

宮城県沿岸部における下痢性貝毒の毒化予知に関する評価

星合愿一*¹・鈴木敏之*²・五十嵐輝夫*³・山崎誠*⁴

Prediction of diarrhetic shellfish toxins by
Several factors in the coast of Miyagi prefecture, northern Japan

Gen-ichi HOSHIAI*¹, Tosiya SUZUKI*², Teruo Igarashi*³ and Makoto YAMASAKI*⁴

Abstract: *Dinophysis fortii* is a toxic dinoflagellate which annually causes the contamination of bivalves with diarrhetic shellfish poisoning (DSP) toxins along the coast of the Miyagi Prefecture, and a better knowledge of its ecology is necessary to develop improved techniques to predict these events. Several sets of data collected from the coastal area of Miyagi Prefecture between 1978 and 1997 were analyzed to examine: (1) the relationship between the appearance of *D. fortii* and *D. acuminata*; (2) the relationship between the appearance of *D. fortii* and the larvae of the scallop *Patinopecten yessoensis* and; (3) the relationship between changes in circulation of the Oyashio current and the appearance of *D. fortii*. These data show that the high toxicity in bivalves coincided well with changes in sea water temperatures, with DSP events being more frequent during cold water temperature periods. In addition to long term changes in sea water temperature, annual changes in the trend of the Oyashio current also affected the timing of DSP events. These results suggest that to predict the appearance of *D. fortii* and occurrence of DSP contamination, detailed knowledge of the particular environmental and geographical conditions within each harvesting area are required.

キーワード：下痢性貝毒, *Dinophysis fortii*, *D. acuminata*, 毒化予知, 気仙沼湾

下痢性貝毒の発生要因として *Dinophysis fortii* の関与が解明されて以来¹⁾, 二枚貝増養殖の計画的な安全出荷対策のためにその毒化予知手法の確立が強く要請されてきた。このため, 多くの関連機関により調査研究が進められてきたにも拘わらず, 増養殖現場の要請に耐えられるような予知手法の確立にはいまだに至っていない。

宮城県では気仙沼水産試験場を中心に本課題に取り組む, 気仙沼湾の *Dinophysis* 属の出現や貝毒発生時期の目安として, 珪藻類のブルーミングの終息²⁾, *D. fortii* に先行して出現する *D. acuminata* の動向^{2, 3)}, *D. fortii* と同時的な出現傾向にあるホタテガイ幼生の動向³⁾ などが当初から注目されてきた。また, これらに加え親潮勢力を指標とした毒化予知も試みられてきた⁴⁾。なお, これらの中で珪藻類のブルーミング終息後の *Dinophysis* 属の出現は, 気仙沼湾に限らず他の海域でも一般的な現象

として認められている²⁾。

本報では, 気仙沼水産試験場で当初から取り組まれてきた結果に, 近年の調査結果や周辺海域の漁海況などの諸情報を加え, 1978~1997年度の結果をあらためて整理検討し, 宮城県沿岸部における毒化予知研究の現状と問題点を整理したので報告する。

方 法

気仙沼水産試験場では気仙沼湾の湾口部の岩井崎を貝毒モニタリングステーションとして定期的な調査を続けてきた(図1)。これらの一連の調査資料から, 先述した *D. acuminata* と *D. fortii* 出現時期の関係, *D. fortii* とホタテガイ幼生の出現関係および親潮勢力の動向と毒化時期の関係について以下のような整理を試みた。

D. acuminata と *D. fortii* 出現時期の関係については

*¹水産加工研究所, *²水産総合研究センター東北水産研究所, *³漁港漁場整備課,
*⁴水産総合研究センター中央水産研究所

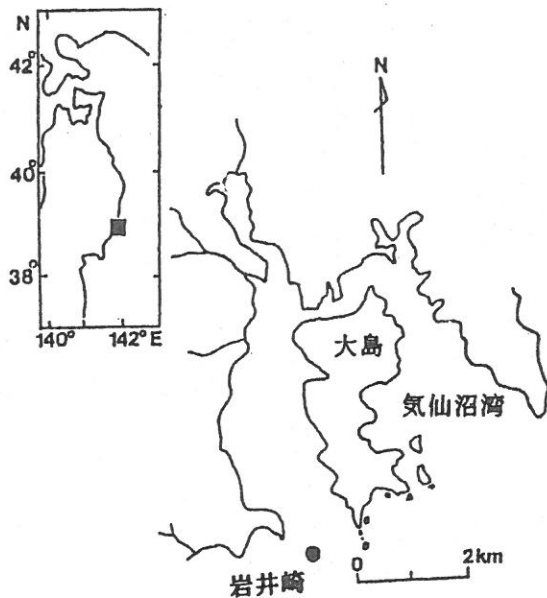


図1 宮城県気仙沼湾の岩井崎貝毒監視地点

*D. fortii*の前駆プランクトンとして*D. acuminata*をあげている県が多く²⁾、気仙沼湾では両種の出現時期のタイムラグは20日前後である傾向が指摘されていた³⁾。そこで、両種の出現時期の関係を*D. fortii*は貝類を毒化させるに十分な20細胞/ℓ以上に³⁾、*D. acuminata*は10細胞/ℓ以上に増加した時期で比較し、出現時期のタイムラグが20±10日を白丸、30日以上ないしは出現時期の逆転を黒丸、時期の一致から9日以内を三角に区分した星取り表を作成した。

