにより調査することができるが、歴史津波の場合こういった記録がないので、一般には古文書の記述に基づいて推定するのが普通である。しかしながら、貞観 11 年の津波の場合前述のような定性的な記述しかないため、記録から直接に痕跡高を求めることはできない。

よって、ここではじゅうらい用いられることのなかった考古学的所見および堆積学的検討に基づく手法の 2 つの手法により津波痕跡高の推定を行った。

a. 考古学的所見に基づく手法

考古学的所見に基づく手法とは、遺跡発掘調査の所見からその場所への津波の侵入の有無を判断するものである。仙台平野においては弥生時代から中世にかけての多くの遺跡があり、これらの発掘においては考古学者が丹念に各層の変化に留意しながら調査を行っている。故伊東信雄東北大学名誉教授の談によれば、『このような発掘調査においては、たとえば遺跡の隅縁部の保存状況、土層での牛馬の足跡などの残り方、遺跡をおおっている土砂の内容および砂礫の並び方などにより、その遺跡が流水によって埋没したものかどうか判断でき、こういった特徴的なものについては歴史的事実（洪水や津波など）と照合して年月を決定できる。』としている。

ただし、この手法を用いるにあたって留意すべき点は、発掘土層のおおまかな年代がわからないと歴史的事実と照合できないということであり、このためもあってじゅうらいからこの手法は津波の痕跡高の調査方法に用いられたことはなかった。

いっぽう、山田・庄子 (1981) によると、『仙台平野においては広い範囲で灰白色火山灰層が分布する。』としており、この降下年代について白鳥 (1980) は、『870～934 年で貞観 11 年 (869 年) の直後である。』と指摘している。すなわち、発掘土層における貞観 11 年の時代特定の考え方としては、灰白色火山灰の直下の層に着目すればよいこととなる。

今回の調査にあたっては、仙台平野の遺跡のうち灰白色火山灰が出土した Fig. 2 の 8 地点について、考古学者の発掘所見（聞き込み調査による）により流水で埋没した形跡があるかどうかを判断した。

なお、日本三代実録に記述のある多賀城付近は七北田川のはんらん原となっており、土層がみだされていたため、本手法は適用できなかった。

b. 堆積学的検討に基づく手法

堆積学的検討に基づく手法とは、箕浦・他 (1987) が

青森県市浦村十三付近の湖沼系で適用した方法である。

すなわち、箕浦・他 (1987) によれば、1983 年 5 月 26 日の日本海中部地震に伴う津波来襲時の観測事実から、内湾や潟あるいは砂丘間湖沼などの沿岸域における堆積系に、規模の大きい津波が来襲して大量の海水と砂丘砂を搬入するという破局的堆積作用を及ぼした場合、堆積物中にはこうした現象が堆積相の変化として記録され、また大量の海水の流入は、湖沼の水系においておもに海水に含まれる種々の物質の濃度を増加させることが考えられる。

したがって、乱さない状態で採取された柱状試料について調査・試験を実施し、次の各事項が確認されれば、歴史津波の痕跡とみなすことが可能であるとしている。

- ① 堆積相に上下の泥質堆積物と著しく異なった破局的堆積作用によると思われる砂層の挟みが存在する。
- ② 砂層の物理特性、特に粒度組成が 2ϕ 付近に単一の極大ピークを有する分級の良い砂丘砂の特徴を示す。

なお、 ϕ とは、粒の大きさを示す 1 つの指標であり、粒径 d (mm) との関係は、 $d=2^{-\phi}$ である。

- ③ 砂層あるいはその直下の層における間隙水などの化学組成で、海水に多く含まれる成分 (Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} など) の濃度が相対的に高い。

- ④ 砂層の堆積年代が、歴史津波の発生年代と矛盾しない。

調査に当たっては、土地の利用状況から調査が可能なこと、人工的攪乱が比較的少なく年代測定に必要な灰白色火山灰層または泥炭層が分布すると考えられることおよび間隙水などの化学組成把握のために必要な泥質の不透水層が分布すると考えられることから、Fig. 2 に示す位置 (SD-1, SD-2, SD-3 および測点 1～122) を選定した。

