

利根川水系中川流域における沖積低地の微地形と液状化

—地形図判読と防災教育に向けて—

田 野 宏

[1] はじめに

地盤の液状化は、水分を多く含んだ地表面に近い部分の砂質土が地震の振動を受けて、流動性を帯びた地盤状態を示す現象である。こうした液状化は、1964年6月16日に発生した新潟地震の際、信濃川の河道周辺を中心に砂の流動化現象⁽¹⁾が発生して以来、注目されるようになったが、その多くは沖積平野の低湿地や、埋立地、干拓地をはじめとする臨海部の地形を人工改変させてつくられた土地に集中している。とりわけ、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震（以下、東日本大震災と呼称）は、津波被害に加え地震動にともなう土地の液状化現象を多くの地域で発生させた。

もとより、新期造山帯に位置する日本列島は、地殻変動の累積にともなうつくられた急峻な山地や丘陵と、これらの山地を侵食する河川を中心とした土砂の運搬・堆積作用によって形成された堆積平野より成り立っている。特に国土面積の約4分の1を占めるにすぎない平野部は、河川の流路変更の繰り返しと洪水時の土砂の堆積作用によって形成されたものが多く、世界の安定大陸にみられる侵食平野や構造平野とは成因の異なる不安定で軟弱な土地条件を有している。

わが国は第二次世界大戦以降、とりわけ、高度経済成長期からバブル経済期にかけて、三大都市圏をはじめとして、全国的に多くの近郊農村における水田や畑地が住宅地に変更されてきた。概して都市化にともなうこれらの用途区域化された土地は、都心と郊外を結ぶ鉄道を中心に、アクセスの利便性やその到達度の速さに比例して不動産価値の高さが決められる傾向が強く、開発以前の農地や手つかずの自然状態の土地が、どの様な地形形成営力⁽²⁾を経てつくられたものであるかを判断されることは極めてまれであったといえよう。しかし、2011年3月の東日本大震災がもたらした液状化現象は、人口密集地である東京湾沿岸、および都市化の進行した住宅地の被害が顕著であったことから、“居住地の土地条件”に対する人々の関心を引き起こさせることになった。一般的にみて、近年では液状化をはじめ洪水などの自然災害の発生のおそれのある地域は、国土地理院⁽³⁾の土地条件

- (1) 新潟地震時における砂の流動化の発生した箇所については、信濃川や阿賀野川の旧河道に集中したことを、青木ほか（1979）が報告している。
- (2) 地形の形成に関しては、地形学、自然地理学では、火山・地殻変動のように、地球内部からもたらされる内的営力（endogenetic process）と、風化・侵食・運搬・堆積作用の様に、地球の表面外部によって形成される外的営力（exogenetic process）の2つの営力に分類されている。
- (3) 国土交通省国土地理院は、防災対策や土地利用、土地保全地域開発の諸計画に必要な土地の自然条件に関する基礎資料として、国土の地形分類による土地条件を明らかにしている。これを目的に公表された「土地条件図」は、初期整備版（昭和30年代から平成23年現在まで）が147面、人工地形更新版（平成22年以降）が74面、整備されている。また、国土防災情報としては、「標高がわかる web 地図」と名付け、地点の標高、

図や、農業技術研究所の検索システム⁽⁴⁾等によって把握することが可能になってきている。また、国土地理院だけではなく、都道府県、市町村レベルでの災害への取り組みが“ハザードマップ”⁽⁵⁾として公表されるようになってきている。

ところで、こうした自然災害への理解を深めるうえで、自然環境へのその基礎的教育を担ってきたのは、地形図の利用を扱う中学校・高等学校の「地理」分野であった。しかし実際の学校教育の現場では「地理」履修の機会のない高校の増加、受験を目的とした知識詰め込み型の教育、あるいは、地図教育が苦手な教師によるいわば通過儀礼的な地図教育等によって、「安全で住みやすい」国土環境づくりに向けての教育が行われてきたと言いつい難いものがある。国民の国土に対する理解は、所与の自然環境を正しい地形図の読図教育を通して、教員をはじめとする専門家による地道な取り組みが教育現場に求められるであろう⁽⁶⁾そして、そのためには、災害発生地域がどのようなプロセスを経て形成されたのかを知るための、地形履歴に関する実態研究の蓄積が求められるのである。

東日本大震災による液状化地域の地形と土質力学的考察は、震災発生半年後に、国土交通省および地盤工学会によって、関東地方を中心にほぼ全域にわたる被害発生箇所の把握と液状化の検討が行われている⁽⁷⁾この報告は、大規模震災がもたらした液状化地域の全体像を迅速に把握するとともに、被害発生箇所の土地条件と液状化との対応関係を理解するうえで有力な資料となり得るものである。

そこで本稿は、液状化の発生する土地条件の全体像と地図の有効利用と活用を論ずるために、まずは上記の報告書をもとにして沖積平野の微地形と液状化発生の関係を分析することにした。そして、なかでも大きな被害が発生した埼玉県久喜市（利根川水系中川流域）の事例を実態調査地域に選び、震災地域における液状化の発生メカニズムと微地形、および地盤条件との関係を明らかにするとともに、地理・地図教育の視点から、土地条件図や大縮尺図⁽⁸⁾の応用的活用について提言を試みることにした。

緯度、経度をマウスクリックで知ることのできる地図情報が試験公開されている。国土地理院ならびに、当該関連情報は、<http://www.gsi.go.jp//bousai.html#> を参照されたい。

- (4) 独立行政法人、農業技術研究所では、明治初期から中期における関東地方を対象に、当時の陸軍によって作成された迅速図を現代の地図と重ねることで、「歴史的農業環境閲覧システムを開発し、土地（地形）の生い立ちを知る手法を公表している。同システムは現在、関東地方を中心に限られた地域ではあるが、土地改変の履歴を知る上での有効な手段の1つになると考えられる。当該システムは、<http://habs.dc.affrc.go.jp/> で検索可能である。
- (5) 自然災害が予測される地域の被害およびその範囲を中心に、被害の大きさ、避難場所等を災害予測図の形で地図上に表したものである。わが国では、1990年代以降に作成が進められており、その主な種類は、河川浸水洪水、土砂災害、地震対策、火山防災、津波浸水、高潮等に分類されている。
- (6) 文部科学省（2008、2009）によると、中学、高校の新指導要領では、思考力、判断力等を育成するための言語活動の充実が指摘され、その活動の充実に資するものとして「地図の読解」の方向性が示されている。
- (7) 国土交通省関東地方整備局、公益社団法人地盤工学会（2011）による。
- (8) 大縮尺図とは、縮尺が1万分の1以上の地図を指すが、高等学校の地理A・Bの読図教育では、主に2万5千分の1や5万分の1等の中縮尺図を中心に教材として取り扱われている。これらの地形図は、主要な等高線間隔が補助曲線を除いて5m～20mの段階で表現されるため、平野地形の区分を行うに際しては、小地形（扇状地、河岸段丘、三角州等）のレベルまでしか高低差が判断できない。しかし、本稿で取り扱う1万分の1以上の大縮尺図の場合は表現される範囲が詳細となるために、1～2m間隔で表現された等高線の形状を抜き出すことで微地形（自然堤防、砂州、砂丘、砂堆、浜堤、後背湿地等）のマイクロなレベルまで把握することが可能である。これらの大縮尺図を用いた沖積平野の地形と土地利用の分析は、

〔2〕東日本大震災による関東地方の液状化現象

（1）液状化現象と土地条件とのかかわりに関する知見

砂質土の堆積する地盤地域では、地下水位が上昇した場合、地震や建設工事等の連続的な振動が加えられると、“ずれ応力（剪断応力）”が減少し、その値が0の時に液状化現象がおこりやすいとされている⁽⁹⁾。このような現象は、前述の新潟地震の他にも阪神淡路大地震（1995年1月17日）、新潟中越地震（2004年10月23日）等で発生している。

とくに新潟地震（1964年6月16日）の被害は甚大で、信濃川河口付近の市街地では液状化とそれにとまなう噴砂現象が認められた。一般的に見て液状化現象は、地下から大量の砂が噴出するため、砂丘地の土地が被害を受けた感覚でとらえられる場合がある。いわゆる“砂上の楼閣”のイメージが付きまといがちである。しかし、実際に噴砂現象が発生した場所は砂丘上の土地ではなく、日本海の海岸線に沿って平行して形成された砂丘地の背後における内陸部の信濃川や、阿賀野川の旧河道に集中している。さらに詳述するならば、新潟地震における液状化は、過去約300年間に形成された比較的新しい表層沖積層、あるいは人工的な造成地に生じたものとされている（青木他：1979）。換言すれば、当該地域の地震は、沖積低地を中心に、人工的要素が加えられたり、軟弱な表土で覆われた低地の微地形が、地震にとまなう液状化に大きな影響をもたらすことを知らせてくれている。しかしこれらの教訓は、日本の土地開発に広く活かされることのないままに、その後の今日に至るまで、同様の地形環境のもとでの地域開発が進行していったのである。

