

## 短報— 1

# 1991年度カビ臭予察調査結果について

岩 崎 順 ・ 外 岡 健 夫

### 目 的

水産分野における霞ヶ浦北浦の水質浄化対策としては、汚濁負荷軽減対策、湖内から汚濁要因物質を除去するための対策及び富栄養化に対応する調査研究が行われている。

しかし近年、霞ヶ浦北浦漁場環境調査の結果から、水質環境の変化に伴い湖内の植物プランクトン群集の組成が変化し、優占プランクトンが*Microcystis*から*Oscillatoria*, *Phormidium*に変わっていることが明らかになった。

特に、カビ臭を産生する*Phormidium*が1990年から大量に発生するようになり、漁獲物、養殖魚及び水産加工品に着臭し、出荷先から返品されるなどの問題が起きている。こうした問題は一時的に損失を被るだけでなく、将来にわたって霞ヶ浦北浦産水産物の商品価値を低下させる原因にもなり、緊急に対策を講ずる必要が出てきている。

本調査は、カビ臭発生の早期予報を行うことを目的とし、カビ臭発生期間における漁獲の休止、養殖魚の出荷休止及び脱臭技術開発等の具体的な対策に役立てようとするものである。

### 調査方法

茨城県内水面水産試験場の研究栈橋（図1）に1定点を設け、1991年4月から1992年3月にかけて、毎週1回、臭気調査及び水質調査を行った。

臭気調査としては、水温、DO、pH、透明度、クロロフィルa量、クロロフィルa%の測定、植物プランクトンの同定・計数、試水中のカビ臭官能検査を行った。DOに関しては飽和度、植物プランクトンに関しては属多様性指数（Margalef, 1958）を算出した。また、官能検査はシェッフエの対比較法（川北他, 1975）により行った。すなわち、カビ臭物質である2-メチルイソボルネオール（2-MIB）の0ppt, 10ppt, 100ppt, 1000pptの各水溶液を用意し、これらと試水との間でカビ臭強度の比較を行い、試水がカビ臭を呈さない場合は0.0~10ppt（0pptと10pptの間に入る）の場合は+1, 10~100pptの場合は+2, 100~1000pptの場合は+3とした。

水質調査としては、塩素量、COD、SS、栄養塩類、電気伝導度の分析、動物プランクトンの同定・計数を行った。栄養塩類の分析は常法により行い、動物プランクトンに関しては植物プランクトンと同様に属多様性指数を算出した。

