

北京市主要湖泊的浮游植物调查及湖泊富营养化问题*

谢 凤 君

(北京市环境保护监测中心)

湖泊是由湖盆、湖水及其所含物质——矿物质、有机质以及水生生物等多种成份构成的一个生态系统。保护湖泊生态平衡,防止人为的富营养化已成为本世纪以来人们特别注目的问题之一。在水生态系中,浮游植物做为初级生产力是不容忽视的一环。通过浮游植物定性、定量调查结果以评价水体、监测污染已被国内外研究者广泛采用并已取得有效成果。

北京是一个水资源短缺的城市。市区湖泊(包括昆明湖在内)水面总面积约为7千亩,都是浅水湖泊。昆明湖、积水潭(什刹西海)、后海、北海、筒子河等五个湖泊是市区的主要湖泊(见图1),面积共计3300亩,约占城区湖泊总面积的一半。由于风景秀丽,湖水清澈,昆明湖、北海等湖已成为全国闻名的风景游览区和水上运动的场所。同时,它们又是北京市区的渔业基地,五个湖泊年产鲜鱼共10万斤左右。因此,昆明湖等五个小湖是

多种用途的水体,对首都人民的生话具有重要的意义。多年来,这些湖泊的浮游植物除北海有人做过零星工作外,未见过正式报告。1979年5月、9月,1980年5月、8月、9月对昆明湖等五个湖泊的浮游植物进行了初步调查。本文分析了浮游植物与水污染的关系,根据污水生物体系试图从水生藻类的种群组成及优势种,附生种的生态学特征评价五个湖泊水质。同时,根据富营养化的主要指标对五个湖泊的营养状况做了初步分析。

研 究 方 法

五个湖泊均属长河水系上的小型湖泊。共进行了五次采样,采样点均设置在湖心。采集中层水1l,用40%的福尔马林固定,沉淀浓缩为30ml,摇匀后取0.1ml于计数框内计算浮游植物个体数。计算结果用每毫升水中藻类个体数表示。定性样品除用25号浮游生物网采集做定性观察外,种类的鉴定材料力求与定量材料一致,取中层水1l浓缩而得。每次采集同时测定水温、酸碱度(pH),溶解氧(DO),生化需氧量(BOD₅),无机氮等水化学指标。

结 果 与 讨 论

一、浮游植物的种类组成与水质的关系

1. 五次采集的浮游藻类共7门40属72种及变种。其中蓝藻门4属7种,隐藻门1

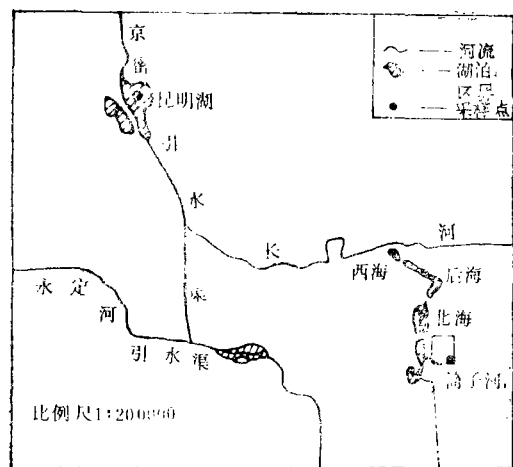


图1 五个湖泊分布图

* 本工作浮游植物种类鉴定得到中国科学院水生生物研究所陈嘉佑、李尧英,北京大学生物系李宝卿同志帮助。本文化学数据由北京环保监测中心实验室提供。

属,甲藻门 1 属 1 种,金藻门 1 属,硅藻门 16 属 41 种及变种,裸藻门 1 属,绿藻门 15 属 23 种。

2. 调查结果表明水生藻类的种类组成和数量分布与湖泊环境状况及性质有密切的关系。所研究的五个小湖同属长河水系,湖盆大小、形状、底质状况大致相似,水深约在 2m 左右,并且均以京密引水渠引自密云水库的水及永定河引水渠引自官厅水库的水为补给水源。上述五个小湖在藻类的组成上大致相似,藻类的种类较丰富,硅藻的种类较多,蓝藻的种类较少。昆明湖地处长河上游,水质较为清洁;积水潭等其它四个湖居中下游,水质污染逐渐加重。随着这种生态环境的变化,藻类的种类组成也发生一定的变化。这种变化表现在硅藻的种类减少,硅藻的个体数量逐渐降低。从 1980 年三次采集为例,昆明湖硅藻种类分别为 25 种、15 种、24 种,硅藻的个体数量所占比例分别为 76%、92%、88%。筒子河处在长河下游,水质较昆明湖差,硅藻种类分别为 11、10、12 种;硅藻个体数量所占比例为 49%、23%、15%。其次,某些对环境较敏感的种类如连结脆杆藻 (*Fragilaria construens*) 在昆明湖经常出现,有时甚至成为优势种;而在其他几个湖中连结脆杆藻则较少出现或没有出现。