（2）東日本大震災と関東地方の液状化現象

東日本大震災時における関東地方平野部の液状化については、本稿〔1〕で紹介したように、国土交通省ならびに公益社団法人地盤工学会が被害実態の解明に努め、その調査結果を「東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態解明（以下、同報告書2011と記す）として、震災発生後の同年8月に明らかにしている。

これによると、液状化現象は茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川、の1都6県の関東地方全域に発生しており、総計96の市区町村にのぼっている（表1）。最北端は栃木県大田原市、最西端は埼玉県熊谷市、最南端は千葉県南房総市、最東端は千葉県銚子市で、都県別にみると、震源に近い茨城県が36市町村で最も多く、震源から遠い神奈川県が最も少ない。液状化のみられた地域、地点を同報告書よりみると（図1）、茨城県、千葉県、埼玉県は利根川および鬼怒川水系の下流域に位置し、氾濫原や三角州性の沖積平野が広い面積を占めている。液状化の多い茨城県は、こうした土地条件に加えて、霞ヶ浦・北浦をはじめとする湖沼群が存在し、これらの沿岸には、後氷期海進、とくに縄文海進最高海水準期に形成された海岸平野⁽¹⁰⁾や、浜堤、砂州、砂丘等の微高地と、それらの微高

籠瀬（1988）に詳しく紹介されている。

- (9) 地盤工学会（2006）の地盤工学用語辞典によると、液状化判定は、液状化を起こそうとする強さ（L）と、液状化に対する抵抗力（R）の比で、 $FL=R/L$ で表され、 $FL<1$ の時に液状化が発生するとされている。
- (10) 海岸平野とは、陸地に沿った海底の堆積面が、地盤運動もしくは氷河性海面変動によって海面が低下した結果、海面状に現れることで陸地化した平野である。沿岸流によって運ばれた砂礫の堆積によって、砂嘴、砂州、砂堆、浜堤等の微地形が海岸線に沿って形成される場合が多く、これらの微高地の間に存在する低

表1 液状化発生がみられた関東地方の市区町村

都県	市 区 町 村	液状化が発生した市区町村数
茨城県	水戸市, 日立市, 土浦市, 古河市, 結城市, 龍ヶ崎市 下妻市, 常総市, 常陸太田市, 北茨城市, 取手市, つくば市 ひたちなか市, 鹿嶋市, 潮来市, 守谷市, 那珂市, 筑西市, 坂東市 稲敷市, かすみがうら市, 神栖市, 行方市, 銚田市, つくばみらい市 茨城町, 大洗町, 東海村, 美浦村, 阿見町, 河内町, 八千代町 五霞町, 境町, 利根町	36
栃木県	栃木市, 真岡市, 大田原町	3
群馬県	館林市, 板倉町, 邑楽町	3
埼玉県	さいたま市, 熊谷市, 川口市, 行方市, 加須市, 春日部市, 羽生市 越谷市, 戸田市, 鳩ヶ谷市, 和光市, 久喜市, 八潮市, 幸手市 吉川市, 宮代町	16
千葉県	千葉市, 銚子市, 市川市, 船橋市, 木更津市, 松戸市, 野田市 成田市, 東金市, 旭市, 習志野市, 柏市, 八千代市, 我孫子市 浦安市, 袖ヶ浦市, 印西市, 南房総市, 匝瑳市, 香取市, 山武市 栄町, 神埼町, 東庄町, 九十九里町	25
東京都	中央区, 港区, 墨田区, 江東区, 品川区, 大田区, 北区, 板橋区 足立区, 葛飾区, 江戸川区	11
神奈川県	横浜市, 川崎市	2
	総 計	96

出所：国土交通省関東地方整備局・地盤工学会報告書（2011）による

地に挟まれた排水不良地（後背低湿地）、あるいは沼沢地を排水してつくられた干拓地が広く分布している（田野：1980）。また、千葉、茨城の両県は、昭和時代の高度経済成長期以降における工業化や都市化の影響を受けて、臨海部の干拓地や遠浅海岸の埋め立てが著しく進行した地域である。

これに対して、利根川、鬼怒川の上中流地域に位置する栃木県と群馬県は、山麓から中流部にかけて河川が土砂を堆積する“扇状地性”の土地条件が広く分布している。これらの沖積平野の特徴は、砂礫土や砂壤土よりなる土地が多く、前述した利根川、鬼怒川水系の下流域の沖積平野と比べると比較的地盤が強固で、地耐力の面からみても液状化被害が少なかったのではないかと考えられる。

同報告書（2011）は、液状化被害のみられた96市区町村をNo.1～No.91に分類している。ただし総計91の被害地区は、1箇所被害では収まらず、同地区内において複数箇所にお

窪地は排水不良地となり、軟弱地盤を形成する。そしてこうした排水不良地を改良するために、盛土、埋土によって土地を均平化した場合には、震災による振動にともなって、盛土部分を中心に液状化が発生する可能性が高いと考えられるだろう。

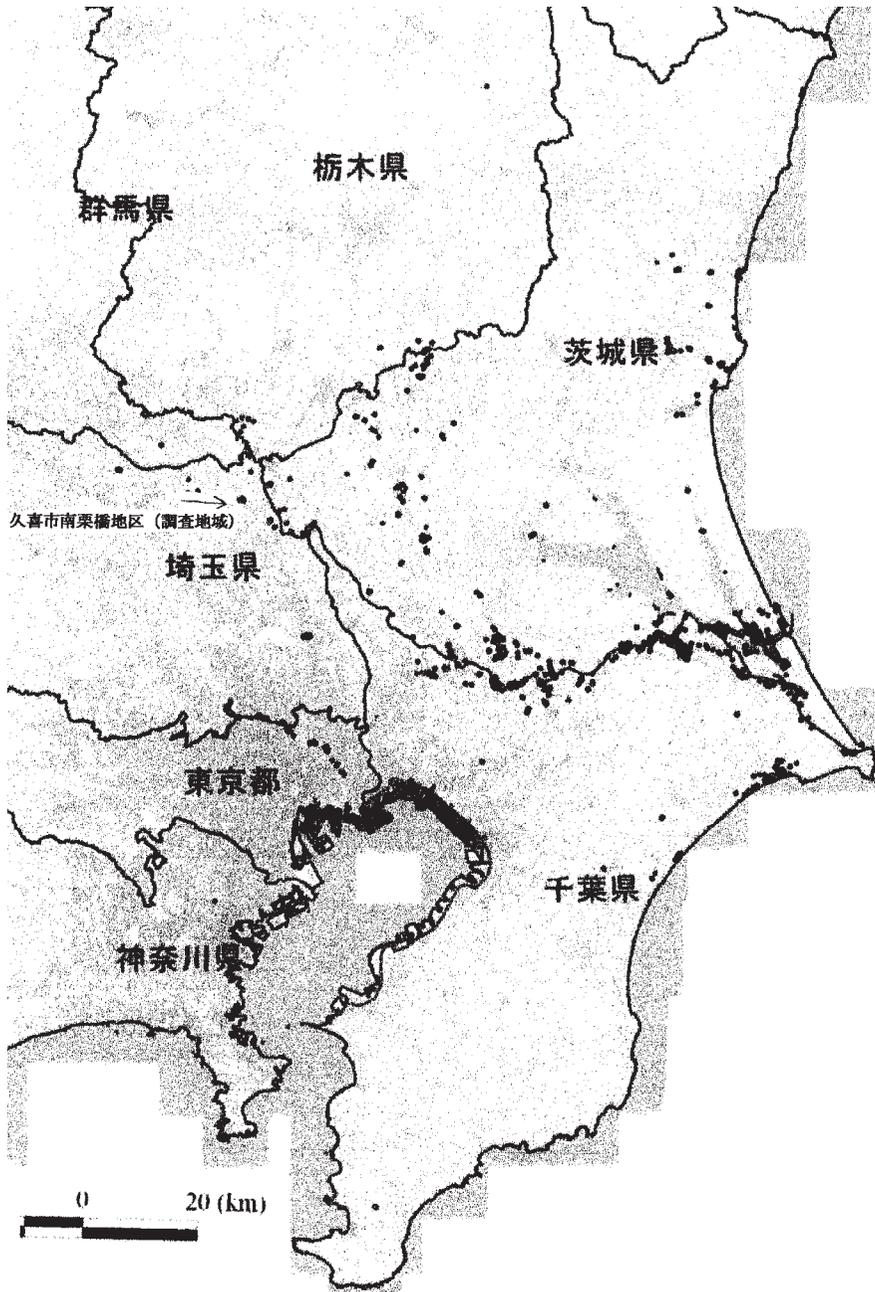


図1 東日本大震災時における液状化発生地の分布と調査対象地域
 出所：国土交通省関東地方整備局・地盤工学会報告書（2011）による

たる液状化が発生したことが記録されている。本稿は、これらの報告を全て紹介することが目的ではなく、発生箇所からみた地形条件の特徴とそれらの共通性を知ることにある。そこで、東日本大震災によって大規模な液状化で知られた千葉県浦安市と、茨城県潮来市、そして、本稿が3章以下で扱う埼玉県久喜市の被害地に注目してみよう（表2）。

