

東シナ海のブイロボット観測点における 海面からの熱供給量の気候学的特性

Climatological Characteristics of Heat Supplies at the Buoy Station of the East China Sea

丁 良模*・吉野 正敏**

Liang-mo Ding* and Masatoshi Yoshino**

I はじめに

気象庁は、1973年から日本周辺海域に5つのブイロボット観測点を設置した。その1つは東シナ海にある。ブイロボットは3時間毎の正時に風・気温・海面水温および表層水温（20mおよび50m深さの水温）・海上の波浪などの16要素を観測する。これらの観測資料は海象・気象を解明するのに役立つ。和田（1986）は海上の台風実態を、丁・吉野（1986）は海面水温の変動実態を、この東シナ海のブイロボット観測資料により研究した。また、丁・吉野（1988）はエル・ニーニョ現象との関連も明らかにした。

東シナ海は黒潮や対馬暖流が流れる海域である。ここでは、海面水温の水平傾度は $5^{\circ}\text{C}/100\text{km}$ にもおよび寒気吹き出し時期に大量の顕熱・潜熱が海洋から大気に与えられ、気団が変質する。

Yoshino (1971) は北太平洋における大気循環が正常であった1961年と大気循環が低示数で、異常に寒冷であった1963年における冬季の顕熱輸送量・蒸発量・Bowen比などを計算し、海面から大気への熱供給量と寒帯前線帯との関係を研究した。趙ほか（1984）は黒潮と大気循環との関係を把握するため、黒潮海域の顕熱および潜熱の輸送量を計算した。

本稿は、1974年から1983年の10年間における東シナ海ブイロボットの観測資料を整理して、海面から大気へ供給される顕熱・潜熱を計算し、従来の研究結果と比較したものである。

II 資料と計算

東シナ海ブイロボット観測点（以下、ブイ観測点と記す）は、 $28^{\circ}20'N$ 、 $126^{\circ}05'E$ にあり、水深は115mである。ブイ観測点と東シナ海の主要な海流系は第1図の通りである。

気象庁の海洋気象ブイロボット観測資料（第1—8号、気象庁、1977—1985）に掲載されている1974年—1983年の観測資料を整理し、次の計算式で顕熱と潜熱（輸送量）を計算した。

$$Q_c = 5.44 \times U \times (T_w - T_a) \quad (1)$$

$$Q_e = 8.37 \times U \times (E_w - E_a) \quad (2)$$

U は風速 (m/s)、 $T_w - T_a$ は海面水温と気温との差、 $E_w - E_a$ は海面上と空気中の水蒸気圧の差である。顕熱（輸送量） Q_c と潜熱（輸送量） Q_e の単位は ly/d である。 Q_c と Q_e との和を総熱（輸送量） Q_t と記す。輸送係数の決定は別文（Yoshino, 1971）を参照された。

*中国国家海洋局第一海洋研究所（山東省青島市） **筑波大学地球科学系

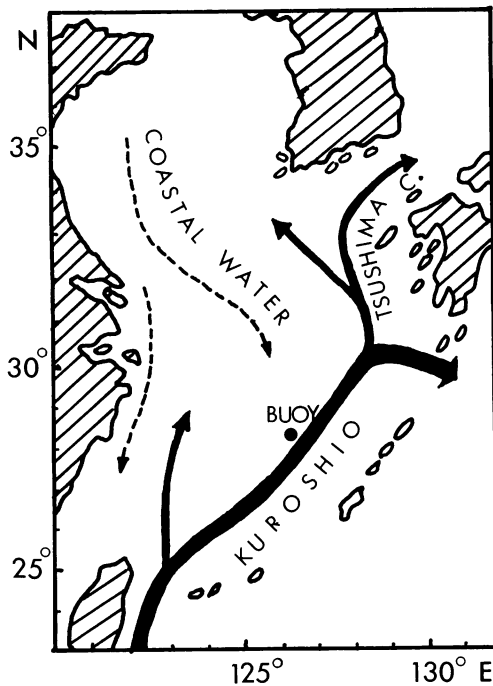


Fig. 1 Buoy station and current pattern in the East China Sea.

