

透明度から見た霞ヶ浦北浦の環境変動

野内 孝則・外岡 健夫

1. はじめに

霞ヶ浦北浦は、生物生産性が高く古くから漁業が行われてきている。霞ヶ浦北浦における漁業生産量は、1978年には17,487トンであったが、その後減少し、2003年には1,422トンと最高漁獲時の1割未満にまで低下している。

湖沼における生物生産の基本は、植物プランクトンによる光合成であり、植物プランクトンの生産速度は、漁業生産及び水質汚濁と密接な関係がある。霞ヶ浦北浦では、1973年に大規模な養殖コイの酸素欠乏死が確認されたが、養殖ゴイの斃死原因は、植物プランクトンの異常発生による酸素欠乏であった(赤野ら1975)。近年、霞ヶ浦では、湖水の白濁化現象が確認され(岩崎ら2000)、透明度の低下が認められている。

湖沼における透明度の推移は、長期にわたる湖沼の富栄養化を探るのに最も適した方法の一つとされ(西條1957)、栄養塩の多い湖では夏は植物プランクトンの繁殖によって低くなり、冬には高くなる年変動が知られている(吉村1937)。

霞ヶ浦北浦でも透明度の低下要因は植物プランクトン量の増加とされ、透明度の低下にともなって、ハゼ、エビ、イサザアミ、コイ、フナの漁獲量は増加し、ワカサギ、シラウオは減少したとされている(浜田ら1976)。しかし、近年の霞ヶ浦における白濁化現象による透明度の低下には、植物プランクトンが関与していないとされている(岩崎ら2000)ことから、透明度の低下現象が湖の生物生産に及ぼす影響は解明されていない。

これまで霞ヶ浦の透明度と溶存酸素量については、関係があることが報告されている(外岡ら1973)ものの、透明度に影響を与えられ懸濁物質量及び植物プランクトンの指標であるChlorophyll. a量

との関係を論じた報告はない。ここでは、1970~2003年における霞ヶ浦北浦の湖沼観測結果を基に透明度と懸濁物質量およびChlorophyll. a量との関係を検討した。

2. 方 法

透明度、懸濁物質量データとしては1970~2003年、Chlorophyll. aデータとしては1976~2003年に毎月行われた水質調査結果を用いた。なお、月に2回観測を行っている場合は、その平均値を用いた。

調査地点は、霞ヶ浦6点、北浦5点の計11点である(図1)。

透明度は、直径30cmの白色透明度板(secchi disc, 離合社製)を用い、水面下に透明度板を下ろして、その透明度板が見えなくなった時の水面からの深さで表した。なお、透明度板が底まで達した場合には、各地点の水深を透明度として表した。

懸濁物質量は、秤量したガラス繊維濾紙(ワットマンGF/C:孔径1.2 μ m)で試水の濾過を行った後110 $^{\circ}$ Cで12時間乾燥させて算定した。なお、懸濁物質量中の有機物量を測定するため、懸濁物質量測定後の濾紙を450 $^{\circ}$ Cで1時間加熱し、減少した値を調べた。

Chlorophyll. a量は、懸濁物質の載ったガラス繊維濾紙を90%アセトン溶液で抽出し吸光度で定量した。抽出した溶液を一度攪拌し、3,000rpmで15分間遠心分離した後、上澄抽出液について分光光度計を用いて750, 663, 645, 630nmの各波長の吸光度を読み取り、Strickland and Parsonsの方法により産出した。

透明度は、湖沼観測時における測定の外に霞ヶ浦に約150m沖出しした内水面水産試験場棧橋における測定結果も用いた。

霞ヶ浦における護岸築堤率、砂利採取量及び浚渫量については、大嶋(2004)より引用した。

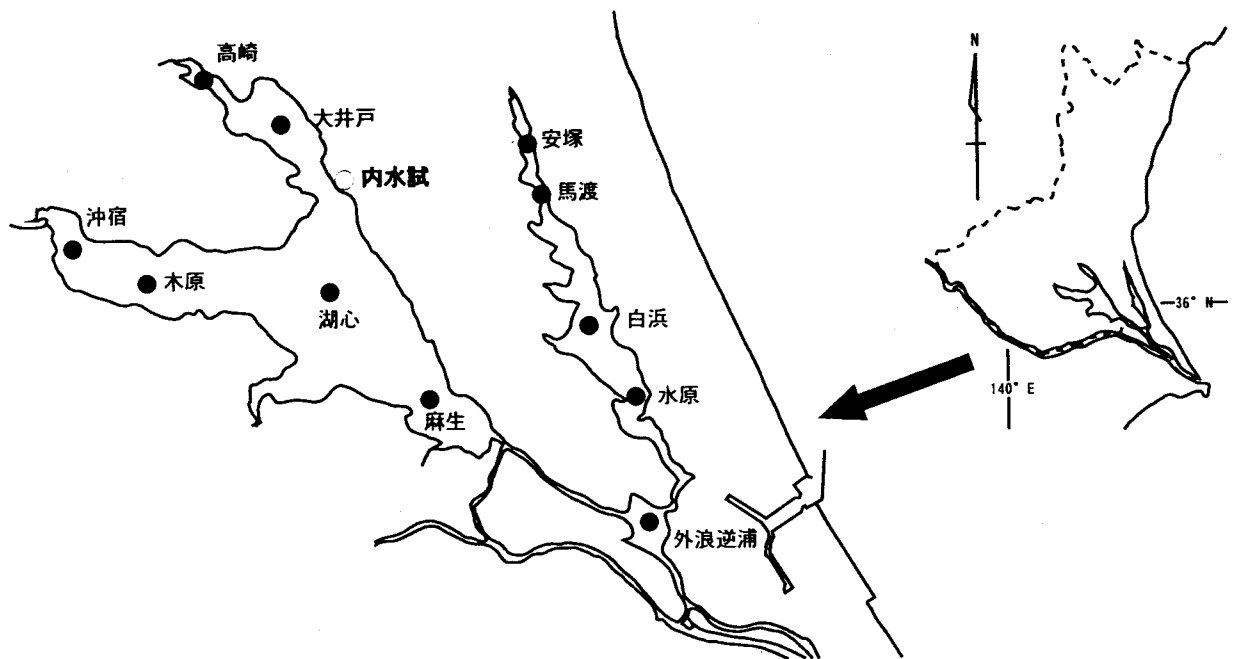


図1 調査地点

3. 結果

(1) 透明度の変動

① 霞ヶ浦

図2 a, bに1970~2003年の霞ヶ浦における透明度の経年推移を示した。霞ヶ浦の透明度は、各調査点で1990年代を境に変動幅に差が認められ、1990年以前には、冬季に高く夏季に低くなっているが、1990年代以降は、透明度の変動幅が小さくなり、冬季と夏季の差が小さくなっている。

観測地点別に検討すると透明度は、沖宿では1970~1990年には、夏季に低くなり冬季に高くなる傾向が顕著で、その差が200cmに達する年もあった。しかし、1992年以降は、透明度は年間を通して100cm以下と透明度の季節変化は、ほとんど認められなくなった。

木原、湖心、麻生でも沖宿と同様に1990年までは、夏季に低くなり、冬季に高くなる傾向があったが、1993年以降その変動幅はごく僅かとなり、2000年以降は、年間を通じてほぼ100cm以下で推移している。

大井戸では、1994年までは、夏季と冬季で差が

あり30~400cmの範囲で変動していた。しかし、1995年以降に透明度は低下し、100cm以下で推移するとともにその変動幅は小さくなった。

高崎では、1974~1977年、1990年に透明度が大きく変動した。また、1994年までは、夏に透明度が小さくなり、冬に高くなる季節変動が認められたが、1995~1997年には30~80cmの範囲で変動しており、その変動幅が小さくなっている。1998年以降は、40~100cmの範囲で変動しており、透明度の季節変動がやや認められている。

このように霞ヶ浦では、土浦入りから湖心、湖尻（沖宿、木原、湖心、麻生の観測地点）において1990年代、特に1993年以降透明度が低下すると同時に透明度の変動幅が小さくなる傾向が認められた。

