

短周期の内部波について

— BTのヒステレシス —

神戸海洋気象台 小 長 俊 二

The Internal Wave of Short Period

From the Hysteresis of Bathythermograph

Kobe Marine Observatory Shunji KONAGA

ABSTRACT

The records of BT and its hysteresis were analysed and we found a phenomenon of internal wave, whose period was several minutes and a few hours and whose wave height was several meters.

1. 緒 論

海洋における内部波の研究は、EKMANが死水を取扱って以来、多くの研究があるが、外洋では種々の障害により、今なお十分に発達していない。

海面上にいろいろの波が存在するのと同様に、内部波にも多様性が存在することは当然予想されるが、観測の精度からみて、その実在を証明することは容易でない。

この論文ではBTによる水温の観測をもとにして、内部波について若干調査した結果をのべる。内部波は流体の密度が不均一であればどこにでも存在しうるもので、表面波に比して波高が大きく、速度のおそいのが特徴である。表面近くに発生する内部波が表面に与えられる外力に支配されていることが、海岸近くの slick の研究によって知られていること^{1),2)}のほかは、表面波と内部波の関係を簡単に見出すことはできない。

筆者はBTのヒステレシスを考慮して、短周期の内部波に限定して考えることにした。

2. BTのヒステレシス

M. YASUI & T. SAWARA³⁾はBTのヒステレシスを温感部のおくれによるものとして補正式を得た。筆者の経験からは、BTによってその程度が異なるが、ヒステレシスの原因を一つにしぼることはできない。すなわち、器械的なものとして、水温のおくれのほかは、圧力のおくれがあり、更に、温感部に圧力が作用して若干の変化がもたらされる。上記3つのうち水温と圧力のおくれはお互いに反対の効果を示すので、両者が同程度であれば、表面を除けばヒステレシスは小さくなる。第1図Cに示した記録は(BTは1087を使用)温度と圧力のおくれが両方とも存在することを示す顕著な例である。すなわち、表面では2本の記録がそれぞれ異った水温と深さを示している。その2本の線が温度躍層の近くで交錯していることは、温度のおくれよりも深さのおくれの方が大きいことを意味している。

器械誤差のほかは、BTの観測に要する時間が約5分であるから、その程度の周期の内部波があれば、これもヒステレシスの形をかえるのに役立つ。以下の議論ではBT1038Cの記録を調べることとする。第1図(a)はBTを揚収する途中で約5分間BTをとめて得た記録である。(b)の方は停止した後再び15mほど下降させた後に揚収した記録である。これらよりわかることは、停止により深さの変化の方はあまりなく、水温の方は 0.5°C 以上も低下している。これは

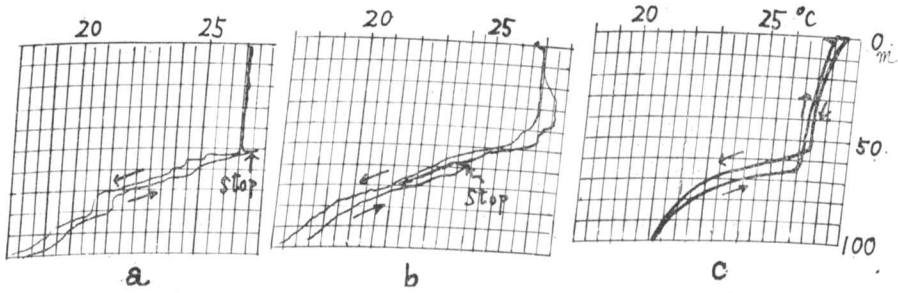


Fig. 1. The records of BT. (a) is a record of BT stopping at the 50 meters depth on ascending it, (b); ditto, moreover it was descended by 20 meters after stopping and (c); another BT was used in ordinary method.

BTを揚げるときには水温がおくれているのではなく、実際よりも高い値を示していることになり、又その示度は転倒温度計で実測したものよりも更に高く、実在しない値であることから温感部に圧力が作用したために水温の記録が異常に上昇したのではないと思われる。この形が一樣でないことは、器械的なもののほかに内部波の影響も存在することになる。

3. BTによる連続観測による内部波の観測

BTの投入から揚収までに、約5分要するとすれば、BTによる連続観測は5分間隔の記録を得るにとどまる。したがって、それ以下の周期の波については確認することはできない。又船が流れるので、同程度の流速の波の測定は困難になる。比較的流れの弱いところで3~4回連続に観測した結果を第2図に示している。図中太線は記録の浅い方の線から読みとったもので

