

# 特定非営利活動法人有明海再生機構

## 有明海環境Q&A

### Q10. 栄養塩の流入・有機物の流入

Q10-1. 栄養塩とは何ですか？

Q10-2. 有機物にはどのようなものがありますか？

Q10-3. 汚濁負荷、流入負荷、直接負荷、排出負荷など、多くの「負荷」が使われていますが、違いを教えてください。

Q10-4. 陸地からの流入汚濁負荷量はどのように変化していますか？

Q10-5. 有明海に流入する汚濁負荷の発生源別(排出負荷量)の構成はどのような割合ですか？

Q10-6. 有明海に流入する汚濁負荷で陸域からの流入負荷量と降雨、底泥からの溶出などの直接負荷の割合はどれくらいですか？

Q10-7. 原単位法、L-Q法とは何ですか？

## Q10：栄養塩や有機物の流入

### Q10-1：栄養塩とは何ですか？

A10-1：植物プランクトンの栄養源となる窒素やリンを総称して栄養塩と呼びます。窒素とリンの大量流入は赤潮の原因にもなりますので、栄養塩は水質汚濁物質としても扱われます。

生態系の基礎となる植物プランクトンの生育に必要な栄養は、窒素とリンとケイ素及び微量元素類です。塩（えん）は水溶液中ではイオンの状態で存在し、植物プランクトンあるいは植物が栄養として吸収する時はイオンの形で取り込むため、プランクトンの生育に必要な栄養を栄養塩と呼びます。農業で栄養として必要なカリウムは海水中に豊富に存在するため、栄養源には含まれません。

公共用水域水質の汚濁物質を定めた一覧表には、湖沼や内湾などの閉鎖性水域の、富栄養化の指標として全窒素 (T-N)・全リン (T-P) が用いることが記載されています。

全窒素 (T-N) は、窒素を含む全化合物を示し、アンモニウム態窒素 ( $\text{NH}_4\text{-N}$ )、亜硝酸態窒素 ( $\text{NO}_2\text{-N}$ )、硝酸態窒素 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) などの無機態窒素と、人間などの生活廃棄物などに含まれるアミノ態、蛋白態などの含窒素有機化合物、その他工場排水中に含まれる含窒素有機化合物などの有機態窒素の 2 種類に分類できます。

全リン (T-P) は、リンを含む全化合物を示し、排水中のリン化合物は有機態リン、無機態リンの二つの形態に大別することができます。工場排水及び天然水中のリン化合物の挙動は極めて複雑で水中の微生物活動及び化学的作用を受けて、リン化合物の形態は変化しやすく、最終的には酸化及び加水分解を受けてオルトリン酸塩になり、溶解状態または懸濁状態で存在します。

### 富栄養化

海水に窒素やリン等の栄養塩が大量流入した状態です。その結果、赤潮の発生等に代表されるような海水の環境悪化が引き起こされます。

参照：国土交通省 中国地方整備局 太田川河川事務所 水質用語の解説

有明海再生機構 シンポジウム有明海における貧酸素水塊の発生と対応 (2007)

環境省有明海八代海総合調査評価委員会報告書 (2006)

赤潮 Q8-1 参照

Q10-2：有機物にはどのようなものがありますか。

A10-2：海中には陸域で生育し流れ込んできた陸生の有機物と、日光と炭酸ガスと栄養塩を用いて海中で生育した海生の有機物の両方が存在しています。

海中には陸域で生育し流れ込んできた陸生の有機物と、日光と炭酸ガスと栄養塩を用いて海中で生育した海生の有機物の両方が存在しています。有明海に存在する有機物のほとんどは、有明海で生まれたプランクトン由来のものです。