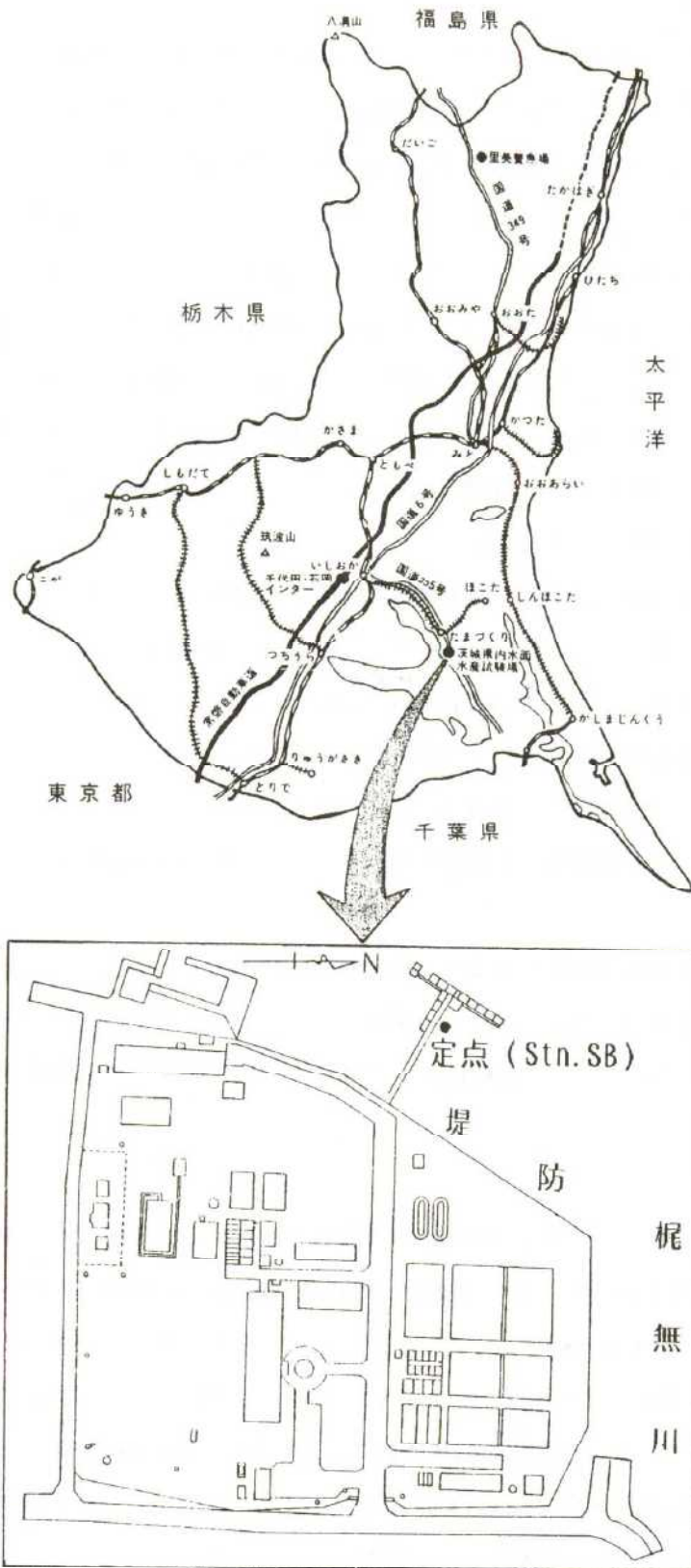


図1. カビ臭予察調査定点

## 結 果

カビ臭を含む異臭を産生する植物プランクトンは、藍藻類、珪藻類、黄藻類、鞭毛藻類の広範囲にわたっている（八木，1989）。ここでは、霞ヶ浦に優占して発生する藍藻類の*Oscillatoria*、*Phormidium*、珪藻類の*Synedra*に着目し、それらの群体数または細胞数の季節変化を調べた。

*Oscillatoria*は、調査を開始した1991年4月上旬から7月中旬までは多少の変動はあるものの100colonies/mlから3100colonies/mlへ指数的に増殖したが、10月上旬までは0~2000colonies/mlの間を激しく変動した。その後は徐々に減少し始め、12月下旬以降は100colonies/ml以下のまま推移した（図2）。

*Phormidium*は、4月上旬から下旬にかけて4600colonies/mlから43400colonies/mlへ一気に増殖したが、その後は急激に減少し、5月上旬から7月中旬までは2000colonies/ml以下の状態で推移した。その後、7月下旬から9月上旬にかけて4000~6000colonies/mlの高位安定の状態を維持したが、9月以降は1000colonies/ml以下のまま推移した（図3）。

*Synedra*は、4月上旬から6月中旬までは5500cells/mlから32500cells/mlの間を激しく変動したが、その後7月中旬まで漸進的に減少し、7月下旬以降12月下旬までは1000cells/ml以下の状態で推移した。1月に入ると徐々に増加し始め、3月下旬には8100cells/mlにまで達した（図4）。

次にカビ臭強度の季節変化を見ると、4月上旬から5月中旬にかけて、7月上旬から9月上旬にかけてカビ臭が感じられた。このうち、4月下旬には+2（かなり臭う）、7月下旬には+1（僅かに臭う）を示した（図5）。カビ臭強度の季節変化のパターンは、*Phormidium*群体数のそれとよく対応していた。

植物プランクトンの属多様性指数を見ると、*Phormidium*が増加した4月上旬から下旬、7月下旬から9月上旬にかけて、指数は減少傾向にあった（図6）。しかし、年間を通した全体の基調は、夏・秋季に高く、冬・春季に低い傾向にあり、*Phormidium*群体数との間に顕著な相関関係は認められなかった。

## 考 察

カビ臭強度の季節変化のパターンが*Phormidium*群体数のそれとよく対応していることが明らかになったので、両者の相関関係を調べた。カビ臭強度を横軸に、*Phormidium*群体数の対数を縦軸にとると、両者の関係は $\log Y = 0.92X + 2.78$  ( $r = 0.99$ ) という式で表すことができる（図7）。通常の間人がカビ臭を感ずることのできる限界の強度（閾値）は、+1（僅かに臭う）であることが経験的に知られているので（川北他，1975）、このときの*Phormidium*群体数は上式から約5000colonies/mlということになる。

今回の調査で*Phormidium*群体数が5000colonies/mlを上回った時期は、4月中旬から下旬、7月下旬から9月上旬にかけてであり、この時期のカビ臭強度は（0~+1）以上を示していた。これら2つの時期には、網生簀養殖ゴイや一般漁業の漁獲物からカビ臭を主とする異臭味が検出されており、今回行ったような毎週1回の植物プランクトン調査、官能検査は、水産物中のカビ臭をいち早く予察するのに有効であると推察された。



