

設計風圧選定の目的で施行した
鳴門海峡に於ける暴風観測報告

第 4 報

(1960, 7, 1)

関西電力株式会社
工務部 送電課

は し が き

過去3ヶ年の台風期風速観測に引続き本年度(1959年)も、京都大学滑川教授及び石崎教授にお願いして海峡の10数ヶ地点で風速観測を実施した。

之等の観測結果は、京都大学によつて整理、解析したものをまとめられたもので、そのまま報告として記載させて頂く、直接観測を担当せられ設計風圧値の算出の労をおしまれなかつた京都大学滑川教授、石崎教授、理学部気象研究所の方々又色々御援助、御便宜をはかつて下さつた大阪管区气象台、神戸海洋气象台、徳島地方气象台、州本測候所、第5管区海上保安本部小松島航路標識所の方々並びに地元の方々に謝意を表す。

目 次

I	序 言	1 頁
II	暴風観測結果	2
III	設計風圧の推奨値に就いて	7
IV	横断送電線に直角な向きから 少しはずれた風に対する設計風圧に就いて	13
V	設計上の参考資料としての鳴門海峡に 発生する小旋風の標本型に就いて	16
VI	季節風による最大風速の推定	19
VII	架構及び普通部分の設計風速の推奨値に就いて	25
VIII	鳴門海峡に於ける最大風速出現時の 空気密度の推定に就いて	27
IX	海峡横断送電線の安全電流算定に関する 気象学的所見	30
X	作業可能日数を推定するための参考資料 としての風に関する統計	38

設計風圧選定の目的で施行した

鳴門海峡に於ける暴風観測報告*

第 4 報

(1960.7.1.)

I 序 言

本年度(1959年)も引続き鳴門海峡域に於ける十数点の風速比較観測が行われた。この観測は既に3ヶ年の台風期を経過しており** 4年目の今回に於いて、推定最大風速に近いものを与える台風の来襲に対して多大の期待が持たれたのであるが、実際には、伊勢湾台風の中心からはずれ、基準地(里浦)の最強風速 $26.5\%_{sec}$ を観測し得たに過ぎず、また台風14号の来襲によつても $12-18^m/sec$ に過ぎない基準地の風速を得たにとどまつたので、前回以来の懸案であつた、地形による風速の増強率が風速の増大に伴つて減少するであろうとの見解の解決は出来なかつた。基準地の推定風速は平均で $40^m/sec$ 瞬間で $55^m/sec$ 、

(脚注) *本文は京都大学理学部教授滑川忠夫の指導の下で同助手光田寧が執筆したものである。

**第1報(1956年12月)、第2報(1958年2月)、及び第3報(1959年9月)参照。

海峡域ではこれの約2倍近いと推定されているので、これを
実証し得るに到らなかつたことは残念至極である。

この報告には、上述の観測の結果の要約と本年度に於いて
この問題に対して検討した結果の要約とが集録されている。

II 暴風観測結果

前述の如く今年度は台風14号によるものと台風15号
(伊勢湾台風)による暴風との2回に過ぎなかつた。それら
の結果は第1表及び第2表で示されている。

これらの表を見て解る様に、台風14号の近接に伴つて、
基準点(里浦)で最強 $17.9m/sec$ を、地形的に増強される
海峡域では新設点である門崎の先端で $40.1m/sec$ を観測し
ている。これらの強風は南東寄りの風であるので、各測点の
地形による増強率の推定に役立つ。即ち、この観測から得た
地形増強率は次の如くである。

第14号 地形増強率*

里 浦	灯 台	門 崎	鳥居下	鳥居上	やぐら	ガレ	笹 山
1.00	1.88	2.19	2.14	2.17	1.52	2.05	1.45
1.0	1.8	—	2.1	2.2	1.7	2.05	1.8

* 地形増強率は1958年度に決定したもの

第1表 暴風観測結果*

観測点 時刻	里 浦	孫崎灯台	門崎** (新設点)	鳥 居	
	平均風速 (増強率) 風向	平均風速(増強率) 風向 瞬間最大風速	平均風速 (増強率)	下(5m) 平均風速 (増強率) 風向	上(10m) 平均風速 (増強率)
1959年 9月17日					
10時	1 2.4(1.00) S	2 2.4(1.81) SE 2 6.8	2 5.8(2.08)	2 5.6(2.06) SE	2 7.3(2.20)
11	1 2.0(1.00) S	2 4.3(2.02) SE 2 7.3	2 8.2(2.35)	2 8.1(2.34) SE	2 7.8(2.32)
12	1 3.7(1.00) S	2 6.0(1.90) SE 3 0.7	3 0.8(2.24)	2 8.4(2.08) SE	2 8.3(2.06)
13	1 5.0(1.00) S	2 7.7(1.85) SE 3 0.4	3 1.1(2.07)	3 0.7(2.04) SE	3 0.3(2.02)
14	1 6.1(1.00) S	3 0.9(1.92) SE 3 5.2	2 9.1(1.81)	3 2.2(2.00) SE	3 2.7(2.03)
15	1 6.3(1.00) S	3 1.4(1.93) SSE 3 8.2	3 3.2(2.04)	3 4.6(2.12) SE	3 4.8(2.14)
16	1 7.9(1.00) S	3 3.5(1.87) SSE 4 2.3	3 6.9(2.06)	3 8.4(2.14) SE	3 7.2(2.03)
17	1 7.6(1.00) SSW	3 0.6(1.74) SSE 4 0.9	4 0.1(2.28)	3 6.4(2.07) SSE	3 7.6(2.14)
18	1 7.2(1.00) SSW	2 7.7(1.61) SSE 3 8.0	3 5.7(2.08)	3 2.8(1.91) SSE	3 4.3(1.99)
19	1 2.9(1.00) SSW	2 4.9(1.91) SSE 3 5.1	3 3.1(2.56)	3 4.1(2.64) SSE	2 9.2(2.26)
20	1 2.0(10.0) SSW	2 1.5(1.79) SSE 3 0.5	3 0.3(2.52)	2 9.2(2.43) SSE	2 7.7(2.31)

註 * 風速は m/sec 、平均風速は正時前1時間の平均(但し徳島地方気象台の最大を示す。

** 観測点門崎は1959年度の新設点で、淡路側門崎の先端に位置し、地面

1959年9月17日 10-20時(14号台風)

	やぐら	ガレ	笹山	押登岬	徳島地方气象台
0 m)					
風速率)	平均風速 (増強率) 風向	平均風速 (増強率)	平均風速 (増強率) 風向	平均風速 (増強率) 風向	平均風速 (増強率) 風向
20)	15.3(1.23)ESE	24.1(1.94)	15.4(1.24)ESE	19.7(1.59)ESE	15.0(1.21)SSE
32)	17.4(1.45)ESE	26.6(2.22)	17.1(1.42)ESE	18.4(1.53)ESE	14.4(1.20)SSE
06)	17.8(1.30)ESE	29.2(2.13)	17.2(1.25)ESE	26.6(1.94)ESE	16.9(1.23)SSE
02)	20.2(1.35)ESE	31.1(2.07)	19.7(1.31)ESE	25.5(1.70)ESE	19.7(1.31)SSE
03)	21.3(1.32)ESE	32.3(2.01)	20.7(1.29)ESE	27.1(1.68)ESE	18.4(1.14)SSE
14)	22.9(1.40)ESE	35.0(2.15)	21.2(1.30)ESE	26.9(1.65)ESE	21.4(1.31)S
08)	25.9(1.45)SE	35.4(1.98)	27.7(1.55)ESE	29.7(1.66)ESE	19.6(1.10)S
14)	28.1(1.60)ESE	35.4(2.01)	27.7(1.57)ESE	29.2(1.66)ESE	13.2(0.75)S
99)	26.9(1.56)SE	31.4(1.83)	27.0(1.57)ESE	26.2(1.52)ESE	11.0(0.64)S
26)	26.9(2.08)SE	28.0(2.17)	25.1(1.95)ESE	24.7(1.91)SE	7.8(0.61)S
31)	23.2(1.93)SSE	25.1(2.09)	18.5(1.54)ESE	21.7(1.81)SE	12.4(1.03)SSW

