

1997–2010 年胶州湾水体营养盐结构及浮游植物生长 限制因子数据集

ISSN 2096-2223
CN 11-6035/N

赵永芳^{1,2,3}, 赵增霞^{1,2,3}, 孙晓霞^{1,2,3,4*}



文献 DOI:
10.11922/csdata.2019.0056.zh
数据 DOI:
10.11922/sciencedb.837
文献分类: 地球科学

收稿日期: 2019-08-30
开放同评: 2019-10-17
录用日期: 2020-02-19
发表日期: 2020-03-25

1. 中国科学院海洋研究所, 山东胶州湾海洋生态系统国家野外科学观测研究站, 青岛 266071
2. 青岛海洋科学与技术国家实验室, 海洋生态与环境科学功能实验室, 青岛 266071
3. 中国科学院海洋大科学研究中心, 青岛 266071
4. 中国科学院海洋生态与环境科学重点实验室, 青岛 266071

摘要: 水体中的氮、磷、硅是主要的生源要素, 是海洋初级生产过程和食物链的基础。氮、磷、硅在水体中的比例可以影响浮游植物的生长, 进而影响初级生产力水平。胶州湾是一个典型的温带半封闭海域, 是我国海洋生态环境研究的典型模式海湾。本数据集基于山东胶州湾海洋生态系统国家野外科学观测研究站(简称胶州湾站)在 1997–2010 年间于胶州湾 8 个定位站点获取的分层营养盐浓度数据进行计算统计形成。为挖掘数据价值, 原始数据先经过中国生态系统研究网络(CERN)统一规范数据质量控制体系质控, 然后进行时间序列的 3sigma 检验结合临近站点一致性对比进行异常值剔除, 经统一插值后进行比值计算, 根据营养盐化学计量限制标准进行限制因子判定, 按季度和年际对指标分别进行计算和统计形成数据集, 并提供矢量图形满足不同用户的需求。本数据集主要为研究海湾生态系统结构及演化、生态系统区域对比等人员提供数据支持和积累, 也可以为生态模式、生态灾害、政府决策等提供数据支撑。

关键词: 胶州湾; 氮磷比; 硅磷比; 硅氮比; 长期监测; 浮游植物生长限制因子

数据库(集)基本信息简介

数据库(集)名称	1997–2010 年胶州湾水体营养盐结构及浮游植物生长限制因子数据集
数据作者	赵永芳、赵增霞、孙晓霞
数据通信作者	孙晓霞 (xsun@qdio.ac.cn)
数据时间范围	1997–2010年
地理区域	胶州湾(120°04'–120°23'E, 35°55'–36°18'N)位于山东半岛南侧的黄海之滨, 被誉为青岛市的“母亲湾”, 以团岛头与薛家岛脚子石连线为界与黄海分开。
数据量	518条记录, 图形522 KB
数据格式	*.xlsx, *.zip

* 论文通信作者

孙晓霞: xsun@qdio.ac.cn

数据服务系统网址	http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/837
基金项目	中国科学院战略性先导科技专项(XDA19060204); 鳌山科技创新计划(2016ASKJ02-4); 政府间国际科技创新合作重点专项(2016YFE0101500)。
数据库(集)组成	本数据集由2部分组成, 其一为表格型数据, 其二是数据图形。表格型数据集名为“1997–2010年胶州湾水体营养盐结构及浮游植物生长限制因子数据集.xlsx”共包括3个数据表, 它们分别为: “定位站表层营养要素结构及限制因子”表、“海湾季度月营养要素结构及限制因子”表和“海湾年际营养要素结构及限制因子”表, 共计518条记录。数据图形为“1997–2010年胶州湾水体营养盐衍生指标图形数据集.zip”, 包括33张营养盐衍生指标长期时间序列图, 图形的格式为svg矢量图, 数据量522 KB。

引言

生源要素是初级生产者生长的营养元素。水体中氮、磷、硅是主要的生源要素, 是海洋初级生产过程和食物链的基础。水体营养盐结构的不均衡显著影响浮游植物的生长和种类组成, 根据营养盐化学计量限制标准^[1-2]形成的浮游植物生长限制因子数据也是研究和评估生态系统结构和演变的必要基础数据。

