

兵庫県南部地震前後における

火災被害の変化に関する研究

辻本研究室

4100108 松井 昭博

目 次

第1章 序論.....	1
1.1 研究の背景と目的.....	1
1.2 研究方法と論文の構成.....	2
第2章 調査・分析の方法.....	4
2.1 調査・分析の方法.....	4
2.2 対象地域の説明.....	7
第3章 神戸市の地震被害の概要.....	8
3.1 人的被害.....	9
3.2 火災被害.....	10
3.3 建物被害.....	11
第4章 神戸市における地震前後の地域特性変化.....	12
4.1 調査の方法.....	12
4.2 地震前後の神戸市各地域における地域特性変化.....	12
4.2.1 人口・世帯.....	12
4.2.2 建物.....	18
4.2.3 都市環境.....	23
第5章 神戸市における地震前後の平常時火災被害変化.....	26
5.1 調査の方法.....	26
5.2 地震前後の神戸市各地域における平常時火災被害.....	26
5.2.1 火災発生件数・出火密.....	26
5.2.2 焼損面積.....	28
5.2.3 死傷者数.....	30
5.3 考察.....	32
第6章 地震前後の地域特性変化と平常時火災被害変化の関係.....	33
6.1 分析の方法.....	33
6.2 地震前後の地域特性変化と平常時火災被害変化の関係.....	33
6.2.1 火災発生件数－人口.....	33
6.2.2 火災発生件数－高齢者人口.....	35

6.2.3 火災による死傷者数－高齢者人口.....	37
6.2.4 火災 1 件あたりの焼損面積－木造住宅数.....	39
6.2.5 火災 1 件あたりの焼損面積－終戦前住宅数.....	39
第7章 神戸市の火災被害傾向分析.....	43
7.1 分析の方法.....	43
7.2 焼損面積 500 m ² 以上の火災の傾向分析.....	43
第8章 神戸市の中高層建物における火災被害傾向分析.....	45
8.1 調査・分析の方法.....	45
8.2 中高層建物の火災の傾向分析.....	45
第9章 まとめ.....	50
参考文献.....	51
資料.....	*

第1章 序論

1.1 研究の背景・目的

背景

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震で神戸市各地域は甚大な被害を受けた。同時にあらためて我が国の今日の大都市が大地震にたいしていかに脆弱であるかを露呈した。防火地域制などの都市大火に対する制度が確立されてから半世紀近く経ち、一見して近代的なビルが立ち並び、上下水道などの都市インフラは十分に整備されていると思われた大都市が一瞬で瓦礫の山、火の海へと変わったことは、都市活動が急速に高度かつ複雑になったにもかかわらずそれに即した有効な都市防災対策がなされていなかったという現実を我々に突きつけたといえよう。

また兵庫県南部地震では地震直後に発生した火災が大規模な市街地火災に発展し大きな被害をもたらした。消防力が向上した今日において、平時における火災で大規模な市街地火災に至ることはほぼないといえるが、地震動による建造物の倒壊、防災基盤の機能低下などの状況下においては大規模な市街地火災が起こりうるということを再認識させられた。

目的

兵庫県南部地震が発生してから既に10年以上経ち、神戸の市街地のほとんどは復興を果たし、震災以前の活気を取り戻している。わが国は過去多くの地震の被害を受けその度に安全な都市をめざし都市再生を繰り返してきた。しかし東京都防災会議による東京都直下における地震による被害予測は、出火件数は都内全体で824件、焼失面積96k m²、焼失棟数38万棟と想定され¹⁾、これは兵庫県南部地震の7倍近い被害であり、先の関東大震災と比較してもそれ以上の被害である。このことから我々は地震の被害を教訓に安全な都市再生を実現できているのか疑問に思われる。

本研究では神戸市が震災後の復興後、震災以前と比較して、防災上安全な市街地になったのかを検証することを目的とする。

1.2 研究方法と論文の構成

研究方法

本研究では、神戸大学 村田²⁾の研究で論じられた「平常時の火災と地震時の火災は密接に関連している」(図 1-1)ということに着目し、兵庫県南部地震前後における神戸市の都市構造の変化を明らかにし、その結果、平常時の火災被害がどう変化したのかを調べることで、神戸の市街地は安全になったのかを検証する。

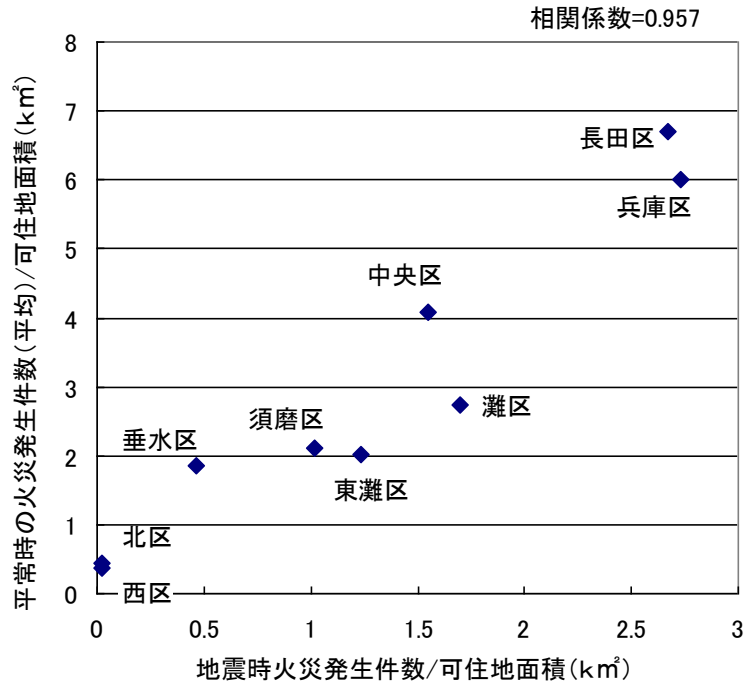


図 1-1 平常時の火災件数と地震時火災件数の関連

図 1-1 は可住地面積あたりの火災発生件数で、縦軸に平常時、横軸に地震時の火災発生件数をプロットしたものである。ただし縦軸の平常時火災発生件数は地震前 10 年間（昭和 62 年～平成 6 年）の年間火災発生件数の平均を平常時火災発生件数としている。図より、平常時火災発生件数の多い地域ほど地震時において火災被害が大きいといえる。

論文の構成

本論文は7つの章から構成されている。本論文の構成を図1-2に示す。第1章では序論として、本研究の背景及び目的を示し、研究方法と本論文の構成を示す。第2章では調査・分析の方法、その対象とした地域についての説明、及び用語の定義について述べる。第3章では兵庫県南部地震時の神戸市における被害の概要を示す。

続いて第4章で地震前後の神戸市各地域における地域特性の変化について示す。第5章では第4章で述べた地域特性の変化の結果平常時の火災被害がどう変化したのかを示す。第6章では第4章で述べた地域特性の変化と第5章で述べた平常時火災被害の変化の関連について分析する。

第7章では中村のべき関数を用いて平常時火災被害の傾向について分析する。第8章では中村のべき関数を用いて平常時の火災被害について公開されている神戸市各地域の中高層建物火災の傾向について分析する。

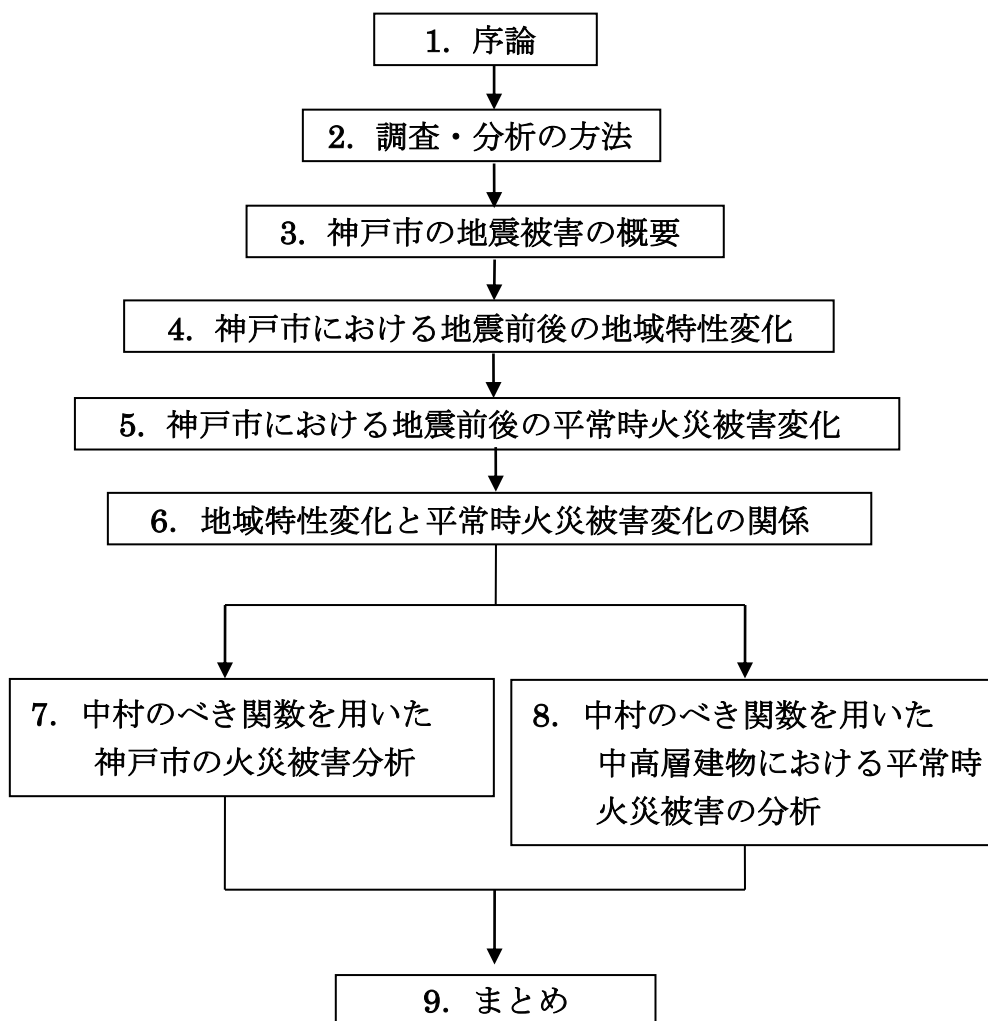


図1-2 本論文の構成

第2章 調査・分析の方法

2.1 調査・分析の方法

調査方法

本研究では平年および地震時の火災被害の実態の詳細を震災時の火災被害に関しては当時の大学・研究機関の調査資料や神戸市消防局提供の資料から、また平年の火災被害の実態を神戸市消防局の統計書やヒアリングにより可能な限り収集分析し、これらのデータに基づく定量的傾向や地域による火災被害の傾向の推移を把握することに重点をおいた。

次に火災被害に影響する要因として都市構造、市街地を構成する建物、防災の3つの観点からデータを収集した。それらの統計データの内容と抽出先を表2-1に示す。

表 2-1 収集統計データの内容と抽出先

都市構造関連データ

データ種類	抽出先
区別人口数・世帯数	地域経済総覧
人口密度	地域経済総覧
可住地面積人口密度 1)	地域経済総覧
年齢別人口	国勢調査 2)
昼間人口	国勢調査
65歳以上単身世帯数	住宅・土地統計調査 3)
収入階級別世帯数	住宅・土地統計調査
入居時期別世帯数	住宅・土地統計調査
日照時間	住宅・土地統計調査
接している道路幅員	住宅・土地統計調査
都市公園数・面積	神戸市統計書
街路樹総括	神戸市・公園街路樹概要
危険物施設等 4)	神戸市消防局提供資料他

市街地を構成する建物関連データ

データ種類	抽出先
新設着工住宅戸数	神戸市統計書
新設着工住宅構造別	神戸市統計書
新設着工住宅階数別	神戸市統計書
新設着工住宅床面積	神戸市統計書
住宅構造別 5)	住宅・土地統計調査
建築時期別 6)	住宅・土地統計調査
住宅所有関係別	住宅・土地統計調査
建物階数別	住宅・土地統計調査
延べ床面積	住宅・土地統計調査

防災関連データ

データ種類	抽出先
消防水利施設数	神戸市消防局提供資料
公設防火水槽設置状況	神戸市消防局提供資料
採水口設備設置数	神戸市消防局提供資料
耐震性防火水槽の整備	神戸市地域防災計画

1) 可住地面積＝総面積－(林野面積+湖沼面積)

と仮定したもの。本研究で扱う地震時または平年における火災被害のほとんどは人口の集中した市街地で発生するものであるため林野、湖沼を含む「総面積」ではなく「可住地面積」が適切である。

2) 国勢調査

総務省統計局が5年毎に行う統計調査である。

本研究では兵庫県南部地震の前後の神戸市及び全国の主要都市の人口調査が目的のため「平成2年、平成7年、平成12年、平成17年」を扱った。

3) 住宅・土地統計調査

総務省統計局が5年毎に行う統計調査である。

本研究では兵庫県南部地震の前後の神戸市及び全国の主要都市の市街地実態把握が目的のため「昭和63年、平成5年、平成10年、平成15年」の「全国版、大都市圏版、兵庫県版」を扱った。

4) 危険物施設とは消防法で定められた指定数量以上の危険物の製造、貯蔵、取扱を行う施設である。また少量危険物施設とは指定数量の5分の1以上指定数量未満の危険物の貯蔵、取扱を行う施設のことをいう。

5) 住宅・土地統計調査で用いられる構造別分類。木造、防火木造、非木造に分類。
非木造に

6) 市街地を構成する建物を建築時期別に分類するにあたり、本来、建築基準法の改正などが行われた年ごとに分類することが理想的であるが、公開されている統計データの都合上以下のように時代区分を行う。参考として建築基準法の改正年をあわせて明記する。

区分名	終戦前	I期	II期	III期	IV期
年	終戦前	終戦時～昭和45年	昭和46～55年	昭和56～平成2年	平成3年～
法関連		↑ 昭和25年建築基準法制定	↑ 昭和51年建築基準法改正	↑ 昭和61年建築基準法改正	

分析方法

分析方法には、定量的変数の相関係数として用いられるピアソンの積率相関係数 (Pearson's product-moment correlation coefficient) を用いた。相関係数は対応ある二組の変量間の直線的な関連の強さをみる指標で絶対値が 1 に近いほど各点が直線的に配列していることを示す。

2 組の数値からなるデータ列 $(x, y) = \{(x_i, y_i)\} (i = 1, 2, \dots, n)$ があたえられたとき、相関係数は以下のように求められる。

$$\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

ただし \bar{x}, \bar{y} はそれぞれデータ $x = \{x_i\}, y = \{y_i\}$ の相加平均である。

文中では相関係数の絶対値が 0.7 以上の場合を「相関が非常に高い」とし、0.4 以上 0.7 未満の場合を「相関が高い」と称している。

また震災前後における平年の火災被害の実態の変化を把握するために中村のべき関数を用いた。安全に関して労働災害の傾向分析に使われるハインリッヒの原則があるが、これは 1 つの重大事故の背後には 29 の軽微な事故があり、その背景にはさらに 300 の異常が存在するというもの。

中村は頻度の密度関数 P を h の関数として h_1 から h_2 までの被害の発生する頻度を $P(h)$ とすると

$$P(h) = \int_{h_1}^{h_2} P(h) dh \text{ で示されるとしている。}$$

ここで頻度とは一定期間に間に発生する回数であり、 $P(h) = K \times h^{-n}$ (K : 比例定数) なる条件を満足する現象においては、 n を安全性を示す指標であるとし、安全指数とする。

2.2 対象地域の説明

本研究における分析対象地域は神戸市とした。地震時において被害を受けた地域は神戸市のみならず広く阪神間（芦屋市・西宮市・尼崎市・宝塚市）に及ぶが多くの地震時における統計資料、平年における地域統計情報が充実している理由から神戸市を対象とした。また神戸市の市域は非常に広範囲にわたっており地震時の被害の大小に関連した地域間の復興の格差を明確に捉える事が可能となる点においても分析対象地域として適している。

分析対象とする地域は、本来町丁目単位などマイクロな単位で分析することが望ましいのだが、近年様々な情報開示が困難な状況であることや分析の量が膨大になることを考慮し最小単位を行政区単位または消防署管轄地域単位とした。行政区、消防署管轄地域の対応を表 2-2 に示す。

表 2-2 行政区と消防署管轄地域の対応

行政区	消防署管轄地域	備考
東灘区	東灘署 水上署	六甲アイランドは水上署管轄
灘区	灘署	
中央区	中央署 水上署	平成12年に葺合署と生田署が統合 ポートアイランドは水上署管轄
兵庫区	兵庫署	
北区	北署	
長田区	長田署	
須磨区	須磨署	
垂水区	垂水署	

図 2-1 に神戸市の行政区を示した。ただし図 2-1 は平成 19 年現在の神戸市の概略図であり震災当時（平成 7 年）とは異なる。神戸空港、ポートアイランドの一部は平成 7 年時には未完成。