調査位置は、本来は記録がある多賀城付近に設定するのが望ましいが、多賀城付近は河川のはんらん原となっているほか開発が進んでおり、適当な調査地点を見出すことができなかった。

仙台平野付近の海岸線は、北は多賀城北方の石巻・松島付近から南は名取・岩沼以南まではほぼ同一の海底勾配をもつ広げた海岸となっていることから、今回の調査地点は多賀城から約 10 km 南方となっているが、海岸線に襲撃した津波の挙動は多賀城と大差ないものと考えられる。

現地調査は、坪掘り調査 (SD-1, SD-2 および SD-3 の 3 箇所) およびこれを補完するための検土杖を用いての目視による土壌観察 (測点 1～122 の 122 地点、以下『簡易土壌観察』という。) を行い、坪掘り調査地点から

採取した試料については以下に記す堆積相、堆積物の物理特性、間隙水などの化学組成および年代測定の調査・試験を実施した。

なお、SD-1、SD-2 および SD-3 の位置は、海岸線に沿う 3 本の浜堤列の背後の後背湿地に対応するものとなっている。

a) 堆積相

坪掘り坑（深さ 0.60～0.70 m）の側壁の地質について、目視で色調、粒度、硬軟、含有物および挟まっている層などを詳細に観察し、縮尺 1/10 の側壁断面図に堆積相を記載した。

b) 堆積物の物理特性

坪掘り坑側壁付近から採取した柱状試料各部の物理特性を把握するため、含泥率、粒度組成、含水率および強熱減量（有機物含量）を測定した。

なお、強熱減量とは、試料を強熱した場合の重量減少量をいい、重量減少はおもに有機物の燃焼などによるので、有機物の含有量の指標として用いられているものである。

粒度組成は、水の中で粒子を沈降させ光透過量を連続測定することによって分析を行う弘大式粒度分析装置により行った。

c) 間隙水などの化学組成

津波によって、海水からの付加物質が堆積物中に何らかの状態で留まっていることが期待される場合、箕浦・他 (1987) によれば『間隙水溶存態および粒状炭酸塩沈澱態の 2 つの状態が考えられる。』としていることから、間隙水中の溶存物質および堆積物中に含まれる粒状炭酸塩類のうち Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Cl^- および SO_4^{2-} の水に溶出した成分（以下『A フラクション』という。）と酢酸溶液に溶出した成分（以下『B フラクション』という。）を分析した。

d) 堆積物の年代

堆積物の年代を推定するために、砂層の直上部および直下部において ^{14}C 法による年代測定を実施した。

なお、火山灰分析結果によれば、各坪掘り調査地点に分布する火山灰層は仙台平野で特徴的に分布する 870～934 年の間に降下したとみなされている灰白色火山灰と同一のものであると判定できることから、その上下の堆積物の年代を推定する際の 1 つの指標として用いた。

2) 推定結果

a. 考古学的所見に基づく手法

考古学的所見をとりまとめると、つぎのとおりである。

① 国分寺および国分尼寺（標高 11 m）は、伊東の談によると『国分寺に残っている記録には、寺の地震に

よる被害についてのみ記載しており、津波による被害については記載されていないことから、津波は及んでいない。』としている。

② 仙台湾の海岸線より約 3 km 内陸に位置する藤田新田から西側の住居跡の発掘調査においては、津波を示唆する状況を示すものはなかった。すなわち、霞の目飛行場（標高約 4 m）あたりでは、流された土砂の形跡はない。また袋原・四郎丸館跡（標高約 4 m）でも津波の痕跡はなかった。さらに岡田（標高約 4 m）、藤田新田（標高約 2.6 m）、久保田（標高約 3.6 m）の調査でも痕跡はなかった。

