

シベリヤ気団南下の際の輻射の影響

北 村 良 夫*

乾冷氣塊が海上を移動する際、変質に大気輻射がどのような効果を持つかを知るため、Elsasser の大気輻射図を用い季節風卓越時の日本海を差挟む二地点の標準状態に対して輻射の net flux を求めたところ、その垂直発散が一定、しかも両地点で同じとなったので、進行する気塊の気温を支配する方程式に入れた場合も、その解が容易となる。この結果を上層に到る迄一様に進行すると仮定した気塊に適用すると、大体高度 2 千以上は輻射の効果が現われることがわかった。

1 はし が き

冬季季節風が吹き出すとき本邦日本海側沿岸は曇天で降雪があり、また南西諸島や東支那海方面でも陰鬱な天気となるが、これらは何れも乾冷な気塊が海上を移動して行く場合の変質論として、旧くは披山博士 (1925) より斎藤 (博) (1938)、高橋 (浩) (1940) 等諸氏の研究がある。海上を渡る気団の変質は海面からの熱と水蒸気の供給並びにそれらが上の方へ拡散されること、及び輻射による加熱並びに冷却などに支配されることは云う迄もないが、輻射に関する知識が乏しかった当時としてそれらの人々は Brunt の導いた輻射輸送の説を採用し、輻射による温度伝導度が 10^{-3} (C.G.S.) の桁であるとしたため、渦動拡散率 10^5 (C.G.S.) に較べて省略される結果となり、結局輻射の影響を度外視したことになる。近來、輻射に関する知識が増加したことに伴って上記の考察の再検討を行って然るべきであろう。またこの再検討が本問題の解明に対する最も重要な基本的なものであることも明らかである。

2 cP気団の南下による標本の変形の実状

次に述べるような方法でcP気団の南下による変形の標本のモデルを作成した。

1. 資料は1953年1月及び2月の aerological data を用い
2. この両月でいわゆる西高東低型の気圧配置がすくなくとも2日にわたって観られるような日を選び
3. 気団変形前の状態として Kimpo の 00^h を、変形後のものとしては米子の 12^h をとった。これらを平均して得た気圧、気温、湿度を第1表に与えてある。

3 大気輻射図による net flux の算定

前節で得た標準状態について大気輻射図により赤外線輻射の様相の検討を行った。しかし、これを実行するには種々の想定を行わなければならない。

* 神戸大学御影分校 —1956年9月27日受理—

第1表 気団変形前後の平均状態

Kimpo				米 子			
m	mb	°C	%	m	mb	°C	%
地表	1030	-9.8	58	地表	1023	2.4	80
236	1000	-10.1	52	193	1000	0.8	80
1037	900	-14.5	45	1029	900	-5.9	84
1469	850	-15.1	44	1474	850	-9.2	86
1929	800	-15.7	42	1939	800	-12.4	88
2927	700	-19.0	37	2950	700	-16.4	81
4063	600	-23.7	54	4100	600	-20.5	69
5374	500	-33.3	79	5436	500	-25.5	64
				7031	400	-33.1	55

1. 雲はないものとする
2. 標準状態は資料の不足から 400mb または 500mb までしかないので、それより上方は成層圏まで比湿はあまり変わらず (Barrett 1950) 平均 $0.05g\ kg^{-1}$ と仮定した。したがって 500ないし 400mb より上方の水蒸気に対する光学的厚さ U は次式

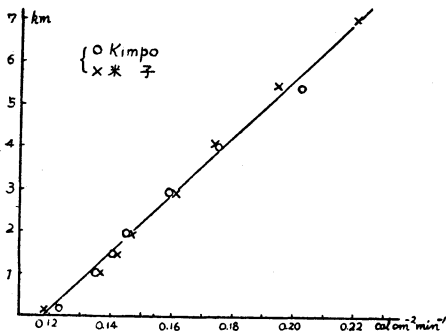
$$U = \int_{z_1}^{z_2} \rho_w dz = \int_{z_1}^{z_2} p q dz = \frac{1}{g} \int_{p_1}^{p_2} q dp$$

より $0.01gcm^{-2}$ となった。ここに ρ_w は水蒸気密度、 ρ は空気密度、 q は比湿、 g は重力加速度、 z は鉛直座標、 p は気圧である。

3. 気圧の影響を考慮に入れた有効光学長 $\Delta U^* = (\bar{p}/p_0) R \Delta U$ に対しては \bar{p} を層の平均気圧、 p_0 は標準気圧 1000mb、 R は $1/2$ とし計算することとした (London 1952)。

計算は Elsasser の大気輻射図を使うこととし、flux の算定にはプランメーターによってその面積を測った。このようにして各高度に対して上向き及び下向きの flux の差として net flux を算出した。その結果は第1図に示されている。

