

社会の防災力の評価に関する一考察（Ⅱ）

河田恵昭・柄谷友香*

*京都大学大学院工学研究科

要 旨

自然災害や疾病をはじめとするリスクの定量的な評価を行う場合、人命の社会的価値に関する議論を避けることはできない。本研究では、大規模な人的被害発生に伴う社会的価値の損失の評価手法を提案した。とくに、自然災害については、防災意識の経年変化を用いて、その社会的インパクトをモデル化した。これらを 1995 年の阪神・淡路大震災に適用した結果、人的被害による社会的価値の損失は約 10 兆円に達することがわかった。

キーワード：人命の社会的価値，平均寿命，防災意識，社会の防災力，間接被害額

1. はじめに

自然災害をはじめとするリスクの評価を行う場合、人命の社会的価値に関する議論を避けることはできない。例えば、交通の分野では、保険の概念に基づいて交通事故による人命の価値の損失を評価している（日本交通政策研究会，1994；財団法人 日本総合研究所，1998）。しかしながら、その他の災害や疾病などに起因した人命の価値の損失に関する評価手法については、いまだ確立されていないのが現状である。また、その評価自体に寄せられる批判も多く、それらは経済評価の考え方に対する誤解に根ざしている場合が少なくない。ここで重要なことは、リスクの評価を行う場合に用いる「人命の価値」の意味と、日常会話で用いられる「人命の価値」の意味との間には非常に大きな差異が存在することである。すなわち、稀少現象として生じる人命の損失について仮想的に議論する際の人命の価値と、人命の損失という具体的・個別的な事実と直面した場合における人命の価値の問題はまったく異質なものである（中村，1997）。本研究では、あくまでも前者の立場から人命の社会的価値を推定するこ

とにした。

大規模な自然災害による人的被害の発生状況と、交通事故や疾病によるそれとは、かなり異なった性質をもつ。例えば、1995 年の阪神・淡路大震災により、人命はもとより、交通施設をはじめとする多くの社会基盤施設が壊滅的な被害を受けたことは記憶に新しい。このような自然災害の発生に伴う被害の特徴は、異常な外力の発生頻度は非常に小さいものの、一度それが生起すれば、社会の脆弱性との関係もあって、きわめて甚大な被害を引き起こす可能性をもっている点にある。言い換えれば、巨大な自然災害が生じると、社会全体の崩壊につながる可能性があり、これを社会的集団リスクの問題として捉える必要があるといえる。一方、交通事故や疾病による人命の損失は、前者のものとはその性質が大きく異なる。すなわち、それが発生する頻度は相対的に大きいものの、その発生に伴う被害は自然災害によるものに比べると、ほとんどの場合、個別的といっていよいであろう。したがって、このような生起頻度が小さい自然災害に対して、常時万全の備えをしていくことは多大な費用を必要とするところから、近年において、その適切なレベルの検討が行われは

じめた。そこでは、自然災害に対するリスクの経済評価をどのようにするかということが重要な課題となっている。

そこで本研究では、昨年にひきつづき、大規模な人的被害発生に伴う社会的価値の損失を、平均寿命と GRP との関係を用いることによって評価した。また、住民の防災意識とその長期変化のメカニズムを分析し、モデル化することによって、自然災害が与える社会的インパクトの評価手法を提案した。さらに、これらの手法を 1995 年の阪神・淡路大震災に適用し、この際に発生した人的被害に伴う社会的価値の損失の推定を試みた。

2. 大規模な人的被害発生に伴う社会的価値の損失の推定

2.1 人的被害発生に伴う社会的価値の損失の概念とその推定手法

ある事象（災害・事故・疾病など）に起因する多くの人命の損失は、その死因による「損失余命」（寿命の短縮）によって表される。平均寿命はその基礎データとして人の属性（性別・年齢など）を含む優れた死亡指標であり、年齢別死亡率から年齢別死亡確率を導き計算される生命表によって得られる。この生命表は、現実の人口集団の年齢構造には影響されない形で、純粋にその集団の死亡状況のみを集約しているため、異なる集団の間で死亡状況を比較分析する際に欠くことのできないものである。また、そのような平均寿命の短縮に伴う社会的価値の損失をその事象による GRP（Gross Regional Products：地域内総生産）の低下、すなわち、その事象が起こらなかった場合に達成していたであろう GRP と、実際にその事象が起こってしまった場合に創出される GRP との差分であると定義する。なお、人口学の分野では、平均寿命と所得水準との間には、強い相関関係のみられることが指摘されている（濱ら、1997）。

Fig. 1 に示すように、平均寿命と GRP との相関関係を明らかにし、それらの関係を用いて、特定死因による損失余命に対する GRP の変化量を推定する。これをもって、その死因により発生した人的被害に伴う社会的価値の損失とした。なお、平均寿命と GRP との間には、これまでの研究から、数年間になたって次式のような線形関係が成り立つものと仮定した。

$$GRP_{x,i} = a_x \cdot e_{x,i} + b_x \quad (1)$$

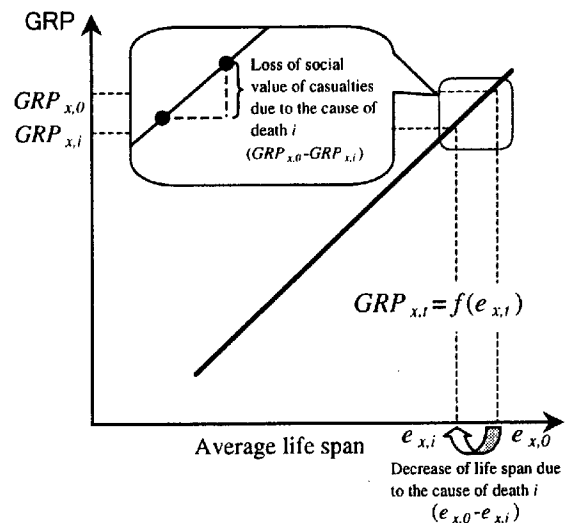


Fig. 1 Loss of social value of heavy casualties due to the cause of death i

ここに、 $GRP_{x,i}$ および $e_{x,i}$ は対象地域 x 、被災後第 i 期における GRP および平均寿命、 a_x は対象地域 x において平均寿命の単位延び当たり創出される GRP（平均寿命による GRP 創出効率）を表す。

ある事象（災害・事故・疾病など）の影響を除去した場合およびその影響を含む場合の GRP はそれぞれ次式のように表される。

$$GRP_{0,x,i} = a_x \cdot e_{0,x,i} + b_x \quad (2)$$

$$GRP_{1,x,i} = a_x \cdot e_{1,x,i} + b_x \quad (3)$$

ただし、下付き添え字の 0 および 1 は、それぞれ対象地域 x が被災しなかった場合および被災した場合に達成したであろう被災後第 i 期における GRP および平均寿命を表す。

