

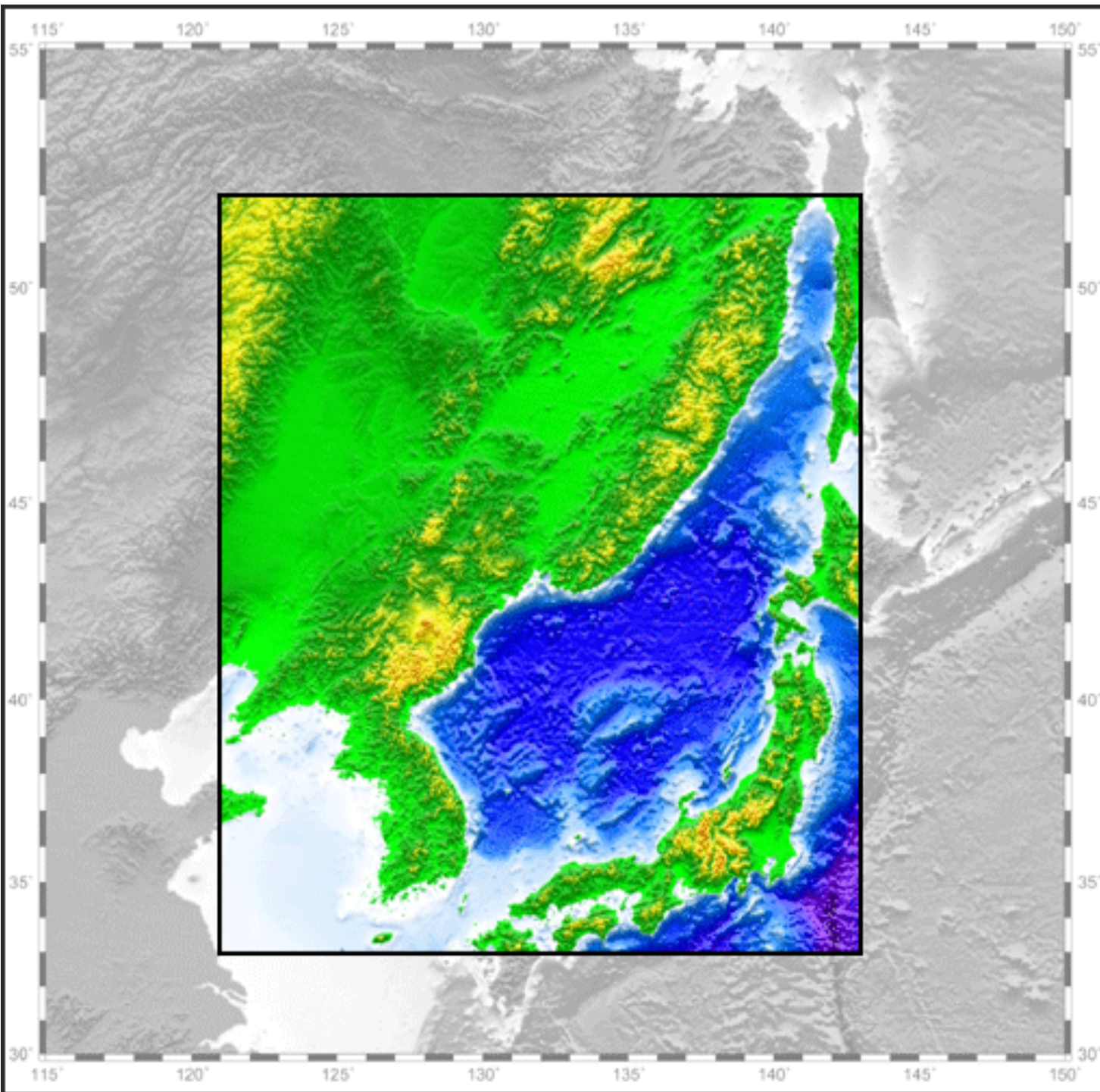
NOWPAP富栄養化状況評価手順書

を用いた富山湾ケーススタディ

平成22年3月19日(金) 於:東京都
平成21年度第2回国内委員会報告資料
をもとに作成。
NPEC 辻本 良・寺内元基

NOWPAP富栄養化評価手順書

- ①北東大西洋における富栄養化評価に用いられている手法(OSPAR, 2005)を参考として、NOWPAP海域(黄海・日本海)における富栄養化評価手法を作成する。
- ②日本海富山湾においてケーススタディを実施した(財団法人環日本海環境協力センター, 2009)。
- ③2009年6月にNOWPAP富栄養化評価手順書(NOWPAP CEARAC, 2009)を作成。リモートセンシング技術を、海洋環境評価にとりこむ。リモセンの結果については同ホームページ(Terauchi *et al.*, 2010)を参照。



