

25. 仙台

－災害の危険が小さい河岸段丘上に誕生した都市

1. 自然環境と開発

仙台は広瀬川の広い河岸段丘上に伊達政宗がつくった城下町を母体としています。北・西・南の三方は低い丘陵で囲まれ、東南は活断層によるとう曲崖（長町－利府線）を境にして海岸低地（狭義の仙台平野）に向け開けています（図1）。東北地方を縦貫する奥州街道は、とう曲崖下の小扇状地上を南北に通じており、戦国時代まではこの街道沿いに集落が分布していました。広瀬川の出口のやや広い扇状地にはかなり大きな集落がありました。室町時代には七北田川北方の多賀城に国府がおかれ、ここが地域の中心になっていました。

奥州の地を平定した伊達政宗は、1601年に新しい城を青葉山丘陵北端の断崖上に築き、広瀬川対岸の段丘上に62万石の城下町を配置して、まちづくりを進めました。段丘面は幅3～4km、長さ6kmとかなり広くて台地状であり、広瀬川はこれを10～20mの深さに削り込んで流れています。表層には5mほどの厚さの砂礫層があり、その下は新第三紀の半固結岩です。したがって、洪水・土砂の危険はほとんどなく、地震の揺れも小さくなり、自然災害の危険性が小さい土地条件にあります。百万都市の中心部がこのような安全な土地に立地する例は他にみられません。正宗の土地選定の意図は分かりませんが、防災面からは賢明な選択であったといえます。

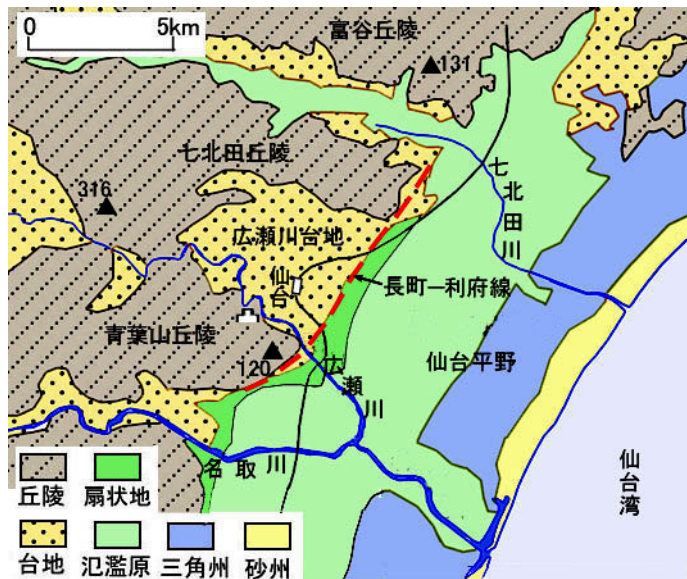


図1 仙台地域の地形区分

江戸時代を通じて仙台の人口は4～5万程度であったので、この台地面にはそれを収容する十分な余地がありました。明治期になって軍事都市となり、鉄道開通・港湾建設などに伴って商工業都市・行政都市・文化学術都市として発展し、人口および市域はしだいに拡大しました。1880年に5.5万人であった人口は、高度経済成長の始まった1960年には50万人へと増加し、市街地は広瀬川台地の周辺域に拡大しました。

市街拡大はまず緩起伏の七北田丘陵に向かい、1960年に公営の住宅団地建設が始められました。現在では台地と見まごうばかりのなだらかな地形に改変されています。全国の大規模住宅開発地の地形条件をみると、丘陵地が全体の35%であるのに対し、仙台地区では80%（1960年代に限ると95%）と非常に大きな値を示し、ここでは丘陵地開発が著しかったことが分かります。起伏がかなりある丘陵地の宅地化は、切土・盛土が大規模に行われることを意味し、地震および豪雨による土砂災害の危険を大きくする要因になっています。南方の青葉山丘陵は起伏がより大きく谷は深いので、平坦化のために谷部に厚い盛土が行われることになり、地震による大規模な地すべり発生をもたらしました。

海岸低地部の開発・利用は、新産業都市指定（1963年）や4号国道バイパスの開通などにより大きく進展し、工業団地・流通団地など商工業施設が相次いで建設されました。また住宅地もしだいに進出して2011年の大きな津波被害発生につながりました。