*D. fortii*とホタテガイ幼生の出現関係については、気仙沼水試が実施しているホタテガイ幼生の分布調査結果から、*D. fortii*とホタテガイ幼生の出現時期がほぼ一致ないしは*D. fortii*が僅かに先行して出現することも注目された⁴⁾。この両種の関係は、両種が最初に1個体でも観察された時期で比較し、出現時期の一致ないしは*D. fortii*が先行の1週間以内のタイムラグを白丸、ホタテガイ先行の1週間以内のタイムラグを三角、両種の出現の順序に関係なく、1週間以上のタイムラグは黒丸に区分して星取り表を作成した。

親潮勢力の動向と毒化時期の関係については、親潮100m層における5℃の最南端緯度を指標として間接的に把握し、貝毒発生時期との関連が検討され、気仙沼湾口から親潮南端までの距離と貝毒発生時期の関係が図2に示した一次式として提案されている⁵⁾。この予察の一次式に対する適合度も、適合を白丸に不適合を黒丸に区分し星取り表を作成した。

以上の諸関連情報の整理に加え、岩井崎の*D. fortii*の出現細胞数やムラサキガイの毒量と出荷規制期間など

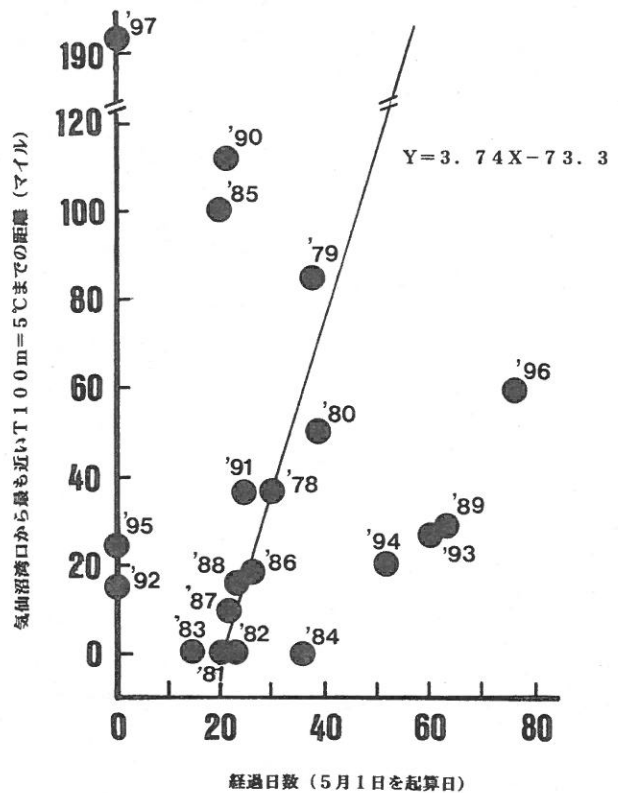


図2 気仙沼湾の二枚貝の毒化時期と4月における気仙沼湾口から最も近い親潮 (T100m=5℃) までの距離の関係 (五十嵐ら1984に加筆)

も加え、それぞれについての星取り表も整理した。なお、*D. fortii*の最大出現細胞数は500細胞/ℓ以上を白丸、100細胞/ℓ以下を黒丸、中間を三角に区分し、平均細胞数についても300細胞/ℓと100細胞/ℓを基準に同様の区分を試みた。ムラサキガイの毒量は中腸腺1g当たり0.5MU以上の出現日については100日以上を白丸、50日以下を黒丸、その中間を三角に区分し、最高毒量は1MUを基準にそれ以上を白丸、以下を黒丸に区分した。出荷規制期間はムラサキガイの毒量の区分同様に100日と50日を基準に区分した。さらに、三陸沿岸域の親潮第一分枝の動向や周辺海域における漁海況などの長期変動と貝毒発生との関係を検討するために、第二管区海上保安部海洋速報の資料や既報の知見⁶⁻⁷⁻⁸⁾も参考にした。

結果および考察

*D. acuminata*と*D. fortii*出現時期の関係：気仙沼湾の1980年度以降の両種の出現時期の関係を表1に示した。両種の出現時期のタイムラグは調査年度の前半は概ね30日以内で、*D. acuminata*が*D. fortii*に先行していたが、後半にはそのタイムラグが広がり、1992年度と1995年度

には出現時期が逆転しており、1997年度の*D. fortii*の出現は僅かに20細胞/ℓ以下で終息した。

*D. fortii*とホタテガイ幼生の出現関係：1987と1988年度の白丸、1993年度の黒丸の3年分の事例を表2に示したが、1984～1997年度度の全体の傾向は表3の予知指標のBに示した。これらの両種の間関係においても前項同様に調査年度後半のタイムラグが近年目立っている。

