

産業安全研究所技術資料

TECHNICAL NOTE OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1976

災害発生間隔の分布について

花 安 繁 郎

災害発生間隔の分布について

花 安 繁 郎*

1. は し が き

一般の労働災害の発生原因を考えてみると、ほぼ偶然に近い場合から、様々な要因なり原因によって、ある因果律に従う決定論的な起こり方をする場合まで、様々なケースが考えられ、非常に複雑である。従がって、災害調査の内容は、多数の調査項目に互ることが多く、また災害データーを集め、統計的に整理を加え考察を行なう場合、様々な観点からの検討が必要となってくる。

本研究は、災害データーを様々な観点から分析を行なう中で、その一つとして、災害の発生する時間間隔の分布、すなわち災害が全く発生しない無災害である時間の分布に就いて考察を行なったものである。

以下第2章において、まず、ある仮定にもとづいた確率モデルから発生間隔に関する分布式を求め、同式からさらに発生件数の分布式を求め、この発生件数の理論的分布を実際の災害件数の分布と比較して、前記仮定の妥当性を論じている。またこれらの分布式の中のパラメータが、災害度数率と端的に結びつくことに着目して、度数率と無災害達成の確率との関係を数表化し、各事業場等において安全管理計画を立てる場合の参考となるようにしている。

さらに、現在行われている無災害記録表彰制度の中の表彰基準時間等について、これを検討して欲しいという意見が、行政方面よりあったので、第3章でこの問題について論じている。

2. 災害発生間隔の分布

2.1 分布式の仮定およびその妥当性

災害の発生間隔の分布に就いては、実際に多数観測された例が見当たらないので、何らかの方法でこれを推論しなければならない。ここでは問題を簡単にするために、災害は、発生が稀な事象であり、かつその発生

確率はどの時間帯においても一定であり、さらに相互に独立して発生するというようなランダムな事象であると考える。

この仮定の下では、災害発生間隔の分布と、ある期間中に発生する災害数の分布は次のように考えられる。最初に発生間隔の分布の方から考える。

まづ、任意の時間 t を考え、これを n 等分した微小区間を ΔT とする。(図-1) 次に、 $\Delta T (\div 0)$ に対する確率密度を $\frac{1}{\lambda}$ とおくと、 ΔT 内で災害が発生する確率 P は $\frac{\Delta T}{\lambda}$ である。

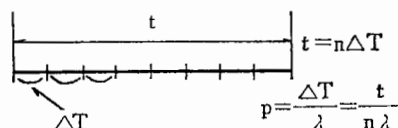


図-1 災害発生モデル

さて、時間 t 内で災害が発生しない確率は、 ΔT の幅を持った確率 P の事象が、 n 回の反復試行中に1回も出現しない確率として求められる。すなわち

$$P = \frac{\Delta T}{\lambda} = \frac{t}{n\lambda}$$

より、災害発生間隔を確率変数とみなし、それを T とすると

$$P_r\{T > t\} = \left(1 - \frac{t}{n\lambda}\right)^n$$

従がって

$$P_r\{T < t\} = 1 - \left(1 - \frac{t}{n\lambda}\right)^n \quad (1)$$

ここで t を等分する数である n を十分大きくした極限を考えると

$$P_r\{T < t\} = F_1(t) = 1 - e^{-\frac{t}{\lambda}} \quad (2)$$

よって確率密度関数は

$$f_1(t) = \frac{dF_1(t)}{dt} = \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{t}{\lambda}} \quad (3)$$

となり、所謂指数分布 (Exponential distribution) となることが分かる。密度関数が (3) 式に従う場合、 t の期待値 $E(t)$ は λ である。すなわち当初ある値と

* 土木建築研究部

考えていた λ は、平均災害発生間隔を表わしていることになる。

次に発生間隔の分布が指数分布に従う時、任意の時間 t 内における事象の発生回数の分布を考える。

ある時間 t までに n 個事象が発生する確率は、発生個数を、発生間隔の和に変換することによって求められる。

すなわち、発生間隔を順番に $t_1, t_2, \dots, t_n$ とし、発生個数（確率変数）を X とすると、求める確率は

$$P_r\{X=n\} = P_r\{t_1+t_2+\dots+t_n < t < t_1+t_2+\dots+t_n+t_{n+1}\} = P(n)$$

となる。従って、

$$\begin{aligned} P(n) &= \int_0^t \int_0^{t-t_1} \dots \int_0^{t-t_{n-1}} \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{t_1}{\lambda}} \cdot \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{t_2}{\lambda}} \dots \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{t_n}{\lambda}} \\ &\quad \cdot \int_{t-t_1}^{\infty} \dots \int_{t-t_{n-1}}^{\infty} \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{t_{n+1}}{\lambda}} dt_{n+1} dt_n \dots dt_2 dt_1 \\ &= \left(\frac{1}{\lambda}\right)^n \cdot e^{-\frac{t}{\lambda}} \int_0^t \int_0^{t-t_1} \\ &\quad \dots \int_0^{t-t_{n-1}} dt_n \cdot dt_{n-1} \dots dt_2 dt_1 \\ &= \left(\frac{1}{\lambda}\right)^n e^{-\frac{t}{\lambda}} \int_0^t (t-t_1)^{n-1} dt_1 \end{aligned}$$