海中の有機物は、海中、泥中の微生物の働きにより無機化されますが、生産された有機炭素が分解無機化を受けるまでの間に、かなりの比率の有機炭素がいったん「非生物態有機炭素」の状態（生きている生物のバイオマスを構成しない有機物：広義のデトライタス）を経由します。非生物態有機物は、沈降して堆積物中に蓄積されている堆積物態有機物 (sedimentary organic matter; SOM)、不溶性の粒子の状態では水中に漂っている懸濁態有機物 (particulate organic matter; POM)、海水中に溶けた状態で存在する溶存態有機物 (dissolved organic matter; DOM) の3態に大別されます

参考：東京大学大気海洋研究所海洋化学部門 HP

Q10-3：汚濁負荷、流入負荷、直接負荷、排出負荷など、多くの「負荷」が使われていますが、違いを教えてください。

A10-3：富栄養化の要因となる汚濁負荷がどのような発生源によるかで使い分けています。

川や海に尿尿や台所からの排水や家畜の排水、森の腐植土を通った水に含まれる有機物汚れが大量に流入すると、川の水は濁り、底泥から腐卵臭がするなど、環境が悪化します。また、流入する水に窒素やリンなどの栄養塩を多く含んでいると、植物プランクトンの異常増殖（赤潮）の原因となり、環境を悪化します。これら有機物や栄養塩を汚濁負荷と呼び、有明海のような閉鎖性海域では、有機物汚濁を示す化学的酸素要求量 (Chemical Oxygen Demand：COD) と、栄養塩汚濁を示す全窒素 (T-N)・全リン (T-P) を用います。このように大量の汚濁負荷は海水の富栄養化（環境悪化）に繋がります。

汚濁負荷としては、陸地（河川）から流れ込む流入負荷と、直接海域へ流入する降雨、ノリ養殖、魚類養殖、底質からの溶出等を含めた直接負荷に分かれます。

また、汚濁負荷を発生源別に分けて表した値を排出負荷量といい、生活系、自然系、畜産系、産業系といった種類に分けられています。生活系は我々が日常生活で排出する台所排水、下水排水などで、自然系は森の落葉が腐食し、降雨で流されて供給されるもの、畜産系は畜産の尿尿などから出る汚れ、産業系は工場排水などから供給される汚濁を指しています。

参考：水産白書 H18/2006 年

有明海八代海総合調査評価委員会報告書 (2006)

赤潮 Q8-1 参照

Q10-4：陸地からの流入汚濁負荷量はどのように変化していますか？

A10-4:有機物汚濁 COD はほぼ横ばいで、栄養塩汚濁負荷量全窒素 (T-N)、全リン (T-P) は近年、減少傾向にあります。

有明海に流入する河川の中では筑後川流域からの流入負荷量が最も多く、全体の20%～30%を占めています。1975年から1985年の10年間に比べると、近年の全窒素(T-N)・全リン(T-P)の値は、15%から20%程度減少しています。