第1図 東シナ海パイロポット観測点の位置と東シナ海の主要水系

III 結果

1) 平年値からみた熱輸送量の年変化

顕熱・潜熱の正の値は、海洋から大気への熱輸送を意味する。

第2図はブイ観測点の Q_c と Q_t の月平均値による年変化を示したものである。東シナ海では、普通、 Q_c は Q_t の3-4倍なので、 Q_c は Q_t に近い値になる。また、第2図から、冬にはブイ観測点の Q_c および Q_t は大きく、1月にはそれぞれ307ly/d, 1461ly/dに達して年間の最大値になる。3月から Q_c , Q_t はともに急減する。6月に Q_c が最小値になり、それぞれ63ly/d, -50ly/dである。すなわち、夏にはブイ観測点の海洋・大気間の熱交換量は最も小さい。重要なことは、7月にはブイ観測点では大気から顕熱を受けていることである。

いままでの、黒潮海域の熱収支に関する研究の結果と比べるために、趙ほか(1984)の計算結果も第

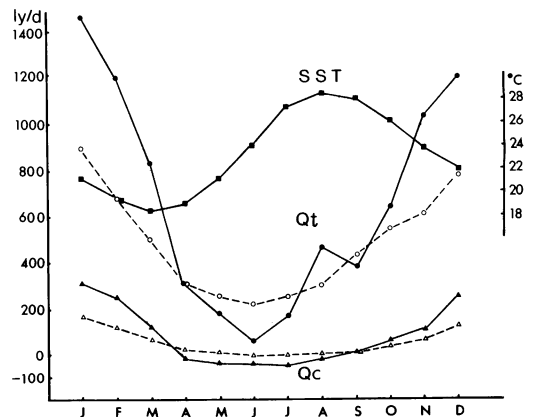


Fig. 2 Sea surface temperature and heat supplies at the buoy station. Q_t : total heat supply, Q_c : sensible heat supply, SST: sea surface temperature. Broken lines are the total heat supply and sensible heat supply taken by Zhao et al. (1984).

第2図 東シナ海パイロポット観測点の海面水温・熱供給量の年変化。Qt:総熱量, Q:顕熱, SST:海面水温。破線は趙ら(1984)による総熱量と顕熱

2図の中に破線で示した。趙ほかの計算地点と本資料の計算地点とは違うが、比較ができると思われる。

本資料に示した Q_c と Q_t は、冬季には趙ほかのものよりかなり大きく、それを約300-500ly/d上回ることがわかる。夏季にも、それらの差は小さいが、やはり大きい。

2) 熱輸送量と海面水温

第2図には海面水温(SST)の変化も示した。冬季(11-2月)間にはブイ観測点の海面は大気に熱を供給することを上で述べたが、この間でも海面水温は次第にさがってゆく。SSTの変動傾向と熱輸送量とを比較すると、2か月のずれが見られる。6月に海面から大気へ与えられる Q_t は最低値になるが、SSTは8月に最高になる。第3図はブイ観測点の実例を示したものである。

第3a図は1977年9月から1978年3月まで、第3b図は1974年12月から1975年3月までの Q_c ・ Q_t ・SSTの変化を示す。点線は3個移動平均である。第3b図から、SSTは秋から冬に向って小さくなり、逆に Q_t

