

千葉県野田市における風水害対応避難場所と避難経路の検討

近藤 健

本学地理・環境専攻 2016年3月卒業

I. はじめに

東日本大震災以降、各自治体ではハザードマップに関して、見直しが行われるようになった。ハザードマップとは、地震などの災害時における危険域を、地図上に図化したものである。これを各都道府県、もしくは市区町村が、自治体のホームページに掲載し各家庭に配布を行うことで、住民は居住する地域のハザードマップの存在を初めて認知する。

しかし、牛山ほか(2003)は、ハザードマップやホームページ上の災害情報が必ずしも自治体で認知・利用されていないと指摘している。ハザードマップの災害時による利用は、まだ不十分であるといえるかもしれない。

ハザードマップに掲載されている災害情報を知ることで、その地域に住む住人は事前に避難場所の位置や、危険域を把握することができる。特に本来細かいデータの集合であるシミュレーションデータを図化し、広く周知してもらうためのツールとしての効果は大きい。

しかし、現状のハザードマップでは実際に災害が起きたときに利用できる避難場所や、避難経路の把握が難しい。災害時には利用できない避難場所や避難経路を住人に把握させることも、ハザードマップにおける役割の一つであると考えられる。

避難経路に関しては中山ほか(2008)によって、実際の避難経路の歩行可能評価の研究が行われている。しかし、この研究では避難場所の使用状況や収容人数に関して検討されていない。本研究では、避難場所の収容人数を考慮した避難方法の検討を行う。

II. 研究の目的

近年公開されるハザードマップの多くは、地震の予想震度や予想浸水域をメッシュ状に示し、一目でどこの地域が危険域かを把握することができる。しかし、一方で現行のハザードマップは、災害時の避難場所の使用状況や避難経路を把握できないので、実用性に乏しい部分があるともいえる。

そこで、本研究では低地と台地の区分が明確で河川氾濫による浸水域がはっきり現れる千葉県野田市を研究対象地域とする。この地域で洪水が発生した時に、実際に利用できる避難場所と避難経路を図化し、どの避難場所への避難経路を使えば効率的な避難が可能なのかを検討する。

河川氾濫による浸水を想定したハザードマップは、浸水域のデータを地図上に一定の数値ごとに色分けしたポリゴンデータに変換して加え、誰もが一目でわかるようなつくりとなっている。しかし、災害時に避難指示が出された場合、住民が向かう場所は、標高の高い台地や最寄りの避難場所である。そこまでに至るルートの安全性の確認も必要となってくる。

つまり、既存のハザードマップは、安全または危険地帯の把握は容易であるが、避難という点においてはまだ情報不足であるといえる。そして、浸水を想定した避難経路が使用可能か不可能かを選定するためにも、複数の避難経路を考慮する必要がある。例えば、最寄りのA避難所に避難するのが一番早いですが、途中の道が浸水して通行が困難な場合があったとする。この場合、浸水したルートを迂回するか、別のB避難

所に避難するなどの選択肢が出てくる。

しかし、これも複数の避難ルートがわかっていることが前提に出てくる考えである。これらを事前に理解しているか、していないかで避難に掛かる時間に大きな差が生じると考えられる。

以上より本研究では、野田市が現在公開しているハザードマップを軸に、使用可能な避難ルートの検討、避難所自体の浸水の有無を調べていく。これらをもとに、浸水時を考慮した情報を加えていき、より実用的なハザードマップの再検討を行うことが目的である。

Ⅲ. 調査地域の概要

千葉県北西部に位置する野田市は、人口155,610人(2009年4月1日現在)、面積103.54km²である。東に利根川、西に江戸川、南に利根運

河の三方を河川で囲まれた地域に位置する(図1)。江戸川を挟んで5本の橋で埼玉県と繋がっており、利根川を挟んで3本の橋で茨城県と繋がっている。市南部には東武野田線と国道16号線があり、県内と県外の両方からの人や交通の便が往来し、交通量が盛んであると推測される(図2)。

野田市は図3、図4にみられるように、低地と台地の区分がはっきりわかるという地形的特徴を持っている。野田市における河川に近い土地には、標高が5m以下の低地が広がっている。野田市は三本の河川に囲まれていることから、このような地域では河川氾濫による浸水が起きる可能性が高いと推測できる。

実際の洪水では、なるべく標高の高い土地に、迅速に避難しなければならない。そのため野田市の地形を全体的にみると、河川に近い低地に住む人々は、必然的に内陸部の標高13m

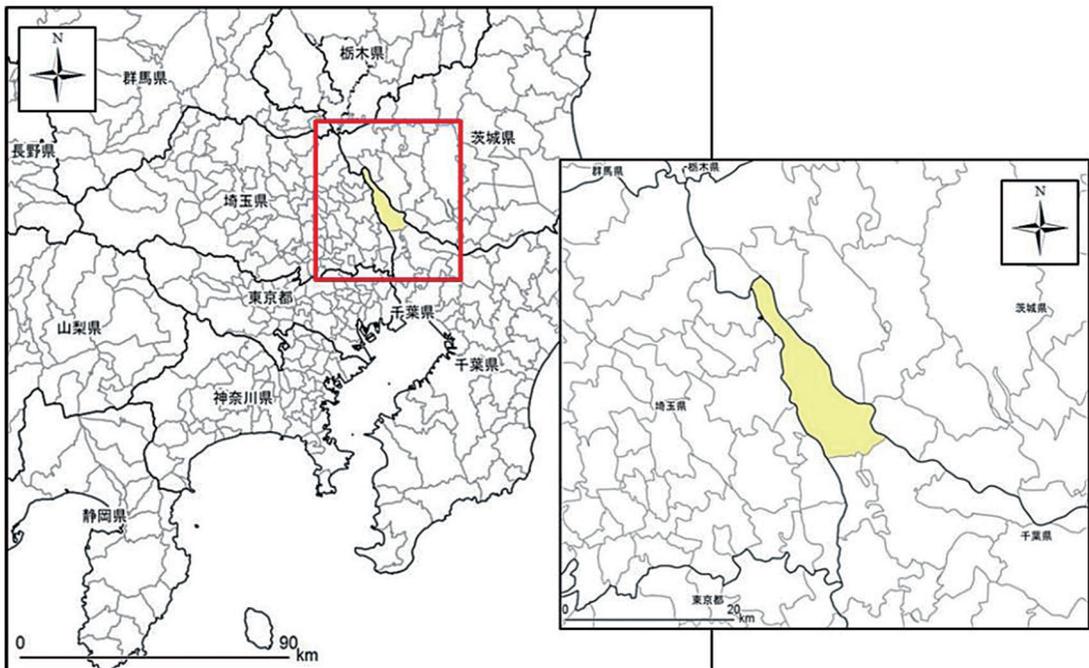


図1 千葉県野田市の位置図

国土数値情報のデータを基に筆者作成

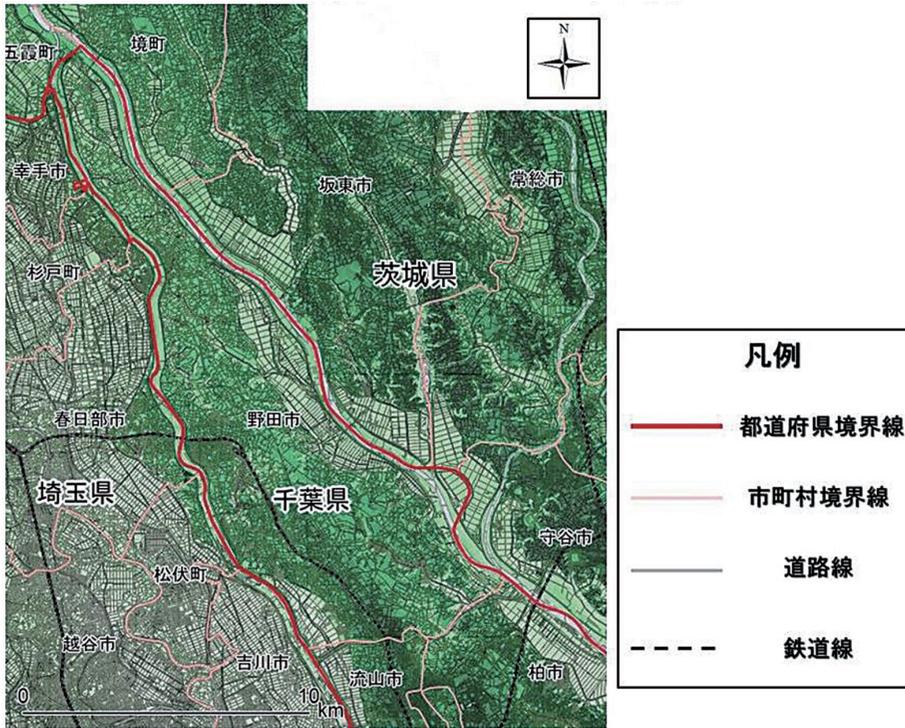


図2 千葉県野田市の地域概要図

国土地理院HP基盤地図情報のデータを基に筆者作成

以上の台地に避難するということが予想される。つまり、野田市の地形の特徴上、市の外周部から中央に避難するという構図ができるということである。

しかし、市北部では内陸部も標高の低い土地であるため、河川氾濫による洪水が起きたときに、中央に避難するということができない。この場合、標高の高い場所に避難するためには、市南部の台地まで移動しなければならないことが予想される。だが、市北部から市南部へ避難することは、距離を考慮すれば容易であるとはいえず、有効な手段とはいえない。

このように、野田市は低地と台地の区分が明確に現れており、そのため、河川氾濫時における浸水域がはっきりわかる形となっている。しかし、北部と南部における標高差の違いにより、避難方法が大きく異なってくるのではない

かという疑問が浮かび上がってくる。そのため、野田市全域において、有効的な避難方法や避難経路を再検討する必要があると考える。

IV. 調査方法

今回の研究は、河川氾濫時における避難場所と避難経路についての考察である。それを行うためには、まず対象地域である野田市の地形の特徴を把握する必要がある。

そのため、国土地理院ホームページから基盤地図情報の数値標高モデルで5mメッシュDEMデータを取得した。これを、フリーソフトQGISを用いて地図上に可視化し、野田市の地形の特徴を判読した。さらに、このデータに陰影のデータを付加し、「陰影図」を作成した。これにより、詳細な地形の起伏を可視化した。

