

建設業における労働安全衛生マネジメントに関する 研究：労働者の年齢を評価基準とした災害発生率分 析

小山田，英弘
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

松藤，泰典
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

小山，智幸
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

山口，謙太郎
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

<https://doi.org/10.15017/19029>

出版情報：都市・建築学研究. 3, pp.141-148, 2003-01-15. 九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門
バージョン：
権利関係：

建設業における労働安全衛生マネジメントに関する研究 —労働者の年齢を評価基準とした災害発生率分析—

Study on Occupational Safety and Health Management for Construction Industry
—Analysis of the Accident Occurrence Rates based on Age of Workers—

小山田英弘*, 松藤泰典*, 小山智幸*, 山口謙太郎*

Hidehiro KOYAMADA, Yasunori MATSUFUJI, Tomoyuki KOYAMA
and Kentaro YAMAGUCHI

In this paper, to establish the occupational safety and health management system for construction industry, the accident occurrence rates and patterns were analyzed on the basis of the age of workers as the factor of skillfulness and physical strength. It was quantitatively shown that the risk of accident was high on the inexperienced workers or the aged workers. So the more improvement of facilities, work management, countermeasure to fatigue and health care were expected for the aged workers. On the other hand, for the young workers, safety and health education before/after employment was the most urgent need.

Keywords : *Safety and Health Management, Accident Occurrence Rates, Age of Workers, Skillfulness*
安全衛生マネジメント, 災害発生率, 労働者年齢, 熟練度

1. はじめに

建設系労働災害は、近年減少傾向にあるものの、死亡者数において全産業の約4割、死傷者数において約2割を占めている。全産業の約1割に過ぎない建設業に従事する労働者の死亡災害が全産業の約4割を占めることは、重大な社会的、経済的損失であり、建設関連業界の重要課題として取り組まれているところである。

一般に工業生産は、環境、その他の境界条件が比較的安定した、恒久的な工場で行われるのに対して、建設生産は仮設構造物の中で行われ、工事毎に境界条件が異なる特異性を有する。このことが建設工事における災害防止を妨げる大きな要因となっているにも関わらず、現状では、現場生産に起因する境界条件の変動とその結果である建設労働災害との因果関係に関する研究が体系化されていない。

一方で、労働災害は、さまざまな要因が単独で、あるいは相互に影響しながら発生し、統計的には災害の型や傷害の程度として現れる。建設労働災害の要因には、仮設、工事規模、工事種類、気候など対象となる建築環境に由来する環境要因と、労働者個人の属性に

由来する個人要因とに区別でき、個人要因には、年齢、経験、不安全行動、ヒューマンエラーなどがある。

個人要因の中で、経験は、作業効率や知識の向上といった熟練度と直接的に関係し、熟練度の上昇は生産性の向上、作業余裕の増加、知識の向上などを伴うことで、結果として災害発生率の低下が期待される。これに対して、加齢に伴い体力は低下し、生産性の低下のみならず、労働災害に関しては災害回避能力の低下や災害発生時の傷害の程度が重傷化することが予想される。就業後の経験年数は、入離職数の就業者総数に占める割合がごく僅かであることから、労働者の年齢とほぼ一対一に対応する。したがって、熟練度や体力の低下は、年齢を説明変数とした現象として評価が可能である。このように、労働者の年齢は、災害発生の大きな要因であり、特に建設業では、高齢化、空洞化が問題視されて久しいにも関わらず、年齢を基準とした詳細な検討が行われている例は少ない。

本研究は、1975年度（昭和50年度）から2001年度（平成13年度）まで、過去約25年間の各種統計資料¹⁾⁴⁾を用いて、建築工事の四大管理項目の一つである労務管理を行う上で、管理基準値となる労働者の年齢と災害発生率の関係について、経験および体力の影響を検討し、年齢を基準とした災害危険率の評価を試みたものである。

*都市・建築学部門

2. 年齢を基準とした就業者構成率の分析

2.1 年齢階級別就業者構成率

労働者の年齢を基準とした災害発生率の分析を行うにあたり、はじめに各年齢層の労働者数の構成について検討を行った。図1は建設業、図2は製造業について、1975年度から1999年度まで、3年ごとの年齢階級別就業者数から、この間の総数の変化による影響を考慮して、全体に占める割合（以下構成率）で示したものである。なお、製造業は作業環境が恒久的であり、災害発生に及ぼす環境要因の影響が小さいことから比較対照として検討を行ったものである。

年齢区分は、労働調査年報（総務庁）に倣い、19歳以下、20～24歳、25～29歳、30～34歳、35～39歳、40～44歳、45～49歳、50～54歳、55～64歳、65歳以上の10階級とした。

図1および図2から、建設業、製造業いずれもピークが低年齢層から中間年齢層、高年齢層へ移動してい

ること、現在55歳以上の高年齢層の比率が高いことがわかる。このピークは、最も人口の多い年齢層によるもので、2001年10月現在では、50～54歳の年齢階級にあり、総人口中の構成率は8.66%、15歳～70歳人口に占める割合は10.08%である。なお、就業者構成率では13.55%となっている。また、労働行政においては高年齢層を50歳以上として、労働環境や労働災害に関する対策が検討されているが、2001年度について、建設業と製造業を比較すると、50歳以上の構成率は、建設業で39.7%、製造業で36.7%である。さらに55歳以上および65歳以上の構成率でみると、建設業で24.1%、6.3%、製造業で21.5%、4.7%であり、建設業の方が高年齢層の比率が高い。一方で、2001年度の各年齢層における人口に対する就業者数の割合は、60歳未満の全年齢層で70%超、60～69歳では、35%超である。70歳以上では、就業者比率は低下するが、実数では65～69歳の約9割の225