千葉県浦安市は、大規模テーマパークの立地と、江戸川を挟んで東京都に隣接する臨海部の新興埋め立て住宅地として注目された町である。同報告書では、被害調査対象地域を7地区に区分し、6地区に「大」なる被害が示されている。この6地区の地形分類に着目すると、全て「埋土地」となっており、干潟、遠浅の海底が埋め立てられた土地であることが指摘されている。唯一、ここで「被害ほとんどなし」とされた浦安市7（富士見、堀江、猫実、北栄、当代島）の地形分類は、河川が洪水時に土砂を堆積させた自然堤防を中心に、中世の時代から集落の立地をみた安定した土地であることを示している。

一方、潮来市は東京から約70kmも離れ、水田の広がる農村地帯である。液状化の発生した地域は、もとは海面下の干拓地であった水田地帯を、鹿島臨海工業地域の建設を契機に、通勤者をあてこんだニュータウンの建設によって宅地化された経緯をもっている（籠瀬：1976）。これらのニュータウンは、日の出地区（旧波逆干拓地）と呼ばれており、同報告書（2011）の地形分類でも、干拓地、盛土地（湖沼、湿地帯に盛土）と記されている。

さて、本稿の次章（3章）で筆者が取り上げる埼玉県久喜市であるが、前二者の臨海埋立地や干拓地とは異なるものの、液状化の発生した土地が「盛土地」であることに注目したい。とりわけ被害が甚大であった浦安市、潮来市に共通することは、もとの地形が浅海底（干拓地も、もとは浅海底である）であったこと、そしてこれらの土地の上に人工的な盛土が施されたことに特徴があるといえよう。液状化の被害がマスコミ等を通じて一般に知られることになった浦安市と潮来市であるが、当該地域の被害地周辺における自然堤防

表2 関東地方の代表的な被害地域の液状化と地形環境

	地域 番号※	地形分類	地区名	被害の 度合
浦安市	1	埋土地（干潟・遠浅の海底を埋立）	舞浜	大
	2	埋土地（遠浅の海底を埋立）	千鳥	大
	3	埋土地（遠浅の海底を埋立）	高洲	大
	4	埋土地（遠浅の海底を埋立）	明海・日の出	大
	5	埋土地（干潟・遠浅の海底を埋立）	今川・弁天・富岡・東野	大
	6	埋土地（干潟・遠浅の海底を埋立）	入船・美浜・海楽	大
	7	盛土地（自然堤防・埋土地）	富士見・堀江・猫実・北栄・当代島	ほとんどなし
潮来市	2	干拓地（湖沼・湿地帯に盛土）	日の出	大
久喜市	87	盛土地（後背湿地・氾濫平野）	南栗橋	中～大

出所：国土交通省関東地方整備局・地盤工学会報告書（2011）による

※印の地域番号は同上報告書の一覧通し番号

(浦安市)や、縄文海進最高海水準期に形成された隆起砂州(潮来市)上に立地する歴史時代からの集落には、被害がほとんど発生しなかったことを本稿では指摘しておきたい。

さて、ここであらためて同報告書(2011)に示された91地区の被害状況と地形条件とのかかわりに注目することにしよう。同報告書(2011)には、関東地方7都県のうち、液状化の発生した96市区町村(91地区)にける発生地点の地形全てに対して、自然地理学(地形学)で用いられる地形名称が記述されている。本稿では、それらの個々の地形を人工地形と自然地形に分類し、表3にまとめた。

人工地形は、周囲の陸地よりも地盤高が低い河川の氾濫原や沼沢地の盛土や埋土地、そして、海水を排水させて海面下の土地を陸地化した干拓地等の土地がそれにあたる。一方、自然地形は、文字通り自然界の営力によってつくられた地形である。海岸付近では、干潟、遠浅海底、海岸平野、砂州、砂堆等が多く、河川の沖積作用にともなうできた氾濫平野では、中下流域を中心に旧河道や自然堤防、および後背湿地に被害が集中している。これらの地形は、いずれも新生代第四紀の完新世に形成されたもので、堤防等の人工的抑止力がなければ洪水氾濫によって土砂の堆積が進む、いわば現在形成中の地形であると判断される土地である。また、新生代第四紀の更新世に形成された洪積台地、さらには新生代第三紀に形成された丘陵については、それらの土地の隆起と開析の過程でつくられた樹枝状侵食谷(いわゆる谷地田、谷津田)における被害も確認されている。

こうした液状化の発生しやすい地形について、同報告書(2011)に記載された91の被害箇所について、その割合と順位を示すと図2のように表すことができる。これをみると、表2と同様に河川下流地域の沖積平野、または臨海部の干拓地や干潟、遠浅海底等に被害が集中していることがわかる。そしてこれらの土地は、本章で述べた浦安市や潮来市の事例と同様に、その液状化発生の場所は周囲と比べて低い土地が埋土・盛土され、人工的に地形が改変された経緯をもつことが読み取れるのである。

そこで次章[3]では、臨海埋立地をもつ浦安市や、近代以前に臨海部にあった潮来市

表3 東日本大震災で液状化が発生した地形

人工地形	盛土地・埋立・埋土地 干拓地・落堀
自然地形	(1) 海岸付近 干潟・遠浅海底・旧海浜・海岸平野※1 砂州・砂堆・砂丘間(低地)
	(2) 河川付近 氾濫平野・旧河道・後背湿地・自然堤防※2
	(3) その他 台地内谷地田・旧湿地

出所：国土交通省・地盤工学会報告書(2011)による

※1 海岸平野とは、陸地に沿った海底の堆積面が地盤の隆起または海面の低下によって海面上に現れた地形である。

※2 本報告では自然堤防に被害が報告されているが、どちらかといえば後背湿地寄りの自然堤防斜面で被害が発生している。

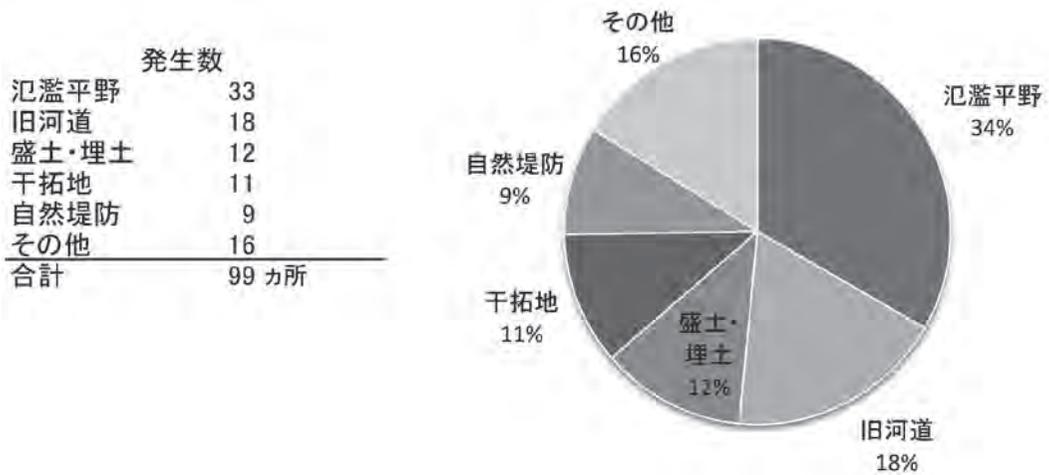


図2 地形別に見た液状化の発生割合

出所：国土交通省関東地方整備局・地盤工学会報告書（2011）をもとに99カ所の被害地域より集計・作成

の事例だけではなく、内陸部の河川中流域における液状化被害地域にも注目し、地盤液状化のメカニズムと発生地域の地形環境を大縮尺図の地形図判読から読み解くことにした。具体的な調査地域は、利根川水系中川流域の久喜市をとりあげることにした。

[3] 利根川水系中川流域（埼玉県久喜市南栗橋地区）の液状化と沖積平野の微地形

（1）液状化地域の概要とその被害

東日本大震災で液状化が発生した久喜市南栗橋地区（2011年に北葛飾郡旧栗橋町は現在の久喜市に編入）は、利根川と渡良瀬川が合流する群馬県、栃木県、茨城県、千葉県に隣接した埼玉県北東部における関東平野の代表的な水田農村であった。