$$= \frac{\left(\frac{t}{\lambda}\right)^n e^{-\frac{t}{\lambda}}}{n!} \quad (4)$$

$$= \frac{m^n e^{-m}}{n!} \quad (4)'$$

（ただし $m = \frac{t}{\lambda}$: 平均発生数）

が得られる。(4)式は有名なポアソン分布 (Poisson's distribution) と言われる分布式である。

また(4)式で $n=0$ とおくと $P(0) = e^{-\frac{t}{\lambda}}$ となるが、これは t までの期間に事象が発生しない確率、言い換えると、事象が起こるまでの期間の長さが t 以上である確率を示している。そこで事象が起こるまでの期間の長さの確率密度関数を $f_2(t)$ とすれば

$$\int_t^{\infty} f_2(t) dt = e^{-\frac{t}{\lambda}}$$

なる関係から

$$f_2(t) = \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{t}{\lambda}}$$

が得られ、これは(3)式の指数分布と一致する。すなわち、式(3)と(4)は、同一の事象を、観点を変えてみたものであって互に表裏の関係にある。したがって、ある事象が(3)または(4)式のどちらか

$$P(x) = \frac{m^n e^{-m}}{n!} \text{ における}$$

パラメーター m の値 (人/日)

産業	建設業	非建設業	全産業
m	0.493	0.447	0.940

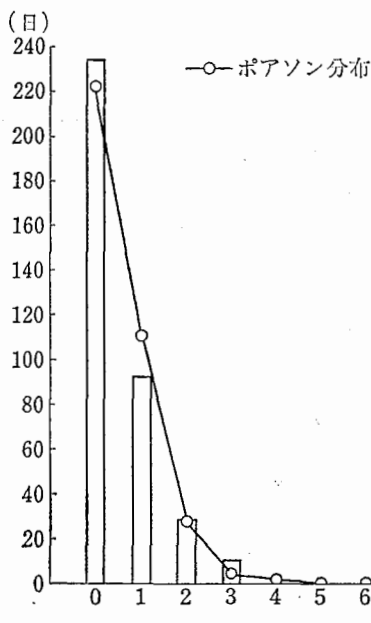


図 2-a 建設業死亡災害

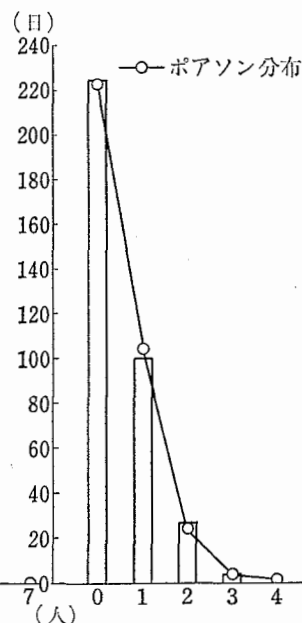


図 2-b 非建設業死亡災害

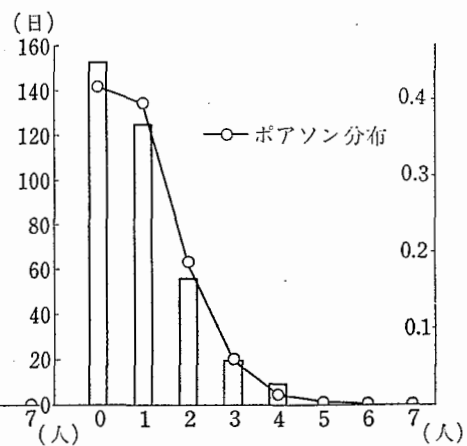


図 2-c 全産業死亡災害

図-2 昭和48年東京都死亡災害 1日当りの発生数の分布

一方を満足しておれば、その事象は他の式も同様に満足していると考えてよい。

そこで、実際の災害が(3)または(4)式を満足しているかどうかを調べる訳であるが、ここでは一例として、昭和48年中に東京労働基準局管内で発生した死亡災害(343件)の、1日当りの発生数の分布を調べてみると、図-2(a, b, c)の棒グラフの通りであった。なお線グラフは理論式より求めたものである。同図より建設業、非建設業、あるいは全産業のいずれの場合でも(4)式のポアソン分布が旨く適合していることが分かる。従って、これらのデータに関する限り、災害をその発生がランダムな事象であると考えていた当初の仮定は、一応妥当であると考えて差し支えないように思われる。

次に、この仮定を、一般の休業災害に対しても適用可能な条件であると考えことにする。その理由は次の通りである。

(1) 災害の発生頻度を示す度数率あるいは千人率という指標が、それぞれ100万労働時間、労働者千人当たりというかなり長い時間数、多い人数を単位として用いなければならないように、災害はやたらに多くは発生するものではないこと。

