

平成 24 年度 富山県大学連携協議会 公開講座  
第 1 回 1 限目 「寄り回り波について」

平成 24 年 9 月 1 日 (土)

13:30～14:50

富山県民会館 302 号室

## 第 1 回 1 限目

### 「寄り回り波について」

講師 富山高等専門学校商船学科

准教授 河合 雅司 氏

富山沿岸の人々は、昔から「寄り回り波」と呼ばれるうねり性の大波の被害に苦しめられてきた。最近では、2008 年 2 月に大きな寄り回り波が来襲し、二人が亡くなったほか、多くの漁船が転覆し、防波堤が破壊され、民家が波で押し流されるという被害が発生した。



富山商船高等専門学校（現富山高等専門学校）は、1967 年に開設されて以来、40 年以上にわたって寄り回り波の被害を防ぐ研究を続けてきた。本日は、その研究成果について、歴史を振り返りながら紹介する。

#### 1. 富山商船高専における寄り回り波の研究

寄り回り波の災害は、昭和に入って急増している。特に昭和 36～41 年（1961～1966 年）

平成 24 年度 富山県大学連携協議会公開講座  
第 1 回 1 限目「寄り回り波について」

にかけては毎年発生しており、沿岸住民からは「魔の波」と恐れられていた。そんなとき、1967 年に富山商船高専が当時の新湊市海老江練合海岸に開設され、初代校長の勧めで三つの問題の解明を目指して、寄り回り波の研究に取り組んだ。一つ目は、寄り回り波とは一体どんな波なのか、二つ目が、寄り回り波はどこからどのようにしてやってくるのか、三つ目が、寄り回り波をどのようにして予報するのかということだ。先の二つについてはほぼ解明できたが、三つ目の予報についてはいまだ完全には実現していない。

富山商船高専では 3 名の研究者が寄り回り波に取り組んだ。3 名の研究者のうち吉田清三氏は、寄り回り波研究の第一人者として知られ、古文書を調査し、寄り回り波の過去の発生記録などを本にまとめた。また、海上保安庁のビーチクラフト機を使って空から寄り回り波を観測し、沿岸から沖合へ向かう非常に周期の長い波動があることを発見した。