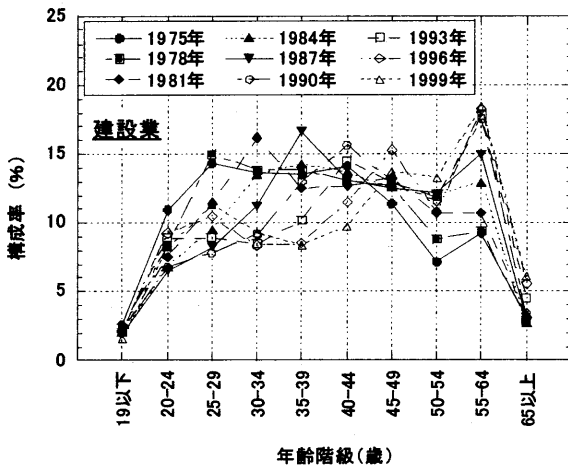


図1 年齢階級別就業者構成率(建設業)

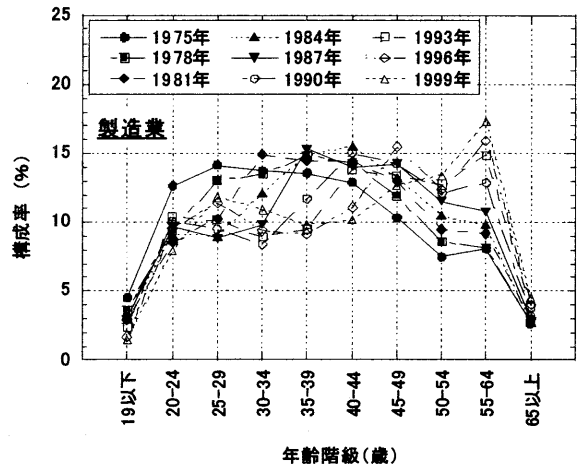


図2 年齢階級別就業者構成率(製造業)

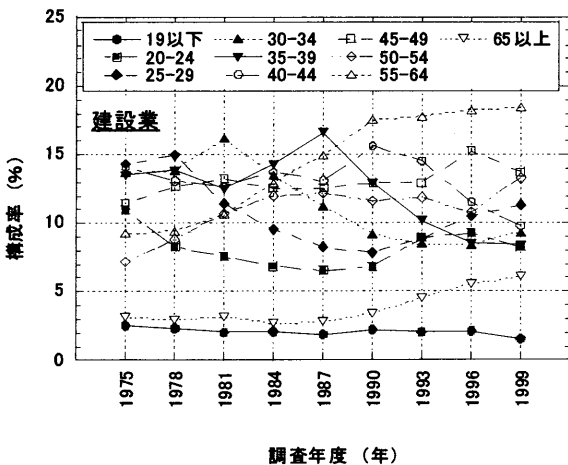


図3 就業者構成率の推移(建設業)

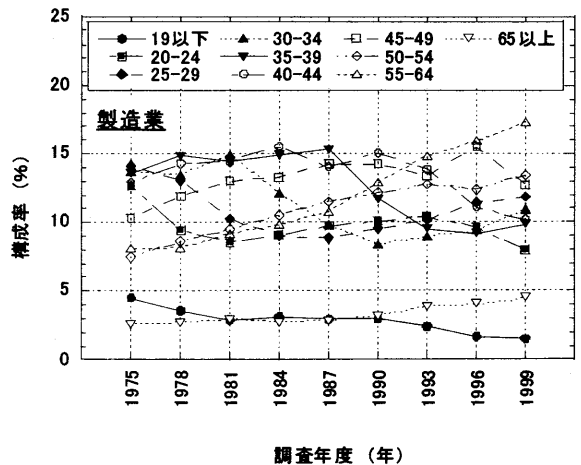


図4 就業者構成率の推移(製造業)

万人である。このように、ほとんどの就業者が60歳まで、60歳以上でも相当数が就業状態にある。現在のピーク年齢層が50～54歳であることから、今後、更なる高年齢者層の増加が予想される。

2.2 就業者構成率の推移

図3は建設業、図4は製造業について、各年齢層別の就業構成率の推移を示したものである。

建設業では、19歳以下が長期的には低下傾向にあり、55～64歳は、1990年まで上昇し、以降現在までほぼ一定の高水準を示している。また65歳以上の1990年からの上昇率が特に大きいことと対照的に中間年齢層の低下が認められる。2001年度の統計値から、50歳以上、55～64歳、65歳以上の構成率は、それぞれ1975年度比で2.03倍、1.94倍、2.01倍に上昇している。これに対して、50歳未満の構成率は、0.75倍に低下している。特に19歳以下、20～24歳では、それぞれ0.61倍、0.64倍である。

