

东海黑潮水团温度和盐度的统计特征*

杨 天 鸿

(中国科学院海洋研究所)

本文的目的在于给出九州和琉球群岛以西，水深大于 200 米的东海黑潮区域内水团的温度和盐度的统计特征值。研究海区的地形大体如图 1 所示。

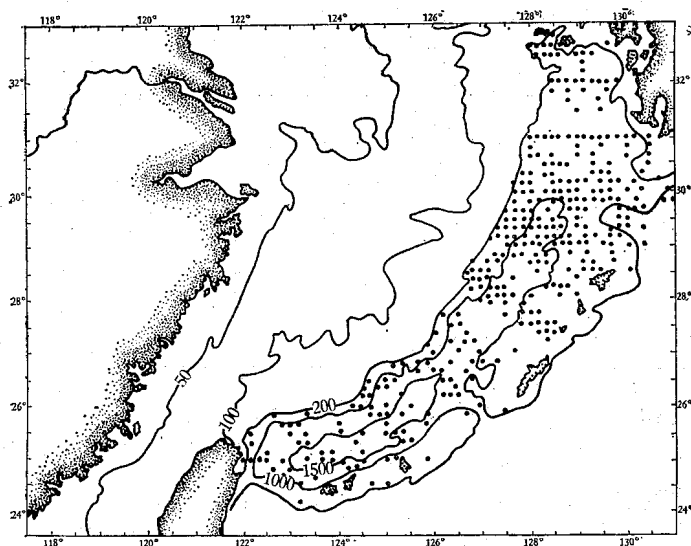


图 1 研究海区地形和站位图

安井善一 (1932)^[6]、K. Koenuma (1938)^[7]、山野省三 (1952)^[5]、毛汉礼等 (1964)^[2]、A. M. Харченко (1968)^[12]、H. Nitani (1972)^[8] 以及其他海洋学家在讨论该海区的水团时曾分别给出过水团的温度和盐度的特征值，但是他们大都是根据个别航次或者少数断面的观测结果求得这些数值的。

虽然早在 19 世纪 Л. И. Шренк (1874)^[9]、和田雄治 (1894)^[11] 和 С. О. Макаров (1894)^[10] 等已经在该海区作了一些调查研究工作，但是，大量的海洋调查工作，还是以后由日本调查船只完成的。尤其是近十多年的“黑潮及邻近海区合作调查”(简称 CSK)，提供了比以往更为系统的大量调查资料。这样，就积累了一定数量的观测资料，使得本文应用统计学方法进行的讨论有了可能。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 666 号。本文系在毛汉礼教授指导下完成的，邢成军、韩素清、苑秀森、杜涓山同志协助完成了大量的计算和绘图工作，甘子钧、张法高等同志仔细审阅原稿，并提出一些宝贵意见，特此致谢。

收稿日期：1980 年 10 月 22 日。

1) 参见：A. M. 穆罗姆采夫，1958。太平洋水文的基本特征(谢金赞等译，1959)：1—16 页。

一、资料和方法

本文应用 CSK 资料和日本气象厅《海洋气象观测资料》(简称 JMA) 中的 1302 个站次的实测资料(见表 1)。这些资料的区域性分布是: 24°N — 26°N , 183 个站次; 26°N — 28°N , 272 站次; 28°N — 30°N , 464 个站次; 30°N — 33°N , 383 个站次; 研究海区南部的资料略为少些。从季节性分布来看, 冬季(1月—3月), 294 个站次; 春季(4月—6月), 168 个站次; 夏季(7月—9月), 460 个站次; 秋季(10月—12月), 380 个站次; 春季资料略为少些。如果我们将所用的 1302 个资料中实测站位重合或邻近的测站, 按 $10^{\circ}\text{N} \times 10^{\circ}\text{E}$ 格点合并, 共有 366 个测站, 其分布状况列于图 1 中。

表 1 资料来源

资料名称	期 号									
CSK	15	22	31	39	47	48	49	57	62	
	13	64	67	85	88	89	100	101	102	
	109	112	114	130	132	133	135	158	164	
	173	180	183	184	185	186	189	193	194	
	196	214	218	219	220	221	231	244	267	
	273	286	298	306	323	343	354	364	369	
	373	388	394	398	409	415	418	427	433	
JMA	17	21—26		28—30		38—40		47—60		

从 T-S 曲线和 T-S 点聚图中我们可以看出¹⁾, 在研究海区内夏季水团的垂直结构主要为四层模式: 东海黑潮表层水、东海黑潮高盐水、东海亚极地中层水和冲绳海槽深层水; 冬季水团的垂直结构主要为三层模式: 东海黑潮高盐水、东海亚极地中层水和冲绳海槽深层水。这里我们分别对各个观测站次的表层、黑潮高盐水高盐核处、亚极地中层水低盐核处以及观测水深大于 1500 米的测站的最深实测水层的温度和盐度值进行统计分析。

在统计过程中, 我们忽略离散太远(超过 3σ ²⁾)的少数实测温度和盐度值。先用实测资料绘制频率直方图, 再分别计算整个海区、 30°N 以北和以南海区的全年和各个季节的水温和盐度的平均值以及实测频率在 86%—92% 的温度和盐度的集中区间值。然后用选配拟合频率曲线方法, 求得各原始水型的温度和盐度指标。拟合曲线的选择系应用统计参数和皮尔逊曲线的判别式来确定^[3,9]。

