

2 海洋測器のmooringについて

岩佐 欽司 (海上保安庁水路部)

1) ま え が き

近年Buoy による気象、海洋等の定置観測が世界各国でとり上げられ、昭和38年6月西独のKeilにおいて定置海洋Station に関する専門家会議が開かれ、米、英、伊、Norway およびUnesco から多数の関係者が出席し、討議が行なわれ、昭和39年6月の第3回政府間海洋学委員会においてもBuoyの問題および周波数割当などがとり上げられ、昭和39年3月Washington で開かれた第1回国際Buoy工学のSymposiumには米、英、独、Canada などの各機関で開発ないし計画中の定置Buoyのうち20種類以上についての報告がなされた。

わが国においては昭和36年10月25日付内閣総理大臣から海洋科学技術審議会に対する諮問第2号の答申の中に流速などの自動観測Buoyの試作がとり上げられ、また昭和38年6月7日付諮問第1号に対する第一次答申においても一般海洋定期調査、特定海域総合海洋調査、沿岸海洋総合調査研究、水産海洋調査のための定置Buoyがとり上げられた。諮問第2号に対する答申では「海洋が変動的であることから定点における長期にわたる連続観測が必要であるが、船舶を長期間洋上に定置することが困難であるので」定置用Buoyを開発する必要があると述べている。また諮問第1号に対する第一次答申では一般海洋定期調査のための定置用Buoyについて「時間的に連続した資料を得るために」必要であり、将来は調査船による定期調査に代えるべきであると述べている。また昭和39年3月5日の第2回施設設備分科会においてBuoy robot 小委員会が設立され、昭和40年2月1日第1回小委員会を開き以来、Buoy robot に関する各国の現状の検討、各分野の要望の提出などを行ない、その中から主な海域として黒潮、沿岸、深海をとり上げ、それぞれについて具体的な審議が行なわれた。

以上わが国および世界の定置Buoyについての現状の概略について述べたが、Buoy robot の必要性としては、時間的に連続した資料が容易に得られ、情報量の割には安価であり、観測を自動化することによつて労力を節約できるなどが考えられる。

海上保安庁水路部では以上述べた見地から種々の海洋調査用のBuoy robot を開発し広く実用に供しているので、これ等の概要およびMooring について以下簡単に述べ、将来大型化されると予想されるBuoy robot について何らかの参考になれば幸と思います。

2) 水路部におけるBuoy robot の開発および実用化について

(1) 記録式Buoy robot について

水路部における記録式Buoy robot はすでに昭和9年7月に新しく開発した洋中驗潮器⁽¹⁾を渤海および黄海に設置し一週間にわたる驗潮記録を得た。

またEkman-Mertz 驗流器を使用する海潮流観測は船艇を所要海域に錨泊して昼夜を分かたず驗流作業を行なうため多額の費用と労力を必要とするので、昭和22年水路部の小野弘

平氏（現三洋水路株式会社）が主となつて、所要海域にBuoyを定置し、このBuoyに取付け1昼夜から3昼夜の連続観測可能な自記験流器⁽²⁾を開発し、現在でも沿岸観測用として広く使用されている。

この自記験流器は1昼夜から3昼夜の連続観測しかできないので、一般の海潮流観測標準地点の予報値をだすためには少なくとも15から30昼夜の連続観測が必要となるため、期間中少なくとも5～6回の記録紙を取替える必要がある。この不便を除くため昭和41年度特別研究促進調整費「沿岸海湾の海象に関する総合研究」の一環として1ヶ月間の連続観測可能な長期型自記験流器⁽³⁾を開発し、昭和41年8～9月広島湾の海潮流観測の長期連続観測点に使用し欠測なく良好な結果を得たので、昭和42年1～2月広島湾および昭和42年7～11月徳山湾において実用し、今後の長期連続観測に必要な欠くことのできない験流器であるとの確信を得た。

以上自記験流器の開発について述べたが、自記験流器による0.1kt以下の観測はアクリル製A型プロペラを用いても不確実であるので、昭和42年度特別研究促進調整費「内海水域の赤潮に関する総合研究」で受圧板式弱流型自記験流器を開発し昭和42年9～10月徳山港内に設置し、底上3mの微弱流の検出に成功した。

