

地球内部の組成 (二)

アダムス及ウイリアムソン

地球内部の物質分布 最 外 層

地球表面に於ける火成岩の平均密度は約二・八であるが、少量の水成岩を斟酌して表面密度として二・七を採用して置かう。岩石の密度と鹽基度とは深さとともに増加すべきであるが、その増加は必ずしも規則正しくはない。恐らく表面から一〇乃至二〇籽までは花崗岩又は花崗閃綠岩の平均組成を持つてゐるであらう。オツパウ (Oppau) の爆發 (譯者註、一九二二年九月二十一日の朝南獨逸バトリヤのオツパウで突然大量の火薬が爆發して多數の人命と物資を失つたのであるが、爆發によつて惹起せられた地震動の傳播は地震學上の貴重な研究材料となつたのである) の地震動の記録からリンチ及ジェフレーク (Winch and Jeffreys) は縦波の速度を毎秒五・四籽と出した。近接地震の記象からモホ

ロビチツク (Mohorovicic) は地表より六〇籽の深さまでは縦波の速度は殆ど一定で毎秒五・八籽に等しいと言つてゐる。前卷の第二表に掲げられた資料によつて右の觀測を利用したならば地球の最外層の組成を決定することが出來猶夫れを直接に見ることの出來る地表の薄層と比較することが出來る。理論的には表面速度は走時曲線の最初の傾斜から求めることが出來る譯であるが、震央近所に於ては信賴するに足る觀測が極めて尠いために走時曲線を距離零の點即震央まで逆に引延ばす事は好ましくないし猶リンチ及ジェフレースによつて強く言はれてゐる様に震源の深さが常に正確でないことが近距離に於ける結果を價値尠きものにしてしまふ。ターナーの表からは縦波の表面速度は毎秒約七・一籽であるやうに見える。この速度は吾々の第二

表では輝岩に對する縦波の速度七・〇と橄欖岩に對する七・二との中間に位し斑糲岩に對する六・九よりは著しく大である。モホロビチツクに依れば縦波の速度は六〇籽の深さを越すと每秒五・八籽より七・九籽に急變する。吾々の第二表によれば花崗岩内に於ては每秒五・六籽である。従つて地震學上の資料は―但し非常に満足な資料は一つもないけれども―地殼の大部分は花崗岩質であるが百籽或は夫れよりも淺い所では鹽基性物が優越してゐることを明かに示してゐる様に見ゆる。

少々專斷の嫌はあるが、吾々は厚さ六〇籽の層を以てその中で岩石が酸性より鹽基性に移り變はつて行くものとしやう。酸性より鹽基性へ漸次に遷移するものか否かは將來決定せらるべき疑問である。この層の最下位は地殼均衡面の深さと一致するかも知れないし或は一一致せんかも知れない。山嶽地方に於ける重力測定の結果からはこの均衡面の深さをボオウイ (Bowen) は九六籽の所に置いたが、合衆國全土を蔽ふ材

料からは六〇籽の所に置いた。猶ワシントンは地球表面上色々の地方に於ける平均密度は五九籽の深さに置かれた均衡面の基底からの平均の高さと調和することを見出してゐる。何れにしてもこの層の容積は地球全容積の一或は二パーセントに過ぎぬものでありその厚さは地球全體としての密度分布には殆ど影響を持たないものである。デーリー (Daly) ゴエゲナー (Wegener) 及その他によつて假設せられてゐる玄武岩々漿帶 (Basaltic substratum) は地殼の地質を説明するに當つては非常に重要なものであるが、茲では單に花崗岩質より超鹽基性物質へ遷移する時の附帶的の一相に過ぎない。

鹽基性層

前號の第一圖を見れば地震の速度曲線は表面近くより約一六〇籽の深さに至る迄は整然と然も殆んど直線狀に走つてゐる。故にこの區域は幾分均質的物質より成りその容積の彈性率及剛性率は壓力とともに規則正しく増加してゐるものと見るが至當である。後に述ぶる理由より