3. 调查结果表明,用群落的生态学特征判定水质是可行的。由于地区和环境 的差别,各国研究者对许多指示种类的认识颇不一致,因而某种生物所指示的情况会因研究者的看法而有所差异(wilhm)。为此,仅用某种指示藻类判定水质就较为困难。五个湖泊中能够查到个体生态学资料的种类及它们的生态学特征整理成水质指示生物表(表 1)。由表 1 可见,这些种类大部分是在 β -中等污染地区经常出现的。从群落的生态学看昆明湖的水质处于寡污染(轻污染)至 β -中污染之间。其他四个湖的水质均属 β -中等污染。用群落的生态学特征评价水质可以克服以单

一指示种类评价水质的片面性。

二、各湖营养状况的分析

湖沼学家按营养等级将湖泊分成贫营养湖和富营养湖。下面依据富营养湖的几个主要指标对昆明湖等五个湖泊的营养状况作一个简要的分析。

(1) 浮游植物的种类

津田松苗^[3]认为,浮游植物种类随着湖泊营养程度不同而变化。这种变化遵循着一定的规律。现就几个湖泊浮游植物的种类分析如下。

昆明湖:面积 $132 \times 10^4 \text{m}^2$, 1979 年 5 月末采集, 9 月采集中富营养性硅藻颗粒直链藻 (*Melosira granulata*) 经常出现。蓝藻双点颤藻 (*Oscillatoria geminata*) 为优势种, 占 24%。亚优势种蓝藻宽松螺旋藻 (*Spirulina laxissima*) 占 20%。1980 年采集中主要是硅藻脆杆藻属占优势。

积水潭:面积 $7.55 \times 10^4 \text{m}^2$ 。五次采集中富营养性硅藻颗粒直链藻经常出现。1980 年 8 月、9 月占 18%、23%。绿藻裂丝藻 1979 年 9 月、1980 年 5 月形成优势, 分别占 84% 和 35%。1980 年 8 月有水华发生,水华由蓝藻颤藻组成。

后海:面积 $17.95 \times 10^4 \text{m}^2$ 。五次采集中优势种为硅藻美尼小环藻、颗粒直链藻、尖针杆藻和绿藻裂丝藻。1980 年 8 月颗粒直链藻含量高达 39%, 且出现了由颤藻组成的水华。

北海:面积 $37.60 \times 10^4 \text{m}^2$ 。五次采集中蓝藻占的比例很高。蓝藻宽松螺旋藻在 1979 年 9 月, 1980 年 8 月的采集中均形成优势, 比例为 25% 和 31%。文献报道^[6]蓝藻螺旋藻属能在多污带水体中大量出现并能形成水华。此外,富营养性硅藻脆杆藻属一种 *Fragilaria crotonensis* 经常出现。

