

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 8 日現在

機関番号：53203

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560800

研究課題名（和文） 富山湾沿岸部の海潮流の発生メカニズムの解明と予測技術の確立

研究課題名（英文） Analysis of the occurring mechanism and the prediction method of the ocean and tidal currents at the near shore area of Toyama Bay

研究代表者

千葉 元 (CHIBA HAJIME)

富山高等専門学校・商船学科・教授

研究者番号：20369961

研究成果の概要（和文）：

富山湾沿岸部の流れの解析のため、層厚 0.25m の 1200kHz ADCP を海底設置して、時系列データ取得を行った。まず、庄川河口部において、塩分楔の形成を ADCP と CTD により確認した。次に、滑川、海老江、氷見沿岸の 3 箇所において、2～5 日間の ADCP 調査を行った。結果として、流速は全体的に約 0.1～0.2m/s 以下と弱い、潮汐流が周期的に起こり、吹送流が約 10m/s に達する強風時には約 0.4～0.5m/s、水深約 5m まで達しているのが確認された。

研究成果の概要（英文）：

For the analysis of the currents at the near shore area of Toyama, the time domain data have been observed by the water bottom setting type 1200kHz ADCP, which the observation layer is 0.25m. At the river mouth of Shogawa river, the presence and structure of the salt water wedge was observed. And, at the coasts of Namerikawa, Ebie and Himi, the 2-5days ADCP observations have been done. As the results, the speed was about 0.1-0.2m/s at the whole area and tidal and wind drift currents are observed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：海洋環境・海潮流計測

1. 研究開始当初の背景

日本列島本州の中部の日本海側に位置する富山湾は、大陸棚の発達が少なく、陸岸から海底へ向けて急峻に落ち込む海底地形となっている。また、富山湾には日本海を北上する対馬暖流の分流が定常的に湾内に侵入し、これが湾内で反時計廻りの大きな流れを作っていると言われ、対馬暖流層が形成され

ている。一方、富山湾には立山連峰に源を發する河川が多く流入し、これが塩分の低い沿岸表層水域を形成している。海流、潮汐に伴う潮流、風に伴う吹送流、水温や塩分勾配による密度流等に様々な影響を与えていると思える。財団法人環日本海環境協力センターでは、富山湾の海洋環境の保全を目的として、平成 15 年度より「富山湾プロジェクト」を

実施している。富山湾の広範囲な海水温度やクロロフィル濃度等の分布は、人工衛星リモートセンシングが可能である。ここで、人工衛星データのリファレンスとしてシートルースデータの収集を行っている。平成15～18年度に渡るデータを解析した結果、海潮流、河川水流入、海底地形等に起因すると思える海水流動の季節・時間・場所的特性が見え、またこれが海水の化学特性の平面及び鉛直分布へ大きな影響も与えることも推測できた。そこで、平成19～平成20年度においては、科学研究費補助金「富山県沿岸域の海潮流の季節・場所的変動特性の実船観測と数値シミュレーション」(基盤研究(C):課題番号19560806)により、観測船に小型 ADCP を設置して、海潮流の流向流速の定性的な観測を行った。また、この現象に対する数値シミュレーションも実施してきた。しかし、①富山湾沿岸部の海底地形が複雑であること、②解析対象とする海流・潮流・河川水流入の現象が常に変動している、③観測周期が離散化していることから、目標とした富山県沿岸域の海潮流の季節・場所的変動特性の実用的な把握には、まだ十分に到っていない状況である。

2. 研究の目的

前章で述べた富山湾の海水の層構造や海底地形は、海流、潮汐に伴う潮流、風に伴う吹送流、水温や塩分勾配による密度流等に様々な影響を与えていると思える。実際には、こうした流れが複合して、現場の海域に発生するが、個々の影響は線形現象に捉えることができるので、全体的な特性の概略をつかむ事は可能と考える。こうした富山県沿岸部における、海潮流の季節・時間・場所的な流向流速特性を把握し、その予測技術を確立できれば、船舶運航、防災、漁業、海岸施設、海洋環境保全等の多くの分野に貢献できる。この研究の目的は、自然現象であり定性化が困難であると言われている、沿岸域の海潮流の特性を明らかにすることである。

