

1986年秋季の東シナ海・黄海における濁度分布

田中勝久

Turbidity Distribution in the East China Sea and the Yellow Sea in Autumn 1986

Katsuhisa TANAKA

Turbidity distribution was investigated at 78 stations in the Yellow Sea and the East China Sea from mid-October to early November in 1986.

Turbid surface water was observed only in the area shallower than 60 m, which shows the dispersion of turbid bottom water to the surface layer. High turbidity stations in bottom water coincided with the areas of fine bottom sediments (silt and clay). These results suggest that the turbid waters were formed by the bottom sediments resuspension induced from storm waves and/or tidal stirring. Turbid water near the bottom spread from the continental shelf edge to the slope along the bottom layer, thus transporting the suspended sediments of the northern East China Sea and the southern Yellow Sea to the Tsushima Warm Current Water.

Key words: the East China Sea, the Yellow Sea, continental shelf, turbidity, resuspended sediments, suspended matter, transportation

東シナ海中部海域には周年にわたり懸濁鉍物粒子による高濁度水域が存在し、また、この高濁度水域を形成する懸濁鉍物粒子の起源は、再浮上した底泥（浮泥：resuspended sediment）であると考えられている（TANAKA 1987）。しかし、黄海および東シナ海北部海域の濁度分布についてはほとんど調査はなく、いくつかの部分的な報告（MATSUIKE *et al.* 1983, XIE *et al.* 1983, WELLS and HUH 1984）はあるものの広域的な調査による濁度分布の把握は未だなされていない。

黄海・東シナ海では、季節風の卓越する秋季～冬季に主に季節風に伴う擾乱が成因となり、大規模な底泥の再懸濁現象が起こるものと考えられる。本報告では、黄海・東シナ海全域における1986年秋季の調査の結果から、この時期の広域的な濁度分布の概要を明らかにするとともに、黄海の高濁度水（WELLS and HUH 1984）と東シナ海中部の高濁度水との関連、これらの成因、および、懸濁物の輸送過程について考察した。

本調査は科学技術庁海洋開発調査研究促進費による「黒潮の開発利用の調査研究」の一部として行われたものである。調査にあたっては、乾栄一船長をはじめとする調査船陽光丸の乗組員の皆様、ならびに西海区水産研究所入江隆彦博士、山田梅芳氏に多大のご協力を頂いた。また、西海区水産研究所海洋環境部宇野史郎博士にはご指導とご助言を頂いた。ここに記して深謝申し上げる。

調 査 方 法

Fig. 1 に示す合計78定点において1986年10月12日から11月3日にかけて調査船陽光丸によって調査を実施した。調査航海は、黄海・東シナ海のほぼ全域において行われたが、その大部分は水深 100 m 以浅の大陸棚上である (Fig. 1)。調査は東シナ海北部より黄海を経て、東シナ海南部、中部の順に実施された。濁度は Martek 社製 XMS Transmissometer により光束消散係数 α (m^{-1}) として求めた。各定点では、濁度と STD (Plessey 社製9041型) による水温・塩分の観測を実施した。また、黄海 (35°30' N, 123°00' E), 東シナ海中部 (31°00' N, 124°30' E), 東シナ海南部 (29°00' N, 126°00' E) の3定点においては、濁度の観測と同時に 10 l ニスキン採水器による各層採水を行った。得られた試水は、予め秤量されたニュクレオポアフィルター (0.4 μm) によって口過し、懸濁物重量 (dry weight of total suspended matter: TSM) を測定した。黄海・東シナ海の濁度計によって計測された光束消散係数 α (m^{-1}) と採水試料の TSM ($mg \cdot l^{-1}$) の間には、ほぼ直線関係が認められた (Fig. 2)。

