

# 地震被害額の評価方法に関する検討

山本明夫・金子史夫・山田敏博

## A Study on Evaluation Method for the Damage Cost due to Earthquake

Akio YAMAMOTO, Fumio KANEKO and Toshihiro YAMADA

### Abstract

When considering countermeasures for earthquake disaster, the mutual relation of the damage, the influence of earthquake damage on society and the economy, and restoration measures after earthquake disasters have become subject of a recent study besides the evaluation of damage done to various kinds of structures. Based on this view, standardized evaluations of various earthquake disasters in index form with a specific criterion is considered important. For this reason, the authors have paid attention to the cost of damage as index to give a total image of earthquake damage.

In this paper, 23 damaged earthquakes data were used from the 1923 Great Kanto Earthquake to the 1984 Naganoken-Seibu Earthquake, as they have comparatively well arranged records of damage data.

The total damage costs and the ratio of damage costs for each item are shown in Table 2 according to the classification of damage shown in Table 1. They need adjusting according to the year in order to compare these costs under same conditions. The National wealth is chosen to adjust the time difference from several kinds of indexes (see Fig.1 and Fig.2).

The damage cost index  $I_d$  is defined as follows:

$$I_d = \text{total damage cost} \div \left( \frac{\text{national wealth}}{\text{population at that time}} \right)$$

The adjusted total damage costs and damage cost index  $I_d$  of each earthquake is shown in Table 3 and Fig. 4.

Next, the damage cost index  $I_d$  can be assumed to be expressed the formula below and multiple regression analysis is conducted.

$$I_d = a_1 P_1 + a_2 P_2 + a_3 P_3 + a_4 P_4 + b \quad (1)$$

where,  $I_d$  : Damage cost index

$P_1$  : The population of the area where the earthquake with seismic intensity V (JMA scale)

$P_2$  : The population of the area where the earthquake with seismic intensity over VI (JMA scale)

$P_3$  : The population of the liquefaction area

$P_4$  : The population of earthquake fire area

$a_1, a_2, a_3, a_4$  : Coefficient for  $P_1, P_2, P_3, P_4$  respectively

$b$  : Constant

The result of multiple regression analysis is shown as follows:

$$I_d = 0.001P_1 + 0.122P_2 + 0.496P_3 + 1.519P_4 + 15.028 \quad (2)$$

The estimated value for damage cost index  $I_d$  corresponds well with the value obtained from damage data (Fig.10). When the influence of each population  $P_1$  to  $P_4$  on damage index  $I_d$  was examined based on the regression coefficients, it can be summarized as follows:

- (1) The regression coefficient of population  $P_4$  in the earthquake fire area shows the largest value ( $a_4=1.519$ ), and this is followed by the regression coefficient of population  $P_3$  in the liquefaction area ( $a_3=0.496$ ).
- (2) The regression coefficient of population  $P_1$  in the area of seismic intensity V is close to zero. Therefore, the damage cost index  $I_d$  is assumed to be almost determined by the population  $P_4$  of the earthquake fire disaster area, the population  $P_3$  of the liquefaction area and the population  $P_2$  of the area of seismic intensity over VI.
- (3) When the total damage costs are considered based on the relationship with the population, the influence of earthquake fire disasters and liquefaction are large.

Then the authors research to evaluate total damage costs by using this estimation formula. The numerical values substituted in the estimation formula are obtained by the evaluation result of the southern Kanto area according to the assumption of the Minami-Kanto earthquake. The estimated total damage costs become 114 trillion yen, this amount is reasonable even when compared the existing evaluation results.

## 1 はじめに

近年に発生した被害地震を見るに、1923年関東大地震は、別名を「火災地震」といわれているように、被害の大部分は火災によるものであった。また、1964年新潟地震では地盤の液状化による被害が顕著であり、1983年日本海中部地震では津波および液状化による被害、1984年長野県西部地震では山崩れによる被害が主体であったというように、震央の位置、被災地の地盤条件などによって被害の形態が異なっている。

地震防災対策を立案するに当って、最近では、地震動や液状化に対する地盤の評価のほか、津波の発生、その規模などの予測・評価なども行われており、特に、建築物、土木構造物、ライフライン施設などに影響する地震動の予測・評価に加えて、地震動によって、これらの構造物が直接被る被害についての予測が行われるようになってきた。さらに、二次的な火災被害や人的被害の予測など多彩な項目についての調査も実施されている。

しかしながら、これらの被害予測は、上述の各種構造物の被害の評価が主体となっているのが実態であるが、複数の種類の被害の相互関連性(複合性、連鎖性)、地震被害による社会・経済への波及影響および震災後の復旧対策の検討が当面の課題となっている。

このような観点から、さまざまな地震被害を一定の尺度を持った指標によって、統一的に評価する試みがなされてきた。渡辺(1976, 1977, 1978)は、東京の災害が

全国に及ぼす影響について、各業種が東京に占める割合と東京の人口が全国の人口に対して占める割合との比較を基礎にして論じている。

また、栗林ほか(1978a)は、過去の地震による被害総額をその当時の国富(国内に存在する資産の合計額)によって正規化し、被害項目ごとの損害率を定義し、日本全国を約100km<sup>2</sup>のメッシュを単位として分け、被害地域の面積と人口との関係を用いて被害の特徴を分析している。

さらに、片山(1984)は、1964年新潟地震における新潟市、1978年宮城県沖地震における仙台市および1983年日本海中部地震における能代市を例にとり、被害額と一般会計歳出額との関係を調べている。

筆者らは、物価補正を行った被害額と被災地域の人口との関係についての基礎的な検討を行っているが(山田ほか, 1987)、この報文においては、被害額に影響を与える要因として、地震力、被災地域の資産および被災地域の人口を取り上げ、過去の地震における被害額についての分析を行い、これらの結果に基づいた被害総額の評価法を検討した。

## 2 過去の地震による被害額

地震による被害額は、その都度、公的機関によって発表されているが、地震によって資料の整理方法は異なり、被害額に対する定義も時代による社会機構の相違、被害

表一 被害項目とその内容  
Table 1 Items of damage and descriptions

番号	被害項目	内 容
1	家 屋	主に住家被害である。被害種類は、全壊、半壊、一部損壊および浸水としている。非住家被害は、商工業被害、農林水産業被害および公共物被害として計上される場合が多く、地震によって取扱いが異なってくる。
2	土 木 関 係	河川、海岸、砂防、道路、橋梁、港湾（漁港を除く）およびその他の被害に区分される。その他の被害としては都市施設（公園、街路樹など）、急傾斜地、造成地などの被害が含まれる。
3	鉄 道 関 係	国鉄、民鉄の直接的被害（収入欠損などの間接的被害は含まない）である軌道、土木構造物の被害の他に、駅舎、電気設備、車両の被害を含む。
4	ライフライン関係	上水道、下水道、電気、ガス、通信についての実際に破損した直接的被害。
5	商 工 業 関 係	商工業関係の実際に破損した直接的被害および商工業関係建物の被害。
6	農林水産業関係	農林水産業関係の直接的被害、農林水産業関係の建物および土木構造物の被害。
7	民生文教関係	民生、文教関係の建築物および設備の直接的被害。ここで、民生とは、社会福祉施設や病院、衛生施設で、文教関係とは、学校や社会教育施設である。
8	そ の 他	

