

1983年日本海中部地震における能代市周辺の地盤災害

伊 藤 驍・福 岡 政 弘*

General Report on the Ground Failure in and around Noshiro-shi, Akita-ken, Japan, caused by the Nihonkaichūbu Earthquake in 1983.

Takeshi ITO and Masahiro FUKUOKA*

(昭和58年10月31日受理)

On May 26, 1983, a severe earthquake occurred offshore Akita-ken with a magnitude of 7.7. A thousands of houses between Akita-shi and Noshiro-shi were destroyed.

In this paper the writers described the profile of historical ground formation, and characterized the damage by following features.

- (1) The damage to structures caused by this earthquake were resulted mainly in liquefaction which is accompanied with sand jetting.
- (2) Notable damage of the houses and ground cracking were concentrated on the newly developed ground on the marsh and old river trace.
- (3) Thick sand formation, high ground water table, and a trace of fault accelerated the damage.
- (4) Distribution of the damage on the small N-value of the ground (within 10) and the level of ground water table within 3 m from the ground surface is most worthy to note.

1. ま え が き

昭和 58 (1983) 年 5 月 26 日正午頃、秋田県能代沖約 90 km の海底でマグニチュード M=7.7 の地震が発生した。これによって秋田・青森両県は著しい震災を受けた。さらに北海道から山口県に至る日本海沿岸には津波が襲来した。この地震によって、秋田県の死者は 83 人 (全国計 104 人)、負傷者は 265 人 (全国計 324 人) を数えた。犠牲者の大部分はこれまで日本海側に大きな津波はないといわれていた津波による。しかし陸上での被害も大きく、住家の損壊は秋田県だけでも 6639 棟に達し、農林水産関係、土木施設をはじめ、交通機関やガス・水道が遮断するなど、被害はライフラインを越える範囲まで広がった。こうした被害状況を表-1 に示す。この表に見られる住家など構造物被害の多くは、地盤の特性に起因しているのが今回の地震の大きな特徴である。筆者は地震発生以来十数回にわたり現地調査や資料収集を行なったが、現在もなお調査を続けている。被

害の内容は表-1 のように多岐にわたるため、本文では構造物被害の特徴が特定の地盤条件にあることより、この被害の最も大きかった能代市や若美町などの地盤災害の特徴について調べ、とりあえず災害の状況や特徴を概略的にとりまとめたので報告する。

表-1 1983 年日本海中部地震における秋田県の被害状況 (1983年 7 月 20 日現在)*

区 分	数 量	区 分	数 量
人 花 弁 人	83	目 損失・埋没 住 家 ha	496
的 行方不明者 人		文 教 施 設 建 物	272
数 傷 害 人	54	工 業 施 設 建 物	29
害 損 壊 人	211	運 送 路 線	670
全 壊 棟	1,132	堤 防 よう 建 物	84
半 壊 棟	1,189	河 川 建 物	198
住 家 人	4,610	海 濱 防 護	125
一 部 破 損 棟	2,632	砂 防 護	41
半 壊 棟	2,713	電 力 施 設	17,563
住 家 人	10,125	ガ ス 施 設	14,905
一 部 破 損 棟	2,875	水 道 施 設	22,187
住 家 人	2,943	農 林 水 産 施 設	9
住 家 人	10,662	破 壊 ず れ 建 物	72
住 家 人	65	軌 道 不 通 車 両	19
住 家 人	65	通 信 設 施 建 物	681
住 家 人	220	通 信 設 施 建 物	622
住 家 人	277	石 づ け 等 建 物	1,295
住 家 人	275	自 動 車 台	71
住 家 人	932	住 家 建 物	42
住 家 人	567	市 山 建 物	49
住 家 人	1,197	農 業 水 路	562
住 家 人	177	堤 防	54m (得回堤防を含む)
住 家 人	2,643		