② 北浦

図2 cに1970~2003年の北浦における透明度の経年推移を示した。

外浪逆浦では、1992年までは、透明度は、夏季に低く冬季に高い季節変動があったが、1993年以

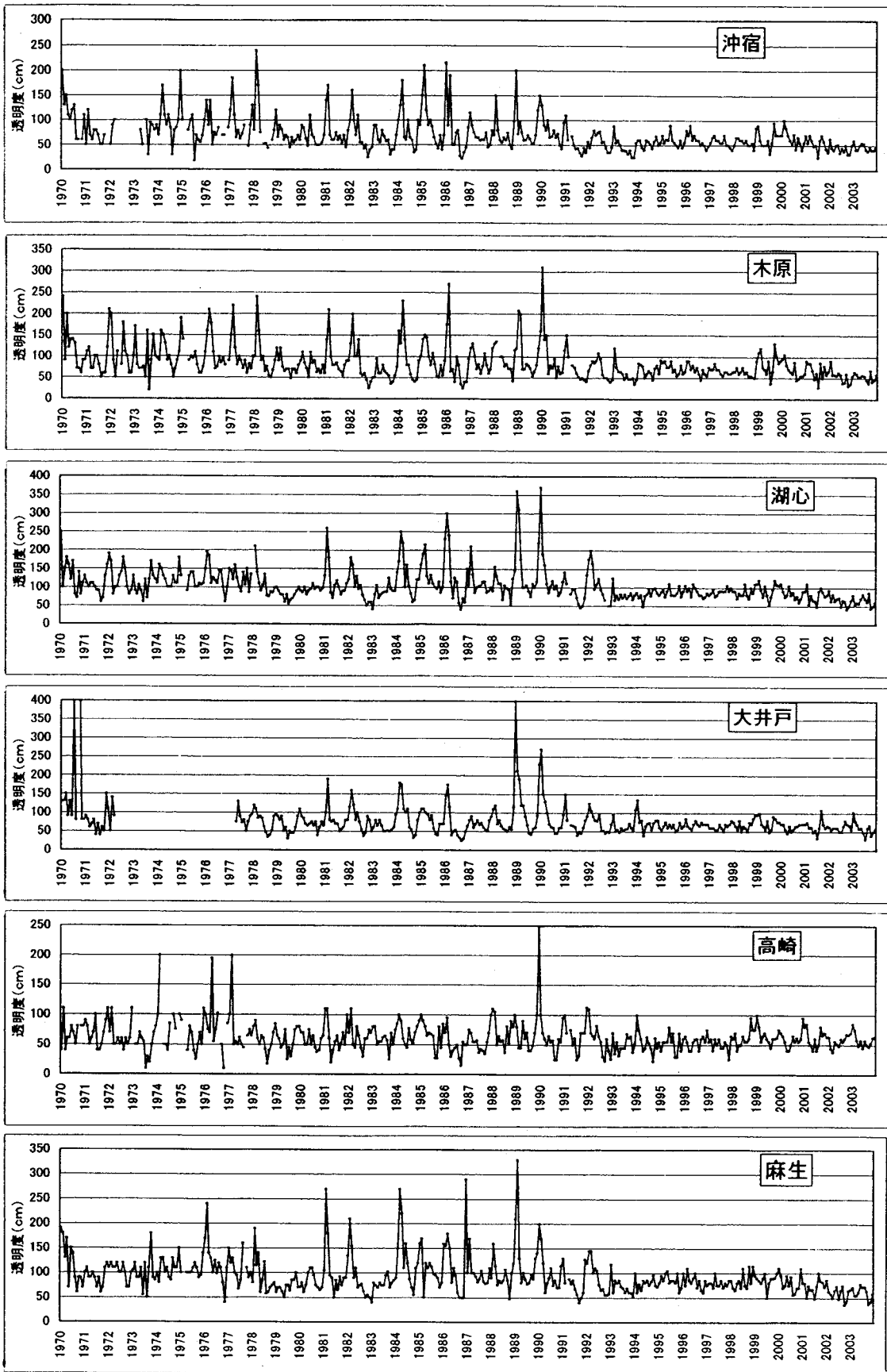


図 2 a 霞ヶ浦における透明度の推移

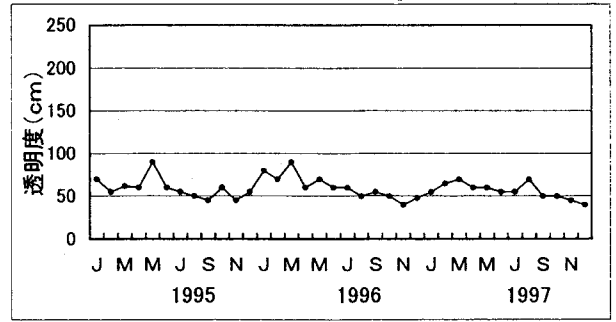
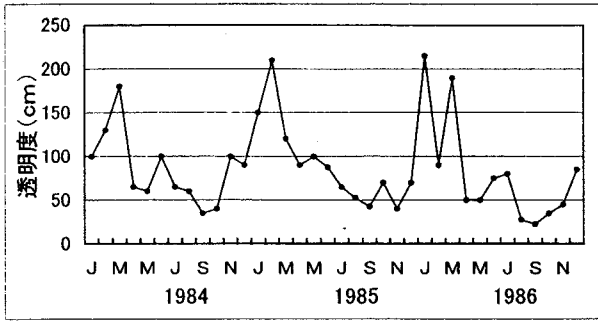


図 2 b 沖宿における透明度の推移 (1984~1986及び1995~1997年)

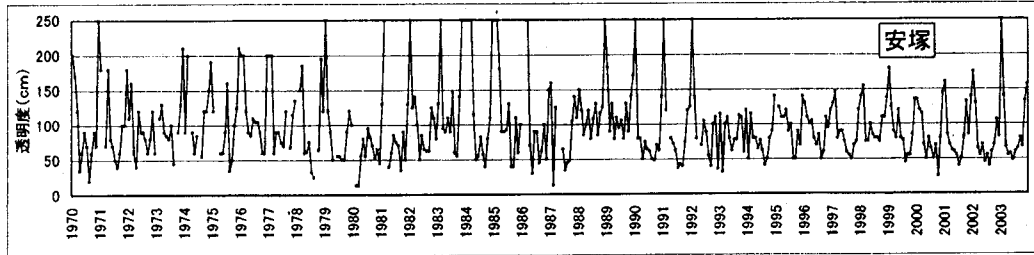
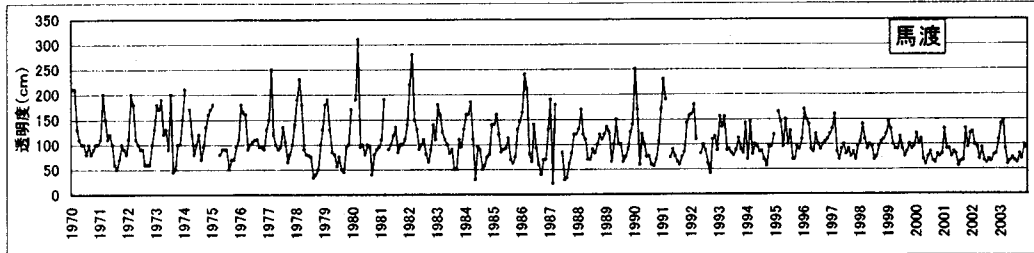
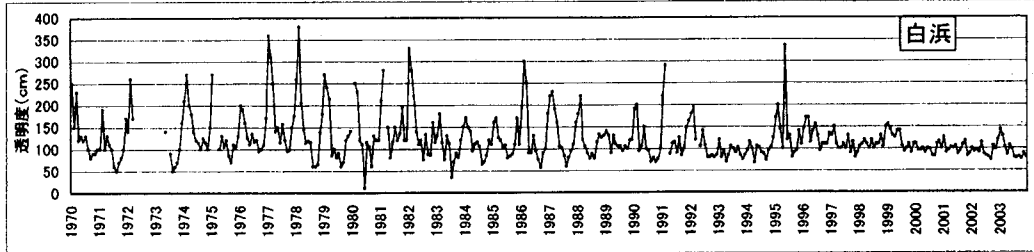
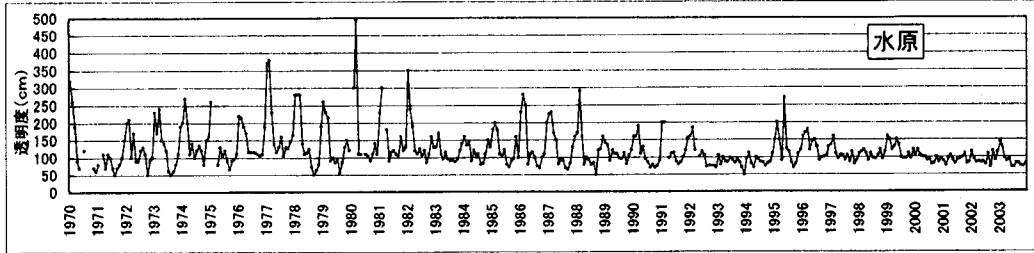
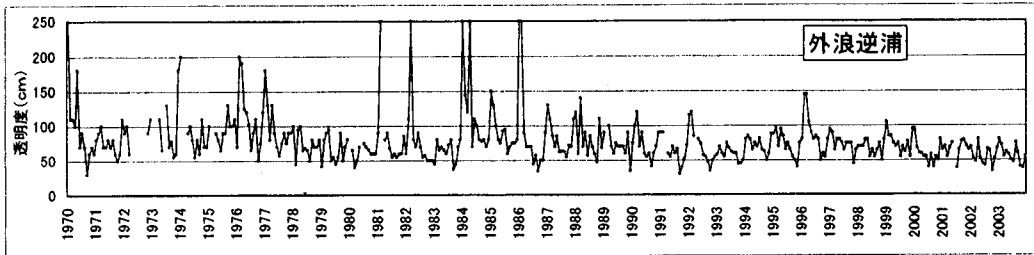


図 2 c 北浦における透明度の推移

降、透明度が100cmを超えたのは、1996年の2回と1999年の1回だけであり、それ以外は、50～100cmと、その変動幅は小さくなっている。さらに、2000年以降では、透明度が50cm以下となることも観測された。

水原、白浜では、1992年以前及び1995～1997年には、透明度の変動幅は50～300cm程度と大きかったが、1993、1994年及び1998年以降は、透明度の変動幅は小さくなり、100cm前後で推移した。

馬渡では、1992年頃までの透明度は30～320cmで推移し、その変動幅は大きかったが、1998年以降の透明度は80～150cmで推移し、変動幅が小さくなると同時に透明度もやや低くなっている。

安塚では、1970～2003年までを通して全体的に透明度の変動幅は大きいまま維持している。

このように北浦では、1980年代には、全体として冬季に透明度が高くなり、夏季に低くなる変動の傾向が認められた。しかし、1993、1994年に水原、白浜地区で変動が小さくなっているものの、霞ヶ浦に比べると透明度の変動幅はやや大きくなっている。さらに、霞ヶ浦からの流入の影響を受ける外浪逆浦では、2000年以降透明度は低下し、変動幅も小さくなっている。

