る日射が比較的に大となる。然し冬季にはこの反對の傾向がある。

終に臨み本文を草するに當つて種々御注意、御指導を賜つた岡田臺長、關口先生に深く感謝の意を表する。

引用文獻

關口鯉吉 東京市内の塵埃と日射の減衰(氣象集誌第二輯、第十卷第五號、昭和七年五月)

神田 清 東京に於ける日射觀測の統計(氣象集誌第二輯、第九卷第十二號、昭和六年十二月)

K. Kanda: Some Relations between the Solar-and-sky Radiation received on the Horizontal Surface and the Atmospheric Conditions. Geophysical Magazine, Vol. VI, No. 1).

中央氣象臺 日射觀測成績、第五號—第八號(昭和六年—昭和七年)(一九三二、五、二八記)

地磁氣の日變化に就て

吉田 順 五

On the Diurnal Change of the Earth-magnetism.

by Z. Yosida.

地球磁氣の種々なる變化の中には地表下に磁氣物質層を假定することにより説明される如く思はれるものが多い。併しながら地球内の如き高温高壓の状態に於て尙物質が磁性を保持し得るか否かに對して大なる疑問がかけられる。

これに對して吾々は次の如く考へることが出来るであらう。即ち一般に物質分子相互間の作用が重要な役割を有つ物理現象に對しては、温度の上昇と壓力の増加とは相殺的に作用するとするのである。この考へを確める爲として高壓力の下に於ける實驗の數は比較的少いが、最著しいものとしてブリッヂマンの電氣抵抗の實驗に就いて見るならば、 R を電氣抵抗、 T を温度、 p を壓力とし、多くの物質に就いて $\frac{\partial R}{\partial T} < 0$, $\frac{\partial R}{\partial p} > 0$ なることが確證されたのである。又地表下二九〇〇呎迄物質が剛性を保有すると推定されることに於て、高温によつて物質が固態性を失ふことを抑制するものとして考へ得るものは高壓力のみであらう。かくする時同様に分子相互間の作用が重要な役割を有つと考へられる物質の磁性に於ても同様のことが云へるであらう。但しこの場合に、鐵ニッケルに關する實驗の結果、 I を以て磁化を表すと、磁化力の小なるときは $\frac{\partial I}{\partial T} < 0$, $\frac{\partial I}{\partial p} < 0$ 、大なるときは $\frac{\partial I}{\partial T} < 0$, $\frac{\partial I}{\partial p} > 0$ なることが知られてゐるのである。この後の事實は上の考へに反するものであるが本多博士によると温度上昇の I に及ぼす作用として、一は I を増加せしめ他はそれを減少せしめる二つのものの假定によつて説明出来る。即ち ΔI による I の變化を $\Delta I = \Delta I_1 + \Delta I_2$ ($\Delta I_1 > 0$, $\Delta I_2 < 0$) と書くことが出来るから、

吾々は $I = I_1 + I_2$ の如き I_1, I_2 なる量を考へ得るであらう。これらに對して直接な物理的意味を考へることは出来ないが、ある基礎的な單一なる物理的量となし得るであらう。然してかゝる單一なるものにこそ吾々は T と p との相殺作用を假定し得ると考へられるから、この作用を表すに、 α, β を正の量として $I = I_1(T - \alpha p) + I_2(T - \beta p)$ とすることが出来る。よつて $\frac{\partial I}{\partial p} = -\alpha \frac{\partial I_1}{\partial T} - \beta \frac{\partial I_2}{\partial T}$ ($\frac{\partial I_1}{\partial T} > 0, \frac{\partial I_2}{\partial T} < 0$) を得、磁化力の大きくなると共に $\alpha > \beta$ なることを充分なる程度に假定すれば $\frac{\partial I}{\partial p} < 0, \frac{\partial I}{\partial T} = \frac{\partial I_1}{\partial T} + \frac{\partial I_2}{\partial T} < 0$ を満足せしめ得るのである。