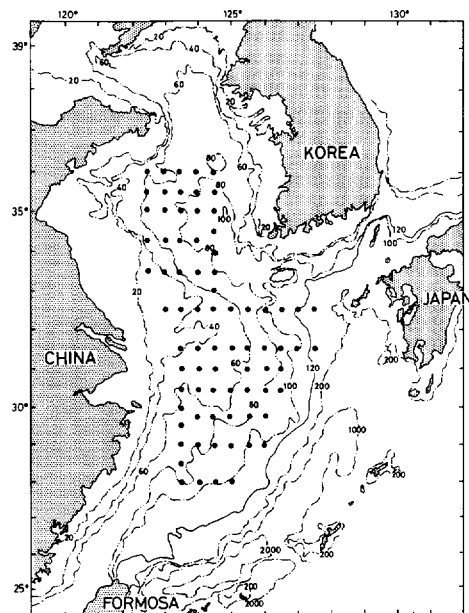


Fig. 1. Location of stations and bottom topography in the East China Sea and the Yellow Sea.

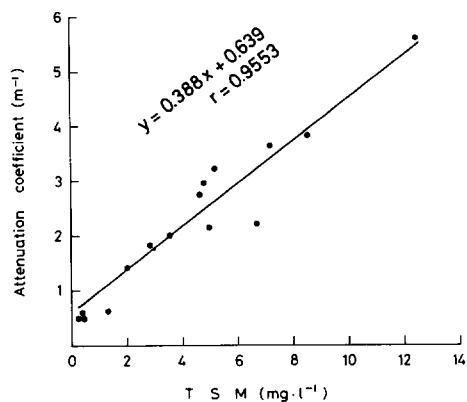


Fig. 2. Relation between beam attenuation coefficient α (m^{-1}) and dry weight of total suspended matter TSM ($mg \cdot l^{-1}$) in autumn 1986.

調 査 結 果

1. 水平分布

底層の水温、塩分、濁度の水平分布、および表層の濁度水平分布図をそれぞれ Fig. 3~6 に示した。黄海の 33°N 以北の底層では黄海冷水による低水温域が広がっており、ほぼ全域的に

1986年秋季の東シナ海・黄海における濁度分布

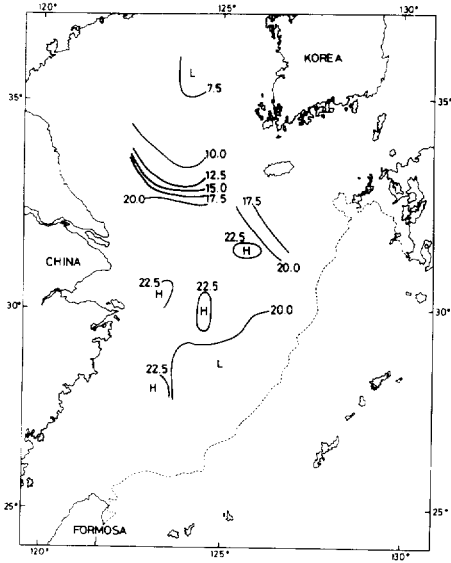


Fig. 3. Horizontal distribution of temperature ($^{\circ}\text{C}$) at the bottom layer in the East China Sea and the Yellow Sea in autumn 1986.

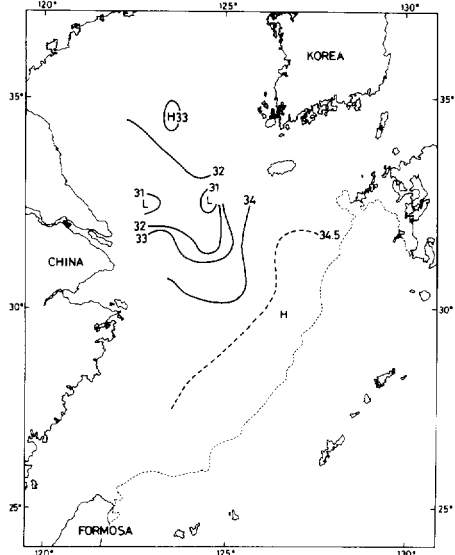


Fig. 4. Horizontal distribution of salinity at the bottom layer in the East China Sea and the Yellow Sea in autumn 1986.