胶州湾位于山东半岛南侧的黄海之滨, 被誉为青岛市的“母亲湾”, 是一个典型的温带半封闭海域。伴随周边经济发展, 大量工农业生产和生活污水被排入该湾, 营养盐结构受到周边人类经济活动、大气沉降、河流输入、与黄海的水交换等因素控制, 与东京湾、布雷斯特湾、切萨皮克湾等成为科学家研究人类频繁影响下的生态模式海湾。

山东胶州湾海洋生态系统国家野外科学观测研究站(简称胶州湾站), 始建于1981年, 是我国温带海域唯一集监测、研究与示范为一体的综合性生态系统研究站。1991年成为中国生态系统研究网络(Chinese Ecosystem Research Network, CERN)的野外观测基本站之一, 按照CERN统一的观测规范, 对海湾生态系统的气象、水文物理、海洋化学、海洋生物要素进行长期、连续的观测研究, 积累了大量的监测和研究数据。

本数据集基于1997–2010年对胶州湾内8个定位站点的分层硅酸盐、磷酸盐、硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐五项营养盐观测数据进行计算统计后形成。为了挖掘基础观测指标的科研价值, 原始数据先经过CERN统一规范数据质量控制体系质控, 然后进行时间序列3sigma检验, 结合临近站点一致性对比进行异常值剔除, 经统一插值后进行比值计算, 根据营养盐化学计量限制标准进行限制因子判定, 最后筛选计算统计出“定位站表层营养要素结构及限制因子”, “海湾季度月营养要素结构及限制因子”, “海湾年际营养要素结构及限制因子”3张数据表, 以供不同空间和时间需求的人员下载使用, 同时提供矢量图形数据。本数据集主要为研究海湾生态系统结构及演化、生态系统区域对比等人员提供数据支持和积累, 也可以为生态评价模式、生态灾害、政府决策等提供数据支撑。

1 数据采集和处理方法

1.1 采样站点设置

胶州湾站对胶州湾及邻近海域进行连续长期定点采样的营养盐观测已近30年, 设置定点站位14

个,以团岛头与薛家岛脚子石为界,选取其中湾内监测连续性好的 8 个定点站(图 1)数据为本数据集的原始数据。8 个定位站涵盖整个海湾,每个站点代表不同水文物理状况、人类经济活动影响的区域,定位站的代表性见表 1。本数据集样地编码采用 CERN 长期生态联网监测中的编码。