製造業においても建設業と同様、50歳以上の高年齢層が増加していることがわかる。特に、建設業では、55～64歳が1990年からほぼ横ばいであるのに対して、製造業では、50歳以上の全年齢層で上昇傾向が認められる。また、特に19歳以下の構成率は、建設業より低下傾向が顕著である。2001年度の統計値から、50歳以上、55～64歳、65歳以上の構成率は、1975年度との比較で、それぞれ2.01倍、2.01倍、1.77倍である。50歳未満では、0.77と建設業と同程度の低下率であるが、19歳未満、20～24歳では、それぞれ0.30倍、0.55倍となっており、低年齢層の低下率は建設業より大きい。ただし、65歳以上では、構成率、上昇率、いずれも建設業の方が大きく、建設業の方が高齢化が進行している。

3. 年齢を基準とした労働災害発生数の分析

3.1 年齢階級別死傷災害構成率

図5および図6は、1975年度から1999年度まで、3年ごとの建設業の死傷災害発生数から、図5は調査年度別の構成率、図6は年齢階級別の構成率の推移を示したものである。なお、死傷災害構成率には1998年度の製造業の結果を併せて示している。

災害発生の構成率は各調査年度において、低年齢層から高年齢層にかけて高く、わずかではあるが低年齢層から中間年齢層にかけて、就業者構成率と同様のピークの移動が認められる。また同図は、特に高年齢層に災害発生の危険率が高く、低年齢層に低いように示される。この傾向は、就業者構成率と類似しているが、仮に災害の発生に及ぼす年齢の影響が全くなければ、図5は、図1と同じ形状を示すはずである。しかし、両図は、中間年齢層に違いが見られる。これは、年齢別の労働者数、即ち母数が異なることによるもので、同図が各年齢層における災害に対する危険率を示すものではないといえる。また、1998年度の製造業と1999年度の建設業に大きな差は認められず、作業環境の違いが年齢別の災害発生率に及ぼす影響を評価できるものではない。

死傷災害構成率の推移は、19歳以下ではほとんど変化が見られないのに対して、特に55～64歳では、就業者構成率以上の高い値を示している。また、55～64歳では、1990年度まで上昇していたものが、1990年度以降、低下に転じており、就業者構成率とは傾向が異なる。さらに、65歳以上では上昇傾向にあるが、就業者構成率の上昇率より小さい。このことから、高年齢層での災害発生率が低下していることが予想される。

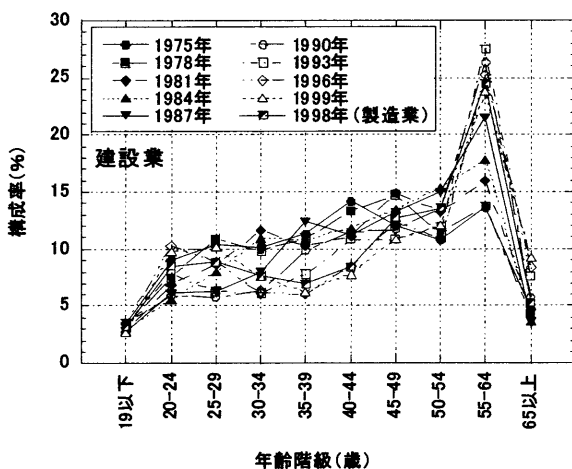


図5 年齢階級別死傷災害構成率(建設業)

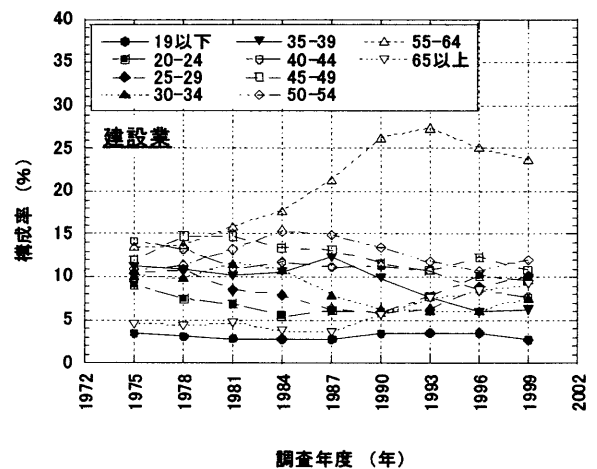


図6 死傷者構成率の推移(建設業)

3. 2 年齢階級別災害発生率

これまでに示したような傾向は、各種統計資料から得ることは可能であるが、年齢別の危険率を評価するには十分ではない。よって、年齢階級別の災害発生数を労働者数で除した千人率について分析を行った。千人率は各年齢層に属する労働者個々の災害発生確率、即ち危険率の代替特性値となる。図7は、1975年度から1999年度までの建設業、1998年度の製造業の年齢階級別死傷者数から、全災害および最も災害数の多い墜落災害（墜落災害は1981年から統計報告が行われている）について、死傷者実数、並びに就業

者構成の影響を除くために、死傷者数を就業者数で除した千人率を示したものである。

災害発生数は、高年齢層に多く、低年齢層から高年齢層にかけて上昇する就業者数の構成率と同様の形状を示していることがわかる。また、この間、災害発生実数は、全年齢層で低下傾向にあり、1999年の死傷者総数は、1975年の約3分の1である。

