

气象学講座

第 11 卷

台 風 论

笠原・彰 著
增田善信

科学出版社

气象学講座
第11卷

台风論

笠原彰 著
增田善信
朱抱真 譯

科学出版社

1958

內 容 簡 介

台风是大气中的一个重要而特殊的气象现象。本书对近年来在资本主义国家文献上所发表的有关台风的研究系统地作了综合论述。原书是日本最近出版的气象学讲座第11卷，中译本系根据原书摘译。

本书可供大学气象系、气象专业教学参考，以及高、中级气象科学工作者在工作上的参考。

台 风 論

笠原彰著
增田善信

朱抱真译

*

科学出版社出版(北京朝陽門大街117号)

北京市書刊出版業營業許可證出字第061号

北京西四印刷厂印刷 新华书店总经售

*

1958年11月第一版 开本: 1550 字数: 77,000

1958年11月第一次印刷 开本: 850×1168 1/32

(京)0001-2,006 印数: 3 插页: 1

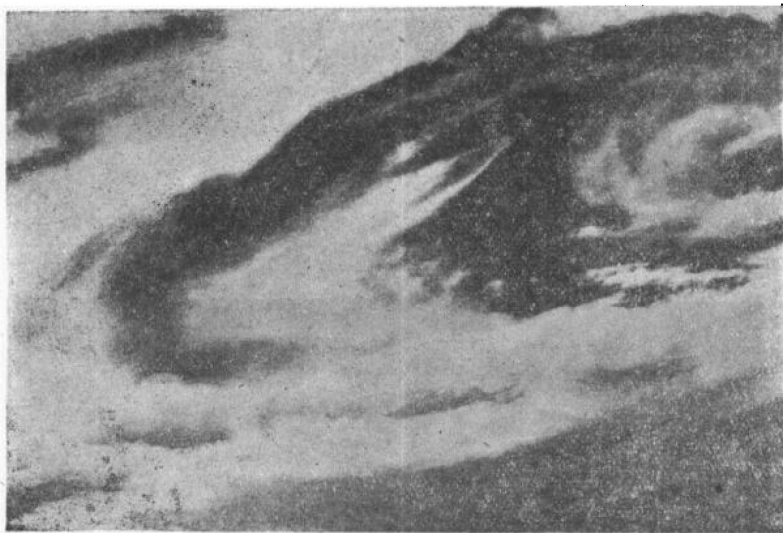
定价:(10) 0.55元



照片 I

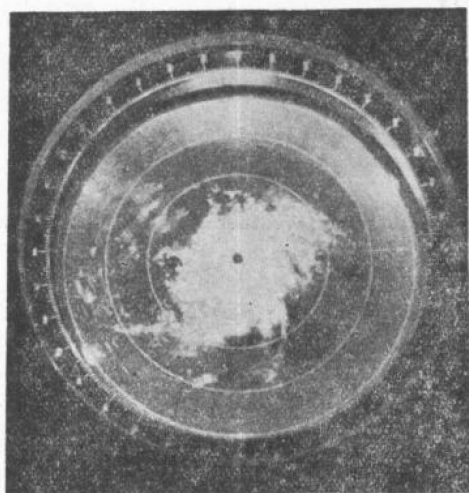
由高空所观测到的热带性低压。从新墨西哥的白砂(White Sands)高空 100 哩高度处放出的火箭上的摄影，在左上端可以看到热带性低压。

(取自 Monthly Weather Review, Vol. 83, № 6)



照片 II

台风眼内的高空摄影。卷云呈低气压性旋轉在右上端的一点集中起来(Simpson)



照片 III

台风“Lorna”中心附近的雷达摄影。(1954年9月18日23时36分)

S 号是在天气图上决定的台风的气压中心。台风眼偏于它的南边。

(畠山・今井・増田)