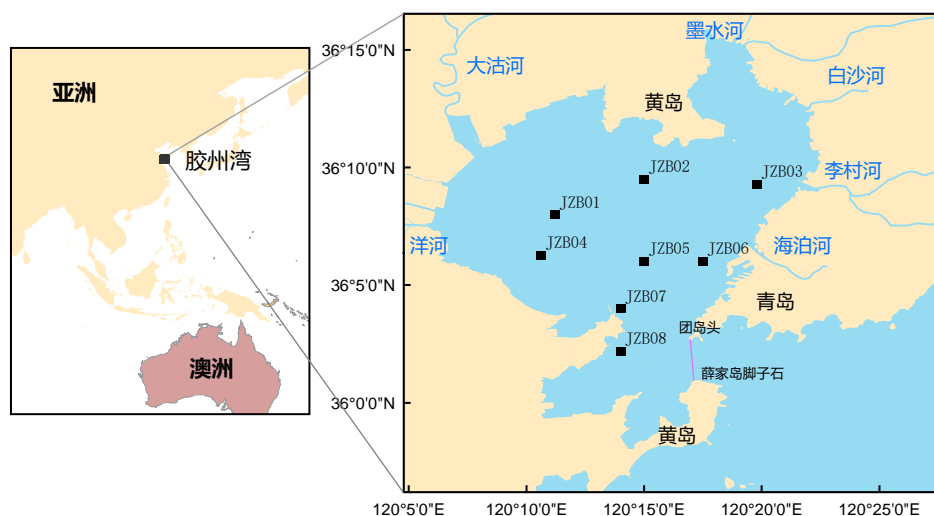


图 1 胶州湾生态站湾内长期定位监测采样站位图

表 1 定位站的代表性

观测站代码	经度	纬度	定位站代表性
JZB01	120°11'12.0"E	36°08'00.0"N	大沽河口区, 贝类养殖区
JZB02	120°15'00.0"E	36°09'30.0"N	贝类养殖区
JZB03	120°19'48.0"E	36°09'18.0"N	工业排水, 富营养化重点监测区
JZB04	120°10'36.9"E	36°06'16.4"N	藻类和贝类养殖区
JZB05	120°15'00.0"E	36°06'00.0"N	青岛港内锚地
JZB06	120°17'30.0"E	36°06'00.0"N	海泊河口, 贝藻混养区
JZB07	120°14'00.0"E	36°04'00.0"N	活化石文昌鱼出产区
JZB08	120°14'00.0"E	36°02'12.0"N	电厂降尘区

采样频率为每年 4 次(2 月、5 月、8 月、11 月),尽可能在月中旬组织航次,先后使用“科交 2 号”“创新号”科学考察船,使用 GPS (TOPCON, HP5500)定位到定位站后使用 Niskon 采水器进行分层样品采集,采样水层按照水域生态系统观测规范^[3]进行,即采集表层(0 m),底层(实测水深-2 m)以及 10 m 的整数倍层。<5 m 的站位只采集 0 m 层。水样即刻用醋酸纤维滤膜(0.45 μm, 47 cm, 预先用体积分数为 1% 的盐酸溶液浸泡 12 h,用实验室超纯水机达到 18Ω 的去离子水洗至中性并浸泡其中备用)在负压<0.030 MPa 条件下过滤。滤液分装至 2 个 100 ml 聚乙烯瓶(预先用 1:5 盐酸溶液浸泡 24 h 以上,然后用去离子水洗至中性),一瓶 4℃冷藏保存用于硅酸盐分析,另一瓶 -20℃冷冻保存,用于其他营养盐分析。

1.2 样品分析方法

营养盐各项指标分析方法如表 2,所用仪器在 2009 年之前为 SKALAR 流动分析仪(荷兰),2009 年之后为 QuAAtro 连续流动分析仪(德国)。营养盐指标的定量采用外标法进行,所用标准品均为国

家海洋局标准物质中心生产的营养盐标准系列。

表 2 营养盐指标分析方法

指标	检出限 ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	分析方法	依据标准
氨氮 (NH_4^+)	0.01	靛酚蓝法	海洋监测规范 GB17378.4-1998
亚硝酸盐 (NO_2^-)	0.01	重氮偶氮法	海洋监测规范 GB17378.4-1998
硝酸盐 (NO_3^-)	0.02	镉-铜还原法	海洋监测规范 GB17378.4-1998
磷酸盐 (PO_4^{3-})	0.01	磷钼蓝法	海洋监测规范 GB17378.4-1998
硅酸盐 (SiO_3^{2-})	0.01	硅钼蓝法	海洋监测规范 GB17378.4-1998

1.3 数据处理与统计

样品测定后得到 5 项营养盐指标, 对每个站位每项指标采用 3sigma 检验结合临近站点时间序列对比进行异常值剔除, 单站位时间序列缺失率小于 10% 并且缺失值不连续时统一进行缺失值插补。缺失值插补采用 R 语言基础包中 imputation 函数 (method="linearInterpol.bisector", lowerBound="min", upperBound="max")。营养元素结构的比值采用摩尔浓度比, 计算公式如下:

$$\frac{\text{N}}{\text{P}} = \frac{\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+}{\text{PO}_4^{3-}} \quad (1)$$

$$\frac{\text{Si}}{\text{P}} = \frac{\text{SiO}_3^{2-}}{\text{PO}_4^{3-}} \quad (2)$$

$$\frac{\text{Si}}{\text{N}} = \frac{\text{SiO}_3^{2-}}{\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+} \quad (3)$$

$$\frac{\text{N}}{\text{P}}:\text{氮磷比}; \frac{\text{Si}}{\text{P}}:\text{硅磷比}; \frac{\text{Si}}{\text{N}}:\text{硅氮比} \quad (4)$$