旧栗橋町は、今回の液状化が発生した南栗橋地区において、1988年に「豊田地区土地区画整理事業」と名付けて工事を着工し、1999年の完了までに148.8haにおよぶ住宅地を完成させている（図3）。この都市計画図によれば、東武日光線の南栗橋駅北口と南口を中心に近隣商業地域を配置させ、北部は第一種住居地域、準工業地域、南部は第一種および第二種低層住居専用地域としての機能をもたせた用途地域が設定されている。工事期間中の1986年には、当該地区に南栗橋駅が開業するのにもなって、東京都心方面への通勤圏に組み込まれた新興住宅地へと変貌を遂げるようになった。

しかし、もとよりこの地域は関東造盆地運動の低窪部中心の一つに近く、また利根川流域の中であって、軟弱地盤を有する代表的な低湿地を起源としている。そして2011年3月11日の東日本大震災による液状化の発生は、その土地条件の軟弱性を露呈させることになった。久喜市の発表⁽¹¹⁾によると、同地区の被害面積は約9.9haで、このうち住宅地のそれは、約2.6haであった。被害住宅は全壊11戸、大規模半壊41戸、半壊54戸、一部半壊は

(11) 久喜市役所（<http://www.city.kuki.lg.jp/>）2014年7月22日現在による。

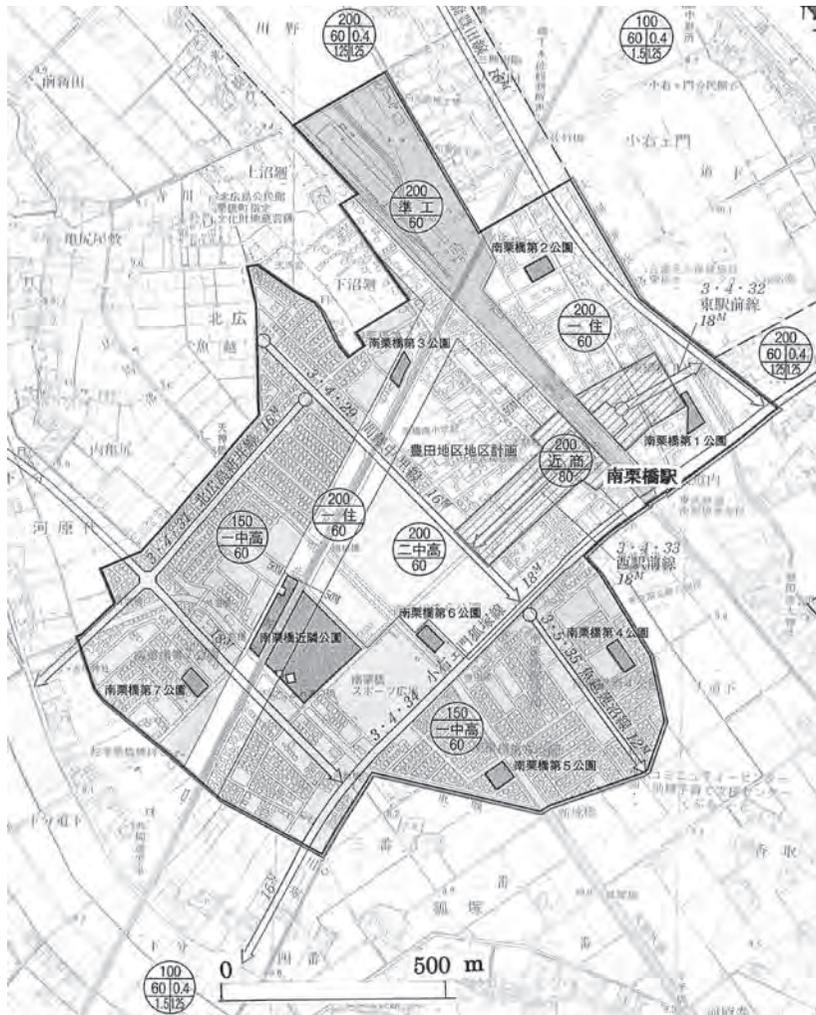


図3 久喜市南栗橋地区における液状化発生地域の用途地域図

出所：久喜市都市計画課都市計画図（1：15,000）—2012年5月現在—による

71戸におよんだ。また、道路は隆起し、側溝の破壊が21路線で延長1,470mに発生した。このほか、上下水道の本管破裂や電柱の傾斜がおり、各所で地中から大量の噴砂現象がみられるなど多くの被害が生じた。

これらの被害地域は震災後3年以上を経過した今日、ライフラインは復旧し、被災者に対しても被災者生活再建支援法の適用のもとで落ち着きを取り戻している。しかし、今後、震災当時と同様の震度5あるいはそれ以上のレベルの地震が発生した場合、被災住民の不安は完全に解消されたとはいえない状況にある。

震災発生当時の液状化現象に対し、久喜市は迅速な対応を行い、被災地域の復旧に全力を傾注してきた。また、当該地区の地盤条件を明らかにするために、ボーリング、スウェーデン式サウンディング、土質試験をはじめとする地質調査を専門関連機関を通じて実施

し、その結果は同市のホームページ上に公開されている⁽¹²⁾。

そこで本章では、次項(2)において、これらの公表されたデータを参考にまず液状化発生のメカニズムと土地条件の関係を考察する。そして(3)においては国土地理院発行の中縮尺地形図、ならびに土地条件図、そして久喜市役所都市計画課発行の大縮尺図(1:2,500)を用いて、1m間隔の地盤高の起伏差と被害地域の土地条件とのかかわりを把握することで、読図判読からみた沖積低地の微地形と液状化の問題を考察することにした。

(2)「南栗橋地区地質(地盤)調査結果」からみた液状化地域の土地条件

前項(1)で述べた久喜市が公開している地盤調査のデータは、東武日光線南栗橋駅西口の市街化区域内における14地点でのボーリング、ならびに46地点でのスウェーデン式サウンディングと、そこから得られたサンプル資料の土性分析である。当該地域での液状化被害は、南栗橋1丁目、同6丁目～8丁目、同10丁目～12丁目において確認された。なかでも最も被害の大きかった南栗橋12丁目では、15、18、19街区の道路を中心に4カ所、13街区で2カ所のボーリングが実施され、また、スウェーデン式サウンディング調査は同地区を重点的に18カ所で行われている。本稿では、これらのデータ、資料をもとにして液状化地域の考察を行うことにしたい。

なお、久喜市の「南栗橋地区地質(地盤)調査最終報告資料」(以下、本稿では「南栗橋地質調査資料」と呼称する)作成の目的は、ボーリングならびにスウェーデン式サウンディング調査によって得られた資料をもとにして、土質、厚さ、土の硬軟、地下水位等から液状化とのかかわりを明らかにすることである。この「南栗橋地質調査資料」には、注(12)に記したように、地区内で合計22におよぶ「想定地質断面図」が示されている。この「想定地質断面図」は、地面付近から地下数m～20m付近までの人工土層と自然環境のもとで堆積された沖積層の層序と土性が共通した地質名で記されている。すなわちこれは、地面付近の盛土(F)、埋土(B)による人工土層と、その下層にオリジナルな堆積層をなす沖積層(A)を意味している。また、今回の調査では、沖積層(A)とその上部に分布する非液状化層、さらに、地下水位と地表付近に位置する砂質埋土層(BS)の3層についてそれぞれの層厚が確認されている。また、採取試料の土質試験から、地震時に記録された地表面加速度を用いて液状化判定が行われ、 $FL < 1.0$ となる範囲が想定地質断面図内に記入されている。

これらの中から、液状化被害が最も大きかった南栗橋12丁目における「想定地質断面図」を示したものが図4である。現場付近の標高は、約8～9m(東京湾中等潮位、 $TP = 0$ mとする)で、当該地区の宅地開発にあたっては、もとの沼沢地(後背湿地)を陸地化するために、原地形面を形成したオリジナルな堆積層である沖積粘性土層(Ac)の上に約3.0～6.0mの厚さの砂質埋土(BS)が施され、その上に約1.0～1.2m程度の盛土層(F)が被覆されていることがわかる。盛土層(F)と埋土層(BS)の層厚をあわせると、4.0

(12) 前掲(11)によると、「東日本大震災での久喜市内の被害状況」と題して、南栗橋地区地質(地盤)調査結果が公表されている。同調査結果では、「ボーリング調査図」、「スウェーデン式サウンディング調査図」、「土質試験一覧表」等がPDFファイルとしてまとめられている。これによると、当該地区内におけるボーリングは13地点、スウェーデン式サウンディングは43地点にのぼり、これらの試掘データをもとにして、合計22の「想定地質断面図」が作成されている。本稿で示した図4はその中の一例である。

～7.0mの厚さにおよぶことから見て、かつてこの地域（後背低湿地）の沼地における水面下の堆積層頂部は、標高約5～7mの範囲にあったことが考えられる。砂質埋土層（BS）とオリジナルな沖積粘性土層（AC）の境界が水平な状態を保つ「想定地質断面図」は市街地内の他地点でもみられるが、甚大な被害が発生した南栗橋12丁目付近（図4）の堆積、盛土形態をみると、両者の境界部分が波状にうねる状態を呈していることがわかる。このことからみても、人工的な砂質埋土層（BS）と、沼沢地（後背低湿地）の軟弱な原地形すなわち沖積粘性土層（AC）との境界部分は不安定な土地条件におかれていたことが理解できるのである。

