

対流に及ぼす回転の影響**

荒 川 秀 俊*

流体運動の研究に、モデル実験をするのは、新しいことではないが、気象のような大規模な現象に応用するようになったのは比較的最近のことである。たとえば、シカゴ大学のフルツ教授及びその一党が中規模および大規模の気象現象の解明の手段として、1947年から連年にわたって立派な業績をあげている。ロング博士や鈴木清太郎博士は山岳に似た障害物に層をなした流体がつきあたる時の大気の運動について立派な業績をあげている。これらの実験については Robert R. Long, Ed., 1953, *Fluid models in geophysics, Washington D. C.*, pp. 162 のような立派な要約単行書が刊行されている。

著者は実験的に対流、とくに対流に及ぼす回転の影響を極めて初歩的な方法で研究してみた。この論文がトルネードや台風のような severe storm の機構の解明に役立てば、幸いであると思う。

実験設備 直径約 35 cm, 深さ約 36 cm のガラス製の円柱に水をほとんど一杯に充しておく。R. S. Scorer and C. Ronne, 1956: *Experiments with convection bubbles, Weather, London, vol. 11, 151~154* には、建物にとりつけたタンクのなかに、水よりも密度のやゝ高い液体をたらしこむことによって、バブル (bubble) を作って、その運動を観察した。水よりも密度の高い液体としては、泥水を碗に一杯つくって、それを静かに水面へ流しこんで、その泥水の運動を見るという原始的な方法が使われた。私はロンドンでこの実験を見学してきた。その手法をこの研究に利用した。しかし私の実験では建物にとりつけたタンクでなく、上述したような円柱をつかい、これを回転台の上においたのである。

対流に及ぼす回転の影響を実験的に研究するために、

* 気象研究所予報研究部 一昭35. 8. 15. 受理—

** H. ARAKAWA: Effect of Rotation on Convective Motion.

水を満たした円柱を回転台上に据付け、回転速度は希望にしたがって変化できるようにした。対流に及ぼす影響を観察したり写真 (口絵写真) にとったりするのは、直接ガラス面を通して外側から行った。16ミリのフィルム撮影は東映の齊藤正之監督があたったのである。

静止した円柱にみたした水のなかでの泥水の運動 静止した円柱のなかに水をみだし、そこへ一杯の泥水をあけるといふ Scorer and Ronne と同じ実験をしてみる。第2a~2e図 (口絵写真) には、泥水をあけてからバブルの成長して行く運動を順次に示している。これらの図を逆立させてみると、芽型の雲のような形になってのびていくのがわかるであろう。泥水はこうした運動をしながら、まわりの水と次第に混合して、しまいには薄よごれた水になってしまう。

回転円柱内における対流 (a) 回転速度が遅い場合 回転台の上に円柱をのせ、わりあい遅い回転速度で一樣にまわすと、対流運動は、静止した円柱の場合に比して、いちごるしく不規則になり、むしろ乱流でさえあるといった印象を受ける。こうした不規則なバブルの運動を正確に記述することは、現在のところ流体力学ではできないから、こんな風の複雑な運動をするという以外に手はない。とに角、静止した円柱のなかでの対流に比して、バブルの運動は複雑で、まわりの水との混合が、より盛んにおこっていることは明らかである。しかし本質的にいって、逆立させてみると、回転速度が小さいかぎりにはバブルは芽型をなしながら成長していることがわかる。第3a~3e図 (口絵写真) は、回転速度が小さい (毎分約14回転) かぎりには、バブルの運動が芽型のままでいることをよく説明しているであろう。

フルツ教授は回転円柱の実験 (俗に dish-pan の実験という) でロスビー数というパラメータが重要であることを指摘している。これについては次節で論じてみたい。

回転円柱内における対流 (b) 回転速度が早い場合もしも円柱の回転を段々に早くして行って、たとえば毎42分回転にすると、対流の様相は急に変わって、^{きのこ}茸型ではなくなって、第4a~4e図(口絵写真)に示されたように、倒立してみるとトルネード型になる。対流は細長くのび、組織的な形をとって中核のまわりにかたまっ