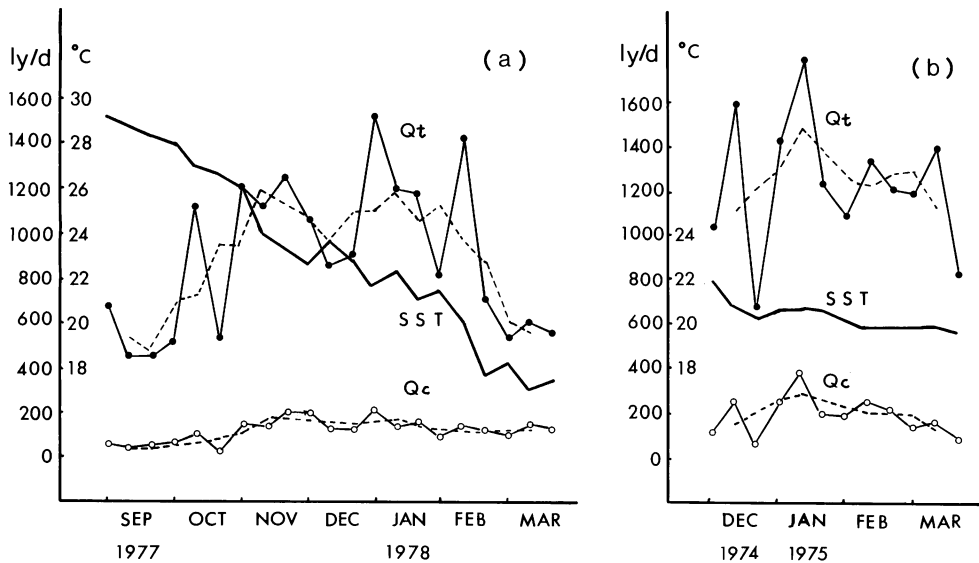


Fig. 3 Cases of heat supply at the buoy station. (a) September, 1977, to March, 1978. (b) December, 1974, to March, 1975.

第3図 東シナ海パイロポット観測点の熱供給量例。(a) 1977年9月から1978年3月まで、(b) 1974年12月から1975年3月まで。

は9・10月に小さく、その後、冬にかけて大きく、異った季節変化の傾向を示す。これは第2図の結果と同じ傾向である。しかし、よくみると、1975年1—3月の Q_t は1978年1—3月の値よりやや高い。特に2月後半から Q_t はかなり高い。また、SSTも、1975年の方が高い。この事実から冬季のSSTが高ければ、 Q_t も大きいことがわかる。この傾向は北西太平洋において地域的にもなりたつことを、Yoshino (1971) が、すでに論じた。

ちなみに、第3a図で2月後半から、SSTが 18°C 以下になったのは、その時にブイ観測点の海域が黒潮本流水ではなく、中国大陸沿岸冷水と黒潮本流水との混合水によって掩われたためと思われる。この混合水は黄海混合水(郭ほか, 1987・王, 1987)、または東海混合水(李ほか, 1987)と呼ばれ、この海域における水文特徴に大きな影響を及ぼす。この混合水と黒潮流路の移動との関係や熱輸送量との関係については、後でまたふれたい。

3) 寒気吹出し時期における熱輸送量

第4図は、1975年1月のブイ観測点における風速・SST・ Q_c ・ Q_t の日々変化を示したものである。

Q_c ・ Q_t は風速とよく対応して日変化していることがわかる。強風の日には Q_c ・ Q_t も大となる。1月には4回の寒気吹出しがあり、これを図の中では斜線を入れた期間で示した。寒気吹出し時期には Q_t はいずれの場合も 1500ly/d 以上であった。寒気吹出し期間を過ぎると、 Q_t は急に降下する。

第1表は1975年1—2月における6回の寒気吹出し期間におけるそれぞれの熱輸送量を示した。平均の Q_t は 1912ly/d で最大の日(1975年2月20日)には 2772ly/d である。

この表によると、Bowen比が高ければ Q_t も大きいことがわかる。1月16—19日におけるBowen比は0.33で最も高い。この3日間の平均総熱量は 2289ly/d に達した。