NOWPAP 海域

Northwest
Pacific
Action
Plan

【参加国】

日本
中国
韓国

ロシア

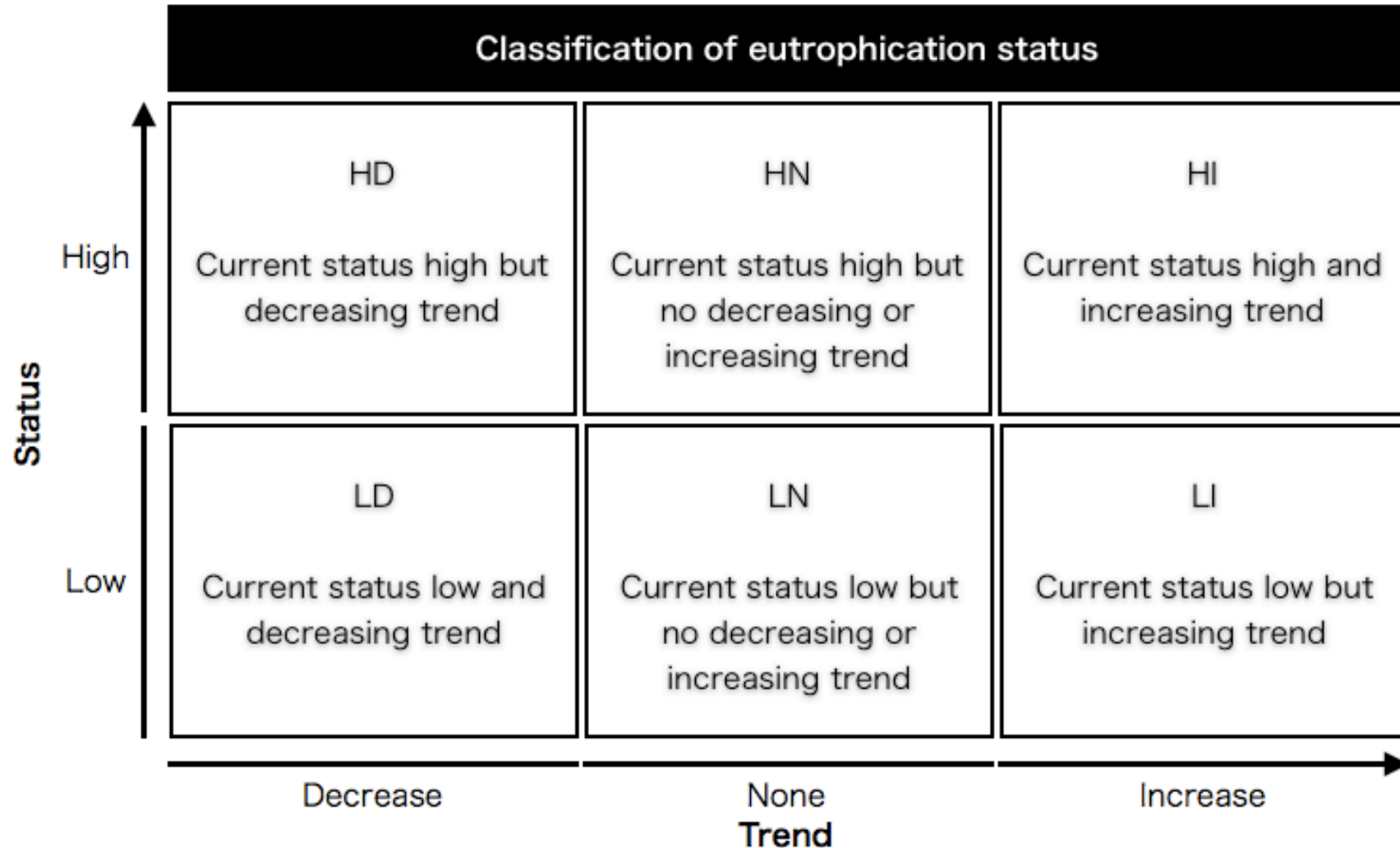


富山湾 ケース スタディの 海域区分

NOWPAP富栄養化評価手順書の 概要

- ①カテゴリ分け
- ②評価項目
- ③基準値
- ④評価方法（比較・有無・トレンド）
- ⑤判定

富栄養化状況の分類



NOWPAP手順書を用いた評価において残されている課題

- ①富栄養化の基準値の設定。
 - ②トレンド検定の統計の手法。
-
- 富山湾奥部海域(サブエリアB)における試行結果を示し、改善を図る。

富山湾における研究

【富山湾プロジェクト】

- 海洋環境モニタリング手法としてのリモートセンシングの有効性を明らかにする。

【富山湾ケーススタディ】

- NOWPAP富栄養化状況評価手順書原案を作成するため、富山湾においてケーススタディを実施し、評価手順を検討する。

カテゴリ

- 以下に4つのカテゴリを示す。
- また、各カテゴリにおける評価項目を示す。

カテゴリ

分類の仕方

I

栄養塩の増加の程度

(外部からの栄養塩の負荷, 栄養塩濃度など)

II

栄養塩の増加の直接的影響

(植物プランクトンの増加, 濁度の増加など)

III

栄養塩の増加の間接的影響

(有機物の増加, 溶存酸素の減少など)

IV

その他の可能性のある影響

(藻類毒など)

カテゴリ I

評価項目	評価に 用いる値	比較	有無	トレンド
河川流入 負荷量	年間値	×	×	✓
全窒素・全リン (TN, TP)	年間平均値	✓	×	✓
冬季DIN・DIP 濃度	冬季平均値	✓	×	✓
冬季DIN/DIP 比	冬季平均値	✓	×	✓

カテゴリⅡ

評価項目	評価に 用いる値	比較	有無	トレンド
クロロフィルa 濃度(現場)	年間最大値および 年間平均値	✓	×	✓
クロロフィルa 濃度(衛星)	年間最大値および 年間平均値	✓	×	✓
高クロロフィルa 海域面積割合	年間最大値および 年間平均値	×	×	✓
赤潮発生回数 (珪藻類)	年間発生回数	×	✓	✓

カテゴリⅢ

評価項目	評価に用いる値	比較	有無	トレンド
溶存酸素量 (DO)	年間最小値	✓	×	✓
魚の異常死発生件数	年間発生件数	×	✓	✓
化学的酸素要求量(COD)	年間平均値	✓	×	✓

カテゴリⅣ

評価項目	評価に 用いる値	比較	有無	トレンド
食中毒 発生件数 (貝毒)	年間発生件数	×	✓	✓
赤潮発生回数 (ヤコウチュウ)	年間発生回数	×	✓	✓

富山湾ケーススタディにおける富 栄養化の基準値

- OSPAR (2005)に準拠し、沖合の定点におけるバックグラウンド値を参照濃度とした。
- 観測値が、バックグラウンド値(富山湾沖合) の1.5倍を超えた時に富栄養化と判定。
- $BG値 \times 1.5倍 < 観測値$



この評価基準は厳しく、見直しが必要。

富山湾ケーススタディにおいて参照したバックグラウンド値

- 以下に各カテゴリにおけるバックグラウンド値を示す。

富山湾のバックグラウンド値 (I)