吉田清三氏が寄り回り波の観測を行った航空機

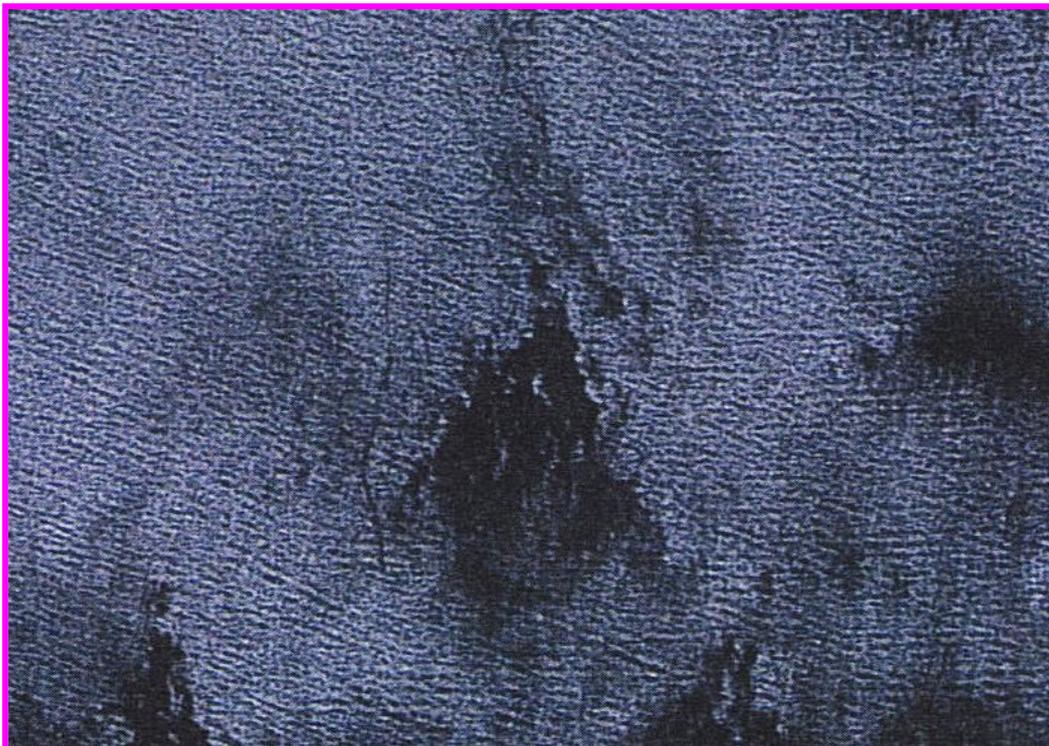
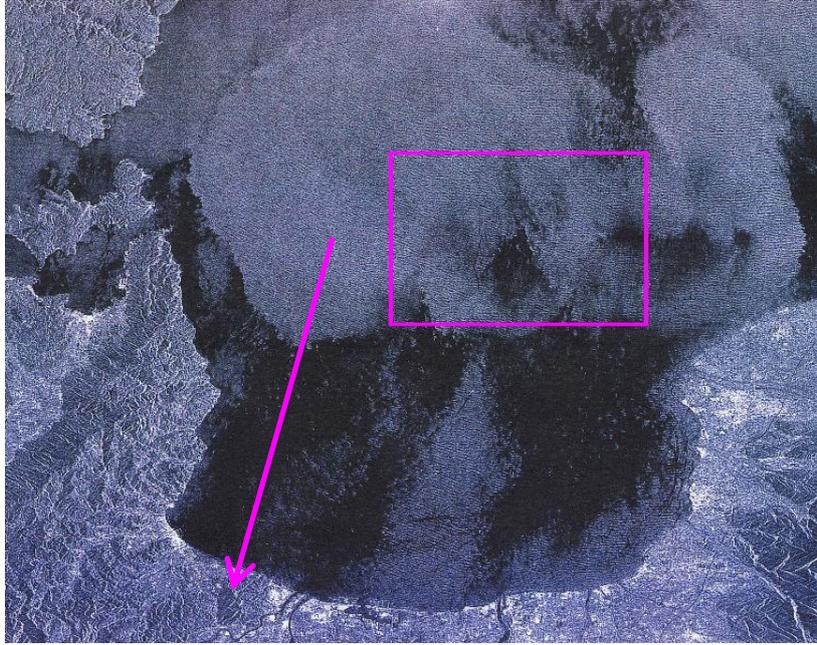
平成 24 年度 富山県大学連携協議会 公開講座  
第 1 回 1 限目 「寄り回り波について」



沿岸から沖合へ向かう長周期波動(吉田清三氏撮影, 1983 年 2 月 22 日, 魚津～富山の沖合)

石森繁樹氏は、1993 年 3 月 18 日、富山湾に寄り回り波が押し寄せてきたとき、ちょうど富山湾上空を飛んでいたヨーロッパリモートセンシング衛星 1 号 (ERS-1) の合成開口レーダーを用いて寄り回り波を観測し、寄り回り波が北北東と北東の二方向から富山湾に侵入していることを発見した。

平成 24 年度富山県大学連携協議会公開講座  
第 1 回 1 限目「寄り回り波について」



1993 年 3 月 18 日, ERS-1 合成開口レーダで観測された画像(石森繁樹氏観測)