(2) 最近の度数率の推移を調べてみると、事業によってはかなりのばらつきは見られるが、産業別あるいは全産業のように全体としてみると、急激な変化はみられずに、ほぼ一定ないしはゆるやかな減少傾向にあり、単位労働時間当りの災害発生確率はほぼ安定していること。

(3) 作業環境、安全施設等の整備された、近年の事業所、作業場等にあつては、危険状態の発生およびそれらに基づいた災害の発生は、かなり偶然性に左右されるケースが多いと考えられる。

以上の事より、前述の仮定を、一般災害にも適用可能なものとして以降、取扱いを行なうが、その場合災害発生間隔の分布は(3)式の指数分布で示されることは既に述べた通りである。

2.2 度数率を指標とした分布式

ここでは前節で示された災害発生間隔の分布式の計算を行なう訳であるが、(3)式の指数分布式は確率密度関数であるので、ある時間中における災害発生確率を求めるには、同式の積分を実行しなければならない。(3)式の分布関数は既に(2)式として示されて

いる。

$$F_1(t) = \int_0^t f_1(t) dt = \frac{1}{\lambda} \int_0^t e^{-\frac{t}{\lambda}} dt = 1 - e^{-\frac{t}{\lambda}} \quad (2)$$

災害発生間の時間間隔を確率変数と考えると、(2)式は確率変数がある値 t 以下である確率を示している。すなわち、一つの災害が発生した後、ある時間 t 以内で次の災害が起こる確率が同式によって示される。逆にある時間内では災害が発生しない確率、つまり一つの災害から次の災害までの時間が、ある時間 t 以上である確率は、

$$R_1(t) = \int_t^{\infty} f_1(t) dt \\ = 1 - \int_0^t f_1(t) dt = 1 - F_1(t) = e^{-\frac{t}{\lambda}} \quad (5)$$

によって表わされる。従って、無災害記録のように、ある設定時間内で、災害が発生しなかった事の評価は、(5)式によって行なうことが出来る。

従て、今まで取扱ってきた(2)、(3)、(5)式は総て発生間の時間間隔の平均値 λ をパラメーターとした関数で表わされており、 λ の値によって、これらの式の値も大きく変化することが知られている。

従って、平均値(平均災害発生間隔) λ を求めることも重要な問題となってくるが、ここではこの λ の推定値として、実際の災害より計算された度数率の逆数を用いることにする。度数率(Frequency rate)とは、災害発生頻度を表わす指標のことで、

$$\text{度数率 (F. R)} = \frac{\text{災害発生件数}}{\text{延労働時間数}} \times 1,000,000$$

で示される、100万労働時間当りの災害発生件数であるので、単位を万時間としたその逆数は

$$\lambda = \frac{100}{\text{F. R}} \quad (6)$$

(単位：万時間)

となり、これを λ の推定値とすることにする。

以上の事より、事業別なり、産業別なり、あるいは各事業所なりの度数率が分かれば、(6)式によって発生間隔の平均値を求め、(2)または(5)式の計算を行なって、ある特定時間内で災害が発生する(またはしない)確率を求めることが出来る。

図-3には、パラメーター λ をF. R(度数率)に変換し、(5)式による計算を行なった結果を示した。同図より、度数率が大きくなる程、 T (時間)に対する $R_1(T)$ の減少する速度が速くなっている事が示されている。

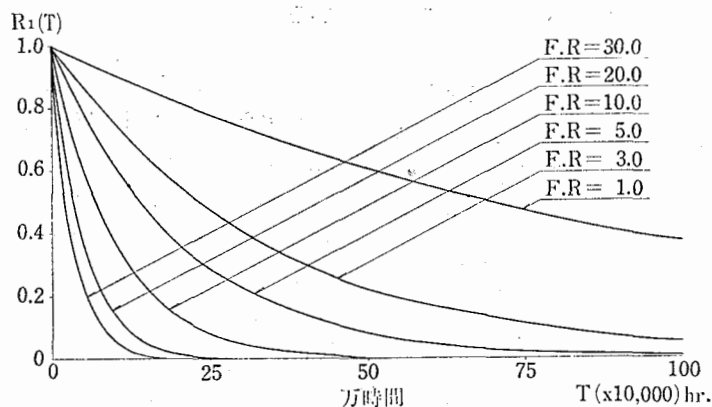


図-3 $R_1(T)$ - T 曲線 (パラメーター F.R.)

