

標準計画台風について(1)

光 田 寧

STANDARD PROJECT TYPHOON (1)

By Yasushi MITSUTA

Synopsis

This is the first report of the study prepared to provide generalized typhoon specifications that are consistent geographically and meteorologically for use in planning, evaluating and establishing typhoon design criteria for typhoon protection works. The Standard Project Typhoon, which is analogous to the Standard Project Hurricane in the United States, is defined and its indices are derived based on analysis of past typhoons in this first report.

1. 緒 言

防災対策を立てるに当っては、まずその問題とする場所においていかなる災害を予測しなければならないかということを明らかにしておかねばならない。異常気象に起因した災害のうちで豪雨に関連したものについては近年研究がかなり進められているが、暴風に関連したものについては未だにその方法すら確立されていないという実状である。ある場所で暴風あるいはそれに伴う高潮・高波に対する対策を考えるに際しては、直接その場所で過去に観測された風の資料に基づいて考えを進めて行く方法と、一方暴風の原因となる異常気象現象にまで考えを及ぼしてその予測を行うという方法の2つの進み方がある。

最初の方法は一見最も信頼できるもののように見えるが、地表近くでの風 (surface wind) は地表の条件その他によって場所ごとに大きく異なり、その変化の規模は現在我々の持っている気象観測網の密度よりもずっと小さいから、観測のない場所への内挿が非常に困難であること、さらに風は測定高度や測定方法によっても大きく異なった観測結果を示すから既往の観測資料そのものを利用するのもにも困難を伴い、しかもその観測資料でさえわが国においては得られる場所の数が少なく、観測年数も少ないところから、この方法の利用には大きな制限を受ける。だからこのような不確実さを伴う地表での風の観測資料よりは、いっそ、地表の不規則性に支配されずその変化も比較的規則的になっていると思われる上空風 (friction free wind) を標準とし、その原因となる異常気象現象に着目して、その考えねばならない最強のものを求めようとするのが後者の考えで、比較的新しいものである。このやり方では上空風を必要な条件の下での地表風に換算する方法を別に用意しなければならないが、既往の観測資料のない所たとえば海上においても応用出来る点も有利である。本論文はこのような考えを日本の台風について適用しようとするものである。

2. 標準計画台風について

ここに提案する標準計画台風とは日本の台風来襲地域におけるある特定の地点において防災計画を立てるに当って当然考えておかねばならない最低限度の規模の台風の基準を示すものとして定義される。この考えは米国における Standard Project Hurricane と同等な内容のものである。

このように熱帯低気圧による災害の対策のために熱帯低気圧のモデルを作って行こうとする考えは、米国

フロリダ州 Okeechobee 湖の防潮堤を作るに際してその設計高潮位を知る目的で応用されたのが最初であって、同湖の周辺で 1935 年から 18 年間にわたって気象観測を行った後にこの湖で考えねばならない最強の hurricane のモデルが作られた¹⁾ (1954)。その後米国全体としての hurricane による災害の対策のために National Hurricane Research Project の一環として、この考えを広く米国の東および南海岸地域に用いられるような形に発展させた hurricane のモデルを作ったのが Standard Project Hurricane である²⁾ (1959)。これは米国の沿岸を 7 地域に分割し各地域毎にそこを 100 年に 1 回ぐらいの割合で襲う可能性のある hurricane のモデルを作ったものである。

わが国においても戦後大規模な土木工事や構造物の建設計画が進められるに伴って特殊な場所での特殊条件での暴風に関する知識が要求されるようになってきたとともに、従来から用いられて来た実測記録偏重のやり方の限界が認められるようになり、被害台風のモデルを作って防災対策の基準としようとする考えが生れて来た。この考えを最初に応用したのは京都大学理学部気象学特別研究所で、明石海峡付近での最大風速の推定のために用いられた³⁾ (1959)。これは滑川の台風モデルを応用したもので、それに現地観測の結果によって地表風への換算方法を決定するという手段がとられた。その結果をモデル台風という名前で呼ぶことが提案された。その後これを一般化し全国的に用い得るものに発展させることが試みられた⁴⁾ (1961) が、来襲地域分け、あるいは発現頻度などを充分考慮していない点不十分であった。著者はこれらの研究に最初から参加していたもので、本論文に示される内容もこのモデル台風の発展である。一方、上野他は各港湾における高潮の計画最高値を決定する必要から同様な台風のモデル化を行うことを試みた⁵⁾ (1961)。しかし、このモデルは伊勢湾あるいは第 2 室戸台風の際の実測の風速の分布を基本としたもので既往最大という考えからあまり出ず一般性が少ない。また最近、高橋浩一郎は来襲確率を主に考慮に入れたモデル台風を淡路島周辺での応用のために提案している⁶⁾ (1964)。しかし、これは日本各地で用いるためのものではない。従って、いまだに日本において一般的な災害対策のために用いることを目的にした台風のモデル化は完成されていない。