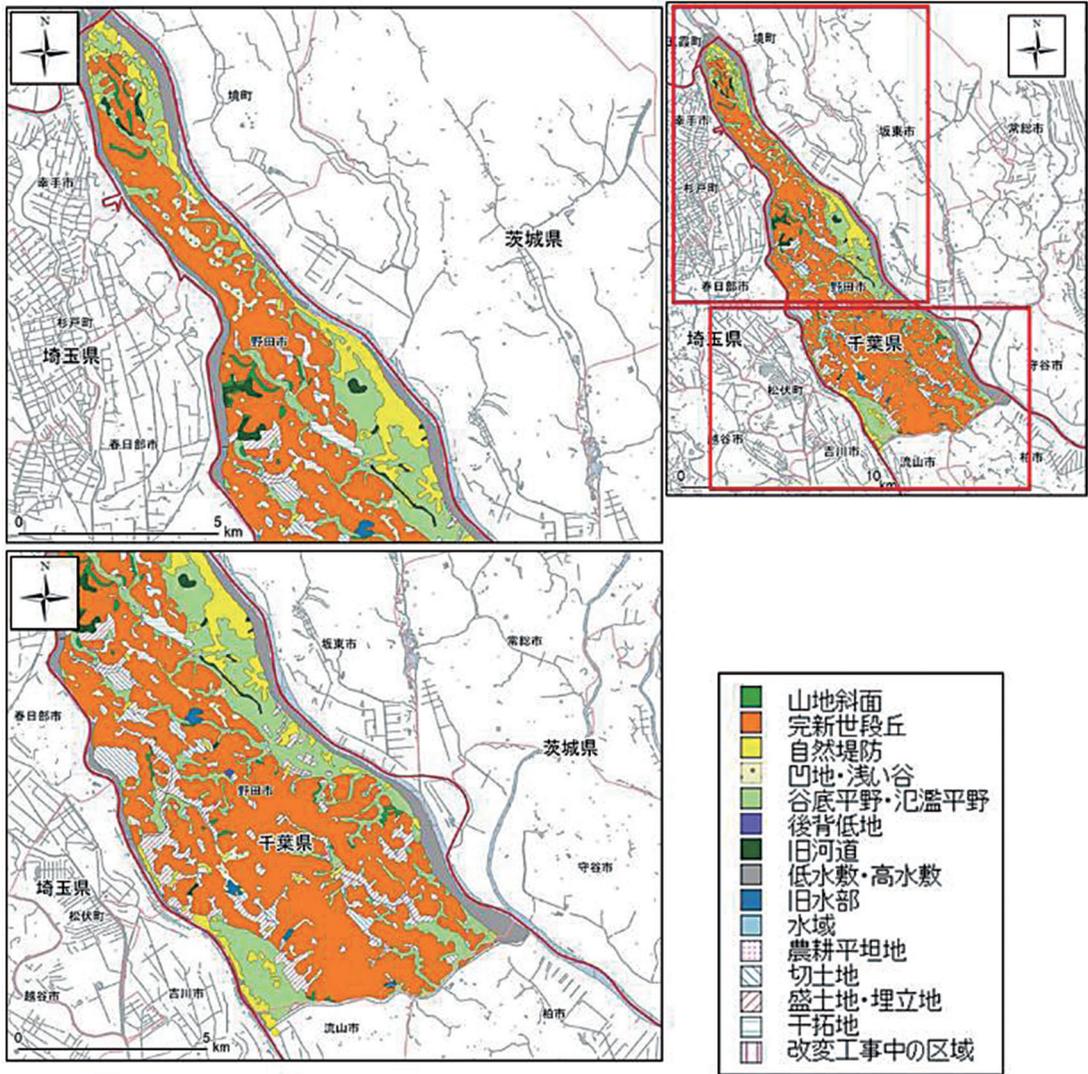


図3 野田市の土地条件図（上：北部 下：南部）
 国土地理院 地理院地図 土地条件図をもとに筆者作成

洪水時に予想される浸水域の作成に当たっては、野田市ホームページ上に掲載されている、「洪水ハザードマップ 浸水想定区域図（野田市北部・野田市南部）」を利用した。これをQGIS上に表示し、「georeferencer」機能を用いて座標を与え、浸水域をポリゴンデータとして抽出するデジタル化処理を施すことで、実際の洪水時に予想される浸水域図を作成した。なお、野田市における洪水ハザードマップは、

野田市が2005年に作成し、200年に一度の確率で起こる大雨によって河川が増水し、それにより堤防が決壊したときのシミュレーションがもとになっている。

この予想される浸水域図と、前述したDEMデータをGIS上でオーバーレイすることで、野田市の地形と浸水域の関係を可視化することができる。本研究の土台であるこの図は、DEMデータ上における地形の高低差を見極め、そこ

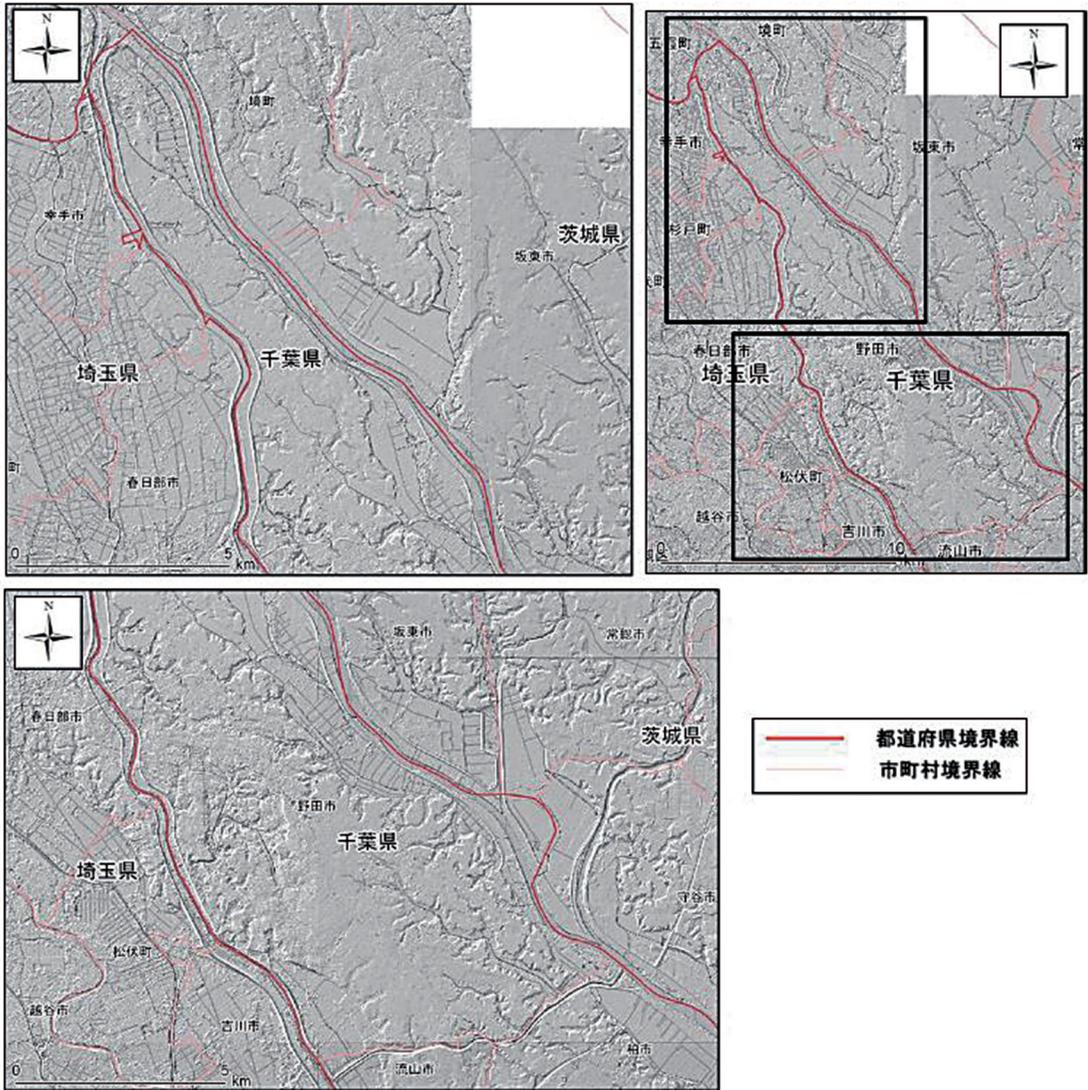


図4 野田市グレースケールDEM
 (5mメッシュデータ 上：北部 下：南部)
 国土地理院 基盤地図情報 DEMデータをもとに筆者作成

に流入すると予想される洪水の浸水状況を把握することができる。地形上どの場所に流入し、どのような地形的特徴を持つ場所の浸水域が広く、また、浸水深がどれ程に深くなるかを考察する材料となる。

さらに、今回は洪水時の避難場所と避難経路の考察ということ目的としている。そこで、実際に堤防が破堤した時間から、1時間、2時

間、そして3時間後の浸水域を示した、破堤後の時間別洪水シミュレーション図を作成した。使用したデータは、国土交通省関東地方整備局の利根川上流河川事務所より公開されている「利根川上流はらんシミュレーション」から、野田市に含まれる堤防が破堤したときの破堤地点からの洪水シミュレーションデータである。

また、3時間の洪水シミュレーションデータを用いる理由は、地域の住民が迅速な避難を行うと予想しているからである。この3時間という時間は、住民が最寄りの避難場所や高台に避難している途中の時間であると仮定することで設定したものである。今回の破堤地点は、利根川が200年に一度の確率で起こる大雨により増水し、利根川右岸部の堤防において、もっとも破堤が予想される7地点を候補に挙げた。そして、破堤から3時間以内に、比較的に広範囲の浸水が確認される4つの破堤地点を、本研究における時間別洪水シミュレーションデータとして使用した。