評価項目	評価値	バックグラウンド値
全窒素	年間平均値	0.1 mg/L (7.1 μ M)
全リン	年間平均値	0.008 mg/L (0.26 μ M)
冬季DIN濃度	冬季平均値	0.075 mg/L (5.3 μ M)
冬季DIP濃度	冬季平均値	0.009 mg/L (0.29 μ M)
冬季DIN/DIP比	冬季平均値	16.7

富山湾のバックグラウンド値(Ⅱ)

評価項目	評価値	バックグラウンド値
クロロフィルa 濃度(現場)	年間最大値	1.65 μ g/L
クロロフィルa 濃度(現場)	年間平均値	0.50 μ g/L
クロロフィルa 濃度(衛星)	年間最大値	1.20 μ g/L
クロロフィルa 濃度(衛星)	年間平均値	0.41 μ g/L

富山湾のバックグラウンド値(Ⅲ)

評価項目	評価値	バックグラウンド値
溶存酸素量 (DO)	年間最小値 水産用水基準	7.8 mg/L 6.0 mg/L
化学的酸素 要求量(COD)	年間平均値	1.2 mg/L

日本における海水の環境基準

- 環境基準と水産用水基準をカテゴリごとに以下に示す。

環境基準と水産用水基準（Ⅰ）

評価項目	環境基準		水産用水基準	
全窒素	0.2 mg/L	類型Ⅰ	0.3 mg/L 0.6 mg/L 1.0 mg/L	水産1種 水産2種 水産3種
	0.3 mg/L	類型Ⅱ		
	0.6 mg/L	類型Ⅲ		
	1.0 mg/L	類型Ⅳ		
全リン	0.02 mg/L	類型Ⅰ	0.03 mg/L 0.05 mg/L 0.09 mg/L	水産1種 水産2種 水産3種
	0.03 mg/L	類型Ⅱ		
	0.05 mg/L	類型Ⅲ		
	0.09 mg/L	類型Ⅳ		

環境基準と水産用水基準（Ⅰ）

評価項目	環境基準		水産用水基準	
冬季 DIN 濃度	なし		0.07 mg/L ～ 0.1 mg/L	ノリ養殖に 最低必要 な濃度
冬季 DIP 濃度	なし		0.007 mg/L ～ 0.014 mg/L	//

環境基準と水産用水基準（Ⅲ）

評価項目	環境基準		水産用水基準	
DO	7.5 mg/L 5 mg/L 2 mg/L	類型A 類型B 類型C	6 mg/L	一般
COD	2 mg/L 3 mg/L 8 mg/L	類型A 類型B 類型C	1 mg/L 2 mg/L	一般 川養殖場 や閉鎖性 内湾

※環境基準はCOD_{Mn}、水産用水基準はCOD_{OH}の値。

$$\text{COD}_{\text{OH}} \doteq 0.6 \times \text{COD}_{\text{Mn}}$$

韓国・中国における 海水の環境基準

- 韓国と中国における環境基準を以下に示す。

韓国における水質基準（海水）

Grade	TN (mg/L)	TP (mg/L)	COD (mg/L)	DO (mg/L)
I	≤ 0.3 mg/L	≤ 0.03 mg/L	≤ 1 mg/L	≥ 7.5 mg/L
II	≤ 0.6 mg/L	≤ 0.05 mg/L	≤ 2 mg/L	≥ 5 mg/L
III	≤ 1.0 mg/L	≤ 0.09 mg/L	≤ 4 mg/L	≥ 2 mg/L

※測定方法はCOD_{Mn}.

中国における水質基準（海水）

Grade	無機窒素 (mg/L)	無機リン (mg/L)	COD (mg/L)	DO (mg/L)
1	0.2 mg/L	0.015 mg/L	2 mg/L	6 mg/L
2	0.3 mg/L	0.03 mg/L	3 mg/L	5 mg/L
3	0.4 mg/L	0.03 mg/L	4 mg/L	4 mg/L
4	0.5 mg/L	0.045 mg/L	5 mg/L	3 mg/L

※Sea Water Quality Standard (GB3097-1997)

測定方法はCOD_{Mn}.

