

日仏海洋学会賞受賞記念講演

駿河湾および相模湾の内部潮汐と沿岸急潮に関する研究*

松山 優治**

Study on internal tides and Kyucho in Suruga and Sagami Bays*

Masaji MATSUYAMA**

このたびは栄誉ある日仏海洋学会賞を頂くことになり、身にあまる光栄と感謝いたします。これまでの私の研究は、多くの研究者との共同作業の結果生み出されたもので、学会賞は私たちのグループに対していただいたものと厚くお礼申し上げます。この機会に、私たちが行ってきた両湾での内部潮汐の研究を中心に紹介させていただきたいと思います。

内部潮汐は海山、海嶺、陸棚端など海底地形が急変する海域で外部潮汐からエネルギーを受けて発生する潮汐周期の内部波で、流れの強い鉛直シアと水温躍層の鉛直変位で代表される波高が10mに達する現象であります。木村喜之助博士が「駿河湾の急潮」と記した駿河湾奥部の内浦湾の急潮は、成層期に潮汐周期で起り、水温変化を伴うという特徴は内部潮汐に酷似しております。この急潮は内部潮汐に依ることを証明したいと考えたのが研究の動機です。1972年秋に内浦湾で係留系による流速観測を行い、半日周期と日周期の強い潮流が、躍層を挟んだ上下層の位相が逆転していることから、急潮は内部潮汐に依ることが分かりました。1974年秋の淡青丸による連続BT観測と流れの観測から、流速と水温躍層の鉛直変位との位相差は約90度であることから内部潮汐波は定在波であり、その波高は数十mにも達することが分かりました。それまでの研究は陸棚幅の広い海域でのものが殆どで、海外の文献にも定在波の性質を持つ内部潮汐

の報告は見あたらない希有なものでした。巨大波高の因は、水深100m、湾長10kmの内浦湾では、成層期に半日周期内部波が湾の内部静振と共振すると推測されました。1978~1980年の夏季に湾奥にサーミスター温度計を長期間沈め、内部潮汐による水温変化を追跡したところ、内部潮汐は常時存在し、特に半日周期の内部波が強くなる時、第一モードの内部潮汐波が内部静振と共振することが明らかになりました。一方、この観測から日周期内部波も比較的大きな振幅を持って、内浦湾に進入してくることも分かりました。次に、内浦湾で観測された内部波はどこで発生しているかに興味は移りました。二層モデルによる数値実験により、外部潮汐が強く、海底が急変する伊豆海嶺が内部潮汐の発生域と推定されました。そこで、伊豆海嶺で発生し、伝播して駿河湾口から入射してきた内部潮汐波が、成層期に内浦湾では半日周期内部波が内部静振と共振して巨大化するというシナリオが完成しました。しかし日周期内部波が内浦湾内で増幅される機構は見あたりません。同じ頃、駿河湾奥部で表層の潮流を観測していた稲葉栄生博士は日周期潮流の卓越を見つけ、内部潮汐によると彼は推測しました。一方、私と岩田静夫博士は相模湾での係留系による測流から強い半日周期の潮流をしばしば見つけました。駿河湾や相模湾は日本でも有数の深い湾であることから、外部潮汐による潮流は微弱であり、観測される潮流の大半は内部潮汐に依ることを数値実験で証明しました。相模湾では半日周期内部波が、駿河湾では内浦湾を除けば日周期内部波が卓越する理由として、伝播過程で効果的な増幅機構が働いていると考えました。両湾周辺の慣性周期は約21時間で、半日と一日の間にあり、この関係が波の伝播にとって重要です。伊豆海嶺で発生した半日周期内部波

* 1997年5月31日 日仏会館(東京)で講演
Conférence à la remise du Prix de la Société
franco-japonaise d'océanographie

** 東京水産大学海洋環境学科 〒108 港区港南4-5-7
Department of Ocean Sciences, Toyo University of
Fisheries, 5-7 Konan 4, Minato-ku, Tokyo 108,
Japan