状況の差異、被害を集計した主体によって異なっている。したがって、被害資料が比較的整っており、また社会機構の点からも、統一した観点から見ることでできる1923年関東大地震以降、1984年長野県西部地震までの23の地震を対象として、被害額を対比検討することにした。

これらの地震に関しては、被害総額の記録のみのもの（9件）から、詳細な内容が記載されているものまでである。これらの内容を通覧すると、表一に示すように、①家屋、②土木関係、③鉄道関係、④ライフライン関係、⑤商工業関係、⑥農林水産業関係、⑦民生文教関係、⑧その他、の8項目にまとめることができる。

表二は、対象とした23の地震による被害総額を示すとともに、上記の項目別に被害額を集計することができる14の地震については、各項目の被害総額に対する比率を示してある。なお、これらの14の地震の項目別被害額は付表に示してある。これらの被害額は、表一の内容欄に記載してあるように、各項目に関連する直接的な物的被害に関するもので、たとえば、商品が破損したために商売ができなくなったことによる収入減などは含まれていない。

### 3 被害額に対する時代補正

昭和20年の100万円は現在の1億円に相当するとか、あるいは国民総生産（GNP）は前年の2%増であるとかといわれるように、貨幣の価値や資産の評価は時代とともに変化する。したがって、発生年代の異なる地震による被害額を同じ基準尺度で比較するためには、時代による補正が必要となる。

貨幣価値に対する時代補正のための指標としては、社会科学の分野でしばしば用いられている指標のうち、一般的でかつ1923年以降の補正が可能なものとして、卸売物価指数、小売物価指数および消費者物価指数があげられる。これらの3つの物価指数の経年変化を、1934年～1936年を基準として示すと、図一1のようになる。

資産に対する指標としては、貨幣価値の場合と同様に、社会科学の分野で経済状況を示すものとしてしばしば用いられる国家予算額、国民総生産（GNP）および国富があげられる。これらの値の経年変化を、1934年～1936年を基準として示すと、図一2のようになる。

図一1および図一2に示されている物価および資産の

表-2 過去の地震による被害額一覧

Table 2 Total damage cost caused by the past earthquakes

番号	地震名	発生日 年月日	マグニ チュード (M)	当時の 被害総額 (百万円)	項目別被害額の比率 (%)							
					家屋	土木	鉄道	ライフ ライン	商工業	農林 水産業	民生 文教	その他
1	関東大地震	1923. 9. 1	7.9	5,500	23.4	5.8	—	—	36.1	2.9	1.0	30.8
2	北但馬地震	1925. 5.23	6.5	89	—	—	—	—	—	—	—	—
3	北丹後地震	1927. 3. 7	7.5	82	—	—	—	—	—	—	—	—
4	北伊豆地震	1930.11.26	7.0	25	—	—	—	—	—	—	—	—
5	静岡地震	1935. 7.11	6.3	10	—	—	—	—	—	—	—	—
6	男鹿地震	1939. 5. 1	7.0	8	—	—	—	—	—	—	—	—
7	鳥取地震	1943. 9.10	7.4	160	—	—	—	—	—	—	—	—
8	南海地震	1946.12.21	8.1	2,801	26.5	32.0	0.3	0	19.1	17.2	2.6	2.3
9	福井地震	1948. 6.28	7.3	45,029	18.8	7.1	2.1	7.8	29.7	29.4	4.6	0.5
10	今市地震	1949.12.26	6.4	3,500	—	—	—	—	—	—	—	—
11	十勝沖地震	1952. 3. 4	8.1	15,183	—	—	—	—	—	—	—	—
12	宮城県北部地震	1962. 4.30	6.5	4,052	55.8	20.1	0	0.3	5.3	13.2	5.2	0.1
13	新潟地震	1964. 6.16	7.5	130,001	13.7	18.2	5.8	9.7	25.2	12.6	3.9	10.9
14	えびの地震	1968. 2.21	6.1	8,876	—	—	—	—	—	—	—	—
15	十勝沖地震	1968. 5.16	7.8	47,040	16.1	11.3	10.7	2.5	20.0	26.4	11.7	1.3
16	根室半島沖地震	1973. 6.17	7.4	3,939	10.7	31.2	25.0	1.2	13.3	16.4	1.7	0.5
17	伊豆半島沖地震	1974. 5. 9	6.9	8,546	5.3	22.4	0	0.5	48.4	21.9	1.5	—
18	大分県中部地震	1975. 4.21	6.4	10,443	43.1	12.4	0.5	2.1	3.2	29.5	0.9	8.3
19	伊豆大島近海地震	1978. 1.14	7.0	38,709	15.1	37.1	3.9	1.4	21.7	17.9	2.9	—
20	宮城県沖地震	1978. 6.12	7.4	268,133	29.4	10.5	2.4	2.7	35.7	6.4	4.4	8.5
21	浦河沖地震	1982. 3.21	7.1	10,710	8.8	21.1	7.9	1.1	13.4	36.8	1.6	9.3
22	日本海中部地震	1983. 5.26	7.7	217,427	18.2	35.9	1.1	1.1	10.2	25.8	7.7	—
23	長野県西部地震	1984. 9.14	6.8	46,798	0.3	25.8	0.1	6.7	1.8	64.8	0.5	0

倍率を比較すると、1940年頃では、両者ともに約2倍であったが、第二次世界大戦後のインフレーションによって、1945年頃から1950年頃にかけて両者ともに200~300倍に急激な増加を示している。しかしながら、1950年頃以降においては、両者ともに指数関数的に増加しているが、物価の倍率の伸びに比べて資産の倍率の伸びは極めて大きく、1985年の時点において、物価の倍率が1,000倍のオーダーであるのに比べて、資産の倍率は10,000倍のオーダーとなっている。

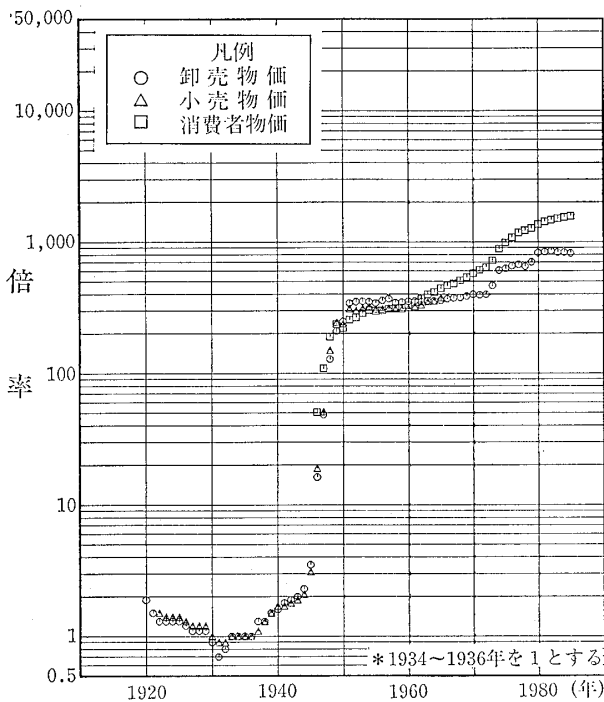
以上のように、第二次世界大戦以前においては、いずれの指標に準拠して補正を行ってもそれほど大きな差異はないけれども、以後においては著しい相違をもたらすことになる。ここに、地震によって直接影響を受けるのは物価ではなく資産であるという観点からは、資産に関