こうして、野田市の洪水ハザードマップをもとに作成した予想浸水域図と、時間別の洪水シ

ミュレーション図をもとに、野田市における予想水没道路網図を作成した。これは、洪水時における道路の浸水の有無を調べることや、浸水の深さによっても歩行可能な道路を示すことができる。水没した道路が歩行可能であるかの基は、須賀ほか(1994)の水中歩行実験の結果に基づくこととする。

なお、野田市には「野田市避難場所マップ」という、予め各避難所からの距離などを考慮した、全9地区に分けした避難地区が存在する。これから記述する結果の項では、主にこの「野田市避難場所マップ」で区分けされた9地区を基準に図を作成し、考察することとする(図5)。

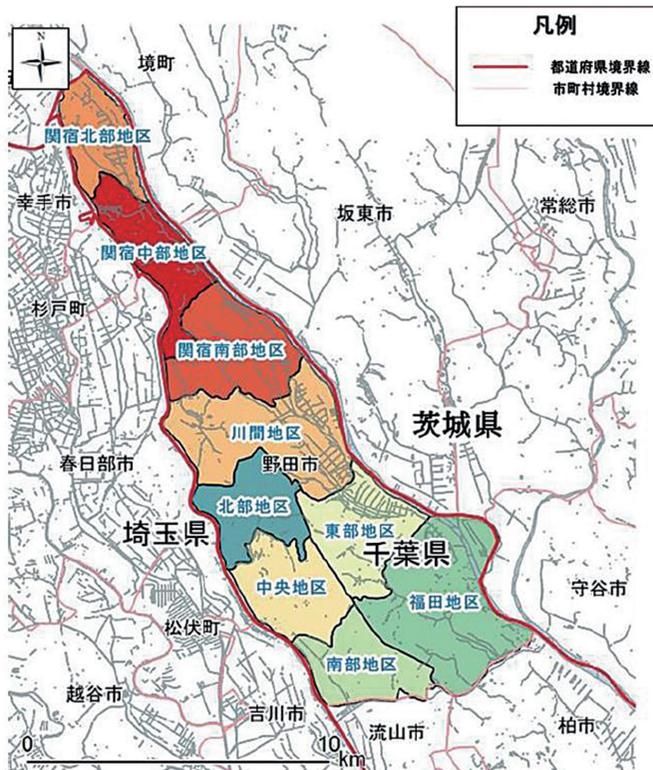


図5 野田市における避難地区

国土地理院 基盤地図情報・野田市HP 野田市避難場所マップをもとに筆者作成

V. 結果

1) 野田市DEMデータと予想浸水域

まず、DEMデータと予想浸水域の関係をみていく(図6)。北部においては、南部に比べると標高が低い部分が目立ち、その分予想浸水域の範囲が広いのがわかる。さらに北部では、標

高5m以下の場所では、2~3m以上の浸水が予想されることが確認される。また、それ以上の場所においても、1m未満の浸水が予想される結果となった。北部において、予想浸水域を外れているのは、標高が15m以上ある河川付近の堤防と南部から続く台地上だけである。

一方、野田市の南部では、内陸部に比較的標

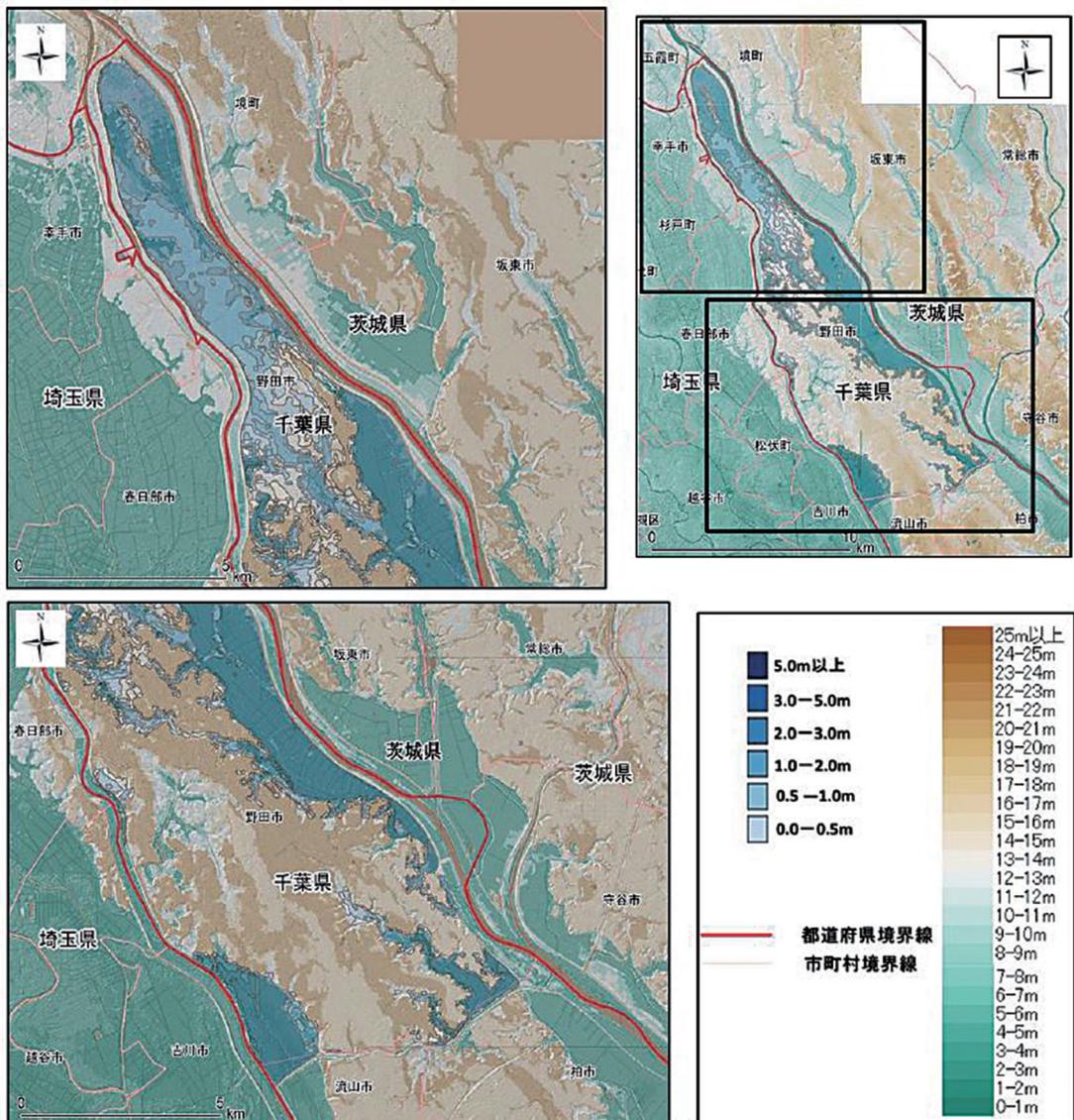


図6 数値標高DEMモデルと予想浸水域のオーバーレイ図

上：北部 下：南部 国土地理院 基盤地図情報と野田市HP「浸想定区域図(野田市北部・南部)」をもとに筆者作成

高の高い台地が広がっているため、これらは予想浸水域から外れている。南部で予想浸水域に入っている部分は、利根川付近の標高4～5mほどの低地と、市南端部の江戸川と利根運河付近の低地である。これらはいずれも3m以上の浸水が予想されることがわかる。

また、南部に広がる台地に存在する谷底平野においても、予想浸水域内に入っている部分がある。つまり、河川付近の低地だけでなく、内陸部にまで浸水域が広がる可能性がある。しか

し、標高約15m以上の部分は、やはり予想浸水域外になっている地域が多く見られる。

2) 土地条件図と予想浸水域の関連

次に、土地条件図と予想浸水域の関係をみていく。浸水域に覆われている北部では、土地利用の区分では台地となっている部分においても、予想浸水域内に入っているのがわかる(図7)。