台のものは正時前10分間の平均)を示し、瞬間最大風速は正時前1時間内の

地面海拔高19m、風速計地上高2.5mである。

第 2 表 暴 風 観 測 結 果

観 測 点 時 刻	里 浦	孫 崎 灯 台		裸 島	飛 島	門 崎 (新設点)	鳥 下 (
	平均風速風向	平均風速風向	瞬間最大風速	平均風速	平均風速	平均風速	平均風速
1959年 9月26日							
16時	20.7 N	27.2 N	32.4	25.3	13.6	13.8	13.3
17	25.5 NNW	29.5 N	34.2	26.7	18.5	18.2	17.8
18	26.5 -	37.9 N	42.8	33.7	29.6	26.3	30.4
19	17.3 -	42.5 -	47.6	38.0	35.8	30.7	36.5
20	14.0 -	39.4 -	46.3	37.2	36.2	42.4	38.7
21	9.5 -	26.3 -	35.1	17.1	21.0	39.0	-
22	5.3 -	17.7 -	32.2	17.8	19.1	31.9	-
23	4.1 -	- -	29.0	12.3	16.8	27.4	-
24	4.0 -	13.9 -	19.2	12.2	11.7	18.0	-

1959年9月26日 16-24時 (15号台風)

居		やぐら	ガレ	笹山	押登岬	徳島地方气象台
(5m)	上(10m)					
風速風向	平均風速	平均風速風向	平均風速	平均風速風向	平均風速風向	平均風速風向
3 NNE	13.6	11.2 NNE	7.8	10.2 NNW	15.7 N	18.0 NNE
8 N	21.8	12.1 N	10.8	12.9 NNW	18.7 N	24.1 N
4 NW	23.2	18.8 N	13.3	16.5 NNW	18.2 N	24.5 N
5 NW	37.4	25.4 N	14.7	22.0 NNW	22.5 N	19.7 NW
7 NW	39.4	28.2 NNW	14.6	25.1 NNW	32.5 NNW	16.6 NW
NW	34.7	33.3 WNW	10.7	- NNW	33.6 NW	10.8 WNW
NW	30.2	30.6 WNW	10.4	- NNW	32.7 NW	12.0 W
NW	25.7	26.6 WNW	8.1	- NNW	24.5 NW	15.5 W
WNW	18.1	20.3 WNW	6.1	10.7 NNW	24.2 NW	10.3 W

また、台風15号によつて里浦でも $26.5m/sec$ 、門崎の先端では $42.4m/sec$ 、孫崎灯台では $42.5m/sec$ を観測しているが、これらは北西寄りの風で、この問題に対する直接の資料には使用出来ない。

Ⅲ 設計風圧の推奨値に就いて

設計風圧の推奨値は、その暫定値が、第1報で示されて以後、2回にわたる補正を経て現在では第3報で示された値になつている。しかし考慮を必要とする2つの問題が残つている。その一つは、地形による増強率は風速の増大と共に小さくなるであろうと思われるので、それを示す観測資料の獲得を待機していることである。しかし前述の如く、この要求を満たす様な台風の来襲に恵まれなかつたので、これの補正を行うことは只今では出来ない。

今一つの問題は小地形による影響の吟味と摩擦効果の理論的追求である。しかし、これは大変厄介な問題であり、設計風圧の推奨値を安全側にとることによつて、のがれることが出来る。実際、第3報に示されている各測点の基準比（地形による増強率）を見てわかる様に（第3表参照）これらの理論比は実測比より常に大きく出ている。

理論に於いて摩擦が慮外視されていることなど思い合せ、

かつ安全側をとるとの主義で推奨値の算定には理論的のものを採用することとしている。しかし徒らに大きい値を採用することは不利であり且つまた目的にそわない。尤も正確な補正は簡単に行い得ないので、相当大胆な想定によつて以下の如く補正することにする。

或る測点に於ける理論的地形増強率 (L_t) は、その測点と同じ高さの地形の影響を受けない広い海上での基準率 (L_s) との差 ($L_t - L_s$) に比例する補正を受けると仮定し、その比例常数を 0.5 とする。即ち修正値 $0.5 (L_t - L_s)$ を施すと第 3 表で示されている様に実測値との一致が非常に良好となる。

第 3 表 地形増強率

	実 測 値	理 論 値	同 修 正 値
つつじ丘	1.1	1.8	1.6
孫崎灯台	1.8	2.4	1.85
飛島	1.15	1.5	1.35
裸島	1.6	2.0	1.6
鳥居	上	2.1	2.0
	下	2.2	2.1
やぐら	1.7	2.0	1.65
駐車場	1.8	2.1	1.7
ガレ	2.05	2.2	1.8
笹山	1.8	2.15	1.8

特に理論値が、過大に出ていた孫崎灯台、鳥居上下、裸島、やぐらなどが、著しく良くなっている。尤も、つつじ丘及び飛島についてはなお理論値の方が、少し過大のまま残っている。これは附近の小地形によるものと想像されるが、詳細は目下のところ不明である。

上述の如き考察で実測値に近迫せしめることが出来たので、 $0.5 (L_t - L_s)$ なる補正が問題にしている全域に涉つて有効であると思つて算定した結果を第1図で示す。

また、この増強率を基準点に於ける想定最大風速 ($40^m/sec$) に乗じて最大風速が得られる。その結果は第2図に示されている。

次に瞬間風速であるが、これに対しては初年度は平均風速の5割増しと想定したが、実測によつて少し過大であることが解つたので、第2年度は4割増しとし、第3年度もこれを襲用した。