図 2-1 神戸市行政区

第3章 神戸市の地震被害の概要

本章では神戸市における兵庫県南部地震時の被害の概要について、人的被害、火災被害について神戸市消防局、建物倒壊被害については建設省建築研究所のまとめた資料をもとに示す。

まず兵庫県南部地震時における震度7地域を図3-1に示す。図の赤い部分が震度7地域であり、神戸市においては東から東灘区、灘区、中央区、兵庫区、長田区、須磨区がそれらの地域に含まれる。以下、地震被害の大きかった地域とはこれらの震度7地域を指すこととする。



図 3-1 兵庫県南部地震時における震度7地域分布

引用：神戸市消防局ホームページ

3.1 人的被害

区別の年齢階層別死者数と全人口に対する死亡率（図 3-2）から建物被害の大きい地域においては死亡率も高い。続いて死亡率の高い地震被害の大きかった地域の死亡者の年齢階層別の割合（図 3-3）に示す。総じて 65 歳以上の死者数の占める割合が高く須磨区にいたっては犠牲者の半数以上 65 歳以上の高齢者である。

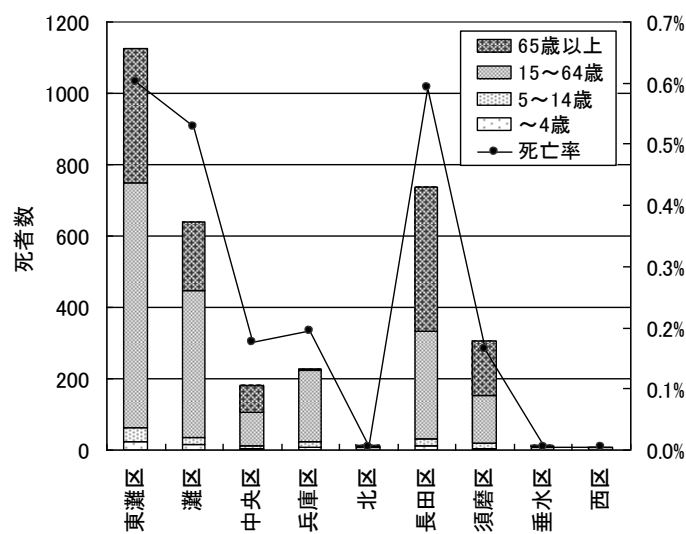


図 3-2 区別の年齢階層別死者数と全人口に対する死亡率

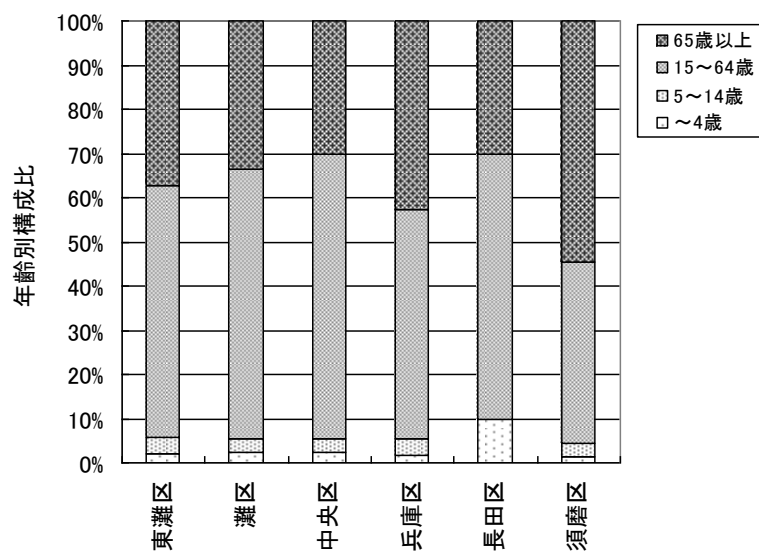


図 3-3 死亡者の年齢階層別の割合

次に死傷者に対する死者の割合（図 3-4）を示す。家屋の倒壊、その後の火災被害が甚大であった長田区における負傷者の死亡危険率が特に高い。

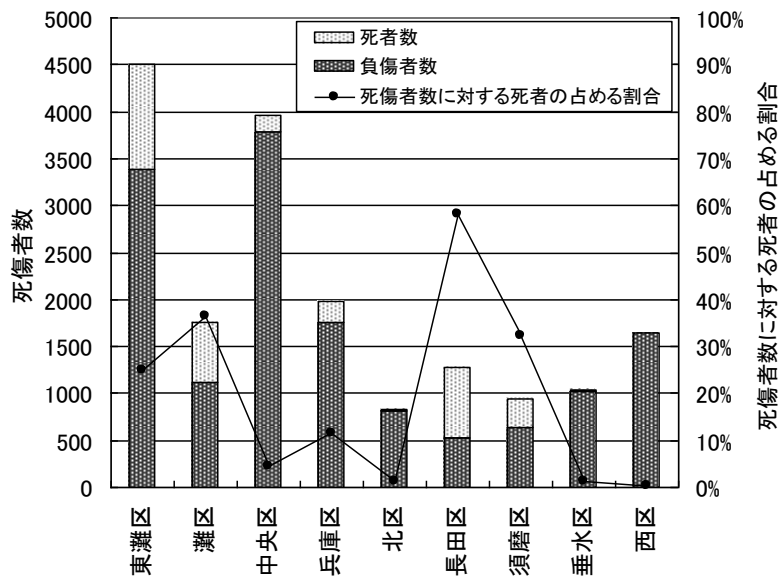


図 3-4 死傷者に対する死者の割合

3.2 火災被害

地震時に発生した火災による被害（図 3-5）について示す。平常時の火災と異なり、焼損家屋のうち、ほとんどが全焼であり、地震時における消火活動が十分に行われなかったことがわかる。

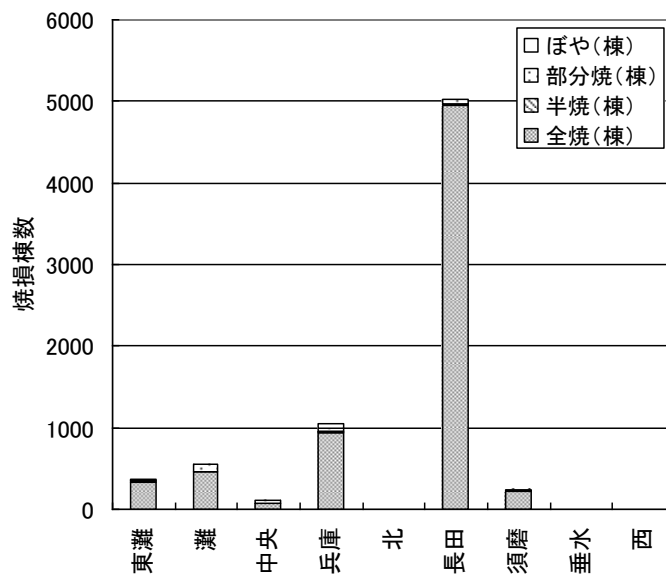


図 3-5 地震時火災による被害

3.3 建物被害

建物被害については建設省建築研究所がまとめた被害調査報告書に基づいて明示する。
震度7地域で住宅地域の倒壊率が多いのがわかる。

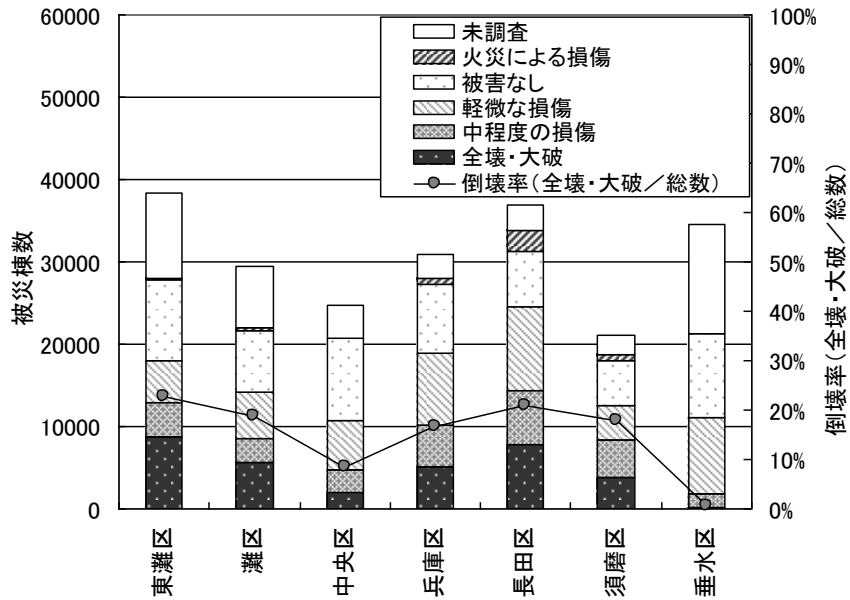


図 3-6 建物全体の被害状況

第4章 神戸市における地震前後の地域特性変化

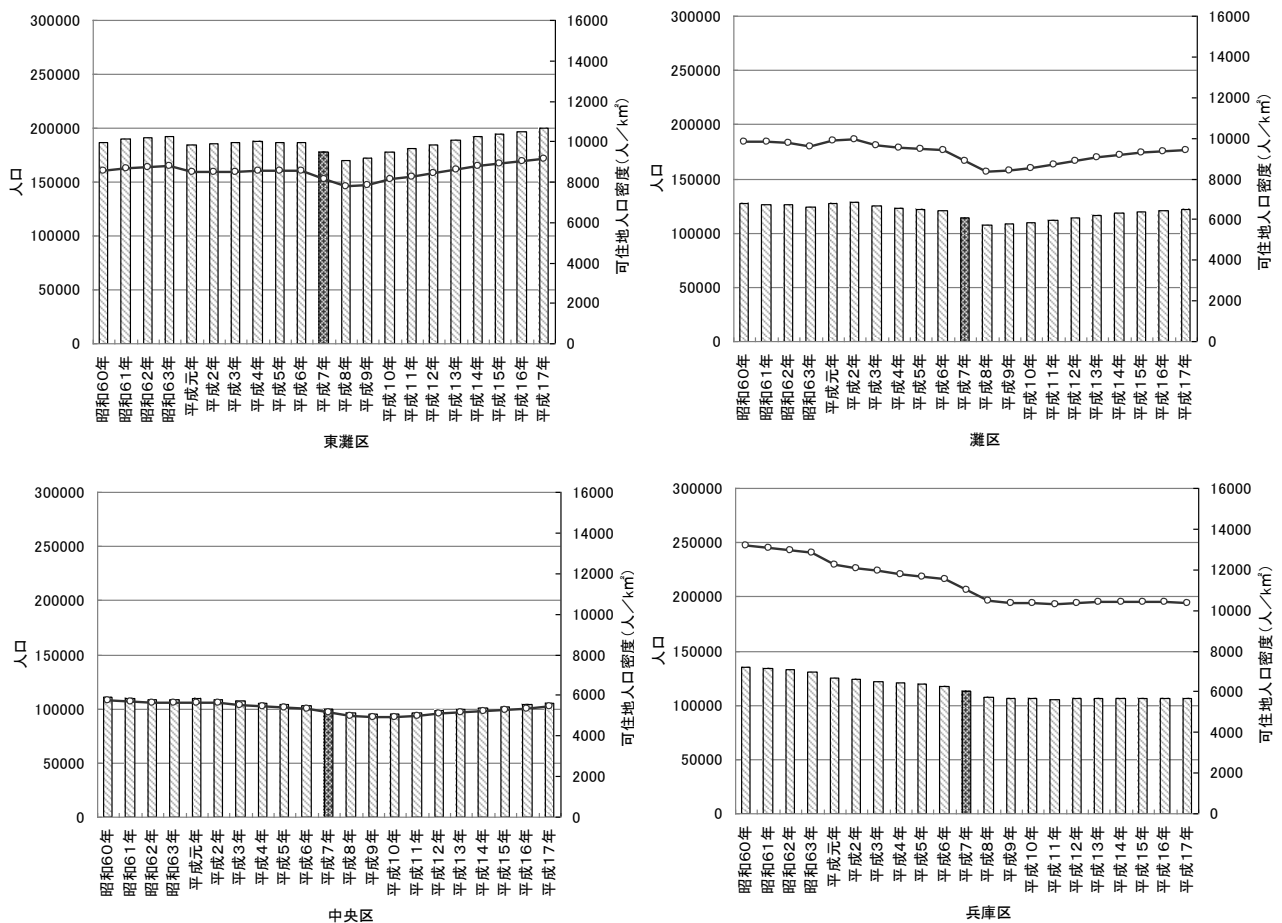
4.1 調査の方法

ここでいう地域特性とは市内の一定範囲の地域に対してその他の地域と比較した場合の相対的差異、特徴をあらわすものとする。具体的には、2.1で挙げた都市構造に関するデータ、市街地を構成する建物にデータ、防災に関するデータによって示す。ここでは毎年の神戸市統計書により公表されるデータ、平成2・7・12・17年の国勢調査のデータ、平成5・10・15年の住宅・土地統計調査報告のデータを用いてそれぞれ地震前後の地域特性の変化を示す。

4.2 地震前後における神戸市各地域の地域特性変化

4.2.1 人口・世帯

まず地震前後10年間ずつ（昭和60年～平成17年）の市内各区の人口と可住地面積あたりの人口密度の推移（図4-1）を示す。棒グラフは人口を、折れ線グラフは可住地人口密度を示す。



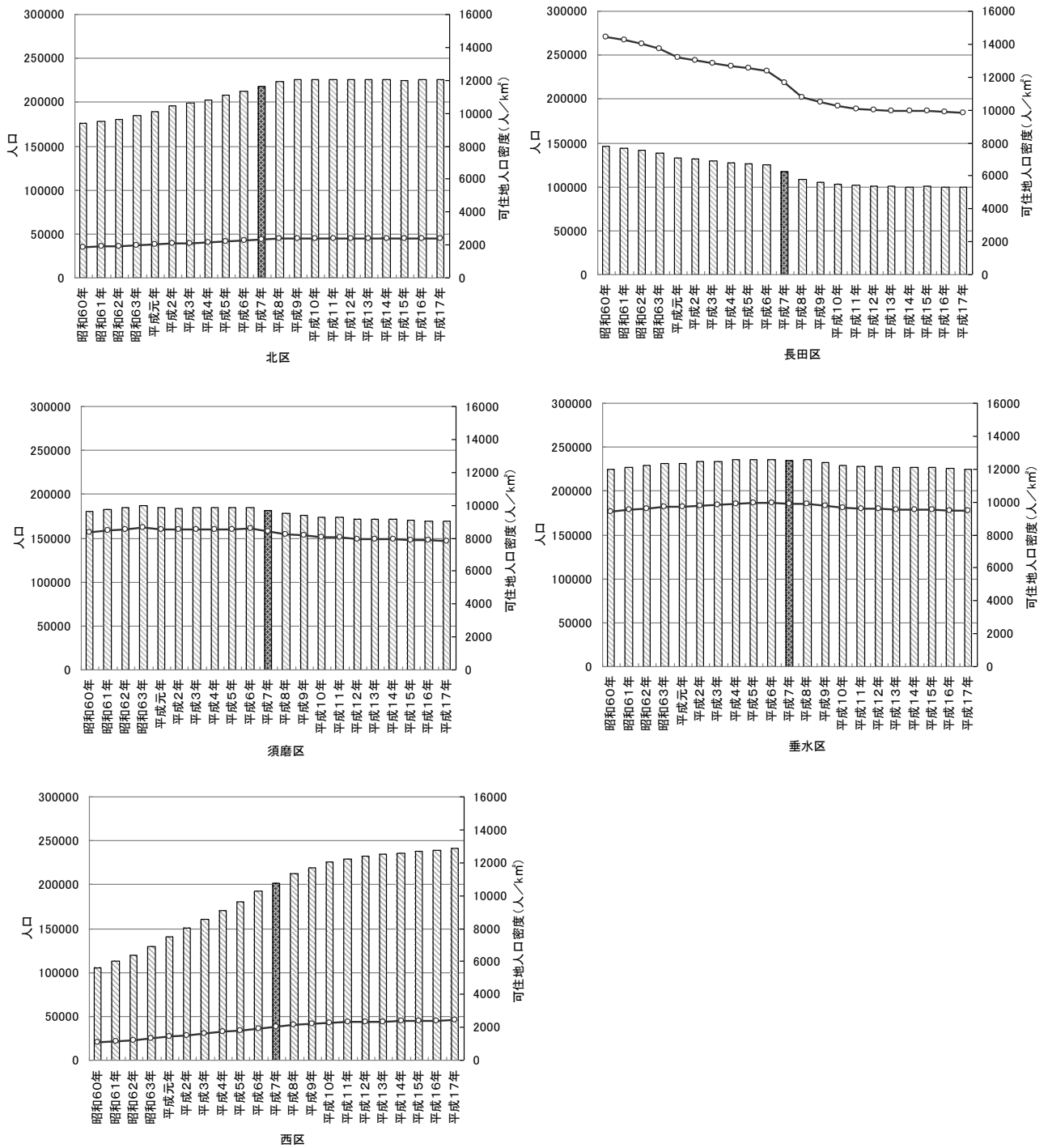


図 4-1 神戸市各区の人口と可住地面積あたりの人口密度の推移

図 4-1 において地震が発生した平成 7 年（濃色部分）以前の人口及び人口密度の推移（グラフの折れ線）を見ると、長田区、兵庫区の人口密度が特に高く、北区、西区の郊外の新興住宅地域と神戸市の業務中心地区である中央区の人口密度は比較的低い。ただし中央区に限れば夜間人口密度は低いが昼間人口（図 4-2）は高い。

