

強風に対する電柱の経済的取替問題について (1)

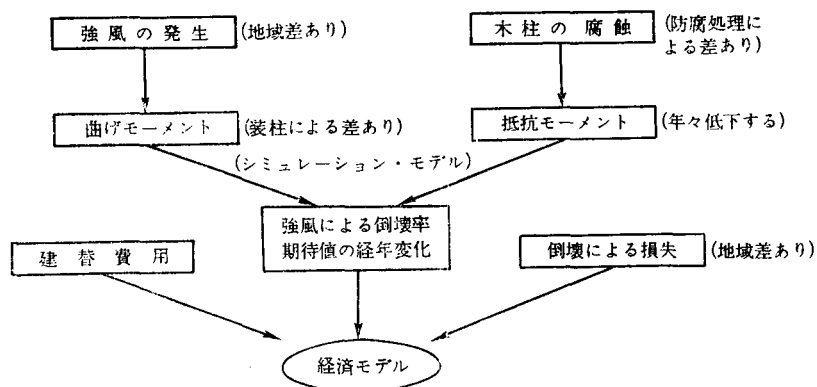
本 告 光 男*

榎 本 久 徳**

1. ま え が き

A Study on the Typhoon Model(1)—on the Simulation Model and Game of the Typhoon—(Journal of the Operations Research Society of Japan Vol. 4 No.1) において 筆者は「電気工作物の風に対する経済強度」についてふれたのであるが、今回はこの問題をもう少し具体的に扱うために、電柱の経済取替について、検討してみたい。従来、この種の問題は安全性を中心に研究が行なわれているので、見方を変えて経済性に力点をおき、検討してみることも意義あることと思う

この問題の構成を考えてみると大体次のように見なすことができる。



このように、経済モデルに持ち込むまでに相当の準備が必要であるので、最も基礎的な問題である「強風の分布」「木柱腐蝕量分布の経年変化」をとりあげ本編にまとめることにした。

最終的な結果については後刻報告することにした。

2. 中部電力管内の強風の分布

工作物の強風に対する強度を検討する場合、問題の力点が信頼性にある場合は、考え得る最大級の台風を既報のごとき台風モデル⁽¹²⁾に組み、種々なコースを流してみ、その最大風速をとることが最も確実な方法である。しかし、問題の力点が経済性にある場合は、最大級の台風が毎

*** 中部電力株式会社企画室 昭和37年3月18日受理 経営科学第6巻第1号

年のようにやってくるわけではないので、このような方法は不適当であり、強風の発生状態を統計的に把握したもののほうが適当である。

風速はもとより日降水量、洪水量等水文気象の統計的表現としてよく用いられるものに、再現期間(Return Period 以下 R. P と略記する)がある。これは要するに暴風等が、何年に1度現われるかを端的に表わしているものであって、利用上非常に便利である。しかし、それを得る段になると、実用上 R. P が30年、50年あるいは100年といった非常に大きな R. P を持つ暴風値が必要になってくるため、資料年数がそれだけ大きくないと大きな問題をはらんでくる。そのため

第1表 中部電力管内における各気象官署の年最大風速の記録

単位m/sec

西暦	尾鷲	上野	松本	静岡	亀山	津	名古屋	岐阜	浜松	高山	飯田	長野
1925			14.2			33.5	23.6	21.1	18.8	15.3	19.0	17.6
1926			19.0			24.5	21.9	14.5	35.5	15.1	19.7	20.6
1927			16.9			22.5	16.8	17.4	25.6	13.2	14.7	16.1
1928			15.8			17.4	17.5	13.0	17.0	13.7	14.7	16.5
1929			17.1			20.8	19.3	19.4	19.0	14.0	17.4	16.6
1930			15.8			18.3	15.2	12.0	18.8	14.7	16.1	15.1
1931			15.8		19.8	19.8	18.0	14.7	21.0	15.2	14.5	16.3
1932			15.0		22.0	19.6	15.3	14.2	16.0	16.3	22.8	16.3
1933			15.3		22.5	18.8	18.9	15.6	15.2	15.4	18.8	16.5
1934			28.9		22.2	25.1	32.2	27.8	20.6	22.0	18.4	16.6
1935			17.5		18.8	17.6	16.6	15.0	19.9	14.0	15.0	14.2
1936			18.8		19.8	18.9	15.7	14.9	19.2	14.9	14.2	13.9
1937			20.6		21.3	25.9	22.3	18.2	19.4	18.3	15.1	15.1
1938		14.9	17.6		21.0	25.5	16.1	14.0	18.3	14.2	15.5	14.2
1939		14.4	15.9		19.4	19.2	18.9	13.1	19.2	14.0	14.5	14.7
1940	12.7	14.5	17.1	13.9	25.5	21.7	18.4	16.6	18.9	15.3	17.4	19.0
1941	17.6	16.8	17.1	18.2	28.6	22.2	19.2	19.0	17.7	18.0	16.8	15.5
1942	13.5	17.7	18.7	16.0	19.6	17.4	15.7	16.1	16.6	16.5	15.0	16.1
1943	16.5	15.3	15.8	15.3	20.5	25.4	17.7	15.5	16.9	14.7	14.9	16.5
1944	18.7	17.4	19.9	18.0	20.8	21.6	19.6	17.9	16.1	16.8	16.5	18.0
1945	18.4	15.8	21.9	22.5	21.4	24.4	21.3	23.5	欠	19.0	14.9	18.2
1946	16.1	17.7	18.4	18.0	20.2	21.1	18.3	19.1	17.7	13.7	14.4	15.8
1947	17.3	15.2	15.3	15.2	21.9	18.8	15.2	15.7	18.7	12.5	15.9	16.5
1948	17.7	14.2	15.7	18.4	26.4	17.3	16.8	16.0	16.6	13.5	14.0	17.9
1949	16.8	16.5	15.8	18.0	20.2	21.7	18.0	15.2	18.7	13.2	18.7	16.3
1950	20.8	22.2	15.8	16.5	22.2	28.4	26.7	26.1	18.5	13.2	16.8	15.5
1951	19.0	14.5	19.9	16.8	19.3	22.9	16.8	26.2	19.0	17.3	15.2	18.7
1952	15.7	14.7	16.5	17.4	20.8	18.7	17.4	16.5	18.4	14.5	16.9	15.7
1953	22.0	20.1	16.1	24.1	23.6	23.6	22.6	16.1	24.7	13.7	16.5	18.4
1954	16.8	15.7	21.7	18.2	27.0	23.6	22.2	25.4	18.0	18.0	16.5	18.0
1955	17.4	17.6	15.3	17.6	21.1	24.5	20.8	17.4	18.5	12.5	15.8	18.4
1956	18.5	20.7	16.0	17.9	22.8	20.2	16.8	17.6	18.8	14.7	17.4	16.5
1957	13.4	15.6	15.3	18.7	20.8	17.3	19.0	17.4	16.6	13.4	13.9	15.8
1958	19.1	19.1	15.3	20.5	24.7	25.8	17.7	16.3	20.7	12.9	17.9	19.6
1959	28.1	25.5	24.7	24.1	28.4	36.8	37.0	32.5	26.4	18.0	20.5	18.4