したがって、特定死因による人的被害に伴う社会的価値の損失 $L_{GRP,x}$ は、次のようである。

$$\begin{aligned} L_{GRP,x} &= GRP_{0,x,i} - GRP_{1,x,i} \\ &= (a_x \cdot e_{0,x,i} + b_x) - (a_x \cdot e_{1,x,i} + b_x) \\ &= a_x \cdot (e_{0,x,i} - e_{1,x,i}) \end{aligned} \quad (4)$$

なお、ここで用いた「ある事象による影響を除去した場合の平均寿命」とは、次のように定義した。ある死因による死亡が全く除かれたと仮定すると、 x 歳でその死因によって死亡することを免れた人は、いずれ x 歳以後に他の死因で死亡することになる。すなわち、ある死因の影響を除去することにより、死亡時期が遅れることになり、その結果、平均寿命が延長する。したがって、本研究で対象とした死因ごとにそれぞれ生命表を作成することによって、そ

の死因が平均寿命に与える影響の大きさを把握した（山口ら，1995）。

2.2 阪神・淡路大震災での人的被害（死者）発生に伴う社会的価値の損失の推定

ここでは，前述した大規模な人的被害発生に伴う社会的価値の損失の評価手法を，1995年に発生した阪神・淡路大震災に対して適用した。なお，被災地域は兵庫県内とした。

Fig. 2 は，1980 年から 1990 年までの 5 年毎の兵庫県における平均寿命と実質 GRP との関係を男女別に示したものである（厚生省大臣官房統計情報部，1997；経済企画庁経済研究所，1998）。なお，ここで用いた実質 GRP とは，各年における名目 GRP を 1990 年基準価格（GRP デフレーター）によって調整した値である。これによると，統計の都合上，データ数は少なくなっているが，平均寿命と実質 GRP との間には，それぞれ強い正の相関関係があることがわかる。これらの関係を式(4)に適用すると，兵庫県における阪神・淡路大震災による人的被害発生に伴う社会的価値の損失 $L_{GRP,x}$ は，男女のいずれかで構成されたとすれば，それぞれ次のようになる。

$$\begin{aligned} L_{GRP,28}^M &= 2.60 \times (76.10 - 75.54) \\ &\approx 1.45 \text{ (兆円)} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} L_{GRP,28}^F &= 2.08 \times (82.68 - 81.83) \\ &\approx 1.77 \text{ (兆円)} \end{aligned} \quad (6)$$

なお，上付き添え字の M および F は，男子および女子の区別を表し，下付き添え字の 28 は被災地である兵庫県を示す。

式(5)および(6)により得られた結果は，それぞれ

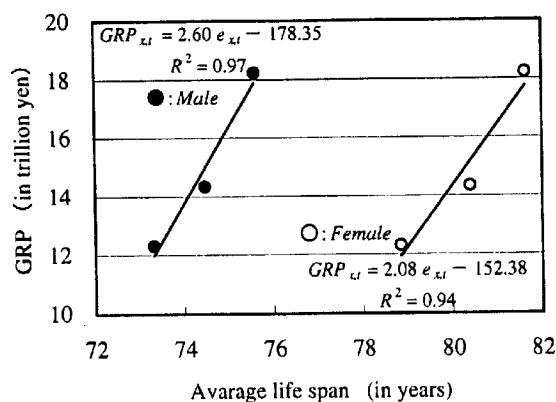


Fig. 2 Relationship between average life span and GRP at constant prices in Hyogo prefecture (Amounts were converted to fiscal year of 1990 values by GRP deflator)

阪神・淡路大震災による死者がすべて男子であった場合とすべて女子であった場合の社会的価値の損失を表すものといえる。そこで，阪神・淡路大震災による実際の男女別死者数の割合である男子：女子＝2,709：3,676 を用いて，これらの結果を比例配分すると，次のようになる。

$$\begin{aligned} L_{GRP,28} &= 1.45 \times \frac{2,709}{6,385} + 1.77 \times \frac{3,676}{6,385} \\ &\approx 1.64 \text{ (兆円)} \end{aligned} \quad (7)$$

したがって，2.1 で提案したモデルを，被災地を兵庫県として，阪神・淡路大震災に適用した結果，その際の人的被害による社会的価値の損失は約 1.64 兆円と推定された。

2.3 阪神・淡路大震災による負傷者の影響を含めた人的被害発生に伴う社会的価値の損失の推定

阪神・淡路大震災での人的被害はきわめて甚大なものであった。1995 年 12 月の厚生省の発表によると，兵庫県における死者数は 5,447 人（うち男 2,191 人，女 3,256 人）であり，負傷者についてはおよそ 40,000 人にものぼった。このことより，阪神・淡路大震災による負傷者の存在も無視できず，その影響を含めた社会的価値の損失の推定手法を提案する必要がある。阪神・淡路大震災での死者発生に伴う社会的価値の損失については，前述した結果を用いると，死者 1 人当たりには換算して約 2.5 億円になった。仮に，負傷者の統計的価値と死者のそれとの関係が明らかになれば，死者に関するデータを用いて負傷者による社会的価値の損失を推定することができよう。ここでは，Table 1 に示すように，1993 年に総務庁によって算出された，わが国における交通事故での死傷者 1 人当たり損失額の内訳を自然災害に適用することにした。これは，交通事故による

Table 1 Loss of casualties per capita due to road traffic accidents in Japan (the Management and Coordination Agency, 1993)

	(in thousand yen)		
	Dead	Seriously injured	Injured
Loss of casualties	31,533	9,374	644
Loss of facilities (motor vehicles, roads, etc.)	392	392	392
Loss of public sector	1,386	554	484
Others	1,046	242	57
Total	34,357	10,562	1,577

Table 2 Casualties due to the Great Hanshin-Awaji earthquake in Hyogo prefecture (the Fire Defense Board, 1996)

(in a person)				
Casualties	Dead / missing		6,394	
	Injured	Serious injured		8,574
		Slight injured		31,497
		Total		40,071

人的損害を考える上で、自動車事故による負傷者数やその障害度を把握することが極めて重要であるという観点から算出されたものであり、自然災害についてもこれと同様のことがいえる。これによると、わが国における交通事故での死亡による1人当たりの人身損失額は31,533千円、重傷（後遺障害）によるものは9,374千円、軽傷によるものは644千円となっている。なお、ここでの重傷とは自動車事故により後遺障害を被った場合を示し、軽傷とはそれ以外の傷害を対象としている。このデータに基づいて、阪神・淡路大震災における人的被害発生に伴う社会的価値の損失を推定してみよう。なお、阪神・淡路大震災での死傷者に関して用いたデータは消防庁の1996年12月26日発表のもの（本来ならば、1995年のものを用いるべきであるが、その当時は重傷と軽傷の区別がされていなかった）であり、それをTable 2に示す。

