



第七十四號（第七卷）昭和二年五月號

## 地球の内部に關する今日の知識

松山基範

この講話は松山博士が京都の宗教新聞中外日報の爲めに十三回に渡つて執筆せられたものであるが、今日地球内部の知識を網羅して、非常に有益なものであるので、特に博士にお願ひして茲に轉掲する事にした。

### 1. 科學的研究の價値

私の幼い時に周圍から聞かされた話の内には、世界の會成壞破の輪廻の事だの、地球は平坦であるといふ論證だの、乃至西本願寺派の一師家が地球の内部に通ずる坑道を發見する爲に南極に遠征隊を送る可き事を主張したといふ様な話が含まれて居たやうです。私はそういう方面の事を知りたいと思ひながら尙其意を果さずに居るのでありますが、茲には全く違つた方面で現今私共の携つて居る科學が如何なる知識を開拓して來たかを略述しようと思ひます。

私は科學が窮極であるを主張する積りではありません。科學が全然假定を離れては成り立たぬといふ事や、科學的研究の結論が屢々改廢せられる運命に遇つて來た事などは、兎もすれば科學の價値を疑ふ材料となるものであります。地球の内部に關する科學的知識が我々に何を教へるをも、それは昔の想像的斷定と比較して何程の眞價を増すものか考へねばならぬで

せう。そういふ議論をする事は既に科學の範圍ではありません。併し實際に於ては昔の聖哲は皆其當時では一流の科學者であつた様に見えます。我等が感覺の世界に生きて居る以上は、我々の感覺に觸れる事物を了解したいといふ事は我等の本能的欲求の一つです。而して之を了解する方法は即ち科學ではありますまいか。科學は物質の學問であるといひます。物質の學問といふ意味は様々でせうが、物質の學問であるから卑しいことは何ししても云はれますまい。我々が科學に携るこいふ事は我等の理解に矛盾を感じざる方法で實驗及推論を進めて、事物の現象を如實に捕捉し、其裏に横はる法則を觀破せんこ努力する事でありまして、畢竟眞實を愛する情を出發點として居るものであります。我々の忌むのは理解の内容の矛盾です。なる程科學的推論は其出發點に於て假定を用ひて居ますが、假定の價值に就ては今改めて論ずるまでもなく、既に先哲の論議した所であります。假定の文字に捉へられて之を直ちに架空の思想と思惟する如き事はあるまいと思ひますが、科學の所謂假定は之を他の論據より演繹的に導き出す事は出来ないけれども、人智の始まつて以來今日までの智的經驗が歸納的に其眞なる事を了解せしめ、且つ之を眞として推論すれば爾餘の諸現象が何等の矛盾なく其推論系統の内に統一せられる様な命題であります。科學の尙幼稚なるに當つては、其方面を異にする毎に各々數多の假定を基礎として居た觀がありました。漸く進歩するに伴ひ又其性質を明らかにし得て、次第に少數の假定を以て事物の現象を説明し盡すに至らんとして居ます。私は科學の基礎となる假定は一種の信念であるこ信じて居るのであります。其文字より動もすれば誤解される如く力弱きものではありません。

科學的結論が改廢せられた事のあるのは事實です。例へば地球の成生に關する星雲説が今や微遊星説に追はれんとして居ます。原子不可分説が今や電子説に變らんとして居ます。過去に於て天動説が破れて地動説が認められました。之等は科學的結論の價值を疑はせるものであります。去りながら其改廢の意味は普通の場合こ稍や趣を異にして居ます。星雲説が捨てられんとするのは之が根本的に誤謬であつたのではありません。星雲説の論據として居た所の太陽系に關する知識は今日でも尙事實であります。當時知られて居た太陽系は太陽の周圍に水星金星地球火星木星土星のみが附

隨して居るこし、且つ木星及土星の衛星も少數のみが知られて居ました。其運動は何れも殆んご同一平面内で圓形の軌道を描き、且つ其方向は皆齊一でありました。此事實は今日でも間違ごは思はれませぬ。然るに其後更に天王星海王星及び無數の小遊星が發見せられ、且つ諸遊星の衛星も多數に發見せられましたが、新しく發見せられたものゝ運動は著しく統一を缺いて居る事が明らかになりました。而して又別に運動の法則に關する知識も進歩した爲めに、科學者は狭い範圍の事實にのみ通ずる星雲説を捨て、新しき知識をも包含する微遊星説を採用するものです。私は之を改廢ご見ずして進歩ご見るのであります。他の科學的學説の改廢も亦常に同様の意義であります。

天文學は私の専攻する所ではありませぬが今日の天文學ご占星術ごか其出發點を同じくしながら著しく内容を異にして居る事を了解して居ます。古の天文學は聖哲の道の一つであつて、當時の先覺者は常に天體の觀測を行ひ其事實を知る事に努力したものです。只當時は尙充分觀測の方法を備へなかつた爲めに、不充分なる知識を基礎ごして論説を立てましたが、之に當つた人は當時第一流の知識を備へて居た筈です。然るに其後も天體觀測の正流を追ふた人々は今日科學的天文學者ごなつて、同じく第一流の知識を備へて居ます。然るに往時にあつて既に事實の觀測が知識の基礎である事を忘れて只其當時の論説にのみ捉へられ、之を出發點ごして空論を進め今日に至つたものは遙かに岐路に迷ふて憐む可き彷徨を續けて居ます。彼等の鼻祖が今日に生れたならば同じく今日の正しい天文學の泰斗ごなるべきであつて、占星術の迷路に彷徨する輩を憐み笑ふ事でありませう。