この原因として考えられることの一つとして、北部の台地における谷底状の低地やその周

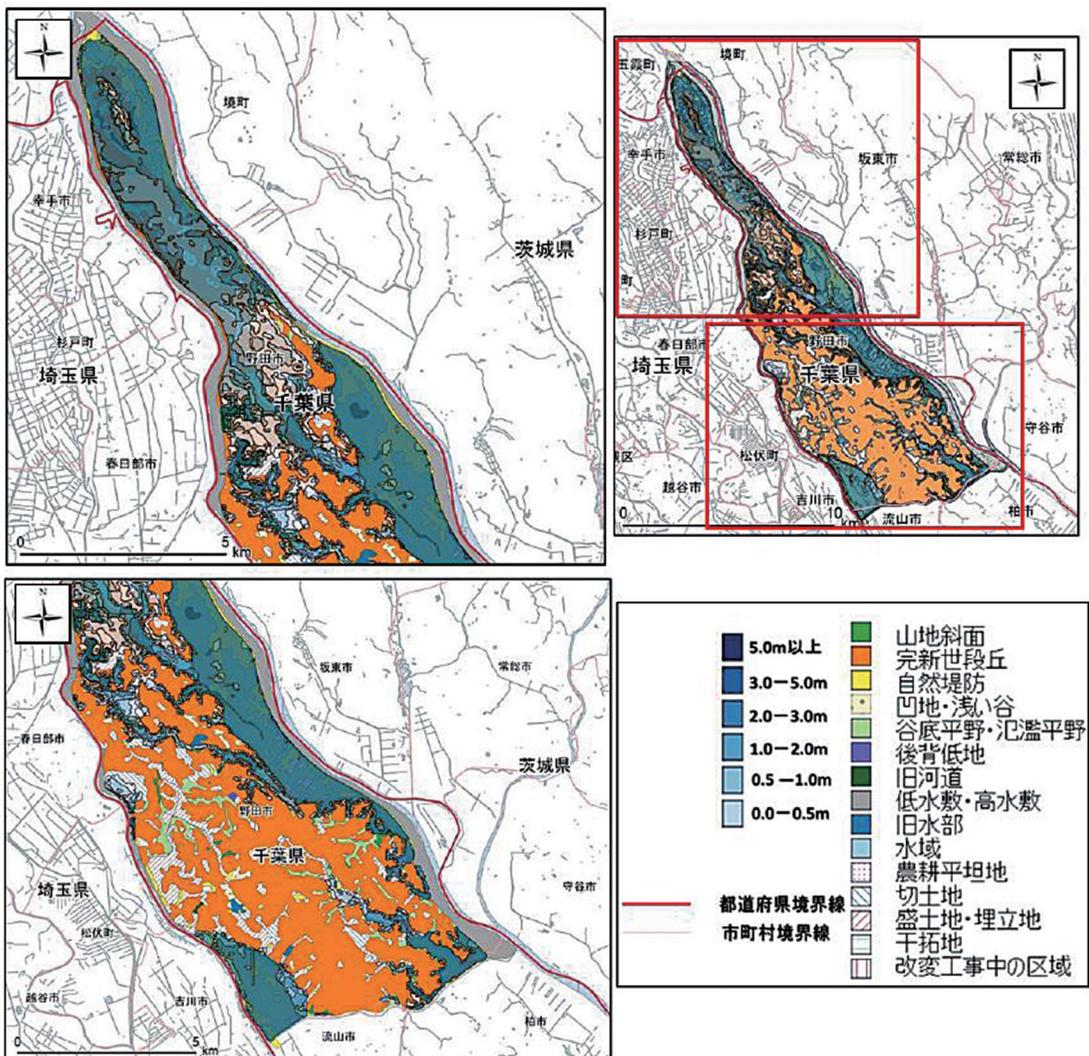


図7 野田市土地条件図と予想浸水域図のオーバーレイ図

上：北部 下：南部 国土地理院 地理院地図 土地条件図と野田市HP「浸水想定区域図(野田市北部・南部)」をもとに筆者作成

辺に存在する旧河道や砂州・砂堆があげられる。北部では、これらの低地で地盤の弱い地形が、河川付近に留まらずに内陸部にまで存在する。そのため、予想浸水域が広範囲に広がっていると推測できる。また、図6のDEMデータと合わせてもう一つの原因を考えると、北部における台地と区分される地形は、南部の台地と比べると、標高が低い台地である。その高さは、11m以下の部分が大半を占める。標高だけでみれば、台地の周辺に存在する微高地である自然堤防と変わらない。

さらに、北部の地形は全体的に見ると、両端を河川によって挟まれているため、堤防に覆われる形となる提内地となっている。本来、提内地は洪水氾濫から守られている住宅地や農地のことを指す。

3) 野田市のDEM、土地条件図と風水害対応避難場所の分布

野田市には、市が指定した全74箇所の避難場所があり、これらは主に小中学校や公民館、公園などの施設となっている(表1)。しかし、これらの避難所は、地震や大規模事故の場合に機能する避難場所である。そして、洪水時に機能する避難場所の数はさらに限られてくる。

野田市の風水害対応避難場所の分布をみていくと、全体的に北部が少なく南部に多い形となっている。野田市の北部に当たる関宿北部、中部、南部地区の風水害対応避難場所は合計15箇所ある。この内、施設の全階層が使用できる避難場所は4箇所である。それ以外の避難場所は、風水害時には2階以上しか使用できないということが予想されている。

一方、南部の風水害対応避難場所は、主に標高の高い台地上に立地していることがわかる。南部における風水害対応避難場所は全40箇所である。この内、2階以上が利用可能な避難所は3箇所、3階以上が利用可能な場所は1箇所、それ以外は全階層が利用可能となってい

る。

図8は、野田市の土地条件図と風水害対応避難場所の分布と予想浸水域をGISを利用してオーバーレイした図である。これをみると、野田市北部や河川付近には氾濫平野や旧河道が広がっていること、市南部の中央には台地と谷底平野が存在していることがわかる。この中で予想浸水域に含まれるのは、主に市北部と河川付近の氾濫平野と旧河道部であり、予想される水深は3m~5m以上とされている。そして市南部の中央にある谷底平野も予想浸水域に含まれていることがわかり、1m~2mの浸水が予想される。

次に、DEMデータについて見ていく。図9は、野田市のDEMデータと風水害対応避難場所と予想浸水域をオーバーレイした図である。これをみると、氾濫平野や旧河道が広がる北部や河川付近では、標高が低く予想浸水域に覆われていることがわかる。また、市南部の中央に存在する台地は全体的に標高15m以上あり、予想浸水域から外れている。

しかし、この地域の一部には谷底平野が存在しており、利根川方面に開かれた場所では、予想浸水域が広がっていることが確認でき、水深は1mから2mであることが予想される。

4) 風水害対応避難場所のポロノイ分割

野田市には、市が指定した避難場所とそれに伴う9箇所の避難地区がある。しかし、この避難地区は、風水害に対応していない避難場所も含まれているため、風水害を考慮した避難地区としてみるには、正確ではないと考える。

そこで、野田市における風水害対応避難場所をベースに、GIS上でポロノイ分割を行い、避難場所ごとに分割した領域を作成した(図10)。ポロノイ分割を行うことで、避難場所ごとの勢力圏を求め、野田市の風水害対応避難所の分布が集中している地域と、そうでない地域を見分けることができる。作成した図10を見ると、

表1 野田市における風水害対応避難所の一覧

地区	No.	風水害対応避難場所名	利用可能階層	収容施設	収容人数(人)	面積(m ²)	一人あたりの面積
関宿北部地区	1	関宿城博物館・関宿にこにこ水辺公園	全階層	運動場	112	5,721	3.3
	2	関宿中学校	2階以上	校舎	10,570	30,200	2.9
	3	アルフレッサファーム(株)	2階以上	校舎	434	2,204	3.3
	4	三川小学校	3階以上	建物	1,392	7,088	3.3
関宿中部地区	5	三川中学校	3階以上	校舎	739	3,752	3.3
	6	関宿複合センター	2階以上	建物	788	4,001	3.3
	7	いちいのホール	2階以上	建物	247	1,284	3.3
	8	関宿中央公民館	2階以上	建物	906	4,604	3.3
	9	関宿複合センター	2階以上	建物	221	1,128	3.3
	10	関宿中央小学校	2階以上	校舎	841	2,750	3.3
関宿南部地区	11	木間ヶ瀬中学校	全階層	校舎	728	3,899	3.3
	12	関宿南部幼稚園	全階層	校舎	1,079	5,479	2
	13	木間ヶ瀬小学校	全階層	校舎	4,785	13,672	2
	14	関宿総合公園(体育館)	2階以上	体育館	168	748	3.3
	15	木間ヶ瀬公民館	2階以上	校舎	789	4,007	3.3
	16	関USJ東京	3階以上	校舎	2,456	7,019	2
川間地区	17	川間小学校	全階層	校舎	254	1,198	3.3
	18	川間公民館	全階層	校舎	1,178	5,555	3.3
	19	川間中学校	全階層	校舎	189	954	3.3
	20	西武台千葉高等学校	2階以上	校舎	3,423	17,383	3.3
	21	尾崎小学校	全階層	校舎	747	3,797	3.3
	22	北部中学校	全階層	校舎	4,789	13,684	2
北部地区	23	岩名小学校	全階層	校舎	187	929	3.3
	24	北コミュニティセンター	全階層	校舎	91	466	3.3
	25	七光台小学校	全階層	校舎	1,158	5,884	3.3
	26	野田中央高等学校	全階層	校舎	6,863	19,610	3.3
	27	岩名中学校	全階層	校舎	271	1,282	3.3
	28	北部公民館	全階層	校舎	1,812	8,188	3.3
中央地区	29	北小学校	全階層	校舎	929	4,718	3
	30	総合公園(体育館)	全階層	校舎	5,259	15,026	2
	31	清水高等学校	全階層	校舎	225	1,055	3.3
	32	清水台小学校	全階層	校舎	1,252	6,358	3.3
	33	第一中学校	全階層	校舎	4,968	14,196	2
	34	中央小学校	全階層	校舎	340	1,604	3.3
東部地区	35	標沢小学校	全階層	校舎	1,344	6,828	3.3
	36	東部公民館	全階層	校舎	3,193	9,124	2
	37	文化センター	全階層	校舎	213	1,006	3.3
	38	吉崎小学校	全階層	校舎	455	2,310	3.3
	39	第二中学校	全階層	校舎	365	1,045	3.3
	40	東部中学校	全階層	校舎	997	5,064	3.3
南部地区	41	東部小学校	全階層	校舎	4,603	13,154	2
	42	野田看護専門学校	全階層	校舎	233	1,101	3.3
	43	南部中学校	全階層	校舎	2,273	11,543	3.3
	44	南部小学校	全階層	校舎	8,946	25,560	2
	45	山崎小学校	全階層	校舎	321	1,516	3.3
	46	みずき小学校	2階以上	校舎	1,101	5,694	3.3
福田地区	47	福田第一小学校	全階層	校舎	6,774	19,355	2
	48	福田中学校	全階層	校舎	261	1,232	3.3
	49	福田公民館	全階層	校舎	131	669	3.3
	50	二ツ塚小学校	2階以上	校舎	474	2,407	3.3
	51	福田第二小学校	全階層	校舎	1,845	8,274	3.3
	52	福田公民館	全階層	校舎	159	751	3.3
				体育館	1,146	5,406	3.3
				園内	65,450	187,000	2
				園内	3,114	15,812	3.3
				校舎	7,452	21,292	2
				校舎	300	1,415	3.3
				校舎	1,078	5,476	3.3
				校舎	8,109	23,159	2
				校舎	200	946	3.3
				校舎	1,016	200,000	3.3
				校舎	7,455	10,639	3.3
				校舎	438	9,795	2
				校舎	1,727	8,160	3.3
				校舎	3,210	21,300	2
				校舎	321	2,065	3.3
				校舎	723	3,673	3.3
				校舎	4,067	11,621	2
				校舎	201	948	3.3
				校舎	811	2,318	2
				校舎	2,473	7,068	2
				校舎	692	3,516	3.3
				校舎	2,747	7,849	2
				校舎	168	796	3.3
				校舎	1,035	5,255	3.3
				校舎	5,618	16,053	2
				校舎	302	1,426	3.3
				校舎	132	674	3.3
				校舎	420	1,200	2
				校舎	895	4,547	3.3
				校舎	5,391	15,404	2
				校舎	159	751	3.3
				校舎	865	4,392	3.3
				校舎	2,992	8,549	2
				校舎	128	608	3.3
				校舎	1,351	6,892	3.3
				校舎	8,120	23,200	2
				校舎	209	986	3.3
				校舎	1,390	7,060	3.3
				校舎	7,604	21,727	2
				校舎	339	1,599	3.3
				校舎	1,044	5,301	3.3
				校舎	2,394	6,842	2
				校舎	162	768	3.3
				校舎	169	853	3.3
				校舎	451	2,292	3.3
				校舎	385	1,100	2
				校舎	976	4,958	3.3
				校舎	6,225	17,788	2
				校舎	213	1,006	3.3
				校舎	1,013	5,143	3.3
				校舎	3,808	19,333	3.3
				校舎	151,882	433,951	2
				校舎	705	3,328	3.3
				校舎	727	3,692	3.3
				校舎	2,600	7,431	2
				校舎	235	1,111	3.3
				校舎	1,180	5,992	3.3
				校舎	5,370	15,344	2
				校舎	306	1,447	3.3
				校舎	135	690	3.3
				校舎	247	1,166	3.3
				校舎	4,303	12,296	2
				校舎	1,032	5,243	3.3
				校舎	520	2,644	3.3
				校舎	3,509	10,027	2
				校舎	104	493	3.3