災害発生率は、この間災害実数の減少に伴い、約4分の1に低下している。災害発生数の低下率より災害発生率の低下率が大きいことは危険率が低下していることを示すものである。また、災害発生率は、低年

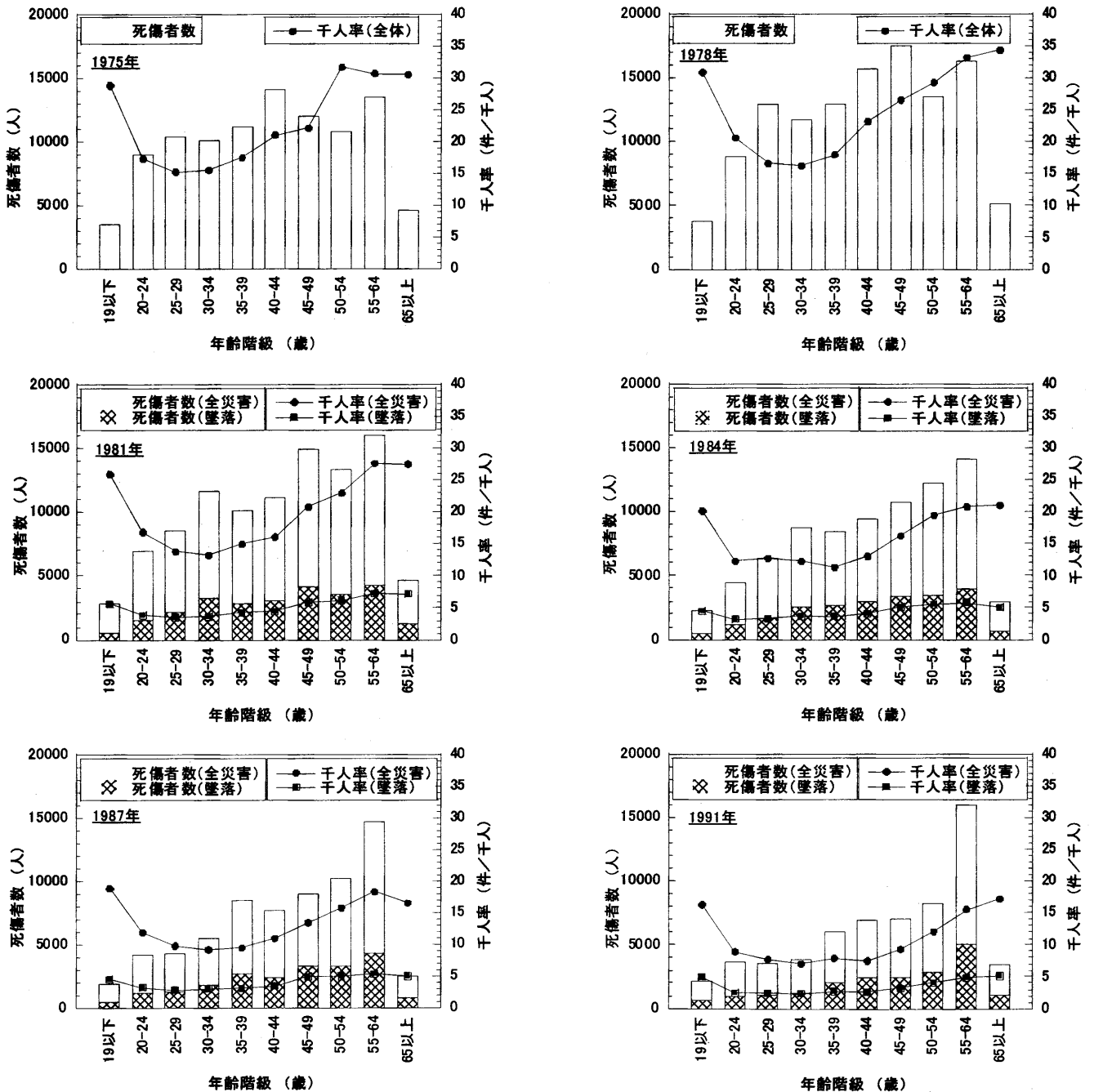


図7(1) 年齢階級別死傷災害千人率(1975~1990年)

年齢層および高年齢層で高く中間年齢層で低い、いわゆるバスタブ型曲線に類似した傾向であることがわかる。1975年からの約25年間で絶対値はやや変化しているが、この形状は全て共通している。1999年を例にとると、65歳以上の災害発生率が7.19、55～64歳の災害発生率が6.12であるのに対し、19歳以下の災害発生率は8.49であり、就業直後の低年齢層での

災害発生率が最も高い。したがって、図5で示されるような実数ベースでの評価は、災害発生率の高い、特に低年齢者層に対して本来の危険率とは異なった傾向を示すことになる。