筒子河:五月份的采集中、硅藻脆杆藻属一种 *F. crotonensis* 比例较高, 其次为绿藻栅藻属。其他几次采集中蓝藻平裂藻、宽

表 1 水质指示生物表^{[1][2][5]}

浮游植物名称	α -多污	β -多污	α -中污	β -中污	寡污
«蓝藻门»					
点形平裂藻 <i>Merismopedia punctata</i>				+	+
微小平裂藻 <i>M. tenuissima</i>			+	+	
沼泽颤藻 <i>Oscillatoria limnetica</i>			+	+	
宽松螺旋藻 <i>Spirulina laxissima</i>			+	+	
«硅藻门»					
扁圆卵形藻 <i>Cocconeis placentula</i>			+	++	++
扭曲小环藻 <i>Cyclotella comta</i>			+	++	++
美尼小环藻 <i>C. meneghiniana</i>				+	+
具星小环藻 <i>C. stelligera</i>				+	
等片藻 <i>Diatoma vulgare</i> var. <i>productum</i>				++	
连结脆杆藻 <i>Fragilaria construens</i>				+	+
连结脆杆藻变种 <i>F. construens</i> var. <i>venter</i>				+	++
脆杆藻 <i>F. crotonensis</i>				+	+
窄异极藻 <i>Gomphonema angustatum</i>		+	+	+	
颗粒直链藻 <i>Melosira granulata</i>				+++	+
意大利直链藻 <i>M. italica</i>				+	
变异直链藻 <i>M. varians</i>				++	
细菱形藻 <i>Nitzschia ovalis</i>				++	
谷皮菱形藻 <i>N. paled</i>	++	++			
舟形藻 <i>Navicula cuspidata</i>				+	
弯楔藻 <i>Rhoicosphenia curvata</i>		+	+	+	
尖针杆藻 <i>Synedra acus</i>				+++	++
肘状针杆藻 <i>S. ulna</i>		+	++	+++	++
«绿藻门»					
衣藻属 <i>Chlamydomonas</i>		+	+++	++	+
十字藻属 <i>Crucigenia</i>			+		
纤维藻 <i>Ankistrodesmus falcatus</i>				+	
二角盘星藻 <i>Pediastrum duplex</i>				+	+
四棘栅列 <i>Scenedesmus quadricauda</i>			+	++	
被甲栅列 <i>S. armatus</i>			+	++	
斜向栅列 <i>S. obliquus</i>			++	++	+
四角藻属 <i>Tetradion</i>				+	+

注: + 少量出现 ++ 屡次出现 +++ 大量出现。

松螺旋藻,绿藻裂丝藻经常出现。

由浮游植物的种类来看,各湖的营养程度均较高。五月份的采集中优势种多为富营养性硅藻颗粒直链藻和脆杆藻(*F. crotonensis*),富营养性绿藻栅藻也经常出现。八月—九月优势种多为蓝藻。

(2) 浮游植物百分组成

贫营养湖中主要是硅藻的群落,富营养湖中夏天蓝藻增多有时有水华。五个湖泊中1979年9月、1980年8月水温27—28℃时,两次采集平均百分组成见图2。除昆明湖以外,其他各湖蓝绿藻比例均较高。

(3) 浮游植物量

浮游植物的异常增殖是富营养化的显著标志之一。五个湖泊两年调查的平均值(见表2)均超过富营养湖北美五大湖之一伊利湖1962年丰度最高值2500个/毫升^[3](Davis 1964);筒子河和北海相当于日本富营养湖諏访湖四十年代后期的水平 10^3 — 10^4 个/毫升。

(4) 氧的垂直分布情况

富营养湖中,深水层氧明显减少。一方

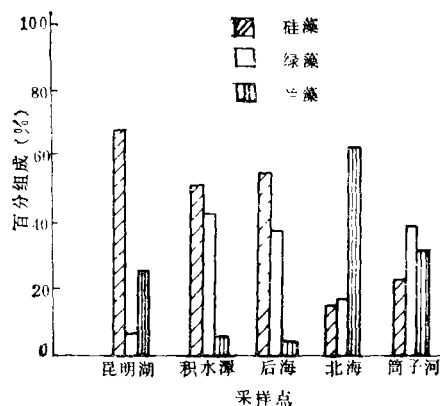


图2 各湖浮游植物组成图

表2 五个湖泊浮游植物量

湖泊名称	昆明湖	积水潭	后海	北海	筒子河
浮游植物量 (细胞个数/毫升)	3712	5644	3423	7834	9618

面是由于表层藻类不断增殖,藻类进行光合作用产生大量氧;另一方面藻类死亡下沉至底层,腐败分解消耗氧,使底层氧减少。夏季停滞期湖水循环停止,氧分层存在形成溶解

表3* 磷、氮浓度表示的营养状态

营养状态		极 贫	贫	贫 中	中	中—富	富
P-N浓度	日本樱井		<0.02				>0.02
	日本坂本		0.002—0.02		0.01—0.03		0.01—0.09
	瑞典湖泊			0.0073—0.0087		0.011—0.0266	0.0458—0.144
	美国 Thomas	<0.005		0.005—0.01	0.01—0.03	0.03—0.1	>0.1
	日本樱井		<0.2				>0.2
P(mg/l)	日本坂本		0.02—0.2		0.01—0.7		0.5—1.3
	瑞典湖泊			0.228—0.392		0.342—0.618	0.42—2.37
	美国 Thomas	<0.2		0.2—0.4	0.3—0.65	0.5—1.5	>1.5

