

東京の自然災害脆弱性を検証する

松 田 磐 余*

Verifying Vulnerability to Natural Disasters in Tokyo

Iware MATSUDA*

[Received 3 February, 2012; Accepted 23 July, 2012]

Abstract

This study verifies the vulnerability of Tokyo to natural disasters. Landforms distributed in Tokyo are classified into Yamanote upland, Tokyo lowland, Tamagawa lowland and coastal lowland. Among these, the Tokyo lowland has suffered from natural disasters several times because its elevation is low and thick soft soil covers a broad area. River courses of the Tone and Ara Rivers flowing through the Kanto lowland to Tokyo Bay were modified for shipping and for agriculture on the flood plains in the 17th century. Withdrawal of ground water due to industrial use from the end of the 19th century to the beginning of 1970's caused land subsidence in the Tokyo lowland. These artificial changes of natural conditions continue to affect natural disasters and countermeasures in the Tokyo lowland.

Although large investments have been made since the 19th century, Tokyo has suffered from a series of natural disasters because improvements to safety from natural disasters led to a concentration of property and people in Tokyo with increased potential for damage. Extensive damages due to flooding river, storm surges and earthquakes are now causing alarm. Serious warnings of the effects of urban development have been given due to vulnerable natural conditions. Irreversible changes to natural and social conditions in urban areas increase vulnerability, and may bring about a catastrophic disaster in the future.

Key words : natural disasters, vulnerability, Tokyo, irreversible change

キーワード : 自然災害, 脆弱性, 東京, 不可逆的变化

I. はじめに

日本最大の流域面積をもつ利根川下流部に位置し、東京湾に面する東京（江戸）は過去に度重なる自然災害を被ってきた。自然災害とは、「自然現象に伴う地震動や豪雨などが、それらに対して脆弱な地域に加えられて、そこで生活している人々・建設されている施設・展開されている土地利用などが直接的・間接的に被害を受け、日常的な社会・経済活動の継続が困難になる現象であ

る」と定義できる。災害を発生させる自然現象を誘因、災害に対する脆弱性を素因と呼んでいる。素因は、日常的には潜在しているが、誘因が入力されると顕在化する。素因は自然的素因と、社会的素因に分けて考えると扱いやすい。自然的素因とは、その地域の土地条件に潜んでいる災害に対する脆弱性で、地盤が軟弱である、あるいは、地形が低平であるなどで、地形・地質（地盤）の形成過程で付与されている。社会的素因は、土地の上に人為的に形成された脆弱性で、土地利用

* 関東学院大学名誉教授

* Emeritus Professor, Kanto Gakuin University, Yokohama, 245-0002, Japan

に関連している。社会的素因は、都市では、建設されている施設の耐震性や耐火性が劣るなどとともに、施設がどの程度都市機能を維持しているのかに由来する。都市に内在している社会的素因は、都市が発達するにつれ、長い時間をかけて変化していくとともに、日常的な社会・経済活動と関わって、時々刻々変化している。

都市における自然災害で被害を受けるのは、おもに都市内の施設と人間である。被害には、施設の被災と人命の損傷という直接被害と、施設が機能を損ねたり、家族の一員を喪失したことによって生じる間接被害（短期的・長期的影響）がある。おもにと述べたのは、間接被害は、直接被害を受けた地域内にとどまらず、周辺地域はもとより、海外にも広がる可能性もあるからである。ある地域内に内在する直接的・間接的被害対象量を総称して被害ポテンシャルと呼ぶことにする。都市の場合には、被害ポテンシャルはそこに資産や人口が集積することによって増大するとともに、都市施設の機能に日常活動が依存する度合いが高くなることによって増大する。被害ポテンシャルは日常時には潜在しているが、大きな誘因が入力されると被害量となってその一部が顕在化する。

東京（江戸）は、日本の首都として発展し、時代とともに付随する機能を著しく変化させてきた。それにともない、ヒト・カネ・モノが集中し、被害ポテンシャルは増大の一途をたどっている。一方、過去に大河川の外水氾濫、高潮、地震などで大きな痛手を負い、防災投資が重ねられて、災害に対する安全性を向上させる努力が営々と行われてきた。しかし、自然災害はなくなり、その様相を変えながら、次第に被害量を増大しているように見える。その理由は、ある時代に都市の発展のために改変された自然的・社会的素因が、次の時代の発展の前提条件となり、その上にさらに開発が重ねられ、素因の変化が不可逆的に進行しているからではないだろうか。また、防災投資により向上した安全性が発展に寄与し、被害ポテンシャルを増大させ、大きな誘因が入力されることにより、それが顕在化させられているように見える。筆者は以前このような観点から東京

23 区について、小論をまとめたことがあるが（Matsuda, 1990; 松田, 1992）、ここではその後の資料を加えて、自然災害と防災対策の歴史を再度検討することにする。

II. 自然的素因からみた東京 23 区の地形・地盤

東京 23 区の地形区は、山の手台地（武蔵野台地主要部）、東京低地、多摩川低地、海岸低地に区分できる。図 1 に地形区の分布、表 1 に自然的素因からみた特徴と次章で述べる人為的改変を示した。

山の手台地内の地形は、段丘面とそこを開析している谷底低地、段丘面と谷底低地を境する段丘崖と谷壁からなる。段丘面は離水時期により下末吉面（S 面）、武蔵野面（M 面）、立川面（Tc 面）に区分される。武蔵野面と立川面は本郷台を除けば、多摩川が形成した扇状地が起源であるし、本郷台も台地を形成している堆積物は沖積層に比べれば締まっている上、いずれの面も関東ローム層に覆われているので、自然的素因からみればどの面も大差がなく、一括して扱って差し支えない。下末吉面は離水時期が早いので、他の面よりは厚い関東ローム層に覆われ、かつ標高が高くなっていることを除けば、台地面の自然的素因は武蔵野面と大差はない。山の手台地の台地面は、低地より高く、地盤も比較的締まっているので、自然災害に対する脆弱性は低い。山の手台地を開析している谷底低地は、低平であることに加えて、久保（1988）が指摘した下流部の緩傾斜区間では海成の細粒物質からなる軟弱地盤が分布するし、海岸低地への出口付近には腐植土もしくは有機質土が分布することはよく知られている。そのため、水害と地震災害に対して脆弱で、しばしば被害を被ってきた。段丘崖と谷壁の一部は急傾斜地となっており、崩壊の危険性をもつ。とくに、下末吉面は開析が進み、谷密度が高く、比高が高い急斜面が多く存在するので注意が必要である（中野ほか, 1972）。

東京低地の地形は、三角州、干拓地、埋立地からなる。しかし、江戸期末までに造成された干拓地と埋立地の区分は正確にはできないので一括

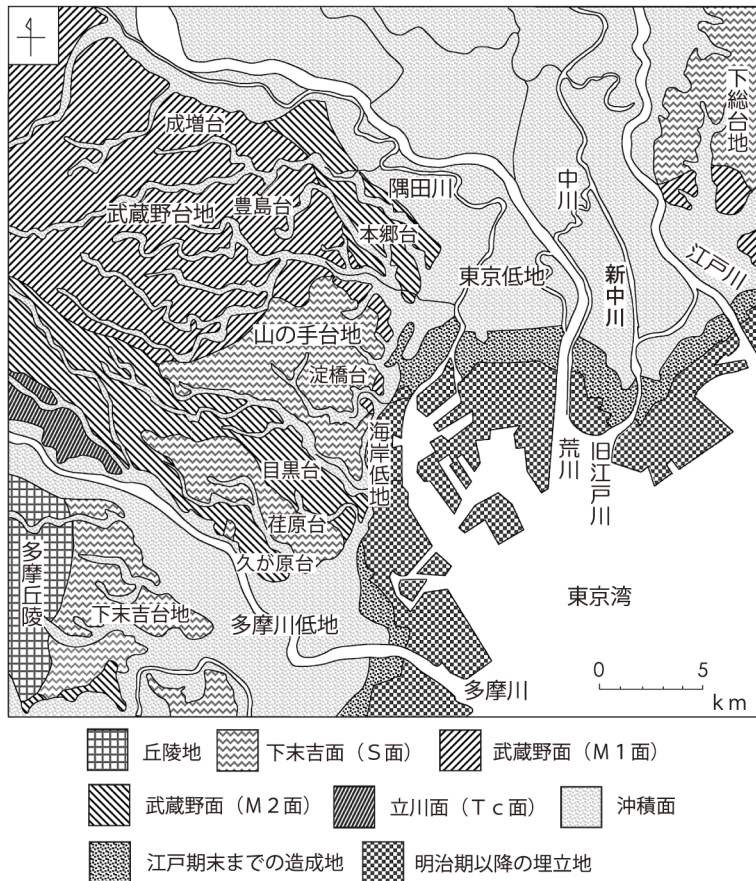


図 1 東京 23 区周辺の地形区。
近世に造成された干拓地と埋立地の区分ができないので、時代で区分した。
M3 面 (中台段丘) は分布が狭いので M2 面に含めた。

Fig. 1 Landform areas developed in and around the 23 wards of Tokyo.
M3 surface is included in M2 surface due to its small distribution.