表-1 $R_1(T)$ と F.R. に応じた T の変化

F.R.	T $R_1(T)$ 時間数 (単位: 万時間)					F.R.	T $R_1(T)$ 時間数 (単位: 万時間)				
	0.1	0.05	0.01	0.001	0.0001		0.1	0.05	0.01	0.001	0.0001
1.0	230.3	299.6	460.5	690.8	921.0	26.0	8.9	11.5	17.7	26.6	35.4
2.0	115.1	149.8	230.3	345.4	460.5	27.0	8.5	11.1	17.1	25.6	34.1
3.0	76.8	99.9	153.5	230.3	307.0	28.0	8.2	10.7	16.4	24.7	32.9
4.0	57.6	74.9	115.1	172.7	230.3	29.0	7.9	10.3	15.9	23.8	31.8
5.0	46.1	59.9	92.1	138.2	184.2	30.0	7.7	10.0	15.4	23.0	30.7
6.0	38.4	49.9	76.8	115.1	153.5	31.0	7.4	9.7	14.9	22.3	29.7
7.0	32.9	42.8	65.8	98.7	131.6	32.0	7.2	9.4	14.4	21.6	28.8
8.0	28.8	37.4	57.6	86.3	115.1	33.0	7.0	9.1	14.0	20.9	27.9
9.0	25.6	33.3	51.2	76.8	102.3	34.0	6.8	8.8	13.5	20.3	27.1
10.0	23.0	30.0	46.1	69.1	92.1	35.0	6.6	8.6	13.2	19.7	26.3
11.0	20.9	27.2	41.9	62.8	83.7	36.0	6.4	8.3	12.8	19.2	25.6
12.0	19.2	25.0	38.4	57.6	76.8	37.0	6.2	8.1	12.4	18.7	24.9
13.0	17.7	23.0	35.4	53.1	70.8	38.0	6.1	7.9	12.1	18.2	24.2
14.0	16.4	21.4	32.9	49.3	65.8	39.0	5.9	7.7	11.8	17.7	23.6
15.0	15.4	20.0	30.7	46.1	61.4	40.0	5.8	7.5	11.5	17.3	23.0
16.0	14.4	18.7	28.8	43.2	57.6	41.0	5.6	7.3	11.2	16.8	22.5
17.0	13.5	17.6	27.1	40.6	54.2	42.0	5.5	7.1	11.0	16.4	21.9
18.0	12.8	16.6	25.6	38.4	51.2	43.0	5.4	7.0	10.7	16.1	21.4
19.0	12.1	15.8	24.2	36.4	48.5	44.0	5.2	6.8	10.5	15.7	20.9
20.0	11.5	15.0	23.0	34.5	46.1	45.0	5.1	6.7	10.2	15.4	20.5
21.0	11.0	14.3	21.9	32.9	43.9	46.0	5.0	6.5	10.0	15.0	20.0
22.0	10.5	13.6	20.9	31.4	41.9	47.0	4.9	6.4	9.8	14.7	19.6
23.0	10.0	13.0	20.2	30.0	40.0	48.0	4.8	6.2	9.6	14.4	19.2
24.0	9.6	12.5	19.2	28.8	38.4	49.0	4.7	6.1	9.4	14.1	18.8
25.0	9.2	12.0	18.4	27.6	36.8	50.0	4.6	6.0	9.2	13.8	18.4

注) 例えば度数率が10の時, 30万時間無災害であれば, その確率は0.05(5%)である。

また表-1 には、(5) 式で計算される、発生間隔が t 以上である確率、すなわち少なくとも t 時間無災害であることを達成する確率について、その幾つかの値に対する所定時間数を、各度数率毎に計算し求めたものを示した。同表には、統計学上多く用いられている 5%, 1% 危険率 (今の場合は達成確率) の時間数も示してあるので、例えば工場等において、安全管理計画、実施を行なう際に、度数率の変化に応じた一応の目安としての無災害時間数を設定することが出来ると思われる。

3. 無災害記録時間に就いての考察

ここでは、現在労働省で行なっている無災害記録表彰制度について、これまでの知見をもとに表彰基準時間数を中心に考察を行なってみる。

3.1 無災害記録表彰制度^{2),3)}

無災害記録表彰制度は、労働省により昭和27年11月労働安全衛生規則施行5周年を記念して、当時から各事業所で活発に繰り広げられていた無災害運動に呼応するものとして設けられた。

この制度では、業種毎に業務の難易に応じた目標時間数を定め、第一段階の目標を第一種無災害記録とし、以下第五種無災害記録までの5段階の時間を定め、それぞれの記録達成に対して、都道府県労働基準局長の推薦により労働省労働基準局長が無災害記録証の授与を行なうことになっている。

各段階での無災害記録時間数の設定の仕方は、まず第一種無災害記録時間数は、

$$T_1 = 20,000,000 \times \frac{1}{F.R} \quad (7)$$

で算出するとされており、式中の F.R は前年度の事業別の度数率が用いられる。なお同式による値が、30

表-2 第1種無災害記録時間数 (例)