それでは、Table 1に示した交通事故による人身損失額の内訳である死亡：重傷：軽傷＝31,533：9,374：644という割合を用いて、阪神・淡路大震災における負傷者の影響を考慮したみかけの死者数 D_i を換算してみよう。なお、ここでのみかけの死者数とは、実際に発生した死者数、重傷者数の死者数への換算値および軽傷者数の死者数への換算値を合計したものとす。言い換えれば、死者1人当たりのもつ社会的価値が、重傷者あるいは軽傷者のその何人分に相当するのかを評価する訳である。これによると、みかけの死者数 D_i は、次のようになる。

$$D_i = 6,394 + 8,574 \times \frac{9,374}{31,533} + 31,497 \times \frac{644}{31,533} \\ \approx 9,586 \quad (\text{人}) \quad (8)$$

したがって、阪神・淡路大震災での負傷者の影響を含めた人的被害発生に伴う社会的価値の損失 $L'_{GRP,28}$ は、死者1人当たりの社会的価値の損失が約2.5億円であったので、次のように推定される。

$$L'_{GRP,28} = 2.5(\text{億円/人}) \times 9,586(\text{人}) \\ = 23,965(\text{億円}) \\ \approx 2.4(\text{兆円}) \quad (9)$$

また、負傷者に対して前述のような重傷と軽傷の区別がなされていなかった場合には、阪神・淡路大震災での負傷者の影響を含めた人的被害発生に伴う社会的価値の損失はどのようになるだろうか。

Table 1によると、わが国における交通事故での死亡による1人当たりの人身損失額は31,533千円、重傷（後遺障害）によるものは9,374千円、軽傷によるものは644千円であった。そこで、この中の重傷と軽傷の区別を取り除いた交通事故による人身損失額の内訳である死亡：負傷＝31,533：（9,374＋644）という割合を用いて、阪神・淡路大震災における負傷者の影響を考慮したみかけの死者数 D_i を換算してみた。その結果は以下のようである。

$$D_i = 6,394 + 40,071 \times \frac{(9,374 + 644)}{31,533} \\ \approx 19,125(\text{人}) \quad (10)$$

したがって、阪神・淡路大震災での負傷者の影響を含めた人的被害発生に伴う社会的価値の損失 $L'_{GRP,28}$ は、死者1人当たりの社会的価値の損失が約2.5億円であったことを考慮すると、次のように推定される。

$$L'_{GRP,28} = 2.5(\text{億円/人}) \times 19,125(\text{人}) \\ = 47,813(\text{億円}) \\ \approx 4.8(\text{兆円}) \quad (11)$$

この結果は、阪神・淡路大震災で発生した負傷者に、重傷と軽傷の区別を考慮した上で推定した社会的価値の損失のほぼ2倍に相当する。したがって、大規模な人的被害発生に伴う社会的価値の損失を、負傷者による影響も含めて推定する際には、少なくとも重傷および軽傷の区別を考慮する必要がある。また、それらが負傷者による損失額の中で占めるウェイトを明らかにすることが重要であるとともに、このことは今後の課題の1つであるといえよう。

2.4 主要疾病群による人命損失に伴う社会的価値の損失の推定

阪神・淡路大震災などの自然災害だけではなく、主要な疾病群による人命損失に伴う社会的価値の損失の推定についても、前述の概念に基づいて検討してみよう。ここでは、多数存在する疾病群の中から、現在、わが国の3大死因である悪性新生物（ガン）、心疾患および脳血管疾患をはじめとする主要9疾患を選択した。その対象地域および期間は兵庫県内および1995年の1年間とした。Table 3には、今回対

象とした9疾患とそれらの死因を除去した場合の平均寿命の延びを示した。

Fig. 2 に示した兵庫県における平均寿命と実質 GRP との関係を用いることによって、それぞれの死因での人命損失に伴う社会的価値の損失を推定した。ここでは、その一例として、悪性新生物による人命損失に伴う社会的価値の損失の推定方法を以下に示す。

もし仮に、1995 年の兵庫県において悪性新生物を死因とする死者が発生しなかったら、言い換えれば、死因である悪性新生物が完全に克服されたと仮定すれば、平均寿命はそれぞれ男子で 3.94 年、女子で 2.74 年延びることが Table 3 より明らかである。したがって、前述した概念に基づくと、1995 年の兵庫県における悪性新生物での人命損失による社会的価値の損失 $L_{GRP,28}$ は、それが男女のいずれかで構成されたとすれば、次のようになる。

$$\begin{aligned} L_{GRP,28}^M &= a_x \cdot (e_{0.28,1}^M - e_{1.28,1}^M) \\ &= 2.60 \times 3.94 \\ &\approx 10.2 \text{ (兆円)} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} L_{GRP,28}^F &= a_x \cdot (e_{0.28,1}^F - e_{1.28,1}^F) \\ &= 2.08 \times 2.74 \\ &\approx 5.69 \text{ (兆円)} \end{aligned} \quad (13)$$

なお、上付き添え字の M および F は、男子および女子の区別を表し、下付き添え字の 28 は被災地である兵庫県を示す。

式(12)および(13)により得られた結果は、それぞれ悪性新生物による死者がすべて男子であった場合とすべて女子であった場合の社会的価値の損失であるといえる。そこで、悪性新生物による 1995 年に

Table 3 Extension of average life span without any disease in Hyogo prefecture (1995)

Cause of death	(in years)		
	Male	Female	Average
Cancer	3.94	2.74	3.34
Heart disease	1.54	1.71	1.63
Brain disease	1.10	1.36	1.23
Lung disease	0.75	0.71	0.73
Liver disease	0.35	0.17	0.26
Kidney disease	0.15	0.19	0.17
Diabetes	0.12	0.13	0.13
High blood pressure disease	0.05	0.09	0.07
Tubercle	0.06	0.02	0.04

における男女別死者数の割合である男子：女子＝7,344：4,584 を用いて、これらの結果を比例配分すると、次のようになる（厚生省大臣官房統計情報部、1995）。

$$\begin{aligned} L_{GRP,28} &= 10.2 \times \frac{7,344}{11,928} + 5.69 \times \frac{4,584}{11,928} \\ &\approx 8.35 \text{ (兆円)} \end{aligned} \quad (14)$$

その他の死因による死者の社会的価値の損失についても、同様に推定した結果を Fig. 3 に示した。これによると、現在、わが国の3大死因である悪性新生物（ガン）、心疾患および脳血管疾患による人命損失に伴う社会的価値の損失は、8.35 兆円、3.56 兆円および 3.64 兆円となり、上位 3 位を占めている。また、これらによる人命損失に伴う社会的価値の損失は、対象とした9疾患による損失全体の約 8 割を占めることがわかった。