する指標の方が社会全体の価値の変動をより明確にとらえているものと考えられる。

一方、図-3に示す全国の人口の推移によれば、1920年から1985年の間に直線的に増加し、約2倍になっている。

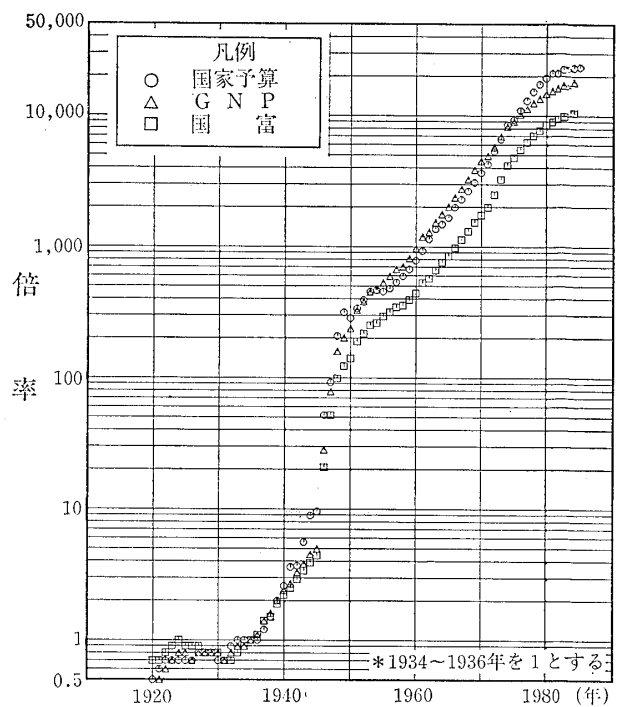
以上に示した物価および資産の両方の観点から、さきに示した23の地震に関して、それらの被害総額の補正を行った。物価に関しては卸売物価指数を用いて、1985年の時点における被害総額に換算し、これを「卸売物価で補正した被害総額(D')」として示した。

一方、資産に関しては国富を用いて換算した。ここに、国富とは、一定の時に存在する一国の住民の資産の総計で、経済企画庁によって約5年ごとに実施される国富調査による商品、住宅などの有形資産に関するものを用い



図一1 卸売物価、小売物価および消費者物価の経年変化  
 (「数字でみる日本の100年」より作成)

Fig.1 The yearly change of whole sale price index, retail price index and consumer's price index in Japan



図一2 国家予算、GNP および国富の経年変化  
 (「数字でみる日本の100年」より作成)

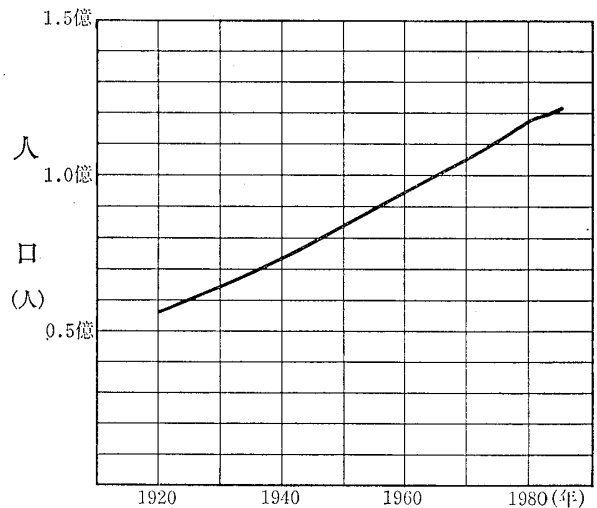
Fig.2 The yearly change of national budget, GNP and national wealth in Japan

ている。国富には人口の増加の要素が含まれているので、それぞれの地震の発生時の国富をその時の人口で除して、国民1人当たりの国富を算出した。この値を用いてその地震による被害総額を割ることによって、被害総額が1人当たりの国富の何人分に当たるかを求めることができる。この値を“被害額指数”と呼び、 $I_a$ と表すことにする。すなわち、

$$\text{被害額指数} = \frac{\text{被害総額}}{\text{国富} / \text{人口}}$$

である。この被害額指数は、それぞれの地震が発生した時代の国富および人口の状態を考慮し、地震による被害総額を国の資産の減少割合として捉えていることから、それぞれの地震による被害の大きさを比較する場合の指標として有用なものである。たとえば、1923年関東大地震の被害総額は約530万人に相当し、1964年新潟地震においては約24万人、1978年宮城県沖地震においては約6万人、1983年日本海中部地震においては約4万人に相当することになる。

また、1985年の時点における1人当たりの国富は、約604.2万円であり、この値に被害額指数  $I_a$  を掛けることによって、1985年を基準とした「国富と人口で補正した



図一3 人口の経年変化  
 (「数字でみる日本の100年」より作成)

Fig.3 The yearly change of national population

被害総額 (D'')」に換算することができる。

以上のような2つの指標によって時代補正を行ったそれぞれの被害総額  $D'$  および  $D''$  を表一3 および図一4に示す。表一3によれば、卸売物価で補正した被害総額  $D'$  は、1923年関東大地震が約3兆4000億円であり、その後発生した1946年南海地震、1948年福井地震、1964年新潟地震、1968年十勝沖地震、1978年宮城県沖地震、1983

表-3 卸売物価で補正した被害総額  $D'$ 、国富と人口で補正した被害総額  $D''$  および被害額指数  $I_d$  の一覧  
 Table 3 Total damage cost corrected by the price index, ( $D'$ ), total damage cost corrected by national wealth and population ( $D''$ ), and damage cost index  $I_d$