3. 研究の方法

「富山湾プロジェクト」では、富山高専が所有する実習艇「さざなみ」により、基本的に月一回の観測航海が実施されている。図6に富山湾プロジェクトにおける観測定点を示す。ここで、CTDによる水深50mまでの計測を行い、同時に ADCP(RD Instruments 社の600kHz ワークホース ADCP)により海潮流の流向及び流速を測定している。この ADCP は水深約100mまでのボトムトラッキング計測が、層厚2mで可能である。

また、やはり図6に示した、「若潮丸」観測定点においても、富山高専が所有する「若潮丸」(231t)にて、基本的に月一回の水深約

700m までの CTD 観測を行っている。ここで船底設置型の150kHzワークホース ADCP での流向流速も行っているが、測定水深は約200mまでで、層厚は8mである。また、年一回、夏季において、能登半島北方にて対馬海流の流向流速調査を実施している。ここで、直径が約30～50海里レベルの環流があるのを、ADCP 観測と衛星画像で確認している。

そして、沿岸部の複数点における連続時系列データを測定するために、1200kHz ワークホース ADCP の海底設置計測を実施した。この ADCP の、測定最大水深は約20m、測定最小層厚は0.25mである。表1に ADCP の諸元、図1,2に計測、設置状況を示す。

こうして3段階の ADCP を用いた計測を行い、富山湾沿岸部での海潮流調査を行った。

表1 ワークホース ADCP (RD Instruments 社・株式会社エス・イー・エイ) の諸元

Items	Range
Oscillation center frequency	1200 kHz
Layer thickness	0.25m
Maximum measurement depth	30m

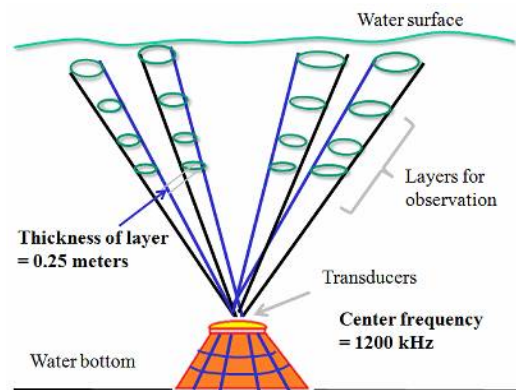


図1 海底設置型 ADCP に多層流向流速計測



図2 1200kHz ADCP の海底設置状況 (スキューバダイバーにより土嚢で固定を行う。)

4. 研究成果

(1) 河口域における塩水楔の計測

海と河川との接点となる、庄川河口域における流動特性把握の為に CTD および ADCP 調査を、2011 年 8 月 30 日に行った。図 3 には ShoST[1~10] で表した 10 点の観測ポイントを示した。最も上流に位置する観測ポイントを ShoST1、最下流に位置する観測ポイントを ShoST10 とし、この区間距離はおおよそ 4km となる。ADCP は ST1 に河底設置を行い、CTD 観測は小型船より、アレック社製の小型 CTD を降ろすことにより行った。

図 4 に CTD 観測による温度、塩分の河口域 10 点での観測値より作成したコンター図を示す。縦軸を水深、横軸を観測点とした。上部が水面、下部が川底、左側が上流、右側が河口となっている。赤色は値が高いことを表し、青色は値が低いことを表している。

図 5 に ADCP による定点計測の流向の観測結果を示す。縦軸には水底から約 70cm のセンサー部からの距離を示し（水深や約 5m）、横軸を時間とした。ここで、紫色が北の方角を表し、緑色が南の方角を表している。図 4 において、水深が 2m を越えたあたりから各成分の値が急激に増加していることが分かる。また図 6 から、水深 0.5m~2.5m では北の方向への流れが確認できるが、ここでの流速は約 0.1~0.2m/s であった。また、水深 2.5m~4.5m では南の方向に約 0.1m/s 以下の比較的遅い速度で流れているが、ここでの流速は約 0.1m/s 以下の弱いものであった。