これらの遺跡は現在の地表から 0.5～1 m ぐらい下方に位置する。

③ 仙台東部の霞の目の条里跡（飯田付近、標高約 3.1 m）の保全状況からみて、津波は条里跡に及んでいない。

以上の所見を整理すると、河川から離れた仙台平野の一般部においては、藤田新田および岡田より西側（内陸部）では津波の痕跡は確認されていないこととなる。藤田新田および岡田は最も内陸の浜堤列の上に位置しているので、あえて拡張して推定するなら、仙台平野の一般部に侵入した津波は、最も内陸の浜堤列を越えなかったとも考えられる。

b. 堆積学的検討に基づく手法

a) 堆積相

各調査地点の側壁断面図を Fig. 3 に示すが、堆積相は各地点とも表層に約 15～30 cm の表土（耕作土：主として有機質泥、一部有機物まじりの泥あるいは中～粗粒砂）がみられ、その下はおもに泥、腐植泥および泥炭などの泥質～泥炭質堆積物からなっており、火山灰および砂の挟みが存在している。

SD-1 では、表土の厚さが 14～16 cm あり、その下には深さ 60 cm までおもに泥、有機質泥および砂まじり泥炭質泥が分布している。その間に深さ 30～32 cm には火山灰が、また深さ 32～44 cm には中粒砂が挟まっている。側壁ではあまり明瞭ではないが、その他に柱状試料では表土直下の深さ 15 cm 付近にも厚さ 1 cm 未満の薄い中粒砂の挟みが存在している。

SD-2 では、表土が 24～30 cm と他の地点よりも厚く存在し、その下には深さ 45～50 cm 付近まで砂まじり腐植泥が分布している。この間には、表土に近い部分に厚さ 1～5 cm の火山灰が、また薄い腐植泥を挟んでさらにその下に厚さ 1～5 cm の中粒砂が、ともに断続的に挟まっている。砂まじり腐植泥のさらに下には、深さ 48 cm から 60 cm まで中粒砂が続いている。

SD-3 では、表土が 15～19 cm の厚さで存在し、その

Fig. 3. Sections at the points of the test pit investigation. Arrows show the points where indoor soil tests were done.

Table 1. The name and the depth of each event.

The point of the test pit investigation	Events	Depth(cm)
SD-1	Event SE1-1	15
	Event SE1-2	32~44
SD-2	Event SE2-1	34~36
	Event SE2-2	48~60
SD-3	Event SE3-1	27~28

最下部付近に厚さ 1~2 cm の火山灰が断続的に挟まっている。表土の下には深さ 27 cm まで腐植泥が分布し、深さ 27~28 cm には厚さ 1 cm の薄い中粒砂の挟みが見られる。その下は深さ 70 cm まで色調にやや変化があるものの、すべて泥炭からなっている。

以上のように、泥質～泥炭質堆積物中に SD-1 においては 2 枚、SD-2 および SD-3 においては各々 1 枚の中粒砂の挟みが存在しており、これらの砂層はこれらを挟んでいる暗灰色～黒灰色ないし (暗) 茶褐色～黒褐色の泥および泥炭などとは色調・粒度などが明らかに異なることから、堆積作用が急激に変化したための現象すなわちイベント (Event) と考えられる。SD-2 の最下部の中

Fig. 4. The points where indoor soil tests were done.

Fig. 5. Mud content. Each event (SE 1-1~SE 3-1) corresponds to a small mud content.

Fig. 6. The results of the test of the granular variation of sand. Vertical axis shows a relative quantity of each grain size. Horizontal axis shows a grain size by scale ϕ . Each curve is the result of the test of the granular variation at the point corresponding to the geologic column. Most of the events have a sharp peak at the grain size 2ϕ .

Fig. 7. The typical results of the test of the granular variation of sand. Above 4 types were tested by using the soil samples which were collected at the typical points in Sendai Plain. Type② has a sharp peak at the grain size 2ϕ .

