

都市域における環境創成による震災リスク軽減 のための計画代替案の作成に関する研究

神谷 大介¹・萩原 良巳²

¹学生会員 工修 京都大学大学院 工学研究科土木システム工学専攻 (〒611-0011 宇治市五ヶ庄)

²正会員 工博 京都大学教授 防災研究所 (〒611-0011 宇治市五ヶ庄)

都市生活者にとって水・土・緑の空間は日常時のアメニティ空間であり、震災時の減災空間である。再現期間の長い災害のためだけの施設整備は財政的にも困難であること等から、環境創成による震災リスク軽減のための計画の重要性は高い。以上の認識のもと、本研究ではこの計画の代替案作成プロセスを示す。まず、震災時の避難行動を考えて地域の分断を想定し、地域を地区と町丁目の2つの階層として捉え、それらをノードとした隣接関係をグラフとして表現した。そしてノードにハザードの要因に関する情報を持たせたグラフを作成した。これらをもとに計画代替案の抽出の考え方を示した。最後に北摂地域を対象にした分析を行い、水・土・緑のネットワークの形成に関する代替案を提示した。

Key Words: Environmental Creation, Earthquake Disaster Risk, Alternatives

1. はじめに

高度経済成長期以降、経済効率性を重視した都市施設整備や土地利用は、雑木林やため池等の多くの水・土・緑の空間を道路や住宅地、商工業用地へと変化させてきた。その結果、現在の都市の多くは、生活者¹⁾が日常的に自然と触れあうことが困難である。さらに、阪神・淡路大震災等の経験より、高密度につくられてきた都市域は災害に対していかに脆弱であるかがわかる。そして、都市域の「ゆとり」としての水・土・緑の空間は災害時の被害を軽減し、復旧・復興に向けた諸活動を行う上で不可欠である。地震のような再現期間の長い災害のためだけの施設整備は財政的にも困難な状況であることから、今後の地域計画では環境創成を通じた災害リスクの軽減のための計画方法論が必要である。

生活者にとってこの空間は、日常時には遊びを通して人と人、人と自然が触れあえるという機能を有しており、例えば震災時には避難や火災の延焼防止・遅延に利用できるという減災機能を有している。遊びからみた空間配置^{2,3)}や震災時の減災空間⁴⁾としての配置に関する研究は行われているが、日常時と震災時の両方に着目した空間計画に関する研究は著者の知る限りはない。また、この計画は個々の空間だけを眺めるのではなく、地域計画の視点で環境創成と震災リスクの軽減を考え、これらの機

能の配置を計画することが重要である。

以上の認識のもと、著者らはこれまで大阪府の北摂地域を対象とし、生活者の日常的な遊びと震災時の避難空間の2つの視点から空間配置の評価を行ってきた³⁾。さらに、1960年以降の地域環境と震災リスクの変化を分析したことより、水辺の多くが埋め立てられたことや、鉄道沿線から外延的に開発されてきた地域の震災リスクが非常に増加してきたことを明らかにした⁵⁾。本研究ではこれまで行った対象地域における過去から現在までの研究を基礎情報とし、環境創成による震災リスク軽減のための長期計画の代替案を作成するためのプロセスを示す。ここでは特に震災時の避難行動に着目し、避難の必要性和安全性に関する分析と代替案作成の考え方を示す。その後、対象地域で分析を行い、水辺創成による計画代替案を作成し、水・土・緑のネットワークの形成について述べることとする。

2. 水・土・緑の空間の減災機能

本研究における震災リスクとは、地震によって生命や財産に与える被害の重大さに関する1つの測度と定義し、これは地域環境によって変化する。水・土・緑の空間は地域環境を構成する重要な要素の1つであるとともに、