に合理的な R.P を得ようとして種々の方法が開発されてきている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。われわれはそれらの手法を参考にして、当社管内における最大風速の推定について一つの試案を得たので、ここに参考にした手法を紹介しながら報告する。

推算した R.P を利用する上に留意すべきことは、それが限られた資料を用いて統計的に推定したものであるということである。したがって次の条件はさげられない。

- 1) 資料年数をこえた R.P の利用には疑問がある。
- 2) 推算した R.P は第1近似値と考え、資料として利用するときはそのつもりで、適正な取り扱いを要する。

したがって、ここで定める中部電力管内の強風の R.P 推定値についても、利用する際には、その絶対値で考えるよりは、各地区間の風速値の比較において考える方がよいであろう。

2.1 扱った資料

設計強度を論ずるために暴風の調査をする場合、日最大しかも瞬間最大風速を基本にすることに問題はないが、統計的に扱うには、日最大では風速に強い持続性があるため適切でなく、毎月の最大風速を用いるのは季節的变化を反映するため適切でない。それに対して、年間日最大風速値を用いれば、これらの値は互いの独立性が強いため、統計的处理に適していると考えられる。一方瞬間風速は10分間平均の約1.35倍であることを考えれば(C. S. Durst: Wind Speeds over Short Periods of Time の斎藤鍊一博士による訳文の紹介者付記による)、10分間平均年間日最大風速を使うことが最も妥当であろう。過去の10分間平均風速値の資料は、われわれが今回行なうような統計的扱いに便利なように斎藤鍊一、井上恵一両氏による、観測法の変更のために生じた資料の不斉一性を修正した研究があるので⁽⁵⁾、それをそのまま採用し、それに気象庁年報、全国気象表第2部、昭和31年~34年による数値をつけ加えて各気象官署最大35年間の資料を作り、それを解析した。それらの資料を第1表に示す。

2.2 資料の分析

各地の年間最大風速の R.P の推定を行なう前に、過去の資料からみて各地の年間日最大風速が、どのような関係を持っているかを解析してみる。

最大風速の密度関数は第1図にその概形を示すように、正規分布に近い形をしている(実際には $P = \alpha \exp(-e^d)$ に近い)。そこで母集団の分布は正規分布にしたがっているという仮定をおき、各地の最大風速のうち同一母集団からと考えるものがあるかどうかを、平均値、分散値の検定により調べる。このとき母集団が正規分布にしたがうという仮定をおかずに、対数正規化等の方法によって正規分布に変換し、その資料で検定を行なうのも一つの方法であるが、母集団の分布形を論ずるのではなく、単に資料が同一母集団からのものであるか、どうかを考えるのであるから、そこまでやる必要はないであろう。等母分散、等母平均の検定には、分散比の検定を第1種の過誤5%、第2種の過誤10%としてF検定によって行ない、平均値の差の検定を等母分散は仮定しないで、第1種の過誤2%として Welch—Aspin の方法⁽⁵⁾によって行なった。その結果

は第2表のようになり、松本、尾鷲、上野、静岡を1つのグループ、飯田、高山、長野を1つのグループ、岐阜、名古屋、浜松を1つのグループに分け、合計3つのグループに分けることができた。今度これらをそれぞれ、松本グループ、飯田グループ、岐阜グループと呼ぶこととする。亀山と津は、どのグループにも入らないが、それらの風速の分布形は分散値が亀山では松本グループに、津で飯田グループに入ることに注意すれば、それぞれ松本グループ、飯田グループの解析から導きだせる。第2図にはグループごとに各地の経験的 R.P 曲線を示した。ここでは順位 j に相当する R.P; T_j としては、年間日最大風速を順位表によって

$$T_j = 2N / (2j - 1)$$

($j=1, 2, \dots, N$; N は全資料数)

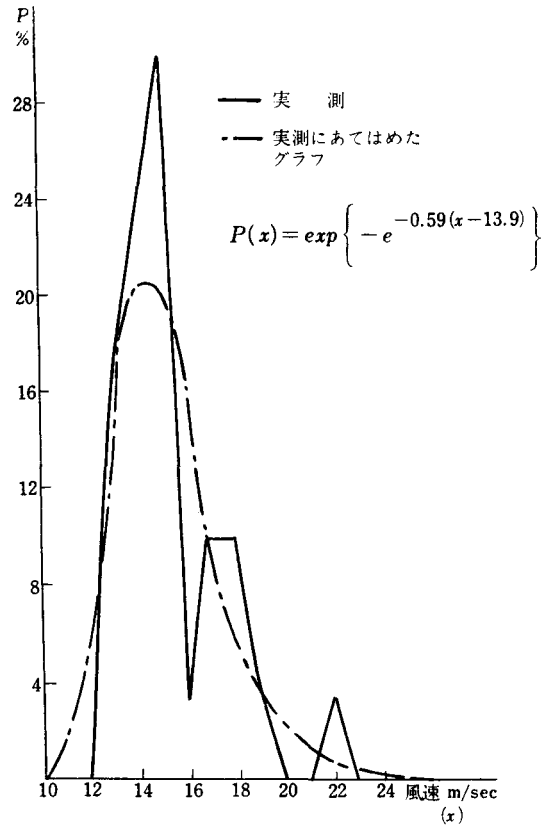
を採用した。

以上によって、当社管内の年間日最大風速の分布を3つのグループに分けた。そこで、われわれはそれらのグループに属する資料をまとめて、松本グループは97、岐阜グループは105、飯田グループは105の資料を持つものとして解析を行なうことにする。

2.3 R.P 曲線のあてはめ

第2図には各グループの経験的 R.P 曲線を———線に入れてある。これによって R.P 100年、200年に相当する年間日最大風速も得られることになる。しかしこの値は、例えば1960年の資料を入れれば変化する可能性を含んでいるため、この折線をそのまま採用することはわずらわしさに比して益するところは少ない。また、これらを使ってシミュレーションでも行なおうとすれば R.P 曲線を、ある数式で近似することが必要となる。