中心市街が載る広瀬川台地は、新第三紀層を基盤とし、それを覆う厚さ5mほどの礫層で構成さ

れています。礫層は広瀬川がおよそ6万年前～2万年前に運搬・堆積した扇状地性堆積層です。台地面の主部は、標高30～50m、平均勾配1/200で、広瀬川の侵食や活断層により変形してやや平滑さを欠きます(図2)。西縁には形成時期が最も古いと思われる比高20m、勾配1/50の扇状地があります。北部には小河川の梅田川が流れています。台地面上の河流はこれ以外にみられません。

広瀬川台地は西上がりの長町ー利府線断層帯の活動により隆起し、それに伴って生じる広瀬川の下方向侵食により段丘化しました。長町ー利府線には断層面は確認されておらず、地層が湾曲して盛り上がるというとう曲とされています。とう曲の垂直変位速度はおよそ0.4mm/年(4m/万年)と評価されています。とう曲崖の比高はおよそ10mあり、その低地側には勾配約1/80、比高10mの小扇状地が連続しています。

仙台海岸平野の幅は約10kmあり、その東半分(海岸寄り)の標高ほぼ3m以下の範囲が三角州性低地、西半分(標高

3～10m)は、広瀬川・七北田川の氾濫原性低地で、自然堤防がかなり発達しています。三角州性低地の海拔高は2～3mで非常に平坦であり、比高1mに満たない砂州列が形成されています。

沖積層の厚さは30mほどあり、その下部は砂礫層で構成されています。上部の砂泥層はN値が20～30とかなり硬くしまっています。ただし、氾濫原性低地には厚さ5mを超える泥炭層が分布しており、表層地盤条件を局部的に悪くしています。

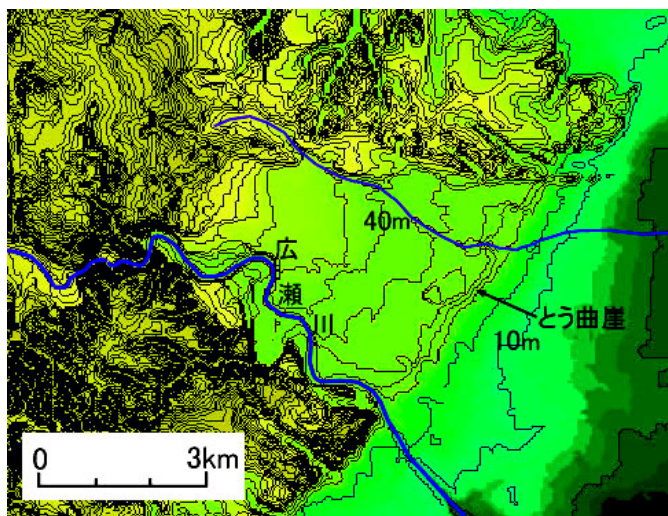


図2 仙台中心地区の地形(等高線間隔5m)

2. 地震災害

2.1 被害地震

牡鹿半島の東方沖では、宮城県沖地震と呼ばれるM7クラス地震がたびたび発生しています(図3)。最近200年間では、1978年(M7.4)、1936年(M7.4)、1897年(M7.4)、1861年(M7.4)、1835年(M7.3)、1793年(M8.2)と6回発生し、平均間隔は37年とかなり短く、地震規模は7.4程度です(1793年は連動地震)。仙台は震源から100kmほど離れているので、被害は一般にあまり大きくはなりません。しかし、

1978年地震では局地的な地盤条件を反映した大きな被害が発生しており、この地域では最も注意を要する地震です。今後30年以内に宮城県沖地震が発生する確率は99%と評価されています。

宮城県沖地震の震源域のさらに東方の日本海溝沿い海域では、M8～9の巨大地震が繰返し起こっています。震源は遠く離れているので1896年明治三陸地震、1933年昭和三陸地震のように津波被害が主となりますが、2011年東日本大震災のようにM9.0と超巨大規模になると、津波被害に加え強震動被害も大きくなります。明治および昭和の三陸津波では、牡鹿半島以北のリアス海岸で大き

