

39. バルト海との比較からみた日本海の汚染の予測

PREDICTION FOR POLLUTION IN THE JAPAN SEA BY COMPARISON WITH THE BALTIC SEA

大同淳之*

Atsuyuki DAIDO

ABSTRACT; The topography of the Japan Sea is as like a pot. The depths of entrance(Tushima straits) is only 140m and its of exist (Tugalu straits) is same. The maximum depth is 3750m. The exchange of water is not so easy. The polluted material will accumulate. About 227 million people populated in the hinterland. The inflow volume of polluted material is not so clear at now. But, the partial information shown the large amount of the pollution. In this paper ,the prediction of pollution in the Japan sea is tried by the comparison with the data of the Baltic Sea,

KEYWORDS; Pollution in the Japan sea, Pollution of the Baltic sea

1. はしがき 日本海周辺から海に流入する汚染物質の情報は日本からのものを除いて全く不明で、断片的な情報しかない。しかし、その断片的資料から、日本海の汚染が進みつつあることがうかがえる。海の将来水質を予測するには周辺の陸地の開発計画が明らかでないとは出来ないが、これらの情報が得られるまでにまだかなりの時間が必要で、本文は、汚染が進行し、そのために資料の整備の進んだバルト海の資料から、日本海の将来水質の予測を試みる。

2. バルト海の汚染の現状

2. 1 バルト海の自然環境

バルト海は、日本の国土とほぼ同じ面積をもつ内海で、スカゲラック海峡などを通じて北海に通じている。これらの海峡はせまいうえに、バルト海の平均水深の 1/3 程度の浅いシルを形成している。この海峡の狭さとシルの存在がバルト海の閉塞性を強くしている¹⁾。

図2のように、表層から低塩分水が流出し、外海から低層に高塩分水が流入する。シルを越えた高塩分水は、上部の低塩分水と混合しながら、斜面を下り、低層水となる。この低層水は、後続の水の押し上げ、表層水との混合で表層に達し、表層を外海へと流出する。バルト海の容積を、この循環による湾口部の流出量で割って、得られる平均滞留時間は、約 35 年である。

このエスチェリー型の循環による海水交換に加え、経年的に間欠的に生じる外界水の流入がある。これは、ヨーロッパの気候の変動によって、北海とバルト海との間に水位差が生じて駆動される流れである。この流れでバルト海に流入した高塩分水は、斜面を下って低層水は停留する。この停留水の体積は、バルト海全体の 5% であるが、これは、瀬戸内海の水量にほぼ匹

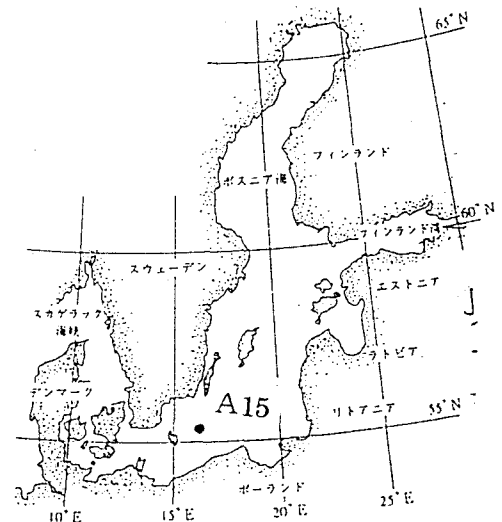


図1 バルト海

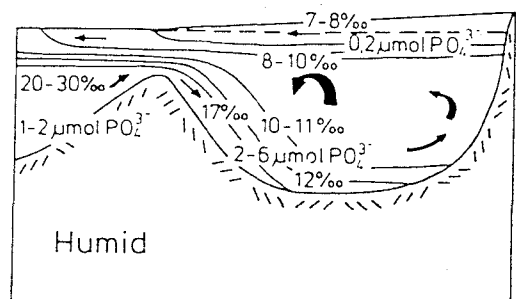


図2 バルト海の流れの模式図

敵する。この低層水の停滞期間は、次の流入まで、通常数年のスケールをもつ。低層への酸素の供給は、主に斜面を下ってくる通常の海水によって行われるが、栄養塩による植物プラクトンの増殖過大のため無酸素状態が生じている。図3は、図1に示す測点15Aにおける深さ100mでの NO_3^- 、深さ200mでの PO_4^{3-} および O_2 の経年変化を示す。図は1960年に深さ200mで無酸素状態となり硫化水素の発生を示す。