してこの物質の標準密度（即ち低壓力に於ける密度）は恐らく三・三であつてこの値は六〇籽の深さに於ては三・三五に相當するものである六〇籽よりも深い所に於ける密度は第二圖の二つの密度曲線の間に内挿法インターポレーションを行ふて求められる、かくして一六〇〇籽の深さに於ける密度を出して見ると四・三五になる。かく密度の増加するは壓縮によるものである。標準密度の三・三は輝岩又は橄欖岩に相當する。此區域全體を通じて非常に高温であるに相違なく且つ此の層の或一部分の温度は熔融點以上にあつてその大なる剛性は壓力によつて維持せられてゐるものとすることは可能である。恐らく斯くの如き玻璃質の内では密度も速度も共に同成分の結晶質内に於けるよりも幾らか小であらうが、然しその違ひは超塩基性層の爲め證據を打消す程大なるものではあり得ない。

隕石は地球又は太陽系の他の星と同じ平均組成を有すべきであるといふことは既に考へ付かれてゐる事柄である。隕石の平均組成（尤も隕

石及び隕鐵が落下する數の割合に關しては適當な考慮がなされてある）は、橄欖石三五、輝石四二、灰長石四、硫化鐵鑛五、ニッケル鐵一三に相當してをる。この珪酸鹽の部分は主に橄欖石及輝石の混合である故にこの部分は本質的に橄欖岩であり且つ鹽基性層に對して假定ポステンニートせられたと殆ど同一の密度と壓縮率とを持つべきである。

パラサイトの層

既に注意せられた如く、地震波の速度曲線（前號第一圖）の著しき相は深さ一六〇〇籽よりも内部になると變化の極めて小となることである。壓縮率の測定からは常壓力の下に於ける鐵内の縱波の速度は毎秒六・一籽で橄欖岩内では毎秒七・二籽であるが高壓力の下では兩物質中の速度の懸隔は恐らく著しくなつてゐるであらう。この關係は一六〇〇籽よりも深くなると速度が殆ど一定であることに對する理由を直ちに暗示してくれる。即ち深くなる程珪酸質の岩石と混ざる鐵の量が次第に増加する爲めであらう

然るときは壓力従つて深さが速度を増加せんとする正規の傾向は次第に分量を増しつゝある鐵(又はニッケル鐵の合金)の混合によつて相殺せられて一定速度を保つことになる。

この部分の物質は珪酸鹽と鐵との不均質的混合物であるバラサイトと稱せられてゐる或種の隕石に類似してゐるものと考へてよからう。この不完全分離帯の下底は速度の降下を明かに示してゐる、深さ即ち約三〇〇料の所にあると考へられる。

中心の金屬核

地球内部の以上論じた残りの部分は恐らく中心部の壓力(及溫度)の情況に適應した密度を持つてゐる所の鐵又はニッケル鐵の合金より主として出來てゐるであらう。その密度は中心に向つて増加すべきであるが、然し増加の割合は比較的小である。

扱て次に左の如き假定を設ける。

(a) 表面層の密度は二・七より鹽基性層の最上部に於ける或定められたる密度 ρ_s まで深さに正

比例して増加すること。

(b) 鹽基性層の密度は前卷第二圖の二つの密度曲線に内挿法を行ふて勘定出來ること。

(c) バラサイトの層の密度は深さに正比例して増加すること(之れは最も簡單な假定である)。

(d) 中心部の核内では密度は拋物線的に變化すること、即ち密度を ρ 、中心からの距離を r 、 k_1 及 k_2 を恒數とすれば $\rho = k_1 + k_2 r^2$ なる式によつて變化すること。

右の様な四つの假定を置く時は密度分布は地球の全質量と慣性能率とを満足せなければならぬ事からして、バラサイトの層と中心核内の密度とを決定する二箇の聯立方程式を解くことが出來る。 ρ_s に四通りの異つた値を與へて右の計算を行ふた結果は、中心核内に無理のない密度分布を與へるには ρ_s の値は三・三五に近いものでなくてはならないことが分る。 ρ_s に三・四五を與へると中心核内では深さとともに密度は減少せなければならぬことになり、三・二五を與へれば中心の密度は素晴らしく法外の値に

なつてくる。この理由によつて鹽基性層の最上部の密度を三・三五と探つたのである。之れは前に述べた様に標準密度の三・三に又一六〇〇籽の深さでは四・三五に相當するものである。かくして ρ_s として三・三五を採用すれば鐵核の密度は三〇〇〇籽の深さで九・五、中心に於て一〇・七となる。

以上の諸點から考察すると幾分試験的ではあるが地球内部の物質分布は次の様になる。即ち(一)最外層は六〇籽(約三三五哩、但し六〇籽と云ふのは大陸面丈に限らるゝものであつて、恐らく大西洋及特に太平洋に於ては最外層の厚さは六〇籽よりも餘程小であらう)の厚さを有し、その物質は花崗岩質より始まつて次第に斑糲岩よりも一層鹽基性の岩石に變化してをる。