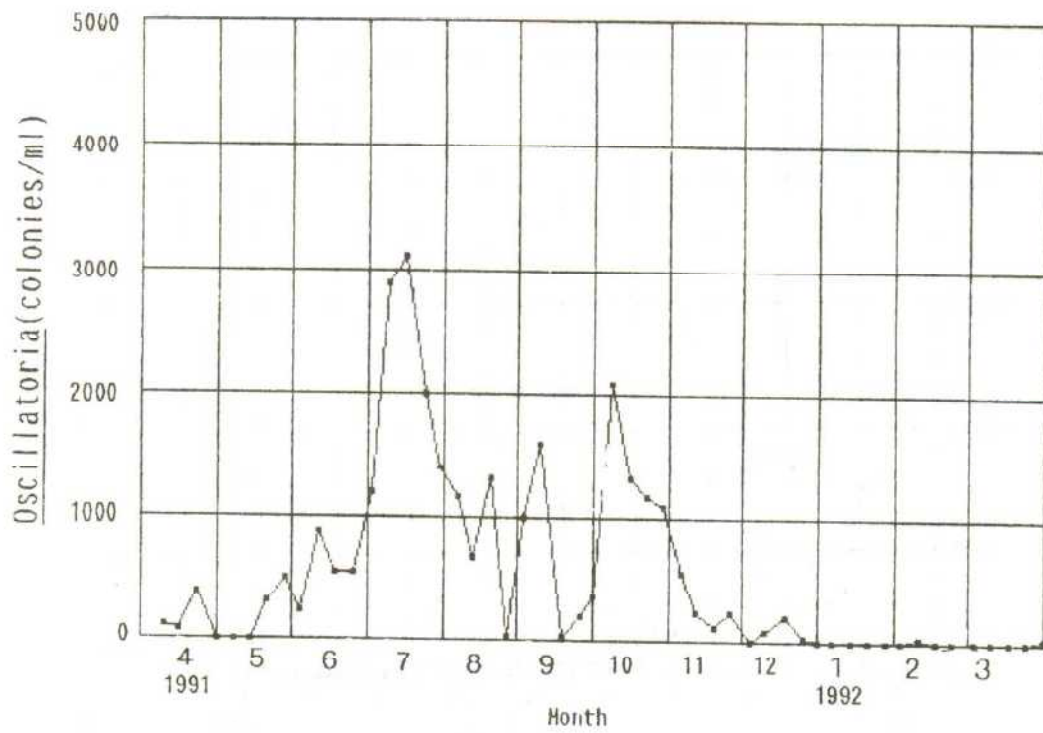


図2. 研究栈橋における*Oscillatoria*群体数の季節変化

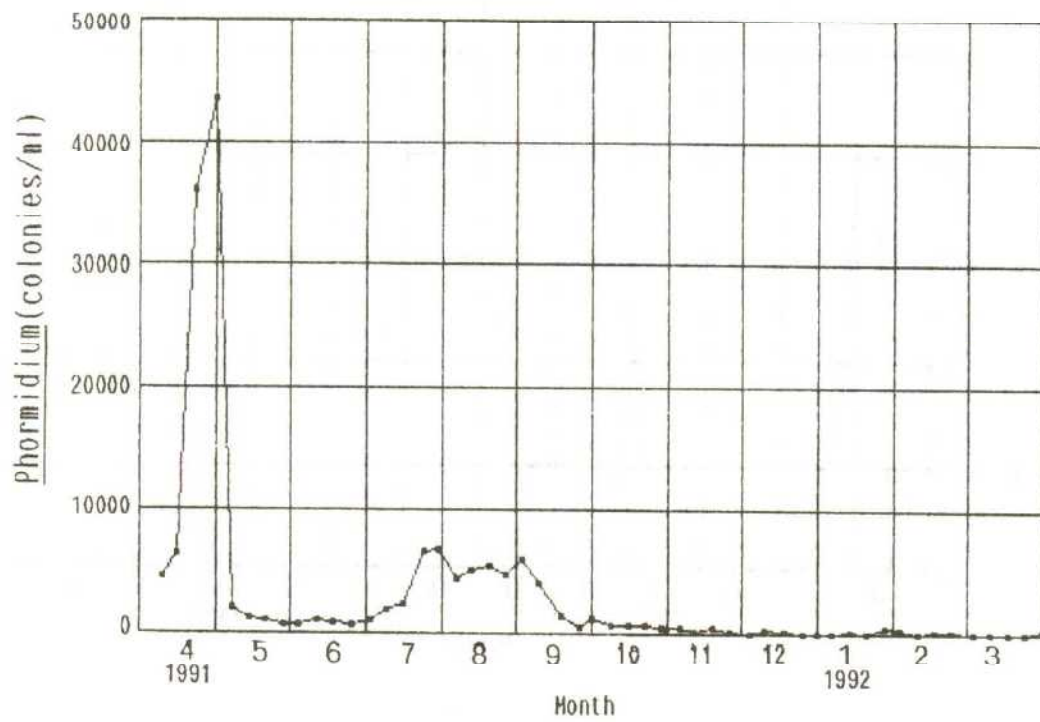


図3. 研究栈橋における*Phormidium*群体数の季節変化