一般の海象観測測定項目をも含めた、記録式buoy robotとしては、昭和39年度より昭和40年度まで特別研究促進調整費「沿岸海湾の海象に関する総合研究」で流向、流速、水温および塩分をBuoyに内蔵した記録計で連続3ヶ月記録する記録式buoy robot⁽⁴⁾を開発し、昭和42年1月および9月に広島湾および徳山湾で定置し良好な成果を得ている。

以上記録式buoy robotの開発について述べたが、昭和43年度は各層の水温を連続3ヶ月以上観測可能な水温buoy および水深200m以上に定置する深海験潮器等を研究、開発する計画である。

(2) 無線によるtelemetering方式のBuoy robotについて

無線によるtelemetering方式のBuoy robotは昭和35年から昭和38年の4年間にわたつて流向、流速、水温、塩分および波浪を検出し、陸上に設置した受信部まで1日3回無線によつてtelemeteringする自動海象観測装置⁽⁵⁾を試作し、駿河湾の水深500mの地点に設置し清水までtelemetering（最大到達距離70km）し、良好な成果を得た。また昭和38～39年に流向、流速および水温の情報を1日24回telemeteringする第2号自動海象観測装置を製作しOlympic 東京大会yacht raceに使用し実用に供した。

(3) Ocean cableの利用によるtelemetering方式のBuoy robotについて

Ocean cableを利用したtelemetering方式のBuoy robotは昭和31年に開発した電流流速計（CM2型）⁽⁶⁾を用いて伊良湖水道に定置し陸上の記録部で、Cableを介して伝送された流向、流速の情報を連続15昼夜の観測を行なつたこともある。

また昭和40年度より特別研究促進調整費「黒潮国際共同調査に関する総合研究」の一環として、伊豆諸島、潮岬および南西諸島に、黒潮の変動の時間的変化の把握、潮位変動、水温変

動および黒潮変動の関連性などについて調査研究するため、浮標を海面下50mに定置し、これより水中受感部を水中信号Cableに取付けたものを吊下げ海底Cableを介して陸上の観測所まで各層の水温情報をtelemeteringして各層の水温変化をAnalogue記録で表示する自動海象観測装置を試作し昭和41年6月八丈島神湊沖合⁽⁷⁾(海面下7m、50mおよび100m)に、昭和42年3月三宅島阿古沖合⁽⁸⁾(海面下3m、50m、100m、150mおよび200m)に設置し各層水温の連続観測を実施している。

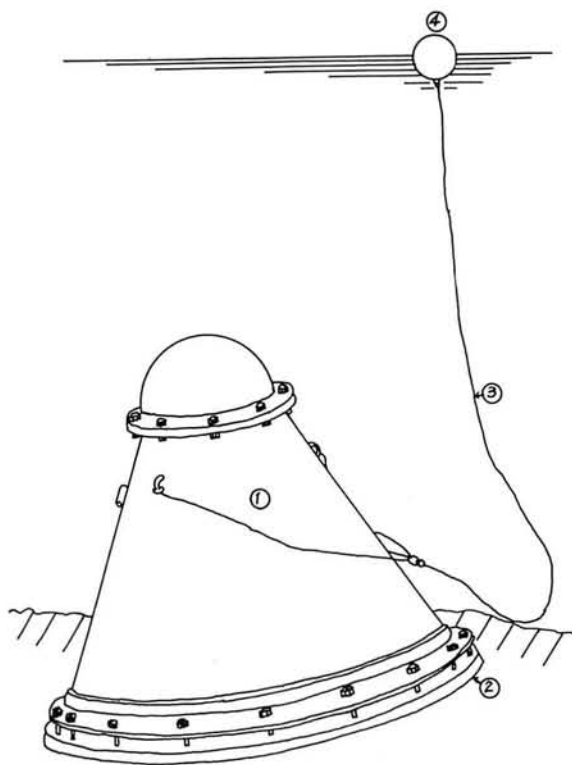
また昭和43年3月にはBuoyを用いなくて、直接海底Cableに水中受感部を付したものを海中に設置する方式の装置(海面下6m、100m、200mおよび300m)を潮岬沖合に設置し、八丈島、三宅島の連続観測と同時に潮岬でも連続観測を開始した。