図8は、図7をもとに各年齢階級別の千人率を19以下の千人率に対する比（千人率比）で示したものである。同様に、図9は、年齢階級別の千人率の推移を1975

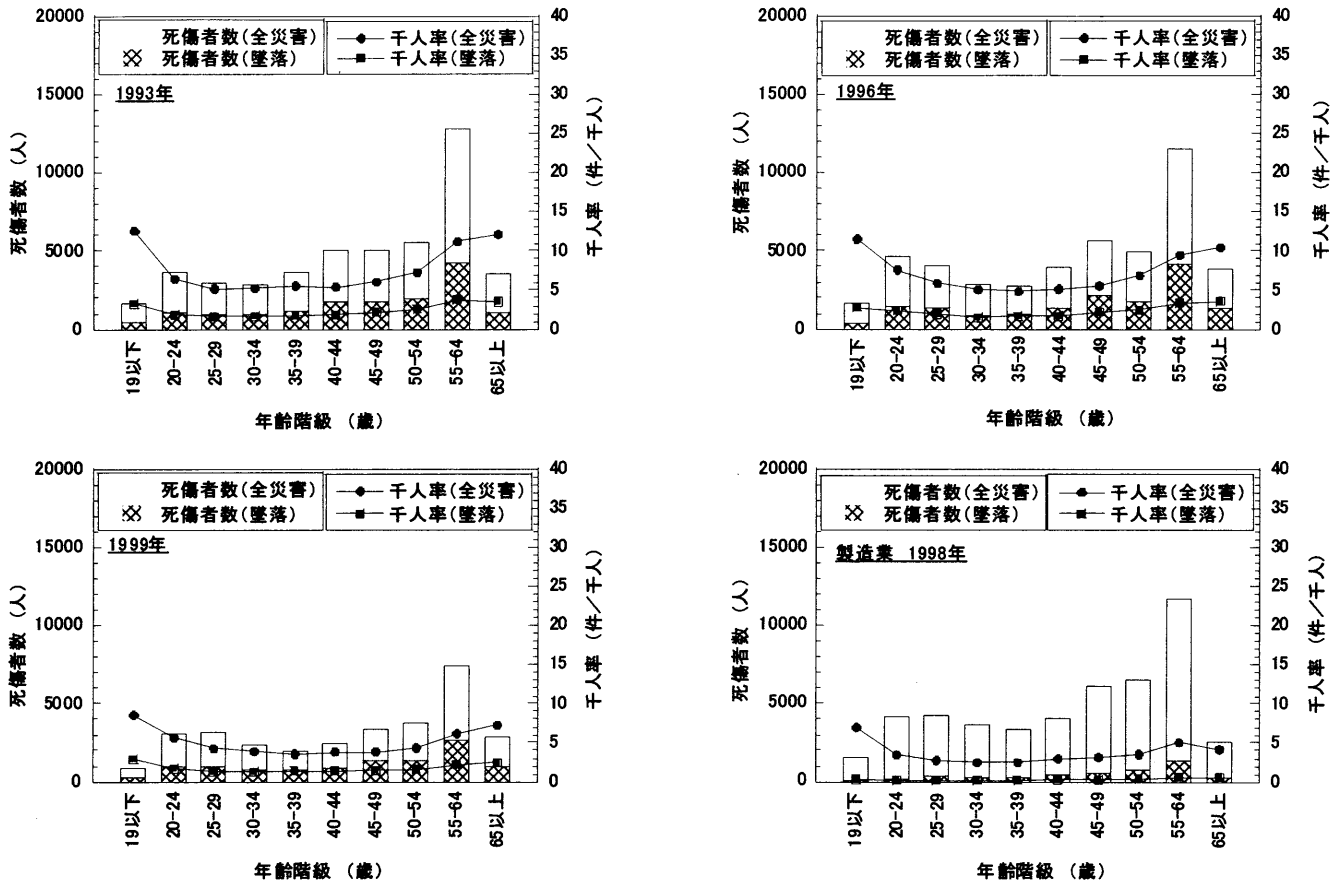


図7(2) 年齢階級別死傷災害千人率(1993～1999年)