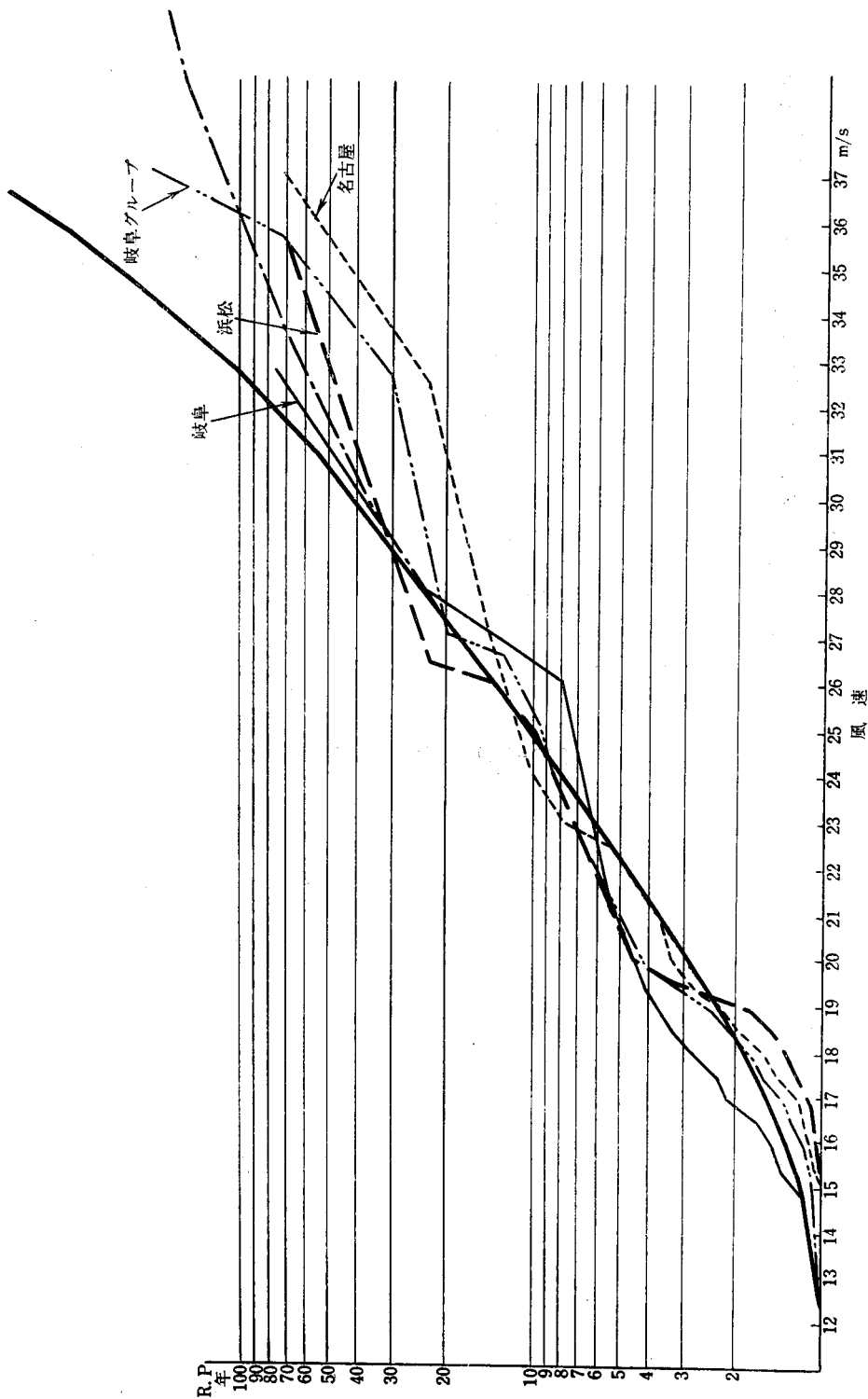
経験的 R.P 曲線の内外挿については、洪水量、



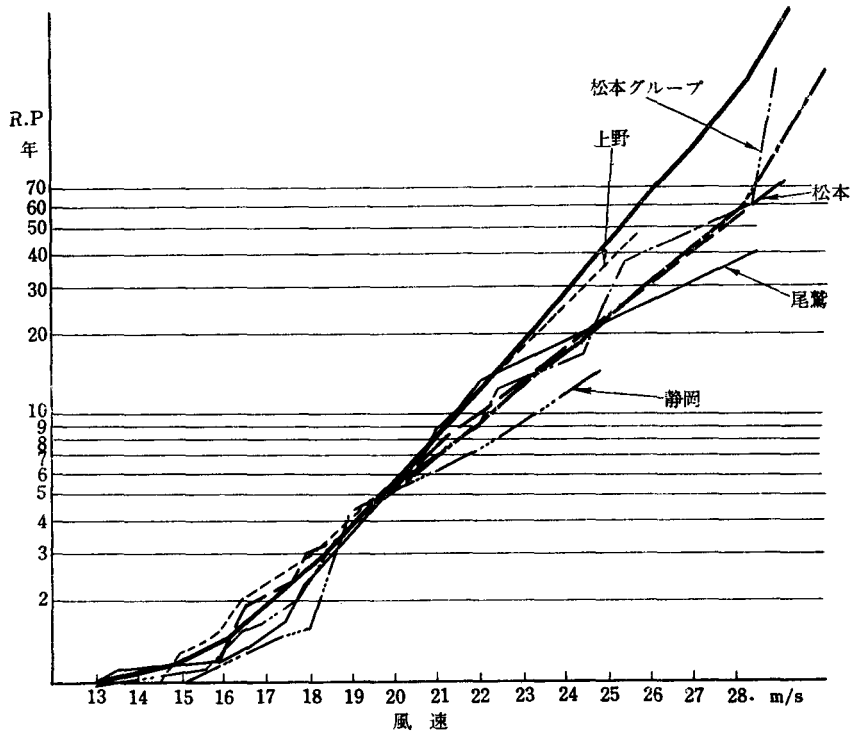
第1図 最大風速の密度函数

第2表 各地の最大風速の平均値、標準偏差とそのグループ分け

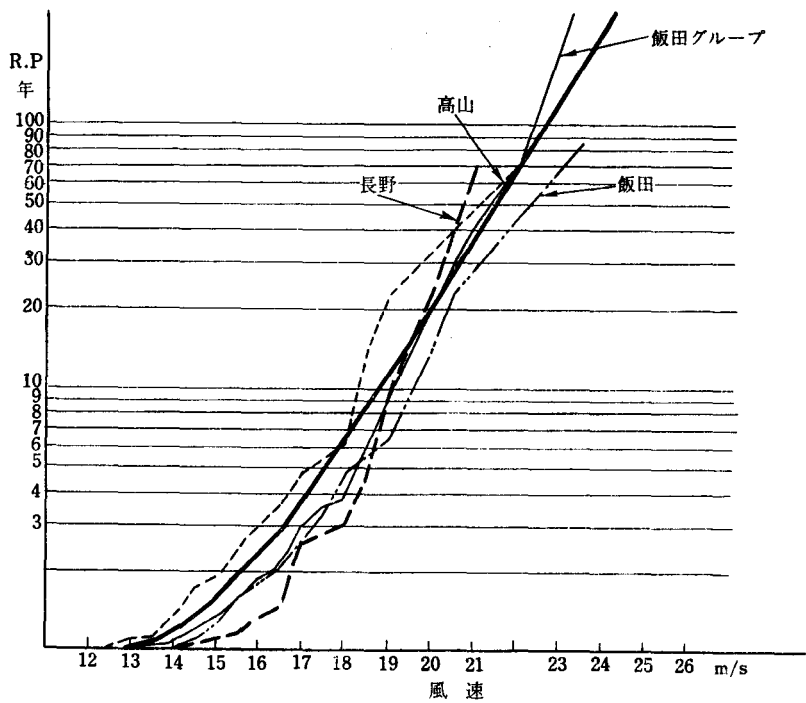
グループ	地名	平均値	標準偏差
松グループ	尾鷲	17.8	3.5
	上野	17.1	2.8
	松本	17.6	3.1
	静岡	18.3	2.6
岐阜グループ	名古屋	19.6	3.4
	岐阜	18.0	4.8
	浜松	19.4	4.0
飯田グループ	高山	15.2	2.0
	飯田	16.5	1.7
	長野	16.7	1.7
	亀山	22.2	1.8
	津	22.3	3.1



第2-1図 岐卓グループの曲線



第2-2図 松本グループの曲線



第2-3図 飯田グループの R.P 曲線

日降水量を例として土木、気象方面で種々の方法が試みられ、例えば、Foster, Hazen⁽⁴⁾, Gumbel⁽³⁾, 岩井⁽¹⁾, 小河原⁽²⁾等の人々が、それぞれ独自の方法を提唱している。それらは、小河原の方法を除けば、経験的 R. P 曲線に適当な分布函数を、資料あるいはその変換値の1次、2次等の積率を使ってパラメータを決定し、あてはめているものである。採用する函数は、Gumbel 法を除けば、皆実際の分布に似た形の函数を経験的に採用したもので、理論的な根拠はない。それに対して Gumbel が採用している函数は、極値量の分布として Tippet が求めた分布函数

$$(1) \quad \varphi(x) = \exp(-e^{-y}) ; y = A(x-B) \quad A, B \text{ は定数}$$

を使ったもので、最も理論的であるといえよう。この式を得るために風速値の分布が正規分布にしたがうものとし、 $n = \infty$ のうちの最大値の分布を求めたものである点に注意を要する。年間日最大風速の場合には、 $n = 365$ であって ∞ には程遠いために上の式にあてはめが悪くなってくる。小河原氏の方法は内挿は実測値によって行ない、外挿を端点が Fisher-Tippet の分布(1)にしたがっていると考へて行なうものであるから実測値を非常によく実現するものとなるが、数式の形には表現し得ない。したがって、数式の形に表現して、シミュレーションに使えるようにしようとするわれわれの目的には使えない。

われわれは、小河原氏の考へ方にならい、実測値をよく表わす曲線を Fisher-Tippet の分布をつなぎ合わせることによって得た。その方法を以下に述べよう。

