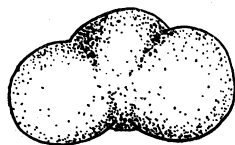


天 気

1954年

8月号

第1巻第4号



大気オゾンの話

山崎正博

はしがき

われわれの地球をとりまいている空気は大部分酸素と窒素から成り立っているが、わずかながら含まれているものに、アルゴン、ネオン、水素やヘリウム、それに水蒸気、炭酸ガス、オゾン、アムモニヤなどがある。これらの気体を静かに放置すると、容積比でいって重い気体ネオン、アルゴンなどは下方に多くたまり水素、ヘリウムなどの軽い気体は上方にたまるであろう。ところが、実際の大気中ではそうでなく、大部分の気体は対流圏ではほとんど一様な容積比をもっている、これは対流圏では混合がはげしく行われているためである。成層圏に入ってからや、これらの気体の分離が始まり酸素では22.4 km に至って容積比が1%減るといわれている。ところが水蒸気やオゾンは例外である。水蒸気は冷えるとすぐに飽和に達し、雲や雨あるいは雪となって大気からの

がれさる。又はこれと反対に水面から蒸発によって大気の中に入っていく。このようにして水蒸気の量は常に変化しながら空気と共に移動して、いろいろの気象現象を起す。オゾンは大気中の酸素との間に $3O_2 \rightarrow 2O_3$ という関係で発生したり消滅したりしているために、やはり一様な容積比をしめていない。しかし水蒸気のように、液体や固体になって落下することもなし、その最も多く含まれている位置が地上 20 km 附近にあることや、全体の量が空気の数百万分の一しかないために、それほど重要視されていない。しかし水蒸気、炭酸ガスと共に赤外線や紫外線をもよく吸収するので、大気中で光の吸収体として熱輸送の問題には重要であり、又電離層の電離とも関連をもつので最近各国でさかんに研究せられるようになった。きたる昭和32~33年の国際地球物理年 (International Geophysical Year) には広く世界各地

目 次

表紙写真 北海道の凶作6月18日旭川郡 朝日ニュース提供
 口絵写真 南の予報センター 園田鉄雄, 日高正美, 沢田岩雄

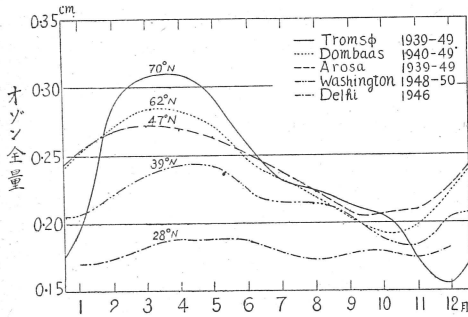
解 説	大気オゾンの話 山崎正博 1
	日本の測候史上におけるシーボルトの業績 永山盛善 6
	ヒマラヤ登山と気象 藤平正男 11
報 文	成層圏の旅 福井俊夫 15
	150年前の八月十五夜 千葉徳爾 10
	狭い地域内の地中温度のちがい 日下部正雄 13
ビキニ環礁附近海域の調査について	サハリン島より 堀内剛二 17
 杉浦吉雄 19
	質疑応用 ビンヨップリングとはどういふものですか 関原 暈 21
今夏の異常気候と水爆の影響 増田善信・藤田敏夫 25	
写真説明 ビンヨップリング? 野附誠夫・竹内衛夫・表紙 3	
書評 気候学集報2 Tropical Meteorology. 放射性追跡子実験技術, 北方定点 14, 22	
雲鏡 24	
カット 伊東暈自	