また、人工埋土層（B）下の自然立地基盤は、厚い粘性土よりなる沖積層（Ac）である。このことは、利根川、渡良瀬川の両河川から流下した砂質性河川堆積物とは異なる堆積環境が過去に存在したことを意味している。当該地域が関東造盆地運動の中心部分に近い低窪部に位置し、後氷期海進期における堆積作用の影響を受け易い環境にあったことを考慮に入れるならば、これらの沖積粘性土層（Ac）はその当時の海進性堆積物であると推定できるだろう⁽¹³⁾。さらに同層は、地下約-10m以下にまでおよんでいるが、標高約1～2mの地中付近において、その内部に砂混じり粘性土の堆積物が混在している。このことからみて、後氷期の海進期には、沖積粘性土層（Ac）が堆積する環境のもとで、一時的な海面低下期がおとずれ、その時に利根川、渡良瀬川方面からの河川堆積物が混入したものと判断できる。

次に、液状化がみられた地域における土性の硬軟および締まり程度を知る指標となるN値としてスウェーデン式サウンディング試験が行われている。同地区地点のN値をみると、表層から約-3～-4m付近の盛土（F）と埋土（B）において、N=5～7程度の値が示されている。ところが、地表面下約-4m以下の沖積粘性土（Ac）は、ほとんどN=0に近く、当該地区の住宅地は、その立地基盤において盛土（F）や砂質埋土層（Bs）を支えるだけの十分な支持力を持たない軟弱地盤から成っていることがわかるのである。

ところで、当該住宅地域が造成される以前の土地は、国土地理院発行土地条件図（鴻巣）⁽¹⁴⁾によると、河川が形成した自然堤防に囲まれた沼沢地状の後背低湿地であったことが示されている。したがって、こうした沼地を陸地化させるためには、当然のことながら埋土作業が求められることになる。具体的な工法としては、当該地区から南東方約2kmに位置する権現堂川調整池⁽¹⁵⁾の土砂を浚渫し、サンドポンプ等で沼沢地状の後背湿地に埋土作業が行われた訳である。南栗橋地質調査報告資料によると、図4に示されたFL<1.0となる範囲は埋土層砂質土（BS）および、沖積層内における標高約1～2mの地下付近における砂混じり粘性土となっている。この報告書で示された資料の室内土質試験によると、砂質埋土層（BS）は、分級された砂（すなわち供給元の浚渫土と考えられる）であり、その下部に位置する本来の自然立地基盤を構成する沖積層（A）は、粘性土を中心に、一

(13) 関東平野内陸中央部における沖積低地の地形発達に関しては、大矢（1969）、平井（1983）、Shibasaki, T et al（1971）が詳しい。

(14) 国土地理院発行土地条件図、2万5千分の1「鴻巣」図幅、昭和55年発行による。

(15) 利根川水系の分流河川であるが、1928年（昭和3年）に廃川となり、1972年（昭和47年）に中川総合開発事業として整備が開始された。そして、1982年（昭和57年）に工事が着工され、1992年（平成4年）に調整池としての工事が完了している。

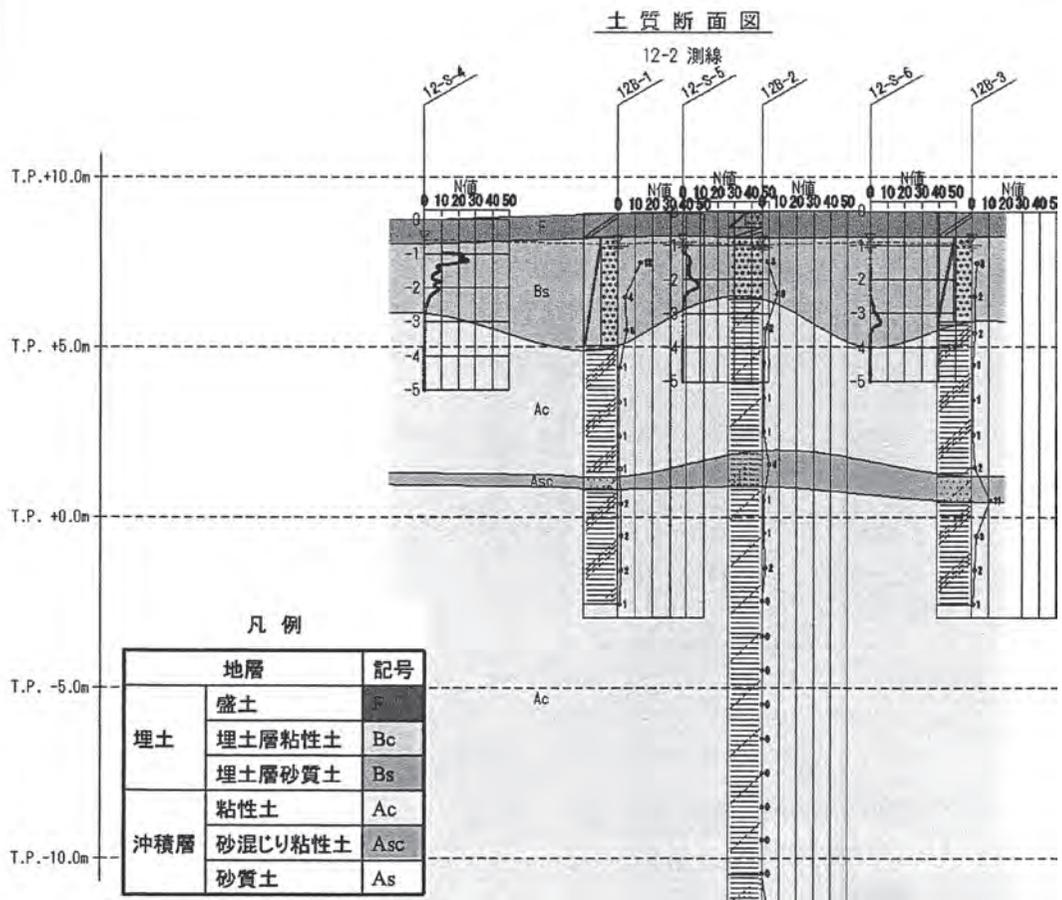


図4 液状化発生地域の想定地質断面図(南栗橋12丁目)

出所：久喜市南栗橋地区地質(地盤)調査資料(12-2測線)による

部砂混じり粘性土が薄く挟まれる形で堆積している。しかし、これらの一部に薄く堆積する砂混じり粘性土は、地下数 m の位置に存在し、噴砂や住宅の不同沈下に対して直接に影響を与えたものとは考えにくい。むしろ、宅地造成に施された表層部約 1 m の盛土に加えて、その直下における分級のよい砂質埋土層 (BS) を中心に、地震の影響を受けて噴砂したものと推定できる。すなわち、これらの砂質埋土層 (BS) は、その内部に存在したか、もしくは上昇してきた地下水が“繰り返し剪断”により体積を減少させたことにより、内隙水圧が上昇し、同層の有効応力が減少したものと判断される。そしてこれに伴い、同層の剪断応力が著しく低下したことが、当該地区における地盤液状化につながったものと筆者は判断している。

(3) 「地形図」から判読できる液状化地域の地形環境と土地条件

本稿でとりあげた「地形図」とは、測量をもとにして、標高や位置を等高線、水準点、三角点、緯度、経度等で表した国土地理院発行の地図のことである。この「地形図」は、前項(2)で示した地質断面図と異なり平面図であることから、地下内部の地盤条件を透視することはできない。しかし、自然地理学の専門分野からすると、二次元空間で表現されているこれらの「地形図」は、等高線の形状、河川の流路形態、土地利用状況が精密に記されていれば、液状化のみならず、洪水による冠水被害等、自然災害の発生しやすい場所が地形図の判読作業によって推定することが可能である。とりわけ、自然条件への依存の大きかった昭和戦前期以前の農村社会が形成した集落や畑、水田などの立地環境を理解するとともに、昭和戦後期(一部戦前も含む)以降における経済発展にともなう農村地域の都市化が理解できれば、地盤条件は容易につかみ取ることができる。

本項(3)では、一般に市販され、学校教育(中学・高校の地理分野)の教材として取り扱われている国土地理院が2000年に発行した地形図(1:25,000 栗橋図幅)と、国土地理院が1980年に発行した土地条件図(1:25,000 鴻巣図幅)、そして、これらに加えて、近年、久喜市都市計画課が発行している都市計画図(1:2500 大縮尺図)の等高線をはじめとする微細な地図情報の把握を行うことで、被害地域の液状化について土地条件・微地形との関係から把握することにした。