親潮勢力の動向と毒化時期：宮城県沖では*Dinophysis*属の出現や貝毒の発生に影響を与える津軽暖流とそれに連なる沿岸南下流の状況を、水温や塩分などの海洋観測結果から直接捕らえることが難しい。そのため五十嵐ら⁹⁾は先述した方法で1978～1983年度について検討した結果、4月時点の親潮の最南端が気仙沼湾に接岸すればするほど毒化時期が早まる傾向を見いだした。その上で、気仙沼湾口から親潮南端までの距離と貝毒発生時期の関係から図2に示したような予察の一次式を提案した。予察式提案以降の1984～1997年度についても両者の関係のプロットを試みたところ、1989年度以降は予察式に適合しないケースが殆どで、各年度の適合度については表3に示したとおりである。

気仙沼湾の二枚貝毒化状況と予知指標：上述した3項

の予知指標に岩井崎の*D. fortii*の出現細胞数、ムラサキガイの毒量と出荷規制期間も加え、それぞれの星取り結果も表3に示した。表を概観すると1984年度の例外を除き、1988～1989年度を境に黒丸や三角が優占する傾向が認められ、下痢性貝毒の発生状況に変化がみられる。また、岩井崎の*D. fortii*の100細胞以上の出現期間は1997年度までは3ヶ月前後であったが、1988年度以降は1.5ヶ月以下に短縮し、この1988年度を境に短縮傾向があり⁹⁾、以上の変化とも良く対応している。これらの変化は後述する宮城県牡鹿半島の周辺海域の漁海況ほかの一連の長周期的変動とも良く対応している。

三陸沿岸域の親潮第一分枝の動向と貝毒発生：1991と1992年度の*D. fortii*の出現数、ムラサキガイの貝毒量、自主規制期間を表4に、5月の親潮第一分枝の動向を図3に示した。1991年度は1992年度に比べ*D. fortii*の最大出現数が約16倍、平均出現数が約6倍、ムラサキガイの貝毒量も約10倍で、自主規制期間は1991年度が96日で1992年度は0日である。*D. fortii*の出現数が多く、毒量も高かった1991年の親潮分枝は岩手県中部海域付近までの小規模な南下に過ぎず離岸していた。いっぽう、*D. fortii*の出現が少なく自主規制も無かった1992年の親

表1 気仙沼湾の岩井崎定点の*D. acuminata*と*D. fortii*の出現時期の関係

調査年度	<i>D. acuminata</i> が10細胞/L以上になった時期と細胞数		毒化に充分な <i>D. fortii</i> が20細胞/L以上になった時期と細胞数		日数のずれ	
1980	5月23日	12	5月28日	58	5	△*
1981	4月13日	20	5月11日	44	28	○
1982	5月8日	19	5月20日	280	12	○
1983	4月19日	11	5月10日	213	22	○
1984	5月1日	29	5月28日	215	27	○
1985	5月20日	37	5月20日	49	0	△
1986	5月19日	186	5月19日	144	0	△
1987	4月30日	13	5月18日	174	18	○
1988	5月9日	16	5月16日	58	7	△
1989	5月1日	41	6月1日	129	30	●
1990	5月14日	25	5月14日	348	0	△
1991	4月22日	14	5月13日	62	21	○
1992	6月8日	11	6月1日	52	-7	●
1993	4月26日	43	6月14日	55	49	●
1994	5月31日	21	5月31日	71	0	△
1995	9月25日	12	6月12日	22	-105	●
1996	4月24日	23	6月17日	65	64	●
1997	4月21日	11	6月30日	(17)	(70)	●

**D. acuminata*が*D. fortii*より20日前後先行出現
(10～30日：○, 0～7日：△, -/30日<：●)

表2 気仙沼湾岩井崎定点における*D.fortii* (細胞/ℓ) とホタテガイ幼生 (個/ℓ) の出現状況例

1987			1988			1993		
月日	<i>D. fortii</i>	ホタテガイ	月日	<i>D. fortii</i>	ホタテガイ	月日	<i>D. fortii</i>	ホタテガイ
4/21	1	0	4/25	0	0	4/12	0	0
4/28	13	2	5/ 2	0	0	4/19	0	4
5/ 7	2	5	5/ 9	3	38	4/26	0	31
5/12	5	34	5/16	58	48	5/10	0	12
5/19	174	200	5/23	752	4	5/17	4	14
5/26	754	42	5/31	624	30	5/24	5	2
6/ 2	1552	206	6/ 6	1094	0	5/31	4	80
6/ 8	102	102				6/ 7	29	2
6/16	1138	0				6/14	55	7
						6/21	40	18
						6/28	360	4
						7/ 5	76	2
						7/12	34	0