※洪水時に全階層利用可能な避難所は、すべての収容施設が利用可能であると想定した。
 また、2階・3階以上の収容施設のみ利用可能な避難所では、校舎や敷地などの洪水時に利用不可と想定される収容施設の項目は除いている。

野田市地域防災計画 資料編 4 指定緊急避難所・防災関連施設等 資料4-1 指定緊急場所一覧 資料50-53をもとに筆者作成

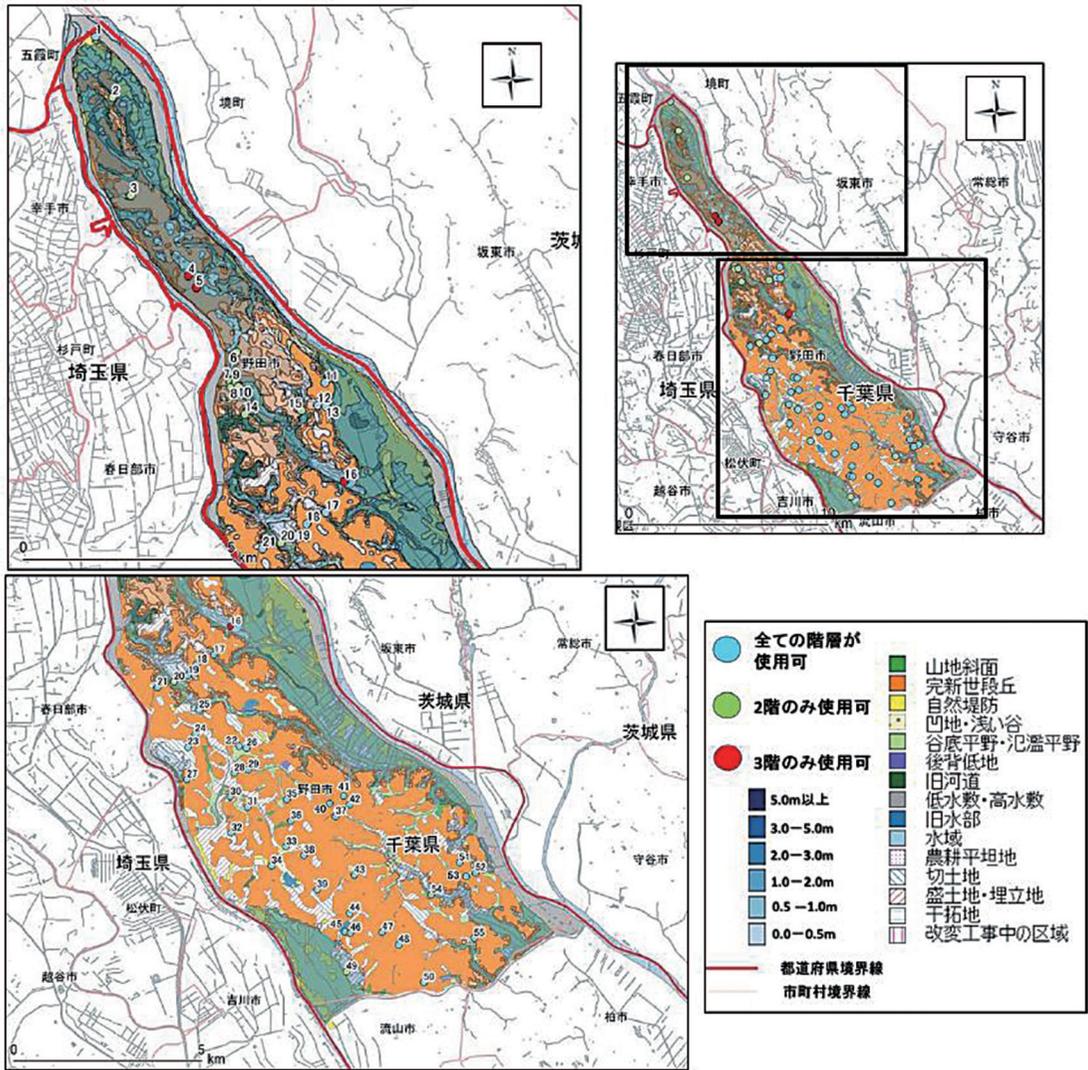


図8 土地条件図と避難場所分布、予想浸水域のオーバーレイ図（上：北部 下：南部）

国土地理院 基盤地図情報及び地理院地図 土地条件図・野田市HP「浸水想定区域図（野田市北部・南部）」・野田市避難場所マップをもとに筆者作成

ポロノイ分割圏が比較的に大きい地域は、北部から利根川付近にかけて位置している避難場所である。これらの地域は、標高が5m以下の谷底平野・氾濫平野で占められ、水深3m以上の浸水が予想される。ポロノイ分割圏が広いということは、避難場所にたどり着くまで時間が掛かる地域があるということである。なおかつ、これらの地域は総じて後述した通り、水害によって被害が拡大することが予想されるため、

他地域よりも早急な避難が必要であるといえる。

一方、ポロノイ分割圏が狭い地域は、北部まで続く内陸部の台地上に集中していることがわかる。こちらの風水害対応避難場所は、分割圏が狭いので、避難場所までの距離が近い地域が多い。そのため、水害時において、比較的安全で迅速な避難が可能だと考えられる。

しかし、江戸川や利根運河付近では、ポロノ

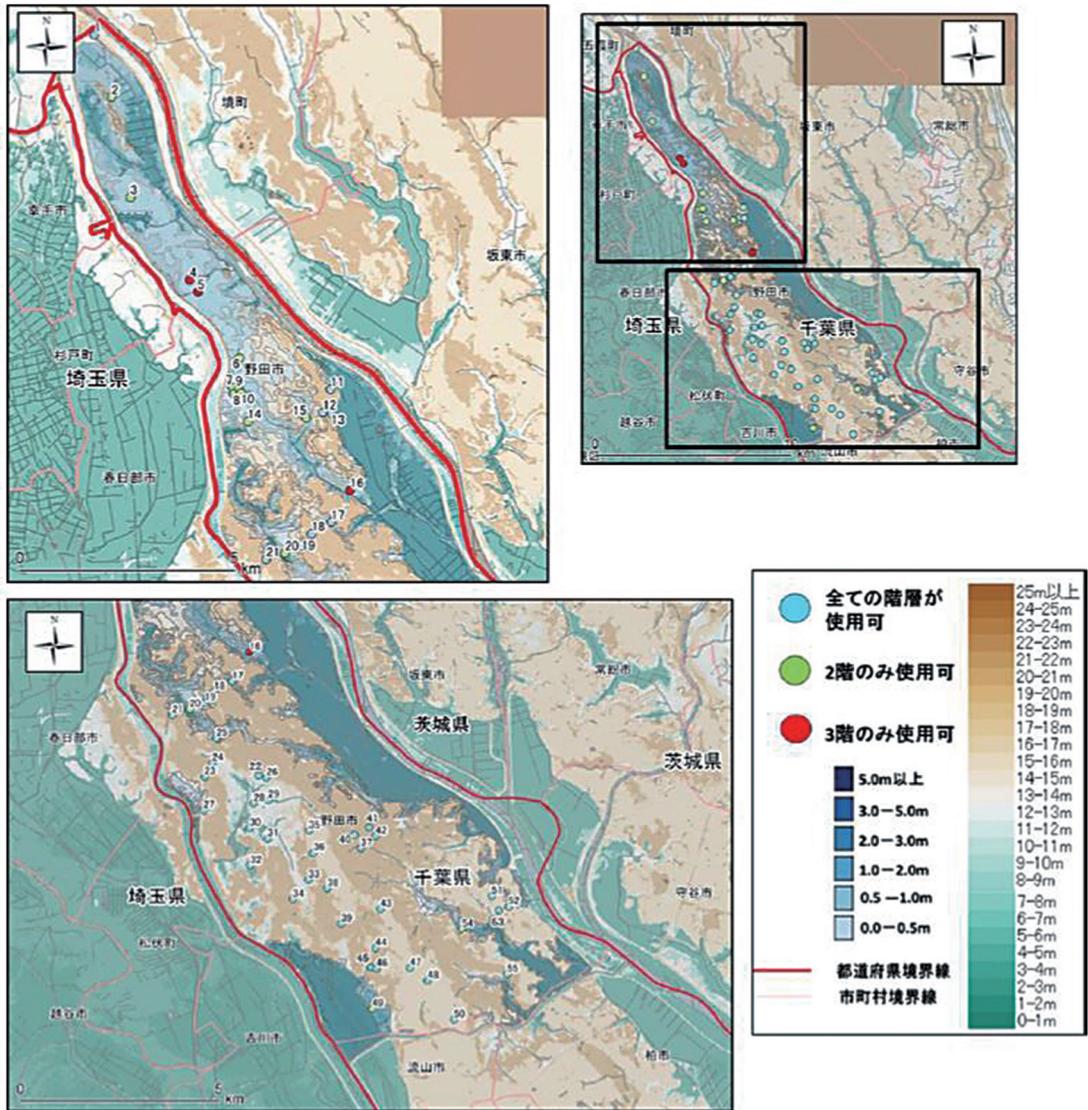


図9 野田市DEMデータと避難場所分布、予想浸水域のオーバーレイ図（上：北部 下：南部）

国土地理院 基盤地図情報・野田市HP「浸水想定区域図（野田市北部・南部）」・野田市避難場所マップをもとに筆者作成

イ分割圏が広い地域がある。そして、予想浸水域内に入っている地域もあるため、早急に避難場所のある内陸部の台地上に避難することが、南部の低地に住む住人のもっとも効率的な避難方法だと考えられる。