業 種 別	記録時間数 (単位万時間)	記 録 を 起 算 し た 月								
		30年 5 月	30年11月	31年 5 月	31年11月	32年 5 月	33年 5 月	35年 5 月	39年 5 月	43年10月
		30年10月	31年 4 月	31年10月	32年 4 月	33年 4 月	35年 4 月	39年 4 月	43年 9 月	50年 3 月
建 設 業		—	—	—	—	—	—	—	—	—
木造家屋建築事業		25	25	35	35	40	40	50	70	90
鉄筋、鉄骨コンクリート 造家屋建築事業		20	20	40	40	55	55	60	100	130
道 路 建 設 業		75	75	120	110	120	120	150	200	200
特 殊 道 路 建 設 事 業		—	—	—	—	—	(36年9月以降 樹立)	—	—	—
重 建 設 業		15	15	35	40	45	45	—	—	—
土地整理土木事業		80	80	200	170	210	220	220	220	220
河川土木事業		45	45	85	90	95	100	120	170	180
鉄道軌道建設事業		—	—	—	—	30	30	40	55	80
橋梁建設事業		—	—	—	—	25	35	35	50	75
ずい道建設事業		5	5	15	15	20	25	25	45	65
水力発電所建設事業	}	10	10	25	25	30	25	30	50	75
同工事発注者の建設事務所		—	—	—	—	120	120	120	120	160
地下鉄道建設事業		—	—	—	—	—	—	40	55	70
その他の土木事業		30	30	85	95	95	100	110	110	150
管 工 事 業		65(130)	65(130)	100	110	60	60	75	110	110
電 気 工 事 業		40(75)	40(75)	70	70	80	80	90	110	150
(注) () は無期の事業の場合										
機械器具設置工事業		—	—	—	—	50	45	65	100	100

万時間未満の場合は30万時間に、また500万時間以上の場合は500万時間を、それぞれ第一種無災害記録時間数とすることになっているようである。以下第二種無災害記録時間数は、第一種時間数の5割増しとし、第三種以上の無災害記録時間数も同様な手順で時間数が算出され、これによって計算された時間数が、100万時間未満のもので5万時間毎に端数のあるもの、および100万時間以上のもので10万時間毎の端数のあるものは、それぞれこれを切り上げると定められている。

現在は数年毎に業種別の第一種無災害記録目標値が公示されているので(表-2)、その年度に起算される無災害記録時間は、その公示目標時間数が基準となる。

この制度によるこれまで(昭和49年まで)の記録証授与件数は18,493件に達しており、昭和49年は全産業で688件であった。またこれまでに授与された記録証の最高時間は、綿紡績業の3,230万時間(第5種)である。

また全労働時間数を合計しても無災害記録時間数に至らないような中小企業や、工事期間の予定される有期の建設事業には、別の表彰制度が設けられている。

3.2 基準無災害記録時間数の考察

既に前節で述べた通り、第一種無災害記録時間数は、おおよそ $20,000,000 \times \frac{1}{F \cdot R}$ で算出されるが、度数率が低減するに従って各事業とも表-2に示される

通り、次第に記録時間数が延長されてきている。

ところで、この算定式の根拠を考えてみると、(6)式より平均災害発生間隔が $\frac{100}{F \cdot R}$ (万時間)であり、これを(7)式に代入すると、 $T_1 = 20\lambda$ が得られる。すなわち第一種無災害記録時間数は、平均災害発生間隔の20倍が一応の算定基準となっていることが知られる。第一種無災害記録時間数 T_1 と、平均災害発生間隔 λ との比 α を算定基準値と考え、この基準を(7)式に従って求めてみると、上限(500万時間)と下限(30万時間)があるので、度数率に応じて(8)式の如く変化している。

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= 5 \cdot F \cdot R & (F \cdot R \leq 4) \\ &= 20 & (4 < F \cdot R \leq 66.7) \\ &= 0.3 \cdot F \cdot R & (66.7 < F \cdot R) \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

そこで、現在公示されている第一種記録時間 T_1 が、平均間隔 λ の何倍であるかを各事業毎に求め、度数率との関係を調べてみると、表-3(結果の一部)、図-4の通りであった。ここで平均発生間隔 λ を求める際に必要な度数率は、各事業とも昭和44~49年の6年間の平均度数率を用いた。図-4より算定基準の α 値は、全体としてはほぼ(8)式に添った値であるが、個々の値、とりわけ $F \cdot R > 4$ の領域にあっては相当大きなばらつきがみられ、同じ度数率を示していても、事業によって設定された無災害記録時間数が異なる場合が、かなり出てきている。また無災害記録目標時間数が500万時間のように、同じ時間数であっても、 α が20に近い

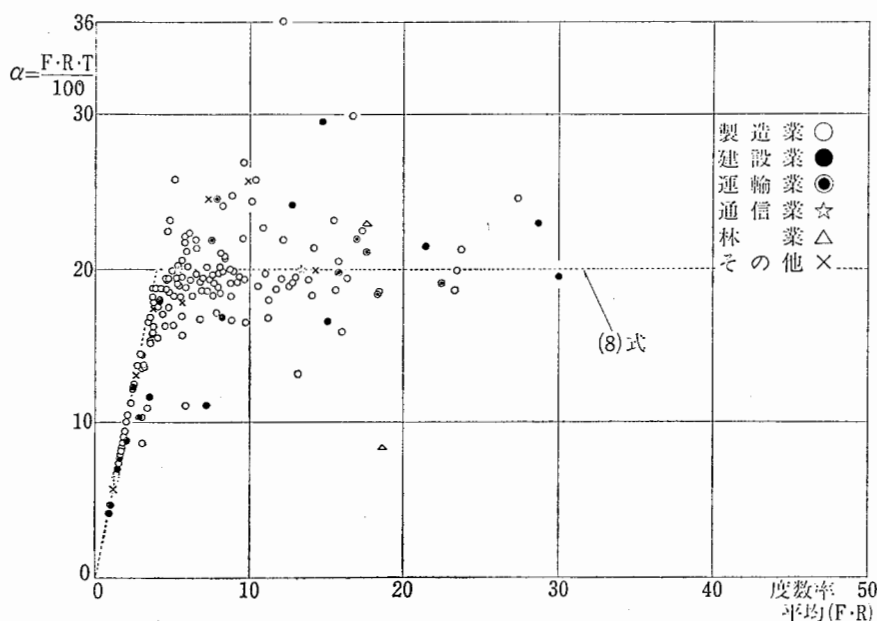


図-4 事業別の α と $F \cdot R$ (度数率) の関係

表-3 事業別無災害記録関係各諸量 (結果の一部)