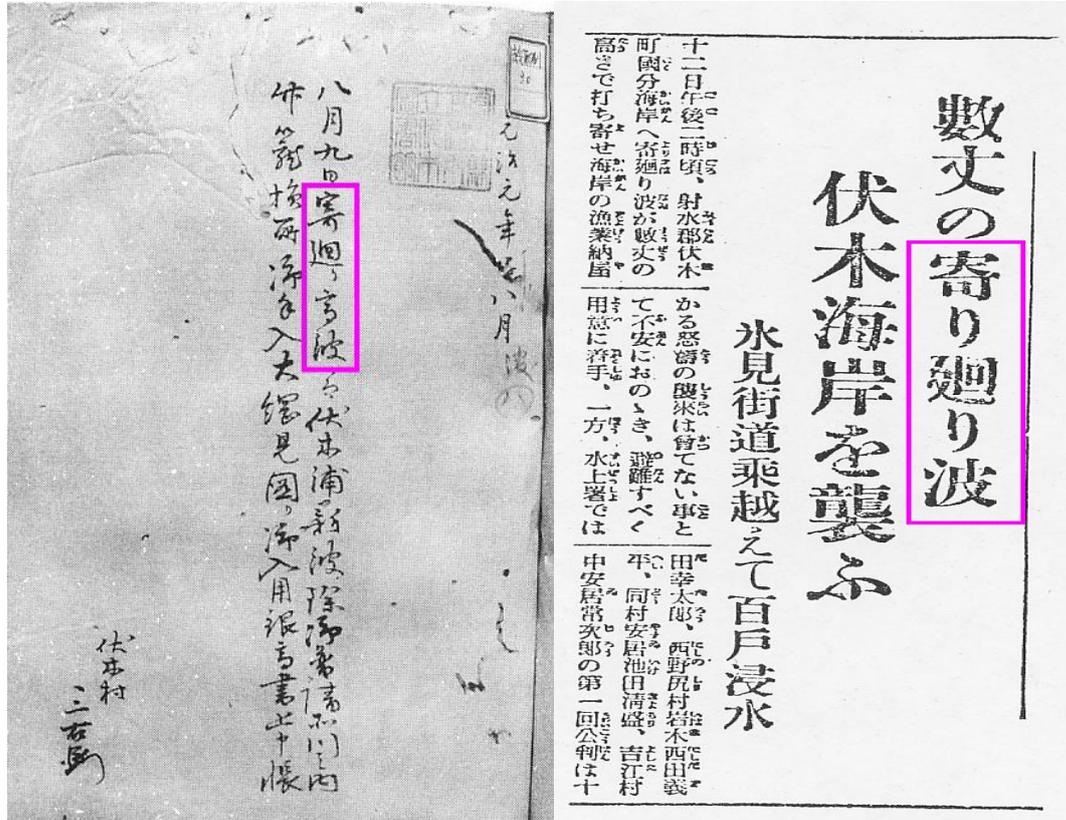
3 人目が私、河合雅司で、吉田氏と石森氏の研究を手伝っていた。吉田氏が発見した沿岸から沖合へ向かう長周期波動が海底谷の副振動によるものであることや、寄り回り波は対馬海流によって右へカーブして富山湾に侵入しているということを指摘した。

## 2. 寄り回り波の名称

「寄廻り高波」という用語は、江戸時代に自ら北前船を所有して廻船問屋「能登屋」を営んでいた藤井家の古文書の中で初めて登場する。これは 1864 年、寄廻り高波によって破壊された防波堤の修復費用を加賀藩に申請した公文書である。この資料から、幕末のころに既に寄廻り高波という言葉が一般的に使われていたことが分かる。

その後、大正 8 年 12 月発行の伏木測候所の「気象雑篇」の中に「寄り廻り」という言葉が出てきている。ここでは、「南西の暴風が収まったところに突如大きな波が殺到する。これを俗に『寄り廻り』という」と書いてある。

私たちが今使っている「寄り回り波」という言葉が最初に記録として出てくるのは、1935 年（昭和 10 年）の「北陸タイムス」という新聞の記事である。従って、「寄り回り波」という言葉を最初に記録に残したのは新聞記者ということになる。



藤井家古文書(伏木図書館所蔵)

北陸タイムス(1935年11月13日)

この「寄り回り波」の名称の由来には諸説ある。例えば、1981年10月17日の読売新聞の記事の中で、富山県河川課の瀧内俊郎氏が「寄り回り波」の語源について触れている。瀧内氏は、当時、寄り回り波の被害調査を担当し、吉田氏の研究仲間でもあった人物で、「富山湾の東部と西部で、大きな波が押し寄せる時間が数時間ずれている。この時間差攻撃が『寄り回り波』という名前の語源にもなっている」と書いている。

1981年9月29日の北日本新聞の夕刊には、「高波が散在的に存在し、来襲時間に差があることに由来しているのでは？」とある。「寄る」は寄り集まるという意味で、「回る」は、東部に押し寄せていた寄り回りが、時間をおいて西部に回ってきたという発想である。

ところが、吉田氏の著書『富山湾の海難と寄り回り波』の中には、幕末のころに「寄廻り高波」と呼ばれていた理由は「分からない」とはっきり書いてある。波が寄り集まってくるからだという説は理論的には正しいが、見ているだけでは波が寄り集まっているようには見えないからである。分かるのは、大きな波が押し寄せている海岸とそうでない海岸があるということだけだ。

廻船問屋の藤井家は、北前船の船乗りとも深い関係があった。北前船には羅針盤が搭載されていたので、沖合で寄り回り波の上になれば、寄り回り波のうねりがどちらの方向へ進んでいるのかを正確に測定することができる。一方、海岸線の方を見ると、寄り回り波は白波を立てて真っすぐに海岸線に押し寄せていつている。船乗りならば、沖合の寄り回り波の方向と海岸線に押し寄せている方向が全く違うことは、すぐに分かる。