富栄養化判定のための 基準値の提案

- 日本における環境基準と水産用水基準ならびに韓国・中国における環境基準を参考に、以下に富栄養化判定基準値を示す。

参照濃度（カテゴリⅢ）の提案

評価項目	参照濃度	備考
溶存酸素量 (DO)	6.0 mg/L	水産用水基準
化学的酸素 要求量 (COD)	3.0 mg/L	環境基準類型B

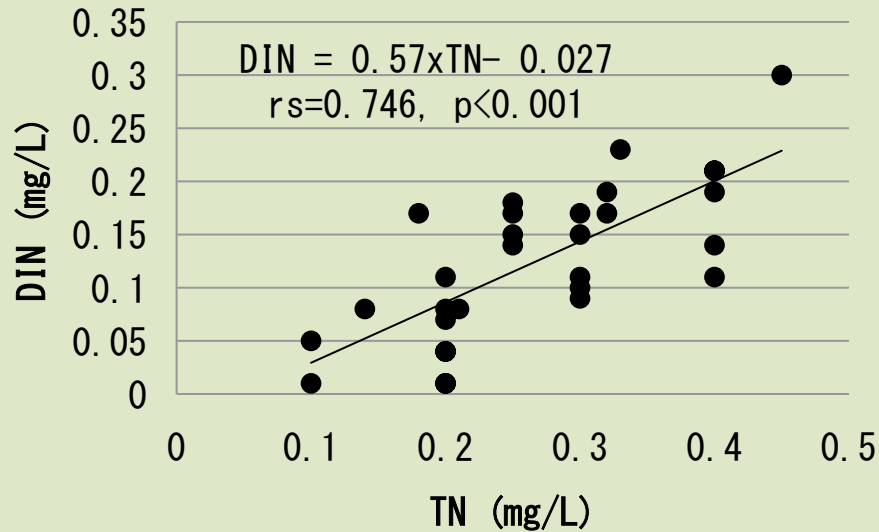
参照濃度（カテゴリⅠ）の提案

評価項目	参照濃度	備考
全窒素	0.3 mg/L	環境基準類型Ⅱ
全リン	0.03 mg/L	環境基準類型Ⅱ

参照濃度（カテゴリ I）の提案

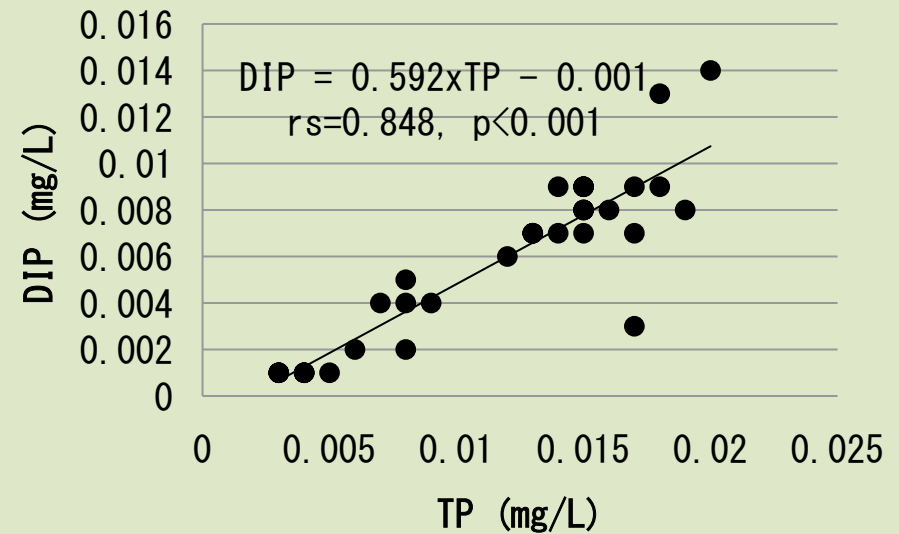
評価項目	参照濃度	備考
冬季DIN 濃度	0.144 mg/L	冬季におけるTNとDIN の関係から求めた
冬季DIP 濃度	0.017 mg/L	冬季におけるTPとDIP の関係から求めた

富山湾における TNとDINの関係



$$\begin{aligned} \text{DIN} &= 0.570 \times 0.3 - 0.027 \\ &= 0.144 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

TPとDIPの関係



$$\begin{aligned} \text{DIP} &= 0.592 \times 0.03 - 0.001 \\ &= 0.017 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

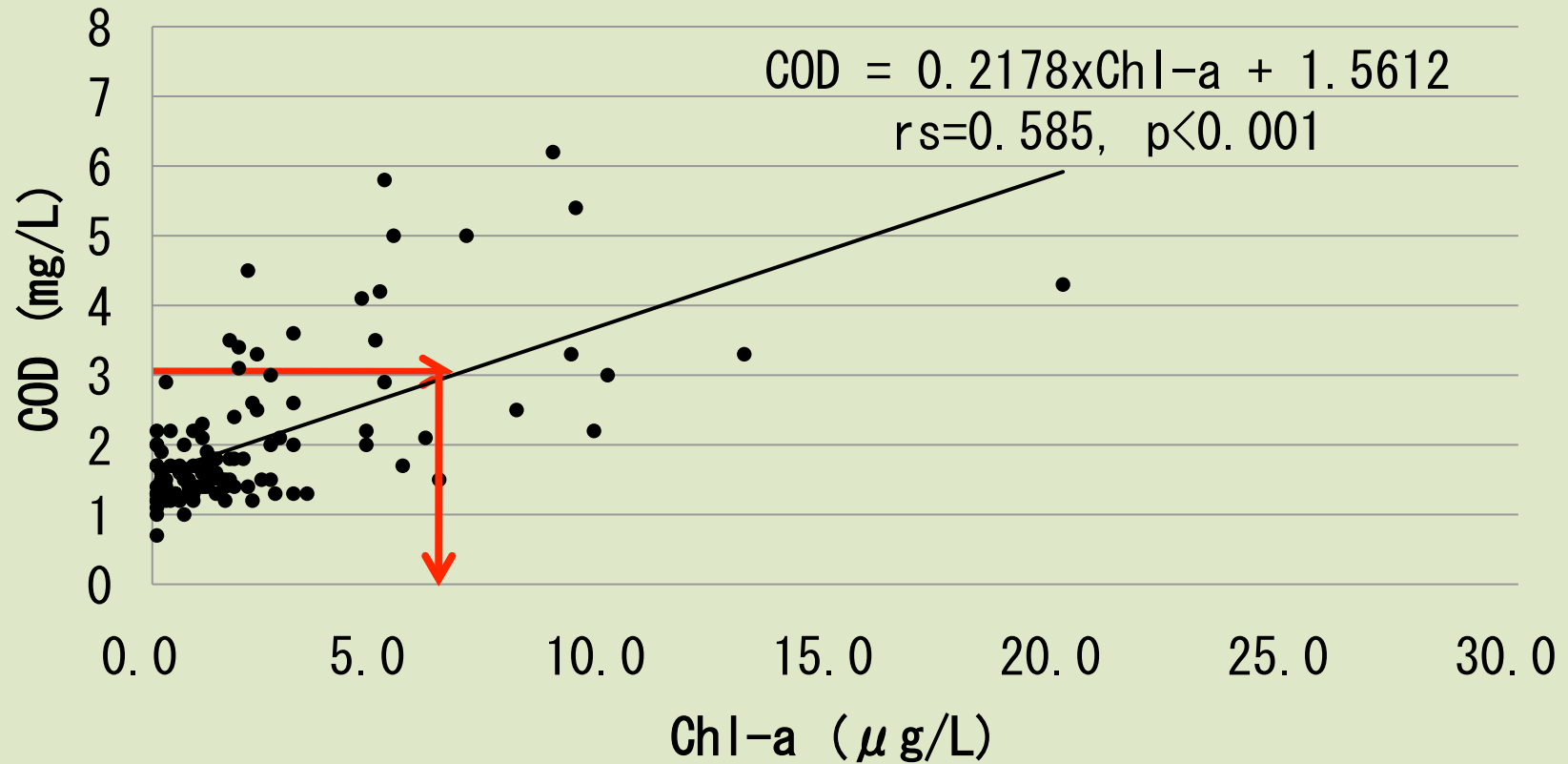
参照濃度（カテゴリⅡ）の提案

評価項目	参照濃度	備考
年間最大値 クロロフィルa 濃度	20 $\mu\text{g/L}$	Bricker <i>et al.</i> (2003)
年間平均値 クロロフィルa 濃度	6 $\mu\text{g/L}$	環境基準類型Bの COD値を満たす条件 から算出

