

砂鉄採取地域における液状化・流動化被害の歴史地理学的考察

— 千葉県旭市蛇園地区を事例に —

川名 禎

Study of the historical geography of the liquefaction-Fluidization damage in a mining area for iron sand

Tadashi KAWANA

Abstract

In Earthquake of the Pacific coast of Tōhoku, damage by the liquefaction-Fluidization occurred frequently in Chiba. Particularly in Asahi-shi, much liquefaction-Fluidization damage happened in slight highlands such as dune, where iron sand had been mined in 1960s. Because such the grounds are loose by being digged, liquefaction is easy to happen. In addition, the liquefaction is related to the height of the groundwater. By examining the places where iron sand was mined and dune was in the past, it is found that someplace may have happen liquefaction-Fluidization. This study is useful for production of hazard maps.

Key-words

Earthquake of the Pacific coast of Tōhoku, Liquefaction-Fluidization, a mining area for iron sand, Asahi-shi, Historical Geography

はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震は、沿岸部を襲った津波の圧倒的な被害とそれに伴う原発事故及び放射性物質による汚染被害の現実を我々に見せつけ、地震災害がもたらす恐ろしさを世界中に印象付けた。

一方、首都圏では、液状化・流動化の地盤災害が深刻な被害をもたらしていた。とりわけ千葉県の浦安市から千葉市にかけての埋立地では、陥没や亀裂による道路・水道管などの寸断、建物の不同沈下、マンホールの浮き上がり、電柱の沈み込み、噴砂現象などが随所で確認された。さらにガス・水道などのライフラインもストップし、いわゆる人工地質がもたらす危険性をあらためて浮き彫りにした。

こうした被害状況が明らかになるにつれ、液状化・流動化が深刻な被害をもたらす災害として認識されるようになり、市民の間でもこれらに対する意識が高ま

って、自宅の地盤強度や地形条件に関心を持つ者も多くなってきた。

液状化・流動化が起こりうるか否かを判定するための最も簡易な方法は、地形条件から判断することである。国土地理院では、ハザードマップの基礎情報を公開し、防災に役立てる試みがされているが、液状化・流動化被害の場合は、旧版の地形図を用いて過去の地形環境や土地利用を確認することが一般的である。そして地盤の安定する台地や微高地ではこの被害は少なく、逆に旧河道や池沼、海等の水域であったところでは可能性が高いと判断されている。

但し、こうした地形条件はあくまで1つの指標であり、現実には人工的に地質を形成する様々な要因が想定される。却って地形条件だけを頼りに判断を行うことは危険であるといえる⁽¹⁾。

本稿では、一般的に液状化が起こりにくいとされて

いる砂堤や砂丘などの微高地において、液状化・流動化が実際に起こった千葉県旭市を事例に取り上げる。旭市を含む九十九里平野では、戦後鉄資源としての砂鉄採取が盛んに行われていたが、そのことが液状化・流動化を引き起こす原因になったと考えられている。そこで、砂鉄採取地及び当時の土地利用状況を歴史地理学的手法により復原し、液状化・流動化の範囲や条件及びそのメカニズムの一端を地域の歴史的経緯を踏まえながら明らかにする。

1、液状化・流動化の被害状況

千葉県では、1987年12月の千葉県東方沖地震の際にも県内各地で液状化・流動化が確認されている⁽²⁾。それらは、東京湾岸の埋立地や利根川下流域の旧河道、九十九里平野の砂鉄採取跡地、内陸の造成地などであり⁽³⁾、今回の地震でも同様な条件下で液状化・流動化がみられるが、その分布は震源の関係から主に県北部において顕著である。千葉県旭市では、千葉県東方沖地震においても海岸部で液状化・流動化が確認されているが、今回の地震では遥かにそれを凌ぐ被害が認められた。

千葉県旭市は、千葉県の北東部、九十九里平野の北東端に位置し、2005年に香取郡干潟町、海上郡海上町、

同郡飯岡町の3町が旧旭市と合併して現在の市域が成立した。市の北部には、かつて椿海と呼ばれる巨大なラグーンが存在していたが、寛文10年(1670)の新田開発により「干潟八万石」と称される干拓地に変わった。こうした人工造成地は、液状化・流動化の危険性が高い地域とされており、旭市のハザードマップ⁽⁴⁾においても危険度「大」に位置づけられている。

ところが今回の地震災害では、これら干拓地や低湿地での液状化・流動化は顕著ではなく、先のハザードマップで危険度「小」に判定されているような南部の砂堤・砂丘地帯において著しい被害が確認されている(図1)。

これは冒頭で述べたように、過去に当該地域で砂鉄採取が頻繁になされていたことと関係する。筆者が調査した旭市蛇園地区(旧海上郡海上町)では、大利根用水が地区を貫通するが、深刻な液状化・流動化被害がみられる場所でも、この大利根用水には被害がみられなかった。周辺部では砂鉄採取のための掘削がなされていたが、大利根用水の東幹線はそれ以前に完成しており、掘削を行わなかったことが被害を免れた原因とみることができる。また、同一の屋敷内であっても、砂鉄採取を行った場所では被害がみられ、そうでない場所は無被害であるという例が随所に見受けられた。