5) 予想浸水域から見た予想水没道路図

次に、予想浸水域と水中歩行実験の結果につ

いてみていく。図11は、須賀（1995）の水中歩行実験の結果である。水中歩行実験では、成人男性の場合、水深40cm～50cm（膝程度の水深）場合には、流速がある程度あっても、安定して歩行できる結果が出ている。そして、水深80cm（股下程度の水深）から歩きづらくなり、水深1m（腰高程度の水深）になると、歩行が非常に困難となり、恐怖感を覚えるという結果

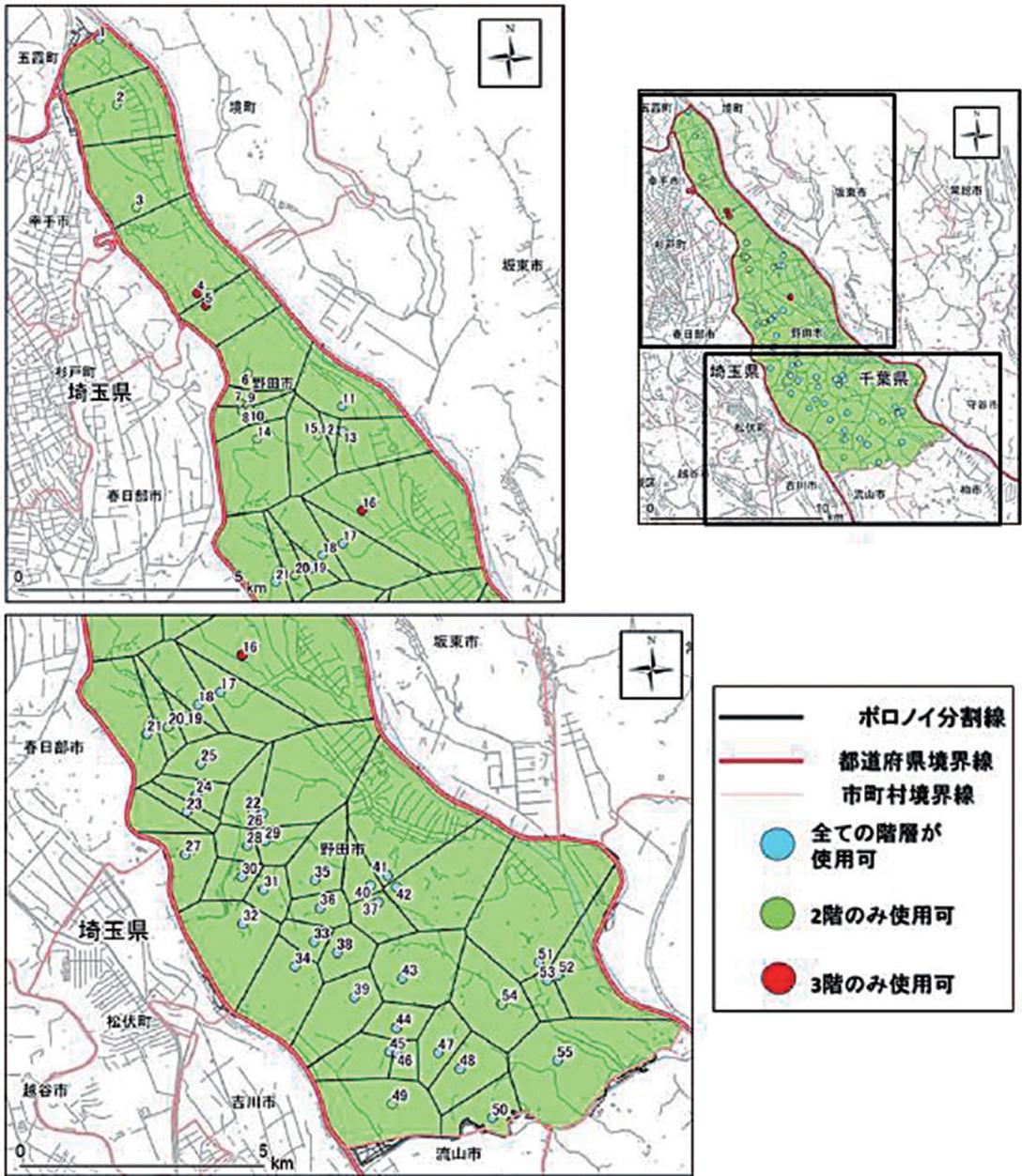


図10 風水害対応避難場所をもとにしたボロノイ分割図（上：北部 下：南部）

国土地理院 基礎地図情報・野田市HP「浸水想定区域図（野田市北部・南部）」・野田市避難場所マップをもとに筆者作成

となっている。

恐怖感は流れの速さと歩行の安定度などから影響を受けるが、流れから受ける感じと安定度は歩行者の水中歩行の経験度に影響される。水

深が増加し流速が速くなり、流れの抗力を大きく受けると流される恐怖感から歩行が困難になっている（須賀 1995）。

図12は、水中歩行実験の結果を予想浸水域

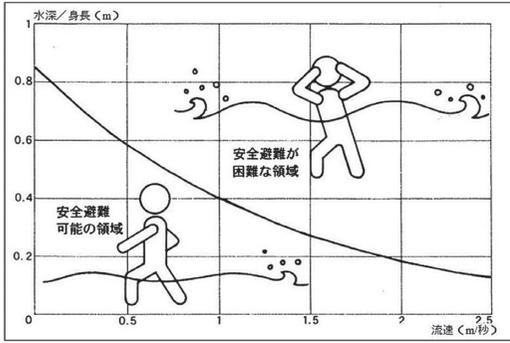


図11 洪水時の水中歩行実験の結果

出典：国土交通省 地下空間における浸水対策ガイドライン
1.5 避難行動における限界条件の設定

図に反映させたものである。これらの結果をもとにみていくと、関宿北部・中部地区では、大半の道路が歩行困難の水深1m以上の水没に見舞われるという予想が立てられる。なおかつ、2地区における風水害対応避難場所の数は、他の地区に比べて限られている現状がみられる。

しかし、浸水域や予想水没道路網図から1m以上の浸水が予想される中、同地区北部に位置する避難場所である「関宿城博物館・関宿にここ水辺公園」は、浸水域から外れている。これらの避難場所は、高さ15m以上の地形上に位置しているため、予想される洪水における安全性は十分確保されているといえる。

また、関宿中部に位置する株式会社アルフレッサファーマの施設や二川小学校と二川中学校といった避難場所は、洪水時にはそれぞれ使用階層が制限されている。このため、これらの避難場所を利用する際は、使用状況を考慮する必要があるといえる。

次に、関宿南部、川間地区をみていく。水没が予想される道路の水深は、関宿北部・中部と同様に、1m以上の水没が予想され、歩行不能となる道路が多いことがわかる。特に、図3の土地条件図を同地域と照らし合わせてみると、利根川付近の氾濫平野と自然堤防や、江戸川付近の旧河道部や谷底平野では、歩行不能とされ

る道路が多く占める形となっている。

関宿南部地区には、全階層が使用可能な避難場所である「木間ヶ瀬中学校」、「関宿南部幼稚園」、「木間ヶ瀬小学校」、「川間小学校」、「川間公民館」、「川間中学校」、「尾崎小学校」周辺の台地が存在する。

これらの避難場所がある台地は、DEMデータからわかるように、標高が15m以上ある。そして、予想浸水域からも外れているため、関宿南部、川間地区における水害時の避難場所として、最も適しているといえる。

また、関宿南部・川間地区には、2階以上のみ利用可能な「関宿総合公園(体育館)」、「木間ヶ瀬公民館」や、3階以上が利用可能な「株USS東京」と言った避難場所も存在する。これらの避難場所は、標高10m以下の谷底平野に位置している。

そして、これらの避難場所は周辺の道路の浸水も予想されるため、洪水時の利用は困難になると予想される。このように、関宿南部・川間地区では、1m以上の水没が予想される道路から離れ、1m以上の水没を免れている道路がある内陸の台地上への避難が、最も合理的な避難ルートだという予想が立てられる。

次に、野田市北部・中央・東部地区についてみていく。野田市の避難地区の中で、これらの地区は標高の高い台地に占められ、盛土地や切土地などの人口改変が見られる地区である。標高の高い台地に占められているため、これら3地区に存在する避難場所は、全て全階層が使用可能となっている。そして、その台地上の道路は、予想浸水域から外れ、浸水の可能性が低いいため、水害時においても水没せずに、通行が可能であるといえる。

しかし、これら3地区の利根川、江戸川付近の一部では、1m以上の水没が予想される道路が存在しているのがわかる。特に、東部地区では、川間地区から続いている氾濫平野が利根川付近に広がっており、ここに存在する道路は、