Gumbel によれば(1)式の定数 A, B は標本平均 \bar{x} , 分散 S により、

$$A = \frac{1}{0.7797S}$$

$$B = \bar{x} - 0.450S$$

で与えられる。このようにして計算した式のグラフは第2図内に記入してある。それによればこのグラフは飯田グループ以外では R. P の小さい部分でしか、よく実測値を表現していない。この1点鎖が実測値をはずれた部分で(1)式を別に作ろうとするのが、われわれの考へである。そのグラフが第2図に1点鎖で記入してある。この2曲線のつなぎ合わせによって一応実測値をよく表わす R. P 曲線が得られることになる。このようにして得た分布函数の式は

岐阜グループでは、

$$y = \begin{cases} \exp(-e^{-0.284(x-16.95)}) & x \leq 28 \\ \exp(-e^{-0.168(x-9.26)}) & x > 28 \end{cases}$$

松本グループでは、

$$y = \begin{cases} \exp(-e^{-0.431(x-16.33)}) & x \leq 20.5 \\ \exp(-e^{-0.310(x-14.84)}) & x > 20.5 \end{cases}$$

飯田グループでは、

$$y = \exp(-e^{-0.622(x-15.2)})$$

となった。これをわれわれは各グループの R. P 曲線として採用することとしたい。

以上、当社管内の気象官署における年間最大風速の分布を3つのグループに分け、それぞれに式のあてはめを行なったのであるが、当社の施設が気象官署の付近ばかりにあるものとは限らない。しかし2.2で行なったグループ分けの結果によれば飯田、高山、長野のように地形的によく似た地点が同一グループに入っている。以下で各グループに入る地点の気象的あるいは地形的様相を考察してみよう。

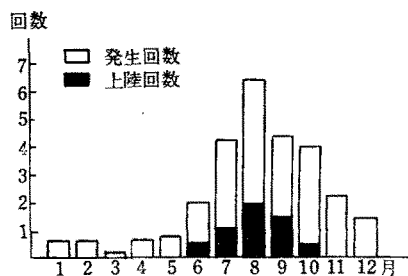
2.4 強風による地区分け

各グループの地域的特性をみる前に、中部地区の強風の季節的变化について考えてみる。わが国の暴風は温帯性低気圧によるもの、台風(熱帯性低気圧)によるものの2種類に大別される。第3図にみるように、暴風を起す強い温帯性低気圧が日本付近にあらわれるのは、11月から5月までの期間で、中でも1~3月がいちばん多い。それに対して台風は温帯性低気圧とは全く逆で、6~10月にあらわれる。なかでも7~9月の3ヵ月がいちばん多く11月~5月の期間は日本へはほとんど影響しない。これを中部地方に限ってみると各気象官署の暴風記録の順位5位まで(第