以上の様に、旭市における液状化・流動化被害は、その多くが砂鉄採取による人工地質に起因すると考えられる。そこで、つぎでは旭市域の砂鉄とその採取の経緯についてみていく。

2、砂鉄の生産と旭市における稼行概況

①旭市域の砂鉄

九十九里平野の海岸部及び海底には多くの砂鉄が堆積しているが、それらは浜砂鉄と呼ばれ水成堆積したものである。この砂鉄がどこからもたらされたものかについては諸説が存在するが、それらは主に3つの説に分けられる⁽⁵⁾。

それは、①利根川上流の山間部にある砂鉄が、利根川によって太平洋へ流出したものが堆積したとするもの、②下総層群中の砂鉄の多い層が侵食され、洗い出

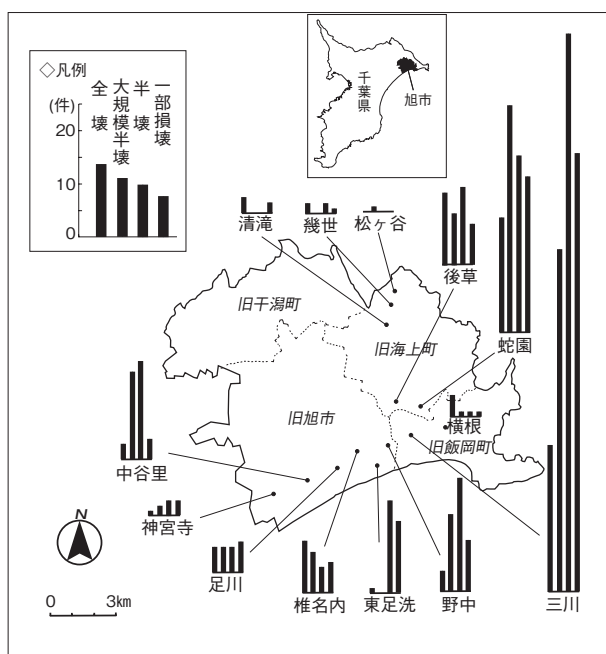


図1 旭市における液状化被害の分布件数 (2011年)

注) 旭市被害状況資料による。件数は世帯別住宅被害数。但し、干潟地区でも若干の液状化被害が確認されている。

され濃集したもの、③銚子の古銅輝石安山岩が風化・分解して鉄分が濃集したものなどである。特に①については地元でしばしば耳にする言説であるが、現在の様な利根川が形成されるのは17世紀初頭頃からであり、当該地域の砂鉄とは関係がないと思われる。むしろ銚子の火成岩や屏風ヶ浦の第三紀以降の地層に含まれる磁鉄鉱が激しい侵食により流出し、漂砂として堆積したものと考えの方が自然である。また旧椿海が侵食した飯岡台地からも砂鉄が採取できるという⁽⁶⁾。このような比較的近隣からもたらされたものが堆積したと考えることもできる。

②砂鉄需要の変遷と旭市域の砂鉄鉱区

砂鉄は、古くからたたら製鉄によって使用されてきたが、近代における重工業の発展の中で、乏しい鉄鉱石に代わる鉄資源としてその重要性は増していった。さらに第二次世界大戦下においては、くず鉄や鉄鉱石の輸入停止、戦況悪化に伴う供給路の断絶などにより鉄資源が著しく減少した。そのため国を挙げて砂鉄の鉱山開発が進められ、その生産量は過去最高に達した。終戦後の一時は大きく生産量の落ち込みがみられたものの、鉄鋼業の復興に伴い次第に生産量を回復していった。昭和25年になるとサンドポンプによる水圧削掘と湿式磁力選鉱が導入され、操業方法が飛躍的に改善された。そしてそのことが低品位粗鉱の経済的稼行を可能にしたとされている⁽⁷⁾。そうした新技術の導入を背景として、砂鉄の生産量は昭和25年以降、急激に増加を続けることとなる。

砂鉄の需要についても、まだ鉄鉱石に輸入制限があったことやその安定的な輸入先がみつからなかったこともあって、着実に拡大を遂げていった。そしてその後の高度経済成長期の社会と度重なる好景気とが、それまでにはない高い需要を生み出したといえる。

また、砂鉄の多くが高炉メーカー向けの焼結鉱の原料として利用されたことや、チタンを多く含む性質があることなどから、特殊な需要が存在した⁽⁸⁾。そのため鉄鉱石の輸入量が次第に増加していても、すぐには需要が減ることはなかったのである。

しかし、高度経済成長も終わり、鉄鉱石が安定供給され、砂鉄の採掘条件が厳しくなると、採算が合わない鉱山から次第に操業が停止されて行くことになる。千葉県の場合では1970年代には完全に砂鉄の生産はみられなくなる(図2)。