营养盐化学计量限制标准采用 Justic 等 (1995) [1] 和 Dortch 等 (1992) [2] 提出的评估营养盐限制, 条件如下:

- (1) 若 $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+ < 1 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 或 $\text{N}:\text{P} < 10$ 且 $\text{Si}:\text{N} > 1$, 溶解无机氮为限制因子;
- (2) 若 $\text{SiO}_3^{2-} < 2 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 或 $\text{Si}:\text{P} < 10$ 且 $\text{Si}:\text{N} < 1$, 溶解硅酸盐为限制因子;
- (3) 若 $\text{PO}_4^{3-} < 0.1 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 或 $\text{N}:\text{P} > 22$ 且 $\text{Si}:\text{P} > 22$, 溶解磷酸盐为限制因子。

选取表层指标结合采样时间, 整理出“定位站表层营养要素结构及限制因子”数据表, 根据季度月和年际统计计算出“海湾季度月营养要素结构及限制因子”和“海湾年际营养要素结构及限制因子”数据表, 营养元素水平和结构比例指标采用时期内的平均值, 限制因子采用时期内出现的概率。所有统计计算过程均采用 R 语言完成, 具有可重复和一致性, 具体数据处理流程见图 2, 绘图采用 R 语言 ggplot2 包, 直观展示数据集。

2 数据样本描述

本数据集为 Excel 表格型数据和 zip 图形压缩文件。表格型数据文件包含 3 个数据表: “定位站表层营养要素结构及限制因子”表存放 8 个定位站表层营养结构比值和限制因子的数据, 共计 448 条数据; “海湾季度月营养要素结构及限制因子”表存放季度月计算和统计的营养盐水平、结构比值及限制因子比例的数据, 共计 56 条数据; “海湾年际营养要素结构及限制因子”表存放年际计算