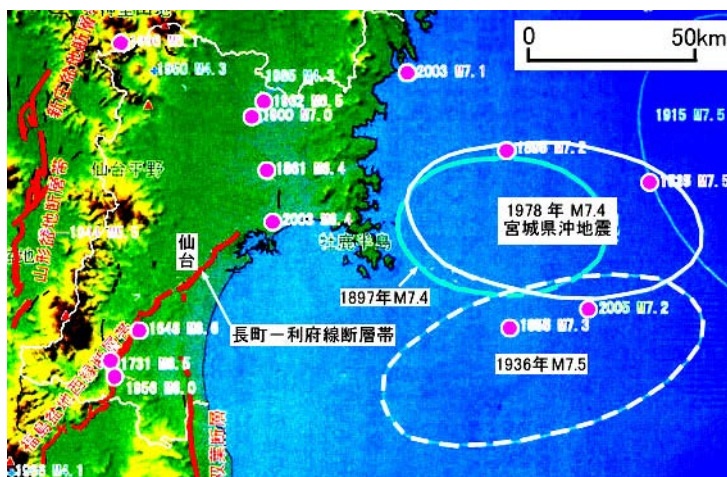


図3 被害地震の震央・震源域・活断層(地震調査研究推進本部)

な被害が生じましたが、仙台湾沿岸では被害の記録がなく、高い津波は来襲しなかったように推定されます。しかし、東北地方の太平洋岸は世界で最悪の津波危険海岸であり、大津波の再来は不可避ですから、それを前提にした沿岸低地利用が必須です。

陸域では、宮城県北部において2003年(M6.4)、1996年(M5.9)、1962年(M6.5)、1900年(M7.0)など、M6規模地震がたびたび起こっています。これらのほとんどは既存の活断層との関係が認められていません。仙台は50 km以上離れているので、震度は通常5弱までです。

広瀬川台地と仙台平野を区画する長町ー利府線断層帯が活動すると、まさしく直下の地震なので大きな被害が予想されます。断層の長さは17 kmで、この全域が活動すると地震規模はM7.0～7.5になります。平均活動間隔は3000年以上で、今後30年以内に発生する確率は1%以下と評価されています。内陸活断層としてはこの値はやや大きいものです。

広瀬川台地は数 m 以下のあまり厚くない砂礫層で覆われた岩石段丘といえる地形で、地盤条件は良好です。これは地震動の増幅のほとんどない基準的な地盤であり、周辺丘陵地と同じような震動増幅率を示します(図4)。海岸低地では沖積層厚は30 mほどあるものの、よく締った砂泥層および砂礫層からなるので、増幅率は台地・丘陵に比べ2倍程度とされています。ただし、氾濫原性低地にある泥炭層域では表層が非常に軟弱なので、増幅はより大きくなります。丘陵地では宅地造成による厚い埋土地において局地的に震動増幅が大きくなります。

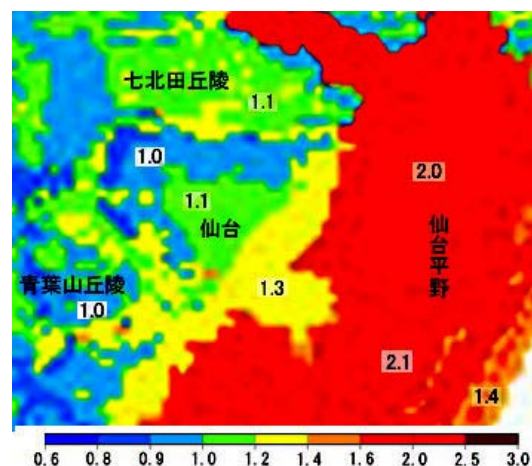


図4 地震動の増幅率(地震調査研究推進本部)

2.2 1978年宮城県沖地震

震源は仙台的東方120 kmにあり、地震規模はM7.4、仙台における震度は5でした。一般にこのような規模と震源距離の地震による被害はさほど大きくはならないのですが、仙台市(現在は市域になっている泉市も含める)の被害は、死者16、住家全壊809、半壊3,576などと大きく、全半壊率1.1%になりました。死者の11人は塀・門柱などの倒壊によるもので、ブロック塀の耐震強化が問題になりました。久しぶりの都市型災害で、ライフラインの破壊などによる都市機能の大きな障害が発生しました。なお、前回の宮城県沖地震である1936年地震は、地震規模および震源距離はほぼ同じで仙台的の震度は5であったのですが、被害はほとんどありませんでした。