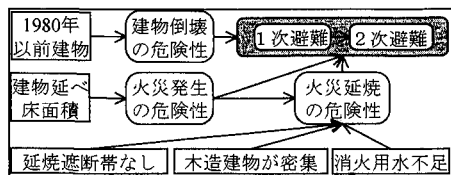


図-1 避難の必要性に関する要因

表-1 水・土・緑の空間の減災機能⁴⁶⁾

構成要素	減災機能
水	消火用水、身体の冷却、火災延焼の防止・遅延（河川）、避難路（河川高水敷）
土（広場）	避難場所、火災延焼の防止・遅延
緑	火災延焼の防止・遅延、輻射熱の緩和（避難場所の安全性の向上）、避難路

以下の減災機能を有しているため、生活者の身近に存在することによって被害は軽減されるものと考え。震災時の空間の機能は多くあるが、ここでは発生から数時間内に行われる避難行動に着目してその機能を整理する。

生活者の避難の必要性は「建物の倒壊およびその危険性」と「火災の発生およびその延焼の危険性」の2つの要因が大きく影響していると考えられる（図-1）。これらに対する空間の減災機能は、前者については建物倒壊による道路閉塞の緩和があげられ、後者については火災の延焼に対する遮断帯や消火用水の確保があげられる。さらに避難空間や避難経路にもなる。

これらの機能を水、土、緑に分けて整理したものを表-1に示す。ここで水とは、河川・ため池・水路や地下貯留された水といった震災時に利用できる水を意味し、土は広場や植物が育つための土壌を意味しており、緑は公園や水辺の植物や雑木林、および避難経路になりうる樹木のネットワークを意味している。また、避難空間としては地震時の火災を考慮して1ha以上としている⁶⁾。

表-1より、地域全体としてリスクを軽減する機能を有していることがわかる。特に避難経路や延焼遮断帯の機能は、水・土・緑がネットワークとして形成されていることが好ましい。

3. 計画代替案作成プロセス

環境創成による震災リスクの軽減とは、「新たな水・土・緑の空間を創る」、「失われた空間を再生する」、「今ある空間を利用し、必要ならば変更する」、さらに「空間をネットワーク化することによって「地震による生活者の被害を軽減する」ことである。この計画の代替案作成は地域の特徴を捉えて行わなければならない。また、今後の広域行政を想定すると、これまでより大きな面積に対してこれまでと同様に詳細な計画が必要となる。以上の認識のもと、都市域に震災リスクを軽減するための

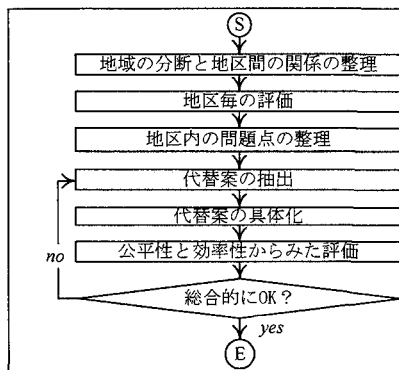


図-2 計画代替案作成フロー

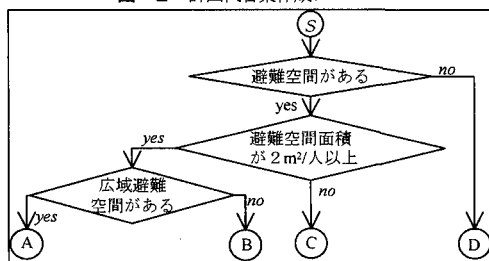


図-3 地区毎の評価

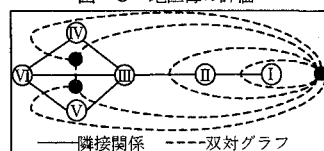


図-4 STEP数の考え方

新たな自然環境を創造する計画代替案の作成プロセスを図-2に示す。

1) 地域の分断と地区間の関係の整理

震災時に人は知人が多い居住地近くの空間へ避難すると考えられる⁷⁾。日常時の生活活動や人のつながりは国道や高速道路、鉄道、河川によって分断されていると考えられる。さらに、これらは地震によって落橋等の可能性があり、危険性の高い孤立する地区ができる恐れがある。各高架橋や橋が倒壊する確率は不確実なため、ここでは最悪の状況を想定し、これらによる地域の分断を想定する。分断の種類を、高架・盛土・河川・平面（高架や盛土になっていない国道や鉄道）に分け、地区間のつながりを表現する。