庄川の地形より、北側が上流、南側が河口となるので、水深 0.5m~2.5m の層は河口に向かい流れており、水深 2.5m~4.5m の層は上流に向かって遡って流れていると言える。

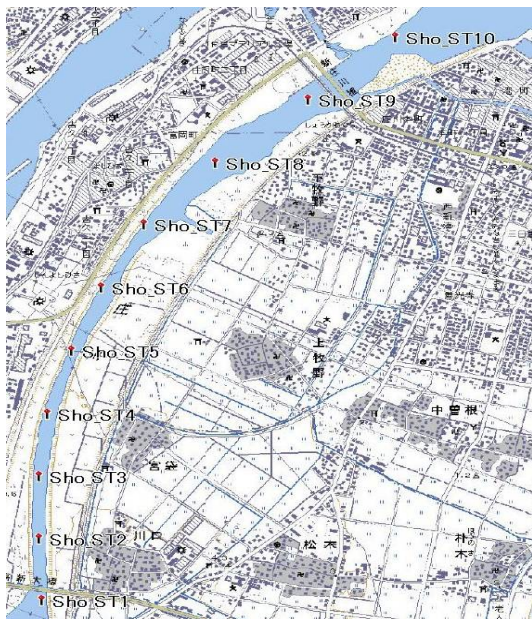


図 3 庄川河口域観測における観測ポイント

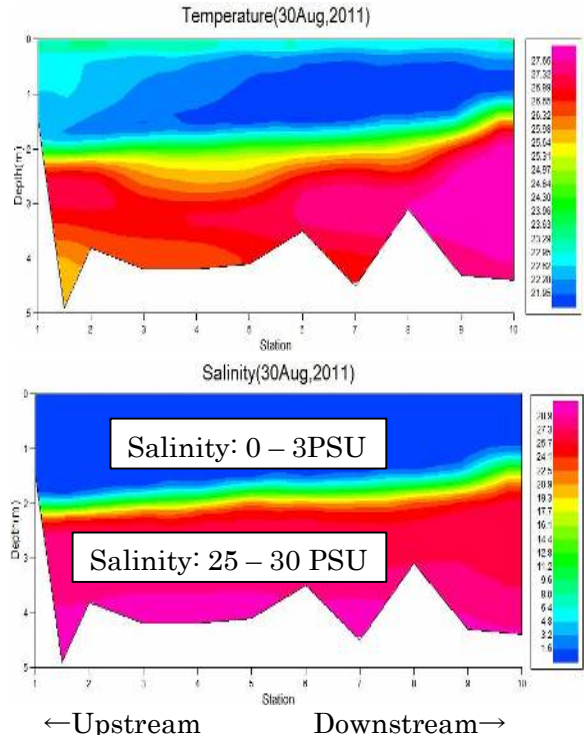


図 4 CTD 観測結果（上:水温[°C], 下:塩分）

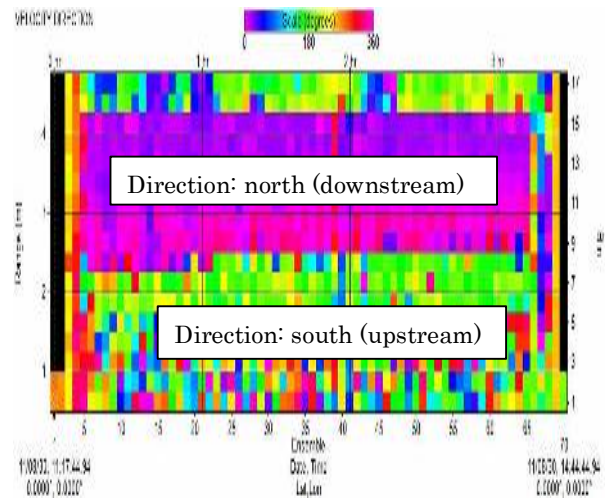


図 5 ADCP 観測における流向（横軸は時間）

そして、水深 0m~0.5m の層は上流に向かって遡上していることがわかる。これらは図 4 から、塩分を含んでいない淡水であることが確認できるため、観測当日の北からの風で水面上の水が流されていた結果であると考えられる。また、同時に計測している蛍光量は淡水領域では低く、海水領域で相対的に高くみられ、海域において増殖した植物プランクトンが、塩水楔によって河川に逆輸送されている事が予想される。こうした塩水楔の存在と規模が確認され、1200kHz 海底設置型 ADCP の動作と測定精度確認が行えた。