粒砂についてはその下位層の地質状況などが明確でないが、一応イベントとみなし各イベントに Table. 1 に示す番号を付した。深さについては Fig. 3 の矢印の位置での値を採用した。

また、Fig. 4 には各種の土質室内試験を実施した位置(深さ)を柱状図とともに示した。

b) 堆積物の物理特性

i. 含泥率および粒度組成

含泥率分布を Fig. 5 に示す。

SD-1 では最上部の表土、イベント SE 1-1 およびイ

イベント SE 1-2 の部分で 20% 未満の低い含泥率となっている。SD-2 では、イベント SE 2-1 およびイベント SE 2-2 の部分で 15% 未満の低い含泥率となっている。SD-3 では、イベント SE 3-1 の部分で 30% 弱とその上下よりも顕著に低い含泥率となっている。

Fig. 6 に砂の粒度分布を示す。また、仙台平野の海岸および河口付近の砂の粒度分布を Fig. 7 に示すが、②が典型的な砂丘砂であり、津波が襲来した場合に運搬されてくる可能性の強い砂である。

Fig. 6 より、各地点ともイベントの部分の砂は、ほぼ 2ϕ 付近に単一の極大ピークを有する細～中粒の砂丘砂であるが、SD-2 のイベント SE 2-1 およびイベント SE 2-2 の部分では、相対的にピーク幅がやや広い傾向が認められる。SD-1 の表土中の砂は $2\phi \sim 1\phi$ に単一の極大ピークを有するが、組成が $1\phi \sim 0\phi$ までに及んでおり、Fig. 7 に示す①の海浜砂に近い分布を示している。

ii. 含水率および有機物含量

含水率分布を Fig. 8 に示す。

SD-1 では表土およびイベント SE 1-2 の部分でその上下よりも含水率が低く、25～30% となっている。SD-2 では、最下部のイベント SE 2-2 の部分で 20% ぐらいの低い含水率であるが、イベント SE 2-1 付近では 50～55% とかなり高く、それら以外の部分では 30～40% ぐらいである。SD-3 では、含水率が全体的に高く 50% 以上となっているが、その中ではイベント SE 3-1 の部分が相対的に最も低くなっている。

含水率分布は、イベントの部分で低い値となる傾向があるが、砂の挟みが薄い場合には、その上下の泥質～泥炭質堆積物の影響で、必ずしも低い含水率とはなっていない。

強熱減量を有機物含量とみなした場合の有機物含量分

Fig. 8. Water content ratio.

Fig. 9. Organic matter content ratio (Ignition loss).

布を Fig. 9 に示す。

各地点とも相対的な分布形態は含水率分布と同様で、SD-1 では表土とイベント SE 1-2 の部分、SD-2 ではイベント SE 2-2 の部分および SD-3 ではイベント SE 3-1 の部分でそれぞれ 10% 前後と、他の部分よりも低い有機物含量となっている。

c) 間隙水などの化学組成

化学分析結果を Fig. 10 に示す。

津波によって海水が流入したとすれば、A フラクションでは Cl^- , Na^+ および Ca^{2+} などが、また B フラクションでは Mg^{2+} および Ca^{2+} などの濃度が高い可能性がある。

SD-1 では、イベント SE 1-1 の付近で A フラクションの Cl^- および Na^+ が相対的に高濃度で、B フラクションの Ca^{2+} も高い。イベント SE 1-2 の部分では A フラクションの Cl^- が相対的に高くなっており、またその直下の部分で A フラクションの Cl^- , Na^+ および Ca^{2+} と B フラクションの Mg^{2+} が高い値を示している。これらのことから、SD 1-1 においては、イベント SE 1-2 の部分で海水が流入した可能性が強く、イベント SE 1-1 の部分も海水が流入した可能性がある。

SD-2 では、イベント SE 2-1 以浅で A フラクションの Cl^- および B フラクションの Ca^{2+} が相対的に高濃度

で、イベント SE 2-1 直下で A フラクションの Na^+ もやや高い。イベント SE 2-2 の部分では各成分とも相対的に低い濃度を示す傾向がある。したがって、SD-2 においては、イベント SE 2-1 の部分では一応海水が流入した可能性があるが、イベント SE 2-2 では明確ではない。