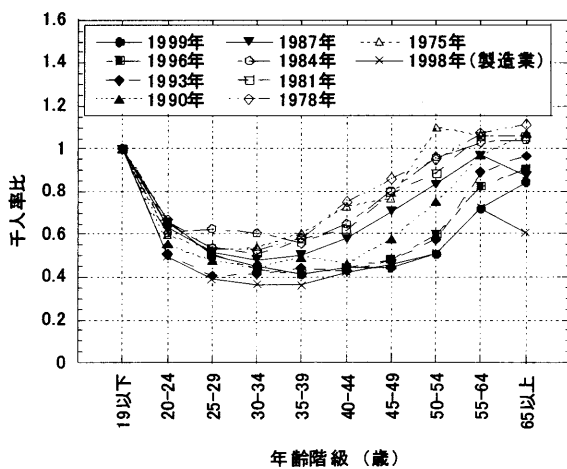


図8 死傷災害千人率比

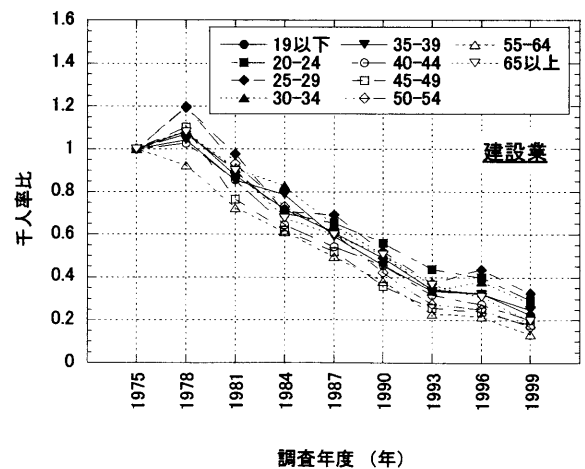


図9 死傷災害千人率の推移

年に対する比（千人率比）で示したものである。図より、低年齢層および高年齢層で災害発生率が高いこと、災害発生率が最も低い中間年齢層が低年齢層、高年齢層の約 4 割～5 割であることがわかる。また、最小値が低下していること、最小値となる年齢が移動していることがわかる。1998 年度の製造業と 1999 年度の建設業の千人率は、それぞれ 3.78, 4.75 で製造業の方が低い、年齢別の発生傾向は類似している。さらに、1978 年度以降、全年齢層で低下傾向にあるが、低年齢層の低下率より高年齢層の低下率の方が大きいことがわかる。

4. 年齢と災害発生率の検討

図7, 図8にみられるバスタブ型曲線は、生物の死亡率や機械の経年使用に伴う故障率によくみられるもので、急激に低下する時期を第 1 期, 安定する第 2 期, 再び上昇する第 3 期に分けられ、一般的には第 1 期では低下に影響する要因に減衰曲線を、第 3 期では上昇に影響する要因にロジスティック曲線を適用して解析が行われている。労働災害の発生率をこれと同じように考えた場合、第 1 期にあたる低年齢層では、技術力の低さによる誤操作、危険作業についての認識不足、第 3 期にあたる高年齢層では、体力、視力など身体的能力の低下に伴う、災害回避能力の低下が考えられる。

このことから、本研究では、発生率の低下を表すものとして年齢と作業の熟練度の関係、発生率の上昇を表すものとして年齢と体力の関係を適用して、年齢と災害発生率の関係について検討を行った。

経験と作業の熟練度の関係は、繰り返し作業による作業能率の向上として、繰り返し回数と累計平均所要時間の関係から、以下のように示されている⁵⁾。

$$A_c = t_1 r^{-n} \quad (1)$$

ここに、

A_c : 平均累計所要時間

t_1 : 初回の所要時間

r : 繰り返し回数

n : 習熟係数

(1)式から、 r 回作業を繰り返し行った時の所要時間は(2)式のようになる⁵⁾。

$$T_c = r t_1 r^{-n} = t_1 r^{1-n} \quad (2)$$

繰り返し回数が 2 倍になった時の累計平均所要時間の低減率が習熟率で、習熟率と習熟係数の関係は以下のようになる⁵⁾。

$$P = \left(\frac{1}{2}\right)^n \times 100 \quad (3)$$

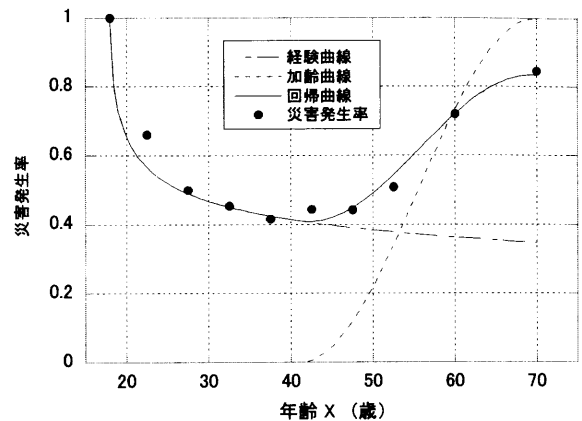


図10 年齢と災害発生率の関係

ゆえに、

$$n = -\log_2 P \quad (3')$$

ここに、

P : 習熟率

よって、作業回数を経験年数に適用した場合、即ち 1 業サイクルを 1 年と仮定した場合、経験年数 X_0 年時における作業所要時間 $S(X_0)$ は、初回を 1 とすると以下のように表すことができる。

$$S(X_0) = X_0^{1+\log_2 P} - (X_0 - 1)^{1+\log_2 P} \quad (4)$$

ここに、

X_0 : 経験年数

P : 習熟率

建築工事における習熟率は、やや重い労働にあたる 0.75 から 0.95 にあることが示されている。

一方、加齢に伴う体力低下の影響は、特定の強さの労働に対して十分な体力を備えていない人の割合として示されており^{6,7)}、その傾向から、基準となる年齢を定めることにより以下の式で近似できる。

$$Y(X) = \sin^2 k(X - x) \quad (5)$$

ここに、

$Y(X)$: 十分な体力を備えていない人の割合

X : 年齢

x : 基準年齢

k : 基準年齢から得られる定数

図10は、1999 年度の死傷災害発生率、経験および体力を基準とした危険率を示したものである。なお、年齢基準は 19 歳以下および 65 歳以上では就業者構成率をもとに補間を行い、それぞれ 18 歳、70 歳とし、その他の年齢層は各年齢区分の中間値とした。