(日数のずれ 7日)○* (日数のずれ 0日)○ (日数のずれ -28日)●

**D.fortii* とホタテガイ幼生同時出現ないしは*D.fortii* がやや先行
(0~7日:○, -7日≧:△, ±7日<:●)

表3 下痢性貝毒の毒化予知指標, *D.fortii* の出現数, 貝毒量および自主規制期間の星取り表

調査年度	予知指標			<i>D. fortii</i> 出現数 (細胞/L)		貝毒量 (MU/g・中腸腺)		自主規制期間 (日)*8
	A*1	B*2	C*3	最大個体数*4	平均個体数*5	0.5MU<(日)*6	最高毒量MU/g*7	
1978	---	--	○	2,040○	----	70△	5.0~6.3○	---
1979	---	--	○	565○	----	55△	4.0~5.0○	125○ ^{P→D}
1980	5△	--	○	849○	----	60△	3.3~5.0○	120○
1981	28○	--	○	1,763○	----	85△	6.0~8.0○	231○ ^{P→D}
1982	12○	--	○	15,310○	2,140○	95△	8.0~10.0○	133○
1983	22○	--	○	1,016○	324○	95△	2.0~3.0○	163○ ^{P→D}
1984	27○	27●	●	1,156○	432○	30●	1.0~2.0○	29●
1985	0△	-2△	●	2,944○	697○	95△	3.0~4.0○	124○
1986	0△	2○	○	2,376○	591○	100○	2.0~3.0○	166○
1987	18○	7○	○	1,552○	361○	100○	1.0~2.0○	121○
1988	7△	0○	○	1,488○	472○	75△	1.0~2.0○	114○
1989	31●	6○	●	266△	157△	11●	0.5~1.0●	27●
1990	0△	-6△	●	3,250○	1,065○	83△	3.0~4.0○	102○
1991	21○	6○	○	1,081○	310○	76△	2.0~3.0○	96△
1992	-7●	7○	●	65●	50●	N●	0.25~0.3●	N●
1993	49●	-28●	●	360△	88●	41●	0.5~1.0●	50●
1994	0△	-7△	●	253△	133△	41●	0.5~1.0●	56△
1995	-105●	-21●	●	30●	26●	N●	0.25>●	N●
1996	64●	-6△	●	75●	57●	19●	0.5~1.0●	20●
1997	(70)●	-77●	●	17●	N●	N●	0.25~0.3●	N●

*1: A *D.acuminata* と *D.fortii* の出現時期の関係 (*D.acuminata* が20日前後先行 10~30:○, 0~10:△, 30<・-:●)
 *2: B *D.fortii* とホタテガイ幼生の出現時期の関係 (同時出現の傾向ないしは*D.fortii* がやや先行 0~7:○, -7≧:△, ±7<:●)
 *3: C 毒化時期予察式 ($Y=3.47X-73.3$ Y:親潮分枝までのマイル X:5月1日を起算日とした毒化までの日数) の適合 (適合:○, 不適合:●)
 *4: *D.fortii* の最大出現量 (細胞/ℓ) (500<:○, 100~500:△, 100≧:●)
 *5: *D.fortii* の平均出現量 (20細胞/ℓ以上出現の個体数の積算をその回数で平均300<:○, 100~300:△, 100>:●)
 *6: ムラサキガイ貝毒量の0.5MU/g・中腸腺以上の出現日数 (100<:○, 50~100:△, 50≧:●)
 *7: ムラサキガイの貝毒最高毒量 (MU/g・中腸腺) (1.0<:○, 1.0>:●)
 *8: 出荷自主規制期間(日) (100<:○, 50~100:△, 50≧:●, P→D:麻痺性貝毒で規制し下痢性貝毒で解除)

潮分枝は、常磐沖まで南下し勢力が強く、そのうえ岩手県中部付近で接岸し、津軽暖流やそれに連なる沿岸南下流の南下を遮断するかのような動向を示していた。

また、1995と1996年度の貝毒発生状況と6～7月の親潮第一分枝の動向を表5と図4に示した。1995と1996年度の*D. fortii*の最大出現数はそれぞれ30細胞/lと75細胞/lで共に少なく、その年格差も1996年度は1995年度の約2倍と僅かであった。ムラサキイガイの毒量も両年度とも低く1995年度は毒化せず、1996年度の自主規制期間は20日と短期であった。1995年の親潮分枝の規模は1992年ほど大きくないが、岩手県中部海域以北で接岸傾向にあり津軽暖流系水の南下流も弱かった。1996年も親潮分枝の南下は弱かったが前年と異なり沖合に離岸しており、6月上旬～中旬と7月上旬～中旬に津軽暖流系水の南下流に対応した*D. fortii*の増加が岩井崎定点でも観察されている。このように*D. fortii*の出現量や貝毒発生状況の年格差が小さかった1995、1996年度の事例でも、

親潮分枝の三陸沿岸への接岸と離岸の動向が、本種の出現や貝毒発生に微妙に影響を与えていることが予想される。

なお、本事例は、次項で述べる宮城県牡鹿半島周辺海域の海況の長周期的変動を基に暖水期として区分された同一長周期内における、岩手県中部海域以北での親潮第一分枝の接岸・離岸の短期的変動が貝毒の発生にあたえる影響について推察したものである。また、先に親潮勢力の動向と毒化時期で触れたように、津軽暖流系水の宮城県沖までへの直接的な影響は捕らえられないことなどから、これらの短期的変動と宮城県牡鹿半島周辺海域の長周期的変動区分とは直接的に関連したものではない。

周辺海域における漁海況などの長期変動：児玉⁶⁾や児玉⁷⁾が宮城県牡鹿半島の金華山海域の気象・海況の長期変動と主要魚種の水揚量について整理した結果を図5に示した。児玉は金華山の北方約5海里に位置する江ノ島における4月の平均定地水温が8℃未満の年を冷水

