

[寄稿]

急潮・・・沿岸強流災害

東京海洋大学 名誉教授 松山 優治

Kyucho・・・Disaster Due to Coastal Strong Currents

Masaji MATSUYAMA

1. はじめに

急潮（Kyucho）とは、沿岸域で突発的に起こる強い流れで、古くから海上作業、特に沿岸漁業者に恐れられた現象である。急潮は半日から2～3日程度継続することから、沿岸漁業、特に定置網漁業への影響が大きく、漁具の破壊や流失など甚大な被害を起こしてきた。一箇所での被害総額が数億円に及ぶ場合もあり、急潮被害が原因で廃業に追い込まれた定置網漁業者も少なくない。

沿岸防災の観点から、急潮の実態把握と予報が待望されてきた。近年、観測の充実と数値モデルの進展で、急潮の力学的な解明と予報技術が確立され、漁具の改良も相まって急潮による漁業被害が激減してきた。本稿では急潮研究の経緯と現状について紹介する。

まず、急潮の歴史を振りかえってみる。沿岸漁業者は長い間の経験を通して、急潮とそれに関連する海況変化や気象状況について多くの記録を残している。全国を行脚して海や漁について、聞き取り調査を行った宇田道隆は、調査結果に研究成果や古文書を加えて、「海と漁の伝承」（玉川大学出版）に記した。本書には急潮の記述が随所に見られる。急潮は、北海道の太平洋沿岸、三陸沿岸、房総沿岸、相模湾、駿河湾、紀伊半島沿岸、四国西岸、九州西岸、丹後半島から若狭湾、富山湾、佐渡周辺などの沿岸域で発生している。本書によれば、急潮前後に台風や大型低気圧など気象擾乱の通過があり、水温急昇や透明度の上昇等の海況急変を伴う現象であることが多い。ただ、静穏な海象でも外洋水の流入により海況が急変し、急激な海水交換と共に急潮が起きると報告されている。また、天文潮との関連で大潮時に起きる海域があるとされている。

急潮が沿岸を襲う頻度は年に数回程度で、通常の数倍から十数倍の流速になる。定置網では急潮による網の流失など大きな被害を受ける確率は高くないが、揚網不能や漁具の一部が破損する被害は頻繁に起こっている。急潮の最大流速は海域によって異なるが、通常は1ノット（ 0.5ms^{-1} ）以上になると考えられる。強流が持続し、最大流速が大きければ、当然、被害は大きくなる。ちなみに相模湾沿岸では1.5ノット（約 0.75ms^{-1} ）を越えると定置網に大きな被害が出る。

2. 戦前の相模湾の急潮研究

急潮を科学的に捉える研究は、相模湾を除けば殆どの地域で行われてこなかった。相模湾で研究が進んだ理由は、古くから鰺を漁獲する大型定置網が多く敷設されており、頻繁に急潮被害を受けてきたことに依る。

相模湾の急潮の研究について少し振り返ってみる。二十世紀初頭に静岡県水産試験場伊豆分場技師であった三浦定之助が記した急潮の報告が最初である。その後、昭和初期に、鰺の漁獲が中心になる冬から春に起きる急潮について調べたのが木村喜之助である。漁業者の経験から、急潮によって海水が変わることに、黒潮系海水が突然、相模湾内に進入し、急潮を引き起こすと推定した。沿岸に敷設された鰺の定置網で、秋から春の揚網時に測定された水温と透明度の記録を基に木村は研究を進めた。黒潮系沖合水の進入が急潮の原因であるとし、彼は「冬季大急潮」「年末大急潮」「春季大急潮」と黒潮系水の進入に季節変化があり、急潮を引き起こすと結論付けた。

越中島にあった水産講習所の非常勤講師として物理学を教えていた寺田寅彦が、急潮に興味を持ち、小田原近くの定置網で流れを測ったことは随筆集にも残されている。

3. 急潮研究の黎明期

第二次大戦後、急潮研究は低迷し、30年近く急潮を対象とした観測は行われなかった。1970年代に入り、係留系を利用した流向・流速、温度、塩分などの長期連続観測が可能になったことが研究推進の原動力になった。特に、アメリカ西海岸で進められた沿岸湧昇研究（CUE：Coastal Upwelling Experiments）が大きな力となり、観測技術の発展に加え、沿岸流の理

論的な研究、数値モデル実験の飛躍的な進歩が、急潮の力学の理解を深めさせた。湾内に設けられた数点の流れや温度の記録の解析だけでは、急潮の力学機構を解明することは困難であった。しかし、数値モデル実験はそれを補完する非常に有効な方法であった。