(3)-① 中縮尺図の国土地理院地形図と土地条件図からみた液状化地域の地形環境

まず、学校教育および一般に知られる国土地理院発行の地形図(1:25,000)から被害地域の地形環境について読図をしてみることにしよう(図5)。

図幅中央付近に東武鉄道「みなみくりはし」駅が記され、鉄道線路南西部に液状化が発生した市街化区域(南栗橋〇丁目)が人工的な都市住宅地区として拡がっている。その形状は、周囲の農村空間とはきわめて異質で対照的な姿をみせている。これらの市街地が、かつて水田農村中心とする土地利用を起源に持つことは容易に想像できることである。これらの市街地(以下、液状化被害のあったこれらの市街地を本論文内では便宜的に「新市街地」と呼称する)を南北に縦断する形で東北新幹線が通っている。この地形図の判読に際して注目すべき第1のポイントは、前述したように「新市街地」周辺の地図記号の大半

を占める“田”（国土地理院地形図地図記号の呼び方で、以下、慣用的に水田と呼称する）や、集村形態をみせる水田農村の景観である。図幅内で示された低い地盤高や、高低差のない地形からわかるように、また全域にわたって急傾斜地や、段丘地形が存在しないことからみても、この地域が日本の平野にみられる代表的な沖積平野を起源に持つ水田農村であることが容易に理解できよう。

そして、第2のポイントは、地図中に栗橋町⁽¹⁶⁾と記された付近には、帯状に細長く伸びる複数の集落列が北西から南東方向に向かって形成されていることである。これらの集落は、南栗橋〇丁目と記された「新市街地」（＝液状化発生区域）の周囲を囲むように立地しているが、その形態から見て、この土地は旧中川を中心とする河川の流路変更によってつくられたものであり、細長く伸びる集落は河川の洪水が形成した自然堤防の上に立地していることが推察できるのである。

このことをさらに、等しい地盤高の繋がりを示す等高線の形状から把握してみよう。「みなみくりはし」駅、および東北新幹線をはさんで南栗橋三丁目の北西に、「北広島」と記された自然堤防上に立地する集落が存在する。この集落の南西部には、1：25,000の地形図ではその表現上非常にわかりにくいだが、標高10mを示す等高線が伸びている。この等高線は、「北広島」集落から南栗橋三丁目、同十丁目の「新市街地」まで連続した閉鎖曲線で描かれている。この閉鎖曲線の周囲の土地は、地図上の名称は“田”すなわち水田で、標高10m以下の土地が「新市街地」より下流側につくられていたことを示している。換言するならば、液状化の発生した「新市街地」は、北広島集落をのせる自然堤防の後背湿地を埋土、人工盛土を施すことで造成されたものと判断できる。国土地理院発行の中縮尺地形図（1：25,000）から行える読図判読はこのレベルまで可能である。

さて次に、こうした中縮尺図（1：25,000）の地形図判読をもとにしつつ、より詳細な地形環境を把握するための有効な地図として、地形分類による土地条件を同縮尺の地図上に記した国土地理院発行の1：25,000を用いて、さらに有効な土地条件の情報を読図してみよう。ここで取り上げた土地条件図（1：25,000）がつくられた目的は、防災対策や、土地利用、土地保全、地域開発などの計画策定に必要な土地の自然条件に関する基礎資料を提供することであり、昭和30年代から実施されてきた調査結果をもとに、山地、丘陵、台地、段丘、低地、水部、人工地形などの地形分類が行われている⁽¹⁷⁾。当該地域に関しては、「鴻巣図幅」に記されており、液状化被害の範囲を図6に紹介する。この図は1980年（昭和55年）に作成されたもので、前項①で述べた通り「新市街地」開発以前の土地は「後背湿地」としての地形分類がなされている。「後背湿地」とは、河川の堆積作用がおよばない沼沢性起源の低湿地であり、排水不良の土地条件を呈している。また、「後背湿地」の地形名称は、その排水不良の環境を発生させることのできる微高地、すなわち自然堤防がその直近（前面）に存在することで対をなす語句を意味するものである。図5において、帯状に伸びる集落を自然堤防と推定したが、図6では後背湿地（液状化の発生した新市街地）の南西部を囲むように、10mの標高を示す等高線が南東に伸びていることがわかる。

(16) 北葛飾郡栗橋町は、2010年（平成22年）3月23日に久喜市、北葛飾郡鷲宮町、南埼玉郡菖蒲町との合併により久喜市となり、現在は消滅している。本図幅は1999年（平成11年）現地調査、翌2000年（平成12年）発行のものを使用している。