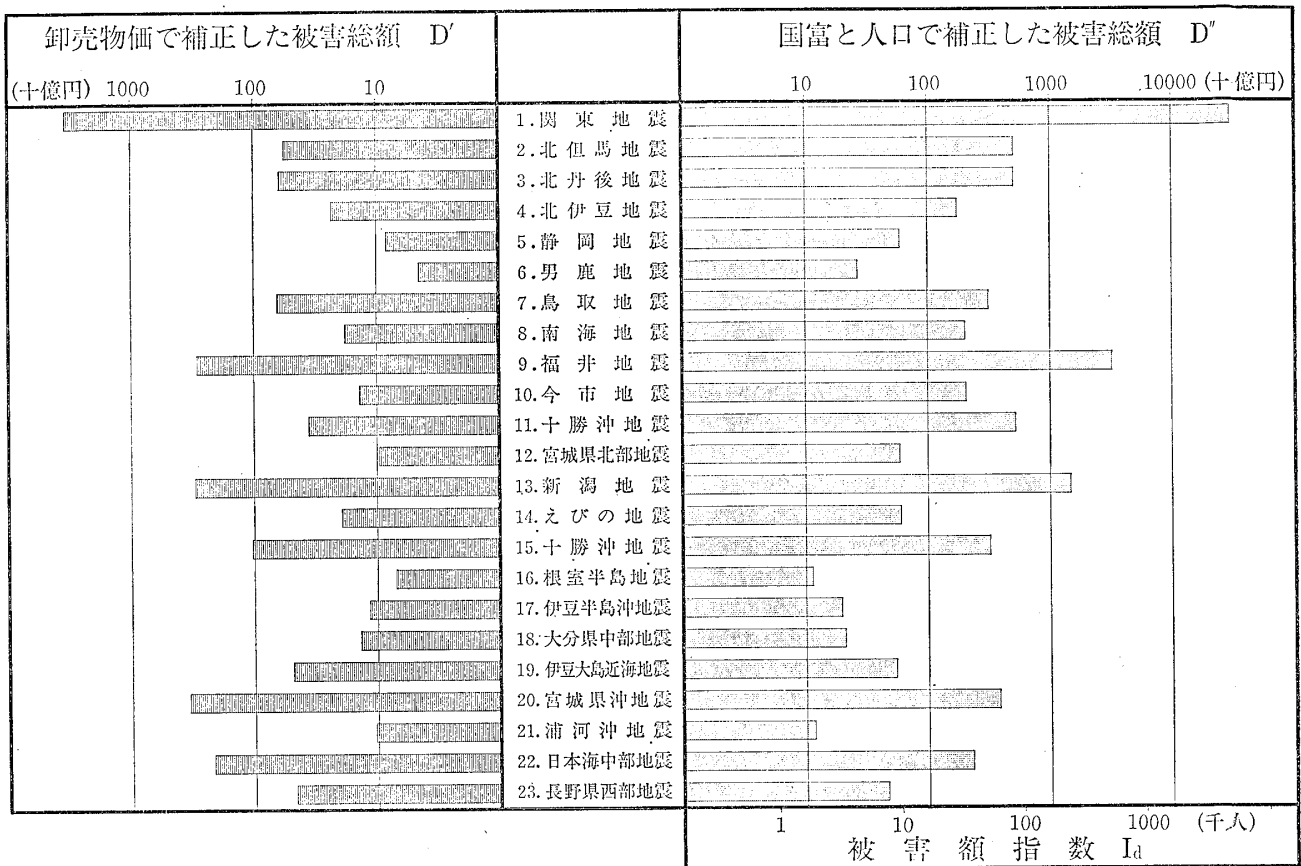
番号	地震名	発生日 年月日	当時の 被害総額 (百万円)	卸売物価で補正 した被害総額 $D'$ (十億円)	国富と人口で補 正した被害総額 $D''$ (十億円)	$\frac{D''}{D'}$	被害額指数 $I_d$ (千人)
1	関東大地震	1923. 9. 1	5,500	3,401	32,192	9.5	5,328
2	北但馬地震	1925. 5.23	89	56	506	9.0	84
3	北丹後地震	1927. 3. 7	82	61	506	8.3	84
4	北伊豆地震	1930.11.26	25	23	175	7.6	29
5	静岡地震	1935. 7.11	10	8	60	7.5	10
6	男鹿地震	1939. 5. 1	8	4	27	6.8	4
7	鳥取地震	1943. 9.10	160	64	315	4.9	52
8	南海地震	1946.12.21	2,801	18	202	11.2	33
9	福井地震	1948. 6.28	45,029	290	3,248	11.2	537
10	今市地震	1949.12.26	3,500	14	207	14.8	34
11	十勝沖地震	1952. 3. 4	15,183	36	524	14.6	87
12	宮城県北部地震	1962. 4.30	4,052	10	59	5.9	10
13	新潟地震	1964. 6.16	130,001	300	1,471	4.9	243
14	えびの地震	1968. 2.21	8,876	19	60	3.2	10
15	十勝沖地震	1968. 5.16	47,040	102	320	3.1	53
16	根室半島沖地震	1973. 6.17	3,939	7	11	1.6	2
17	伊豆半島沖地震	1974. 5. 9	8,546	12	20	1.7	3
18	大分県中部地震	1975. 4.21	10,443	14	21	1.5	3
19	伊豆大島近海地震	1978. 1.14	38,709	49	55	1.12	9
20	宮城県沖地震	1978. 6.12	268,133	337	381	1.13	63
21	浦河沖地震	1982. 3.21	10,710	10	12	1.20	2
22	日本海中部地震	1983. 5.26	217,427	214	230	1.08	38
23	長野県西部地震	1984. 9.14	46,798	46	47	1.02	8

年日本海中部地震がいずれも1000~3500億円の範囲であるのに比べると極めて大きいことがわかる。

一方、国富と人口で補正した被害総額  $D''$  は、関東大地震は32兆円強であり、 $D'$ の約10倍になっている。ちなみに、各地震に関する  $D'/D''$  の値を求めると、表-3に示すとおりで、第二次世界大戦後のインフレーション期を除くと、時代とともに小さくなる傾向を示している。

#### 4 被害額に関する要因の抽出

3章に述べた時代補正においては、被害総額を国富と人口を用いた補正を行い、各地震の被害額指数および補正被害総額を求めた。これは、実際には、地震による被害総額が、作用した地震力とその地震が影響を与えた地域の存在する資産の量とによって決定づけられると考えられたからである。この場合、人口は資産の量と比例関



図一4 卸売物価で補正した被害総額 D', 国富と人口で補正した被害総額 D'' および被害額指数 I<sub>d</sub>  
 Fig.4 Total damage cost corrected by the price index (D'), total damage cost corrected by the national wealth and population (D''), and the damage cost index I<sub>d</sub>

係にあるものといえる。

地震被害額の評価方法を検討するに当たって、これらの被害額を決定づける要因である地震力、被災地域の資産および被災地域の人口についての考え方について述べる。

#### 4・1 地震力

被害総額に影響を与える地震力としては、第一に地震動の大きさが挙げられる。また、地震に関連する現象としては、津波および地盤の液状化がある。さらに、二次的な要因ではあるが、地震火災は被害額を規制する大きな要因となっている。

地震動の大きさを表すものとしては、気象官署において全国的な規模で観測が行われ、一般に使用されている震度を用いることにする。

#### 4・2 被災地域の資産

被災地域の資産内容と被害総額との関連を調べるために、項目別の被害額わかっている14の地震(表一2および付表参照)について、家屋被害(家屋)、産業被害

(商工業および農林水産業)および都市施設被害(土木、鉄道、ライフライン、民生文教およびその他)の3項目に分け、各地震におけるこれら3つの項目の被害額の被害総額に対する構成比を示すと図一5のようになる。この図において、卸売物価で補正した被害総額が1,000億円以上(大黒丸)と1,000億未満(小黒丸)に分けて示してある。1973年根室半島沖地震、1974年伊豆半島沖地震、1982年浦河沖地震および1984年長野県西部地震のような人口の少ない地域では、家屋被害は10%以下であって、被害が特定の項目に集中する傾向を示している。これに対して、被害総額の大きい地震においては、家屋被害が10~30%、産業被害が30~60%、都市施設被害が20~50%の範囲にあり、被害が各項目に比較的均等に及び、社会全般に影響を与えたことがうかがえる。