沿岸の物理現象は様々な要因が複雑に絡み合っている。その要因には、複雑な沿岸地形や海底地形、季節変動する海洋の成層、コリオリの力（地球自転の偏向力）の影響、それに、海面を通しての風や、沖合を流れる海流が変動の激しい外的条件（境界条件）として影響する。さらに、場所によっては潮汐流の影響も強く受ける。海面上を吹く風や沖合の海流により励起された流れが、相互作用や共振によって増幅され、時に、強流となって沿岸域を襲う、これが急潮である。沖合を流れる海流の一部が沿岸へ進入する、海面を吹く風が流れを強化する、海洋内部の成層や地形が流れを増幅する等、沿岸特有の条件で流れは強化される。

4. 急潮の力学

急潮を現象として整理すると、海水が実態として移動する現象（密度流）と波動として伝播する現象（長周期波）の両方があり、前者は一定方向に流れ、後者は流向が周期的に変わる。海洋力学的には異なる現象を総称して急潮と呼んでいる。現象の違いにより分類して力学を整理する。

1) 暖水の進入による急潮

沖合を流れる黒潮や対馬暖流、津軽暖流などの分岐流が沿岸を急襲する。暖水は沿岸水と比べて温度が高く密度が小さいため、コリオリの力を受けた沿岸密度流として振舞うため、海洋表層を岸に補足されながら、岸を右手に見て流れる。相模湾での冬季の急潮であり、丹後半島、三陸沿岸などにも暖水の進入に伴う急潮が見られる。急潮の原因は暖流の流路変化であるため、急潮予測には海面水温分布や人工衛星画像により追跡すれば予報は可能である。1997年1月7日に相模湾西部の米神定置網を破壊した急潮は黒潮系暖水の進入によるもので、最大流速は2ノット (1.0ms^{-1}) を越えていた。100年間続く操業で始めての大被害で、ちなみに被害総額は3億円であった。木村が相模湾の急潮として表面水温や透明度により捉えていた急潮はこの現象を指していた。

2) 沿岸捕捉波による急潮

台風や大型低気圧など気象擾乱の通過の際に発生する急潮は、岸に沿う強風により発生した沿岸捕捉波が強められたものである。岸に沿う強風が長時間（約1日以上）連吹すると、エクマン輸送によって海水は岸沖方向に輸送される。例えば、外房沖から茨城沖のように東に開かれた海岸に北風が吹き続ければ、沖合水は沿岸に運ばれ、沿岸水位は上昇する。一方、東京湾の内房沿岸では水位が下がる。海岸地形の複雑さにより、沿岸に沿って水位差が生じる。海底地形と地球自転の影響を受ける沿岸捕捉波は北半球では岸を右手に見て伝播する。大陸棚の発達した海域で生成された沿岸捕捉波は、主として順圧的な構造を持つが、海底地形が急変する海域を通過すると鉛直流が生じるため、傾圧的な構造が強くなる。陸棚波的な性質から内部ケルビン波的な性質にエネルギーが移って岸近くで表層流が強化される。

相模湾では、台風通過に伴って房総半島東岸で発生した沿岸捕捉波が急潮を引き起こすが、伝播速度は $2\sim 3\text{ms}^{-1}$ であるため、台風通過後、半日～1日後に湾内に急潮が来襲する。1988年9月には、沖合を通過した急潮により発生した急潮により伊豆半島東岸の伊豆北川の定置網が南に約8km流され稲取沖に漂着した。

統計によると、沿岸捕捉波による急潮が太平洋岸では最も多いことが分かってきた。富山湾の能登半島沿岸や若狭湾西部海域でも同様な機構による急潮が頻繁に起きている。

3) 近慣性内部波による急潮

自転する地球上に座標系を設けて運動を観察すると、慣性運動は等速直線運動ではなく、北（南）半球では時計（反時計）回りの回転運動をする。回転する周期は緯度により異なり、両極で12時間、緯度30度で24時間になる。風向や風速が変わると海洋では慣性運動が生じ、慣性周期付近（近慣性周期帯）の波が起こされ易い。

日本海では、台風や低気圧の通過に伴い、強い近慣性周期の内部波が発生し、中央海域から低緯度の日本沿岸に向かって伝播して一部が沿岸に捕捉され、エネルギーを集中させる。この流れは強く、富山湾の能登半島沿岸では最大流速が 1.5ms^{-1} に達することもある。日本海沿岸の富山湾、若狭湾、佐渡島周辺では、沿岸捕捉波と重なって起こることがあり、漁業被害が続出していた。しかし、近年、日本海沿岸の気象擾乱通過に伴う急潮の力学が解明されてきたことから、対策が急速に進み、被害が激減している。