对于实测资料较少的冲绳海槽深层水, 我们采用回归分析法求得回归直线方程, 再用这一方程来计算它的原始水型的温度和盐度指标。

二、表层水体温度和盐度的统计特征

本文收集到的 1302 个观测站次的实测表层水温范围是 14.60 — 31.00°C , 相应的盐度

1) 见本集 179 页作者“东海黑潮水团的初步分析”一文。

2) σ 表示均方差。

范围是 28.13—35.00‰。在忽略盐度小于 30.00‰ 的 3 个观测站次的实测资料情况下, 温度以 0.1℃ 为组距, 盐度以 0.05‰ 为组距, 绘制了表层水体温度和盐度的频率分布图(图 2, 3)。从图 2 中可以看出, 研究海区表层水体的实测平均温度为 24.85℃, 在这 1299 个

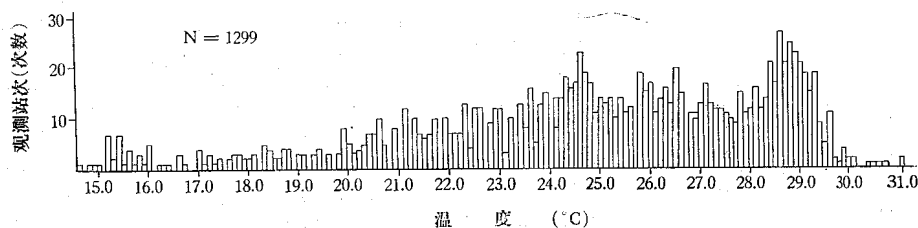


图 2 研究海区内 1299 个观测站次的实测表层水体的温度频率分布图

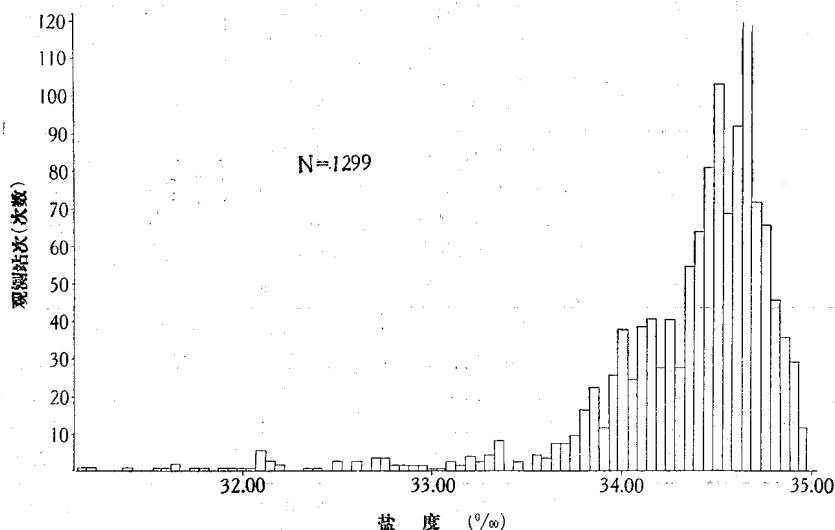


图 3 研究海区内 1299 个观测站次的实测表层水体的盐度频率分布图

观测站次中有 1128 个(约占 87%)的实测水温集中在 20.6—29.6℃ 区间内。从图 3 中同样可以看出, 研究海区表层水体的实测平均盐度为 34.32‰, 其中有 1184 个观测站次(约占 91%)的实测盐度集中在 33.75—34.95‰ 区间内。

如果我们对整个海区、30°N 以北和以南海区, 再按不同季节分别进行上述类似计算, 则可得到表 2 所示的统计结果。从表 2 中可以看出, 在研究海区内, 表层水温的季节变化是夏季最暖, 秋季次之, 春季更次之, 冬季最冷。从区域性分布来看, 30°N 以南海区的表层水温高于 30°N 以北海区的表层水温。表层水盐度的季节变化是冬季最高, 春季次之, 秋季更次, 夏季最低。

应当指出, 整个研究海区的实测盐度范围, 在秋季是 33.75—35.00‰, 春季是 33.25—34.95‰, 似乎在秋季要大些; 但是从盐度集中范围来看, 秋季 90% 的实测表层水的盐度集中在 34.05—34.70‰, 而春季的 89% 集中在 34.35—34.90‰, 相应的平均盐度, 秋季是 34.38‰, 而春季是 34.56‰; 因此, 从总体来说还是春季大于秋季。