実は「寄る」には、波が岸に近づくという意味がある。北前船の船乗りは、うねりが沿岸に近づくにつれて方向を変える、つまり「回る」ことと、しかも波高が高くなっていることに気付いて、その様子をそのまま「寄り廻り高波」という波の名称にしたのではないかと私は考えている。

### 3. 寄り回り波の特徴

寄り回り波は、10 秒以上の非常に長い周期のうねりを伴って、突如やってくる。伝搬経路としては、北海道の西方海域からのうねりが対馬海流によってカーブして、富山湾に侵入してくる。来襲時期は、低気圧が 9 月から 4 月にかけて日本海を通過し、富山湾の天候が回復したころである。また、大きな波が押し寄せる海岸とほとんど波が来ない海岸があり、一様に押し寄せるわけではない。さらに、富山県の東部と西部では、大きな波が押し

平成 24 年度富山県大学連携協議会公開講座  
第 1 回 1 限目「寄り回り波について」

寄せる時間がずれている。10km しか離れていない富山と伏木でも、波が大きくなる立ち上がりの時間が 2 時間ほどずれているのだ。

寄り回り波が富山湾に押し寄せているときは、長周期波動が発生している。富山湾には非常に発達した海底谷が幾つもあり、そこをうねりが入ってくることによって振動し、沿岸から沖合へ向かう長周期波動が発生する。海底谷における振動周期は 2~3 分であるが、この時富山湾全体の振動も存在し、その周期は 20~30 分程度である。さらに、寄り回り波がやってくる 1 日ぐらい前から、潮位全体が 20cm ほど増加するという現象が見られる。

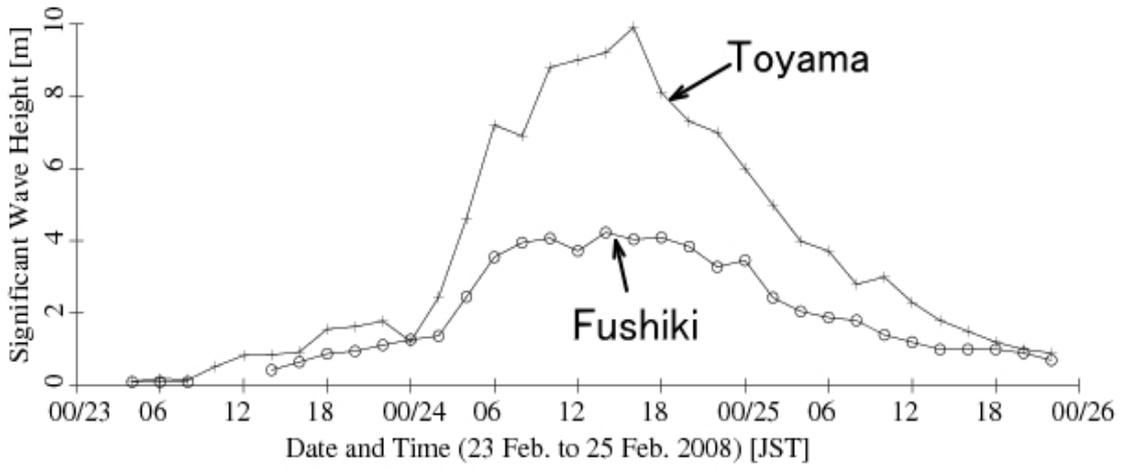


通常の寄り回り波 (2005 年 11 月 30 日, 富山商船高専屋上で撮影)

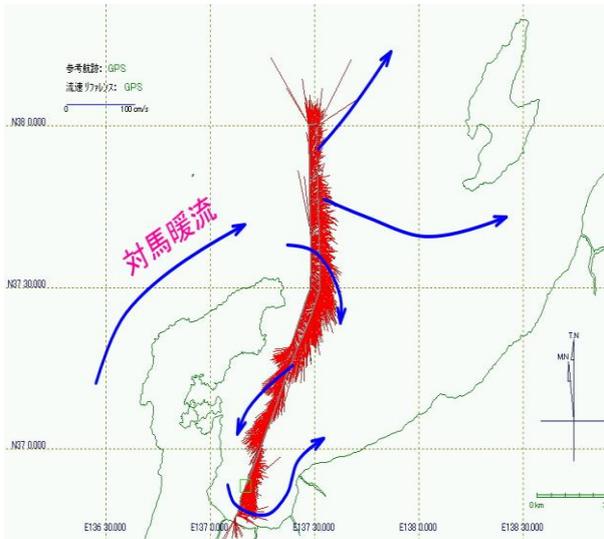


大きい寄り回り波 (2008 年 02 月 24 日, 富山商船高専屋上で撮影)