第3表 各地の風速順位とその発生日表 1940~1956

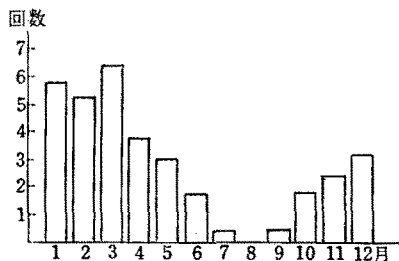
			1 位	2 位	3 位	4 位	5 位
長 野	月 風 速	日 m/s	9.12 19.0	4.11 18.7	9.25 18.4	3.18 18.4	4.11 18.2
高 山	月 風 速	日 m/s	9.18 19.0	10.1 18.0	10.15 17.3	9.17 16.8	4.13 16.5
松 本	月 風 速	日 m/s	9.18 21.9	9.26 21.7	9.17 19.9	10.15 19.9	4.12 18.7
諏 訪	月 風 速	日 m/s	9.26 18.4	12.16 18.0	12.29 18.0	2.26 18.0	12.27 18.0
岐 阜	月 風 速	日 m/s	10.15 26.2	9.3 26.1	9.18 23.5	9.26 21.6	3.20 19.1
名 古 屋	月 風 速	日 m/s	9.3 26.7	9.25 22.6	9.26 22.2	9.18 21.3	10.12 20.8
飯 田	月 風 速	日 m/s	10.28 18.7	5.11 17.4	4.14 17.4	3.19 16.9	5.2 16.8
上 野	月 風 速	日 m/s	9.3 22.2	10.30 20.7	9.25 20.1	3.7 17.7	4.18 17.7
亀 山	月 風 速	日 m/s	1.20 28.5	9.18 27.0	11.19 26.4	3.10 25.5	9.16 25.5
津	月 風 速	日 m/s	9.3 28.4	9.20 25.4	10.20 24.5	9.17 24.4	9.25 23.6
浜 松	月 風 速	日 m/s	9.25 24.7	12.27 19.0	4.3 18.9	9.27 18.8	4.21 18.7
伊 良 湖	月 風 速	日 m/s	9.27 31.7	9.25 30.0	10.20 26.2	9.18 24.8	6.23 24.7
静 岡	月 風 速	日 m/s	9.2 24.1	7.21 22.5	9.16 18.4	11.28 18.2	8.19 18.2
尾 鷲	月 風 速	日 m/s	9.25 22.0	9.3 20.8	12.16 19.0	8.6 18.7	2.10 18.5

3表)の中には台風によると考えられるもの(8, 9, 10月発生)が2/3を占め, 他は3, 4月の温



第3-1図

西太平洋における台風の月平均発生数と日本に上陸した台風の月平均数 (「日本の気候」より)



第3-2図

日本付近にあらわれた強い温帯低気圧の月平均数 (「日本の気候」より)

帯性低気圧によるものとなっている。これらの値を1955~1959年の間の年最大2位までの風の発生月を图示すると第4図のようになる。この中で, ・印は1955~1959年の年最大2位の風速の発生月が8, 9, 10月(台風期)にある気象官署であり, ×印は1940~1956年の間の10分間平均風速の順位が8, 9, 10月に多く発生した気象官署を示す, なお第4図には2.2で述べた最大風速のグループ別分類も入れてある。この図によれば台風による強風地区は太平洋側にある。このうち海岸部, 平野部(この言葉は山間部も含めて参考文献⁽¹²⁾でのべた)は岐阜グループに属しており, 山間部は飯田グループに属している。尾鷲が松本グループに属しているが, これは尾鷲が海岸部



第4図 各気象官署の最大風速発生時点図



第5図 中部電力管内の地区分け

にあっても四方を山に囲まれ, 山間部的性格をそなえているという特殊事情によるものである。一方温帯性低気圧による強風地区では, 山間部は飯田グループに, 他は松本グループに属している。しかし松本, 諏訪は山間部であっても, 松本グループになっているが, これは松本では南北に地形が開いていて他の山間部のようにほとんど完全に四囲が囲まれているのとは違って, 平野的性格をそなえているからである。

以上によって中部電力管内の強風分布に対する地区分けの一案が作れる。すなわち第5図の斜線部(太平洋側の平野部)は岐阜グループ、他の部分は山間部が飯田グループ、平野部が松本グループとなる。しかし各地点によって山間部であっても開放部分が多いといった条件により、グループに変化を持たせなければならない。

ここでは中部電力管内の強風の分布について一試案を示したのであるが、地域的に連続であるはずのものを不連続に取扱い、3つのグループに分けた点、問題によっては具合が悪い場合もある。

われわれの目的が、電気工作物の風圧に対する経済的設計・保守の基準について検討することにあるので、このような分類が必要になったのである。(連続的な扱いについては、再現期間、30年の暴風の推定に関する齋藤鍊一博士等の労作がある。)

今までに述べた方法により、

第4表

各グループの R. P 30年, 50年
について求めれば第4表のよう
になり、強風の地域差が明らか
に見受けられる。

グループ名	R. P		備 考
	30 年	50 年	
飯田グループ	20m/sec	22m/sec	高山, 長野
松本グループ	26 "	27 "	尾鷲, 静岡, 上野
岐阜グループ	30 "	33 "	名古屋, 浜松

3. 木柱腐蝕量分布の経年変化

電柱の腐蝕については、何分にも相手が有機物であり、腐蝕速度に働く要因は温度、水分、地質、防腐処理などが考えられ非常に複雑である。従来個々の要因については種々調査されているが⁽⁹⁾、使用状態にある電柱の腐蝕速度について、われわれの研究目的に利用できるように統計的あるいは確率的に把握することはあまり行なわれていない。したがって、われわれは電柱腐蝕量(深さ)分布の経年変化を確率的に把握する問題が研究目的にたいして重要な課題となった。

3.1 扱った資料

第5表は参考文献(8)から転載したものであるが、これは中部電力において、昭和30年に配電線木柱の実態調査を行った結果である。サンプリングの方法は全社の配電線木柱からランダムに杉素材柱~32,000本、マレニット(PF-1種)柱~27,000本、クレオソート柱~4,500本を抽出し、さらにその中からランダムに杉素材柱~646本、マレニット(PF-1種)柱~1,240本、クレオソート柱~303本を抽出したものである。

この調査はある時点において、いっせに行かない、地際の腐蝕量(深さ)を測り、それを経年別に集計したものである。したがって、特に古いものは、腐蝕の甚だしいものが建替えられデータに入っていない可能性があり、現実とはやや遊離しているのではないかとことも考えられる。しかしながらほかに適当なデータが得られず、また第5表の基礎になったデータも残念ながら残っていないので第5表について検討することにした。