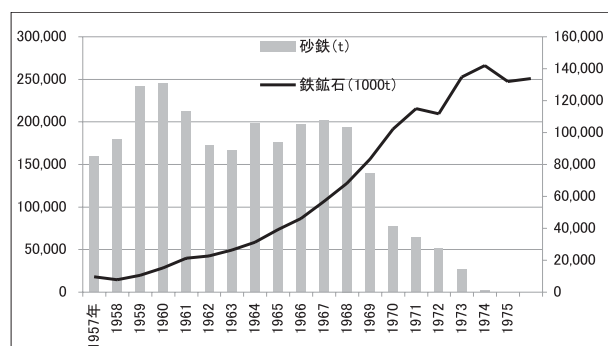


図2 県内砂鉄生産量と国内鉄鉱石輸入量の比較

注)『通商白書』（通商産業省編、通商産業調査会発行）及び『千葉県統計年鑑』（千葉県企画部統計課編・発行）により作成。

③旭市域における砂鉄採取の概要

県内における明治以降の砂鉄採取については、植野英夫の報告に詳しいが⁽⁹⁾、ここでは旭市域における概要を簡単にみておくことにする。千葉県内の砂鉄生産量は、昭和30年代の半ばには国内産出量の約1割～2割を占める状況であり⁽¹⁰⁾、千葉県は全国的にみても砂鉄採取の盛んな地域であった。なかでも九十九里平野はその中心であったといえる。昭和27年（1952）における千葉県全体の砂鉄鉱区の総数は34で、総面積は257万坪余であるが、そのうち銚子を除いた海上郡（いずれも旭市内）には8鉱区が存在し、その面積は県全体の総面積の半数を超える133万坪余であった（図3）。これをみ

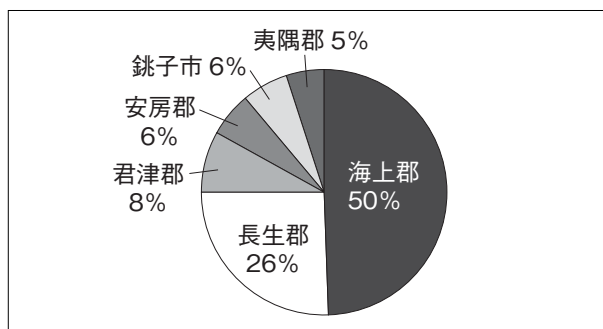


図3 昭和27年における県内砂鉄鉱区の総面積の割合

注)『千葉県統計年鑑昭和27年度版』千葉県総務部統計課編・発行、p256より作成。データは昭和27年3月末現在。県全体の総計は267万3667坪。尚、海上郡に存在する鉱区の1つは匝瑳郡域までも含む。

てもいかに旭市が広域に砂鉄鉦区に設定されていたかが窺われる。

飯岡の海岸付近では、慶長5年（1600）に砂金の採取が行われたとされるが、近代以降では明治16年（1883）に東京の者による砂鉄採取の申請がなされているという⁽¹¹⁾。これ以降、戦後に至るまで砂鉄の採取は続いた。

昭和25年以降は、日曹砂鉄鉦業、東北砂鉄、カネヤス鉦産の3社による砂鉄採取が行われた。前川鉦業から鉦区の譲渡を受けた日曹砂鉄鉦業は、海岸線付近の打上砂鉄を中心に採取を始めたが⁽¹²⁾、その後、2社の参入により鉦区は北方の内陸部へと拡大し、採掘範囲も広域に及んだ。

通商産業省の調査によると⁽¹³⁾、砂鉄採取のための鉦床調査が行われたのは、蛇園、忍坂（蛇園）、篠堆（三川）、野中、干潟、中谷里、椎名内、足洗、後（三川）、神宮寺の各鉦区で、いずれも実際に砂鉄採取が行われた地区である。これを図1と比較すると、これらの地区が液状化被害の深刻な地域であることがわかり、砂鉄採取地と液状化・流動化の被害地との対応関係があらためて明らかになる。

④蛇園地区の砂鉄採取

蛇園地区には、忍坂鉦区と蛇園鉦区の2つ鉦区が存在した（図4）。昭和30年（1955）にカネヤス鉦産株式会社の出願により鉦区が設定され、翌年5月、南東の忍坂鉦区から稼行が開始された。忍坂鉦区のA地区には第1坑事業所が、B地区には第2坑事業所がそれぞれ設置され、北東方向に向けて漸次採掘が進められた⁽¹⁴⁾。蛇園地区は比較的高品位の砂鉄を採取でき、鉄道の駅に近く交通条件にも恵まれた、稼行価値の高い鉦区であったといえる。