(二)次に一六〇〇籽の深さまで延長してゐる殼があつて、橄欖岩即主として鐵及マグネシウムの珪酸鹽より成り、その標準密度は三・三で一六〇〇籽の深さで密度は四・三五である。

(三)次に地表下三〇〇〇籽の深さまで達するバ

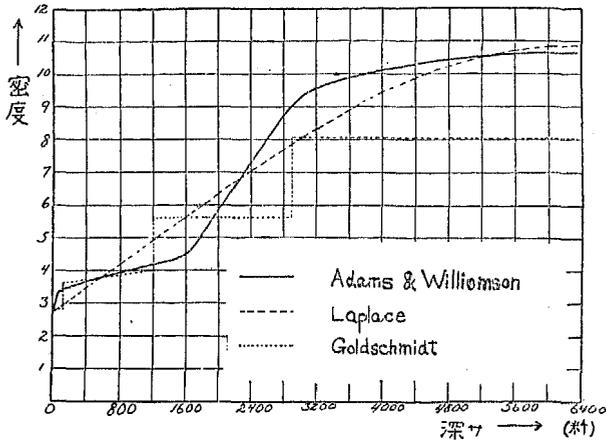
ラサイトの層があつて、その珪酸質の岩石は次第に金屬の鐵(又は鐵及ニッケルの合金)によつて置換えられてゐるが未だ完全分離を爲すに至らない。この殼内の密度は四・三五から徐々に増加して遂に九・五に達する。

(四)このバラサイトの層の下に殆ど一定密度を保つてゐるニッケル・鐵の中心核がある。密度は中心に近づく程少しづつ増加してゐるが一〇の前後を少し許り變化してゐるに過ぎない。

以上四種の層の外に猶まだ違つた層があつたり或は他の不連續性があつたりするかも知れないが夫れは肯定することも否定することも出来ない。以上提出せられた物質分布は試みに今日知られてゐる地球の質量や慣性性能率地震波の速度及び岩石の壓縮率など調和する様にして得られたに過ぎないものであつて、決定的の終局の物質分布としてではなく寧ろ將來の推考に對する基礎として茲に發表したまでである。

茲に記述した密度分布は第三圖の黒線によつて示されてゐる。各層の界の所は心持ち任意に

第三圖 地球内部の深さによる密度の變化

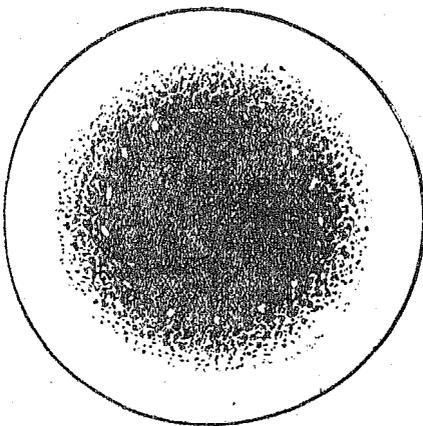


圓めてある。比較の爲めにゴールドシュミットの分布(點線)と表面密度を二・七とするラブラスの法則による分布(破線)とを入れて置いた。單に經驗的關係に過ぎないと考へらるゝラブラスの密度分布が一層合理的であると信する方

第四圖

法によつて得られた吾々の密度曲線と餘程接近してゐることは極めて著しい事である。ラブラスの法則から地球の慣性能率の實際の値を導き出すことが出来るといふ事實は、この法則によつて得られた密度が少くとも近似的には正しいであらうといふことを示すは勿論のこと、猶地球物理學者の間にラブラスの法則が廣く採用せられてゐる所以も茲にあるのである。然しラブラスの法則を導き出す際の假定は決して正しいものではない。