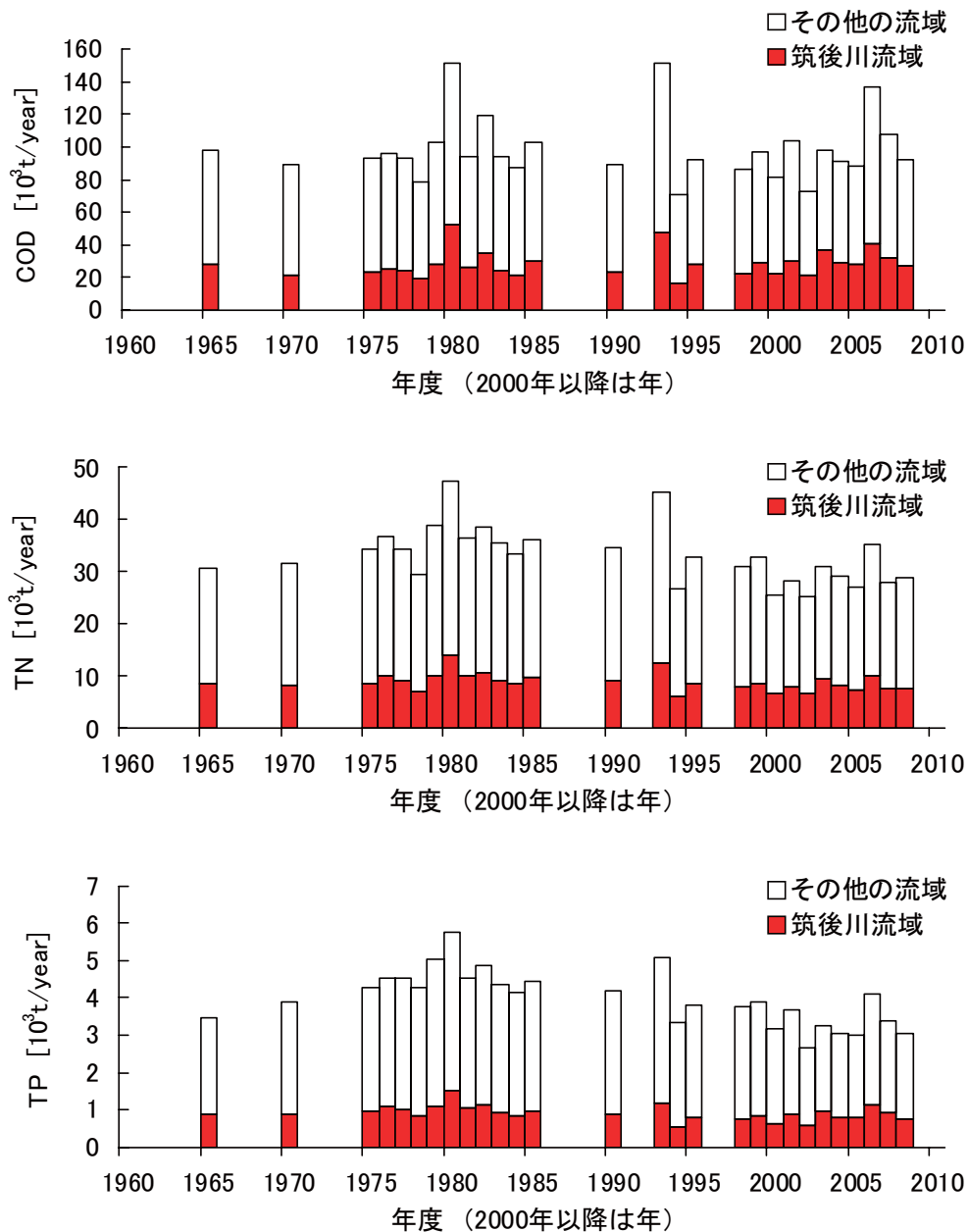


図 10-4.1 有明海への流入負荷量の変遷 (COD,T-N,T-P)

出典：有明海再生機構平成 21 年度干潟・浅海域における底質の物質循環調査に関する研究 (2009)

Q10-5：有明海に流入する汚濁負荷の発生源別（排出負荷量）の構成はどのような割合ですか？

A10-5：発生源別にみると、CODは自然系の割合が多く、全窒素(T-N)は近年畜産家の割合が増加傾向にあります。排出負荷量全体としては、減少傾向にあります。

有明海に流入する汚濁負荷の排出源別（排出負荷量）の割合を見てみましょう。有明海の海中には人間の関与がなくてもリンは一定以上存在しているのので、汚濁負荷量としては炭素汚れを示すCODと栄養塩の支配因子となる窒素の発生源別構成を注目する必要があります。

発生源別にみると、CODは自然系（60～70％）で、生活系が20％程度、産業系及び畜産系の割合はそれぞれ数％程度で、自然系が非常に多いのが特徴です。T-Nは産業系の割合が高かったのですが、平成10年度以降は10％程度と減少傾向にあります。他方、畜産系の割合は増加傾向にあります（25％程度）。排出負荷量は、昭和50年代に高い傾向がみられましたが、その後、CODは生活系と産業系、T-N、T-P（全リン）は産業系の減少に伴い、減少傾向にあります。