1978年の被害は、大規模に地形改変されて新興住宅地となった七北田丘陵東部(主として泉市)と青葉山丘陵東部、および仙台平野の西縁地区で集中発生しました(図5)。

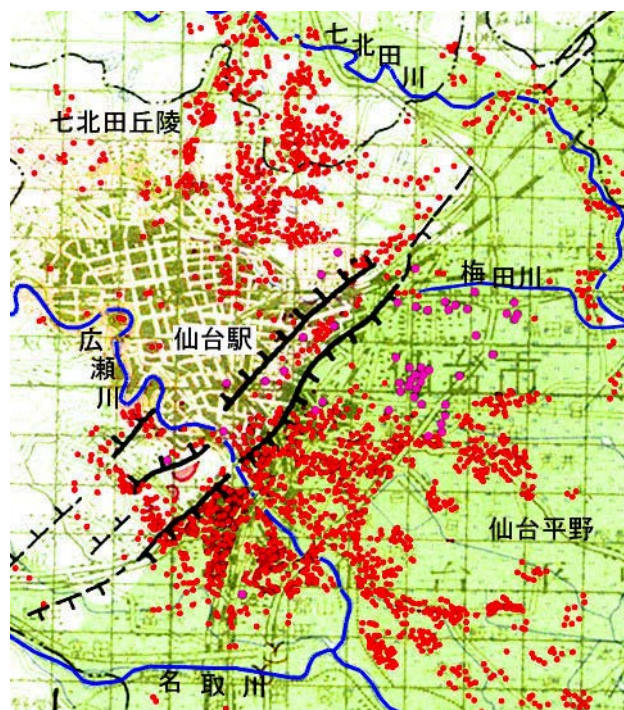


図5 1978年宮城県沖地震による建物被害発生箇所
赤：木造 ピンク：鉄筋コンクリート・鉄骨造
緑：低地 (国土庁，1983)

七北田丘陵では傾斜地宅地化によって出現する盛土と切土の境界部での被害発生が目立ちました。起伏の大きい青葉山丘陵南東部では、深い谷を最大で 20 m もの厚さに埋めて平坦地化したところで多数の地すべりが発生しました。この地すべり抑止は困難ということで、災害後 28 戸が住居移転を余儀なくされました。広瀬川の扇状地部で多数の木造建物被害が生じていますが、地盤条件以外に住宅密度がここで大きいことの反映でもあります。地盤は砂質なので液状化が起こった可能性もあります。梅田川の南方には商工業団地・流通団地がつくられていますが、ここには泥炭層が形成されていて表層が軟弱なので、鉄筋コンクリート造建物の被害が多数生じました。

建物被害規模から、最大震度は局地的に 6 弱であったと推定されます。一方台地部での被害は小さいものでした。明治 26 年当時に市域であった地区（ほぼ台地域）における建物全壊数は全体の 1%，昭和 22 年に市域であった地区では 8%，昭和 35 年の市街地区では 16% で、市街がより危険の大きい周辺地区に拡大してきたことをこれは示しています。

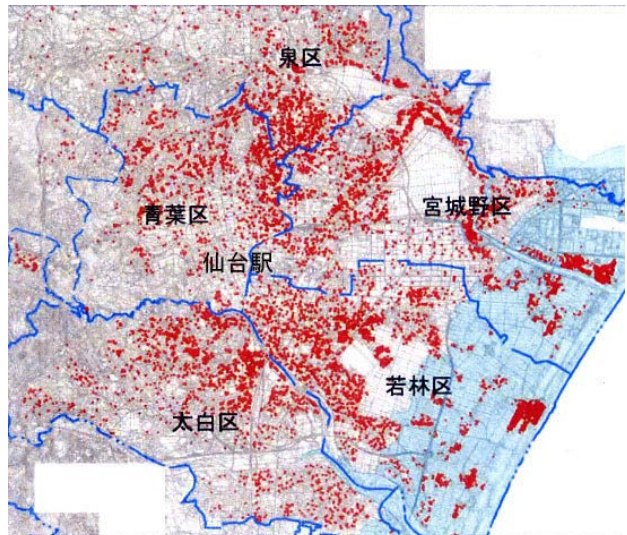


図 6 解体申請された損壊家屋の分布(東日本大震災)
(仙台市資料)