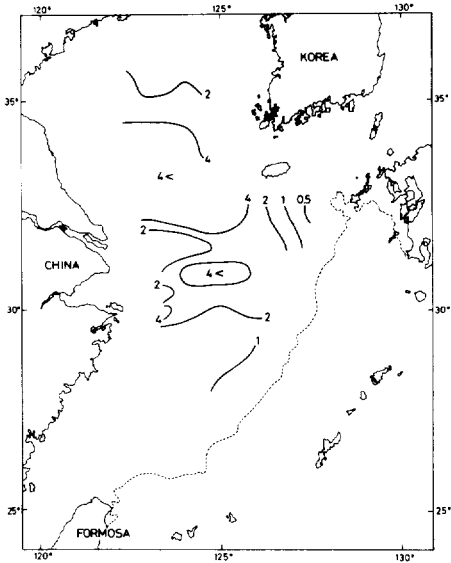


Fig. 5. Horizontal distribution of turbidity α (m^{-1}) at the bottom layer in the East China Sea and the Yellow Sea in autumn 1986.

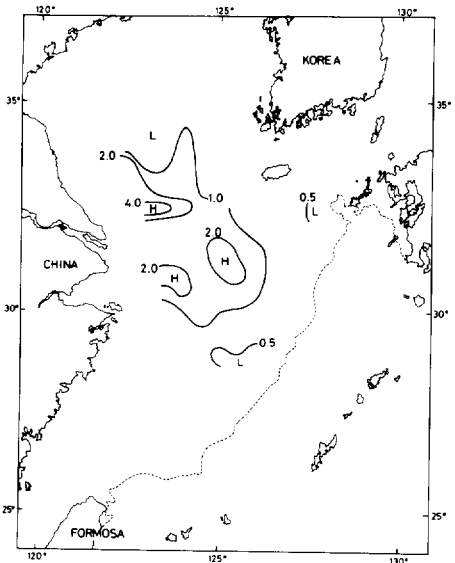


Fig. 6. Horizontal distribution of turbidity α (m^{-1}) at the surface layer in the East China Sea and the Yellow Sea in autumn 1986.

10 $^{\circ}\text{C}$ 以下となっている (Fig. 3)。一方、東シナ海浅海域では底層水温は 20 $^{\circ}\text{C}$ 以上を示し、33 $^{\circ}\text{N}$ 付近では東西方向にのびる水温フロントを形成している。この時期には、東シナ海中部から北部で春・夏季に観測される底層冷水 (深瀬 1975) は、鉛直混合により既に消滅している。

調査海域の南西部から揚子江沖にかけては、黒潮分派の張り出しが認められ高塩分を示す

(Fig. 4)。大陸河川由来の低塩分水 ($S < 32.0$) は黄海南西部から東シナ海中部にかけて舌状に広がっている。また、黄海冷水域の中央深部では周辺域に比較してわずかに高塩分となっている。

東シナ海中部および黄海中・南部の底層では高濁度 ($\alpha > 4$) の水域が広く分布している (Fig. 5)。東シナ海中部の高濁度域については、1984年春季の調査 (TANAKA 1987) などですでに観測が行われているが、この高濁度域は黄海南部に広く分布する高濁度域から分離され独立した分布を示している。また、黄海では北部で比較的低濁度を示す。さらに、上海南東の中国大陸沖合にも、一部で高濁度が観測された。

表層の濁度は黄海南西域を除き底層よりかなり低い (Fig. 6)。この分布を見る限り高濁度は底層のそれをかなり反映しているものの異なったパターンを示している。表層濁度 1.0 以上を示す水域は、ほぼ水深 60 m 以浅の海域 (Fig. 1) に限られ、大陸棚浅海域では鉛直混合によって底層起源の懸濁粒子が表層の濁度分布に影響をおよぼしていることが推察される。

2. 南北鉛直断面分布

濁度、水温および塩分の $124^{\circ}30' E$ 線における $36^{\circ} N$ より $28^{\circ} N$ にいたる南北断面分布を Fig. 7 に示した。この経度での黄海と東シナ海との境界はおおよそ $32^{\circ} N$ にあり、この付近は大揚子砂堆の先端部にあたり水深も約 40 m ともっとも浅くなっている (Fig. 1)。底層高濁度水はこの砂堆を挟むような形で南北両側に分離して存在する。