有明海の排出負荷量は排出量規制、下水道の整備等で削減が可能な産業系と生活系の割合が少ないので、汚濁負荷の削減で富栄養化を防止する対策は取りにくい状況にあります。また、窒素はノリの養殖に利用され、栄養塩不足でノリの色落ち被害が発生することを考えると、窒素の削減を対策に採用することも検討が必要となる。

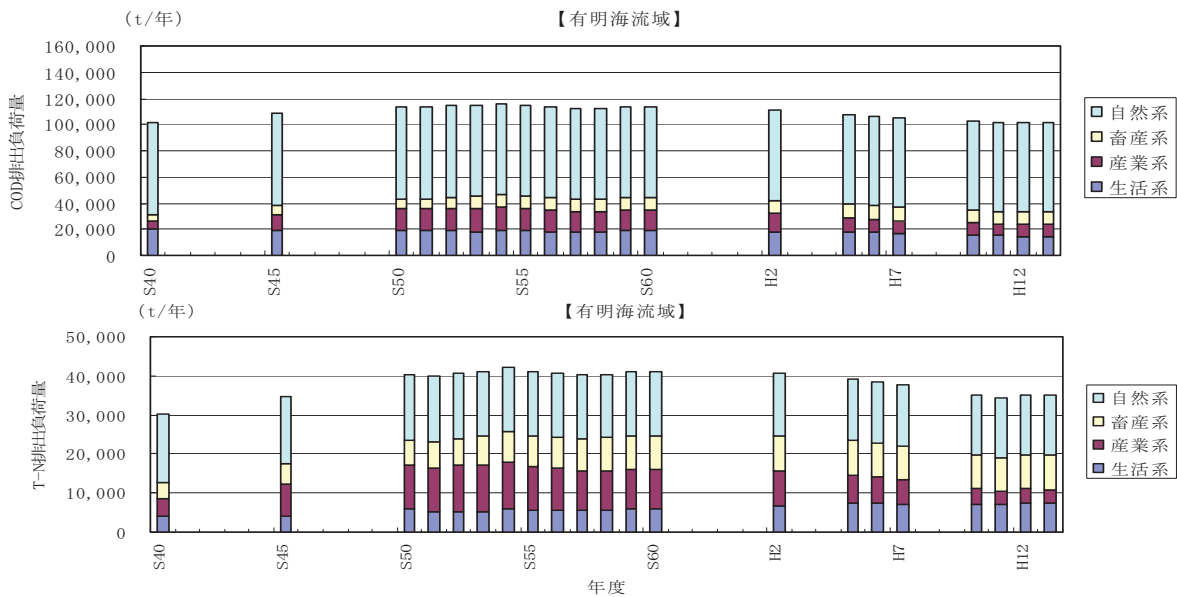


図 10-5.1 有明海の排出負荷量 (COD、T-N) の変遷

出典：環境省有明海・八代海総合調査評価委員会報告書 (2006)

Q10-6：有明海に流入する汚濁負荷で陸域からの流入負荷量と降雨、底泥からの溶出などの直接負荷の割合はどれくらいですか？

A10-6：陸域からの流入負荷が COD と全リン (T-P) で全体の 9 割以上、全窒素 (T-N) では全体の 70～75% を占めています。

陸域からの流入負荷に加え、降雨、ノリ養殖、魚類養殖、底質からの溶出を含めた海域への汚濁負荷量を試算したところ、以下の結果がでています。

- 陸域からの流入負荷が COD と T-P で全体の 9 割以上、T-N では全体の 70～75% を占めています。
- 底質からの溶出は、T-N では全体の 1～2 割程度 (最小値～最大値)、T-P では全体の 7～9% です。
- 降雨の負荷は、COD と T-N で全体の 5～8%、T-P で 1～2% を占めています。
- ノリ養殖 (近年) の負荷は、T-P では全体の 1～2%、T-N では 1% 未満、魚類養殖の負荷 (T-N、T-P) も全体の 1% 未満です。
- 有明海への直接負荷を含めた汚濁負荷については、陸域からの流入負荷量とほぼ同じ傾向にあり、昭和 50 年代に高く、その後は減少傾向にあります。