で協同してオゾン観測も行い計画が進められており、我が国も参加することになっている。

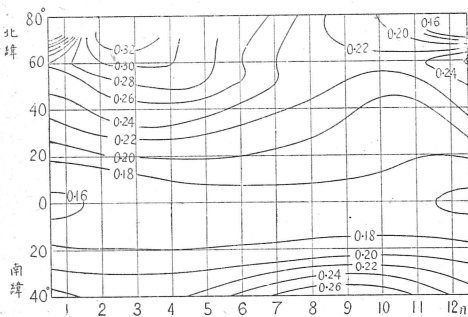
大気オゾン研究の歴史

水晶分光写真器で太陽スペクトルをとると、可視部から紫外部にゆくに従って強度が弱まるが、波長 3300 Å (Å…オングストロームという単位で 10⁻⁸ cm に等しい) 附近から急に弱くなり 2950 Å 附近に至って全くスペクトルを認められなくなる。このスペクトル強度の減少がオゾンの吸収と一致していることから、大気中にオゾンが存在することが見いだされたのは前世紀の終り頃である。しかし本格的な研究が進みだしたのは 1920 年代になって、ハーブリ、ビュソンやドブソンが測定をするようになった。特にドブソンは始めヘリー型の分光写真器を数個作って、1926 年から 1929 年の間に、オックスフォード (52°N, 1°W)、パレンシヤ (52°N, 10°W)、ラービック (60°N, 1°W)、スウェーデンのアビスコ (68°N, 19°E)、ドイツのリンデンベルグ (53°N, 14°E)、スイスのアロザ (47°N, 10°E)、チリーのモンテジマ (22°S)、米国カリフォルニアのテーブルマウンテン (34°N, 118°W)、エジプトのヘルバン (30°N, 31°E)、

インドのコダイカナル (10°N, 78°E)、ニュージーランドのクリスチャーチ (44°S, 173°E)、ノールウェーのスピッツベルゲン (79°N, 16°E) といった各所におき、オゾンの緯度分布や年変化などを測定し、又気象との関係も調べた。その後 (1931 年) 写真の代りに光電管を用いたり、分光器を二重分光器にして、感度と精度をあげ、各地で観測が続けられているが、東洋では上海郊外の徐家涯 (31°N, 77°E) で 1932~1942 年に亘って行われており、その外インドではボンベイ (19°N, 73°E)、デリー (29°N, 77°E)、プーナ (19°N, 74°E)、シムラ (31°N, 77°E)、大洋洲ではカンベラ (35°S, 149°E)、歐洲ではイギリスのオックスホード、タウンハム、マーケット (53°N, 0°E)、カムボン (50°N, 5°W)、Eshdalemuir (55°N, 3°W)、アバーデン (57°N, 2°W)、ノールウェーのトロムソフ (70°N, 19°E)、ドンパース (62°N, 9°E)、オスロ (60°N, 11°E)、デンマークのアルルス (56°N, 10°E)、ドイツのポツダム (52°N, 13°E)、スイスのアロザ、北米では米国のワシントン (39°N, 77°W)、ホワイトサンド (32°N, 106°W) などがある。1950 年ドブソンは光電管を 10 段の光電増倍管にとりかえ感度をあげることに成功し、月からの光を用いてもオゾン観測をすることができるようになった。第 3 図はこの最も新しい型の器械である。



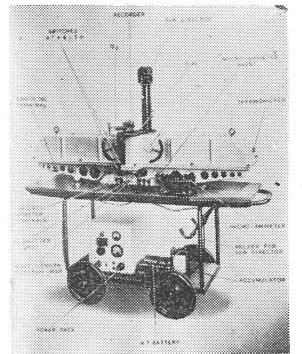
第 1 図 オゾン全量の年変化



第 2 図 オゾン全量のイソプレット (単位 cm)

* 鉛直な大気の柱を考え、その中にあるオゾン以外のものを全部取り去って、残ったオゾンを 0°C に保ちながら一気圧になるまで鉛直方向におしちぢめるとき、オゾンのとる厚さをオゾン全量という。普通数 mm のものであるオゾン全量に対してオゾン濃度という言葉を用いるが、それはある点でのオゾン量を上と同様な厚さでいい表わすもので普通高さ 1 km 当りの値で表わすのが習慣である。但し理論的取扱いでは 1 c.c 中に含まれるオゾン分子の数で表わすことが多い。

別のずつと簡単な器械は 1934 年米国の W.W. コブレンツや R. ステアによって発表された。これはドブソン分光器の方式が太陽光線から単色光にとり出すのに反し、数種のフィルターとチタニウム光電管を用いて、