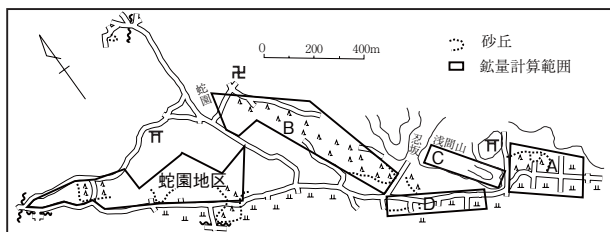


図4「蛇園地区・忍坂地区鉦量計算区域図」

注）『未利用鉄資源 第3集』p129の第8図をトレース

砂鉄の採取方法は、サンドポンプと磁選機を用いて行われた。水と共に地中の砂を吸い上げ、この時3～10m程度まで掘削が行われる。そのあと吸い上げた砂を磁選機にかけて砂鉄と砂を選別し、砂は再びサンドポンプによって埋め立てられ、ブルドーザーで整地がなされた。

蛇園地区では砂鉄採取が終わると、区画整理事業が行われた。昭和35年（1960）蛇園土地改良区が開始し、砂鉄採取の有無に関わらず区画整理が行われた。現在、旧集落部分を除く範囲は、2度にわたる区画整理によってできた新しい地割である。蛇園地区に限らず、砂鉄採取はこうした耕地整理の実施と関係しながら推し進められていったのである。

3、砂鉄採取以前の土地利用と採掘範囲

①蛇園地区の被災状況

旭市では3月11日の地震で最大震度5強を観測した。地震の影響は、海岸部での津波による浸水・流出、液状化・流動化による道路や家屋の破壊、原発事故による農産物の出荷制限など、多方面に及び、旭市ではこの地震で多くの人的・物的被害を出した。



写真1 噴砂の痕

内陸部に位置する蛇園地区では、液状化・流動化の被害が顕著である。道路は陥没や段差を伴う亀裂により寸断され、家屋などの建築物は不同沈下が激しく、液状化・流動化による建物の全壊及び大規模半壊、半壊は合わせて100件にもものぼった。また、浄化槽や防火水槽などの埋設物の浮上や水道管の破壊、電柱の傾き

などもみられた。農耕地では、側方流動、隆起や陥没、亀裂・地割れ、噴砂などがみられ、ビニルハウスにも被害が出た（写真2）。

蛇園地区の場合、15時15分に起きた震度5強となる余震時に、被害が拡大したといわれており、亀裂や噴砂の範囲もこの余震で一気に拡大したといえる。旧集落部分では、瓦屋根の被害が多いが、これは液状化・流動化の起こらなかった場所で特に顕著である。



