

## 第3章 オニヒトデ大量発生メカニズムの解明に関する調査研究業務

### 1. 水質モニタリング（栄養塩濃度およびクロロフィル調査）

金城孝一（沖縄県衛生環境研究所）・山川英治（沖縄県環境科学センター）

#### 1-1. 目的

既往の研究から、オニヒトデの大量発生は初期生活史（浮遊幼生期および稚ヒトデ期）における生残率が高まることにより起きるとされ、生残率に影響を与えている要因として餌料としての植物プランクトン密度を示す Chlorophyll *a* 量が挙げられる。オニヒトデの分布密度が慢性的に高い恩納村を中心に、沖縄本島西海岸を調査対象として定期的な水質モニタリングを実施することで、オニヒトデの繁殖期に Chlorophyll *a* 量が相対的に高くなりやすいかどうか、そして、Chlorophyll *a* 量が幼生の生残を支えるために十分であるかどうかモニタリングすることを目的とした。また、Chlorophyll *a* 量や水質の変動をモニタリング調査によって把握し、沖縄県におけるオニヒトデ大量発生要因としての重要性を評価することを目的とする。

#### 1-2. 調査方法

##### 1-2-1. 採水方法（採水地点や日程等）

今年度（平成 29 年度）も昨年度（平成 28 年度以前）までとほぼ同様に、オニヒトデ幼生の餌となる植物プランクトンを増殖させる栄養塩濃度（窒素やリン）および、Chlorophyll *a* 量等の水質モニタリング調査を計画および実施した。表 3-1-1 および表 3-1-2 に今年度のモニタリング実施状況をまとめる。昨年度まで実施してきた多項目水質計（CTD）による観測について、今年度は行わなかった。

##### （1）採水地点

調査地点は、過年度の調査地点と同じ沖縄本島西海岸（那覇～名護）の 15 地点である（図 3-1-1）。さらに過年度のモニタリング結果から、栄養塩類および Chlorophyll *a* が陸域由来であることが示唆されていることから、陸域由来であることを検証するため、また土地利用等の違いが水質に及ぼす影響を確認するため、今年度は新たに河川水のサンプリングを計画し実施した。調査地点は、海域のモニタリング調査地点および土地利用の違いを考慮し、沖縄本島西海岸（国頭村～浦添市）の 15 河川（支川を含む）、21 地点において調査を実施した（図 3-1-1 および図 3-1-2）。

##### （2）採水計画

今年度の調査時期は、オニヒトデ幼生が浮遊している時期に合わせ、6 月末および 7 月初旬の 2 回とし、1 回目のサンプリングを 6 月 29 日および 7 月 1 日、2 回目のサンプリングを 7 月 11 日から 12 日にそれぞれ実施し、計画どおりに終了した。河川水の採水は、1 回目の海域調査に合わせ 6 月 26 日および 28 日に実施した。

表3-1-1. 海域におけるサンプリング実施状況(○印はサンプリングを実施したことを示す).

|        | 採水1回目 |     | 採水2回目 |      |
|--------|-------|-----|-------|------|
|        | 6/29  | 7/1 | 7/11  | 7/12 |
| 名護湾5   |       | ○   |       | ○    |
| 残波-名護湾 |       | ○   |       | ○    |
| 伊武部    |       | ○   |       | ○    |
| みゆきビーチ |       | ○   |       | ○    |
| 万座北    |       | ○   |       | ○    |
| 前兼久    |       | ○   |       | ○    |
| 塩谷     | ○     |     | ○     |      |
| 長浜     | ○     |     | ○     |      |
| 残波     | ○     |     | ○     |      |
| 比謝川    | ○     |     | ○     |      |
| 那覇-残波  | ○     |     | ○     |      |
| 北谷     | ○     |     | ○     |      |
| 伊佐(沖)  | ○     |     | ○     |      |
| マリーナ沖  | ○     |     | ○     |      |
| 那覇港3   | ○     |     | ○     |      |
|        | 9地点   | 6地点 | 9地点   | 6地点  |

表3-1-2. 河川におけるサンプリング実施状況(○印はサンプリングを実施したことを示す).

| 地点名      | 調査日  |      |
|----------|------|------|
|          | 6/26 | 6/28 |
| 真謝福地川(北) | ○    |      |
| 真謝福地川(南) | ○    |      |
| 名嘉真川(北)  | ○    |      |
| 名嘉真川(南)  | ○    |      |
| 安富祖川     | ○    |      |
| 宇地泊川     | ○    |      |
| 牧港川      | ○    |      |
| 比謝川      | ○    |      |
| 垂川       | ○    |      |
| 長浜川      | ○    |      |
| 当袋川      | ○    |      |
| 新川       | ○    |      |
| 辺野喜川     |      | ○    |
| 与那川      |      | ○    |
| 奥間比地川(北) |      | ○    |
| 奥間比地川(南) |      | ○    |
| 田嘉里川     |      | ○    |
| 饒波川      |      | ○    |
| 平南川      |      | ○    |
| 源河川(北)   |      | ○    |
| 源河川(南)   |      | ○    |
|          | 12地点 | 9地点  |

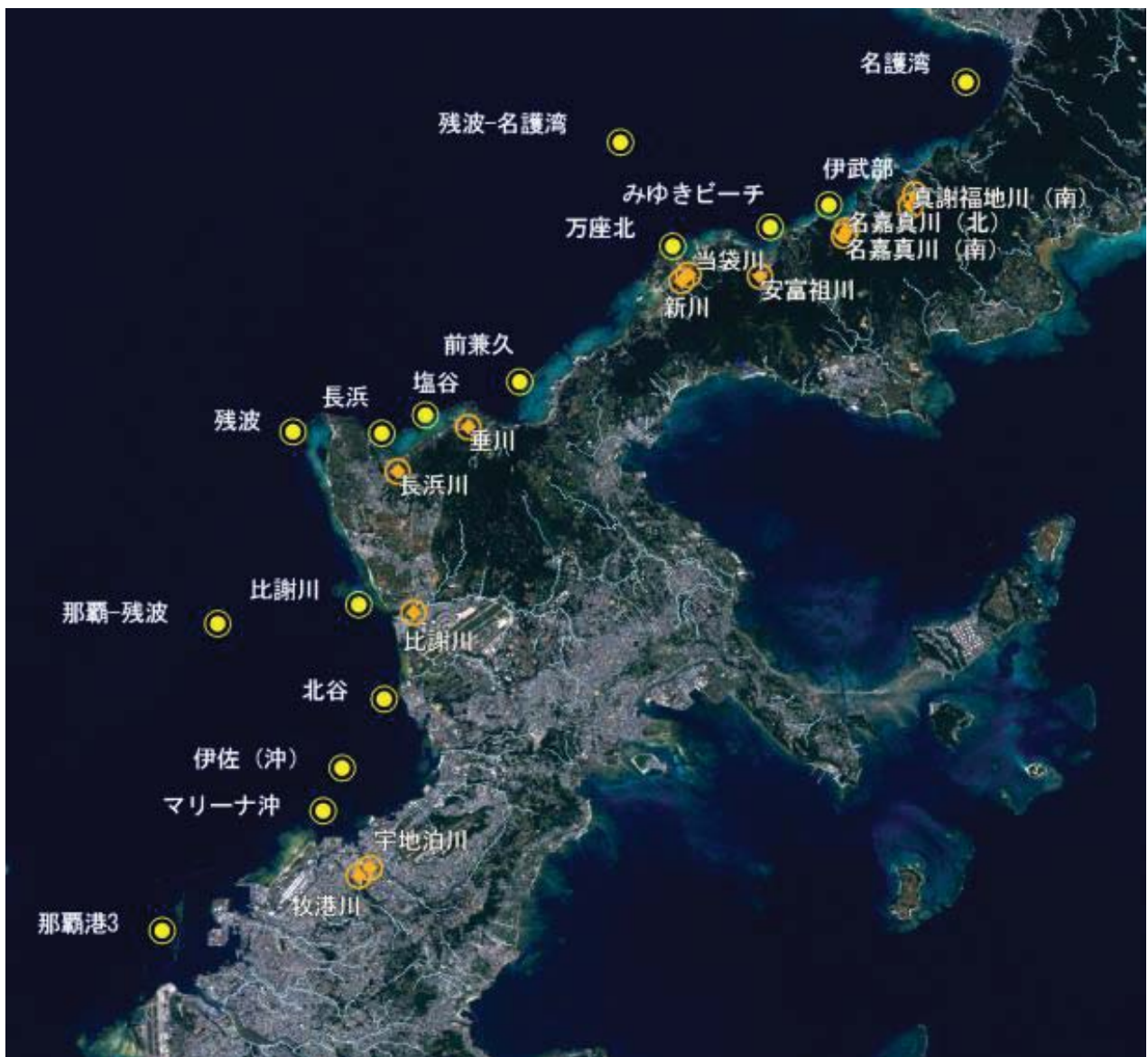


図3-1-1. 今年度(H29)の調査地点. 黄色は海域における調査地点を示し、橙色は河川における調査地点をそれぞれ示す.