し、造成後の標高が高くなる明治期以降の埋立地と区別した¹⁾。干拓地は湿地や浅海が盛土されることなく陸化されているので、自然的素因としては、海面高度以下になる場合があるというほかは、三角州とほとんど変わらない。江戸期末までの埋立地の標高も低い。三角州と江戸期末までの造成地は、地形は低平で、表層部には緩い砂が分布する。沖積層の基底となる埋没地形は、埋没谷底、埋没河岸段丘、埋没波食台とこれらの地形を境する埋没谷壁や埋没段丘崖からなる。浅い埋没波食台が分布する地域は別として、埋没河岸段丘

上や埋没谷底上には厚い海成の軟弱地盤が分布し、埋没谷壁や埋没段丘崖を境に、その厚さが急変する (松田, 1993)。埋立地は江戸時代より家庭ごみや廃材を含めたさまざまな物質で形成されてきたし (遠藤, 2004)、現在も埋め立ては進行中である。埋立地では、埋没波食台上を除けば、三角州よりも厚い海成の軟弱地盤が分布する。ただし、最近の埋立地は埋土が厚いので、地表面の標高は一般に高い。

23 区内の多摩川低地は氾濫原、三角州、干拓地、埋立地からなるが、東京低地とは、海成の軟

表 1 自然災害の自然的素因からみた東京 23 区の地形.

Table 1 Landforms, their vulnerability to natural disasters and artificial changes.

地形区と地形		自然災害の素因	加えられた人為的变化	
			脆弱性の増大	耐災害力の強化
山の手台地	台地面	脆弱性は低い		
	谷底低地	低平な地形 有機質土 下流部に厚い軟弱地盤	流域の開発と河道改修に伴う降雨-流出システムの変化	洪水調節池の建設 分水路の建設 河川堤防の強化
	段丘崖・谷壁	急傾斜地	開発による崩壊危険性の増大	擁壁の建設
東京低地	氾濫原 三角州	低平な地形 厚い軟弱地盤 液状化の可能性	大河川の瀬替 地盤沈下による地盤高の低下 運河の開削 自然的素因を持つ土地の出現	放水路の建設 河川堤防の強化 防潮堤の建設 水門の建設 内部河川の改修
	江戸期末までの造成地	不均質な盛土材料		
	明治期以降の埋立地	不均質な盛土材料 厚い軟弱地盤 液状化の可能性	自然的素因を持つ土地の出現	防潮堤・護岸の強化
多摩川低地	氾濫原 三角州	低平な地形 厚い軟弱地盤 液状化の可能性	自然的素因を持つ土地の出現	防潮堤の建設 水門の建設 河川堤防の強化
	江戸期末までの造成地(干拓地)			
	明治期以降の埋立地	不均質な盛土材料 厚い軟弱地盤 液状化の可能性	自然的素因を持つ土地の出現	防潮堤・護岸の強化
海岸低地		低平な地形 埋没谷底上の軟弱地盤		防潮堤・護岸の強化 水門の建設

水害に対しては開発に伴ない脆弱性が増大することに対して、各種の対策がとられてきたが、地震災害に対しては、地震水害と斜面崩壊以外はとられていない。常識的な記載であるが、軟弱地盤対策ができないことが読みとれる。江戸期末までの造成地は、東京低地では埋立地と干拓地の区別が明確ではないので、江戸期以前の造成地とした。

Landforms distributed in Tokyo and artificial changes made to them were assessed for vulnerability to natural disasters.

弱地盤が薄いこと（松田, 1973）以外は、自然的素因はほとんど変わらない。多摩川低地では、江戸期末までの造成地は干拓地である。海岸低地は、山の手台地の東縁沿いに位置している。地形は低平で一様にみえるが、山の手台地を開析している谷の延長部が存在するところでは、海成の軟弱地盤が厚い。元来は、狭長な低地であったが、

東京湾側に埋立地が付け加えられた。

東京の地形・地質（地盤）の形成史については著名な貝塚（1979）の著書をはじめ多くの研究成果があり、以上述べた特徴は、氷河性海面変動の影響を受けた形成史と人為的な干拓・埋め立てにより付与されたことは論をまたない。

III. 人為的土地改変

氷河性海面変動と地殻変動の影響を強く受けて形成されてきた関東低地²⁾に付与されたのは、低平な地形と厚い軟弱地盤という土地条件である。そこに国内では最大の流域をもつ利根川が流下し、現在では利根川とは流域を異にしているが荒川も流下していた。そのため、河川の氾濫に伴う外水による水害をしばしば受けてきたし、東京湾に面する東京低地では高潮に晒されてきた。発生頻度は低いが地震災害も何度も経験してきた。元来自然災害に対して脆弱な土地条件の上に、二つの人為的な土地改変が加えられて、自然的素因はかなり変質している。一つは、人為的に地形が形成されたことである。干拓地と埋立地、ならびに、埋立地の間に残されたり、低地に開削された運河や放水路である。もう一つは、地形形成以外の人為的影響で、大河川の瀬替、地盤沈下、および、流域開発に伴う降雨-流出システムの変化である。

大河川の瀬替はいうまでもなく江戸時代に行われたいわゆる利根川東遷事業と荒川の瀬替である。1594年の会の川の締め切りからはじまり、約60年かけて中川低地から東京低地に流下していた利根川の流路を、鬼怒川に接続させた利根川東遷事業の経緯や明治期以降の治水事業については、大熊（1981）が詳しくまとめている。そのなかで、利根川東遷事業は所期の目的を果たすが、予期していなかった1783年の浅間山の噴火が水害を激化したという指摘は、利根川の水害を考える上で重要である。明治期以降の治水対策では、中条堤³⁾が廃止され連続堤防が築かれるようになった方針転換が現在まで影響を残している。宮村（1985）によれば、中条堤は利根川の洪水を逆流させて、最大洪水流量を最大毎秒約11,000 m³カットできる遊水容量をもっていたという。江戸時代には論所堤としてその機能が維持されていたが、明治期に入り流域住民の意識も変化し、1910年の大出水後、堤体の堅牢化を条件に連続堤防が建設されることになったという。その後、利根川流域の開発が進むにつれ、最大洪水流量が

増加の一途をたどり、計画高水流量は改訂され続けてきた。1947年のカスリン台風による利根川破堤と同様な水害の発生を高橋（1971）が指摘した以降も、増大する洪水流量に対しては上流部のダム開発、遊水地の新設・拡大、高規格堤防の建設などにより対応してきているが、カスリン台風による出水量に十分対応できるようになったとはいえないし、後述するような被害想定も行われている。