* 秋田ボーリング株式会社代表取締役

* 秋田県消防・民防課の資料による

1983年日本海中部地震における能代市周辺の地盤災害

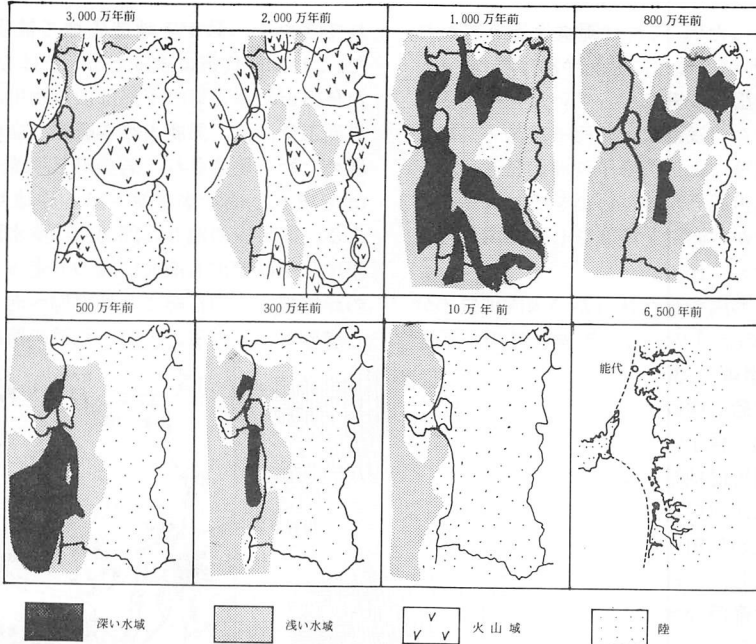


図-1 秋田県の海陸の変遷 (秋田県立博物館の資料を描き直したもの)

2. 地盤の形成と被害状況

この地震による土木施設の被害は、秋田市から能代市に至る沖積低平地の砂地盤や盛土造成地、地下水の高い軟弱地盤上にみられ、青森県でも同様に津軽平野の沿岸や沖積層に集中的に生じていた。そこでまずこのような地盤を形成してきた背景を秋田の場合について概観することにする。図-1はこの様子を示している。

まず3000万年前は現在の日本海域一帯は火山活動が活発な時代で、いわゆるグリーンタフが厚く堆積した。2000万年前になると、日本海域の沈降が始まり、内陸に多数の湖水域が形成され温帯北部の気候から温帯南部か亜熱帯の多湿気候に変わった。そのため硅化木化石が多く出現する。1000万年前は秋田県はほとんど海底に沈み、秋田・能代は共に深海の底に埋没していた。この頃に魚の化石を含む硬い泥岩や黒色の泥岩が多く、日本海域の油田が形成されたと考えられている。800万年前には激しい地盤の隆起がみられ、太平洋側から陸が姿を現わす。500万年前になると海は全般に浅くなり、秋田県の東半分は陸地になっている。500万年前には日本は大陸と分離し朝鮮海峡が現われ日本海に暖流が流れ込む。現在日本海に平行に並ぶ褶曲や断層はこの頃できた(図-4参照)と考えられ、これに伴って秋田の油田も

帯状に分布したと推定される。10万年前は再び隆起して大陸と陸続きになり、日本海は湖のようになる。陸ではナウマン象が往来していた形跡がみられ今のような高い脊梁山脈はなかったので秋田に深い雪は降らなかった時代である。6500年位前は世界的に温暖な気候区が形成され極地の氷が融けて今から6m

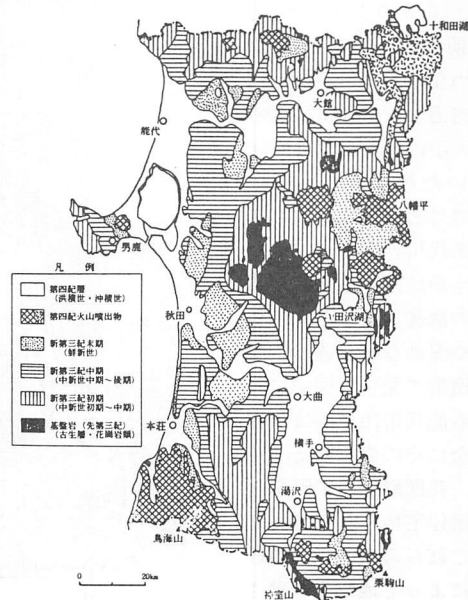


図-2 秋田県の地質図²⁾

ほど海水面が高かった¹⁾。これは縄文海進と言われているが、図からわかるように男鹿半島は離れ島に、秋田・能代周辺は広い浅瀬になっていたと推定される。従って、これらの浅瀬には北西モンスーンによる漂砂現象や海退等によって海岸砂洲が発達し、トンボロが形成され男鹿島が陸けい島を成し海水面の上下をくり返しながら潟湖を閉塞させ八郎潟ができたものと考えられる。