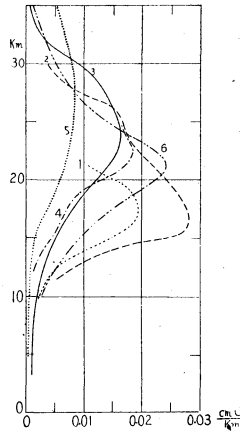
第 3 図 Dobson の分光器

太陽紫外部を例えば 2700~3400, 2900~3400, 3000~3400, 3100~3400 Å の範囲に分けるものである。彼はこれを用いて 1934 年から 1943 年までワシントンで観測した結果を発表している。その後同地で S. フリッツが 1948 年 1950 年春に亘ってドブソンの方式で観測を行った。この 2 つの月平均値は、もちろん年代の差はあるが、必ずしも似通っていない。

以上はどれもオゾン全量* を測ることであるが、1929 年 F.W.P, ゲッツがいわゆるゲッツ効果 (反転効果) を発見してドブソンの器械に天頂からくる散乱光をいれることによって、オゾンの垂直分布を知ることができるようになった。

又月食の際、月光の強もさを測定することによって垂直分布が測定される。(第 4 図) H.K. バツォルトはよくこの方法を行っている。

この2つの方法は仮にオゾンの分布を仮定してそれにより器械に受ける光の強さを計算し、実測と合わなければ、合うまで分布をおき直してゆくものであるが、実際に器械を上空にあげて垂直分布を測定することも行われた。E. & V.H. ウェゲナは小型軽量の水晶分光器を作って、気球につけ、1934年6月、スツッガルト(49°N, 9°E)で31km



第4図 オゾンの垂直分布

1. Stuttgart (独), 1934.6.26 (分光器)
2. Albuquerque (米), 1950.3.16 (分光器)
3. White Sands (米), 1946.10.10 (ロケット)
4. Beltsville (米), 1938.6.30 (ゾンデ)
5. Poona (印), 1948.2.24 (反転効果)
6. 65°S, 1949.10.6 (月食)

まで測定した。第2次大戦後、彼は米国のニューメキシコ州のアルブカーク(35°N, 107°W)でも観測している。もちろん器械が落下拾得されなければ、ならない。コブレンツとステアは前述の装置を飛揚に適するようにし、且つ発振器をつけてラデオゾンデを作り1937~1938年にワシントンの南方メリーランド州のベルツヴィルで数回観測を行っている。1946年10月10日ニューメキシコ州のホワイトサンドで行われたV-2ロケット飛揚に際し、その一部に分光器を装備して、太陽スペクトルを撮影し88kmまでの測定ができた。その後数回のロケット資料が発表されている。又人間の乗った自由気球による観測も試みられ、1935年エクスボロア号は高さ22kmに達した。その外飛行機による観測も行われているが、何分にも飛行高度が低いために、ほとんど対流圏の観測にとどまっている。

米国のストロングはドブソンと同じ原理でオゾン全量を測り、別に9.6μ帯の太陽赤外線を用いてオゾン層の重心の高さを求めている。

一方大気オゾンの生成分布等についての理論的取扱いは、S. チャップマン, O.R. ウルフ & L.S. デミング, R. メツケ, P. ゲエツなどによって始められ、近年三宅, 猿橋, R.A. クレイ, H. デユツツ等によって行われている。

又オゾンの光に対する吸収係数はファブリとブュリンなどの測定があったが、1932年 Ny Tsi-Ze & Choong Shin-Piaw が水素の連続光源を用いて詳しく求めたので、現在まで殆んどこの値が用いられている。最近 E. C.Y. インと田中はもっと純粋なオゾンを用い、Ny 等と異った装置、吸収係数を求め、Ny Choong よりもいくらか(最大20%)小さい値をだしている。

オゾンの光の吸収と測定の原理

紫外部について Ny, Choong が求めたオゾンの吸収係数 α を抜萃すると第1表(a)に示す数値をとってお

第1表 紫外部及び可視部におけるオゾンの吸収係数 α

(a) 紫外部				(b) 可視部	
λ (Å°)	α ($\frac{1}{\text{cm}}$)	λ	α	λ	α
2136	12.3	3000	4.95	4380	0.0004
2400	99	3200	0.42	5012	0.018
2500	139	3400	0.035	6010	0.068
2553	145	3526	0.010	6500	0.031
2600	134			7036	0.011
2800	55			7516	0.003