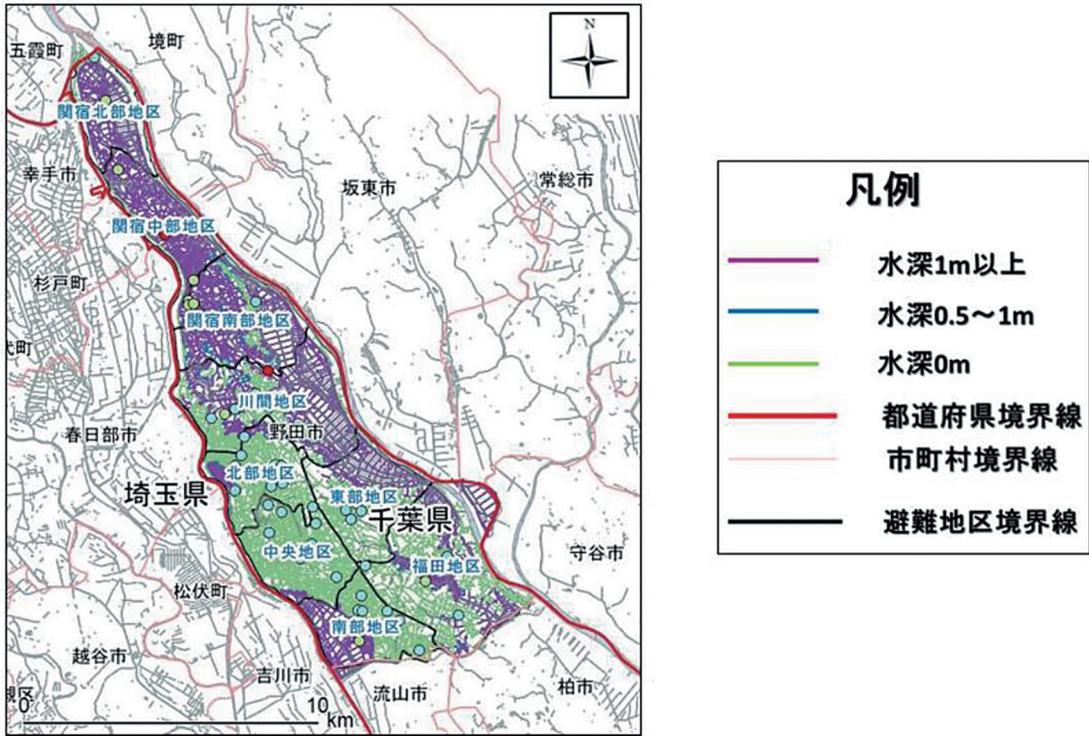


図12 予想浸水域より作成した予想水没道路図

国土地理院 基盤地図情報・野田市HP「浸水想定区域図(野田市北部・南部)」をもとに筆者作成

1m以上の水没が予想される形となっている。

また、北部地区と中央地区には予想浸水域に入っていない谷底平野が存在する。この場所には、避難場所の一つである「北部小学校」があり、予想浸水域外ということもあり、全階層が使用可能となっている。

しかし、江戸川の堤防決壊というリスクなど、洪水の流入の変化を考慮すれば、これらの谷底平野の道路や避難場所は必ず安全であるとは言い難い。以上から、この谷底平野における道路や北部小学校の利用状況は、洪水の変化により左右されると考えられる。

野田市北部・中央・東部地区は、全体的に歩行可能な道路が多い。そのため、他地区に比べて、水害時には安定して避難場所に行けることがわかる。そして、これら3地区全ての避難場所は、全階層が使用可能なため、収容人数を多

く確保できる結果となっている。

上記を考慮すれば、3m以上の水没が予想される関宿北部・中部、関宿南部・川間地区から、歩行可能な道路を通り、北部・中央・東部地区の避難場所へと避難することが予想される。つまり、野田市の北部方面から南へ避難していく人の流れが形成されるのである。

野田市の南端部に位置する南部・福田地区は、北部・中央・東部地区から続く標高13m以上の台地が内陸部にあり、全階層が使用可能な避難場所も、その台地上に存在している。これらの台地上にある道路もまた、水没が免れると予想され、水害時には安定して利用できるということがわかる。

しかし、南部地区の「みずぎ小学校」と福田地区の「二ツ塚小学校」は、標高10m以下の盛土地の上に存在する。そのため、2m～3m

の浸水が予想され、2階以上しか利用できない結果となっている。そして、これら二つの避難場所周辺の道路も、1m以上の浸水によって水没し、歩行が不可能になると予想される。前述したように、二つの避難場所周辺は、標高の低い盛土地であり、地盤が弱く、台地上よりも水害の被害を受けやすいことがわかる。

6) 氾濫シミュレーションに基づく予想水没道路

河川の氾濫によって起こる洪水は、堤内地に流入し、時間が経過するほど、その浸水域は拡大していく。そして、浸水域が拡大することは、避難場所に至る道路も、時間の経過とともに浸水していくことになる。

そこで、時間の経過を考慮した、予想水没道路網図を作成することとする。これにより、洪水発生から時間が経つにつれて、どこの道路が歩行不能となっていくのかの予想が立てられる。

今回は、利根川における洪水氾濫シミュレーションをもとに、須賀(1994)の水中歩行実験の結果を用いて、時間別に変化する予想水没道路網図を作成した。なお、洪水氾濫シミュレーションデータは、利根川上流河川事務所における「利根川上流はらんシミュレーション」のデータをもとにしている。

次に、野田市における氾濫シミュレーションと、それに伴う予想水没道路網図の結果をみてみる。氾濫シミュレーションには、利根川上流河川事務局の「氾濫シミュレーション」の破堤から1時間後から3時間後のシミュレーションデータを利用した。シミュレーションデータの時間設定は、破堤から住人が避難場所まで避難をするまでの時間を想定したものである(図13)。

今回は、4箇所ある予想破堤地点のうち、河口から右岸118.5km地点の破堤点をもとに氾濫シミュレーションと、それに伴う予想水没道路網図の結果についてみていく。この図をみると、

破堤から1時間後には破堤点中心に2mから3mの浸水がされ、破堤点から離れるごとに予想される浸水の水位は下がっていく形となっている。この時点で、避難場所の番号2番である、関宿中学校の周辺は水深0.5mから2mの浸水が予想される。

続いて破堤から2時間後をみていくと、破堤点の周辺の浸水は水深3m以上が予想され、浸水域も徐々に南下していくことがわかる。この図の浸水域をみていくと、破堤から1時間後よりも全体的に水深が上がってくるのが予想される。また、この時点で避難場所の番号3番である、アルフレッサファーマ(株)の施設周辺では一部水深4m以上の浸水が予想される。

そして破堤から3時間後には、破堤点周辺では水深4m以上の浸水が予想され、浸水域も2時間後の図と比較して南下していることがわかる。この時点で、避難場所の番号4、5番である二川小学校と二川中学校が浸水域内に入ることがわかる。また、全体的に水深が2mから3m以上の浸水が広がっていくことがみられる。

次に、予想水没道路網図についてみていく(図14)。これをみると、堤防決壊から1時間後には決壊した地点から南北に水深1m以上の浸水がみられ、歩行が不可能な道路が広がっていることがわかる。決壊から2時間後と3時間後には、関宿北部地区の道路のほとんどが歩行不可となり、その領域は徐々に南下してきている。さらに、関宿北部と中部地区の避難場所周辺の道路は、ほとんどが歩行不可となっている。

しかし、関宿北部地区の北端に位置する避難場所である「関宿博物館・関宿にここ水辺公園」や、堤防上の道路は予想浸水域や氾濫シミュレーションの浸水域から外れているため、野田市北部においては、これらの場所は比較的安全だといえる。

