

原著論文

急潮による被害発生時における流況と定置網の挙動

辻 俊宏*¹・酒井秀信*²・石戸谷博範*³Current Conditions and Set-net Damage during a *Kyucho* Event

Toshihiro TSUJI, Hidenobu SAKAI and Hironori ISHIDOYA

A storm-linked current phenomenon, known as *Kyucho*, occasionally occurs along the Noto Peninsula of Ishikawa Prefecture in Japan, causing severe damage to set-nets. During "Typhoon Nabi" (T0514), which passed through the Sea of Japan on 7 September 2005 and generated a *Kyucho* event, current velocity and direction at a depth of 20m (water depth of 40m) were recorded. In addition, each depth at six positions on the leader and funnel of a set-net constructed at a depth of about 45m was recorded by using six depth recorders. During the *Kyucho* event, current velocity increased rapidly, peaking at 0.96 m/s, with a dramatic change in direction. Within an hour, both the leader and funnel nets had risen from the seabed (water depth of about 45m) to depth of 2-14m. The strong current and sudden change in direction generated by the *Kyucho* event washed away the set-net.

2009年8月28日受付, 2010年3月3日受理

石川県能登半島沿岸は、大陸棚が広がる西側海域と、急峻な東側海域の2つの特徴的な海底地形から成っている。同海域には大小多くの定置網が敷設されており、同県における定置網漁業生産額(平成17年度)は67億円と全国3位¹⁾であり、当該海域は全国有数の漁場の一つである。

同海域では、台風や発達した低気圧が能登半島沖を通過した後、沿岸の流れが突発的に強まり、定置網の漁具を破損・流出させるいわゆる「急潮」がたびたび発生して、同漁業の経営に深刻な影響を与えてきた²⁻⁶⁾。特に、2003年から2005年にかけては、合わせて20億円に達する甚大な被害が発生した⁴⁾。このような被害を防ぐため、石川県水産総合センターでは、2001年から急潮発生メカニズムの解明と予報のための試験研究を開始し、さらに、2006年からは日本海中部沿岸域の5つの府県立水産試験研究機関が共同して農林水産省「先端技

術を活用した農林水産研究高度化事業」の研究課題「日本海における急潮予測の精度向上と定置網防災策の確立」に着手した。これらの研究により、能登半島周辺の急潮の規模や発生の機構などについて多くのことが明らかとなった⁷⁻¹¹⁾。

一方、急潮による定置網の被害を防止するためには、急潮時における定置網の挙動の解析を行うことが不可欠である。そのため、石戸谷¹²⁾は被害発生時における定置網の挙動を模型実験で再現することにより、事故発生の原因や安全設計の基本となる張力の配分等について検討した。これまで、実物の定置網の網成り変化については、流況とともに網各部の深度変化を測定した例がいくつか報告されているが^{12,15)}、これらは、観測された最大流速が50 cm/s未満であり、被害を引き起こしたものではない。今回、台風通過に伴って発生した急潮によって被害を受けた定置網及びその漁場において、流速などの

*1 石川県水産総合センター

〒927-0435 石川県鳳珠郡能登町字宇出津新港3-7

Ishikawa Prefecture Fisheries Research Center, 3-7, Ushitsushinko, Noto, Housu, Ishikawa, 927-0435 Japan

t-tuji@pref.ishikawa.lg.jp

*2 鹿渡島定置網組合

*3 神奈川県水産技術センター相模湾試験場

*4 石川県農林水産部水産課調べ

海況の変化とそれに合わせた網各部の深度変化を観測することができたので、ここに報告するとともに、被害発生にいたる過程とその要因について検討した。

材料と方法

調査対象の定置網（以下、「対象定置網」と呼ぶ。）は、能登半島東側海域にあたる石川県七尾市鹿渡島約 3 km 沖合の水深 45 ~ 47 m に身網が敷設されている（図 1）。身網長約 450 m の片側三段箱式落網で、垣網の総延長は約 840 m である。主側張（通称「おおご」）は 2 本台、2 本矢引で一重おおご式を採用している（図 2）。台浮子の向きは、等深線にほぼ平行な真方位 8 度である。障子先 3 箇所には、それぞれ輪潜碇¹³⁾を設置しているが、