(2) 懸濁物質の変動

① 霞ヶ浦

図3 a, bに1970～2003年の霞ヶ浦における懸濁物質量の経年推移を示した。

観測地点別に検討すると、沖宿、木原、湖心、麻生では、懸濁物質量は1992年までは、夏季に高くなり、冬季に低くなる傾向が認められた。1993年以降は、懸濁物質量が冬季に低くなる傾向は認められなくなり、2000年以降は変動幅が大きくなり、徐々に高くなっている。また、沖宿の1984～1986年及び1995～1997年で比較すると、懸濁物質量は1984～1986年には、夏季に高くなり冬季に低

くなる傾向が顕著で年変動も大きかったが、1995～1997年には、冬季でも懸濁物質量は高くなり、年変動がほとんど認められなくなっている。

大井戸、高崎では、1970～2003年には、夏季に高く冬季に低い年変動が認められている。しかし、1995年頃から年変動がやや小さくなってきた。

このように、土浦入、湖心、湖尻（沖宿、木原、湖心、麻生）では、懸濁物質量は1990年頃までは、変動幅が大きく、夏季に高く冬季に低い傾向が認められたが、1993年頃から変動幅が小さくなると同時に季節変動もあまり認められなくなり、懸濁物質量は徐々に高くなっている。

② 北浦

図3 cに1970～2003年の北浦における懸濁物質量の経年推移を示した。

外浪逆浦では、1997年までは、夏に高い年はあったものの、年間を通してほぼ50mg/l以下で推移していた。ただし、1998年頃から懸濁物質量が年間を通して高くなるると同時に変動幅も大きくなってきた。

水原、白浜では、1993年及び2000年から2001年に変動幅が小さくなっているものの、それ以外の年は夏季に高く冬季に低い傾向があり、年変動が認められた。

馬渡では、1990年までは、年変動が大きかったが、1992年以降年変動はやや小さくなっている。しかし、2001年以降は、年変動はやや大きくなった。

安塚では、1970年から1987年は、懸濁物質量の年変動が大きくなっていった。さらに、1996年以降では、年変動が認められ2～35mg/lの範囲で変動している。

このように北浦では、霞ヶ浦からの流入の影響を受ける外浪逆浦で1998年頃から懸濁物質量がやや高くなる傾向が認められたが、その他の地点では、冬季に低く、夏季に高い変動が認められている。

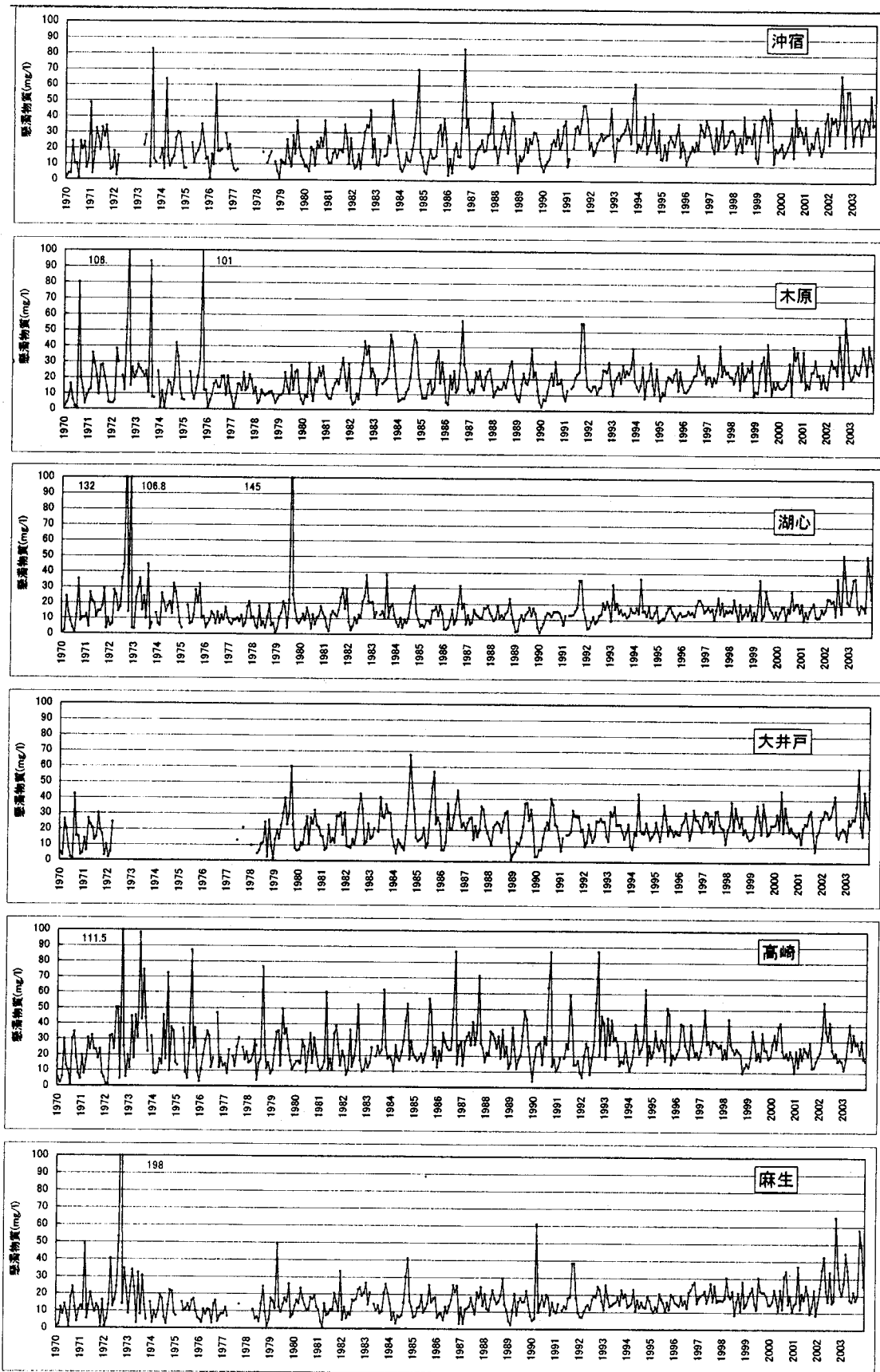


図3 a 霞ヶ浦における懸濁物質量の推移

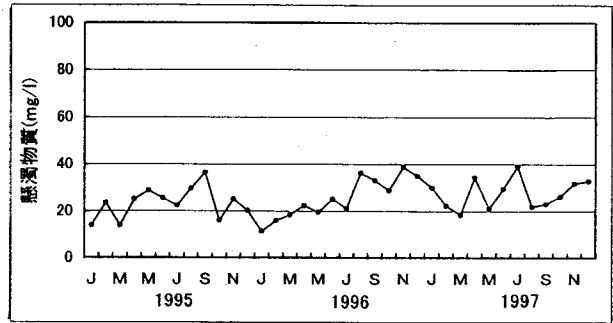
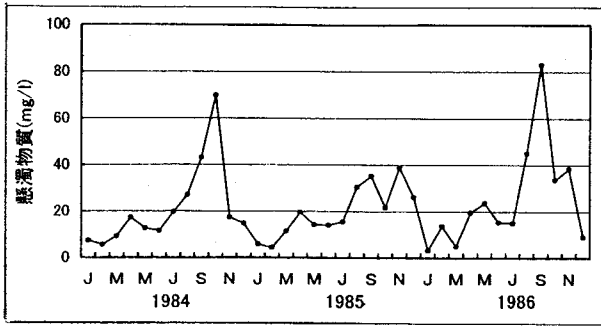


図3b 沖宿における懸濁物質量の推移 (1984~1986及び1995~1997年)