然らば今日の科學的論説も亦後日變化するであらう。之も無いご斷言する事は出来ませぬ。科學的努力の續く限り必ず進歩はあります。併し乍ら今日科學者が明らかにし得た事實は變りませぬ。偶々研究の過誤によつて事實であるご思はれた事が誤つて居たごいふ事も起りませうが之は論外であります。正當なる研究の結果による事實には變化はありませぬ。併し更に新しい事實の附加せられる事は豫期せられます。此の如き事はありごも今日の智識は今日我々の持つ最全のものです。我々が今日或科學的論説を信ずるごいふ事は、今日の如何なる智識を以てしても之を疑ひ得ざる最全

のものである時に始めて然りと信ずるのでありますから、後日或ひは進歩すべしと豫期せられても、今日に於ては其論説に對する信念に毫も其價値を減ぜられることは思はれませぬ。

私がこの如く科學的結論の價値に附いて駄筆を弄したのは本論に於て地球の内部に関する今日の知識を記述するに當り、單に其内容を述ぶるのみならず、此の如き知識が一種の信念となつて、私共の宇宙觀の一部を占めて居る事を了解せられる様に望む爲めです。

## 2. 地球内部の温度

地球の内部は常の高熱であらうといふ事は昔から氣の附いて居た所の様であります。温泉とか火山とかを見るに誰しもそといふ考へを起するのは當然です。然らばその位の温度であるかといふこと、之はそう容易には推定は出来ませぬ。併し苦心の結果漸次之を推定し得る様な程度まで知識が進歩して來たのであります。

一體地球は其内部が高温度に保たれて居るとして、此温度に保たれて居る爲の熱はさうして出來たか、之は地球の成生當時の熱が残つて居て、表面だけが冷えて地殻を形作つたものと考へられます。地球の成生に就ては前節にも一寸書いた様に昔は太陽から別れたものと考へて來たが、近來に至つては太陽も地球も同じ様に出來たが只太陽の方が質量が非常に多く集まり且つ太陽系の中心に出來たのであると考へて居ます。それにしても地球の内部の温度は太陽の温度よりは遙かに低いものであらうといふ想像もつきます。太陽の眞の温度を定めるといふ事は容易ではないが、其放射する熱の分量とか或は其光の分析等の研究から其温度は六千度位と推度されます。併し之は熱や光が地球に達するものを手掛して居るのでありまして、其等の放射を出す部分が六千度であることするに一致するといふ意味であつて、もつと太陽の内部では之よりも遙に高い温度にある可き事は想像の出來る事であります。此の如き事から想像して地球の内部の温度は或は六千度よりは低いものではあるまいかといふ考へが浮んで來るのであります。併しそといふ想像より一層進んでなるべく確實な考へになる様に努力をする事が地球に関する科學的研究の一つの方面であります。

地球内の温度を知る爲に最も確實な方法は先づ地下に坑道を掘り下けて、其中で實際に温度を測つて見るのであります。所で之は確實には違ひないが、何程まで深く進む事が出来るか。費用の點でも實行上の點でも充分深く進むことは出来ませぬ。地球の表面から中心までは凡そ六千三百七十キロメートル程あるのであります。今日迄に人間が坑道を掘り下げた深さは二千メートルの少し餘に過ぎませぬ。之では中心までの距離に較べると僅かに三千分の一にも足らないのですから、此の中の温度ではまだまだ地球の内部の深い所の模様はわかり兼ねます。それでも現今の人の智の限りを盡して深く進んだのですが、其深さまでの温度の分布が大切な手掛になります。地表から二千メートルの深さまで温度を測つた結果から見るに坑道のある土地の状況によつて差はあるが、普通の場所では凡そ三十三メートル深く進む毎に温度が攝氏一度だけ進むやうになつて居ます。

此温度の高まる割合は極めて大切な事であつて、之によつて始めて地球の年齢を物理學的にきめる事が試みられました。之は先年物故した英國の碩學ケルビン卿の研究でありまして、今日では又少し改めねばなりません。始めて試みた大切な研究で歴史的の事項となりました。先づ地球は始め全部溶けて居たものごします。此表面が固結して地殻が出来てからは最上部は最も早く冷えますが、其少し下はまだ冷えませぬ。時の進むに伴ひ冷却が深く進んで行きますから、地表から深く進むに従ひ温度の高くなつて居る割合は年を経るに従ひ次第に小さくなります。即ち此温度の高くなつて居る割合によつて地殻が出来て以來の年數を知る事が出来る筈であります。此考へで熱學の法測を應用して計算して見るに、地殻が出来てから今日までに二千萬年乃至四千萬年位を経て居るごいふ計算になりました。尤も後年に至り地殻の岩石の中にラヂウムが含まれて居るごいふ事がわかつて來て、それから發生する熱の事も考へに入ねばならぬ事になつて、地球の年齢は十四億年位であらうごいふ事になつて來ました。