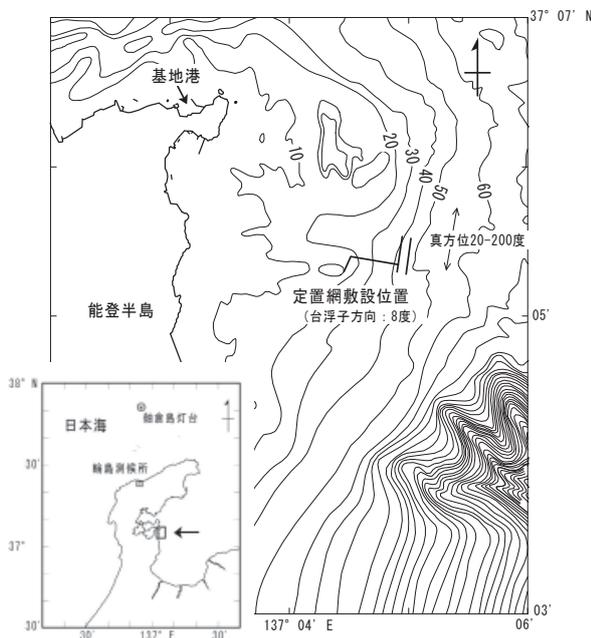


図 1. 調査対象定置網及び気象観測位置等値線は水深 (m) を示す

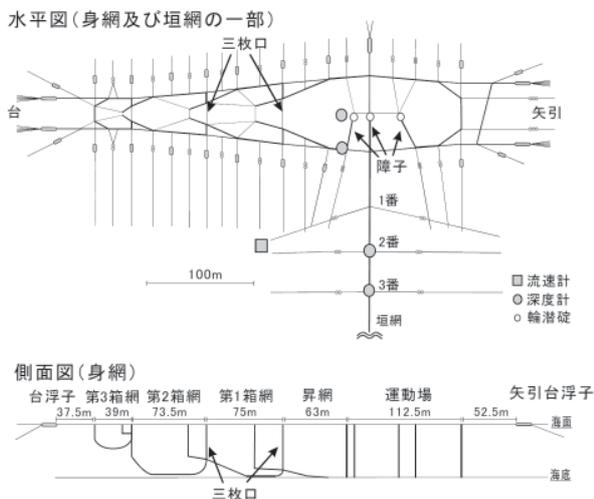


図 2. 調査対象定置網の概略と各測器の設置位置
台・矢引及び沖側の碇網の長さは省略した

運動場及び垣網には真立碇¹³⁾を設置していない。

対象定置網の垣網、運動場及び昇網の網丈は、その網裾が海水の流れにより多少吹かれても海底を離れることのないように、水深に対して 30% 程度長く仕立てられている。この部分は「捨網」、「ズリ」などと呼ばれている。また、網成りを保持するために、海底直上となる部位に鉛網と呼ばれる高比重（比重約 3.5）の網地を用いている（図 3）。本研究では、身網から約 100 m と約 155 m 陸側の 2 箇所（それぞれ沖から 2 番、3 番とする。）で垣網の網裾と鉛網に各 1 台、さらに昇網の中央部と障子角（陸側）の網裾に各 1 台、合計 6 台の深度計（MDS-D 又は COMPACT-TD; アレック電子社製）を取り付け、その深度変化を 10 分間隔で測定した。

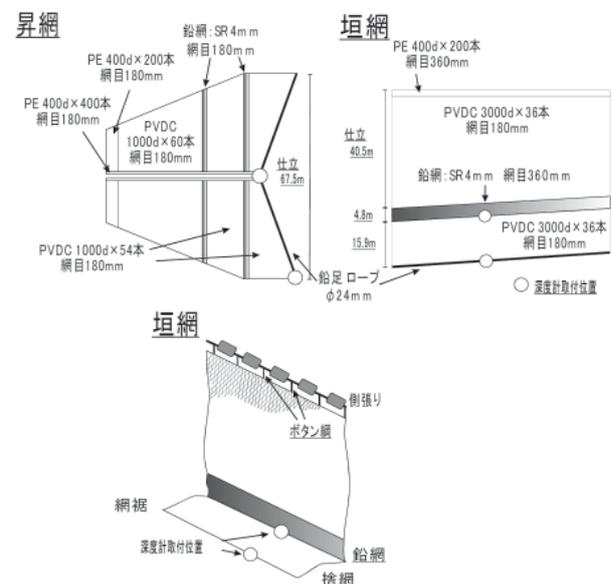


図 3. 昇網、垣網の設計と深度計設置箇所並びに鉛網、捨網、ボタン網の概念
PDVC: ポリ塩化ビニルデン, 比重 1.7, SR: シクロン, 比重 3.5, PE: ポリエチレン系繊維, 比重 0.95

同漁場の流況を観測するために、身網から岸寄りに約 100 m 離れた水深 40 m の位置（図 2）で水面下 20 m にドップラー流速計（RCM-11; アンデラー社製）を係留設置し、流速、流向（磁方位偏差を 7 度 W とし、真方位に変換）及び水温を 10 分間隔で測定した。

なお、測器を設置（入水）及び回収（出水）した時刻を記録し、観測記録と照合することにより時刻を確認した。ただし、これらの深度計は、流出した網とともに回収されたため、正確な回収時刻は記録できなかった。