写真2 噴砂を含む地割れの状況



写真3 字砂子山の側方流動

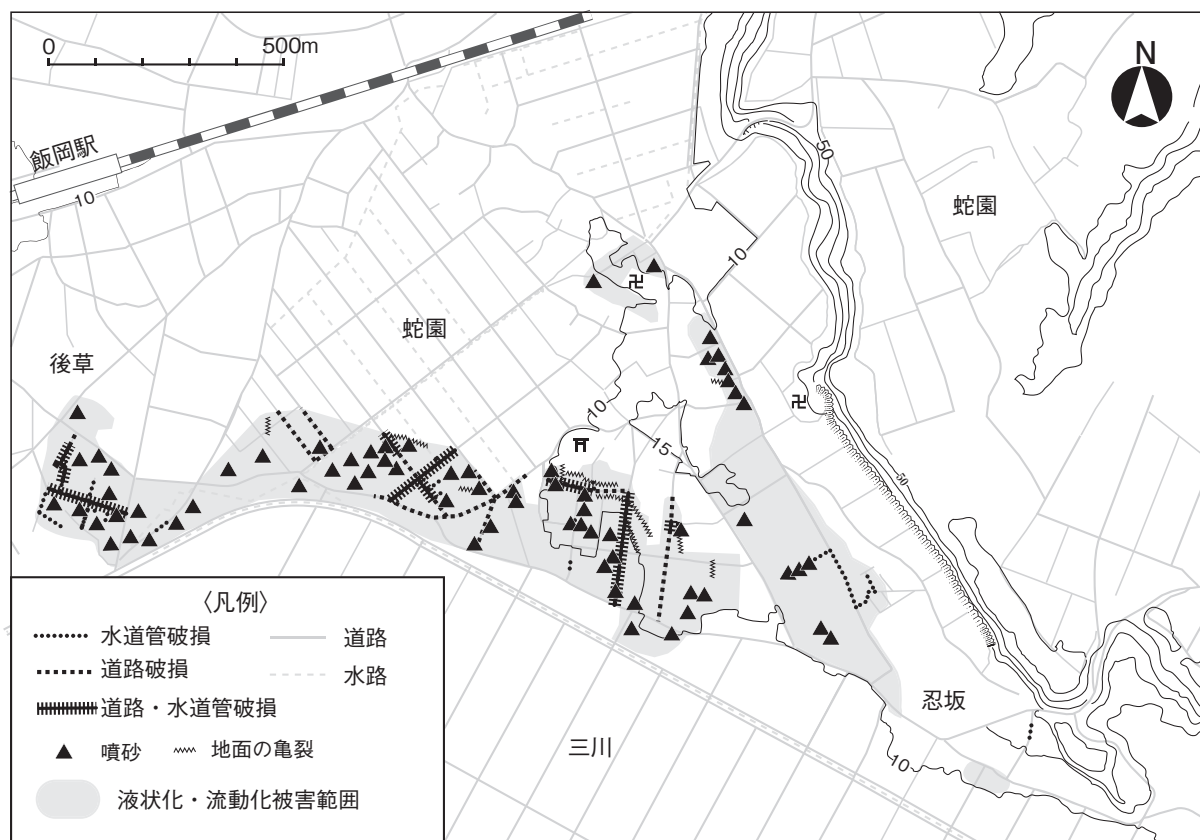


図5 蛇園・後草地区の液状化・流動化被害

带状に東西に広がっていることがわかる。西側は後草地区の一画に続くが、このあたりも被害の深刻な地点である。中央部分では、標高10m付近で被害の激しいところがみられる。これは神社が鎮座する、規模の大きな砂丘の前面（南側）部分がかつての砂鉄採取跡地になっており、整地後に傾斜地となった部分の地盤が南へ大きく流れたためと考えられる（写真3）。逆に東側台地寄りの砂丘地や崖錐部分では、噴砂現象が少ない傾向がみてとれ、被害状況に斑があることがわかる。

②砂鉄採取以前の土地利用の復原

蛇園という地名は、古くは「へびそね」と呼ばれており、砂丘や砂堤などの微高地を表す地名である⁽¹⁵⁾。図6の小字名（区画整理以前）にもこうした地名を拾うことができるが、液状化・流動化の被災範囲においてこれをみると、下谷原、仲曾根、立山、砂子山、下区根、長作、出清水などであり、砂丘地と砂丘間低地、

湧水地などを示す地名が多いことがわかる⁽¹⁶⁾。

九十九里平野の地形は、海退による平野化と砂堆ま

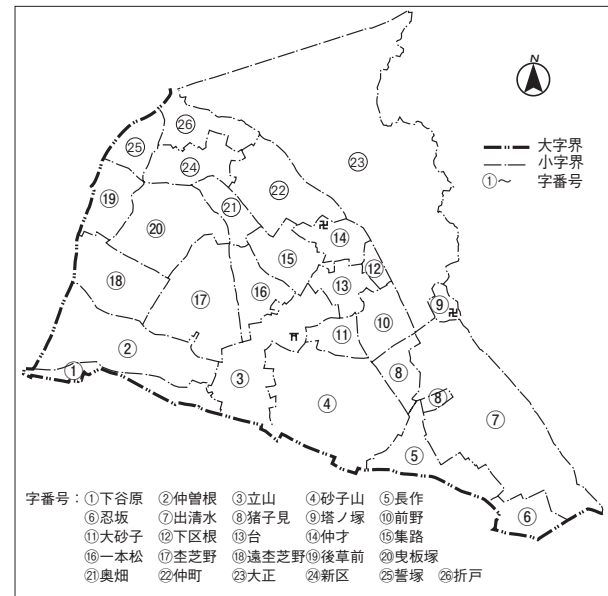
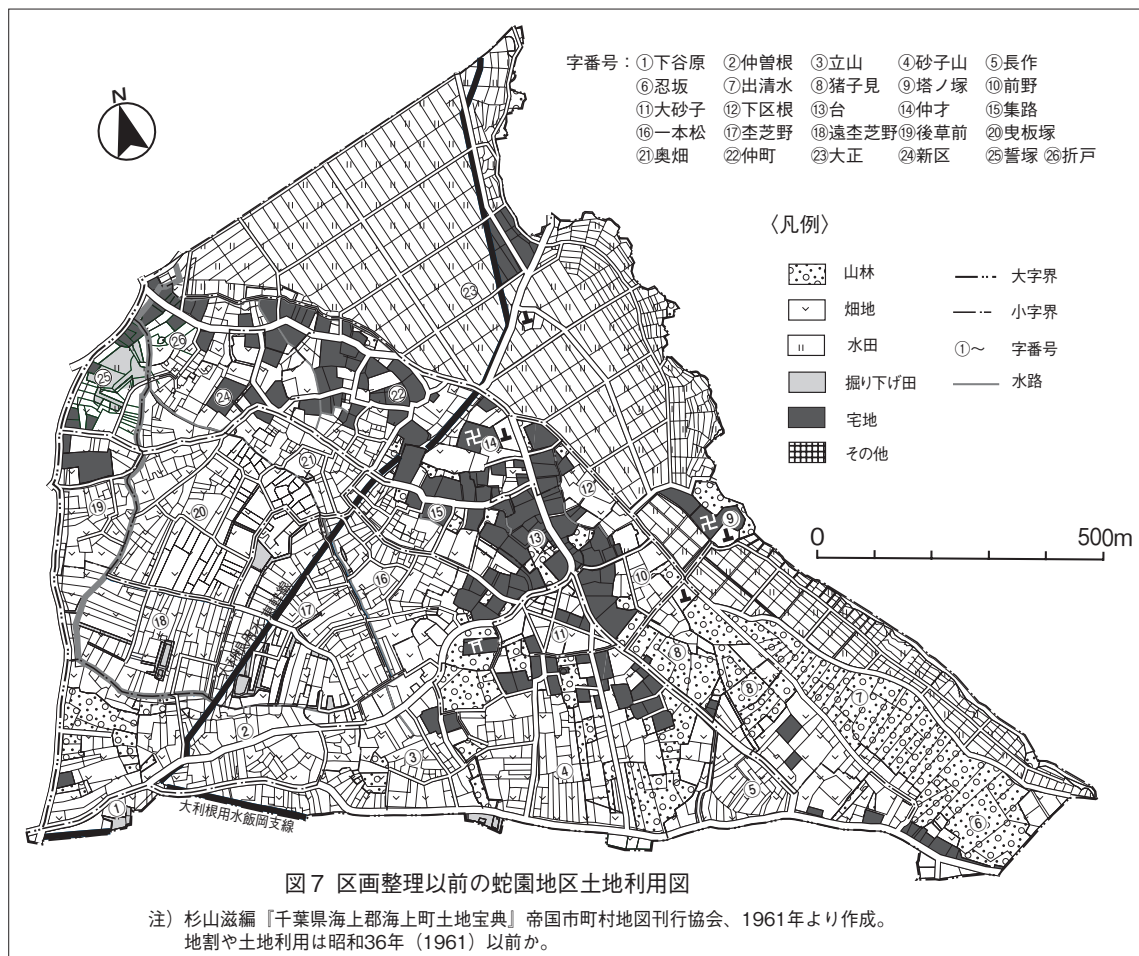