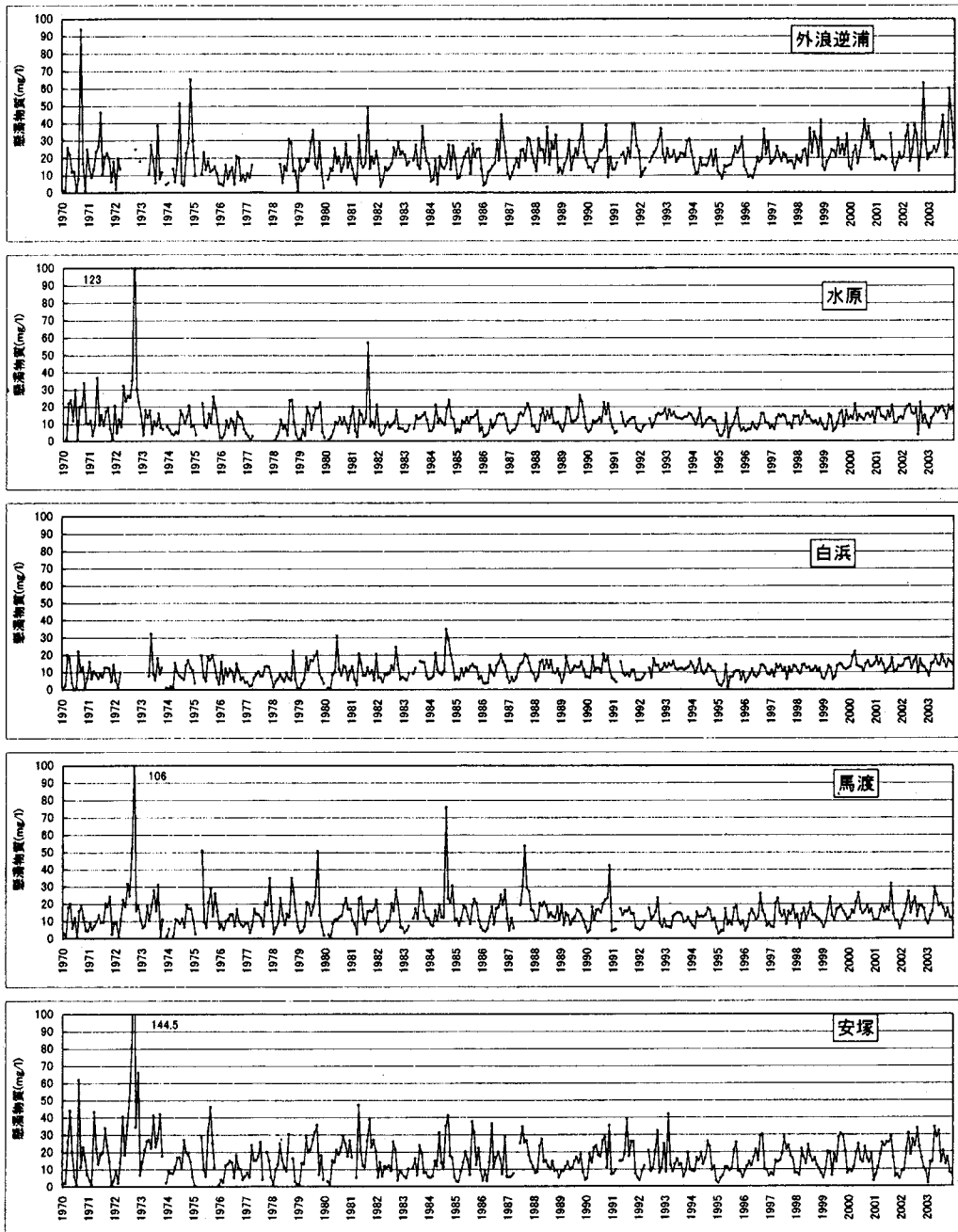


図3c 北浦における懸濁物質量の推移

(3) Chlorophyll.aの変動

① 霞ヶ浦

図4 a, bに1976～2003年の霞ヶ浦におけるChlorophyll.aの経年推移を示した。

全体に1990年頃までは、夏に高くなり、冬に低くなる傾向が顕著に認められた。1993年以降は、夏季と冬季の変動が小さくなってきている。ただし、大井戸、高崎では、1998年以降は、Chlorophyll.aの年変動が認められている。

沖宿では、1984～1986年には、夏季に高く冬季に低い季節変動が認められたが、1995～1997年には、季節変動が認められなくなるとともに、その変動幅が小さくなった(図4 b)。

このように霞ヶ浦では、1990年頃までは、Chlorophyll.aの変動幅が大きかったが、1994年頃から季節変動は小さくなり、特に、冬季にChlorophyll.aが低くなる傾向は認められなくなっている。

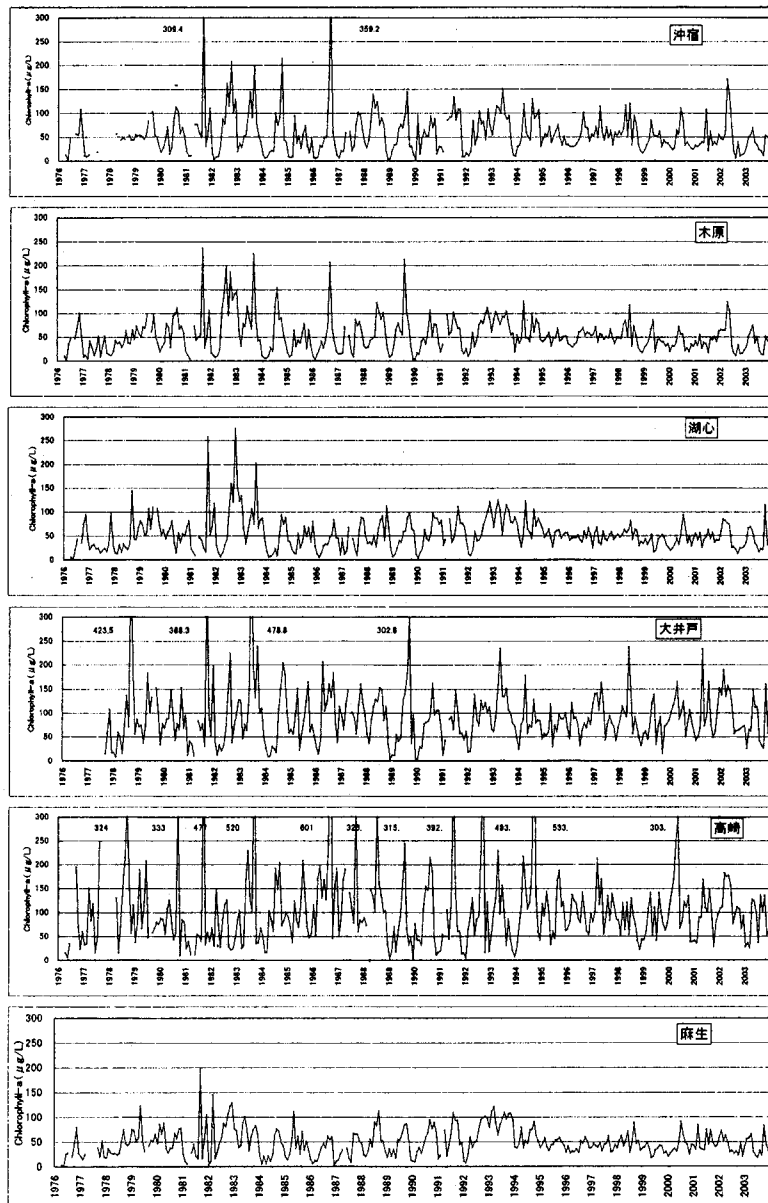


図4 a 霞ヶ浦におけるChlorophyll-aの推移

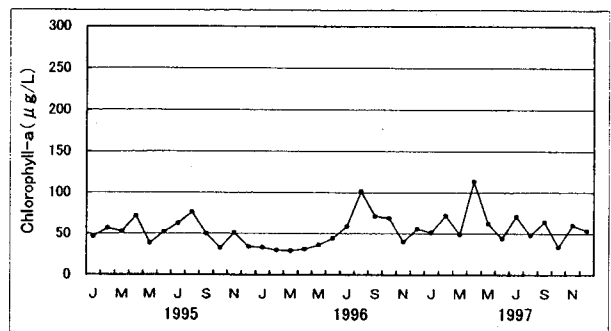
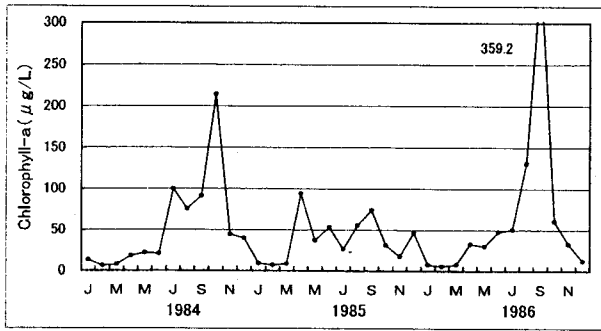


図4b 沖宿におけるChlorophyll-aの推移 (1984~1986及び1995~1997年)