このようにして形成された秋田県の構成地質の分布をみると図-2²⁾のようである。男鹿半島の一部を除く秋田県の海岸線(230 km)は、ほとんど砂で構成され、内陸の浅瀬(横手方面)には長年の寒冷湿地帯の水草木の腐植土が泥炭化して分布し、これが秋田・能代方面まで点在し、八郎潟には数千年間の静穏な水でヘドロが厚く堆積した。従って図中の沖積層は軟弱地盤で、砂の互層が厚く被覆している地域であり今回の地震で最も地盤の被害が大きかった。被害は能代市、八竜町、若美町、脇本等に集中したがこれを古地図で見ると図-3のようである。90年前の地図なので、詳細は把めないが、以前は能代市浅内沼から米代川に至る所に大小の沼が南北に点在していた様子がわかる。かってここに流水路が存在し、米代川と合流していたかどうかは不明であるが、今回の激甚災害はこうした沼地や湿地など一連の造成住宅地帯で発生し図中に見られる能代市出戸沼は現在は完全にその姿を変え、昭南町、花園町、松美町などの分譲住宅地として分布する。これらの地区では噴砂現象によって地下水を噴き上げ床下浸水を引き起こした。宅地造成に良いと言わ

れてきたその砂が宅地造成地で被害の元凶になった。これは能代市に限ったことではない。被害のあった秋田市新屋元町の下部は旧雄物川の川底であり、男鹿工業高校、男鹿市脇本駅前の崩壊住宅は沼地を埋めた所に建造され、若美町五明光の被害地区は1 mも掘ると地下水が湧き出る砂地盤の厚い地域である。同町玉の池も八郎潟西部承水路寄りに被害が集中し噴砂噴泥も南北に幾つも走っていた。秋田港の岸壁被害も旧汀線より外海側へ向って南北に陥没し噴砂がみられる。一方、鉄道の路肩崩壊現場でも