り、2553 Å に最大がありその値は145で、3400 Å あたりでは殆んど問題にならない。今試みにオゾン全量が0.22 cm (日本あたりの値)で、太陽を仮に天頂にあるものとして、地表に達する太陽強度がどんな値になるかを計算してみると、第2表のようになる。表中Aはオゾ

第2表

太陽が天頂にある場合の太陽光線の地表への到達率(%)

A...オゾンのないとき B...オゾン全量0.22 cmのとき

波長	A	B	$\frac{B}{A} \times 100$
2550 Å	8	1.7×10^{-31}	2×10^{-29}
2700	16	1.6×10^{-20}	1×10^{-19}
2900	25	1.0×10^{-3}	4×10^{-3}
3000	32	2.5	8
3300	46	44	96
3500	55	55	100
4000	71	71	100
5000	88	87	99
6000	94	91	97
7000	97	96	99
8000	98	98	100
9000	99	99	100
10000	90	99	100

ンの存在しない場合のものであって、これは大気分子が光を散乱するために弱まったもので、いわゆるレイレイ散乱によるものである。Bはレイレイ散乱と0.22 cmのオゾンの吸収とを合せ考えたもので B/A はオゾンだけによる影響を表わすものである。但しこの表は大気は理想的に透明で、塵埃等は含んでいないとしてある。この表から2900 Å 以下にもなれば如何に吸収が大きいかかわかり、太陽スペクトルも撮影されないことがうなずかれる。

又第3表は3つの波長の光について、色々の太陽高度、

第3表 地表における太陽光線の強さ (単位: $\frac{\mu W}{cm^2 \cdot 10 \text{Å}}$)

λ (Å)	α ($\frac{1}{cm}$)	β ($\frac{1}{cm}$)	I_0 ($\frac{\mu W}{cm^2 \cdot 10 \text{Å}}$)	$x = 0.00$				$x = 0.15$				$x = 0.20$			
				$m=1$	2	3	4	$m=1$	2	3	4	$m=1$	2	3	4
3112	1.23	0.443	59.4	21.1	7.52	2.68	0.954	13.8	3.22	0.751	0.175	12.0	2.42	0.490	0.0989
3323	0.08	0.340	92.2	42.2	19.3	8.81	4.03	41.1	18.3	8.13	3.62	40.7	17.9	7.91	3.49
4536	0.00	0.093	18.9	153	123	99.3	80.2	153	123	99.3	80.2	153	123	99.3	80.2

λ	$x = 0.25$				$x = 0.30$			
	$m=1$	2	3	4	$m=1$	2	3	4
3112	10.4	1.89	0.318	0.0557	7.78	1.02	0.134	0.0175
3323	40.2	1.75	7.64	3.33	39.9	17.3	7.49	3.24
4536	153	123	99.3	30.2	153	123	99.3	80.2

m と太陽天頂距離 θ 又は水平面からの太陽高度角 h の関係

m	1	2	3	4
θ	0°00'	60°00'	70°31'	75°31'
h	90°00'	30°00'	19°29'	14°29'

オゾン全量に対し地表で得られる光の強さを計算したもので、* この場合、地球外の光の強度には実測値(地表での観測値から計算したもの)を用いてあり、レイレイ散乱は考えてあるが、大気は理想的に透明である($\delta = 0$)としてある。この表から分るように、地表で受ける光の強さは太陽高度とオゾン全量に関係するから、地表で光の強さを測定すれば逆にオゾン全量を決定することができる。

ドブソンの器械では塵埃等の影響 δ を除くために2つの光の強さの比を測定するようになっており、分光器の常数は地球大気外における2つの光の強さの比と共に予め検定してきめておく、用いる波長は例えば3112Åと3323Åの組合せである。

