

海洋温度差発電設置のための世界海域のエネルギー源調査

乾 栄一^{*1} 長友 洪太^{*1} 西田 哲也^{*1}
池上 康之^{*2} 中岡 勉^{*1} 上原 春男^{*2}

Investigation of Energy Source in World Oceans for Ocean Thermal Energy Conversion(OTEC)

Eiichi INUI, Kohta NAGATOMO
Tetsuya NISHIDA, Yasuyuki IKEGAMI
Tsutomu NAKAOKA and Haruo UEHARA

Investigation of energy source is carried out in order to select suitable sites for ocean thermal energy conversion using a research ship koyo maru of the Simonoseki University of Fisheries in the Atlantic Ocean, the Pacific Ocean the Indian Ocean, the South China Sea and the Mediterranean Sea. Investigation is done from 14, October, 1993 to 21, February, 1994. Sea water temperature and salinity is measured from surface to bottom of the seas and Oceans. In the South China Sea, the Indian Ocean and the Pacific Ocean, the temperature of surface sea water is within 25.4 to 29.0 °C while the temperature of sea water at a depth of about 1000m remains between 3.8 and 8.0 °C.

Key Words: OTEC, Ocean, Energy Source, Investigation

1. 緒言

海洋温度差発電(OTEC)は、海洋の表層海水と深層海水との温度差による熱エネルギーを電気エネルギーに変換する発電方法である¹⁾。

OTECの研究は、D'Arsonval(1881)の原理の提案以来、発電システム、熱交換器、作動流体について数多く行われている^{2)~5)}。OTECの場合、小さい温度差を利用するため、各構成機器の最適化のみならず、システム全体の最適化を考えねばならない。これまでの研究では、純媒体について行われていたが、最近、二成分の非共沸混合媒体を用いるとサイクル効率が飛躍的に向上することが発表されている^{6)~7)}。また、地球温暖化やエネルギー問題に関して、クリーンエネルギーの開発が望まれている。このような情勢を考えると、クリーンエネルギーであるOTECの研究が望まれる。そのために、これまで以上に、安定的電力供給と電力コストの低廉化のために、発電システムのより一層の高効率化が重要となる。

OTECは、自然エネルギーを利用するので、トータルシステムを考えるうえで、設置場所の選定は重要であ

る。この設置場所の選定の因子は、海水温度、海水流速、海地形、設置地域での電力消費量、飲料水使用量等が考えられる。

OTECの設置場所の選定は、現在、日本および世界各地で行われている⁸⁾。上原らは、候補地の1つである島根沖でOTECの発電実験を行った⁹⁾。また、フィリピン海域での海象調査を行い、この海域での概念設計を行った¹⁰⁾。日本での最も有力な候補地である沖永良部海域では、3回の海象調査を行った¹¹⁾。そして、この調査結果を参照し、10MWのOTECプラントと海水淡水化装置を組合わせたハイブリッドサイクルについて報告を行っている¹²⁾。

本報では、OTECを設置のための可能性について、世界海域でのエネルギー源の調査を行った。その結果を述べる。

2. 調査方法

2.1 調査場所と調査船

図1に、世界のエネルギー源の調査を行った海域を示す。調査海域は、図中に示すSITE1~SITE23の点である。調査は、日本(下関)を出発して、世界を左回りに、南シナ海、太平洋、インド洋、スエズ運河を通り、

*原稿受付1994年12月24日

*1正員、水産大学校機関学系(〒759-85 下関市永田本町2-7-1)

*2正員、佐賀大学理工学系(〒840 佐賀市本庄町1)

表1 調査船(耕洋丸)の仕様

長さ	81.4	m
幅	13.0	m
総トン数	1990.17	t
航海速力	14	kn
推進機関	3800	PS
	× 230	rpm

地中海、大西洋、パナマ運河を通り、太平洋、日本へ帰る順で行った。調査期間は、1993年10月14日～1994年2月21日である。総航程は25433海里、全航海日数は131日間である。

図2は、調査に使用した水産大学の調査船耕洋丸を示す。

表1に、耕洋丸の仕様を示す。この調査船の大きさは、総トン数1990.17トンである。主エンジンは、3800PSを装備している。航海速力は、14knである。

図3は、調査船の外観のレイアウトを示す。船の長さは81.4m、幅13.0mである。

図4は、調査状況の写真を示す。

2.2 塩分濃度、海水温度、水深測定

測定方法は、図1に示す各SITE点で船を漂流させ、電気伝導度水温水深計(CTD)(電気伝導度:測定範囲1～65mmhos(精度:±0.005mmhos、分解能:0.001mmhos)、水温:測定範囲-3～32.7℃(精度:±0.005℃、分解能:0.0005℃)、水深:測定範囲0～3200dB(精度:±3.2dB、

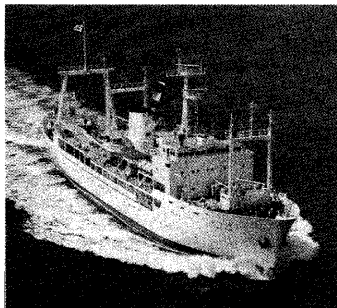


図2 調査船(耕洋丸)

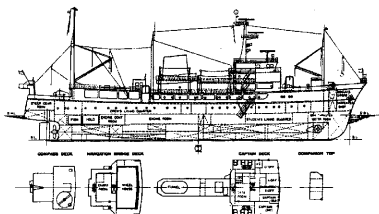


図3 調査船のレイアウト

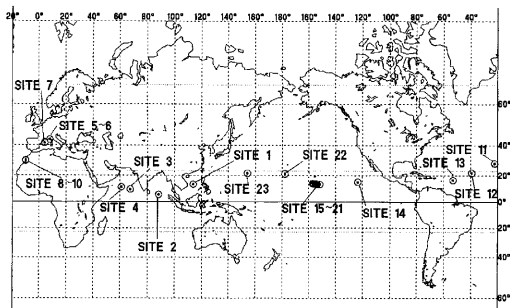


図1 世界のエネルギー源調査海域

分解能: 0.05dB)のセンサーを海に投入し水深0mから約1000mまでの各層ごとに行った。

図5は、CTD測定装置を示す。

3. 調査結果

表2-1~2-23は、図1に示したSITE1~SITE23点での表層より約1000mまでの深さに対する海水温度、塩分濃度の測定結果を示す。

図6(a),(b)~28(a),(b)は、SITE1~SITE23点での表層より約1000mまでの深さに対する海水温度、塩分濃度分布を示す。

図6(a),(b)は、図1中のSITE1の点で、南シナ海のベトナム沖、東約500kmの海域の海水温度、塩分濃度分布を示す。位置は、北緯13°25.26'、東経114°6.66'である。測定日は、1993年10月19日である。

図6(a)よりわかるように、表層の海水温度は、28.7°C、深さ1000mで4.4°Cとなっている。表層と深層の温度差は、24.3°Cとなる。温度分布は、表層より深さ約50mまであまり変化がなく、さらに深くなると、深さ約100mまで大きく温度降下し、その後、深さ1000mまでだんだん温度降下している。

図6(b)よりわかるように、表層の塩分濃度は、3.29%、深さ1000mで3.45%となっている。塩分濃度分布は、表層より深さ100mまで増加して変化が大きく、深さ100m以上になると約3.45%となり一定となっている。

図7(a),(b)は、図1中のSITE2の点で、インド洋のスリランカ沖、東約650kmの海域の海水温度、塩分濃度分布を示す。位置は、北緯5°54.21'、東経88°22.36'である。測定日は、1993年10月30日である。