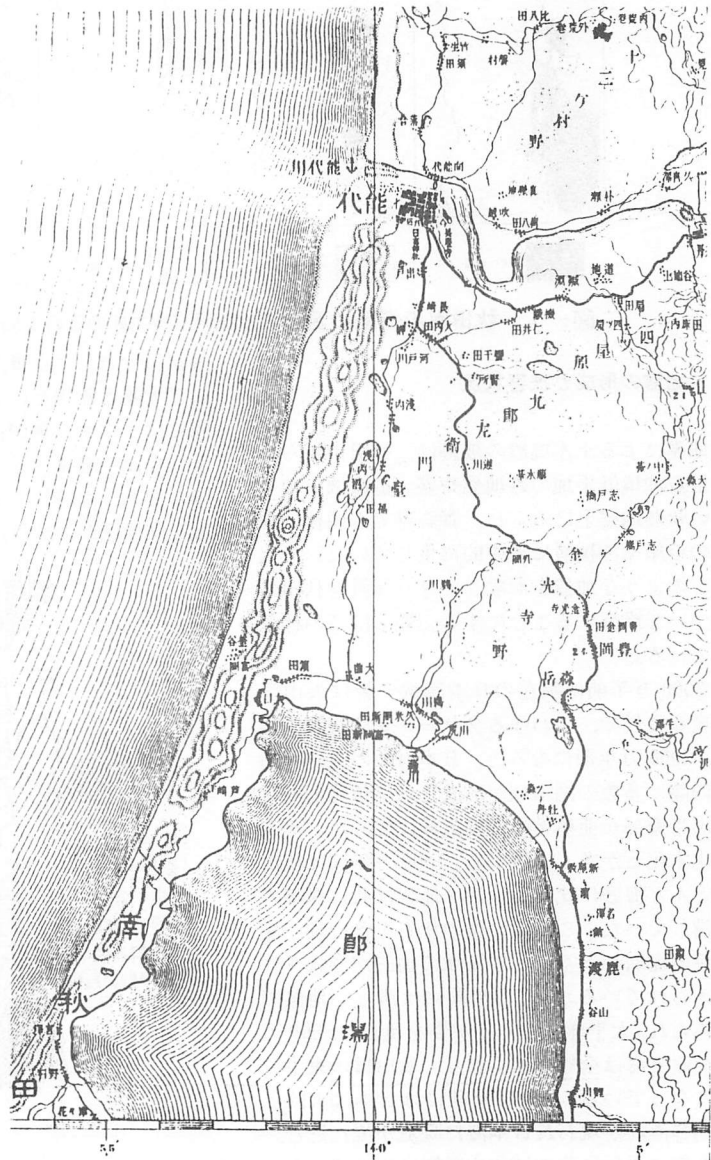


図-3 農商務省地質調査所発行の1893(明治26)年の能代市周辺

南北にしわが寄って滑っていることが判明した。このことは地盤に対し西から東へ力加わったということを示す。被害を受けたところは互いに共通要素をもち、褶曲や断裂系も、図-4 (狩野³⁾の資料に若干補足した) に示すようにほとんど南北に走っている。今回鉄道被害の大きかった南能代～北金岡間は南北に走る潜在南能代断層線に極めて近い所であり、被害のあった森岳には森岳断層が存在している。一方能代の被害地域も潜在断層に沿っている。さらに五明光や玉ノ池は琴浜背斜と申川背斜の中間に位置し低平で地下水を貯留し易く、地下水位の高い地域である。

3. 液状化現象について

今回の被害の主因は、地盤の液状化現象であった。そこで、その発生位置と地盤の関係について述べる。

液状化現象のメカニズムについてはすでに土質力学で解明されているが、これがクローズアップされたのは新潟地震 (1964 年) 以来である。この現象は古くから観察され史書にも記録されている。例えば、1694 (元禄 7) 年に、能代に大地震が発生し、噴砂噴泥の伴った液状化現象が随所にみられた。湿地帯から野の代に代った野代が洪水など度重なる自然災害で能代となったのは 18 世紀初頭である。しかしその後 1804 年の象潟地震で噴砂がみられ、1896 年の陸羽地震、1914 年の強首地震、1939 年の男鹿地震でも今回とほとんど同じ場所で再び液状化した。さらに 1964 年の男鹿沖地震 (5 月) 及び新潟地震 (6 月) では八郎潟干拓提防が著しく液状化し大被害を蒙っている。その後、十勝沖地震 (1968 年) でも八郎潟でこの現象がみられたが、液状化現象は全て沖積層で生じていた。

今回の震史からの距離を考えると、地盤に液状化を生じさせるマグニチュード (M) との関係は、距離 (R km) の上限値をとると、

$$\log R = 0.77M - 3.6$$

となり、青森県十三湖付近が上限距離とされている⁴⁾。しかし実際は、青森駅構内や酒田市でも発生しており、若干のズレがあった。砂の均等係数はいずれも 5 以下でシルト、粘土分の含有率は 10% 以下である。このことは秋田・青森両県で変わらない。このような液状化現象のうち、噴砂現象の発生状況を各地の報告より整理すると、