2. 2 流入する汚濁物と負荷限界

バルト海は、流域の人口7千万人で工業、農業および公共下水の排水が直接的、間接的（河またはpipe lineを通したものを間接としている）に流入するが、直接の40%、間接の20%が未処理のまま、直接の20%間接の30%は機械的処理のみ、機械的処理に生物学的処理を加えたものは全体の30%にすぎない。これに千七百万人の家庭排水が加わっている。窒素は1990年に94万t/年、りんは5万t/年流入した^{2) 3)}。

主な供給源は、公共下水、工業（食品、パルプ、紙）農業（肥料）である、これらは、河からだけでなく、大気からも供給される。例えば、水銀は大気中に $1. \times 10^{-9} - 1. \times 10^{-8} \text{g/m}^3$ 含まれるのでは大気から4t/年-29t/年、3価のリン、9千t/年、カドミニウム、80t/年、銅の年間流入量の50~80%も大気から流入するとされている。さらにPCB,DDTの蓄積があげられている。その結果、汚濁物の堆積層は海の1/4の広さに達し、1977年頃よりとくに状況は悪化し、酸素の減少に伴うある種の病気や毒素を持った微生物が発生し、魚の大量死、海底動物の被害が生じ、沿岸住民の健康へも影響を与えた。

1960年、深さ200mで酸素がなくなっているの、このときの窒素濃度を窒素負荷の限界とすると、窒素負荷は1900年に25万t/年、1987年は94万t/年で、直線的に増加したとすると、1960年は71万t/年となる。光が到達する深さを、40mとすると水深40m以内の海水量は $14 \times 10^{12} \text{m}^3$ で、この水が25年で入れ替わるとすると、年間の水量は $0.56 \times 10^{12} \text{m}^3/\text{年}$ である。71万t/年の窒素負荷は、 1.26mg/m^3 となり、日本の環境庁の水質類型、貧酸素、 1.0mg/l と比較して、無酸素状態になつて