東京低地への影響は、1629年に行われた荒川の瀬替も大きい。瀬替前の荒川は、荒川扇状地を流下した後、大宮台地の北部を抜けて、中川低地で利根川の旧流路であった古利根川と合流し、東京湾に流下していた。現在は元荒川と呼ばれている当時の流路が、和田吉野川につけ替えられた。和田吉野川は、比企丘陵に源流をもち、荒川低地内で入間川と合流し、隅田川へと流下していた。荒川の流路が上流部に加えられたことにより、隅田川は大河川の下流部となって、その性質が一変した。隅田川の河口付近は舟運の中心地で、河岸まで都市的土地利用が展開されていたので、水害の危険性を高めることになったが、松浦（1989）によれば、その影響は限られたという。隅田川は、江戸市街地の北側で、右岸側の日本堤と左岸側の隅田堤で流路が漏斗状に狭められている。日本堤は、築年は不明であるが、上流に向かって荒川の流路とほぼ70°の角度で、山谷堀沿いに建設されている。隅田堤は、流路沿いに上流まで連続堤となっているが、対岸には堤防はなく、日本堤より上流には、武蔵野台地との間に広大な無堤地が広がっていた。そのうえ、荒川低地内の土地利用も水田が卓越し、遊水地的な機能をもっていたからであるという。しかし、明治期以降の工業化と都市化の進展が、流域の土地利用を変化させ、氾濫を許容できなくなり、治水対策の要求を高めた。荒川低地内で荒川と合流し、江戸と川越を結んでいた新河岸川の舟運の衰退も後押しした。中条堤廃止に影響を与えた1910年の大出水は荒川でも発生し、荒川放水路（現在の荒川）の建設を余儀なくさせた⁴⁾。荒川放水路は1930年に完成する。隅田川は、河口の港湾機能を維持するた

達するまでの時間が短縮される。河道改修により河道内を流れる水の流下速度が早まり、降雨は一気に河道を流下することになる。洪水流出率の増加と流下速度の短縮が、最大洪水流量を増加させた。中小河川の流域では河道に対してだけの対策では十分でないことが認識され、1979年度からは総合治水対策特定河川制度⁵⁾が発足した。この制度は1級河川が対象であったが、山の手台地を開析している2級河川に対しても同じ考えが導入されてきた。降雨-流出システムの変化は直接地形に関わる素因ではないが、水害対策に困難な課題を生んできた。

江戸時代の開発、明治期以降の文明開化と富国強兵策による開発、度重なる戦争、第二次世界大戦後の復興に伴う産業の回復、これらが長い時間をかけて関東低地、とくに東京低地の土地条件を改変した。もちろん、荒川放水路や中川と江戸川（現在の旧江戸川）を結ぶ新中川をはじめ、放水路の建設や河川改修などにより災害対策もとられているが、それが新たな土地利用を展開させてきた。その結果、自然災害の自然的・社会的素因が変化し、被害ポテンシャルが増大した。この変遷は、東京低地に典型的に現れているが、山の手台地を開析する谷底低地でも、河川改修と土地利用の変化に同様なことが現れている。松田（2011）はこれらの問題を改めて整理し、不可逆的に進行する変化として捉えた。前の時代に行われた自然改変が、次の時代の開発には前提条件となって、その上に開発が重ねられていくことを指摘し、災害対策によっても、災害の発生-防災投資-安全性の向上-被害ポテンシャルの増大-より大きな災害の発生-防災投資、と繰り返されて、災害が変質していくことを述べた。

IV. 災害対策

1) 水害対策

荒川放水路が完成した翌年、1931年より東京低地の高潮対策が本格的にはじまる（東京都、1962）。東京府は1934年に総合高潮防御計画を策定し、江東デルタ内の内部河川の護岸をA.P. 3.00 m⁶⁾にかさ上げする、いわゆる輪中方式を採

用した。この計画は第二次世界大戦で中断されたが、1949年のキティ台風による高潮を契機に、A.P. 3.60 mに改訂され、1956年にほぼ完成された。しかし、地盤沈下が進行し、再度のかさ上げが必要になると、護岸本体がかさ上げに耐えられないことや、工事費がかさむことなどの理由から、恒久高潮対策としての江東区外郭堤防事業計画が立案され、1957年から事業が実施された。計画潮位には1917年の高潮で記録されたA.P. 4.21 mが採用され、すでに完成していた荒川放水路の堤防を含めて、A.P. 6.00 mの天端高の堤防で江東デルタが囲まれることになった。内部河川で細かく区切られた個々の地区を護岸で守る輪中方式から、江東デルタ全体を高い堤防で囲むという外郭堤防方式への変更である。この計画がはじまって2年後の1959年に、濃尾平野が伊勢湾台風で大きな被害を受け、東京港特別高潮対策事業に改訂された。その際基本方針とされた主要な点は、木材は貯木場に隔離収容することを原則とすること、内水排除はポンプにより行うことなどである（東京都港湾局、1969）。内部河川の出口の水門を閉鎖した時の内水排除のために、排水機場が建設され、内部河川の貯木場としての機能は失われた。

江東デルタ内の内部河川の改修は、地震水害対策や地域内の環境改善と組み合わせられてきた。1971年より東京都は江東内部河川整備事業を発足させ、江東区は1979年に江東区基本計画を作成して環境整備に着手した。具体的には、江東デルタ内を東西に2分し、地盤高が相対的に高く舟運が見られる西部の内部河川は耐震護岸整備河川、ゼロメートル地帯が広い東部では水位低下河川⁷⁾として整備し、雨水の排水効果が望めない内部河川は埋立・暗渠化河川として公園化する方針がとられた。小名木川^{おなきがわ}は東西を結ぶ水路として、西部が耐震護岸整備河川、東部が水位低下河川として整備されることになり、水位を調節するために扇橋閘門が設けられた。2005年には小松川排水機場の横に荒川ロックゲートが完成し、2つの閘門を利用して、荒川（荒川放水路）と隅田川が結ばれた。これにより、水位低下河川

来が考えられ、地震火災に焦点が置かれた。また、関東地震の経験から、火災危険地域が下町という先入観があり、江東デルタ内の対策が焦眉の急とされた。東京都では1969年に江東再開発基本計画を策定し、そのなかに防災6拠点構想が盛り込まれた。6拠点は、白鬚（東・西）、四ツ木（東・西）、両国、中央（隅田・猿江）、亀戸・大島・小松川、木場である（図3）。この構想の主目的は、再開発事業を行って、地区住民が大震災火災からの避難場所を避難距離1.5 km以内に確保すること、と同時に避難路の整備、住宅建設、中小企業の体質改善などを目指すことであった（東京都江東再開発事務所、1982）。拠点のうち、白鬚東地区は防災拠点構想どおり1987年に工事が完了した。しかし、経費が高額であったことや、放水銃やドレンチャー⁸⁾の設置など、過剰な設備がみられること、ランニングコストが考慮されていないことなどの批判に晒された。また、延焼する可能性の高い木造住宅密集地域を改善する方が、対費用効果が高いことなどが議論された。白鬚西地区と亀戸・大島・小松川地区は、市街地再開発事業として行われ、不燃建物からなる地域が形成されることになった。前者は2009年に完成し、後者は2014年の完成が目標されている。四ツ木地区以外の拠点は不燃化促進事業により整備が進められている。堤外地にある四ツ木地区は避難地に指定されているが、具体的な拠点化は進んでおらず、周辺部が重点整備地域と整備地域として、市街地の改善が進められている（図4および注9参照）。

関東地震の被害から、今回の地震でも壊滅的な被害を受けるのは東京低地であろうという先入観を覆したのが地震に関する地域危険度調査である。東京都では災害対策基本法に基づく地域防災計画策定のための地震被害想定と同時に、日常からの事前対応による震災予防を重視する政策をとってきた。その根拠とするために1971年に制定されたのが、東京都震災予防条例である。この条例に依拠して1975年に発表された地震に関する地域危険度調査では、地震火災に対して脆弱な木造住宅密集地域が、山手通り（環状6号線）と



図4 重点整備地域と整備地域。

東京都都市整備局(2010)より編集。骨格防災軸には、荒川と隅田川も利用される。凡例の説明は注9)、10)参照。

Fig. 4 Congested area of wooden houses.

Reconstruction works are necessary in these areas to prevent fire disaster. Compiled from Bureau of Urban Development, Tokyo Metropolitan Government (2010).