表2 研究海区表层水体的温度和盐度的统计结果表

海 区	项 目	季 节	实 测 范 围	平 均 值	集 中 百 分 数	集 中 范 围
整 个 研 究 海 区	温 度	春	16.7—26.8℃	23.24℃	87%	20.2—25.8℃
		夏	23.7—31.0℃	28.10℃	91%	25.8—29.6℃
		秋	20.6—28.4℃	25.17℃	89%	23.0—27.3℃
		冬	14.6—26.2℃	20.30℃	88%	15.5—24.2℃
		全年	14.6—31.0℃	24.85℃	87%	20.6—29.6℃
	盐 度	春	33.25—34.95‰	34.56‰	89%	34.35—34.90‰
		夏	31.15—34.75‰	33.91‰	87%	33.10—34.75‰
		秋	33.75—35.00‰	34.38‰	90%	34.05—34.70‰
		冬	34.30—34.95‰	34.73‰	90%	34.60—34.90‰
		全年	31.15—35.00‰	34.32‰	91%	33.75—34.95‰
30°N 以 南 海 区	温 度	春	19.4—26.8℃	24.04℃	86%	22.3—25.8℃
		夏	25.0—30.7℃	28.48℃	88%	27.0—29.6℃
		秋	20.6—28.4℃	25.37℃	88%	27.0—29.6℃
		冬	17.2—26.2℃	21.93℃	88%	19.7—23.9℃
		全年	17.2—30.7℃	25.59℃	88%	21.9—29.6℃
	盐 度	春	34.00—34.95‰	34.59‰	87%	34.40—34.90‰
		夏	32.75—34.75‰	34.22‰	91%	33.80—34.65‰
		秋	33.75—35.00‰	34.41‰	90%	34.10—34.70‰
		冬	34.30—34.95‰	34.75‰	91%	34.60—34.95‰
		全年	32.75—35.00‰	34.44‰	95%	33.95—34.95‰
30°N 以 北 海 区	温 度	春	16.7—25.5℃	21.26℃	87%	18.8—23.6℃
		夏	23.7—31.0℃	27.35℃	87%	25.1—29.6℃
		秋	20.8—27.6℃	24.33℃	86%	22.3—26.5℃
		冬	14.6—23.8℃	18.07℃	90%	15.2—22.1℃
		全年	14.6—31.0℃	23.19℃	87%	17.0—29.2℃
	盐 度	春	33.25—34.75‰	34.45‰	90%	34.35—34.75‰
		夏	31.15—34.60‰	33.00‰	88%	32.10—34.35‰
		秋	33.80—34.85‰	34.25‰	89%	33.85—34.55‰
		冬	34.50—34.90‰	34.70‰	87%	34.60—34.80‰
		全年	31.15—34.90‰	34.14‰	87%	33.10—34.90‰

安井善一(1932)在研究长崎—上海间水温和盐度的年变化时,给出的 129°E 测站的年平均水温为 20.1℃,年平均盐度为 34.32‰,其温度值小于表 2 的相应值。山野省三(1952)分析 1951 年 7—8 月研究海区北部的调查资料时给出的温度和盐度变化范围,在表 2 所示的范围之内。

研究海区内的高温低盐水以夏季最为显著。为了进一步探讨其温度和盐度的统计特征,并考虑到江河径流的影响,我们选配了 7—10 月表层水温度和盐度的拟合几率密度曲线,它们可以用下式表示:

$$P_{ST} = 6.083X_T^{2.6366}(1 - X_T)^{0.28135};$$

$$P_{SS} = 47.71X_S^{4.1097}(1 - X_S)^{1.2794}.$$

式中, P_{ST} 表示表层水温为 T 的几率, P_{SS} 表示表层水盐度为 S 的几率; $X_T = \frac{T - T_0}{T_1 - T_0}$,

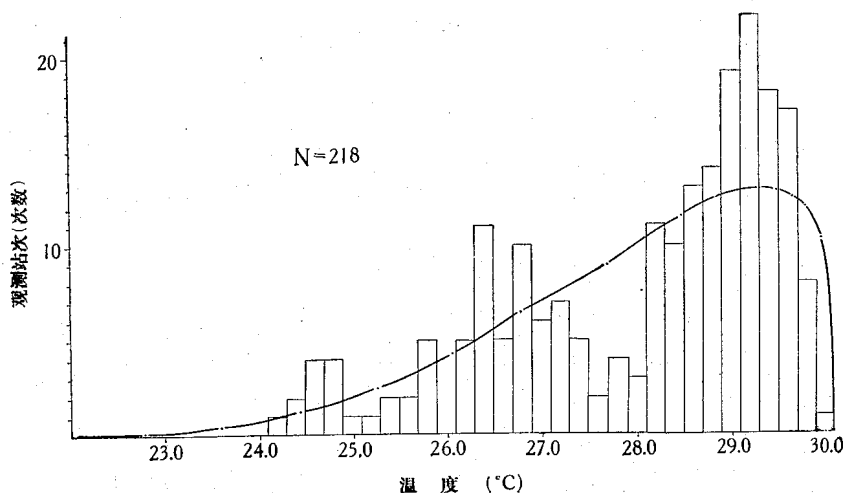


图4 7月—10月实测表层水的温度频率直方图和拟合几率密度曲线的比较图

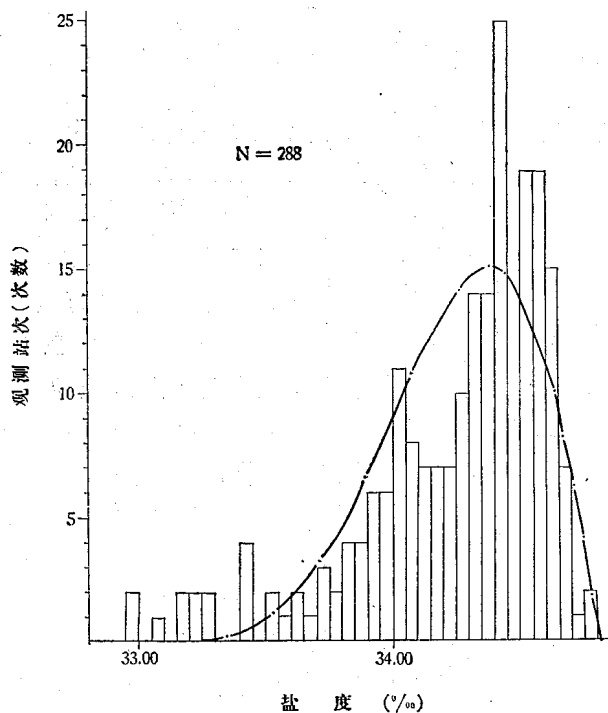


图5 7月—10月实测表层水的盐度频率直方图和拟合几率密度曲线的比较图

(T_0 和 T_1 分别表示拟合最低和最高温度); $X_s = \frac{S - S_0}{S_1 - S_0}$ (S_0 和 S_1 分别表示拟合最低和最高盐度)。这些曲线和实测频率分布的拟合程度可见图4, 5。