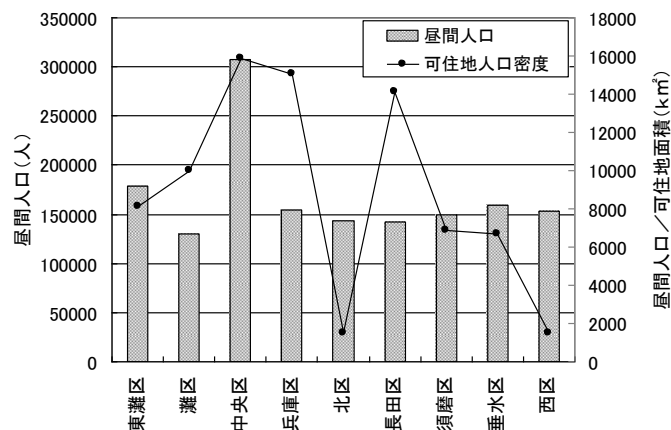
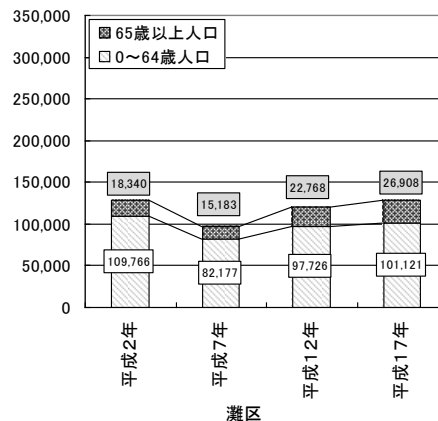
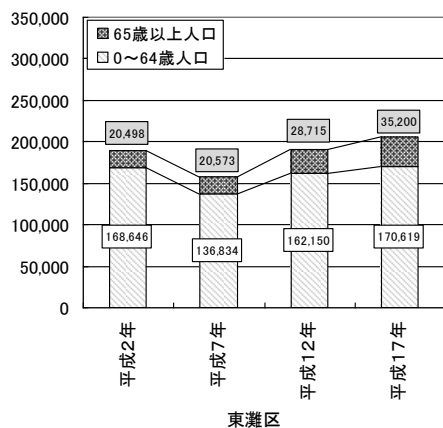


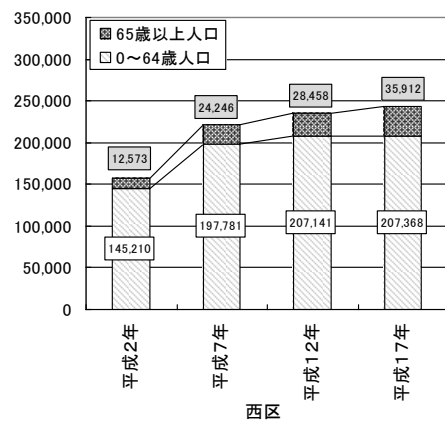
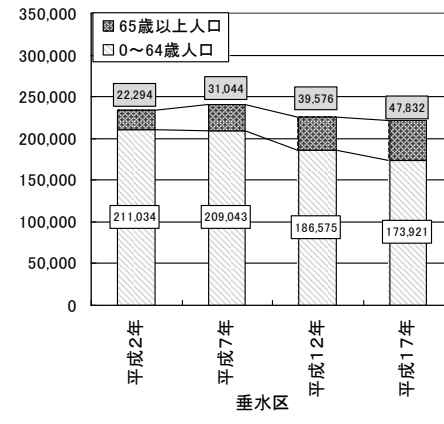
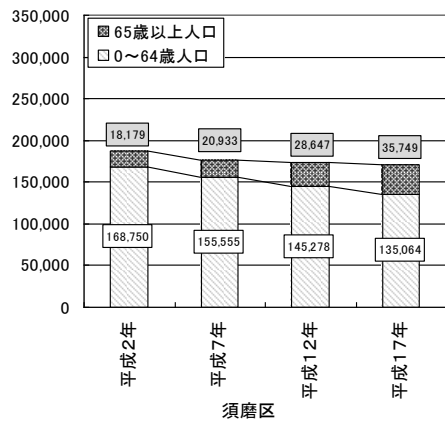
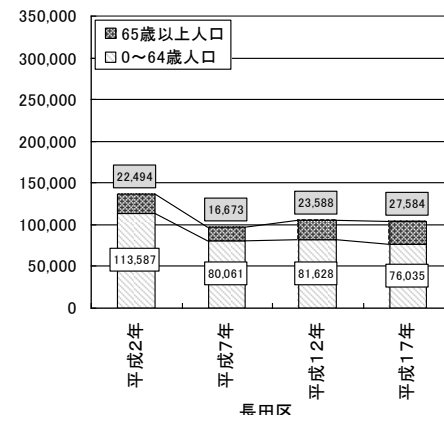
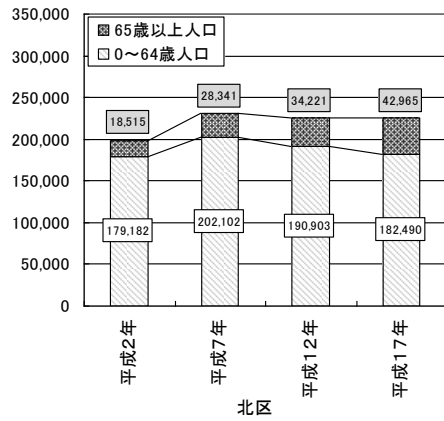
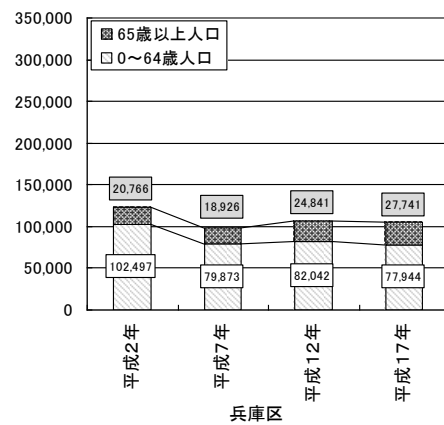
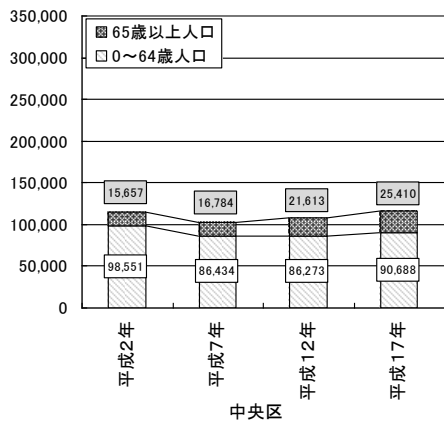
図 4-2 昼間人口と可住地面積あたりの昼間人口密度 (平成 2 年)

人口増加を比較すれば、地域別においては明確な差異がある。人口が大きく増加している北区、西区は近年大規模開発された神戸市郊外の新興住宅地域である。一方、人口減少が目立つ地域はいずれも神戸市における既成市街地域であり、特に兵庫区、長田区などの西部地区においては減少率が高い。

続いて図 4-1 において地震が発生した平成 7 年 (濃色部分) 以降の人口及び人口密度の推移を見る。被災した地域 (東灘区、灘区、中央区、兵庫区、長田区、須磨区) においては地震後減少している。特に建物倒壊や多くの犠牲者を出した東灘区、灘区、兵庫区、長田区においては地震直後、大きく減少している。逆に被害の小さかった郊外地域 (北区、西区) においては地震後も増加傾向にある。

次に図 4-3 に国勢調査より各区の地震前後の年齢階層別人口の推移を示し、これらをもとに地震後の人口増減について図 4-4 に、65 歳以上高齢者の人口増減について図 4-5 に示す。





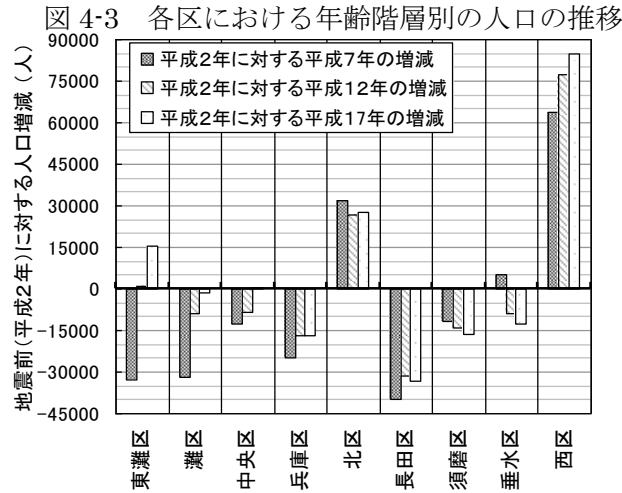


図 4-4 地震後の人口増減

図 4-4 は地震前の人口（平成 2 年）を基準として地震直後（平成 7 年）、復興後（平成 12・17 年）の各地域の人口増減を表したものである。

これを見ると地震直後に大きく人口が減少した地域のうち東灘区、灘区などの東部地区においては地震後比較的早期に地震前の人口に回復した地域と地震後 10 年が経った平成 17 年現在においても地震前の人口に回復しない兵庫区、長田区などの西部地区と、復興において地域間の格差が見られる。しかし図 4-1 の可住地人口密度の推移からもわかる通り、兵庫区、長田区の西部地域においては地震後、地震前の過密な状態が緩和され、地震前の東灘区、灘区と同程度の人口密度（1 k m²あたり 10000 人前後）に改善されたとも考えられる。

次に地震時、多くの犠牲を出した 65 歳以上の高齢者人口についての地域間の比較を行う。図 4-5 は図 4-4 同様に地震前後の 65 歳以上高齢者人口の増減を表したものである。

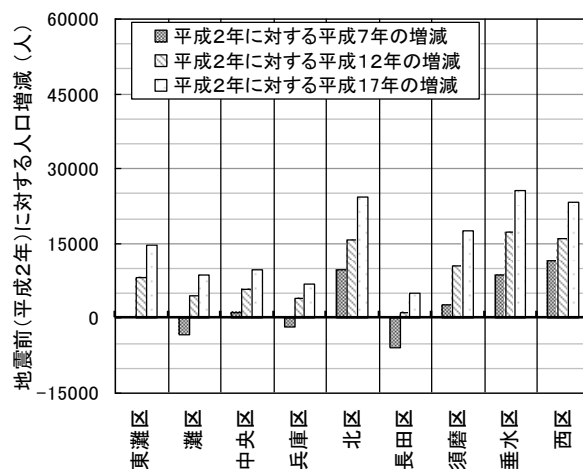


図 4-5 地震後の 65 歳以上人口増減

図 5-5 からは、図 4-4 以上に地震により被害を受けた地域とそうでない地域の差が明確に見られる。東灘区、灘区、中央区、兵庫区、長田区の地震被害の大きかった地域においては、地震直後では減少または微増であるのに対し、地震被害が少なく著しい人口流出がなかった北区、垂水区、西区においては高齢化社会の影響から年々増加している。

また被災した地域においても地域間で差が見られ、特に東灘区、長田区の差は明確で、地震時ほぼ同様の 65 歳以上の高齢者の犠牲を出したにもかかわらず東灘区ではわずかに増加しているが長田区では 5000 人近く減少している。これは各地域に居住していた高齢者世帯の経済力の差などが大きく関係していると考えられ、地震後早期に住宅を再建できた高齢者が多い地域と、郊外の仮設住宅などに転居を強いられた高齢者の多い地域の、地域間の格差が背景にある。これらは次に示す地震前（平成 5 年）の入居時期別世帯構成比（図 4-6）、収入階級別借家世帯構成比（図 4-7）からみてもわかる。

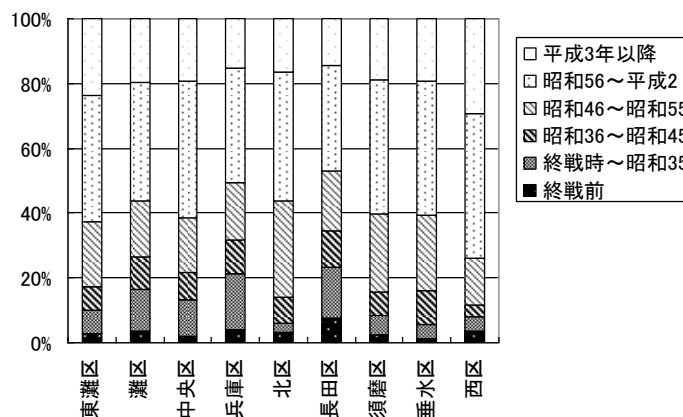


図 4-6 入居時期別世帯構成比 (平成 5 年)

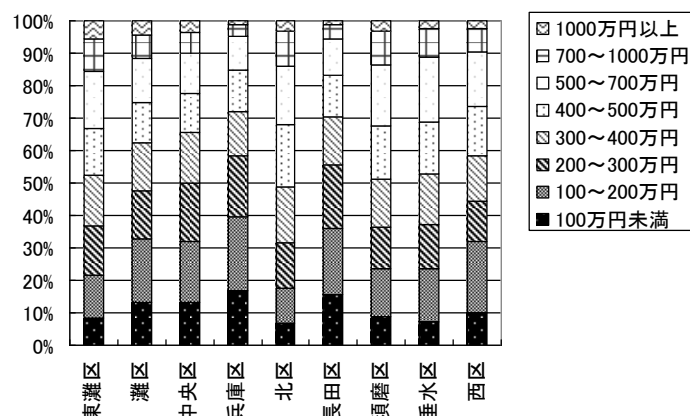


図 4-7 収入階級別借家世帯構成比 (平成 5 年)

4.2.2 建物

市街地を構成する建物（主に住宅）の神戸市各地域における地震前後の変化を示す。比較する要素を住宅型別構成比、建物の構造別構成比、建築の時期別構成比の地震前後の変化を示し、神戸市内の地域ごとの特徴についてあらわす。

まず神戸市各区における地震前後の住宅戸数の変化を図 4-8 に示す。

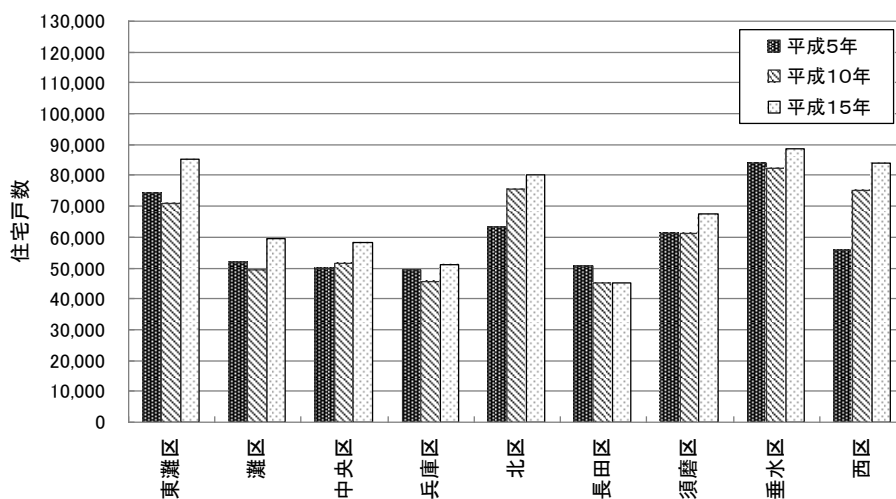


図 4-8 地震前後の住宅戸数の変化

地震後の住宅戸数の増減についても地震後の人口の増減（図 4-4）と同様のことがいえ、東灘区、灘区などにおいては地震後比較的早期に住宅が再建された一方、長田区においては地震後（平成 10 年）から住宅戸数は変化していない。