中心行くに
球形の混合
物(硫酸鐵
及び石膏)
の中心部
の鉄核と
分離した
てしを
卷取酸



第四圖は中心に向つて鐵が分離して行く様子と鐵心を圍繞するパラサイトの縁とを圖解したものである。表面層の鬆さ六〇籽は外の圓線の厚さでその割合が示されてある。

壓縮率と剛性率と容積の彈性率

第一圖(前卷)の地震波の速度曲線を第三圖に示された密度曲線に結合すれば、色々の深さに於ける地球内部物質の彈性恒數を直ちに勘定することが出来る。それに必要な式は

$$\text{容積の彈性率 } K = \rho(v_p^2 - \frac{2}{3}v_s^2)$$

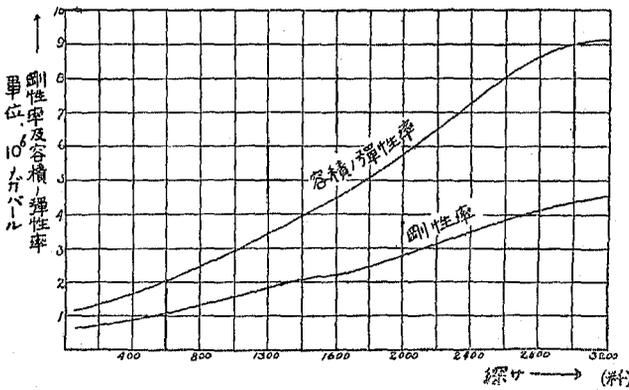
$$\text{剛性率 } R = \rho v_s^2$$

であつて、茲に ρ は密度、 v_p 及び v_s は夫々縦波及横波の速度である。この式によつて勘定せられた剛性率と容積の彈性率との値は第五圖の兩曲線によつて圖示せられてある。密度曲線及地震波の速度曲線が著しい不規則即ち曲線の方向が急に變化する性質を持つてゐるにも拘はらず、これから導き出された彈性恒數の兩曲線が比較的滑かであることは非常に興味あることである之れは内部物質は表面近くの珪酸質岩石より中

地球内部の組成

第五圖

密度及地震波の速度より計算せられたる地球内部の色々の深さに於ける剛性率及容積の彈性率の値。剛性率は形の變化に對する抵抗する抵抗で抗壓率の逆數に對し。



101

111

心部の鐵へと遷移して行くけれども、其の彈性恒數は少くとも表面より中心に至る半途の所までは規則正しく一様に増加して行つてゐることを意味してゐる。非常に深い所では容積の彈性率は非常に大である。従つてその逆數である壓縮率は非常に小となる。一六

○〇 矽の深さでは珪酸鹽は現在知られてゐる凡ての物質の中で一番壓縮し難たいものとせられてゐるダイヤモンドと殆ど匹敵する程の壓縮し難いものになる。

剛性率も同じく地球内部では非常に大である鋼鐵の剛性率は第五圖に用ひられてゐる單位で表はすと約〇・九であるから、表面近所丈を除けば地球の剛性率は鋼鐵のそれよりも大である。約四〇〇矽の深さでは剛性率は〇・九で、三〇〇矽の深さになるとこの値の五倍に増加する。地球の潮汐變形に基づく測定によれば、かゝる變形に對する地球の有効剛性率は〇・八六であつて、之の値は第五圖によれば厚さ八百矽即ち五百哩の外殼の平均剛性率に等しい。故に若し潮汐變化にあづかる部分が厚さ八百矽の外殼であるとするならば、剛性率を決定する全く相異つた二つの方法は完全に一致する筈である。

地球内部の壓力

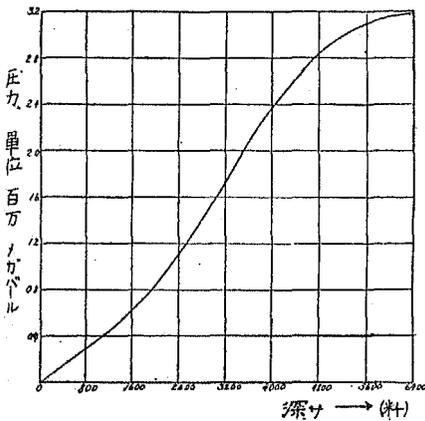
以上の密度分布に相當する壓力は第三圖の黒

線によつて示された密度から圖式積分を行つて得られる。今中心から r なる距離に於ける壓力を P とし地球半径を r_0 とすれば P を求むる積分は

$$P = \int_r^{r_0} \frac{6.66 \times 10^{-8} m \rho}{r^2} dr$$

この式及次式の ρ は第三圖の黒線によつて示された密度であり、且つ m は次の積分を圖式的に行ふて得られる量である。

$$m = 4\pi \int_0^r \rho r'^2 dr'$$



第六圖

第三圖の黒線の密度分布から導き出された深さによる地球内部の壓力の變化。一メガバールは約一氣壓。正確に言へば〇・九八七氣壓に等し

かくして勘定せられた地球内部の壓力を示すと第六圖の様になる。これによれば地球中心に於ける壓力は三百十八萬メガバール（約三百萬氣壓）であるが、之れは表面密度を二・七とするラプラスの密度分布より得らるゝ三百八萬メガバールに著しく近い値である。