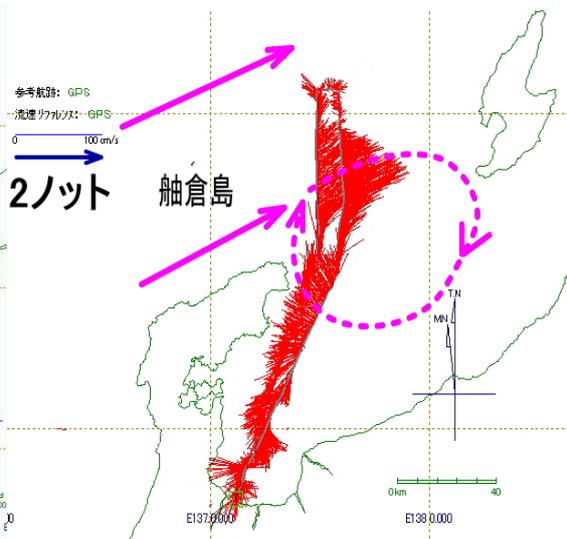
平成 24 年度富山県大学連携協議会公開講座  
第 1 回 1 限目「寄り回り波について」



伏木と富山における有義波高 (2008 年 02 月 23 日～25 日)

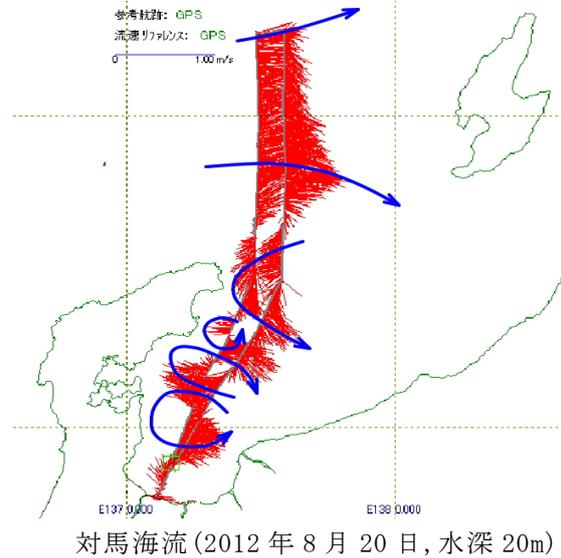
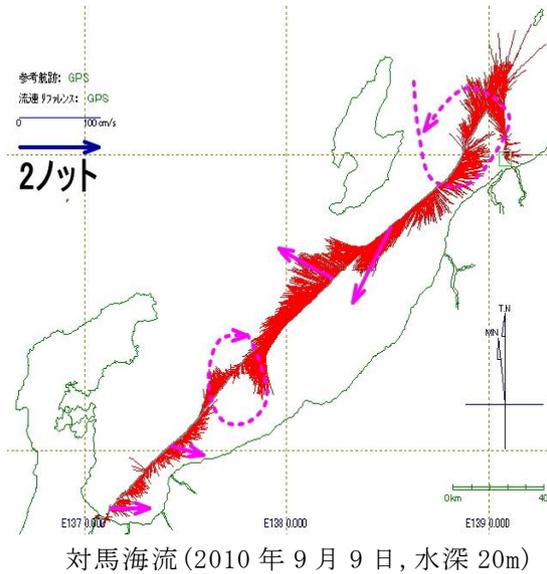


対馬海流 (2009 年 8 月 24 日, 水深 20m)



対馬海流 (2010 年 8 月 26 日, 水深 20m)