和统计的营养盐水平、结构比值及限制因子比例的数据，共计 14 条数据。数据表单所包含的具体字段名称、类型和示例见表 3-5。

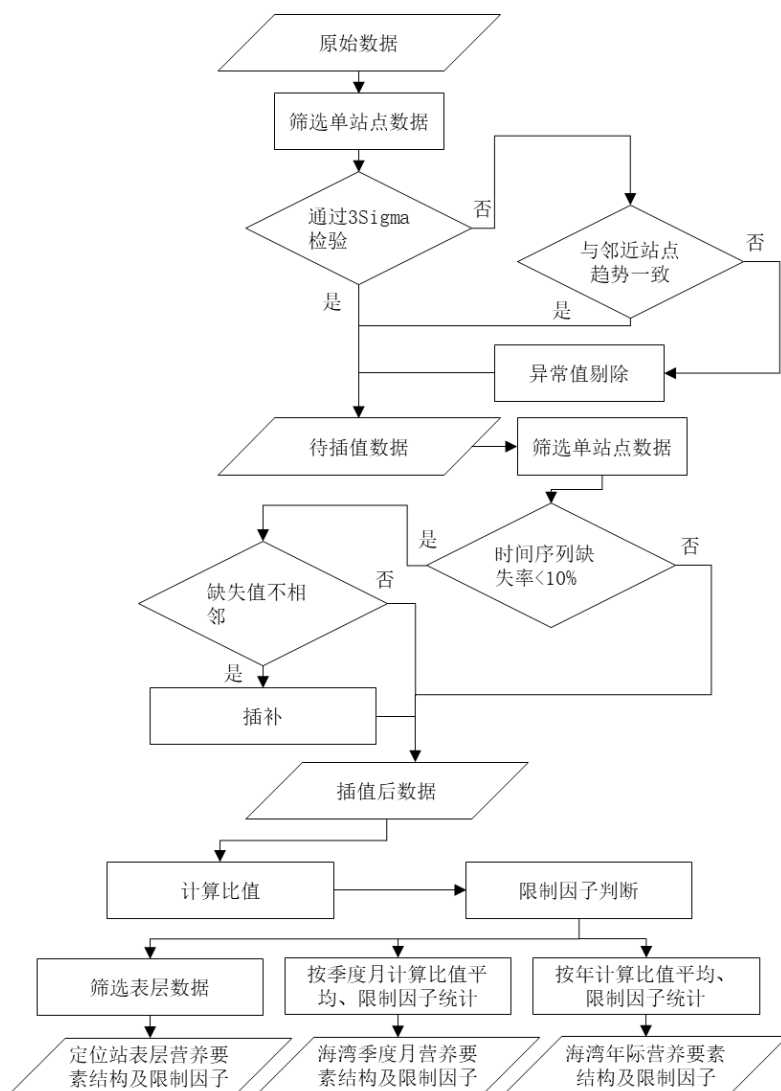


图 2 数据集处理流程

表 3 定位站表层营养要素结构及限制因子表内容

序号	字段名称	量纲	数据类型	样例数据
1	年份	-	文本型	1997
2	月份	-	文本型	05
3	日期时间	-	文本型	08 1330
4	站位编码	-	文本型	JZB07
5	氮磷比	-	数值型	14.84
6	硅磷比	-	数值型	7.20
7	硅氮比	-	数值型	0.49
8	限制因子	-	文本型	Si

表 4 海湾季度月营养要素结构及限制因子表内容

序号	字段名称	量纲	数据类型	样例数据
1	年份	-	文本型	1997
2	月份	-	文本型	05
3	磷酸盐	$\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	数值型	0.37
4	硅酸盐	$\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	数值型	2.69
5	溶解无机氮	$\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	数值型	5.71
6	氮磷比	-	数值型	17.51
7	硅磷比	-	数值型	9.65
8	硅氮比	-	数值型	0.66
9	氮限制	%	数值型	19
10	磷限制	%	数值型	6
11	硅限制	%	数值型	75
12	样品数	个	数值型	16

表 5 海湾年际营养要素结构及限制因子表内容

序号	字段名称	量纲	数据类型	样例数据
1	年份	-	文本型	1997
2	磷酸盐	$\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	数值型	0.28
3	硅酸盐	$\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	数值型	2.20
4	溶解无机氮	$\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	数值型	9.45
5	氮磷比	-	数值型	44.29
6	硅磷比	-	数值型	9.45
7	硅氮比	-	数值型	0.36
8	氮限制	%	数值型	7
9	磷限制	%	数值型	16
10	硅限制	%	数值型	76
11	样品数	个	数值型	58

zip 图形压缩文件包含按照定位站和季度月统计的营养盐衍生指标长时间序列图形, 共计 33 张, 图形为矢量化格式, 可以满足出版和各类显示需求, 示例如图 3。

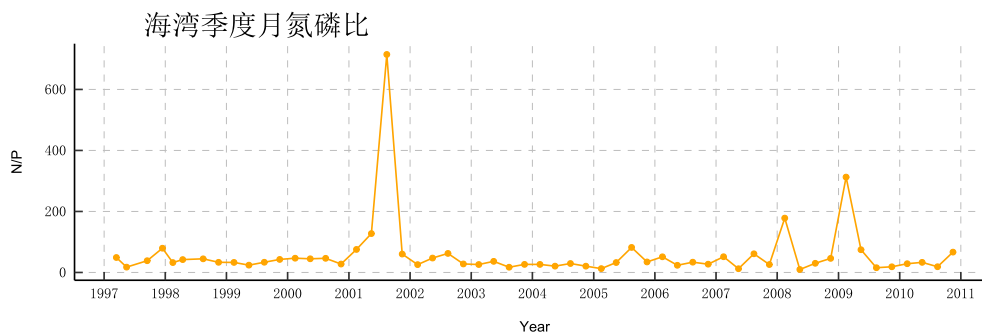


图 3 胶州湾季度月氮磷比长期变化图

3 数据质量控制和评估

在水体营养盐样品的采集、室内分析以及数据处理过程中，严格按照 CERN 统一的水域生态系统观测规范^[3]和国家海洋调查规范^[4]来开展相关工作。

胶州湾站设有专门的营养盐监测技术和质量负责人，每次样品分析测试前都要对样品测试人员进行技术培训，以保证分析数据的质量。纸质资料录入完成后进行核对，保证资料无误、不重、不漏，样品损失无法获取的数据确定为缺失值。