さて地表から二千メートル位の深さまでには凡そ三十三メートル毎に温度一度高くなつて居ますが同じ割合を以て進むごすれば地球の中心までの十分の一も進まない内に温度は一萬度よりも遙かに高いものごなつて居る事になる。この様な事は一般には有りそうもないご思はれて居ます。別に

もつぎ信用の出来る手掛りが欲しい次第であります、之には地球を形作つて居る岩石が高温度になるに熔ける事實を利用するのであります。岩石が熔けたり又固結したりする時の温度や壓力の關係を實驗室で研究して、其結果を地球の内部での壓力の分布を併せて見るに、地球の中の熔岩が固結する時には地下の温度は深さ一キロメートル毎に二度半乃至五度位温が高まる割合となります。之は岩石の種類によつて違ふのでありますが、地表から六十キロメートル位の邊から下は橄欖岩なごであるに考へられる理由がありまして、此種の岩石では深さ一キロメートル毎に四度位です。併しそれより表面に近い所は花崗岩や玄武岩が主でありますが此部分は早く固結してから後に表面から冷却が始まつたから、地表の近所では深さに伴ひ温度が高くなつて居る割合は之よりも遙に急で一キロメートル毎に三十度位にもなつて居るのであります。此様な關係を數量的に計算して見るに、地球の年齢を十六億年位とするに地下の温度は深さ百キロメートルに於て千三百度二百キロメートルで千八百度、三百キロメートルで二千四百度位となつて居まして、地表の近くで實測した割合で推定する様に三百キロメートルの深さで一萬度といふ様な高温度にはなつて居ない様であります。

此三百キロメートル位の深さの所までの温度は此の如くして實驗的關係を基礎として兎も角も推定が出来ましたが、之にても尙地球の中心までに到る距離の二十分の一にも足りませぬ。此の中は尙如何なる温度にあるであらうか。之は尙残された問題であります。若し之より深い所も深さ一キロ毎に温度四度高まつて居るに假想するに、地表から凡そ半徑の三分の一も深く入つた所で一萬度位の温度になる筈であらうが、之は恐らく尙全くの想像に近いものであらう。

さて地球の内部は何れにしても此の如き高温度にあるものにして此の如き温度にどうしてなつたか如何にして之を維持するか、將來は地球が全く冷えきつてしまふか此の如き點は尙後に節を改めて述べて見る積りであります。

### 3. 地球内の物質

地球内部の温度を推定する事に同じ様に、地球内部に如何なる物質があ

るかを考へる事も手數のかゝる事でありませぬ。我々が親しく手に取つて見る事の出来るのは地球の表面の近くにある岩石だけですから、それより深い所の物質に就ては適當なる手掛りを求めて判斷する外はありませぬ。

地球の表面には火成岩や水成岩でいろいろの種類がありますが、多くは地表で流水に運ばれ堆積して出來たものか、或は地下から押し上げて來て出來たものであります。然るにカナダとか亞非利加とか其他の地方に於ては、廣大なる面積に渡つて地質學的に最も古い時代以來殆んど變化を受けずして其まゝ残つて居つて居る場所があります。之等の場所には花崗岩質の岩石が多量に現れて居ります。其外種々の地質學的現象から推定するに、地殼の最上部の雨露の作用で變化し或は新らしく噴出した岩石から成る表層のすぐ下部は花崗岩質のものであらうと考へます。殊に大陸は多く此花崗岩質の岩石から出來て居るものと思はれます。又火山噴出物を見るに安山岩や玄武岩などが大部分であります。之が恐らく花崗岩質のものゝ下に來るものでありませぬ。太平洋の中の島などは大抵玄武岩である所を見るに海洋の底は殊に此玄武岩質の岩石から成つて居ると考へられます。

表面の風化によつて出來た層は別として、其次の花崗岩より更に其下の玄武岩とを比較して見ますと岩石の成分の中に硅酸分を含む割合が花崗岩に多く玄武岩に少なく又比重も花崗岩は軽く玄武岩は重いのであります。之より推して更に玄武岩層の下に在る岩石は一層硅酸分の少ない所の橄欖岩などであらうと推察されるのであります。熔岩が冷えて固結する時には其成分に組み合さり方がありまして、その法則から考へても此の深い所は橄欖岩の様な岩石から成つて居ると見えます。

さて之より尙深い所では如何になつて居るか。之は全く直接に知る事は出來ない事ではありますが、適當なる手掛りに據るに大體の解決は出來ませぬ。其第一の手掛りは地球の重さであります。之は勿論天秤を以て地球の重さを測るにふ事は出來ないが、引力の強さから知られます。非常なる苦心を経て精密な實驗をして測つた結果によるに地球の重さは恰度六の下に〇を二十四だけ附けた程のキログラムとなる事が明らかになりました。地球の半徑は六千三百七十キロメートルでありますから、之から地球の容積を知る事が出來まして、其容積で重さを割れば所謂比重がわかります。地球