2) 地区毎の評価

地区内で満たすべき条件を設定し、それに対して評価を行う。ここでは避難行動に着目しているため、1人当たり避難空間面積と広域避難空間の有無で評価を行うこととする。図-3より地区は4つにランク分けされる。なお、避難空間面積2m²/人は人が空間内を自由に移動できるための面積であり、避難空間面積の基準である⁶⁾。

表-2 地区毎の評価結果と計画代替案

	問題点・考える点	計画代替案
㉔	この段階では問題はない。3) 地区内の問題点を考慮するとともに、1次避難空間と広域避難空間をつなぐネットワークを考える。	今ある水路や緑道を利用する、失われた水辺の再生する、新たな水辺や緑道を創る、ことによって水・土・緑のネットワーク化を図る。水辺の再生や創成には下水処理水の利用が考えられる。
㉕	広域避難空間がないこと。	新たに広域避難空間を創る(今ある空間を大きくする)、地区間の関係をもとに他の地区とつなぐことが考えられる。前者のためには、企業等のグラウンドを利用することや、工場の移転跡地の利用が考えられる。後者に関しては、環境創成ではないが、高架や盛土で分断されているならば、地下道によって地区間のつながりを確保する。
㉖ ㉗	1次避難のための面積が不足している。	新たに1次避難空間を創る、他の地区とつなぐ、今ある空間を大きくする(㉓のみ)ことが考えられる。新たに創るための用地がない場合は、老朽木造家屋の密度が高い地区や区画整理を行っていない地区の再開発が考えられる。

3) 地区内の問題点の整理

図-1に示したように、避難の必要性を高める要因は建物の倒壊と火災の発生およびその延焼である。ここでは、各都道府県で行われている都市計画基礎調査のデータを用いて要因との関連を考える。建物の倒壊に関しては耐震に関する建築基準法の改正を考慮して1980年以前の建物の延べ床面積を採用した。火災の発生に関しては建物の延べ床面積を用いた。阪神・淡路大震災の火災においてその発生原因の約半数が不明であったが、わかっている原因の殆どが電気・ガス製品によるものであった⁴⁾。これより、人が活動している面積が大きいほど火災の発生原因となりうる電気・ガス製品を使用していると考えたためである。

延焼の可能性に関する要因について次に述べる。遮断帯は地域の分断要因と水・土・緑の空間として考慮する。木造建物の密集は木造建物延べ床面積を用いる。消火用水の不足に関しては、水道ネットワークと想定震度の関係から判断するとともに、各町丁目から河川やため池といった自由水面までの距離で判断する。

避難行動の安全性に関しては、㉔空間までの距離、㉔空間までの経路数、㉔空間の選択枝数、㉔空間の大きさ、を町丁目毎に評価する。ここでは町丁目をノードとした隣接関係を表すグラフを用いて評価する。㉔は双対グラフを用いてSTEP数を数える。STEP数とは、ある町丁目に着目した時、その町丁目が含まれる双対グラフ⁵⁾の面から空間のある町丁目が含まれる面までの数である。この考え方を図-4に示しておく。なお、この図は1つの地区内の町丁目のつながりを表している。例えば、㉔の町丁目に空間があり、㉔の町丁目に着目すればSTEP数は2となる。㉔空間までの経路数はこのグラフより1つ(㉔→㉔→㉔)であることがわかる。㉔空間の選択枝数はあるSTEP数までという条件の下で容易に探すことができる。㉔空間の大きさは各ノードの情報となる。同様に、避難の必要性に関する要因もノードの情報として与える。