对每个监测指标编写 R 程序对单站位点进行时间序列和空间邻近点的对比检查，对同一定位站的要素进行 3sigma 检验遴选出超出范围的点（概率≤3%），绘制本定位站及邻近定位站长期时间序列图，遴选出的点如与邻近定位站趋势不一致则确定为异常值并进行剔除。数据整体缺失率小于 0.5%，相邻定位站趋势一致性好。各年份营养元素插补率见表 6。

表 6 每年营养盐数据插补率

年份	样品数	磷酸盐插补率 (%)	硅酸盐插补率 (%)	溶解无机氮插补率 (%)
1997	58	0	0	0
1998	58	0	0	0
1999	59	0	0	0
2000	62	1.6	1.6	1.6
2001	58	0	0	0
2002	54	0	0	0
2003	54	0	0	0
2004	54	1.9	1.9	1.9
2005	52	0	0	0
2006	57	0	0	0
2007	48	2.1	2.1	4.2
2008	50	0	0	0
2009	49	0	0	0
2010	46	0	0	0
合计	759	0.4	0.4	0.5

4 数据价值

本数据集为 1997–2010 年胶州湾 14 年的水体营养结构数据，也统计出季度及年际限制因子概率数据，为研究胶州湾浮游生物与营养水平相互关系、生态系统演变等提供了可靠的数据，也可以为生态模式、健康评估等研究及政府决策提供参考。

为方便使用，我们提供数据集 xlsx 格式资料，用户可直接使用 Microsoft Excel 2007 以上软件版本打开浏览和使用。在此数据基础上，提供定位站及各项指标时间序列矢量图以供下载使用，满足出版和屏幕显示的多种需求。原始数据可在胶州湾生态站数据共享平台 (<http://jzb.cern.ac.cn>) 申请。

致 谢

感谢参加胶州湾站长期监测采样工作的工作人员、毕业研究生以及“科交 2 号”“创新号”科考船的所有成员的支持。

数据作者分工职责

赵永芳(1981—),女,山东临沂人,硕士,工程师,研究方向为数据信息管理与数据产品开发。主要承担工作:数据处理、数据集编制、数据质量控制和数据统计。

赵增霞(1976—),女,山东德州人,硕士,工程师,研究方向为营养盐分析。主要承担工作:野外样品采集、仪器标定与样品测定,原始数据质量控制。

孙晓霞(1974—),女,山东荣成人,博士,研究员,研究方向为海洋生态学和海洋微塑料研究。主要承担工作:数据质量控制和数据质量评估。

参考文献

- [1] JUSTIC D, RABALAIS N N, TURNER R E. Stoichiometric nutrient balance and origin of coastal eutrophication[J]. Marine Pollution Bulletin, 1995, 30(1): 41-46.
- [2] DORTCH Q, WHITLEDGE T E. Does nitrogen or silicon limit phytoplankton production in Mississippi River plume and nearby regions?[J]. Continent Shelf Research, 1992, 12: 1293-1309.
- [3] 中国生态系统研究网络科学委员会. 水域生态系统观测规范[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007: 137-147.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB12763.4-2007 海洋调查规范 第 4 部分: 海水化学要素调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 13-23.

论文引用格式

赵永芳, 赵增霞, 孙晓霞. 1997–2010 年胶州湾水体营养盐结构及浮游植物生长限制因子数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2020, 5(1). (2019-11-26). DOI: 10.11922/csdata.2019.0056.zh.

数据引用格式

赵永芳, 赵增霞, 孙晓霞. 1997–2010 年胶州湾水体营养盐结构及浮游植物生长限制因子数据集[DB/OL]. Science Data Bank, 2019. (2019-08-17). DOI: 10.11922/sciencedb.837.