図7(a)よりわかるように、表層の海水温度は、29.0°C、深さ1000mで6.7°Cとなっている。表層と深層の温度差は、22.3°Cとなる。温度分布は、表層より深さ約100mまであまり変化がなく、さらに深くなると、深さ約200mまで大きく温度降下し、深さ1000mまでだんだん温度降下している。

図7(b)よりわかるように、表層の塩分濃度は、3.34%、深さ1000mで3.5%となっている。塩分濃度分布は、表層より深さ約200mまで増加して変化が大きく、深さ約200m以上になると約3.5%となり一定となっている。

図8(a),(b)は、図1中のSITE3の点で、インド洋のインド沖、約1200kmの海域の海水温度、塩分濃度分布を示す。位置は、北緯9°39.8'、東経67°9.17'である。測定日は、1993年11月3日である。

図8(a)よりわかるように、表層の海水温度は、28.6°C、深さ1000mで7.8°Cとなっている。表層と深層の温度差

は、20.8°Cとなる。温度分布は、表層より深さ約50mまであまり変化がなく、深さ約300mで約12°Cとなり、さらに深くなると、深さ1000mまでだんだん温度降下している。深さ1000mで7.8°Cとなっている。表層と深層の温度差は、20.8°Cとなる。温度分布は、表層より深さ約50mまであまり変化がなく、深さ約300mで約12°Cとなり、さらに深くなると、深さ1000mまでだんだん温度降下している。

図8(b)よりわかるように、表層の塩分濃度は、3.66%、深さ1000mで3.52%となっている。塩分濃度分布は、表層より深さ50mまではあまり変化がなく、深さ100mまで減少して変化が大きい。さらに深くなり、深さ100m以上になると約3.52%となり一定となっている。

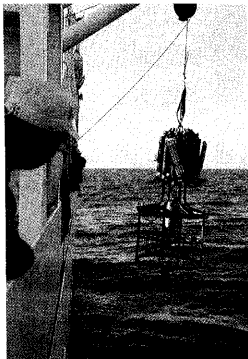


図4 調査状況



図5 CTD測定装置

表 2-1 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 1		
南シナ海		
ベトナム沖500km		
[October 19 '93]		
[13°25.26 N]		
[114°06.66 E]		
DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	28.70 (°C)	32.91(g/kg)
1.0	28.70	32.91
2.0	28.70	32.94
3.0	28.70	32.94
4.0	28.70	32.94
5.0	28.70	32.94
10.0	28.65	32.95
15.0	28.44	33.17
20.0	28.30	33.49
25.0	28.29	33.96
30.0	28.10	34.05
40.0	27.17	34.15
50.0	22.18	34.45
75.0	18.79	34.56
100.0	17.21	34.61
125.0	16.07	34.80
150.0	15.14	34.57
200.0	13.81	34.54
250.0	12.52	34.50
300.0	11.48	34.47
400.0	9.69	34.43
500.0	8.38	34.43
600.0	7.44	34.44
700.0	6.40	34.46
800.0	5.61	34.49
900.0	4.99	34.51
1000.0	4.43	34.53
1019.8	4.31	34.54

表 2-2 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 2		
インド洋		
スリランカ沖650km		
[October 30 '93]		
[05°54.21 N]		
[088°22.36 E]		
DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	29.01 (°C)	33.36 (g/kg)
1.0	29.01	33.36
2.0	29.03	33.38
3.0	29.18	33.38
4.0	28.91	33.43
5.0	28.87	33.44
10.0	28.70	33.45
15.0	28.70	33.88
20.0	28.70	34.13
25.0	28.61	34.32
30.0	28.43	34.38
40.0	28.25	34.39
50.0	28.19	34.40
75.0	28.15	34.45
100.0	25.94	34.41
125.0	20.13	34.80
150.0	16.70	34.87
200.0	14.21	34.96
250.0	13.41	35.02
300.0	12.38	35.04
400.0	11.23	35.07
500.0	10.55	35.05
600.0	9.89	35.04
700.0	9.02	35.01
800.0	8.32	35.00
900.0	7.56	34.97
1000.0	6.70	34.95
1003.8	6.97	34.95

表 2-3 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 3		
インド洋		
インド沖1200km		
[November 3 '93]		
[09°39.80 N]		
[087°09.17 E]		

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	28.61 (°C)	36.64 (g/kg)
1.0	28.61	36.65
2.0	28.60	36.67
3.0	28.60	36.69
4.0	28.60	36.69
5.0	28.60	36.71
10.0	28.60	36.75
15.0	28.58	36.75
20.0	28.58	36.76
25.0	28.57	36.77
30.0	28.31	36.78
40.0	28.16	36.78
50.0	27.98	36.78
75.0	25.59	36.33
100.0	21.52	35.82
125.0	17.93	35.41
150.0	15.98	35.37
200.0	14.05	35.36
250.0	12.91	35.33
300.0	12.29	35.32
400.0	11.52	35.33
500.0	11.17	35.41
600.0	10.37	35.34
700.0	9.57	35.29
800.0	8.67	35.19
900.0	8.28	35.21
1000.0	7.79	35.18
1004.7	7.81	35.18

表 2-4 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 4		
インド洋		
インド沖2000km		
[November 4 '93]		
[11°34.68 N]		
[060°25.15 E]		

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	28.09 (°C)	35.78 (g/kg)
1.0	28.09	35.77
2.0	28.10	35.80
3.0	28.10	35.81
4.0	28.10	35.81
5.0	28.10	35.81
10.0	28.10	35.82
15.0	28.10	35.81
20.0	28.09	35.81
25.0	28.05	35.81
30.0	27.62	35.85
40.0	26.24	35.66
50.0	25.88	35.91
75.0	25.80	36.17
100.0	23.69	35.62
125.0	21.43	35.35
150.0	20.07	35.31
200.0	17.64	35.63
250.0	15.10	35.56
300.0	13.52	35.44
400.0	13.46	35.76
500.0	11.21	35.41
600.0	10.90	35.45
700.0	10.59	35.50
800.0	9.72	35.42
900.0	8.85	35.35
1000.0	8.00	35.27
1005.0	7.98	35.26

表 2-5 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 5
地中海
コルシカ島沖100km
November 29 '93
43°07.43 N
007°39.21 E

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	14.81 (°C)	37.85 (g/kg)
1.0	14.83	37.87
2.0	14.84	37.89
3.0	14.86	37.90
4.0	14.89	37.92
5.0	14.93	37.92
10.0	14.90	37.95
15.0	14.47	37.94
20.0	14.45	37.96
25.0	14.41	37.96
30.0	14.34	37.99
40.0	14.16	38.08
50.0	13.98	38.19
75.0	13.17	38.26
100.0	13.37	38.39
125.0	13.24	38.40
150.0	13.39	38.48
200.0	13.44	38.53
250.0	13.44	38.55
300.0	13.44	38.57
400.0	13.41	38.57
500.0	13.32	38.56
600.0	13.25	38.54
700.0	13.17	38.52
800.0	13.11	38.50
900.0	13.08	38.49
1000.0	13.05	38.47
1002.1	13.05	38.47

表 2-6 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 6
地中海
コルシカ島沖100km
November 29 '93
43°07.91 N
007°40.16 E