これらより、避難の必要性和安全性を1つの図として表現することができる。例えば、最も近い空間に全ての人が避難すると仮定すれば、どの空間にどこから何人の

人がどのような経路で移動するかがわかる。

4) 代替案の抽出

ここでは現在の土地利用や建物の状況を考慮した上で、空間を創る・再生する・変更する・ネットワーク化することを考える。どこにどのような空間が必要であるかは、それまでの分析結果と現地調査をもとに判断する。図-3の地区毎の評価結果に対する環境創成に関する計画代替案としては表-2が考えられる。この表は㉔㉕㉖へ、㉕㉖㉗へ、㉖㉗㉘をより震災リスクが減少する状態にするために考えたものである。

5) 代替案の具体化

地区毎および地区内の問題点を考慮し、表-2に示した代替案をより具体化する。水辺の創成においては、対象地域の昔の地図から道路建設のために埋め立てられた河川や水路をみつける。新たな水辺を創るときは、自然流下するように標高データと地図より可能なルートを選択する。この時、水辺は空間を通すように経路を設定する。水辺は水の利用だけでなく、避難路になるように遊歩道を設置し、火災からの安全性を確保できるように並木を設ける。また、学校を通るように経路を選定することにより環境教育のためのビオトープを創る事もできる。

空間を創る場合は、表-2に示した地区の再開発や工場の移転跡地等を避難空間となるように、例えば樹木で空間を囲み、ため池によって水を貯留する等、空間の安全性を高める工夫をする。地図上での具体化に加え、現地調査を行うことによってその実行可能性を判断する。

6) 公平性と効率性の評価

ここでは代替案の評価軸として公平性と効率性を考える。同じもしくは隣の市の生活者と比べた時、自分が生活している地区だけ安全性が低いことは、生活者の不満が大きくなると考えられる。しかし、公共事業で空間整備を行うので効率性は重要な評価軸となる。これらより、公平性と効率性で代替案の評価を行うこととする。

地区毎では表-2で公平性を見ることができる。現在の状況は㉔から㉔の順で良いのであるから、避難に関する震災リスクに対して最もリスクの高い(自然環境の良くない)地区のレベルを向上させることが地域の公平性を高める事になる。その地区の人口密度が高ければ、よ

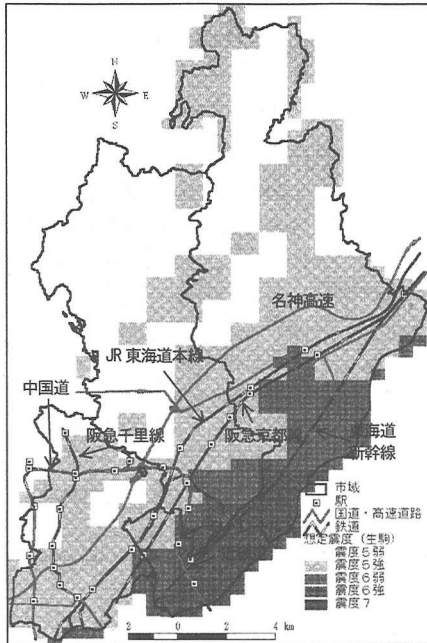


図-5 生駒断層系地震想定震度と交通施設

表-3 分析要因

道路	・近畿自動車道・中国自動車道・名神高速道路 ・国道170号線・国道171号線・国道479号線
鉄道	・JR東海道本線・JR東海道新幹線・北大阪急行電鉄 ・大阪高速鉄道・阪急電鉄京都線・阪急電鉄千里線
河川	・安威川・芥川・神崎川

り多くの人のリスクを減少させることになるため効率的であるとも言える。また、地区内に関しては、例えばSTEP数で評価するとき、効率性を重視すればSTEP数の総和の最小化を目的とし、公平性を重視すれば最も大きなSTEP数を最小化する事が目的となる。