4) 内部潮汐による急潮

潮汐周期の内部波（内部潮汐）は成層が強くなる夏季から初秋に卓越する。海底が急変する海域で外部潮汐（天文潮に由来する潮汐）からエネルギーを受けて発生する。日本周辺では伊豆海嶺や東シナ海周辺で顕著な内部潮汐が生成される。伝播過程や湾の構造に依り、波の周期特性が変化し、相模湾では半日周期、駿河湾では日周期が卓越する。一方、駿河湾奥部の内浦湾では半日周期内部波が内部静振と共振するため流速が増大し、半日周期の内部波による急潮が顕著になる。

内浦湾では、最大流速は 0.7ms^{-1} を越えることもあるが、流速は強くなくても、内部波による流れの鉛直構造の変化（鉛直シア）が急潮を引き起こし、養殖網を流失させる被害が出る。

相模湾では城ヶ島沖、江ノ島沖、真鶴沖で半日周期内部潮汐による流れが強化され急潮が起こる。天草諸島、五島列島でも見られる現象で周期的に起こるため、揚網不能日が大潮の前後で数日続く。

5) 豊後水道の急潮

豊後水道では沖合水と沿岸水の間に顕著な潮汐フロントが形成される。潮汐流が強いために鉛直混合が発達し、沿岸水と沖合水の間でフロントが維持される。潮汐流が弱まる小潮期に鉛直混合も弱くなり、フロントが消滅し、湾内の表層に沖合水が進入して短時間で海水交換が起こる。この海域では流れの強さに関係なく沖合暖水の流入を急潮と呼んでいる。

5. おわりに

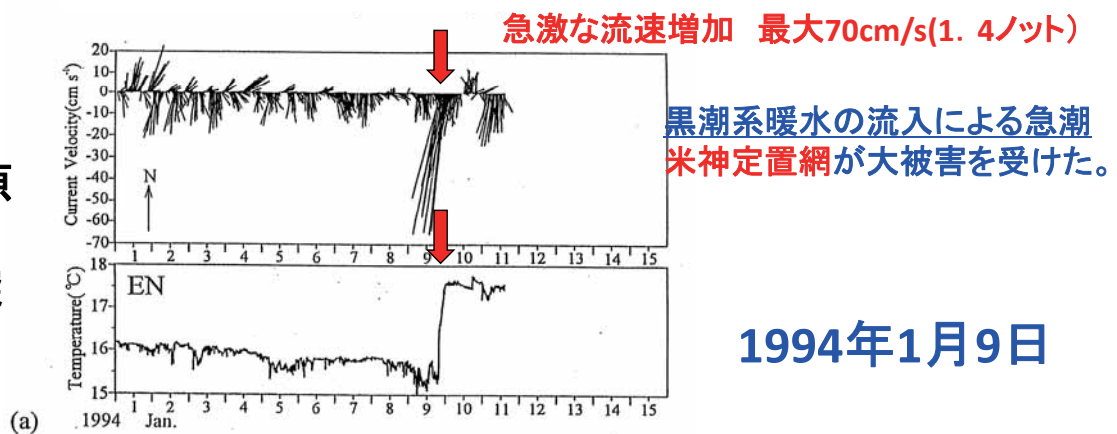
海洋科学部海洋物理学研究室は、神奈川県水産試験場（現神奈川県水産技術センター）と共に漁業者の協力を得て観測を進めてきた。さらに、コンピュータによる数値モデル実験を重ね、科学的な視点から現象の実態解明へと進められた。多くの学生や若い研究者が全力で取り組んだことで、急潮被害は激減し、相模湾では衰退の一途にあった定置網漁業は今、息を吹き返し、存在感を取り戻している。私たちの仲間の大きな成果である。多くの研究者に感謝申しあげる。本稿では引用文献を列挙しなかったが多くの研究成果を生みだしたことを記しておく。

云うまでもなく、急潮減災には漁具改良は不可欠である。流れに対する漁具の構造の把握と流れへの対応を成功させた神奈川県水産技術センター相模湾試験場は沿岸漁業振興に大きく貢献した。

急潮減災は沿岸海洋力学研究の進展の大きな成果である。相模湾の急潮を明らかにすることで 30 年の時を要したが、研究成果である力学機構の解明は、日本の各海域の急潮の解明に応用できたことは大きな誇りである。

本稿の校閲を賜った東京海洋大学海洋科学部北出裕二郎准教授に厚くお礼を申し上げる。

小田原
西部
10m深



平塚
3m深