表4 1991・1992年5月の気仙沼湾の*D. fortii*出現数、下痢性貝毒量および出荷自主規制期間

年度	<i>D. fortii</i> 出現数(細胞/L)		貝毒量(MU/g・中腸腺)		自主規制期間(日)
	最大出現数	平均出現数	0.5MU<(日)	最高毒量MU/g	
1991	1,081	310	76	2.0~3.0	96
1992	65	50	N	0.25~0.3	N

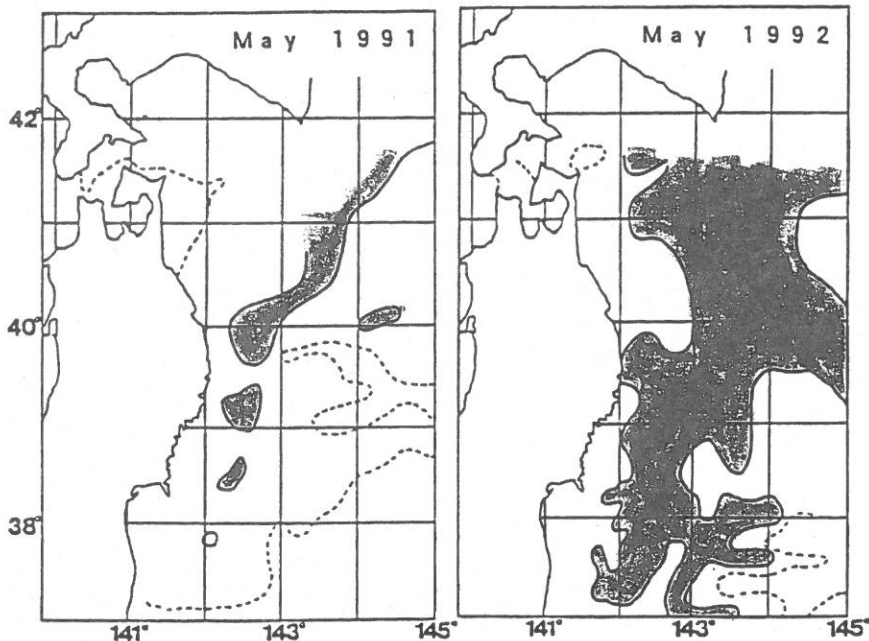
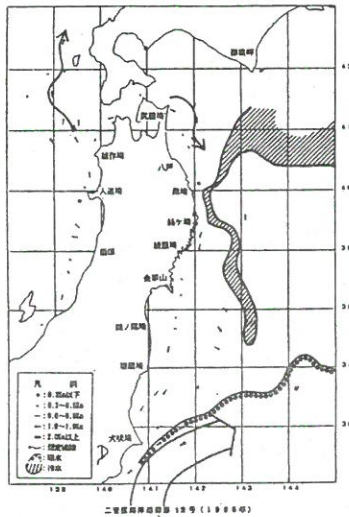


図3 1991・1992年5月の三陸沿岸域の親潮第一分枝 (T100m=5℃) の分布 (東北水研東北区漁場海況概報より)

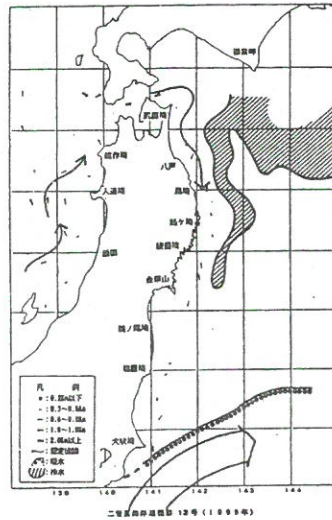
表5 1995・1996年6～7月の気仙沼湾の*D. fortii*出現数，下痢性貝毒量および出荷自主規制期間

年度	<i>D. fortii</i> 出現数(個/L)		貝毒量(MU/g・中腸腺)		自主規制期間(日)
	最大出現数	平均出現数	0.5MU<(日)	最高毒量MU/g	
1995	30	26	N	0.25>	N
1996	75	57	19	0.5~1.0	20