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	14.75 (°C)	38.04 (g/kg)
1.0	14.76	38.03
2.0	14.77	38.02
3.0	14.78	38.02
4.0	14.78	38.02
5.0	14.78	38.02
10.0	14.76	38.01
15.0	14.46	38.00
20.0	14.44	38.00
25.0	14.42	38.00
30.0	14.18	38.07
40.0	14.11	38.11
50.0	14.07	38.12
75.0	13.17	38.28
100.0	13.32	38.38
125.0	13.24	38.41
150.0	13.38	38.48
200.0	13.42	38.53
250.0	13.46	38.56
300.0	13.44	38.57
400.0	13.39	38.57
500.0	13.30	38.55
600.0	13.23	38.53
700.0	13.17	38.51
800.0	13.10	38.50
900.0	13.07	38.48
1000.0	13.05	38.48
1002.1	13.05	38.47

表 2-7 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 7
地中海
スペイン沖400km
November 30 '93
41°05.25 N
005°58.76 E

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	15.73 (°C)	37.82 (g/kg)
1.0	15.73	37.82
2.0	15.74	37.82
3.0	15.75	37.82
4.0	15.75	37.82
5.0	15.75	37.82
10.0	15.75	37.82
15.0	15.75	37.82
20.0	15.75	37.82
25.0	15.75	37.82
30.0	15.03	37.97
40.0	14.70	38.00
50.0	14.56	38.01
75.0	14.13	38.13
100.0	13.34	38.32
125.0	13.16	38.38
150.0	13.09	38.41
200.0	13.16	38.48
250.0	13.18	38.50
300.0	13.23	38.53
400.0	13.21	38.53
500.0	13.12	38.51
600.0	13.08	38.50
700.0	13.04	38.48
800.0	13.02	38.48
900.0	13.00	38.47
1000.0	12.99	38.46
1002.6	12.99	38.46

表 2-8 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 8
大西洋
モロッコ沖25km
December 7 '93
30°29.21 N
010°13.45 W

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	18.29 (°C)	36.45 (g/kg)
1.0	18.29	36.42
2.0	18.31	36.55
3.0	18.32	36.57
4.0	18.31	36.57
5.0	18.31	36.57
10.0	18.28	36.57
15.0	18.18	36.56
20.0	18.09	36.55
25.0	17.92	36.51
30.0	17.66	36.48
40.0	17.48	36.45
50.0	17.41	36.49
75.0	16.74	36.43
100.0	16.43	36.38
125.0	15.84	36.27
150.0	15.45	36.21
200.0	14.38	36.11
250.0	14.15	35.99
300.0	13.42	35.87
400.0	12.47	35.72
500.0	11.59	35.61
600.0	10.76	35.53
700.0	9.86	35.46
800.0	9.33	35.45
900.0	8.90	35.45
1000.0	8.60	35.47
1002.7	8.60	35.48

表2-9 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 9
大西洋
モロッコ沖25km
December 8 '93
30°16.10 N
010°21.03 W

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	17.97 (°C)	36.52 (g/kg)
1.0	17.98	36.52
2.0	17.98	36.53
3.0	17.98	36.53
4.0	17.99	36.53
5.0	17.99	36.53
10.0	17.99	36.53
15.0	17.99	36.53
20.0	17.99	36.53
25.0	17.99	36.53
30.0	17.98	36.53
40.0	17.82	36.50
50.0	17.60	36.43
75.0	17.05	36.45
100.0	16.53	36.39
125.0	16.00	36.31
150.0	15.46	36.21
200.0	14.87	36.11
250.0	14.28	36.01
300.0	13.54	35.89
400.0	12.46	35.72
500.0	11.52	35.59
600.0	10.83	35.53
700.0	9.89	35.42
800.0	9.63	35.45
900.0	9.23	35.50
1000.0	8.79	35.54
1008.1	8.77	35.54

表2-10 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 10
大西洋
モロッコ沖25km
December 12 '93
30°20.96 N
010°20.44 W

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	18.21 (°C)	36.33 (g/kg)
1.0	18.21	36.37
2.0	18.21	36.46
3.0	18.21	36.47
4.0	18.21	36.48
5.0	18.21	36.49
10.0	18.21	36.54
15.0	18.21	36.55
20.0	18.12	36.54
25.0	18.12	36.54
30.0	18.11	36.55
40.0	18.03	36.54
50.0	17.60	36.46
75.0	17.04	36.41
100.0	16.61	36.39
125.0	16.17	36.33
150.0	15.65	36.25
200.0	14.88	36.11
250.0	14.12	35.98
300.0	13.60	35.90
400.0	12.45	35.72
500.0	11.63	35.61
600.0	10.79	35.52
700.0	9.98	35.43
800.0	9.62	35.46
900.0	9.22	35.52
1000.0	8.54	35.48
1003.9	8.55	35.48

表2-11 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 11
大西洋
モロッコ沖1300km
December 18 '93
28°25.92 N
021°55.81 W

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	20.61 (°C)	37.06 (g/kg)
1.0	20.61	37.62
2.0	20.61	37.10
3.0	20.62	37.11
4.0	20.62	37.11
5.0	20.62	37.11
10.0	20.62	37.11
15.0	20.63	37.10
20.0	20.62	37.10
25.0	20.62	37.10
30.0	20.61	37.10
40.0	20.60	37.10
50.0	20.60	37.10
75.0	20.59	37.10
100.0	20.58	37.10
125.0	18.52	36.73
150.0	18.04	36.65
200.0	17.22	36.52
250.0	16.14	36.31
300.0	15.37	36.17
400.0	13.47	35.85
500.0	12.39	35.70
600.0	11.21	35.55
700.0	10.14	35.46
800.0	9.09	35.39
900.0	8.25	35.32
1000.0	7.65	35.29
1005.7	7.63	35.29

表2-12 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 12
大西洋
アフリカ沖2800km
December 22 '93
22°17.71 N
038°55.64 W

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0	24.22 (°C)	37.69 (g/kg)
1.0	24.23	37.68
2.0	24.31	37.62
3.0	24.32	37.61
4.0	24.32	37.61
5.0	24.32	37.61
10.0	24.32	37.61
15.0	24.31	37.61
20.0	24.31	37.61
25.0	24.31	37.61
30.0	24.31	37.61
40.0	24.32	37.61
50.0	24.30	37.61
75.0	24.25	37.66
100.0	24.14	37.63
125.0	23.14	37.46
150.0	21.62	37.30
200.0	19.35	36.88
250.0	17.82	36.58
300.0	16.29	36.26
400.0	13.87	35.86
500.0	12.12	35.64
600.0	10.50	35.42
700.0	9.28	35.27
800.0	7.69	35.09
900.0	6.81	35.01
1000.0	6.29	35.00
1005.7	6.27	35.00

表 2-13 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 13
大西沖
ブラジル沖1300km

December 25 '93
16°53.30 N
053°12.81 W

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	26.26 (°C)	36.43 (g/kg)
1.0	26.26	36.43
2.0	26.27	36.46
3.0	26.27	36.47
4.0	26.27	36.47
5.0	26.27	36.47
10.0	26.28	36.47
15.0	26.27	36.47
20.0	26.26	36.47
25.0	26.26	36.47
30.0	26.26	36.47
40.0	26.30	36.52
50.0	26.77	37.00
75.0	26.34	37.20
100.0	24.93	37.26
125.0	24.07	37.31
150.0	22.80	37.23
200.0	20.04	36.85
250.0	17.63	36.46
300.0	15.56	36.09
400.0	13.08	35.68
500.0	10.91	35.37
600.0	8.94	35.11
700.0	7.23	34.89
800.0	6.29	34.80
900.0	5.71	34.80
1000.0	5.50	34.85
1001.8	5.49	34.85