強磁性の理論が完成されてゐない今日、理論的に確實なる推論をすることを得ないが、粗雑ではあるが以上の如くして剛性を有し鐵ニッケルに富むと考へられる地球内部に磁氣物質層を假定し得るであらう。尙鐵ニッケルの合金の中には非常な高初等磁率を有するものがあり、又ホイスラ合金の如き非磁性物質の結合によつても強磁性が得られる事實等も、各元素が最安定なる混合状態にあると想はれる物質層に磁性の存在の可能性を多からしめるものである。然してかゝる層に磁性的に常溫に於る物質と同等の性質を假定する以上、チャイロ・マグネティズムの理論及實驗よりして、地球の自轉によると考へられる地磁氣の成因を

この部分に歸することは出来ない。故に未知と云ふ理由の下に地磁氣の發生を地球の中心核に假定して地磁氣の日變化を論じようと思ふ。

かくして地磁氣の原因を地心に於ける南向きの M_0 なるモメントのダブレットによつて表す。又上記によつて假定された磁氣物質層の導磁率を μ 、その内半径を a 、外半径を b と表し、 a なる半径の内部を 0 により、 a 球と b 球との間を 1 により、 b 球より外部を 2 によつて表す。然るとき磁場の變化として 0、1 に夫々 H_0, H_1 なる北向きの一様な磁場、又 1、2 に夫々南向きの M_1, M_2 なるモメントのダブレットによる磁場を假定して、二つの境界に於ける四個の條件よりこれらの四個の量を決定すれば次の如くなる。但 0 及 2 に於る物質の導磁率は 1 とする。

$$\begin{aligned} H_0 &= -\frac{2(\mu-1)(\mu+2)(b^3-a^3)}{A} \frac{M_0}{a^3}, \\ M_1 &= \frac{3(\mu+2)}{A} b^3 M_0, \\ H_1 &= \frac{6(\mu-1)}{A} M_0, \\ M_2 &= \frac{9\mu}{A} b^3 M_0, \\ A &= (\mu+2)(2\mu+1)b^3 - 2(\mu-1)a^3. \end{aligned}$$

次に磁場の日變化を太陽又は月によつて上記磁氣物質層

内に起される歪による導磁率の變化によつて説明しようとする。地軸と地磁氣の軸との傾きを無視し、又作用を及ぼす天體は赤道上一點と地心を結ぶ線上にありとし、この線と考へる點へ地心より下した線とのなす角を ψ を以て表す。尙北極より測つて地軸とこの線のなす角を θ にて表し、 φ を以て天體と地心とを結ぶ線より測つた經度とすれば $\cos \psi = \sin \theta \cdot \cos \varphi$ なる關係がある。地球を全部剛體より成るものと考へるとき、天體により起される歪は一定の半徑の球上に於て $3\cos^2 \psi - 1$ に比例する量で示されるから、今この問題に於ても假にこれを採用し、磁化率 κ の變化はこれに比例するものとすれば $\Delta\kappa(3\cos^2 \psi - 1)$ を以て表すことが出来る。尙地心よりの距離 r による變化は簡單にする爲無視する。然るときこの磁化率の變化によつて a 、 b なる半徑の球面上に生ずる磁氣密度は次の式の如くなる、

$$\begin{aligned}\sigma_a &= -\Delta\kappa(3\cos^2 \psi - 1) \frac{5}{r^{\text{radial}}, 1, a} \\ &= -\Delta\kappa(3\sin^2 \theta \cos^2 \varphi - 1) \cos \theta \left(H_1 - \frac{2M_1}{a^3} \right), \\ \sigma_b &= \Delta\kappa(3\cos^2 \psi - 1) \frac{5}{r^{\text{radial}}, 1, b} \\ &= \Delta\kappa(3\cos^2 \theta \cos^2 \varphi - 1) \cos \theta \left(H_1 - \frac{2M_1}{b^3} \right).\end{aligned}$$