昭和43年10月には、潮岬に設置したものと同様な装置を南西諸島の中の島沖合に設置する計画である。

3) 水路部におけるBuoy robotのMooringについて

(1) 洋中驗潮器のMooringについて

水路部では昭和8年以後、海底の平坦な海面において水深を連続観測し、その変化によつて直接洋中の潮汐観測を行なつてきたが、この方法は天候の障害が大きく、かつ大きな労力を要し、水深が深くなるに従つて、その精度が著しく低下するので、昭和8年に水深150m以内の海底に設置し、水圧の変化によつて潮汐による海面昇降を1週間にわたつて記録する驗潮器を試作し、東京湾口において始めて実験を行ない、昭和9年7月に渤海、黄海方面で使用した。この洋中驗潮器の設置方式を第1図に示す。外殻1は中空の円錐で、その下面に重垂2、上部に鋼索3を取付け、海面には鋼索3を取付けた設置位置を示すBuoy 4を浮上させてある。



第1図 洋中驗潮器設置方式。

このMooring方式が水路部におけるBuoy robotのMooringの最初のものである。

(2) 驗流器の Mooring について

海潮流観測はその目的や規模によつて観測方法も異なるが、一海域の潮流図を作成する目的で行なう場合は通常1点以上の長期観測点(15日間、あるいは1ヶ月ないし数ヶ月間)とこの観測期間中に数点ないし数10点の1昼夜観測を行なつている。このような調査を行なうには船艇1隻について5台程度の自記驗流器を使用するのが最も能率的である。自記驗流器は驗流用 Buoy に係留して流向、流速を自記し、1組の Buoy に観測層の異なつた2台を係留することもできる。また海底層に設置することもある。

表面層より海面層に至る数層の流れを調査するためには船艇を錨泊させなければならないが、自記驗流器を用いれば、観測員の労力は著しく軽減される。

(イ) 驗流用 Buoy について

自記驗流器等を係留する Buoy は、潮流最強時にも沈まないこと、よく見える灯や標識をあげることなどが必要であり、船舶の通行の激しい航路や狭水道等で灯をあげずに設置したり、潮流最強時に海面下に沈んだりすることは亡失や海難事故の原因になる。

水路部で長期観測点用として使用している Buoy は、直径 50 cm、長さ 1 m の円錐型 Buoy で、厚さ 2.5 mm の鉄板で作成し、空中重量 50 Kg、浮力 160 Kg で上部に電池を搭載し、高波にも転覆しないように転覆防止装置がついている。

(ロ) 驗流用 Buoy の Mooring について

一般に錨を海中に投ずれば、その Crown は海底に達して Shank が倒れ、Stock anchor では Stock の一端が海底に接しかつ Bill が海底をかく状態となり、また Stockless anchor の場合は Fluke が海底に横たわり同じく海底にかき込む状態となる。このとき錨に接続された Chain または Wire が伸ばされ海底と平行にこれに力を加えれば錨は直ちに海底にかき込むことになる。

錨が海底をかく力をは駐力と云つて、錨の重さ、錨鎖の長さ並びにその重さが定まつていれば、海底の底質によつて左右される。今海底に投じた錨のは駐力を P_A とすれば

$$P_A = \lambda_1 w \quad (1)$$

を以つて表わすことができる。こゝで λ_1 はは駐係数、 w は海中における錨の重さである。この λ_1 は実験によつてえられたものであり、横田利雄氏⁽⁹⁾によれば次表のように見て差支えないと云われている。

は駐係数	軟泥	硬泥	砂泥	砂	貝砂	砂礫	平岩
λ_1	10	9	8	7	7	6	5

錨のは駐力は海底において索にかゝる張力より常に大きいことが必要である。今索の1点にかゝる張力を T とし、勾配角 θ の点における張力と索が水平となる点の張力との相対比を表わす値を α とすれば、錨の重量の最低限界は

$$W = \frac{\alpha}{\lambda_1} T \quad (2)$$

で与えられる。この重量に満たない錨を使用する場合に走錨を起こす危険性がある。

次に Buoy の全沈限界について考えてみる。一般に張力は勾配角が大きい程大きく、海面に近づく程大きい。

従つて海面における Buoy の索との連結部における張力は最大値をとり勾配角も最大である。さて索の連結部における張力の垂直方向の成分は下方に働くために Buoy は海中に引き込まれるが流速による吃水の変化は Buoy の形状に関係し一般に解くことはできない。従つて水平方向の流圧も厳密には流速の 2 乗に比例しないで、吃水の増減による受圧面積の変化を考慮しなければならない。しかし流速が増加し Buoy が海中に全沈した場合には張力の垂直方向の成分は Buoy の最大浮力に等しく流圧は流速の 2 乗に比例する。このときの受圧面積は一定値となる。