表 2-14 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 14
太平洋
メキシコ沖2500km

January 19 '94
15°14.89 N
123°16.99 W

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	26.46 (°C)	33.34 (g/kg)
1.0	26.46	33.37
2.0	26.46	33.43
3.0	26.46	33.43
4.0	26.46	33.43
5.0	26.46	33.43
10.0	26.45	33.43
15.0	26.43	33.43
20.0	26.38	33.43
25.0	26.37	33.43
30.0	26.36	33.43
40.0	26.36	33.44
50.0	26.37	33.60
75.0	23.62	34.23
100.0	17.33	34.34
125.0	13.98	34.49
150.0	12.57	34.62
200.0	11.74	34.72
250.0	10.97	34.89
300.0	10.35	34.66
400.0	9.08	34.59
500.0	7.79	34.53
600.0	6.76	34.51
700.0	5.99	34.51
800.0	5.45	34.53
900.0	4.99	34.53
1000.0	4.52	34.55
1002.9	4.51	34.55

表 2-15 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 15
太平洋
ハワイ沖700km

January 24 '94
13°20.33 N
152°04.27 W

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	25.94 (°C)	34.01 (g/kg)
1.0	25.94	34.01
2.0	25.94	34.04
3.0	25.94	34.05
4.0	25.94	34.05
5.0	25.94	34.05
10.0	25.99	34.05
15.0	25.94	34.05
20.0	25.93	34.05
25.0	25.92	34.05
30.0	25.91	34.06
40.0	25.86	34.06
50.0	25.76	34.09
75.0	25.13	34.44
100.0	20.87	34.57
125.0	18.20	34.67
150.0	16.17	34.61
200.0	10.94	34.23
250.0	9.99	34.45
300.0	9.36	34.52
400.0	8.47	34.55
500.0	7.27	34.51
600.0	6.42	34.50
700.0	5.73	34.51
800.0	5.23	34.52
900.0	4.75	34.54
1000.0	4.33	34.55
1004.8	4.30	34.55

表 2-16 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 16
太平洋
ハワイ沖700km

January 25 '94
13°24.42 N
154°04.76 W

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	25.54 (°C)	34.26 (g/kg)
1.0	25.54	34.26
2.0	25.54	34.27
3.0	25.55	34.27
4.0	25.55	34.27
5.0	25.56	34.27
10.0	25.55	34.27
15.0	25.54	34.27
20.0	25.53	34.27
25.0	25.51	34.27
30.0	25.49	34.27
40.0	25.46	34.27
50.0	25.39	34.32
75.0	24.50	34.71
100.0	22.09	35.02
125.0	20.57	35.04
150.0	19.46	35.00
200.0	13.34	34.43
250.0	11.12	34.58
300.0	10.36	34.62
400.0	8.44	34.52
500.0	7.28	34.51
600.0	6.42	34.50
700.0	5.67	34.51
800.0	5.08	34.52
900.0	4.60	34.54
1000.0	4.21	34.55
1007.2	4.17	34.55

表2-17 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 17
太平洋
ハワイ沖700km

January 26 '94
13°38.13 N
154°42.56 W

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	25.61(°C)	34.17 (g/kg)
1.0	25.61	34.17
2.0	25.62	34.16
3.0	25.81	34.16
4.0	25.60	34.16
5.0	25.60	34.16
10.0	25.58	34.16
15.0	25.61	34.16
20.0	25.59	34.15
25.0	25.56	34.16
30.0	25.56	34.16
40.0	25.55	34.16
50.0	25.53	34.16
75.0	25.18	34.73
100.0	22.61	34.86
125.0	21.07	35.07
150.0	18.98	34.93
200.0	13.45	34.44
250.0	11.23	34.56
300.0	9.73	34.48
400.0	8.27	34.51
500.0	7.43	34.51
600.0	6.41	34.50
700.0	5.70	34.51
800.0	5.10	34.52
900.0	4.73	34.53
1000.0	4.37	34.55
1004.0	4.36	34.55

表2-18 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 18
太平洋
ハワイ沖700km

January 27 '94
13°37.64 N
155°21.42 W

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	25.98(°C)	34.18 (g/kg)
1.0	25.98	34.21
2.0	25.97	34.19
3.0	25.97	34.19
4.0	25.99	34.19
5.0	25.98	34.19
10.0	25.76	34.18
15.0	25.68	34.18
20.0	25.67	34.18
25.0	25.67	34.19
30.0	25.66	34.19
40.0	25.61	34.19
50.0	25.59	34.18
75.0	25.51	34.22
100.0	21.95	34.97
125.0	19.75	34.81
150.0	18.31	34.88
200.0	12.07	34.30
250.0	10.25	34.40
300.0	9.47	34.45
400.0	8.03	34.44
500.0	7.11	34.47
600.0	6.41	34.48
700.0	5.81	34.50
800.0	5.28	34.52
900.0	4.71	34.53
1000.0	4.35	34.55
1002.0	4.34	34.55

表2-19 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 19
太平洋
ハワイ沖700km

January 28 '94
13°55.04 N
156°08.18 W

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	26.01(°C)	34.25 (g/kg)
1.0	26.08	34.24
2.0	26.00	34.24
3.0	25.92	34.24
4.0	25.90	34.24
5.0	25.90	34.25
10.0	25.74	34.25
15.0	25.72	34.25
20.0	25.69	34.25
25.0	25.60	34.24
30.0	25.56	34.23
40.0	25.55	34.23
50.0	25.56	34.24
75.0	25.57	34.26
100.0	22.42	35.04
125.0	20.55	35.07
150.0	18.76	34.88
200.0	13.45	34.37
250.0	10.82	34.40
300.0	9.73	34.40
400.0	8.35	34.49
500.0	7.41	34.50
600.0	6.48	34.48
700.0	5.78	34.50
800.0	5.21	34.52
900.0	4.67	34.53
1000.0	4.28	34.55
1003.2	4.27	34.55

表2-20 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 20
太平洋
ハワイ沖700km

January 29 '94
14°01.38 N
156°44.77 W

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	25.76(°C)	34.15 (g/kg)
1.0	25.76	34.15
2.0	25.77	34.23
3.0	25.77	34.23
4.0	25.77	34.24
5.0	25.78	34.24
10.0	25.77	34.25
15.0	25.71	34.24
20.0	25.68	34.24
25.0	25.66	34.25
30.0	25.65	34.25
40.0	25.63	34.25
50.0	25.60	34.24
75.0	25.32	34.32
100.0	23.18	34.99
125.0	21.64	35.13
150.0	19.57	35.01
200.0	13.67	34.37
250.0	10.19	34.17
300.0	9.75	34.43
400.0	8.59	34.54
500.0	7.44	34.51
600.0	6.40	34.50
700.0	5.58	34.50
800.0	5.06	34.52
900.0	4.66	34.53
1000.0	4.26	34.55
1002.8	4.24	34.55

表 2-2 1 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 21
太平洋
ハワイ沖700km
(January 30 '94
14° 18.28 N
157° 21.96 W)

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	25.43 (°C)	34.41 (g/kg)
1.0	25.44	34.41
2.0	25.45	34.40
3.0	25.45	34.40
4.0	25.45	34.40
5.0	25.45	34.40
10.0	25.45	34.40
15.0	25.45	34.40
20.0	25.45	34.40
25.0	25.41	34.42
30.0	25.38	34.45
40.0	25.07	34.71
50.0	24.95	34.80
75.0	24.55	34.86
100.0	22.79	35.07
125.0	20.65	35.09
150.0	19.40	35.07
200.0	15.75	34.82
250.0	10.61	34.18
300.0	9.34	34.31
400.0	8.13	34.42
500.0	7.11	34.48
600.0	6.25	34.47
700.0	5.61	34.49
800.0	5.18	34.51
900.0	4.67	34.52
1000.0	4.27	34.54
1003.0	4.26	34.54