(17) 国土地理院の土地条件図（2万5千分の1）作成の目的は、前掲3）のホームページを参照されたい。

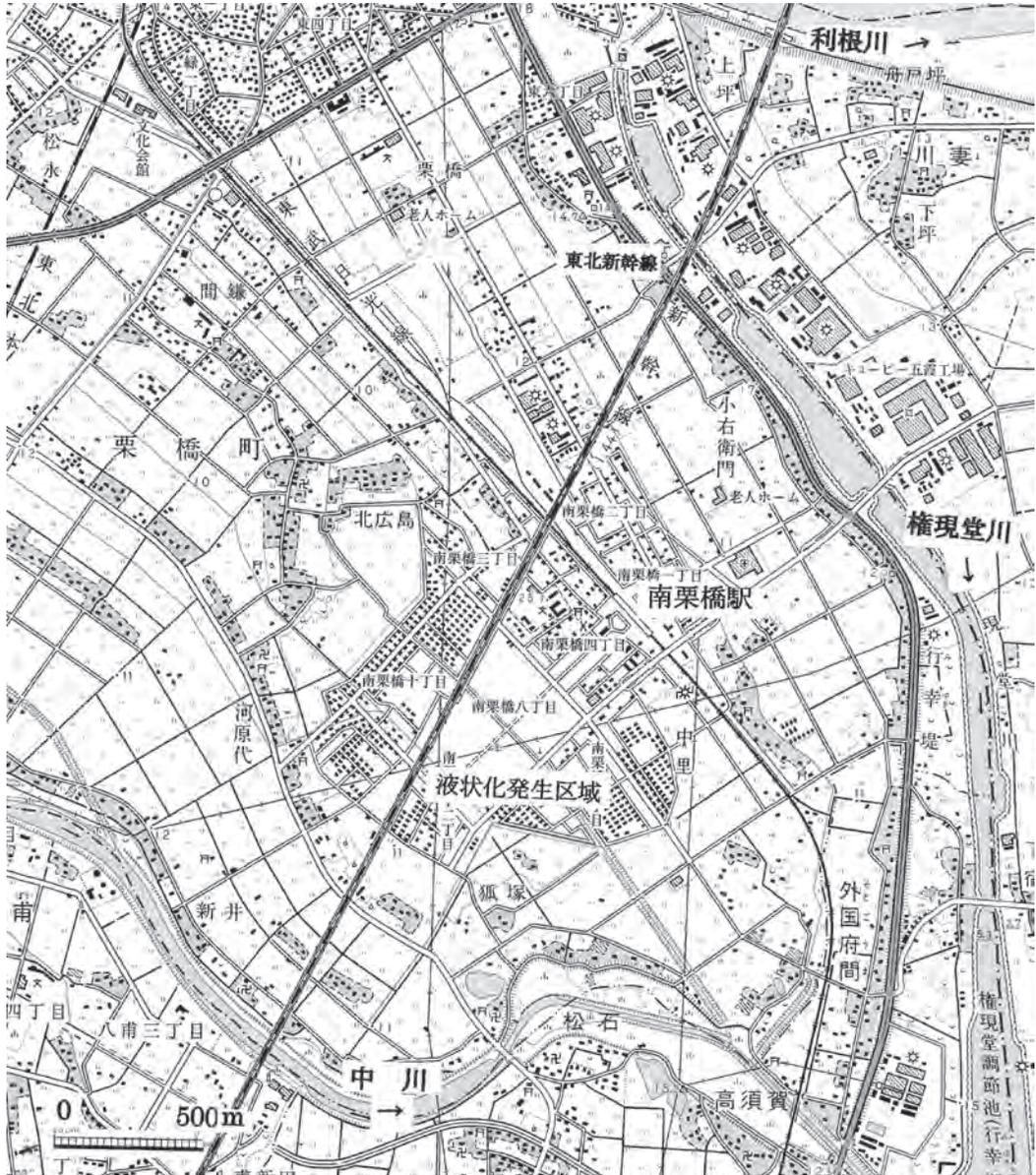


図5 液状化発生地域（旧栗橋町）と周辺の地域概況

出所：国土地理院1：25,000地形図「栗橋」—2000年当時発行—による

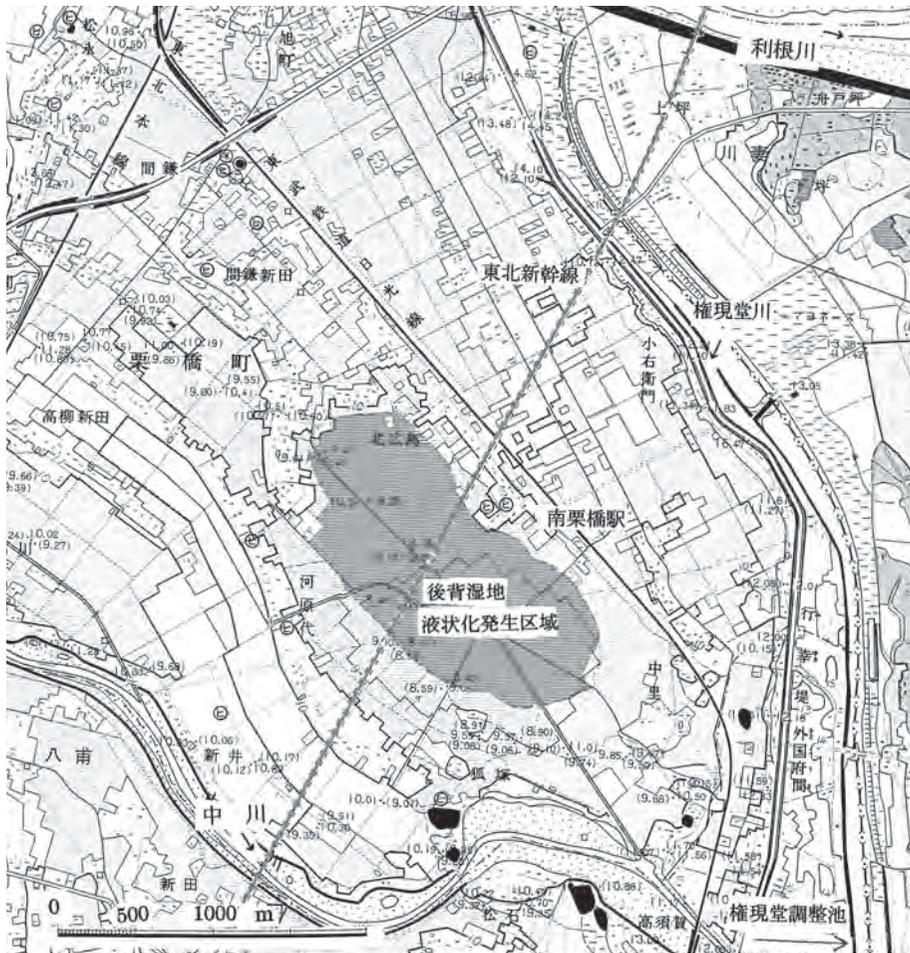


図6 液状化発生地域（旧栗橋町）と周辺の土地条件図

出所：国土地理院1：25,000土地条件図「鴻巣」—1980年発行—による

(3)－② 大縮尺図（久喜市都市計画課都市計画図）の地図情報から得られる液状化地域の地形環境

前項①の中縮尺地形図および土地条件図から、当該地域の地形環境の全容はかなりの精度をもってつかみ取ることができる。本項では等高線間隔が1mおきに描かれることで、微地形判読をさらに精密にできる市町村都市計画課発行の都市計画図（1：2,500）をとりあげ、得られた地図情報から等高線図（主題図）を作成した。この等高線図は、久喜市都市計画課発行の大縮尺図（1：2,500）の中から、液状化地域およびその周辺地域の等高線を筆者が1mごとに抜き出して、同じく久喜市都市計画課が発行する1：10,000都市計画図上の同位置にその等高線をおとしたものである（図7）。本主題図作成の目的は、液状化が発生した新市街地の自然立地基盤をなす後背低湿地と、その周囲を取り巻く自然堤防との高低差を面的に明らかにしようとしたものである。以下に前項①の文末に続くべ

き当該地域の自然堤防と後背湿地とのかかわりを考察してみよう。

液状化の発生した「新市街地」は、人工的な盛土作業によって、標高約9mの平坦地が形成されている。しかし、本稿[3](2)で示した想定地質断面図(図4)においてわかるように、これらの土地が数m以上の埋土層(B)によって表層が覆われていることからみても、もとの地形面は標高8m以下の土地であったことが推定できる。また、これまでに指摘した「新市街地(=後背湿地)」を取り巻く自然堤防は、1m間隔の等高線を大縮尺図から抜き出して描写すると、はっきりと北西から南東に伸びる方向、すなわち中川の流路に並行して形成されていることがみてとれる。

これらの自然堤防は、液状化を発生させた「新市街地(=後背湿地)」の周囲に、大別して北西から南東方向に向けて3つの帯状の列を認めることができる。

第1列目の自然堤防帯は、南栗橋駅付近も含み、東武鉄道に沿って形成されている。原地形は人工的に改変されているが、湿潤で軟弱な後背湿地をさけて安定した地盤を求めて自然堤防上の土地を選んで鉄道施設が敷設されている。あたかも、自然堤防が東武鉄道に沿って不連続に伸びているようにみえるが、鉄道敷設が自然堤防上に立地した結果を示すものである。標高10mの等高線が細長く連なるが、この自然堤防は、鉄道や駅舎施設立地に際して大規模な人工改変が施されており、図7からは明瞭な形で表現はできない。

第2列目は、液状化のみられた「新市街地(=後背湿地)」の北西約500m付近において、標高9mを示す等高線が二股(逆Y字形)の形に分岐して、「新市街地(=後背湿地)」の方向に突出した微高地を形成している。おそらく、「新市街地(=後背湿地)」が沼沢地であった頃、上流方向からの河川堆積作用がおよぶ状況下で、河川の流路は、低平かつ穏やかな広大な静水域に臨んで、あたかも鳥趾状三角州型の微高地を形成するように分岐して河口付近(当時の沼沢地)に土砂を堆積させたものと考えられる。

第3列目の自然堤防帯は、前の二つのそれと比べて最も明瞭に表現されており、「新市街地(=後背湿地)」すなわち人工盛土地の南西から南東方向にかけて形成されている。この付近の等高線は標高9mを示し、周囲の水田(=後背湿地)よりも約1.0~2.0m程高く、後背湿地(=沼沢地のちの水田であった頃)の排水を阻む地形要因を形成していたものと推定できる。

このような3列の自然堤防帯とその周辺の地形環境を図7から判断すると、液状化の発生した「新市街地(=後背湿地すなわち沼沢地)」における人工盛土以前の土地の標高は約8m以下の後背湿地であった。そして、その周囲の三方向は自然堤防に囲まれており、「新市街地」が宅地造成される以前の土地条件は、排水力に劣る軟弱地盤であったことが推定できるのである。

(3)－③ 地図教育の視点からみた補助教材としての大縮尺図のもつ意味

前項②で示した国土地理院発行の1:25,000地形図は、公的な学校教育(地理分野)を中心に教科書にも掲載されている中縮尺の地形図である。この地形図から判読できる地形環境は、液状化の発生した「新市街地」が河川流域における水田地帯の農村に立地していること、そして、帯状に細長く伸びた集村形態を示す集落が北西から南東方向に並んで立地していること等である。



図7 自然堤防の形成からみた液状化地域周辺の地形環境

出所：旧栗橋町（現久喜市）都市計画図（1993年測量）の1：2,500図幅より
等高線を抜き出して、同都市計画図の1：10,000に筆者が転写加工作成

学校教育において読図指導が高等学校の地理「A・B」の時間に正しく実施されているならば、これらの細長い集落は河道に沿って形成された自然堤防であると推定できるであろう。また、「新市街地」がこの自然堤防背後の後背湿地に立地していることも推測が可能である。しかし、これはあくまでも推測域内の判断である。推測を断定の域に近づけるには、指導教員が教科書のレベルを超える補助教材の地図を自らの手で求めることが必要である。

つまり、中縮尺レベルの地形図では、自然堤防や後背湿地のような微地形を等高線で表現することはできない。本章では、国土地理院発行による1：25,000の土地条件図に加えて、久喜市都市計画課による1：2,500の大縮尺図を補助教材に求めることによって、中縮尺図では表現できない微地形の形状を、1m間隔の等高線の抜きだし作業から地形環境がより詳細に表現できることを論じた。初等・中等教育段階における地形図を用いた読図教育は、国民全体の自然災害に対する深い理解に繋がる最も基礎的教養科目の一つになると考えられる。しかし、現状では、中学・高等学校の社会科（地理）および地理A・B分野において、限られた履修時間内での地形図紹介が行われているにすぎない⁽¹⁸⁾。本稿に

(18) 高校地理A・Bは、必修科目から外され選択科目となっているため、高校によっては、当該科目が開講されていなかったり、履修しないまま卒業する生徒が大変に多い現状である。また、配置されて履修した場

において筆者は、学校教育の現場において大縮尺図による等高線の抜き出し作業を生徒に行わせるべきと考えているのではない。郷土学習も含めた災害教育は、それを実現する地理担当教員自らが日常の自己研修の中でフィールドワークを重ねつつ、補助教材の作成を行うことによって災害教育のノウハウを高めていくべきであると考えられる。