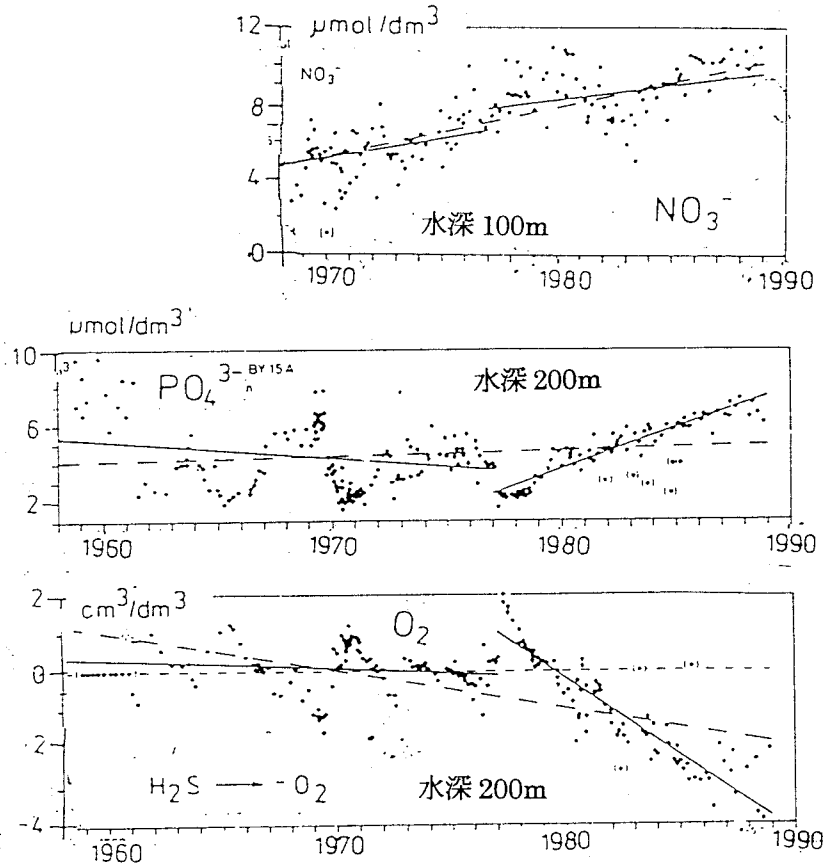


図3 バルト海の NO_3Po_4^3 および O_2 濃度（測点15A）

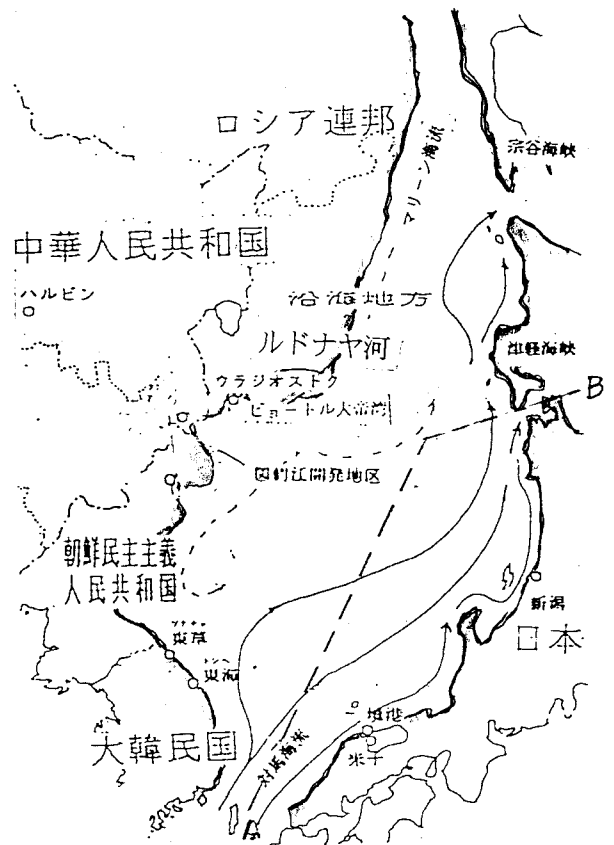


図4 日本海

当然といえる。日本海の許容限界も同様な値で決められよう。

3. 日本海の汚染の現状

3. 1 日本海の自然環境

日本海は面積 130 万 km^2 ，平均水深 1350m，最大水深 3700m 容積 175 万 km^3 ，外海との接点を対馬，津軽，宗谷および間宮の 4 つの狭い海峡しか持たない。間宮海峡は幅 8 km，水深 12m にすぎず海洋物理的には閉鎖されていると考えられ，対馬，

津軽海峡はともに水深 140m，宗谷海峡は 55m で図 4 の測線上では，図 5 のようにポット状の閉鎖海域である。日本海の海水は，季節的变化を受ける上層部（表面より 200m－300m）とそれより以深のいわゆる日本海固有水とに分かれる。日本海固有水ほぼ一様な水温，塩分を示し，日本海全容積の 80% を占めている。この固有水は，現在は溶存酸素は 5ml/l と周辺海域より大きい。この固有水の成因は，ソ連沿岸部を南下するリマン海流の冬期海面冷却による鉛直対流や結氷作用により生成され则认为られている。

3. 2 日本海に流入する物質

(A) 日本 日本より日本海に流入する物質は，表 1 のとおりである⁴⁾。環境基準に規制されている物質の量は，いずれも自然賦存量に近い。

表 1 日本海に日本海側から流入する物質量

単位 1/年

項目	年間流出量	項目	年間流出量	項目	年間流出量
COD	321.2×10^3	アルキル水銀	0	トリクロロエチレン	162
りん	4.8×10^3	PCB	0	テトラクロロチレン	40.5
窒素	71.6×10^3	ジクロロメタン	16.2	1,3-ジクロロプロペン	16.3
カドミウム	81	四塩化炭素	16.2	チラウム	48.6
全シアン	0	1,2-ジクロロエチレン	32.4	シマジン	24.3
鉛	405	1,1-ジクロロエチレン	162	チオベンカルブ	162.0
六価クロム	2100	シス-1,2-ジクロロエチレン	324	ベンゼン	81.0
砒素	405	1,1 1-トリクロロエタン	40.5	セレン	162.0
総水銀	40.5	1,1 2-トリクロロエタン	48.6		