クロロフィルa濃度による富栄養化の分類

- クロロフィルa濃度によって富栄養化を判定できる確立した方法はない。
- Bricker *et al.* (2003)を参照した。
 - Hypereutrophic ($>60 \mu\text{g/L}$)
 - High ($>20, \leq 60 \mu\text{g/L}$)
 - Medium ($>5, \leq 20 \mu\text{g/L}$)
 - Low ($>0, \leq 5 \mu\text{g/L}$)
- また、クロロフィルa濃度とCODの関係も参考にした。

富山湾におけるCOD_{Mn}とChl-aの関係

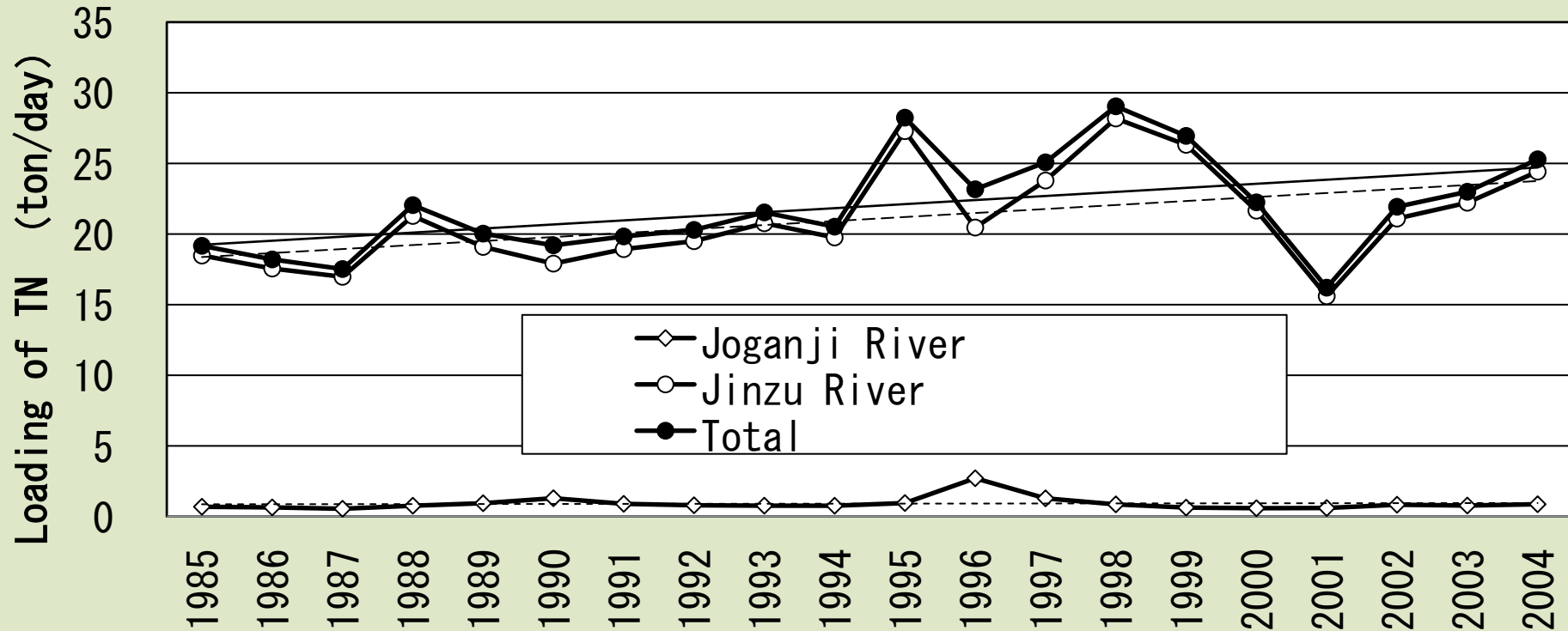


COD 3 mg/Lを満たすクロロフィルa濃度は
6.6 $\mu\text{g/L} \doteq 6\mu\text{g/L}$

トレンド検定の検定手法

- 富山湾ケーススタディで行われたトレンド検定は、データが正規分布することが仮定されていた(パラメトリック法)。
- 気象の分野などでは、トレンド検定にはノンパラメトリック法が適応されている。
- Mann-Kendall法とSen's slope法の導入を検討(Salmi, 2002)。

サブエリアBにおける河川流入負荷量 (TN)の推移(年間平均値)



TN負荷量のトレンド検定結果 (Mann-Kendall法)