目 录

緒論	1
第一章 台风发生論	4
§ 1. 从統計上看台风的发生	4
§ 2. 台风的发生与垂直稳定度	6
§ 3. 台风发生机制的概論与古典学說	10
§ 4. 东风帶与西风帶的气压坊的重叠及台风的发生——Riebl 的台风发生說	11
§ 5. 力学及热力学的不稳定与台风的发生——正野的台风发生理論	14
第二章 台风的構造	21
I. 地面的構造	21
§ 1. 气压分布	21
§ 2. 风的分布	23
§ 3. 台风区内各种气象要素的一般性質	28
§ 4. 从負渦度的观点看台风的構造	29
§ 5. 由地面構造所得的台风模式	31
II. 立体的構造	35
§ 6. 气压坊	35
§ 7. 溫度坊	41
§ 8. 对流层頂的分布	42
§ 9. 高空风的構造	44
§ 10. 台风內的垂直气流和空間流綫	48
§ 11. 云的分布	51
§ 12. 从立体構造看到的台风模式	52
III. 台风眼	54
§ 13. 台风眼內的热力構造	54
§ 14. 台风眼的構造	56
§ 15. 台风眼形成的理論	57
§ 16. 台风眼的中心与气压中心的差異	59

第三章 台风的移动.....	60
§ 1. 台风的路徑	60
§ 2. 台风的轉向	61
§ 3. 台风移动的理论——“引导”的概念	62
§ 4. 台风的摆动	66
§ 5. 台风移动路徑的预报	70
§ 6. 台风移动的数值预报	72
§ 7. 台风移动数值预报的图解法	79
参考文献.....	87

緒 論

台风(包括颶風、熱帶風暴等)在大氣的擾動中是特殊的气象現象之一,它伴隨着強烈的風和雨,當它通過時常常發生很大的災害。因此很早以來人們就開始了有關台风的研宧,并得到了很多關於台风的各種現象的預報規則(主要是經驗規則)。但是其中已經確定的規則却很少,大多是根據台风時期的地面天气圖及地面觀測資料所得到的描述和統計的結果。這主要是由於過去在台风區域里進行三度空間的气象觀測是困難的,因此對於台风構造的知識是不完備的,這些理論是否確切,姑且不說,就是作為以後理論發展的階梯也沒有希望。

近年來,特別是第二次世界大戰以來,和高空觀測網充實的同時,用無線電探空儀、雷達和飛機等作台风中的三度空間的气象觀測已經成為可能,因此人們可以對台风的發生和構造進行三度空間的研宧。與此同時,理論的研宧也有了發展,台风的發生、發展和移動等問題也有了顯著的進步。特別是數值預報的觀念也引進台风的研宧中以後,對於台风的移動、發展等等的預報給予飛躍進步的事實是值得特別提出來的。在本書中,綜合概述了以台风的發生、構造和移動問題作為中心的近代所有研宧成果,特別是最近可以看到有顯著發展的成果。在這以前,先就熱帶性低壓的一般名稱、分類簡略地敘述一下。

熱帶低壓的名稱 具有一定強度的熱帶性低壓在太平洋西部、中國東海、日本附近叫作“台风”;在大西洋、加勒比海、墨西哥灣及西印度羣島和墨西哥西海岸叫作颶風(hurricane);在印度洋阿拉伯海和孟加拉灣叫作“風暴”(cyclone)等等,在個別地方,如菲律賓、澳大利亞西海岸都有特殊的俗名。

按熱帶低壓的強度分類 除了所有上述按照熱帶低壓的發生地點稱呼的各種名稱以外,按照強度又有台风或颶風、熱帶風暴、

热带低压等等的名称，常常容易引起混乱。因此有必要将它们进行适当的统一。

1949年6月，在葛尼刺的国际气象会议上选择了下列定义：热带性低压——最大风速34哩/时以下者，热带性风暴——最大风速35—64哩/时者，台风——最大风速65哩/时以上者。

在美国，现在采取下列的按照强度的分类：

(1) 热带性扰动 (tropical disturbance) —— 在地面上较弱，在高空可以看出比较明显的气旋性环流，在普通每隔2 mb等压线的天气图上看不出闭合等压线，或者看到闭合线时也只不过一根线而已。在热带以至副热带都经常出现。

(2) 热带性低压 (tropical depression) —— 可以看到一根以上的闭合等压线，中心附近的最大风力为蒲氏风级6级或6级以下。

(3) 热带性风暴 (tropical storm) —— 等压线为闭合的圆形，中心附近的风力在蒲氏风级6级以上，12级以下。

(4) 台风或飓风 (typhoon or hurricane) —— 最大风力在蒲氏风级12级以上的风暴。

在日本更为简单，只分为弱的热带低压(中心附近的最大风速在34哩/时以下者)和台风(最大风速在34哩/时以上者)两级。这样的分类自然方便。这些分类本身几乎没有什么物理意义，因此也是容易变更的东西。