この場合の最大浮力および流圧を B および R とし、張力および勾配角を T_0 および θ_0 とすれば

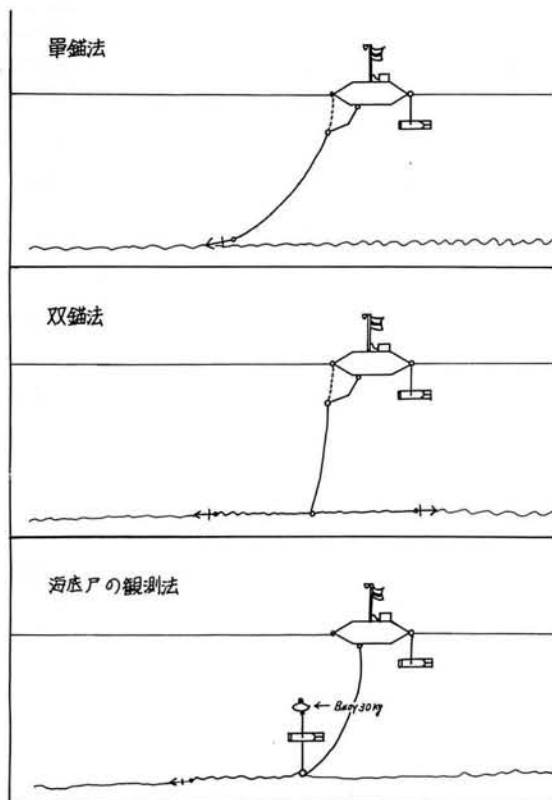
$$B = T_0 \sin \theta_0, R = T_0 \cos \theta_0$$

$$W y_0 = T_0 (1 - \alpha_0) \quad (3)$$

$$W = mg$$

(3) 式が得られる。こゝで W は索にかゝる重力、 y_0 は浮標が全沈した状態にあるときの海底から Buoy までの高さを示すものである。従つて観測地点の水深が y_0 より大きいときは Buoy は全沈し、小さいときは海面に浮上する。すなわち Buoy の全沈限界の深度である。

験流用 Buoy の Mooring は第 2 図に示してあるように単錨法、双錨法および海底層の観測法など色々あるが、通常は単錨法で行なわれ、長期連続観測点や最強流速が 5 kt. 以上の場合には双錨法を用いることがある。各部の接続には Shackle を用いているが、Shackle はネジを締めた上、pin をさすか、針金で固縛する



第 2 図 験流 buoy の mooring。

必要がある。

一例として150Kg円錐形 Buoyおよび8mmφ Wire を使用し、流速5 kt.の地点の観測を行なう場合の諸条件を計算すると、水深90m程度の地点では浮力150Kg以上のBuoyが必要となり、索長は水深の3倍、錨は35Kg以上のものが必要とされる。このようにして予想流速に対して必要とするBuoyの浮力、限界水深、索長、錨の重量を求めたものを第1表に示す。

ここで錨の重量は底質が砂の場合の最少限の重量を示すもので、底質が岩の場合には状況によつて2-4倍を使用する。またこの表を実際に利用する場合には浮力、錨の重量等について若干の安全率を見越して使用する必要がある。

(3) 無線による telemetering 方式の Buoy robot の mooring について

無線による telemetering 方式の Buoy robot は2-2項で述べたように昭和35年から昭和38年の4ケ年にわたつて開発した自動海象観測装置があるが、その設置についての詳細は省き、第3図に水深500mの設置例を示しておく。

この設置作業については(1)、受感部 Buoy の浮力255Kgに対して、 W_2 および W_3 の重錘はそれぞれ水中重量80Kgおよび175Kgとして浮力を相殺するようにした。(2) 受感部 Buoy は下端の索取付金具を30cmずらして rope 取付金具を取付けるとともに Buoy 自体の回転を止めるための翼を取付けた。(3) Swivel は ball bearing を使用した roll方式のものを設計し使用した。(4) 先取り rope は海中で完全に浮く ethylen rope を採用し、接続用として Nylon rope を使用した。いま受感部 Buoy の流速を1 kt と仮定した場合の抵抗を $R_1 = 30\text{Kg}$ 、rope の抵抗を $R_2 = 30\text{Kg}$ 、浮力 Buoy の風圧抵抗 $R_3 = 15\text{Kg}$ とし、重錘は $W_2 + W_3$ が受感部 Buoy の浮力と相殺されるので、 $w_1 = 80\text{Kg}$ 、4.75m、8mmφの Wire の水中重量を110Kgと考へ、水深500mから $S = 673$