住宅型別

続いて住宅型別構成比の地震前後（平成 5・10・15 年）の変化について図 4-9 に示す。

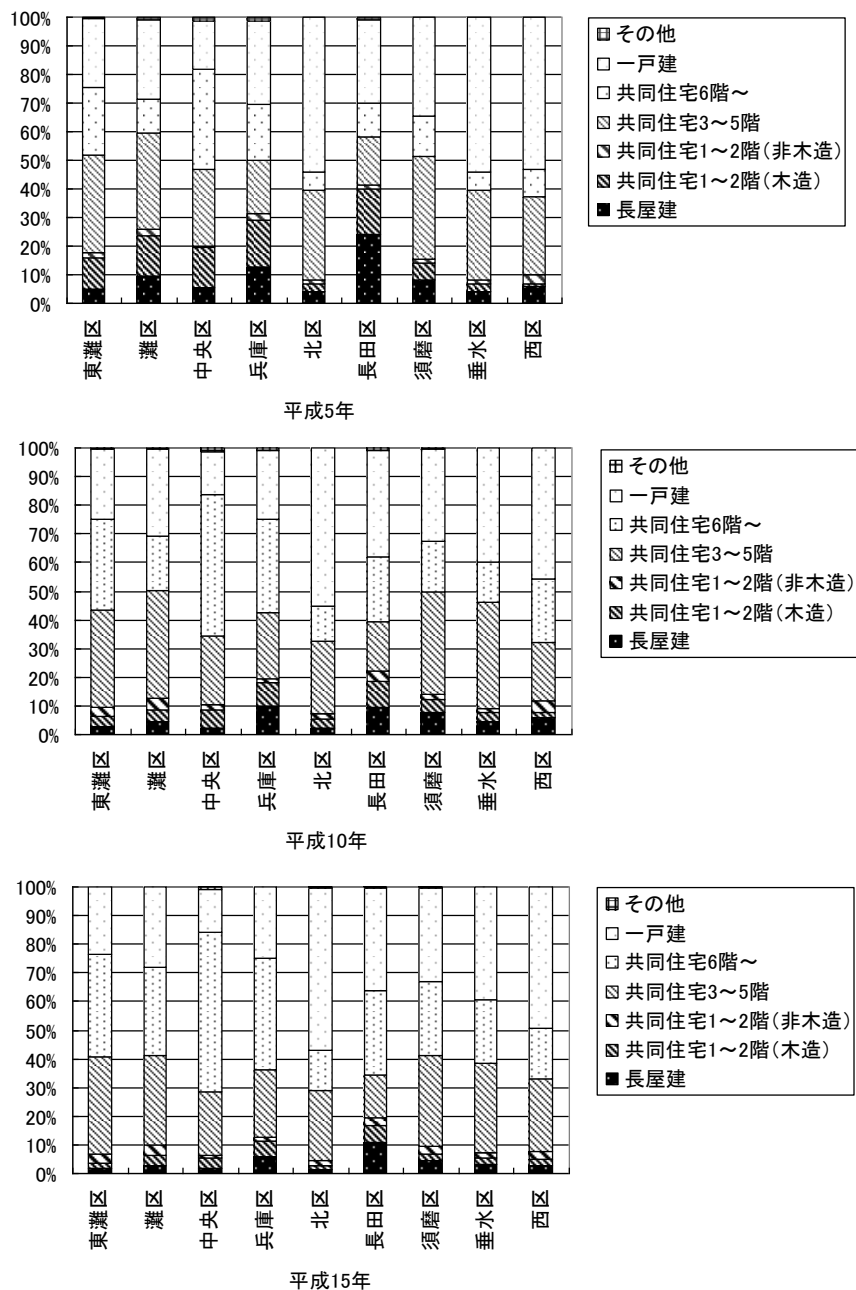


図 4-9 住宅型別構成比の地震前後の変化

地震前（平成 5 年）の長田区の長屋建と低層木造共同住宅の割合が非常に高く全住宅の約 40%を占めている。これらの文化住宅と呼ばれる共同住宅は建築時期も古く構造的にも現在の基準以下のものがほとんどで地震時にそれらの多くが倒壊したと考えられる。その結果、地震時、震度 7 地域のほとんどで、地震後（平成 10 年）の長屋建と低層木造共同住宅の割合は大きく減少している。

住宅構造別

次に住宅構造別構成比の地震前後（平成5・10・15年）の変化について図4-10に示す。

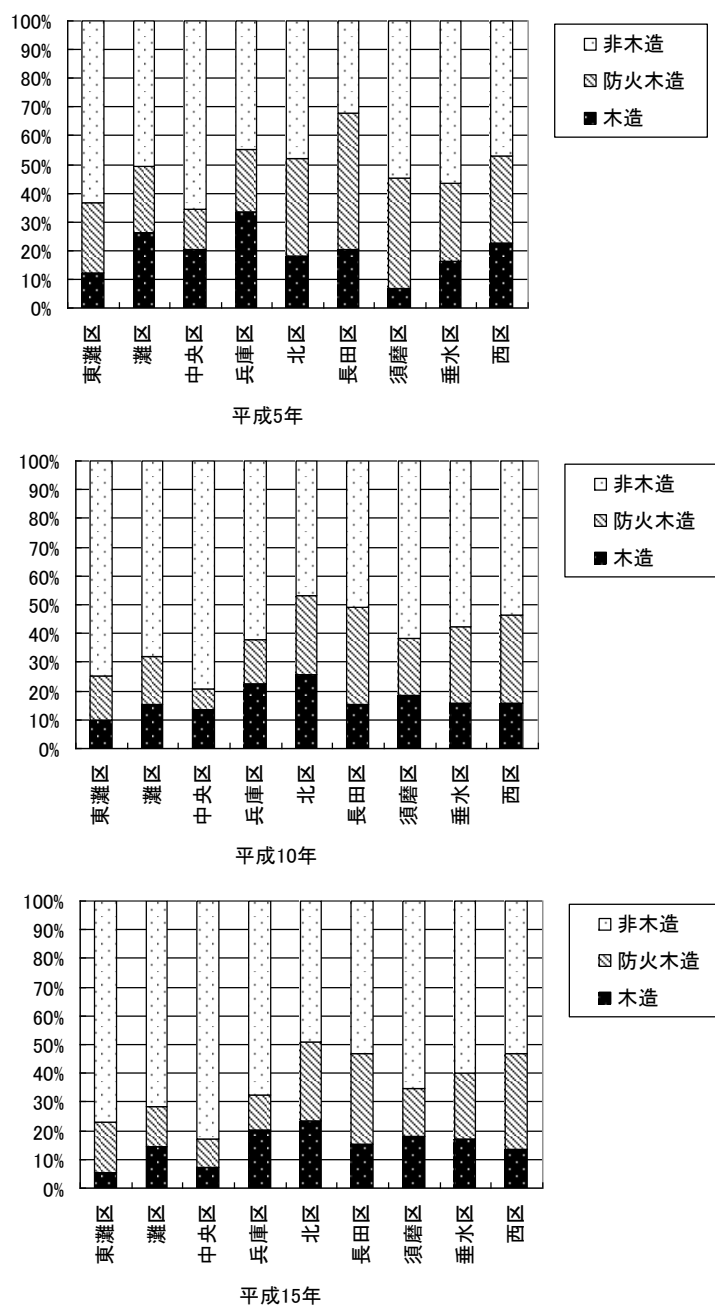


図4-10 住宅構造別構成比の地震前後の変化

地震前（平成5年）の住宅構造別構成比を見ると、木造、防火木造の割合は長田区で68%と非常に高く、続いて兵庫区55.2%、灘区49.5%となる。これは地震時と倒壊、または地震直後の火災による焼損棟数の多い地域と一致しており、地震後（平成10年）では長田区において約20%、その他の地域においても約10%前後減少している。

図 4-11 の神戸市の構造別家屋棟数の推移からもわかるように、地震後の復興において再建された住宅の多くは非木造であり、特に地震被害の大きかった地域では図 4-10 からも再建された住宅のほとんどは非木造であると推測される。

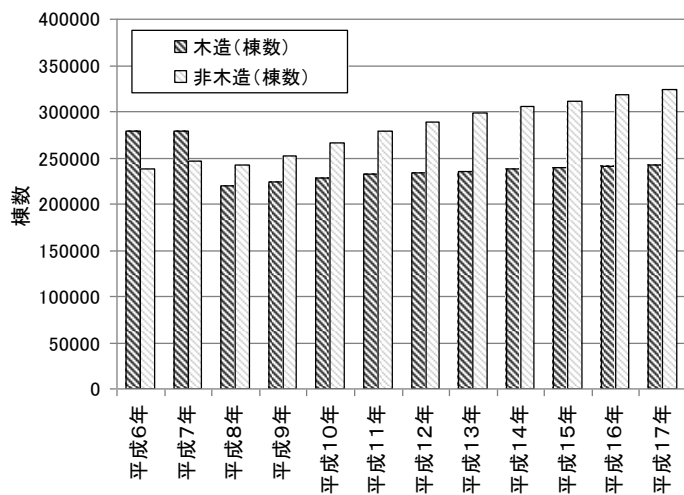


図 4-11 神戸市の構造別家屋棟数の推移

建築時期別

最後に住宅建築時期別構成比の地震前後（平成5・10・15年）の変化について図4-12に示す。

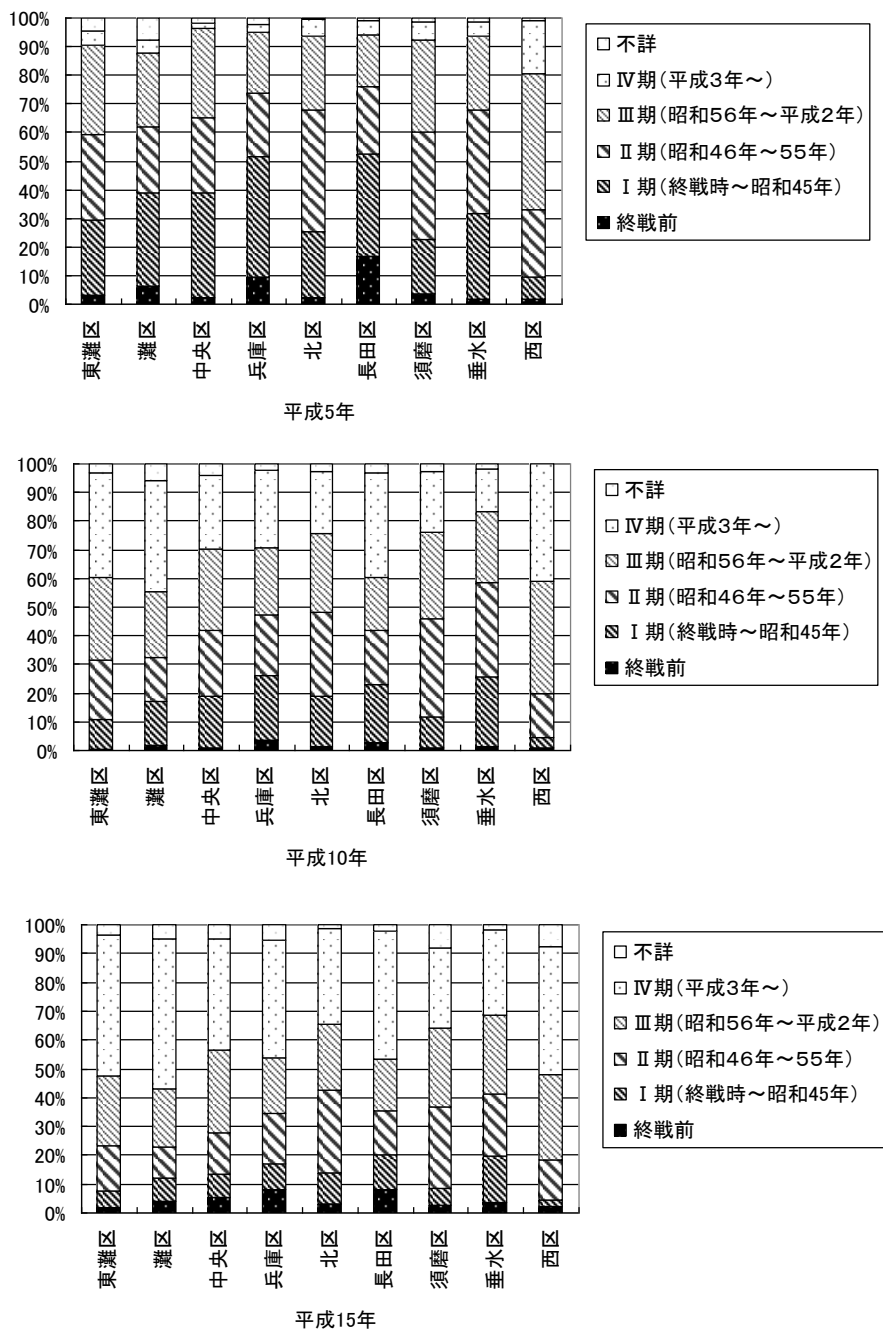


図4-12 住宅建築時期別構成比

地震前において、長田区の終戦前建物の割合は高く16.8%、続いて兵庫区の9.5%となるがI期までの建物を含めると長田区、兵庫区が最も高く、共に53%となり両地区の建物の半数以上が昭和45年以前の建物であったことがわかる。

4.2.3 都市環境

都市環境として、地震時の延焼火災と密接に関連する要素としての住棟間隔、都市近隣公園などの空地の量、また出火件数と密接に関連する要素として少量危険物施設数、また地震時の火災に際して有効な消火設備である防火水槽の整備状況、平常時の火災に対して有効な消火設備である消火栓数など、これらを住環境として各地域別に比較し、それぞれの地域の特徴を述べる。

接道条件

まず、住棟間隔を表す指標として、敷地に接している道路の幅員別構成比の地震前後の変化について図 4-13 に示す。

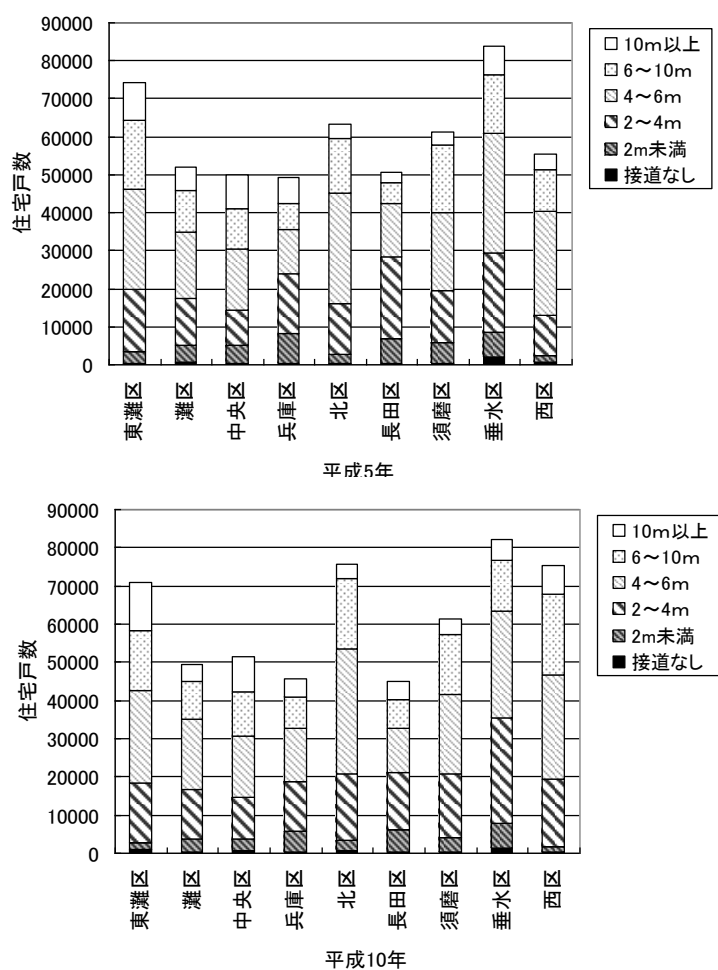


図 4-13 敷地に接している道路の幅員別構成比の地震前後の変化

地震前（平成 5 年）において、4m未満道路に面する敷地の割合では長田区、兵庫区がともに高い。この両地区は神戸市内においても特に住宅の密集している地区といえよう。一方新興住宅地の広がる北区、西区においてはこれらの割合は低く、延焼火災という点にお

いては安全な地域であったといえる。

地震後（平成10年）においては地震被害の大きかった地域のうち長田区、兵庫区の地震前、4m未満道路に面する敷地の割合が高かった地域において減少しており、区画整理などの都市計画の効果が見られる。

都市公園

次に都市近隣公園の地震時と地震後の整備状況について図4-14に示す。ここでいう都市近隣公園とは街区公園、近隣公園、地区公園の合計である。各区の公園の合計面積を示し、一人あたりの公園面積をそれぞれ比較する。都市公園については市街地の大規模火災などにおいては焼け止まりとなる点や災害時の避難場所としても利用されるため地域の安全性を示す指標の1つと考えられる。