おりしも、2012（平成24）年度から中学校、2013（平成25）年度から高等学校において、文部科学省の新指導要領が発表され、思考力、判断力、表現力等の育成のための言語活動の充実が指摘されるようになった。そして、その活動の充実を資するものとして、「地図の活用」の方向性が示されている（文部科学省：2008, 2010）。また、高等学校地理 A では、「自然環境と防災の取り扱い」において、本稿で示した国土地理院地形図や、ハザードマップなどの主題図の読図等、日常生活と結びついた地理的指導を身につけさせることが盛り込まれている。つまり、地理学の基本である「自然と人間のかかわり」について、地図教育を通じて理解させる方向性が明示されているのである。筆者が本稿で示した大縮尺図を用いた補助教材の活用は、指導教員の適切な主題図化に向けた加工と吟味を経ることによって積極的に行われるべきである。そして、災害発生度の高い地域の微地形と土地条件を把握するうえで、これらの地図資料が国土および郷土の土地条件を理解するための一助になることを期待するものである。

[4] まとめ

本稿は沖積低地や埋土地および干拓地を中心に発生する災害時の液状化現象について、東日本大震災における関東地方の事例をもとに、微地形と土地条件との対応関係を考察した。さらに、具体的な地域として、大規模な液状化がみられた利根川水系の中川流域（埼玉県久喜市南栗橋地区）の事例を取り上げた。そして液状化の発生した市街地の地形履歴を知る一つの手段として、地域を把握するのに利用されてきた旧来からの中縮尺図、土地条件図（どちらも国土地理院発行）に加えて、市町村発行の大縮尺図（今回は久喜市都市計画課による都市計画図、1：2,500ならびに1：10,000）を利用目的に応じて主題図に加工することが、地図判読や地図教育にさらなる有効性をもたらすことを論じた。本稿を要約すると、以下のようにまとめることができる。

（1）東日本大震災による関東地方の液状化地域は、国土交通省および地盤工学会の調査によると、関東平野のほぼ全域の低地におよんでいる。内陸部の平野部のみに限定するならば、河川の沖積作用にともなってできた氾濫平野、なかでも旧河道、自然堤防の後背湿地、砂丘や砂堆間の後背・堤間低地、そして洪積台地や第三紀丘陵を開析する樹枝状侵食谷（谷地田）等に多くの液状化が発生していることが判明した。

（2）とくに、沖積低地や臨海部の低地に液状化が集中する傾向が顕著であるが、その土地には一つの共通した傾向が認められる。被害が発生した土地は、周囲の土地と比べて相

合にも、地理を専門としない教員が担当する場合、「地形図読図」そのものが「教えにくい分野」の上位に位置づけられていることを、武者（2000）が指摘している。本稿では、今日における地理教育と地形図読図の問題を取り扱うことを目的とするものではないが、災害大国といわれる日本の国民の基礎的素養を養うべき地図教育がおろそかにされている現状は看過できないものと筆者は考えている。こうした、地理教育をとりまく問題については、卜部（2010）が詳細に論じているので参照されたい。

対的に地盤高が低く、河川の氾濫原、後背湿地、あるいは海面下の干拓地等であって、その軟弱かつ低湿な地盤を改良するために盛土や埋土工事が実施された地形の履歴をもっていることである。

(3) 本稿で取り上げた関東平野内陸部の久喜市南栗橋地区もまたその例外ではない。同地区は、1980年代から1990年代にかけて、土地区画整理事業が実施され、都市計画法に基づく用途地域を完成させている。しかし、これらの用途地域（新興住宅地域）は、中川水系の沖積低地のなかにあって、沼沢地（自然堤防背後の後背湿地）を埋土・盛土させて造成された地形の人工改変地であった。2011年3月の東日本大震災では、全壊11戸、大規模半壊41戸をはじめ、道路の隆起や側溝破壊等の甚大な被害を発生させている。

(4) 久喜市が震災後に公開した被害地区の地質データによると、宅地造成工事の際に、かつての後背湿地（沼沢地）を陸地化させたため、造成以前の自然立地基盤である沖積粘土層の上に、約3.0～6.0mの厚さを持つ埋土層と、さらにその上に約1.0～2.0m程度の盛土が被覆されている。

(5) 中川流域、栗橋付近の沖積低地は、新生代第四紀における関東造盆地運動の低窪部に位置する地形環境である。そして後氷期における海進性堆積物が沖積粘土層として被害住宅地の自然立地基盤を形成していると考えられる。この沖積粘土層のN値はほとんど0に近いので、住宅地の造成にあたっては、近隣の洪水調節池からの土砂の浚渫を中心に地盤を嵩上げさせて人工地形が造り上げられていた。地震時の液状化は、おそらく埋土内部もしくは下方からの地下水の内隙水圧の上昇によって、埋土層の有効応力が減少するにともない、剪断応力が低下して液状化が発生したものと推定される。

(6) 震災による液状化被害の発生を空間的に予測するには、国土地理院（もしくは前身の陸地測量部）による旧版地形図や航空写真、地形履歴を知るための古地図、土地条件図、そして近年、都道府県をはじめとして全国の市町村が発行するハザードマップ等を用いることが必要である。地理教育の視点からみれば、こうした中縮尺図に加えて市町村の都市計画課が発行する大縮尺図はさらに微細な地形環境や地図情報を提供してくれることを、本稿では1m間隔の等高線の描出を通じて明らかにした。

(7) こうした大縮尺図を用いた応用的活用は、地図教育の現場に立つ地理教員が、郷土学習、災害学習に向けたオリジナルな教材作成の一貫として、自らの主体的なフィールドワーク、自己研修の中で実践されていくべきと筆者は考える。「自然と人間のかかわり」を主要課題とする「地理学」は、今後従来に増して国民に向けた防災教育に携わるための基礎科学として貢献していくべきだからである。

[参考文献]

- 青木滋・歌代勤・高野武男・茅原一也・長谷川正・長谷川康雄・藤田至則（1979）：「新潟平野の形成とその災害をめぐって」 URBAN KUBOTA No.17, p.29～p.36
卜部勝彦（2010）：「地図教育における地形図読図をめぐる諸課題」 地図 48-2 p.35～p.42
大矢雅彦（1969）：「利根川中・下流の地形発達と洪水」 地学雑誌 78 p.341～p.354
籠瀬良明（1976）：『低湿地—その開発と変容—』 古今書院

- 籠瀬良明 (1988) : 『大縮尺図で見る平野』 古今書院
- 久喜市役所 (2011) : 「東日本大震災での久喜市内の被害状況」 <http://www.city.kuki.lg.jp/> (2014年7月31日現在) による
- 国土交通省関東地方整備局・公益社団法人地盤工学会 (2011) : 『東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液化現象の実態解明報告書』 <http://www.ktr.mlit.go.jp/bousai/bousai00000061.html/> (2014年7月31日現在) による
- 田野宏 (1980) : 「霞ヶ浦北浦岸における水稻・蓮根栽培地と土地条件」 地図 18-1 p.1 ~p.18
- 平井幸弘 (1983) : 「関東平野中央部における沖積低地の地形発達」 地理学評論 p.679~p.694
- 武者賢一 (2000) : 「地理を専門としない教員の高校地理教育に対する意識」 新地理 48-2 p.12~p.23
- 文部科学省 (2008) : 『中学校学習指導要領解説 社会編 平成20年9月』 日本文教出版
- 文部科学省 (2010) : 『高等学校学習指導要領解説 地理歴史編 平成22年6月』 教育出版
- Shibasaki,T., Aoki,S., and Kuwano,Y. (1971) : 「Significance of buried valleys and other Topographies in elucidating the Late Quaternary geohistory of Japanese coastal plains」 Quaternaria 14 p.217~p.236

(受理日：平成26年7月23日)

(校了日：平成26年9月10日)

[抄 録]

本稿は沖積平野や臨海部に発生する地震動にともなう液状化被害について、東日本大震災における関東平野における事例をもとに、微地形と土地条件の関係を考察した。震災にともなう被害地に共通する特色は、臨海部、内陸部ともに浅海底、干拓地、沼沢地としての地形履歴があり、これらの土地で人工的な埋土や盛土作業による地形改変工事が実施された場所に大きな被害が発生していることである。埼玉県久喜市南栗橋地区では、利根川支流中川流域の複数の自然堤防にはさまれた後背湿地（沼沢地）に、埋土・盛土を行った土地が液状化を招いていたことがわかった。

液状化の発生を理解するうえで地質、土質調査は専門的観点から重要であることはいままでもないが、専門外の一般的観点からみると、地形図の読図から当該地域が軟弱地盤の土地を起源を持つことを理解することが可能であることを論じた。さらに本稿では、学校教育で利用されてきた中縮尺図を教材にすることに加え、現場の指導教員による大縮尺図の資料加工が微地形を理解するうえで一層の理解につながることを述べている。