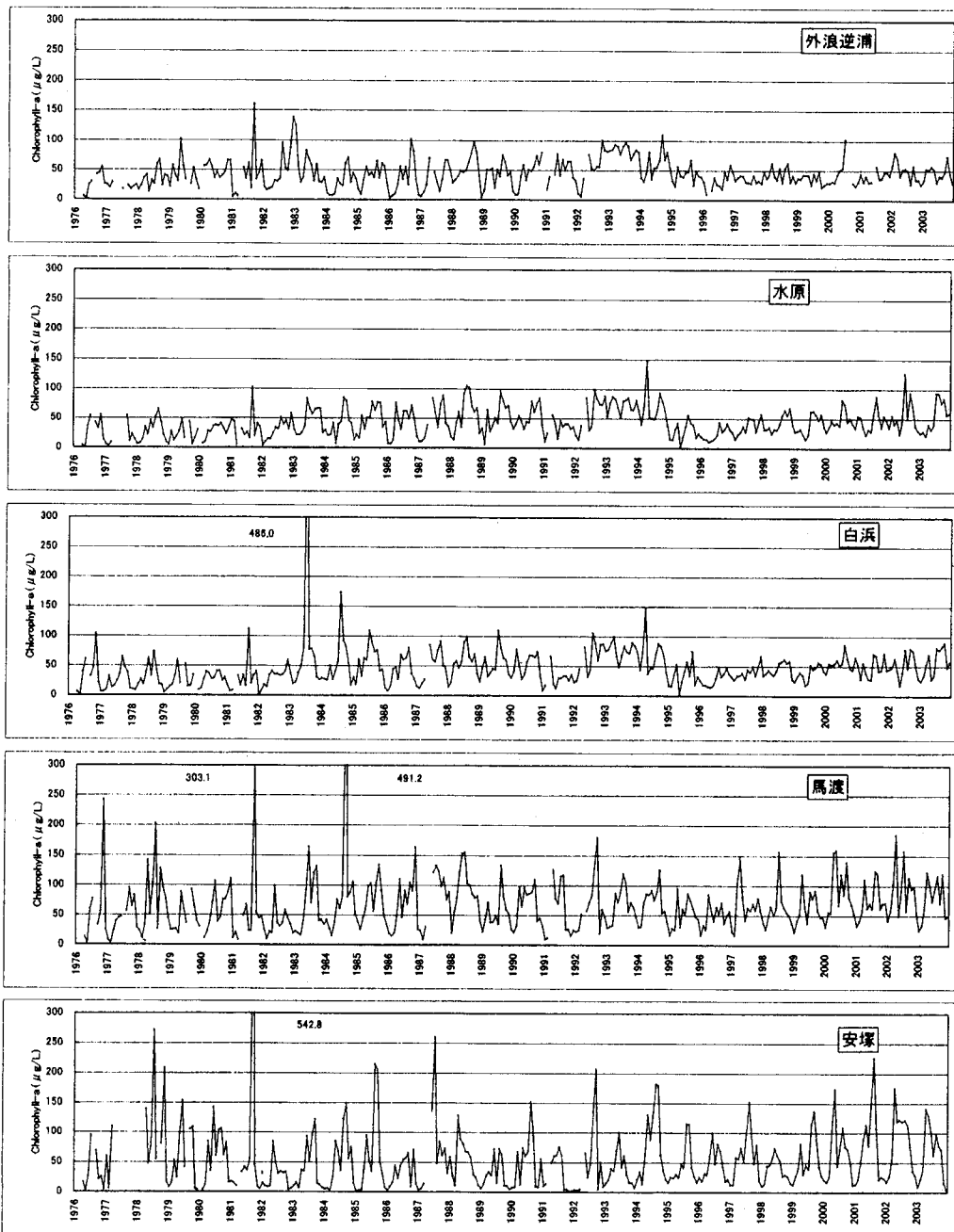


図4c 北浦におけるChlorophyll-aの推移

② 北 浦

図4cに1976～2003年の北浦におけるChlorophyll. aの経年推移を示した。

外浪逆浦では、1976～1992年には、Chlorophyll. aの季節変動は認められたが、1993年からは、年間を通してChlorophyll. aは高くなっており、年変動が明確でなくなった。さらに1997年以降は、Chlorophyll. aが冬季に低下する傾向は認められなくなった。

水原、白浜では、1976～1992年には、Chlorophyll. aの年変動は認められたが、1993、1994年には、それまで認められた冬季に低い傾向が明確でなくなった。1995年以降は、Chlorophyll. aの季節変動は認められるが、その変動幅は小さくなっている。

馬渡、白浜では、1976～2003年には、Chlorophyll. aは夏季に高く冬季に低くなっており、年変動は顕著であった。

北浦では、外浪逆浦から白浜にかけては、1993年以降Chlorophyll. aは冬季でも高くなる傾向があった。

(4) 透明度と懸濁物質の関係

次に、透明度と懸濁物質の関係について検討した(表1, 図5)。透明度は、1993年から低くなる傾向が認められることから、1970～1992年の期間と1993～2003年の期間に年代を分けて検討した。

霞ヶ浦における透明度と懸濁物質の間には、負の相関関係が認められ1970～1992年では、0.51(高崎)～0.70(沖宿・木原)、1993～2003年の期間では、0.73(湖心)～0.80(大井戸)であった。

北浦においては、1970～1992年の期間は、相関係数は外浪逆浦では0.49、それ以外の4地点では、0.60、0.63を示した。1993～2003年の期間では、相関係数は各地点とも0.80以上を示した。

このように、霞ヶ浦・北浦ともに透明度と懸濁物質の間には相関関係が認められ、相関係数は、1970～1992年の期間より1993～2003年の期間がより高い傾向が認められた。

表1 懸濁物質と透明度の関係

		1970～1992年		1993～2003年	
霞ヶ浦	沖宿	$y = -36.036 \ln(x) + 180.4$	$r = 0.70 (P < 0.01)$	$y = -30.598 \ln(x) + 156.5$	$r = 0.78 (P < 0.01)$
	木原	$y = -41.543 \ln(x) + 203.4$	$r = 0.70 (P < 0.01)$	$y = -35.432 \ln(x) + 175.7$	$r = 0.76 (P < 0.01)$
	湖心	$y = -40.097 \ln(x) + 212.6$	$r = 0.60 (P < 0.01)$	$y = -35.287 \ln(x) + 182.0$	$r = 0.73 (P < 0.01)$
	大井戸	$y = -47.398 \ln(x) + 217.1$	$r = 0.64 (P < 0.01)$	$y = -35.849 \ln(x) + 178.1$	$r = 0.80 (P < 0.01)$
	高崎	$y = -20.968 \ln(x) + 127.9$	$r = 0.51 (P < 0.01)$	$y = -31.632 \ln(x) + 158.0$	$r = 0.79 (P < 0.01)$
	麻生	$y = -30.416 \ln(x) + 176.7$	$r = 0.52 (P < 0.01)$	$y = -33.463 \ln(x) + 174.8$	$r = 0.75 (P < 0.01)$
北浦	外浪逆浦	$y = -27.902 \ln(x) + 160.4$	$r = 0.49 (P < 0.01)$	$y = -38.218 \ln(x) + 185.0$	$r = 0.80 (P < 0.01)$
	水原	$y = -50.814 \ln(x) + 246.3$	$r = 0.60 (P < 0.01)$	$y = -55.393 \ln(x) + 241.3$	$r = 0.80 (P < 0.01)$
	白浜	$y = -47.985 \ln(x) + 234.9$	$r = 0.60 (P < 0.01)$	$y = -61.072 \ln(x) + 256.9$	$r = 0.81 (P < 0.01)$
	馬渡	$y = -41.147 \ln(x) + 212.5$	$r = 0.63 (P < 0.01)$	$y = -51.846 \ln(x) + 229.4$	$r = 0.80 (P < 0.01)$
	安塚	$y = -42.928 \ln(x) + 213.7$	$r = 0.63 (P < 0.01)$	$y = -54.203 \ln(x) + 230.1$	$r = 0.85 (P < 0.01)$

* y: 透明度(cm), x: 懸濁物質量(mg/l)

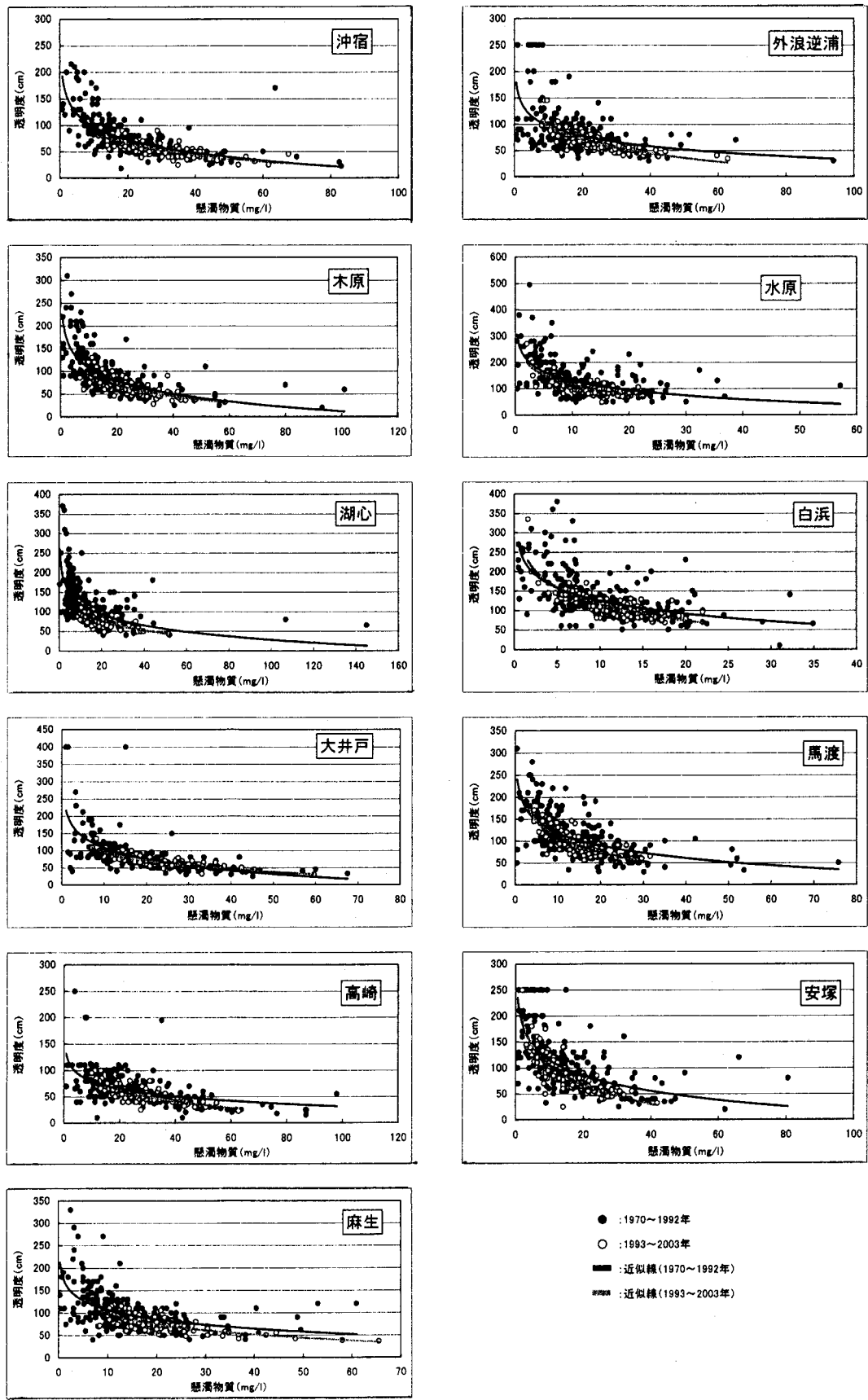


図5 震ヶ浦北浦における懸濁物質と透明度の関係

(5) 透明度とChlorophyll. aの関係

透明度とChlorophyll. aの関係について検討した(表2, 図6)。透明度は1993年から低くなる傾向が認められること, Chlorophyll. aは1993年頃から冬季の低下傾向が認められなくなることから, 1976~1992年の期間と, 1993~2003年の期間に年代を分けて検討した。