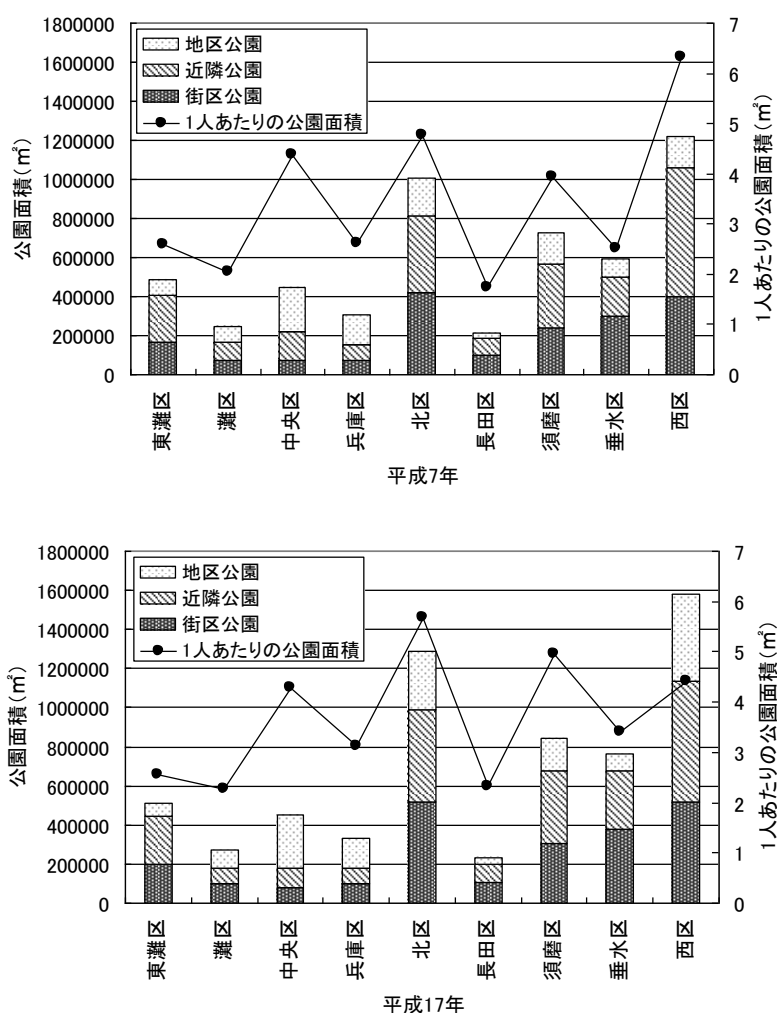


図 4-14 都市近隣公園の整備状況

地震時（平成 7 年）において長田区をはじめ既存市街地域における一人あたりの都市近隣公園面積が低いことがわかる。例外的に中央区の値が高いがこれは中央区の夜間人口の低さが要因であり昼間人口は夜間人口の 2 倍以上なのを換算すると実質的にはさらに低い値となる。

地震後の整備状況を見ると北区、西区の郊外の新興住宅地域においては人口増加に伴い都市公園が整備された一方で地震被害の大きかった既存市街地域においては地震前とほとんど変化がない。

少量危険物施設

出火密度は危険物施設数などの増加につれ大きくなると一般的に考えられている点から危険物施設の地域ごとの特徴について述べる。

市街地に少量危険物施設（おもに町工場など）が点在する場合、住宅地に隣接して立地していた場合などは延焼火災などが発生した場合被害が拡大することが考えられる。そこで各地域における可住地面積あたりの少量危険物施設数の地震前後の変化について図 4-15 に示す。

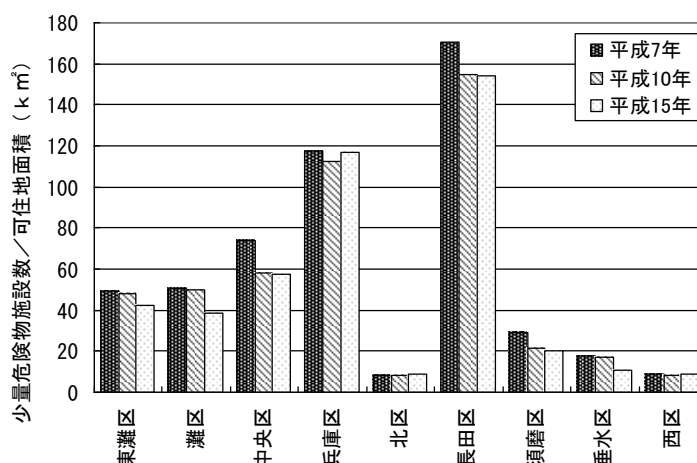


図 4-15 少量危険物施設数の地震前後の変化

市街地に多くのケミカル工場などが点在する長田区の少量危険物施設数が地震前・後とも多い。地震後、減少しているが他の地域と比較しても非常に多い。

これまで述べてきた住環境についてであるが、いずれの指標においても須磨区の値が比較的安全な市街地特性と類似した結果となっているが、須磨区は区域北部と南部においてその地域特性が異なっており南部地域においては兵庫区、長田区と同様の市街地が広がっていることから推測し、区域南部においては隣接する長田区や兵庫区と同様の特性を持つと考えられる。

3.2.3 防災に関する地域環境特性の比較^{注1)}

防災に関する地域特性について本研究で取り上げる項目は消防水利では防火水槽（耐震性防火水槽含む）、その他の水利（プール、池など）の整備状況と消火栓（公設・私設）の設置状況である。防火水槽に関しては地震時断水した際非常に有効な防火施設となることが先の震災においても実証されているので、それらの防火水槽の地域別設置状況の比較をすることで地域の防災環境の観点からの安全性を示す。続いて消火栓については平年の火災時において非常に有効な防火施設であることはすでに述べられている通り⁵⁾である。

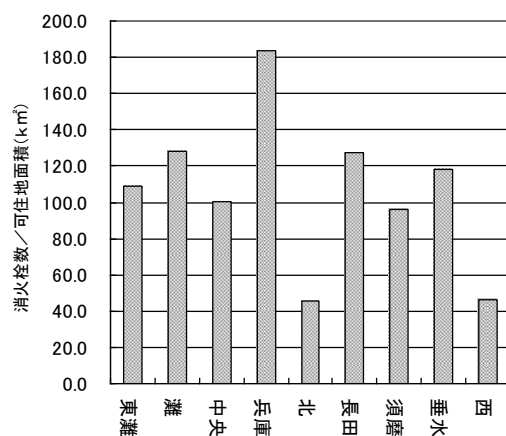


図 3-11 可住地面積あたりの消火栓数

可住地面積あたりの消火栓数⁶⁾（図 3-10）を示す、兵庫、灘など低層木造建物密集地、いわゆる防災上危険とされる地域においては消火栓の設置密度は非常に高い。

また可住地面積あたりの防火水槽の設置密度⁶⁾（図 3-12）を見ると消火栓と同様に長田、兵庫、灘の設置密度は高い。一方で防火水槽の耐震化という観点から各地域の防火水槽の耐震化率⁶⁾（図 3-13）を見ると長田、兵庫、灘、中央の既成市街地域において低いことがわかる。

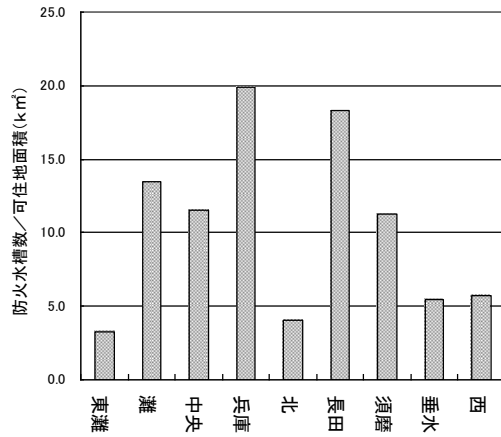


図 3-12 可住地面積あたりの防火水槽の設置密度

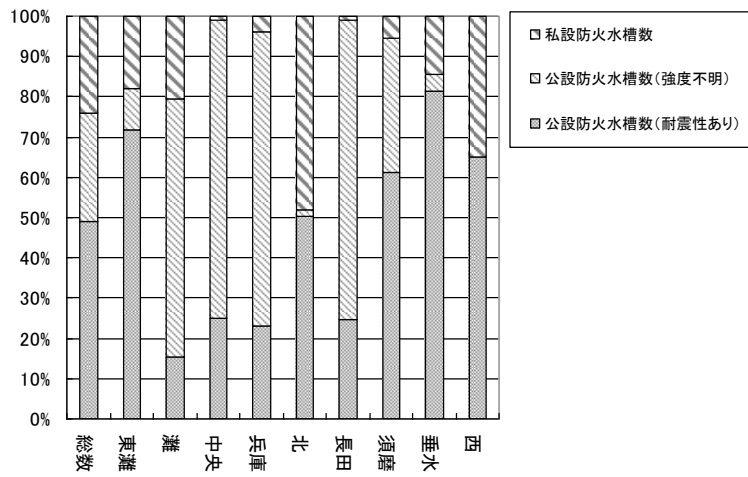


図 3-13 防火水槽の耐震化率

3.2.4 地震前地域環境特性についてのまとめ

神戸市の地域環境特性と神戸市消防局の資料^{*)}などを参考に防災上の安全性という観点から神戸市各区の概要と特性についてまとめる。

a) 東灘区

神戸市の既存市街区域の中では非木造で建築時期の新しい建物が多く、敷地の接道条件などからも比較的良好で安全な市街地を形成している。公設防火水槽の耐震化率の高さや都市公園の整備状況からも都市インフラの整備状況もよい。防災環境の観点から良好な地域である。

b) 灘区

神戸市の中心業務地域に隣接した地域。北部は東灘区と類似した住宅街を形成する一方南部は製鉄所を中心とした大規模な工業地帯を形成している。接道条件、都市近隣公園の数などから比較すると東灘区に対して消火活動が困難な地域であることが考えられる。防火水槽の耐震化率から見ても低い水準である。

c) 中央区

神戸市の中心業務地域。昼夜間人口比率が269.2%と非常に高いことから住宅地の少ない地域である。経済活動が盛んな地区であるため建物の高層化、非木造化が市内で最も進んだ地区であるが、その反面、高層化が進んでいるにもかかわらず接道条件、可住地面積あたりの消火栓数が灘区、東灘区の低層地域と同等であり、また防火水槽の耐震化率も低い水準である。一人あたりの都市近隣公園の面積は高いが、これは夜間人口の低さ、湾岸部に造成された人工島の広大な公園の影響などが考えられ中心部における一人あたりの都市近隣公園の面積は低い。以上から防災環境という観点からの評価は低い地区である。

d) 兵庫区

中央区に次ぐ業務地域。北部が住宅地、中部が商業地、南部が大規模工業地という区域を形成している。中央区と比較して夜間人口密度、昼間人口密度共に高く、そのことに比例して棟数密度も非常に高く、接道条件の悪さや一人あたりの都市近隣公園の面積が低い。単位可住地面積あたりの消火栓数や防火水槽の数は高いが防火水槽の耐震化率が低いなど防災施設の不備が目立つ。市街地を形成する建物についても建築時期の古い木造住宅が多く可住地面積あたりの少量危険物施設の数も多い。防災環境という観点からの評価は低い地区である。また65歳以上の単身世帯数の割合が市内で最も高く、比例して低所得者層の割合も高い。区外への人口流出、高齢化と相まって産業の空洞化等の問題を抱える地域である。

e) 北区

神戸市の区のうち最も広い面積を有する。区域の大部分を林野が占めているが近年大規模な新興住宅地が形成されたこともあり人口は垂水区に次いで多い。可住地人口密度は低く建物棟数密度も低い。接道条件、一人あたりの都市近隣公園の面積も高く概ね良好な住環境を形成している。少量危険物施設の数少な防火水槽の耐震化率から防災環境とい

う観点からも評価される。

d) 長田区

戦前からの市街化地域の一つ。可住地人口密度は市内で最も高く、65歳以上の単身世帯数の割合も高い。戦災を免れた地域も多く文化住宅に代表される終戦前木造住宅の数も市内で最も高い。併せて接道条件も市内で最も悪い。一人あたりの都市近隣公園の面積も低い。防災環境という観点からも消火栓、防火水槽の数は多いが耐震化がなされていないなど施設の整備状況では評価されない。加えてケミカル産業や機械産業などの中小工場が区域南部を中心に混在し、少量危険物施設の数の多さも目立つ。総じて神戸市のすべての地区のうち最も防災上の危険性の高い地域である。

e) 須磨区

南部には戦前からの市街化区域が広がる一方、北部は近年開発された新興住宅地が広がる。このため南部と北部では全く異なる特性を持つ区域である。南部は上記、長田区と類似した特性をもち防災上の観点から危険性の高い地域である。北部については北区、西区の新興住宅地と同様住環境、防災上の安全性ともに評価される地域である。

f) 垂水区

神戸市西部の山の手の住宅街。人口は市内で最も多いが、可住地人口密度、棟数密度も比較的低く戦後開発された住宅地であるため建物の建築時期も新しい。可住地面積あたりの消火栓の数、防火水槽の耐震化率も高く住環境、防災上の安全性ともに評価される地域である。

g) 西区

北区や須磨区北部同様の地域特性を持つ地域である。近年の住宅開発などにより市内で最も人口増加率の高い地域であるが、市域の4分の1を占める面積と十分に整備された都市インフラなどで住環境、防災上の安全性ともに評価される地域である。

第5章 神戸市における地震前後の平常時火災被害変化

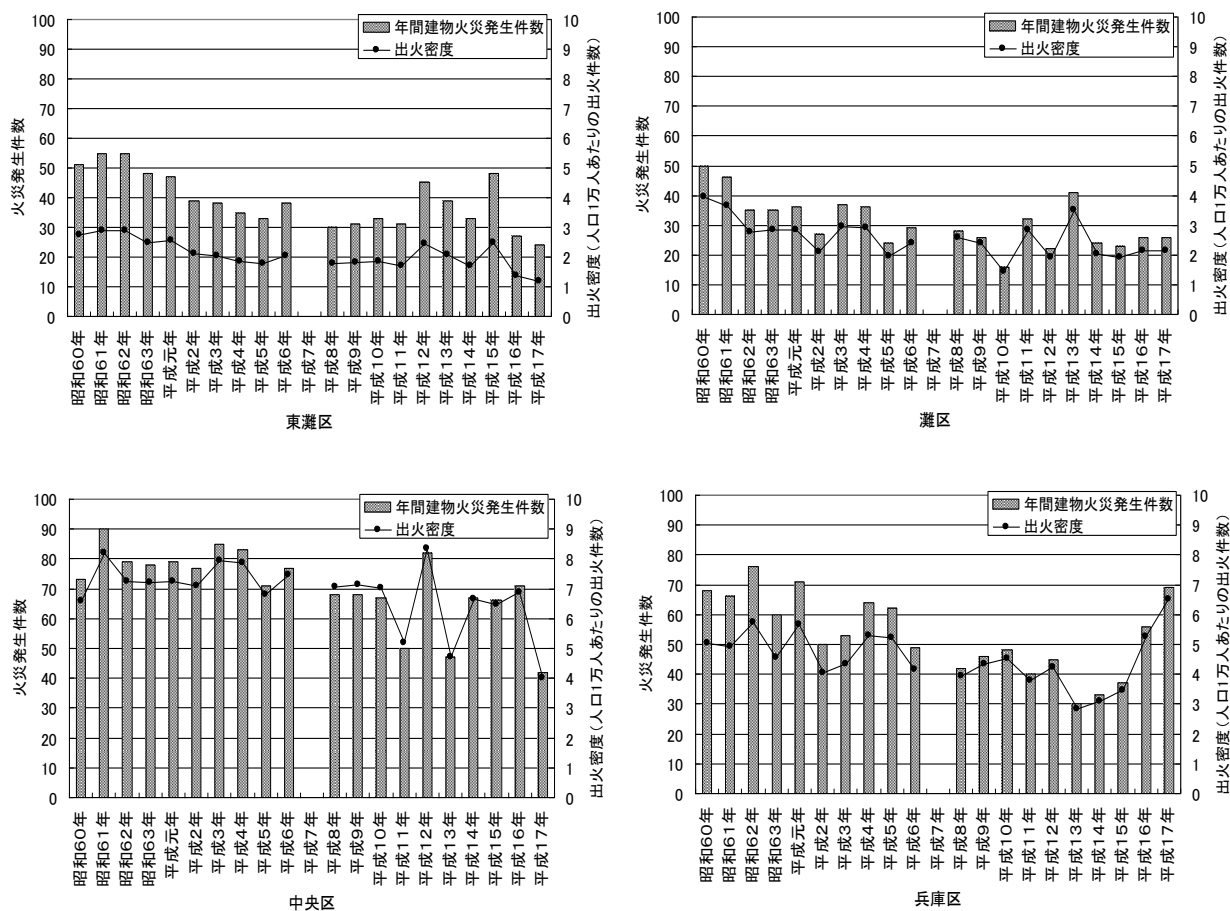
5.1 調査の方法

神戸市の各地域における地震前後の火災被害の変化を示す。火災被害として、年間建物火災発生件数・出火密度、年間建物焼損面積、火災による年間死傷者数として、それぞれ地震前後、各10年間（地震前：昭和60年～平成6年、地震後：平成8年～平成17年）の推移を各区分別にそれぞれ示す。統計資料として神戸市消防局の「神戸消防の動き・神戸市消防局統計書」の昭和60年～平成17年版を用いた。