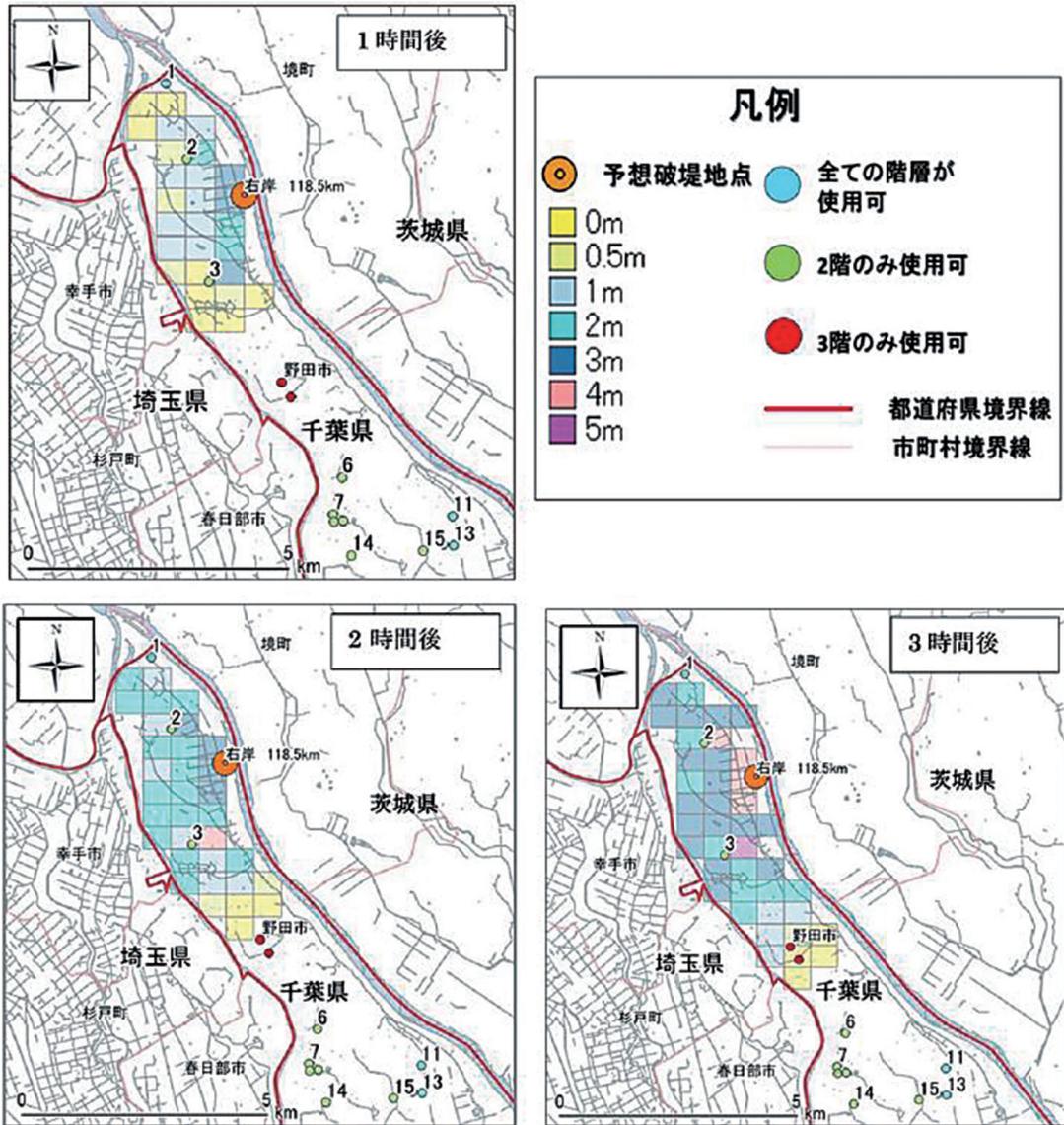


図13 右岸118.5km地点の破堤における500mメッシュ氾濫シミュレーションデータ

国土地理院 基盤地図情報・野田市避難場所マップ・利根川上流河川事務所 利根川上流はんらんシミュレーションをもとに筆者作成

VI. 考察

野田市では、地形の特徴や避難場所の分布、立地、浸水域の範囲、それに伴う水深が、北部と南部によって大きく異なる。

北部（関宿北部、関宿中部、関宿南部、川間地区）では、軟弱な地盤の低地が多く占め、そ

れによって水深の深い浸水域に覆われる。これに伴い避難場所や避難経路は大きく制限され、避難が困難になる可能性が高い。北部における有効な避難方法は、南部方面の台地上に向かうか、市の北端に位置する「関宿博物館・関宿にここ水辺公園」に避難することである。

南部方面に避難する理由の一つは、標高が

12m以上で、浸水域から外れている台地が多いことである。もう一つは、全階層が使用可能な避難場所が多く分布しているからである。そして、「関宿博物館・関宿にここ水辺公園」に避難する理由は、使用可能な階層と収容人数の関係にある。この避難場所の収容人数は、建物と広場を合わせて10,682人である。北部のほかの避難場所と比べると、最も多くの避難民を収容できる施設であることがわかる。

施設の立地についても、標高15m以上の堤防上にあるので、浸水の危険性は低いと言える。そこに至るまでの避難経路も、標高15m以上の堤防上の道路を通れば、安全に行けると考えられる。また、北部（関宿北部、関宿中部、関宿南部、川間地区）には、21箇所の避難場所が存在する。しかし、これらの避難場所の内の13箇所は、1階が水没する可能性が高い。

避難場所における収容人数は、屋外の広場や

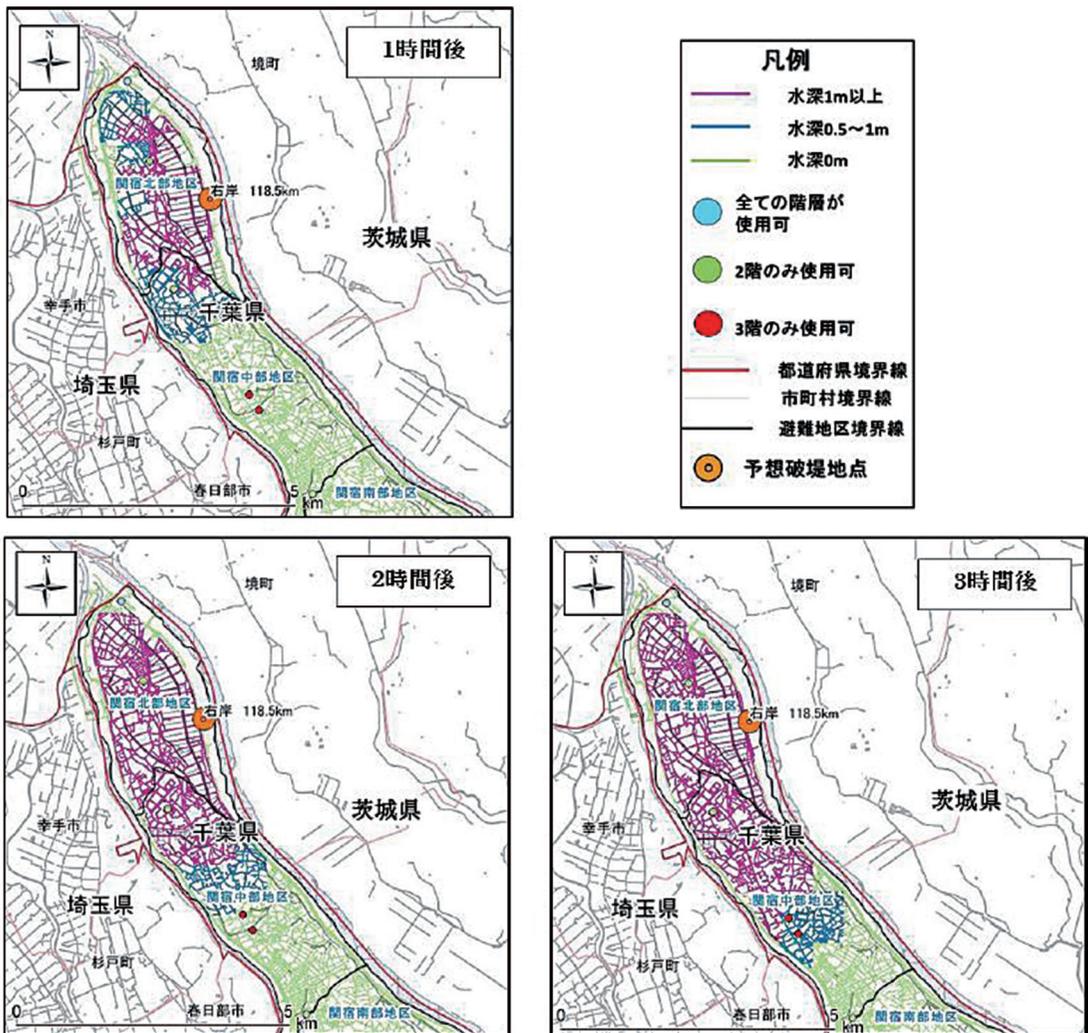


図14 右岸118.5km地点の破堤時における予想水没道路図

国土地理院 基盤地図情報・野田市避難場所マップ・利根川上流河川事務所 利根川上流はらんシミュレーションをもとに筆者作成

校庭が利用できる場所が、多く収容できることがわかる。その広場や校庭は、野田市における避難場所では、1階の階層の高さに存在する。つまり、ここが水没すれば、大幅に収容人数が減少し、避難民の受け入れが困難となる。

これらを考慮すれば、「関宿博物館・関宿にここ水辺公園」のような、収容人数が多い避難場所に避難することは、合理的であると考えられる。

南部（北部、中央、東部、南部、福田地区）における避難方法は、二段構えの方法が考えられる。まず、第一段階は、内陸部の台地に避難することである。予想浸水域と氾濫シミュレーション、予想水没道路を考慮すると、まずは、浸水域外の台地上に避難することが先決であると考えられる。そして、第二段階において、台地上の避難場所への避難が最も合理的であると考えられる。南部の避難場所は、台地上に密集しており、なおかつ、避難経路の水没は見られない。そのため、まずは台地上に避難することを第一に考え、そこから近くの避難場所へ向かうのが最善だと考えられる。

次に、避難経路について考察する。野田市における予想水没道路は、主に北部と利根川、江戸川付近の氾濫平野、そして谷底平野にみられる。特に氾濫シミュレーションの結果のとおり、水没1m以上の歩行不可の道路は、広い氾濫平野などでは、急速かつ広範囲に広がることがわかる。また、洪水は非常に複雑なシステムであり、氾濫条件や地理的多様性により洪水状況が変化することは容易に想像できる（中山

2008）。氾濫平野や谷底平野に広がっていく洪水も、雨量や流速によって、被害の規模は大きく変わってくると予想できる。

その中で、高齢者や身長の高い子供などの避難を考慮すれば、より一層、避難を迅速かつ、前もった情報の確認が必要であるといえる。その情報とは、後述したような風水害対応避難場所の利用状況や野田市全域の地形、予想浸水域、予想水没道路といったものである。しかし、重要なことは、これらの情報を断片的に知ることではなく、総合的に取得、理解し、各々の避難計画に活かすことである。

参考文献

- 須賀堯三・上阪恒雄・吉田高樹・浜口憲一郎・陳志軒
1994. 避難時の水中歩行に関する実験. 水工学論文集 39: 829-832.
- 須賀堯三・上阪恒雄・吉田高樹・浜口憲一郎・陳志軒
1995. 水害時の安全避難行動（水中歩行）に関する検討. 水工学論文集 39: 879-882.
- 中山大地・森永大介・松山洋 2008. 洪水氾濫シミュレーションに基づく避難経路の水中可能評価. 地学雑誌 117 (2): 423-438.

引用したウェブサイト

- http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyoku_keikaku/saigai/tisiki/chika/pdf/tech.pdf 2015年11月29日. 国土交通省 地下空間における浸水対策ガイドライン 同解説<技術資料>. 国土交通省.
- <http://dil.bosai.go.jp/disaster/1947kathleen/003.html> 2015年11月29日. 独立行政法人 防災科学技術研究所 カスリーン台風60年企画展 東京を襲った利根川の洪水. 独立行政法人防災科学技術研究所.