* 引自环境科学情报1982年第8期第4页。

氧的深度差。1979年9月29日至30日对筒子河湖水溶解氧进行24h连续测定。测定结果上午10:00水温18℃—19℃时,溶解氧差为2.8mg/l,下午4:00—6:00溶氧差最高,为6.2—7.3ppm,超过了富营养湖日本諏访湖四十年代后期的水平5ppm。底层溶解氧最低时是在凌晨2:00—4:00,溶解氧为8.3ppm。一般情况下不会产生危害,但当湖水有机物增加时,就会使湖水耗氧增加,鱼类因缺氧死亡。1980年8月至9月上旬10时昆明湖、积水潭、后海、北海溶解氧差分别为1.29ppm, 3.04ppm, 2.73ppm, 2.09ppm。除昆明湖表层与底层溶解氧差较小外,其他几个湖与筒子河相似。

(5) 营养盐含量

各国学者根据野外实测资料及模型研究提出了不同的以磷(P)、氮(N)浓度为代表的营养指标(见表3)。各国标准有差别,目前尚无统一的标准。五个湖1979年—1980年氮含量分别为0.68, 3.84, 0.42, 0.73, 0.87ppm, 1983年4月测定昆明湖磷含量为0.043ppm, 氮含量为0.64ppm, 北海磷量为0.086ppm, 氮含量为0.83ppm, 筒子河磷, 氮含量分别为0.086ppm, 1.18ppm。

按照日本标准五个湖均是富营养湖。依照瑞典的标准,昆明湖至多是富营养湖的初期。如按美国Thomas的标准,五个湖均处于中营养湖与富营养湖之间。

(6) 透明度

透明度是用来表示水质清晰程度的一项指标。浮游生物量是影响透明度的主要因素。富营养湖透明度小于5m^[7]。五个湖水深约在2m左右,而透明度仅有40cm左右。据调查昆明湖五十年代初期,湖水清澈见底,冬天可见鱼在水下游动,而现在透明度只有30—50cm。由此可见,30年来昆明湖营养化速度是很快的。

综上所述根据五次调查结果可以初步认

为昆明湖等五个湖泊属富营养型湖泊。

小 结

1. 浮游植物种群分布的变化能够反映湖水有机污染程度的变化。根据浮游植物种群分布表明昆明湖等湖受到一定程度的有机污染。按照污水生物体系评价属 β -中等污染。其中昆明湖水水质较好,筒子河水水质较差。应用浮游植物种群分布监测与评价水体污染具有一定的意义。

2. 各湖营养状况分析表明昆明湖等五个湖泊均属富营养型湖。其中昆明湖营养程度较低,属富营养湖的初级阶段,筒子河营养程度最高。

3. 五个湖泊虽为富营养湖,但如果将污染控制在目前的程度,不会产生较大的危害。反之如不控制污染,浮游植物过量繁殖形成水华、水质混浊发臭,不但不能用于游泳、游览、也有害于渔业。1978年8月,筒子河曾因湖内投放了大量水草,使得湖水耗氧增加造成大批鱼死亡。为控制湖泊富营养化速度,建议除了继续治理湖周污染源外,同时也要禁止为提高鱼产量而向湖内投放大量饵料。

参 考 文 献

- [1] 堀春雄等,《上水试验方法》,p. 416,日本水道协会,1970年。
- [2] 津田松苗等,《環境と生物指標 2——水界編》,p. 54,共立出版,东京,1975年。
- [3] 津田松苗,《水质污染の生态学》,公害对策技术同友会,東京,1976。
- [4] 津田松苗,《日本湖沼の诊断——富栄養化の現状》,共立出版,東京,1975。
- [5] 津田松苗、森下郁子,《生物による水质調査法》,p. 173,山海堂,东京,1974年。
- [6] 手塚泰彦,《環境汚染と生物》II, pp. 38—61,共立出版,东京,1972年。
- [7] 山岸宏、冲野外輝夫,《湖沼の汚染》,築地书店,东京,1974年。
- [8] Patrick, R. & C. W. Reimer, The Diatoms of the United States, Livingston Publishing Company, 1966。