の平均の比重は凡そ五・五であります。之は地球の内部の状態を推定するに大切な手掛りとなります。何とならば地表に近い所で我々が直接に手に取つて實驗する事の出来る岩石に就て比重を測つて見ると、其平均は凡そ二・七位のものとなり、もつと深い所まで考に入れても三・三位のものであります。之は地球全體の平均五・五に較べるに餘程小さいから、自然地球の内部には普通の岩石よりも遙かに比重の大きい物質が有る筈であるといふ考へが起ります。併し此比重の大きいのは普通の岩石が内部では非常に大きな壓力を受ける爲に壓縮せられて比重が大きくなつて居ることも考へられ、又普通の岩石は全然別種の例へば鐵の様な比重の大きい物質が存在するのであることも考へられます。此の何れであるかをきめるには更に他の事實によらねばなりません。

従前は地球の内部は表面と同じ様に岩石からなり壓縮の爲めに比重が大きいと考へて居ましたが、岩石の壓縮の實驗などの結果から考へて見てもそれは少し無理であるといふ事が次第に明らかになつて遂に今から二十九年前の獨逸の碩學ヴァイハルトは地球の内部は鐵であつて、地球から千五百キロメートルの深さに境を有し、其外は岩石であること考へました。此の境界の深さは地球の運動や形状などを参考としてきめたものです。其後ヴァイハルトや其弟子達は地震動が地球の内部に傳はつて行く模様を研究して見ました所が、地表から千五百キロメートルの深さに一つの境界がある事は其方面から見ても明らかとなりましたが、尙此の外にも更に深い所で地表から二千九百キロメートルの所にも一つの境界が有つて、其外は中々で總ての容子が非常に違ふ事が明らかになつて來ました。即ち地球のずつと深い所が三つの層に別れる事になりますが、尙此外に地表に近い所では花崗岩や玄武岩の層が有りまして、其深さは凡そ六十キロメートルまでと云ふ事が明らかになりました。然らば非常に深いところの物質は果して何であるかといふ事、之は地震の波の傳はる速さなどから推定して見るに中心の方は鐵であり、又外側の方は橄欖岩と鐵との混合物であるといふ事が推定せられて居ます。即ち種々の層と其境を一括して表示するに次の様なものになります。



地表からの深さ(キロメートル)	物質	比重
0 から 20 まで	花崗岩	2.7 まで
20 から 60 まで	玄武岩	3.3 まで
60 から 1500 まで	橄欖岩	4.5 まで
1500 から 2900 まで	橄欖岩と鐵との混合	9.0 まで
2900 から 6370 (中心) まで	鐵	10.7 まで

此の様な手掛りによつて地球の内部の状態を推定し得たのでありますが、此の考を得るに就ては尙外に大切な現象が一つ有ります。之は隕石の成分の研究で有ります。隕石は天空に奔逸する微遊星が地球の引力によつて其上に落下するもので有ります。其研究は地球の發生や其内部の現状を研究する上に重要な参考となるものでありますが、此隕石の内には殆んど橄欖岩のみのものと殆んど鐵のみのものと二種ある外に、尙其中間に橄欖岩の中に鐵を混じ若くは鐵の中に橄欖岩を混じへて居るものが有ります。此の如く三種類の區別が有りますが、地球は元來微遊星の集合から生成したものと考へられて居るから、内部に於ける物質の前に記した如き三つの主要なる層が有る事も當然の事として承認が出来る筈です。地表に近い所の玄武岩や花崗岩乃至更に表面にある水成岩は何れも高熱の作用や水の作用で第二次的に出來たものと考へられるのであります。

太陽系の中でも外側の木星、土星、天王星、海王星の四つは大きさは大きいが比重は凡そ 1.0 前後です。之に反し内側の水星、金星、地球及び火星は比重が何れも 5.5 前後の値を持つて居ます。所が地球に附屬して居る月の比重を測つて見ると凡そ 3.0 より少し大きい位の値を持つて居ます。之は地球の内部の内で地表から千五百キロメートルの深さまでの層に相當するものであつて、月は地球の外側から分れて出來たといふ考へには好都合の材料です。

#### 4. 地球の堅さ

地球の中にある物質に關する推定は以上の如くにして略決定して居ますが、之等の鐵或は他の岩石なごが地球の内部に於て有する状態は其地表で我々が見る通りでは無いと考へるのは最も自然な考へ方ではなかりませぬ。其の状態を支配するものは地球の内部に於ける非常なる高温度と高壓力との二つであります。温度が高くなる爲めには總ての物質は軽くなり液状若くは瓦斯状に近づいて行きますが、壓力が高くなるご恰も此の反對

の影響を與へるものであります。從來は地球の内部は高温度であるから熔けて液狀若くは瓦斯狀となつて居るを考へて居ましたが、壓力の結果を考へるを必ずしもそうであるとは斷言出來ない事になり、何か他に確實な證據によらなければ之は判定し難い事になりました。