第 5 表

杉 素 材		~10	~20	~30	~40	~50	~60	~70	~80	~90	~100	~110	~120	~130	~140	~150	~160	~170	~180	~190	~200	調査本数	
3 年未満		77.3	4.1	2.1	3.1	3.1	2.1	2.1	4.1	2.1													97
3~6年		44.3	5.1	4.6	8.0	7.4	6.8	6.8	7.4	3.4	1.7		1.1	2.3			0.6	0.6					176
6~9"		29.1	1.8	7.3	12.7	5.5	7.3	14.5	7.3	3.7	1.8	3.7		1.8	1.8		1.8						55
9~12"		18.5	13.0	9.3	9.3	5.6	15.7	9.3	3.7	2.8	0.9	2.8			0.9		1.8		1.8	0.9	3.7		108
12~15"		6.0	1.5	6.0	12.0	10.5	22.4	14.9	7.5	3.0	3.0	3.0	1.5	1.5	3.0						4.5		67
15~18"		5.0	11.2	3.8	7.5	8.7	6.3	10.0	11.2	10.0	8.7	5.0	1.3	1.3	3.7	1.3	1.3	1.3	1.3		1.3		80
18~21"		7.9	6.4	6.4	4.8	11.1	11.1	9.5	9.5	4.8	9.5	4.8	2.4	4.8		1.6			1.6	1.6	1.6		63
																							646本
P F~1 種		~10	~20	~30	~40	~50	~60	~70	~80	~90	~100	~110	~120	~130	~140	~150	~160	~170	~180	~190	~200	調査本数	
3 年未満		79.3	5.4	2.3	3.1		3.1	3.8	0.8		0.8										0.8	0.8	130
3~6年		55.8	12.7	5.1	7.6	3.4	4.2	0.8	3.4	1.7	1.3	0.9	1.3	0.9		0.9					0.4	237	
6~9"		45.6	13.0	5.7	8.3	3.6	10.9	6.7	1.6	1.0		2.6		0.5			0.5					193	
9~12"		41.2	10.4	10.4	8.1	7.1	7.1	3.8	2.4	2.8	2.8	0.9	0.9	0.5	0.9	0.5						211	
12~15"		33.0	11.0	8.8	8.3	7.7	9.3	4.4	4.4	5.0	4.4	1.7	1.1	1.1								182	
15~18"		20.1	10.8	5.4	6.7	4.0	9.4	12.7	10.0	8.1	4.7	2.0	1.3	2.0	0.7	0.7			0.7		0.7	149	
18~21"		15.9	6.5	9.4	8.0	5.8	10.1	8.7	3.6	7.3	5.1	5.8	2.2	2.9	2.9	2.9	0.7	0.7		0.7	0.7	138	
																							1,240本
クレソート柱		~10	~20	~30	~40	~50	~60	~70	~80	~90	~100	~110	~120	~130	~140	~150	~160	~170	~180	~190	~200	調査本数	
3 年未満		85.0	11.1								3.7												27
3~6年		93.0				2.5	2.5				2.5												40
6~9"		74.0	9.7		6.5				3.2		3.2												31
9~12"		81.0	7.7	7.7							3.8												26
12~15"		71.4	15.9	6.4	1.6	1.6					1.6		1.6										63
15~18"		80.4	8.9	5.4		1.8			1.8		1.8												56
18~21"		86.5	3.9		1.9		1.9	1.9			1.9				1.9								52
21~24"		87.5	12.5																				8
																							303本

注：参考文献(8)より転載。

3.2 考 え 方

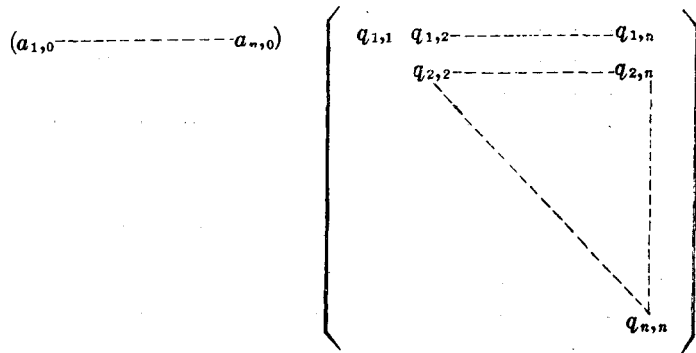
第1表によれば、新しいものほど腐蝕量0~1cmの率が高くしかもわずかではあるが腐蝕量9~10cmまで、とにかく分布していて簡単な密度関数で表現することは困難なようである。また古くなれば古くなるほど腐蝕量0~1cmの比率が小さくなり、その減少した分が腐蝕量の大きい方に流れていくかのように変化している。

木柱の腐蝕については年々進むことはあっても退化して木柱が太くなることは考えられない。また、年々の気象条件によってそれぞれの木柱の腐蝕が急速に進むこともあり大して進まないこともあることを考えれば、腐蝕に影響を与えている気象条件その他は、その前年の状態とは関係なく年々独立した事象であるとも考えられる。

そこで、一応次のような仮説をたて試算によりチェックする方法をとった。すなわちある時点

での多くの木柱の状態を行ベクトル $(a_{1,0}, a_{2,0}, \dots, a_{n,0})$ で表わそう。この意味は腐蝕量が i cm である木柱の割合が $a_{i,0}$ であることを示している。このような木柱群の状態 E_i (腐蝕量が $(i-1) \sim i$ cm であることを表わす) が状態 E_j へ移る確率はつねに q_{ij} である。したがってある時点で $(a_{1,0}, a_{2,0}, \dots, a_{n,0})$ なる状態にある木柱群は次の期には右式の状態に変わる。このように進行過程を考えること