最後に、作成した代替案を実際に採用したときの効果は図-3と3)で示した指標の変化によって評価し、解釈する。そして満足できるものでなければ4)へ戻る。ここで示した代替案作成プロセスはこのような循環的プロセスを有している。

4. 北摂地域の概要と計画代替案の作成

(1) 北摂地域の概要と震災ハザード

対象地域は、高度経済成長期を経て、万国博覧会や住宅建設等の大規模開発が行われ、自然環境が急激に破壊され、同時に人為的な社会環境の変化も著しいところである。現在、この地域は名神高速道路、JR東海道本線、東海道新幹線等我が国の主要幹線交通が東西にのび、大阪市や京都市への通勤、通学の交通機関として阪急京都

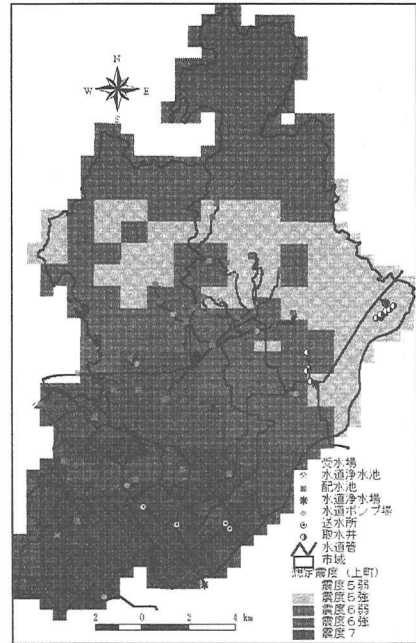


図-6 上町断層系地震想定震度と上水道施設

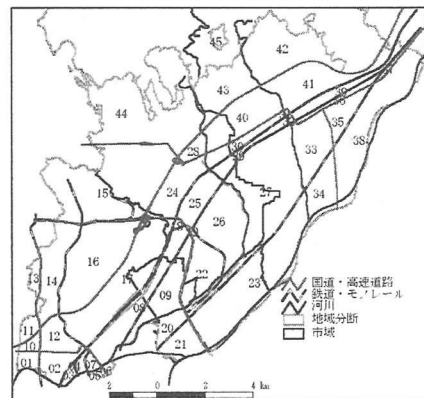


図-7 地域の分断と地区名

線、大阪モノレールが東西へ、阪急千里線、北大阪急行が南北へのびるという交通の要所となっている(図-5)。また、3つの活断層系地震(有馬高槻、上町、生駒)によって甚大な被害が想定されている地域でもある⁹⁾。このうち最も大きな被害が想定されている上町断層系地震の想定震度と上水道施設を図-6に示す。この地域の水道水供給は大阪府営水道に依存しており、その依存率は吹田市で56%、他の3市は約70%である。3つの活断層系地震の想定震度は淀川沿岸部が高く、水は淀川の左岸から供給されているので、水供給に大きな被害が予想される。さらに、高い震度が想定されている地域は人口密度が高いため、被害はより大きくなると考えられる。

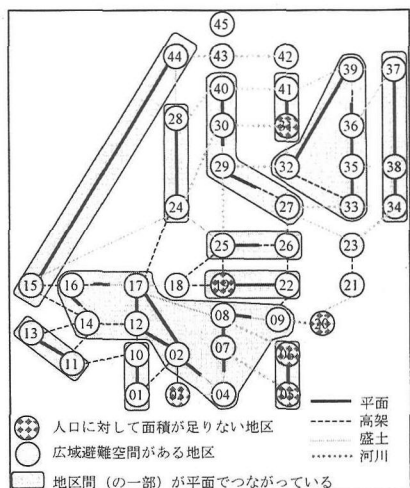


図-8 地区間の関係と地区毎の評価

(2) 計画代替案の作成

ここでは北摂地域を対象として、上述したプロセスで代替案を作成する。なお、本研究は都市域を対象としているため、樹林地・水面・高水敷面積が総面積の3/4以上を占め、かつ人口密度が1人/ha以下の町丁目は対象外とする。さらに、鉄道用地のみの町丁目も対象外とする。