この図から net flux F は高さと共に増加し、その割合 $\partial F/\partial z$ はほぼ一定 ($= 2.5 \times 10^{-9} calcm^{-3}sec^{-1}$) と見做



第1図 Kimpo及び米子における大気輻射の net flux

し得ることが解る。この結論は実用にはきわめて重要である。それは輻射による熱授受の数学的取扱いがいちじるしく簡化されるという利点があるからである。しかも、この関係が Kimpo と米子とで同一であることはこの結論を価値づけるものと考えられる。

4 海上を渡る気団の鉛直気温分布の変化

前節で輻射による net flux の発散量に関する実用的結論を得たので、進行する気塊の気温を支配する良く知られている基本式は、輻射を考慮に入れても次のように簡単となり、解も容易になる。すなわち、一般に用いられている記号で表わした基本式

$$C_p \frac{d\rho T}{dt} = C_p K \rho \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} - \frac{\partial F}{\partial z}$$

において、左辺は空気の運動について行った時のその気塊の温度変化に対する熱量で、右辺第1項は乱渦拡散によるもので、第2項は輻射による垂直輸送量を示しており、この輻射による項 $\frac{\partial F}{\partial z}$ が const と置けるのである。これは Brunt が多少無理して $C_p \rho K_r \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$ として解き得る形式に導いたことと意図は同一であるが少くとも只今の場合については $\frac{\partial F}{\partial z} = \text{const}$ とする方がより合理的で適用にも都合が良い。

上記の基本式を x 方向に U なる一定速度で進行する気塊に適用し、定常状態の場合に限ると。

$$U \frac{\partial T}{\partial x} = K \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} - \frac{1}{C_p \rho} \frac{\partial F}{\partial z}$$

となり、更に

$$\frac{\partial T}{\partial x} = k \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} - A$$

となる。ここに $k = K/U$, $A = \frac{\partial F}{\partial z} / C_p \rho U = \text{const}$ 。

で、このようにして問題の気塊の吹走中の気温分布は上式の次の条件を満足する解で理論的に示されることとなる。

$$T \Big|_{x=0} = T_0 - \beta z$$

$$T \Big|_{z=0} = T_0 + \alpha x$$

ここに海面温度は x 方向の増加に比例して昇温している場合を取扱ったのである。

この場合の解は良く知られているもので (Brunt 1939)

$$T = T_0 - \beta z + \alpha x \left\{ \left(1 + \frac{z^2}{2kx}\right) \left(1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{z}{\sqrt{4kx}}} e^{-\mu^2} d\mu\right) - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \frac{z}{\sqrt{4kx}} e^{-\frac{z^2}{4kx}} \right\} - A x \left[1 - \left\{ \left(1 + \frac{z^2}{2kx}\right) \left(1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{z}{\sqrt{4kx}}} e^{-\mu^2} d\mu\right) - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \frac{z}{\sqrt{4kx}} e^{-\frac{z^2}{4kx}} \right\} \right]$$

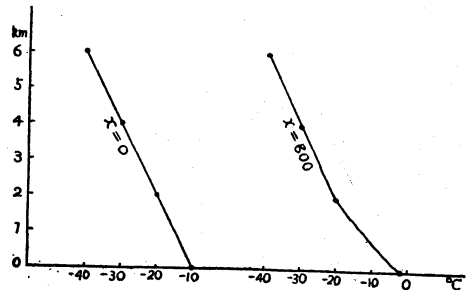
となることは明かである。この式の右辺最終項が輻射によるもので、一例として比較的実状に近い場合として

$$\beta = 0.5 \times 10^{-4} \text{deg cm}^{-1}$$

$$\alpha = 10^{-7} \text{deg cm}^{-1}$$

$$v = 10^3 \text{cm sec}^{-1}$$

として数値的に計算した結果は第2図に示され、これによると今の場合下からの加熱の効くのは2 km位までで、それより上では輻射による冷却の影響が現われているように思われる。



第2図 気塊が発する時と800km進んだ時の気温変化
本研究は京大滑川教授の御指導に負うており、また助言を下された西京大東助教授に感謝致します。

文 献

Barrett, E. W., et al. 1950 : Some measurements of the distribution of water vapor in the stratosphere. *Tellus*, **2**, 302-311.
 Brunt, D., 1939 : Physical and dynamical meteorology, 227-228
 London, J., 1952 : The distribution of radiational temperature change in the northern hemisphere during march. *J. Meteor.*, **9**, 145-151.
 Nukiyama, D. 1925 : On the theory of monsoon in the Far East, Anniversary volume dedicated to Prof. H. Nagaoka.
 斎藤博英 1938 : 季節によりて生ずる雲に就いて。気象集誌, **16**, 28-34
 高橋浩一郎 1940 : 海上を渡る際の乾冷氣塊の変形。気象集誌, **18**, 77-80