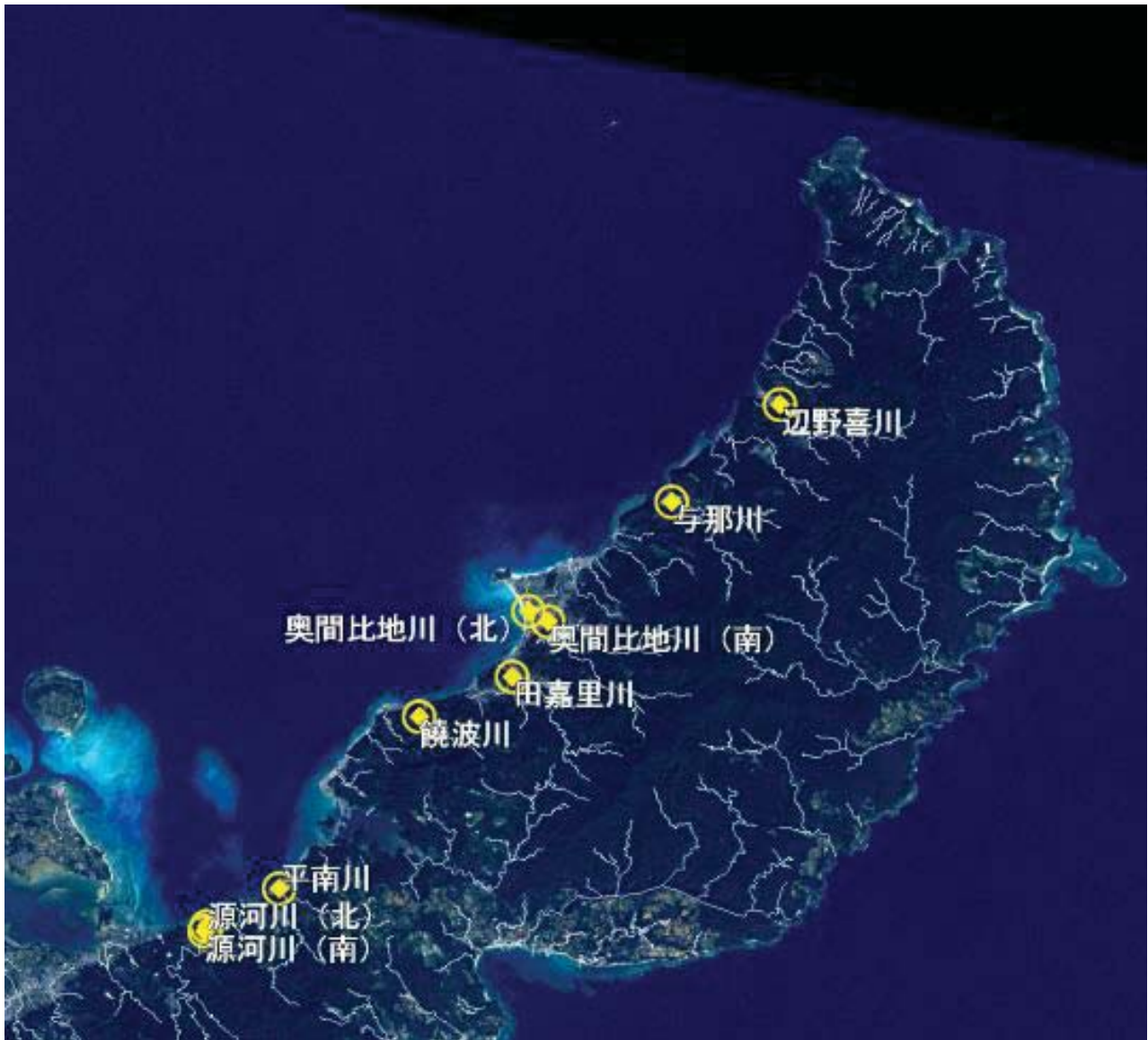


図3-1-2. 今年度(H29)の調査地点(その2). 黄色は海域における調査地点を示し、橙色は河川における調査地点をそれぞれ示す.

### (3) 採水方法

採水方法は以下の①～⑥の手順で行った（図3-1-3）。

- ①船上から表層の海水をバケツで採水した。木の葉やビニールなど異物があれば取り除き、共洗いを2～3回行った。
- ②バケツで採水した海水は、共洗い後、500ml ガラス瓶とメスシリンダー、1L のポリ容器に移した。
- ③バケツから 500ml ガラス瓶に移し入れた海水は、各地点のラベルを張り、保冷剤入りのクーラーボックスで保管した（無濾過海水）。
- ④メスシリンダーに移した海水は 47mm 径のメンブレンフィルター（0.45 $\mu$ m）でろ過し、ろ液でガラス瓶を共洗い後、500ml のガラス瓶に移し、各地点のラベルを張り、保冷剤入りのクーラーボックスで保管した（濾過海水）。
- ⑤④まで終わったら、メスシリンダー、1L のポリ容器、ろ過器を蒸留水で洗浄した。



図3-1-3. 採水状況.

#### 1-2-2. 分析方法

採水したサンプルの分析項目は、昨年までの分析項目を基本とし、全窒素（TN）、溶存態全窒素（DTN）、溶存態無機態窒素（DIN：ここでDINは、硝酸+亜硝酸+アンモニアの各分析値の合計とする）、全リン（TP）、溶存態全リン（DTP）、リン酸（DIP）、Chlorophyll *a*（Chl *a*）、Pheophytin（Pheo）、全有機炭素（TOC）、溶存態有機炭素（DOC）、遊離アミノ酸とした。今年度新たに加えた河川水の水質分析についても上記の分析項目を基本とするが、クロロフィル色素（Chlorophyll *a* および Pheophytin）は除外した。栄養塩類および Chlorophyll *a* 等の水質分析に必要なろ過作業は、採水後直ちに行った。

採水したサンプルの分析項目は前年度（H27）と同様の全窒素（TN）、溶存態全窒素（DTN）、溶存態無機態窒素（DIN：ここでDINは、硝酸+亜硝酸+アンモニアの各分析値の合計とした）、全リン（TP）、溶存態全リン（DTP）、リン酸（DIP）、濁度（Trb.）、全有機炭素（TOC）、溶存態有機炭素（DOC）の10項目とした。栄養塩およびクロロフィルの分析に必要なろ過作業は採水後直ちに行い、その後、ろ過サンプルを実験室に持ち帰り分析に供した。なお、溶存態とは0.45 $\mu$ mメンブレンフィルターを透過した物質とした。また各分析項目の定量下限値はそれぞれ、TN、DTNは0.03 mg/L、TP、DTP、DIPは0.003 mg/L、DINは0.002 mg/L、TOC、DOCは0.10 mg/L、Chl *a*は0.05  $\mu$ g/L（1Lをろ過した場合）、濁度（Trb.）は0.01 度とした。各分析項目に係る分析方法を表3-1-3にまとめた。



表3-1-3. 分析項目および分析方法.

| 分析項目          | 分析方法   |
|---------------|--|
| TN(全窒素)       | 流れ分析法(JIS K 0170-3 : 2011)<br>ペルオキシ二硫酸カリウム分解・カドミウム還元吸光光度法に準拠<br>※BL-TEC 社製 オートアナライザーSWATT 型により分析                         |
| DTN(溶存態全窒素)   | 流れ分析法(JIS K 0170-3 : 2011)<br>ペルオキシ二硫酸カリウム分解・カドミウム還元吸光光度法に準拠<br>※BL-TEC 社製 オートアナライザーSWATT 型により分析                         |
| DIN(硝酸および亜硝酸) | 流れ分析法(JIS K 0170-2 : 2011)<br>塩酸酸性ナフチルエチレンジアミン発色法に準拠<br>※BL-TEC 社製 オートアナライザーSWATT 型により分析                                 |
| DIN(アンモニア)    | $\sigma$ -phenylphenol を用いたインドフェノール青法<br>Kanda J (1995) Wat. Res., 29: 2746 - 2750 を参考<br>※日本分光社製 V-650 により分析            |
| TP(全リン)       | 流れ分析法(JIS K 0170-4 : 2011)<br>酸化分解前処理モリブデン青発色法に準拠<br>※BL-TEC 社製 オートアナライザーSWATT 型により分析                                    |
| DIP(リン酸)      | 流れ分析法(JIS K 0170-4 : 2011)<br>モリブデン青発色法に準拠<br>※BL-TEC 社製 オートアナライザーSWATT 型により分析   |
| 濁度            | 積分球式光電光度法(ポリスチレン標準)<br>※日本電色工業社製 Water Analyzer 2000N により分析  |
| TOC(全有機炭素)    | 塩酸添加・通気処理による 750°C 燃焼触媒酸化法<br>※アナリティクイエナ社製 multi N/C® 3100 により分析   |
| DOC(溶存態有機炭素)  | 塩酸添加・通気処理による 750°C 燃焼触媒酸化法<br>※アナリティクイエナ社製 multi N/C® 3100 により分析   |
| 遊離アミノ酸(AA)    | アミノ酸と $\sigma$ -フタルアルデヒド(OPA)と反応させ、その反応生成物の蛍光を測定する方法<br>日本海洋学会編 沿岸環境調査マニュアル II (1990)を参考<br>※SHIMADZU 社製 RF-5300PC により分析 |
| 単糖類(MS)       | TPTZ 法(2, 4, 6-トリピリジル-s-トリアジンを用いる方法)<br>Oliver W (2009)を参考<br>※日本分光社製 V-650 により分析  |