しかし瞬間風速と平均風速の比即ち *gust factor* G

(= 瞬間風速 / 平均風速) は高さの函数であることが、

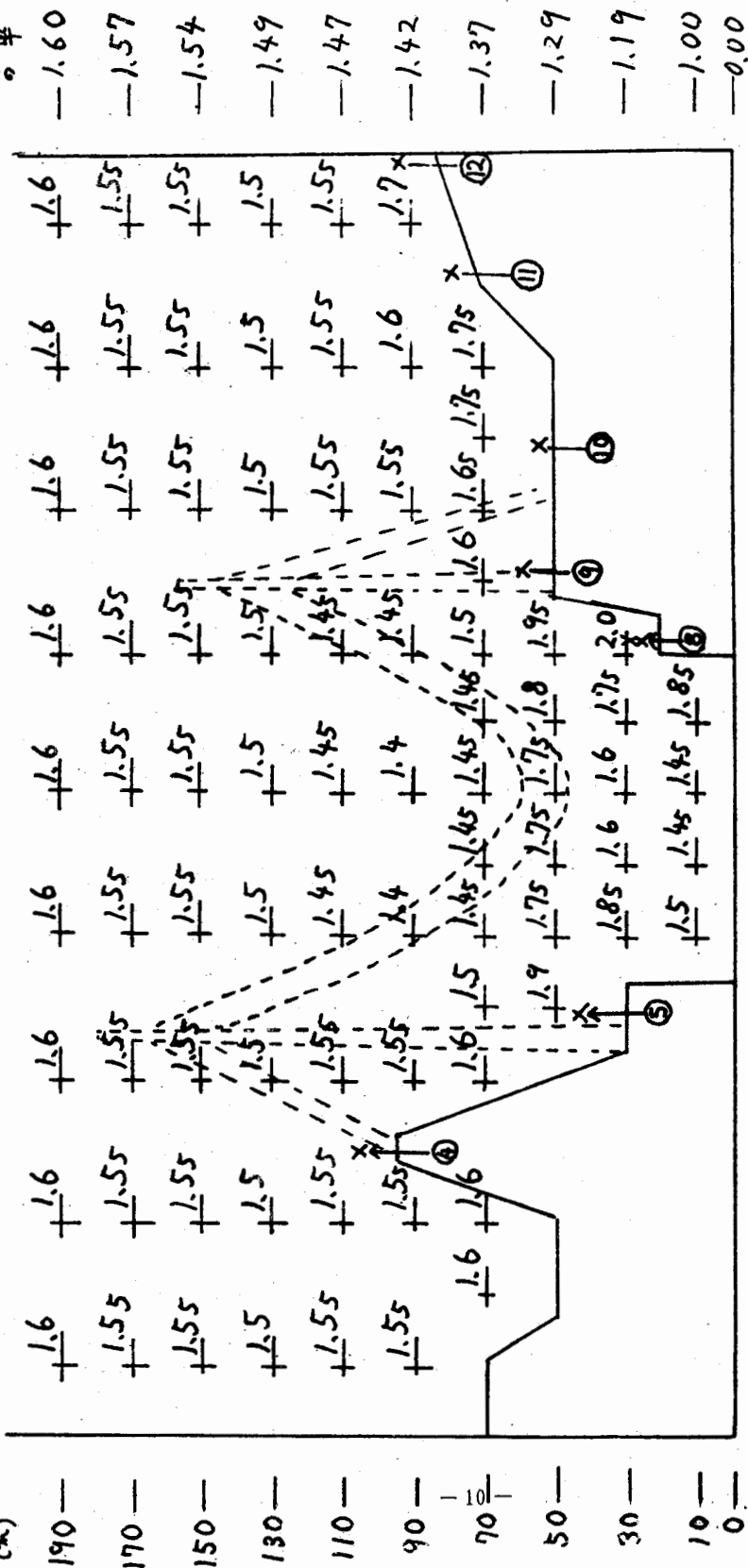
Sherlock などによつて示されているので、今回の算定に

は *Sherlock* の経験式 $G = G_0 (Z / Z_0)^{-0.0652}$ を使用し、

$Z_0 = 10 m$ に於ける値、即ち $G_0 = 1.4$ と仮定した。

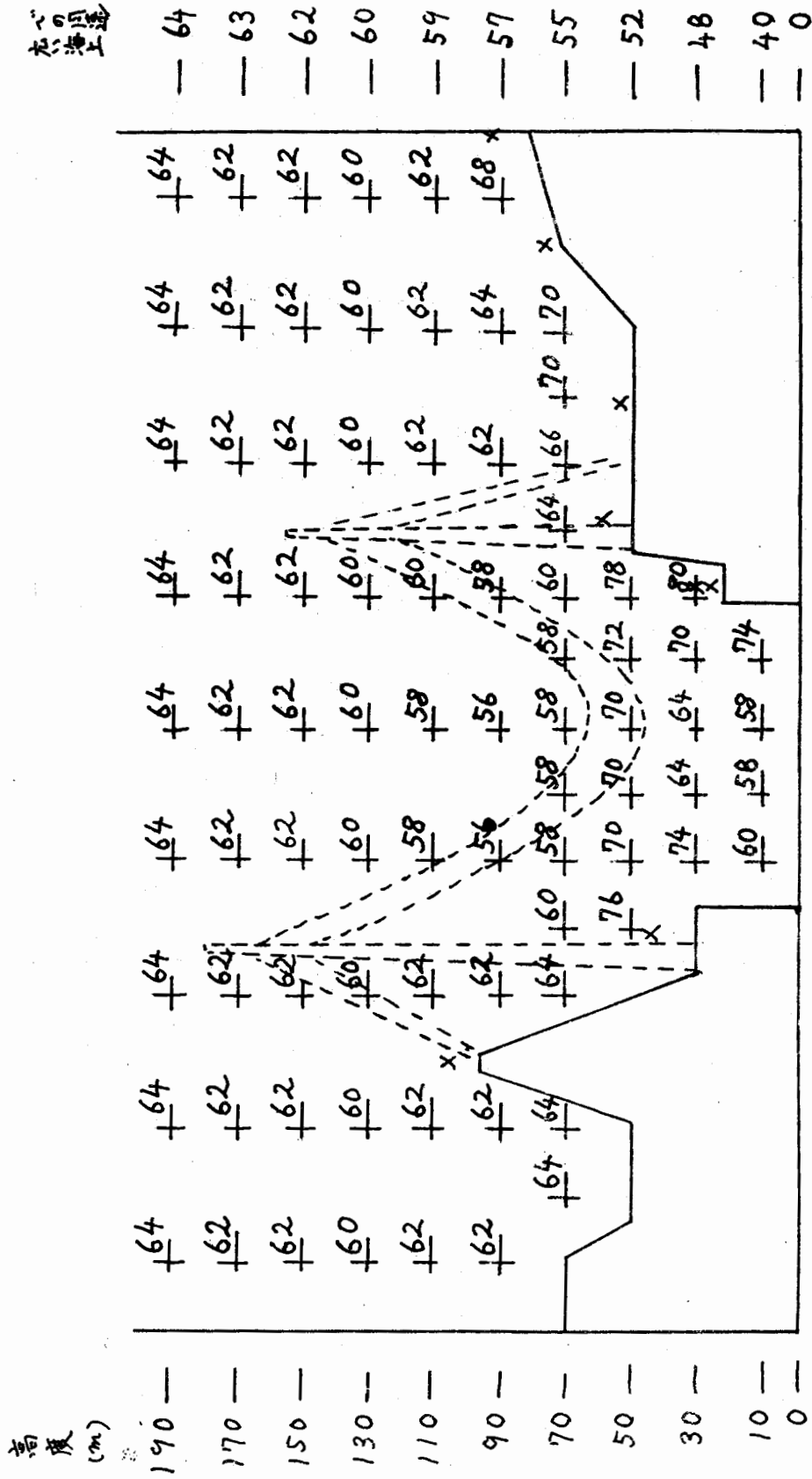
地形增强率
总增强率

度 (m)