環7通り（環状7号線）の間に挟まれた山の手台地にも存在することが明らかになり、対策地域の拡大が迫られた。木造住宅密集地域は、一部は解消されたが、多くが残されて、整備対象地域になっている（図4）。

東京都は1976年より都市防災施設計画調査を3か年にわたって実施し、都市防災施設基本計画を策定した。この計画では、延焼阻止機能をもつ道路等の整備と建築物の不燃化を組み合わせる延焼火災を防止する都市づくりと、生活環境の改善とコミュニティの育成が目的とされた（東京都都市計画局、1981）。具体的には、火災の拡大防止を図る延焼遮断帯の整備、避難計画の改善、防災生活圈構想が推進された。道路・河川・鉄道・公園を骨格とする延焼遮断帯で囲まれたブロックが防災生活圈となり、そのなかに防災意識の高いコミュニティが育成され、火を出さないことと延焼火災を防止することが取り組まれた¹⁰⁾。また、避難道路沿いの建物の不燃化が推進された。中林（1985）は、この時期から、「長期的都市改造と木

表 2 大規模水害の被害想定結果 (松田, 2011).

Table 2 Estimated damage from flooding of the Tone and Ara Rivers (Matsuda, 2011).

河川	破堤地点	浸水面積 (km ²)	浸水区域人口 (万人)	浸水世帯数 (万世帯)	死者数 (人)	最大孤立者数 (万人)
利根川	加須市 弥兵衛地先	530	230	床上 68 床下 18	2,600	2 日後 110
荒川	北区 志茂地先	110	120	床上 45 床下 6	2,000	1 日後 86
荒川	墨田区 隅田地先	90	100	床上 37 床下 5.6	3,500	2 日後 73

200 年に 1 回の発生確率で、排水施設が稼働せず、避難率が 0% の場合。中央防災会議「大規模水害対策に関する専門調査会」(2010) の資料より作成。

Compiled from Expert Examination Committee on Countermeasure for Great Flood, Central Disaster Prevention Council (2010).

造密集市街地での『居住環境改善事業』+『建物不燃化』というリハビリ型防災街づくりの展開を迎えることになった」と指摘している。

1995 年の阪神・淡路大震災後には、23 区に多摩の 8 市（保谷・武蔵野・三鷹・調布・狛江・小金井・府中・国分寺の各市）を加えた防災都市づくり・木造住宅密集地域整備促進協議会を発足させ、防災都市づくり推進計画を策定し、木造住宅密集地域の改善が取り組まれた。さらに、2000 年には東京都震災予防条例を廃止し、東京都震災対策条例を制定して、応急対策、復興計画も視野に入れた総合的な震災対策の強化が目指された。防災都市づくり推進計画では、何度かの改訂を重ねながら、地震火災から安全な街づくりを進める事業が取り組まれている⁹⁾。2010 年に改訂されたポイントは、市街地の不燃化整備の促進、「燃えない」に加え「壊れない」都市づくりの促進、防災性の向上と良好な住環境形成に向けた地域住民主体のまちづくりの促進、である（東京都都市整備局, 2010）。「壊れない」都市づくりがこれまでにない改訂ポイントで、避難場所となる公共建物や木造住宅等の耐震化などが加えられている。

V. 最近の被害想定

1) 大規模水害

中央防災会議「大規模水害対策に関する専門調

査会」は、2010 年に最終報告書をまとめた。被害想定では、河川の氾濫の場合には、流域平均雨量、破堤地点、排水施設の稼働条件などを仮定して、いろいろなケースについて被害量が計算される。東京低地を含めた関東低地に大きな影響をもたらす事例を表 2 にまとめた。その概要は以下のとおりである。

利根川の場合、河川整備目標である 200 年に一度の発生確率である流域平均雨量は約 320 mm/3 日で、伊勢崎市八斗島観測所での最大洪水流量は 22,000 m³/秒になるという。この流量はカスリン台風による出水量を、上流域の開発状況を現状として計算し直した時の流量に匹敵する。この洪水により、カスリン台風時に破堤した埼玉県加須市弥兵衛（旧大利根町）地点が再び破堤したと仮定すると、氾濫水は中川低地を流下し、24 時間後には越谷、48 時間後には葛飾区と江戸川区の区境付近、96 時間後には江戸川区の旧江戸川右岸に到達すると想定されている。その結果、浸水面積 530 km²、床上浸水約 68 万世帯、床下浸水約 18 万世帯、浸水区域内の人口は約 230 万人に達するという。排水施設が稼働しなければ、浸水面積が広がる 2 日後には最大約 110 万人が孤立状態になり、120 km² の範囲で 2 週間以上浸水する。浸水地域での避難率が 0% の場合には死者数は約 2,600 人に達するが、避難率が

40%になれば死者数は約 1,500 人に、80%になれば約 500 人に減少する。

荒川も利根川と同様に、200 年に 1 度の降水確率とすると、流域平均雨量は約 550 mm/3 日で、岩淵水門（上）水位観測所での最大洪水流量は 14,000 m³/秒となる。東京への影響が大きくなる東京都北区志茂地先の右岸で堤防が決壊すると想定すると、江東デルタより上流部の荒川右岸地域と、江東デルタ西側の隅田川右岸地域が山の手台地の直下まで浸水する。浸水面積は 110 km²、浸水世帯数は床上約 45 万、床下約 6 万に達し、浸水区域内人口は約 120 万人になる。排水施設が稼働せず、避難率が 0%だと、死者は約 2,000 人になり、1 日後には約 86 万人が孤立する。

江東デルタは、上流域での破堤による出水からは荒川左岸堤防と隅田川右岸堤防に守られるが、墨田区墨田地先で荒川右岸が決壊し、氾濫水が入ると最悪になる。南部と西部の一部を除いて冠水し、浸水面積は 90 km²、浸水世帯数は床上約 37 万、床下約 5 万 6000 となり、浸水区域内人口は 100 万人に達する。避難率が 0%であると、死者は約 3,500 人を数え、孤立者は 2 日後には約 73 万人になる。地盤高が低く、ゼロメートル地帯が広いので、床下浸水世帯数に比べて床上浸水世帯数が非常に大きくなり、死者数も多くなる。浸水期間も 2 週間以上と長い。

荒川からの出水では、地下鉄の被害も想定されているのが、これまでにない特徴である。降水条件と破堤地点を同じとし、トンネル坑口の高さや地下鉄駅等の出入り口の止水板などによる止水対策が現況程度と仮定すると、氾濫水が、堤防決壊後約 10 分で南北線赤羽岩淵駅から、4 時間後には千代田線町屋駅から、8 時間後には日比谷線入谷駅から地下トンネルに流入しはじめるという。最終的には、都心部のすべての路線を含む 17 路線の延長約 147 km が冠水し、97 駅が浸水する。その際、81 駅ではトンネルや駅の改札フロア等の部分が水没状態になるという。また、破堤地点を足立区千住地先の右岸とすると、3 時間余で大手町などの都心部の地下駅が浸水し、最終的には 16 路線、89 駅、延長約 138 km が浸水するという。

2) 高潮災害

国土交通省港湾局（2009）により発表された東京湾の大規模高潮による浸水の想定では、台風が相模湾岸に上陸した後、北北東に進路をとり、横浜の西方を通して東京都を横断するコースが選択された。中心気圧は 1934 年の室戸台風級の 911 hPa、もしくは 1959 年の伊勢湾台風級の 940 hPa、半径は 75 km、移動速度は時速 73 km と設定された。潮位は、大潮時の最高満潮位を平均したものとし、地球温暖化の影響として 0.6 m の海面上昇が加えられた。海岸保全施設は、2008 年末の天端高と耐震化状況で設定され、河川からの高潮の越流は考慮しないなどの条件で計算されている。

江東デルタが最も影響を受けるケースは、室戸台風級の超巨大台風が来襲し、流出物等により水門やゼロメートル地帯の堤防が損傷した場合で、すべての水門が閉鎖できず、江東デルタ南端部の汐浜運河の護岸が決壊したとされた。このケースでは、江東デルタ内の横十間川より西部では小名木川の護岸まで浸水し、東部では小名木川を越えて、^{よこじっけんがわ} 堅川の護岸まで達するという。東京港では埋立地の地盤高が高く、護岸が整備されている上、水門の耐震化も進んでいるので、高潮被害は受けにくい構造になっているが、海岸保全施設が破壊されれば、ゼロメートル地帯は入り江となることは避け難い。