2.3 東日本大震災

仙台的東方 170 km を震源とする 2011 年東北地方太平洋沖地震は M9.0 と超巨大規模で、著しい被害を東日本全域に引き起こしました。仙台は最大震度 6 強（計測震度 6.4）の強震動および海岸での波高 10 m の津波により、死者 797 人（うち関連死 143 人）、行方不明 32 人、住家全壊 19,922 棟、半壊 41,344 棟などの被害が生じました。被害金額は 1 兆 3,684 億円と算定されています。

建物被害は七北田丘陵東部、青葉山丘陵東部および仙台平野においてその大部分が発生しています（図 6）。この被害分布は 1978 年宮城県沖地震のそれ（図 5）によく類似し、地盤条件に支配された発生様相を再び示しました。丘陵部では 1978 年と同じように地形の人工改変地区で被害が生じています。

地区ごと原因ごとの被害データはほとんど無いのですが、建物被害の半分以上が強震動によると思われます。津波浸水地区の世帯数が 9,250 というデータなどに基づき全壊数を 1.2 万とすると、仙台市全域の全壊率は 2.5% となり、震度 6 強～6 弱の揺れに相当する値となります。

区ごとの死者数（発見場所による）は、宮城野区 305、若林区 338、太白区 8、泉区 2、青葉区 1 であり、津波に襲われた宮城野・若林の両区が圧倒的大部分です。原因別死者数は不明ですが、間接的な推定で建物倒壊による死者を 10～20 人程度とすると、津波の直接死者数は 630 人ほどになります。これを津波浸水地区の人口で割って、津波死者率 2.8% が得られます。この値はリアス海岸

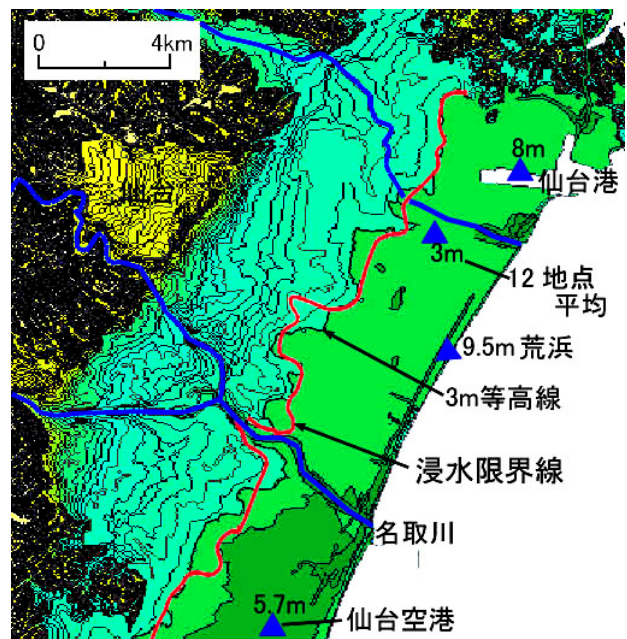


図 7 東日本大震災の津波の到達限界と低地の地形

地区の死者率 7.8% の 1/3 程度で、海岸地形による津波勢力の違いを反映したものと考えられます。

仙海岸における津波の高さは最大 10 m 程度、津波浸水域限界の標高はおよそ 3 m でした(図 7)。津波は 10 分ほどの周期で押しと退きを繰り返すので、仙台平野のように広く緩やかな陸地に進入した海水は引き波時に引き戻されます。この結果として浸水位は内陸に向かうにつれ急速に低下していきます。仙台平野では、高い津波が激しく押し退きを繰り返したのは海岸からおよそ 2 km までの範囲です。さらにその内陸へは水深の小さい海水が比較的ゆっくりと進入して、海岸からほぼ 4 km のところにある標高 3 m の傾斜変換部で津波は停止しました。津波死者率が小さかったのにはこのような津波流動様相が関係していると推定されます。