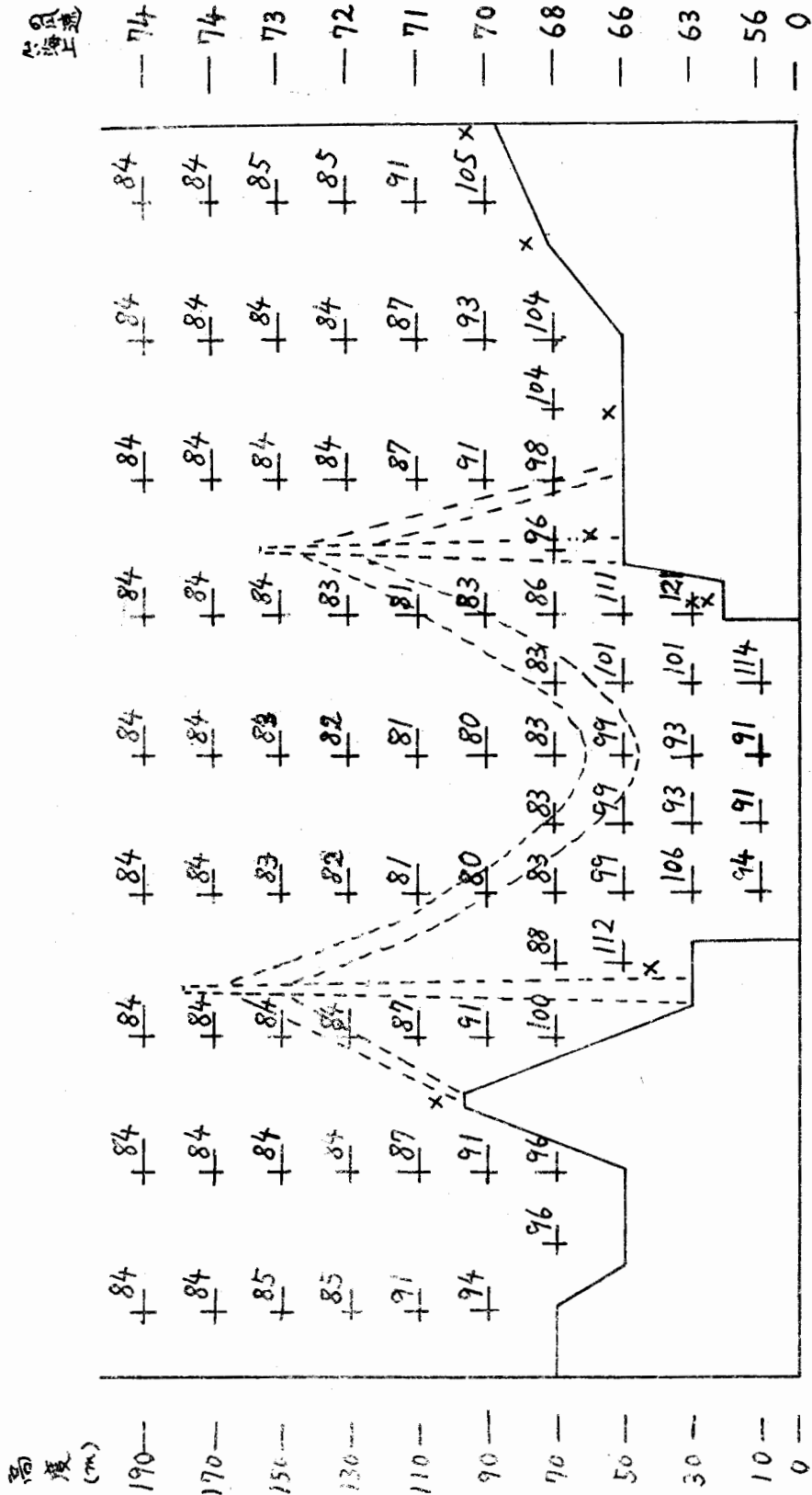


第 1 图 地形增强率

x 观测点



第2図 設計風速推定値 (平均風速) m/sec



第 3 图 设计风速推算值 (瞬时风速) m/sec

かくして算出した瞬間最大風速に小旋風による 10 m/sec を加算して、その分布を示したものが第3図である。

なお、今年度の分布図では高さを 190 m 迄拡げて示してある。これは鉄塔高の設計が変り高くなつたので、それに対処して行われているのである。

IV 横断送電線に直角な向きから少しずれた風に対する設計風圧に就いて

これは、設計の必要により発せられた次の質問に対する回答である。

質問：設計風速は横断送電線に直角な SSE の風について行なわれているが、その方向から少しずれた方向に対する最大風速はどの様に推定すればよいか。

解答：(i)この質問に対する比較的正確な解答を与えることは早急には困難である。したがつて、ここでは近似的で簡単な一方法を示すにとどめる。実際鳴門海峡で予期される最大風速の風向は $SSE-SE$ で偶然的に送電線にほぼ直角に吹き込む風であつたので取扱いが、簡単化されたのである。(実際的には強い風が吹く様な地形で不幸であるのだが。)

(ii)前節の設計風速の算定に際し、地形の影響を蒙らない広

い海上では $SSE 40 m/sec$ の最大風速を想定した。

これは徳島測候所などの既往の観測から推定したもので、 SSE より多少偏していてもやはり $40 m/sec$ を変えることは困難である。この様な見地から、広い海上では少くとも $S-SE$ 位の範囲ではやはり $40 m/sec$ 位の地表風 ($10 m$ 高度の風) を想定せねばならない。

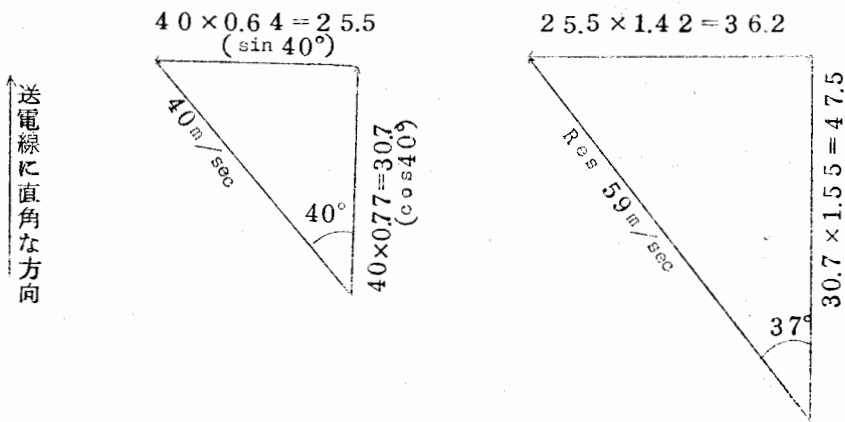
(iii) 上述の如く想定した風を送電線に直角 (SSE) と平行との二つの方向の分速に分け、(a) 直角分速に対しては前節に示されている地形増強率を乗じ、(b) 平行分速は地形増強率を無視した広い海面上の高さによる増強率のみによると仮定し (多少の地形効果は予期されるが、近似的に省略可能と見做す)。(c) その両者をベクトル的に加えて、その方向の推定最大風速とする。

(iv) 一例で上述の方法を説明する。即ち、“広い海上で $40 m/sec$ (海面上 $10 m$ で) の風が、 SSE から 40° 左偏して吹き込んだとき、海峡最狭部で海上高 $90 m$ 、地形による増強率が 1.55 の点 (四国側鉄塔予定地点上約 $50 m$ の高さの点に当る) での風速を推定する。”

広い海上での両分速は図の如く $30.7 m/sec$ と $25.5 m/sec$ である。

問題の点の増強率は上述のとおり 1.55 であるから、直角な向きの分速は $30.7 \times 1.55 = 47.5 \text{ m/sec}$ となる。また平行な向きの分速に対しては広い海上での高さによる増強率 1.42 を乗じ $25.5 \times 1.42 = 36.2 \text{ m/sec}$ となる。従つて合成風速は図の如く 59 m/sec となる。

この一例



で示されている様に送電線に直角な向きより少しづれても直角に吹き込んだ場合の風速 ($40 \times 1.55 = 62 \text{ m/sec}$) よりも約 5% 位少くなるに過ぎないこととなる。

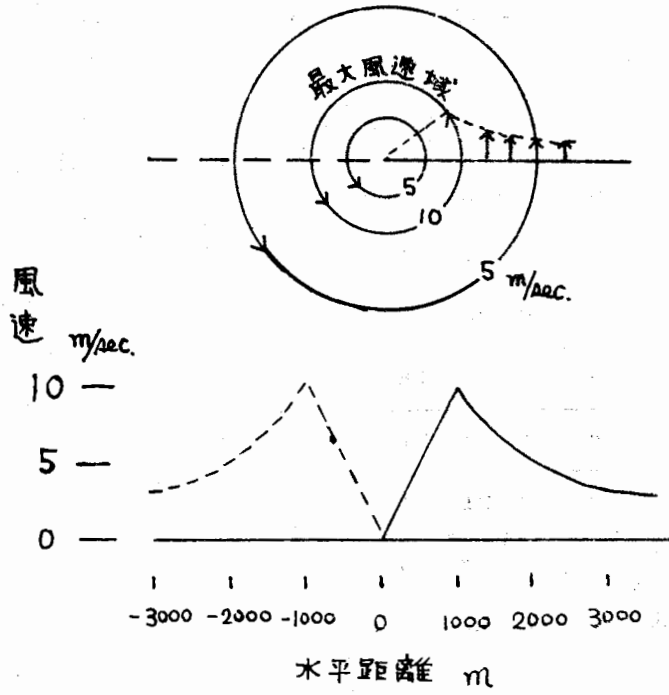
(v) 瞬間風速に対してはこれに突風率を乗じ、小旋風による割増し 10 m/sec (これは風向によつて変らない) を加えて得られる事は前節と同様である

追記—上述の事柄を実測によつて検証すべきであるが、強風時の記録の得られたものが、比較的少いので現在ではこれを果すことは困難である。

V 設計上の参考資料としての鳴門海峡域に発生する小旋風の標本型に就いて

鳴門海峡域にはしばしば小旋風が発生していることは今回の観測によつて明白化されている。この様な小旋風による風の場合に於いては極めて近い距離でも相当の差異を生じるので、それを架線の間隔を決定するための参考とするために標本化された小旋風の構造を知りたいとの要望があつた。本節はその要望に対する解答である。