A dataset of nutrient structure and limiting factors of phytoplankton growth in Jiaozhou bay from 1997 to 2010

Zhao Yongfang^{1,2,3}, Zhao Zengxia^{1,2,3}, Sun Xiaoxia^{1,2,3,4*}

1. Jiaozhou Bay Marine Ecosystem Research Station, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, P.R. China

2. Laboratory for Marine Ecology and Environmental Science, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, P.R. China

3. Center for Ocean Mega-Science, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, P.R. China

4. CAS Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, P.R. China

*Email: xsun@qdio.ac.cn

Abstract: Nitrogen, phosphorus and silicon are the main biogenic elements and the basis of primary production processes and food chains in the ocean. The ratio of phosphorus-nitrogen, silicon-phosphorus and silicon-nitrogen in water affects the growth of phytoplankton and the primary productivity. Jiaozhou bay is a typical semi-enclosed bay in the north temperate zone and a model bay for China's marine ecological environment research. The dataset is set up based on long-term stratified nutrient observations from 8 fixed stations in Jiaozhou bay from 1997 to 2010 by the Jiaozhou Bay National Marine Ecosystem Research Station, Shandong (the Jiaozhou Bay Station). To tap into the value of the available data, the original data of dataset was first standardized by using the quality control system of Chinese Ecosystem Research Network of Chinese Academy of Sciences (CERN). And then a time series 3sigma test was performed together with a merge site consistency comparison to eliminate outliers. After a uniform interpolation, ratio calculation was performed, and the limit factors were determined according to the nutrient salt stoichiometric limit standard. The data was statistically calculated both on a quarterly basis and on an annual basis. Vector graphics were also available to cater to the needs of different users. The dataset mainly provides data support and accumulation for researchers who work on the structure and evolution of the gulf ecosystem as well as the regional correlation of the ecosystem. It also provides data support for ecological patterns, ecological disasters and government policies.

Keywords: Jiaozhou bay; phosphorus-nitrogen ratio; silicon-phosphorus ratio; silicon-nitrogen ratio; long-term monitoring; limiting factors of phytoplankton growth

Dataset Profile

Title	A dataset of nutrient structure and limiting factors of phytoplankton growth in Jiaozhou bay from 1997 to 2010
Data corresponding author	Sun Xiaoxia (xsun@qdio.ac.cn)
Data authors	Zhao Yongfang, Zhao Zengxia, Sun Xiaoxia
Time range	1997 – 2010

Geographical scope	The Jiaozhou bay (120°04'–120 °23'E, 35°55'–36°18'N) is located in the southern part of Shandong peninsula, along the coast of yellow sea, known as the "Mother Bay" of Qingdao. The Jiaozhou bay and The Yellow sea are bounded by a line from Tuandaotou to Jiaozishi in Xuejiadao.
Data volume	518 entries, and 522 KB graphics
Data format	*.xlsx, *.zip
Data service system	< http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/837 >
Sources of funding	Strategic Priority Research Program of Chinese Academy of Sciences (XDA19060204), Aoshan Science and Technology Innovation Program (2016ASKJ02-4), and Key Program for International S&T Cooperation Projects: Sino-Australian Center for Healthy Coasts (2016YFE0101500).
Dataset composition	The dataset consists of 2 subsets. One includes tabular data, and the other includes graphic data. The tabular dataset is named as "A dataset of nutrient structure and limiting factors of phytoplankton growth in Jiaozhou bay from 1997 to 2010.xlsx", and the graphic dataset is named as "A graphic dataset of nutrient derived index of Jiaozhou bay from 1997 to 2010.zip". The tabular dataset is made up of three tables, namely "nutrient structure and limiting factors from surface water of station", "seasonal nutrient structure and limiting factors of bay" and "annual nutrient structure and limiting factors of bay", with data volume of 518 entries. The graphic dataset is made up of 33 vector images showing nutrient derived index in the long-term time series, with data volume of 522 KB.