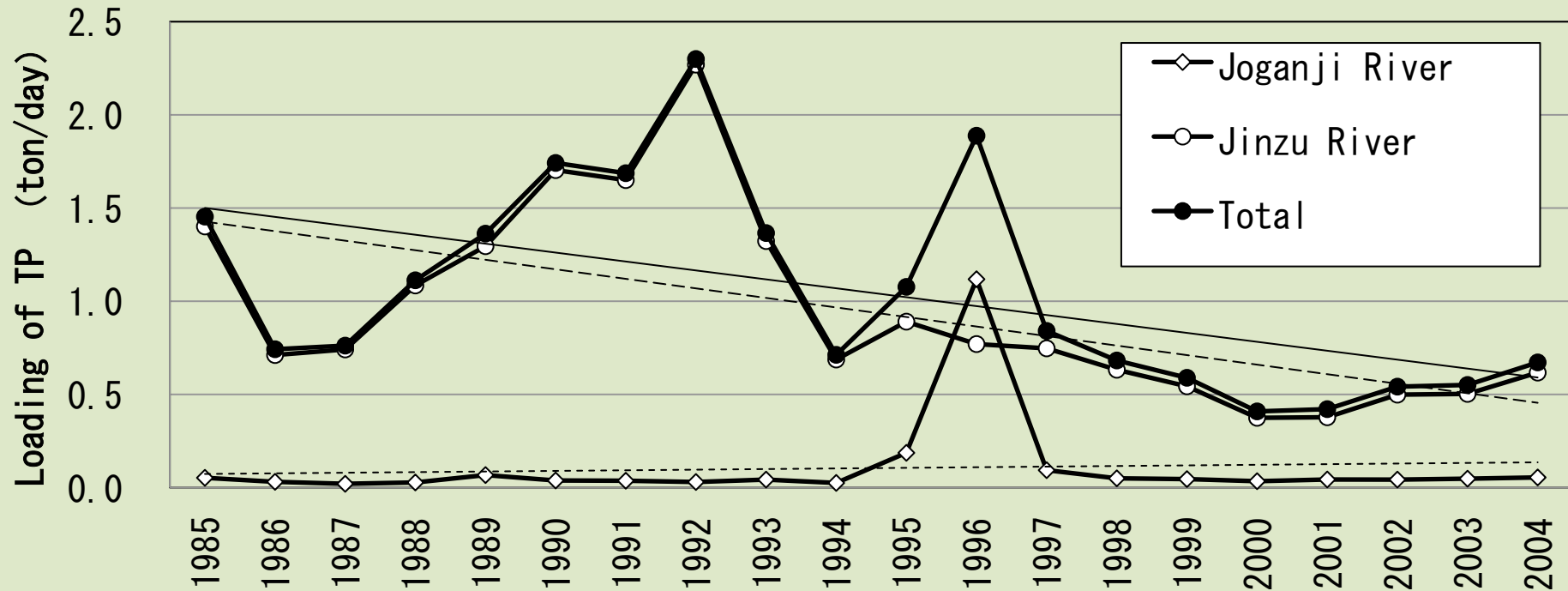
	Z test	有意差
Joganji River	0.29	なし
Jinzu Rivr	2.76	p<0.01
Total	2.76	p<0.01

神通川のTN負荷量は有意な増加傾向が認められた。

傾き(Q)と切片(B)及びそれらの95%信頼区 間の見積もり(Sen's slope法)

	Q	Q _{min95}	Q _{max95}	B	B _{min95}	B _{max95}
Joganji River	0.002	-0.017	0.018	0.77	0.96	0.63
Jinzu Rivr	0.288	0.145	0.471	17.41	18.75	16.15
Total	0.295	0.146	0.563	18.54	19.75	16.71

サブエリアBにおける河川流入負荷量 (TP)の推移(年間平均値)



TP負荷量のトレンド検定結果 (Mann-Kendall法)

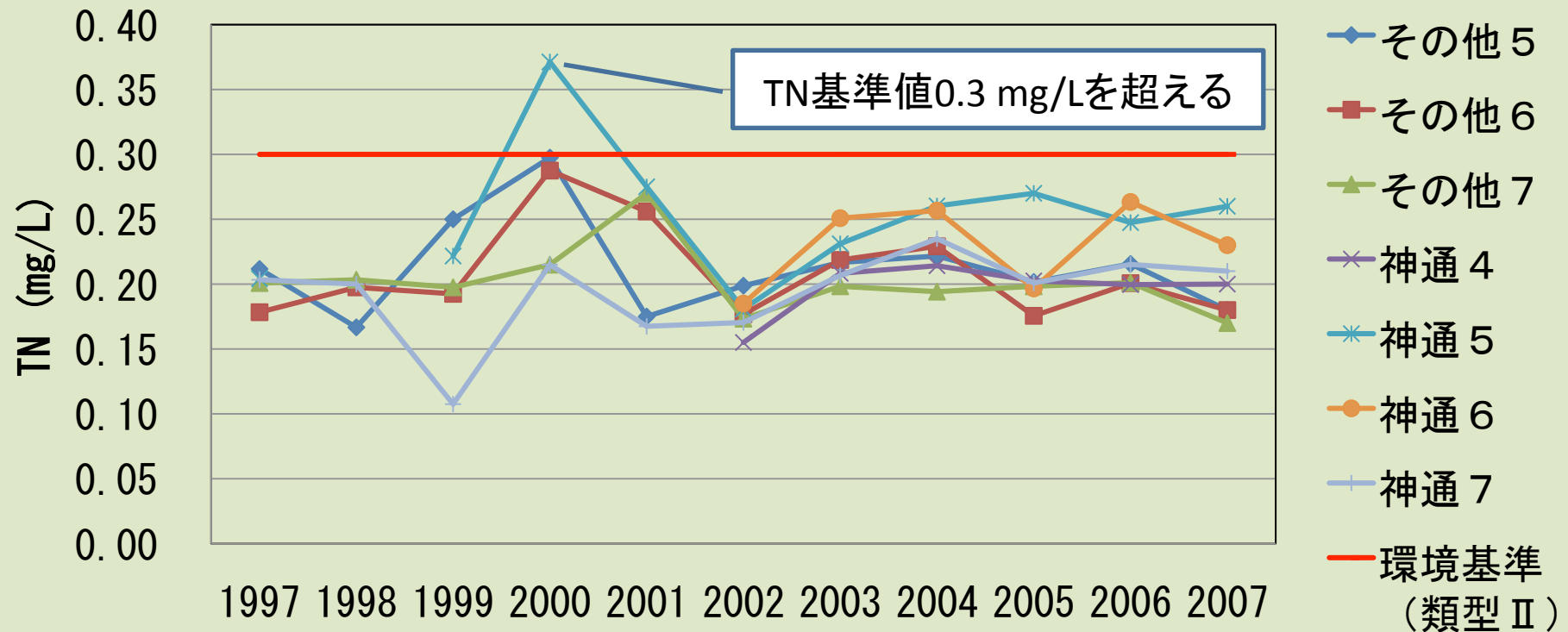
	Z test	有意差
Joganji River	1.33	なし
Jinzu Rivr	-3.08	p<0.01
Total	-2.63	p<0.01