つづいて、対象地域を日本全国として、先ほどと同様の死因9項目の影響をそれぞれ除去した場合

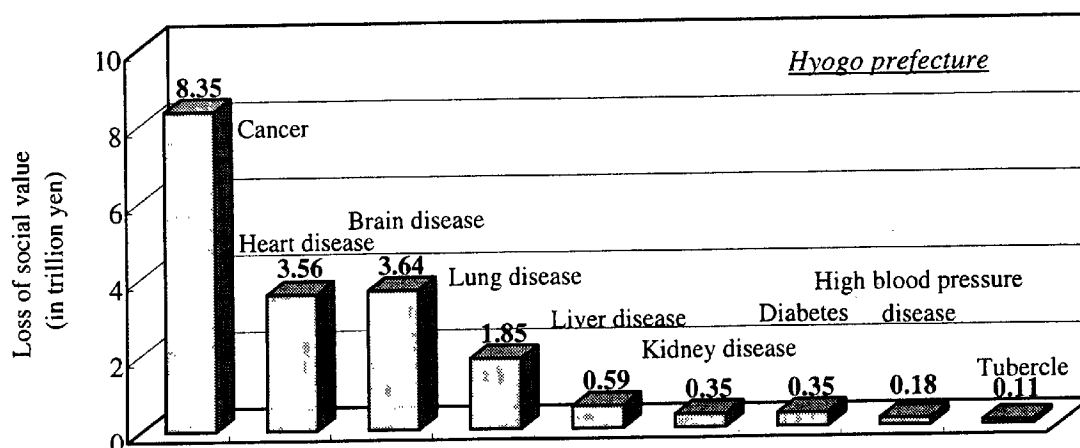


Fig. 3 Loss of social value of casualties due to 9 diseases in Hyogo prefecture (1995)

の平均寿命の延びおよびそれらによる人命損失に伴う社会的価値の損失を推定した。

Fig. 4 には、ここでの推定に用いた 1980 年から 1994 年におけるわが国の平均寿命と実質 GDP (Gross Domestic Product) との関係を示した (経済企画庁経済研究所, 1996)。なお、前述した兵庫県の場合 (Fig. 2) では、平均寿命の算定上、5 年毎のデータを用いたが、ここでは各年のデータを用いた。また、ここで用いた実質 GDP とは、各年における名目 GDP を 1990 年基準価格 (GDP デフレーター) によって調整した値である。これによると、平均寿命と実質 GDP との間には、それぞれ強い正の相関関係があることがわかる。これらの関係を用いて、日本におけるそれぞれの死因での人命損失に伴う社会的価値の損失を推定した。

Table 4 には、ここで対象とした 9 疾患とそれらの死因を除去した場合の平均寿命の延びを示した (厚生省大臣官房統計情報部, 1996)。これによると、もし仮に、1995 年の日本において悪性新生物を死因とする死者が発生しなかったら、言い換えれば、死因である悪性新生物が完全に克服されたと仮定すれば、平均寿命はそれぞれ男子で 3.84 年、女子で 2.76 年延びることが明らかである。また、その他の死因についても、これと同様の見方ができる。したがって、この結果と Fig. 4 で得られた平均寿命と実質 GDP との関係を用いて、前述した兵庫県のケースと同様の方法で、それぞれの死因での人命損失に伴う社会的価値の損失を推定すると Fig. 5 のようになった。これによると、現在、わが国の 3 大死因である悪性新生物 (ガン)、心疾患および脳血管疾患による人命損失に伴う社会的価値の損失は、190.34 兆円、84.60 兆円および 63.54 兆円となり、上位 3 位を占めている。また、これらによる人命損失に伴う社会的価値の損失は、対象とした 9 疾患による損失全体の約 8 割を占めることがわかった。

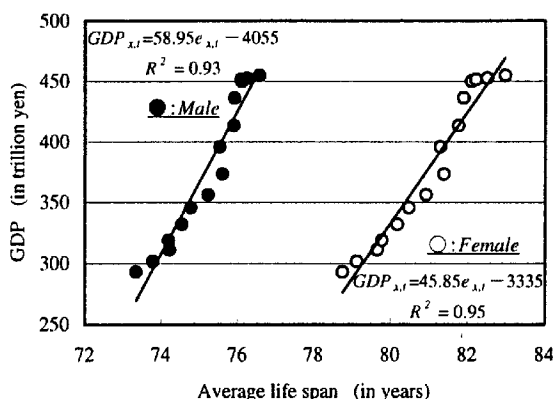


Fig. 4 Relationship between average life span and GDP at constant prices in Japan (Amounts were converted to fiscal year of 1990 values by GDP deflator)

Table 4 Extension of average life span without any disease in Japan (1995)

Cause of death	(in years)		
	Male	Female	Average
Cancer	3.84	2.76	3.30
Heart disease	1.49	1.56	1.53
Brain disease	1.42	1.73	1.58
Lung disease	0.79	0.78	0.79
Liver disease	0.28	0.13	0.21
Kidney disease	0.14	0.16	0.15
Diabetes	0.15	0.15	0.15
High blood pressure disease	0.05	0.10	0.08
Tubercle	0.05	0.02	0.04

3. 自然災害が与える社会的インパクトの評価

ここでは、住民の意識と、その長期変化のメカニズムを分析し、モデル化することによって、自然災害が与える累年的な社会的インパクトの評価を試みた。具体的には、1975 年および 1976 年に発生した

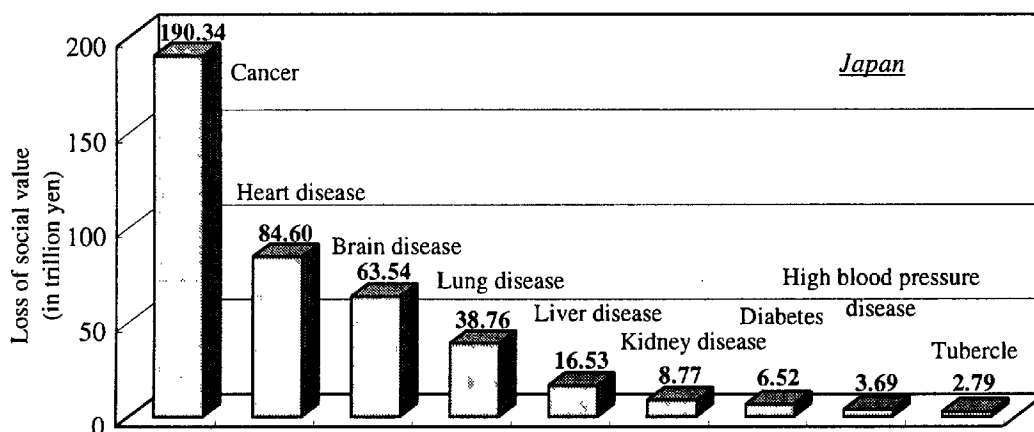


Fig. 5 Loss of social value of casualties due to 9 diseases in Japan (1995)