この地域は表-3に示す分断要因で分けると45個の地区に分けられる。その結果を図-7に示し、地区間の関係を図-8に示す。この図は図-3に示した評価の結果も表している。避難に関する震災リスクの高い地区と低い地区との関係がわかるとともに、地区間で助け合うことのできる関係を見ることができる。

地区内の問題点に関しては、3)で述べた指標のうち、1980年以前建物延べ床面積と木造・土蔵建物延べ床面積を図-9・10に示す。建物延べ床面積もこれらと同様にJR東海道本線と阪急京都線・千里線沿線で高い値を示した。鉄道沿線の地区は避難の必要性が高いことがわかる。火災の延焼の可能性を低くする水面（1・2級河川と0.5ha以上のため池）までのSTEP数を図-11に示す。これらの図の重ね合わせより、⑧⑬⑭⑮⑯⑰の地区は避難からみた震災リスクが高いことがわかる。図-6からわかるように、特に⑬⑭の地区は消火用水として水道水を期待することは難しいため、水辺の創成の必要性が高いといえる。

避難行動の安全性に関する指標については、鉄道や道路によって細長く分断された地区のリスクが高いことがわかっている。これは鉄道沿線を中心に市街化されており避難空間が少ないこと、細長く分断されているため避難経路が1もしくは2つしかないことが影響している³⁾。