気象データとして、海上保安部が観測した舩倉島灯台（図 1: 能登半島北沖約 50 km）の 30 分間隔の平均風速及び風向（16 方位）、並びに気象庁輪島測候所（図 1）が観測した 1 時間間隔の海面気圧を用いた。

調査期間は 2005 年 7 月 25 日から 2005 年 9 月 12 日までの 50 日間とした。

結 果

対象定置網漁場の流況 調査期間中の流向・流速の変化を図4に、流速別の頻度分布を図5に、流向別の頻度分布を図6にそれぞれ示した。流速別の発生頻度は、10 cm/s 未満が50%以上を占め、流速の増加とともに急激に減少した(図5)。操業が不可能とされる40 cm/s以上の流速(筆者ら未発表)は僅か0.6%であり、さらにその全てが、台風の通過に伴って被害が発生した前後である2005年9月7日から10日までの間に集中していた(図4)。また、流向を見ると真方位20-200度線を中心に卓越していた(図6)。この方向は、等深線にはほぼ平行な台浮子方向(真方位8度)と概ね等しく、流れの卓越方向は海底地形に沿っていた(図1)。

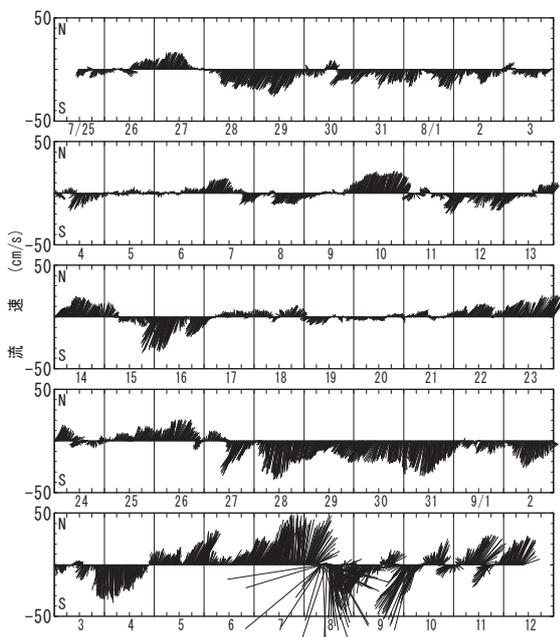


図4. 2005年7月25日から9月12日までの流向・流速の変化

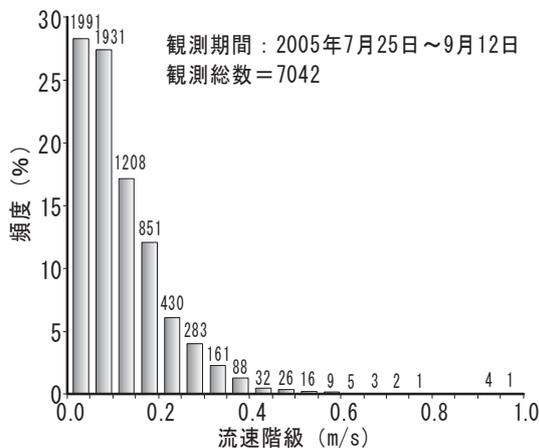


図5. 対象定置網漁場における流速別頻度分布
図中の数字は観測回数を示す

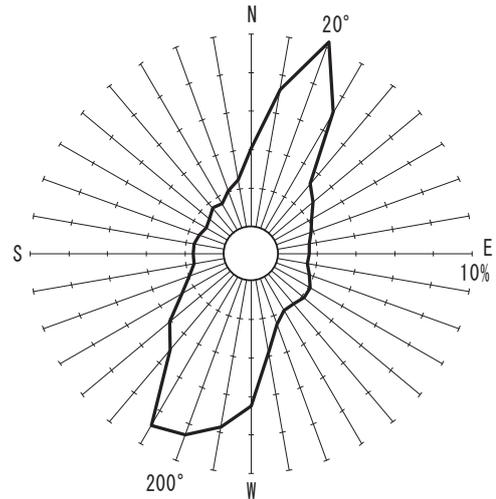


図6. 対象定置網漁場における流向別頻度分布

被害発生状況 観測期間中に対象定置網に被害をもたらした台風14号は、2005年8月29日21時にマリアナ諸島付近の海上で発生した。その後、大型で非常に強い勢力に発達しながら、沖の鳥島付近から日本の南海上を北北西に進み、9月4日には、進路を北寄りに変え、九州南海上に接近した(図7)。同日の気象庁の予報により、台風が日本海を通過する公算が大きくなったため、対象定置網では、被害防除策として、5日早朝より第2箱網及び第3箱網を撤去した。さらに、第1箱網の撤去を試みたが、波浪等海象が急速に悪化したため断念した。その後、台風は7日未明から日本海に入り、ほぼ中央を北東に進みながら、同日15時頃に能登半島に最接近した。