摘 要

最後に吾々は地球物理學研究所々長 (Dr. Arthur L. Day) の年報中にある左の文章を引用しよう。

科學と物語とは共に地球内部を全く一つの閉ぢられた書物として残して來た。想像力に當む作者は海や空氣や天界の多數の征服を豫圖して來た。然し彼等は作者にとつては地球内部は到底近づき難きものである。科學者の努力は意識的に然も熱心に屢々地球内部に向かつて向けられて來た。然し新しく何物も殆ど見出してゐない。表面から中心までの距離は四千哩であつて、實際探り得た深さは一哩を越え得ないのである。僅々二、三哩の深さに於てさへ如何なる性質又は物質があるであらうかといふことは唯推理丈の問題であつて、然もこの推理たるや殆ど全部不適當な然らざれば不安なる事實の基礎の上に立つてゐるのである。

地球内部の組成

地球内部の物理性及化學成分は未だ精密な測定にかゝり得るに至らない。然し乍ら岩石の壓縮率の最近の測定と地震波が地球内部を傳はつて行く時の今日知られてゐる速度とよりして、遙か地球内部の物質の性質に關して重要な結論を下すことが出来る。例へば、吾々は或深さに於ける壓力を概算することが出来、さうしてこの大壓力によつて岩石の密度が如何程増すかといふことを近似的に言ふことが出来る。岩石は壓縮によつて密度を増すことは出来るが、地球全體としての平均密度を十分に説明し得る程そんなに小容積に壓縮することは出来ぬものであることを決定的に言へる。地球は鐵又はニッケル・鐵の合金の金屬核を持つてをりその核の半徑が地球半徑の約半分であるといふことは合理的疑ひを差しはさみ得ないことである。金屬核を取り巻いて鐵と珪酸鹽との混合物よりなる縁があり更にこれを取り巻いて珪酸鹽の殻がある。吾々は可なりの精確をもつて或深さの物質の剛性率を決定することが出来、猶又表面に近

い所丈けを除けば剛性率は鐵のそれよりも遙かに大であることを確言し得る。最後に化學成分に就いて言ふならば、地球全體に對しては省畧することの出来る容積を持つてゐる表面層を除くならば、地球は鐵及鐵マグネシウムの珪酸鹽より成つてゐる。従つて地球は殆ど全く鐵・マグネシウム、珪素及酸素の四元素より成つてゐる。

(The Composition of the Earth's Interior. By L. H. Adams and E. D. Williamson. Geophysical Laboratory, Carnegie Institution of Washington—From the Smiths

onian Report for 1923, p. 241—260. 1925. 熊谷直一譯) 前文(地球第六卷第一號)正誤

誤

正

二一頁上 熊谷直一識

抹消

二二頁上 地球の半徑は八千哩

地球の直徑は八千哩

二八頁 第一表

$\ln^{1/3}$

$\ln^{2/3}$

三〇頁第二圖標題壓縮の深さによる壓縮率の深さによる

三一頁下 全々信じ難いことは全々信じ難い

三二頁 第二表 壓縮率

$\rho \times 10^6$

壓縮率

$\beta \times 10^6$

地名に關する二三の傳説

福井薩男

岩手郡

今の盛岡市はもと不來方と呼ばれてゐた。盛岡市の東北隅岩手郡米内村三つ割といふ所に松峯寺東顯寺と云ふのがある。その境内に三個の岩がつき立つて、その傍に三ツ石神社と云ふのがある。昔羅刹鬼が度々此邊に出て來て里人を悩ました。里人は困つて三ツ石神社に三日三晩祈つたところ、三ツ石の神はそれを聞届けて其鬼を生擒つたが、鬼が泣いて詫びたの

で、神様は鬼を赦して再び來ないよと云ふ印に、岩石に鬼の手跡を印させた。それから鬼が來なくなつたので此村を不來方と云ふ。岩に手の跡を押ししたので郡の名を岩手と云ふのだといふ。

龍岡庄

臺灣阿蘇廳下羅漢外門里蕃薯寮街の近くに、港西上里龍岡庄と云ふ村がある。横山と云ふ山脈が龍の臥たやうな姿をし