コブレンツのフィルターの方式では波長は単色光でなく巾をもっているために検定はめんどうであるが、原理的にはドブソンの方式と同じである。

レゲナー、コブレンツの方法やロケットによる垂直分

* 今一つの波長の光について地球大気外における太陽光線の強度を I_0 、地表でのそれを I 、オゾンの吸収係数を α 、レイレイの散乱係数を β 、塵埃等波長に比べて大きな粒子による散乱係数を δ 、オゾン全量を x 、太陽光線の空気中を通過する道のりを m 、(太陽が天頂にあるときの空気中の道のりを単位として測る)とすると

$$I = I_0 \cdot 10^{-(\alpha x + \beta + \delta) m}$$

但し m が大きいときは修正を要する。第2表、第3表は $\delta = 0$ として計算してある。もやの多いときなどを除いては δ は近似的に波長に無関係である。

布の測定は器械の位置から上方にあるオゾン全量を次々に測定してゆくもので、原理的には上のものと全く同じである。

ドブソン型ではゲッツ効果を利用して垂直分布を知ることができることは前に述べたから、ここではゲッツ効果について簡単に説明しよう。天頂からくる2つの光、例えば3112Åと3323Åの比を測定すると太陽天頂距離が増すと共にこの比は減少する。しかし太陽の天頂距離が85°(太陽が地平面上5°)位になると、この比は最小になり、それ以後は却って増すこの現象をゲッツ効果といい、これは太陽光線が散乱点へくる間にオゾンによって受ける吸収と、そこで散乱された光が地表に達するまでに受ける吸収の多少によって説明されるが、この最小の起る角度はオゾンの垂直分布によって定まる。これによって日出、日没時にはオゾンの垂直分布を知ることができる。

月食のときは太陽光線は地球大気をかすめて通るので、これがオゾンの中を通過するようになると、月からの反射はそれだけ弱まることになるから、月食のときにも垂直分布を知ることができる。これの特徴は太陽光線が地球大気中を水平に長く通過するので、オゾン濃度の小さい上層の測定が正確にできることであるが、おしむらくは機会が少ない。

次にオゾンの可視部の吸収は第1表(b)に示す如くはなほ小さいので、この波長を使つてのオゾン測定はほとんど行われぬ。

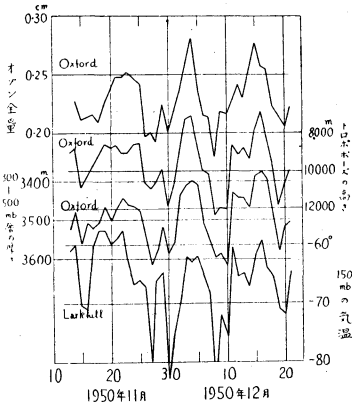
最後に赤外部には3.6, 4.8, 5.8, 9.6, 14.1 μ 帯の吸収があり、中でも9.6 μ 帯は吸収が大きく且つうまくここにここでは水蒸気の吸収が少ないために、ストロングはこの波長を用いてオゾンの重心の高さを求めた。それは赤外部の吸収が気圧によって変ることを利用したものである。なお彼は1.15 μ 帯の赤外線を使って、水蒸気量を出し9.6 μ 帯の水蒸気による吸収を取り去っている。

地表におけるオゾン量測定は太陽の代りに人工光源を用いた上記と同様な方法の外に、多量の空気を資料として化学分析が行われる。飛行機観測の場合も亦同様に化学的方法が用いられる。しかし上層大気中のオゾン測定はすべて太陽光線を用いている、いわば他力本願式であるので夜間はほとんど不可能である(僅かに月が利用

しうる) 光の吸収によらないで、微量のオゾンを検出し、しかもオゾンゾンデとなしうる種類のものの発見が望まれる。

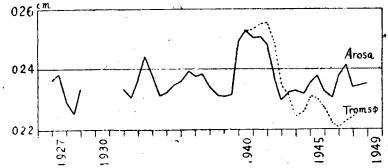
測定結果

長期に亘る観測結果は多く月平均値等で発表されている。ドブソンの 1920 年代のものは、吸収係数学の修正を行って今でも貴重な資料として用いられている。第 1 図は緯度の異なる 5 つの観測点での値である。第 2 図は緯度分布年変化を同時に表わしたイソプレットである、これらは何れもドブソンの方式の器械によったものである。第 4 図は垂直分布の例で、各種の器械によるものをあげてある。ロケットによれば 70km あたりまでオゾンは存在する、第 5 図はノルマンドの示した図で日変化