東シナ海側 (南側) の高濁度水域 ($\alpha > 4$) は $31^{\circ} N$ を中心として底層の狭い範囲に限られるが、鉛直混合により高い濁度の影響は表層にまで及ぶ。 $29^{\circ} N$ 以南では表・底層とも低濁度 ($\alpha < 1$) となっており、 $30^{\circ} N$ 付近で濁度フロントを形成している。一方、黄海域 (北側) では $32^{\circ}30' N$ から $34^{\circ} N$ まで広い範囲で高い濁度を示すがその分布は 40 m 以深に限られ、上下層の混合は顕著でなく表層では低濁度 ($\alpha < 1$) となっている。

このように大陸棚底層の高濁度の分布は水温・塩分で特徴づけられる特定の水塊の分布とは一致せず、むしろその境界付近で高い濁度となっている。すなわち、上記の南北の底層高濁度水域は、それぞれ低塩分の中国大陸河川起源沿岸水と黒潮系水との境界域およびこの沿岸水と高塩分・低水温の黄海冷水域の境界域にあたっている。

3. 東西鉛直断面分布

濁度、水温、塩分の $32^{\circ}30' N$ 線における $123^{\circ} E$ より $127^{\circ}30' E$ にいたる東西断面分布を Fig. 8 に示した。最も高い表層濁度を示した黄海南部の高濁度域 ($124^{\circ} E$ 以西) では、水温・塩分とも鉛直的な変化は少なく、底層では使用した濁度計の測定レンジを越える濁度 (懸濁物重量: $15 \text{ mg} \cdot \ell^{-1}$ 以上) を示した。

$124^{\circ}30' E$ から $125^{\circ} E$ にかけて顕著な塩分フロントが存在するが、表層から中層の濁度のフロントは $124^{\circ} E$ から $124^{\circ}30' E$ にあり、塩分フロントの西側になっている。また底層では、高濁度層は海底近くをほうような形で東方に向かって広がっており、南北断面と対照させると高濁度水は水温、塩分躍層の下に収まっていることが理解できる。

