

- 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發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。

(f) エネルギー価格の安価であること

などの条件が必要である。以上の条件を満足するエネルギー源としては、電池を利用するのが最善である。

電池には一次電池、二次電池（蓄電池）および燃料電池がある。一次電池は一回限りの使用しかできないので小電力ですむ通信用にむいており、大きな電力が要求される動力用としては二次電池または燃料電池が適している。

二次電池と燃料電池の使い分けについて軍用潜水艇の動力の場合の話であるが、米海軍の Naval Ship Systems Command の B. B. Rosenbaum は次のように述べている。「潜航時間」でいえば 100 時間位までは二次電池が有利で、数日 数週間にわたれば燃料電池が有利となる。またエネルギー使用量からいえば 1000 Kwh 位が境で、それ以下ならば二次電池が有利、それ以上ならば燃料電池が有利であろう」

ついでだが、100 万 Kwh 位になれば原子力がさらに有利になるということである。

なお、海上電源としては太陽電池や波浪発電なども考えられるが、これらはいずれも二次電池を併用して出力の変動を少なくしている。

### 3) 電池の種類

現在実用化されている各種電池の構成、性能、特長などの概要を表 1 (18 頁) に示す。

### 4) 海水電池

海水は約 3% の塩化ナトリウムを含み相当の電導度を持つているので、これを電解液として利用する電池を海水電池と総称している。この種の電池は海中に浸漬して極間に海水を入れるまではほとんど永久的な保存に耐え、またそれまでは完全に開路状態である。これを海中に浸漬することによって初めて発電するので、電源スイッチ操作を兼ねることになり非常用機器の電源としても甚だ好都合である。

現在実用化されている海水電池の種類、性能、特長などの概略を表 2 (19 頁) に示す。

#### (1) 塩化銀海水電池

塩化銀電池の歴史はかなり古く、1860 年頃 Merie Davy により塩化銀電極が電池の電極として使用できることが発見された。その後 1880 年頃初めて Warren de la Rue が塩化銀電池を作つたといわれる。しかし、実用化されたのは比較的新しく、第二次世界大戦中にその優れた放電性能と保存性、それに取扱いの簡単なことから軍用に多く使用されるようになった。戦後も急速にその用途を拡大し、現在では軍用、民間用を問わず、海洋観測機器、ラジオプイ、ラジオソング、海難救助用機器、魚釣り用うき、さらに魚雷用電源に至るまで各種用途に用いられている。

この電池はその構成上一次電池であり、放電後は陽極の塩化銀は金属銀として残るが、陰極のマグネシウムは海水と反応して一部は塩化マグネシウムとして溶け去り、一部は水酸化マグ

第1表 各種実用電池の構成、性能、特長など

形 式	活 物 質		電 解 液	公 称 電 圧 (V)	重 量 能 率		容 積 能 率		充 電 の 可 否	特 長	
	⊕	⊖			Max W/Kg	Wh/Kg	Max W/l	Wh/l			
鉛蓄電池	一般形	PbO <sub>2</sub>	Pb	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2	120	25 35	290 85	60 85	可	安価（特に充放電サイクル×Wh当りの価格）大容量、大電流、長寿命、充電可能
	密閉形	"	"	"	"	90	25 30	210 75	60 75	"	同上 横転、倒立等の使用可
アルカリ蓄電池	一般形	NiOOH	Cd	KOH	1.2	130	25 35	300 100	60 100	"	大容量、大電流、長寿命、丈夫、充電可能、長期放置に耐える、低温特性良好
	完全密閉形	"	"	"	"	130	20 35	300 100	50 100	"	同上 完全密閉、保守不要
酸化銀電池	一般形 (二次電池)	Ag <sub>2</sub> O	Zn	"	1.5	340	85 160	730 300	180 300	"	大出力、エネルギー密度大 電圧安定
	密閉形 (一次電池)	Ag <sub>2</sub> O	Zn	"	1.5	7	80 110	30 470	350 470	否	同上 超小形電源に最適、保存性良好、低温特性良好
塩化銀電池		AgCl	Mg	海水等	1.5	800	70 150	1,600 300	150 300	"	大出力、エネルギー密度大 保存性良好、海水が使える
マンガン乾電池		MnO <sub>2</sub>	Zn	NH <sub>4</sub> Cl	1.5	10	25 50	20 100	50 100	"	安価、保存性良好、取扱容易、小電流、間歇放電に適す
ア乾ルカリ電マンガン池	一次電池	MnO <sub>2</sub>	Zn	KOH	1.5	15	60 90	36 220	140 220	"	連続放電特性良好 保存性良好、低温特性良好
	二次電池	"	"	"	"	5	80	10	60	可	安価（特に充放電サイクル×Wh当りの価格） 充電可能
水銀電池		HgO	Zn	"	1.3	3	60 100	10 340	200 340	否	連続、間歇放電でAh一定、高温特性良好、内部インピーダンスが低い、保存性良好、丈夫
空気電池	湿電池	O <sub>2</sub>	Zn	"	1.3	0.8	65 220	1.0 280	75 280	"	低電流にて大容量 安 価
	積層乾電池	"	"	ZnCl <sub>2</sub>	1.25	0.3	85 125	0.4 150	100 150	"	同上 保存性良好（自己放電少） 横転、倒立等の使用可