この論文において標準計画台風という言葉を用いたのは特定地域を対象とするのではなく、一般に用い得るものであって、しかも類似の計画洪水というような言葉との対応をつけやすいものとして選んだのである。この標準計画台風を作成するためには、過去に日本に来襲した台風の性状について詳しく解析し、その中から全体に共通した性状を抽象して、来襲頻度を考慮に入れた計画台風を合成して行くという方策をとろうとするものである。

今日までに行われた数多くの台風に関する研究の結果によれば、比較的強い台風は各々共通な性状をかなり多く持っているものと見られ、その概略の特色を示すにはいくつかの指標を用いるだけでよいと言える。その指標としては、中心気圧、最大風速の生じるところまでの半径、移動方向、移動速度、および中心気圧の上陸後の埋没の割合があげられる。先に著者らが行った予備的な調査⁷⁾ (1963) によって、これら台風の性状を日本の海岸全域について一様に考えることは適当ではないということが明らかとなったので、日本の台風来襲地域をさらにいくつかの地方に分けて考察を進めることにした。本編においては上に述べた指標としていかなる値をとるのが適当であるかということの考察のみを行い、標準計画台風の合成は次回にゆずることとする。また上空風を地表風に換算するための方策についても色々な問題があるが、これについては別に行われた研究⁸⁾ (1962) もあるので今回はそれについての詳しい考察は行わないこととする。

3. 日本に来襲した台風の性状

1) 日本における台風の来襲地域と地方区分

日本において暴風の原因として主に台風を考えなくてはならない地域を選ぶために、1931年から1960年までの30年間に日本各地で生じた日最大風速の累年最大値の1位から5位までのうちでいくつか台風期である7~10月に発現したものであるかを調べた結果が Fig. 1 である。この図から見ると暴風の原因の過半が台

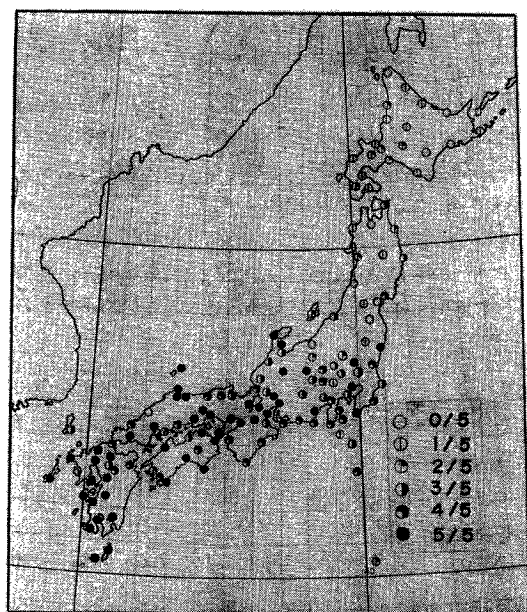


Fig 1.

Ratio of typhoon winds
in the largest five values
of daily maximum wind
speeds during 1931-1960.

風に起因していると思われる地点はほとんど関東よりも西の地域に集中しており、台風来襲地域を関東以西であるとしても大過はないであろう。北海道において再び台風起因した風が少し多くなっているのは台風そのものではなくそれに随伴して発達した温帯低気圧に起因したものであると考えられる⁹⁾から、これらは別に考える必要がある。

この台風来襲地域をいくつかの地方に分割するに際しては、それらを等しい間隔に分割するのが合理的であるが、実際面の応用という点から考えるならば、これはかえって不便である。そこでここでは行政区画に従って分割することにし、台風の上陸の考えられる日本の南海岸を関東、東海、近畿、四国および九州の5地方に分割した。ただし三重県は近畿地方に入れ各地方の巾がいちじろしく不均一になることを防ぐこととした。