小旋風の構造や性状は未だ明白化されるに至っていないが、それによる風の場合は、一般流に重合されている Rankin 型渦動として取扱つてよい様である。Rankin 型渦動と云うのは第4図で示されている様な円形渦動で、中心近くでは固体廻転、即ち風速が中心からの距離に比例して増大する内域の外側に距離に逆比例する風速の場をもつてゐるものである。この種の渦が、ある地点の近くを通過すると風速及び風向の急変が起る。従つて風の急変した場合の記録を調査して、上述の想定によつて解析すると小旋風が検



第4図 小旋風内の風速分布

出される。この様にして鳴門海峡域の風の記録から10例を探し出すことが出来た。第4表はその要約を示したもので、性状は必ずしも全一でない。

第4表 観測された小旋風の諸要素*

	発 生 日 時	廻転の** 向 き	内 域 半 径	最大旋 回風速	進行*** 方 向	進行 速 度	一 般 流
1	1957年7月22日10時頃	正	-Km	m/sec 13	SE	Km/hr -	Cal m
2	" " 27 24	正	-	6	N	25	ESE 18
3	" " 28 11	正	-	10	S	-	Cal m
4	" 8 4 18	正	0.5	10	NE	15	ESE 14
5	" " " 21	正	1	10	NE	15	ESE 14
6	" " 21 1	正	1.5	11	NE	20	ESE 18
7	" " " 13	負	1.5	9	NE	30	SE 19
8	" 9 7 5	正	-	6	-	-	ESE 24
9	" " " 9	負	1	7	NW	6	SE 23
10	" 10 3 3	正	-	10	N	-	NE -

* 光田寧、鳴門海峡附近の小旋風について、1958年、日本気象学会関西支部年会

** 廻転の向きはCyclonic (反時計廻り) が正 anticyclonic (時計廻り) が負

*** 進行方向は進行して行く向きである。

しかし、設計の参考資料としての標準型を敢えて示せば次の如きものと考えるのが、至当であろう。即ち

(i) 内域半径 1000 m、内域と外域との境界で現われる最大風速 10 m/sec 、但し最小のものが、必要なら内域半径 500 m で最大風速 10 m/sec とすべきであろう。

(ii) 一般風もまちまちであるが、SE の 20 m/sec 位と見立てて置けばよいであろう。

(iii) 回転の向きはサイクロニック（反時計廻り）の方が常態である。（尤も時計廻りの 2 例も現出しているが）。

(iv) 小旋風は必ずしも一般流の方向へ進んでいない。

この場合は NE の方向へ 20 m/sec 位で進んでいると見てよい。しかしこの移動による風は考慮しない事としてよいであろう。

(v) 垂直構造は不明であるから地上数百米以下では高さによつて変らないと見做して差支えないであろう。

VI 季節風による最大風速の推定

冬期に於ける鳴門海峡域での観測は 1958 年冬期に鳥居及びやぐらの 2ヶ所で行われたのみで、しかも十分な資料が得られなかつたので、推定の他に手段はない。従つて比較的確實な結果は期待出来ない。

1. 鳴門海峡域で地形的に増強しない比較的広い海面上での最大風速は北西寄りの 30 m/sec と推定出来る。

尤も、これは平均風速であつて瞬間風速はその4割増の 4.2 m/sec とする。

この推定は附近の気象官署の最大風速を参考にして行つたものである。(第5表参照)

30 m/sec は安全のため少し過大にとつた結果である。

第5表

各地の気象官署に於ける季節風の最大風速

(1881-1940年の12, 1, 2, 3月の最大値)

	風速 m/sec	風 向
大 阪	24	W
神 戸	24	NNW
洲 本	18	NNE
和 歌 山	25	SW
徳 島	18	WNW
室 戸 岬	29	WNW
高 松	20	W

2. 地形による増強率は観測が少ないので不明であるが、北西寄りの風は南東の正反対であり、地形的効果は全一と見做してもよいと考えられる。

例えば第2報第5表で示されている季節風による地形による増強率は第6表の如くで、南東風のときの地形増強率と大勢的に見て一致している。

これは地形による増強がないと見做される阿那賀を1.0としての値である。

第6表

季節風の際の地形による増強率の1例

	北西風(季節風)*	南東風(台風期)**
阿那賀	1.00	—————
里浦	—————	1.0
つつじ丘	0.97	1.6
灯台	1.70	1.85
裸島	1.50	1.9
鳥居下	1.92	2.1
やぐら	1.00	1.65
笹山	0.81	1.7

* 第2報、第5表による、1957年10月17日の観測結果

** 第3表の基準率

また、既述の如く1959年15号台風によつて北西寄りの強風が観測されている。この場合阿那賀の観測がないので第7表の如く実測値を基準増強率で割つた値による検証が行われている。

第 7 表

	灯台	飛島	裸島	鳥居上	鳥居下	やぐら	ガレ	笹山
① 実測風速(平均)	29.5	23.7	24.5	29.2	30.8	24.4	11.0	17.5
② 基準増強率	1.85	1.35	1.6	2.0	2.1	1.65	1.8	1.8
基準地の風速 ($\frac{①}{②}$)	16.0	17.5	15.3	14.5	14.7	14.8	3.1	9.8

註 1959年9月26日17-24時の観測による(第2表参照)

この値が一致すれば地形増強率が正当であることになるのである。ガレ、笹山を除くと大勢は一致していると思ふし得るであろう。なおこの検証に利用出来る資料として1958年12月26-27日の鳥居下とやぐらの観測と1959年1月10-11日の鳥居上下とやぐらの観測とが辛じて使用出来る。これらは第8表a及びbで示されており、観測値から算出した基準地の風速の一致

第 8 表 a

1958 年 1 2 月 2 6 ~ 2 7 日 の 強 風

(風 速 は 正 時 前 1 時 間 の 平 均)

	鳥 居 下	や ぐ ら
26日19時	15 m/sec W	18 m/sec WNW
20	20 W	24 WNW
21	23 W	25 WNW
22	25 W	25 WNW
23	26 W	26 WNW
24	27 W	28 NW
27日 1時	28 W	28 NW
2	26 W	26 NW
3	23 W	21 WNW
① 平均風速	23.8 m/sec	24.6 m/sec
② 基準増強率	2.1	1.65
基準地の風速 ($\frac{①}{②}$)	11.3 m/sec	14.9 m/sec

各地の気象表

(2 6 日 2 1 時)

	風 速	風 向	気 温
大 阪	12 m/sec	W	13℃
神 戸	14	WSW	12
和 歌 山	12	W	13
高 松	13.5	W	12
徳 島	11.5	W	12
室 戸	21	W	12

第 8 表 b

1959 年 1 月 10 ~ 11 日の強風

	鳥居上	鳥居下	やぐら
10日17時	15 ^m / _{sec}	16 ^m / _{sec} WNW	18 ^m / _{sec}
18	21	23 WNW	21
19	24	23 WNW	21
20	21	21 WNW	21
21	22	21 WNW	20
22	18	21 WNW	19
23	20	18 WNW	20
24	19	22 WNW	18
11日 1	22	21 WNW	20
2	22	24 WNW	21
3	21	26 WNW	21
4	21	23 WNW	20
5	21	23 WNW	21
6	16	18 WNW	17
① 平均風速	20.3 ^m / _{sec}	21.4 ^m / _{sec}	19.7 ^m / _{sec}
② 基準増強率	2.0	2.1	1.65
基準地の風速 ($\frac{1}{2}$)	10.2 ^m / _{sec}	10.2 ^m / _{sec}	11.9 ^m / _{sec}

各地の気象表

(10日21時)

	風速	風向	気温
大阪	9 ^m / _{sec}	W	2 °C
神戸	6.5	W	0
和歌山	7	NW	3
高松	5.5	WNW	1
徳島	5	NW	0
室戸	12.5	NW	2