3) 地震災害

現在危惧されている首都圏直下地震では、東京湾北部地震による被害が最悪と想定されている。中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」（2005）は、震源は東京湾北部の地下約 30 km に位置しているフィリピン海プレートと北アメリカプレートの境界上で、マグチュードは 7.3、発震時刻は冬の 18 時で、風速は 15 m/秒の場合の被害想定結果を発表した。被災地域全域で、住家全損 85 万棟、死者 1 万 1000 人とされ、被害金額は直接被害 66 兆円、間接被害 46 兆円、計 112 兆円に上るという。翌年発表された東京都防災会議（2006）による同じ条件下での被害想定でも、都内全域で住家全損約 47 万棟、死者 6,413 人と

された。冬の強風下を条件としているため、火災による被害が占める割合が高く、中央防災会議の想定では、全損住家の76.4%、死者の61.5%、東京都防災会議の場合には全損住家の73.2%、死者の54.8%が火災によるものである。地震火災が発生しなければ、住家全損棟数も死者数もはるかに少なくなる。

この想定は、文部科学省が東京大学地震研究所・(独)防災科学技術研究所・京都大学防災研究所に委託した「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」の成果により、修正を迫られた。この研究は2007～2011年度の5か年間実施され、フィリピン海プレート上面の深さが、2005年に中央防災会議が採用した構造モデルより約10 km 浅いことが確認された。それを踏まえて、震度分布図が公表された(文部科学省, 2012)。

東京都では、新しい地震像に基づく被害想定を2012年4月に発表した(東京都防災会議, 2012)。想定結果によると、東京都全体では震度6強の面積が、2006年の調査時の約305 km²から、444 km²に増大した。区部では約70%が震度6強とされ、江東区、大田区、品川区の極く一部であるが、震度7の地域もみられるという。冬の夕方18時、風速8 m/秒という条件で発震すると、都内全域で全損建物は約30万棟となり、死者は9,641人に達する。1981年以前に建築された木造住宅が約132万棟から約97万棟に減少したことにより地震動による全壊建物棟数は減少した。一方、死者数は、火災による焼死者は減少するが、施設被害に伴う圧死者が増えるため、合計では増加している。なお、風速8 m/秒という条件であるので、2006年の想定と同じ風速15 m/秒とすれば、焼失建物数はより大きな数値になるはずである。

表3に、区別の地形と沖積層厚、関東地震¹¹⁾による建物全壊率(諸井・武村, 2002)、東京都が発表した東京湾北部地震による建物全壊棟数と焼失率(東京都防災会議, 2012)、および、建物棟数と全壊率を示した。東京都が2006年に発表した被害想定では、建物の構造を木造と非木造に分けて、区ごとに存在棟数と全壊棟数が記載され

ていた。しかし、今回の発表では、地震動による建物被害の想定手法については、手順しか記述されておらず¹²⁾、想定結果も木造と非木造をあわせた全壊棟数だけが区ごとに記載されただけである。建物総数については課税台帳ベースで集計したとだけ記載され、区ごとの数値は記載されていない。そこで、棟数は東京都統計年鑑(東京都総務局, 2012)に記載されている課税対象棟数とし、その値で全壊棟数を割って、区ごとの全壊率を求めた。

表3からは、中央区と文京区では震源断層に近い全壊率が比較的高くなっていることを除けば、関東地震の全壊率と同様に、厚い沖積層が分布する区で全壊率が高く、台地上に位置する区では全壊率が低くなっていることが読みとれる。全壊率には地盤条件が強く反映されている。また、被害想定が発表された直後には、大田区的全壊棟数が最大であることがとりあげられ、火災の延焼とも関連付けられて木造住宅密集地域の存在がマスコミで大きくとりあげられた。しかし、大田区的全壊率、および木造建物と非木造建物の棟数比は、ほぼ23区の平均に近い。震源が不確定である以上、軟弱地盤の分布が注目されなければならない。火災による被害は、冬の18時、風速8 m/秒の条件下で、23区全体で焼失棟数は約20万棟、焼失率は約11%になるという。図4に示した重点整備地域と整備地域が存在する区で焼失率が高くなる。

VI. おわりに

東京23区の自然災害と防災の歴史を検討すると、図2のゼロメートル地帯の存在、図3の江東デルタの防災対策、図4の木造住宅密集地域の存在に、自然災害の自然的・社会的素因の変遷と災害対策の難しさが象徴的に現れていることに気がつく。東京低地を含む首都圏については、前節で述べたように大規模水害、高潮、地震による被害想定が発表されている。想定結果には、軟弱地盤の分布とともに、図2～4の内容が反映されている。首都直下地震については東京都防災会議により改訂されているが、それ以外は東日本大

表 3 関東地震と東京湾北部地震 (M 7.3) の被害.
Table 3 Damage to buildings due to the Kanto earthquake in 1923 and Northern Tokyo Bay earthquake.

区 名	地 形*1	沖積層厚 (m)	関東地震*2		東京湾北部地震 (M7.3)				
			全壊率 (%)	全壊棟数*3	全壊率 (%)	焼失率 (%) *4	木造棟数	非木造棟数	棟数合計*5
千代田区	台・谷・低	5-10	5.2	828	7.7	0.0	2,079	8,741	10,820
中央区	低	5-15	0.4	1,942	12.3	0.5	4,970	10,748	15,754
港区	台・谷・低	5-25	2.1	2,043	8.1	0.8	8,996	16,344	25,340
新宿区	台・谷	5以下	0.7	3,605	7.3	3.9	27,174	22,238	49,412
文京区	台・谷	5-10	0.6	3,548	10.3	6.1	19,668	14,642	34,310
台東区	台・谷・低	5-30	4.8	6,680	18.0	6.6	17,466	19,624	37,090
墨田区	低	30-40	13.1	9,902	21.3	19.7	27,072	19,525	46,597
江東区	低	20-70	10.2	8,010	14.3	5.9	26,491	29,559	56,050
品川区	台・谷・低	5-20	0.6	5,223	8.6	31.9	40,408	20,596	61,004
目黒区	台・谷	5-10	0.1	2,516	4.8	20.8	33,680	19,271	52,951
大田区	台・谷・低	5-25	4.6	11,043	7.9	24.0	91,716	48,191	139,907
世田谷区	台・谷	5以下	0.4	6,027	3.4	13.4	119,895	59,795	179,690
渋谷区	台・谷	5-10	0.6	2,578	7.0	8.7	18,732	18,325	37,057
中野区	台・谷	5以下	1.2	2,218	3.5	10.7	44,826	19,253	64,079
杉並区	台・谷	5以下	3.2	3,690	3.0	19.8	88,815	34,315	123,130
豊島区	台・谷	5以下	0.2	1,675	3.3	2.5	33,108	18,091	51,199
北区	台・谷・低	5-30	6.4	2,687	4.1	0.9	44,901	20,373	65,274
荒川区	低	5-40	16.6	7,212	17.9	13.7	27,093	13,122	40,215
板橋区	台・谷・低	5-30	0.5	1,612	1.7	0.7	61,303	32,806	94,109
練馬区	台・谷	5以下	0.1	1,942	1.3	2.2	110,805	35,146	145,951
足立区	低	10-55	8.2	10,082	7.3	10.2	98,033	39,722	137,755
葛飾区	低	10-65	1.0	7,446	7.4	10.2	73,023	28,196	101,219
江戸川区	低	5-65	1.5	8,744	7.0	11.4	89,681	34,993	124,674
23区平均			4.4	111,254	6.6	11.1	1,109,935	583,616	1,693,551

^{*1} 地形の台は台地，谷は谷底低地，低は低地.

^{*2} 関東地震の全壊率は，諸井・武村 (2002) より集計.

^{*3} 東京湾北部地震 (M7.3) の全壊棟数は被害想定値で，ゆれによるものと液状化によるものの合計. 東京都防災会議 (2012) による.

^{*4} 冬の夕方 18 時，風速 8 m/秒の条件下で発震した場合の焼失率. 東京都防災会議 (2012) による.