此證據の一つは地球内部に於けると同様な高温高壓の下で岩石や鐵などが如何なる性狀を呈するかを實驗的に研究して見る事です。然るに之は非常に困難な事であります。此頃では實驗の方法が進歩しまして、電燈などを用ひますと五六千度位の溫度を實現する事は出來ます。併し之は極めて一局部のみの溫度が高まるだけでありまして、其中で材料の試験をする事は困難であります。二千度位までならば可なり實驗も出來ますが、之は恐らく地下二百キロメートルの深さの邊までの状態に相當するところであります。又壓力の方も實驗の方法が巧みになつて今では二萬氣壓餘までも實現する事が出來ますが之は地下七十キロメートル位の深さでの壓力に相當します。此深さに於ける溫度は一千度位のもので有りますが、實驗に於ては壓力を二萬氣壓にして同時に溫度を一千度にする事はまた困難でありまして、五六百度位がせいぜいです。兎に角此様な範圍内で實驗して見ますと、溫度の上昇の影響は大體壓力の爲めに打ち消される状況にありますから、之より推論すれば地球の内部では多分液狀にはなつて居ないで有らうを考へねばなりません。

地球の全體としての堅さを觀測する事も出來ます。地球には月及び太陽の引力が働いて海に潮汐作用を起しますが、實は之は海水のみならず陸地も亦微量ながら此の潮汐作用を呈して、週期的變形を行なつて居ます。其量は極めて僅かであり測定し難いものでありますが、適當なる機械を使用して其程度を測定する事は出來ます。其結果によつて多少の差はありますが、近來の測定の結果によりますと地球が之を變形せしめんとする外力に對して抵抗する力は普通の場合の鋼鐵の一倍半乃至二倍前後の強さで有ります。

地殻に地震が起ると其振動は地球の内部を通つて他の地點に傳はつて行くものでありますから、地震の傳播の事を詳敷研究しますと地球の内部の状態が明らかになります。殊に此地震の振動の傳はる速さは其途中に在る

岩石の弾性によつて定まるものでありまして、之によつて地球内部の種々の深さに於ける所謂堅さを推定する事が出来ます。其結果による変形を起さうとする力に對する抵抗力は地表の近所では鋼鐵の二分の一位でありますが、深くなるに伴ひ次第に抵抗力が強くなりまして、中心に於ては鋼鐵の四倍乃至五倍位になつて居る様です。

此の外にも尙地球の堅さを決定する手掛りとなるものがあります。地球は自轉をして居る事は誰でも承知の事ではありますが、其回轉の軸の位置即ち北極或は南極は一定の位置を占めるものではなくして少しづつ變つて行きます。理論上の計算によりますと地球が完全に外力に抵抗する力を持つて居ますと、極の位置は三百五日を以て初めの位置に歸る筈であります。然し實際に測つて見るに之は四百二十七日になつて居るのであります。此の如く極の運動の週期が長くなるのは地球が完全なる抵抗力を持つて居ないで、之を變形せしめんとする外力に對して幾分か負けるからであります。之を材料として地球の堅さをきめる事が出来まして、其結果はやはり大體に於て地球は鋼鐵の二倍位の堅さである事がわかりました。

地球の内部は此の如く相當な堅さを持つて居て、所謂液狀にはなつて居ませぬ。火山の噴火の時にはよく熔岩を押し出しますが、之は噴火の口があれば急に壓力が減じますが、本來の高温度は急には冷えませぬから、その結果初めて液狀になつて押し出されるのであります。

茲に一つの難問題がありますのは、物質は總て固體液體氣體の三つの状態にかへる事が出来るのでありますけれども、温度と壓力とを共に非常に高くすると其區別が全くなくなります。地球の中で地表から相當に深くなりますと此の様な状態になつて居るらしいのでありまして、其處では短い時間だけ働く外力に對しては固體の様に堅さを持つて居る一面に、相當に長い時間續いて働く外力に對しては恰も液體の様に僅かしか抵抗せぬ様な性質を示して居るかと思はれます。此のやうな考へを以て地殼の潮汐作用を研究して見ますと地殼の下に於て此の變形し易い層があるらしいのであります。即ち此層は地表から百二十キロメートルの深さより下にあつて、厚さは六百キロメートル位であります。尤も之は變形し易い層であること云つても普通考へる熔岩のやうに液體に近いものではないのでありまして、

寧ろ普通の固體と同様のものであります。水もか水銀の様なものは容易に形を變へる事が出来るが、それでも幾分粘性を持つて居ます。膠は温まればころころこなりますが温めなければ殆んど固體のやうに見えます。併し之も實は結晶體とは異なり、水より一億倍程粘性の強い液體と見られます。封蠟に至つては更に其膠の千倍程粘性が強いものであります。地殻の下にある變形し易い粘性層を考へられる部分に於ては尙其封蠟に較べて一萬倍以上も粘性が強いのでありまして、即ち普通の液體に近い様な状態でない事は明らかであります。併しながら兎の角この比較的變形し易い層が有るこいふ事は地殻の變動を論ずる人に取つては重大な意味を有するものであります。