は完全ではないが、大勢的には一致に近いと見られる。

又この値は徳島、洲本、高松などの全時刻頃の風速と大体一致している。

以上の如き想定で行つた季節風による推定最大風速は次の如くである。

	阿那賀	つづじ丘	灯台	飛島	裸島	鳥居上	鳥居下	やぐら	駐車場	ガレ	笹山
地形増強率	1.0	1.6	1.85	1.35	1.6	2.0	2.1	1.65	1.7	1.8	1.8
風速* m/sec	30	48	56	41	48	60	63	50	51	54	54

* 平均風速で瞬間風速はこれらの4割増

また、送電線通過空域全体については南東風の $40 m/sec$ に対する値(第2図)の $\frac{3}{4}$ をとればよい事となる。瞬間風速については冬期には小旋風の発生の危険は無いものと考えて、第3図に示された値から小旋風に対する $10 m/sec$ を引いたものの $\frac{3}{4}$ をとれば良い。

Ⅶ 架構及び普通部分の設計風速の推奨値に就いて

1. 淡路側の普通部分に対する台風期に於ける設計風速推奨値は第2図から直ちに算出され、それらの区間内では $66 m/sec$ となる。また瞬間風速は第3図から $105 m/sec$ と云う最大値が得られる。

寒候期については、前節に述べた方法に従つて、平均風速に対しては $66 \times \frac{3}{4} \doteq 50 \text{ m/sec}$ となり、瞬間最大風速に対しては $(105 - 10) \times \frac{3}{4} \doteq 71 \text{ m/sec}$ が得られる。

2. 架構部分の推奨値は今迄の考察から直ちに求めることは出来ない。それは今迄の理論的取扱いが稜線上の空域に限つて行われているからである。しかし、架構の上部が稜線上へ突出すると見て、その部分に対しては稜線上の値で充分である。かくの如き稜線上での値は前者と同様直ちに求められる。即ち台風期については、平均風速に対しては第2図から淡路側は 66 m/sec 、四国側は 62 m/sec 、又瞬間風速に対しては第3図から淡路側 98 m/sec 、四国側 91 m/sec となる。

寒候期に対しては先と同様な計算によつて淡路側は平均 50 m/sec 、瞬間 66 m/sec 、四国側は平均 47 m/sec 、瞬間 61 m/sec となる。しかし、架構の一部分は稜線の下にあることを充分留意せねばならない。実際、寒候期の淡路側は風下側になるのでその部分の風速は著しく減殺されることは明白である。又いづれの場合でも稜線下では相当の上昇風があることも明白である。

Ⅷ 鳴門海峡に於ける最大風速出現時の空気密度の推定に就いて

- (i) 京都学説による超 A 級台風モデルを使用して問題の場合の気圧の推定を行うことが出来る。同学説による台風の構造は第 5 図で示された様なもので、鳴門海峡域近くに来襲する最強のものとして主台風の中心気圧 970 mb 、副台風のための気圧低下 45 mb と推定出来る。

最大風速発現の場所は同図に指示されている様に副台風の中心から南東方 50 Km 位のところであるから、その気圧は主台風のみの場合 ($970 + 30/2 = 985\text{ mb}$) から副台風による低下 ($45/2 = 22.5\text{ mb}$) を減じた

962.5 mb となるから、大体 960 mb とすべきである。

なお伊勢湾台風通過時の各地での最大風速発現時の気圧、気温、水蒸気圧力の観測値を参考のために第 9 表として掲げてある

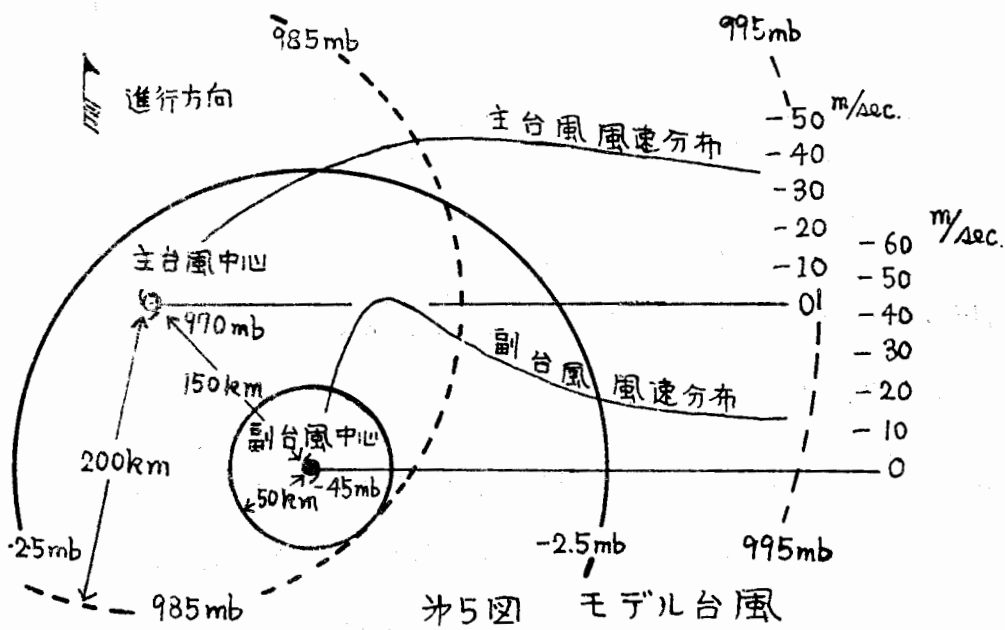


図5 模型台風

註：風速は上空風速を示す。

第 9 表

	時刻 1959年 9月26日	気圧 mb	気温 °C	相対湿度 %	水蒸気圧 mb	空気密度 $\times 10^{-3}$ cgs	最大風速 (発現時) m/sec
名古屋	22	963	22.5	—	—	—	37(22h00m)
伊良湖	21	967	23.5	98	28	1.11	43(20h45m)
岐阜	22	956	22.6	99	27	1.10	32(22h20m)
尾鷲	18	964	24.6	100	31	1.11	28(18h10m)
津	20	957	23.5	99	29	1.10	37(19h35m)
潮岬	17	950	24.7	96	30	1.10	33(17h00m)
和歌山	20	964	21.8	92	24	1.12	25(20h00m)

(ii) 最大風速発現時の気温、水蒸気圧の推定は、この種の台風は9月下旬以前に発現していることを考え、又第8表の伊勢湾台風の際の値から類推して、気温は20°C以上、水蒸気圧20mb以上(湿度80%以上)と見做し得る。

(iii) 従つて空気の密度は 1.12×10^{-3} C. G. S 又は工学単位で $0.114 \text{ Kg重 sec}^2/\text{m}^4$ 以下となるが、横断電線は海面

上 40 m 以上の位置にあるから、実際上空気密度は工学単位ど $1/9$ ($= 0.11$) としてよいであろう。

- (iv) 雨滴の存在のための空気の密度の見掛け上の増加は、*Haywood* が示しているとおりに、無視して良い。実際、極端な場合として 1 時間 100 mm の降雨強度の場合で、雨滴の落下速度を 500 cm/sec と仮定するならば、雨滴の存在のための見掛け上の密度増加は 6×10^{-6} c. g. s 程度となり、空気の密度に比して百分の 1 以下の量でありその影響は無視し得る。

IX 海峡横断送電線の安全電流算定に関する気象学的所見

標準安全電流の算定の基礎となる気象条件に関し、鳴門海峡に適合する推奨値は次の如くである。

- (a) 周囲温度： 4° と一律に規定されている* が、鳴門海峡の海上 40 m の高度に於いては 3.5° と見做し得る。しかし、この値の持続時間は比較的短い (2 時間以内) ので 3 時間以上持続する周囲温度の最高値の推定に対しては 5° 以内の低減は許されるであろう。

脚注 * 電気学会，送配電工学，送電編 I，1960，70 頁

根拠：同地域附近の陸上に於ける最高気温は第10表に示されている様に徳島の37.1℃が最高である。然し海上に於いては気温日変化の較差は陸上に比して著しく小で、然も海上40m以上の空域に於いては多少高い目に見ても35℃を越えることはないと思ふ。