(B) ロシア ロシアの沿岸部からの汚染物質の総量は不明である。ただ部分的な情報として，沿海州のルドナヤ河の有害物質の固形物濃度および溶解物濃度を図 6，7 に示す⁵⁾。流域に鉱山があるものと推定されるが，いずれも濃度が高い。この川の流域面積は $4 \times 10^3 \text{ km}^2$ ，年雨量を日本の 1/3，さらに川に流出する有効雨量はその 1/3 とし，河口における流量を求めると，総流量は $0.711 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{年}$ となる。図 6，7 の河口の濃度にこの流量をかけると有害物質の量は溶解物質が 99% を占め，固形物と溶解物の和は，Cu, $0.1 \times 10^6 \text{ t/年}$ ，Zn, $0.71 \times 10^6 \text{ t/年}$ ，Cd, $0.22 \times 10^6 \text{ t/年}$ ，Pb, $1.1 \times 10^6 \text{ t/年}$ ， SO_4 , $0.71 \times 10^3 \text{ t/年}$ となり，これらの和は， $262 \text{ t/km}^2\text{年}$ と異常に大きな値である。しかし，図 8 は，ルドナヤ河周辺のロシア極東地域における有

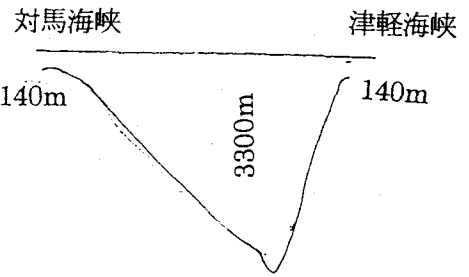


図 5 日本海の縦断

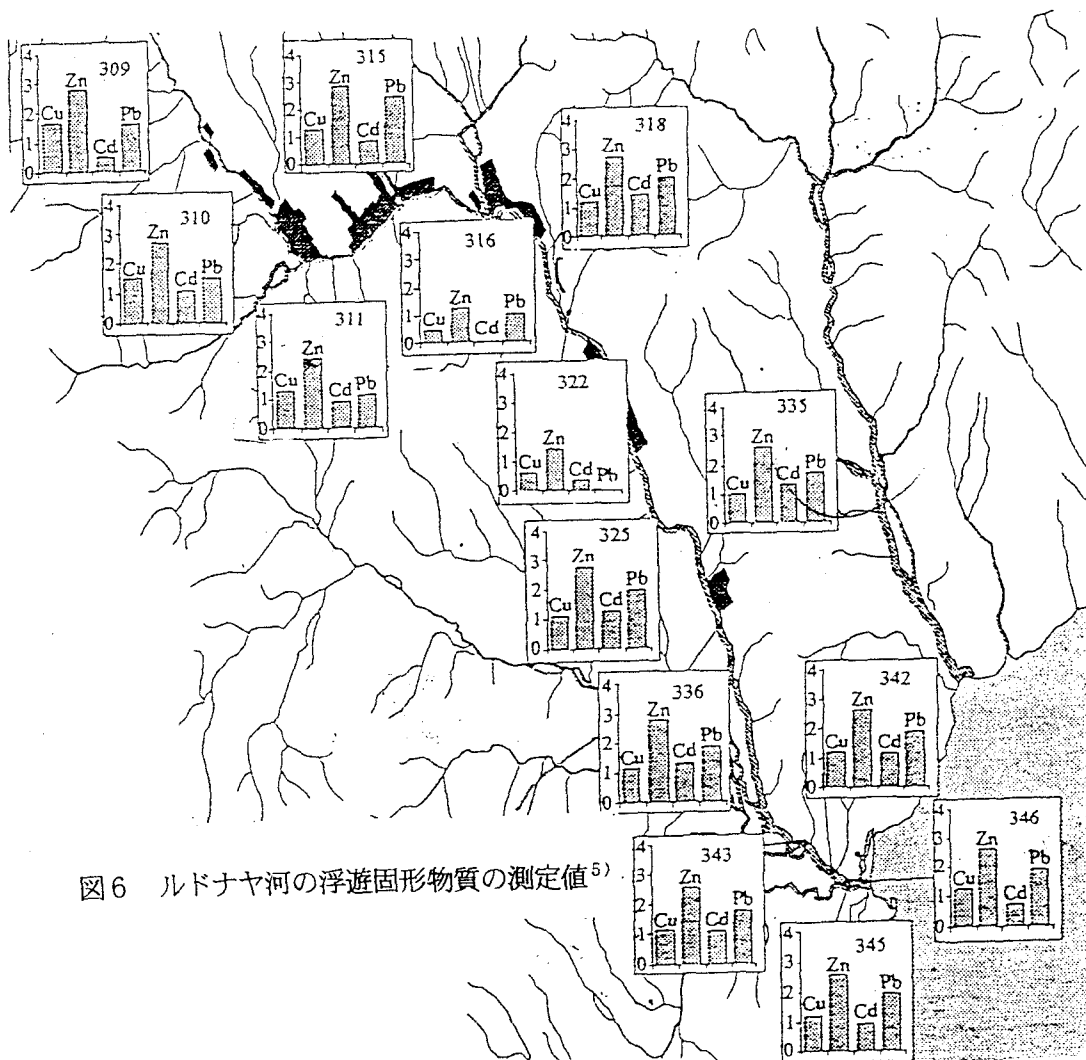


図6 ルドナヤ河の浮遊固形物質の測定値⁵⁾

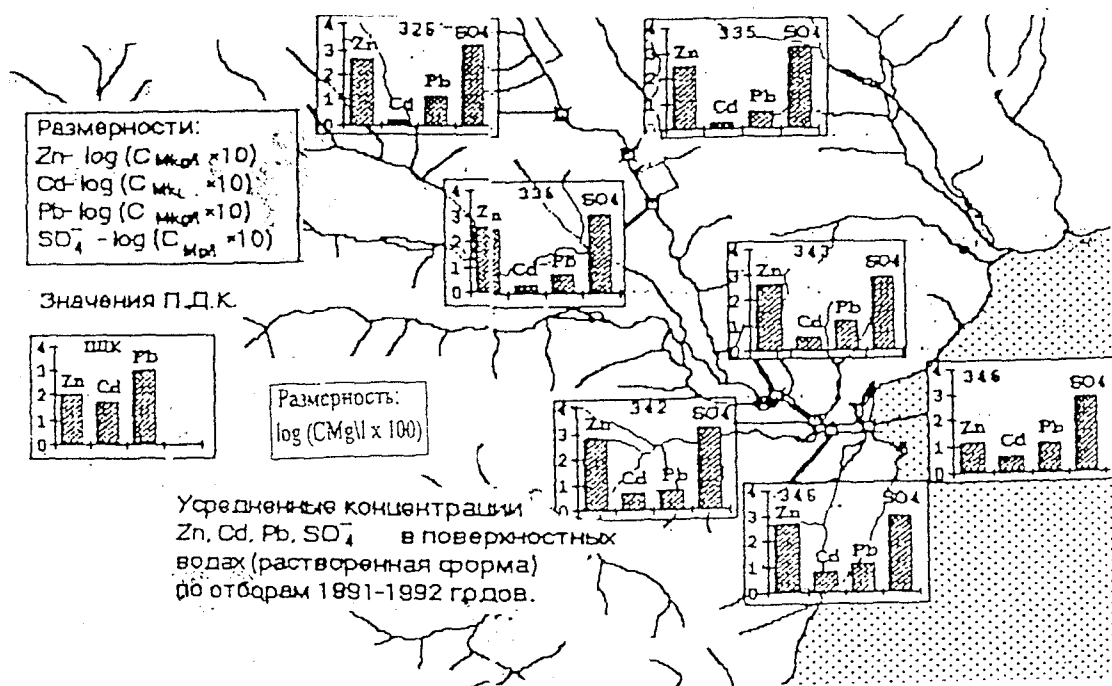


図7 ルドナヤ河の溶解物質の測定値⁵⁾

害物質の固形物および溶解物の年間流出係数を示し、溶解物はウラジオ地区で、100-50t/km²、サハリンで100t/km²を越えており、ドナ河が突出しているわけではない。日本海に面するこれらの地域からの有害物質質量を固形物、溶解物合わせて、35t/km²年とすると、流域面積は、9×10⁴ km²より有害物質質量は3.2×10⁶t/年になる。同様にドナ河周辺のラズドリナ河の水質を表2に示す。またドナ河の反対側にあるハンカ湖流域では湖水および土壌中の水銀濃度は2t/km²と報告されている。