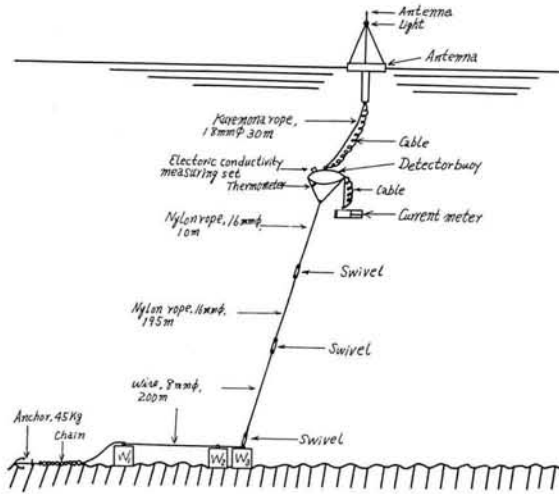
第1表

流速 kt.	最大浮力 kg	限界水深 m	索長. 倍	錨重量 kg
1	50	168	1.3	4
	100	336	1.3	8
2	50	94	1.8	8
	100	188	1.8	16
	150	376	1.8	23
3	50	59	2.2	10
	100	128	2.2	19
	150	193	2.1	28
	200	252	2.1	38
4	50	40	2.7	11
	100	84	2.6	22
	150	130	2.6	33
	200	174	2.6	43
	250	219	2.6	54
	300	263	2.6	65
5	50	24	3.2	12
	100	59	3.1	24
	150	88	3.1	35
	200	118	3.0	46
	250	163	3.0	57
	300	189	3.0	68
	350	223	3.0	79
	400	253	3.0	90
6	50	20	3.8	14
	100	49	3.6	25
	150	69	3.6	38
	200	89	3.5	49
	250	113	3.5	61
	300	133	3.5	73
	350	158	3.4	84
	400	189	3.4	95
	450	206	3.4	107
	500	233	3.4	118

注) 円錐型 Buoy, 8mmφ wire

mとなり実長706mに対して33mの予備は駐力を持つていることになる。

以上のように水深500mの設置例を示したが、水深が深くなると、海中に放出されたWireが外力の関係で一部の引張力がなくなると内部応力のためにloopの状態になる可能性が大きい。このようなloop状になることをkinkと称するが、loopが重複すると縫い糸がからんだようになり、これを解くことは困難となり、wireは使用に耐えなくなる。



第3図 自動海象観測装置のMooring。

このまゝ張力を加えると、Wireの切断力は減少して切断しやすくなる。

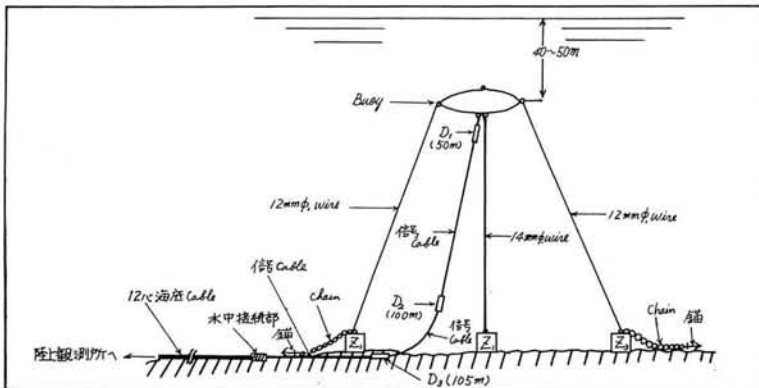
従つてWireの使用に際しては常に全長にわたつて張力が加わつている状態を保持するようにならなければならない。

(4) Ocean Cableによるtelemetering方式のBuoy robotのmooringについて

Ocean Cableの利用によるtelemetering方式のBuoy robotは2-3項で述べたように昭和40年度より黒潮の変動を調査、研究するために多層の水温を連続観測する装置を開発し八丈島、三宅島および潮岬に設置した。