なお、二宮(1978)は東シナ海に関する熱供給量の研究結果を集め、寒気吹出し期間の総熱量の最大値は 1500ly/d とした。しかし、今回計算したブイ観測点の寒気吹出し期間における海面からの平均値は、それに比べ、 400ly/d も多いことがわかる。

4) 台風接近時における熱供給量

夏から秋まで東シナ海には、時どき台風が来襲す

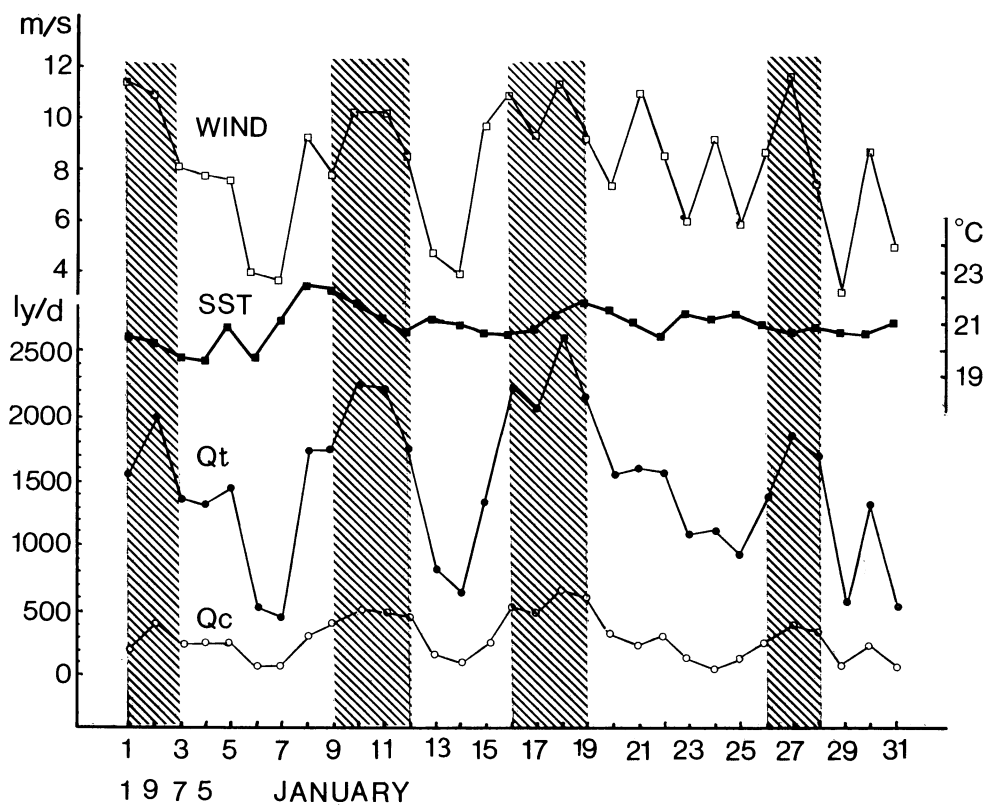


Fig. 4 Daily heat supply, wind and sea surface temperature in January, 1975.
 第4図 1975年1月の熱供給量・風・海面水温の日々変化

第1表 1975年1-2月における寒気吹き出し時期の熱供給量
 Table 1 Cold surge occurrences during January and February, 1975
 (heat supplies in ly/d)

During one process of cold surge					Maximum value in one cold surge					
No	Date	Q _c	Q _e	Q _t	Bowen ratio	Date	Q _c	Q _e	Q _t	Bowen ratio
1	Jan. 1-3.	285	1,357	1,642	0.21	Jan. 2.	408	1,589	1,997	0.26
2	Jan. 9-12.	449	1,552	2,001	0.29	Jan.10.	503	1,743	2,246	0.29
3	Jan.16-19.	574	1,715	2,289	0.33	Jan.18.	677	1,955	2,632	0.35
4	Jan.26-28.	340	1,290	1,630	0.26	Jan.27.	404	1,430	1,834	0.24
5	Feb. 7-10.	389	1,374	1,763	0.28	Feb. 7.	449	1,670	2,119	0.27
6	Feb.19-22.	522	1,622	2,144	0.32	Feb.20.	627	2,145	2,772	0.29
Mean		427	1,485	1,912	0.29	Mean	511	1,755	2,266	0.29