SD-3 では、イベント SE 3-1 の部分で A フラクションの Na^+ が相対的に高く、その直下でも A フラクションの Cl^- , Na^+ および B フラクションの Ca^{2+} が高く海水の流入が考えられるが、イベント部分の Cl^- が低いことから、流入した海水がその後陸水で希釈された可能性がある。

d) 堆積物の年代

Fig. 11 に ^{14}C 法による年代測定結果を示す。

SD-1 では、火山灰直上層の有機質泥は 750 ± 90 yBP (A.D. 1200 ± 90 年) で、考古学的に火山灰が A.D. 870 ~ 934 年と推定されていることと矛盾しない。

イベント SE 1-1 は、A.D. 1200 ± 90 年の有機質泥の上に厚さ約 10 cm の泥を挟んで存在しており、厚さ 15 cm の表土の直下に位置していることから、A.D. 1200 ± 90 年以降の現象と考えられる。

また、イベント SE 1-2 の直下の砂まじり泥炭質泥は

Fig. 10. The results of the mechanical analysis. Solid line (A fraction), the component which is dissolvable in water. (The saline which is dissolvable in water in interstitial water.); Broken line (B fraction) The component which is dissolvable in acetic acid. (Particulate carbonate).

1360 $\pm$ 100 yBP (A.D. 590 $\pm$ 100 年) で、貞観 11 年 (A.D. 869 年) よりはかなり古い。イベント SE 1-2 の直下の堆積物は貞観 11 年よりも前のものとなっているが、直上部に成層して分布する火山灰が降下堆積したものであることから、イベント SE 1-2 は火山灰の降下年代に近い年代の現象と判断するのが適切であり、A.D. 870~934 年直前の現象を示すものと考えられる。

SD-2 では、火山灰とイベント SE 2-1 の間の薄い腐植泥が 1060 $\pm$ 90 yBP (A.D. 890 $\pm$ 90 年)、イベント SE 2-1 の直下の腐植泥は 1340 $\pm$ 90 yBP (A.D. 610 $\pm$ 90 年) となっており、測定年代の平均値に基づけば、火山灰の降下年代は A.D. 890 年以降であり、イベント SE 2-1 は A.D. 890 年の少し前の現象である。

また、イベント SE 2-2 は、A.D. 610 年よりもかなり前の現象を示すものと考えられる。

SD-3 では、イベント SE 3-1 の直上部の腐植泥が 1610 $\pm$ 90 yBP (A.D. 340 $\pm$ 90 年) ~1770 $\pm$ 100 yBP (A.D. 180 $\pm$ 100 年)、直下の泥炭が 1980 $\pm$ 100 yBP (B.C. 30 $\pm$ 100 年) ~2350 $\pm$ 140 yBP (B.C. 400 $\pm$ 140 年) であり、その年代が直上部に近いとしても A.D. 340 $\pm$ 90 年以前の現象を示すものとなっており、貞観 11 年からは遠く隔たっている。

e) 坪掘り調査結果のとりまとめ

各坪掘り調査地点についての調査結果を Fig. 12 にとりまとめて示すが、検討結果を地点別に述べるとつぎの

Fig. 11. Measured age by ^{14}C method and volcanic ash's age. About SD-3, considering the error of the measurement, measurement of the age by ^{14}C method was done at each two points above and under the layer of sand.

Fig. 12. Judgement of the trace of tsunami and it's reason about each event. ◎, means a sure trace of tsunami; ⊘, means that the event is supposed to be a trace of tsunami.