記録時間数 (単位万時間)		記録を起算 した年月	$f :$	$\lambda :$	$\alpha : (T_1/\lambda)$	$R(T_1) :$
業 種		$T_1 :$ 50年4月以降	平均度数率	$\lambda=100/f$	$\alpha=T_1 \cdot f/100$	$R(T_1)=e^{-\alpha}$
林	業	45	18.63	5.37	8.39	0.2271 D-03
育 林	業	130	17.60	5.68	22.88	0.1157 D-09
土 石 採 取	業	110	—	—	—	—
建 設 業 (総合工事業)		—	14.54	6.88	—	—
土 木 工 事 業		—	—	—	—	—
河 川 土 木 事 業		180	16.59	6.03	29.86	0.1076 D-12
水力発電施設等建設事業		110	15.11	6.62	16.62	0.6054 D-07
鉄道又は軌道建設事業		80	28.68	3.49	22.94	0.1090 D-09
地下鉄建設事業		100	13.10	7.63	13.10	0.2045 D-05
橋りょう建設事業		100	21.43	4.67	21.43	0.4933 D-09
ずい道建設事業		65	30.02	3.30	19.51	0.3364 D-08
道路建設事業		200	14.75	6.78	29.50	0.1543 D-12
その他の土木事業		190	12.67	7.89	24.07	0.3520 D-10
建 築 工 事 業		—	—	—	—	—
家屋建築事業		130	—	—	—	—
その他の建築事業		250	—	—	—	—
建設業 (職別工事業, 設備工事業)		240	—	—	—	—
職 別 工 事 業		—	—	—	—	—
設 備 工 事 業		—	—	—	—	—
電 気 工 事 業		210	8.02	12.47	16.84	0.4858 D-07
管工事業 (さく井を除く)		150	—	—	—	—
その他の設備工事業		—	—	—	—	—
機械器具設置工事業		140	7.23	13.83	10.12	0.4027 D-04
他に分類されない設備工事業		190	—	—	—	—
製 造 業		—	5.46	18.32	—	—
食 料 品 製 造 業		250	8.03	12.45	20.08	0.1903 D-08
畜産食料品製造業		—	—	—	—	—
乳製品製造業		230	9.55	10.47	21.97	0.2874 D-09
水産食料品製造業		240	10.14	9.86	24.34	0.2684 D-10
水産かん詰・びん詰製造業		280	8.84	11.31	24.75	0.1783 D-10
調味料製造業		290	8.30	12.05	24.07	0.5320 D-10
しょう油・食用アミノ酸製造業		280	9.60	10.42	26.88	0.2119 D-11
精 穀・製 粉 業		—	—	—	—	—
小 麦 粉 製 造 業		200	9.64	10.37	19.28	0.4235 D-08
砂 糖 製 造 業		250	10.29	9.72	25.73	0.6693 D-11
パ ン・菓 子 製 造 業		250	7.87	12.71	19.68	0.2838 D-08
飲 料 製 造 業		280	5.62	17.79	15.74	0.1460 D-06
ビ ー ル 製 造 業		280	3.11	32.15	8.71	0.1649 D-03
清 酒 製 造 業		250	8.29	12.06	20.73	0.9933 D-09
蒸留酒・混成酒製造業		230	8.68	11.52	19.96	0.2145 D-08
動植物油脂製造業		200	—	—	—	—

記録時間数 (単位万時間)		記録を起算 した年月	f :	λ :	$\alpha : (T_1/\lambda)$	$R(T_1) :$
		T_1 : 50年4月以降	平均度数率	$\lambda=100/f$	$\alpha=T_1 \cdot f/100$	$R(T_1)=e^{-\alpha}$
業 種						
植 物 油 脂 製 造 業		170	—	—	—	—
た ば こ 製 造 業		340	6.44	15.53	21.90	0.3083 D-09
織 維 工 業		470	3.99	25.06	18.75	0.7194 D-08
製 糸 業		480	3.45	28.99	16.56	0.6428 D-07
紡 績 業		500	3.64	27.47	18.20	0.1247 D-07
綿 紡 績 業		500	2.90	34.48	14.50	0.5043 D-06
化 学 織 維 紡 績 業		500	3.76	26.60	18.80	0.6843 D-08
毛 紡 績 業		480	4.68	21.37	22.46	0.1761 D-09
麻 紡 績 業		430	4.18	23.92	17.97	0.1569 D-07
ねん糸・かさ高加工糸製造業		380	—	—	—	—
ね ん 糸 製 造 業		500	5.16	19.38	25.80	0.6240 D-11
織 物 業		470	3.79	26.39	17.81	0.1842 D-07
メ リ ヤ ス 製 造 業		500	2.44	40.98	12.20	0.5030 D-05
染 色 整 理 業		310	6.21	16.10	19.25	0.4363 D-08
衣服・その他の繊維製品製造業		500	2.11	47.39	10.55	0.2619 D-04
木材・木製品製造業(家具を除く)		130	15.71	6.37	20.42	0.1354 D-08