#### 4・3 被災地域の人口

たとえ、大規模な地震が発生しても、その地域に人間が生活していなければ、基本的には被害は発生しないことになり、記録にも残らないであろう。したがって、資産の地域的な差を考慮して被害額を考察する場合には、

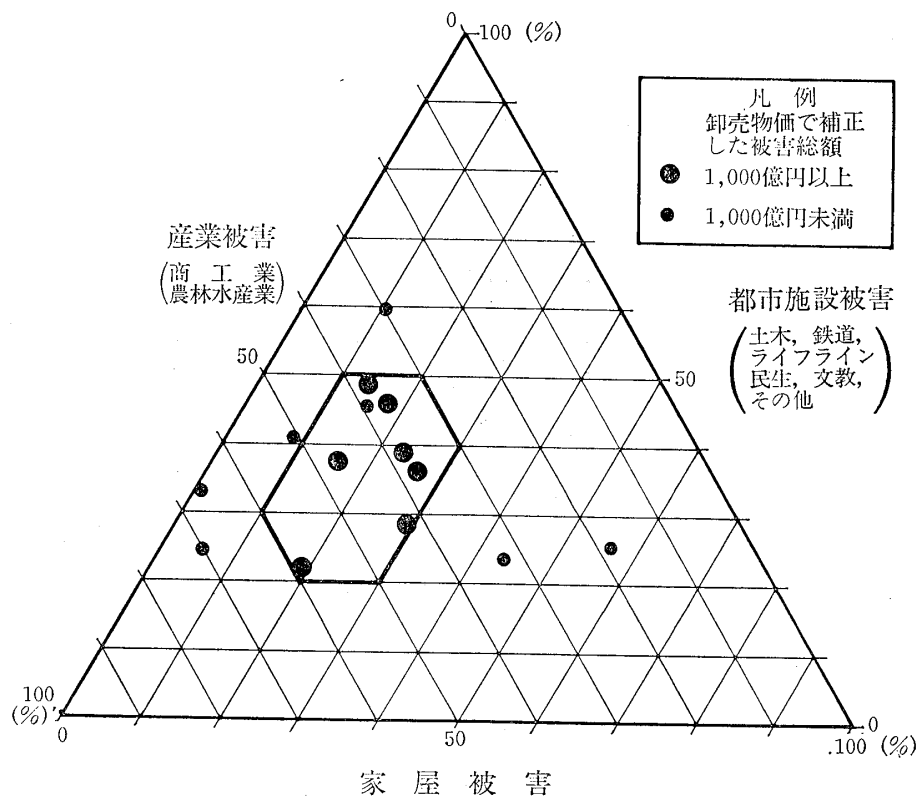


図-5 被害総額の構成

Fig.5 The composition of total damage cost caused by the past damage earthquakes

被災地域の人口をパラメーターとすることは極めて有効な方法である。

このような考え方に立脚し、まず地震力に関連して、各地震について、顕著な被害が発生するといわれている震度Vおよび震度VI以上の地域を宇佐美(1987)が示した震度分布を用いて求め、その地域に含まれるその当時の人口を抽出した。

地盤の液状化については、16の地震に関して発生の記録があり、これらの地震について液状化が著しかった地域の人口を抽出した。なお、津波に関しては、被災人口として抽出できるような記録がないために割愛した。

また、地震火災については、1923年関東大地震、1925年北但馬地震、1927年北丹後地震および1948年福井地震において顕著な被害が発生しており、それぞれについて火災による被害のあった地域の人口を抽出した。

なお、人口の抽出に当たっては、自治省行政局振興課編集(1988)を使用して、それらの地域の1985年時点における市町村の人口に基づいて、図-3に示した人口の経年変化を用いて各地震の発生当時の値に換算した。

以上のようにして、被害形態別に抽出した各地震のそれらの地域の人口を、当時の被害総額および被害額指数とともに表-4に示してある。

また、被害形態別地域の人口を求めるに当たっては重複しないようにした。

## 5 被害総額の推定方法

今後、ある地域に、ある大きさの地震が発生した場合に生じるであろう被害総額を推定することは、広い意味において、サイスマック・マイクロゾーニングにおける重要な項目と考えられる。したがって、さきに述べた過去に発生した23の被害地震について求めた被害額指数と被害形態別地域の人口を用いて、被害総額を推定する方法の検討を行った。

### 5・1 被害額指数と被害形態別地域の人口との関係

被害額指数と被害形態別地域の人口との関係を図-6～図-9に示す。これらの図によると、

- 1) 被害額指数  $I_d$  と震度V地域の人口  $P_1$  との関係は、図-6に示すように、 $I_d$  に対して  $P_1$  が10倍となる直線を中心にして、1倍と100倍の直線の間分布する。
- 2) 被害額指数  $I_d$  と震度VI以上地域の人口  $P_2$  との関係は、図-7に示すように、 $I_d$  に対して  $P_2$  が1倍



表-4 被害額指数および被害形態別地域人口一覧

Table 4 Damage cost index and populations in the different damage areas

番号	地震名	発生日 年月日	当時の 被害総額 (百万円)	被害額 指数 I <sub>d</sub> (千人)	震度V 地域人口 P <sub>1</sub> (千人)	震度VI以上 地域人口 P <sub>2</sub> (千人)	液状化 地域人口 P <sub>3</sub> (千人)	火災 地域人口 P <sub>4</sub> (千人)
1	関東大地震	1923. 9. 1	5,500	5,328	5,147	3,421	740	2,978
2	北但馬地震	1925. 5.23	89	84	155	25	3	25
3	北丹後地震	1927. 3. 7	82	84	6,680	37	8	33
4	北伊豆地震	1930.11.26	25	29	2,871	36	16	0
5	静岡地震	1935. 7.11	10	10	95	38	5	0
6	男鹿地震	1939. 5. 1	8	5	570	0	3	0
7	鳥取地震	1943. 9.10	160	52	86	121	17	0
8	南海地震	1946.12.21	2,801	33	806	0	9	0
9	福井地震	1948. 6.28	45,029	538	644	12	55	322
10	今市地震	1949.12.26	3,500	34	542	44	0	0
11	十勝沖地震	1952. 3. 4	15,183	87	546	8	20	0
12	宮城県北部地震	1962. 4.30	4,052	10	219	0	8	0
13	新潟地震	1964. 6.16	130,001	243	1,659	0	452	0
14	えびの地震	1968. 2.21	8,876	10	202	25	0	0
15	十勝沖地震	1968. 5.16	47,040	53	1,245	0	98	0
16	根室半島沖地震	1973. 6.17	3,939	2	324	0	9	0
17	伊豆半島沖地震	1974. 5. 9	8,546	3	64	0	0	0
18	大分県中部地震	1975. 4.21	10,443	4	41	0	0	0
19	伊豆大島近海地震	1978. 1.14	38,709	9	3,730	25	0	0
20	宮城県沖地震	1978. 6.12	268,133	63	1,882	0	112	0
21	浦河沖地震	1982. 3.21	10,710	2	87	0	0	0
22	日本海中部地震	1983. 5.26	217,427	38	1,791	0	59	0
23	長野県西部地震	1984. 9.14	46,798	8	39	0	0	0