台風 5 号および 17 号による高知市民の防災意識の動向に着目する。また、このモデルによって得られた結果を阪神・淡路大震災に適用することにより、その際の大規模な人的被害発生に伴う累年的な社会的インパクトを考慮した社会的価値の損失の推定を行う。

3.1 1975 および 1976 年における高知県の氾濫災害の概要

(1) 1975 年の台風 5 号による氾濫被害

8 月 12 日にカロリン群島の北方 350km の海上付近で発生した台風 7505 号は、17 日 9 時頃宿毛市付近に上陸した。その時の勢力は中型の並で中心気圧は 960hPa、最大風速 40m/s であり、風速 25 m/s の半径は東側 200km、西側 110km であった。四国西岸を通ったため高知県にとっては最悪のコースとなり、県中部に長時間にわたり南風が吹き込み、強雨が続いたために大災害が発生した。県全域にわたって 200mm を越す大雨で、とくに県中部の山沿い地方は 800mm 以上の大雨となり、仁淀川の流域でとくに大きな洪水氾濫、土砂災害が発生した。なお、高知市内でも 353mm の雨量が記録されている。**Table 5** に示すように、高知市での被害を挙げると、人的被害は死者 2 人、負傷者 1 人、建物被害は全壊 6 棟、半壊 6 棟、床上浸水 3,888 棟、床下浸水 6,304 棟となっている。

(2) 1976 年の台風 17 号による氾濫被害

台風 7617 号は 9 月 3 日 9 時にトラック島の北西海上で発生した。9 日早朝沖縄に達するまでの間に中心気圧 910mb にもなった。その後北上して九州南西海上に達した後、10 日 21 時から 12 日 9 時に至る 36 時間は停滞を続け、長崎付近に上陸するまで大型で強い勢力を保った。このように台風が中心が高知県から 500km 以上も離れているにもかかわらず、高知県は未曾有の集中豪雨に襲われている。この 10 日から 12 日の間南方海上から湿舌が入り込み、それは土佐湾沿岸を中心に、四国、近畿、中部地方にまで広がった。この豪雨で岐阜県の長良川の右岸堤が破堤したことは有名であろう。高知県中部と東部の山間部で総雨量は 1,300mm を超えた。11 日床下浸水した神田川流域の住民は台風 7505 号の苦い経験から、浸水がひどくならないうちに避難したので、山すその住宅が土砂で埋まったにもかかわらず人的被害はなかった。また、12 日 18 時頃には、猛烈などしゃ降りとなり、床上浸水が特に多くなった。台風 7617 号による被害の特徴は、高知市を貫流する鏡川流域に被害が集中したことである。高知市での被害は、**Table 5** に示すように、人的被害は

Table 5 Flood damages in Kochi city and Kochi prefecture (1975 and 1976)

Typhoon No.		No.7505	No.7617
Date of occurrence		1975.8.16 ~8.17	1976.9.8 ~9.13
Casualties	Dead	2 (72)	3 (6)
	Missing	— (5)	— (3)
	Injured	1 (256)	3 (6)
	Total	3 (333)	6 (15)
Building damages	Ruined	6 (679)	45 (83)
	Half ruined	6 (1,481)	44 (92)
	Partially ruined	4 (11,327)	15 (128)
	Flooded above the floor	3,888 (12,564)	11,720 (13,450)
	Flooded below the floor	6,304 (19,734)	20,433 (23,685)
	Non-resident houses	78 (3,659)	30 (72)
	Total	10,286 (49,444)	32,287 (37,505)

() shows in Kochi prefecture

死者 3 人、負傷者 3 人、建物被害は全壊 45 棟、半壊 44 棟、床上浸水 11,720 棟、床下浸水 20,433 棟で、それらの値は台風 7505 号の際のおよそ 3 倍にも及んでいる。この水害は、高知市では典型的な内水氾濫災害であった。

3.2 高知市民の防災意識

高知市では 1974 年以来、ほぼ 3 年毎に市民を対象としてアンケート調査を行っている。この調査内容は、市民生活一般に関する満足度や市政に対する要望などをたずねるものであり、いずれも 20 歳以上の約 4,000 人の高知市民を対象としている。その中から、防災への関心を問う設問として「市政全般をみわたして、とくに力を入れて欲しいと望む施策は何か」という設問に対して、設定された回答例 26 項目のうち「防災対策」と答えた人の割合を防災への関心度として用いた。

Fig. 6 は、1974 年から 1998 年までの高知市における防災への関心度およびその順位の経年推移を黒丸および白丸で示したものである（高知市、1974-1998）。これによると、図中の白丸およびその上に付した数値で示すように、1982 年までの 8 年くらいは、防災対策が 1 位であった。ところが、それ以

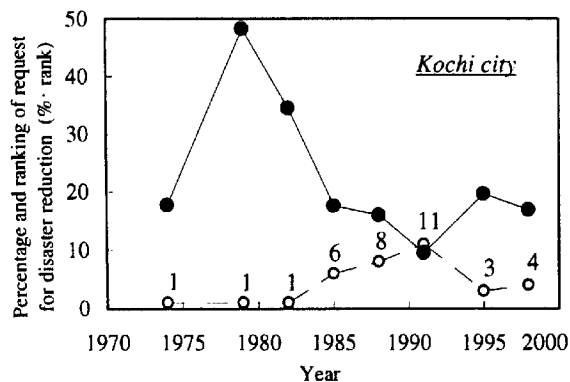


Fig. 6 Changes of percentage and ranking of concerns for disaster prevention in Kochi city

降徐々に関心が薄くなり、1985 年では 6 位、1988 年では 8 位にまで後退し、1991 年には回答例 26 項目中 11 位と低下した。一方、防災への関心度を表す黒丸によると、防災への関心度は 1979 年に約 50% まで上昇しているが、その後徐々に低下し、1991 年には 10% を下回っていることがわかる。このことから、1976 年の台風 17 号の影響により住民の防災意識は急速に高まったが、それ以後 15 年以上にわたり特に大きな災害が発生しなかったために、防災意識は風化していったものといえる。ちなみに、高知市が自然災害に対する住民の意見を聞いているが、その答えの多くが「1975 年および 1976 年の災害以来、特に大きな災害がないことによる、経過年数に伴う意識の薄れ」と「河川改修や下水工事の進捗による治水への安心」にまとめられた。このように、甚大な被害を伴う災害が発生すると、地域住民にはそれが 8 年間ぐらい日常的な最関心事項になっており、また、これには関連の復旧事業の主たるものがその程度の期間継続することも影響していると考えられる。このことは、被災から 8 年経過した前後に、的確なタイミングをもって防災訓練や防災教育を徹底すれば、再び住民の防災への関心を高めることができる可能性を示唆しているといえよう（河田ら、1993）。