^{*5} 東京都統計年鑑 (平成 22 年) による 2010 年末の課税対象棟数.

Compiled from Moroi and Takemura (2002) and Tokyo Disaster Prevention Conference (2012).

震災以前に発表されたものであることを評価する必要がある。発表当時は、誘因を大きく見積もり、故意に被害を大きくしているのではないかという懸念もあったが、この程度の誘因の大きさは想定して当然のように思われる。被害想定結果からは、以下のことが指摘できる。

①自然的素因が克服されていない。

1961年の災害対策基本法の制定以来、科学的な研究成果があげられ、防災投資も行われてきた。また、阪神・淡路大震災後は、住民を含めて国全体の防災意識は高まったし、最近では諸般にわたり環境へも配慮されることが多くなった。しかし、氷河性海面変動に強く影響されて形成されたことによって付与された自然的素因が克服されていない。利根川が大氾濫すれば、氾濫水は東遷される前の流路を流下し、埼玉県・東京都の低地に大きな被害をもたらすことは明らかである。地震災害に対しても、地下に存在する軟弱地盤による地震動の増幅は避けようになく、軟弱地盤地域での被害が大きくなる。

②人為的改変の弊害が明確になっている。

地盤沈下によりゼロメートル地帯という低地が形成され、江東デルタを中心に自然災害への脆弱性が増大した。堤防や護岸が決壊すれば、入り江になることは必定であるが、地盤のかさ上げはできず、抜本的な対策は不可能である。水害対策のための堤防や放水路の建設でさえ、水害の状況を変えていく。堤防の強化や放水路の建設は、外水氾濫の危険性を低下させるが、破堤すれば堤防により氾濫水がダムアップされるため、場所によっては堤内地の水深を深くし、かつ、浸水時間を長期化する。

③木造住宅密集地域が解消されていない。

関東大震災と第二次世界大戦で、大規模火災を経験しながら、かえってそれが木造住宅密集地域を拡大させてきた。新しい地震被害想定が発表されるたびに問題となっているが、木造住宅密集地域の改善には、長い時間と費用を必要とする。

④新たな弱点が露呈される。

氾濫した外水が複雑な地下鉄網を伝わって浸水範囲を拡大していくことは、これまで想定されて

いなかった。東京低地内では地下鉄構内への浸水を防ぐために、坑口を高くしたり、止水板が設置されているが、1993年の台風11号による豪雨で、丸の内線が浸水被害を受けてから、地下鉄網への氾濫水の侵入による被害が想定されるようになった。

⑤都市の発展と防災投資が災害を進化させてきた。

発生頻度は低いが、莫大なエネルギー量が入力する自然現象に対応するには、幾何級数的に増大する防災投資を必要とする。そのため、一朝一夕には対策をとることができず、発生した災害に対して対症療法的に安全性を高めるしかない。それが、自然的・社会的素因を不可逆的に変化させ、災害を進化させて、行きつくところがカタストロフィックな災害である。最近の被害想定で報告されている膨大な被害量にそれが現れている。

東日本大震災を契機として、災害研究のパラダイムが変わりつつあり、巨大入力への対応が課題となっている。東京（江戸）は江戸時代以降、その時代の社会状況を反映した巨大災害を受けながら、復興を遂げてきた。歴史は繰り返され、現状は次の巨大災害待ちの状況であるといっても過言ではない。科学技術が進歩し、防災投資が進んでも、巨大入力には対抗できそうにない。次のカタストロフィックな災害の誘因が、直下地震なのか、高潮なのか、豪雨なのか、または、可能性として考えられる富士山の噴火なのかは不明であるが、巨大入力による直接被害を回避するための対抗策はなさそうである。東京一極集中を改めるなかで、被害ポテンシャルの増大防止と通減を図ることと同時に、発災中と発災後の対応を重視することが、効果的と考えられる。

謝 辞

本稿作成の機会を与えていただいた地学雑誌編集委員会、ならびに、貴重なコメントをいただいた2人の査読者に感謝致します。

注

- 1) 建設省国土地理院（1963）は造成年代で区分しているし、遠藤（2004）でも干拓地と埋立地の区別は

していない。干拓地と埋立地を区分して図化できないので、時代で区分した。

- 2) 貝塚ほか(2000)では、関東平野中央部の低地は、利根川中流部低地、中川低地、荒川低地に分けられているが、中川低地の最下流部を東京低地とすると東京低地がほぼ三角州地帯となるために東京低地を分離し、かつ、低地全体を関東低地と呼んだ松田(1977)の名称をここでは使うことにする。
- 3) 中条堤は利根川が扇状地地帯から自然堤防地帯へと移行する付近の右岸側の酒巻(現埼玉県行田市酒巻)から利根川に対してほぼ直角に西に延びている。酒巻の対岸は瀬戸井(現群馬県千代田町瀬戸井)で、ここでは利根川の河道は極端に狭められていた。酒巻付近の上流では、利根川の右岸堤防が切れており、中条堤は利根川から逆流してきた洪水流を貯留する遊水地の機能をもっていた。また、より上流部の堤防を越えてくる洪水流も湛水させ、出水時には広大な遊水地となった。したがって、中条堤の下流側は堤防の強化、上流側は天端高の低下を主張し、中条堤の中央部には堤防の高さを低くした越流部が設けられていた。上流側と下流側は協議して堤防を管理していたので、論所堤と呼ばれる。
- 4) 1965年に河川法上、荒川は岩淵水門より下流部を隅田川、上流部を新河岸川に、また、同時に荒川放水路が荒川と名称変更された。
- 5) 総合治水対策特定河川制度は、都市化の進展に伴う降雨-流出システムの変化に対応するために、1979年度から発足した。流域内の市町村、建設省や都道府県の関係部局からなる流域総合治水対策協議会を組織し、流域整備計画を作成する。計画では、洪水を河道だけで処理するのではなく、流域分担流量という概念を導入して、堤内地でも最大洪水流量を低下させるための機能をもたせることに特徴がある。
- 6) A.P.は、Arakawa Peilの略で、荒川の基準水位を意味する。東京湾の干潮水位に相当し、東京湾中等潮位より1.1134 m低い。
- 7) 江東デルタの外側の河川や運河とは遮断し、水位を干潮面以下に低下させる河川。親水公園として整備されているが、水質の改善が必要である。
- 8) 市街地大火からの輻射熱や飛散物から住宅開口部を守るために、バルコニーにシャッターが設けられている。このシャッターの温度上昇を防ぐために設けられた散水設備がドレンチャー。
- 9) 市街地の整備では、木造住宅密集地域約7,000 haを整備地域に指定している。整備地域とは、老朽木造建物棟数が1 haあたり30棟以上の町丁目を含み、平均不燃領域率が60%未満の区域である。そのうち、基盤整備事業等を重点的に進める地域約2,400 haを重点整備地域に指定し、不燃領域率70%を目指す。不燃領域率とは、空地面積と不燃建物敷地面積(建築面積ではない)をその地区の面積で割って%で示したもの。
- 10) 防災生活圏は、小学校程度の大きさを基本とし、延焼遮断帯で区画される。延焼遮断帯は、約3~4 kmのメッシュとなる骨格防災軸(河川と主要都市計画道路)、約2 kmメッシュとなる主要延焼遮断帯(幹線道路)、約1 kmのメッシュとなる一般延焼遮断

帯(一般道路)からなる。各延焼遮断帯は道路の幅員に応じて、沿線が不燃化される。

- 11) 東京湾北部地震は直下地震であるので、安政江戸地震の被害と比較する方が合理的と考えられるが、安政江戸地震については棟数などの母数が得られないので、地域的な被害率は求めにくい。唯一、田治米ほか(1977)が、旧東京市の区別に被害率を求めているが、被害想定のために被害率を定量化することを目的として、世帯数の分布密度を町屋地域内では一様と仮定している。この結果に対して、北原(1983)は、家屋密度の違いや家屋の構造などの社会性が反映されていないと批判している。そのため、ここでは、23区全体の被害率を棟数ベースで求めることが可能である関東地震を選んだ。なお、安政江戸地震でも、震源に近いという条件もあるが、被害は軟弱地盤地帯に集中していた。
- 12) 地震動による建物被害では、構造を木造と非木造に区分し、さらに建築年代を1971年以前、1972~1981年、1982年以降に3区分して、6区分された単位ごとに計測震度と全壊率の関係を既往の地震被害から求め、東京都に適用している。しかし、東京都防災会議(2012)の報告では単位ごとの棟数も全壊数も記載されていない。