平成 24 年度 富山県大学連携協議会 公開講座  
第 1 回 1 限目 「寄り回り波について」

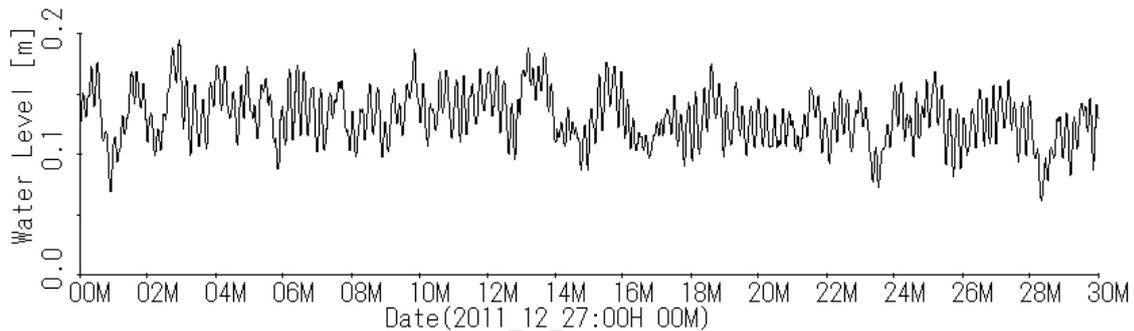


このように、対馬海流によって寄り回り波がカーブしたり、水位が増加したりするならば、対馬海流が富山湾の沖合でどのように流れているのかということが興味の対象になる。そこで、2009 年 8 月に、富山高専の練習船に搭載されている音響ドップラー流速計 (ADCP) で、水深 20m の流向と流速を測ってみた。すると対馬海流には、能登半島の地形の影響により、能登半島を回り込むような流れが生じていることが分かった。

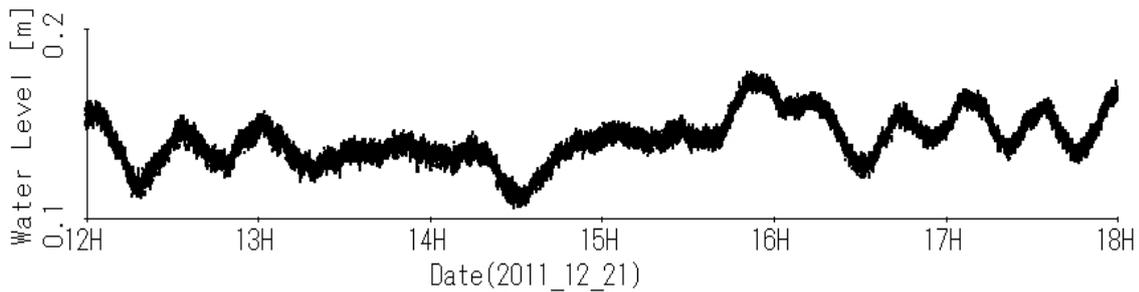
これが毎年同じように流れていれば話は簡単だが、2010 年 8 月に測ると、流れが随分と変化しており、能登半島や佐渡島の地形の影響を受け、年によっては大きな渦が発生することが分かった。北の方からやってきた寄り回り波は、この渦によってカーブし、うねりの進行方向が右へ変わる。富山湾は能登半島で守られているので、普段はほとんど波がやってこない平穏な水域だが、このようにカーブしてきた場合には大きな被害を受ける。

次に水位については、富山新港にある富山高専臨海実習場の水位観測所のデータから、潮汐力による海面の変動を除くと、2~3 分周期で海面が変動していることが分かる。これ

は富山新港そのものが振動しているということだ。それとは別の 20 分～30 分周期の副振動は、富山湾の振動によるものである。



2～3 分周期の水位変動(2011 年 12 月 27 日 0 時 0 分～30 分の富山新港内の水位)



20～30 分周期の水位変動(2011 年 12 月 21 日 12 時～17 時の富山新港内の水位)

#### 4. 波浪災害とその背景

富山湾では、災害対策本部が設置されるほどの波浪災害が約 10 年周期で発生している。ただし、民家が押し流されるような大きな被害は、20 年ほどの周期になっている。2008 年には伏木富山港伏木地区の北防波堤で、1 個 4200 屯あるブロック(ケーソン)が最大約 10m 動くという被害が発生し、富山湾の東部と西部で二人が亡くなった。そして、北防波堤を修復する際に、防波堤を新たに東側へ 150m ほど延長するという対応をしている。

平成 24 年度 富山県大学連携協議会 公開講座  
第 1 回 1 限目 「寄り回り波について」



伏木富山港(伏木地区)北防波堤,長さ約 800m に渡りケーソン(4200 屯)が最大 12m 移動



東側へ 150m 延長された伏木富山港(伏木地区)北防波堤



修復後の伏木富山港(伏木地区)北防波堤

先述のとおり、富山湾沿岸の寄り回り波による波浪被害は昭和になってから激増している。その原因はどこにあるかというと、富山県には、昭和になってから治水や発電を目的に多数のダムが造られ始め、現在約 70 のダムがある。昭和以前は、庄川、神通川、常願寺川、黒部川から大量の土砂が富山湾に供給されていて、海岸侵食はあまりなかった。ところが、ダムができたことで、土砂の流入が大幅に減り、海岸侵食が進んだのだ。