は、それを単純マルコフ過程にしたがうと考えたことにほかならない。

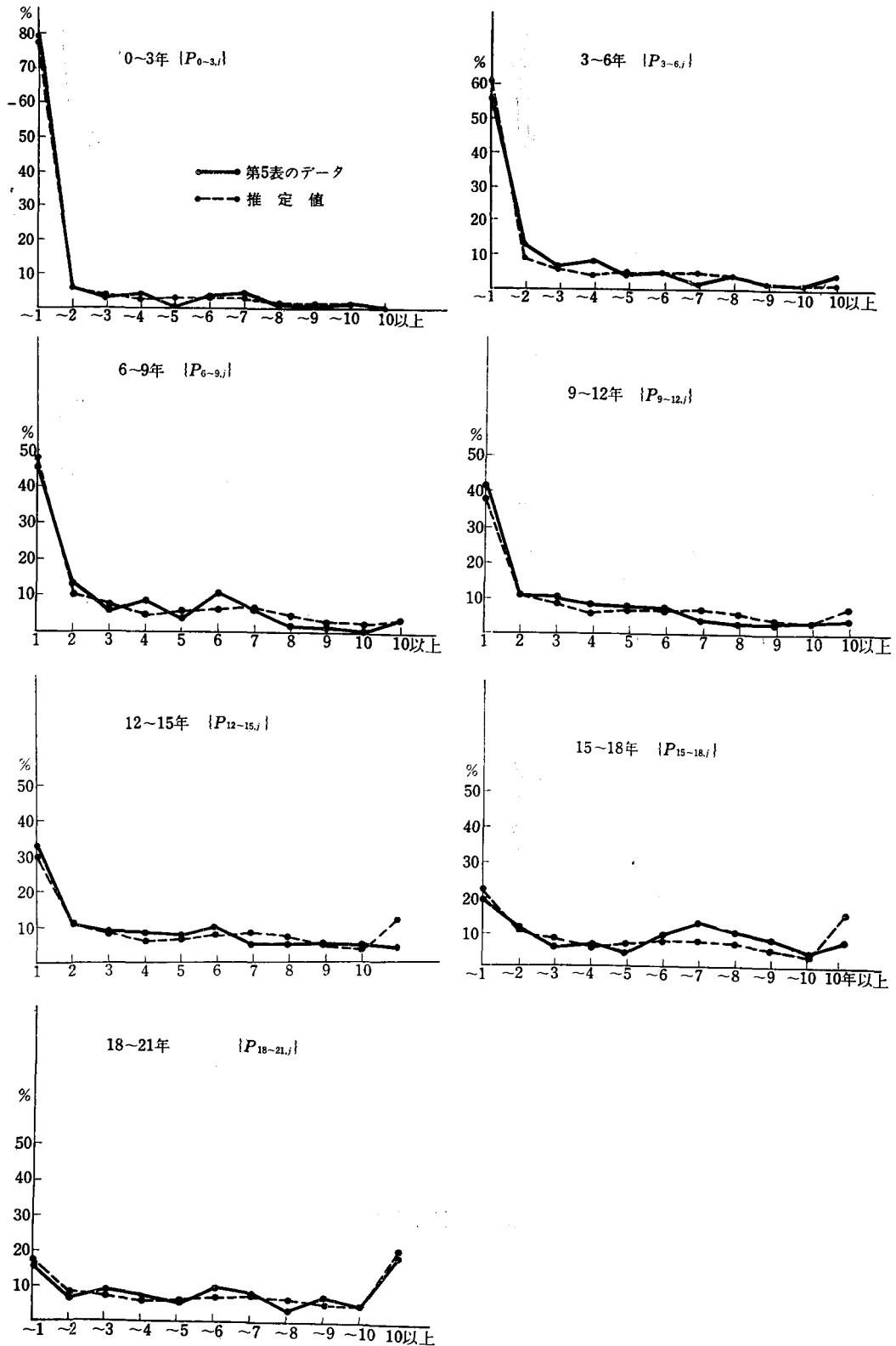


3.3 試算結果

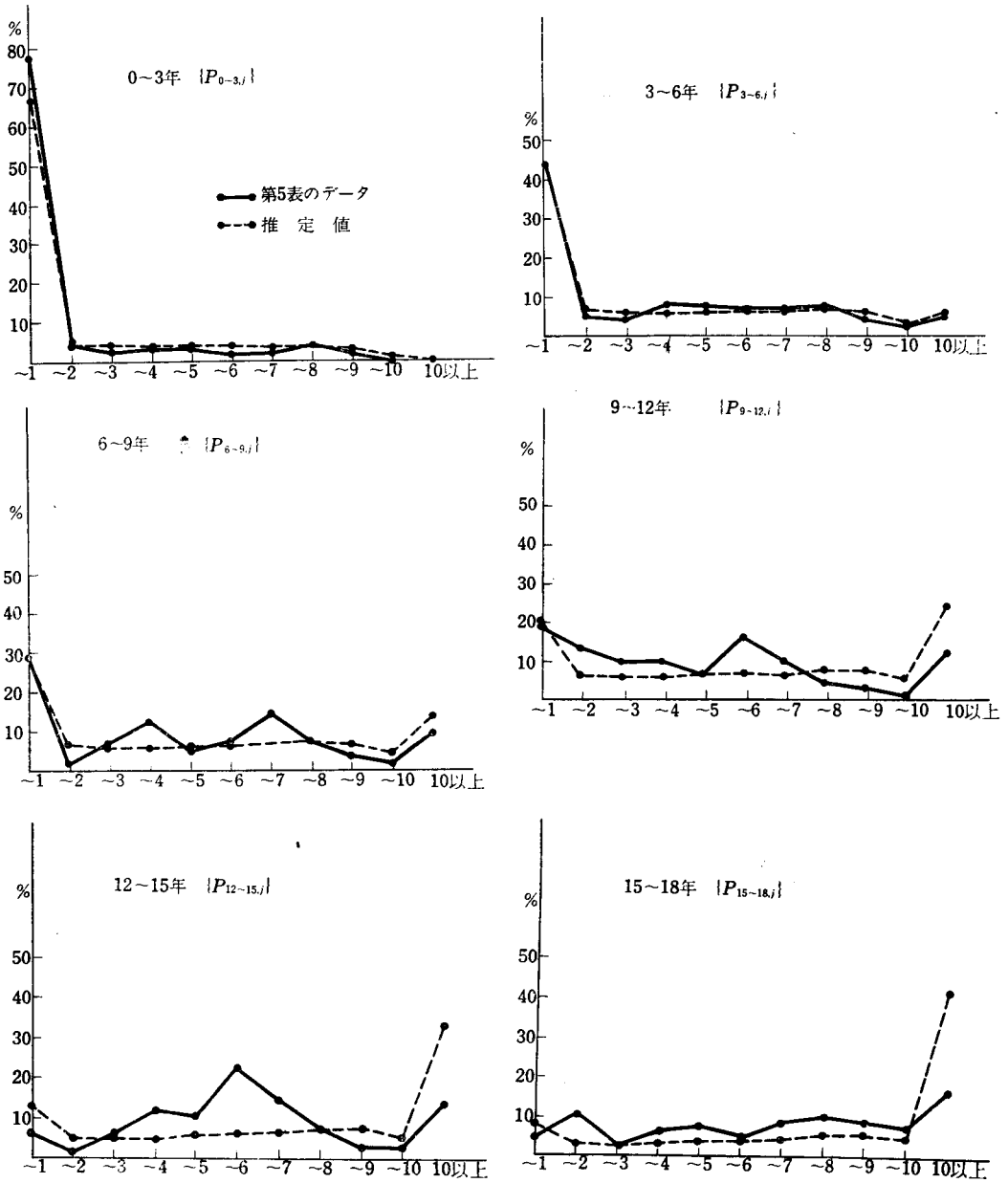
第5表の0~3年, 3~6年……………の各データをベクトルで表現し、夫々 $\{P_{0-3,j}\}, \{P_{3-6,j}\},$