5.2 地震前後における神戸市各地域の平常時火災被害変化

5.2.1 火災発生件数・出火密度

まず、神戸市各地域の地震前後の火災発生件数と出火密度（人口1万人あたりの出火件数）の推移を図5-1に示す。



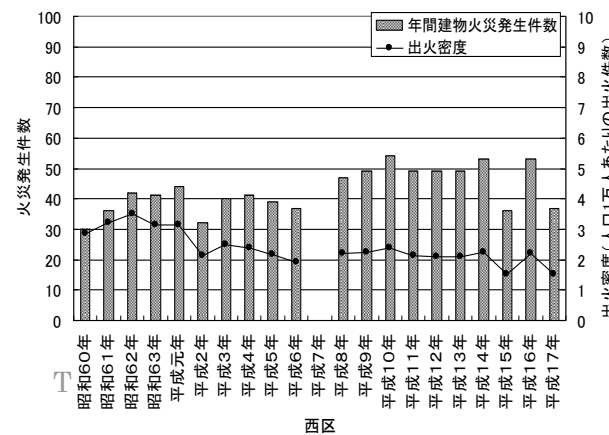
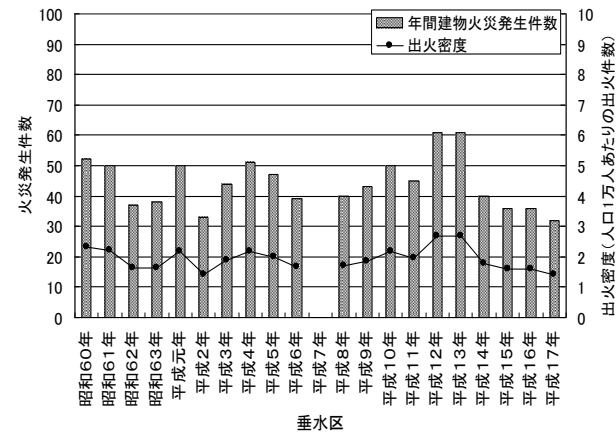
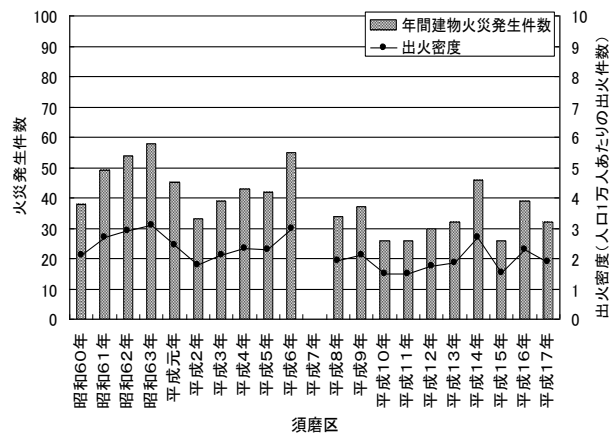
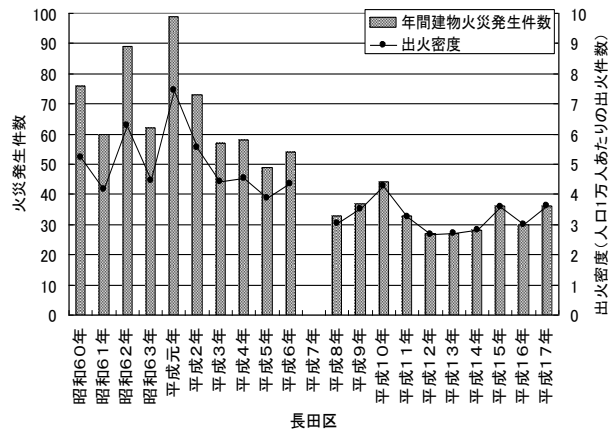
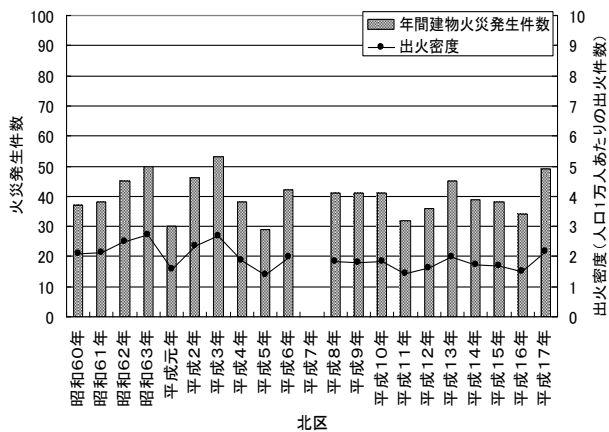
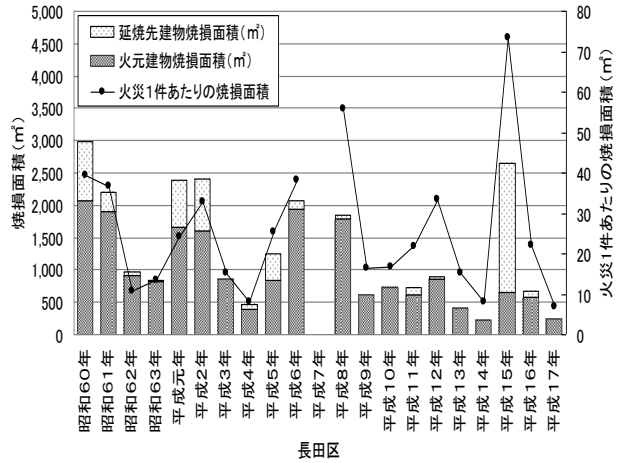
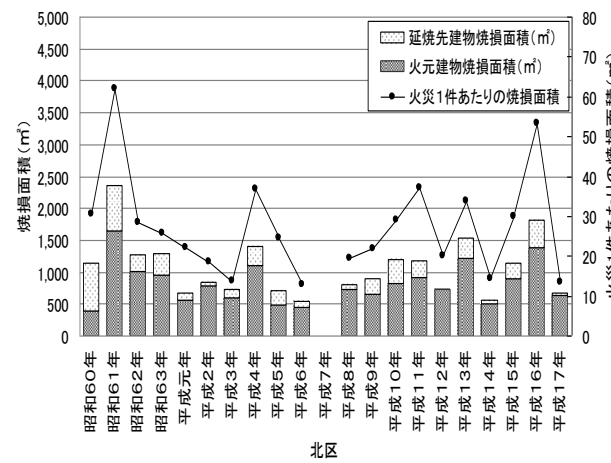
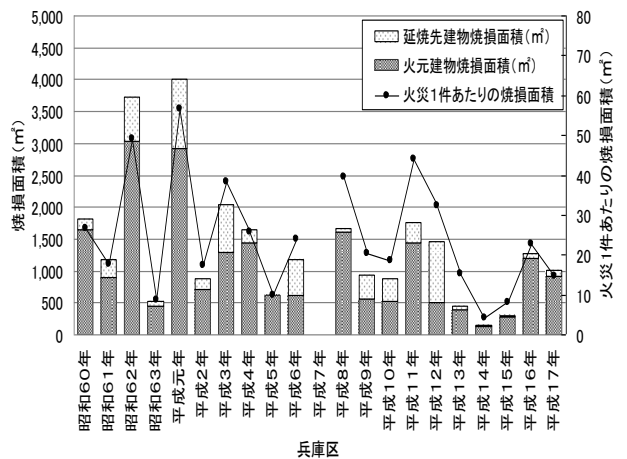
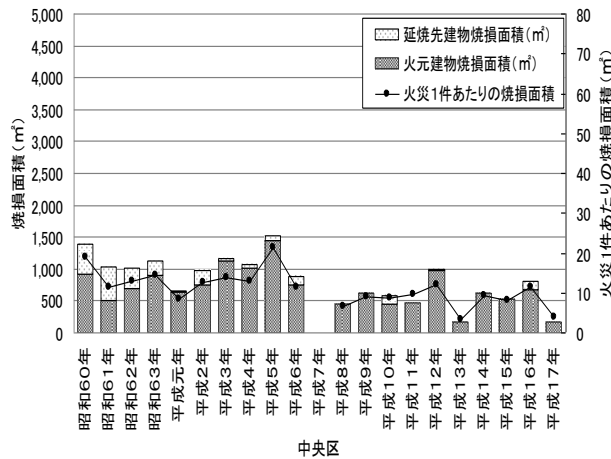
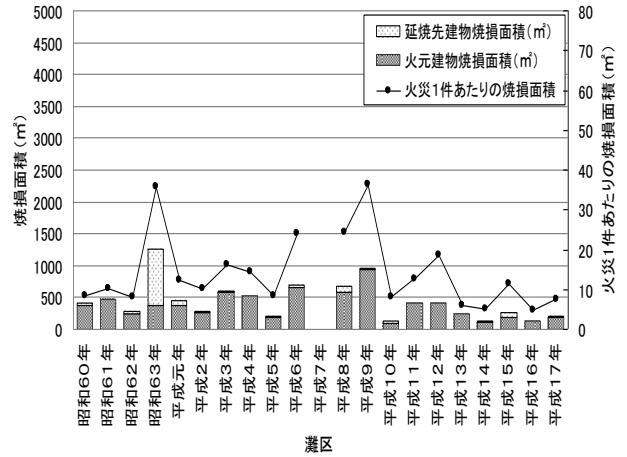
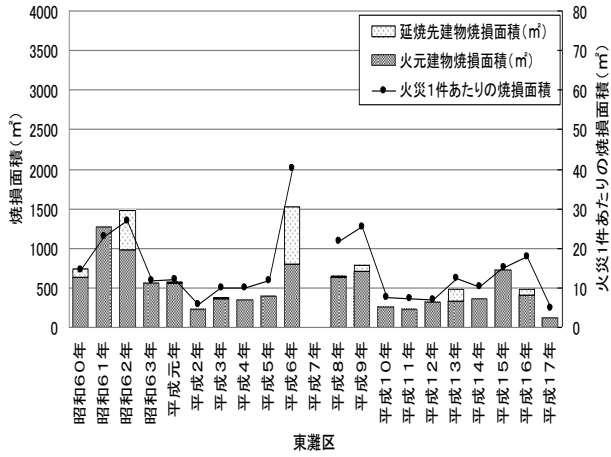


図 5-1 火災発生件数と出火密度の推移

地震被害の大きかった地域においては、火災発生件数、出火密度ともに減少傾向であるといえる。特に地震後の火災による被害をうけた長田区においては地震前後で大きく減少しているのがわかる。一方、地震被害の小さかった地域、特に西区では地震後火災件数は増加傾向である。しかし、人口増加も大きいので出火密度は減少傾向にある。

5.2.2 焼損面積

次に火災による延焼について示すデータとして、神戸市各地域における年間建物焼損面積の推移を図5-2に示す。



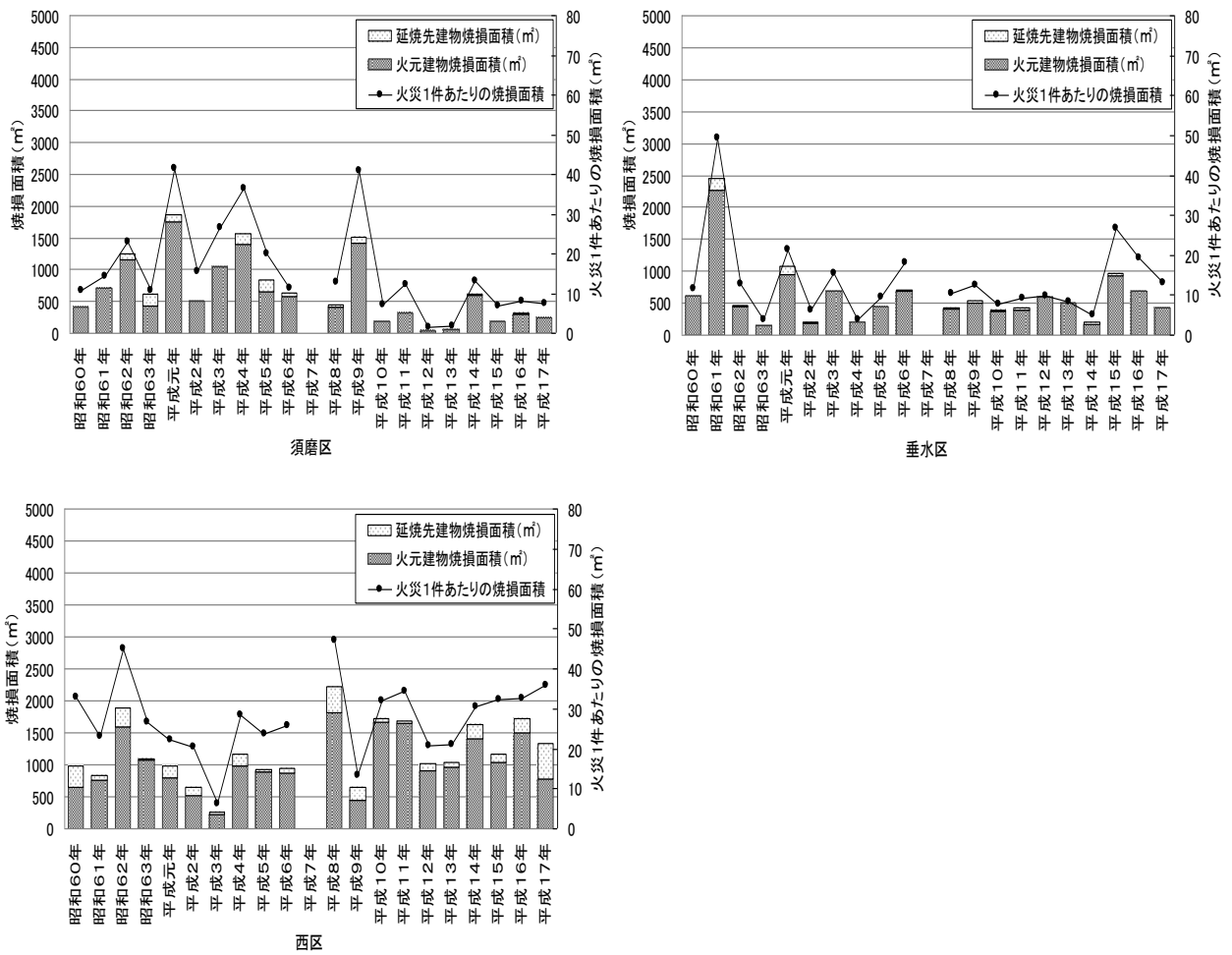
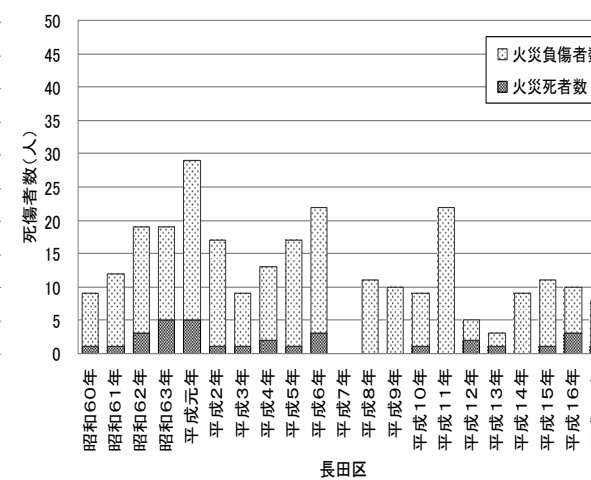
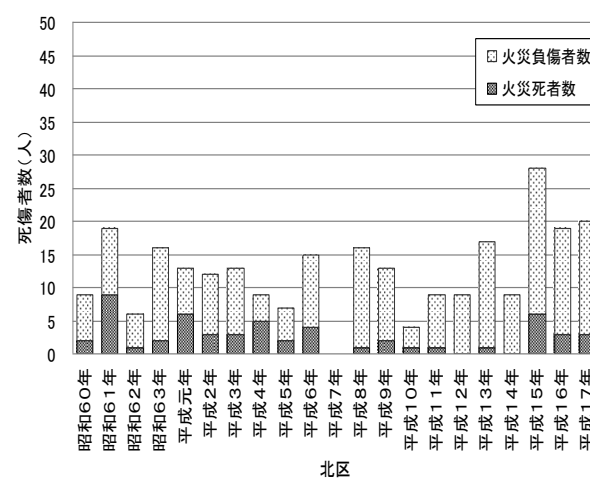
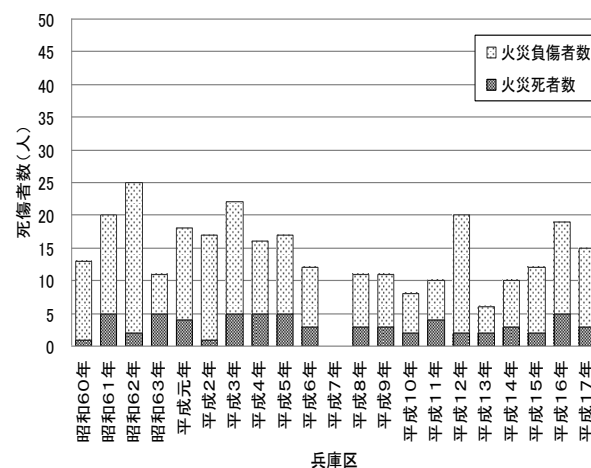
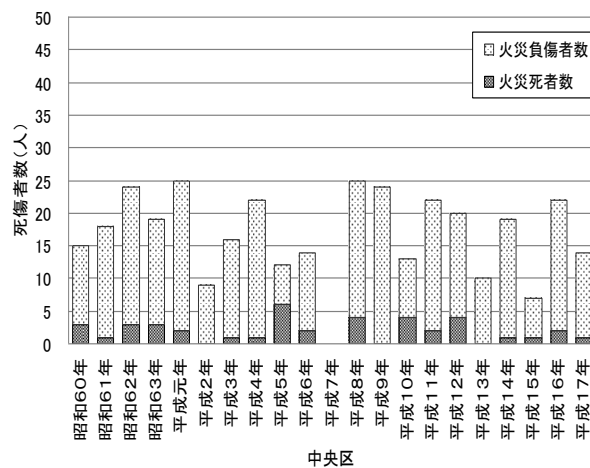
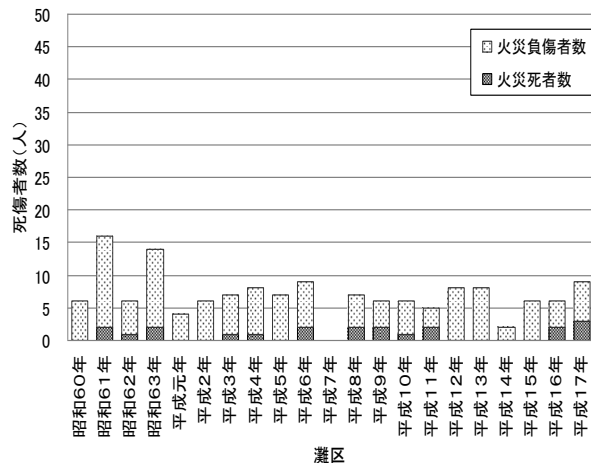
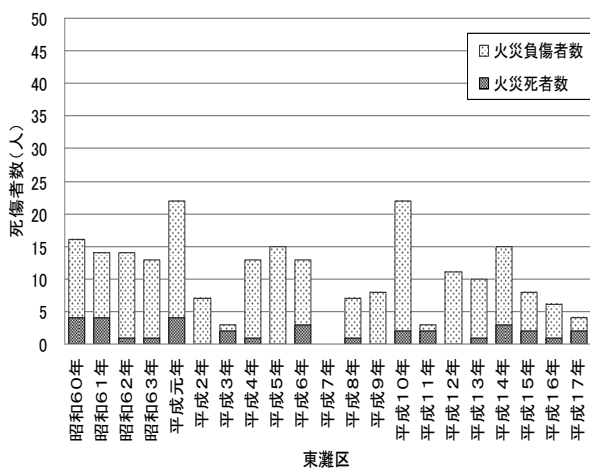