表 2-2 2 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 22
太平洋
ハワイ沖2300km
(February 10 '94
21° 30.44 N
178° 02.83 E)

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0	25.47(°C)	34.31 (g/kg)
1.0	25.47	34.33
2.0	25.48	34.99
3.0	25.49	35.00
4.0	25.49	35.00
5.0	25.49	35.00
10.0	25.49	35.01
15.0	25.46	35.00
20.0	25.41	35.01
25.0	25.99	35.01
30.0	24.96	35.19
40.0	24.81	35.23
50.0	24.72	35.25
75.0	24.46	35.29
100.0	24.20	35.34
125.0	23.54	35.37
150.0	22.35	35.25
200.0	18.69	34.96
250.0	16.78	34.78
300.0	15.35	34.64
400.0	11.36	34.30
500.0	8.72	34.13
600.0	6.50	34.08
700.0	5.28	34.17
800.0	4.59	34.26
900.0	4.13	34.34
1000.0	3.83	34.42
1003.6	3.82	34.42

表 2-2 3 海水温度、塩分濃度の測定結果

SITE 23
太平洋
マリアナ群島沖1000km
(February 14 '94
21° 45.81 N
154° 16.62 E)

DEPTH	TEMPERATURE	SALINITY
0.0(m)	26.06 (°C)	34.93 (g/kg)
1.0	26.05	34.96
2.0	25.91	34.94
3.0	25.74	34.96
4.0	25.70	34.97
5.0	25.69	34.98
10.0	25.64	34.99
15.0	25.62	35.00
20.0	25.62	35.01
25.0	25.57	35.02
30.0	25.54	35.02
40.0	25.33	35.04
50.0	25.24	35.05
75.0	24.78	35.05
100.0	23.23	35.09
125.0	21.97	35.08
150.0	20.32	34.96
200.0	18.42	34.89
250.0	16.94	34.78
300.0	16.23	34.72
400.0	13.38	34.48
500.0	9.87	34.20
600.0	7.52	34.11
700.0	5.61	34.13
800.0	4.55	34.25
900.0	4.11	34.33
1000.0	3.93	34.42
1002.6	3.93	34.42

図8(b)よりわかるように、表層の塩分濃度は、3.66%、深さ1000mで3.52%となっている。塩分濃度分布は、表層より深さ50mまではあまり変化がなく、深さ100mまで減少して変化が大きいく。さらに深くなり、深さ100m以上になると約3.52%となり一定となっている。

図9(a),(b)は、図1中のSITE4の点で、インド洋のインド沖、約2000kmの海域の海水温度、塩分濃度分布を示す。位置は、北緯11°34.68'、東経60°25.15'である。測定日は、1993年11月4日である。

図9(a)よりわかるように、表層の海水温度は、28.1°C、深さ1000mで8.0°Cとなっている。表層と深層の温度差は、20.1°Cとなる。温度分布は、表層より深さ約300mまで減少し変化が大きく、さらに深くなると、深さ1000mまでだんだん温度低下している。

図9(b)よりわかるように、表層と深層の塩分濃度は、3.53~3.59%の範囲で変化が小さい。

図10(a),(b)~12(a),(b)は、図1中のSITE5~7の点で、SITE5~6は、地中海のコルシカ島沖、約100km、SITE7は、スペイン沖約400kmの海域の海水温度、塩分濃度分布を示す。位置は、それぞれ、北緯43°7.43'、東経7°39.21'、北緯43°7.91'、東経7°40.16'、北緯41°5.25'、東経3°58.76'である。測定日は、それぞれ、1993年11月29日、1993年11月29日、1993年11月30日である。

図10(a)~12(a)よりわかるように、表層の海水温度は、14.7~15.7°Cの範囲、深さ1000mでは13.0~13.1°Cの範囲となっている。表層と深層の温度差は、約2.1°Cとなる。温度分布は、表層より深さ約100mまで温度低下し、深さが約100m以上になるとほぼ一定となっている。地中海では、表層と深層との温度差はあまりなく一定である。

図10(b)~12(b)よりわかるように、表層の塩分濃度は、3.78~3.8%の範囲、深さ1000mでは3.85%の範囲となっている。塩分濃度分布は、表層より深さ100mまで増加して変化が大きく、深さ100m以上になると約3.85%となり一定となっている。

図13(a),(b)~15(a),(b)は、図1中のSITE8~10の点で、大西洋のモロッコ沖、約25kmの海域の海水温度、塩分濃度分布を示す。位置は、それぞれ、北緯30°29.21'、西経10°13.45'、北緯30°16.10'、西経10°21.03'、北緯30°20.96'、西経10°20.44'である。測定日は、それぞれ、1993年12月7日、1993年12月8日、1993年12月12日である。

図13(a)~15(a)よりわかるように、表層の海水温度は、18.0~18.3°Cの範囲、深さ1000mでは、8.5~8.8°Cの範囲となっている。表層と深層の温度差は、約9.5°Cとな

る。温度分布は、表層より深さ約1000mまでだんだん温度低下している。

図13(b)~15(b)よりわかるように、表層の塩分濃度は、3.63~3.65%の範囲、深さ1000mでは、3.55%となっている。塩分濃度分布は、表層より深さ600mまで減少して、深さ600m以上になると約3.55%となり一定となっている。

図16(a),(b)は、図1中のSITE11の点で、大西洋のモロッコ沖、約1300kmの海域の海水温度、塩分濃度分布を示す。位置は、北緯28°25.92'、西経21°55.81'である。測定日は、1993年12月18日である。

図16(a)よりわかるように、表層の海水温度は、20.6°C、深さ1000mで7.7°Cとなっている。表層と深層の温度差は、12.9°Cとなる。温度分布は、表層より深さ約100mまで一定で変化がなく、さらに深くなると、深さが約1000mまでだんだん温度低下している。

図16(b)よりわかるように、表層の塩分濃度は、3.71%、深さ1000mで3.53%となっている。塩分濃度分布は、表層より深さ100mまで一定で変化がなく、さらに深くなると、深さ1000mまでだんだん減少している。

図17(a),(b)は、図1中のSITE12の点で、大西洋のアフリカ沖、約2800kmの海域の海水温度、塩分濃度分布を示す。位置は、北緯22°17.71'、西経38°55.64'である。測定日は、1993年12月22日である。

図17(a)よりわかるように、表層の海水温度は、24.2°C、深さ1000mで6.3°Cとなっている。表層と深層の温度差は、17.9°Cとなる。温度分布は、表層より深さ約100mまで一定で変化がなく、さらに深くなると、約1000mまでだんだん温度低下している。

図17(b)よりわかるように、表層の塩分濃度は、3.77%、深さ1000mで3.5%となっている。塩分濃度分布は、表層より深さ100mまで一定で変化がなく、さらに深くなると、深さ1000mまで、だんだん塩分濃度は減少している。

図18(a),(b)は、図1中のSITE13の点で、大西洋のブラジル沖、約1300kmの海域の海水温度、塩分濃度分布を示す。位置は、北緯16°53.30'、西経53°12.81'である。測定日は、1993年12月25日である。