ものから4前後まで、基準値に相当の開きがみられる場合もある。

度数率の大小に応じて算定基準 α が変化し、総ての事業に対して同一基準で第一種無災害記録時間数が定められている訳ではないことは、(8)式に示されている通りであるが、算定式運用の面でも、必ずしも厳格に(8)式に従って算定がなされている訳ではないことが、上に述べたことによって示されている。

ここで算定基準 α の持つ数値的な意味を調べてみよう。設定された無災害記録時間数 T_1 は、 α と λ との間に $T_1=\alpha\lambda$ なる関係があるので、これを(5)式に代入すると、 $R(T_1)=e^{-\alpha}$ と α だけの関数式が得られ、無災害記録時間 T_1 の達成確率は、算定基準 α を指数とする指数関数で示される。そこで α に応じた $R(T_1)$ の値を求めてみると表-4の通りであった。 $R(T_1)$ は指数関数であるので、 α の増加する割合よりも遙かに急速に減少している。 α の変化の差は、算術的な差であっても、 $R(T_1)$ の差は指数関数的な差であるので、 α の値が大きく相違することは避けた方が望ましい。

個々の事業の α および $R(T_1)$ の値は、表-3にその一部を示してあるが、各事業別の α 値をまとめ、そのばらつきを調べてみると、図-5の通りであった。同図より、 $F.R \leq 4$ の領域での α 値は、(8)式に示されているとおり $\alpha < 20$ であるが、 $F.R > 4$ の領域での α 値は、 $\alpha=19$ 前後にばらつき、 $\alpha=36$ という極めて大

表-4 α と $R(T_1)$ の関係

α	$R(T_1)$	α	$R(T_1)$
0.0	0.1000 D+01	21.0	0.7583 D-09
1.0	0.3979 D-00	22.0	0.2789 D-09
2.0	0.1353 D-00	23.0	0.1026 D-09
3.0	0.4979 D-01	24.0	0.3775 D-10
4.0	0.1832 D-01	25.0	0.1389 D-10
5.0	0.6738 D-02	26.0	0.5109 D-11
6.0	0.2479 D-02	27.0	0.1880 D-11
7.0	0.9119 D-03	28.0	0.6914 D-12
8.0	0.3355 D-03	29.0	0.2544 D-12
9.0	0.1234 D-03	30.0	0.9358 D-13
10.0	0.4540 D-04	31.0	0.3442 D-13
11.0	0.1670 D-04	32.0	0.1266 D-13
12.0	0.6144 D-05	33.0	0.4659 D-14
13.0	0.2260 D-05	34.0	0.1714 D-14
14.0	0.8315 D-06	35.0	0.6305 D-15
15.0	0.3059 D-06	36.0	0.2320 D-15
16.0	0.1125 D-06	37.0	0.8533 D-16
17.0	0.4140 D-07	38.0	0.3139 D-16
18.0	0.1523 D-07	39.0	0.1155 D-16
19.0	0.5603 D-08	40.0	0.4248 D-17
20.0	0.2061 D-08		