図6 区画整理以前の蛇園地区小字分布

注) 蛇園地区の北部（線路の北）及び東部（台地上）は省略



たは砂丘の発達が顕著であり、旭市域については神尾明正により詳細な検討がなされているが⁽¹⁷⁾、この蛇園地区は、砂堆及び砂丘上に発達した集落を中心としている。しかし、現在では土地は平坦化された上、区画整理も行われており、現況からかつての砂丘地の範囲を正確に把握することは難しい。そこで、土地宝典図を用いて砂鉄採取以前の地割と土地利用を復原した。

図7をみると、全体に畑地として利用される範囲が広く、集落と共に蛇園地区の平野部の多くが微高地に位置していることが分かる。さらに地区の南東部に山林が多くみられるが、それらを含む周辺一帯が比較的に高く発達した砂丘地である。また、古い時期の空中写真をみると、②仲曾根から⑥忍坂に至る砂丘列を明瞭に確認する事ができる。

図5と比較すると、液状化・流動化被害のみられた地区は、こうした砂丘列の上に分布していることが看取できる。さらにそれらがかつての字界に対応している点も重要である。震災後、蛇園地区の地盤強度を調査した中村は、砂鉄の掘削埋め戻し境界の左右で被害に大きな違いがあることを明らかにしている⁽¹⁸⁾。掘削側では液状化した地盤の揺動による隆起や陥没が顕著であったとし、非掘削側には地盤の変形は見られないことを指摘しているが、②仲曾根ではその掘削境界が旧字界に対応する事を図7と図5の比較から理解することができる。

このように旧字ごとに被害状況が異なる原因としては、字とその土地利用及びその土地所有との対応関係にあると考えられる。つまり、実際に砂鉄採取がおこなわれた範囲が、こうした土地利用や字単位ごとに設定されていた可能性が推測されるのである。

③砂鉄採取地の復原

液状化・流動化が起こりうる範囲は、かつて砂鉄採取を行っていたところと大きく関係する事は、もはや疑いのないところであるが、再液状化を含む新たな被害を予測する上でも、実際の採取・掘削地を復原することが重要である。砂鉄採取地の復原は、聞き取り調査である程度把握することができるが、これを空中写

真の判読で補った⁽¹⁹⁾。昭和38年（1963）の空中写真にはソイルマークにより砂鉄採取の範囲が確認できる（写真4）。これを砂鉄採取以前の昭和27年（1952）の空中写真と比較する事で、実際の稼行範囲の概要を知ることができる。



写真4 昭和27年の空中写真（国土地理院）

図8をみると、液状化・流動化が確認された範囲は、実際の砂鉄採取地であったことが理解できる。砂鉄の採取地は、砂鉄濃集地だけを選んで行われたわけではなく、実際には農業保障の問題などが考慮され、「スナッポ」と呼ばれる松林や畑地などの砂地を中心に採掘が行われたという。また、道路については掘らなかったが、農道の場合は掘ったという。砂鉄採取の行われなかった道路や字界などの掘削境界部では、液状化・流動化に伴う土地の隆起がしばしばみられる。このように土地利用の違いが砂鉄採取地の選定に重視されていたことがわかる。