図18(a)よりわかるように、表層の海水温度は、26.3°C、深さ1000mで5.5°Cとなっている。表層と深層の温度差は、20.8°Cとなる。温度分布は、表層より深さ約50mまであまり変化がなく、さらに深くなると、深さ約1000mまでだんだん温度低下している。

図18(b)よりわかるように、表層の塩分濃度は、3.64%で、深さ約150mで3.73%と増加し、さらに深くなると、

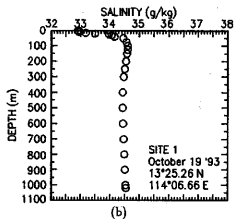
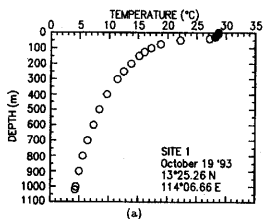


図6 海水温度、塩分濃度分布

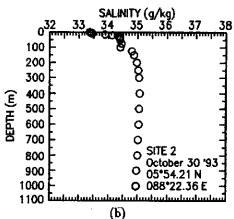
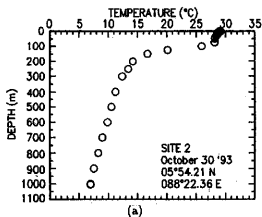


図7 海水温度、塩分濃度分布

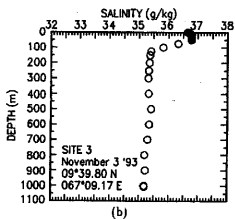
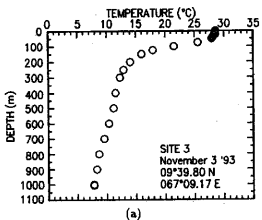


図8 海水温度、塩分濃度分布

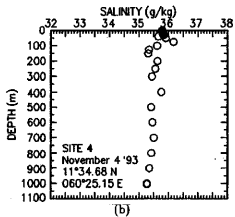
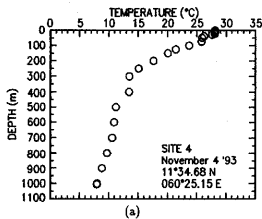


図9 海水温度、塩分濃度分布

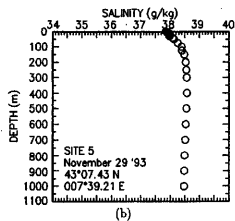
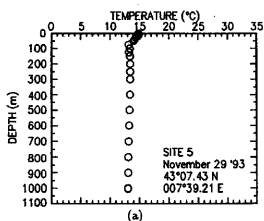


図 10 海水温度、塩分濃度分布

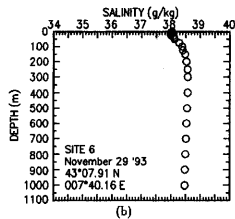
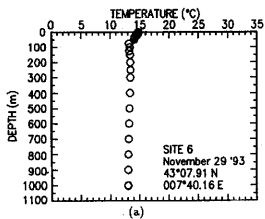


図 11 海水温度、塩分濃度分布

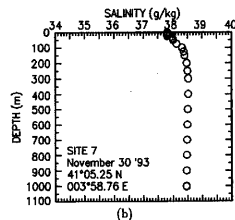
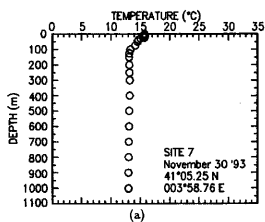


図 12 海水温度、塩分濃度分布

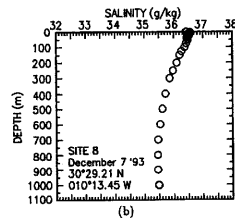
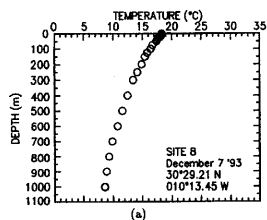
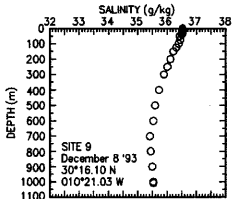
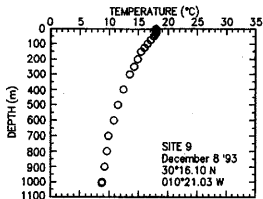


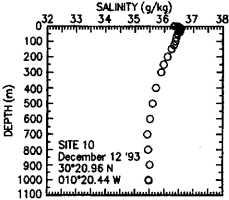
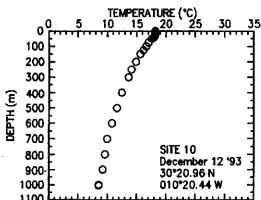
図 13 海水温度、塩分濃度分布



(a)

(b)

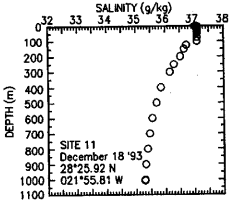
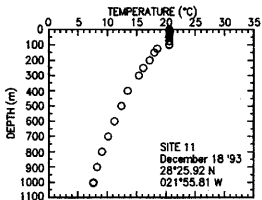
図14 海水温度、塩分濃度分布



(a)

(b)

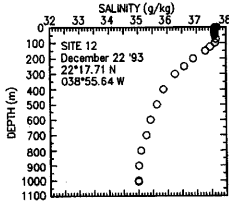
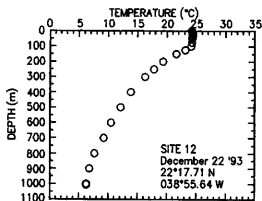
図15 海水温度、塩分濃度分布



(a)

(b)

図16 海水温度、塩分濃度分布



(a)

(b)

図17 海水温度、塩分濃度分布

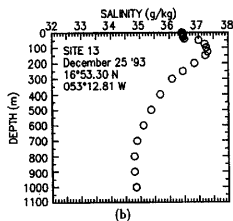
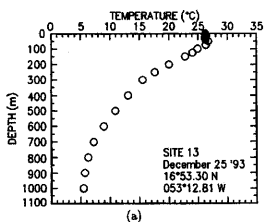


图 18 海水温度、塩分濃度分布

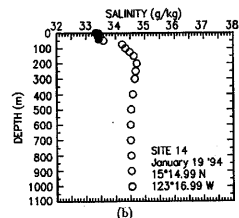
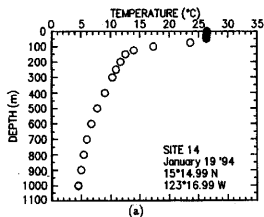


图 19 海水温度、塩分濃度分布

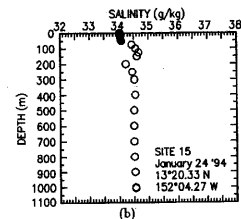
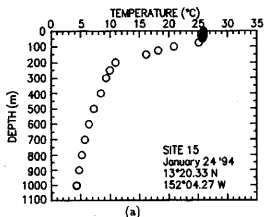


图 20 海水温度、塩分濃度分布

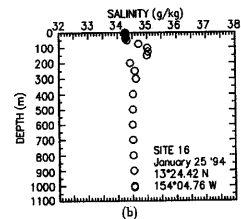
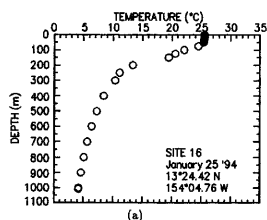