(2) 沿岸部における ADCP 連続観測

富山湾沿岸部における流れの時間的な変化を把握するために、1200kHz ADCP の海底設置による計測を実施した。2011～2012年度における数回の予備実験を経て、2013年の3～4月期に、図6に示す観測点①～③において観測を行った。尚、観測点①は富山県立滑川高校海洋科（旧、富山県立海洋高等学校）、観測点②は富山県立氷見高等学校海洋科学科（旧、富山県立有磯高等学校）の、藻場増殖実験場である。観測点③は地元NPO法人の藻場増殖実験場であり、ここでの海洋環境観測を富山高等専門学校が支援している。これらの観測の際には、必要に応じ、海上保安庁、地元漁協等への申請を行っている。

まず、観測点①については、2013.3.20～3.21に実施した。ここで ADCP の設置と回収時に CTD 観測を行っているが、塩分が、表層から水深約2mに渡る全体において約25PSU以下であり、直近の上市川からの流入水が大きく影響していると思える。ADCP 観測結果より、流れの速さは約0.1～0.2m/s以下であり非常に弱い、潮汐影響と思われる数時間周期での流向変化が見られる。また、5～10m/s程度の強風での吹送流も確認できた。

観測点②については、2013.4.16～4.20に実施した。ここで、ADCP の設置と回収時におけるCTD 観測では、水温が約11℃、塩分が約34PSUが水深約5mまで、ほぼ一定であり、対馬暖流水の影響が大きく、河川水影響が小さいことが分かった。図7に ADCP 観測の結果を示す。(1)、(2)共に縦軸は、海底から約70cmにあるセンサー部からの距離を示し、横軸が計測時間を示している。水深は約6mである。

図中の海表面は、潮汐計算値と反射強度値から推定した。ADCP 観測結果より、水深が約1m以上では流れの速さは約0.1～0.2m/s以下であり非常に弱い、潮汐影響と思われる数時間周期での流向変化が見られる。また、強風での吹送流も確認できるが、ここでは速さが約0.5m/sに達している場合もある。これは、この実験場が直接に広く外海に接しているためと思える。また、図7(2)では、4月17日の6:31から19:19のデータをスケールアップしている。気象庁の氷見アメダスの観測データによると、この日の14時頃に風向が西から北東に急変し、平均風速で約5～8m/sの強風が3時間ほど続いている。これは、寒冷前線通過に伴うものと思える。図より北東の強風による南向きの吹送流が、約5m深の海底に達しているのが確認できた。

観測点③については、2013.4.2～4.4に実施した。観測点①は河口直前にあり河川水の影響を非常に受けやすく、観測点②は受けにくい場所にあり、これは観測データから確認されている。海老江海岸は、風や海潮流の影響により、富山新港や神通川の影響を受けやすいロケーションにある。まず、ADCP 観測結果では、流れの速さは約0.1～0.2m/s以下であり非常に弱い、潮汐影響と思われる数時間周期での流向変化が見られた。CTD データより、水深が約0.8mまでは、水温、塩分共に河川水影響を受け、これ以深より温度で約1℃程度、塩分で約5PSU以下の減少をしている。これ以深では沿岸海水の一般的な温度と塩分である。こうした2層構造を形成しているのが確認された。尚、観測点②、③においては、湧昇流の存在も観測されている。