2) 台風の本土上陸時の中心気圧

普通日本を襲う台風は南方洋上においてその最盛期を過ごし、少しずつ弱まりながら日本に上陸、上陸後は急速に衰えるという過程をたどる。しかし、洋上での弱まりは非常に遅いから、日本にごく近づいてから後のことを考える時には上陸までは一定の気圧を保ち、上陸後急速に減衰すると見てもよい。従ってこれらの台風の強さを示す指標としては台風の上陸時の中心気圧を用いばよいことになる。

1927年から1961年までの35年間に日本のこれらの地方に上陸した台風について調査し、各年の最強のものの上陸時の中心気圧を各種資料に基づいて決定した。解析の充分行われているものについては解析に基づいた上陸時の中心気圧を優先して用い、その他については地域内で観測された最低気圧によってこれを代用した。またある地方を通過して次の地方に再上陸したものについては同じ台風が両地方の資料に含まれることもある。このようにして得られた各地方毎の各年毎の上陸台風の最低中心気圧の系列から、100年間に最低中心気圧がある値より低くなる確率度数を求めたものが **Fig. 2 a)-e)** である。この図において確率の計算には次の関係が用いられた。

$$P = \frac{M - 0.5}{Y}$$

ここで P はある中心気圧以上の台風の上陸が1年に生じる確率で M はその順位として Y は調査期間の

年数を示す。図に記入された確率分布曲線は Jenkinson⁴⁾(1955)の方法によって計算した近似曲線である。

近畿以西の地域では中心気圧が 960 mb より低いところで少しばらつきがあるが、このばらつきはさらに資料の累積を待って台風の構造について詳しく論じる時の問題点として残すこととして、現在のところこの近似曲線によって台風中心気圧の発現確率がほぼ近似されていると考えることにする。

Fig. 2 によって得られた結果をまとめたものが Fig. 3 である。この図によって必要な発現確率に対応する中心気圧を得ることができる。たとえば近畿地方に10年に1回の確率で上陸する台風としては平均的に上陸時の中心気圧が 945 mb ぐらいのものを考えればよいということになる。なおこの確率はその地域について見たものであることはいつも応用する上で考えておかねばならない事柄である。

3) 最大風速半径

最大風速域の半径も正確に決定することは困難であるが、10ヶの中心気圧が 970 mb 程度以下の台風について股野¹⁰⁾(1956)が調査した結果に基づいてその累積度数分布を示したものが Fig. 4 である。50 km のところに値は集中しており平均値も 52 km となる。なおこの資料では台風によるこの値の差がその台風の上陸地方あるいは中心気圧などの性質によって支配されるかどうかについてのはっきりした根拠は得られていない。いっぽうこの最大風速半径は個々の台風については時間的にはほとんど変化しないことが知られている。これらのことから日本を襲う台風の最大風速半径は平均的にはほぼ 50 km であると考えても大過ないであろう。

4) 台風の上陸時の進行方向

台風の上陸時の進行方向は災害対策を立てる際に危険進路を限定するために必要なものである。上陸時の進行方向については著者等⁷⁾(1963)によって調査されたものがあるが、その結果は Fig. 5 に示すようなものである。この図の点線は中心気圧 970 mb 以下の台風の度数分布、実線は 960 mb 以下のものの度数分布である。分布の様子はかなり鋭い分布をしており、平均方向はいずれの場合についてもほぼ NNE にな