きな値もみられる。

α の最小値は4.20で、この時の $R(T_1)$ は $0.15 \times$

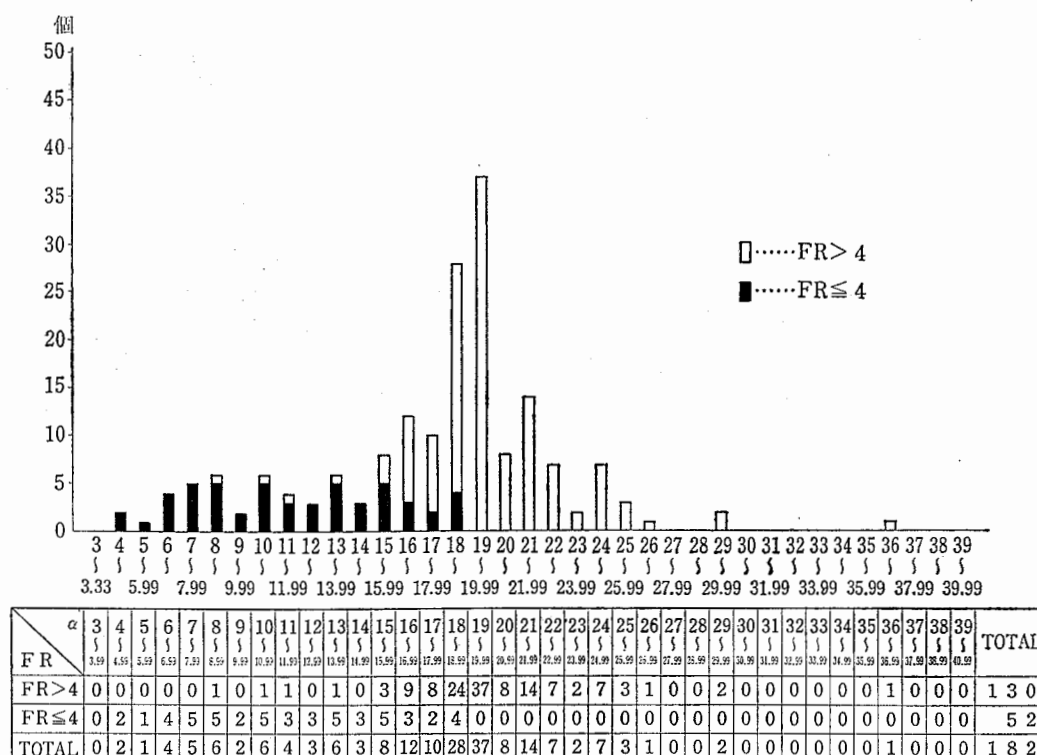


図-5 α の 度 数 分 布

10^{-1} と 1% 前後であるのに対し、最大値 36.15 での $R(T_1)$ は、 0.20×10^{-15} と、極めて小さな数値であり、大変に大きな差であると言わねばならない。こうした点を是正するには、例えば $F.R \leq 4$ の領域では 500 万時間という上限を更に大きくするか、 α の下限値を設けることなど、また $F.R > 4$ の領域では出来るだけ α のばらつきを小幅に押えることなどが考えられるが、設定基準自体の検討は、今回の目的とする所では無いので、問題点の指摘ということに留めておく。

なお昭和 49 年の無災害記録証授与件数は、度数率の低い運輸業、製造業を中心に 688 件となっており、同年の全国の事業所数を約 300 万として、その 0.023% であった。これは α 値に換算して約 8.4 であった。

4. 結 論

これまで災害発生間隔の分布の検討、およびそれらに基づき無災害記録時間の考察を行ってきたが、これらを要約すると

1) 災害をどの時点においても等しい確率を持ち、かつ相互に独立して発生するランダムな事象であるとみなす仮定が、東京都の死亡災害の発生を例に一応認

められた。(図-2)

2) 災害発生間隔の分布が、指数分布であることが 1) の仮定から導かれ、平均災害発生間隔 λ を度数率の逆数と置くことによって、特定時間に対して災害の発生しない確率や (図-3)、逆にある危険率に対する各度数毎の、無災害時間数を計算することが出来る。(表-1) この表を用いれば、事業所等における安全管理上の一応の目標時間数を設定することが出来る。

3) 無災害記録時間数 T_1 の達成確率 $R(T_1)$ は、 T_1 と平均災害発生間隔 λ との比 α によって求めることが出来る。(表-4) α の変化が等差級数的であるのに対し、達成確率 $R(T_1)$ の方は級数的な変化を示している。

4) 無災害記録時間数算定のおおよその基準は、 $\alpha = 20$ が原則であるが、 $F.R \leq 4$ の領域では度数率が低い程 α の値も小さくなることや、また $F.R > 4$ の領域では値にかなりの相違がみられることなど (図-4, 5)、幾つかの問題点が存在している。

などの諸点である。

終りに付言したいことは、発生間隔時間数が、算術的な動きであるのに対し、達成確率の方は指数関数的

な変動をするという分布式の基本的な性質を理解することであって、数値自体に関しては一応の目安と考え、無闇に気を配る必要は無いと思われる。

今後の問題点としては、既に再三述べてきた仮定の妥当性についての細かな検討と、実際の災害でのフォローアップが必要であると考えている。

なお災害データーの整理および一連の計算は、産業安全研究所電子計算機 FACOM 230-35 システムを用いて行なった。

謝 辞

最後に、無災害記録表彰制度について御教示給りました労働省安全衛生部安全課の方々と、死亡災害デ

ーターの利用に御協力頂いた東京労働基準局安全課の方々に深く感謝致します。またデーターの整理等に当って御助力を頂いた山本敏信君にも併せて感謝の意を表します。

(昭和51年7月8日 受理)

参 考 文 献

- 1) 前郁夫，花安繁郎，鈴木芳美：“建設工事における労働災害の動向”，労働省産業安全研究所技術資料，1975（昭和50）年10月
- 2) 武内敏介：“産業安全用語解説”，中央労働災害防止協会，1969（昭和44）年9月
- 3) “産業安全年鑑（昭和45～50年版）”，中央労働災害防止協会

産業安全研究技術資料 RIIS-TN-76-2

昭和 51 年 9 月 30 日 発行

発行所 労働省産業安全研究所
東京都港区芝5丁目35番1号
電話 (03) 453 — 8 4 4 1 (代)

印刷所 新日本印刷株式会社

郵便番号 108