となる直線を中心にして、0.1倍と10倍の直線の間  
に分布する。

- 3) 被害額指数  $I_d$  と液状化地域の人口  $P_3$  との関係は、図-8に示すように、 $I_d$  に対して  $P_3$  が1倍となる直線を中心にして、0.1倍と25倍の直線の間  
に分布する。
- 4) 被害額指数  $I_d$  と火災地域の人口  $P_4$  との関係は、  
図-9に示すように、 $I_d$  に対して  $P_4$  が0.5倍とな  
る直線上に分布する。

## 5・2 被害額指数に対する各被害形態別地域人口の 寄与に関する重回帰分析

被害形態別地域の人口が、被害額指数に対して、どの  
ような割合で寄与しているかを重回帰分析によって検討  
した。

さきに述べたように、地震動（ここでは震度Vと震度  
VI以上に分けている）、液状化および地震火災の地域  
の人口は重複しないようにしてあるので、互いに独立であ

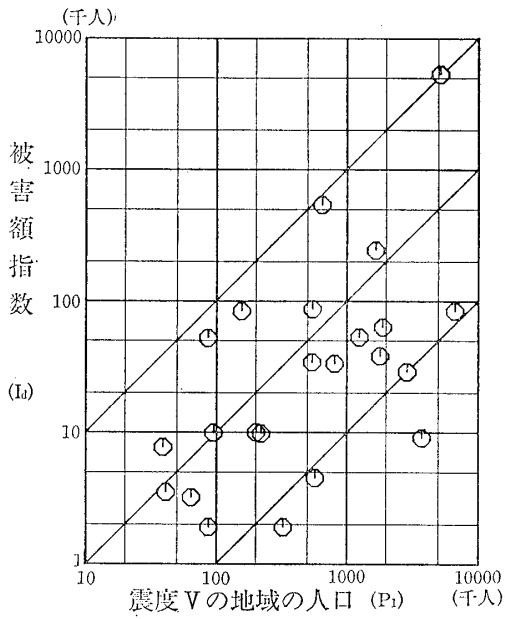


図-6 被害額指数  $I_d$  と震度 V の地域の人口  $P_1$  との関係  
 Fig.6 Relationship between the damage cost index  $I_d$  and the population ( $P_1$ ) where seismic intensity V

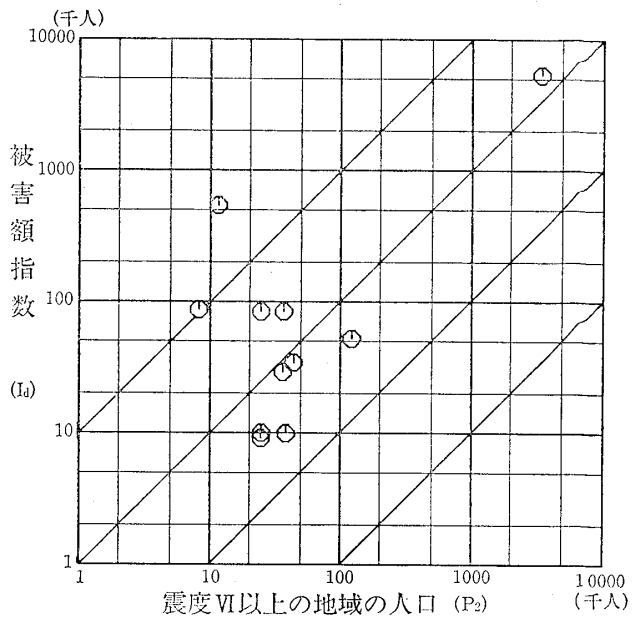


図-7 被害額指数  $I_d$  と震度 VI 以上の地域の人口  $P_2$  との関係  
 Fig.7 Relationship between the damage cost index  $I_d$  and the population ( $P_2$ ) where seismic intensity over VI

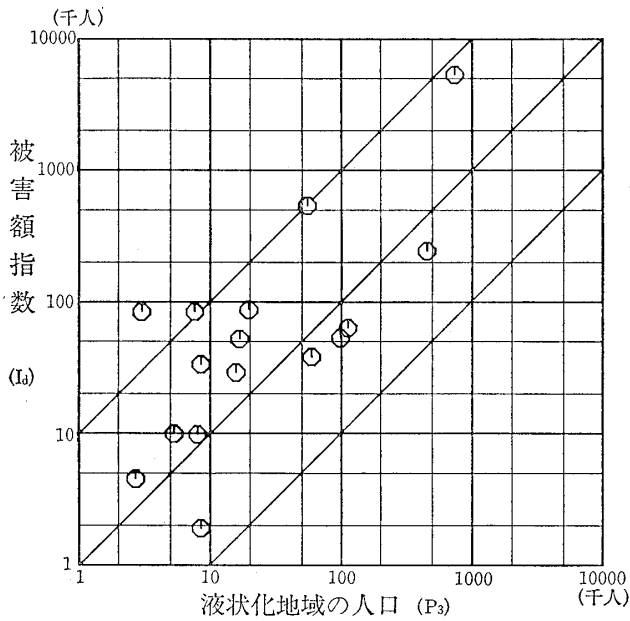


図-8 被害額指数  $I_d$  と液状化地域の人口  $P_3$  との関係  
 Fig.8 Relationship between the damage cost index  $I_d$  and the population ( $P_3$ ) where liquefaction occurred

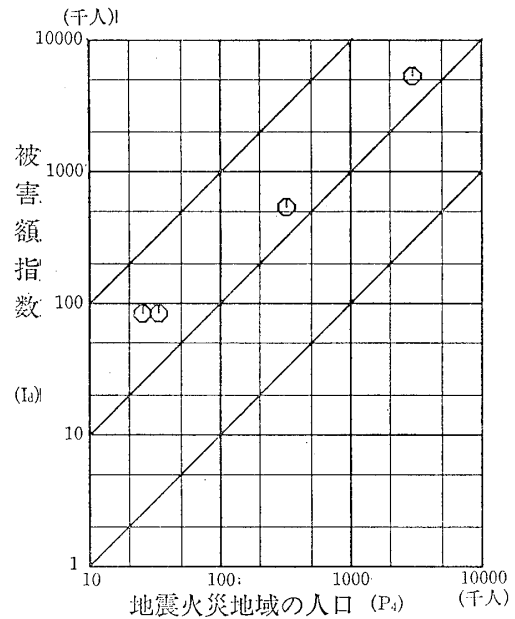


図-9 被害額指数  $I_d$  と地震火災地域の人口  $P_4$  との関係  
 Fig.9 Relationship between the damage cost index  $I_d$  and the population ( $P_4$ ) where earthquake fire disaster occurred

るとみなすことができ、被害額指数  $I_d$  は、つぎのように表されるものとする。

$$I_d = a_1 P_1 + a_2 P_2 + a_3 P_3 + a_4 P_4 + b \quad (1)$$

ここに、 $I_d$  : 被害額指数 (単位 : 千人)