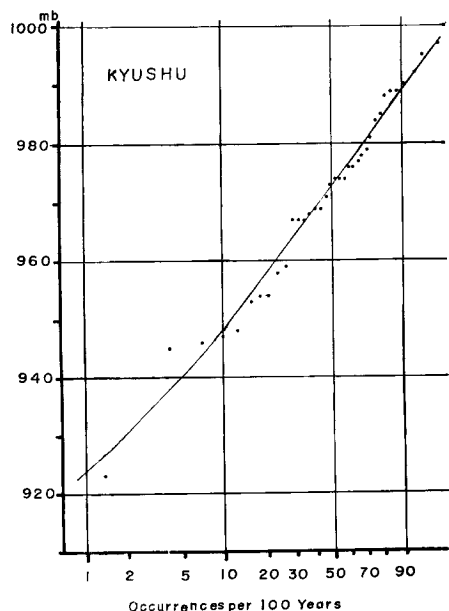


Fig 2. a) for Kyushu Area,

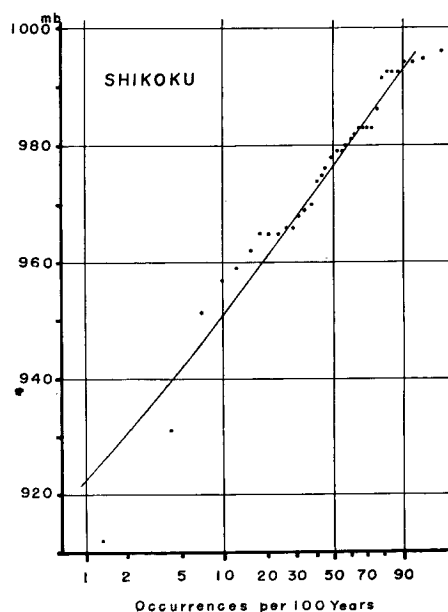


Fig 2. b) for Shikoku Area,

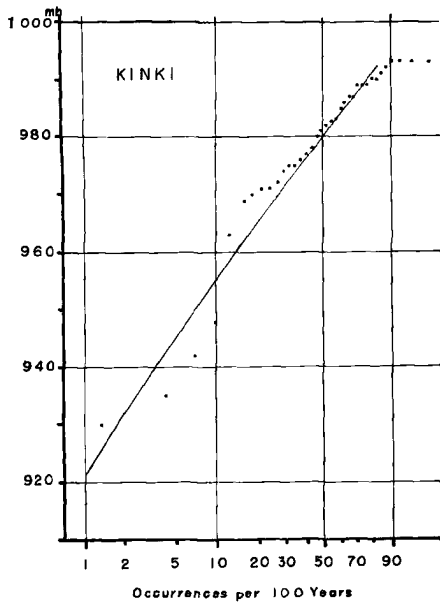


Fig 2. c) for Kinki Area,

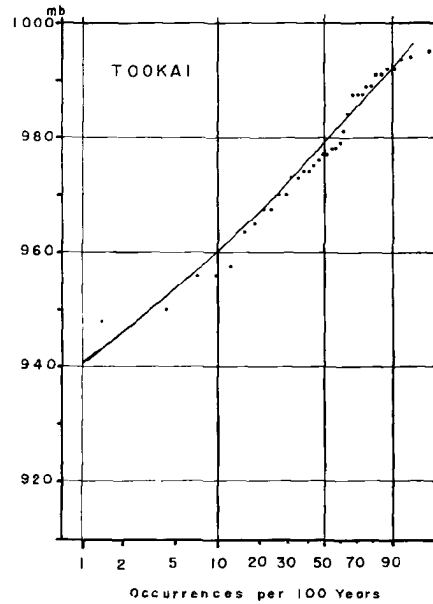


Fig 2. d) for Tookai Area

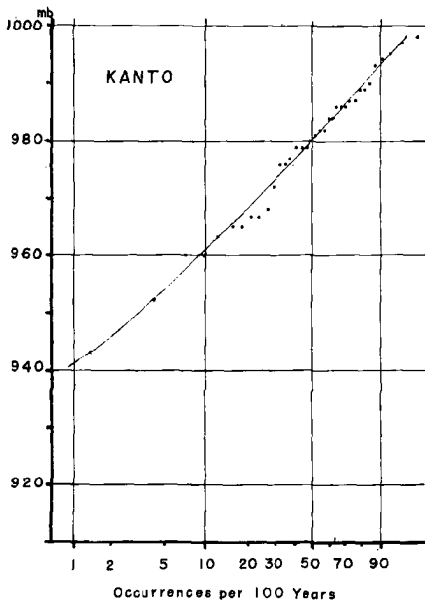


Fig 2. e) for Kanto Area.

Fig 2. Cumulative frequencies of typhoon central pressure on the coast, 1927-1961 (plotted as frequency per 100 years).