从上述分析我们可得到表3所示结果。这里我们取拟合最高盐度 34.81‰ 和与之相应的温度 29.70℃¹⁾ 以及拟合最低盐度 32.97‰ 和与之相应的温度 29.80℃¹⁾ 作为表层水的两个水团原始水型的指标。这两个数值的范围大于表2给出的整个研究海区夏季87%

1) 指相应于 T-S 点聚图上的该盐度的平均温度(下同)

表 3 7—10 月表层水温度和盐度的统计结果

项 目	实 测 范 围	拟 合 范 围	平均值	均方差	68.3% 置信区间
温 度	22.90—31.00℃	22.00—30.13℃	28.20℃	1.47℃	27.4—30.1℃
盐 度	32.05—34.75‰	32.97—34.81‰	34.25‰	0.37‰	34.07—34.63‰

的盐度集中范围。

安井善一(1932)指出,东海表层水是由黑潮水系、黄海沿岸水系和长江水系三个部分组成,在 129°E 以东还受到日本沿岸水的影响。从上述分析可以看出,这些水系在研究海区内混合形成的东海黑潮表层水,其温度范围约为 15.0—31.0℃,盐度范围约为 34.00—34.50‰²⁾,相应的平均温度为 24.85℃,平均盐度为 34.25‰。

从表 2 还可看出,除了上述东海黑潮表层水以外,盐度大于 34.50‰的黑潮高盐水、小于 34.00‰的沿岸水系,甚至毛汉礼等(1963)^[1]指出的盐度小于 32.00‰的冲淡水系,也都能在研究海区的表层观测到。

三、黑潮高盐水高盐核处温度和盐度的统计特征

在忽略观测深度没有达到高盐核所在位置的情况下,1266 个观测站次的实测高盐核心处水体的温度范围是 14.3—27.5℃,相应的盐度范围是 34.45—35.06‰。同上节一样,按海区和季节进行简单的统计计算,可得到表 4 所示结果。

从表中可以看出,高盐核处的平均盐度在不同季节差别不大,就整个研究海区来说,仅差 0.01‰,在 30°N 以南仅差 0.02‰,在 30°N 以北仅差 0.04‰。不同季节平均温度的差值,就整个研究海区来说,为 1.07℃,在 30°N 以南为 0.75℃,在 30°N 以北为 1.28℃。

从区域性对比中还可以看出,30°N 以南海区的全年平均盐度为 34.82‰,全年平均温度为 20.27℃,而 30°N 以北海区的全年平均盐度为 34.69‰,全年平均温度 18.31℃。因此可以得知,盐度的区域差异比季节变化大得多。

为了进一步弄清黑潮高盐核处水体温度和盐度的统计特征,我们选配了拟合几率密度曲线,它们可用下式表示:

$$P_{KT} = 37.66X_T^{1.961}(1 - X_T)^{2.349};$$

$$P_{KS} = 12.98X_S^{3.251}(1 - X_S)^{0.6225}.$$

式中, P_{KT} 和 P_{KS} 分别表示黑潮高盐核处水体温度为 T 和盐度为 S 的几率。它们与实测频率曲线是比较吻合的。

从上述统计得到表 5 所示结果。这里我们取拟合最高盐度 35.02‰ 和与之相应的温度 21.20℃ 作为黑潮高盐水的原始水型。高盐核处的平均温度为 19.68℃,平均盐度为 34.78‰,比须田皖次(1938)^[40]给出的平均温度(20.0℃)和平均盐度(34.90‰)低些。H. Nitani(1972)在分析 1965 和 1966 年夏季台湾以东断面时得到的平均温度为 19.5℃,平均盐度为 34.84‰;而屋久岛东南断面的平均温度为 18.5℃,平均盐度为 34.78‰;其平均温度值均略低于我们给出的值,而屋久岛东南断面的平均盐度值与我们的结果一致。