## 5. 地殻の現状

地球の内部に於ては概略上に述べた様な點がわかるだけであつて非常に細かい事柄は不明であります。地表に近い所の地殻に就ては尙幾分か詳細なる事狀が研究されて居ます。之は即ち所謂地殻均衡説と名づくる考が發達して來て、地殻がよく釣合を保つ所以を説明し、又時々起り來る地變は此の釣合の状態に到る爲めの道程であるを考へるのであります。

地表に於ける状態は直接に目撃する事が出来るのであるから明瞭にし易いが、地下二千メートル以下の深さになるに既に直接に見る機會は殆んど無いのであります。併しながら茲に萬有引力を稱する法則があつて、物質と物質の間には必ず一定の引力が作用し、其間に他の物質が有るても無くても初めの二つの物體の間に引力は少しも變化しませぬ。依て又之を逆を利用して、地上で或物體の受ける引力を研究すれば、之によつて地下の物質の分布に関する知識を得る事が出来るのであります。地球の上の物體は皆地球の引力や又地球の自轉の爲めの遠心力の作用を受けて居るものでありまして、此の全體の力を重力と呼ぶのであります。此重力を測つて見ますと所々によつて強弱がありますが、今日までに詳しく注意して研究した結果によるに海の上では重力が強く高地や山なきの上では重力が弱いのです。此事實は大切な意味を持つものであります。勿論海の場合には其水は陸地の岩石より比重が軽いものでありますから、其上で測つた重力に

之に相當する修正を加へ、又高地や山なきであるご海面より上に餘分の岩石がありますから、之に相當する修正を施す事が必要であります、其結果が今述べた様に海の上では重力が強く高地の上では弱くなつて現はれるのであります。之は海底の下の岩石は比重の大なるものであり、又高地の下の岩石は比重が小である爲めに起つて來る現象であります。一寸考へて見るご海底は其上に水があるだけであるに比し、同じ位地で陸地の下になつて居る岩石は其上に海水よりも遙かに重い岩石の層を頂いて居るので有りますから、高地の下の岩石の方が壓縮せられて比重が大きくなつて居るやうに思はれますが、實際の状態は之ご反對になつて居ます。即ち海底の下が比重の大きい岩石からなり高地の下は比重の小さい物質からなつて居るのであります。

海の方は上に軽い水を頂いて居ますから、之が岩石である場合に較べて下に加へる壓力が少し小さい筈であります、其下の比重の大きい部分の爲めに此壓力の不足を補はれます。又高地は海面以上に餘分の岩石があるのであるから地下に加へる壓力が大き過ぎる筈であります、之も地下にある比重の小さい岩石の爲めに償はれて居ます。此の如き有様になつて海面より下で六十キロメートル位の深さに上から加へる壓力は地表の凹凸に拘らず至る所同一でありまして、即ち地殻は均衡を保つて居るのであります。

地殻が果して此の如く均衡を保つて居るものごするご、地變ごいふ事は起りそうにないのであります、實際には地震が起つたり火山が噴火したり、或は又永年に渡つて山脈が出来たりします。之は別に地殻の均衡を破る様な力が働いて來る爲であつて、例へば河水の爲めに土砂を流し海に入つて堆積しますご、其部分に新たに壓力が加はり陸地の方は壓力が減ずるから均衡が破られる様になります。尤も此の時は土砂も洗ひ去られたり又堆積したりする爲に其下の岩石の受ける壓力や温度に變化が起つて來まして複雑な現象ごなりますが、兎も角も此の様な土砂の流出堆積ごいふ事も時ごするご地變の原因ごなります。又氷河が北歐及び北米の廣い面積を被ふた事がありますが、其厚さが三千メートルにも及びましたので其壓力で地殻が沈み、氷河が消えるご又之が高まつて來ました。此の様な地力外か

ら働く力の爲めの變動も起ります。或は又地殻の中にはラヂウムが少しづつではあるが廣く含まれて居ますから、其爲に起る所の熱によつても變動が起る様に考へて居る人もあります。又大陸は前に述べました様に比較的軽い岩石でありまして、之は多くは花崗岩の様なものを考へられます。之に反し海底は比重の重い岩石でありまして玄武岩が主である様です。大陸も約二十キロメートル位より下は海底と同じ様に玄武岩であります。即ち此の様に大陸は玄武岩の上に浮いて居る様な關係になつて居まして、之に地球の自轉運動の爲に起る力とか或は又月や太陽の引力とかいふ様な力が働いて大陸の位置が少しづつ移動して行く様に考へて居る人があります。大陸が動いて行くに致しますと、又其爲めに大陸と海との境の邊で種々の變動が起る様な事も想像されて來ます。

此の如く地殻には種々の力が働いて其均衡を破り、之に變動を起さしめるのでありますが、其等の變動は常に再び初めの均衡状態に立ち歸る様に行はれるのであります。現に我々が屢々目撃する様に地殻には種々の變動が行はれて居るに拘はらず、其現狀は大體に於て地殻均衡説の教ふる様に釣合の状態になつて居るに似ふ事は實に意味の深い所でありまして、地殻が餘り頑強に抵抗を續けずして、僅かでも釣合の取れぬ状態が起つて來るに間もなく之を調節して均衡状態に直して置くやうになつて居るのであります。