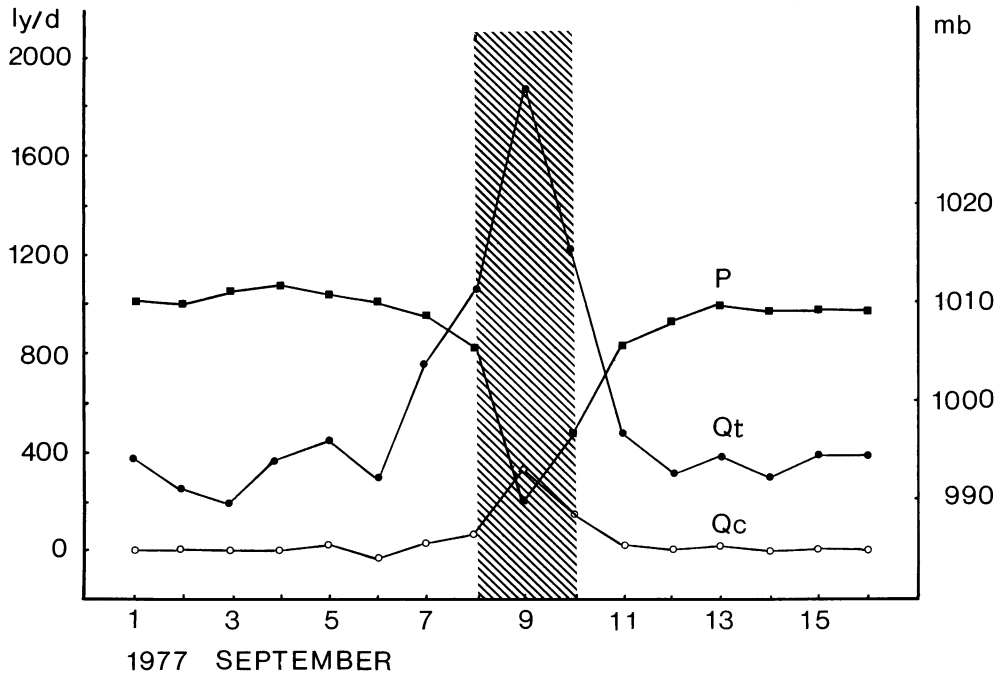


Fig. 5 Atmospheric pressure and heat supply at the buoy station during typhoon period of September, 1977. P: atmospheric pressure
 第5図 東シナ海ブイロボット観測点の台風期間における気圧と熱供給量。P：気圧。

る。ブイ観測点の観測資料の中には、台風の資料が
 少ない。比較的強い台風が襲った時、海面は荒れる
 ので、欠測が多くなるのは当然なことである。

第5図は7708台風が接近した時の海面気圧 Q_c ・ Q_t
 の変動を示したものである。7708台風は1977年9月
 9日にブイ観測点付近を通過した比較的弱い台風で
 ある。9月9日の海面気圧は990mbで前の日より
 14mb低い。台風の接近した期間は、最低気圧出現の
 日とその前後の日を含めて斜線で示した。この3日
 間の海面から大気への平均の Q_t は1382ly/dである。
 最大 Q_t は9日の1878ly/dである。台風期間前後では、
 Q_t は約400ly/dであるが、台風期間内では、その約3
 倍になることがわかる。

5) 黒潮流路の変動と熱輸量

黒潮流路は、時々小さい変動を示す。ブイ観測点
 の位置は黒潮本流域に属すが、大陸沿岸冷水と黒潮
 本流との混合水も、たまにはブイ観測点の海域に入
 る。鄭ほか(1985)は黒潮本流が混合水と接触する