2) 见本集 179 页作者“东海黑潮水团的初步分析”一文

表 4 黑潮高盐水核心处温度和盐度的统计结果

海 区	项 目	季 节	实 测 范 围	平均值	集中百分数	集 中 范 围
整个研究海区	温 度	春	14.3—26.5℃	20.31℃	88%	17.3—24.3℃
		夏	14.7—27.5℃	19.64℃	88%	16.5—22.9℃
		秋	14.8—25.4℃	19.80℃	89%	16.4—22.7℃
		冬	14.7—26.2℃	19.24℃	88%	15.2—21.6℃
		全年	14.3—27.5℃	19.68℃	90%	15.8—22.9℃
	盐 度	春	34.51—35.05‰	34.79‰	90%	34.64—34.99‰
		夏	34.45—35.06‰	34.78‰	90%	34.58—34.92‰
		秋	34.52—35.01‰	34.79‰	90%	34.61—34.94‰
		冬	34.56—34.99‰	34.78‰	87%	34.63—34.92‰
		全年	34.45—35.06‰	34.78‰	90%	34.61—34.96‰
30°N 以南海区	温 度	春	14.4—26.5℃	20.82℃	87%	17.9—24.3℃
		夏	15.0—27.5℃	20.19℃	88%	18.0—23.2℃
		秋	15.0—25.4℃	20.07℃	89%	16.4—22.8℃
		冬	15.5—26.4℃	20.38℃	87%	17.2—22.5℃
		全年	14.4—27.5℃	20.27℃	89%	17.0—23.2℃
	盐 度	春	34.58—35.05‰	34.82‰	88%	34.65—34.97‰
		夏	34.58—35.06‰	34.82‰	89%	34.69—34.96‰
		秋	34.56—35.01‰	34.81‰	89%	34.63—34.94‰
		冬	34.58—34.99‰	34.83‰	88%	34.69—34.94‰
		全年	34.56—35.06‰	34.82‰	89%	34.67—34.97‰
30°N 以北海区	温 度	春	14.3—24.3℃	18.97℃	87%	16.3—21.3℃
		夏	14.7—25.3℃	18.47℃	88%	15.7—21.1℃
		秋	14.8—24.9℃	18.63℃	88%	16.5—21.5℃
		冬	14.7—22.4℃	17.69℃	87%	15.1—20.3℃
		全年	14.3—25.3℃	18.31℃	89%	15.2—21.2℃
	盐 度	春	34.51—34.84‰	34.69‰	88%	34.60—34.84‰
		夏	34.45—34.96‰	34.67‰	88%	34.54—34.80‰
		秋	34.52—34.99‰	34.69‰	88%	34.55—34.79‰
		冬	34.56—34.92‰	34.71‰	87%	34.58—34.80‰
		全年	34.45—34.99‰	34.69‰	89%	34.56—34.83‰

表 5 黑潮高盐水高盐核处温度和盐度统计结果

项 目	拟 合 范 围	平 均 值	均 方 差	68.3%置信区间
温 度	14.89—25.86℃	19.89℃	1.90℃	21.92—17.61℃
盐 度	34.28—35.02‰	34.82‰	0.11‰	34.74—34.99‰

K. Koenuma (1938)、山野省三 (1952)、Харченко (1968)给出的温度和盐度变化区间,均在表 4 给出的范围之内。

顺便指出,如果把 30°N 以北海区作为对马暖流的起源区域,那末,它的高盐核的平均温度为 18.31℃,平均盐度为 34.69‰,89% 的温度范围为 15.2℃—21.2℃,89% 的盐度范围为 34.56‰—34.83‰。其平均盐度的季节变化不大;其平均温度的季节变化是春

季最暖,秋季次之,夏季更次,冬季最冷。如果把 30°N 以南海区作为黑潮高盐水的主体所在区,那末,它的高盐核的平均温度为 20.27℃,平均盐度为 34.82‰,89% 的温度范围是 17.0℃—23.2℃,89% 的盐度范围是 34.67‰—34.97‰。其平均盐度的季节变化很小;其平均温度的季节变化是春季最暖,冬季次之,夏季更次,秋季最冷。

斯费德鲁普等(1946)^[4]曾指出,黑潮水的最大盐度不到 35.00‰。H. Nitani (1972) 在分析吕宋以东、台湾以东以及屋久岛东南三个断面 1965 年和 1966 年的夏季观测资料时指出,除了表层水以外,没有盐度高于 35.00‰ 的高盐水。在本文收集的 1302 个观测站次的实测资料中,有 11 个(见表 6)黑潮高盐水高盐核心处的盐度高于 35.00‰。其中在 24°58′—26°00′N, 124°42′—125°00′E 之间观测到 8 次,仅在 25°00′N, 125°00′E 附近就观测到 4 次。如果两个离散较远的盐度值略去不计,它们的最高盐度为 35.06‰,由此可知,研究海区的最高盐度有可能略高于 35.00‰。

表 6 在 CSK 资料中高盐核处水体盐度大于 35.00‰ 的实测资料表

顺序号	观测年月	调查船名	站 号	站 位		观 测 值			资 料 期 号
				北 纬	东 经	温度(℃)	盐度(‰)	深度(米)	
1	1966.8	耕洋丸	T 10	27°09′	128°50′	19.77	35.06	125	63
2	1974.4	启天丸	KE 6710	25°30′	124°56′	19.54	35.15	225	101
3	1967.4	启天丸	6711	25°00′	125°00′	18.27	35.05	243	101
4	1967.8	鹿儿岛丸	KG 6723	25°30′	125°00′	22.37	35.01	144	112
5	1967.8	鹿儿岛丸	KG 6724	26°00′	124°59′	23.34	35.16	119	112
6	1968.4	启天丸	KE 6805	24°58′	125°00′	20.78	35.01	125	173
7	1968.8	鹿儿岛丸	KG 6825	25°00′	125°00′	22.82	35.04	110	183
8	1968.8	耕洋丸	A 04	25°49′	124°42′	22.43	35.03	99	185
9	1968.9	天鹰丸	C 02	29°13′	127°31′	19.31	35.06	146	186
10	1969.4	阳明号	005	24°45′	122°44′	21.06	35.01	132	244
11	1970.4	启天丸	KE 7005	25°00′	125°00′	21.24	35.04	149	273

四、亚极地中层水低盐核处温度和盐度的统计特征

本节应用观测水深超过低盐核所在深度的 460 个观测站次资料进行简单的统计计算,其结果列于表 7。从表 7 中可以看出,不同季节实测平均盐度的差值很小,分别为 0.01‰和 0.02‰不同季节实测平均温度的差值也较小,就整个研究海区来说,仅差 0.29℃,在 30°N 以南海区,仅差 0.40℃,在 30°N 以北海区,仅差 0.30℃。