ここでは、以上の分析結果より震災リスクを軽減するために環境創成の必要性が高く、さらに震災時の水の確

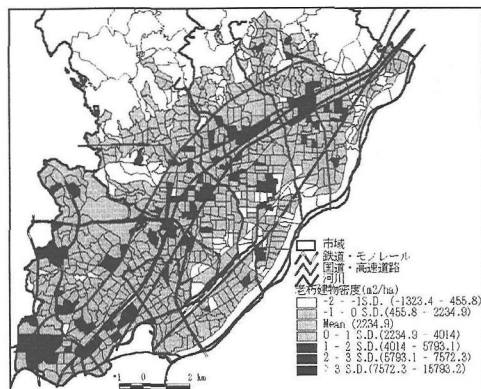


図-9 1980年以前建物延べ床面積

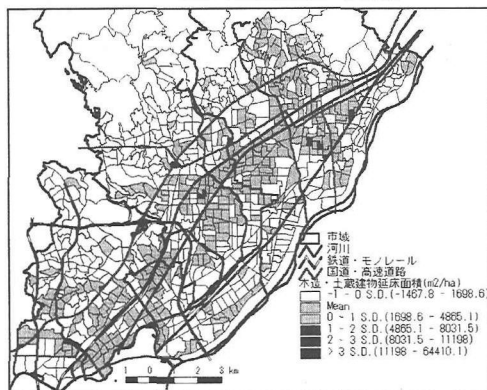


図-10 木造・土蔵建物延べ床面積

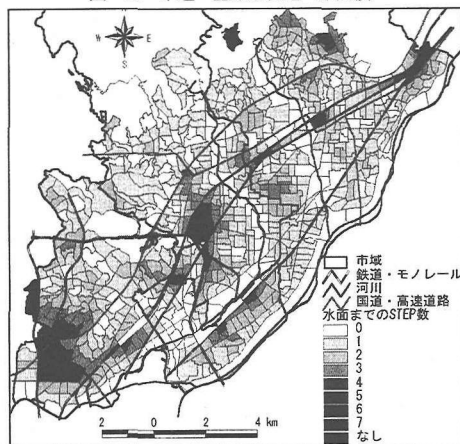


図-11 水面までのSTEP数

保も困難である⑬⑭の地区に着目して代替案の作成を行う。なお、⑬は広域避難空間があり、隣接する豊中市に水辺があるため代替案の作成を行わない。

まず、この2つの地区は他の鉄道沿線の地区より震災リスクが高くなった原因を1960年と現在の土地利用変化で考えてみる。1960年頃は両地区とも耕作地と樹林地

が殆どであった。⑫の地区では名神高速道路の開通による地域分断とため池の埋め立てによって水辺を失った。⑬の地区では道路建設のために元茨木川の埋め立てた。市役所でのヒアリング調査により、元茨木川周辺は浸水被害が多いことがわかっている。以上より、⑫の地区は水路創成、⑬の地区は元茨木川の再生を計画代替案とする。ここでは⑫の地区の代替案について詳しく述べる。

⑫の地区においては、正雀処理場の下水処理水を利用した水辺の創成を考えた。西村ら¹⁰⁾の研究より、生駒断層系地震では正雀処理場へ下水は日常時と同様の水量が確保できる事がわかっている。この水を流す経路は次の条件、①⑫の地区を通る、⑭自然流下させる、⑮河川を越えない、⑯今ある水路とつなぐ、⑰学校や公園を通る、

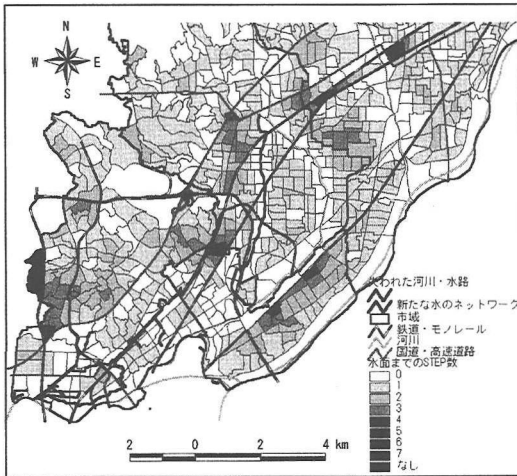


図-13 水辺創成後の水面までのSTEP数

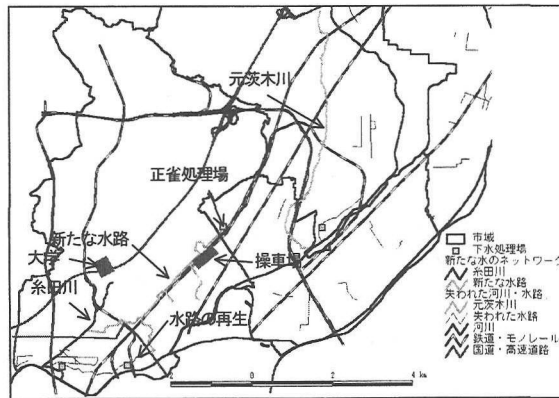


図-12 水辺創成経路

⑱失われた水路を通る、によって設定した。①～⑭は必ず守る条件であり、⑮～⑰はできるだけ条件を満たすようにした。条件①はリスクの高い地区を最優先すること、⑱⑲はポンプアップのようにエネルギーは使わないこと(震災時に停電になると使えない)、⑳㉑は水・土・緑のネ

ットワーク化、㉒は水・土・緑のネットワーク化と学校等によるビオトープの創造、㉓は水辺の再生を意味している。この条件を満たす経路を図-12に示す。ここでは、吹田の操車場の跡地を公園化することを想定している。さらに、水辺創成後の水面までのSTEP数を図-13に示す。

この経路をつくる事によって、5つの小学校と1つの公園がつながる。地区は⑰→⑱→⑲→⑳→㉑→㉒とつながり、さらに現在ほとんど水が流れていないどぶ川になっている糸田川の再生を行うことによって、さらに㉑→㉒とつながる。㉒と㉓の間を唯一平面でつないでいる所に大学がある。さらに吹田の操車場跡地を公園化すれば広域避難空間になり、さらにこれまで盛土の鉄道と操車場によって分断されていた㉑と㉒が平面でつながることになる。細長い地区である㉒の問題点であった避難経路の少なさを解消することにもなる。これら2つを拠点とした水・土・緑のネットワークを形成すれば、1次避難空間と広域避難空間をつなぐ避難路ができる。さらに、特に㉑の地区で問題となっていた震災時の水の取得が容易になったことがわかる。