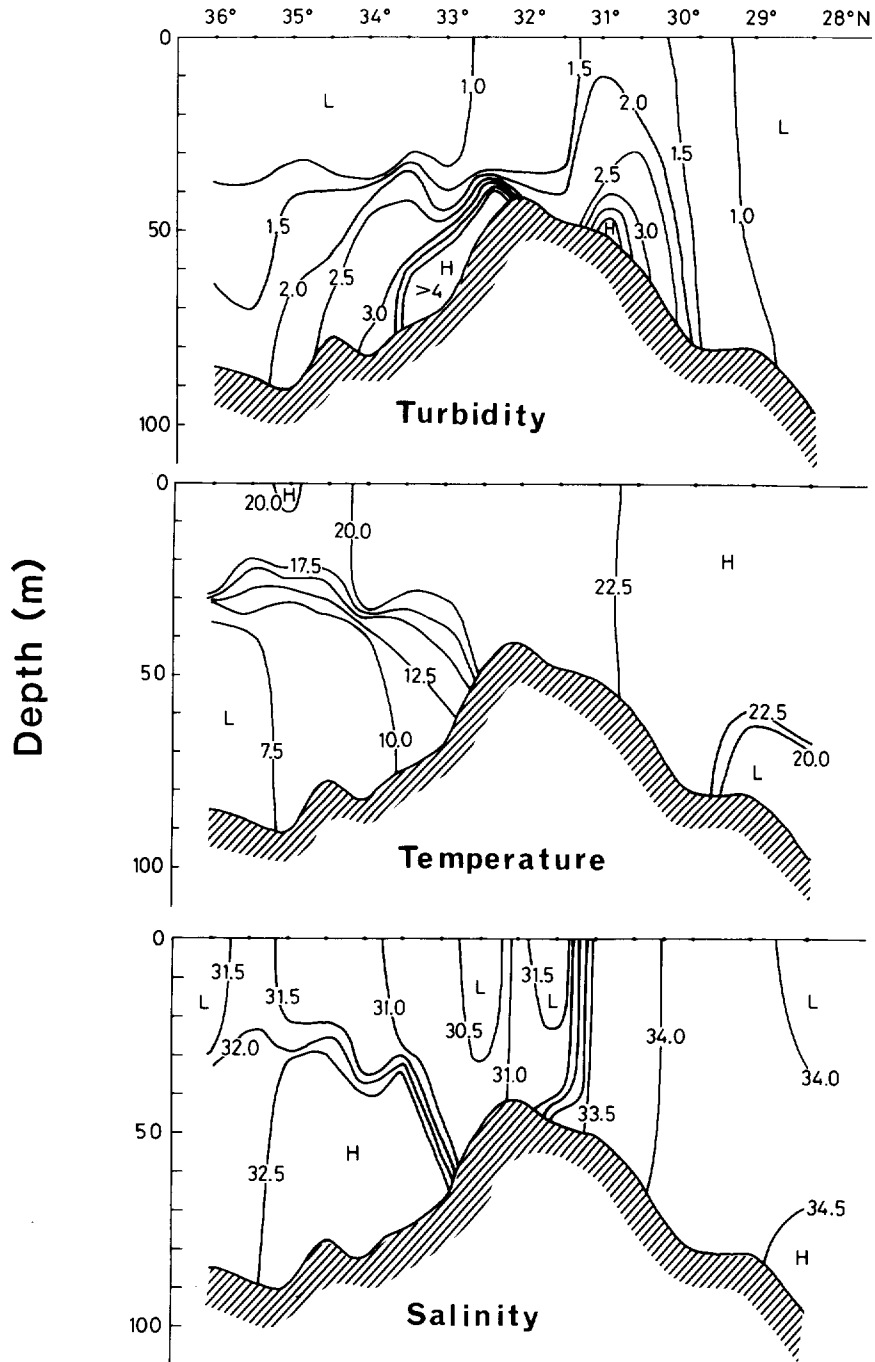


Fig. 7. Vertical distribution of turbidity α (m⁻¹), temperature (°C) and salinity along 124°30' E line in autumn 1986.