波浪災害がよく発生する高月海岸は、常願寺川の東側にある。また、2008 年に大きな被害のあった芦崎地区は、黒部川の東側にある。富山湾の水の流れは反時計回りになっていて、川から供給された土砂は必ず東の方へ流れていき、そこに大きな砂浜が形成されてきた。ところが、ダムが造られたことであまり土砂が流れてこなくなったので、海岸の侵食が進んだために、本来なら大きな砂浜ができて寄り回り波から守られているはずのところ、で被害が出るようになったのである。

海老江地区の海岸も、戦前までは非常に広い砂浜が広がっていたが、今では砂浜はほとんどない。消波ブロックで防波しているので、寄り回り波による災害そのものは減っているが、海岸は消波ブロックで埋め尽くされてしまっている。ダムは川の氾濫を防ぐので、常願寺川や庄川等の川岸付近に住む人たちは助かっているが、海岸侵食が進む富山湾沿岸の人は大変なことになっている。



ダムで川の流れを制御 [祖山ダムの下流側(写真左側)では庄川の川底が見えている]

## 5. 寄り回り波の予報について

1981 年～1982 年にかけての期間だけ、伏木海上保安部、富山地方气象台、地方自治体などが協力して、寄り回り波の予報に取り組んだことがある。このときは、富山地方气象台の波浪予報に基づいて佐渡島や富山湾沿岸で波浪の目視観測を実施し、寄り回り波来襲の 1 時間前までに予測するというシステムであった。

しかし、これは失敗に終わった。原因は、目視観測に頼るしかなかったことにある。寄り回り波を予報するには観測が不可欠だが、30 年前は自動観測の技術はなかった。しかも、寄り回り波は冬の早朝にやってくるため、雪が積もっていることが多い。そういう状況下では、波浪の目視観測が機能しなかったのである。現在、その 30 年前に目指した予報シ

平成 24 年度 富山県大学連携協議会公開講座  
第 1 回 1 限目「寄り回り波について」

システムの実現を目指した取り組みが進められている。今なら波浪の自動観測がリアルタイムででき、携帯電話などを使ったリアルタイムの通報システムもあるので、技術的には実現可能な環境が整っているといえる。

気象庁は現在、波浪注意報と波浪警報を出していて、それぞれ有義波高が 2m 以上、4.5m 以上になると予想される場合に発表される。しかし、うねりについては、「うねりによってしけとなる見込みです。海上や海岸付近では、急な高波の来襲に警戒してください」と言うか、あるいは「規模の大きいうねりによって大しけとなる見込みです。海上や海岸では、船舶の転覆や越波による家屋の浸水に警戒してください」と言うかなど、言い回しによって区別しているだけで、実質的には波浪注意報と波浪警報しかないのが現状である。

国土交通省の北陸地方整備局は、2008 年 2 月の寄り回り波災害を受けて、富山湾における「うねり性波浪」対策検討技術委員会を設置して、波浪災害を防ぐ方策について議論した。富山新港では、平成 30 年から液化天然ガスを用いた火力発電の運用が始まるため、液化ガスの基地ができ、そこにガスを積んだタンカーが定期的に入港することとなる。そのときに寄り回り波が来て、漏れ出したガスに引火すれば、富山新港は炎上するといわれている。従って、どうしても寄り回り波の予測が必要になるのだ。