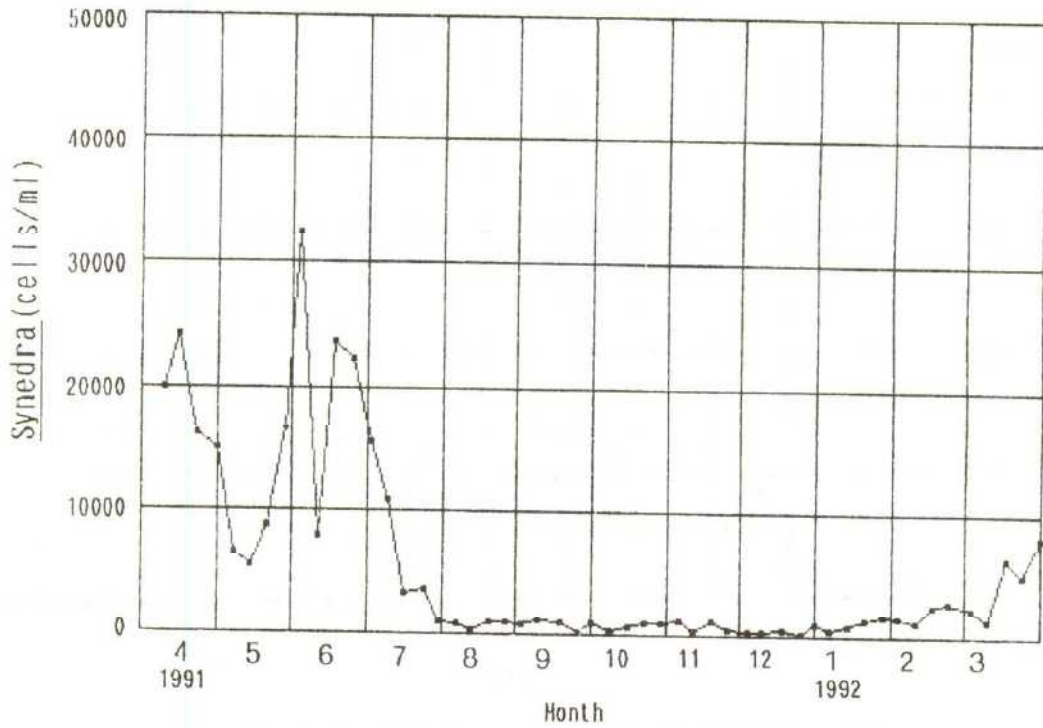


図4. 研究棧橋におけるSynedra細胞数の季節変化

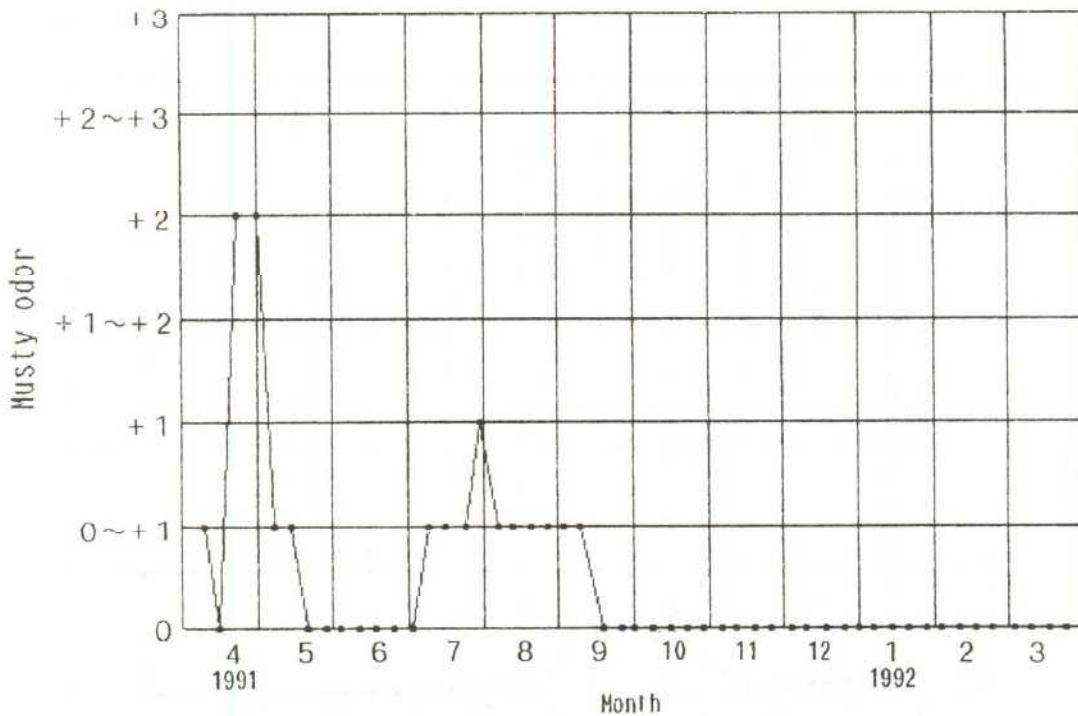


図5. 研究棧橋におけるカビ臭の季節変化 (0 ; 臭わない, +1 ; 僅かに臭う, +2 ; かなり臭う, +3 ; 非常に臭う)