图 21 海水温度、塩分濃度分布

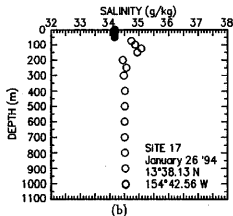
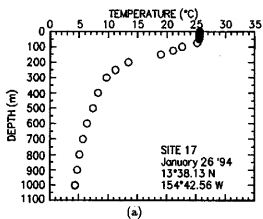


図22 海水温度、塩分濃度分布

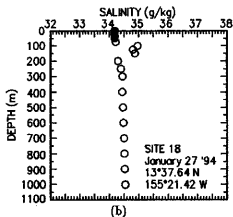
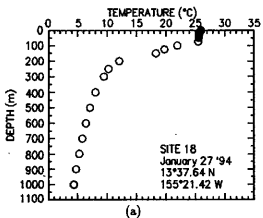


図23 海水温度、塩分濃度分布

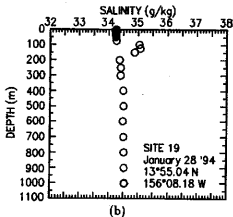
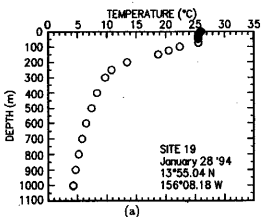


図24 海水温度、塩分濃度分布

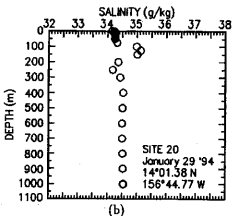
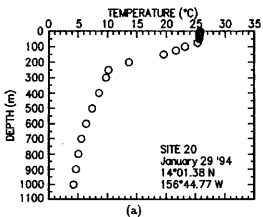


図25 海水温度、塩分濃度分布

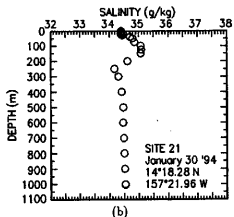
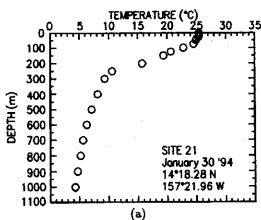


図 26 海水温度、塩分濃度分布

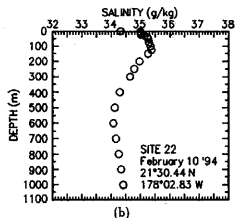
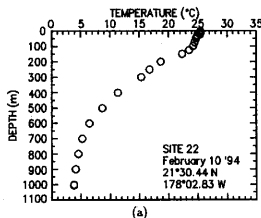


図 27 海水温度、塩分濃度分布

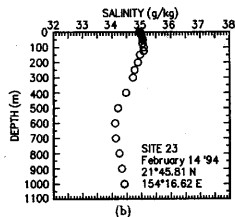
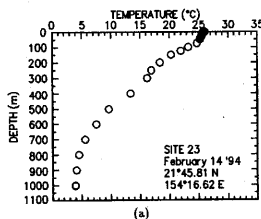


図 28 海水温度、塩分濃度分布

約 800m まで減少し、約 800m 以上になると一定となっている。

図 19(a),(b) は、図 1 中の SITE 14 の点で、太平洋のメキシコ沖、約 2500km の海域の海水温度、塩分濃度分布を示す。位置は、北緯 15°14.99'、西経 123°16.99' である。測定日は、1994 年 1 月 19 日である。

図 19(a) よりわかるように、表層の海水温度は、26.5°C、深さ 1000m で 4.5°C となっている。表層と深層の温度差は、22.0°C となる。温度分布は、表層より深さ約 50m まであまり変化がなく、深さ約 150m まで温度降下が大きく、さらに深くなると、深さ 1000m までだんだん温度降下している。

図 19(b) よりわかるように、表層の塩分濃度は、3.33%、

深さ 1000m で 3.46% となっている。塩分濃度分布は、表層より深さ 50m まであまり変化がなく、さらに深くなると、深さ 200m まで増加して変化が大きくなり、深さ 200m 以上になると約 3.45% となり一定となっている。

図 20(a),(b) ~26(a),(b) は、図 1 中の SITE 15 ~ 21 の点で、太平洋のハワイ沖、約 700km の海域の海水温度、塩分濃度分布を示す。~26(a),(b) は、図 1 中の SITE 15 ~ 21 の点で、太平洋のハワイ沖、約 700km の海域の海水温度、塩分濃度分布を示す。位置は、それぞれ、北緯 13°20.33'、西経 152°4.27'、北緯 13°24.42'、西経 154°4.76'、北緯 13°38.13'、西経 154°42.56'、北緯 13°37.64'、西経 155°21.42'、北緯 13°55.04'、西経 156°8.18'、北緯 14°1.38'、西経 156°44.77'、北緯 14°18.28'、西経 157°21.96' である。

測定日は、それぞれ、1994年1月24日、1994年1月25日、1994年1月26日、1994年1月27日、1994年1月28日、1994年1月29日、1994年1月30日である。

図20(a)~26(a)よりわかるように、表層の海水温度は、25.4~26.0°Cの範囲、深さ1000mでは、4.2~4.4°Cの範囲となっている。表層と深層の温度差は、約23.4°Cとなる。温度分布は、表層より深さ約50mまであまり変化がなく、さらに深くなると、深さ約300mまで大きく温度降下しだんだん温度降下している。

図20(b)~26(b)よりわかるように、表層の塩分濃度は、3.40~3.44%の範囲、深さ1000mで3.35~3.45%の範囲となっている。塩分濃度分布は、表層より深さ約50mまで一定で、深さ約100mまで増加して変化が大きく、さらに深くなると、深さ約200mまで減少し、深さ約200m以上になると約3.4%となり一定となっている。

図27(a),(b)は、図1中のSITE 22の点で、太平洋のハワイ沖、約2300kmの海域の海水温度、塩分濃度分布を示す。位置は、北緯21°30.44'、西経178°2.83'である。測定日は、1994年2月10日である。

図27(a)よりわかるように、表層の海水温度は、25.5°C、深さ1000mで3.8°Cとなっている。表層と深層の温度差は、21.7°Cとなる。温度分布は、表層より深さ約150mまで少し変化し、さらに深くなると、だんだん温度降下して約800mまで変化する。深さが約800m以上になるとほぼ一定となっている。

図27(b)よりわかるように、表層の塩分濃度は、3.43%、深さ1000mで3.44%となっている。塩分濃度分布は、表層での変化が大きく深さ約150mまで増加して、さらに

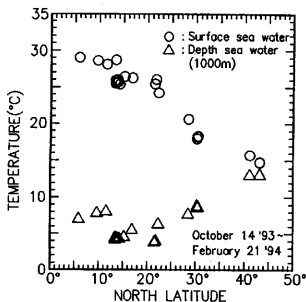


図29 緯度と表層と深層の温度差の関係

深くなると、深さ約600mまで減少し、深さ約600m以上になるとほぼ一定となっている。

図28(a),(b)は、図1中のSITE 23の点で、太平洋のマリアナ諸島沖、約1000kmの海水温度、塩分濃度分布を示す。位置は、北緯21°45.81'、東経154°16.62'である。測定日は、1994年2月14日である。

図28(a)よりわかるように、表層の海水温度は、26.1°C、深さ1000mで3.9°Cとなっている。表層と深層の温度差は、22.2°Cとなる。温度分布は、表層より深さ約50mまであまり変化がなく、さらに深くなると、温