また、1995 年になると、その順位はトップでないものの再び 3 位と上昇している。これについては、阪神・淡路大震災による影響を間接的に受けたものと考えられる。当初、高知市での震度は 4 であり、直接的な被害はそれほど大きくなかったが、複合災害や二次災害への不安感、もしくは、過熱した報道機関のニュースなどマスコミの影響が顕著に表れたものと思われる。四国という地形条件を考えても、阪神・淡路大震災時における六甲アイランドにみられたように、被災地からの交通アクセス不能などに

より、文字通り「陸の孤島」となる恐れを感じることも少なくないであろう。

なお、このように被災地から離れた地域が、別の地域で発生した災害の影響を間接的に受けることは決して稀ではない。例えば、静岡県が定期的に行っている「東海地震についての県民意識調査」によれば、東海地震に非常に関心のある人の割合は、阪神・淡路大震災以前の 1993 年には 32.3% であったが（通年、ほぼこの水準を示す）、震災時の 1995 年には 44.0% にまで上昇した。しかしながら、震災後 2 年経過した 1997 年には 34.5% であり、震災以前の水準に逆戻りしていることが明らかになっている（静岡県総務部地震対策課、1998）。

3.3 防災意識の長期変動モデル

ここでは、高知市を対象地域に取り上げ、1976 年の台風 17 号による氾濫災害を起点とした防災意識の変遷過程のモデル化を試みた。すなわち、前節で取り上げた高知市民意識調査の結果を被災後 15 年間にわたって追跡した。ここで、被災後 15 年間の結果を用いたのは、前述したような 1995 年の阪神・淡路大震災の影響を取り除くためである。3.2 で示した「高知市民のもつ防災対策への関心度」をもって、防災意識を表す指標とし、防災意識の減衰モデルを導出した。このように防災意識の活性度を間接的に測定する手法を提案している研究の 1 つとしては、杉森ら（1994）の研究が挙げられる。この手法は、長崎大水害後の 10 年を対象として、地域コミュニティの防災意識の活性度とその推移過程を、地元の新聞の報道量とその内容に着目して推定している。その結果、防災意識の時系列曲線が、時間の経過とともに逓減する形をとることなどを明らかにしている。しかしながら、新聞報道とその時点の社会の防災意識との間に相互作用関係がどの程度あるのか、また、前者が後者を規定するのか、あるいはその逆であるのかという問題を含んでいる。本研究では、被災地域の住民に対して、防災への関心度を直接的にたずねた結果を用いているという点で、このような問題を解決したといえる。

さて、自然界における様々な生長、衰退、減衰、例えば細菌や植物の増殖あるいは放射能の減衰を一般的に表現する数学原理として指数法則がある。また、社会科学の分野で、出生率が死亡率を上回る場合、人口は幾何級数的に増大する、とした有名なマルサスの法則も指数法則である（辻本ら、1995）。指数法則をもっとも簡単に説明するものは、

$$\frac{dy}{dt} = \alpha y \quad (15)$$

なる微分方程式である。ここで、 y は対象としている事象の測度、 α は定数である。式(15)の意味するところは、時刻 t における事象の変化量は時刻 t における事象の状態に依存する、というものである。そこで本研究では、社会学を含む広い分野の現象を表現したいということから、次のような指数関数を基本原理として仮定した。

$$y(t) = y(0)\exp(-\alpha t) \quad (16)$$

 $y(t)$: 被災後第 t 期における防災への関心度 $y(0)$: 被災時における防災への関心度 α : 定数

Fig. 7 は, Fig. 6 において用いたデータに基づいて, 横軸に時間 t , 縦軸に防災に対する関心度 $y(t)$ をとって, 1976 年を災害発生年 ($t=0$) とすることにより, 作成したものである。また, Fig. 7 に示されている曲線は, 調査年にプロットされた防災への関心度に対して, (16)式により対数変換した上で, 最小二乗法による線形回帰の結果に基づいて描いたものである。この回帰分析により変数 $y(0)$ および α の推定値を求めると, 次のような結果が得られた。

$$\begin{aligned} y(0) &= 0.71 \\ \alpha &= -0.13 \\ y(t) &= 0.71 \exp(-0.13t) \\ R^2 &= 0.97 \text{ (相關係數)} \end{aligned} \quad (17)$$

このようにして得られた防災意識の時系列曲線は、時間の経過とともに、逓減する形をとることがわか

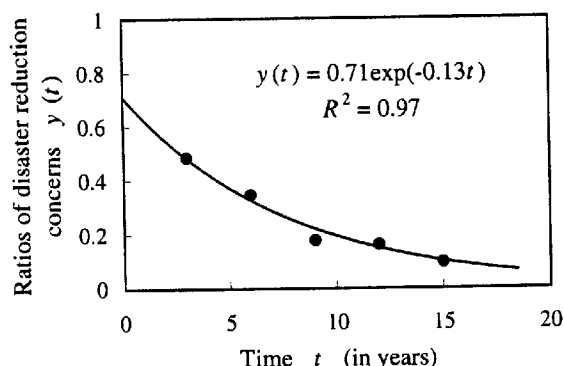


Fig. 7 Changes of ratios of disaster reduction concerns (Weathering curve of disaster lessons)

った。このことは、防災意識が被災後からの時間の経過とともに指数関数的に風化する性質をもつことを示している。ここでは、このような防災意識の長期変動を表す曲線を「防災意識の風化曲線」とよぶことにした。

3.4 自然災害が与える社会的インパクトの評価

ここでは、3.3 でモデル化した「防災意識の風化曲線」を用いて、自然災害が社会に与える累年のインパクト（社会的インパクトとよぶ）の大きさを評価する方法を提案した。

Fig. 8 には、「防災意識の風化曲線」に基づいて、自然災害が与える社会的インパクトの大きさを表す概念図を示した。この図において、曲線①は防災意識の風化曲線であり、自然災害が発生した場合における防災意識の活性度の時間的推移を表す。これは、繰り返しいうが、災害発生時から徐々に減衰していく防災意識の水準を示している。

一方、直線②は自然災害が発生しなかった場合に得られたであろう防災意識の水準、すなわち「通常における意識水準」を表し、これを L_0 とする。

これらより、曲線①から直線②を引いて得られる曲線③は、自然災害の影響による防災意識の増加分の推移を表すものといえる。この曲線③は次式のように表される。

$$\begin{aligned} y_{(3)} &= y_{(1)} - y_{(2)} \\ &= y(0) \exp(-\alpha t) - L_0 \end{aligned} \quad (18)$$