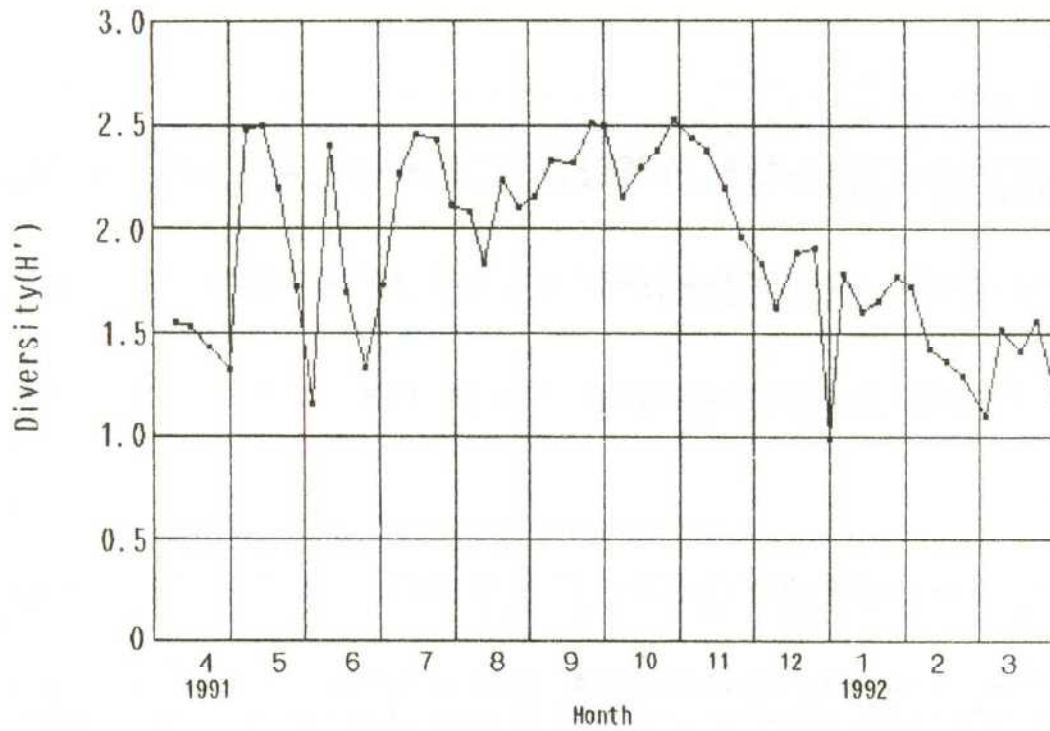


図6. 研究栈橋における植物プランクトン属多様性指数の季節変化

注)  $Div.(H') = -\sum_{i=1}^S P_i \cdot \log_e P_i$  ただし  $P_i = \frac{N_i}{N_{total}}$

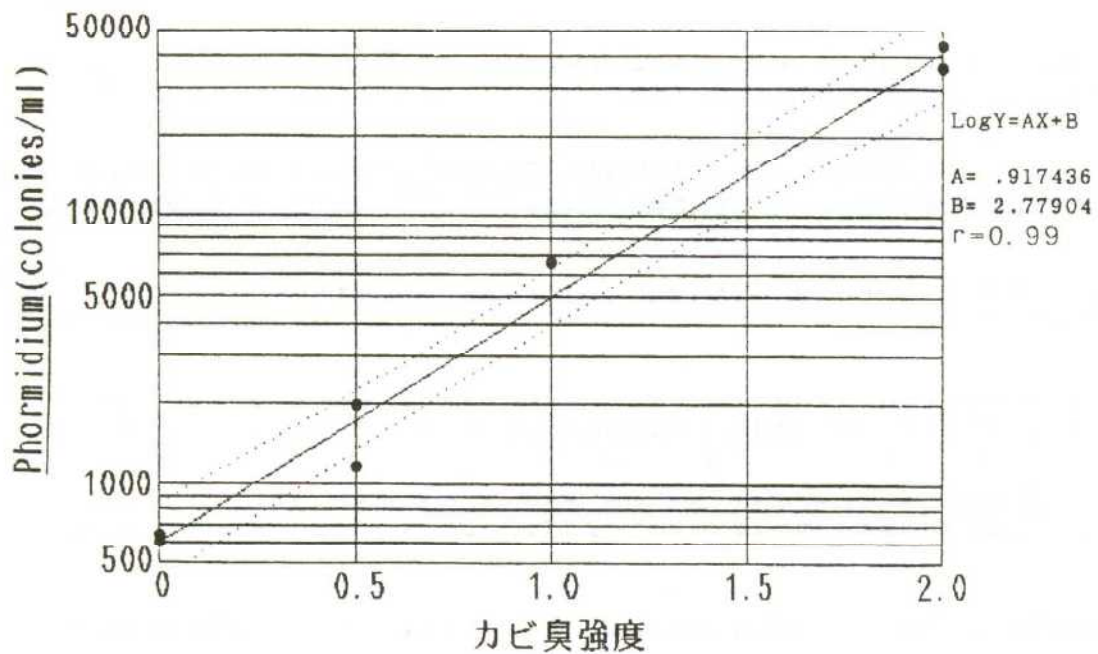


図7. 試水中のカビ臭強度と *Phormidium* 群体数との関係  
(0 ; 臭わない, 1.0 ; 僅かに臭う, 2.0 ; かなり臭う)



表 1. 臭気調査結果 (内水面水産試験場研究棧橋)