神通川のTP負荷量は有意な減少傾向が認められた。

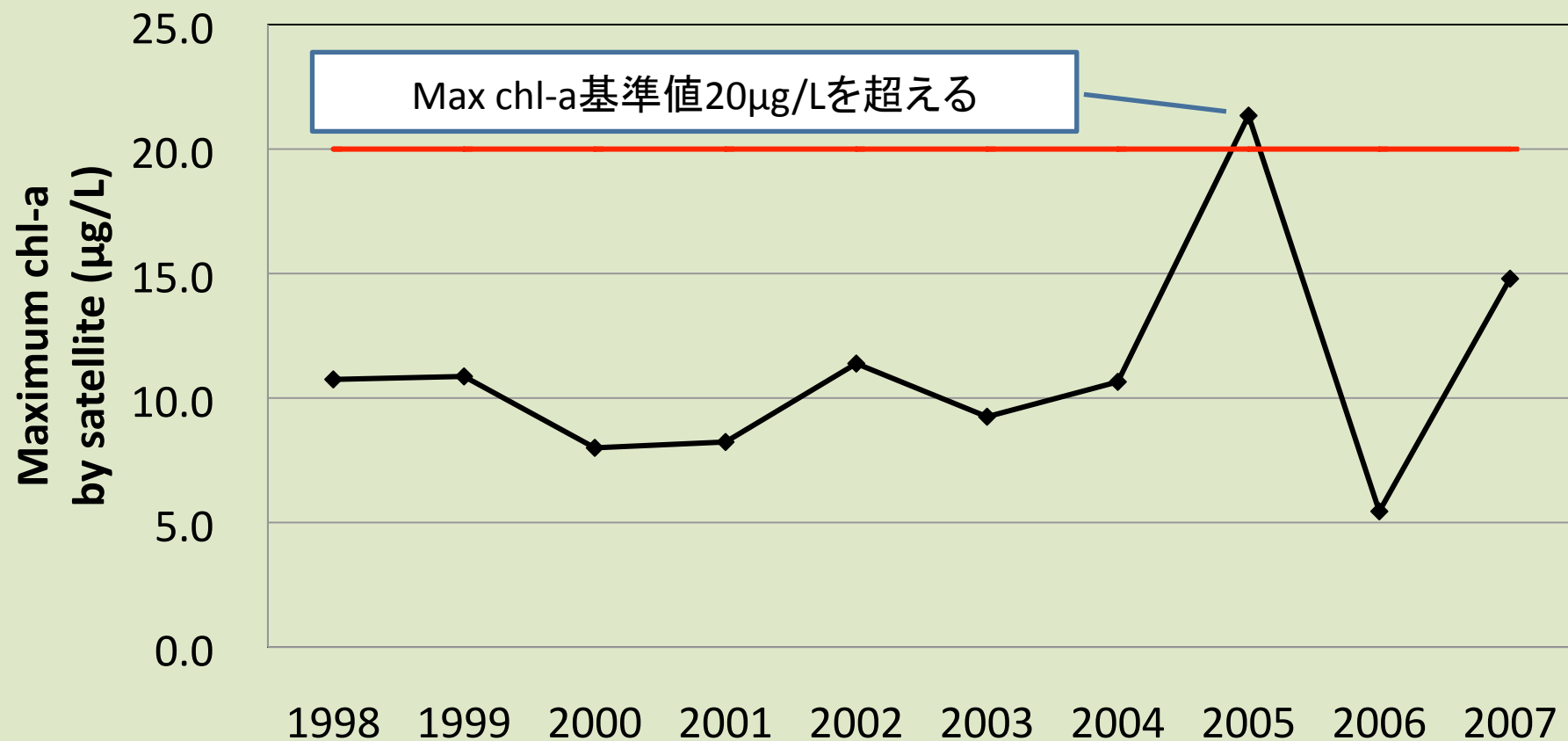
傾き(Q)と切片(B)及びそれらの95%信頼区 間の見積もり(Sen's slope法)

	Q	Q _{min95}	Q _{max95}	B	B _{min95}	B _{max95}
Joganji River	0.001	-0.001	0.002	0.03	0.05	0.02
Jinzu Rivr	-0.050	-0.080	-0.016	1.34	1.67	0.94
Total	-0.048	-0.088	-0.009	1.41	1.86	0.90

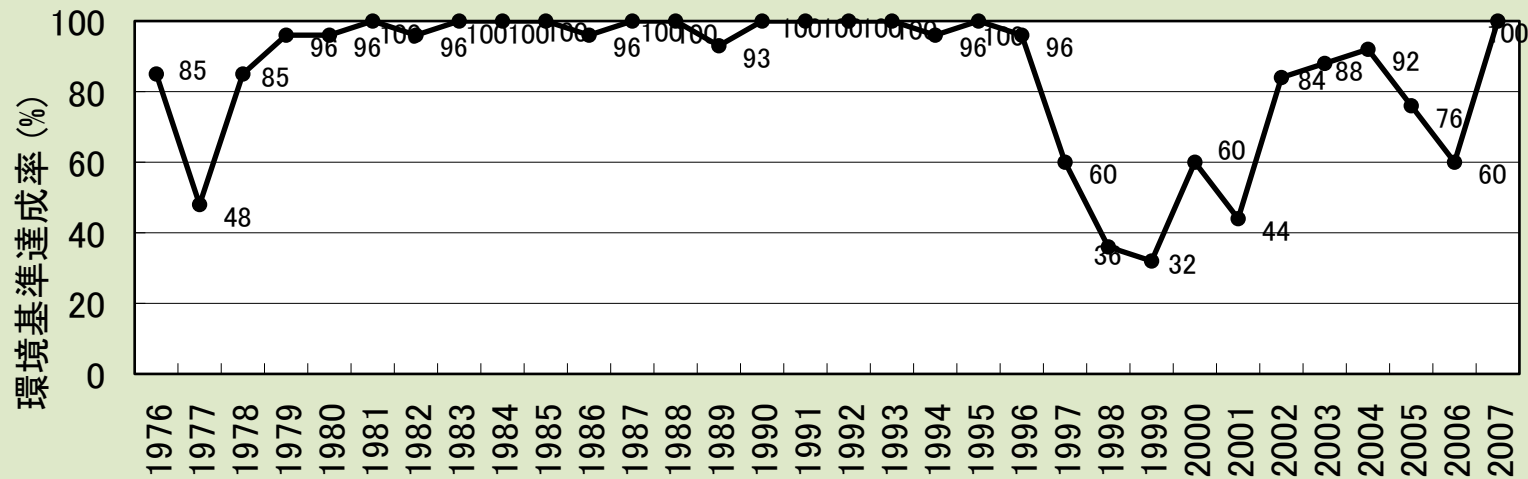
サブエリアBにおける全窒素(TN) の推移(年間平均値)