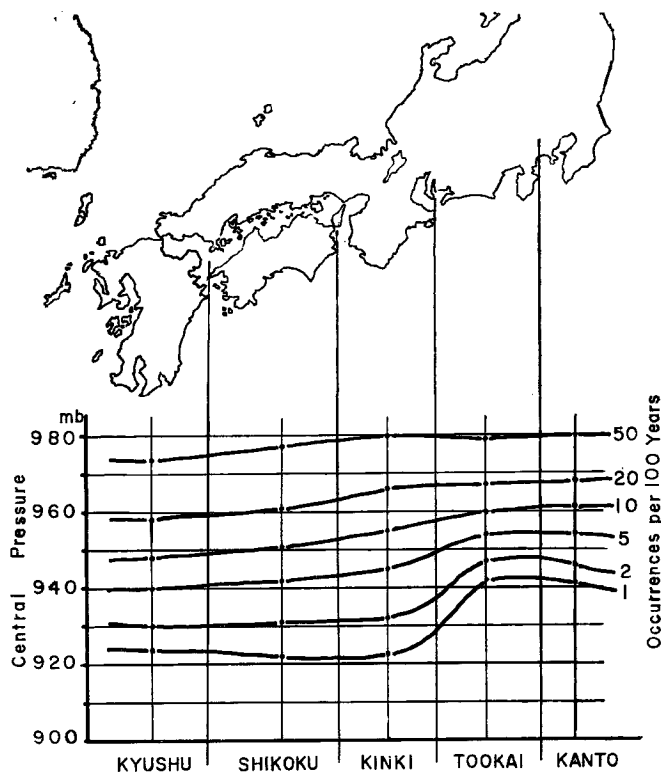


Fig 3. Geographic variation of average frequency per 100 years of typhoon central pressure on the coast.

る。この平均のまわりの分布から全体の90%が含まれる範囲を求めたものは図にも示されているとおりほぼENEからNNWの範囲に入る。詳しく調べると地方による差が多少あることはあるが、それほど大きいものでもないので被害を生じるような台風については一律に平均はNNEで、変動を考えるとときはENEからNNWの間にあるものとしても大過ないと言えよう。

5) 台風の進行速度

上陸時の中心気圧 970mb 以下の台風について日本本土通過時の6乃至12時間の平均移動速度を求めその累積頻度分布を求めたものが Fig. 6 である。移動速度は 15 km/hr から 80 km/hr までの広い範囲に分布しており、これを一律に1つの平均速度によって示すことは不適当である。図中各点の横に示した数字はその台風の上陸した地方を示すもので、1は九州、2は四国、3は近畿、4は東海そして5は関東地方に対応するものである。その分布から見ると速度の遅いものには九州に上陸したものが多いが、一方最も速いものも九州に上陸した台風である。全体として中程度の速度としては 40~50 km/hr、速いものは 70 km/hr そして遅いものとしては 20 km/hr ぐらいの値を見ればよいであろう。

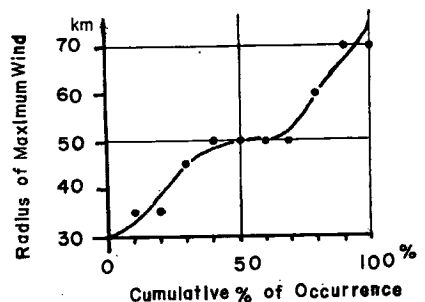


Fig 4. Cumulative frequency of radius of maximum wind speed.

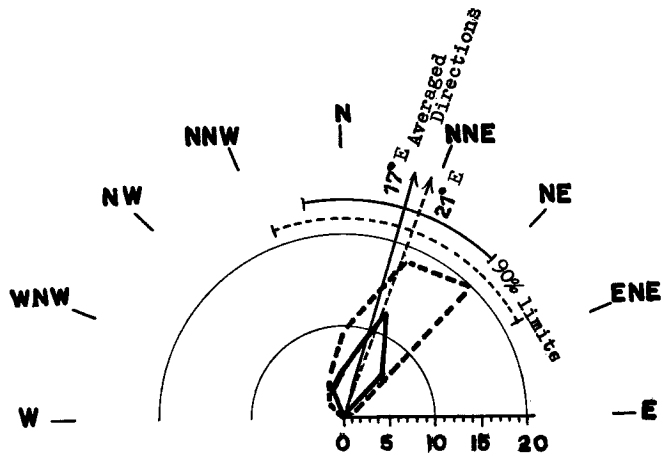


Fig 5. Frequency distribution of the direction of typhoon movement. Dotted line corresponds to that of the typhoon whose central pressure is less than 970 mb and solid line less than 960 mb.