霞ヶ浦では, 1976~1992年までは, 高崎では相関係数が0.38で透明度とChlorophyll. aの相関係数は小さくなっていた。しかし, 高崎以外の5地点では, 相関係数は0.59(麻生)~0.72(湖心)であり, 透明度とChlorophyll. aには負の関係が認められた。次に1993~2003年では, 相関係数が0.01(木原), 0.06(沖宿), 0.15(湖心), 0.24(麻生)となり, 透明度とChlorophyll. aには相関係数が認められない。逆に, 1992年までの傾向が小さかった高崎では相関係数が0.59であり, 透明度とChlorophyll. aには負の関係があった。大井戸では, 1976~1992年は相関係数が0.69, 1993~2003年は相関係数が0.56と透明度とChlorophyll. aには, 相関係数が認められた。相関係数は, 1993~2003年には, 1976~1992年に比べてや

や小さくなっている。

北浦では, 1976~1992年の相関係数は0.50(安塚)~0.72(白浜)とChlorophyll. aと透明度には, 負の相関が認められた。1993~2003年には, 外浪逆浦(0.49)を除き0.79(水原)以上はかなり高い相関係を示した。

(6) Chlorophyll. aと懸濁物質の関係

Chlorophyll. aと懸濁物質の関係を検討した(図7, 表3)。

Chlorophyll. aは, 霞ヶ浦で1993年頃から冬季の低下傾向が認められなくなっていることから1976~1992年の期間と, 1993~2003年の期間で年代を分けて表した。

霞ヶ浦では, 1976~1992年の相関係数は, 麻生で0.46と低かったが, その他の5地点では, 0.55(大井戸)~0.71(湖心)の相関係数で, Chlorophyll. aと懸濁物質には正の相関係数が認められた。1993~2003年には, 高崎(0.72)を除いて低い相関係数を示した。特に0.01(木原), 0.10(麻生), 0.16(湖心), 0.21(沖宿)では, Chlorophyll. aと懸濁物

表2 Chlorophyll. aと透明度の関係

		1976~1992年		1993~2003年	
霞ヶ浦	沖宿	$y = -24.444 \ln(x) + 164.93$	$r = 0.65 (P < 0.01)$	$y = -2.574 \ln(x) + 106.5$	$r = 0.06 (P > 0.05)$
	木原	$y = -34.107 \ln(x) + 214.75$	$r = 0.69 (P < 0.01)$	$y = 0.489 \ln(x) + 64.6$	$r = 0.01 (P > 0.05)$
	湖心	$y = -45.328 \ln(x) + 281.36$	$r = 0.72 (P < 0.01)$	$y = -5.434 \ln(x) + 102.8$	$r = 0.15 (P > 0.05)$
	大井戸	$y = -29.688 \ln(x) + 203.84$	$r = 0.69 (P < 0.01)$	$y = -17.157 \ln(x) + 141.3$	$r = 0.56 (P < 0.01)$
	高崎	$y = -10.592 \ln(x) + 107.95$	$r = 0.38 (P < 0.01)$	$y = -13.824 \ln(x) + 119.2$	$r = 0.59 (P < 0.01)$
	麻生	$y = -32.697 \ln(x) + 218.38$	$r = 0.59 (P < 0.01)$	$y = -9.486 \ln(x) + 113.4$	$r = 0.24 (P < 0.01)$
	外浪逆浦	$y = -31.098 \ln(x) + 191.83$	$r = 0.57 (P < 0.01)$	$y = -20.088 \ln(x) + 143.5$	$r = 0.49 (P < 0.01)$
	水原	$y = -57.974 \ln(x) + 335.48$	$r = 0.67 (P < 0.01)$	$y = -40.468 \ln(x) + 254.0$	$r = 0.79 (P < 0.01)$
北浦	白浜	$y = -56.508 \ln(x) + 331.45$	$r = 0.72 (P < 0.01)$	$y = -48.854 \ln(x) + 293.9$	$r = 0.83 (P < 0.01)$
	馬渡	$y = -41.049 \ln(x) + 270.17$	$r = 0.66 (P < 0.01)$	$y = -43.744 \ln(x) + 277.0$	$r = 0.82 (P < 0.01)$
	安塚	$y = -20.985 \ln(x) + 169.85$	$r = 0.50 (P < 0.01)$	$y = -34.321 \ln(x) + 219.6$	$r = 0.81 (P < 0.01)$

* y : 透明度(cm), x : Chlorophyll.a(μg/l)