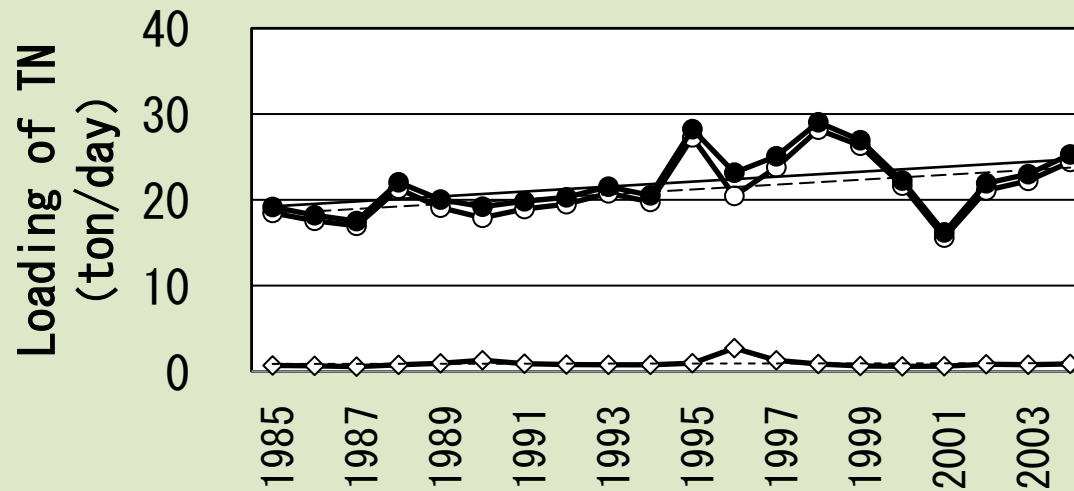
サブエリアBにおける衛星クロロフィルa の推移(年間最大値)



富山湾沿岸における水質環境基準 (COD)達成率とTN負荷量の推移



神通川からのTN負荷量の増加とともに富山湾沿岸におけるCOD環境基準達成率が低くなっている。



富山湾サブエリアBにおける評価結果

カテゴリ	評価項目	比較	有無	トレンド	項目判定	カテゴリ判定
I	①全窒素河川流入負荷量	×	×	増	I	HI
	②全リン河川流入負荷量	×	×	減	D	
	③全窒素	高	×	無	HN	
	④全リン	低	×	無	LN	
	⑤冬季DIN濃度	高	×	無	HN	
	⑥冬季DIP濃度	低	×	無	LN	
	⑦冬季DIN/DIP比	×	×	無	N	
II	⑧年間最大値クロロフィルa濃度（現場）	低	×	無	LN	HN
	⑨年間平均値クロロフィルa濃度（現場）	低	×	無	LN	
	⑩年間最大値クロロフィルa濃度（衛星）	高	×	無	HN	
	⑪年間平均値クロロフィルa濃度（衛星）	低	×	無	LN	
	⑫年間最大高クロロフィルa海域面積割合	×	×	無	N	
	⑬年間平均高クロロフィルa海域面積割合	×	×	無	N	
	⑭赤潮発生回数（珪藻類）	×	無	減	LD	
III	⑮溶存酸素量（DO）	高	×	減	LI	LI
	⑯魚の異常死発生件数	×	無	無	LN	
	⑰化学的酸素要求量（COD）	低	×	増	LI	
IV	⑱食中毒発生件数	×	無	無	LN	LN
	⑲赤潮発生回数（ヤコウチュウ）	×	無	無	LN	

富山湾サブエリアBの評価

- 栄養塩の増加の程度(カテゴリⅠ)
河川からの全窒素の負荷量が増加傾向にあり、冬季DINも濃度が高かった。窒素が多い。
- 栄養塩の増加の直接的影響(カテゴリⅡ)
現場観測では参照濃度を超えることはなかったが、衛星クロロフィルaが20 $\mu\text{g}/\text{L}$ を超えることがあった。
- 栄養塩の増加の間接的影響(カテゴリⅢ)
溶存酸素量の減少傾向とCODの増加傾向が認められた。
- その他の可能性のある影響(カテゴリⅣ)
特になし。

今後の予定

- NOWPAP参加国で、NOWPAP富栄養化手順書の試行を行う。

2010-2011計画

日本：九州北西部海域

中国：長江河口および周辺海域

韓国：Jinhae湾

ロシア：ピーター大帝湾

- 手順書の見直しとともに評価対象海域を拡大する。

文献

Bricker, S. B., J. G. Ferreira and T. Simas (2003) An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status. Ecological Modelling, 169, 39-60.

NOWPAP CEARAC (2009) Procedures for assessment of eutrophication status including evaluation of land-based sources of nutrients for the NOWPAP region. 1-12.

OSPAR (2005) Common procedure for the identification of the eutrophication status of the OSPAR maritime area. 1-36.

Salmi, T., A. Maatta, P. Anttila, T. Ruono-Airola, T. Amnell (2002) Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates -The Excel template application MAKESENS. Finnish Meteorological Institute, Helsinki.

財団法人環日本海環境協力センター(2009)平成20年度環境省
請負業務北西太平洋地域海行動計画活動推進事業
NOWPAP富栄養化状況評価手順書作成に係る富山湾における
ケーススタディ報告書