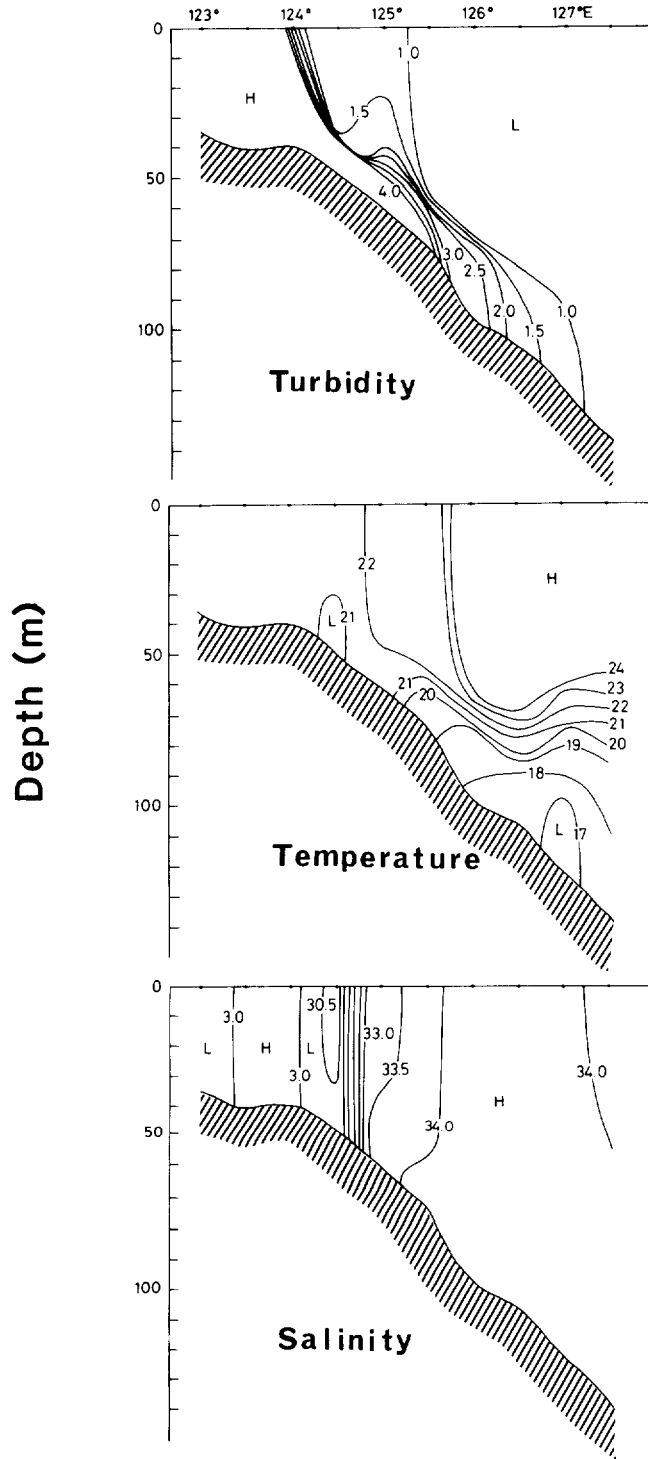


Fig. 8. Vertical distribution of turbidity a (m^{-1}), temperature ($^{\circ}C$) and salinity along $32^{\circ}30'$ N line in autumn 1986.

このような東西断面で底層の高濁度層が大陸棚外縁から斜面域に向かって広がっている状況は、東シナ海北部の 31°30' N 断面および 30°30' N 断面においても観測されたが、この現象は Fig. 8 に示された黄海南部 (32°30' N 断面) において最も顕著であった。

考 察

以上のように、東シナ海中部の底層高濁度域は黄海の高濁度域と分離されており、両者はその起源となる場所が異なるものと考えられる。黄海・東シナ海大陸棚上の高濁度域は水温・塩分の分布から見ると、いずれも一定の水塊に特有のものではなく、また、黄河・揚子江等の高濁度の河川水の直接的な影響によるものとも考えられない。

Fig. 9 に浜田・満塩 (1987) による黄海・東シナ海における堆積物の中央粒径値 ($Md\phi$) の分布を示した。 $Md\phi$ が 4ϕ 以上を示すシルトよりも細かい底質 (極細砂・粘土) の海域は東シナ海では中央部に、また、黄海では広域的に分布している。Fig. 5 と比較すると明らかなように底層の高濁度の分布域はこれと非常に良く一致している。このことは、高濁度域では懸濁物の起源が粒径の小さい底泥にあり、季節風に伴う擾乱または潮流による再懸濁現象によって表層泥が海中に巻き上がることによって高濁度域が形成されていることを示している。しかしながら、黄海北部では $Md\phi$ が 4ϕ 以上の水域が広がっているにもかかわらず底層の濁度はあまり高くない。これは、この海域が比較的深いために季節風に伴う擾乱を受けにくく、同時に黄海中部には無潮点が存在する (小田巻・佐藤 1986) など潮汐の影響も小さいことにより再懸濁現象がおこりに

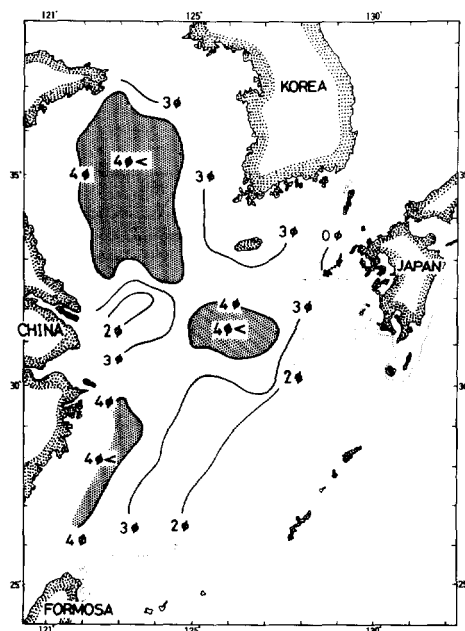


Fig. 9. Distribution of median diameter of sediments ($Md\phi$) in the East China Sea and the Yellow Sea (HAMADA and MITSUSHIO 1987).