陸上から水で運れるもののほかに、大気からも流入する。日本海の周辺域で、硫黄は2t/km²、窒素、0.5-2t/km²とされている。

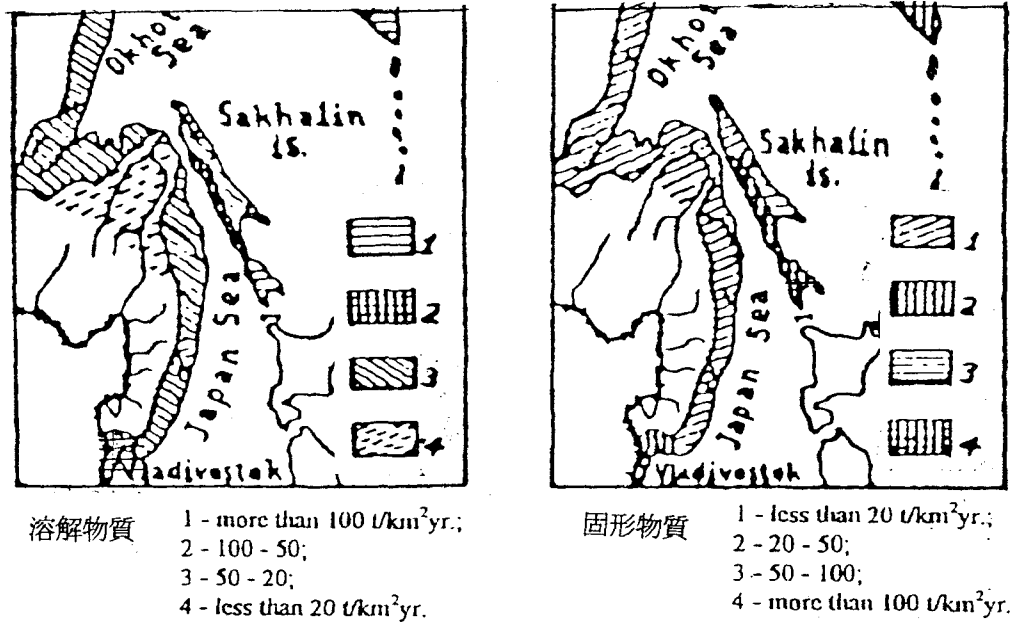


図8 極東地域における有害物質の排出量⁵⁾

(C) 図們江流域 著者は先に、図們江開発に伴って図們江から流出する物質質量を現在の日本と同じ程度の処理が行われるとして窒素120t/日、りん15t/日と予測した⁴⁾。しかし現実には全く未処理で、中国、北朝鮮から放出され、Kachur⁵⁾によると、極東地域で最も汚染された地域としている。川の中での汚染物質のデータはないが、河口部での窒素濃度は図9のとうりで、これらの物質は塩水中に入ると、沈降で急に濃度を減ずるのが普通で、川の中ではその濃度は大きいといえる。

現在、中国吉林省、黒龍江省を貫流する松花江に流入する有害物質は六価クロム137t/年、フェノール301t/年、石油1057t/年、アニリン282t/年と報告されている⁷⁾。面積比にして同じ量が図們江から流出していると考えられる。

4 結びにかえて

バルト海の低層で無酸素が生じ始めたときの窒素負荷を1.26mg/lと求めた。この値は日本の水質類型1.0mg/lからみて当然であつて、日本海を含めて、どの海にも適用できる限界負荷量といえ

表3. ロシア沿海地方ラズドリナ河の水質

有害物質	記号	単位	含有率	有効許可限界
アンモニア窒素	NH ₄ ⁺	mg/l	0 - 2.277	0.4
ニトロ窒素	NO ₃ ⁻	mg/l	0 - 0.42	0.02
鉄	Fe	mg/l	0.22 - 4.36	0.1
銅	Cu	mg/l	0.002 - 0.0012	0.001
フェノール各種類		mg/l	0.003 - 0.018	0.001
石油炭素素		mg/l	0 - 0.21	0.05
人工活性物質		mg/l	0 - 0.076	0.01
防疫・殺虫剤	DIT	mcg/l	0 - 0.076	不許可
ヘキサクロルシクロヘキサン	HHC	mcg/l	0 - 0.008	不許可
リングニウム		mcg/l	0 - 0.004	不許可
防疫・殺虫剤	DDE	mcg/l	0 - 0.013	不許可
クロム3+	Cr ³⁺	mg/l	0 - 0.022	0.005