按热带低压的发展过程分类 热带低压和温带气旋一样也经过发生、发展和衰灭的过程。按照这些过程，关于热带风暴构造的

一般特征不论在地面或高空都有些不同。因此有下列的按照发展过程的分类(参见图1)。

(1) 发生期 (formative or incipient stage) —— 这是由最初的低压性环流在地面上开始出现时

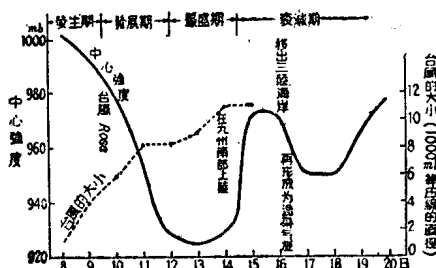


图1 台风“Ruth”的生命史

开始到发展成台风的强度为止。

(2)发展期 (immature or deepening stage)——台风繼續发展,到达整个台风生命史上中心强度最强、风速最大的阶段,在这一阶段中台风更为对称,相反地其范围則比較狹窄。

(3)最盛期(mature stage)——中心强度已不再加深,但台风范围慢慢扩大,台风級的风力区最广,但风速逐漸变弱。

(4)衰灭期(decay stage)——台风消灭,或者侵入中緯度地区轉变为温帶低压的阶段。

当然,并不是每个台风,每个季节都經過如此典型的发展过程,并且按照由某一发展阶段到次一阶段所移动的緯度也有种种的差別。在日本附近則以最盛期和衰灭期的台风侵襲为多。

第一章 台風发生論

§ 1. 从統計上看台風的发生

从統計上看,熱帶低压在北緯及南緯 5° 到 20° 左右的一定区域中、特別是在一定的海洋上发生。然而在緯度 5° 以內的赤道区則几乎沒有发生过。熱帶低压发生的季节也大致是一定的,在各个地区都有它特殊的发生頻率的分布。一般在太阳高度最高以后的三个月中发生的最多,在其他各月显著地减少,通常即使发生它的强度也較弱。

关于熱帶性低压发生頻率的統計已有不少人作过。例如 Dunn^[1](1951)調查了10年中全世界的熱帶性低压的发生数目得到表1的結果。

表 1 10年間的熱帶低压的发生数目

北大西洋	73
北太平洋——墨西哥西海岸	57
北太平洋——东經 170° 以西	211
北印度洋——孟加拉灣	60
北印度洋——阿拉伯海	15
南印度洋——东經 90° 以西	61
南印度洋——澳大利亞西北方	9

还有 Colón^[2](1953)特別把大西洋的熱帶性低压的发生頻率进行了詳細的調查。

然而,把这些統計結果分析一下,則有观测网愈密发生次数愈多的傾向,可以想象在測点很少的时期有相当多的熱帶性低压被漏測了。因此統計上算出的頻率分布到底具有怎样的精确度是很大的疑問。絕對值虽然同样,但各月发生頻率的趋向并不受統計年数的影响,因此將其中最富代表性的 Grabell^[3](1947)的統計結

果表示在图 2 中。图 2 是表示热带性低压发生地的地理分布、各月发生频率以及热带性低压的大概路径,因此可以窥知上述关于热带性低压发生的一般性质。

它们的发生地是加勒比海、太平洋西部、印度洋及澳大利亚东海岸等地,主要地是在海洋上,但接近大陆,在海洋的西端发生得最多。路径都是由发生地西进,然后以抛物线状在北半球向东北、在南半球向东南转向。发生时期在北半球,除去阿拉伯海以外,几乎全集中于 8、9、10 月,在其他各月发生的数目锐减。在南半球相反,1、2、3 月发生的最多,而其他各月几乎没有。