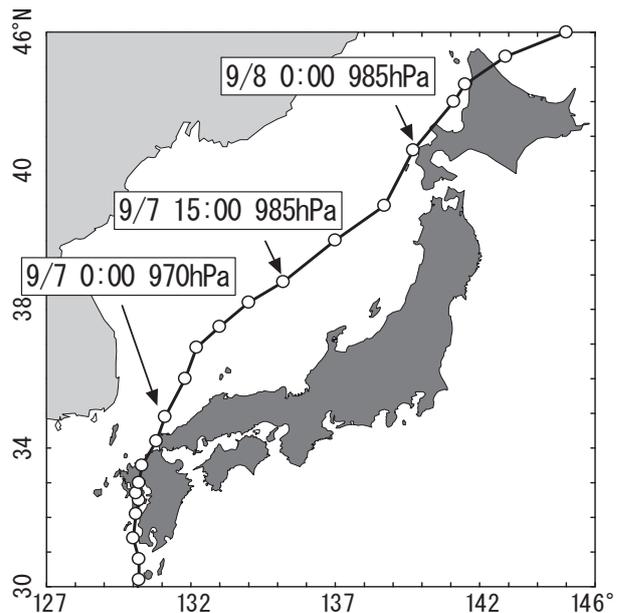


図7. 2005年台風14号の進路図
気象庁台風ベストトラックより作図
図中の○は3時間ごとの中心位置を示す

8日未明には、台風は北海道沖まで北上し、対象定置網の漁場（以下、「漁場」とする。）では、出港が可能な程度にまで波浪が落ち着いた。そこで、その後に発生が予測される急潮に備え、第1箱網を撤去するため、夜明けとともに出港した。5時30分頃に、漁場に到着して撤去作業を開始した。このとき、流れはほとんどなかったもののうねりが残っていたために、通常よりも撤去作業に時間を要した。三枚口（箱網と昇網の接続部。図2）を外し、箱網の中央から割る（2つに分離する）作業中であつた8時近くに急に南向きの流れが速くなり、作業を続けることが困難となった。そのため、網を船から放し、作業を中断して帰港した。

台風は北海道北部に再上陸後、オホーツク海に抜け同日15時には温帯低気圧となった。

翌9日6時頃に漁場において、第1箱網、昇網、運動場及び垣網のすべてが、ボタン網（網と側張りを結び付けている網。図3）の切断により側張りから外れて、流出していることを確認した。それら流出した網は、後日矢引側の碇網等に引っかかっていることが確認され、回収することができた。回収された網は、垣網の1ヶ所（ほぼ中央部）が裂けて2つに分断されたほかは、大きな破網はなかった。また、土俵の移動及び上網の切断が数箇所に見られたほかは、側張りワイヤーや碇網等にも大きな損傷はなかった。

台風通過前後における流況観測結果 台風通過前後である9月6日12時から8日24時までの各観測結果を、網各部（垣網2番の網裾と網裾及び昇網の網裾）の深度変化とともに図8に示した。舢倉島では、海面気圧（輪島測候所）の最低値が観測された14時頃から東向きの風が南西の風に転じ、15時から22時にかけて20 m/sを超える南西寄りの強風が連吹した。その間の最大風速は、7日17時00分の26.7 m/sであった。その後、風速は徐々に減少し、8日8時過ぎには10 m/s以下になった。

一方、流況は9月6日から観測された北向きの流れが、7日には次第に流れを強め、翌8日2時30分には、51.9 cm/sの極大値を記録した。その後、北向きの流れは南西風速の減少とともに弱まり、6時20分には流速7.6 cm/sまで弱まった。7時を過ぎる頃より流向が南向きに転じ、7時20分には流速7.0 cm/sを示した後、急激に強まり8時20分には56.3 cm/sを示し、9時00分には最大流速である96.5 cm/sに達した。その後15時まで、概ね50 cm/sを超える南向きの流れが続いた。急激に強まった8時20分以降の流れの向きは、8時50分までの間に南向き（真方位190度）から西向き（同254度）へと時計回りに変化した。その後反転して、10時40分までの間に東向き（同89度）へと反時計回りに大きく変化していた。

この間の水温は20 m/sの南西風が吹き始めた7日15時頃に、それまで26℃台であったものが急激に低下し、

8日2時30分には20℃台となった。南西風が弱まるとともに水温は上昇に転じて、最大流速を記録した9時00分に25.2℃に達し、それ以後は横ばいで推移した。

被害発生時における網成りの変化 垣網の2番及び昇網の中央部と障子角には、それぞれ深度の変化に大きな違いが見られなかった。そこで、網各部の深度変化を代表するものとして、垣網2番の鉛網と網裾及び昇網中央部の網裾を図8に示した。深度計設置箇所は、流れが無い状態では、海底または海底直上に位置しているので、深度値は垣網で42 m前後、昇網で47 m前後の値となる。