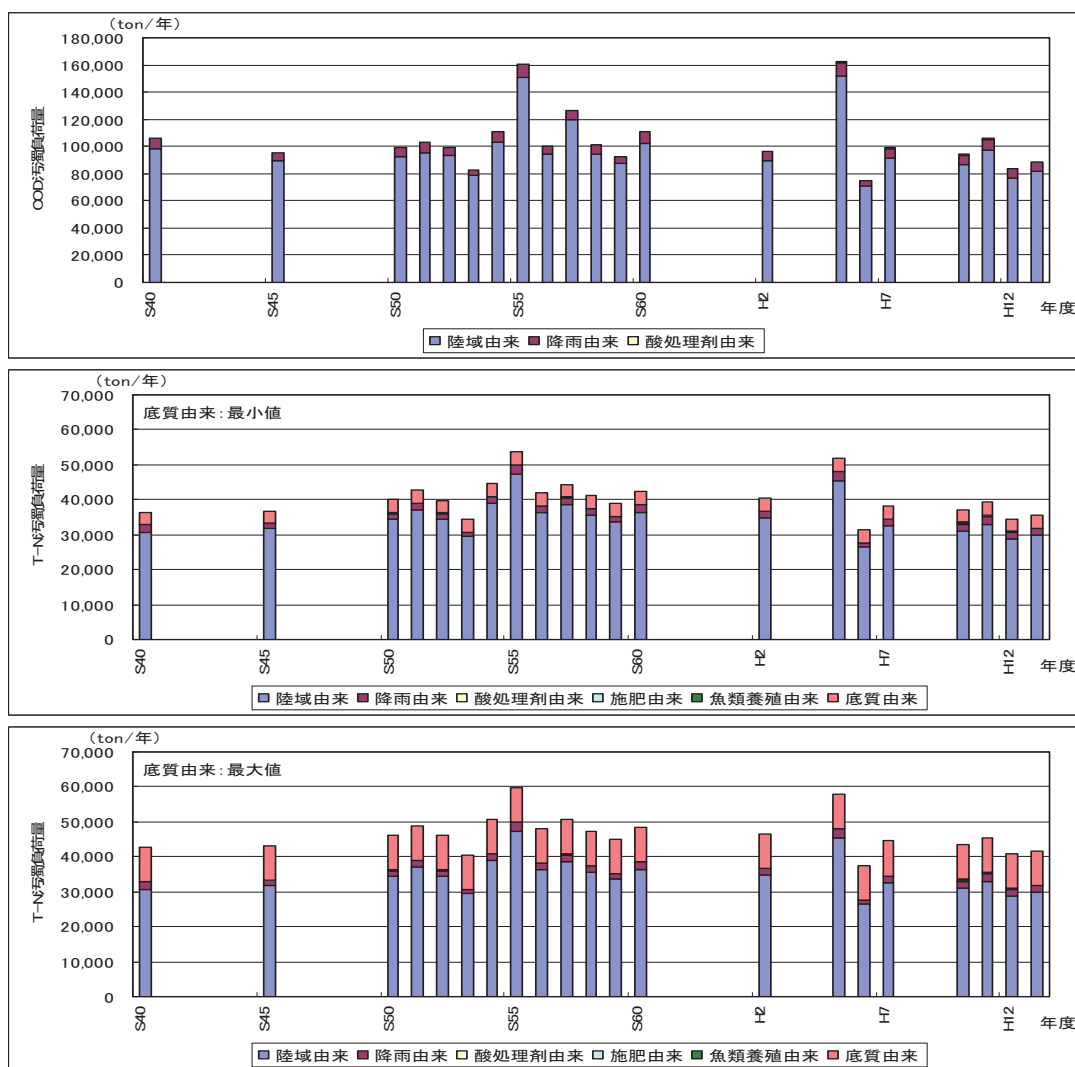


図 10-6.1 有明海への直接負荷を含めた汚濁負荷量 (COD、T-N)