第2表 海水電池の種類、性能、特長など

種類	電池構成	公称電圧 (V)	エネルギー密度		備考
			Wh/kg	Wh/l	
塩化銀マグネシウム	Mg/海水/AgCl	1~1.5	100	150	既に湯浅において生産中のもの
硫酸銅マグネシウム	Mg/海水/CuSO <sub>4</sub>	1.5	55	66	新たに湯浅にて開発したもの
MAGAIR	Mg/海水/O <sub>2</sub>	1	110	—	新たにG.Eにて開発したもの

ネシウムの白色沈澱となる。充電による再生はできない。

特長

長所

- (a) 放電効率が極めて高く、エネルギー密度 (Wh/kg, Wh/l) は、鉛蓄電池の約3倍、普通の乾電池の約4倍に相当する。
- (b) 高率放電特性に優れ、数分率の放電においても Wh/kg Wh/l の低下が少なく、放電電圧も一定している。
- (c) 放電中の作動電圧の変化が少なく、電圧曲線は平坦な一定電圧を放電末期まで持続する。
- (d) 保存性が良好で、乾電状態に置けば自己放電がないため数年間の貯蔵に耐える。
- (e) 機器に装着し、電池を回路に接続したまま貯蔵することができ、使用の際には電池が回路のスイッチの役割りを果たす。
- (f) 使用するのには、単に海水に浸すか、注入するだけでよく何ら手数を必要としない。
- (g) 耐振、耐衝撃性に優れ、航空機から海面に投下するような場合でも、十分にその衝撃に耐えうる。

短所

- (a) 電池主材料に銀を使用するため、価格が高い。
- (b) 一度海水に浸漬した電池は、たとえ途中で放電を中止しても、数時間ないし数昼夜で自己消費して容量がなくなる。
- (c) 間欠放電を行なうと、放電電圧の立上り時間が長くなる。いわゆるスリーピング現象を生じる。

種類と用途

塩化銀電池は、取扱いが容易であること、小型高性能であること、保存性に優れていることなどから価格を超越して用途は漸次増加の傾向にある。

主な用途を列記すると

1. 救命いかだ用灯電源
2. 救命胴衣用灯電源
3. 艦艇無線機用電源
4. 海難救助用無線機電源

} 高性能、取扱簡単、保存性良好

- |                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| 5. ソノバイ電源           | 高性能、取扱簡単、保存性良好     |
| 6. 電気うき、および模型飛行機用電源 | } 小型、高性能           |
| 7. ロケット用電源          |                    |
| 8. 電気信管着火用電源        |                    |
| 9. 魚雷推進用電源          | 高性能、耐震、耐衝撃性大、保存性良好 |

(2) 硫酸銅海水電池

湯浅電池で1967年初めて開発した新型海水電池で、その海水電池としての特長はほとんど塩化銀海水電池と同様である。しかも塩化銀に代わつて硫酸銅を使用しているため、価格ははるかに安いことが最大の特徴である。しかしエネルギー密度は塩化銀海水電池の約2分の1程度なので、特に電池の容積、重量に対するきびしい要求のない用途については応用範囲が広いと考えられる。

5) 海中動力用電池

前に述べたように、海中動力機用動力源としては現在のところ二次電池が最適と考えられるので、湯浅電池ではこの用途に適する特殊構造の鉛蓄電池を開発した。以下これについて説明する。