北向きの流れが卓越していた9月8日3時頃までの網各部の深度値は、流速の増減に対応した変化を示した。垣網の鉛網は20 cm/s未満の流れでも、深度30 m弱を示した。一方、垣網及び昇網の網裾は海底に着いており、「捨網」が効果的に機能している。垣網の網裾は流速が20 cm/sを超えると海底を離れ始め、流速の増加とともに浅くなったものの、鉛網に比べて7～10 m深い値を示した。一方、昇網の網裾は流速30 cm/sを超える頃から海底を離れ始めた。9月7日15～17時及び20～23時に、僅かに流れが弱まった。その時、垣網は大きな変

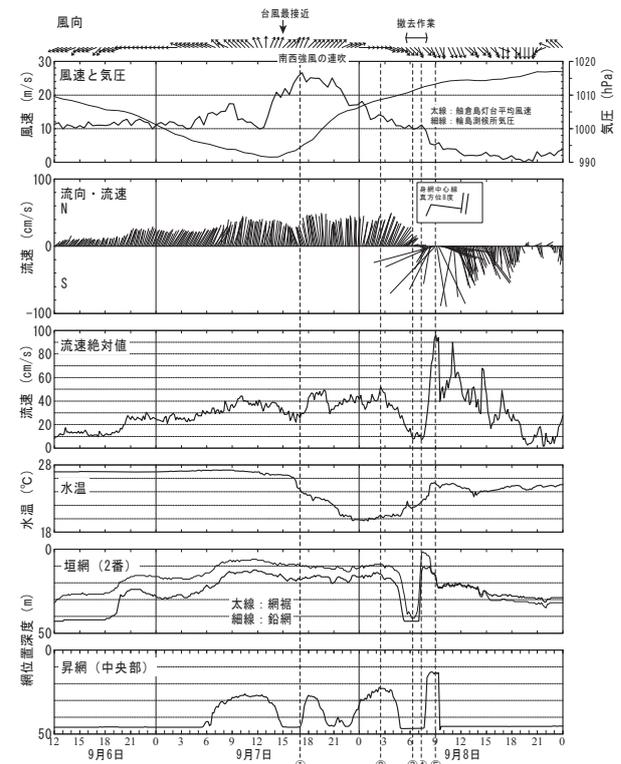


図8. 台風通過前後における観測結果
 風向（最上段）の矢印は風の吹き去る方向を示す
 ① 9/7 17:00；風速が最大（26.7m/s）となる、
 ② 9/8 2:30；北向流が最大（51.9cm/s）となる、
 ③ 9/8 6:20；北向流が弱まる、
 ④ 9/8 7:20；南向流に転じる、
 ⑤ 9/8 9:00；最大流速（96.5cm/s）を記録する

化を示さなかったものの、昇網の網裾は海底付近まで沈下した。

北向きの流れが最大値を記録した9月8日2時30分には、垣網の鉛網で深度9mを、同じく網裾で深度15mを、昇網の網裾で深度23mを記録した。その後、北向きの流れの弱まりとともに深度値も下がり、流速7.6 cm/sとなった6時20分には各網とも概ね水深と同じ値を記録した。

流れが南向きに転じるとともに、まず垣網が吹き上がり始めた。7時20分には、鉛網で深度2m、網裾で深度13mと、ほぼ最浅値を示した。しかしながら、この時の流速は7.0 cm/sと弱いものであった。その後、南向きの流れが強まるとともに昇網が吹き上がり、8時20分には網裾の深度は14mと概ね最浅値を示した。この時、各網の深度計測部が海底(45~47m)から最浅値(2~14m)までに達した時間は、30~60分であった。最大流速に達した9時00分には、昇網網裾の深度は14m前後を維持していたものの、垣網網裾の深度は17mを示して既に沈下し始めていた。その後、9時30分には昇網も沈下し、最終的にすべての網の深度計は深

度30~45mでほぼ一定となった。深度計を設置した網の部位には高比重網や鉛ロープ等が使用されていたことから、側張りからはずれて流出した状態であれば、海底に沈下していると思われる。よって、8日の最浅値を記録した時間の直後である8時過ぎから9時までの間に網が側張りからはずれて、15時頃には各網が回収された場所で着底したものと推定される。

以上の結果をもとに、急潮発生前後の昇網及び垣網の状態を推定した模式図を図9に示した。北向きの強流時において垣網と昇網の網裾がともに大きく吹き上がったのは、北側方向の箱網側に吹かれていることを意味する。流れが弱まるとともに、いったん着底したので、網各部は元の位置に戻ったと思われる。その後、流れが南向きに転じるものの、記録された流速は弱く、ほとんど流れのない状態を示していた時、昇網は着底したままであったのに対し、垣網の網裾は大きく吹き上がり、南方向の運動場側に吹かれたと思われる。その1時間後の南向きの強流時には、昇網の網裾も水面14mにまで達し、その流向から考えて運動場側に吹き上がったと思われる。以上の大きな振り動きが約6時間の間で発生した。