- (1) 家全体がねじられ、ふり回されて、地表のゆ

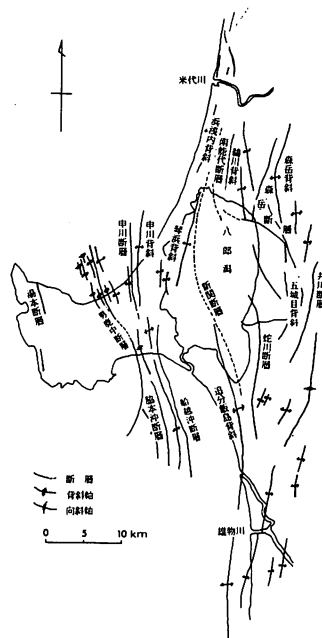


図-4 秋田-能代間の断裂系³⁾

れがおさまった頃、水がゴボゴボ噴出した。

- (2) 電柱の場合、スポンとめり込んだと同時に猛烈な勢いで柱の周りから噴水した。

このことは上載荷重と地下水の間ゲキ水圧に関係がある。即ち、砂のせん断抵抗は地層の内部マサツ角と有効応力で決定されるが間ゲキ水圧が過剰に上昇するため有効応力はゼロとなり、粘着力のない砂は液体のようにふるまう。住宅の密集地帯で噴砂量が多いのは、単に地盤が緩んでいたばかりではない。締っていても地下水位が高ければ震度 4 以上で発生する。また過去の地震で砂の密度が増していても再び発生することがある。従って噴砂現象は単に砂の密度や水位や構成粒子だけの問題ではない。例えば八郎潟堤防のようなヘドロの上の砂置換構造物は、その下位に震動に鋭敏な粘土層があれば、それで液状化を示すこともある。一方上載荷重が大きければ被圧された地下水は砂と共に地割れや構造物の側に沿って噴出したり、構造物を持ち上げる。即ち建物の密集地帯やオイルタンクの周囲や側溝などにおいて噴砂量が多いのはこのためである。

五明光や玉ノ池地区は、昭和 42 年にビニール水田を導入し、地下 1 m にビニールを敷いて水田を開墾した。このビニールは地震震動によって被圧水帯を形成し、水田の下部はこの被圧水の圧力が過剰に増大しビニールの弱部を突き破ってサンドボルケーノ群を形成し、湛水能力を失った。写真-1 は五明光に

おけるこの現象を示す。玉ノ池や五明光及びその北部にはこの現象が多いがこの南側で被害が少ない。そこでこれを図-5によって説明する。

今、申川一宮沢一しちぼう岬を結ぶ砂丘砂と潟西層の境界線に注目する。今回の被害の分布をみると、この線の北側に被害が多く南側に少なくなっている。北側で多い理由の一つに次のことがあげられる。例えば五明光ではこの線とほぼ平行に断裂帯が発生し、この地盤の亀裂は1939年の男鹿地震の場合と全く同じ場所に生じていたという。このことは五明光の下位には活断層が存在することを意味するものと思われるが、地質図や図-4にはそれが見当たらない。また南側は礫の混合地層の存在が、被害の大小を分けたとも考えられるが、このことは大潟村の庁舎等の総合中心地といわれる位置にもみられる。ここは前記の延長線の南側（しちぼ崎の東）にあり、しかも湖底が浅く干拓前から礫層の存在が確認され、ヘドロの少ない地盤であり、被害は軽微ですんだ。さらに野石～福米沢間の土花は1939年の男鹿地震でも今回の地震でも被害はない。現地のボーリング柱状図がないので地盤の特殊性についてはわからないが、他の地点の柱状図があるのでそれを図中に示した。付近一帯は潟西層の上部を覆う沖積層で砂、粘土、砂利が混在している。しかし密度は小さく含水比が高く表面砂も均等係数の小さなもので特に強い地盤ではない。しかし五明光は全域厚い砂丘砂で覆われ、全体が潟側へ押されて表層すべりを起こした形跡がある。また下位の沖積層は西側で厚く東側で薄くなっている。この関係は男鹿半島北部から能代に至る区間で共通している特徴である。被害の多かった黒岡も厚い砂丘砂に立地する。また能代市の柱状図によると、能代市は海側に緩傾斜をもつ数層の地層が帯状に堆積している。さらに能代市中川原のボーリング試堀結果（昭和30年5月）によると⁵⁾、65m位まで第四紀沖積層、洪積層で、333mまで第三紀潟西層（砂及び礫混じり）、鮎川層（砂岩）それより下部507m付近まで青灰色凝灰質砂質泥岩が卓越し、この深さで脇本層の上部を形成している。ボーリング結果の概略を図に記入した。かなり厚い米代川堆積層をもつ。液状化現象はこのような沖積層の厚さと関係があるとされている。しかし黒岡では基岩の潟西層、鮎川層が浅かったが被害は大きく、すべった形跡がありこの関係は一概に成立していない。また能代市内の踏査より、地割れや噴砂のあった部分をプロットすると、図6のようである。図には国道、県道、市道の損壊箇所も記入した。被害は