くいことが原因であると考えられる。

南北、及び東西断面の濁度分布を比較した場合、南北断面では高濁度域の南側に濁度のフロントが存在するのに対し、東西断面では大陸棚外縁底層の高濁度域から大陸棚斜面に沿って海底付近に高濁度層が広がっている状況が特徴的である。これは特に 32°30' N 線で顕著であり、東シナ海北部と黄海南部の懸濁物が大陸棚斜面域の海底付近を通じて対馬暖流系水に輸送されていることを示している。日本海の海底堆積物の粘土鉱物組成が東シナ海域のそれと近い組成を示すことが知られており (AOKI and OINUMA 1973)、本研究の結果はこの現象を裏付ける材料の一部となり得よう。

要 約

黄海・東シナ海全域の78定点における秋季の調査の結果から、広域的な濁度分布の概要を明らかにするとともに、黄海の高濁度水と東シナ海中部高濁度水との関連、これらの成因および懸濁物の輸送過程について考察した。その結果は次のとおりである。

(1) 表層における高濁度域は、ほぼ水深 60 m 以浅の海域に限られ、東シナ海大陸棚浅海域では鉛直混合によって底層起源の懸濁粒子が表層の濁度分布に影響をおよぼしていることがわかる。

(2) 東シナ海中部の底層高濁度域は黄海の高濁度域と分離されており、両者はその起源となる場所が異なるものと考えられる。また、底層の高濁度域は細かい底質（極細砂・粘土）の分布域と非常に良く一致しており、季節風に伴う擾乱または潮流による表層泥の再懸濁現象によって高濁度域が形成されている。

(3) 東西断面の濁度分布では、大陸棚外縁から大陸棚斜面に沿って海底付近に高濁度層が広がっている状況が特徴的である。これは、東シナ海北部と黄海南部の懸濁物が大陸棚斜面域の海底付近を通じて対馬暖流系水に輸送されていることを示している。

文 献

- AOKI, S. and K. OINUMA, 1973: Clay minerals in the sediments of the continental shelf off Sanin, the Japan Sea. *Earth Science*, **27**, 23-26.
- 深瀬 茂, 1975: 東シナ海陸棚上の底層水. 海と空, **51**(1), 13-15.
- 浜田七郎・満塩 洗, 1987: 東シナ海・黄海域における堆積物の海底地質学的区分. 西水研報, (64), 25-34.
- MATSUKE, K., K. OKUDA and K. UEHARA, 1983: Turbidity distributions near oceanic fronts in the coastal region of East China Sea. *La mer*, **21**, 133-144.
- 小田 卷 実・佐藤 敏, 1986: 黄海・東シナ海の潮汐・潮流. 黒潮の開発利用の調査研究成果報告書 (その9), 科学技術庁研究開発局, 135-166.
- TANAKA, K., S. UNO, W. SAKAMOTO and A. SHIROTA, 1987: Turbid water area in the East China Sea. *Bull. Seikai. Reg. Fish. Res. Lab.*, (64), 13-23.
- WELLS, J. T. and O. K. HUH, 1984: Fall-season patterns of turbidity and sediment transport in the Korea Strait and Southeastern Yellow Sea. In "Ocean Hydrodynamics of the Japan and East China Sea" (ed. by T. Ichiye), Elsevier, Amsterdam, 387-397.

1986年秋季の東シナ海・黄海における濁度分布

XIE Q., L. ZANG and F. ZHOU, 1983: Features and transportation of suspended matter over the continental shelf of the Changjiang Estuary. In "Proceedings of International Symposium on Sedimentation on the Continental Shelf with special Reference to the East China Sea" (ed. by Acta Oceanologica Sinica), China Ocean Press, Beijing, 370-381.