…………… $\{P_{n-3,j}\}$ と表わすことにしよう。これらのデータを図表にすると第6図、第7図の実線のように相当の凹凸があり、前述のごとく $\{P_{0-3,j}\}$ により推移行列を組み $\{P_{3-6,j}\}, \{P_{6-9,j}\},$ ……………を計算していくと $\{P_{0-3,j}\}$ の歪みの影響が後にいくほど大きくあらわれるので、むしろ平滑化して採用すべきものと考えた。平滑化は移動平均法により行ったが、 $P_{0-3,1}$ を含めて行くと原形があまりにもくずれるので $P_{0-3,2}$ 以降について平滑化した。このようにして推移行列を組み、 $\{P_{3-6,j}\}, \{P_{6-9,j}\}, \dots$ を順次計算したのであるが第6図第7図の点線がその結果である。実績と計算値を比較してみると、第6図のPF-1種についてはかなり近似している。第7図の杉素材柱については $\{P_{9-12,j}\}$ までは大体近似しているが $\{P_{12-15,j}\}$ 以降はかなりはずれている。これは図表の形からみて3.1でのべたように腐蝕の甚だしいものが調査時点に到らないうちに建替えられて標本に入っていないことが原因であろう。

クレオソート柱については標本数が少ないので試算は行なわなかった。以上のように試算の結果はデータと大体近似しているので3.2において考えた、木柱の外側からの腐蝕過程は単純マルコフ過程になるという仮説を実用上は認めてもよいと考える。



第6図 杉マレニット注入柱 (PF-1種)



第7図 杉素材柱

3.4 $\{P_{0-1}, j\}$ の推定

データとして与えられたものは経年を3年単位にとってあるが、この目的にたいしては1年単位のもの、すなわち $\{P_{0-1}, j\}$ が必要である。

電柱の建替は時間的にほぼ均等に行われているものとすれば

$$\{P_{0-1}, j\} + \{P_{1-2}, j\} + \{P_{2-3}, j\} = 3\{P_{0-3}, j\}$$

の関係があると考えられるので、これから $\{P_{0-1}, j\}$ を求めることができる。

PF-1種については

$$P_1 = 0.88200 \quad P_6 = 0.01432$$

$$P_2 = 0.03178 \quad P_7 = 0.01412$$

$$P_3 = 0.02040 \quad P_8 = 0.00863$$

$$P_4 = 0.01138 \quad P_9 = 0.00294$$

$$P_5 = 0.01334 \quad P_{10} = 0.00089$$

となった。これを用いて順次 $\{P_{1-2}, j\}$, $\{P_{2-3}, j\}$ …… を求めることができる。

4. む す び

以上の準備的検討により、2.によって強風の発生状態は地域的な相違があり、工作物の経済的強度を検討するに当たって考慮の余地があるのではなかろうかという暗示が与えられ、また3.によって電柱腐蝕の進行過程は単純マルコフ過程にしたがうものとして近似できるという見通しがついた。

これらを組合せて1.に示した構成に従いこれから計算を行なうよう準備中であり、後刻報告する予定である。

本稿の2.については気象庁観測部統計課長斎藤鍊一氏、名古屋地方気象台観測課長大谷和夫氏の御指導を得たので厚く御礼申し上げます。本稿を終ることにする。

参 考 文 献

- (1) 岩井重久：米国における水文統計学について。
- (2) M. Ogawara and Collaborators: Stochastic Limit for Maximum Possible Amount of Precipitation. Papers in Meteorology and Geophysics
- (3) E. j. Gumbel: The Return Period of Flood Flows. Annals of Math. Sta. Vol. 12
- (4) 東京工業大学統計工学研究会編：統計工学ハンドブック。技報堂
- (5) 斎藤鍊一，菊地原英和，井上恵一：10分間最大風速による暴風の記録。研究時報 Vol. 9 No. 3
- (6) 北川敏男：実験計画法講義 I。培風館
- (7) 平井信一，北原覚一：木材理学。朝倉書店
- (8) 渡辺益造：木材の防腐。電力社
- (9) 森 徹，浅野猪久夫：木材の腐朽速度に関する研究。建築研究所要報 第112号

- (10) 林業試験場編：木材工業ハンドブック. 丸善
- (11) W. Feller : An Introduction to Probability Theory and Its Applications. (河田竜夫監訳)
紀伊國屋書店
- (12) M. Motoori : H. Enomoto : A Study on the Typhoon Model — on the Simulation Model
and Game of the Typhoon — . Journal of the O. R. Society of Japan. Vol. 4 No. 1 and
No. 4

《海 外 交 換 雜 誌》

- 1) SANKHYA; THE INDIAN JOURNAL OF STATISTICS
Series B Vol. 23, No. 1~4 1962
Vol. 24, No. 1~4 1962
- 2) BULLETIN OF THE QUALITY CONTROL ASSOCIATION
Vol. VI 1959
Vol. VII 1960
Vol. VIII 1961
- 3) MATHEMATICS AND MATHEMATICAL PHYSICS;
JOURNAL OF RESEARCH., NATIONAL BUREAU OF
STANDARDS
Vol. 65 B No. 1~3
Vol. 66 B No. 1
- 4) HARVARD BUSINESS REVIEW,
Vol. 40, No. 1, No. 2, No. 4, 1962
- 5) TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY OF CANADA
Section III Chemical, Mathematical and Physical Sciences
Third Series—Vol, LV—Sec. III
- 6) BULLETIN OF THE RESEARCH COUNCIL OF ISRAEL
Section F. Math, and Phys.
Vol. 10 F, No. 1, 1961
Vol. No. 3, 1962
- 7) PRINCETON ENGINEER
Vol. XXII No. 2, No. 3, 1961
Vol. XXII No. 4, No. 6, No. 7, No. 8, 1962
- 8) REVUE FRANCAISE DE RECHERCHE OPERATIONNELLE,
No. 23