第10表

鳴門海峡附近の陸上に於ける最高気温の極値

地 点	露場 高度 m	統 計 期間年	1 位 ℃	2 位 ℃	3 位 ℃
洲 本 (洲本測候所)	112	1918	36.5	36.4	36.4
		1955	1922.8.7	1921.8.9	1929.8.9
灘 (灘第一小学校)	35	1949	36.4	34.9	34.0
		1955	1953.8.21	1952.8.26	1951.7.29
鳴門(高島) (合同塩業組合)	1	1946	36.3	35.6	35.5
		1955	1953.8.24	1947.9.1	1946.7.25
徳 島 (徳島地方气象台)	1	1891	37.1	37.1	37.0
		1955	1914.7.18	1915.7.14	1953.8.24

注 気象庁、気温報告及び和達清夫、日本の気候による。

(b) 最小風速： 0.5 m/sec と一律に規定されているが、これは少くとも3時間以上続する場合の最小風速と解すべきで比較的短い時（2時間以下）に対しての最小風速は無風（ 0.0 m/sec ）をとるべきである。

考察：(1) 規定には「夏期無風状態になる場合があるので過去の実測値その他の資料から最小風速を 0.5 m/sec とす。」とあるが、無風状態を 0.5 m/sec 未満の場合と解釈しても 0.5 m/sec 未満の場合の存在を是認しながら最小風速 0.5 m/sec を採用するのは不合理である。むしろ安全を図る目的であれば風速を零として、それに対する放熱公式（既存）によることを指示すべきである。

(2) 最高気温発現時と静穏時との一致は生起しないと見做したと一応考えられるが、安全を図る目的であればむしろ一致する場合を想定すべきである。

(3) 鳴門海峡に関する上述の件に対する観測資料を提供しよう。

a) 鳴門海峡では1956年から1959年までの4ヶ年の夏期（7，8，9月）には今回の特別な風の観測が行われている。この観測期間中の徳島地方気象台の最高気温の内から高いもの10個を選出して、

その発現時に於ける鳴門海峡域の風速を対照せしめたものが、第11表である。同表には鳴門海峡域の風速の代表として門崎のやぐらと孫崎の灯台が選ばれている。またそれらの最高温度発現日の昼間（10—18時）に於いて観測された最小風速が括弧内に示されている。

第11表

順位	徳島での 最高気温 (°C)	発 現 日 時 年. 月. 日. 時. 分.	鳴門海峡に於ける同時刻の風速* (同上に於ける当日10-18時の 間の最小風速*)	
			門崎やぐら	孫崎灯台
1	35.3	1959. 8. 27. 14. 45.	5.7 (4.3)	10.5 (5.9)
2	34.9	1959. 8. 30. 16. 00.	2.4 (0.7)	2.5 (0.6)
3	34.7	1958. 9. 5. 15. 20.	5.6 (2.2)	7.8 (4.8)
4	34.4	1959. 8. 26. 16. 00.	4.8 (3.7)	8.8 (6.4)
5	34.3	1958. 9. 6. 14. 05.	4.7 (2.1)	9.5 (4.7)
6	34.2	1958. 8. 16. 15. 30.	1.1 (1.1)	1.5 (1.1)
7	34.0	1958. 8. 4. 15. 58.	2.4 (0.9)	2.8 (2.2)
7	34.0	1959. 7. 30. 15. 55.	1.7 (0.5)	欠 (欠)
7	34.0	1959. 8. 3. 13. 15.	欠 (欠)	3.1 (2.1)
7	34.0	1959. 8. 28. 15. 50.	3.7 (1.1)	7.0 (2.4)

* いづれも1時間平均風速で単位は m/sec

この表中で特に注意すべきは6番の最高気温 34.2°C に対して 1.1 m/sec の微風が対応していることである。

b) 前記の期間中に於ける門崎のやぐらでの弱風の発現に対する統計資料を示そう。

i. 弱風を毎時風速 1.0 m/sec 未満、同 0.5 m/sec 未満及び無風 (0.0 m/sec) の3階級とし、それらの継続時間に対する発現頻度を算出したものが、第12表 (a、b、c) で示されている。この表によつて弱風は昼間にも相当発現することがわかる。

第12表

(a) 1.0 m/sec 未満

継続時間	2時間以上	3"	4"	5"	6"	7"	8"	9"
全度数	101	49	27	9	5	2	1	0
内昼間(10-18時) にかかった場合	45	25	11	3	2	1	0	0

(b) 0.5 m/sec 未満

継続時間	2時間以上	3"	4"	5"	6"
全度数	18	5	2	1	0
内昼間(10-18時) にかかった場合	8	1	1	1	0

(c) 0.0 m/sec

継続時間	1時間以上	2"	3"	4"
全度数	7	1	1	0
内昼間(10-18時) にかかった場合	3	0	0	0

第 1 3 表

	年月日	時刻	やぐらの風速	灯台の風速	徳島の気温	徳島の天気	徳島の日照		
1	1956年 9月7日	4	1.5 $\frac{m}{sec}$	2.1 $\frac{m}{sec}$	25.8				
		5	0.8	1.6					
		6	0.0	1.1					
		7	0.0	1.3	27.1			☉	無
		8	0.0	2.5					
		9	1.3	2.0	22.3			☉	無
		10	2.7	2.9					
		15	2.8	1.1	22.3			☉	無
		16	0.3	0.7					
		2	1956年 9月14日	17	0.2			0.3	20.9
18	0.0			0.0					
19	0.3			0.1	20.9	☉	無		
20	0.2			0.2					
21	0.7			0.8	20.9				
22	0.4			3.5					
23	2.0			5.0					
24	1.1			3.4					
3	1959年 7月4日	4	1.3	—	23.7				
		5	0.6	—					
		6	0.4	—					
		7	0.5	—	26.6			☉	有
		8	0.0	—					
		9	0.2	—	29.6			☉	有
		10	1.2	—					
		11	1.5	—	26.2			☉	無
		12	1.7	—					
				9	0.5			—	26.2
10	0.9			—					
11	1.3			—					

	年月日	時刻	やぐらの風速	灯台の風速
4	1959年 7月13日	12	0.7	—
		13	0.3	—
		14	1.6	—
		15	0.2	—
		16	0.0	—
		17	0.7	—
		18	2.6	—
		21	2.3	—
		22	1.4	—
		5	1959年 7月16日	23
24	0.4			—
1	0.1			—
2	0.7			—
3	1.0			—
7	0.8			—
6	1959年 7月23日	8	0.2	—
		9	1.5	—
		10	1.7	—
		11	0.2	—
		12	1.5	—
		13	1.6	—
		14	0.6	—
		15	0.0	—
		16	2.7	—
		7	1959年 7月27日	8
9	1.6			—
10	0.0			—
11	0.7			—
12	2.2			—

台の速	徳島の気温	徳島の天気	徳島の日照
	28.7	☉	有
	28.5	☉	無
	^{0分} 30.1*		
	26.4		
	24.0		
	23.6		
	28.7	①	有
	31.3	①	有
	32.3	☉	有
	^{15分} 33.5*		
	26.6	①	有
	29.3	①	有

	年月日	時刻	やぐらの風速	灯台の風速	徳島の気温	徳島の天気	徳島の日照
		13	1.6	—			
		14	1.7	—	31.5*		
		15	2.4	—	30.3	○	有
		16	1.6	—			
8	1959年 7月28日	4	2.5	—			
		5	1.1	—			
		6	0.4	—	24.0		
		7	0.3	—			
		8	0.2	—			
		9	0.2	—	27.4	☉	有
		10	1.9	—			
		11	4.1	—			
		12	5.1	—	30.4	①	有
9	1959年 7月31日	5	3.0	—			
		6	3.3	—	23.7		
		7	0.7	—			
		8	0.0	—			
		9	0.5	—	28.5	○	有
		10	1.7	—			
		11	—	—			
		12	—	—	31.3	○	有
10	1959年 9月20日	5	2.0	4.5			
		6	1.7	3.3	20.4		
		7	0.4	4.5			
		8	0.4	4.9			
		9	0.2	3.7	23.3	○	有
		10	2.5	6.0			
		11	3.0	6.3			
		12	3.0	6.2	21.8	○	有