## 1-3. 調査結果

### 1-3-1. 水質分析結果

今年度の水質測定結果を表3-1-4から表3-1-6に、測定データの基本統計量を表3-1-7から表3-1-8に示す。過年度までの状況と同様に、残波以南の比較的市街地に隣接する海域において、栄養塩類やChlorophyll *a*は高くなる傾向が確認された。Chlorophyll *a*の幾何平均値は0.19 µg/Lとなり、平均値からはオニヒトデ幼生の生残率が最大で半分をとる危険領域(0.25 µg/L以上)を超過しない比較的低い値であった。Pheophytinを含めたChlorophyll総量は、コントロールである沖合の2地点(那覇-残波沖、残波-名護沖)を除き、Chlorophyll *a*では危険領域と判断される0.25 µg/Lを超過した。市街地を流れる河川において、各水質項目は比較的高い値を示し、山林部を流れる河川において、各水質項目は比較的低い値を示す傾向がみられた。これは海域において、隣接する土地利用、特に市街地が水質への寄与が高いといった過年度の考察を定性的に検証できたと言える。

表3-1-4(1). 平成29年度第1回採水(6/29-7/1)に係る水質測定結果(海域).

|        | TN   | DTN  | NO3+NO2 | NH4    | DIN    | TP    | DTP   | DIP   |
|--------|------|------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|
|        | mg/L | mg/L | mg/L    | mg/L   | mg/L   | mg/L  | mg/L  | mg/L  |
| 那覇港3   | 0.08 | 0.06 | 0.002   | <0.002 | 0.002  | 0.006 | 0.005 | 0.004 |
| マリーナ沖  | 0.14 | 0.15 | 0.005   | <0.002 | 0.005  | 0.006 | 0.004 | 0.004 |
| 伊佐(沖)  | 0.26 | 0.11 | 0.004   | <0.002 | 0.004  | 0.007 | 0.004 | 0.003 |
| 北谷     | 0.11 | 0.13 | 0.002   | <0.002 | 0.002  | 0.007 | 0.005 | 0.003 |
| 比謝川    | 0.11 | 0.09 | 0.002   | <0.002 | 0.002  | 0.007 | 0.006 | 0.003 |
| 残波     | 0.07 | 0.12 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.005 | 0.005 | 0.003 |
| 長浜     | 0.09 | 0.20 | 0.002   | <0.002 | 0.002  | 0.006 | 0.005 | 0.003 |
| 塩谷     | 0.08 | 0.27 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.005 | 0.005 | 0.002 |
| 前兼久    | 0.08 | 0.07 | 0.003   | <0.002 | 0.003  | 0.006 | 0.005 | 0.003 |
| 万座北    | 0.06 | 0.05 | 0.003   | <0.002 | 0.003  | 0.007 | 0.005 | 0.003 |
| みゆきビーチ | 0.11 | 0.06 | 0.003   | <0.002 | 0.003  | 0.007 | 0.006 | 0.004 |
| 伊武部    | 0.21 | 0.04 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.007 | 0.005 | 0.002 |
| 名護湾5   | 0.08 | 0.22 | 0.004   | <0.002 | 0.004  | 0.008 | 0.005 | 0.003 |
| 那覇-残波  | 0.07 | 0.06 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.006 | 0.004 | 0.002 |
| 残波-名護  | 0.05 | 0.19 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.005 | 0.004 | 0.003 |

表3-1-4(2). 平成 29 年度第 1 回採水(6/29-7/1)に係る水質測定結果(海域).

|        | TOC  | DOC    | free amino acid | monosaccharide | Chl.a | Pheo. | Chl.a+Pheo | Turbidity |
|--------|------|--------|-----------------|----------------|-------|-------|------------|-----------|
|        | mg/L | μmol/L | μmol/L          | μmol/L         | μg/L  | μg/L  | μg/L       | degree    |
| 那覇港3   | 1.53 | 1.08   | 0.42            | <1.0           | 0.26  | 0.38  | 0.64       | 0.09      |
| マリーナ沖  | 1.53 | 1.25   | <0.2            | <1.0           | 0.34  | 0.39  | 0.73       | 0.10      |
| 伊佐(沖)  | 1.77 | 1.13   | <0.2            | <1.0           | 0.29  | 0.24  | 0.54       | 0.09      |
| 北谷     | 1.34 | 1.27   | <0.2            | <1.0           | 0.23  | 0.28  | 0.51       | 0.06      |
| 比謝川    | 1.61 | 1.01   | <0.2            | <1.0           | 0.22  | 0.23  | 0.45       | 0.05      |
| 残波     | 1.41 | 1.05   | <0.2            | <1.0           |       |       |            | 0.06      |
| 長浜     | 1.44 | 1.20   | <0.2            | <1.0           | 0.21  | 0.27  | 0.49       | 0.06      |
| 塩谷     | 1.21 | 1.25   | <0.2            | 2.5            | 0.12  | 0.19  | 0.31       | 0.05      |
| 前兼久    | 1.26 | 1.00   | <0.2            | <1.0           | 0.17  | 0.26  | 0.44       | 0.05      |
| 万座北    | 1.23 | 0.78   | <0.2            | 1.2            | 0.14  | 0.25  | 0.39       | 0.07      |
| みゆきビーチ | 1.39 | 0.84   | <0.2            | <1.0           | 0.16  | 0.24  | 0.41       | 0.05      |
| 伊武部    | 1.54 | 0.74   | <0.2            | 3.6            | 0.13  | 0.21  | 0.34       | 0.05      |
| 名護湾5   | 1.25 | 1.08   | <0.2            | 1.1            | 0.21  | 0.26  | 0.48       | 0.13      |
| 那覇-残波  | 1.43 | 0.73   | 0.34            | <1.0           | 0.08  | 0.08  | 0.16       | 0.07      |
| 残波-名護  | 1.23 | 0.97   | <0.2            | <1.0           | 0.06  | 0.08  | 0.15       | 0.04      |

表3-1-5(1). 平成 29 年度第 2 回採水(7/11-7/12)に係る水質測定結果(海域).

|        | TN   | DTN  | NO3+NO2 | NH4    | DIN    | TP    | DTP   | DIP   |
|--------|------|------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|
|        | mg/L | mg/L | mg/L    | mg/L   | mg/L   | mg/L  | mg/L  | mg/L  |
| 那覇港3   | 0.07 | 0.06 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.007 | 0.004 | 0.003 |
| マリーナ沖  | 0.08 | 0.06 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.004 | 0.006 | 0.003 |
| 伊佐(沖)  | 0.08 | 0.06 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.005 | 0.006 | 0.003 |
| 北谷     | 0.12 | 0.07 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.007 | 0.005 | 0.003 |
| 比謝川    | 0.10 | 0.07 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.006 | 0.006 | 0.003 |
| 残波     | 0.07 | 0.05 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.008 | 0.007 | 0.002 |
| 長浜     | 0.08 | 0.06 | 0.002   | <0.002 | 0.002  | 0.008 | 0.007 | 0.003 |
| 塩谷     | 0.07 | 0.06 | 0.006   | <0.002 | 0.006  | 0.007 | 0.009 | 0.006 |
| 前兼久    | 0.09 | 0.06 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.006 | 0.005 | 0.003 |
| 万座北    | 0.08 | 0.05 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.005 | 0.005 | 0.002 |
| みゆきビーチ | 0.07 | 0.06 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.005 | 0.006 | 0.002 |
| 伊武部    | 0.09 | 0.08 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.005 | 0.005 | 0.003 |
| 名護湾5   | 0.08 | 0.07 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.006 | 0.004 | 0.003 |
| 那覇-残波  | 0.08 | 0.07 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.005 | 0.004 | 0.003 |
| 残波-名護  | 0.07 | 0.07 | <0.002  | <0.002 | <0.002 | 0.005 | 0.004 | 0.002 |



表3-1-5(2). 平成29年度第2回採水(7/11-7/12)に係る水質測定結果(海域).