ところで、砂鉄採取地の全てにおいて液状化・流動化が起こったかといえ、必ずしもそうでないことがこの図から伺える。特に⑪大砂子では、実際に砂鉄採取がおこなわれていたにも関わらず、大きな被害は確認されていない。ここは蛇園集落でも最も標高が高く、海拔13～15mに位置する（図5参照）。これに対し被害の集中地区は海拔10m以下のところに多くみられる。こうした標高と被害との関係は、地下水位の高さに関係していると考えられる。

蛇園地区の中心部には、大利根用水東幹線が通過しているが、蛇園地区はその受益地ではなく、用水源は

主に台地崖の湧水を使用していた。そのため比較的地下水が豊富であり、地下水位も高い傾向にある。多くの場合地表から2～5m程度で地下水に達するが、地下水位の高いところでは1mに満たないところもある⁽²⁰⁾。

ところで、表土より2m程度下に「カナクレイ」と呼ばれる砂鉄の濃集部が存在するが、これは真っ黒で非常に固い砂鉄層で、岩石に近いという。これが厚いところでは30cm程度あったといわれ、そのためこの層が不透水層の役割を果たし、直下のものは被圧地下水となっている場合もあるという。この砂鉄層が厚い場所では、水はけが悪いところもみられたが、砂鉄採取後は逆に水はけが良くなり、作物によっては好条件に変わったともいわれている。

蛇園地区の砂質は、中粒と細粒の砂及びシルトで、水田部分ではグライ化した土壌もみられるが、多くが液状化・流動化しやすい性質を持っている。そのため標高の高い場所でも、表面化しない地中の液状化・流