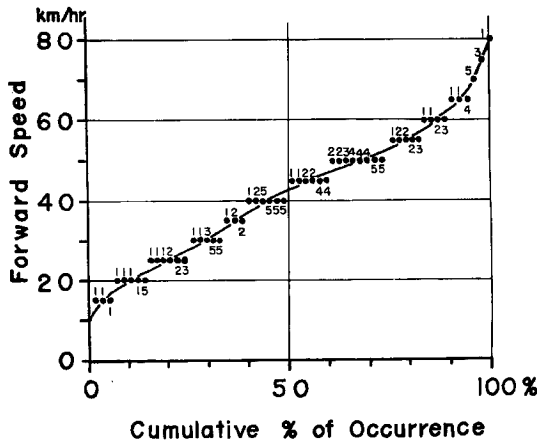


Fig 6. Cumulative frequency of forward speed of typhoons. The numeral near the dot means the area of landing (1 : Kyusyu, 2 : Shikoku, 3 : Kinki, 4 : Tookai and 5 : Kanto).

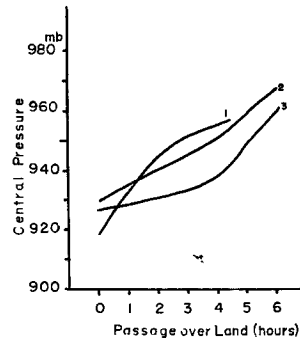


Fig 7. Filling of typhoon central pressure over land (1 : Muroto Typhoon, 2 : Ise-Wan Typhoon and 3 : Daini-Muroto Typhoon).

6) 台風の上陸後の衰弱

台風の上陸後の衰弱の速さは海上にあるときに比して非常に速い。Fig. 7 は室戸台風 (1), 伊勢湾台風 (2) および第2室戸台風 (3) の中心気圧が上陸後どのように埋没して行ったかを示したものである。これらの埋没の様子は股野¹⁰⁾ (1956) の研究結果を利用して次のように書ける。

$$P = P_0 - P_1 e^{-kt}$$

ここで P_0 と P_1 は台風に関有な気圧の値, k は減衰率, t は上陸後の時間である。普通日本を襲う被害台風では P_0 はほぼ 980 mb ぐらい, k は $0.3(\text{hr}^{-1})$ ぐらいの値を取る。この減衰の速さは台風の上陸後の

時間に主に関係し、移動速度にはあまり関係がない。

4. 標準計画台風の合成の問題点

前節に述べた過去の日本を襲った台風の諸性質を示す指標を用いることによって目的とする標準計画台風を合成することが出来る。合成に当っては最も利用しやすい結果が得られるように考えねばならない。また、実際の作業を進めるためには台風内での気圧および上空風の分布の型としてどのようなものを採用するか、あるいは移動速度が上空風の分布に対してどのような影響をおよぼすかを明らかにしておく必要がある。これらの問題を解決した上で次報において実際に応用し得るような標準計画台風の風速分布を示すこととしたい。

参 考 文 献

- 1) Schloemer, R.W. : Analysis and synthesis of hurricane wind patterns over Lake Okeechobee, Florida. Hydrometeorological Report, No. 31, 1954.
- 2) Graham, H. E. and D. E. Nunn : Meteorological considerations pertinent to Standard Project Hurricane, Atlantic and Gulf Coast of the United States. National Hurricane Research Project Report, No. 33, 1959.
- 3) 神戸市調査室および京都大学理学部気象学特別研究所：明石海峡連絡橋設計風圧選定の目的で行った暴風観測の結果報告，1959.
- 4) 滑川忠夫：台風と電力災害，電気公論，第37巻，第6号，680—681頁，1961.
- 5) 上野武夫，他：大阪湾高潮の総合調査報告，気象庁技術報告，第11号，8—17頁，1961.
- 6) 高橋浩一郎：モデル台風による年最大風速超過確率の推定，本州四国連絡架橋調査，気象調査（中間報告その2），1・1—1・33頁，1964.
- 7) 光田寧，宮田賢二：日本に上陸した台風の統計的な性状について，海と空，第39巻，第4号，132—146頁，1963.
- 8) 山元龍三郎，光田寧：台風域内の風の分布の推算法，京都大学防災研究所年報，第5号 139—146頁，1962.
- 9) Sekioka, M. : A hypothesis on complex of tropical and extratropical cyclones for typhoon in the middle latitudes. Journ. Met. Soc. Japan, Vol. 34, No. 5, pp. 276-287, 1956.
- 10) Matano, H. : Further developments of Namekawa's theory of main and secondary typhoons, Part. 1. The Meteorological Notes of the Meteorological Research Institute, Kyoto Univ. Series 2, No. 6, 1956.