出典：環境省有明海・八代海総合調査評価委員会報告書 (2006)

## Q10-7：原単位法、L-Q 法とは何ですか？

A10-7：有明海にどの程度の汚濁負荷が流入するかを算定するための負荷量算定手法です。

汚濁負荷の流入量を算定する方法としては大きく分けて 2 つの方法があります。一つは汚濁を発生源ごとに発生量を測定または予測し、自然浄化や污水处理などで減少する量を差し引いて発生量を計算する方法で、実測と原単位法を組み合わせた算定手法です。

もう一つは、河川ごとに定めた基準点ごとに COD や T-N(全窒素)などの環境因子の流出量と河川流量との関係を求めておき、河川流出量より環境因子の流出量を求める方法で、L-Q 法と呼ばれます。

### 汚濁負荷発生原単位

大規模工場などの大発生源は、実際に汚濁負荷発生量を測定しますが、他の小規模な事業所や家庭排水などといった、個々にそれほど大きな差がないと考えられるものについては、文献値や過去の調査事例を参考して得られた各発生源からの汚濁負荷発生量をそれぞれの項目ごとに単位あたりの発生量として整理します。期間は 1 日、または 1 年とするのが普通で、これを「汚濁負荷発生原単位 (pollutant load factor)」と呼びます。

人起源 COD	29.3[ g / 人 / 日 ]
牛起源 COD	530[ g / 頭 / 日 ]
豚起源 COD	130[ g / 頭 / 日 ]

表 10-7.1 汚濁負荷発生原単位例 (環境省 (旧) 基準)

出典：環境アセスメントの技術 (社) 環境情報科学センター編 (1999)

上記の汚濁負荷発生原単位にくわえて、排出地点から水系の流入地点まで到達するまでの過程ではたらく自然浄化率 (流出率: run-off ratio) や、各種の排水処理設備による浄化率 (排出率) などを考慮に入れて算定したものが汚濁負荷流入原単位です。環境庁 (旧) が定めている人起源の COD 発生原単位 29.3 [g/人/day] が、浄化などにより 1/10 に減少したとすると 2.93 [g/人/day] を人起源の COD 流入原単位ということになります。

### L-Q 法

河川ごとに定められている基準点における各因子の濃度 (L) と流出量 (Q) との関係を観測値から予め求めておき、基準点の流量を測定することにより、各項目の流出量を求める方法です。

L-Q 式は次のような指数関数式で与えられます。

$$L = C Q^n \quad (L: \text{物質負荷量 (g/s)} \quad Q: \text{流量 (m}^3\text{/s)} \quad C, n: \text{定数})$$