又1の内部に生ずる磁氣密度 ρ は

$$\begin{aligned}\rho &= -5r \cdot \nabla [\Delta\kappa(3\sin^2 \theta \cos^2 \varphi - 1)] \\ &= \frac{1}{r} \left(\frac{M_1}{r^3} + H_1 \right) 6\Delta\kappa \sin^2 \theta \cos \theta \cos^2 \varphi.\end{aligned}$$

尙これらの式は書直して次の如くすることが出来る。

$$\begin{aligned}\sigma_a &= -\Delta\kappa \left(H_1 - \frac{2M_1}{a^3} \right) \left(-\frac{1}{5}(2P_1 + 3P_3) + \frac{1}{10}P_3^2 \cos^2 \varphi \right), \\ \sigma_b &= \Delta\kappa \left(H_1 - \frac{2M_1}{b^3} \right) \left(-\frac{1}{5}(2P_1 + 3P_3) + \frac{1}{10}P_3^2 \cos 2\varphi \right), \\ \rho &= \Delta\kappa \frac{1}{r} \left(H_1 + \frac{M_1}{r^3} \right) 6 \left(\frac{1}{5}(P_1 - P_3) + \frac{1}{30}P_3^2 \cos 2\varphi \right).\end{aligned}$$

但し P は $\cos \theta$ に關するルジャンドルの函數である。これらの密度によつて起される磁場が天體による地磁氣の變化になるのであるが、この中時間と共に變化するものは φ を含む項により起される部分のみである。よつてそれによる地表の磁氣ポテンシャルの變化を計算すれば、地球の半徑を R として

$$\begin{aligned}\Delta V &= -\Delta\kappa \left(H_1 - \frac{2M_1}{a^3} \right) \frac{4\pi a}{10} P_3^2 \cos 2\varphi \frac{1}{7} \left(\frac{a}{R} \right)^4 \\ &\quad + \Delta\kappa \left(H_1 - \frac{2M_1}{b^3} \right) \frac{4\pi b}{10} P_3^2 \cos 2\varphi \frac{1}{7} \left(\frac{b}{R} \right)^4\end{aligned}$$

$$+ \Delta \kappa \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \left(H_1 + \frac{M_1}{r^3} \right) r^2 dr \cdot \frac{4\pi}{5} P_2^2 \cos 2\varphi \frac{1}{7} \frac{1}{R^4}$$

$$= \frac{4\pi}{10} \Delta \kappa \left[\frac{H_1}{5} (b^5 - a^5) - \frac{M_1}{7} (b^2 - a^2) \right] P_2^2 \cos 2\varphi \frac{1}{R^4}$$

を得る。今 XYZ を以て夫々水平北向き、水平東西方向、垂直下向きの磁場の分力とすれば、 ΔV を微分することに、より、これら三分力の値の變化を次の如く得ることが出来る。

$$\Delta X = \frac{1}{R} \frac{\partial \Delta V}{\partial \theta} = 6\pi \Delta \kappa B \cdot \frac{\sin \theta (3 \cos^2 \theta - 1) \cos 2\varphi}{R^3}$$

$$\Delta Y = - \frac{1}{R \sin \theta} \frac{\partial \Delta V}{\partial \varphi} = 12\pi \Delta \kappa B \cdot \frac{\sin \theta \cos \theta \sin 2\varphi}{R^3}$$

$$\Delta Z = \frac{\partial \Delta V}{\partial R} = -24\pi \Delta \kappa B \cdot \frac{\sin^2 \theta \cos \theta \cos 2\varphi}{R^3}$$

$$B = \frac{H_1}{5} (b^5 - a^5) - \frac{M_1}{7} (b^2 - a^2)$$

地球上の或一點に着眼すれば、そこに於て φ は一晝夜の中に三六〇度變化するわけであるから、これらの式により地磁氣の各分力の變化が半日の週期を以て現はれることになる。實際に測定された結果を見るに (Handbuch der Physik XV, pp 302, 303) 太陽に關するものに於ては、かゝる週期性が見られないが、月に關するものに於ては著し