また、吹田市によるアンケート調査では、跡地を自然豊かな空間として利用することを住民が求めており、跡地を公園化し水辺を創成することは環境創成・震災リスクの軽減・住民のニーズの3点からみて好ましいといえる。

5. おわりに

本研究ではこれまで個別に取り扱われていた環境計画と防災計画に対し、環境創成を通した震災リスク軽減のための計画代替案作成プロセスを提示した。震災時の避難行動を考えて地域の分断を想定し、地域を地区と町丁目の2つの階層として捉え、それらをノードとした隣接関係をグラフとして表現した。ノードにハザードとなる要因に関する情報を持たせることによって、震災リスクの高いノードの集まりを表した。さらに、これらの情報を用いて計画代替案の抽出を行った。そして、北摂地域を対象にこのプロセスで分析を行い、水・土・緑のネットワークの形成に関する計画代替案の作成を行った。

本論文では特に水辺創成に着目して計画代替案の作成を行ったが、今後は他の計画代替案を作成し、本論文の代替案を含めて評価する。さらに、これまで行ってきた日常時の遊びからみた空間配置の評価結果を用いて、日常時と震災時の両方からみた計画代替案の評価を行っていく。そして、環境創成を通した震災リスク軽減のための計画方法論に関する研究を行う。

参考文献

- 1)萩原清子,須田美矢子編著:生活者からみた経済学,文真堂,1997.
- 2)仙田満:こどものあそび環境,筑摩書房,1984.
- 3)神谷大介,坂元美智子,萩原良巳,吉川和広:都市域における水・土・緑の空間配置の評価に関する研究,環境システム研究論文集,Vol.29,pp.207-214,2001.
- 4)建設省建築研究所,建設省土木研究所,国土開発技術研究センター:まちづくりにおける防災評価・対策技術に関する基本的課題の検討調査報告書,1999.
- 5)神谷大介,萩原良巳:都市域における震災リスクの変化に関する地域分析,日本地域学会第38回年次大会,pp.155-162,2001.
- 6)都市緑化技術開発機構 公園緑地防災技術共同研究会 編:防災公園技術ハンドブック,公害対策技術同友会,2000
- 7)萩原良巳,清水康生,亀田寛之,秋山智広:GISを用いた災害弱地域と高齢者の生活行動に関する研究-京都市上京区を例にして-,総合防災研究報告第10号,京都大学防災研究所,2000.
- 8)R.J.ウィルソン:グラフ理論入門,近代科学社,1985.
- 9)大阪府:大阪府災害に強い都市づくり計画,1997.
- 10)西村和司,清水康生,萩原良巳:大都市域での下水処理水利用による水辺創成と地震被害の軽減に関する研究,環境システム研究論文集,Vol.29, pp.369-376,2001.

MAKING PROCESS OF ALTERNATIVES FOR ENVIRONMENTAL CREATION AND EARTHQUAKE DISASTER MITIGATION IN URBAN AREA

Daisuke KAMIYA and Yoshimi HAGIHARA

Natural open-spaces are amenities for residents in daily life and these are spaces decreasing damage in case of earthquake disaster. This paper shows that making process of alternatives for earthquake disaster mitigation by environmental creation. The region is regarded as hierarchy relation of districts and chou-chou-moku in this process. Adjacency relation of districts and chou-chou-moku are represented by graph. These are nodes in these graphs. These nodes have information of factors about hazard of earthquake disaster. These graph expresses bias of earthquake risk in region. Alternatives for earthquake disaster mitigation by environmental creation are made using these information and graphs. Finally, analyses were done and making alternatives in Hokusetsu region.