年月日	天候	風向・風力	水温		D.O	D.O %	pH	透明度	CHL.A	CHL.AX	植物pl.Dv	Oscillatoria	Phormidium	Synedra	批臭
1992. 4. 9	BC	S,1	17.3	18.5	12.8	185.46	9.2	0.70	68.98	96.19	1.55	120	4560	20000	0~+1
4.15	C	NE,1	14.3	14.0	10.3	140.78	8.8	0.80	65.18	88.78	1.53	80	6280	24160	0
4.22	B	S,2	17.9	19.4	13.3	194.87	9.3	0.80	83.85	90.91	1.43	400	36040	16120	+2
4.30	B	N,3	18.0	12.0	12.0	176.15	9.2	0.55	82.78	91.57	1.32	0	43440	15080	+2
5. 7	BC	S,1	20.4	11.5	17.6	26.26	9.2	0.70	28.74	89.04	2.48	0	1960	6720	0~+1
5.13	BC	CalM	21.2	8.7	13.5	21.2	8.7	0.80	36.40	83.20	2.50	0	1160	5480	0~+1
5.20	BC	NE,3	21.1	6.8	10.5	50	7.4	0.70	52.56	77.09	2.19	320	1080	8880	0
5.27	R	NE,5	19.8	6.1	9.2	51	7.3	0.75	72.46	86.43	1.72	520	60	16720	0
6. 3	C	NE,3	19.9	6.9	10.4	83	7.6	0.70	50.43	78.24	1.16	240	640	32520	0
6.10	C	SW,5	23.4	6.9	11.1	30	8.6	0.70	33.97	86.11	2.40	880	960	8040	0
6.17	BC	S,2	25.5	8.4	14.0	26	8.9	0.70	59.18	99.55	1.69	560	860	23600	0
6.24	R	CalM	23.0	6.3	10.0	95	7.4	0.85	100.24	90.16	1.33	560	60	23220	0
7. 2	C	NE,4	25.3	7.2	11.8	83	8.0	0.55	92.32	91.80	1.73	1200	920	15480	0
7. 8	BC	SW,5	26.2	9.9	16.7	19	8.7	0.30	99.40	93.32	2.26	2880	1840	10880	0~+1
7.15	BC	S,2	28.1	9.7	16.3	55	8.9	0.80	118.01	86.98	2.46	3120	2340	3360	0~+1
7.23	BC	CalM	30.4	14.8	26.7	47	9.3	0.55	154.38	91.43	2.43	2000	6560	3640	0~+1
7.29	BC	NE,3	31.2	9.8	17.9	45	9.2	0.85	83.43	93.85	2.11	1400	6640	1000	+1
8. 6	B	NE,2	26.2	4.7	7.9	37	6.9	0.80	77.83	81.50	2.08	1160	4320	760	0~+1
8.12	BC	CalM	29.0	8.6	15.1	94	8.0	0.85	51.40	90.54	1.84	680	5040	320	0~+1
8.19	BC	NE,3	28.4	9.3	15.7	56	8.0	0.30	98.20	92.37	2.23	1320	5320	1040	0~+1
8.26	BC	S,1	27.6	9.8	16.9	28	8.8	0.80	78.99	92.80	2.10	40	460	1040	0~+1
9. 2	BC	NE,2	27.7	8.7	15.0	52	7.6	0.50	93.18	85.51	2.15	1000	5840	860	0~+1
9. 8	C	NE,6	26.6	5.0	8.4	99	6.2	0.80	50.86	74.35	2.32	1800	4040	1120	0~+1
9.18	C	NE,3	23.4	4.3	6.9	36	6.0	0.45	40.24	78.57	2.31	40	1320	960	0
9.25	BC	NE,3	22.5	5.9	9.3	75	6.6	0.85	19.92	91.43	2.51	200	460	200	0
9.30	R	CalM	22.3	6.0	9.5	02	6.4	0.30	41.72	85.71	2.50	360	1240	1040	0
10. 7	R	N,2	20.7	7.1	10.9	39	7.4	0.55	63.86	86.30	2.15	2080	720	400	0
10.15	BC	CalM	19.1	9.2	13.7	79	7.4	0.50	43.20	92.86	2.29	1320	60	680	0
10.21	BC	CalM	18.6	7.9	11.7	25	6.9	0.85	28.70	90.42	2.38	1160	720	920	0
10.28	C	NE,2	17.2	7.4	10.7	02	7.4	0.80	31.21	80.82	2.53	1080	560	1080	0
11. 5	BC	CalM	16.2	8.9	12.6	29	7.1	0.80	194.46	93.04	2.44	560	520	1160	0
11.11	BC	CalM	15.4	10.1	14.1	10	7.6	0.85	37.01	95.82	2.38	240	20	400	0
11.18	BC	N,1	13.3	10.3	13.7	83	7.8	0.75	68.77	96.28	2.19	120	560	1200	0
11.25	B	NE,1	12.4	10.9	14.3	25	8.7	0.65	67.68	92.67	1.96	240	160	440	0
12. 3	BC	CalM	12.5	13.1	7.2	52	9.2	0.80	68.59	99.36	1.84	0	80	400	0
12. 9	BC	NE,1	11.3	11.5	14.7	61	8.8	0.95	64.23	100.00	1.62	80	280	320	0
12.17	BC	CalM	9.3	12.4	15.2	24	8.9	1.00	56.18	93.85	1.89	200	120	440	0
12.24	F	CalM	9.6	10.6	13.1	03	8.4	0.95	28.88	100.00	1.81	40	80	200	0
12.30	BC	NW,4	5.2	11.4	26.8	33	8.6	0.80	42.95	92.93	0.98	0	80	1040	0
1992. 1. 6	R	N,1	6.5	10.8	24.15		6.6	1.10	18.18	86.41	1.78	0	80	560	0
1.13	BC	CalM	6.5	10.6	21.85		6.6	1.00	19.28	100.00	1.60	0	120	880	0
1.20	B	CalM	5.7	11.8	33.02		7.6	0.70	17.02	79.97	1.65	0	80	1360	0
1.27	BC	S,1	7.0	10.9	26.82		7.4	1.20	10.39	75.80	1.78	0	520	1720	0
2. 3	BC	S,2	5.1	12.8	42.17		7.2	1.00	17.41	81.67	1.72	0	280	1440	0
2.10	BC	S,1	6.5	12.2	40.25		7.2	1.50	16.39	100.00	1.42	40	80	1160	0
2.17	BC	CalM	7.8	12.8	35.17		8.4	0.65	36.05	82.33	1.36	0	120	2440	0
2.23	BC	S,3	6.7	11.8	36.31		8.4	0.60	35.60	89.67	1.28	0	120	2760	0
3. 2	BC	CalM	8.9	12.2	48.42		8.4	0.60	19.73	97.12	1.10	0	0	2320	0
3. 9	BC	CalM	10.3	11.4	44.15		8.2	1.05	22.32	97.75	1.52	0	40	1280	0
3.16	R	CalM	11.1	11.3	44.41		8.0	0.80	38.91	90.06	1.41	0	0	6320	0
3.23	C	N,1	8.1	11.8	44.21		8.3	0.60	31.92	88.12	1.56	0	80	5000	0
3.30	BC	N,2	10.9	12.4	45.77		9.0	0.55	61.61	94.69	1.20	40	280	8120	0
最大値			31.2	14.8	26.747		9.3	1.30	194.43	100.00	2.53	3120	43440	32520	-
最小値			5.1	4.3	6.936		6.0	0.45	10.33	74.35	0.98	0	0	200	-
平均値			17.223077	9.7557692	13.803923		8.0134615	0.7163462	57.218077	90.143654	1.8903846	536.153846154	2883.8462	5487.8923	-
標準偏差			7.6854161	2.5087151	3.106731		0.9135789	0.1903239	35.400184	6.476792	0.4387481	744.880356542	7645.416	7689.2294	-
変動係数			44.622782	25.694694	23.983586		11.400553	26.588706	61.868706	7.1849673	23.109459	138.830339087	258.22688	140.11772	-