災害発生率は、18 歳から急激に低下し 40 歳前後で最小となる。中間年齢層にあたる第 2 期が明確には

現れていないが、40歳前後から再び上昇に転じ、70歳では、18歳比0.85である。

経験に伴う災害発生率の低下は、経験による熟練度で近似すると、習熟率が0.866となり、これにより、(4)式は労働者の年齢（ X 歳）を基準とした(6)式で表すことができる。

$$S(X) = (X-17)^{1+\log 0.866} - (X-18)^{1+\log 0.866} \quad (6)$$

18歳から40歳前後までの災害発生率の低下傾向は、(6)式とよく一致しており、経験により災害発生率が低下すると判断できる。また、災害発生率の評価では、1作業サイクルを1年とした仮定が適用できるといえる。ここで、災害発生率は、経験を重ねるに従い低下するものの、最終的には0にならないことから、経験により災害を回避できるものではない。経験による発生率の最小値が、潜在的な危険率と考えられ、1999年度の場合18歳比で0.35である。即ち、熟練工でも就業時の約4割程度の危険率があるといえる。

体力と災害発生率の関係は、発生率が上昇に転じる年齢を基準年齢として41歳が得られた。よって、70歳までを対象とした場合、体力低下の影響は、(7)式で表すことができる。

$$\begin{cases} Y(X) = \sin^2 \frac{90}{29}(X-41) & (X \geq 41) \\ Y(X) = 0 & (X < 41) \end{cases} \quad (7)$$

(6)、(7)式から、災害発生率は、経験、体力双方の和事象で与えられると仮定すれば、(8)式のように表すことができる。

$$F(X) = k_1 S(X) + k_2 Y(X) \quad (8)$$

ここで、(8)式は体力の影響は基準年齢時（ $X=x$ ）に0であることから、最小値 F_{\min} は以下ようになる。

$$F_{\min} = k_1 S(x) \because Y(x) = 0 \quad (8')$$

災害発生率 $F(X)$ は、回帰分析により $k_1=1$ 、 $k_2=0.49$ で近似され、このときの、相関係数は0.985ある。これにより経験と体力は、概ね2:1の割合で影響していると考えられる。

表1に1975年度から1999年度までの建設業、1998年度の製造業について分析を行った結果を示す。表中、 k_1 、 k_2 は(8)式における回帰係数である。また、図11～図13に1975年度から1999年度までの習熟率 P 、基準年齢 x 、最小値 F_{\min} の推移を示す。

係数 k_2 は、経験に対する体力の影響を示すものであるが、1975年度以降低下傾向にある。これは体力の影響が小さくなっていることを表わすと同時に高年齢層の災害発生率の低下によるものである。また、製造業の値は建設業より小さく、製造業における体力の影響は建設業より小さいといえる。

習熟率 P は、1975年度以降低下傾向にあり、作業内容や作業の負荷の変化が生産性の向上や災害発生率の低下に影響を及ぼしていると考えられる。また、製造業の習熟率が建設業より低いことは、作業の負荷が建設業より軽いことを示すものである。

基準年齢 x は、1975年度以降上昇傾向にある。このことは体力の影響が生じ始める年齢が、低年齢層から高年齢層に移動していることを示しているが、労働者自体の体力増進、作業に起因する体力への負荷の低減の他、具体的対策としての仮設設備の改善、労務管理の充実によるものと考えられる。また、最近の製造業の体力基準年齢は建設業より低い。このことから製造業では、体力低下の影響が建設業より若年時から発生しているものと考えられる。

最小値 F_{\min} は低下傾向にあるが、(8')式に示されるように基準年齢時の値であることから、習熟率の低下および基準年齢の上昇に従属した結果である。

ここで、習熟率 P 、基準年齢 x は図11、図12から直線回帰を行うと、調査年度を T として(9)式、(10)式のように表される。したがって就業時を1とした

表1 災害発生率評価値としての習熟率、基準年齢、危険率最小値

調査年度	k_1	k_2	習熟率 P	基準年齢 x	最小値 F_{\min}	相関係数 R
1975年度	1	0.78	0.883	29	0.53	0.944
1978年度	1	0.78	0.886	31	0.52	0.972
1981年度	1	0.73	0.885	32	0.51	0.984
1984年度	1	0.78	0.870	29	0.49	0.976
1987年度	1	0.61	0.879	33	0.49	0.959
1990年度	1	0.74	0.867	36	0.43	0.995
1993年度	1	0.61	0.847	30	0.41	0.958
1996年度	1	0.56	0.864	37	0.42	0.986
1999年度	1	0.49	0.866	41	0.41	0.985
1998年度：製造業	1	0.42	0.839	35	0.36	0.972

ときの最小値 F_{\min} は、時系列の事象として、(8)式、(9)式および(10)式から、(11)式のように表すことができる。

$$P(T) = -1.18 \times 10^{-3} T + 3.22 \quad (9)$$

$$x(T) = 3.83 \times 10^{-1} T - 729 \quad (10)$$

$$F_{\min}(T) = (x(T) - 17)^{1 + \log_2 P(T)} - (x(T) - 18)^{1 + \log_2 P(T)} \quad (11)$$