(1) 潜水船に使用される動力源について

潜水船の全体の大きさ、形状、潜水深度、潜水時間、速度などは使用される動力源により左右されるので動力源の選定は重要である。今までわが国を初め諸外国で試作された潜水船の動力源としては、母船よりの吊下げ式および曳航式は別として、酸化銀亜鉛蓄電池、ニッケル、カドミウム蓄電池および鉛蓄電池が使用されていた。このうち最も小型軽量で出力の大きいものは酸化銀亜鉛蓄電池であり、鉛蓄電池の約3倍の出力を有する。しかし価格においては10倍以上である。またニッケル、カドミウム蓄電池は起電力が低く、したがつて電池個数が増加し、保守取扱および価格面で鉛電池に比べて不利である。特に大電力を要求されるときは、さらに研究が必要である。したがつて実用的には鉛蓄電池が最も有望である。

さて、潜水船では潜水深度10mについて $1\text{Kg}/\text{cm}^2$ の圧力が加わるので潜水許容深度に応じた非常に丈夫な耐圧密閉殻が必要である。もし動力用蓄電池を耐圧密閉殻内に搭載すれば、その容積だけ大型としなければならない上に、電池から発生するガスを除去する機構を備えなければならないことになる。これは潜水船の性能に非常に不利な影響を及ぼすことになる。

湯浅電池では、特殊な構造により直接海中に浸漬した状態で使用できる鉛蓄電池を開発した。この電池を耐圧密閉殻外に設置することにより、上記の問題点を除去することができるので、すでに海上保安庁の潜水調査船「しんかい」号に使用されている。以下これについて述べる。

(2) 油浸電池の概要

一般に、鉛蓄電池は充放電中にガスの発生がある。したがつて電池上部には通気のための開口部を設けることが必要である。(現在では実用化困難であるが、将来完全密閉型が開発されればこの限りでない)。このため電池を海中に入れば当然電池内には海水が浸入する。浸入

した海水は電解液と混合し、電池の機能を失わせるばかりでなく有害な塩素ガスを発生する。また端子その他電池部品を腐食させる。そこで単位電池を所要数集合して外箱に収納し、外箱内部に油を充満させ、海水と各電池の電解液とを完全に油によつてしや断してしまふ。この方法では電池は正常に働き、発生するガスは油層中を気泡となつて上昇して外部に排出する。しかも外水圧は油層を介して電池内水圧と平衡するから外水圧が如何に高くともその影響を受けない。

使用する油は不燃性、電気絶縁性で、海水および電解液と混り合わないもので、その比重が海水（比重 1.03）と電解液（充電末 1.30、放電末 1.15）の中間の 1.08～1.10 程度のもを用いる。これがいわゆる油浸電池である。

油浸電池の開発によつて海中動力機用蓄電池は耐圧密閉殻外におくことができるようになり、耐圧密閉殻の小型化、潜水性能の向上について技術的にも、経済的にも大きな効果があるものと考えられる。

### (3) 油浸電池の実用例

#### (a) 海中調査船

この調査船は、川崎重工業株式会社が海上保安庁よりの注文で製作したもので、その要目概要は次のとおりである。

大きさ 長 15.3 m、全巾 5.5 m、高 5 m

排水量 85 トン

人員 4 人

潜航深度 600 m

速力（水上、水中） 3.5 ノット

走行時間 3 時間

その他海底でサンプル採取可能な装置、テレビカメラおよび海中で船位を知る装置などを備えている。電池は 6 時間率 2,000 Ah の容量を有するもので、湯浅電池が開発した油浸電池が使用されている。

この調査船は大陸棚や海底資源の調査に利用される。

搭載電池仕様：

容 量 6 HR 2000 Ah

単電池寸法 巾 298 長 320 高 85.5 mm 重量 160 kg

単電池 50 個を外箱に収納油浸とする。内 2 個を標示電池として、比重、温度、液面の遠隔計測装置を備え、全電池とも遠隔補水が可能である。

#### (b) 水中スクーター

従来のアクアラングに代わり、水中のスピード化を計るために考えられたスクーターで、水産庁で試作研究開発された。これは将来の実用化に対し各種資料を得るもので、動力源は前述の油浸電池を使用する。この用途ではスクーターの姿勢が逆転することもあるので、そ

の状態でも使用に耐えるように特殊な設計を採用している。

搭載電池仕様

容 量 2 HR 40 Ah

単電池寸法 巾156 長90 高250mm 重量5.4kg

単電池 24 個を外箱に収納、油浸とする。

(4) 油浸電池に対する今後の用途予想

油浸電池は、深海で使用する場合においても、耐圧密閉容器を必要としない。今後はこの特長を活かして、海底地震観測用などの海底用計器の電源、水中遊覧船、海底作業機械の電源、海底ステーションの電源などに用途が開発されるであろう。