とおりである。

i. SD-1

SD-1 では、堆積相の相違から 2 枚の砂層をイベントとした。

各イベントはその上下よりも含泥率が低く、また粒度分布上は 2ϕ 付近に単一の極大ピークを有する砂丘砂からなっている。

化学組成上は、海水のおもな成分のうち、イベント SE 1-1 の付近では Cl^- , Na^+ および Ca^{2+} が高く、イベント SE 1-2 の部分あるいはその直下では Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} および Mg^{2+} が高いことから、海水が流入した可能性がある。

したがって、2つのイベントは、その堆積相、物理特性および化学組成からは、津波の痕跡の可能性はある。

さらに、これらのイベントの年代測定結果から、イベント SE 1-1 は、慶長 16 年 (A.D. 1611 年) 津波の痕跡の可能性があり、イベント SE 1-2 は、貞観 11 年 (A.D. 869 年) の津波の痕跡と判定される。

ii. SD-2

SD-2 では、堆積相の相違から 2 枚の砂層をイベントとした。これらのイベントはその上下よりも含泥率が低く、粒度分布上は 2ϕ 付近に単一の極大ピークを有する砂丘砂とみなされる。しかし、化学組成上は、上位のイベント SE 2-1 はその付近あるいは直下で Cl^- , Na^+ および Ca^{2+} が相対的に高く、海水が流入した可能性があるものの、下位のイベント SE 2-2 は、海水の主成分をなす Cl^- および Na^+ が相対的に低く、海水が流入した可能性が薄いと考えられる。

したがって本地点では、堆積相、物理特性および化学組成からは、イベント SE 2-1 が津波の痕跡の可能性はある。

さらにこのイベントの年代測定結果から、イベント SE 2-1 は貞観 11 年 (A.D. 869 年) の津波痕跡と考えられる。

なおイベント SE 2-2 は、坪掘り調査における堆積相の相違から一応イベントとして調査・試験を実施したが、簡易土壌観察調査に基づくこの砂層は埋没浜堤であり、イベントの性格を有するものではないと考えられる。

iii. SD-3

SD-3 では、堆積相の相違から 1 枚の砂層をイベントとした。このイベント SE 3-1 では、含泥率がその上下よりも相対的に低く、粒度分布上は 2ϕ 付近に単一の極大ピークを有する砂丘砂からなっている。

化学組成上は、イベントの部分あるいはそれよりも下部で Cl^- , Na^+ および Ca^{2+} が高く、海水が流入した可能性が考えられる。

したがって、堆積相、物理特性および化学組成からは、イベント SE 3-1 は津波痕跡の可能性はあるが、 ^{14}C 法による年代がその直上の腐植泥で A.D. 340 ± 90 年～A.D. 180 ± 100 年、その直下の泥炭で B.C. 30 ± 100 年～B.C. 400 ± 140 年であることから貞観 11 年の津波の痕跡ではなく、津波の痕跡を示すものとしても、記録が残される以前の古いものと考えられる。

f) 津波の侵入範囲について

上述の坪掘り調査結果および簡易土壌観察調査結果から、津波の侵入範囲を推定した結果を Fig. 13 に示す。

貞観 11 年の津波痕跡は SD-1 および SD-2 で確認されたほか、火山灰と砂の挟みの深さ関係から、藤田新田のほぼ真南に位置する測点 50 付近まで追跡できると考えられる。

なお、SD-2 のイベント SE 2-2 は、測点 75 付近から

Fig. 13. The profile (SD-1~SD-3) of the test pit investigation and the soil research stick. Volcanic ash and the layer of sand under it can be traced intermittently from the number of the measured point 122 to 50's neighborhood.