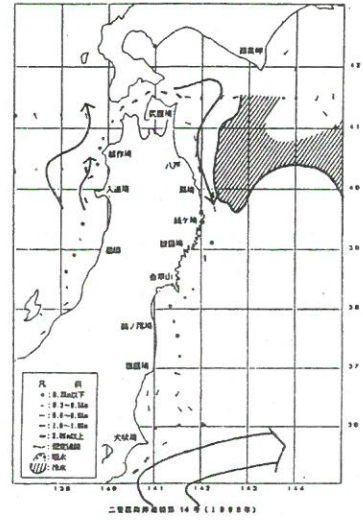
1995 6/2~15



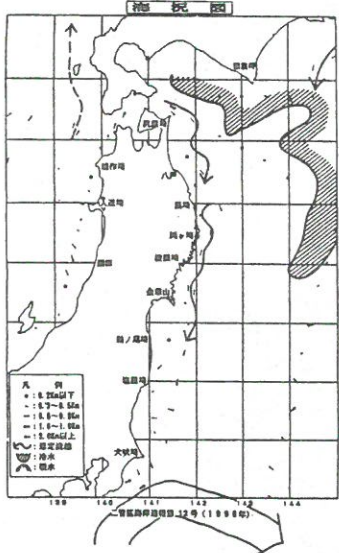
6/16~7/6



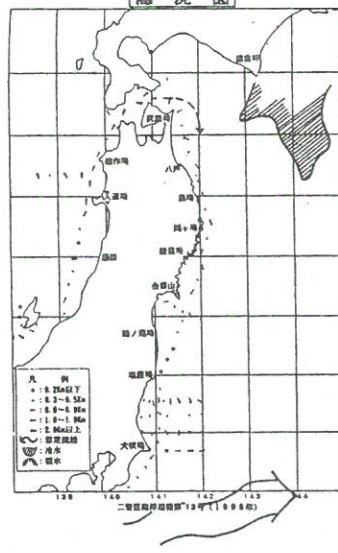
7/7~20



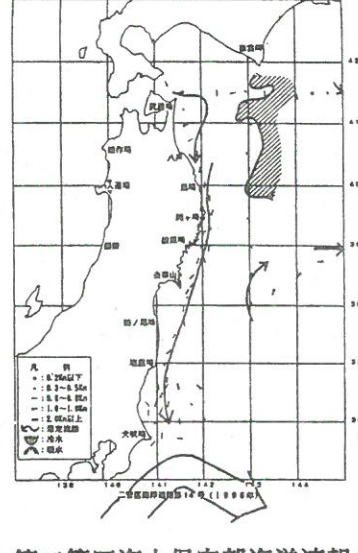
1996 6/7~20



6/21~7/4



7/5~18



第二管区海上保安部海洋速報より

図4 1995・1996年6～7月の三陸沿岸域の親潮第一分枝の分布(第二管区海上保安部海洋速報より)

年，8℃以上の年を暖水年と定義し，その出現率から冷水年の出現が多い時代を冷水期，少ない時代を暖水期として，1911年から現在までを5期に区分した。これらの後半の2期については1973～1987年を昭和後期冷水期，

1988年以降を最近の暖水期と呼んでいる。また，これらの周期変動に連動する暖水期のブリ，カタクチイワシ，マアジなどの水揚量の増加傾向や，冷水期のマイワシ，ニシン，タラ類の水揚量の増加傾向を指摘し，冷水期と