|        | TOC  | DOC    | free amino acid | monosaccharide | Chl.a | Pheo | Chl.a+Pheo | Turbidity |
|--------|------|--------|-----------------|----------------|-------|------|------------|-----------|
|        | mg/L | μmol/L | μmol/L          | μmol/L         | μg/L  | μg/L | μg/L       | degree    |
| 那覇港3   | 1.99 | 1.66   | 1.1             | <1.0           | 0.18  | 0.21 | 0.40       | 0.10      |
| マリーナ沖  | 1.86 | 1.82   | <0.2            | <1.0           | 0.36  | 0.31 | 0.67       | 0.13      |
| 伊佐(沖)  | 2.02 | 1.08   | <0.2            | <1.0           | 0.19  | 0.16 | 0.36       | 0.11      |
| 北谷     | 1.89 | 1.46   | <0.2            | <1.0           | 0.90  | 0.73 | 1.64       | 0.18      |
| 比謝川    | 1.73 | 1.48   | <0.2            | <1.0           | 0.71  | 0.71 | 1.42       | 0.29      |
| 残波     | 1.76 | 1.43   | <0.2            | 1.3            | 0.34  | 0.30 | 0.65       | 0.20      |
| 長浜     | 1.94 | 1.23   | <0.2            | <1.0           | 0.12  | 0.15 | 0.28       | 0.06      |
| 塩谷     | 1.67 | 1.13   | <0.2            | <1.0           | 0.09  | 0.26 | 0.35       | 0.06      |
| 前兼久    | 1.83 | 1.51   | <0.2            | <1.0           | 0.28  | 0.24 | 0.53       | 0.14      |
| 万座北    | 1.66 | 1.29   | <0.2            | 3.8            | 0.22  | 0.13 | 0.35       | 0.08      |
| みゆきビーチ | 1.72 | 1.20   | <0.2            | 3.7            | 0.18  | 0.20 | 0.38       | 0.07      |
| 伊武部    | 1.86 | 1.25   | <0.2            | <1.0           | 0.16  | 0.18 | 0.35       | 0.07      |
| 名護湾5   | 1.58 | 1.26   | <0.2            | <1.0           | 0.18  | 0.18 | 0.37       | 0.07      |
| 那覇-残波  | 1.60 | 1.32   | <0.2            | <1.0           | 0.06  | 0.06 | 0.12       | 0.08      |
| 残波-名護  | 1.47 | 1.14   | <0.2            | <1.0           | 0.04  | 0.05 | 0.09       | 0.05      |

表3-1-6(1). 河川における水質測定結果.

|          | TN   | DTN  | NO3+NO2 | NH4   | DIN   | TP    | DTP   | DIP   |
|----------|------|------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | mg/L | mg/L | mg/L    | mg/L  | mg/L  | mg/L  | mg/L  | mg/L  |
| 真謝福地川(北) | 0.17 | 0.17 | 0.045   | 0.024 | 0.069 | 0.006 | 0.003 | 0.002 |
| 真謝福地川(南) | 0.32 | 0.15 | 0.075   | 0.006 | 0.081 | 0.011 | 0.006 | 0.005 |
| 名嘉真川(南)  | 0.59 | 0.43 | 0.311   | 0.022 | 0.333 | 0.052 | 0.014 | 0.013 |
| 名嘉真川(北)  | 0.24 | 0.14 | 0.039   | 0.013 | 0.053 | 0.016 | 0.011 | 0.010 |
| 安富祖川     | 0.29 | 0.26 | 0.145   | 0.043 | 0.189 | 0.004 | 0.002 | 0.001 |
| 宇地泊川     | 3.16 | 3.08 | 3.06    | 0.012 | 3.07  | 0.183 | 0.182 | 0.177 |
| 牧港川      | 2.96 | 2.75 | 2.49    | 0.030 | 2.52  | 0.405 | 0.402 | 0.407 |
| 比謝川      | 1.64 | 1.54 | 1.15    | 0.080 | 1.23  | 0.113 | 0.098 | 0.091 |
| 垂川       | 0.68 | 0.70 | 0.599   | 0.003 | 0.602 | 0.342 | 0.334 | 0.339 |
| 長浜川      | 0.97 | 1.19 | 0.704   | 0.035 | 0.739 | 0.110 | 0.104 | 0.106 |
| 当袋川      | 0.19 | 0.17 | 0.065   | 0.027 | 0.093 | 0.011 | 0.006 | 0.006 |
| 新川       | 0.23 | 0.12 | 0.018   | 0.011 | 0.029 | 0.006 | 0.005 | 0.002 |
| 辺野喜川     | 0.28 | 0.27 | 0.210   | 0.005 | 0.216 | 0.013 | 0.012 | 0.012 |
| 与那川      | 0.24 | 0.27 | 0.133   | 0.013 | 0.147 | 0.007 | 0.006 | 0.004 |
| 奥間比地川(北) | 1.34 | 1.38 | 1.04    | 0.005 | 1.04  | 0.299 | 0.281 | 0.274 |
| 奥間比地川(南) | 0.15 | 0.14 | 0.073   | 0.008 | 0.082 | 0.008 | 0.006 | 0.006 |
| 田嘉里川     | 0.26 | 0.24 | 0.143   | 0.031 | 0.175 | 0.011 | 0.013 | 0.011 |
| 饒波川      | 0.46 | 0.47 | 0.429   | 0.039 | 0.468 | 0.083 | 0.080 | 0.079 |
| 平南川      | 0.32 | 0.31 | 0.166   | 0.018 | 0.184 | 0.015 | 0.014 | 0.011 |
| 源河川(北)   | 1.07 | 1.03 | 0.824   | 0.031 | 0.856 | 0.033 | 0.030 | 0.029 |
| 源河川(南)   | 0.26 | 0.23 | 0.186   | 0.017 | 0.204 | 0.009 | 0.009 | 0.007 |

表3-1-6(2). 6(つづき) 河川における水質測定結果.

|          | TOC  | DOC  | free amino acid | monosaccharide | Turbidity |
|----------|------|------|-----------------|----------------|-----------|
|          | mg/L | mg/L | μmol/L          | μmol/L         | degree    |
| 真謝福地川(北) | 1.52 | 1.52 | <0.2            | 6.5            | 0.61      |
| 真謝福地川(南) | 2.25 | 2.22 | <0.2            | 5.9            | 1.40      |
| 名嘉真川(南)  | 2.63 | 2.81 | 0.2             | 7.0            | 1.07      |
| 名嘉真川(北)  | 2.31 | 2.20 | 0.5             | 9.1            | 11.9      |
| 安富祖川     | 1.77 | 1.52 | 0.3             | 1.9            | 2.48      |
| 宇地泊川     | 3.79 | 2.71 | <0.2            | 3.0            | 0.77      |
| 牧港川      | 4.91 | 3.36 | 0.4             | 5.0            | 0.38      |
| 比謝川      | 3.74 | 2.97 | 0.7             | 5.1            | 4.93      |
| 垂川       | 3.42 | 2.26 | <0.2            | 3.8            | 1.16      |
| 長浜川      | 3.97 | 3.41 | 0.3             | 9.5            | 0.76      |
| 当袋川      | 2.85 | 2.85 | <0.2            | 10.4           | 2.13      |
| 新川       | 2.31 | 2.21 | 0.4             | 7.3            | 1.03      |
| 辺野喜川     | 1.49 | 1.50 | <0.2            | 5.1            | 0.55      |
| 与那川      | 2.02 | 1.72 | 0.2             | 7.3            | 0.33      |
| 奥間比地川(北) | 5.75 | 4.59 | 0.4             | 11.0           | 3.55      |
| 奥間比地川(南) | 1.70 | 1.71 | <0.2            | 6.9            | 0.54      |
| 田嘉里川     | 1.71 | 1.49 | 0.2             | 4.3            | 0.58      |
| 饒波川      | 1.55 | 0.85 | <0.2            | <1.0           | 0.16      |
| 平南川      | 2.03 | 1.90 | <0.2            | 5.7            | 2.71      |
| 源河川(北)   | 1.35 | 1.18 | 0.2             | 1.5            | 1.04      |
| 源河川(南)   | 1.17 | 1.04 | <0.2            | 4.4            | 0.43      |

表3-1-7. 海域サンプリングにおける測定データの基本統計量.

|      | TN    | DTN   | DIN     | TP    | DTP   | DIP   | TOC   | DOC   | Chl.a | Pheo  | CHL   | turbidity | free-amino acid | mono-saccharide |
|------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------------|-----------------|
| 幾何平均 | 0.093 | 0.087 | 0.002   | 0.007 | 0.006 | 0.003 | 1.58  | 1.17  | 0.19  | 0.22  | 0.41  | 0.08      | 0.21            | 1.10            |
| 算術平均 | 0.099 | 0.098 | 0.003   | 0.007 | 0.006 | 0.003 | 1.60  | 1.19  | 0.23  | 0.25  | 0.49  | 0.09      | 0.24            | 1.26            |
| 標準誤差 | 0.008 | 0.011 | 0.000   | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.04  | 0.05  | 0.03  | 0.03  | 0.06  | 0.01      | 0.03            | 0.16            |
| 中央値  | 0.086 | 0.072 | 0.002   | 0.007 | 0.006 | 0.003 | 1.59  | 1.21  | 0.19  | 0.24  | 0.41  | 0.07      | 0.19            | 0.90            |
| 標準偏差 | 0.043 | 0.058 | 0.001   | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.24  | 0.25  | 0.18  | 0.15  | 0.33  | 0.05      | 0.19            | 0.88            |
| 分散   | 0.020 | 0.041 | 0.026   | 0.005 | 0.006 | 0.010 | 0.004 | 0.009 | 0.084 | 0.067 | 0.070 | 0.042     | 0.026           | 0.039           |
| 尖度   | 3.722 | 2.464 | 4.748   | -0.29 | 2.896 | 7.539 | -1.05 | 0.40  | 7.21  | 4.65  | 6.30  | 5.67      | 25.24           | 4.41            |
| 歪度   | 2.779 | 1.796 | 2.188   | 0.328 | 1.338 | 2.024 | 0.04  | 0.28  | 2.48  | 1.90  | 2.31  | 2.21      | 4.91            | 2.41            |
| 範囲   | 0.206 | 0.228 | 0.005   | 0.004 | 0.005 | 0.005 | 0.81  | 1.09  | 0.9   | 0.68  | 1.55  | 0.25      | 0.99            | 2.90            |
| 最小   | 0.059 | 0.048 | < 0.002 | 0.005 | 0.004 | 0.002 | 1.22  | 0.73  | 0.04  | 0.05  | 0.10  | 0.04      | <0.2            | <1.0            |
| 最大   | 0.264 | 0.276 | 0.007   | 0.009 | 0.009 | 0.007 | 2.02  | 1.82  | 0.9   | 0.73  | 1.64  | 0.29      | 1.18            | 3.80            |
| 合計   | 2.97  | 2.94  | 0.08    | 0.199 | 0.17  | 0.103 | 47.9  | 35.8  | 6.8   | 7.4   | 14.1  | 2.7       | 7.1             | 37.9            |
| 標本数  | 30    | 30    | 30      | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 29    | 29    | 29    | 30        | 30              | 30              |