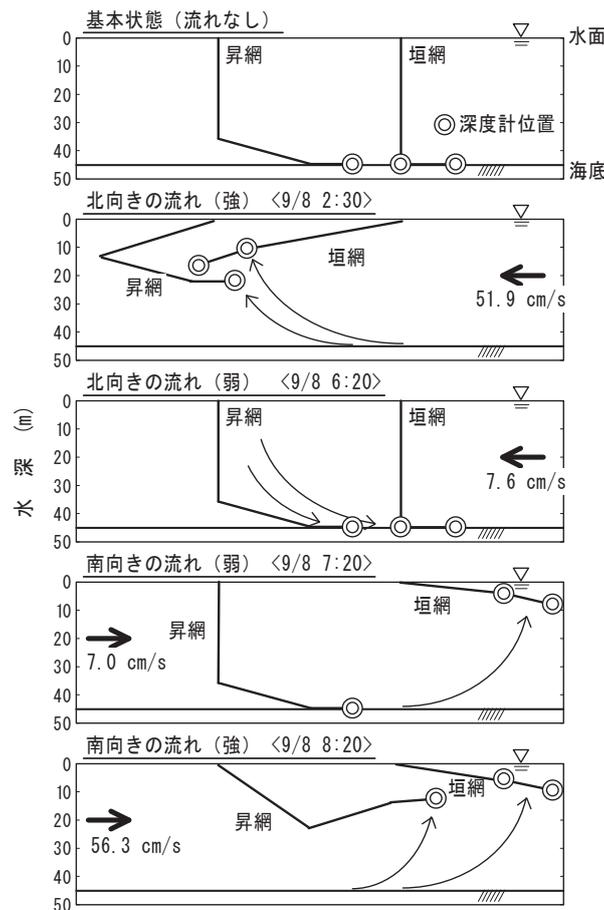


図9. 急潮発生前後における網成り変化の模式図

考 察

2005年の台風14号の日本海通過に伴って発生した急潮現象により、身網長約450mの大型定置網の身網及び垣網が側張りから外れて、網すべてが流出する大きな被害が発生した。この台風によって対象定置網のほか石川県で17ヶ統¹⁰⁾の定置網及び新潟県から京都府にかけての日本海各地の定置網で被害が発生している¹¹⁾。このことから、この台風に伴う急潮現象は、能登半島周辺海域だけでなく、丹後半島及び佐渡島周辺でもほぼ同時期に発生していたと考えられる。

日本海における台風や低気圧の通過後に発生する急潮は、南西風に伴うエクマン輸送によって半島や岬の北西岸に堆積された沖合の暖水が、沿岸捕捉波あるいは地球自転の影響を受けた密度流として陸岸に沿って伝わったものと考えられている¹¹⁾。大慶ら¹⁰⁾は、当該漁場よりやや北方において急潮を観測した結果から、同様の発生メカニズムを指摘している。さらに、本観測結果においても、南向きの流速40 cm/s以上の強流の発生とほぼ同時に水温が急激に上昇していることから、本報告の急潮の発生メカニズムも同様であったと考えられる。

南向きの流れに転じた際の、垣網の吹き上がりや流速の増加には1時間程度の時間の遅れがあった。急潮の発生初期において上層と下層において、流速増加の時間に遅れが生じることは、これまでも観測されている^{5,12)}。また、1991年の台風19号の通過後の急潮発生時には、「底から泥が舞い上がって来た。」との漁業者からの聞き取り(中田亨氏私信)もあり、鉛直方向への流れが生じていた可能性を示している。さらに、その時急激に強まった南向きの流れの流向は10分ごとに大きく変化した。以上のことを考え合わせると、当該時刻の流れが水平的及び鉛直的に複雑であったために、水面下20mだけの流速観測では、こうした3次元的な流れを捉えきれなかったと考えられる。

2004年の台風15, 16, 18号の通過後に発生し、大きな被害をもたらした急潮では、沖合域(水深80m以深)での観測結果^{7,9)}及び被害状況から、定置網敷設漁場で100 cm/s級の強流が発生したこと可能性が考えられる。しかし、これまで定置網が敷設されている海域で100 cm/s級の強流を直接観測した事例は全国的にもほとんどなく、本報告の最大流速96.5 cm/sは貴重な観測事例と言える。能登半島東岸域の大型定置網漁場としては比較的浅めの45mの水深帯で、流速100 cm/s級の急潮が実際に観測されたことは、今後同海域において、同規模