ところを黒潮海洋前線帯 (Kuroshio marine front
 zone) と名づけた。この前線帯の中では、冬季、SST
 の水平傾度は1.34—6.38°C/20mileを持つと指摘し
 た。

第6図に1977年—1981年の2月における黒潮海洋
 前線帯の位置(鄭ほか, 1985)を示した。黒潮海洋
 前線帯の位置の年々変化は、ブイ観測点の付近では
 比較的小さいが、黒潮海洋前線帯の位置の年々変動
 は24—26°N, 30—32°Nなど東シナ海の南部と北部で
 比較的大きい。これは、黒潮流路の変動を示唆する
 と思われる。最近の研究(孫, 1987, 孫ほか, 1988)
 によると、流路の幅は冬には北部で大きく、夏には
 南部で大きい。関連した現象のように考えられる。

丁・吉野(1986)は共に、ブイ観測点の資料を分
 析し、SST・塩分濃度・海流の流速および流向によっ
 て、黒潮流路の変動を推測した。

第7図は黒潮流路の変動に起因すると思われる
 1977年3月下旬から4月下旬までの40日間における

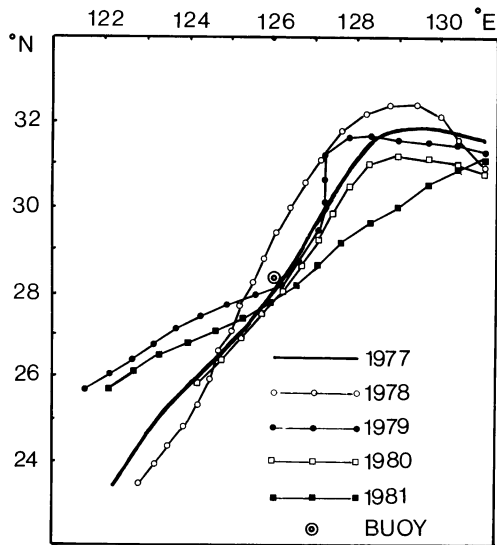


Fig. 6 Year-to-year variation of the Kuroshio marine front zone (February), taken from Zheng et al. (1985).

第6図 黒潮海洋前線帯の年々変動。鄭ら(1985)による。

暖水(黒潮本流水)と冷水(大陸沿岸冷水と黒潮本流との混合水)がそれぞれ2回SSTが大きく変動した状況を示す。1984年12月-1985年2月4日における分析(李ほか, 1987)でも、黒潮本流の水温は22.3~23.2°C, 混合水の水温は16.9~19.9°Cであった。すなわち、混合水が現われることによって3~5°CもSSTが低下することがわかる。また塩分濃度もそれに対応して2回大きく変動した。第2表に各期間における Q_c ・ Q_t およびSSTを示した。第7図でA・Cは冷水期で、B・Dは暖水期である。A期間からB期間にかけて、SSTは上昇し、 Q_t も増加し、388から630ly/dになった。C期間からD期間にかけても同様な傾向を示している。つまり、冷水期にはブイ観測点の海面から大気への熱輸送量は小さく、暖水期には大きいことがわかる。

IV 結 語

東シナ海ブイロケット観測点における熱供給量は以下のようにまとめられる。

1) ブイ観測点における顕熱・潜熱の熱供給量平年

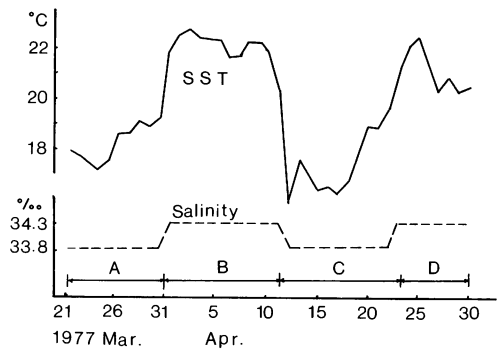


Fig. 7 Movement of the Kuroshio path detected by the buoy station. A and C are cold phases, and B and D are warm phases.