6) 燃料電池および新種電池

燃料電池は多種多様のものが目下開発段階にあり、わずかに米国において宇宙開発用として酸素-水素燃料電池が実用化された程度である。また最近、主として電気自動車用電池の開発に関連して従来その例を見なかつた新種電池が盛んに研究されている。

これらが海洋開発に結びつくかどうか明らかでないが、参考までに表3にその概要を掲げることとした。詳細な説明は到底紙幅が許さないので省略する。

第3表 燃料電池の例(常温形)

種 類	電 池 構 成	作動電圧 (V)	エネルギー密度	
			W/kg	W/l
水素・酸素	H <sub>2</sub> /KOH/O <sub>2</sub>	0.8	5.0	3.7
ヒドラージン・空気	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /KOH/O <sub>2</sub>	0.8	2.0	1.2
メタノール・酸素	CH <sub>3</sub> OH/KOH/O <sub>2</sub>	0.4	6.5	1.3
ナトリウム・アマルガム・酸素	Na(Hg)/NaOH/O <sub>2</sub>	1.5	1.0	2.0

新種電池の例

種 類	電 池 構 成	作動電圧 (V)	エネルギー密度		備 考
			W/kg	W/l	
亜鉛・空気電池	Zn/KOH/O <sub>2</sub>	1.2	3.30	5.10	LEESONA MOOS の開発、一次電池
亜鉛・空気電池	Zn/KOH/O <sub>2</sub>	1.2	1.10 1.30	1.20 1.80	GENERAL DYNAMICS の開発、充電可能
ナトリウム・硫黄電池	Na/βAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /S	1.75	3.30	4.50	FORD の開発 充電可能

7) む す び

海洋向け特殊電池についての概略を説明したが、電池界は冒頭に述べたように、新種電池の開

発あるいは従来知られていた機種に応用開発について、非常に意欲的な時機にあると言える。また海洋開発もこれからのことで、今後その工学的分野についての新しい発展が大いに期待されるものと思われるが、電源関係については電池に適した応用範囲が非常に広いものと考えられるので、湯浅電池としては、この方面からのできるだけの協力をしたいと考えていることをお伝えしてむすびとする。

#### 4 ブイ類の汚染ならびに被害

西村 実 (水産庁漁船研究室)

##### 1) ま え が き

観測ブイを海上に浮かべた場合、ブイの腐食、生物の付着、係留索の切断など、ある期間、ブイを維持するにあたり多くの問題がある。しかしながらこれらの問題についてわが国では研究された事例が少なく、今後その研究の開発が望まれる。そこで筆者は、諸外国とくにアメリカにおけるブイならびにケーブルなどの汚染、被害についての研究データを調べたので、興味ある二、三の点について参考に供する。

##### 2) 生物による汚染と被害

海洋測器、係留装置、ケーブルなどを長時間海中に浸しておくと、外部の原因によるケーブルの切断や生物の付着、魚類、哺乳動物によるケーブル、ロープの食害、バクテリアなどによる損傷が起こる。

###### (1) 生物の付着

ブイなどに付着する生物は海域、水温などによつて異なる。わが国ではブイに付着する生物に関するデータが少ないが、益田らは波力発電装置の実験の際、カラス貝の付着によつて発電機能が低下したと報告している。<sup>1)</sup>

船舶の船底に付着する生物で主なものは、<sup>2)</sup> 節足動物のフジツボ、エボシ貝、環形動物のセルブラ、軟体動物のカキ、原索動物のホヤ、擬軟体動物の苔虫、腔腸動物のヒドロ虫、その他植物ではノリ類など、その種類もきわめて多い。これらのうち船舶への被害の最も大きいのはフジツボ類である。平野、大串<sup>3)</sup>の油壺湾でのフジツボの1日の付着量の調査では5月から9月中旬の間、15cm×15cmの面積に数個から20個の付着が認められた。この1日の付着量からもブイや船底全面では相当の量になり得ると思われる。

生物の付着防止には銅、水銀などの化合物を含む塗料および毒物、顔料を含む天然樹脂、合成樹脂が主に用いられ、銅系ではナフテン酸銅が用いられている。塗料別の防虫、防汚結果については津谷らによる詳しい報告がある。<sup>4)</sup> 塗料を用いる他に、50 Kc、200 Kcの超音波パルス照射による付着防止も試みられ、フジツボ、セルブラの付着や生育防止に効果が認め