以上の急潮の発生を前提とした定置網防災を考える必要があることを示している。

北向きの流れ(流速20 cm/s以上)において、垣網の鉛網と網裾とに7~10mの深度差が生じた(図8)。このことは、垣網は網裾側にやや下がった形で斜めに吹かれていることを示している(図9)。また、垣網網裾が流速20 cm/sを超える頃に海底に離れ始めたのに対し、昇網網裾は流速30 cm/sを超える頃から海底を離れ始めている。昇網は底面と側面から成る立体的な構造となっているため、流れを受けた際の網成りは平面的な構造の垣網に比べて安定しやすい。さらに、順流(運動場から箱網への流れ)となる北向きの流れにおいては、昇網の底面が上流側から下流側へせり上がる形となり、上流端に位置する網裾は一層離底し難くなる。これらのことは模型実験¹⁴⁾でも確認されており、先に述べた垣網と昇網の網裾の海底を離れ始める流速に、違いが発生した要因と考えられる。さらに、9月7日の北向きの流れの中で僅かに流速が弱まった16時頃と22時頃に、表層(20m以浅)まで吹き上げられた垣網網裾には深度変化が少なかったにも関わらず、中底層(25m以深)まで吹き上がっていた昇網網裾は着底に至るまで大きく変化した(図8)。この要因として、昇網網裾は、特に順流時に吹き上がりにくいという上記の構造上の特性に加え、中底層で流れの減速が表層に比べて、より大きかったことも推測できる。

本研究では、急潮発生時に、海面から約45mの深さに垂下された網の網裾が、海底から概ね30mの高さまで大きく吹き上げられる挙動が観測された(図8)。特に被害発生直前の運動場側への吹き上がりは1時間にも満たない時間内で行われた急激な挙動であった。

森山¹⁵⁾は水深約43mの運動場の沈子網(網裾)が流速約40 cm/sで最大約13mまで吹き上がった事例を報告し、石戸谷¹²⁾は水深約73mの運動場の網裾が流速約50 cm/sで最大約24mまで吹き上がった事例を報告している。異なる定置網間で運動場と垣網、昇網を単純に比較することはできないが、本報告と概ね同様の吹き上がりを見せている。しかし、これらの深度変化に前者は3時間程度、後者は約半日を要しており、本報告の被害発生直前の吹き上がりが例をみないほどの急激なものであったことを支持している。

2つの異なる二段箱式落網の模型実験結果(身網水深60と70m)^{11,12)}によると、流速50 cm/sでは、台浮子又は矢引台浮子は約20m沈下し、垣網や昇網は海底を離れて大きく吹かれる。一方、網裾の吹き上がりに関し

*5 山田東也・井桁庸介・加藤修・渡邊達郎(2007)海底設置型ADCPによる能登半島前波沖の流動観測結果。2007年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集, pp.23

*6 大慶則之・奥野充一・千手智晴(2008)台風0705号通過後における流れの鉛直構造。第62回日本海海洋調査技術連絡会議議事録(CD-ROM)。※要旨は文献11)に転載

ては、具体的な数字は報告されていないが、模型網の写真を見ると両者とも垣網網裾で水深の約半分（深度30と35m）、昇網網裾で水深の約5分の4（深度48と56m）まで海底から吹き上がっている。さらに、流速100cm/sになると、垣網網裾で水深の約3分の2（深度20と23m）、昇網網裾で約4分の1（深度15と18m）吹き上がっている。本研究の観測結果は身網水深約45mの網において、流速約50cm/sで垣網網裾では水深の約3分の1（深度15m）、昇網網裾では水深の約半分（深度23m）まで吹き上がるなど、これら模型実験の結果よりも網の深度変化は、さらに大きかった。対象定置網では昇網と運動場は概ね半年で交換しているが、この時は交換後2～3ヶ月を経過していた。よって、石戸谷¹²⁾が指摘するように、付着物により抵抗が増加していることが模型実験結果より大きな吹き上がりとなった原因と考えられる。また、模型実験^{11,12)}では流速が大きくなると側張りが沈下していき、網裾はそれ以上に吹き上がらなくなる。一方、本研究では網裾が10m以浅に達しており、模型実験とは異なる結果を示している。急潮発生時において側張りが海面下に沈下することは、漁業者の間で頻繁に確認されており、本研究の観測時においても相当の沈下があったと考えるのが妥当であろう。しかしながら、このような吹き上がりの違いが見られたことは、先に述べたように流れが鉛直的に複雑であったことも可能性として考えられる。

また、石戸谷¹²⁾は、身網中心線に対して迎角を左右に30度の流れにおける模型実験を行い、これら斜めからの流れでは平行な流れに比べていくつかの碇網の張力が偏って増加することを示し、特にハライダシ（陸から沖への流れ）系の流れが、より危険であることを報告している。本研究の観測結果では、被害発生前後の9月8日8～10時頃、大きく流向が変化し、ツケシオ（沖から陸への流れ）系やハライダシ系の流れが（図8の流向・流速図）発生した。さらに、その角度は身網中心線に垂直に近い時もあった。これは、石戸谷¹²⁾による模型実験の想定（迎角30度）を超えている。今後、このような流向を想定した模型実験を実施していく必要があるだろう。