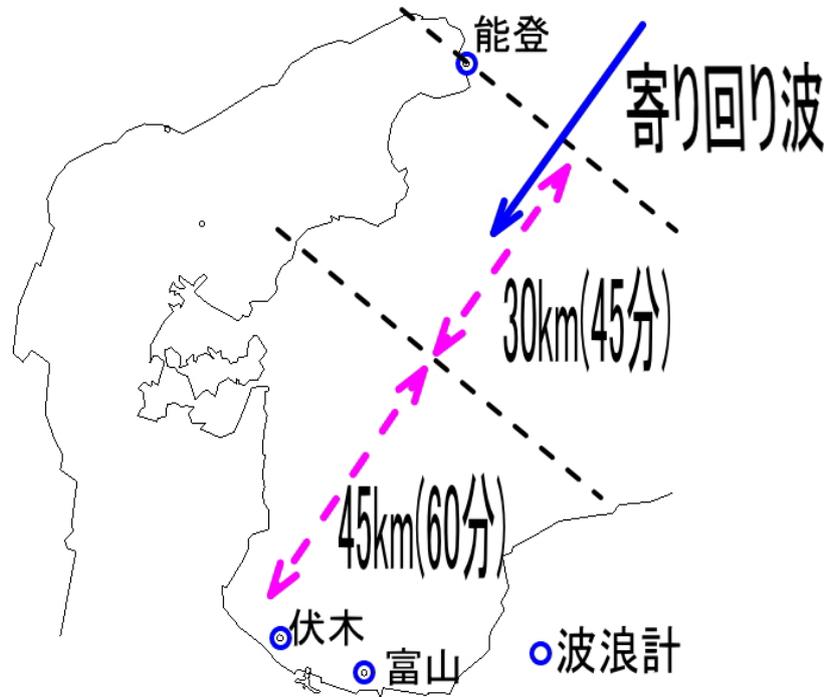
そこで、昨年 11 月から今年 3 月にかけて、「うねり性波浪」予測・監視システムに関する意見交換会が開かれ、このシステムの予測精度が議論された。このシステムは、現在 9 月から 2 月までの期間において試運用されている。その特徴は、波浪数値計算の結果と波浪観測値とを比較し、誤差を修正することによって予測精度を向上していることにある。留萌から富山までの沿岸に設置された波浪計を用いて、寄り回り波の伝搬をリアルタイムで監視し、約 3 日後まで予測するシステムになっている。

しかし、このシステムには問題点がある。対馬海流は、能登半島から佐渡島にかけての海域では、地形の影響を受けて非常に複雑な流れ方をしているため、それを考慮して寄り回り波の伝搬を計算することが難しいのである。従って、計算だけで予測するには限界がある。

そこで私が提案しているのは、能登半島の先端海域に波浪計を設置して、うねり性波浪が富山湾にやってくる前に観測により捉えて予測するという手法である。昨年の冬の実験では、自記式の波浪計を使って超音波で海面までの距離を測定し、内部メモリにデータを保存し、回収してからデータを取り出すことにした。波浪計と陸上の観測機械とを海底ケーブルで結んでリアルタイムでデータを取ろうとすると、1 億円もの費用がかかってしまうが、データは内部メモリに蓄積して 3~4 カ月の観測後に回収するという方法ならば、200 万~300 万円でできる。

能登半島先端に設置した波浪計と富山の波浪計のデータを比べると、能登半島の方が 2~3 時間早くうねりが来る。うねりは周期によって伝搬速度が変わり、2008 年のときに来た周期 14 秒のうねりは 30km を 45 分で伝搬する。このようにスピードの速いうねりでも、能登半島の先端であれば、富山に来る約 2 時間前にキャッチできる。この時間差を利用して、1 時間後に寄り回り波が来るという情報を出すことができる。

国土交通省が行っている「うねり性波浪」予測・監視システムは、約 3 日後まで、1 時間ごとに、富山湾及びその周辺海域における波の有義波高や有義周期等を予測し、危険なうねり性波浪が来そうな場合はメール等で連絡するというものである。このシステムは正式にはまだ決まっていないが、今年の 10 月から、国交省の北陸地方整備局の中で正式運用が始まる予定になっている。



能登半島先端海域で寄り回り波を観測により約 2 時間前に捉えて予報

## 6. まとめ

1970 年以降、寄り回り波によって亡くなった住民は、28 名に上る。そのため、一刻も早い対策が求められているが、対馬海流を考慮したうねりの伝搬計算は非常に難しく、寄り回り波の数値予報は簡単ではない。ただ、寄り回り波の監視は技術的には可能なので、佐渡島や能登半島先端に波浪計を設置し、波浪データのリアルタイム処理により、数時間前の予測を行うことはできると考えている。

伏木富山港の安全を確保するためには、寄り回り波災害警戒情報を発して、船舶の出入港を制限したり、錨泊船舶を港外に避難させたりする必要がある。現在、富山県においては、大雨警報に加えて土砂災害警戒情報を流すことで、土砂災害への対応はしている。し

かし、波浪災害については現在のところ波浪警報のみである。従って、何時間後に大きな寄り回り波が来るという観測によって得られた情報に基づいて波浪災害警戒情報を出す仕組みを構築することが求められている。