第 5 図 オゾン全量の日日変化と他の気象要素の日日変化

の様相と他の気象要素との対応を示してある。ここに日変化が年変化に匹敵する大きさをもっていることは注目し値する。第 6 図は経年変化の例である、日変化につ



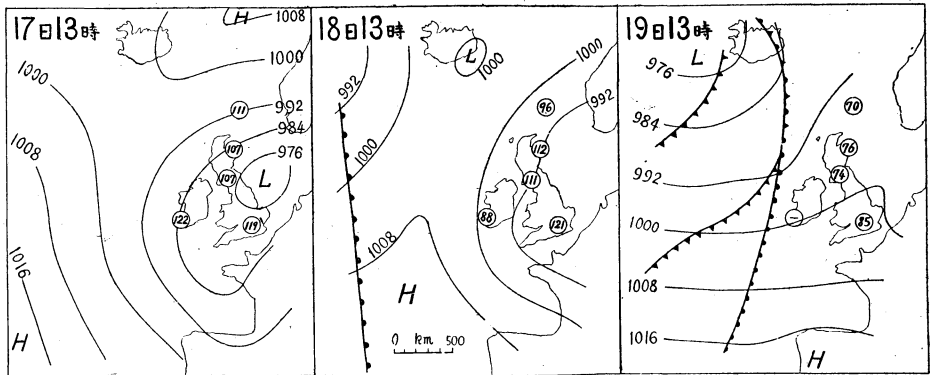
第 6 図 オゾン全量の経年変化

いてはデリでの観測について R.V. カランデカー 一般には午後が午前よりオゾン全量が大きいようだ述べている。

気象との関係

第 7 図をみるとオゾン量と気象との間には密接なつながりがあることがわかる。

地上気圧配置とオゾン全量との関係を調査したものは多々あるが(主として欧洲)一般にオゾン全量最大は寒冷前線の後方に現われ、オゾン全量最小は温暖前線の前方に現われる、これは北方からきた気団は、オゾンに富んだ空気を上方にもってくるために、オゾン量の増加が生じ、この不連続面は後方に傾いているために、前線の通過後に最大が現われる。オゾン全量最小は、南方からくるオゾンの少ない空気がきたことで上と同様に説明されている。温暖前線についてドブソン等の調査した一つの例を第 7 図に示す。1940 年 11 月 17 日 13 時には弱い低気圧が英国をおおい、そのときオゾンはその季節の平



第 7 図 1940. 11.17~11.19 における温断前線の進行とオゾン全量の変化 (オゾン全量は平年値を 100 として表わしてある)

均値を上まわった量を示していた。18 日 13 時には西部英国のオゾン量は平年値を下まわり、19 日 13 時には前線はアイルランドの西部にまでおしよせ、各観測所のオゾン全量は全部ひくくなり上述のことをよく表わしている。

その外オゾンと雷や真珠雲との関係、又地磁気との関係等についても二三の調査はあるが、何れも資料に乏しく決定的なことは出ていない。

むすび

オゾンは何故以上の様な分布や変動をするのであろうか、先づ大気中でのオゾンの生成消滅 $3O_2 \rightarrow 2O_3$ 光学的に紫外線が酸素やオゾンに当たった為に起る、熱的に起るの二種の過程であろう。この 2 つからオゾンが化学平衡の状態にあるとしてオゾン分布を計算すると、オゾン濃度最大の層はであるが、オゾン全量は赤道附近で大きく、高緯度になるに従って小さいという実測とは合わない

い結果を生ずる。ところで、2つの反応過程でオゾンのできる反応速度を計算すると、もちろん無限大の速度をもっているのではない。計算の結果によると、オゾン濃度が平衡濃度からズレると35 km 附近の紫外線強度のもとでは約1時間でズレが半分になるが、20 km 附近の紫外線強度では1週間以上かかってやっとズレが半分になる。