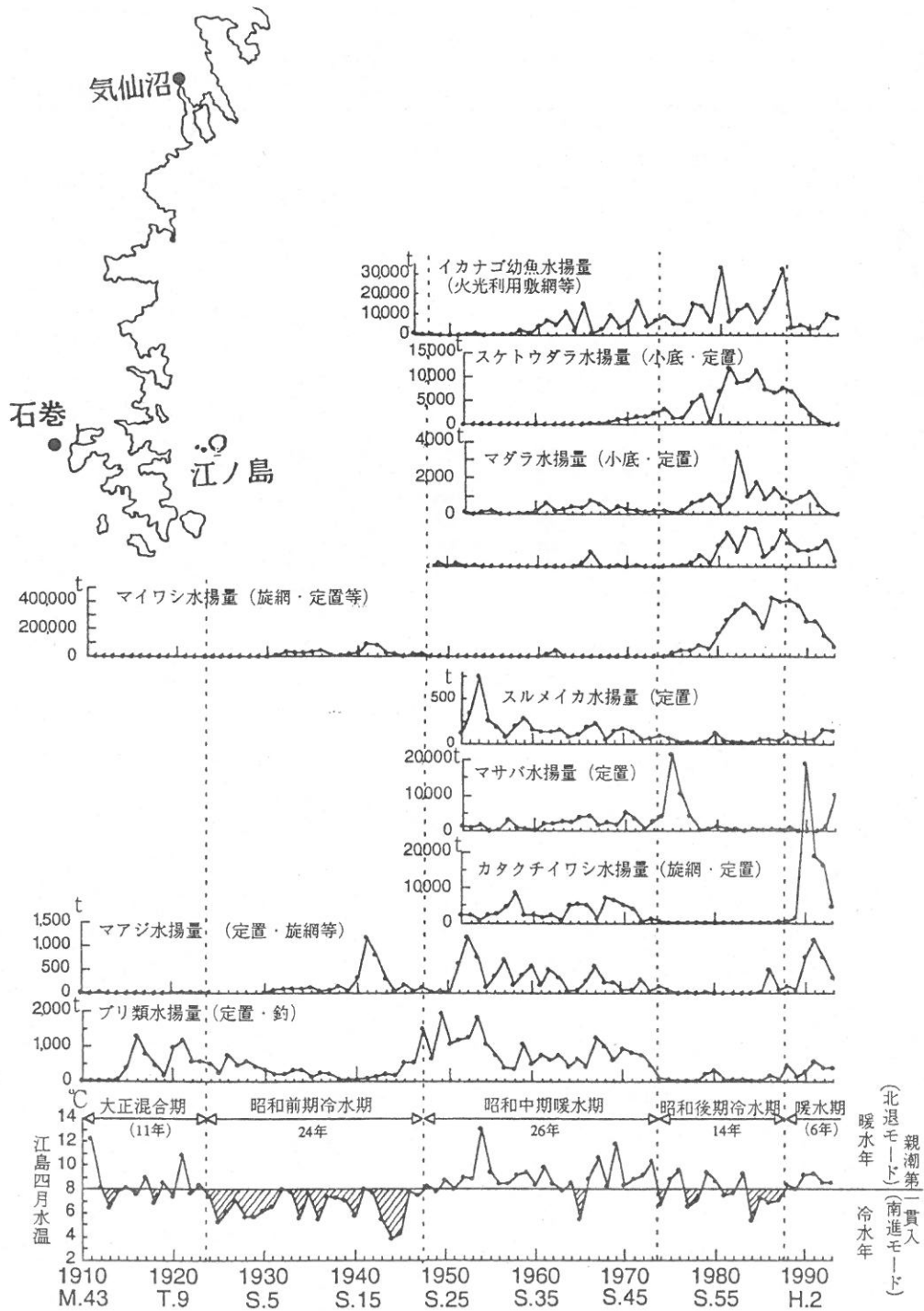


図5 宮城県牡鹿半島金華山海域の海況の長期変動と宮城県における主要魚種の水揚げ量推移 (児玉ら1995, 児玉1997に加筆)

暖水期の周期交替はその非生物的環境の変化に止まらず、それに伴う海域の生物群集構造が変化する現象の一端が捕らえている⁶⁾。これらの一連の変化は魚類以外にも以下のようにプランクトンや海藻などにもみられ、ひいては貝毒原因藻類の発生・分布にも影響しているものと思われる。

三陸～常磐沿岸の岩手・宮城・福島・茨城4県のツノナシオキアミの県別の漁獲割合は1988年以降から岩手県

の漁獲量が増加し、同県の水揚げ量割合はそれ以前の5%前後から30%前後に急増し、いっぽうで、福島、茨城両県の減少傾向が著しい⁸⁾。これは1988年以降にツノナシオキアミの漁場が三陸沿岸域に北退したことを示し、児玉が整理した海況の長周期変動区分に良く対応している。

谷口(私信)によれば東北沿岸域のアラメの海中林の拡大と縮小も海況の変動によって説明可能である。1989

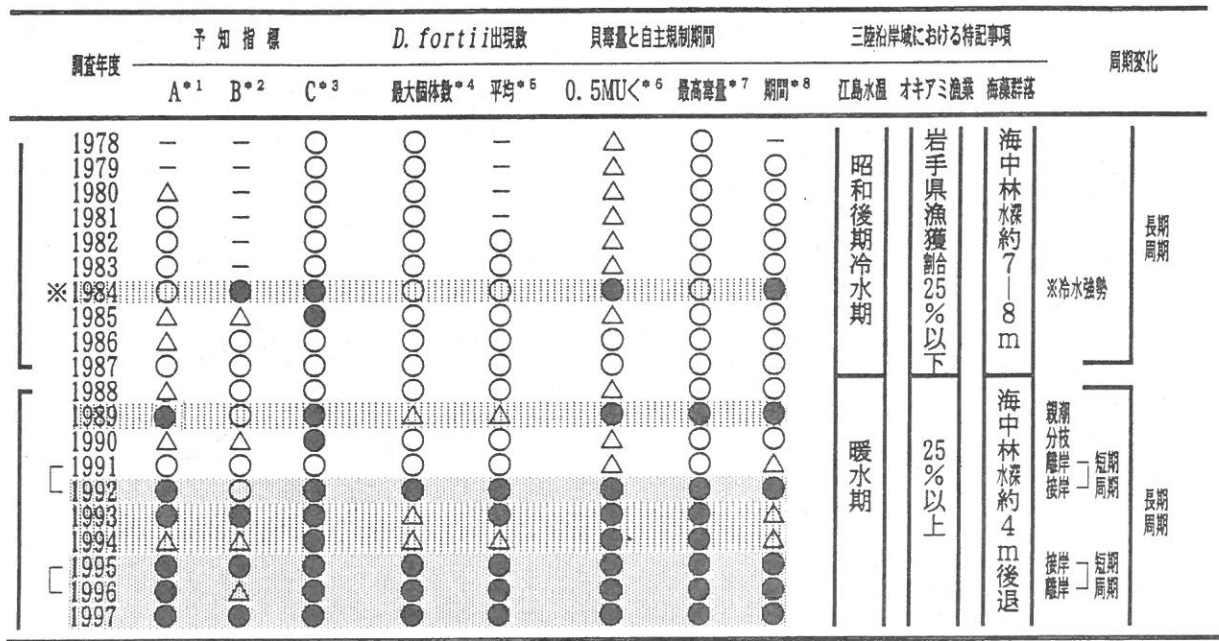


図6 気仙沼湾の下痢性貝毒の毒化予知の模索一覽
 * 1: A *D. acuminata*と*D. fortii*の出現時期の関係
 * 2: B *D. fortii*とホタテガイ幼生の出現時期の関係
 * 3: C 毒化時期予察式

年以降に三陸沿岸部では海藻群落の浅場への断続的な後退傾向が明瞭となり、牡鹿半島沿岸部の海中林の分布は拡大期の水深7~8mから浅場の4m程度までに後退している。この海藻群落の変化も児玉の整理した海況の長周期変動区分に良く対応している。