(注) O ; 臭に異う, +2 ; かなり臭う, +3 ; 非常に臭う



表2. 水質調查結果 (內水面水產試驗場研究棧橋)

年月日	Cl(ppm)	COD(ppm)	SS(ppm)	NH4-N(ppm)	NO2-3(ppm)	P04-P(ppm)	K-N(ppm)	T-P(ppm)	N02-N(ppm)	T-N(ppm)	EC(μM/cm)	動物P.L	Dy	Rotatoria	Crustacea
1991. 4. 9	-	-	-	0.09	0.80	0.09	0.49	0.048	0.02	1.29	-	0.80	3200	149600	
4. 15	-	-	-	0.05	0.43	0.01	0.01	0.087	0.02	2.47	-	0.68	1600	162400	
4. 22	-	-	-	0.03	0.01	0.02	2.03	0.124	0.01	2.46	-	0.80	0	52800	
4. 30	-	-	-	0.03	0.01	0.04	1.16	0.110	0	1.17	-	0.83	400	71600	
5. 7	-	-	-	0.02	0.01	0.05	1.29	0.073	0	1.30	-	0.74	800	74400	
5. 13	-	-	-	0.02	0.01	0.01	1.03	0.071	0	1.04	-	0.83	2000	50800	
5. 20	-	-	-	0.03	0.01	0.07	1.09	0.082	0	1.10	-	0.84	2800	46800	
5. 27	-	-	-	0.04	0.03	0.08	0.95	0.080	0	0.98	-	1.10	3800	36000	
6. 3	-	-	-	0.03	0.03	0.08	0.68	0.082	0.01	0.71	-	0.86	0	34400	
6. 10	-	-	-	0.04	0.01	0.02	0.69	0.073	0	0.70	-	1.26	1200	6800	
6. 17	-	-	-	0.01	0	0.06	0.86	0.090	0	0.86	-	1.33	400	2000	
6. 24	-	-	-	0.04	0.02	0.09	0.92	0.096	0.01	0.94	-	1.27	0	71200	
7. 2	-	-	-	0.08	0.10	0.08	0.96	0.121	0.01	1.06	-	1.26	0	72400	
7. 8	-	-	-	0.06	0.07	0.09	0.94	0.096	0.01	1.01	-	1.15	0	219200	
7. 15	-	-	-	0.18	0.04	0.08	1.62	0.127	0.01	1.66	-	1.21	0	275200	
7. 23	-	-	-	0.04	0.01	0.06	1.34	0.203	0	1.35	-	1.32	5600	279200	
7. 29	-	-	-	0.07	0.02	0.03	1.57	0.160	0.01	1.59	-	1.38	800	475200	
8. 6	-	-	-	0.01	0.04	0.05	1.49	0.172	0.01	1.52	-	1.41	157600	212000	
8. 12	-	-	-	0.02	0.07	0.06	1.51	0.186	0.02	1.58	-	1.05	344000	120800	
8. 19	-	-	-	0.04	0.06	0.06	1.42	0.169	0.01	1.48	-	1.82	54400	144800	
8. 26	-	-	-	0.05	0.20	0.05	1.47	0.184	0.02	1.67	-	1.60	436800	322400	
9. 2	-	-	-	0.04	0.10	0.08	2.95	0.471	0.02	3.05	-	2.04	78400	222400	
9. 9	-	-	-	0.51	0.14	0.06	1.62	0.180	0.01	1.76	-	1.76	131200	265600	
9. 16	-	-	-	0.61	1.01	0.08	2.44	0.193	0.51	3.45	-	1.63	17600	246400	
9. 25	-	-	-	0.06	2.49	0.05	0.76	0.104	0.10	3.25	-	1.72	11200	68800	
9. 30	-	-	-	0.07	0.15	0.05	0.92	0.105	0.07	3.11	-	1.88	17600	82400	
10. 7	-	-	-	0.14	1.37	0.06	0.84	0.098	0.09	2.71	168	1.39	22400	368800	
10. 15	4.0	-	-	0.02	2.07	0.02	1.00	0.127	0.08	3.07	169	1.69	33600	128800	
10. 21	5.2	-	-	0.09	2.38	0.05	1.28	0.085	0.13	3.66	148	1.51	6400	109600	
10. 28	5.2	-	-	0.19	2.21	0.07	1.01	0.087	0.09	3.22	173	1.71	20000	106800	
11. 5	17.8	-	-	0.15	2.92	0.04	0.69	0.078	0.08	3.51	173	1.98	102400	100800	
11. 11	16.0	3.5	-	0.13	2.68	0.03	0.89	0.080	0.09	3.57	169	1.73	68800	136800	
11. 18	20.5	6.5	-	0.12	2.25	0.01	0.86	0.077	0.08	3.11	174	1.56	30400	162400	
11. 25	18.2	6.4	20.0	0.08	2.10	0.07	1.12	0.090	0.08	3.42	182	1.74	79200	150400	
12. 3	19.3	5.8	19.3	0.08	2.31	0.10	0.56	0.066	0.06	2.87	181	1.81	48800	53600	