は主として内部慣性重力波として、いずれの方向にも伝播可能ですが、日周期内部波は内部ケルビン波としか振る舞えません。つまり、内部ケルビン波は浅瀬を右に見ながらしか進行できないので、伊豆海嶺で発生した波は海嶺の東側を南下し、西側を北上するという特性を持ちます。さらに浅瀬に補足された内部ケルビン波のエネルギーは消失を極力抑えながら伝播し、海嶺の西側を北上する内部ケルビン波は十分大きなエネルギーを蓄えて駿河湾に入ることができます。伊豆海嶺で発生した日周期内部波は強い状態で入射するので駿河湾では日周期が、進入できない相模湾では半日周期内部波が、各々、卓越することを大脇厚博士と数値モデル実験により証明しました。

伊豆海嶺で発生した半日周期内部波の大半は内部慣性重力波として四方八方へ伝播することから、相模湾に入射する半日周期内部波はそれほど強いものとは云えないはずですが、相模湾でも内部潮汐流が時々急潮となって漁業被害を引き起こします。相模湾で強い半日周期内部波が見つかるのは何故かという疑問が起こります。日周期内部波の強い駿河湾で、内浦湾だけは半日周期内部波が強くなるのは内部潮汐と内部静振との共振が原因でした。相模湾の海岸地形は駿河湾と同様に急深であることから、内部波は岸で反射し、入射波と反射波の干渉により、湾内に振動の腹と節に相当する無潮点と反無潮点が形成されると考えられます。数年にわたる複数点での係留系による流速・水温観測を通して、半日周期内部波の振幅・位相の分布を求めると共に、それらの分布は数値実験により再現されました。相模湾の半日周期内部潮汐は湾内の入射波と反射波の干渉によって強められていることを観測と数値実験を通して北出裕二郎博士と明らかにしました。

駿河湾には伊豆海嶺で発生した内部潮汐が地形効果を受けて効果的に入射すると述べました。内部波は連続成層場では鉛直斜め方向にエネルギーを伝播します。伊豆海嶺の浅瀬で発生した内部波は鉛直斜めにビーム状に内

部波エネルギーを伝播するとすれば、深海にも強い潮汐流が誘起されることとなります。駿河湾のベントスの生態を研究している太田秀博士は底層は貧弱な生物種が占め、海底堆積物は粗く、直上には強い流れが存在することを明らかにし、他の海域の海底付近とは異なる特殊な海域であることを示しています。博士らとの深海流の調査から底層に存在する強い流れは内部潮汐流であることを証明しました。連続成層のもとで、伊豆海嶺で発生し、駿河トラフの深海に伝播された内部波エネルギーが底層の生物環境を著しく悪くし、流れに強い一部の生物しか生存できない状況を作り出していると考えられます。

最近、私たちの研究室では内部潮汐の発生域である伊豆海嶺北部域や内浦湾口の急斜面に焦点を絞り、内部波の発生、モード・モードカップリング、エネルギー消散の問題に主として観測を通して精力的に取り組んでいます。当初の内部波の伝播に関する研究から発生や消散へと研究の方向は広がりつつあります。新しい測器と高速度のコンピュータは内部波の研究を始めた当時とは比べものにならない強力な武器となっています。膨大なデータであっても短時間で解析結果がでる昨今は、同じデータを穴が開くほど眺めた昔とは比べようのない、夢のような時代に入りました。

最後になりましたが、私が研究者として歩む道を与えて下さって、さらに現在も多くの助言を下さる齊藤泰一先生、寺本俊彦先生、前田明夫先生には心よりお礼を申し上げます。研究の過程で適切なアドバイスを下さった、永田豊先生、梶浦欣二郎先生、杉ノ原伸夫先生には心より感謝いたします。共同研究者としてお世話になった岩田静夫博士、太田秀博士、日比谷紀之博士、長島秀樹博士、また、私の夢の実現に協力いただいた若き友人の大脇厚博士、北出裕二郎博士に感謝いたします。須藤英雄先生をはじめ多くの先輩、友人の方々から有益な助言と励ましを頂いたことにお礼を申し上げます。長年にわたり支えてくれた妻松山佐和と亡き母松山富美子に感謝いたします。