表3-1-8. 河川サンプリングにおける測定データの基本統計量.

|      | TN    | DTN   | DIN   | TP    | DTP   | DIP   | TOC   | DOC   | free amino acid | mono-saccharide | Turbidity |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|-----------|
| 幾何平均 | 0.48  | 0.42  | 0.27  | 0.029 | 0.023 | 0.020 | 2.35  | 2.02  | 0.26            | 4.96            | 1.05      |
| 算術平均 | 0.76  | 0.72  | 0.59  | 0.083 | 0.078 | 0.076 | 2.59  | 2.20  | 0.29            | 5.79            | 1.83      |
| 標準誤差 | 0.19  | 0.19  | 0.18  | 0.027 | 0.026 | 0.026 | 0.27  | 0.20  | 0.03            | 0.61            | 0.57      |
| 中央値  | 0.32  | 0.28  | 0.20  | 0.016 | 0.014 | 0.012 | 2.25  | 2.21  | 0.21            | 5.70            | 1.03      |
| 標準偏差 | 0.40  | 0.44  | 0.56  | 0.646 | 0.699 | 0.760 | 0.19  | 0.18  | 0.19            | 0.19            | 0.19      |
| 分散   | 0.16  | 0.19  | 0.31  | 0.418 | 0.489 | 0.578 | 0.04  | 0.03  | 0.04            | 0.04            | 0.04      |
| 尖度   | 3.38  | 2.92  | 4.54  | 1.994 | 2.179 | 2.371 | 0.73  | 0.77  | 1.53            | -0.46           | 11.81     |
| 歪度   | 2.00  | 1.87  | 2.20  | 1.749 | 1.794 | 1.832 | 1.16  | 0.85  | 1.44            | 0.12            | 3.23      |
| 範囲   | 3.00  | 2.96  | 3.05  | 0.402 | 0.400 | 0.406 | 4.58  | 3.74  | 0.54            | 10.10           | 11.74     |
| 最小   | 0.16  | 0.13  | 0.03  | 0.004 | 0.002 | 0.001 | 1.18  | 0.86  | 0.17            | 0.90            | 0.16      |
| 最大   | 3.16  | 3.09  | 3.08  | 0.406 | 0.403 | 0.407 | 5.76  | 4.60  | 0.71            | 11.00           | 11.90     |
| 合計   | 15.92 | 15.15 | 12.41 | 1.746 | 1.628 | 1.603 | 54.35 | 46.13 | 6.14            | 121.60          | 38.51     |
| 標本数  | 21    | 21    | 21    | 21    | 21    | 21    | 21    | 21    | 21              | 21              | 21        |

### 1-3-2. 過年度測定データを含めた調査結果概要

オニヒトデ幼生生き残り仮説の検証を目的に沖縄島西海岸を対象とし、平成25年度から水質モニタリング調査を実施してきた。その調査地点は年度ごとに調査目的や分析結果を考慮しながら変更・修正が加えられた。図3-1-4にこれまでサンプリングを実施した全ての調査地点を示す。本事業開始当初の平成25年度から継続して水質モニタリングを実施しているのは、「那覇港3」、「伊佐(沖)」、「北谷」、「比謝川(北)」、「残波」、「前兼久(沖)」、「那覇-残波沖」、「残波-名護沖」の8地点である。全ての水質測定データの基本統計量を表3-1-9に示す。窒素およびリンの栄養塩類に関する基準として、環境基本法で定められた海域における水質汚濁に係る環境基準が設定されており、海域の利用目的に応じ4つの類型で基準値が規定されている。その中でも最も厳しいI類型は、全窒素(TN)で0.2 mg/L、全リン(TP)で0.02 mg/Lであるが、平均値はそれぞれTNで0.05 mg/L、TPで0.008 mg/Lであることから、沖縄島西海岸は概ね清浄な状態であると示唆される。またChlorophyll aについては、平均値は0.22 µg/Lであり、オニヒトデの幼生は餌不足でほとんどが死滅する水準であり、平均値からはオニヒトデの大発生を引き起こす濃度レベルではないと考えられる。

#### (1) 各水質項目間の相関

全ての水質測定結果を用いて各水質項目間の相関を求めた。その結果を表3-1-10に示す。Chlorophyll aに着目すると、TN、DTN、DIN、TP、DTP、DIP、TOC、濁度とは有意に正の相関を示すものの(p<0.01)、濁度との相関係数0.489が最大となり、次いでTPとで相関係数0.402が続く、全体的に比較的弱い相関であった。散布図で確認しても団子状に分布しており同様に明瞭な関連性は見いだせない(図3-1-5、図3-1-6)。対して、栄養塩類各因子は比較的強い正の相関を示した(図3-1-7、表3-1-10)。また、一次生産に関わる項目として水温の寄与が大きいと予想していたが、Chlorophyll aと水温の相関は低く、負の相関であった。



表3-1-9(2). 全ての水質測定データに係る基本統計量.

|      | turbidity | free-amino acid | mono-saccharide | Chl.a | Pheo | Chl.a+Pheo | SST     |
|------|-----------|-----------------|-----------------|-------|------|------------|---------|
| 幾何平均 | 0.07      | 0.26            | 1.28            | 0.22  | 0.33 | 0.53       | 27.1    |
| 算術平均 | 0.16      | 0.34            | 1.43            | 0.31  | 0.40 | 0.64       | 27.1    |
| 標準誤差 | 0.02      | 0.05            | 0.09            | 0.01  | 0.02 | 0.04       | 0.1     |
| 中央値  | 0.07      | 0.19            | 1.30            | 0.22  | 0.32 | 0.52       | 28.0    |
| 標準偏差 | 0.59      | 0.42            | 0.73            | 0.36  | 0.30 | 0.49       | 2.8     |
| 分散   | 0.23      | 0.07            | 0.03            | 0.11  | 0.07 | 0.07       | 8.0     |
| 尖度   | 1.88      | 4.95            | -0.24           | 0.77  | 1.34 | 1.22       | 0.0     |
| 歪度   | 0.61      | 2.27            | -0.78           | 0.27  | 0.19 | 0.33       | -1.1    |
| 範囲   | 10.8      | 2.81            | 3.25            | 5.09  | 1.87 | 3.06       | 12.0    |
| 最小   | 0.01      | 0.19            | 0.55            | 0.02  | 0.05 | 0.10       | 19.5    |
| 最大   | 10.8      | 3.00            | 3.80            | 5.11  | 1.92 | 3.15       | 31.5    |
| 合計   | 104.8     | 23.3            | 98.6            | 277.8 | 71.8 | 115.4      | 22922.5 |
| 標本数  | 646       | 69              | 39              | 901   | 179  | 179        | 847     |

表3-1-10. 各水質項目間における相関.