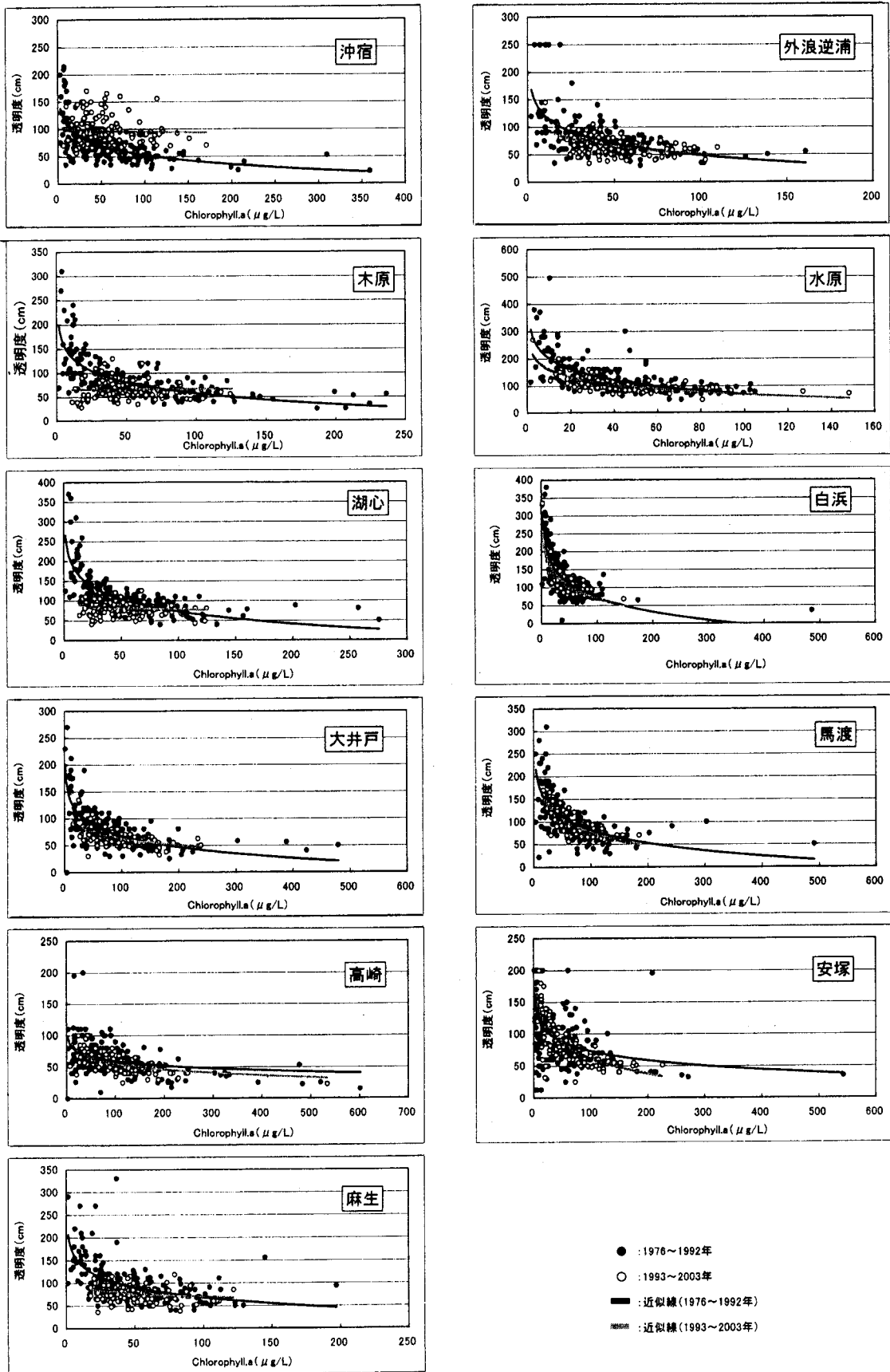


図6 震ヶ浦北浦におけるChlorophyll-aと透明度の関係

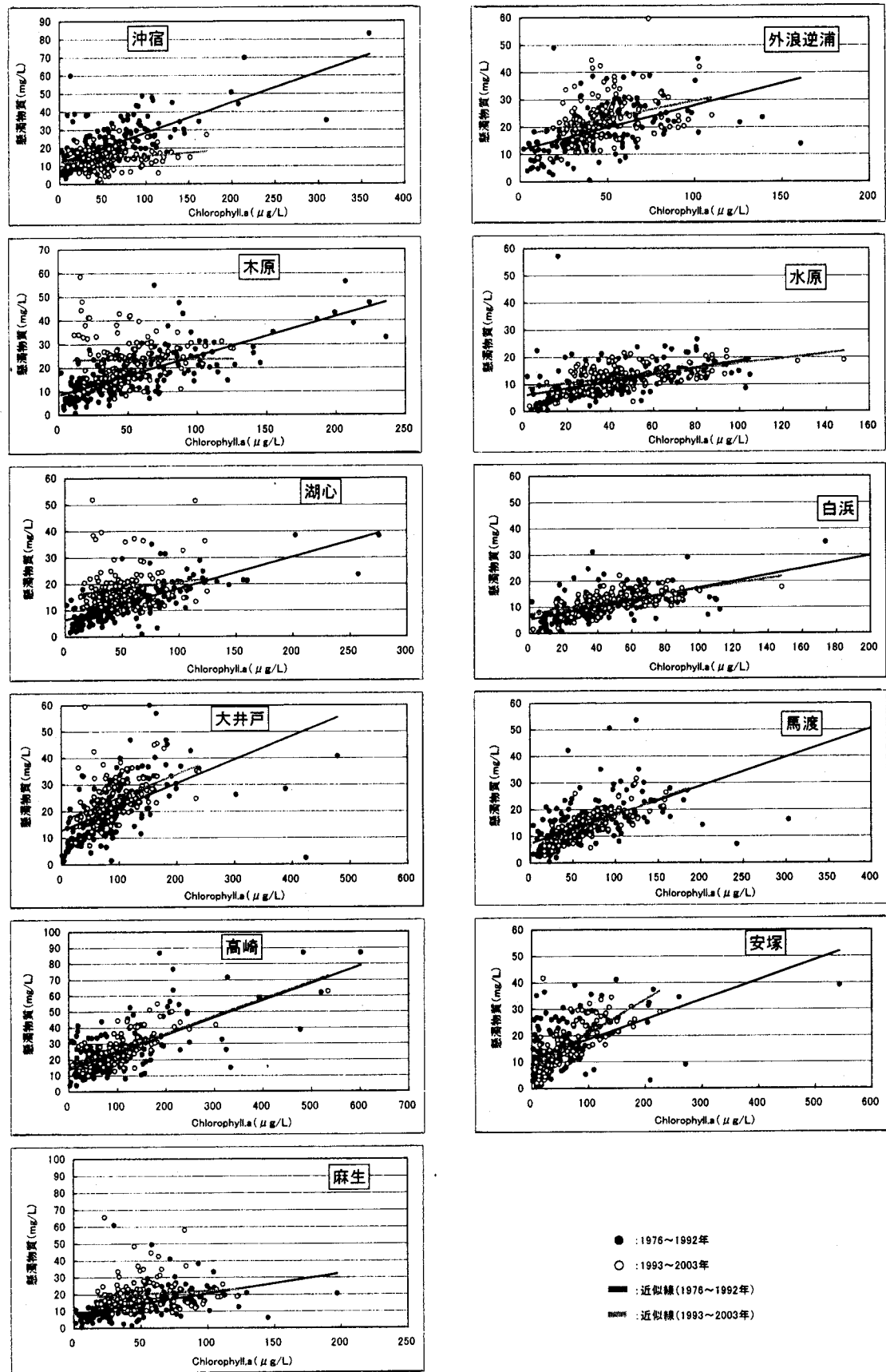


図7 霞ヶ浦北浦におけるChlorophyll-aと懸濁物質濃度との関係

表3 Chlorophyll. aと懸濁物質の関係

		1976～1992年		1993～2003年	
霞ヶ浦	沖宿	$y = 0.1662 x + 11.833$	$r = 0.67 (P < 0.01)$	$y = 0.0361 x + 11.901$	$r = 0.21 (P < 0.05)$
	木原	$y = 0.1666 x + 8.450$	$r = 0.70 (P < 0.01)$	$y = 0.0040 x + 23.254$	$r = 0.01 (P > 0.05)$
	湖心	$y = 0.1191 x + 6.386$	$r = 0.71 (P < 0.01)$	$y = 0.0519 x + 15.558$	$r = 0.16 (P > 0.05)$
	大井戸	$y = 0.0889 x + 12.735$	$r = 0.55 (P < 0.01)$	$y = 0.0886 x + 16.149$	$r = 0.47 (P < 0.01)$
	高崎	$y = 0.1078 x + 14.029$	$r = 0.68 (P < 0.01)$	$y = 0.1089 x + 14.478$	$r = 0.72 (P < 0.01)$
	麻生	$y = 0.1198 x + 8.550$	$r = 0.46 (P < 0.01)$	$y = 0.0399 x + 17.969$	$r = 0.10 (P > 0.05)$
	外浪逆浦	$y = 0.1621 x + 11.694$	$r = 0.49 (P < 0.01)$	$y = 0.1281 x + 16.742$	$r = 0.28 (P < 0.01)$
	水原	$y = 0.1276 x + 5.945$	$r = 0.48 (P < 0.01)$	$y = 0.0918 x + 8.554$	$r = 0.51 (P < 0.01)$
北浦	白浜	$y = 0.1217 x + 5.335$	$r = 0.59 (P < 0.01)$	$y = 0.0977 x + 7.266$	$r = 0.58 (P < 0.01)$
	馬渡	$y = 0.1077 x + 7.334$	$r = 0.64 (P < 0.01)$	$y = 0.1222 x + 5.461$	$r = 0.78 (P < 0.01)$
	安塚	$y = 0.0752 x + 11.042$	$r = 0.53 (P < 0.01)$	$y = 0.1303 x + 7.553$	$r = 0.74 (P < 0.01)$

* y : Chlorophyll.a(μg/l), x : 懸濁物質質量(mg/l)

質量には相関は認められない。また、大井戸では、1993～2003年の相関係数は0.47で1976～1992年の相関係数(0.55)とあまり違ってない。

北浦では、1976～1992年の相関係数は、0.48(水原)～0.64(馬渡)となり、Chlorophyll. aと懸濁物質質量には正の相関関係が認められた。1993～2003年は、外浪逆浦(0.28)では相関係数が低かったが、それ以外の4地点では0.51(水原)～0.78(馬渡)の相関係数でありChlorophyll. aと懸濁物質質量には正の相関関係が認められた。

(7) 内水試棧橋での透明度観測結果

図8は1976年から内水試棧橋での透明度の観測結果を示した。

透明度は、1992年までは、夏季に低くなり、冬季に高くなる季節変動が認められたが、1993年以降は、透明度が低位に安定して季節変動が小さくなっている。この傾向は、年ごとに顕著となっており、2003年の透明度は50cm前後で推移し、ほとんど季節変動認められなくなった。

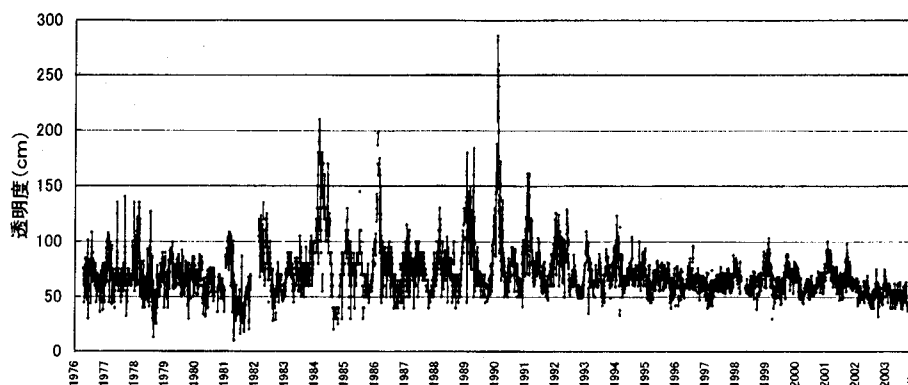


図8 a 内水面水産試験場・棧橋における透明度の推移

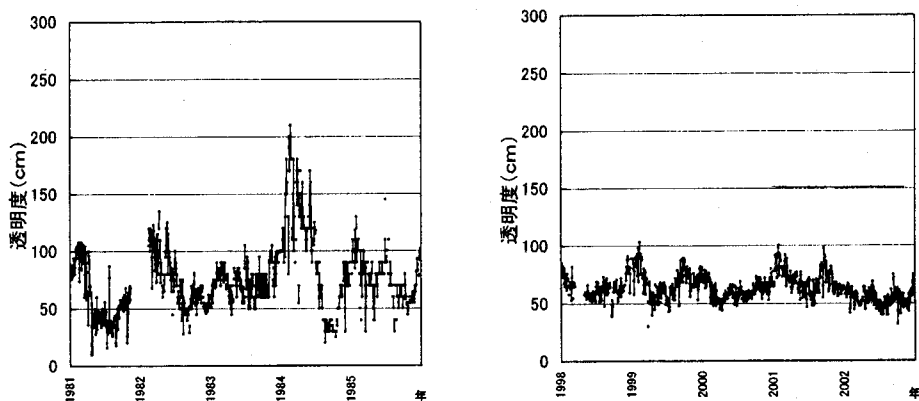


図8b 内水面水産試験場・棧橋における透明度の推移

3. 考 察

霞ヶ浦北浦の環境変動要因としては、1963年の常陸川水門の完成、1975年の水位調整開始、1970～1995年に行われた霞ヶ浦総合開発に伴う護岸堤防の整備（図9）、1975年から行われている水質浄化のための底泥浚渫等がある。

霞ヶ浦湖内の状況としては、水生植物帯の減少（図10）が顕著になるとともに、湖水の白濁化現象等も発

生してきている（岩崎 2000）。今回、透明度の観測結果から、1993年以降透明度の低下と季節の変動幅が低下していることが明らかとなったため、1992年までの結果と1993年以降の結果を比較した。

(1) 透明度と懸濁物質

透明度と懸濁物質量の相関分析から、霞ヶ浦・北浦の観測地点ともに1970～2003年を通じて明らかな相関関係が認められた。すなわち、透明度が低ければ、懸濁物質量が多くなり、透明度が高ければ、懸濁物質量が低くなっている。このことから、透明度を支配する要因としては、懸濁物質量が関連していると考えられる。