第1図に八丈島におけるMooring方式が示してある。

この設置作業は昭和41年6月神湊港沖合1500m水深105mで行なつたものである。海面下40~50mに定置したBuoyは駐力約450



第4図 多層水温連続観測装置(八丈島)のMooring。

kgの鉄製で、この下部にある ring に空中重量 850 kgの重垂 Z_1 、空中重量 80 kgの重量 Z_2 、20 mm Chain 20 m、空中重量 40 kgの錨および空中重量 80 kgの重垂 Z_3 、20 mm Chain 25 m、空中重量 40 kgの錨をそれぞれ、14 mm ϕ 、Wire (索長 55 m)、12 mm ϕ Wire (索長 250 m) および 12 mm ϕ 、Wire (索長 250 m) をもつて定置したものである。この Buoy に水中信号 Cable を接続した水中受感部 D_1 (50 m)、 D_2 (100 m) および D_3 (105 m) を取付けてある。海岸用受感部は別に水深 7 m の地点に定置した。

重垂の投入は測量船「海洋」より水中受感部、水中信号 Cable を取付けた Buoy ならびに Z_1 、漁船 2 隻にそれぞれ Z_2 および Z_3 を搭載し、測量船「海洋」より Buoy および Z_1 を投入後、潮上および潮下に漁船を散開させ 12 mm ϕ 、Wire Z_2 および Z_3 を索長 250 m 一杯に張らせ測量船「海洋」の号令で投入せしめた。

写真-1 に定置後 1 年目のこの Buoy の状態を示してある。

第 5 図には昭和 42 年 3 月三宅島阿古漁港沖合 2500 m、水深 220 m に設置した Buoy の mooring 方式を示してある。

この設置方式は、海面下 30 ~ 50 m に定置した浮力 450 kg の鉄製 Buoy の下方の ring に 12 mm ϕ 、Wire (索長 200 m)、空中重量 1 ton の錘、8 mm ϕ Wire (索長 300 m) 2 本、20 mm Chain、10 m 2 本、錨 2 本および水中受感部 D_1 (50 m)、 D_2 (100 m)、 D_3 (150 m) ならびに D_4 (200 m) を接続した水中信号 Cable を取付けた。

重垂の投入は八丈島において実施したと同様、測量船「明洋」で水中受感部を接続した水中信号 Cable および Z_1 を取付けた Buoy を投入し、Chain および錨は潮上および潮下に漁船を散開させて投入した。

第 5 図には昭和 43 年 3 月潮岬灯台より沖合 4500 m、水深 300 m に設置した装置を示してある。潮岬沖

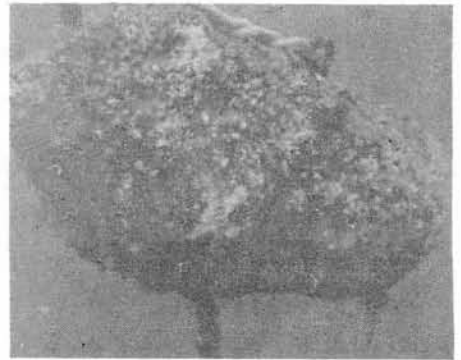
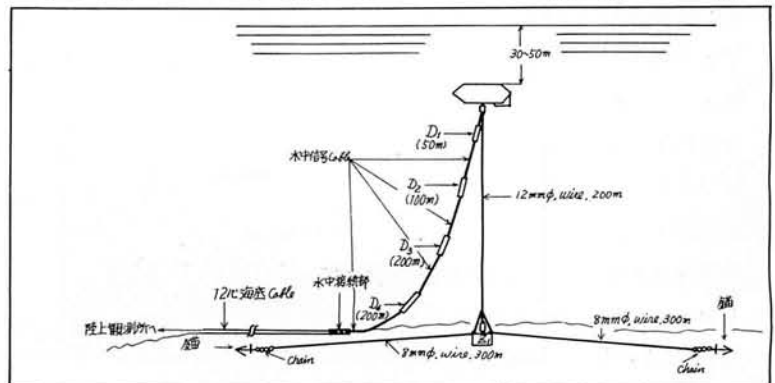
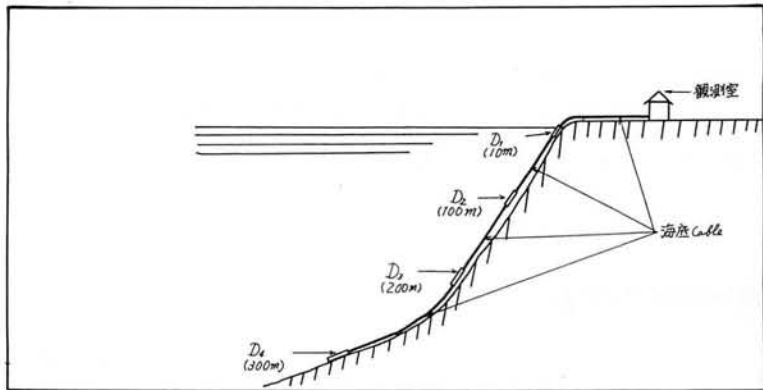