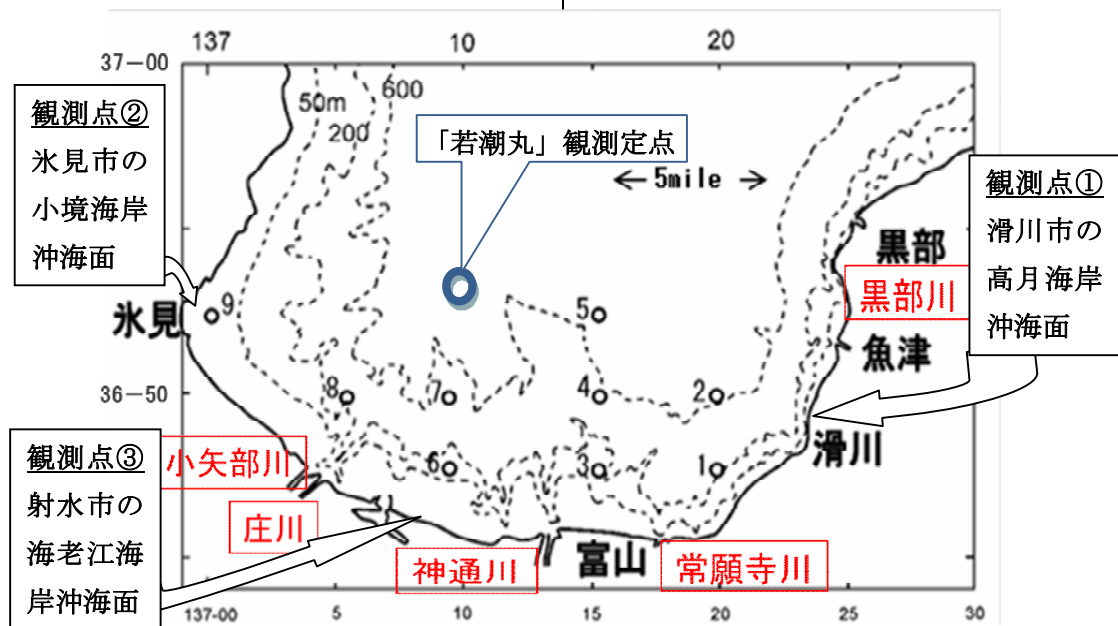
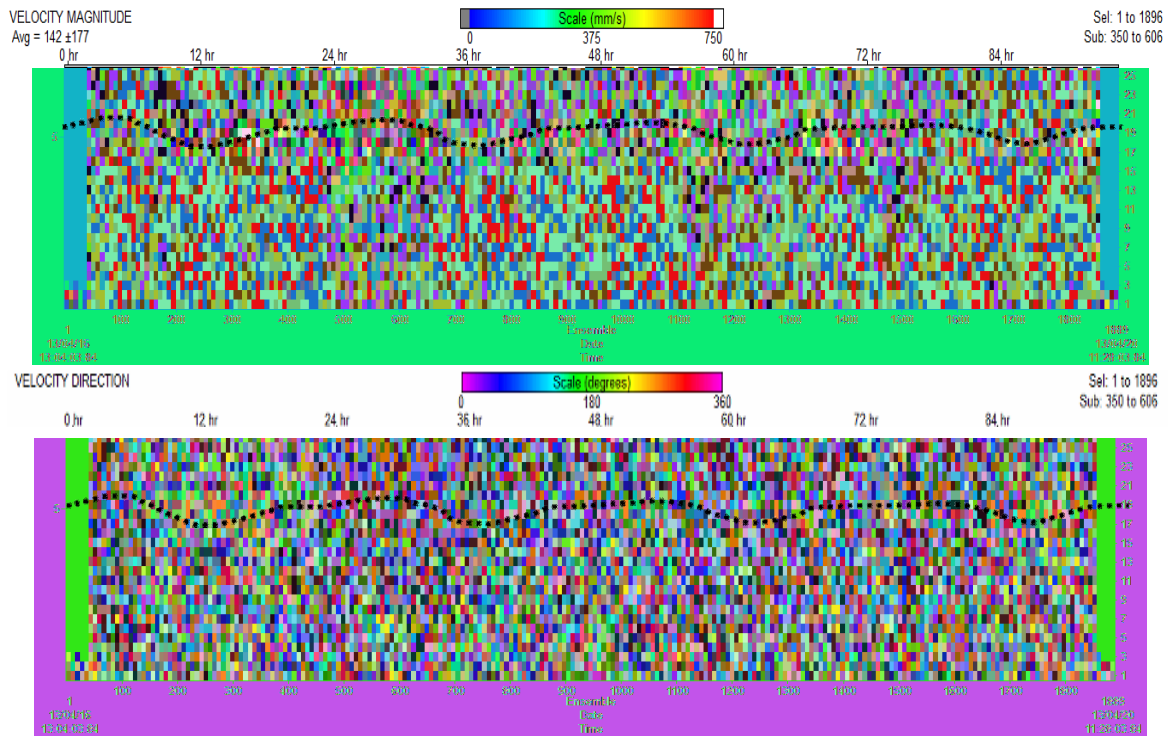