3. 豪雨災害

広瀬川は台地を深く下刻し、台地面との比高は 10 ～ 15 m もあるので、中心市街のある台地上にその氾濫が及ぶことはありません。広瀬川が海岸低地に流れ出す出口には勾配 1/150 ほどの小扇状地があります。河道は扇面を 3 ～ 5 m ほど下刻して流れていますが、大規模な出水があれば扇面への氾濫が生じて、かなり激しい流れの洪水が起こる可能性があります。海岸低地は緩勾配であり、市街化が進展して排水を阻害する地物が多く、また地盤沈下も生じているので、内水氾濫が最も起こりやすい水害形態です。

第二次大戦後の 70 年間に、住家の全半壊あるいは 1 千戸以上の住家浸水が生じた水害の件数は 6 です。被害が大きかったのは、1948 年アイオン台風、1950 年台風 11 号、1986 年台風 10 号による水害です。1948 年水害による仙台市の被害は家屋流失 1、床上浸水 612、床下浸水 1,130 など、1950 年水害による被害は最も大きく、名取川などが氾濫して、死者・行方不明 11、家屋の倒壊 33、床上浸水 2,740、床下浸水 3,200 などでした。

1986 年台風 10 号の豪雨による被害は死者 1、住家全壊 2、半壊 5、床上浸水 2,452、床下浸水 3,211 などでした。仙台平野に市街化が進んだ時点での水害であり、低地部での内水氾濫による浸水被害が大きくなりました(図 8)。最大日降水量は 372 mm で、昭和 2 年の観測開始以来の最大を記録しました。海岸低地内の梅田川の南方には、機械金属工業団地・流通工業団地・中央卸売市場などがあります。この豪雨により排水能力を上回る出水が生じ、また停電により排水ポンプが停止して、団地内を通る水路が溢れ、1,400 棟の事業所等が浸水し 180 億円の被害が生じました。この地区には泥炭層が分布しており、その圧密による地盤沈下が内水氾濫を助長しました。がけ崩れは 132 箇所が発生し、1978 年宮城県沖地震の際の 40 箇所を上回りました。がけ崩れは古い住宅団地における排水処理の不備によるものが大部分でした。

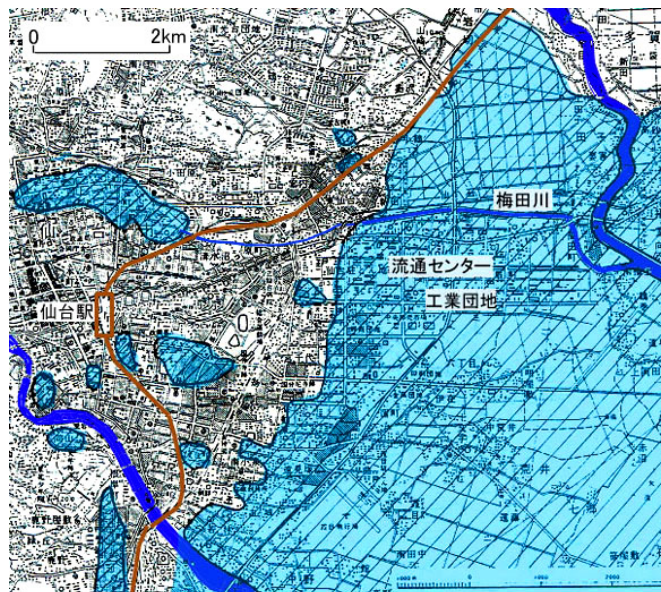


図 8 1986 年台風 10 号の豪雨による浸水域

小島ほか編(1997)：日本の自然 2，東北。岩波書店。

国土庁(1983)：土地保全図 4，宮城県。

国立防災科学技術センター(1987)：1986 年 8 月 5 日台風 10 号の豪雨による関東・東北地方の水害調査報告。主要災害調査 27。

防災基礎講座：地域災害環境編

http://dil.bosai.go.jp/workshop/06kouza_kankyo/

公開：平成 28 年 10 月

国立研究開発法人 防災科学技術研究所 自然災害情報室

文責：水谷武司(客員研究員)