また、大川¹⁰⁾は茨城県鹿島灘で黒潮と親潮の動向に左右される暖水舌や黒潮分派、冷水舌などの動向から3パターンに類型化された海況と二枚貝の毒化との関係を検討した。その結果、冷水の影響下にある時期が多い年代(1981~1988年)の8年間に発生した6回の毒化は6~8月の冷水舌優位型の冷水の強い海況で発生し、暖水の影響下にある時期の多い年代(1980年以前と1989年以降)には毒化が発生せず、親潮系冷水の下痢性貝毒発生への関与を指摘している。

漁海況などの長期変動と貝毒発生：以上の6項で述べてきた、貝毒予知指標や貝毒発生状況などの星取表で示した結果と三陸沿岸部の漁海況の諸情報を総合して図6に整理した。先述したように1988~1989年度を境に予知指標の黒丸や三角が優占する傾向が認められ、この時期を境とした貝毒発生状況の変化と三陸沿岸域の諸情報の長周期的変化は概ね一致している。また1991、1992年度や1995、1996年度の親潮第一分枝の動向と貝毒発生動向の事例や、茨城県の親潮系冷水と貝毒発生動向の事例で触れたように、同一の長周期内でも親潮第一分枝の接岸と離岸や親潮系冷水の強弱などの単年的変化が貝毒の発

生に影響を与えている。このように、児玉の区分による近年の暖水期は貝毒抑制期とでも言える期間に相当しており、いずれ冷水期に転換すれば、貝毒原因藻類の発生量の増加に伴う貝毒被害の増加や長期化が予測される。なお昭和後期冷水期の中で1984年度は黒丸が目立って例外的であるが、この年は江ノ島の水温から予想できるように、極めて強勢な冷水が影響したものと判断される。

以上のように宮城県沿岸の貝毒の発生は海況の長周期的な影響を受け、短期的には同一長周期のなかでも親潮の離岸・接岸、親潮系水の海況の単年的な変化に曝されるなどの複雑な影響や、地形的な影響も受ける複雑な現象である。このために全国一律の毒化予知手法の開発は困難と思われる。従って、貝毒原因藻類の動態はこれらの現象をマクロ的、ミクロ的に的確に把握するとともに*Dinophysis*属の細胞毒量を正確に把握し、各海域ないしは地先の環境特性に応じた、きめの細かな解析と予知指標の更なる探索が重要である。

なお、陸奥湾における重回帰分析によるホタテガイの毒化予知検討においても、その精度的な限界が指摘され、新たな視点での予知手法の開発が望まれている¹¹⁾。

最後に本稿を取りまとめるに当たり、助言と協力を頂いた水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所関哲夫博士、元宮城県気仙沼水産試験場技師田口滋之氏、東北大学農学部谷口和也教授、資料の整理に労を煩わせた宮城県気仙沼水産試験場千葉充子技師に厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) Yasumoto, T., Y. Oshima, W. Sugawara, Y. Fukuyo, H. Oguri, T. Igarashi and N. Fujita (1980) : Identification of *Dinophysis fortii* as the causative organism of diarrhetic shellfish poisoning. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 46, 1405-1411.
- 2) 水産庁 (1989) 重要貝類毒化対策事業 5 ヶ年の調査研究のとりまとめ. 東北・北海道ブロック, 1-47.
- 3) 五十嵐輝夫 (1985) 貝毒プランクトンの生態学・三陸沿岸. 「貝毒プランクトン—生物学と生態学」恒星社厚生閣, 71-81.
- 4) 五十嵐輝夫・太田裕達・浅野勝志 (1988) 下痢性貝毒の発生時期の予察. 昭和62年度赤潮防止対策赤潮調査事業報告書 (宮城県気仙沼湾海域) 宮城気水試, 16-18.
- 5) 五十嵐輝夫・武川治人・佐藤孝三 (1984) 下痢性貝毒の発生時期および貝毒量の予察. 昭和58年度赤潮・特殊プランクトン予察調査報告書 (東北・北海道ブロック), 宮城県気仙沼湾海域 水産庁, 9-11.
- 6) 児玉純一・永島宏・和泉祐司 (1995) 万石浦ニシンの長期変動に関する一考察: 特に金華山近海域の気象・海況および生物群集との関係. 宮城水研開セ研報, 14:17-36.
- 7) 児玉純一 (1997) 万石浦ニシンの個体群変動機構に関する研究. 宮城水研開セ研報, 15:1-41.
- 8) 黒田一紀・小谷祐一 (1994) 三陸～常磐沿岸域におけるオキアミ漁業と漁況の経年変動. 月刊海洋, 26 (4) :210-217.
- 9) 星合愿一・鈴木敏之・五十嵐輝夫・神山孝史・山崎誠・千葉充子 (2002) 宮城県気仙沼湾における *Dinophysis acuminata* の高密度出現の由来に関する考察. 宮城水産研報, 2:27-31.
- 10) 大川雅登 (1996) 鹿島灘における下痢性貝毒の発生について. 茨城水試研報, 34:75-81.
- 11) 三津谷正・今井美代子・松原久 (1997) 海況自動観測データを用いた毒化予知手法確立調査. 平成8年度貝毒被害防止対策事業報告書, 青森水増セ, 14-29.