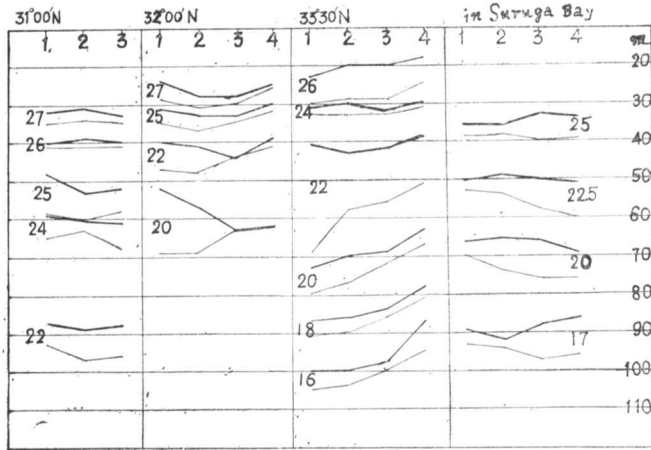


Fig. 2. Continuous observation with BT during 20 minutes every 5 minutes; thick lines show the upper line of hysteresis and thin lines, lower. Each station's longitude is 138°30'E.

で細線は深い方(下側)のものである。この結果内湾でも外洋でも、両者の間隔は一定でなく、いろいろに変化していること、その間隔は深さにして0~10mの間で変化していることがわかる。又各々の線についてもその深さがいろいろに変化していて、50m以浅の等温層では30分よりも短い周期の波—主として10~5分のもの—の存在が予想されるがそれ以深では周期は長くなっている。第3図には、駿河湾口で約2時間連続観測を行った結果を示している。こ

れによれば、2時間程度の波のほかに、非常に周期の長い波と、数分程度の短いものが見られるが、短周期のものについては前にのべた理由により、その存在を実証することはできない。その上にこの観測中には、北の風が約10m/sec吹いていたために、波の形は船の漂流の影響でかなり変形されていると考えることができる。長周期の波については次節で簡単にのべる。

表面波と比較してみれば、波高は1,000倍ほど大きくなり得るが、周期の短い内部波については全く不明であるために十分に比較できないが、簡単に一つの波で示せないことのみは云える。その上に密度分布が一様でないために、理論上からは無限大の波の存在が可能となり、その波の減衰変形等のために、外洋で詳細に研究を進めることは、著しく困難である。沿岸近

くでは slick の研究から内部波の特性が研究されている。内部波の平均層の深さの $\frac{1}{4}$ 以上に波高がなれば（即ち $a \geq h/4$ ）表面にも slick 又は渦が生ずることから表面にあらわれる slick の移動から内部波の進行方向や速度が研究されている。これによれば波長は500~600m, 周期は10数分の内部波が観測されている。これは密度躍層が浅いときに生ずる特殊な例で、波長がある程度より短かくては観測できないので、ここで問題にしている程度の内部波を外洋で観測することは容易でない。しかし slick 上でBTの観測を行った結果によればヒステレシスの状態が他の場所と大きく異っていることは認められている。²⁾

4. 長周期の内部波

内部波が潮汐現象と著しい関係を持っていることはよく知られている。又半振子日の周期を持つ慣性波の存在も大きいようである。又数日から数年にわたる長周期のもの存在の可能性も理論的に論じられているが、潮汐周期や慣性周期のように簡単にその存在を知ることはできない。しかし海況の変動に大きな役割を果しているものと思われる。

5. 結 び

短周期の内部波は密度躍層の固有振動と考えられ、躍層が浅いときに特に著しく海面上の波に対応する多様性を有するものと考えられる。BTのヒステレシスの変化からもそのことがいえる。BTのヒステレシスの原因は、内部波によるもののほかに、温度や圧力のおくれによるものや、被圧効果があるが、そのあらわれる度合は器械によって異なるため、個々についてその特性を知らねばならない。したがって器械的なヒステレシスの小さいものほど、内部波の研究は有利であるが、残念ながら、筆者の用いた器械はヒステレシスが大きすぎて短周期の内部波の研究にはあまり好ましくなかった。

終りにいろいろ御指導下さった気象研究所の菱田耕造博士、神戸海洋気象台の森安茂雄技官に厚くお礼を申し上げます。又駿河湾内での観測費はIAEAより支出されたものであることを申しのべて感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) J. A. Shand (1953): Internal wave in Georgia Strait, Trans. Amer. Geophys. Union, Vol. 34, No. 6
- 2) G. Ewing (1950): Slick, surface films and internal waves, J. Mar. Res. Vol. 9, No. 3
- 3) M. Yasui and T. Sawara (1960): On the hysteresis of BT, Oceanogr. Mag. Vol. 12, No. 1