

## 質疑応答

質問は、東京都千代田区大手町 1-3-4、気象庁内  
日本気象学会天気編集委員会宛、どうぞ

問：私の住んでいる沖縄では気圧の半日週期が大変によく現われます。どうして半日週期が卓越するものなのかを教えてください。(沖縄の会員)

答：ニュートンが海の潮汐理論を展開した際に、潮汐現象は大気中にもおこっているはずであると考えました。大気には海と違って海面のようなものはありませんから、海の潮汐のように海面が1日に2回上昇したり下降したりするような現象は見られません。しかし海面が高くなるということは海水がたくさん集まってきていることであります。大気中で空気がたくさん集まってくる地方では気圧が高くなるはずですから、大気中では海面の昇降のかわりに気圧の昇降が潮汐現象を象徴してくれることとなります。気圧計が発明されたのは17世紀半ばですが、その直後にすでに気圧が1日に2回の昇降を示すことが人々の注目を集めました。この気圧の半日周期の変化は特に熱帯で顕著にみられますが、温帯や寒帯でも低気圧などの通過で気圧が大きく変動しないときには良くみられるものです。

しかし気圧の半日変化と海面の半日周期の昇降とは果して同じ潮汐現象なのでしょう。潮汐の理論によりますと、海の潮汐の主因は月の引力<sup>1)</sup>であります。太陽も引力を及ぼしますが、その巨大な質量にも拘らず距離が遠いために、潮汐をおこす能力は月の半分以下であります。したがって潮汐は圧倒的に月に従う現象です。仮りに海が地球を一樣におおうと考えますと、月に面した側と正反対側<sup>2)</sup>とで海面が高くなり、その中間が低くなっています。この2カ所の高水面と、その間の2カ所の低水面が月と共に東から西に動きます。月が地球を一周するには約24時間50分かかりますから、海面の昇降の一周期は12時間25分位になるわけです。

もしも大気がこのように月の引力によって潮汐現象をおこすとしたら、気圧変化の周期は12時間25分位でなければなりません。とすると気圧の最高・最低のおこる時刻は毎回25分ずつおくれてゆくことになりましょう。しかし事実は全く違うのです。気圧の最高は午前・午後とも10時頃<sup>3)</sup>におこり、最低は午前・午後とも4時頃におこることにまっています。場所により季節により多少の違いはありますが、毎日少しずつ遅れてゆくといった現象は全くありません。気圧の半日変化の周期はきっちり12時間なのです。月の運行には関係がなく、あきらかに太陽に従う現象と言えましょう。

もしも大気の潮汐、したがってそれによっておこる気圧変化が太陽によっておこされるものとしますと、それは太陽の引力ではあり得ません。引力では月には全くなわれないからです。とすると太陽の熱しかありません。しかし太陽の熱だとすると何故半日周期の気圧変化が生ずるのでしょうか。夜と昼というように太陽が地球を熱するのはあきらかに1日周期です。気温の観測をみても矢張り1日周期がはっきりしています。もちろん調和分析をすれば気温にも太陽熱にも半日周期のものもありますが、矢張り1日周期のものが大きいといわなければなりません。にも拘らず、気圧変化は半日周期のものが逆に大きいのですから、簡単に太陽熱が原因だと言うわけにはゆきません。

ケルビン<sup>4)</sup>は1882年に「地球の大気がちょうど12時間という固有周期をもっているのではないか」と考えました。どのような構造も特有の振動をするものです。湖や湾の水もそうです。それらの振動の周期が固有周期といわれるもので、振動する物体の構造でまっています。もしも大気の構造がちょうど12時間という固有周期をもつようにできているとしたら、引力だろうと熱であろうと、外界からの雑多な強制力のうちの12時間周期のものに共鳴して振動することになるでしょう。