为了进一步分析亚极地中层低盐水低盐核处温度和盐度的统计特征,我们选配了拟合几率密度曲线,它可以用下式表示:

$$P_{LT} = 21.66X_T^{3.8905}(1 - X_T)^{3.7546};$$

$$P_{LS} = 4.864X_S^{16.875}(1 - X_S)^{6.5727}.$$

式中, P_{LT} 和 P_{LS} 分别表示低盐核处水体的温度为 T 和盐度为 S 的几率。它们与实测频率曲线是比较吻合的。从上式计算得到表 8 所示结果。这里,我们取 99% 的极值盐度 34.22‰ 以及与之相应的温度 7.6℃ 作为该水团的原始水型。

表7 亚极地中层水低盐核处水体的温度和盐度的统计结果

海 区	项 目	季 节	实 测 范 围	平均值	集中百分数	集 中 范 围
整 个 研 究 海 区	温 度	春	5.7—11.6℃	8.03℃	89%	6.9—9.9℃
		夏	4.5—14.3℃	7.74℃	88%	6.1—9.5℃
		秋	5.0—10.7℃	7.88℃	89%	6.2—9.5℃
		冬	5.1—11.1℃	7.89℃	86%	6.5—9.6℃
		全年	4.5—14.3℃	7.86℃	88%	6.1—9.5℃
	盐 度	春	34.19—34.52‰	34.33‰	87%	34.25—34.38‰
		夏	34.02—34.47‰	34.32‰	88%	34.24—34.38‰
		秋	34.15—34.47‰	34.32‰	90%	34.27—34.37‰
		冬	34.05—34.38‰	34.33‰	89%	34.29—34.38‰
		全年	34.02—34.52‰	34.32‰	89%	34.26—34.38‰
30°N 以 南 海 区	温 度	春	5.7—11.0℃	8.04℃	87%	7.0—9.9℃
		夏	4.5—10.8℃	7.64℃	88%	5.7—9.5℃
		秋	5.0—10.7℃	7.92℃	88%	6.2—9.6℃
		冬	5.1—11.1℃	7.91℃	92%	5.9—9.6℃
		全年	4.5—11.1℃	7.84℃	88%	5.8—9.5℃
	盐 度	春	34.19—34.52‰	34.33‰	87%	34.25—34.40‰
		夏	34.18—34.47‰	34.32‰	88%	34.26—34.38‰
		秋	34.15—34.47‰	34.32‰	89%	34.26—34.37‰
		冬	34.05—34.47‰	34.33‰	89%	34.27—34.37‰
		全年	34.05—34.52‰	34.32‰	89%	34.26—34.38‰
30°N 以 北 海 区	温 度	春	6.7—11.6℃	8.01℃	88%	6.7—8.4℃
		夏	6.5—14.3℃	8.02℃	88%	6.5—9.0℃
		秋	6.2—9.2℃	7.72℃	91%	6.6—9.0℃
		冬	6.5—9.4℃	7.83℃	87%	6.5—8.6℃
		全年	6.2—14.3℃	7.91℃	88%	6.5—9.0℃
	盐 度	春	34.29—34.38‰	34.33‰	88%	34.31—34.36‰
		夏	34.02—34.41‰	34.32‰	88%	34.23—34.36‰
		秋	34.25—34.38‰	34.33‰	91%	34.31—34.38‰
		冬	34.29—34.38‰	34.34‰	87%	34.30—34.37‰
		全年	34.02—34.41‰	34.33‰	89%	34.29—34.38‰

表8 亚极地中层水低盐核处水体温度和盐度的统计结果

项 目	拟 合 范 围	平 均 值	均 方 差	68.3% 置信区间
温 度	5.11—11.32℃	7.91℃	1.00℃	8.90—6.77℃
盐 度	34.03—34.45‰	34.32‰	0.04‰	34.29—34.37‰

从整个研究海区来说,低盐核处水体的全年平均温度为7.86℃,全年平均盐度为34.32‰;平均温度的季节变化是春季最暖,冬季和秋季次之,夏季最冷。30°N以南海区具有类似的季节变化,全年平均温度为7.84℃,全年平均盐度为34.32‰。在30°N以北海区,全年平均温度为7.91℃,全年平均盐度为34.33‰;平均温度的季节变化是春季和夏季较暖,冬季次之,秋季最冷。

H. Nitani (1972) 根据 1965 年和 1966 年夏季资料得到的台湾以东断面的中层水核心处的平均温度为 7.0°C , 平均盐度为 34.25‰ , 而屋久岛东南断面的平均温度为 8.0°C , 平均盐度为 34.33‰ , Харченко (1968) 给出的中层水核心处的盐度为 $34.3\text{—}34.4\text{‰}$ 。我们的结果在上述结果之间。

H. Nitani (1972) 在分析吕宋以东、台湾以东和屋久岛东南三个断面 1965 年和 1966 年的夏季观测资料时指出, 在这三个断面上没有盐度低于 34.20‰ 的中层低盐水。本文收集的 460 个观测站次的实测资料中, 有 6 个低盐核心处水体的实测盐度低于 34.20‰ (见表 9)。如果略去离散较远的两个资料, 则仍可看出个别测站的低盐核水体的盐度值可以略低于 34.20‰ 。