併し地殻は全く抵抗力を持たぬかといふこと必ずしもそうでは無いのであります。例へば地上で人爲的に池を掘り或は山を築きましても、之は其まゝ残りまして直ちに堀が高まり山が沈んで直ちに初めのやうになるのでありませぬ。尤も粘土なごの土地では時として此様な事も起りますが一般にはそうではありませぬ。前に述べた如く河水の流出する土砂で河口に三角洲が出来るが、或大さになるまでは地殻に變化は起らずして三角洲が發達しますが、之には限りがあつてそれ以上に土砂が堆積するに變動が始まり其部分の地殻が沈んで行くやうになります。地殻に變形を起す力に對し何程位まで抵抗する事が出来るかといふ事は尙確實に研究されて居る譯ではありませぬが、概略はわかつて居ます。元來我々の見る花崗岩は之を變形させようとして力を加へると、切口一平方センチメートルに就て九百キロ

グラム位の力までは抵抗する事が出来ますが、それ以上の力になると堪え得られずして破壊します。地殻に於ては深くなるに従ひ強くなつて、地表から二十五キロメートル位の深さで最も強いのでありますが、此處では地表にある岩石の五倍位の強さを持つて居ます。之より下では急に弱くなり五六十キロメートル邊から下では殆んど抵抗力はありません。此の深さは今日では地殻の下の境を考へられて居る所であります。

## 6. 地球は冷却するか

地殻は大體に於ては釣衡の状態にあります。過去に於ても今日に於ても其變動が行なはれた事は明らかであります。此の變動の原因は從來地球が冷却するから起るのであるを考へて居たのであります。地球は其出来始めに於ては高温度で表面までも熔けて居た事は岩石の有様なさから考へても又地球成生の道程から考へても疑のない所であります。其温度が次第に低下するに遂に表面が固まつて地殻が出来たのであります。其後も徐々にながら尙内部の冷却が續て行はれて行けば、内部の容積が減じますから初めに外側に出来た地殻の面積は之を包むに餘りある姿になつて、茲に褶曲を作つて内部に適應して行きます。其褶曲の生ずる経過は即ち地震其他の地變現象となり。其結果は今日の山脈其他の地形になつて残つたものであります。

此の如く考へて來るに將來も亦次第に冷却して行く可きであつて地球の運命も亦推して知るべきものであります。此點は非常に一部思想家の興味を喚起するものでありまして、先般大阪朝日新聞の一日一文に正木不如丘氏も地球の冷却死滅に就ての感想を述べられました。又私が先般萬有科學大系の中に地球の話を執筆した際にも地球の滅亡に就て一章を費さん事を求められました。之は又熱學の法則の中に含まれて居る事から推しても此の様な傾向に考へられるのであります。其意味は必ずしも普通の意味と同一ではないのでありますから、殊に物理學の法則なさを考へに取る時は之に含まれて居る條件をもよく考へて判断しないに、誤謬に陥らぬに限りませぬ。私は地球が冷却せぬといふ事を確言する用意をして居るのではありませんが、此間の意味を今少し現實的に考へて見ようとするのであり

ます。

地變の原因を地球の冷却に歸する事は二三の困難を伴ふのでありますが、其内の一つは現在地表にある褶曲の研究から考へるに地球の周圍は地殼が出来てから千四百キロメートル程少さくなつた事になります。然るに地殼が出来てから今日まで内部が冷却した温度は五百度位のものでありまして、此爲めに收縮したもならば七百キロメートル位にしかならないのでありまして、之によつて見ても地球の冷却といふ事では褶曲の起因を説明し盡されませぬ。此の如く結果の方から見ても不合理な所がありますが、尙根本的に冷却するか否かを疑ふ理由もあります。

キュリイ夫人がラヂウムを發見して以來、其不可思議なる性質は種々の科學的思想に變換を齎したのでありますが、地球冷却説も亦其安逸の眠から醒めねばならなくなりました。ラヂウムは自ち放射線を放射して他の元素に變化するものでありますが、同時に熱を發生するものでありまして、一瓦のラヂウムは一時間に約八十カロリーの熱を出します。ラヂウムの存在は極めて小さいのでありまして特殊の礦石が之を含むので知られて居ますが、尙研究の進んだ結果は驚く可き事が發見せられたのでありまして、即ち殆んどあらゆる岩石は皆ラヂウムを含んで居るのであります。只其分量は非常に微量でありまして岩石百萬グラム中に僅かに一グラムの百萬分の一前後のラヂウムを含むに過ぎませぬ。然るに此の如く微量であつても地殼の中に含まるゝラヂウムの總量は非常に大でありまして、之より發生する熱は地球が其表面から外界に向つて放散する熱を償ふて餘りあるものゝ様です。尤も地殼の深い所には何程のラヂウムが有るべきかは直接に其岩石を分析して見る事が出来ない爲に尙我々の知り得ない所ではありますが地殼内の岩石の種類は既に述べた如く推知せられ、又地表で之に相當する岩石を取つて其中のラヂウムの含有量を測定する事は出来ますから、従つて内部に於けるラヂウムの分布もやゝ推定が出来るのであります。