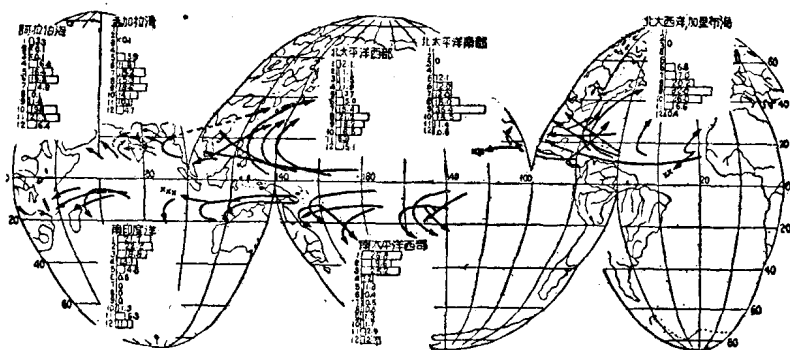


图 2 热带性低压的源地、各月发生频率和平均路径(Grabell)

关于台风的发生频率已有很多的研究。表 2 和表 3 为上井^[4](1951)利用近 10 年间(1940—1949)的资料所统计的西太平洋的热带性低压的发生次数。

表 2 热带性低压的发生次数(1940—1949)

北 緯	东 經	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165
		115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170
30—25		0	0	0	0	1	4	3	0	1	2	0	0
25—20		1	1	2	5	2	1	8	9	3	1	0	0
20—15		0	5	9	5	8	9	12	8	10	5	2	1
15—10		1	4	2	6	18	16	13	10	8	9	5	1
10—5		0	0	1	0	10	12	15	7	8	4	4	0

表3 各月台风的发生次数(1940—1949)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
次 数	6	5	1	7	8	22	51	66	51	40	20	14

按照此表,在西太平洋发生于东经 130° — 145° 。北纬 10° — 20° 的最多,在季节上以 7、8、9、10 四个月最多。村上^[5](1953) 也用 1847—1951 年的资料作了同样的调查,并且了解了发生位置是随着季节如何地变化,由春到初夏在北纬 10° — 20° 附近发生的最多,但在 7、8 月发生位置最为偏北,在北纬 20° — 30° 附近,再向后则又有再偏于低纬度的趋向。

§ 2. 台风的发生与垂直稳定度

为什么台风发生在特殊固定的地区,而又在除去赤道附近以外的特殊固定的海洋上发生呢,并且为什么在太阳高度最高以后的三个月中发生得最多呢,为了回答关于这种台风发生的气候学的问题,Palmen^[6](1948),笠原^[7](1954),Bergeron^[8](1954) 等人进行了研究,这个问题已差不多清楚了。

热带性低压与大气中其他的扰动一样,可以认为是由于大气的不稳定性所发生的。众所周知,在大气的稳定度中包括力学的稳定度与热力学的稳定度。力学稳定度的标准是按绝对温度的正负来决定的,绝对温度为正则稳定的,为负则是不稳定的。在台风发生的低纬度地区,柯氏力小,容易有绝对温度为负的倾向。因此或可设想在这些地方容易引起力学的不稳定状态。

然而,虽然可以认为这种力学的不稳定性对于各个台风的发生给予动力,但是从气候学的观点看,只在台风发生的地区和季节中,这种力学的不稳定特别强盛的说法却没有理由。所以只由力学的不稳定对台风的发生给予气候学的说明首先是困难的。

热力学的稳定度的标准是按多元位温 θ 的垂直梯度 $\frac{\partial \theta}{\partial z}$ 的正负而定。即自由大气的减温率在于绝热减温率与湿绝热减温率之

間时,这样的大气对干空气的上升講是稳定的,但对湿空气的上升是不稳定的。众所周知,在热带地方地表面的湿球位温一般比高空的湿球位温相当的高,也就是 $\frac{\partial \theta}{\partial z}$ 为負,所以气层成为不稳定或条件不稳定的机会很多。

Palmén 調查了这种垂直不稳定度如何随季节的变化,研究了它和台风发生的关系。他先以加勒比海天鵝島(北緯17.5°,西經80°)的平均气温分布研究了在9月和2月垂直稳定度如何地变化。图3就是將9月和2月天鵝島的平均温度垂直分布点在温熵图解(tophigram)上。在同一图上用点綫表示由地面到200 mb 絕热上升空气团的温度分布。在制作这个图时假定地面温度在9月为28°C,在2月为25°C,湿度皆为85%。