写真-1 1年を経過した Buoy



第 5 図 多層水温連続観測装置 (三宅島) の Mooring

合は黒潮の接岸のときにその流速が早く、船舶の航行が激しく、Buoy の設置作業が困難なので、海底電線に水温感受部を直接接



第6図 多層水温連続観測装置(潮岬)のMooring

続する方式とした。昭和43年10月には潮岬と同様な方式で南西諸島中の島に同様な装置を設置する計画である。

4) あ と が き

この報告では水路部において試作または開発した海洋測器の主なものおよびそのMooringについてその概略を述べたが、Buoy robot の設置作業は細心の注意が必要で、観測員および測量船の乗組員が装置のMooring の順序をよく理解して、各人が係止索具類の強度や特徴を頭に入れて安全、確実に作業を遂行すべきである。

おわりに今まで経験されたBuoy robot の Mooring などについての知識についての御教示を下されば幸と存じます。

参 考 文 献

- 1) 近藤為次郎：洋中驗潮器の考案、水路要報第15年8号(1936)
- 2) K, Ono : The Ono's self-recording current meter , Proceeding of the UNESCO Symposium on physical Oceanography, Tokyo, 1955
- 3) 科学技術庁研究調整局、沿岸海湾の海象に関する総合研究報告書(1967)
- 4) 科学技術庁研究調整局、沿岸海湾の海象に関する総合研究報告書(1965~1966)
- 5) 岩佐欽司：自動海象観測装置について、沿岸海洋研究ノート第2巻、第1号(1963)
岩佐欽司：自動海象観測装置について、水路要報第78号(1964)
- 6) K, Iwasa : An instrument for measuring directly the velocity, direction of the currents and the temperature, Proceeding of the UNESCO Symposium on physical Oceanography,

- 7) 科学技術庁研究調整局、黒潮共同調査に関する特別研究報告書(1966)
- 8) 科学技術庁研究調整局、黒潮共同調査に関する総合研究報告書(1967)
- 9) 横田利雄：船舶運用学(操船編)、(1953)

3 海洋向け特殊電池について

服部 正策 (湯浅電池株式会社)

1) ま え が き

第二次世界大戦を契機として従来の鉛蓄電池やマンガン乾電池の他に、高性能の電池、特殊用途の電池が多数開発された。戦後はさらに燃料電池の研究が進み、宇宙開発用としては実用化の域に達して大きな貢献があつたことは周知の通りである。また最近に至り公害問題に端を発し電気自動車動力用電池の研究が盛んになり、電池の種類はますます増加する形勢である。

一方、海洋開発が大きな問題として取り上げられ、海上または海中、特に深海における電力源が強く要求されることになつた。この要求は多種多様の発見を見せつつある電池によつて充たされることが多いと思われるので、目的に合いそうな電池各種について若干の解説を試みる。

2) 海洋向け電源としての必要条件

海上または海中における動力用および通信用電源としては、ケーブルなどで送電することもできるが、独立電源によらねばならないことが多いと思われる。海上または海中電源としての必要条件は次の通りである。

海洋における独立電源としてはまず第一に保守に要する人手が少ないことが要求される。また目的によつては安定な電源が要求されることもある。海上の動力用としては普通の船舶用動力を用いることができるが、通信用など小さい出力でよい場合は当然、電池が最適である。この場合の電池としては、例えば空気電池と称せられる空気中の酸素を使用する電池を利用することもできる。

さらに海中動力用または海中通信用の場合には

- (a) 空気(酸素)を利用することができない、
- (b) 静水圧の影響を受けないものでなければならない。また使用中にトリムのかわらないものが望ましい。
- (c) 比出力(エネルギー密度)の大きいものであること
- (d) 軽負荷のときでも効率が下らないという条件をも含めてエネルギー効率のよいものであること
- (e) 信頼度大で取扱容易なこと。