$P_1$  : 震度 V 地域の人口 (単位 : 千人)

$P_2$  : 震度 VI 以上地域の人口 (単位 : 千人)

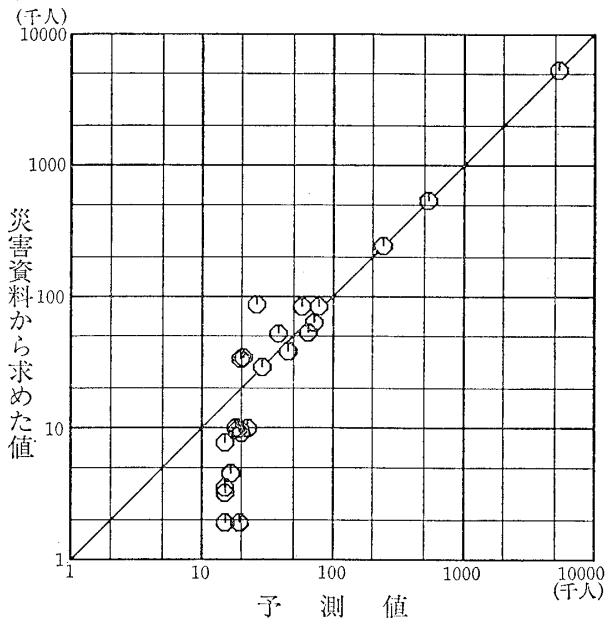
$P_3$  : 液状化地域の人口 (単位 : 千人)

$P_4$  : 火災地域の人口 (単位 : 千人)

$a_1, a_2, a_3, a_4$  : それぞれ  $P_1, P_2, P_3, P_4$  の係数

$b$  : 定数 (単位 : 千人)

23の被害地震に関する表-4に示すデータを使用し



図—10 被害額指数  $I_d$  について災害資料から求めた値と推定値との比較

Fig. 10 Comparison of the value obtained from damage data and the estimated value for damage cost index  $I_d$

て、式(1)によって重回帰分析を行った結果、つぎに示すような関係式が得られた。

$$I_d = 0.001P_1 + 0.122P_2 + 0.496P_3 + 1.519P_4 + 15.028 \quad (2)$$

重相関係数  $R$  は 0.999 とほとんど 1 であり、回帰式(2)の  $F$  分布によって検定した結果は、高度に有意であることが判明した。

そこで、表—4 に示した 23 の地震のそれぞれについて、被害形態別地域の人口を用いて式(2)によって被害額指数 ( $I_d^*$ ) を予測し、その値とさきに国富と人口から求めた被害額指数 ( $I_d$ ) の値を比較すると、図—10 に示すようになる。この図から明らかなように、被害額指数  $I_d$  が 5 (千人) 以下である 1939 年男鹿地震、1973 年根室半島沖地震、1974 年伊豆半島沖地震、1975 年大分県中部地震、1982 年浦河沖地震の 5 地震を除く 18 の地震については、両者の値はよく一致している。

### 5・3 想定地震に対する被害の予測

一般に、地震防災の立場から、関東南部地域に被害が生じると想定される南関東地震についてのサイスミック・マイクロゾーニング調査によって、地震動、液状化、火災などの予測が行われており、中央防災会議 (1988) によれば、

震度 V 地域の人口 ( $P_1$ )	3,320 (千人)
震度 VI 以上地域の人口 ( $P_2$ )	11,570 ( " )
液状化地域の人口 ( $P_3$ )	3,560 ( " )
火災地域の人口 ( $P_4$ )	10,350 ( " )

となっている。上記の各地域の人口を式(2)に代入して被害額指数  $I_d$  を求めると、18,909 (千人) となり、1985 年の 1 人当たりの国富である約 604.2 万円を乗じて予想被害総額を求めると、約 114 兆円となる。この値は、東海銀行 (1988) の試算による 80.4 兆円および新井 (1986) による 200 兆円の間にある。なお、2000 年における国富と人口の推定値を用いて被害総額を推定すると、182 兆円となる。

## 6 あとがき

地震による被害については、従来どちらかという、工学的・技術的な側面からの研究が多く、社会科学側面からのアプローチは少なかった。しかしながら、工学的にみても、統一的な尺度によって各種の被害を評価して、地震被害像を形成することは必要であり、また、行政的・管理的な面からは、対策を考える上で、被害額、裏返していえば対策費用に関する検討は欠くことができない要件である。

このような観点から、地震による被害形態を震度 V 地域、震度 VI 地域、液状化地域および火災地域に分け、被害額指数とそれぞれの地域の人口との関係を重回帰分析によって求めた。ここに得られた関係式は、過去の地震による被害額を比較的精度よく表しており、発生が想定される地震による被害総額を予測することに使用できるものと考えられる。

しかしながら、この報文に使用したデータの取扱やその処理方法には、今後さらに見直す必要がある部分も多く、精度の向上をはかるつもりである。

## 参考文献

- 新井邦夫 (1986) : 財政から見た関東大地震 総合都市研究 第 29 号 pp. 143~150.
- 中央防災会議 (1988) : 南関東地域震災応急対策活動要領 参考資料 pp. 3~9.
- 福井県 (1949) : 福井震災誌 pp. 1~204.
- 後藤典俊, 太田裕 (1974) : 1973 年根室半島沖地震の道内震度分布と被害の概要, 1973 年 6 月 17 日根室半島沖地震調査報告, 昭和 48 年文部省科学研究費 自然災害特別研究 (1)802029, pp. 257~267.

- 自治省行政局振興課編集(1988)：全国市町村要覧63年版  
第一法規
- 神奈川県(1927)：神奈川県震災誌 pp. 1～100.
- 片山恒雄(1984)：地震防災問題における幾つかの社会経済的視点 EERI US JAPAN Workshop on Urban Earthquake Hazards Reduction.
- 高知県(1949)：南海大震災誌 pp. 223～312.
- 国土庁(1983)：浦河沖地震の総合的調査報告書 pp. 11～15.
- 国土庁(1984)：日本海中部地震の総合的調査報告書 pp. 21～57.
- 栗林栄一，田崎忠行(1978 a)：地震による資産別損害の分布性状に関する調査解析 天然資源の開発利用に関する日米会議 耐風耐震構造専門部会
- 栗林栄一，田崎忠行，羽立隆幸(1978 b)：1978年伊豆大島近海地震における救援・復旧体制に関する調査報告 天然資源の開発利用に関する日米会議 耐風耐震構造専門部会 第10回合同部会会議録 pp. 521～589.
- 益子真之，音羽孝二，松田栄一(1968)：十勝沖地震について(青森県内) 東北地方建設局青森工事事務所
- 新潟県(1965)：新潟地震の記録——地震の発生と応急対策—— pp. 73～138.
- 大分県(1975)：大分県中部地震の記録 pp. 57～59.
- 静岡県(1975)：伊豆半島沖地震災害誌 pp. 7～70.
- 消防庁(1985)：昭和59年(1984年)長野県西部地震災害対策調査報告書 pp. 39～43.
- 多田安夫，松野三朗，山村和也，栗林栄一(1962)：東北地震震害調査(I) 土木技術資料 Vol. 4, No. 10, pp. 27～38.
- 東海銀行(1988)：昭和63年12月13日の日本経済新聞による
- 東京都(1979)：1978年宮城県沖地震に関する調査報告書 pp. 8～11.
- 宇佐美龍夫(1987)：新編日本被害地震総覧 東京大学出版会
- 渡辺一郎(1976)：東京の災害が全国に及ぼす影響(第1報) 国立防災科学技術センター研究報告 第16号 pp. 1～27.
- 渡辺一郎(1977)：東京の災害が全国に及ぼす影響(第2報) 国立防災科学技術センター研究報告 第17号 pp. 17～31.
- 渡辺一郎(1978)：東京の災害が全国に及ぼす影響(第3報) 国立防災科学技術センター研究報告 第20号 pp. 217～244.
- 山田敏博，山本明夫，金子史夫(1987)：既往地震での被害額とその要因に関する検討 第19回地震工学研究発表会議演概要 pp. 565～568.
- 矢野一郎監修(1986)：新字でみる日本の100年 国勢社