図 5-2 年間建物焼損面積の推移

火災発生件数と同様に地震被害の大きかった地域において減少傾向、地震被害の少なかった郊外地域で火災発生件数が増加傾向であった地域においては年間建物焼損面積も増加または横ばいの傾向にあるといえる。しかし火災発生件数ほど地震前後において顕著な違いは見られない。

5.2.3 死傷者数

火災による死傷者数について図 5-3 に示す。なお火災による死傷者数は、火災全体のもの
である。



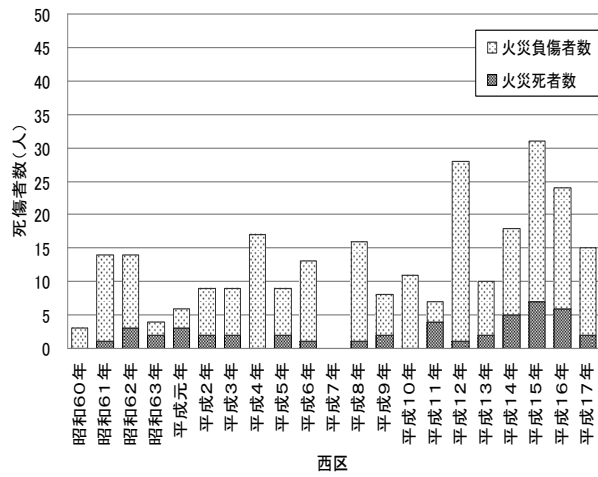
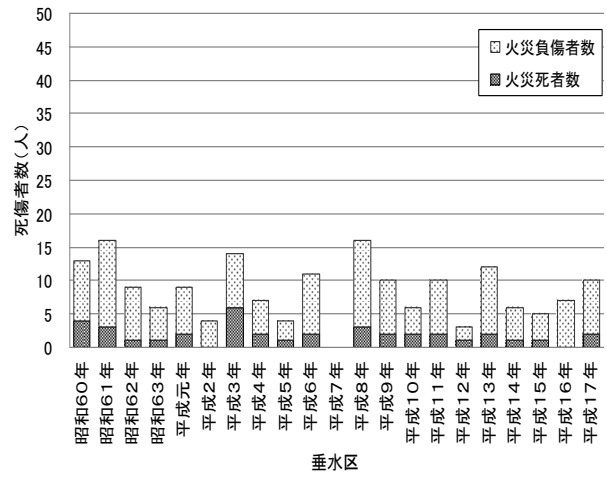
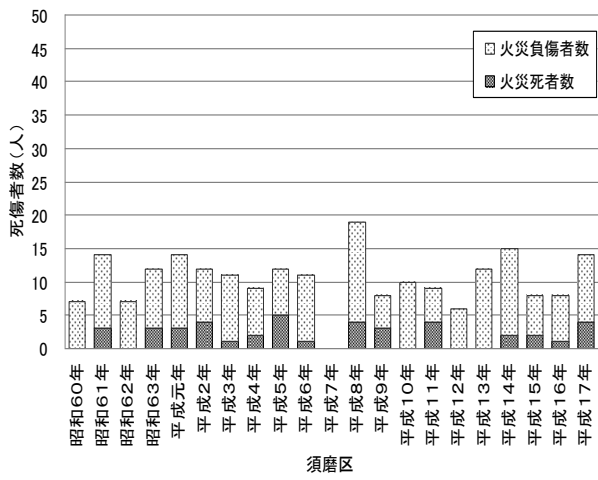


図 5-3 火災による死傷者数

火災発生件数と同様に、地震前火災による死傷者の多かった地域、兵庫区・長田区においては地震後減少傾向にある一方、地震後、人口増加の大きい地域、北区・西区においては増加傾向である。

5.3 考察

地震前の各地域の火災被害の特徴として、地震直後に発生した火災による被害の大きかった地域、兵庫区・長田区においては、発生件数、建物焼損面積、火災による死傷者数のいずれにおいても他の地域と比較して高い水準にある。これらの火災安全性の低かった地域では、地震後においては発生件数、建物焼損面積が大きく減少しており、市街地の火災安全性は高まったと評価できる。

一方、地震後、既成市街地からの人口流入などで大きく人口が増加した郊外地域である西区では火災発生件数の増加に伴って、建物焼損面積、火災による死傷者数ともに増加傾向である。

火災被害について地域ごとの特徴について、中央区では地震前後を通して火災発生件数は高い水準にあるが、建物焼損面積については他の地区と比較しても低い。これは中央区が神戸市の業務地域であり、商業建物からの火災が多いと考えられ、それらの多くはスプリンクラーや自動火災報知設備などの防火設備が設置されていること、また建物の非木造化が進んでいる結果だと推測される。

第6章 地震前後の地域特性変化と平常時火災被害変化の関係

6.1 分析の方法

本章では第4章で示した神戸市各地域における地震前後の地域特性変化と第5章で示した地震前後の平常時火災被害変化との関連について述べる。

分析の方法として各地域の地震前後の火災被害の増減率と地域特性の変化との相関を示した後、それぞれの地震前後における値を実数でプロットし、それらの関係をみることで地震前後の火災被害の変化と地域特性の変化についての関連性を明らかにする。

6.2 地震前後の地域特性変化と平常時火災被害変化の関係

6-2-1 火災発生件数—人口

地震前後の各区の火災発生件数と人口の関係について調べる。まず地震前後各区の火災発生件数増減率と人口増減率の相関を図6-1に示す。

ただし図のうち赤色の点は地震時被害の大きかった地域のうち既成市街地の西部の地域、青色の点は東部の地域、緑色は地震被害の少なかった郊外の地域を示すものとし、以下の図では同様に表現する。

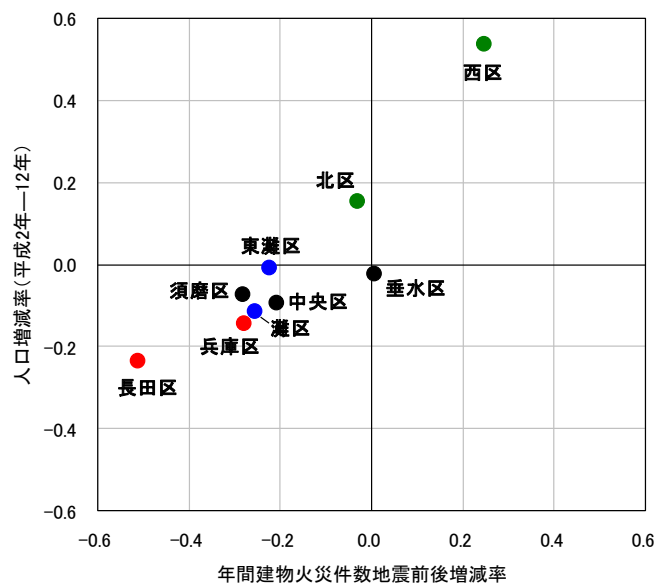


図6-1 地震前後の火災発生件数増減率と人口増減率の相関

図6-1は横軸に年間建物火災発生件数の地震前後各10年間(地震前:昭和60年~平成6年、地震後:平成8年~平成17年)の増減率をとったもの、縦軸に平成2年—平成12年の人口の増減率をとったものである。これらは非常に高い相関(相関係数=0.91)が見られる。すなわち、人口増加率が高い地域ほど火災発生件数の増加率も高い。

今度は増減率ではなく、人口、火災件数とそれぞれ実数を挙げ両者の関連を調べる。図 6-2 は横軸に年間建物火災発生件数の地震前後各 10 年間の平均をとったもの、縦軸に地震前（平成 2 年）、地震後（平成 12 年）の人口をとったものである。

ただし、地域ごとの点の色分けについては図 6-1 と同様とし、塗りつぶした点は地震前を、白抜きした点は地震後を示す。

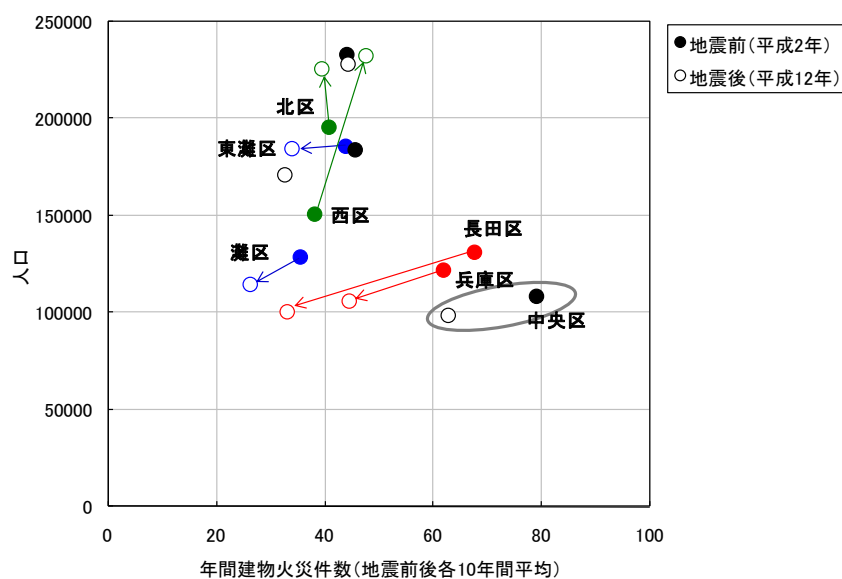


図 6-2 建物火災発生件数と人口の関係

図の矢印で示した通り、人口が大きく増加した地域では火災件数も増加傾向、逆に人口が減少した地域では火災件数も減少傾向が見られる。

しかし増減率で相関を調べた場合と異なり、地震前後それぞれにおいて、高い相関は見られない。これは神戸市の各地域における火災発生件数と人口が汎用性のある一つの基準により一元的に決定されるものではなく、それぞれの地域が持つ異なる地域特性を背景に多元的に決定されていると考えられる。

ただし人口－火災発生件数では、第 4 章で述べた通り、中央区では、業務地域であることから昼間人口と夜間人口の差が大きいこと、またそれらより、第 5 章で述べた火災発生件数においても特殊であることを考慮して、除外して考えると地震後において相関が見られる。考えられる要因として、地震前において、兵庫区、長田区の火災発生件数を決定していた地域特性のうち一つまたは複数が地震により変化し、神戸市の他の地域と同様の地域特性に近づいたことが考えられる。

6-2-2 火災発生件数—高齢者（65歳以上）人口

同様に地震前後の各区の火災発生件数と高齢者人口の関係について調べる。まず地震前後の火災発生件数の増減率と各区の高齢者人口増減率の相関を図 6-3 に示す。

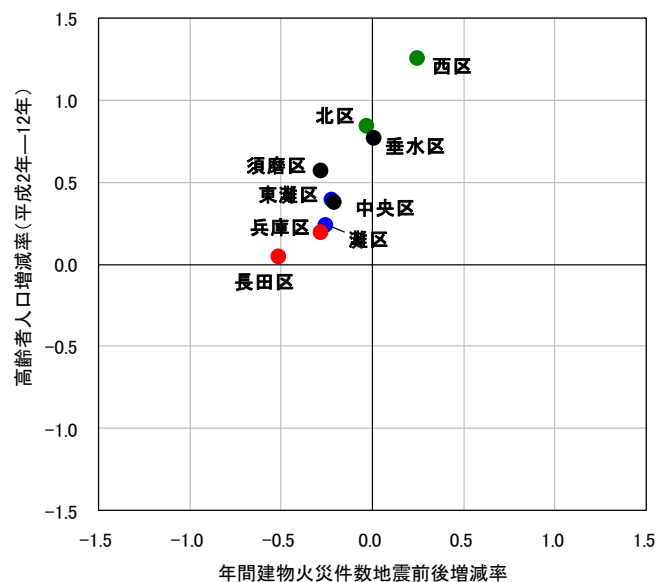


図 6-3 地震前後の火災発生件数増減率と高齢者人口増減率の相関

図 6-3 は横軸に年間建物火災発生件数の地震前後各 10 年間（地震前：昭和 60 年～平成 6 年、地震後：平成 8 年～平成 17 年）の増減率をとったもの、縦軸に平成 2 年—平成 12 年の高齢者（65 歳以上）人口の増減率をとったものである。人口の場合と同じく、高い相関（相関係数=0.95）が見られる。

続いて、高齢者人口、火災件数とそれぞれ実数を挙げ両者の関連を調べる。図 6-4 は横軸に年間建物火災発生件数の地震前後各 10 年間の平均をとったもの、縦軸に地震前（平成 2 年）、地震後（平成 12 年）の高齢者人口をとったものである。

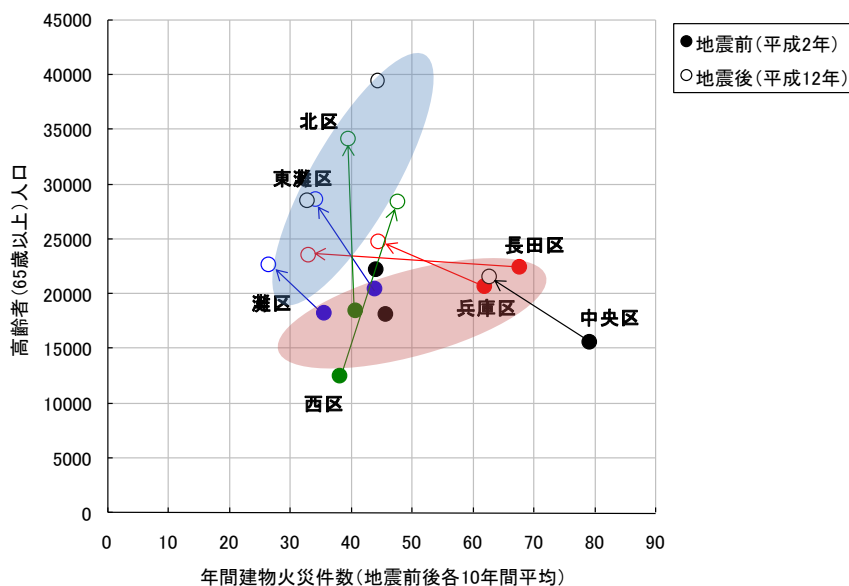


図 6-4 建物火災発生件数と高齢者人口の関係

全体としては図 6-2 で述べた人口と建物火災発生件数の関係と同様のことが言えるが、先で述べたのと同様の理由から中央区を除外すると、高齢者人口と建物火災発生件数の関係においては地震前、地震後においてそれぞれ相関（相関係数＝地震前：0.60、地震後：0.50）がみられる。このことから言えるのは、地震後においては地震前と比較して高齢者の人口が建物出火件数に及ぼす影響が少なくなったということである。