文 献

- 中央防災会議「大規模水害対策に関する専門調査会」(2010): 大規模水害対策に関する専門調査会報告 首都圏水没-被害軽減のために取るべき対策とは一。[Expert Examination Committee on Countermeasure for Great Flood, Central Disaster Prevention Council (2010): *Special Committee Report: Inundation of Metropolis, Countermeasures for Damage Mitigation (Daikibo Suigai Taisaku Ni Kansuru Senmon Chosakai Hokoku: Shutoken Suibotsu—Higai Keigen No Tamen Torubeki Taisaku Towa—* (in Japanese)*]
- 中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」(2005): 被害想定結果について。[Expert Examination Committee on Countermeasure for Near Field Earthquake of Metropolis, Central Disaster Prevention Council (2005): *On the Results of Damage Estimation (Higai Sotei Kekka Ni Tsuite)*. (in Japanese)*]
- 遠藤 毅 (2004): 東京都臨海域における埋立地造成の歴史。地学雑誌, **113**, 785-801。[Endo, T. (2004): Historical review of reclamation works in the Tokyo Bay area. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **113**, 785-801. (in Japanese with English abstract)]
- 遠藤 毅・川島眞一・川合将文 (2001): 東京下町低地における「ゼロメートル地帯」展開と鎮静化の歴史。応用地質, **42**, 74-87。[Endo, T., Kawashima, S. and Kawai, M. (2001): Historical review of development of land subsidence and its cease in shitamachi lowland, Tokyo. *Journal of Japanese Society of Engineering Geology*, **42**, 74-87. (in Japanese with English abstract)]
- 貝塚爽平 (1979): 東京の自然史 (増補第二版)。紀伊国屋書店。[Kaizuka, S. (1979): *Natural History of Tokyo*

- (*Enlarged second edition*) (Tokyo No Shizenshi, Zoho Dai 2 Han). Kinokuniya Shoten. (in Japanese) *
- 貝塚爽平・小池一之・遠藤邦彦・山崎晴雄・鈴木毅彦 編 (2000): 日本の地形 4 関東・伊豆小笠原. 東京大学出版会. [Kaizuka, S., Koike, K., Endo, K., Yamazaki, H. and Suzuki, T. ed. (2000): *Regional Geomorphology of the Japanese Islands, Vol.4 Geomorphology of Kanto and Izu-Ogasawara (Nihon No Chihei 4 Kanto, Izuogasawara)*. University of Tokyo Press. (in Japanese)]
- 河角 広 (1970): 関東南部地震 69 年周期の証明とその発生の緊迫度ならびに対策の緊急性と問題点. 地学雑誌, **79**, 115-138. [Kawasumi, H. (1970): Proofs of 69 years periodicity and imminence of destructive earthquake in Southern Kanto District and problems in the countermeasures thereof. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **79**, 115-138. (in Japanese with English abstract)]
- 北原糸子 (1983): 安政大地震と民衆一地震の社会史. 三一書房. [Kitahara, I. (1983): *The Ansei Great Earthquake and the People (Ansei Daijishin To Minshu)*. Sanichi Shobo. (in Japanese) *]
- 建設省 (現国土交通省) 国土地理院 (1963): 水害予防対策土地条件調査報告書. [Geographical Survey Institute, Ministry of Construction (Now, Ministry of Land, Infrastructure and Transport) (1963): *Report of Land Condition Survey for Countermeasures Coping with Flood Disaster (Suigai Yobo Taisaku Tochi Joken Chosa Hokokusho)*. (in Japanese) *]
- 建設省 (現国土交通省) 国土地理院 (1989): 1:50,000 地盤高図「東京」. [Geographical Survey Institute, Ministry of Construction (Now, Ministry of Land, Infrastructure and Transport) (1989): *1:50,000 Land Height Map "Tokyo" (1:50,000 Jibankozu "Tokyo")*. (in Japanese) *]
- 国土交通省港湾局 (2009): 東京湾の大規模高潮浸水想定概要. [Bureau of Port and Harbor, Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2009): *Summary of Inundation Estimation due to Great Storm Surge in Tokyo Bay (Tokyowan No Daikibo Takashio Shinsui Sotei No Gaiyo)*. (in Japanese) *]
- 久保純子 (1988): 相模野台地・武蔵野台地を刻む谷の地形—風成テフラを供給された名残川の谷地形—. 地理学評論, **61** (Ser.A), 25-48. [Kubo, S. (1988): Geomorphological features of valleys dissecting the diluvial uplands of Sagamino and Musashino, Kanto Plain: A study of valley formed by remnant streams and air-laid tephra. *Geographical Review of Japan (Chirigaku Hyoron)*, **61** (Ser.A), 25-48. (in Japanese with English abstract)]
- 松田磐余 (1973): 多摩川低地の沖積層と埋没地形. 地理学評論, **46**, 339-356. [Matsuda, I. (1973): Recent deposits and buried landforms in the Tamagawa Lowland. *Geographical Review of Japan (Chirigaku Hyoron)*, **46**, 339-356. (in Japanese with English abstract)]
- 松田磐余 (1977): 平野. 土木工学大系編集委員会編: 土木工学大系 19 地域開発論 (I) / 地形と国土利用. 彰国社, 189-257. [Matsuda, I. (1977): Plain. in *Outline of Civil Engineering 19, Regional Development (I) (Doboku Kogaku Taikei 19, Chiiki Kaihatsuron I)* edited by Doboku Kogaku Taikei Henshu Iinkai, Shokokusha, 189-257. (in Japanese) *]
- Matsuda, I. (1990): Natural disasters and countermeasures for the Tokyo Lowland. *Geographical Review of Japan*, **63** (Ser.B), 108-119.
- 松田磐余 (1992): 東京低地の土地的自然・自然災害・対策の関わり. 経済系 (関東学院大学経済学会研究論集), **175**, 1-22. [Matsuda, I. (1992): Relationship among land conditions, natural disasters and countermeasures in the Tokyo Lowland. *Quarterly Journal of Economics (Keizaikei)*, **175**, 1-22. (in Japanese)]
- 松田磐余 (1993): 東京湾と周辺の沖積層. 貝塚爽平編: 東京湾の地形・地質と水. 築地書館, 67-109. [Matsuda, I. (1993): Recent formation in and around Tokyo Bay. in *Landforms, Geology and Water in Tokyo Bay (Tokyowan No Chihei Chishitsu To Mizu)* edited by Kaizuka, S., Tsukiji Shokan, 67-109. (in Japanese) *]
- 松田磐余 (2009): 江戸・東京地形学散歩—災害史と防災の視点から (増補改訂版). 之潮. [Matsuda, I. (2009): *Geomorphological walk in Edo and Tokyo from the view points of history of disaster and countermeasures (Revised and enlarged edition) (Edo Tokyo Chikeigaku Sanpo: Saigaishi To Bosai No Shiten Kara Zoho Kaiteiban)*. Collegio. (in Japanese) *]
- 松田磐余 (2011): 自然地理学からの提言 開発と災害—江戸から東京の災害と土地の成り立ち. イマジン出版. [Matsuda, I. (2011): *Proposal Based on Physical Geography to Development and Disasters: Disasters and Landform Development in Edo and Tokyo (Shizen Chirigaku Kara No Teigen, Kaihatsu To Saigai: Edo Kara Tokyo No Saigai To Tochi No Naritachi)*. Imagin Shuppan. (in Japanese) *]
- 松浦茂樹 (1989): 国土の開発と河川—条里制からダム開発まで. 鹿島出版会. [Matsuura, S. (1989): *Development of National Land and Rivers: From Jyori System to Dam Construction (Kokudo No Kaihatsu To Kasen: Jyorisei Kara Damu Kaihatsu Made)*. Kajima Shuppankai. (in Japanese) *]
- 宮村 忠 (1985): 水害. 中公新書 768, 中央公論社. [Miyamura, T. (1985): *Flood Disaster (Suigai)*. Chuko Shinsho 786. Chuo Koronsha. (in Japanese) *]
- 宮田 正 (1969): 石神井川流域の都市化による流出変化と水害の傾向に関する考察 (第 1 報). 地理学評論, **42**, 667-680. [Miyata, T. (1969): Variation and runoff and flood damages caused by urbanization in the Shakuji River basin, Tokyo. *Geographical Review of Japan (Chirigaku Hyoron)*, **42**, 667-680. (in Japanese with English abstract)]
- 文部科学省 (2012): 首都直下地震防災・減災プロジェクトにおける震度分布図の公表について. [Ministry