付表 項目別被害額一覧  
Appendix A list of damage cost

(単位：千円)

項目		地震名	関東大地震 (神奈川県)	南海地震 (高知県)	福井地震 (福井県)	宮城県北部 地震	新潟地震 (新潟県)
家屋 関係	住家	全壊	271,000	743,150	6,774,120	221,400	3,687,799
		半壊			762,390	231,200	5,673,287
		一部損壊			—	850,877	4,541,420
		浸水			—	—	1,496,574
	非住家被害	—	—	—	958,148	2,367,352	
土木 関係	河川	67,000	895,450	2,000,000	670,692	4,716,230	
	海岸			—	—	3,179	
	砂防			—	20	88,210	
	道路			410,000	101,765	2,338,129	
	橋梁			400,000	43,090	1,469,826	
	港湾			50,000	—	12,177,395	
	その他			—	—	2,853,596	
鉄道 関係	鉄道	—	9,040	821,826	—	7,603,000	
ライフ ライン 関係	上水道	—	—	91,690	12,389	2,231,412	
	下水道	—	—	—	—	191,952	
	電気	—	—	3,000,000	—	2,010,746	
	ガス	—	—	36,303	—	601,365	
	通信	—	—	—	—	7,575,120	
商工業 関係	商工鉱業	417,473	534,480	11,871,350	213,894	32,700,592	
農林 水産業 関係	農業	34,000	210,843	11,767,200	524,607	13,120,718	
	林業		100,232		9,255	1,139,190	
	水産業		170,681		—	2,162,715	
民生 文教 関係	病院・診療所	—	24,671	248,516	12,761	704,703	
	環境・衛生施設	—		—	—	158,314	
	文教	12,000	48,214	1,580,000	199,046	4,152,195	
その他	355,000	64,788	215,994	1,570	14,236,294		
総額	1,156,000	2,801,549	40,429,389	4,050,814	130,001,313		
文獻	神奈川県 (1927)	高知県 (1949)	福井県 (1949)	多田ほか (1962)	新潟県 (1965)		

付表 (つづき)  
Appendix (continued)

(単位：千円)

項目		地震名	十勝沖地震 (青森県)	根室半島沖 地震	伊豆半島沖 地震	大分県中部 地震	伊豆大島 近海地震
家屋 関係	住家	全壊	7,579,220	4,700	139,000	285,400	5,838,400
		半壊		1,000	120,000	234,610	
		一部損壊		397,535	191,700	579,005	
		浸水		8,000	—	—	
	非住家被害	9,838	—	3,403,085			
土木 関係	河川	3,678,000	29,500	81,736	11,100	14,375,408	
	海岸		372,500	—	—		
	砂防		2,700	24,000	16,900		
	道路		115,150	1,771,686	584,470		
	橋梁		8,955	2,328	33,000		
	港湾	1,478,400	699,000	31,500	—		
	その他	148,218	—	—	649,500		
鉄道 関係	鉄道	5,060,827	986,754	—	50,000	1,500,000	
ライフ ライン 関係	上水道	68,345	34,130	45,233	16,230	327,747	
	下水道	—	—	—	—	—	
	電気	362,818	2,341	—	179,300	228,000	
	ガス	—	—	—	—	—	
	通信	757,280	10,050	—	30,600	—	
商工業 関係	商工鉱業	9,401,928	524,512	4,143,293	330,469	8,407,582	
農林 水産業 関係	農業	8,929,352	225,261	367,557	949,633	4,969,518	
	林業	2,663,316	26,260	813,900	2,111,046	1,623,972	
	水産業	828,279	394,458	678,865	16,630	299,000	
民生 文教 関係	病院・診療所	175,097	—	63,900	—	523,288	
	環境・衛生施設	3,520,853	—	—	17,716	121,748	
	文教	1,790,623	65,380	63,317	79,026	494,838	
その他	597,008	19,854	—	886,123	—		
総額	47,039,564	3,937,878	8,547,015	10,443,843	38,709,501		
文献	益子ほか (1968)	後藤ほか (1974)	静岡県 (1975)	大分県 (1975)	栗林ほか (1978b)		

付表 (つづき)  
Appendix (continued)

(単位：千円)

項目		地震名		宮城県沖地震	浦河沖地震	日本海中部地震	長野県西部地震
家屋関係	住家	全壊	59,959,134		130,000	15,840,000	14,000
		半壊			140,000	17,575,000	36,500
		一部損壊			675,000	5,962,000	51,700
		浸水			—	37,220	—
	非住家被害		18,926,380	—	62,000	30,797	
土木関係	河川		12,822,659	1,595,000	48,469,613	4,568,100	
	海岸		433,656	170,000	3,750,700	—	
	砂防		437,383	—	265,446	125,000	
	道路		5,005,793	—	14,064,930	6,820,100	
	橋梁		5,715,705	—	1,861,752	558,000	
	港湾		3,745,872	498,000	7,776,000	—	
	その他		—	—	1,829,800	—	
鉄道関係	鉄道		6,300,000	846,000	2,295,000	40,485	
ライフライン関係	上水道		1,733,399	5,000	397,000	84,990	
	下水道		838,453	—	—	—	
	電気		2,960,000	33,000	854,000	3,000,000	
	ガス		947,000	—	286,000	—	
	通信		850,000	81,000	885,000	78,000	
商工業関係	商工鉱業		95,753,230	1,437,000	22,278,000	825,362	
農林水産業関係	農業		12,494,208	3,834,000	36,786,000	482,600	
	林業		863,235	80,000	6,071,000	29,832,174	
	水産業		3,863,863	23,479	13,295,000	0	
民生文教関係	病院・診療所		595,327	—	—	60,250	
	環境・衛生施設		3,540,807	60,604	13,569,000	28,065	
	文献		7,593,504	112,000	3,217,000	146,863	
	その他		22,754,473	990,000	—	15,667	
総額			268,134,081	10,710,083	217,427,461	46,798,653	
文献			東京都 (1979)	国土庁 (1983)	国土庁 (1984)	消防庁 (1985)	