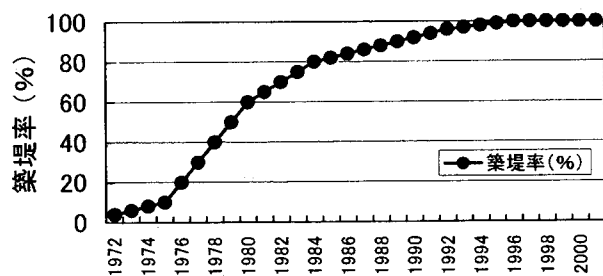


図9 霞ヶ浦における築堤率の推移

(2) Chlorophyll. aと透明度

浜田（1976）によれば、1948年には、沖宿地先の8・9月の透明度は45～160cm、1・2月には、100～330cmであった。この時には、透明度は、植物プランクトンの発生の少ない冬季が高く、植物プランクトンの発生が多い夏季には低くなるという季節変動が明瞭に認められた。

霞ヶ浦では、1993年以降は土浦入り及び湖心から湖尻（沖宿、木原、湖心、麻生）にかけては、透明度の季節変動がそれほど認められなくなっている。冬季に透明度が高く夏期に低い関係が崩れており、

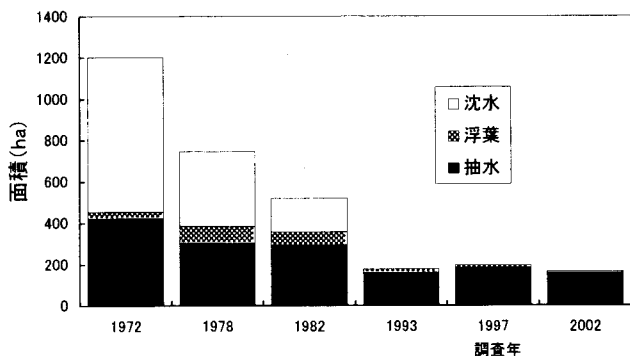


図10 水生植物帯面積の推移（霞ヶ浦河川事務所資料）

Chlorophyll. aが低いにも関わらず、透明度が高くなっていない。これは、植物プランクトンが1982年までは、*Microcystis* 主体、1990年からは*Oscillatoria*, *Phoromidium* 主体（茨城内水試 1990；1992）、さらに2000年からは珪藻主体（茨城内水試 2002；2003）に変化したことのある関係があると考えられる。しかし、Chlorophyll. aと透明度の関係から、高崎を除く霞ヶ浦では、1970～1992年までは、相関関係が認められたものの、1993年以降は、高崎、大井戸を除く霞ヶ浦では相関関係が認められていない。したがって、植物プランクトンの発生如何に関わらず1993年以降は、透明度が低下していると考えられる。

北浦では、Chlorophyll. aと透明度との間には1976～1992年までは、相関係数が0.50（安塚）以上、1993～2003年では、外浪逆浦を除く4地点では、0.79以上の高い相関が得られている。つまり北浦における透明度は、植物プランクトンの発生量によって決定されると考えられる。1976～1992年に相関が低かった安塚は、湾奥部であることから流入河川である巴川からの懸濁物質等の影響から相関低く、外浪逆浦は、霞ヶ浦からの流入を受ける地理的条件から、1993～2003年までの相関が低くなったものと考えられる。

(3) Chlorophyll. aと懸濁物質

霞ヶ浦では、高崎を除く5地点では1976～1992年まではChlorophyll. aと懸濁物質の間には比較的高い相関関係があり、植物プランクトンの現存量がすなわち懸濁物質であったと考えられる。しかし、

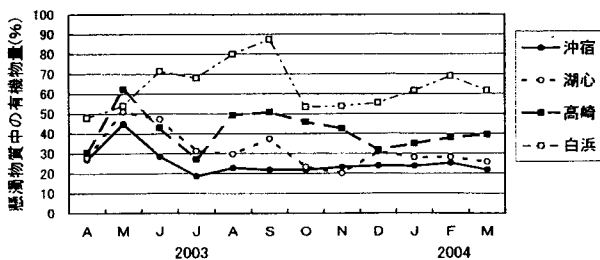


図11 懸濁物質中の有機物量の推移（2003.4～2004.3）

1993年以降は、Chlorophyll. aと懸濁物質に相関関係が認められないことから、懸濁物質そのものが植物プランクトンではなくなってきていると考えられる（図11）。

しかし、北浦や霞ヶ浦の高崎では、懸濁物質とクロロフィル a量には、正の相関が得られており、懸濁物質の主体は植物プランクトンとなっていると考えられる。

(4) 底泥における浚渫量の増加と透明度変化との関係

霞ヶ浦では、古くから、砂利採取が行われてきており、砂利採取が水質に及ぼす影響については、相崎（1993）が、砂利採取時には懸濁物質が極めて高い値を示すとしている。このことから、図12に砂利の採取量と底泥の浚渫量の経年推移を示した（大嶋 2004）。これによれば、砂利採取量は1995年までは50万 m³以上であったが現在は20万 m³に減少している。また、透明度が低くなった1993年以降と砂利採取量には関係は認められない。

霞ヶ浦では、湖底の底泥浚渫は1970～1991年は10万 m³以下の規模で行われていたが、1992年度以降は30万 m³を越す大規模浚渫事業が行われている。その底泥浚渫が大規模化した時期と透明度の低下が始まる時期は一致している。また、その時期は、Chlorophyll. aと懸濁物質の相関関係が認められなくなった時期でもある。

北浦では、外浪逆浦で砂利採取が行われているが、北浦内での砂利採取及び底泥浚渫は行われていない。

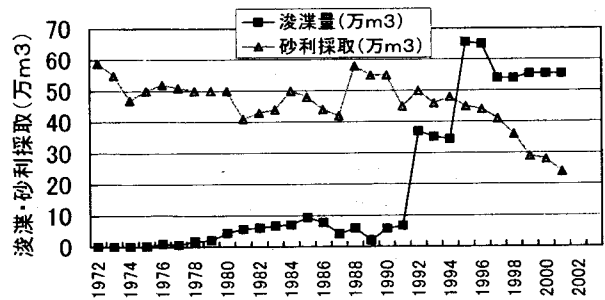


図12 霞ヶ浦における砂利採取量及び底泥浚渫量の推移

5. まとめ

1970年から2003年までの内水試の観測結果を用い、透明度と懸濁物質量、Chlorophyll. aについて検討し、以下の結果を得た。

- 1 霞ヶ浦北浦では、冬季に透明度が高くなり、夏季に透明度が低くなる関係が認められたが、1993年以降霞ヶ浦の沖宿・木原・湖心・大井戸・麻生では、透明度が低下し、季節変動も認められなくなった。
- 2 透明度と懸濁物質量には、負の相関が認められた。すなわち、透明度が低ければ、懸濁物質量が多くなり、透明度が高ければ、懸濁物質量が少なくなった。
- 3 透明度の低下とChlorophyll. aには、負の相関が認められたが、霞ヶ浦では1993年以降は、認められなくなった。
- 4 霞ヶ浦では1992年までは、懸濁物質量とChlorophyll. aには正の相関があったが、1993年以降は、その関係が崩れてきている。
- 5 霞ヶ浦における透明度の低下と底泥の浚渫量が増大した時期が一致していることから、霞ヶ浦における透明度の低下は、底泥の浚渫による影響である可能性が考えられる。

引用文献

- 赤野誠之・佐々木道也・山崎耿二郎・濱田篤信（1975）：
霞ヶ浦における網いけす養殖ゴイのへい死について－
I. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告，12，25－
48
- 岩崎順・外岡健夫（2000）：1999年7月に霞ヶ浦で発生
した濁水について。茨城県内水面水産試験場調査研

究報告，36，16－19

- 吉村信吉（1937）：湖沼学．93－105，東京，三省堂
- 西條八束（1957）：湖沼調査法．60－62，東京，古今書
院
- 外岡健夫・津田勉（1973）：霞ヶ浦北浦の水質について。
茨城県内水面水産試験場調査研究報告，11，91－113
- 浜田篤信・津田勉（1976）：霞ヶ浦の富栄養化に関する
研究－Ⅲ－窒素収支について－。茨城県内水面水産
試験場調査研究報告，13，29－43
- 外岡健夫他（1973～2003）：霞ヶ浦北浦環境調査結果。
茨城県内水面水産試験場調査研究報告，11～38号
- 大嶋和雄（2004）：茨城大学最終講義資料
茨城県内水面水産試験場（1990）：Oscillatoria及び
Phoridiumを中心とする藻類の季節遷移について。
平成元年度赤潮調査報告書。
- 茨城県内水面水産試験場（1992）：近年の霞ヶ浦におけ
る植物プランクトンの発生特性について。平成3年
度赤潮調査報告書
- 谷村明俊（2002）：霞ヶ浦北浦環境調査結果。茨城県内
水面水産試験場調査研究報告書，37，80－82
- 半澤浩美（2003）：霞ヶ浦北浦環境調査結果。茨城県内
水面水産試験場調査研究報告書，38，79－86
- 相崎守弘（1993）：霞ヶ浦湖岸域（美浦村大山）におけ
る水質特性と砂利採取事業の水質へ与える影響。国
立環境研究所，霞ヶ浦臨湖実験施設研究発表会講演
報告集－7－，15－19
- 国土交通省関東地方整備局 霞ヶ浦工事事務所（2002）：
第5回霞ヶ浦の湖岸植生帯の保全に係る検討会，資
料