- of Education, Culture, Sports, Science and Technology (2012): *Official Announcement on Intensity Distribution Map Made by the Project of Countermeasure and Damage Mitigation for Near Field Earthquake of Metropolis* (Shuto Chokka Jishin Bosai Gensai Purojekuto Ni Okeru Shindo Bunpu-zu No Kohyo Ni Tsuite). (in Japanese)*]
http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/24/03/1319353.htm [Cited 2012/06/01].
- 諸井孝文・武村雅之 (2002): 関東地震 (1923 年 9 月 1 日) による木造住家被害データの整理と震度分布の推定. 日本地震工学会論文集, **2**(3), 35-71. [Moroi, T. and Takemura, M. (2002): Re-evaluation on the damage statistics of wooden house for the 1923 Kanto Earthquake and its seismic intensity distribution in and around Southern Kanto District. *Journal of Japan Association of Earthquake Engineering*, **2**(3), 35-71. (in Japanese with English abstract)]
- 中林一樹 (1985): 都市環境における日常性能と非日常性能の相反と両立. 都市計画, **135**, 25-32. [Nakabayashi, I. (1985): Altering the present incompatibility of everyday living conditions with a state of preparedness for disasters in the urban environment. *City Planning (Toshi Keikaku)*, **135**, 25-32. (in Japanese with English abstract)]
- 中林一樹 (2005): 災害に強い都市を計画する一防災と復興のまちづくり一. 東京都立大学都市研究所編: 都市の科学. 東京都立大学出版会, 149-176. [Nakabayashi, I. (2005): Planning of disaster-proof city: Community development for disaster prevention and reconstruction. in *Science for City (Toshi No Kagaku)* edited by Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University Press, 149-176. (in Japanese)*]
- 中林一樹 (2010): 超巨大震災に備える国土づくりー「東京湾北部地震」の被害軽減に向けた基本課題の考察一. 経済系 (関東学院大学経済学会研究論集), **242**, 24-40. [Nakabayashi, I. (2010): National-wide regional improvement for mitigation from huge earthquake disaster: Basic issues for mitigation from the next Tokyo Earthquake. *Quarterly Journal of Economics (Keizaikei)*, **242**, 24-40. (in Japanese)]
- 中野尊正 (1963): 日本の 0 メートル地帯. 東京大学出版会. [Nakano, T. (1963): *Land Areas Below Sea Level in Japan (Nihon No Zerometoru Chitai)*. University of Tokyo Press. (in Japanese)*]
- 中野尊正・門村 浩・松田磐余 (1968): 東京低地の埋没地形と地盤沈下. 地理学評論, **41**, 427-450. [Nakano, T., Kadomura, H. and Matsuda, I. (1968): Buried landforms and ground subsidence in the Tokyo lowland. *Geographical Review of Japan (Chirigaku Hyoron)*, **41**, 427-450. (in Japanese with English abstract)]
- 中野尊正・門村 浩・松田磐余 (1972): 東京山手台地におけるがけ・擁壁崩壊危険度の実態調査. 土と基礎, **653**, 21-26. [Nakano, T., Kadomura, H. and Matsuda, I. (1972): Fact-finding survey on vulnerability for land slide and wall collapse in Yamanote Upland, Tokyo. *Tsuchi to Kiso*, **653**, 21-26. (in Japanese)*]
- 大熊 孝 (1981): 利根川治水の変遷と水害. 東京大学出版会. [Okuma, T. (1981): *Historical Change of Flood Control of the Tone River and Flood Disaster (Tonegawa Chisui No Hensen To Suigai)*. University of Tokyo Press. (in Japanese)*]
- 田治米辰雄・望月利男・松田磐余 (1977): 地盤と震害ー地域防災からのアプローチ. 横書店. [Tajime, T., Mochizuki, T. and Matsuda, I. (1977): *Soils and Earthquake Disaster: Approach from Regional Planning for Disaster Prevention (Jiban To Shingai: Chiiki Bosai Kara No Apurochi)*. Maki Shoten. (in Japanese)*]
- 高橋 裕 (1971): 国土の変貌と水害. 岩波新書, 793, 岩波書店. [Takahashi, Y. (1971): *Metamorphosis of National Land and Flood Disaster (Kokudo No Henbo To Suigai)*. Iwanami Shinsho 793. Iwanami Shoten. (in Japanese)*]
- 東京都編 (1962): 東京港史. 東京都. [Tokyo Metropolitan Government ed. (1962): *History of the Tokyo Harbor (Tokyo Ko Shi)*. Tokyo Metropolitan Government (in Japanese)*]
- 東京都防災会議 (2006): 東京直下地震による東京の被害想定報告書. [Tokyo Disaster Prevention Conference (2006): *Report of Damage Estimation of Tokyo due to Near Field Earthquake of Tokyo Metropolis (Tokyo Chokka Jishin Ni Yoru Tokyo No Higai Sotei Hokokusho)*. (in Japanese)*]
- 東京都防災会議 (2012): 首都直下地震等による東京の地震被害想定報告書. [Tokyo Disaster Prevention Conference (2012): *Report of Damage Estimation of Tokyo due to Near Field Earthquake of Metropolis and Other Earthquakes (Shuto Chokka Jishinto Ni Yoru Tokyo No Jishin Higai Sotei Hokokusho)*. (in Japanese)*]
- 東京都地下河川構想検討委員会 (1987): 東京都区部中小河川流域における治水対策について, 中間報告. [Tokyo Metropolis Committee on Planning of Underground River (1987): *River Conservancy in Middle and Small River Basins of Tokyo 23 Wards (Tokyoto Kubu Chusho Kasen Ryuiki Ni Okeru Chisui Taisaku Ni Tsuite)*. (in Japanese)*]
- 東京都江東再開発事務所 (1982): 江東防災拠点白鬚東地区事業の概要. [Tokyo Metropolitan Koto Redevelopment Office (1982): *Summary of Works of Koto Disaster Prevention Base, Shirahige Higashi District (Koto Bosai Kyoten Shirahige Higashi Chiku Jigyo No Gaiyo)*. (in Japanese)*]
- 東京都港湾局 (1969): 高潮対策事業概要. [Bureau of Port and Harbor, Tokyo Metropolitan Government (1981): *Summary of Countermeasure Works for Storm Surge (Takashio Taisaku Jigyo Gaiyo)*. (in Japanese)*]
- 東京都総務局編 (2012): 東京都統計年鑑 第 62 回 (平

成 22 年). [Bureau of General Affairs, Tokyo Metropolitan Government (2012): *Tokyo Statistical Yearbook (2012) (Tokyoto Tokei Nenkan 2012)*. (in Japanese)]

東京都都市計画局 (1981): 都市防災施設基本計画 (抄). [Bureau of Urban Development, Tokyo Metropolitan Government (1981): *Summary of Basic Plan of Disaster Prevention Facilities (Toshi Bosai Shisetsu Kihon Keikaku)*. (in Japanese)*]

東京都都市整備局 (2010): 防災都市づくり推進計画 (平成 22 年 1 月改定) (概要). [Bureau of Urban Development, Tokyo Metropolitan Government (2010): *Summary of Propulsion Plan for Creation of Disaster-proof Districts (Revised in Jan. 2010) (Bosai Toshi Zukuri Suishin Keikaku, Heisei 22 Nen 1 Gatsu Kaitei)*. (in Japanese)*]

* Title etc. translated by I.M.