佐賀大学有明海総合研究プロジェクト最終報告書に、各河川ごとのL-Q式に用いる各係数が与えられています。

	筑後川瀬の下			緑川城南			白川代継橋			牛津川妙見橋		
	C	n	R	C	n	R	C	n	R	C	n	R
SS	0.0497	2.14	0.91	0.28	2.08	0.98	1.2	2.02	0.98	1.57	1.85	0.95
TCOD	0.009	1.99	0.94	0.53	1.52	0.98	0.519	1.73	0.97	0.888	1.5	0.97
TOC				0.0874	1.73	0.97	0.0969	1.88	0.98			
POC	0.00153	2.14	0.91	0.00674	2.08	0.98	0.0249	2.15	0.98	0.04	1.85	0.95
DOC				1.23	1.03	0.98	0.266	1.12	0.71			
TN	0.345	1.22	0.97	0.483	1.16	0.97	0.637	1.27	0.98	0.912	1.19	0.99
PN	0.000647	1.91	0.94	0.0005	2.08	0.93	0.00832	1.93	0.99	0.00397	1.85	0.95
DN	1.65	0.93	0.99	1.53	0.85	0.98	3.02	0.79	0.98	1.11	1.12	1
DON	0.224	0.98	0.88	0.264	1.05	0.96	0.283	0.88	0.98	0.201	1.07	0.93
DIN	1.71	0.88	0.94	0.734	1	1	2.81	0.77	0.98	1.25	0.95	0.99
NH4-N	0.0367	0.72	0.44	0.0471	1.12	0.69	0.000559	1.05	0.9	0.0833	0.78	0.6
NO2-N	0.00902	0.99	0.76	0.064	0.69	0.64	0.00117	1.11	0.89	0.0219	0.81	0.83
NO3-N	1.47	0.9	0.94	1.81	0.92	0.95	1.3	0.99	1	0.801	1.31	0.95
TP	0.00167	1.72	0.96	0.00462	1.66	0.98	0.0232	1.59	0.98	0.0213	1.52	0.97
PP	0.00122	1.73	0.96	0.00038	2.05	0.94	0.00515	1.88	0.99	0.00162	1.85	0.95
DP	0.0937	0.83	0.8	0.0534	0.95	0.91	0.0874	0.84	0.9	0.0288	1.35	0.98
DRP	0.0997	0.65	0.46	0.0203	1.03	0.97	0.158	0.61	0.76			
TRP	0.00134	1.61	0.92							0.0196	1.38	0.99
SiO2-Si	23.6	0.86	0.96	16.4	0.87	1	54.2	0.67	0.98	8.29	0.9	0.99

表 10-7.2 L-Q 式係数の算出結果 (L=CQ<sup>n</sup>、R：相関関数)

出典：佐賀大学有明海総合研究プロジェクト最終報告書 (2010)

ちなみに、筑後川瀬の下地点における全窒素のL-Q関係図は下図のように与えられます。

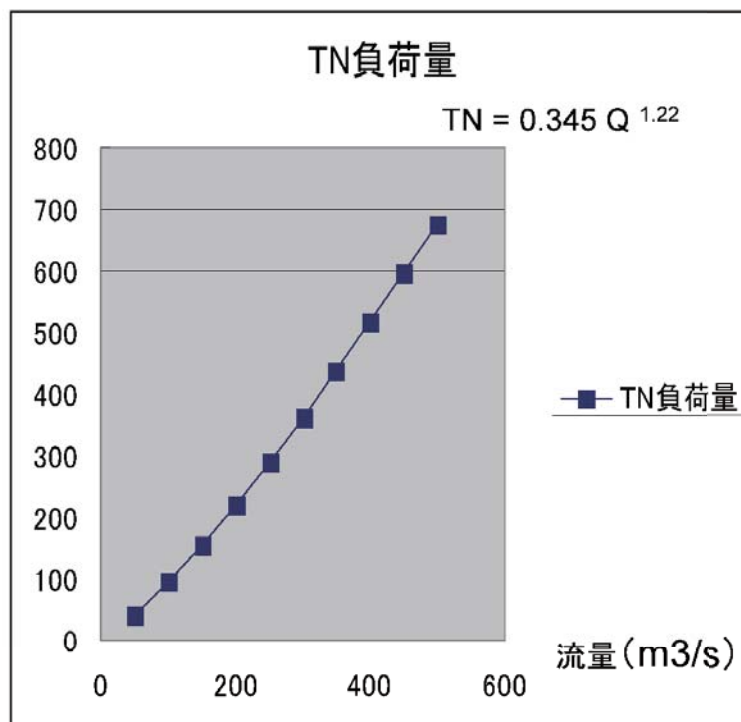


図 10-7.1 TN 負荷量

出典：佐賀大学有明海総合研究プロジェクト最終報告書 (2010)