表 9 低盐核处盐度小于 34.20‰ 的实测资料表

顺序号	观测年月	调查船名	站 号	站 位		观 测 值			资料来源
				东 经	北 纬	温度($^{\circ}\text{C}$)	盐度(‰)	水深(米)	
1	1966.7	长风丸	Y-1	$126^{\circ}36'$	$26^{\circ}16'$	6.33	34.18	633	JMA No. 40
2	1967.7	耕洋丸	015	$129^{\circ}00'$	$30^{\circ}50'$	9.05	34.02	393	CSK No. 114
3	1968.10	长风丸	CH-20	$127^{\circ}52'$	$27^{\circ}51'$	6.82	34.15	736	CSK No. 220
4	1968.11	长崎丸	007	$126^{\circ}30'$	$27^{\circ}45'$	7.89	34.15	511	CSK No. 189
5	1970.4	长风丸	G'-1	$127^{\circ}17'$	$27^{\circ}59'$	7.43	34.19	602	JMA No. 47
6	1975.3	凌风丸	Ry-4573	$129^{\circ}56'$	$29^{\circ}55'$	6.49	34.05	692	JMA No. 57

五、冲绳海槽深层水温度和盐度的统计特征

本文收集到的资料中有 20 个观测站次的实测最深层深度大于 1500 米, 根据这 20 个观测站次的最深层观测资料, 采用回归分析方法, 得到 1500 米层以下的温度随深度变化的直线方程式

$$T = -0.000278731z + 4.26455.$$

式中, z 表示水深(米)。由此推知的 2000 米层的平均温度为 3.71°C 。盐度随深度变化的直线回归关系不好, 它的直线方程式是

$$S = 0.0000293785z + 34.419.$$

由此推知 2000 米层的平均盐度与表 10 中两个最深层 (1970 米和 2070 米层) 的平均盐度相等, 均为 34.48‰ 。由于我们所采用的 20 个站次的实测底层水深为 1500—2070 米, 所以给出的式子大体上符合 1500—2000 米层的温度平均分布状况; 然而盐度的符合状况不好, 但是由公式推知的 2000 米层平均盐度与实测资料是一致的。因此我们取 2000 米

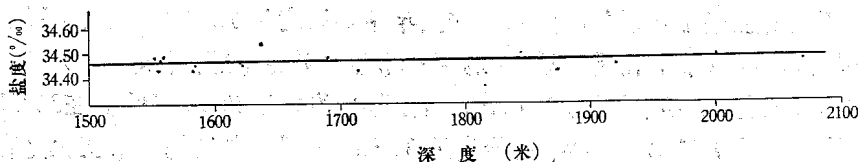


图 6 1500—2000 米层盐度和深度的回归直线图

表 10 20 个观测站次的最深层观测资料

顺序号	观测年月	调查船名	站 号	站 位		观 测 值			资料来源
				北 纬	东 经	温 度	盐度(‰)	层深(米)	
1	1960.11	凌风丸	1429	25°41'	125°55'	3.83	34.43	1500	JMA No. 28
2	1967.2	长风丸	S-2	24°51'	122°58'	3.92	34.45	1500	JMA No. 41
3	1968.8	耕洋丸	A 05	25°27'	124°57'	3.81	34.48	1552	CSK No. 85
4	1968.1	长崎丸	005	25°30'	125°00'	3.87	34.33	1555	CSK No. 189
5	1966.4	启天丸	KE 6610	25°30'	125°00'	3.83	34.47	1557	CSK No. 47
6	1966.4	启天丸	KE 6609	26°00'	125°00'	3.82	34.48	1559	CSK No. 47
7	1973.10	高风丸	KO 2048	25°06'	123°42'	3.73	34.43	1583	JMA No. 54
8	1968.10	清风丸	E 17-1	27°13'	126°43'	3.86	34.45	1585	CSK No. 221
9	1973.10	清风丸	Si 1573	27°07'	126°48'	3.85	34.46	1620	JMA No. 54
10	1966.2	长风丸	Y 02	26°31'	126°07'	3.75	34.45	1621	CSK No. 31
11	1967.1	长崎丸	007	25°30'	125°00'	3.80	34.60	1634	CSK No. 88
12	1967.8	鹿儿岛丸	KG 6724	26°00'	124°59'	3.83	34.54	1636	CSK No. 112
13	1973.10	清风丸	Si 1554	26°29'	125°49'	3.79	34.48	1690	JMA No. 54
14	1973.10	高风丸	KO 2032	25°48'	124°48'	3.76	34.43	1714	JMA No. 54
15	1967.2	长风丸	Y 02	26°32'	126°08'	3.80	34.49	1760	CSK No. 85
16	1973.10	高风丸	KO 2030	25°22'	125°26'	3.70	34.42	1815	JMA No. 54
17	1973.10	高风丸	KO 2049	24°48'	124°11'	3.74	34.43	1876	JMA No. 54
18	1960.11	凌风丸	1430	25°54'	125°24'	3.70	34.45	1921	JMA No. 28
19	1967.8	鹿儿岛丸	KG 6723	25°30'	125°00'	3.82	34.54	1980	CSK No. 112
20	1973.5	长风丸	Ch-0085	25°02'	123°41'	3.66	34.46	2070	JMA No. 53

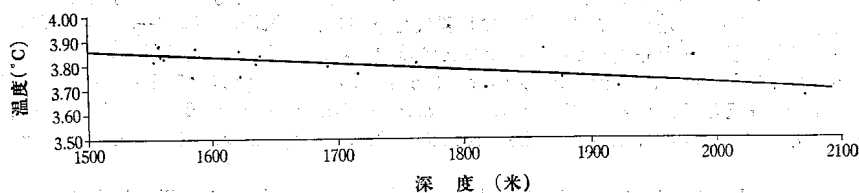


图 7 1500—2000 米层温度和深度的回归直线图

层的平均温度和盐度值，即 3.71°C 和 34.48‰，作为深层水的温、盐统计特征值。显然这一数值随着观察深度的增加以及深层水观测资料的增多，可能会有所变动，但是它比 K. Koenuma (1938) 和毛汉礼等 (1964) 所采用的数值要可靠些。