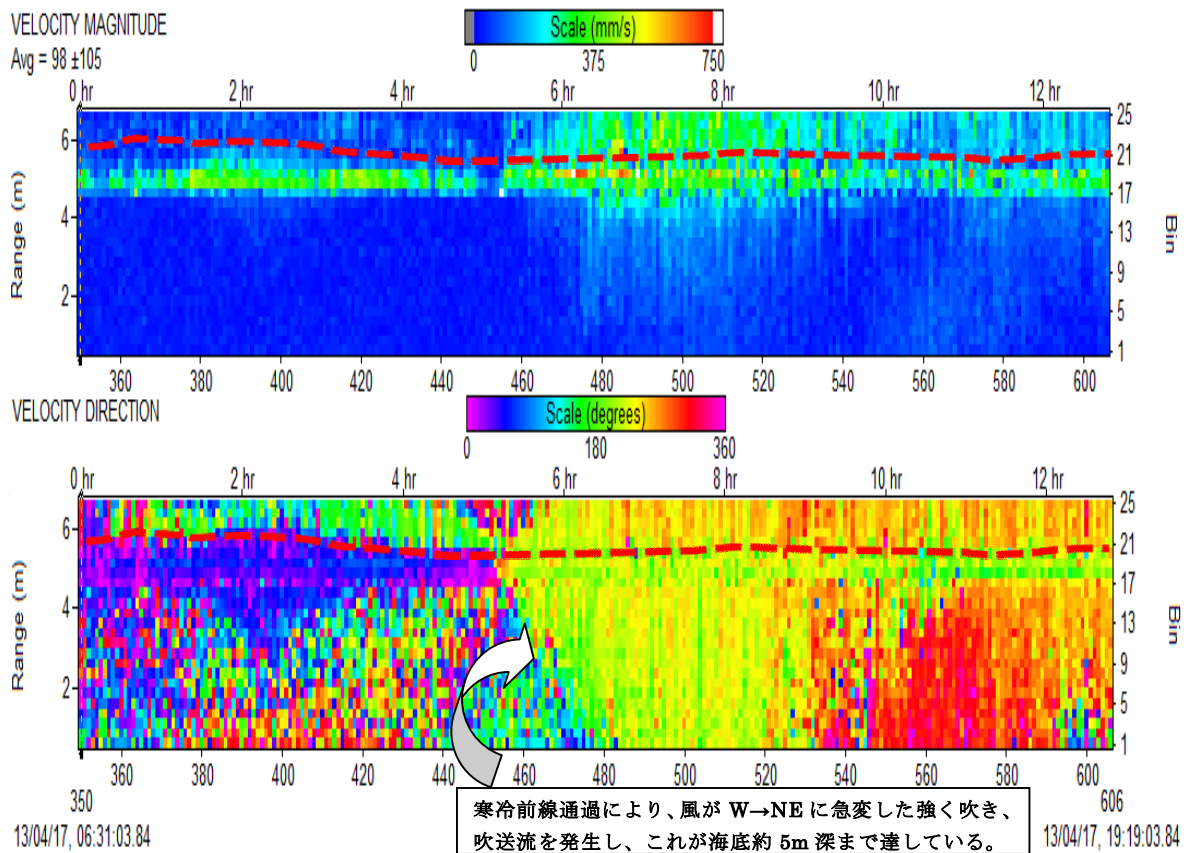