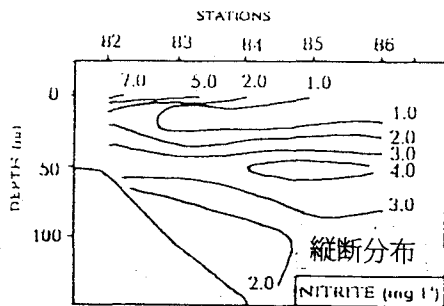
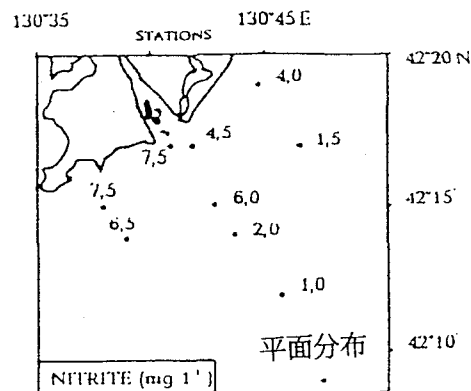


図9 図們江河口海域の窒素濃度⁵⁾



日本海周辺から流入する汚濁物質を求めたが、全量を得ていない。ただ部分的に得られた資料はきわめて大量の汚濁物が流入していることを示す

日本海の固有水の溶存酸素は現在5ppm程度に保たれているが、この水の供給源は、水温の関係からロシア、中国および北朝鮮からの排水を伴うリマン海流によって補給されている。一度深海部に入つた水が入替えに要する年数は単純計算で35年で実際は最と必要である。バルト海では湾内で窒素がプラクトンで、40%除去されるのに対し、東京湾では3%にすぎないのは浅瀬の割合がすくないためとされている⁸⁾。バルト海は表3に示すように、水深10m以下の領域が水面積の17%で、太陽光の届く深さ40m以下の面積は50%占めている。日本海は陥没地形から浅瀬が占める割合は極めて小さいので、脱窒の割合はバルト海より悪いとみなされる

日本海に流入する汚濁物質の総量は把握出来ていない。ただ有機物を処理できるのは有光層のみと考えると表3に示すように日本海はバルト海の3倍の容積を持つ。しかし流域の人口も3倍である。したがって周辺諸国が十分な排出規制をしなければ、日本海の汚染は急激に進むだろう。

表3 日本海とバルト海の諸元の比較

	日本海	バルト海
表面積	$1300 \times 10^3 \text{ km}^2$	$415 \times 10^3 \text{ km}^2$
最高水深	3750m	459m
平均水深	1350m	52
水深10m以下の面積割合	$\approx 2\%$	17%
水深50m以下の面積割合		60%
90%の海水の入替に要する年数	25年	25年
窒素流入量	$71.6 \times 10^3 \text{ 年}$ (日本のみ)	$940 \times 10^3 \text{ トン/年}$
りん流入量	$4.8 \times 10^3 \text{ 年}$ (日本のみ)	$54 \times 10^3 \text{ トン/年}$
COD	$321.2 \times 10^2 \text{ T/日}$ (日本のみ)	
流域人口(万人)	22700	7000
流域面積(除く海の面積)	275 万 km^2	163 万 km^2

参考文献

- 1) Nehring D.; Eutrophication in the Baltic Sea, Marine Coastal Eutrophication, Edited Vollenweider Elsevier, 1992
- 2) Westing A,H; Comprehensive Security for The Baltic Sage, 1989
- 3) Fitzmaunce, M; International Legal Problems of the Environmental protection of Baltic sea Dordrecht. Martinus,1992
- 4) 大同淳之; 図們江開発が日本海の汚染に及ぼす影響と国際的汚染防止の必要性, 第5回地球環境シンポジウム講演集 1997
- 5) Kachur A,H: Pollution of basin of the Japanese Sea and its adjacent regions ,pacific institute of geography of Far-East branch of Russian academy of science, 1997,10
- 6) ストマチェツク, ウフゲニーステパノウイツチ, 環日本海地域の環境を考えるシンポジウム, 1996
- 7) 金松, 鍾震: 中国の環境保全への展望, 産業と環境 1996. 3
- 8) 小池勲夫: 生物とその働き, 東京湾, 厚生社厚生閣, p117,1993