以上のように、対象定置網の被害発生直前における挙動は、非常にダイナミックなものであった。このような挙動により、定置網各部には非常に大きな負荷がかかり、最終的にはボタン網が切断されて、網の流出に至ったものと考えられる。今後の被害防止にあたっては、ボタン網の強度や管理が十分であったかを検討し、見直していくことは当然必要であろう。しかしながら、今回の急潮は流速・流向、またそれに伴う網成りの変化も非常に大きなものであった。新潟県水産海洋研究所¹¹⁾によると、2段箱式落網が100cm/sの流速を受けた時の主側張ワイヤーにかかる張力は身網水深40m級で20、22トン（それぞれ順流時、逆流時、以下同じ）、同50m級で

37,37トンである。対象定置網（身網水深約46m）の同ワイヤー径は30mmでありその破断強度は42トン（JIS規格）であったが、安全率を1.5倍と考えると十分とは言えず、今回、ボタン網が切断されなかった場合にはワイヤーが破断していた可能性も十分あった。側張りや碇網など他の部位、さらに回収した網にも大きな破損がなく、前年（2004年）のワイヤー切断による被害時¹⁶⁾に比べて被害金額が抑えられたことは幸いであった。今後、このような被害を防ぐためには、側張りロープ、碇網及びボタン網などの部材の強化、各碇網にかかる張力や網抵抗のバランスの良い設計、こまめな網交換や付着物除去などの日常の管理だけでなく、網撤去等の急潮予測時における対策の強化¹⁶⁻¹⁷⁾などを総合的に講じる必要があるだろう。

謝 辞

調査機器を貸与していただいた京都府立海洋センター及び中外製網株式会社には、厚くお礼申し上げます。また、調査方法につき、ご教示いただいた京都府農林水産技術センター上野陽一郎主任研究員、及び本報告をまとめるにあたり、ご協力、ご助言を頂きました石川県水産総合センター大慶則之主任研究員に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 農林水産省（2008）平成18年漁業・養殖業生産統計年報、漁業・養殖業種類別生産額、297pp.
- 2) 濱邊清蔵（1926）石川県鮟定置網漁業調査、石川県水産試験場事業報告、23-27pp.
- 3) 石川県農林水産部（1992）平成3年台風19号の記録、66pp.
- 4) 岸端定置網組合（2005）荒波を乗り越えて－台風15号による急潮被害報告－、78pp.
- 5) 大慶則之・奥野充一（2005）能登半島の東岸で観測された急潮の特性、ていち、108, 1-10.
- 6) 丸山克彦（2009）日本海中部海域における大型定置網漁業と漁具被害、ていち、116, 1-8.
- 7) 浅勇輔・広瀬直毅・千手智晴（2007）能登半島東岸において2004年に発生した急潮の数値実験、海の研究、16（1）、39-50.
- 8) 大慶則之・奥野充一・千手智晴（2009）気象擾乱通過後に能登半島沿岸で観測された急潮－2003年夏季の観測結果より－、海の研究、18（1）、57-69.
- 9) 大慶則之・奥野充一・千手智晴（2008）能登半島東岸に発生する急潮、月刊海洋/号外、47, 71-92.
- 10) 大慶則之・奥野充一・町中衛・又多敏明・山下邦治・白田光司（2007）急潮現象の発生機構の解明と予測に関する研究、海洋と生物、29（4）、368-375.

- 11) 新潟県水産海洋研究所・富山県農林水産技術センター水産研究所・石川県水産総合センター・福井県水産試験場・京都府立海洋センター・神奈川県水産技術センター相模湾試験場・東京海洋大学海洋科学部・九州大学応用力学研究所・(独)水産総合研究センター日本海区水産研究所(2009)日本海における急潮予報の精度向上と定置網防災策の確立 研究成果報告書. 131 pp.
- 12) 石戸谷博範(2001)相模湾における急潮と定置網の防災に関する研究. 神奈川県水産総合研究所論文集, 1, 108 pp.
- 13) 浜野憲一(1987)生きた定置網(実技への手引書). 株式会社北日本海洋センター, 札幌, 45-51 pp.
- 14) 宮本秀明(1951)定置網の研究. 東海区水産研究所報告, 2, 1-122.
- 15) 森山豊(1992)定置漁場の流況と網成りについて. 千葉県水産試験場研究報告, 50, 1-7.
- 16) 酒井秀信(2005)台風15号による急潮被害に遭って. ていち, 108, 11-16.
- 17) 石戸谷博範(2005)急潮被害ゼロを目指す定置網漁具開発の現状. ていち, 108, 33-43.