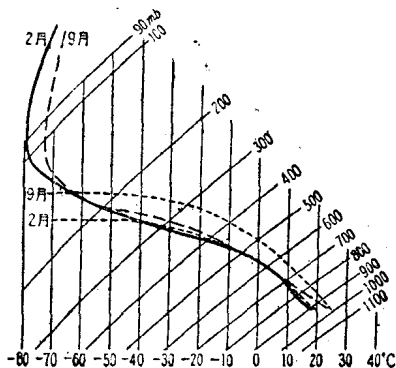
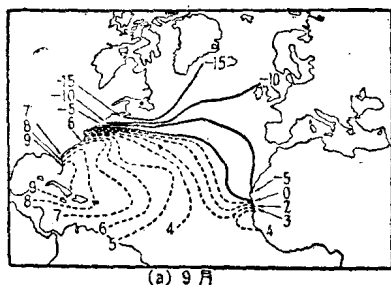


图3 天鵝島2月和9月的平均温度以及由地面絕热上升的空气質点的温度分布(Palmén)

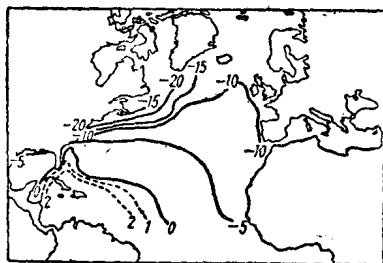
由此图明显地看到,在9月中上升空气团的温度到190 mb附近則比周圍的空气暖得利害,与此相反在2月中到250 mb附近和周圍的温度几乎相等,再向上反比周圍要冷。这是說明在9月可以得到放出不稳定能量很大,但在2月几乎沒有不稳定能量。由此可知,如果发生了某些扰动空气被迫上升后,在夏季扰动容易发展,在冬季則难以发展。

、我們用假定由地表面被迫上升的空气团在300 mb上的温度 T' 与該面周圍的温度 T 之差($T' - T$)作为垂直不稳定度的粗略的指标,在大西洋作出 $T' - T$ 的图,如图4(a,b)所示。这里假設地表气温与海水水面温度相等,平均湿度为85%,并假定上升的空气团到凝結高度为止按干絕热变化,再向上則按湿絕热变化。并且300 mb等压面的周圍温度采取沿着西經80°經綫上平均的300 mb等压面的温度。

从此图看,在9月 $T'-T$ 为正的区城,即不稳定的区域相当的广,特别是在西印度羣島、墨西哥灣附近不稳定度最大。另一方面,在阿非利加西海岸不稳定度較弱,它的范围也变狭。与此相反,



(a) 9月



(b) 2月

图4 9月(a)和2月(b)的300mb上 $T'-T$ 的分布(Palmén)

在2月中不稳定区域只在西印度羣島附近的极有限的地方存在,它的强度也弱,其他则全屬稳定区。所以这些图正說明颶風在西印度羣島、墨西哥灣等处发生的最多,在非洲西岸和大西洋东部几乎没有观测事实;也說明颶風在夏半年发生的多,在冬半年极为稀少。

但由图3一看,很明显地,高空气温在9月和2月几乎无大差别,因此垂直不稳定度的指标 $T'-T$ 大致按地面的气温决定。所以如果把地面气温与水温相等,则水温愈高,垂直不稳定度也愈大。Palmén 研究全球的表面海水温度的分布与

主要的热帶低压路徑的关系,以表面水温为 26°C — 27°C 的地区为界,他明确了在表面水温比它更低的地区几乎没有热帶性低压发生,他把这个温度称为临界温度。

笠原將 Palmén 的观点用于西南太平洋上台风的发生,也得到同样的結論。图5表示西南太平洋夏季的表面海水温度的分布与1940—1949年10年間的台风发生的数目。这里所用的发生数目与表2相同。在这張图上 26°C — 27°C 也是临界温度的事实也証实了这一点。