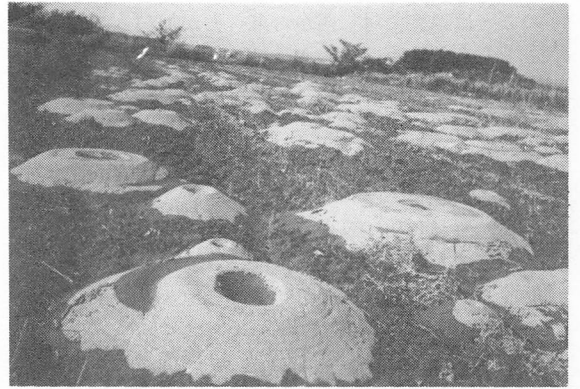


写真-1 サンドボルケーノ（若美町五明光で）

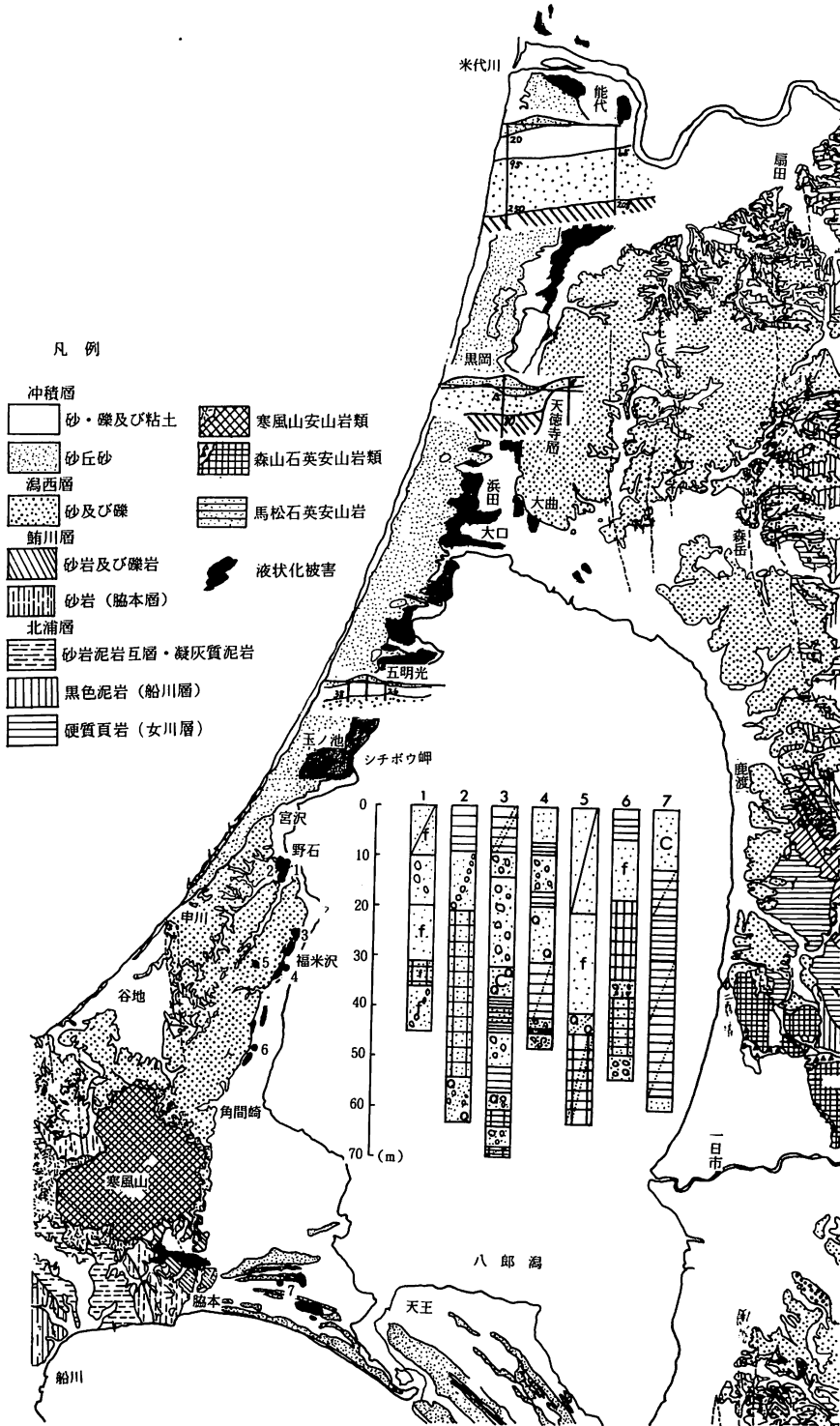
ほぼ南北に延びているが、青葉町～松美町の地盤のキレツ形態をみると、北東に表層すべりを起こして、すべりブロック内で噴砂が多くこれは水路や湿地などの高地下水位のところに集中していたのが目立つ。このようなことから被害の発生し易さを推定すると、表層地盤の形成年代、地下水位、地盤材料の混合状態、その締め固まり具合やわずかな傾斜などに左右されており、従来から指摘されていた点と同じである。ただ能代市内の深層地盤については上記のような油井ボーリングが2,3みられるにすぎないので詳細は不明である。今後地盤の調査研究が大きな課題となるが、ここではその基礎的調査としてボーリング柱状図より分析した結果を基に、能代市の特徴を述べてみる。