6-2-3 火災による死傷者数—高齢者（65歳以上）人口

地震前後の各区の火災による死傷者数と高齢者人口の関係について調べる。まず地震前後の火災による死傷者増減率と各区の高齢者人口増減率の相関を図 6-3 に示す。

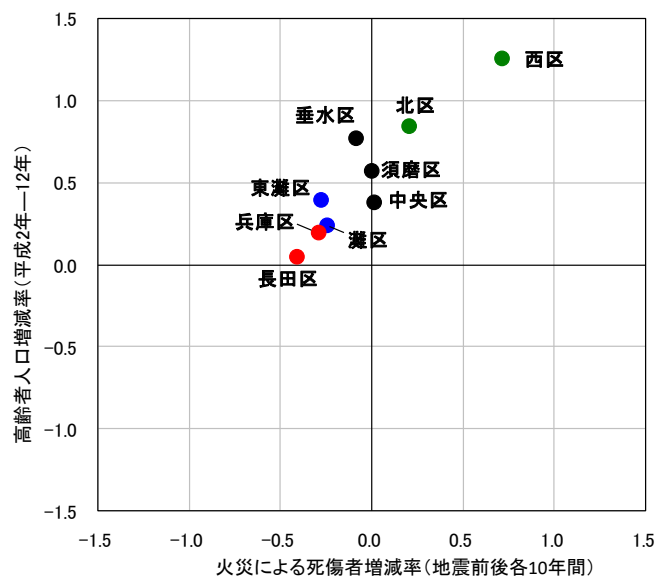


図 6-5 地震前後の火災による死傷者数増減率と高齢者人口増減率との相関

図 6-5 は横軸に火災による死傷者の地震前後各 10 年間合計（地震前：昭和 60 年～平成 6 年、地震後：平成 8 年～平成 17 年）の増減率をとったもの、縦軸に平成 2 年—平成 12 年の高齢者（65 歳以上）人口の増減率をとったものである。

図 6-3 で示した地震前後の火災発生件数の増減率と高齢者人口の増減率と同様に高い相関（相関係数=0.92）が見られた。

続いて、高齢者人口、火災による死傷者数とそれぞれ実数を挙げ両者の関連を調べる。
 図 6-6 は横軸に火災による死傷者の地震前後各 10 年間の平均をとったもの、縦軸に地震前（平成 2 年）、地震後（平成 12 年）の高齢者人口をとったものである。

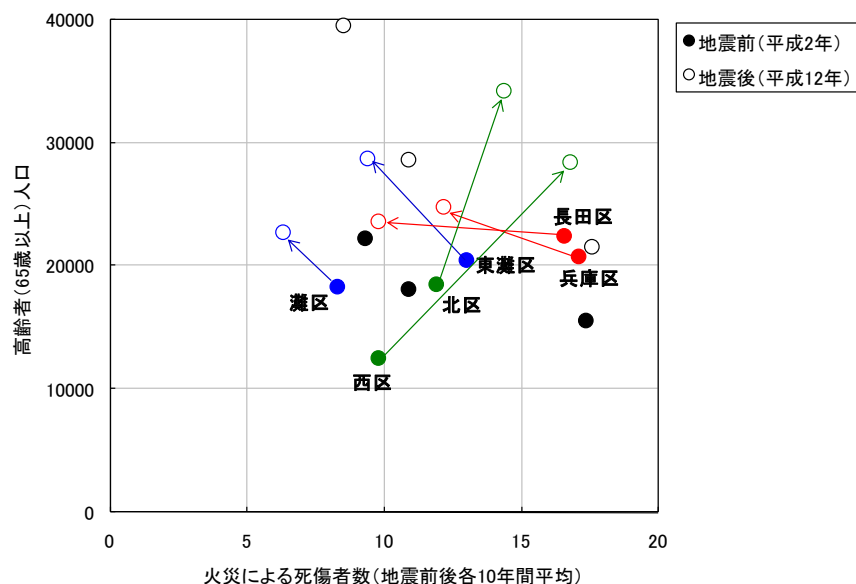


図 6-6 火災による死傷者数と高齢者人口の関係

火災による死傷者数と高齢者人口には地震前後ともに相関がみられないが、図の色ごとの矢印から、地震前後の各地域の変化において、地震被害の大きかった地域のうち東部地域、西部地域、地震被害の少なかった地域ではそれぞれの地域ごとに同様の変化が見られる。

すなわち、被災地域東部（青色）では高齢者人口が増加に反比例して、火災による死傷者は減少、被災地域西部（赤色）では高齢者人口の増減は他地域と比較して少なく、火災による死傷者は減少、未被災地域（緑色）では高齢者人口が増加に比例して、火災による死傷者は増加、という変化が見られる。

6-2-4 火災1件あたりの焼損面積—木造住宅数

次に火災被害と建物との関連について調べる。

火災による延焼被害などは建物の構造、特性などによるところが大きいと考え、はじめに火災被害として火災1件あたりの焼損面積、対応する地域特性として、住宅の構造・を挙げて関連を調べる。

まず地震前後の火災1件あたりの焼損面積の増減率と各区の木造住宅戸数増減率の相関を図6-7に示す。

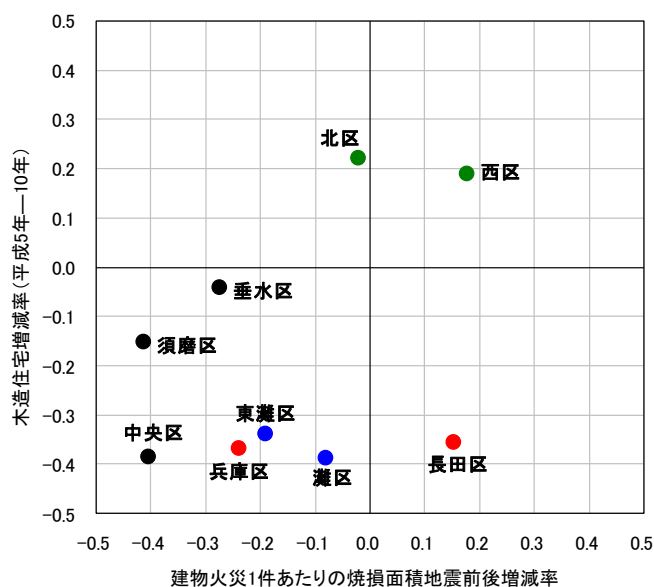


図6-7 地震前後の火災1件あたりの焼損面積増減率と木造住宅戸数増減率との相関

図6-7は横軸に建物火災1件あたりの焼損面積の地震前後の増減率をとったもの、縦軸に平成5年—平成10年の木造住宅の増減率をとったものである。

火災発生件数と人口、高齢者人口で見られた様な高い相関は見られなかった(相関係数=0.36)。このことから、(人口—火災発生件数)とは異なり、火災による焼損面積を決定する要因が多数あることが考えられる。

続いて、建物火災1件あたりの焼損面積、地震前後の各区の木造住宅戸数、それぞれ実数を挙げ両者の関連を調べる。図6-8は横軸に地震前後における建物火災1件あたりの焼損面積、縦軸に地震前（平成5年）、地震後（平成10年）の各区の木造住宅戸数をとったものである。

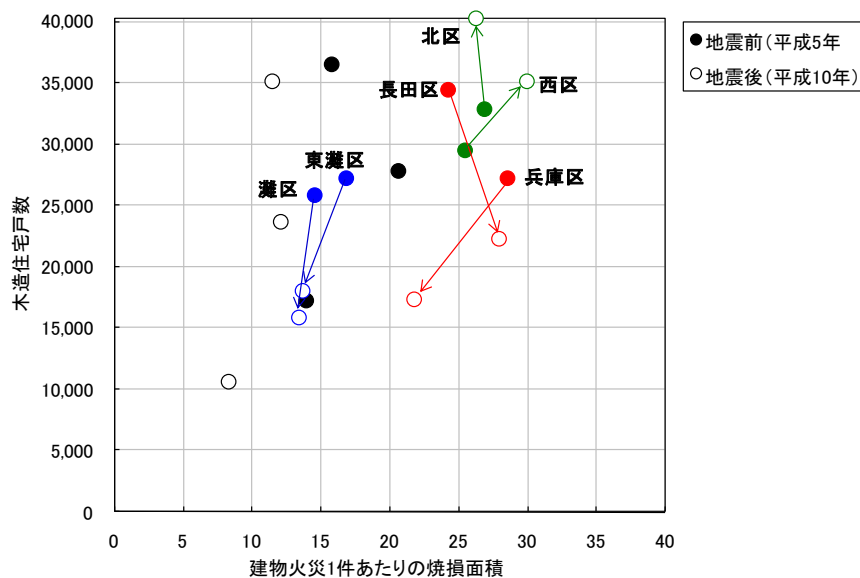


図6-8 建物火災1件あたりの焼損面積と木造住宅戸数の関係

図6-8からも、地震前後ともにそれぞれの地域間での相関は見られない。被災東部地域の東灘区、灘区においては類似した地域特性を持つことから、地震前後において同様の変化（木造住宅戸数が大きく減少—建物火災1件あたりの焼損面積が減少）が見られる。

6-2-5 火災 1 件あたりの焼損面積—終戦前住宅数

地震前後の各区の火災 1 件あたりの焼損面積と終戦前住宅の関係について調べる。

まず地震前後の火災 1 件あたりの焼損面積の増減率と各区の終戦前住宅戸数増減率の相関を図 6-9 に示す。

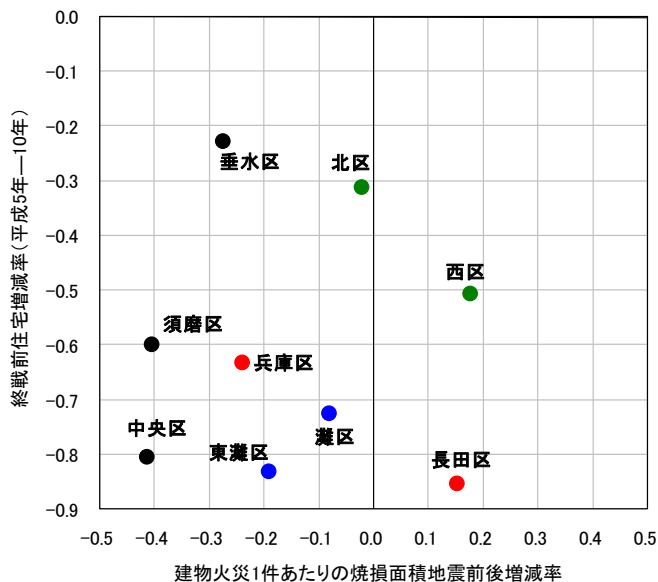


図 6-9 地震前後の火災 1 件あたりの焼損面積増減率と終戦前住宅戸数増減率との相関

図 6-9 は横軸に建物火災 1 件あたりの焼損面積の地震前後の増減率をとったもの、縦軸に平成 5 年—平成 10 年の終戦前住宅の増減率をとったものである。

図 6-7 の火災 1 件あたりの焼損面積と木造住宅火災発生件数と同様、相関は見られなかった。

続いて、建物火災1件あたりの焼損面積、地震前後の各区の終戦前住宅戸数、それぞれ実数を挙げ両者の関連を調べる。図6-10は横軸に地震前後における建物火災1件あたりの焼損面積、縦軸に地震前（平成5年）、地震後（平成10年）の各区の終戦前住宅戸数をとったものである。

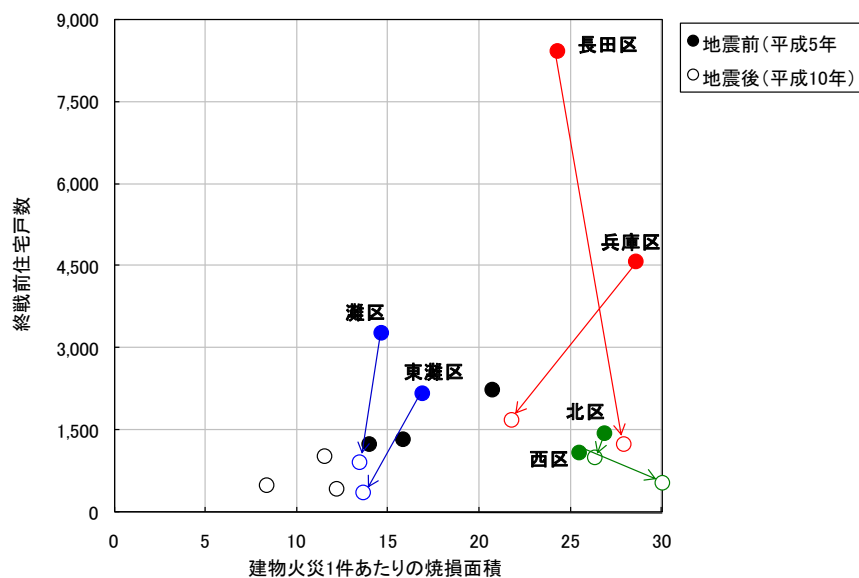


図 6-10 建物火災1件あたりの焼損面積と終戦前住宅戸数の関係

図6-10を見ると、図6-8の建物火災1件あたりの焼損面積と木造住宅戸数の関係と同様のことが言える。また地震後では、全ての地域において終戦前住宅戸数は大きく減少し、1000戸前後とほぼ同じ水準にあるが、建物火災1件あたりの焼損面積は大きく異なっている。これらから、全体の戸数が少ないということもあるが、終戦前住宅戸数の多少が火災被害に及ぼす影響は小さいと推測できる。

第7章 神戸市の火災被害傾向分析

本章では第5章で述べた火災被害について「中村のべき関数」を用いて火災の焼損面積別発生頻度を分析することで神戸市の火災安全性の変化をみる。この理論は安全に関する労働災害の傾向分析に用いられるハインリッヒの原則（小さな被害をもたらす事件の件数は非常に多いものになり、1件あたりの被害の大きさは小さいものから大きいものまで連続的に存在すると考えるもの）に基づいたものである。

7.1 焼損面積 500 m²以上の火災の傾向分析

まず実際の焼損面積が公開されている 500 m²以上の火災について焼損面積 X m²と焼損面積 X m²以上の火災が起こる頻度との関係を両対数軸であらわしたものを図7-1に示す。

図の見方として見かけ上の傾き（ $n-1 : n$ は安全指数）が大きいほど火災が拡大する危険性が小さくなることを、また見かけ上の切片に相当するものが小さいほど火災の発生頻度が低くなることを示す。

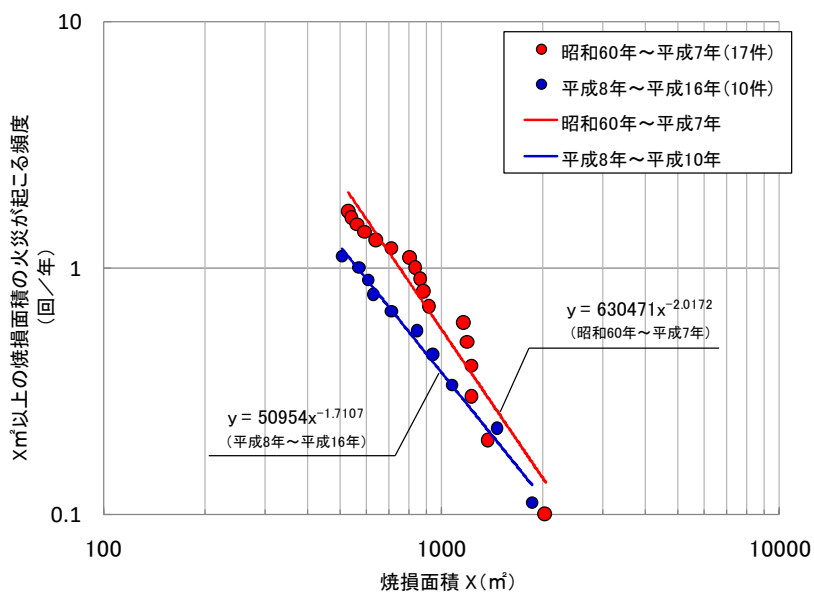


図7-1 焼損面積 500 m²以上の建物火災の焼損面積別発生頻度

図7-1を見ると神戸市全体においては

また震災前後の安全指数を比較すると地震前 2.7107、震災後 3.0172 となり焼損面積 500 m²以上の比較的規模の大きい火災において地震前に比べて地震後はその危険性は小さくなったといえる。また 500 m²以上の火災について地震前（昭和 60 年～平成 6 年）17 件、地震

後（平成 8 年～平成 16 年）10 件でそれぞれ建物火災件数総数の 0.37%、0.30%であるのでハインリッヒの原則から神戸市における平年の火災全体においてもその危険性は小さくなったと推測できる。