12時間以外の周期の外力は、それがどんなに大きそうに見えても、共鳴で大きく増幅される半日周期の振動にはかきません。

大気の固有周期は気温と空気成分の(特に高度)分布がわかれば計算できます<sup>5)</sup>。しかし共鳴説が出た1882年頃の高層大気の知識は全く貧弱で、固有周期の計算などは程遠い夢でした。今世紀初頭の成層圏発見や第一次大戦中の音の異常伝播により40~50km 辺の高温の推定などの永い歴史を経て、とにもかくにも現実的な大気の姿の大勢が判明してきたのは1930年代に入ってからであります。ベケリスは1937年にこうして判明してきた気温の高度分布を採用して、ほぼ今日の大気構造によく似たモデルを仮定して固有周期を計算し、見事に12時間の固有周期の存在を示しました。しかし仮定したモデルの成層圏上限の温度が地上気温より100°Cも高温であることが命取りとなりました。ロケットが直接に観測してみると、そんな高温は局地的ならいざ知らず、地球全体のモデルとしては全く不適當であることがわかったのです。ロケットが示すように成層圏上部の気温をせいぜい地上

気温程度としますと、12時間の固有周期は存在しなくなるのです。こうして半日周期の気圧変化が大きく目立つのは決して共鳴りによって大きくなったからではないということが結論されるにいたりました。

むしろ問題は「何故1日周期の気圧変化が小さいのか」であります。1日周期の全地球的な規模の振動は海陸風のような局地的なものにかくされてしまい勝て、その全容がほぼ明らかにされたのはごく最近のことです<sup>5)</sup>。したがって理論の方も大分おおくれておりました。調べてみると1日周期の振動と半日周期の振動とは大分違った性質のものであることが判明しました。半日周期の振動は上下に伝わるものですが、1日周期の振動が上下に伝わるのは緯度30度以下の熱帯地方で、それより高緯度地方では振動は上下に伝わらない性質をもっています。

さて大気の潮汐振動が太陽の熱によっておこされる強制振動であります。それではどこをどう加熱して強制振動をおこすかと言うと、主な場所は10~70kmに存在するオゾン層です。オゾンは紫外線を強く吸収して周囲の気温を高めますから、太陽が地球を一周するにつれ周期的にオゾン層が加熱されるわけです。その結果オゾン層には膨脹と収縮が交互におこります。この振動のうち半日周期のものは上下に伝播して地上にも気圧変動を生じますが、1日周期の振動は高緯度地方ではオゾン層だけの振動に終始して上下に伝わりません。したがって地上にも1日周期の気圧の変化が生じないのです。30度以下の熱帯では上下に伝わるのですがオゾン層の各高度で励起された波の位相が重なって相殺してしまう状態がおこることが判明しました。これは1日周期の振動の上下の波長が25kmでオゾン層の厚さにくらべて大分短かい

ことが原因です。100km近い波長の半日周期の振動ではこのようなことはおこりません。結果として1日周期の振動はオゾン層をはなれると余り目立たなくなるわけです。オゾン層が大気の振動を強制する主な場所ではありますが、さらに対流圏の水蒸気による日射の吸収も一役をにやっていると考えられております。地上で観測される1日周期の気圧の変化は主としてここでは強制された振動であります。

最後に、それではニュートンが最初に海と同じように月の引力によって大気中にもおこると推定された潮汐現象はどうなったかにふれておきましょう。太陰半日潮と呼ばれるこの12時間25分位の周期の気圧変化の存在は確かめられておりますが、極めて小さいので直接毎日の観測値に見られるというものでなく、長期間の観測値の中から統計的にある誤差の範囲内で見出される類のものです。しかしこれも観測技術の発展につれて直接観測が可能になる日もくるでしょう。

- 註 1. 正確には地球と月の共通の重心の周りの回転により生ずる遠心力と、両者の間の引力の差で、起潮力といわれるものです。
2. 海の深さによって月の南中より遅れたり早まったりします。自転がなければ南中と一致します。
3. 標準時でなく各地毎の地方時です。
4. 高度分布ばかりでなく水平分布も影響しますが、水平分布がありますと温度風が存在することになり固有周期も若干の影響を受けます。計算は複雑になります。
5. 半日周期の振幅の約半分であることが判明しました。  
(沢田竜吉、九州大学理学部物理学教室)