第7図 東シナ海ブイロケット観測点から見た黒潮流路の移動。AとCは冷水期、BとDは暖水期。

第2表 黒潮流路の変動による熱供給量
Table 2 Heat supply due to the variation of the Kuroshio current path

Phase	A	B	C	D
Q_c (ly/d)	56	129	-36	-11
Q_t (ly/d)	388	630	23	158
SST (°C)	18.0	21.7	17.7	21.0

値は、従来の研究結果より大きい。1月にブイ観測点における平均総熱量は1461ly/dで、従来の研究結果より約500ly/d多い。

2) 寒気吹出し、台風の来襲があった場合、ブイ観測点における海面は大量の熱を大気へ輸送する。寒気吹出し時期においては平均総熱量は1912ly/dであり、従来の研究結果より約400ly/d多い。また、台風来襲時期には、平日と比較して約3倍の熱供給量が輸送される。

3) 東シナ海に黒潮流路が移動する場合は、海面から大気への熱供給量は異なる。暖水期に熱供給量が多い。

文 献

丁良模・吉野正敏(1986): 東シナ海ブイロケット海域における海面水温の変動研究。筑波大学水理実験センター報告, 10, 61-66.

丁良模・吉野正敏(1988): 黒潮の海面水温とエル・ニー

- ニヨ現象. 筑波大学水理実験センター報告, 12, 1—5.
- 郭炳火ほか(1987): 東海環流の某些特征. 黒潮調査研究論文集, 国家海洋局第一海洋研究所, 第二海洋研究所, 海洋出版社, 15—32.
- 李可ほか(1987): 夏, 冬季東海水団の初歩分析. 黒潮調査研究論文集, 国家海洋局第一海洋研究所, 第二海洋研究所, 海洋出版社, 177—190.
- 二宮光三(1978): 気団変質過程のエネルギー収支. 気象庁技術報告, 93, 67—80.
- 趙永平・張必成・顧偉浩・井上才(1984): 黒潮区域表層水温変異特性及其对大気環流響応の初歩分析. 海洋科学集刊, 21, 201—222.
- 孙湘平(1987): 東海黒潮表層流路(途径)の初歩分析. 黒潮調査研究論文集, 国家海洋局第一海洋研究所, 第二海洋研究所, 海洋出版社, 1—14.
- 孙湘平ほか(1988): 黒潮表層流路の分析. 海と空, 64(3), 145—156.
- 鄭義芳・丁良模・譚鐸(1985): 黄海南部及東海海洋鋒的特性. 黄渤海海洋, 3(1), 9—17.
- 和田徳弘(1986): プイロボットデータと台風. 海と空, 61(2), 67—77.
- 王元培(1987): 1984年12月—1985年1月東海黒潮及其部近海域的水文特征. 黒潮調査研究論文集, 国家海洋局第一海洋研究所, 第二海洋研究所, 海洋出版社, 133—148.
- Kondo, J. (1976): Heat balance of the East China Sea during the Air Mass Transformation Experiment. *J. Met. Soc. Japan*, 54, 382—398.
- Ninomiya, K. (1975): Large-scale aspects of air-mass transformation over the East China Sea during AMTEX '74. *J. Met. Soc. Japan*, 54, 1—14.
- Nitta, T. (1975): Large-scale heat and moisture budget during the air-mass transportation experiment. *J. Met. Soc. Japan*, 54, 1—14.
- Yoshino, M. M. (1971): Some aspects of the inter-tropical convergence zones and the polar frontal zones over Monsoon Asia. In: *Water Balance of Monsoon Asia*, Ed. by M. M. Yoshino. Univ. of Tokyo Press and Univ of Hawaii Press, 87—108.