茲に問題になりますのは、今はラヂウムが多量に存在しても、ラヂウムは分解して他の元素に變化して行くものであるから、永年の後にはラヂウムの量が減じ従つて其發生する熱も減少して地球は冷却するのではないかといふ事でありまして、ラヂウムの他の元素に變化して行く速さはよく研究



されて居るのでありまして、初めにあつたラヂウムの量が半減するには千六百九十年を要します。然るに此ラヂウムは元來初めからラヂウムとして存在するものではなく、ウラニウムと稱する同じく放射能を有する他の元素から出来るのでありますから、ウラニウムの有る限りはラヂウムは一方に分解するに伴ひ又一方から補はれて行きます。此ウラニウムは非常に壽命の長い元素でありまして、初めにあつた量が半減するには四十六億七千萬年を要します。元來地球に地殻が出来てから今日までは何年を経たものであるか、種々の方面から此地球の年齢を決定せうとして努力したのであります。其結果は尙充分一致して居ませぬけれども、先づ十六億年位と推定するのが最も長いのでありまして、此地殻に人類が始めて現はれて來てから今日までまだ百萬年にもならないのであります。此様な次第でありますから地球に就て考へて見て居る間、殊に人類に就て考へて見て居る間は我々は地球内にあるウラニウムの分量は變らないものと考へ従つてラヂウムの分量も一定でありそれから發生する熱の分量も古來かはらなかつたものと考へる事が出來ます。

地球の始まりに於ては自分の温度が非常に高い爲に、外界に向つて放つ熱の分量も非常に多量であつて、其中に含まれるラヂウムの熱量は之を補ふに足りませぬから地球は徐々に冷却して行きます。冷却して來れば之に伴ひ今度は外界に放つ熱は次第に少なくなつて來ます。此の如くして遂に或時期に至れば地球が外界に向つて放散する熱の分量が丁度地球の中にあるラヂウムの爲に發生する熱の量と等しくなりますと、最早地球は冷却しなくなつて久しく同一の温度に保たれて行く譯であります。現今の地球は既に此温度の平衡状態になつて居るか、或は將に之に達せんとして居て冷却しても極めて徐々に行なはれるのみで間もなく平衡状態に達するものと考へられます。

地球上に生物が棲息する様になつたのは地殻が出来てから餘程後の事でありませうが、其等の生物の遺骸なり遺跡なりは所謂化石として當時の状態を研究する貴重なる材料であります。又各年代に出來た岩石の状態も亦其時代の狀況を示して居るものであります。之等の狀況から推察して見ると、地球上では時々氣候の變化が有つて時に非常の低温となつた様であり

ますが、之は多くは局部的であつて、地球全體として又此時代を通じて考へて見るに地球が此間に冷却したことは思はれぬのであります。

此の如く地上に残つた舊世界の遺跡を見ても、又地殻内のラヂウムの發生する熱から考へても、地球が際限なく冷却して行くこといふ事は考へ難いのであります。尤もウラニウムの量が非常に減少する場合を考へるに此考へを幾分か變更しなければなりません。地球は本來微遊星の集合から成立し其密集作用によつて熱を發生したものでありまして、今日これへも日々多量の隕石が地球に落下して來ますから、或は之によつて地球の温度を維持して行き得るのではないかと考へる事は今日殆んど絶望の様であります。従つてウラニウムの量が非常に減少する時は地球も再び冷却の傾向を示すものと考へる必要が起るかも知れず、遂には地球の冷却を憂ふるに至るのであります。併し之は其年數を考へるに悠久の後の事であつて、地殻が出來て以來今日までの年數に比較して數倍の後となり、生物が出來て以來は十數倍にもなり、況んや人類が地球に現はれて以來の年數に比較しては一萬倍の年數を経て後であります。時間的に無限の後でありまして我々が現實に窮ひ得ざる所であり又思想的にも無限の後の事を推定するのは單なる遊戯に終るものでありますまいか。無限といふ事は其自身に意義のある事ではなくして、問題となつた事實に相對的に意味のある事であります。我々が現實世界の問題を思惟するに當つては、ウラニウムの壽命は正に無限でありまして、従つて地球の温度も無限に續き地球冷却は此意味に於ては全く憂ふるに足らぬ事となります。(大正十五年六月十五日稿了)

### ~~~~~ ケンネケ彗星発見さる!!

待たれてゐたケンネケ彗星が遂に発見された。発見者は米國ヤーキース天文臺のグンピースブルク(G. Van Biesbroeck)教授、時日は1927年3月3日4302〔即ち10時19分、國際時〕で、其の時、星は

赤 經  $14^{\text{h}} 12^{\text{m}} 20.4^{\text{s}}$

赤 緯  $+25^{\circ} 45' 24''$

光度は實に16等級であつたといふ。——思ふに之れは多分、グンビー教授が同天文臺の〔24吋〕反射鏡により搜索したものなのだらう。とにかく、発見當時の光度が16等とは實にレコード破りである!! 之れによるに、今年度の近日點通過は6月21日3時40分〔國際時〕となる。