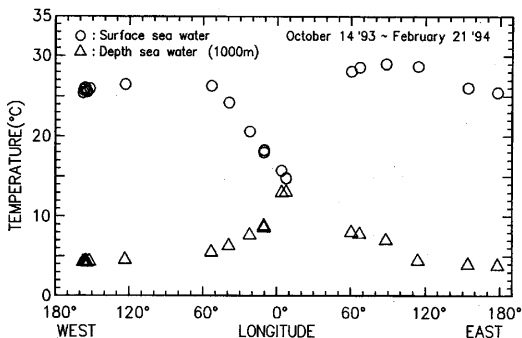


図30 経度と表層と深層の温度差

度降下して深さが約800mまで変化する。深さが約800m以上になるとほぼ一定となっている。

図28(b)よりわかるように、表層の塩分濃度は、3.49%、深さ1000mで3.44%となっている。塩分濃度分布は、表層より深さ約150m、までは変化が少なくなりに深くなると、深さ約600mまで減少し、その後はほぼ一定となっている。

図29は、緯度に対する表層と深層(1000m)の海水温度差を示したものである。図中の○印は、表層の海水温度である。△印は、深層(1000m)の海水温度である。測定期間は、1993年10月14日から1994年2月21日である。表層の海水温度は、緯度が高くなるに従って低くなっている。深層の海水温度は、緯度が約0°~12°の範囲では、約6.7~8.0°C、緯度が約13°~22°の範囲では、約3.8~5.5°C、緯度が約22°~31°の範囲では、約6.3~8.8°C、緯度が約40°以上では、約13°Cとなっている。

表層と深層の海水温度差は、緯度が約0°~22°の範囲では、約20°C以上となっている。この範囲においては、海洋温度差発電の設置可能な温度差となっている。緯度が約22°~31°の範囲では、約9.2~17.9°Cとなっている。この範囲においては、海洋温度差発電の設置可能な温度差としては小さくなっている。緯度が約40°以上では、表層と深層の海水温度差は、あまりないことがわかる。

図30は、経度に対する表層と深層(1000m)の海水温度差を示したものである。図中の○印は、表層の海水温度である。△印は、深層(1000m)の海水温度である。測定期間は、1993年10月14日から1994年2月21日である。表層の海水温度は、東、西経約60°~180°の範囲では、ほぼ一定となっている。東、西経約0°~60°の範囲では、経度が0°になるに従って低くなっている。深層の海水温度は、西経約60°~180°の範囲では、ほぼ一定となっている。西経約0°~60°の範囲では、経度が0°になるに従って高くなっている。東経約110°~180°の範囲では、ほぼ一定となっている。経度が0°になるに従って高くなっている。

表層と深層の海水温度差は、東、西経約60°~180°の範囲では、約20°C以上となっている。この範囲においては、海洋温度差発電の設置可能な温度差となっている。東、西経が約0°~60°の範囲では、温度差は小さくなり、海洋温度差発電の設置可能な温度差としては小さくなることわかる。

4. 結 言

OTECを設置のための可能性について、世界海域で

のエネルギー源の調査を行い、次の様な結果を得た。

(1) 南シナ海、インド洋、太平洋の海域では、表層の海水温度は、25.4~29.0°C、深層1000mでは、3.8~8.0°Cとなっている。表層と深層の温度差は、20.1~24.3°Cとなる。

(2) 地中海では、表層の海水温度は、14.8~15.7°C、深層1000mでは、13.0~13.1°Cとなっている。表層と深層の温度差はあまりない。

(3) 大西洋では、表層の海水温度は、18.0~26.3°C、深層1000mでは、5.5~8.8°Cとなっている。表層と深層の温度差は、9.2~20.8°Cとなる。ここでは、場所によってはかなり温度差がある。

(4) 表層の海水温度は、緯度が高くなるに従って低くなっている。深層の海水温度は、緯度が約0°~12°の範囲では、約6.7~8.0°C、緯度が約13°~22°の範囲では、約3.8~5.5°C、緯度が約22°~31°の範囲では、約6.3~8.8°C、緯度が約40°以上では、約13°Cとなる。

表層と深層の海水温度差は、緯度が約0°~22°の範囲では、約20°C以上となっている。この範囲では、海洋温度差発電の設置可能な温度差となる。緯度が約22°~31°の範囲では、約9.2~17.9°Cとなっている。この範囲では、海洋温度差発電の設置可能な温度差としては小さくなる。緯度が約40°以上では、表層と深層の海水温度差はあまりない。

(5) 表層の海水温度は、東、西経約60°~180°の範囲では、ほぼ一定となっている。東、西経約0°~60°の範囲では、経度が0°になるに従って低くなっている。深層の海水温度は、西経約60°~180°の範囲では、ほぼ一定となっている。西経約0°~60°の範囲では、経度が0°になるに従って高くなっている。東経約110°~180°の範囲では、ほぼ一定となっている。経度が0°になるに従って高くなっている。表層と深層の海水温度差は、東、西経約60°~180°の範囲では、約20°C以上となっている。この範囲では、海洋温度差発電の設置可能な温度差となる。東、西経が約0°~60°の範囲では、温度差は小さくなる。この範囲では、海洋温度差発電の設置可能な温度差としては小さくなる。

文 献

- (1) 上原, 海洋温度差発電読本, (1982), オーム社.
- (2) 上原, 中岡, プレート式熱交換器を用いた海洋温度差発電システムの研究(作動流体がフロン22の場合), 日本機械学会論文集, 50-453 (1984), 1325.
- (3) 上原, 中岡, プレート式熱交換器を用いた海洋温度差発電システムの研究(作動流体がアンモニアの場合), 日本機械学会論文集, 50-456 (1984), 1955.

- (4) H. Uehara and Y. Ikegami, Optimization of a Closed-Cycle OTEC System, Trans. of the ASME Journal of Solar Energy Engineering, 112-4 (1990), 247.
- (5) A. Miyara, T. Nakaoka, and Y. Kitada, Use of Non-azeotropic Binary Mixtures as a Working Fluid of an OTEC System, Proc. of the Second International Offshore and Polar Engineering Conference, (1992), 592.
- (6) Kalina, A.I., Regeneration of the Working Fluid and Generation of Energy, Japanese Patent, (1987), Sho62-39660.
- (7) H. Uehara and Y. Ikegami, Parametric Performance Analysis of OTEC Using Kalina Cycle, ASME Joint Solar Engineering Conference, (1993), 203.
- (8) W. A. Wolff, W. E. Hubert, and P.M. Wolff, OTEC World Thermal Resource, Proc. Ocean Conf., (1979), 13.5.1~ 13.5.7.
- (9) H. Uehara, T. Nakaoka, S. Nagasaki, and H. Yokoyama, Deployment of Cold Water Pipe in the Japan Sea, Proc. of 7th Ocean Energy Conf., (1980), 14.1-1~ 14.4-7.
- (10) H. Uehara, C. O. Dilao, and T. Nakaoka, Conceptual Design of Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) Power Plants in the Philippines, Solar Energy, 41-5 (1988), 431.
- (11) 乾, 長友, 中岡, 西田, 上原, 宮良, 海洋温度差発電設置のための沖永良部海域の海象調査, OTEC, 3, (1990), 1.
- (12) H. Uehara, A. Miyara, T. Nakaoka, and T. Nishida, A Study of an Ocean Thermal Energy Conversion Plant Using Integrated Hybrid Cycle in the Oki-no-erabu Island, Proc. of the Second International Offshore and Polar Engineering Conference, (1992), 599.
- (13) 上原, 中岡, 池上, 西田, 乾, 貞包, ハイブリッドサイクルを用いた海洋温度差発電システムの研究, OTEC, 4, (1993), 39.