85 付近にかけて存在する埋没浜堤の一部と考えられ、イベントの性格を有するものではない。

c. 痕跡高の推定

以上の 2 つの手法で津波の侵入範囲を検討した結果をまとめると、津波の痕跡は標高が低い方から藤田新田付近まで断続的に確認でき、それより西側（内陸側）では確認できないことから、津波の最大遡上地点は、藤田新田付近との結論を得る。

藤田新田の現在標高は約 2.6 m であり、遺跡の発掘深さから圧密沈下量は最大 0.5 m ぐらいと推定されることから、藤田新田の当時の標高は 2.6~3.1 m ぐらいと考えられる。

よって、ここでは貞観 11 年の津波の痕跡高として、河川から離れた一般の平野部では 2.5~3 m で、浸水域は海岸線から 3 km ぐらいの範囲であったと推定する。

藤田新田は海岸線から 3 km ほど内陸に位置しており、この辺まで浸水したということは、仙台平野全体としてみれば、河川に沿った低地や浜堤間の後背湿地など広範囲にわたって浸水したことは疑いなく、海岸付近ではおそらく数 m 上回る津波高に達していたものと思われる。

また、藤田新田と海岸線との間には数本の浜堤列があり、津波はこれらを越えて遡上し広範囲に浸水したと考えられることから、津波の特性としては、越流により多くの流量を供給できるような周期の長いものであったと

推定される。

§ 4. 考 察

貞観 11 年の津波の痕跡高が、仙台平野の一般部で 2.5~3 m ぐらいであった場合、日本三代実録の記述と矛盾しないかどうかについて考察する。

1) 津波がたちまち城下に至ったこと。

当時七ヶ浜町湊浜に市川が注ぎ、河口は港の形状を備えており、舟で川沿いに多賀城付近に達することができたと考えられる。

現在地形においても途中の地盤標高は低く、国道 45 号線付近で 2.5 m、八幡付近 2 m、多賀城付近 3~4 m であるが、当時の生活面は現在より低いこともあって津波は市川を伝って多賀城に至り、周囲に溢れ、汀線から押し寄せる浸水とぶつかり渦巻く怒濤と化したと考えられる。

2) 仙台平野が見渡す限り水没したこと。

海岸線から幅 4 km は、土地が 2~3 m 台と低く潰滅的な状況を呈したと考えられる。この状況はさらに南の名取郡も同様であり、数本の浜堤列の間の低湿地や水田は沼沢と化し、多賀城から遠望される仙台湾の惨状は涯なしと見えたと思われる。

3) 約 1,000 人が死んだこと。

多賀城付近には兵士が 500~1,000 名常駐し、その家族も居住していた。多賀城南の生活面の標高は 2~2.6

m ぐらいであり、城下町があったと考えられている。これらの人数は数千人に及んだと考えられる。多賀城付近では汀線から押し寄せる浸水のほかに、市川を伝ってくる津波の水流で、伝承が伝えるように、ことのほか被害が大きかったものと思われる。

班田収受の法が行われた七北田川・名取川間の条里の存在から、多賀城・苦竹間にも条里が存在し相当数の住民が住んでいたと推定され、このうちの数割は標高 3 m 以下に居住していたと考えられる。

当時の東北仙台は相当繁栄しており、標高 3 m 以下の浸水域に居住する人数は数千人いたと考えられ、夜間に発生した津波という悪条件が重なり、約 1 千人死んだのはありうることといえる。

4) 舟運や水田の存在

前述のとおり、存在した。

以上に述べたように、平野の一般部で 2.5~3 m の痕跡高としても日本三代実録の記述と矛盾しないことから、前述の津波痕跡高の推定結果は妥当なものと判断される。

§ 5. 補 記

三陸の大津波といえばこの他に昭和 8 年（1933 年）の津波、明治 29 年（1896 年）の津波および慶長 16 年（1611 年）の津波がある。

明治 29 年の津波についての仙台平野沿岸での津波高の記録はない。

昭和 8 年の津波については、地震研究所（1934）によれば『仙台平野沿岸の津波高は 1.0~2.4 m であり、海岸沿いの砂丘は越えなかった。』としていることから、津波の規模は貞観 11 年の方が大きかったものと考えられる。

慶長 16 年の津波は、昼の 10 時頃発生し伊達領の死者は 1,783 名であり、羽鳥（1975）によれば『仙台平野南方部に位置する岩沼の千貫神社（阿武隈川沿いで、海岸から約 7km 内陸に位置する）まで津波が遡上したことから、津波高は 6~8 m であった。』としている。