また、曲線①と直線②の交点において x 軸の示す値 t_c は、自然災害が社会に影響を及ぼす期間、すなわち復旧・復興期間に相当するものと考えられる。これは、災害を「環境の急激な変化によって、その

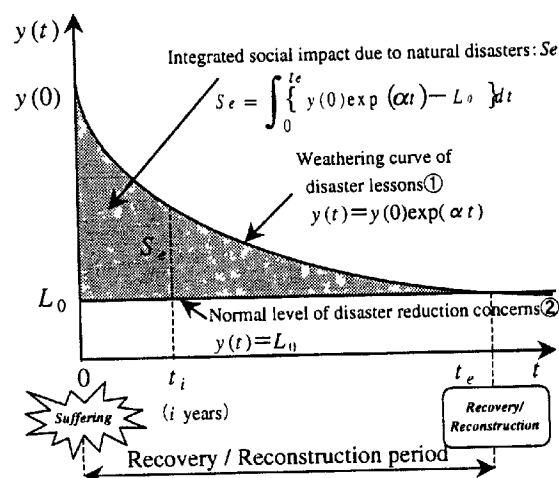


Fig. 8 Social impact due to natural disasters

地域に暮らす人々のそれまでの生活様式の維持が困難になる事態である（林，1996）」と定義すると、これらの人々が復旧・復興対策によって、災害が発生する以前に営んでいた生活様式を取り戻し、維持できる状態になるまでに費やされる期間であるといえよう。

したがって、以上を考慮した結果、被災後第 i 期において自然災害が及ぼす社会的インパクトの大きさは、災害発生時 ($t=0$) から t_i 年後までの自然災害による防災意識の増加分の総和（積分した面積分 S_i ）であると定義する。このことは次式で表される。

$$S_i = \int_0^{t_i} \{y(t) \exp(\alpha t) - L_0\} dt \quad (19)$$

この S_i をもって、被災後から t_i 年後までに自然災害が及ぼす累年の社会的インパクトを評価することにした。

4. 大規模な人的被害発生に伴う社会的インパクトを考慮した際の社会的価値の損失推定

2.2 において兵庫県における阪神・淡路大震災で発生した人的被害に伴う社会的価値の損失を平均寿命と実質 GRP との関係を用いて推定したところ、約 1.64 兆円という結果が得られた。前述したように、このような生起頻度は小さいものの、一度起これば甚大な被害を引き起こす可能性をもつ自然災害に対しては、疾病や事故と区別して、社会的集団リスクの問題として捉える必要がある。したがって、ここでは 3.4 で提案した自然災害による社会的インパクトの大きさを考慮することによって、再度、阪神・淡路大震災で発生した人的被害に伴う社会的価値の損失を推定してみよう。

まず、Fig. 7 に示した防災意識の風化曲線を表す式を求める。これについては、式(17)に示したとおりである。

つぎに、3.4 で提案した自然災害が発生しなかった場合に得られたであろう防災意識の水準値 L_0 を求める。ここでの風化曲線は高知市におけるデータに基づいて得られたものであり、本来ならば、通常の水準値も高知市のデータに基づいて決定すべきであろう。しかしながら、1974 年に得られたデータは、1970 年に発生した台風 10 号による高潮災害の影響（高知市において死者 3 人、負傷者 159 人）を受けているものと考えられ、それ以前にアンケート調査は行われていない。また、1995 年以降のデータは、前述したように、同年に発生した阪神・淡路

大震災の影響を受けているため、単純に防災意識の通常水準として用いることは難しい。そこで、ここで用いた高知市での意識調査の内容とほぼ同様な設問をたずねている神戸市での市民全世帯アンケートの結果を用いることにした（神戸市長室広報相談部公聴課，1994；神戸市市民局公聴課，1996）。この「神戸市民全世帯アンケート」は、1970 年に第 1 回目の調査が実施されて以来、1996 年までに 18 回行われてきた。この中で、「市政への要望」の設問は、その実施時期によって若干の設問内容の相違はみられるが、大部分の項目は 1981 年の第 11 回調査以来一貫しており、いわば市政における各分野の持つウェイトの長期的時系列比較の役割を果たしてきたものといえる。また、その設問の内容については、高知市で行ったものとほぼ同じである。

Fig. 9 には、1981 年から 1996 年までに、神戸市において実施された市政への要望の中で、「防災対策」を選択した人の割合を示した。これによると、1982 年と 1996 年に防災対策に占める割合が上昇しているが、それ以外はほぼ 6% 前後で推移していることがわかる。1982 年のデータの上昇については、1981 年に発生した台風 10 号や 1982 年に発生した台風 10 号をはじめとする風水害の影響を受けたものと考えられる。また、1996 年のデータが、阪神・淡路大震災の影響を大きく受けていることはいうまでもない。したがって、今回用いる防災意識の水準値は、これら 1982 年と 1996 年を除いた調査年におけるデータを平均した値、すなわち 6.4% とした。ここで、3.3 で得られた防災意識の風化曲線に、この結果を踏まえると Fig. 10 のようになる。この値 ($L_0=0.064$) を用いて、阪神・淡路大震災の影響期間（復旧・復興期間） t_e を求める。まず、式(17)を変形すると次のようになる。

$$t = -\frac{1}{0.13} \ln \frac{y(t)}{0.71} \quad (20)$$

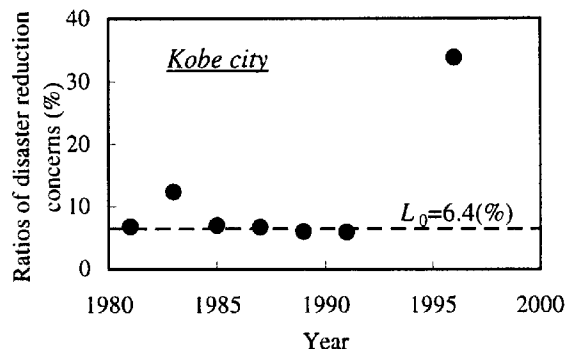


Fig. 9 Changes of ratios of concerns for disaster lessons in Kobe city

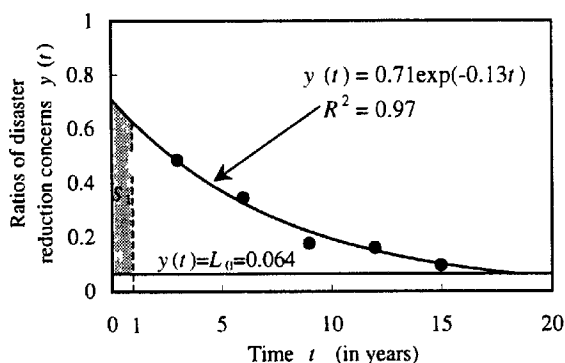


Fig. 10 Changes of ratios of disaster lessons

式(20)より、災害影響期間 t_e ($y(0)=0.064$ とした際の時間 t) は、18.5 年であると推定された。さて、震災後 1 年間（統計上の制約があるため、年単位とする）の人的被害による社会的価値の損失は 1.64 兆円であった。そこで、これに相当する社会的インパクトを求めてみよう。これについては Fig. 10 中の S_1 部分に相当し、これを式(19)によって求めると 0.60 となった。これと同様の方法を用いて、災害の影響期間（復旧・復興期間）全体にわたって社会に与えるインパクトを求めると、3.79 と推定された。このことから、被災後から復旧・復興完了時までに自然災害が与える社会的インパクトは、被災後 1 年間に与える社会的インパクトの約 6 倍以上にも拡大することがわかった。