4. 能代市の地盤の特徴

能代市内のボーリング柱状図を約150本収集したが、今回地盤や住宅被害の大きかった中心地の柱状図は意外に数が少なかった。地震後、かなりボーリング調査が行なわれているが色々な理由から入手困難なため、ここではこれまで得られたものから2,3の特徴を以下に分析した。

図-7は能代市の東西・南北両断面を示す柱状図である。まず東西断面をみると、表層は概ね砂丘砂でその下位に粘土・シルト・砂分の沖積層が厚く堆積している。鉄道路線の周辺はややN値が大きい、10mの深さでN値が50に達する所は見当らず、軟弱層は厚いことがわかる。米代川周辺で砂礫層が多くみられたが、市街地では地表よりかなり下位になる。

1983年日本海中部地震における能代市周辺の地盤災害



図一五 八郎湾周辺の地質図³⁾, 災害分布図及びボーリング柱状図 (凡例は図一七に同じ)

一方南北断面の場合、市街地標高は10~20m前後である。しかし浜浅内背斜の東側向斜の低地(10m以内)に最近住宅地が開発されている。住宅地は河戸川より北部に集中するが被害地域は地下水位が高く砂層も厚い。昭南町、松美町、景林町などの激甚地帯は上部は砂丘砂でその下が水を含み易いヘドロや粘土質、さらにその下がシルトや細砂、礫などの混在したもので構成され地下10m前後の所に粘土層がみられる。これが地震のゆれに対して鋭敏に作用していたことが考えられるが、この地域に関するボーリング柱状図の数が少ないので今のところ断定できない。

また液状化の発生した地点の地震前と地震後のN値の分布図を図-8(a)に、市街地で液状化の発生した所(青葉町)の柱状図を図-8(b)に示す。図-8(a)をみると、明らかにN値が増加し密度が大きくなっていることがわかる。この密度の増加で地盤がどの程度沈下したかは不明であるが、特に-30~-40mの細砂層でも液状化があったとみられN値が増大している。しかもシルトや粘土混りよりも細砂層でN



図-6 能代市の地盤災害カ所

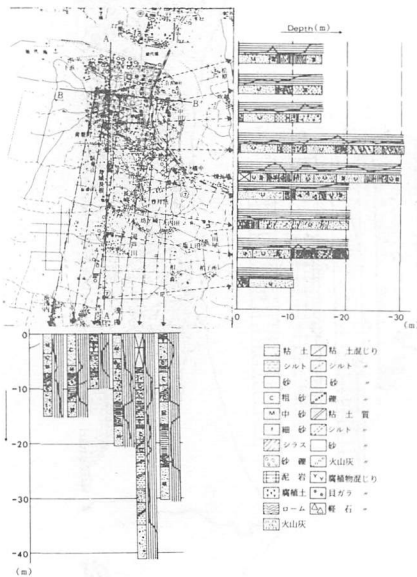


図-7 能代市内の土質柱状図

値が一様に増大し密度に関して他の土質よりも地震効果が著しく大きかったことがわかる。この地盤の上層及び-10~-20m間、-30~-40m間の土の粒度試験によると、均等係数はいずれも1~2の同質の細砂であり、均等係数が著しく小さいことが判明した。