図6 1200kHz 海底設置型 ADCP による連続計測3点（滑川，海老江，氷見）及び「さざなみ」CTD・ADCP 観測定点 (St.1～9)，「若潮丸」CTD 観測の定点



(1) 2013.4.16～4.20 における ADCP 連続観測における流速(上), 流向(下)
(赤点線は潮汐計算値と反射強度より推定した海表面位置)



(2) 2013.4.17,06 : 31～19 : 19 における ADCP 連続観測における流速(上), 流向(下)
(赤点線は潮汐計算値と反射強度より推定した海表面位置)

図 7 図 6 の氷見小境海岸沖の観測点③における ADCP 連続観測結果 (2013.4.16～4.20)



図8 海洋観測データ無線伝送ブイの設置
(温度・塩分センサー,無線LAN送受信器搭載)

また、「さざなみ」搭載の 600kHz ADCP で観測している、図6で示す、St. 6においては、この2層構造の上層が10~30m程度の厚さを持つようになり、流速は約0.1~0.2m/s以下で弱いが、流向が異なるのが確認されている。

そして、ADCP等で観測された海洋環境データを無線伝送するブイを試作し、この基礎実験を行い、温度・塩分等の観測及び伝送に成功している。観測点③における設置状況を図8に示す。2.4GHz帯の無線LANシステムと搭載し、複数のブイ設置によるネットワークかも可能で、この周辺海域での基礎実験には成功している。これに、ADCPにより流れの情報をリンクしていくのが今後の課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

①吉田将司, 千葉元, 北條晴正:「富山湾における環境観測用センサネットワークの構築 III —海水温観測システムの運用と課題—」, 日本航海学会論文集第128号, 2013年(査読有), 153-159

②財団法人環日本海環境協力センター:「平成24年度環境省委託業務 北西太平洋地域海行動計画活動推進事業報告書」, 2013年(査読無), 119-149の[参考資料7]を千葉が執筆

③千葉元, 金山恵美, 田近茂樹, 東山茂勝, 井口眞司, 古山彰一, 辻本良:「富山湾の海水温度・塩分の季節変動特性 —第6報—」—実習船「さざなみ」による海洋環境計測—,

富山高等専門学校紀要第1号, 2010年(査読有), 15-24

[学会発表] (計3件)

①Kenji Hamada, Satoshi Yukigaki, Hajime Chiba, Shigeki Tajika, Taizou Kaneda, Emi Kanayama, "Observations of Current Direction and Speed by Shipboard ADCP at Toyama Bay", 2nd East Asia International Student Symposium on Maritime Sciences (EAISS2012) Nov.,20-24, 2012, Kobe, Japan

②Hajime Chiba, Miho Sugie, Satoshi Yukigaki, Kenji Hamada, Shigeki Tajika, Shintaro Hashimoto, Taizou Kaneda, Emi Kanayama, Sho-ichi Furuyama, "Oceanographic Observations by Onboard CTD and ADCP at Toyama Bay", 2nd International Symposium on Expertise in Sustainable Society, Nov.30,2012,Toyama, Japan

③千葉元, 濱田健史, 田近茂樹, 橋本心太郎, 古山彰一:「ADCP観測による富山トラフ周囲の海潮流調査 —2010,2011,2012年夏期の観測データの考察—」, 海洋気象学会2012年度第2回例会, 2012年12月17日, 大阪管区気象台

6. 研究組織

(1)研究代表者

千葉元 (CHIBA HAJIME)

富山高等専門学校・商船学科・教授

研究者番号: 20369961

(2)研究分担者

無し。

(3)連携研究者

竹内章 (TAKEUCHI AKIRA)

富山大学・理工学研究部・教授

研究者番号: 20126494

古川彰一 (FURUYAMA SHO-ICHI)

富山高等専門学校・電子情報工学科・

准教授

研究者番号: 90321421

松浦知徳 (MATSUURA TOMONORI)

富山大学・理工学研究部・教授

研究者番号: 10414400

吉田将司 (YOSHIDA MASASHI)

サレジオ工業高等専門学校・

機械電子工学科・講師

研究者番号: 50446241