このことは下部成層圏や対流圏の空気塊に含まれるオゾン量は可成りの保存性を持っていることになる。

そこで太陽輻射の外に、大気の流れ(水平垂直)みだ

れ、なども考えにいれ、且つ水蒸気や塵埃その他によるオゾン分解の作用も考に入れて式がなされ、赤道でオゾン全量最大ということが解消するなど可成りよくなったが、それでも尙満足すべき結果ではない。

このように大気オゾンの問題は未解決の部を多く含んでいる。それらは観測資料が多く集まり、その上オゾンの性質、大気の流れ、太陽輻射、及び大気中での輻射などの研究が進むにつれて次第に判明してくることであろう。

(高層気象台)



日本の測候史上における シーボルトの業績

永 山 盛 善

はしがき

独人ドクトル・フォン・シーボルト⁽¹⁾が、1823年(文政6年)8月、長崎出島蘭館の医官として、はじめて日本の土を踏んだのは、若冠27歳の時であった。彼によって鎖国末期の日本に、その専門の医学のみならず、近代技術の基礎たる物理・化学・数学などの純正科学の本格的移植が行われ、国民の啓発に大いに貢献した事は、多くの人々によって、よく知られている事実であろう。シーボルトは在日わずか6カ年余に過ぎなかったが、その間、日本に関する万有学的(地理・歴史・制度文物・慣習・言語・動植・鉱物などにわたる)調査研究に精励し1日たりとも怠る事がなかった。

彼の紀行文・書かん・論文および傳記などは“NIPPON”という題名の本、その他に集録されていて、本邦におけるシーボルト研究者にとって貴重な文献となっている。

シーボルトは気圧計や寒暖計などの測候器具を携えて来朝しており、長崎においては毎日気象観測を行った事と思われるが、日々の観測値をまとめた記録は見当らず、たゞ前記の著書の中の所々に、観測結果や、気象学的記述が若干散見されるに過ぎない。しかしこれら断片的記録でも、本邦の測候史上、貴重な参考資料になると考えられるから、主なる事項を取まとめ、本誌上を借

りて御紹介したいと思う。

支那東海で強い海流を観測

日本研究の熱烈なる希望に胸をふくらませて、長崎に赴任する若き科学者シーボルトを乗せた、蘭船デ・ドリー・ヘヂュステルス号(De Drie Gezusters)は、1823年6月28日バタビヤを出帆し、台湾経由で長崎に向う途中、支那東海の真中で、強い海流に遭遇した。この時の記事は次の通りであるが、この海流をノットに換算してみると、ほぼ東北東の4ノット位になる。黒潮の速さは本海のところで大体2~3ノット程度で、北緯28度、東経125度あたりでは、1ノット以下が普通であるから、この場合の海流は異常海流にあったに相違ない。

「1823年7月30日、強き潮流。正午の観測によりて、24時間内に北へ34分、東へ1度36分となるをあらかじめ知りたり。我らは正午に北緯28度30分、東経124度48分にあり、気圧計は29インチ⁽²⁾(989 mb)に落ち、風は涼しく東南東より吹く。我らは暴風の来らんことを恐る。」

さてここで、シーボルトの用いた気圧計の目盛について一言ふれて置かねばならない。何となれば、彼の記録中には、2つの異った単位で測ったと思われる気圧の値が出てくるからである。渡日の船中および出島蘭館で使用した本式の気圧計は英インチ目盛のものであり、江戸参府の際に持参した測高気圧計は仏インチで目盛られていたものと、それぞれ彼の観測値の大きさから判断出来る。また1845年発行のKAEMTZのMeteorologyによると、当時用いられていた気圧計は、英国では英インチとその10分数、フランスではミリメートル、ドイツ

(1) 1796年2月17日ドイツのヴュルツブルグにて生る。

(2) "NIPPON"の原本には、気圧の観測値を示すのにインチを2個のアクセントで、その下のケタを3個アクセント(たとえば29"2''')で示している。吳氏の訳は分・秒となつてゐる。