またN値が10以内の超軟弱な地盤の深度を求め

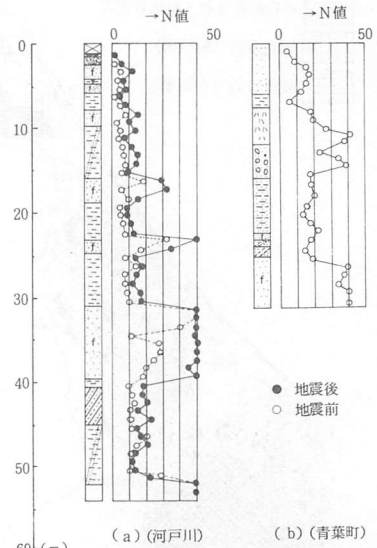


図-8 (a)は地震の前後のN値、(b)は噴砂現象のあった地点の柱状図

ると、図-9のようである。米代川の蛇行部より西側河口に沿った領域(能代駅西側)に比較的浅い部分があって地盤がや、丈夫であり、その西方は軟弱地盤が厚くなっている。この厚い部分で今回被害が大きかった。また市の南東部仁井田~大内田間の水路に沿った地域に著しく軟弱な地層が発達している。

さらに地下水位の分布を求めると図-10のよう

1983年日本海中部地震における能代市周辺の地盤災害

ある。掘さく年次、季節が同一でないため推定の域を出ないが、一応傾向があると思われる2, 3の点について述べる。まず、能代駅西側は地下水位が低く、その西側はや、高いが、さらにその西隣りはや、低くなる。栄町付近は地下水位が低いとその南西側に位置する昭南町・青葉町は著しく高くなっており、今回噴砂現象が著しかった。向能代は米代川沿岸を除けば地下水位は一般に低く、地盤も泥岩が分布するなど被害は少なかった。

一方、N値10以内の深度が著しく大きかった塩干田方面は地下水位が1m以内となっているが、ここは季節を問わずN値が小さく地下水位が著しく高く、米代川の氾濫原になっていた所である。このような結果は、今回の地震災害の分布と矛盾していない。このことから、能代市の災害は、地盤のN値や地下水位によってかなり説明できることが示された。

5. あとがき

秋田県能代沖で発生したM=7.7の日本海中部地震によってもたらされた災害のうち、取りあえず能代市周辺の地盤関係のみを調査し、概略的に取りまとめた結果について報告した。調査は現在も続けているが、本文で述べなかったライフライン関連施設と地盤との関係及び地盤マップの作製については、今後詳細に検討したいと考えている。

また、これら未解明な問題と共に従来の液状化判定規準と今回の地震での現象はどうか、もし同じ地震が発生したら防ぎきれぬ方法は何かなど、検討すべき問題は多い。本文で提示した幾つかの事例が、防災問題を考える上で少しでも参考になれば幸いである。

〔謝 辞〕

災害の資料収集にあたり、次のような機関の関係各位に大変お世話になりました。ここに記載し厚く御礼を申し上げます。

秋田県、秋田市、能代市、男鹿市、若美町、八竜町、峰浜村、八森町、東北地方建設局、秋田地方気象台、運輸省第二港湾建設局、東北電力、能代北高

引用文献

- 1) 三位：東北大学理科報告，特別号，No. 4，pp. 590-598，1960.
- 2) 秋田県：秋田の自然，p. 94，1975.



図-9 N値10以内の深度 (m)



図-10 地下水位の分布図

- 3) 狩野：秋田大学鉱山学部地下資源開発研究所報告，第 36 号，pp. 1~81, 1968. pp. 67-78, 1983.
- 4) 土木学会東北支部：土木学会誌，第 68 卷 9 号，
- 5) 能代市：能代市史稿，東洋書院，pp. 16-20, 1970.