|                          | TN        | DTN       | DIN       | TP        | DTP        | DIP        | TOC        | DOC        | Chl-a      | Pheo       | CHL       | trb       | free-amino acid | mono-saccharide | SST        | rain-fall (previous day) | rain-fall (survey day) |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|------------|--------------------------|------------------------|
| TN                       | 1         | 0.916(**) | 0.744(**) | 0.743(**) | 0.413(**)  | 0.484(**)  | 0.312(**)  | 0.284(**)  | 0.263(**)  | 0.223(**)  | 0.272(**) | 0.462(**) | 0.016           | -0.284          | 0.147(**)  | 0.217(**)                | 0.103(**)              |
| DTN                      | 0.916(**) | 1         | 0.731(**) | 0.724(**) | 0.455(**)  | 0.485(**)  | 0.308(**)  | 0.309(**)  | 0.196(**)  | 0.126      | 0.190(*)  | 0.399(**) | 0.076           | -0.223          | 0.151(**)  | 0.187(**)                | 0.094(*)               |
| DIN                      | 0.744(**) | 0.731(**) | 1         | 0.710(**) | 0.497(**)  | 0.591(**)  | 0.003      | 0.060      | 0.321(**)  | 0.470(**)  | 0.421(**) | 0.525(**) | 0.451(**)       | 0.059           | -0.049     | 0.209(**)                | 0.092(*)               |
| TP                       | 0.743(**) | 0.724(**) | 0.710(**) | 1         | 0.494(**)  | 0.548(**)  | 0.275(**)  | 0.277(**)  | 0.402(**)  | 0.425(**)  | 0.417(**) | 0.636(**) | 0.411(**)       | 0.287           | -0.004     | 0.110(**)                | 0.043                  |
| DTP                      | 0.413(**) | 0.455(**) | 0.497(**) | 0.494(**) | 1          | 0.891(**)  | -0.114(**) | -0.109(**) | 0.331(**)  | 0.201(**)  | 0.231(**) | 0.596(**) | 0.312(**)       | 0.297           | -0.332(**) | 0.001                    | -0.028                 |
| DIP                      | 0.484(**) | 0.485(**) | 0.591(**) | 0.548(**) | 0.891(**)  | 1          | -0.197(**) | -0.173(**) | 0.293(**)  | -0.124     | -0.086    | 0.584(**) | 0.560(**)       | 0.028           | -0.433(**) | 0.052                    | 0.024                  |
| TOC                      | 0.312(**) | 0.308(**) | 0.003     | 0.275(**) | -0.114(**) | -0.197(**) | 1          | 0.763(**)  | 0.031      | -0.205(**) | -0.094    | 0.211(**) | -0.289(*)       | -0.031          | 0.503(**)  | 0.051                    | 0.051                  |
| DOC                      | 0.284(**) | 0.309(**) | 0.060     | 0.277(**) | -0.109(**) | -0.173(**) | 0.763(**)  | 1          | -0.021     | -0.080     | 0.010     | 0.152(**) | -0.168          | 0.061           | 0.405(**)  | 0.076(*)                 | 0.006                  |
| Chl-a                    | 0.263(**) | 0.196(**) | 0.321(**) | 0.402(**) | 0.331(**)  | 0.293(**)  | 0.031      | -0.021     | 1          | 0.779(**)  | 0.911(**) | 0.489(**) | 0.080           | 0.048           | -0.147(**) | 0.042                    | 0.073(*)               |
| Pheo                     | 0.223(**) | 0.126     | 0.470(**) | 0.425(**) | 0.201(**)  | -0.124     | -0.205(**) | -0.080     | 0.779(**)  | 1          | 0.967(**) | 0.154     | -0.014          | (a)             | -0.216(**) | 0.114                    | -0.029                 |
| CHL                      | 0.272(**) | 0.190(*)  | 0.421(**) | 0.417(**) | 0.231(**)  | -0.086     | -0.094     | 0.010      | 0.911(**)  | 0.967(**)  | 1         | 0.120     | -0.026          | (a)             | -0.164(*)  | 0.025                    | -0.021                 |
| trb                      | 0.462(**) | 0.399(**) | 0.525(**) | 0.636(**) | 0.596(**)  | 0.584(**)  | 0.211(**)  | 0.152(**)  | 0.489(**)  | 0.154      | 0.120     | 1         | (a)             | (a)             | -0.048     | 0.097(*)                 | 0.040                  |
| free-amino acid          | 0.016     | 0.076     | 0.451(**) | 0.411(**) | 0.312(**)  | 0.560(**)  | -0.289(*)  | -0.168     | 0.080      | -0.014     | -0.026    | (a)       | 1               | 0.105           | -0.240(*)  | 0.047                    | 0.408(**)              |
| monosaccharide           | -0.284    | -0.223    | 0.059     | 0.287     | 0.297      | 0.028      | -0.031     | 0.061      | 0.048      | (a)        | (a)       | (a)       | 0.105           | 1               | -0.723(**) | 0.136                    | 0.056                  |
| SST                      | 0.147(**) | 0.151(**) | -0.049    | -0.004    | -0.332(**) | -0.433(**) | 0.503(**)  | 0.405(**)  | -0.147(**) | -0.216(**) | -0.164(*) | -0.048    | -0.240(*)       | -0.723(**)      | 1          | 0.005                    | 0.087(*)               |
| rain-fall (previous day) | 0.217(**) | 0.187(**) | 0.209(**) | 0.110(**) | 0.001      | 0.052      | 0.051      | 0.076(*)   | 0.042      | 0.114      | 0.025     | 0.097(*)  | 0.047           | 0.136           | 0.005      | 1                        | 0.207(**)              |
| rain-fall (survey day)   | 0.103(**) | 0.094(*)  | 0.092(*)  | 0.043     | -0.028     | 0.024      | 0.051      | 0.006      | 0.073(*)   | -0.029     | -0.021    | 0.040     | 0.408(**)       | 0.056           | 0.087(*)   | 0.207(**)                | 1                      |

\*\*): p<0.01、\*): p<0.05

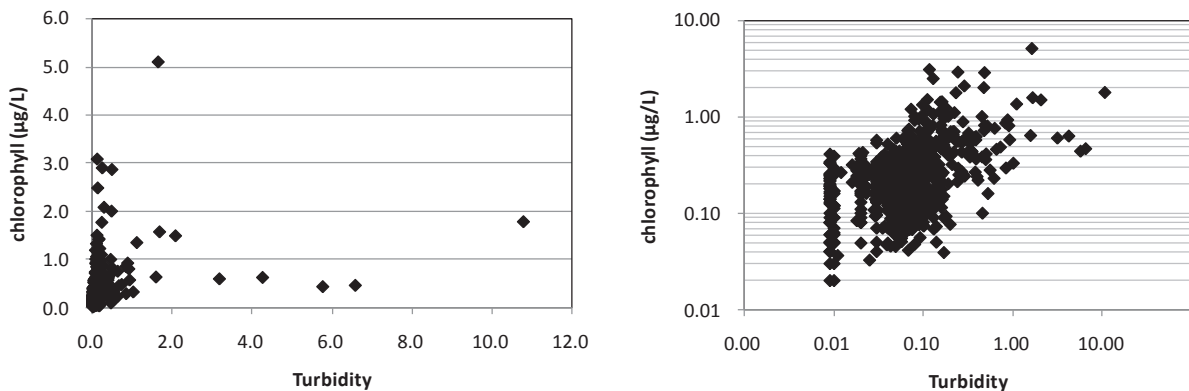


図3-1-5. Chlorophyll aと濁度との関係(左:実数表示、右:対数表示).

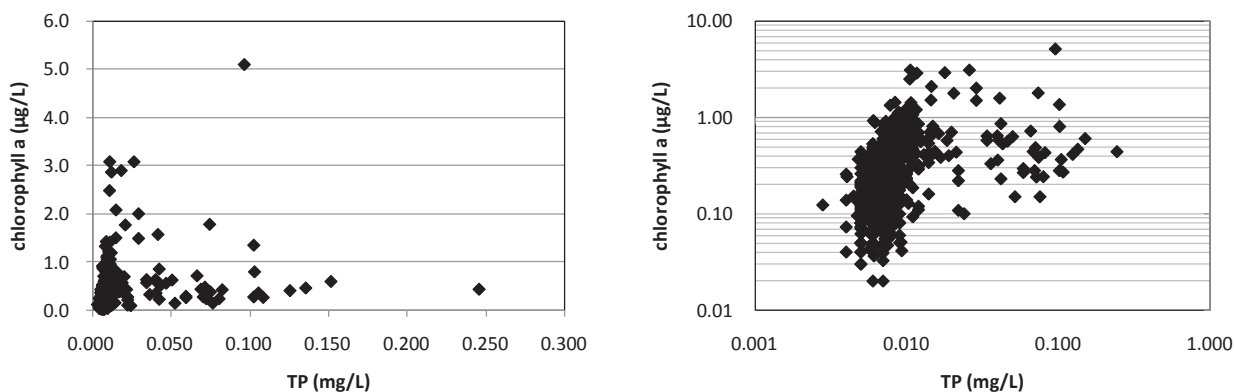


図3-1-6. Chlorophyll *a* と TP との関係(左:実数表示、右:対数表示).

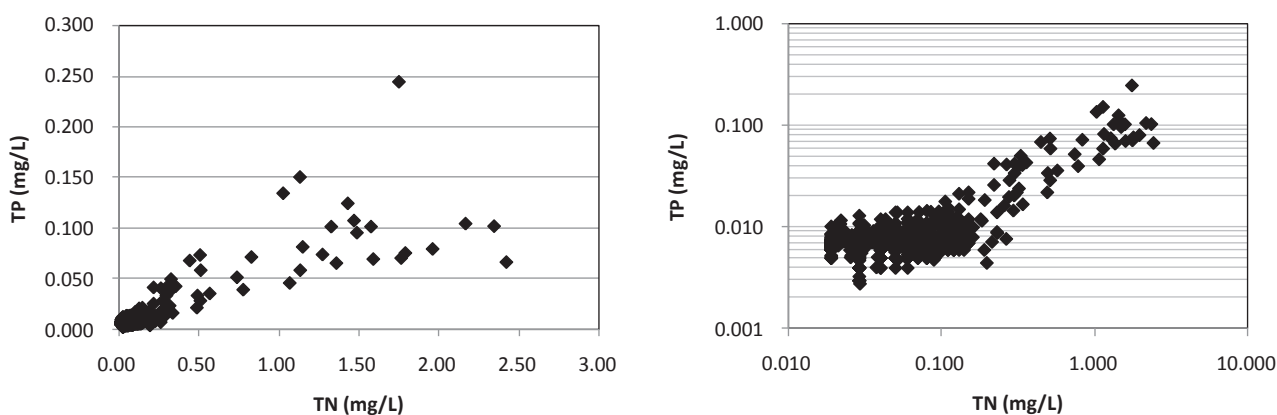


図3-1-7. TN と TP との関係(左:実数表示、右:対数表示).