また、最小値 F_{\min} は、就業直後の労働者と一定の経験を経た労働者の危険率の差を示すもので、両者の差が増大していることがわかる。

このように、年齢と災害発生率の関係は、経験および体力と高い相関があり、体力に問題のない低年齢層では、経験により熟練度が増し、作業効率の向上に伴い危険率が低下するといえる。しかし、ある年齢から、体力低下による影響が加わることで、高年齢層では、低年齢層と同程度の危険率に至る。即ち、災害発生は、低年齢層から中間年齢層にかけては熟練度が主たる要因であり、中間年齢層から高年齢層にかけては、体力低下の影響が卓越すると考えられる。

5. おわりに

個人的要因の一つである労働者年齢と災害発生率との関係を、熟練度および体力の影響から検討した。結果、就業時および高年齢層での災害に対する危険率すなわちリスクが高いことが定量的に評価できた。また、過去約 25 年間の災害発生率は、全年齢層において低下しているが、低年齢層の低下率は最も小さく、高年齢層の低下率は大きい。このことは、労働行政をはじめとした高年齢層に対する対策が功を奏している結果であると考えられるが、今後、高年齢層の就業者構成比率が上昇することは確実であり、仮設設備の充実、作業内容の管理、疲労対策、健康管理など一層の対策が望まれる。これに対して、低年齢層に対する対策は急務で、就業前、就業時の安全衛生教育、実務教育が必要である。

謝辞

本研究の遂行にあたり、佐賀労働局安全衛生課から資料調査に関する助言をいただいた。(財)全国仮設安全事業協同組合から災害に関する情報を、(株)杉孝、(株)施工力学研究所から仮設設備、仮設設計に関する情報を提供していただいた。また、本学卒論生吉村誠君にはデータの整理に協力していただいた。

末尾ながら記して謝意を表します。

参考文献

1) 厚生労働省：「労働災害統計年報」, 1986～1998年

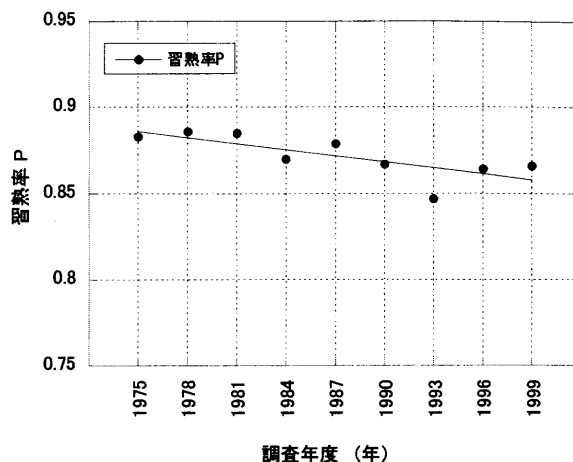


図11 災害発生率評価値としての習熟率の推移

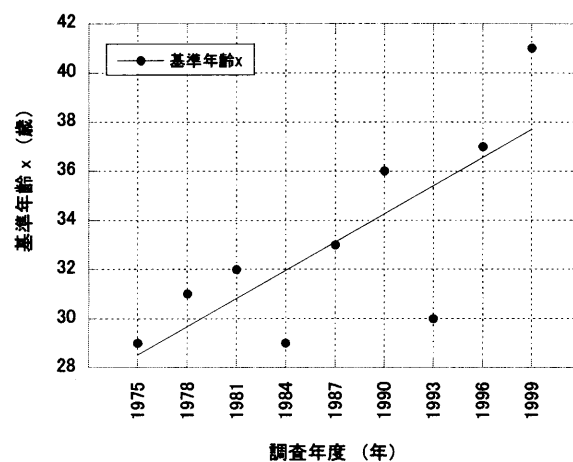


図12 基準年齢の推移

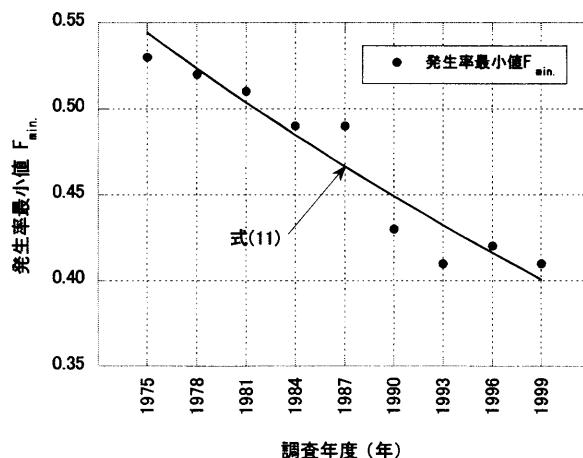


図13 災害発生率最小値の推移

- 2) 厚生労働省：「労働者災害補償保険年報」, 1969～1999年
- 3) 総務庁：「労働力調査年報」, 1973～2000年
- 4) 中央労働災害防止協会：「安全衛生年鑑」, 1976～2000年
- 5) 池田太郎他：「新建築学大系 48 一工事管理」, 彰国社, 1983年
- 6) 池上春夫：「運動生理学」, 朝倉書店, 1995年
- 7) 池上春夫：「スポーツの医学II-健康と運動」, 朝倉書店, 2000年
- 8) 松藤泰典他：「建設業における日常労働災害に関する研究-その2 建設労働災害の推移に関する考察」, 日本建築学会九州支部研究報告, 第41号, 構造系, 2000年

(受理：平成14年11月28日)