六、结 论

从上述统计分析结果，我们可以得到：

1. 实测表层平均水温的季节变化是，夏季最暖，秋季次之，春季更次，冬季最冷；平均盐度的季节变化是，冬季最高，春季次之，秋季更次，夏季最低。

2. 东海表层水是陆架低盐水和黑潮高盐水混合形成的黑潮变性水，其温度范围为 15—31.0°C，盐度范围为 34.00—34.50‰，其平均温度为 24.85°C，平均盐度为 34.25‰。

在研究海区表层，除了上述黑潮表层水外，还存在盐度小于 34.00‰ 的陆架低盐水和

盐度大于 34.50‰ 的黑潮高盐水。

3. 黑潮高盐水高盐核心处平均水温的季节变化是, 春季最暖, 秋季次之, 夏季更次, 冬季最冷; 平均盐度季节变化的幅度较小。

黑潮高盐水高盐核的原始水型的温度和盐度指标可取为 21.20℃ 和 35.02‰。

如果把 30°N 以北作为对马暖流起源区域, 那末它的高盐核的平均温度和盐度分别为 18.31℃ 和 34.69‰。其温度的季节变化是, 春季最暖, 秋季次之, 夏季更次, 冬季最冷; 盐度季节变化的振幅很小。

如果把 30°N 以南作为东海黑潮水的主体所在海区, 那末它的高盐核的平均温度和盐度分别为 20.27℃ 和 34.82‰。其温度季节变化是, 春季最暖, 冬季次之, 夏季更次, 秋季最冷; 其盐度季节变化的振幅也很小。

4. 东海亚极地中层水低盐核处平均水温的季节变化是, 春季最暖, 冬季次之, 秋季更次, 夏季最冷; 其平均盐度的季节变化很小。

东海亚极地中层水低盐核的原始水型的温度和盐度指标可取为 7.6℃ 和 34.22‰。

5. 用回归直线方法求得冲绳海槽 2000 米的深层水的温度和盐度值分别为 3.71℃ 和 34.48‰。

参 考 文 献

- [1] 毛汉礼、甘子钧、兰淑芳, 1963. 长江冲淡水及其混合问题的初步探讨. 海洋与湖泊 5(3): 183—205.
- [2] 毛汉礼、任允武、万国铭, 1964. 应用 T-S 关系定量地分析浅海水团的初步研究. 海洋与湖泊 6(1): 1—22.
- [3] 金光炎, 1964. 水文统计原理与方法. 中国工业出版社, 338页.
- [4] 斯费德鲁普, H. U., M. W. 约翰逊, R. H. 佛莱明, 1946. 海洋(毛汉礼译, 1958)科学出版社, 617—630.
- [5] 山野省三, 1952. T-S diagram による水塊の尸重混合状態. 长崎海洋時報 2(2—3): 67—74.
- [6] 安井善一, 1932. 长崎—上海間水温塩分の年変化に就いて. 海洋時報 4(1): 241—248.
- [7] Koenuma, K. 1938. On the hydrography of the south-western part of the North Pacific and the Kuroshio. Part II. Characteristic water masses which are related to this region, and their mixtures, especially the water of the Kuroshio. Mem. Imp. Mar. Obser. Kobe, Japan. 6: 349—414.
- [8] Nitani, H., 1972. Beginning of the Kuroshio. in “Kuroshio—its Physical Aspects” (Edited by H. Stommel and K. Yoshida, Chapter 5). Univer Tokyo Press, 129—163.
- [9] Smart, W. M., 1958. Combination of Observations. Cambridge, Eng., The Univ. Press. pp 253.
- [10] Suda, K., 1938. On the variation of the oceanographical state of the Kuroshio in the original region (Part I). Geophys Mag. 11: 374—410.
- [11] Wada, Y., 1894. A Study on the Japan Current. Tokyo Butsuri Gakko Zasshi 3(33): 241—243.
- [12] Харченко, А. М., 1968. Течения и водные массы Восточно-китайского моря. Океанология. 8 (1): 38—48.

THE STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE TEMPERATURE AND SALINITY OF THE KUROSHIO WATERMASS IN THE EAST CHINA SEA*

Yang Tianhong

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

In this article, some statistical analysis of temperature and salinity of the Kuroshio Watermass in the East China Sea was made, the seasonal and annual averages were calculated for the whole region, north and south of 30°N, respectively. Furthermore, the curve of probability distribution was used, the characteristics of temperature and salinity of the "original water type" are determined.

Statistical analysis of temperature and salinity yields the following results: (1) In the seasonal variation of mean sea surface temperature, the maximum temperature occurs in summer, followed by autumn, spring and winter. The seasonal variation of mean sea surface salinity is just the opposite to the seasonal variation of mean sea surface temperature. (2) The mean salinity of high-salinity core in the origin of the Tsushima Current is 34.69‰, which is less than the mean salinity 34.82‰ of high-salinity core in the Kuroshio region of the East China Sea. (3) The maximum salinity of the Kuroshio High-Salinity Water may be slightly greater than 35.00‰. (4) The salinity of the low-salinity core in the Subarctic Intermediate Water is the minimum salinity, which can be less than 34.20‰, with a mean salinity of 34.32‰. (5) The temperature of Okinawa Trough Deep Water decreases slowly with the increasing depth. The salinity of which becomes nearly constant. The mean temperature and mean salinity at 2000 meters level is about 3.71°C and 34.48‰ respectively.

*Contribution No. 666 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.