## (2) Chlorophyll *a* と栄養塩

Chlorophyll *a* とオニヒトデ幼生の生存率の関係 ((1)オニヒトデの幼生は  $0.25\mu\text{g/L}$  以下では餌不足でほとんどが死滅する、(2)  $0.25\sim 0.8\mu\text{g/L}$  の範囲では、最大で半分程度生き残ることができる) やグレートバリアリーフでの指針値 (open coastal で  $0.45\mu\text{g/L}$ ) 等、いくつかの重要な数値境界が示されていることから、Chlorophyll *a* の測定結果をある一定区間ごとにクラス分けを行い解析した。図3-1-8はクラス分けした Chlorophyll *a* と TN の幾何平均値を結んだものである (破線は区分ごとの TN の 25% 値および 75% 値をそれぞれ結んだもの)。図から Chlorophyll *a* が高濃度になると TN の測定幅も大きくなるが、Chlorophyll *a* と TN の幾何平均値は正の相関があるように見受けられる。オニヒトデ幼生が餌不足でほとんどが死滅する Chlorophyll *a* が  $0.25\mu\text{g/L}$  以下において、TN の幾何平均は  $0.04\text{ mg/L}$  以下 (75% 値は  $0.12\text{ mg/L}$  以下) となり、グレートバリアリーフでの指針値である Chlorophyll *a* が  $0.45\mu\text{g/L}$  では、TN の幾何平均は  $0.07\text{ mg/L}$  (75% 値は  $0.17\text{ mg/L}$ ) となる。これらの値が、今後、水質モニタリングを行う際の栄養塩に係る参考値となりうると考えられる。同様な手法により Chlorophyll *a* と TP についても解析を行った。その結果も TN と同様となり (図3-1-9)、Chlorophyll *a* が  $0.25\mu\text{g/L}$  以下において、TP の幾何平均は  $0.007\text{ mg/L}$  以下 (75% 値は  $0.013\text{ mg/L}$  以下) となり、Chlorophyll *a* が  $0.45\mu\text{g/L}$  では、TP の幾何平均は  $0.01\text{ mg/L}$  (75% 値は  $0.016\text{ mg/L}$ ) となった。



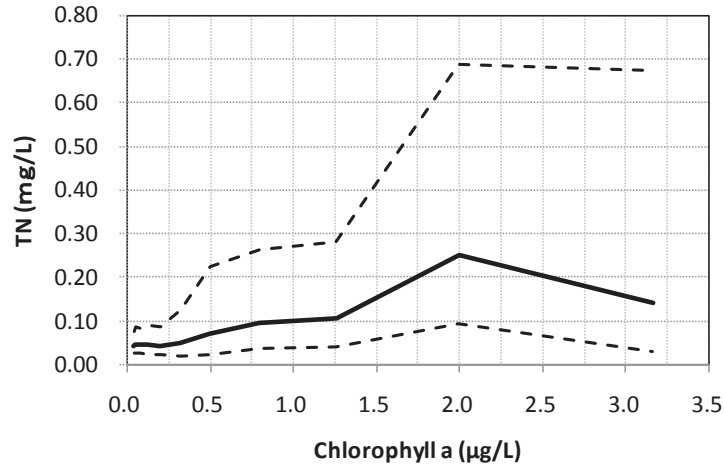


図3-1-8. クラス分けした Chlorophyll *a* と TN との関係(実線は幾何平均値、破線は区分ごとの TN の 25%値および 75%値をそれぞれ結んだもの)。

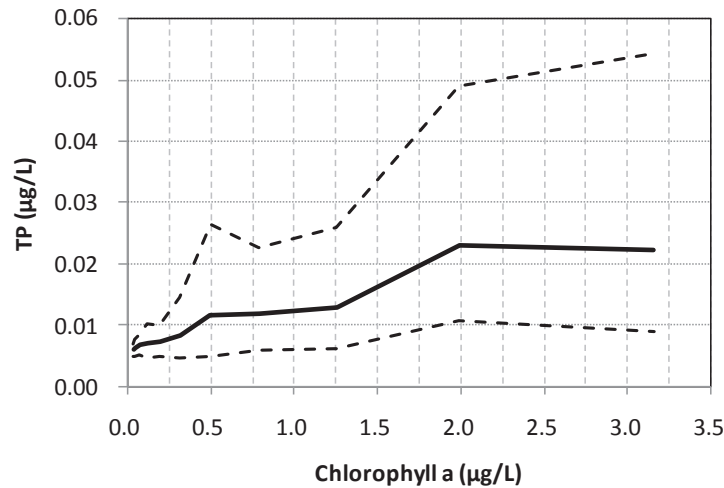


図3-1-9. クラス分けした Chlorophyll *a* と TP との関係(実線は幾何平均値、破線は区分ごとの TP の 25%値および 75%値をそれぞれ結んだもの)。

### (3) 重回帰分析結果

幼生の浮遊期における Chlorophyll *a* 量がオニヒトデの大発生に寄与している可能性が高いが、沖縄県内における Chlorophyll *a* の分析結果は、近年は多くなってきたものの、過去の観測結果は乏しい。本事業で得られた結果を用いることで、過去の Chlorophyll *a* を復元することを試みた。用いたデータセットは、比較的長期間のモニタリング結果が揃っている公共用水域の水質測定結果と共通の測定項目である TN、TP、水温の3項目とした。Chlorophyll *a* を従属変数に先述の測定項目を説明変数とする重回帰分析を行った結果、以下のとおり有意な重回帰式が得られた ( $p < 0.001$ )。

$$\text{Log}(\text{Chl } a) = 0.129 \times \text{Log}(\text{TN}) + 1.131 \times \text{Log}(\text{TP}) - 1.875 \times \text{Log}(\text{水温}) + 4.573$$

※重相関係数：0.431、調整済み決定係数：0.178、推計値の標準誤差：0.254

得られた重回帰式は統計的には有意であるが、重相関係数や調整済み決定係数はそれほど高くなく、観測値と計算値の関係（散布図：図3-1-10）から、計算値の方が観測値よりも小さい値をとっていることが多く良好な結果とは言い難いが、傾向を読み取ることは可能だと考えられる。さらにデータセットを精査するとともに、解析を深める必要がある。

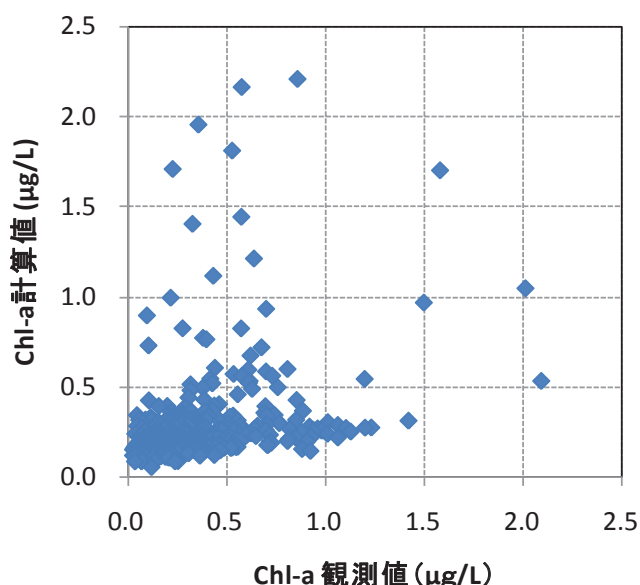


図3-1-10. Chlorophyll *a* の観測値と重回帰分析により得られた計算値との関係。

#### （4）公表データ（公共水域測定結果）を用いた過去の Chlorophyll *a* の推測

栄養塩（TNおよびTP）の測定が比較的長期間モニタリングが行われているものとして公共用水域の水質測定がある。ここでは、公共用水域の水質測定結果を用い、前述の重回帰式により過去の Chlorophyll *a* 量の推計を試みた。本事業と海域が重なる沖縄島西海岸の名護湾（1981年から2008年、ただし1986年から1988年、1994年から1995年、1999年を除く）、恩納海域（1992年、1996年から1998年）、伊佐海域（1996年、1998年から2007年）、那覇港海域（1981年から2008年、ただし1986年から1988年、1994年から1995年、2001年を除く）の水質測定データから、夏季のデータのみを抽出し解析に供した。図3-1-11から図3-1-14に海域毎の推計結果を示す。全ての海域で同様な傾向は見いだせず、各海域で Chlorophyll *a* 増減の推移の傾向は異なっている。名護湾において、Chlorophyll *a* が1989年に非常に高くなりやすい水質であったことが推察され、1981年から1985年、2005年から2007年において、Chlorophyll *a* は0.25µg/Lを超えていた可能性が高いと示唆される（図3-1-11）。恩納海域においては、測定データが存在した年において、水質は良好で Chlorophyll *a* は0.25µg/L以下で推移していたと考えられる（図3-1-12）。伊佐海域において、Chlorophyll *a* は0.25µg/L付近で推移してきたが、その中でも2004年は比較的高くなったと推察される（図3-1-13）。那覇港海域においては、全期間をとおして Chlorophyll *a* は高い値で推移していることがうかがえ、1982年から1984年は特に高くなっていたと推察される（図3-1-14）。これにより過去のオニヒトデ大発生と水質、特に Chlorophyll *a* との関連について推測できる可能性がある。