12. 9	15.0	5.9	20.4	0.03	2.01	0.02	0.67	0.050	0.07	2.68	182	1.67	42400	180000	
12. 17	20.6	5.1	13.8	0.03	2.99	0.02	0.88	0.065	0	2.77	184	1.58	13600	40800	
12. 24	28.6	4.5	13.7	0.08	3.48	0.06	0.82	0.068	0.05	4.30	231	1.14	12800	207200	
12. 30	-	4.5	20.6	0.10	3.33	0.06	1.07	0.073	0.05	3.43	178	1.24	20800	76800	
1992. 1. 6	-	4.2	11.6	0.12	1.83	0.07	1.17	0.071	0.04	3.44	203	1.01	7200	170400	
1. 13	21.7	4.4	11.0	0.10	1.86	0.10	1.23	0.078	0.03	3.09	194	1.81	41600	64000	
1. 20	22.0	4.6	15.6	0.06	2.01	0.03	1.45	0.044	0.01	3.46	203	1.96	56800	71200	
1. 27	24.9	3.6	8.2	0.08	1.14	0.02	1.78	0.090	0.02	2.92	208	1.70	22400	73600	
2. 3	23.7	3.6	11.7	0.10	1.10	0.03	1.50	0.088	0.02	2.60	201	1.29	32000	274400	
2. 10	26.5	3.5	8.6	0.02	1.03	0.02	1.02	0.042	0.01	2.05	206	1.58	10400	34400	
2. 17	24.3	4.9	19.8	0.02	1.37	0.03	0.52	0.034	0.02	1.89	204	1.43	16800	103200	
2. 23	24.8	6.2	30.7	0.03	1.50	0.03	1.11	0.033	0.01	2.22	222	1.59	28000	105600	
3. 2	24.1	4.1	10.4	0.05	0.80	0.03	0.87	0.079	0.01	1.77	222	1.33	16800	151200	
3. 9	25.0	4.5	9.4	0.05	0.82	0.01	0.96	0.057	0.01	1.88	226	1.62	11200	40000	
3. 16	26.9	5.6	18.3	0.04	0.81	0.01	0.89	0.068	0.01	1.70	225	1.32	33600	204000	
3. 23	27.6	6.3	15.4	0.06	1.16	0.03	1.08	0.063	0.02	2.24	211	1.43	32000	148800	
3. 30	28.9	5.4	41.8	0.06	1.38	0.02	1.07	0.048	0.02	2.45	213	1.45	67200	204000	
最大値	28.9	6.5	41.8	0.61	3.48	0.08	2.95	0.471	0.51	4.30	231	2.04	436800	475200	
最小値	15.0	3.5	8.2	0.01	0.01	0.01	0.49	0.033	0	0.70	148	0.68	0	2000	
平均値	22.609524	4.856	17.121053	0.0830769	1.0926923	0.0184408	1.1611538	0.1626154	0.04	2.2496154	194.30769	1.4028846	41353.846	138561.54	
標準偏差	0.146049	0.8423715	8.0039845	0.104799	1.0379123	0.0254796	0.4716161	0.0668831	0.0738502	0.8534895	21.917273	0.3554106	78016.612	78669.435	
變動係數	17.756256	19.406332	46.749371	126.147	94.986596	137.87.01	40.61616	65.178455	184.6254	42.384555	11.279673	25.33427	188.65624	70.488128	



## 要 約

茨城県内水面水産試験場の研究棧橋において、1991年4月から1992年3月にかけて毎週1回臭気調査及び水質調査を行い、以下の知見を得た。

1. *Phormidium*は、4月上旬から下旬、7月下旬から9月上旬にかけて、5000colonis/ml以上出現していた。
2. 試水中のカビ臭は、4月上旬から5月中旬、7月上旬から9月上旬にかけて感じられた。
3. カビ臭強度の季節変化のパターンは、*Phormidium*群体数のそれとよく対応していることが明らかになった。
4. *Phormidium*群体数が5000colonies/ml以上になると、試水中のカビ臭が感じられることが明らかになった。
5. 毎週1回のプランクトン調査、官能検査は、水産物中のカビ臭を予察するのに有効であると推察された。

## 文 献

- 川北兵蔵・山田光江（1975）食品の官能検査（食品検査シリーズ5）．58-68.東京，医歯薬出版，152pp.
- Margalef,D.R. (1958) Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. In *Perspectives in Marine Biology*. Ed.A.A.Buzzati-Traverso,University California Press, Berkeley, 323-349.
- 八木正一（1989）植物性プランクトンによる異臭の実態．用水と廃水，31(10),3-12.