作为垂直不稳定度的指标,可以用上述的300mb等压面上的 $T'-T$,更簡單地,可以用表面海水温度。所以再进一步,也很容易

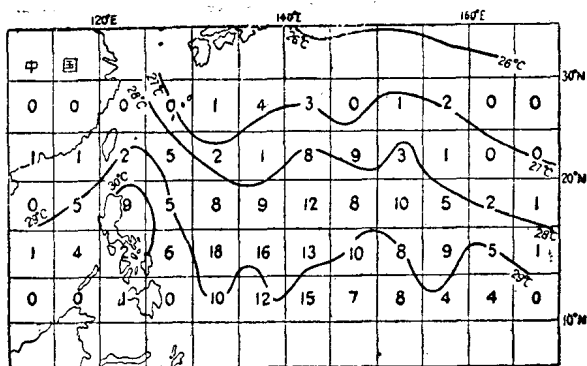


图5 西南太平洋夏季表面水温的分布和热带性低压的发生次数(笠原)

理解台风在夏季较高纬度容易发生,而在冬季则较低纬度容易发生的原因。

这就是说,临界值 26° — 27°C 的表面水温区虽比气温稍迟,但夏季最偏北,以后逐渐南移。这样看来,大气中的热力学不稳定性对台风发生的气候学的说明起了重要的作用。

然而赤道附近表面海水温度全年很高,那么热力学不稳定性也应该大,所以按照上述的说法台风的发生在赤道附近也应该最多了;但是正象前面已经说过的事实上赤道附近台风发生极少。为了说明这个事实,应当有一个赤道附近台风不适于发生的理由,然而这个理由又是什么呢。

众所周知,在台风区域内有很大的空气辐合,和它相联系的聚集了很大的气旋性涡度。为了聚集如此巨大的气旋性涡度,在台风发生地区必须原来就有涡度的存在。

涡度方程是以

$$\frac{d}{dt}(\zeta + 2\omega \sin \varphi) = -(\zeta + 2\omega \sin \varphi) \text{div}_H \mathbf{V} \quad (2.1)$$

表示的,这里 ζ 为相对涡度, ω 为地球旋转角速度, φ 为纬度, $\text{div}_H \mathbf{V}$ 为水平辐散。在台风发生的初期,因为 $\zeta \div 0$, 所以

$$\frac{d}{dt}(\zeta + 2\omega \sin \varphi) = -2\omega \sin \varphi \text{div}_H \mathbf{V}, \quad (2.2)$$

例如即使有很大的水平辐合,但若 $2\omega \sin \varphi$ 不是相当的大,则 $\frac{d\zeta}{dt} \div 0$, 渦度几乎没有增加。所以在 $2\omega \sin \varphi$ 几乎为零的赤道附近,即使有辐合发生,渦度的聚集也几乎没有,因此台风的发生也就不可能了。

§ 3. 台风发生机制的概論与古典学說

在上面已經指出,大气的垂直不稳定性对台风的发生地区及經常发生的季节等气候学的事实給予了有效的說明。然而台风并非在这些地区和这些季节的任何时候都会发生,而时常間断地发生。因此对每个台风的发生只用垂直稳定性說明是不充分的,必須考虑其他一些原因和发生的机制(mechanism)。或者不如說:台风是由于某种原因发生,它在源地附近由垂直不稳定性維持及加强。

关于台风发生的古典学說認為它是由于对流及气团相互冲突,或汇合等作用在广的范围里引起地面空气发生辐合,同时气旋性环流发展而成。然而只由这种地面气流的辐合并不能說明地面气压的下降。地面气压的变化可由傾向方程

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -g \int_0^{\infty} \text{div}_H (\rho \nabla) dz \quad (3.1)$$

得到,所以若整个气柱辐合,则地面气压不是下降而必定上升。因此为了产生地面气压的下降必須有胜过地面附近气流辐合的高空辐散。因此伴随大規模地面气压下降的台风发生时,必须具备比地面辐合更大的高空辐散的发生机制,这个机制才是解决台风发生的关键。

对留学說是最老的台风发生学說的一个,它是根据“在低緯度地区的台风源地,頻发的飈綫和台风发生現象具有密切的經驗关系”。然而热帶性暴雨不一定只在具有閉合的低压环流时才发生,而且相反地有剧烈降水的閉合等压綫的低压也經常不发展成台风即行灭亡。所以对留学說对台风发生的說明是极不完全的,这个学說的最致命的缺陷是它不能对上述产生地面气压下降的机制予以任何的說明。