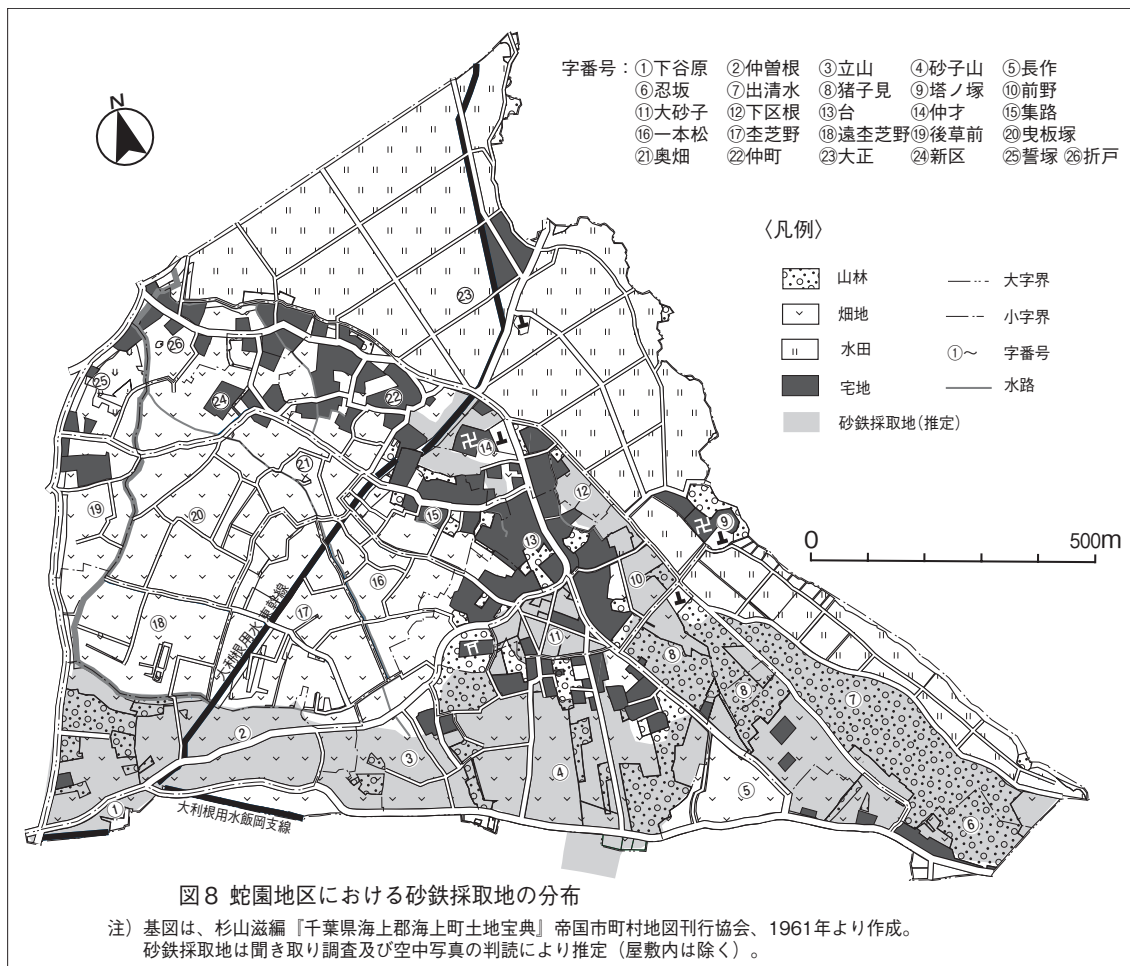
動化が実際には存在したと考えられる。

こうした地下水以外にも、地盤の基礎工事が正しくなされている場合は被害が少ないようである。特に新しい施設などでそうした場所が確認できる。

以上のように、砂鉄採取地における液状化・流動化の有無は、地下水位の高さや地盤基礎工事の施工状況などと関係していることが窺われる。

おわりに

本稿では、千葉県旭市蛇園地区を事例に、砂鉄採取地における液状化・流動化被害の実態とその関係を明らかにした。蛇園地区ではかつて東西に砂丘が広がり、山林や畑地として利用されていたが、砂鉄採取の際にはこうした場所が主な掘削対象地となった。その結果、砂丘地を中心に液状化・流動化の被害が深刻化するという、一般的な理解とは異なる現象がみられた。しかし、砂鉄採取地の全てで液状化・流動化が起こるわけ



ではなく、さまざまな要因がこれに影響する事もわかった。

液状化・流動化の有無については主に3つの性質が考慮される。1つめは、地質の性質である。これは砂の粒度や粘性、地下水位に加え、地形や土地の造成方法・地盤基礎工事の在り方が影響する。2つめは、地震の性質である。地震の揺れの大きさや時間、頻度により液状化・流動化の進行が異なるといえる。3つめは、土地の歴史的性質である。これはいわば土地の履歴といってもよいだろう。今回の例では、当該地域が砂鉄採取地域であった点があげられる。以上の点を踏まえ、今後の液状化・流動化対策に生かして頂きたいと考える。

最後に、本稿では砂鉄採取地における液状化・流動化被害の予測のための1つの方法を提示した。今後再液状化が予測される範囲を特定したり、ハザードマップを作成するなどして、防災面に活用されることを期待したい。

謝辞

本稿を作成するにあたり、加瀬良雄氏、加瀬正彦氏、越川栄一郎氏、浪川一郎氏には調査に際し大変お世話になった。また旭市役所の関係部署では資料の閲覧などで便宜をはかって頂いた。さらに、蛇園地区の住民の方々には聞き取り調査などで多大なご協力いただいた。他にも名前を挙げきれない多くの方々に大変お世話になった。末筆ながら記して感謝申し上げたい。

注

- (1) 一般的に台地上では液状化が起きないと考えられているが、大正震災において千葉市登戸地区では台地上が大きく陥没する現象が確認されており、地下水位との関係が指摘されている。(吉村信吉・山本莊毅「千葉市西北郊登戸の地下水と震害」『東京帝国大学地震研究所彙報 第16冊第2号』pp212-217、1938)
- (2) 若松加寿江編『日本の地盤液状化分布図 その3・関東』東海大学出版会、1991。

- (3) 楡井久監修『検証・房総の地震―首都機能を守るために』千葉日報社、p103、1997。
- (4) 旭市『旭市地震防災マップ・平成20年』旭市、2008。
- (5) 千葉県史料研究財団編『千葉県の自然誌 本編2 千葉県の大地』千葉県、p645、1997。
- (6) 飯岡町史編さん委員会編『飯岡町史』飯岡町、p79、1981。
- (7) ①田部三郎『鉄よ永遠に 日本鉄鋼原料史(上巻・鉄鉱石編)』産業新聞社、p79、1982。但しサンドポンプの導入を昭和28年以降とするものもある(②通商産業省地下資源開発審議会鉱山部会未利用鉄資源開発調査分科会編『未利用鉄資源 第6集』日本鉄鋼連盟、p104、1960)。
- (8) 前掲(7)①、p82。
- (9) 植野英夫「明治以降の千葉県における砂鉄採取について」『千葉県立現代産業科学館研究報告 第18集』、pp1-16、2012。
- (10) 前掲(9) p10、図9参照。
- (11) 鎌田忠治『一旧家文書にみる九十九里東部村落の歴史』千秋社、pp172-174、1982。
- (12) 前掲(7)②、第1集、pp202-203、1955。
- (13) 前掲(7)②、pp118-120。
- (14) 前掲(7)②、第3集、p132、1957。
- (15) 海上町史編さん委員会『海上町史 総集編』海上町役場、pp376-377、1990。
- (16) 「立山」は稲生神社が鎮座する砂丘を指すと思われ、字名は立山修験に関係する地名とも考えられる。
- (17) 旭市史編さん委員会編『旭市史 第1巻(通史編・近代史料編)』旭市役所、pp18-19、1980。前掲(15)、p6。
- (18) 中村千波「東日本大震災による千葉県旭市の液状化について」全地連「技術フォーラム2012」新潟の資料。
www.web-gis.jp/e-Forum/2012/PDF/2012_002.pdf(情報取得2012年11月1日)
- (19) 聞き取り調査で採掘地とされている場所でも、確証がとれない地点については、保留する事にした。
- (20) 大正期に耕地整理が行われた②大正では、自然水位が70cmとされている(『全国地下水(深井戸)資料台帳 千葉県・東京都・神奈川県』国土庁土地局国土調査課、p260、1996による)。