* 日最高気温

11. 全期間中、門崎のやぐらで毎時風速が 0.0 m/sec を観測した場合、又は 0.5 m/sec 未満の弱風が、3 時間以上継続した場合を抜き出し、それらの前後を含めた時間内の徳島の気温、天気及び日照の有無と対照せしめたものが第 13 表である。

この表を見て注意すべきは (a) 1959 年 7 月 13 日 16 時にはやぐらの無風に対して徳島の気温は 30.1°C の日最高を示しており、(b) 1956 年 9 月 7 日 6 時から 8 時まで無風が 3 時間継続しており、徳島の気温は約 26°C が、それに対応している。さらに (c) 1956 年 9 月 14 日 16 時から 20 時まで 0.5 m/sec 未満の弱風が、5 時間続き徳島の気温は約 22°C が対応している。

この様なことから見て最小風速 0.5 m/sec の無条件採用には問題があり、先述の様な条件を採用すべきである。

(c) 日射量：最大日射量は 0.1 watt/cm^2 と規定されている。鳴門海峡附近のデータはないが、生駒山での観測の内から最高を選出して表示した第 14 表を参考として判断するとやはり 0.1 watt/cm^2 を

認めるのが至当であろう。

第 1 4 表

地 点	海拔高 m	観 測 日 時	直 射 日 射 量	
			cal/cm ² /min	watt/cm ²
生 駒 山 (大阪府)	634	1955年7月11日 9時57分	1.32	0.092
		1955年5月19日 11時58分	1.30	0.091
		1955年6月22日 13時8分	1.27	0.089

注 ○ 銀盤日射計による測定結果

○ 花岡・三上, 日射量の測定, 1956, 関西電力kk 水気象資料による。

X 作業可能日数を推定するための参考資料としての風に関する統計

鳴門海峡域に於ける作業可能日数を推定するための参考資料を得る目的で次の統計をとつた。即ち代表点として、門崎側のやぐらと孫崎の灯台を選び、1956年9, 10月, 1957年7, 8, 9, 10月, 1958年7-12月, 1959年1-11月 (但し灯台は1959年1-7月は欠) について、月毎に1) 日最大風速が10 m/sec 以上の日数 (暴風日数)、2) 昼間 (9-18時) の最大風速が、10 m/sec 以上の日数、及び3) 日最大風速の階級別発生頻度を求めた結果を第15表に示す。

第 15 表 (a) 淡路側やぐらでの日最大風速

年	月	観測 日数	日最大風速 10m/sec 以上の日数	昼間 (9~18 時) の最大 風速10m/sec 以上の日数	日 最 大 風 速 m/sec						
					0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
					?	?	?	?	?	?	?
1956	9	24	11	8	6	7	8	1	1	1	0
	10	27	4	3	14	9	1	2	1	0	0
1957	7	8	2	1	2	4	1	1	0	0	0
	8	29	11	8	0	18	9	0	2	0	0
	9	30	10	4	9	11	6	4	0	0	0
	10	19	6	6	5	8	4	2	0	0	0
1958	7	15	3	3	0	12	3	0	0	0	0
	8	29	4	3	5	20	3	0	1	0	0
	9	30	9	6	10	11	5	1	3	0	0
	10	31	11	6	10	10	7	4	0	0	0
	11	29	8	7	9	12	6	1	1	0	0
	12	29	19	15	8	2	10	6	3	0	0
1959	1	21	11	10	8	2	3	6	2	0	0
	2	2	1	1	0	1	0	1	0	0	0
	3	13	6	6	2	5	5	1	0	0	0
	4	30	20	15	3	7	10	7	3	0	0
	5	31	12	10	4	15	5	3	4	0	0
	6	30	8	4	4	18	4	0	4	0	0
	7	30	1	1	8	21	1	0	0	0	0
	8	27	4	4	4	19	3	0	1	0	0
	9	25	6	2	6	13	3	1	1	0	1
	10	30	12	7	11	7	6	6	0	0	0
	11	24	10	5	10	4	7	3	0	0	0

第 15 表(b) 四国側灯台での日最大風速

年	月	観測 日 数	日最大風 速10 m/sec 以上の日 数	昼 間 (9-18時) の最大風速 10m/sec 以上の日数	日 最 大 風 速 m/sec						
					0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
					?	?	?	?	?	?	?
					4.9	9.9	14.9	19.9	24.9	29.9	
1956	9	22	10	8	0	12	6	0	3	1	0
	10	22	13	8	0	9	9	4	0	0	0
1957	7	11	3	2	0	8	1	2	0	0	0
	8	30	17	12	0	13	12	3	1	1	0
	9	25	10	9	0	15	3	6	0	1	0
	10	19	7	6	0	12	4	2	1	0	0
1958	7	16	9	8	0	7	9	0	0	0	0
	8	31	9	6	1	21	8	0	0	1	0
	9	30	13	8	2	15	9	2	2	0	0
	10	30	21	9	1	8	18	3	0	0	0
	11	7	4	3	0	3	2	1	1	0	0
1959	8	27	15	10	1	11	12	1	2	0	0
	9	27	9	8	2	16	6	2	0	0	1
	10	30	18	14	2	10	15	2	1	0	0
	11	24	15	12	1	8	7	6	1	1	0

この表から解る様に観測にはかなりの欠測がある。これらを補つて月別の値に換算した結果が第16表である。

この表から見ると鳴門海峡域に於いては冬から春にかけては月の大半の日の最大風速は 10 m/sec を越えている。

第16表

地点	月	日最大風速 10 m/sec 以上の日数 (暴風日数)	昼間(9-18時) の最大風速 10 m/sec 以上の日数	日最大風速 m/sec						
				0.0 }	5.0 }	10.0 }	15.0 }	20.0 }	25.0 }	30.0 }
淡路側	1	16	15	12	3	4	9	3	-	-
	2		——	(資料不足のため欠)						
	3	14	14	5	12	12	2	-	-	-
	4	20	15	3	7	10	7	3	-	-
	5	12	10	4	15	5	3	4	-	-
	6	8	4	4	18	4	0	4	-	-
	7	4	3	6	22	3	1	-	-	-
	8	6	5	3	21	5	1	-	-	-
	9	9	4	9	12	6	2	1	0	0
	10	9	7	12	9	5	4	0	-	-
	11	11	7	11	15	7	3	1	-	-
	12	20	16	9	2	11	6	3	-	-
四国側 灯台	7	14	12	0	17	12	2	-	-	-
	8	14	10	1	16	11	1	1	1	-
	9	12	10	1	17	7	3	1	1	0
	10	18	11	1	12	14	3	1		-
	11	19	15	1	11	9	7	3	1	-

註 風速はいつでも1時間平均風速である。

なお徳島地方気象台に於ける同様な統計を第17表に示す。

なお同表には天気に関する統計をも併記して参考とした。

第17表

徳島（徳島地方気象台）の気候表

月	日最大風速 10 m/sec 以上の日数 (暴風日数)	日最大風速 m/sec					快晴日数	降水日数	
		10.0	15.0	20.0	25.0	30.0		日降水量	日降水量
		14.9	19.9	24.9	29.9			1 mm以上	10 mm以上
1	12	11	1	-	-	-	5	5	1
2	12	11	1	-	-	-	3	6	2
3	13	12	1	0	-	-	5	9	3
4	13	12	1	-	-	-	6	9	4
5	10	9	1	-	-	-	3	9	4
6	6	5	1	0	-	-	2	11	6
7	6	5	1	0	-	-	4	10	5
8	5	4	1	0	-	-	6	9	4
9	6	4	1	1	0	0	3	12	6
10	4	3	1	0	0	-	6	9	5
11	5	4	1	-	-	-	6	7	3
12	8	7	1	-	-	-	5	6	2

註 1. 統計期間は1921~1950年 但し風は

1950~1957年。

2. 風速は10分間平均風速。