て回転運動をしているのが、見られるのである。複雑な流体運動を説明するには、流体力学は思いの外、無力であり、有力な手掛りとしてデメンジョナル・アナリシスが使われることが多い。フルツ教授の導入したロスビー数 R のマルグレス型を挙げてみると、

$$R = gS \cdot \Delta\rho / 2\Omega \rho_0 \cdot A\Omega$$

となる。ここに g は重力の加速度、 ρ_0 は平均密度、 $\Delta\rho$ は二つの流体の密度差、 Ω は円柱自身の回転速度、 A は適当な長さのパラメータ、 S は不連続面の傾きである。 A は普通半径の長さをとる。 R は勿論次元のない数である。

フルツ教授(たとえば前述の要約単行書27~63頁にの

っている Dave Fultz, 1953: A study of certain thermally and mechanically driven systems of meteorological interest 参照)は、対流現象が全く別の様相を呈するに至るのは、あるロスビー数のところでおこることを示された。即ち回転数をまし(したがって R を減らし)て行くと、第3a~3e図(口絵写真)のような^{きのこ}茸型の対流運動から、第4a~4e図(口絵写真)のような全く異質的なトルネード型にかかわることが、無理からぬことと思われるのである。

私は普通の茸型の対流運動からトルネード型の対流運動へとかわる機構を明らかにすることは、気象学的に非常に重要なことであると信ずる。将来、そういう機会にめぐまれた場合には、この機構の解明にあたりたいと思っている。

謝辞 この研究はアメリカ気象局 National Hurricane Research Project 提供の研究費をつかってなされたものであり、撮影に骨折って下さった東映の齊藤正之監督に厚い謝意を表したい。

あり得べき型(五十里洪水型)の洪水

このごろ、日本の各地にダムが林立している。これらのダムは、あるいは電力開発のためであったり、多目的だったりである。ダムが開発されたお蔭で、昭和35年のようなひどい夏の旱害も、あまり大きな社会問題にならなくて済んでいる。こういう意味で、ダムの効用には、全く頭がさがる。しかしながら、私はこの慶賀すべきダム開発の蔭に、一つの不安がかくされていると思うのである。それは、暴風雨もしくは大地震によるダムの決壊、それに伴う洪水である。

もちろん、ダムの設計にさいしては、工学的に相当のゆとりがとってあって、少しくらいの暴風雨や地震では大丈夫ということになっている筈である。しかし、予想を上廻る集中豪雨とか、大地震が来て、悪い条件が重なったとしたら、果してダムの決壊がないと保証できないと思うがどうであろうか。

現に今年もマルパッセ・ダムの決壊があった。日本でも徳川時代にあった五十里洪水のごときは、その好例だと思ふ。

栃木県の鬼怒川の一支流に男鹿川(一名、五十里川)

があり、県境の男鹿嶽から発し峡谷を南にくぐり、海跡で西からくる湯西川と合流し、川治温泉付近で鬼怒川と合している。天和3年に葛老山で山津波がおこり、男鹿川の全流を遮断したため、前記の海跡という盆地に水がみち、南北1里20町あまり、東西19町あまりの大湖水ができ、このため五十里と西川の部落が湖底に没し、部落民は上の屋敷というところに移転し、四十数年間はこの湖上に小舟を航行せしめたという。

この五十里湖は決壊のおそれがあるとして、いろいろな対策が講ぜられていたけれども、実効があがらなかった。たまたま享保8年8月10日七ツ時(午後4時ころ)、折からの増水で海尻において決壊し、ここに有名な五十里洪水(近く拙文を発表する)がおこった。この鉄砲水は鬼怒川下流に“さながら夕立雲のよう”になっておしだし、土呂部、上栗山、大川筑や、藤原町の鬼怒川沿いの部落や田畑を一呑みにし、舟生、大宮、絹島、羽黒などの沿岸地帯に氾濫した。宇都宮でさえ、三尺におよぶ出水で、死者は総数一千名以上におよんだという。

(荒川秀俊)