また、この津波に関する興味深い伝説として、寺嶋（1984）は『霞の目（藤田新田の内陸約 2 km に位置する）にある浪分神社で津波の波が二つに分れた。また、岡田は 8 日間海水によっておかされた。』としている。

貞観 11 年の津波の海岸付近での津波高は内陸部の痕跡高 2.5~3 m を数 m 上回るものであったと推定される。津波高および浸水域などを比較すると慶長 16 年の津波の方が規模としてはやや大きかったと考えられるが、貞観 11 年の津波も昭和 8 年の津波の規模をしのぐものであったことは疑いなく、既往の研究者が述べているように慶長 16 年に匹敵するような大津波であったと

思われる。

謝 辞

故東北大学名誉教授の伊東信雄氏には、考古学的所見に基づく手法での検討にあたり、有益な所見と助言を頂きました。また、堆積学的検討に基づく手法での検討には、東北大学の箕浦幸治氏および弘前大学の中谷 周氏にご協力を頂きました。ここに記し、感謝の意を表します。

文 献

- 大日本帝国陸地測量部, 1911, 1/5 万分地形図（岩沼）
- 大日本帝国陸地測量部, 1912, 1/5 万分地形図（仙台）
- 大日本帝国陸地測量部, 1930, 1/2.5 万分地形図（仙台東南部）
- 大日本帝国陸地測量部, 1931a, 1/2.5 万分地形図（三軒茶屋）
- 大日本帝国陸地測量部, 1931b, 1/2.5 万分地形図（荒浜）
- 羽鳥徳太郎, 1975, 三陸沖歴史津波の規模と推定波源域, 地震研究所彙報, 50, 397-414.
- 今村明恒, 1934, 三陸沿岸に於ける過去の津波に就て, 地震研究所彙報別冊第 1 号, 1-16.
- 伊東信雄, 1957, 宮城県史 1 古代史, 宮城県史編纂委員会, 171 pp.
- 伊東信雄, 1973, 古代東北発掘, 学生社, 222 pp.
- 伊東信雄, 1979, 仙台郷土史の研究, 宝文堂, 306 pp.
- 地震研究所, 1934, 三陸地方津波に関する論文及報告, 東京帝国大学地震研究所彙報 別冊 1, 38-214.
- 気象庁, 1967, 宮城県 60 年間の異常気象（1901~1960 年）, 気象庁技術報告第 56 号, 120-137.
- 桑原滋郎, 1984, 日本の美術 第 213 号 多賀城跡, 至文堂, 90 pp.
- 松本秀明, 1984, 沖積平野の形成過程からみた過去一万年の海岸線変化, 宮城の研究 1 考古学編, 清文堂, 7-52.
- 箕浦幸治・中谷 周・佐藤 裕, 1987, 湖沼底質堆積物中に記録された地震津波の痕跡—青森県市浦村十三付近の湖沼系の例—, 歴史地震第 2 号 第 40 巻, 東京大学 地震研究所, 183-190.
- 三塚源吾郎, 1937, 多賀城六百年史, 宮城県教育会, 126 pp.
- 白鳥良一, 1980, 多賀城跡出土土器の変遷, 宮城県多賀城跡調査研究所研究紀要 VII, 宮城県多賀城跡調査研究所, 31-32.
- 寺嶋修二, 1984, 高砂の歴史, 仙台市高砂老人クラブ連合会, 568 pp.
- 宇佐美龍夫, 1987, 新編日本被害地震総覧, 東京大学出版会, 434 pp.
- 山田一郎・庄子貞雄, 1981, 宮城県に分布する新期の灰白色火山灰について, 日本土壌肥科学雑誌第 52 巻 第 2 号, 日本土壌肥科学会, 155-158.
- 吉田東伍, 1975, 日本歴史地理之研究, 復刻版, 富山房, 1, 012 pp.