い程度にこれを見ることが出来る。然るに太陽による變化に於ては機械的作用以外に輻射作用によつて起される原因も考へられるのであるから、(上層の空氣がイオン化により電氣導性を得、その中に起る感應電流)これに於ては、こゝに論じた作用は一部分のみを占めると見るべきであらう。尙太陰日に關する偏角の變化は正午附近に於て絶對値が極大を持つが、これは上掲の式によれば 0 とならなければならぬのである。これに對して説明を與へる力を持たないが、何等かの原因により、磁性物質層の變化が天體の作用に對して遲れてゐると考へることが出来るであらう。

上に得た結果に對して少しく數值的考察を試みやうとするのであるが、非常に想像的な根據をしか與へられないのは免れない。先磁性物質層の磁化率を 1 とし、從つてその導磁率を 1.35 と假定する。又前に溫度上昇と壓力の増加の相殺作用を表す爲に用ひた $\gamma = \alpha \beta$ なるものを實效溫度と呼ぶことにすれば、物質が地心に於て剛性を失ふに至ることより見て、これは地球内部に向ふに従ひ上昇するものと考へられる。(この α の値としてブリッヂマンの結果よりすれば溫度を攝氏の度、壓力を氣壓で表はして 10^{-10} 程度のものを得、種々に推定された地表下の溫度壓力の關係は、この値を假定して大體常溫附近の實效溫度を與へるやうに

思はれる。) 扱強磁性物質は溫度上昇と共に鎔融點以下のキュリー點に於てその強磁性を失ふから、物質が剛性を保有する最後の所を磁性物質層の内半徑とすることは不適當である。よつて、この剛性の失はれる所の半徑は地球半徑 R の大體二分の一であるから、磁氣物質層の内半徑を $\frac{1}{2}R$ と假定する。又その外半徑は R それ自身を採用する。

然るときは $M_0 = 2.8 M_2$ なる關係が得られる。地表に於ける測定より推定された地球の磁氣モメントは 8.6×10^{25} であつて、これが M_2 に相當するものである。これより、0 なる部分の物質が一樣に磁化されて M_0 なるモメントを有するものとすれば、その單位體積の磁氣モメントは 0.76 G となる。尙地球全體が一樣に磁化されたと考へた時の値は 0.08 T である。

磁氣分力の變化を計算すれば次の如くなる。

$$\Delta X = 0.5 \Delta \kappa \sin \theta (3 \cos^2 \theta - 1) \cos 2\varphi$$

$$\Delta Y = 1.0 \Delta \kappa \sin \theta \cos \theta \sin 2\varphi$$

$$\Delta Z = -2.0 \Delta \kappa \sin^2 \theta \cos \theta \cos 2\varphi$$

月の影響による分力の變化は 10^{-7} T 程度のものであるから、 $\Delta \kappa$ の絶對値として 10^{-5} を假定出来るならば事實が説明されるわけである。地殻の受ける至の測定結果を知り得るならば、物質の外力による磁氣變化の實驗を基礎として

その正否を判定出来、又 $\Delta \kappa$ の符號も太陰日に關する變化の測定結果より決め得るのであるが、充分なる材料を得ることが出来なかつた爲、甚無責任ながらこれ迄の結果を出して筆を擱くことにする。

終りに臨み、この論文を書くに當つて多大の勉勵と親切なる忠告とお世話をして頂いた荒川秀俊君に深く感謝の意を表する。

地溫の日變化又は年變化による地殻の變形

荒川 秀 俊

Daily and Annual Periodic Deformation of the Earth's Crust due to the Earth Temperature. By H. Arakawa.

地溫が日變化又は年變化をするに従ひ、當然地殻が膨脹又は收縮し、之に伴つて地表が昇降する筈であるが、こゝにはその問題を取り扱つて見た。土壤などの膨脹係數が明かにわからないので、たゞオーダーのみを理論的に示したわけで、日變化に對しては高々 10^{-3} cm 年變化に對しては 10^{-1} cm 程度である。

地球の表面を平面と見做し、密度や彈性常數、熱傳導度