オニヒトデの大量発生がたびたび発生していたとされる 1980 年代は、Chlorophyll *a* は比較的高い状況であったことが調査結果のあった名護湾および那覇港ではうかがえる。1996 年には恩納村で大量発生が確認されているが、大量発生の引き起こしたオニヒトデが、幼生期であったと考えられる 2～3 年前の 1993 年～1994 年においては、公共用水域のデータが乏しいまたは無く、オニヒトデ大発生と水質の関係性を見いだすことができなかった。

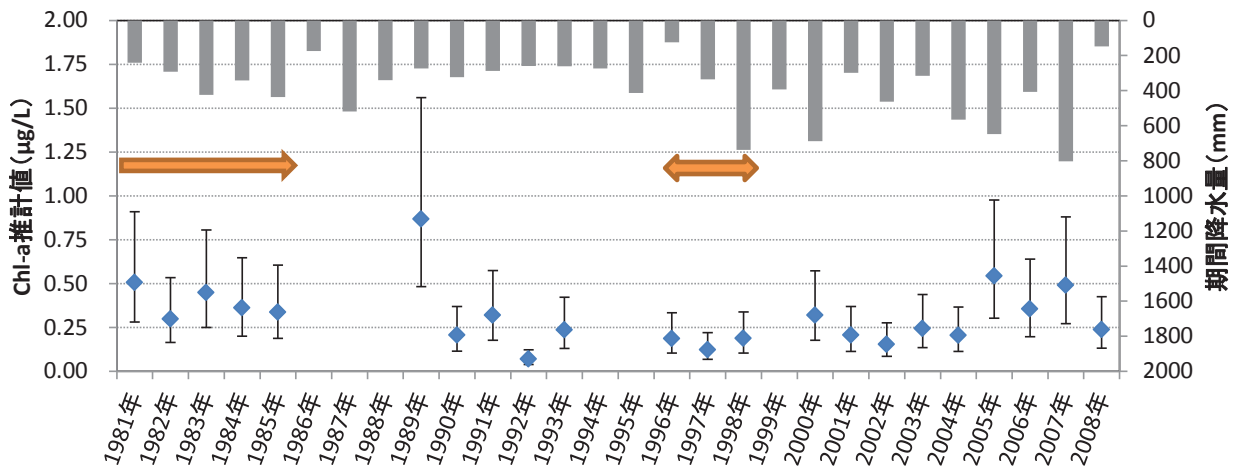


図3-1-11. 名護湾(公共用水域)における Chlorophyll a 推計値および期間降水量(6月から7月)の推移. エラーバーは用いた重回帰モデルの標準誤差を示す. 図中の矢印はオニヒトデの大量発生が確認された年を示す.

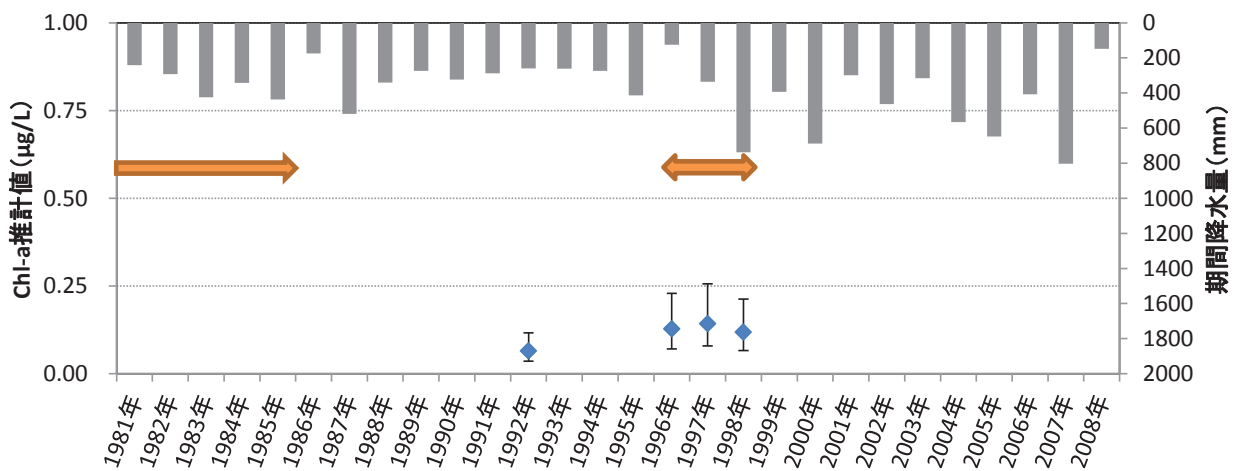


図3-1-12. 恩納海域(公共用水域)における Chlorophyll a 推計値および期間降水量(6月から7月)の推移. エラーバーは用いた重回帰モデルの標準誤差を示す. 図中の矢印はオニヒトデの大量発生が確認された年を示す.

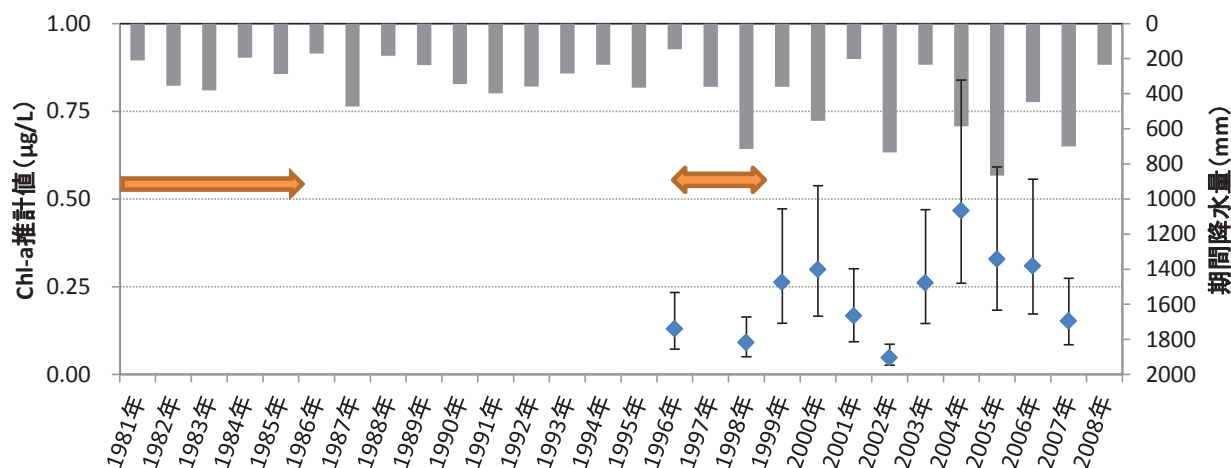


図3-1-13. 伊佐海域(公共用水域)におけるChlorophyll a推計値および期間降水量(6月から7月)の推移. エラーバーは用いた重回帰モデルの標準誤差を示す. 図中の矢印はオニヒトデの大量発生が確認された年を示す.

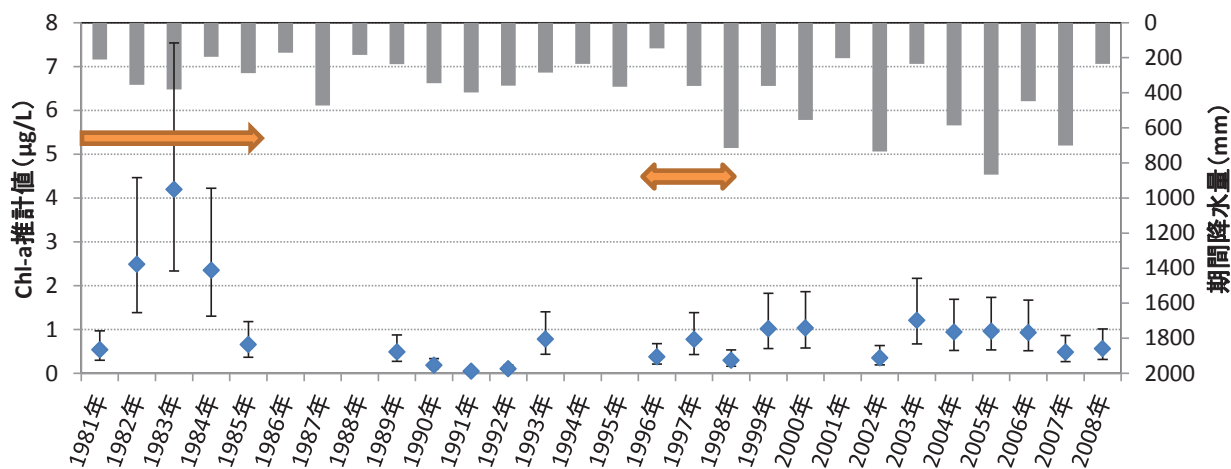


図3-1-14. 那覇港海域(公共用水域)におけるChlorophyll a推計値および期間降水量(6月から7月)の推移. エラーバーは用いた重回帰モデルの標準誤差を示す. 図中の矢印はオニヒトデの大量発生が確認された年を示す.