したがって、社会的インパクトを考慮した場合の阪神・淡路大震災での人的被害に伴う社会的価値の損失 L_i は次式によって求められる。

$$\begin{aligned}
 L_i &= L_1 \cdot \frac{S_i}{S_1} \\
 &= 1.64 \times \frac{3.79}{0.60} \\
 &= 10.4 \text{ (兆円)}
 \end{aligned} \tag{21}$$

以上より、阪神・淡路大震災での人的被害（死者）による社会的価値の損失は、累年的な社会的インパクトの概念を考慮した結果、およそ 10.4 兆円に達することが明らかになった。

また、この結果が阪神・淡路大震災時の直接被害額とほぼ一致していること、さらに世界各国において過去に発生した大規模な自然災害による直接被害額と間接被害額の比が統計的にはほぼ 1 対 2 であることを考慮すると、本手法で得られる人的被害発生に伴う社会的価値の損失によって、来るべき自然災害に伴う間接被害額を推定することが可能であるといえよう。

5. おわりに

本研究では、大規模な人的被害発生に伴う社会的価値の損失の評価手法を提案し、その手法を 1995 年の阪神・淡路大震災に適用した。得られた結果は、次のように要約される。

- 1) 阪神・淡路大震災での人的被害発生に伴う社会的価値の損失は、被災地を兵庫県とした場合、被災後の 1 年間に於いて約 1.64 兆円と推定された。
- 2) 防災意識の推移過程を把握することは、その後行うべき防災対策に有効であり、災害発生年から少なくとも 15 年以上にわたって追跡調査を行うことが望ましい。
- 3) 防災意識は、被災後からの時間の経過に伴い指数関数的に減衰する。この関係に基づいて、自然災害が与える社会的インパクトの評価手法を提案した。
- 4) 3) の評価手法によって得られた社会的インパクトを考慮した結果、阪神・淡路大震災での人的被害発生に伴う社会的価値の損失は、災害発生時から復旧・復興完了時までに約 10.4 兆円に達することが推定された。
- 5) 本研究で提案した大規模な人的被害発生に伴う社会的価値の損失の評価手法によって、過去に発生した巨大大自然災害、あるいは来るべき災害による間接被害額を推定することが可能である。

今後は、本研究で提案した手法を、わが国のみならず世界各国で発生した巨大大自然災害にも適用することによって、その妥当性を検討するとともに、これらの結果を有効な防災投資の判断に役立てていきたい。

参考文献

- 河田恵昭・玉井佐一・松田誠祐 (1993)：水害常襲地域における災害文化の育成と衰退，京都大学防災研究所年報，第 36 号 B-2，pp.615-639。
- 経済企画庁経済研究所 (1996)：国民経済計算年報（平成 8 年版），561p。
- 経済企画庁経済研究所 (1998)：県民経済計算年報（平成 10 年版），615p。
- 厚生省大臣官房統計情報部 (1995)：平成 7 年人口動態統計，厚生統計協会。
- 厚生省大臣官房統計情報部 (1996)：平成 7 年簡易生命表，厚生統計協会，49p。

- 厚生省大臣官房統計情報部（1997）：平成 7 年都道府県別生命表，厚生統計協会。
- 高知市企画課（1974）：高知市民生活意識調査の分析，46p.
- 高知市企画課（1979）：高知市民生活意識調査の分析，48p.
- 高知市企画部市長公室秘書広報課・自治活動課（1982）：広報・公聴アンケート結果報告書 第 1 部，第 2 部，第 3 部。
- 高知市（1985）：昭和 60 年度 市民意識調査，86p.
- 高知市（1988）：昭和 63 年度 高知市民アンケート分析報告書，138p.
- 高知市（1991）：平成 3 年度 高知市民意識調査，131p.
- 高知市（1995）：平成 7 年度 高知市民意識調査—調査結果報告書—。
- 高知市（1998）：平成 10 年度 高知市民意識調査，pp.1-36.
- 神戸市市長室広報相談部公聴課（1994）：神戸市民全世帯アンケート データ集 第 1 回～第 17 回（昭和 45 年度～平成 5 年度），213p.
- 神戸市市民局公聴課（1996）：平成 8 年度神戸市民全世帯アンケート報告書 がんばろう神戸！復興に向けて，164p.
- 財団法人 日本総合研究所（1998）：道路投資の評価に関する指針（案），pp.59-71.
- 静岡県総務部地震対策課（1998）：平成 9 年度 東海地震についての県民意識調査 報告書，300p.
- 杉森直樹・矢森克也・岡田憲夫（1994）：防災意識の長期変動に関する基礎的考察，水資源研究センター研究報告，第 14 号，pp.67-78.
- 辻本 誠・江本哲也・井上すみれ・掛川秀史（1995）：事故・災害による人命リスクについての一考察，日本建築学会計画系論文集，第 467 号，pp.137-144.
- 中村英夫（1997）：道路投資の社会経済評価，東洋経済新報社，408p.
- 日本交通政策研究会（1994）：道路交通事故の社会的・経済的損失，日交研シリーズ，A-166.
- 濱 英彦・山口喜一（1997）：地域人口分析の基礎，古今書院，235p.
- 林 春男（1996）：情報システム—防災 CALS の確立—，京都大学防災研究所公開講座（第 7 回），pp.77-89.
- 山口喜一・南條善治・重松峻夫・小林和正（1995）：生命表研究，古今書院，332p.

Study on Estimation of Disaster Prevention Potential (II)

Yoshiaki KAWATA and Yuka KARATANI*

* Graduate School of Engineering, Kyoto University

Synopsis

When we estimate risk to life due to natural disasters and diseases, it is necessary to discuss the social loss estimation due to human casualties. However, no method has been established to estimate it. The objectives of this paper are to propose the estimation method of loss of social value of human lives with the relationship between GRP and average life span. Especially, for natural disasters, we tried to define the social impact using disaster reduction concerns. We applied this method to the Great Hanshin-Awaji Earthquake disaster. As a result, estimated loss of social value could reach about 10 trillion yen.

Keywords: social value of human life; average life span; a sense of disaster; disaster prevention potential; indirect loss