

金门岛上污染源对沿岸水质之影响*

陈镇东 陈朝金** 王冰洁

(中山大学海洋地质及化学研究所, 高雄)

** (水产试验所, 金门)

摘 要 1992 年 9 月至 1993 年 5 月之间, 每月于金门岛附近海域进行之水文及水质探测结果显示, 浯江流域之污染量最大, 但入海口的水质却非最差, 可能是入海口处之红树林净化了水质。东林及酒厂两站, 分别含有最高之氮及磷, 其中东林的氮污染可能来自九龙江, 而酒厂的磷污染则由金门本岛而来。

关键词 水文学 水质 金门 台湾海峡

中国图书分类号 P734.4

金门县主要由大、小金门岛所组成, 东临台湾海峡, 西边与厦门、同安一水相隔。全县四面环海, 北岸属于淤积海岸, 又因位处福建省九龙江河口, 腐植质等营养盐丰富, 形成鱼虾贝类等海生生物之优良栖息场所, 提供地区主要鱼贝水产来源。近来, 渔、蚵民反映鱼贝类等水产已明显减产, 推测原因, 应属过度捕捞及污染所致。

目前, 金门之污水处理系统并未普及全岛, 大部分的民生、养殖废水均未收集处理, 即漫流或放流入海, 对海岸环境造成相当大的冲击。然而, 污染源不仅于此, 位于金门西北方的厦门岛及海沧经济区, 随着经济特区的发展, 工业“三废”不断增加。1982 年厦门的工业废水仅 1 500 万 t, 到 1993 年工业废水排放量已超过 3 400 万 t, 直接排入海域的约占 60%, 还有工业固体废物年产生量也达 20 多万 t。1993 年厦门市国内生产总值为 108 亿元, 要实现 2000 年达到 400 亿元的目标, 必然要寻找新的经济增长点, 优先发展能源等基础工业和石油、化工、钢铁的龙头产业, 而这些行业多数污染较为严重。大量工业项目的建成和投产, “三废”的排放, 将给厦门海域带来严峻的环境问题^[1]。

50a 来厦门市区内人口已从 10 多万增加到 60 多万人, 垃圾年产量达 20 多万 t, 年生活污水量达 400 多万 t, 年排放化学耗氧量近 2 万 t, 总氮 1 000 多 t, 无机磷 200 多 t, 因此厦门周围海域已受无机氮和无机磷的污染。1986 年以来, 赤潮亦时有发展^[1]。厦门所排放的废水, 可能随着海流、潮汐, 流至金门沿海, 影响到地区浅海养殖生态环境, 造成生物相改变及毒物累积。

1992 年底, 金门已开放观光, 涌入的人潮势必带来更多的废弃物及废水。为避免污染情形加剧, 影响渔、蚵民生计, 应早日监测污染源, 了解沿岸海水水质状况, 以供将来对污染防治决策之参考。

1 实验方法

本文于 1996 年 8 月 9 日收到。

* 本研究由台湾“环保署”资助, 王巧萍、陈明月协助采样及资料收集, 特此志谢。

1.1 采样及分析

金门沿海受到本岛明显之点污染的海水大约有 9 处(图 1),依污染源的不同,可区分为下

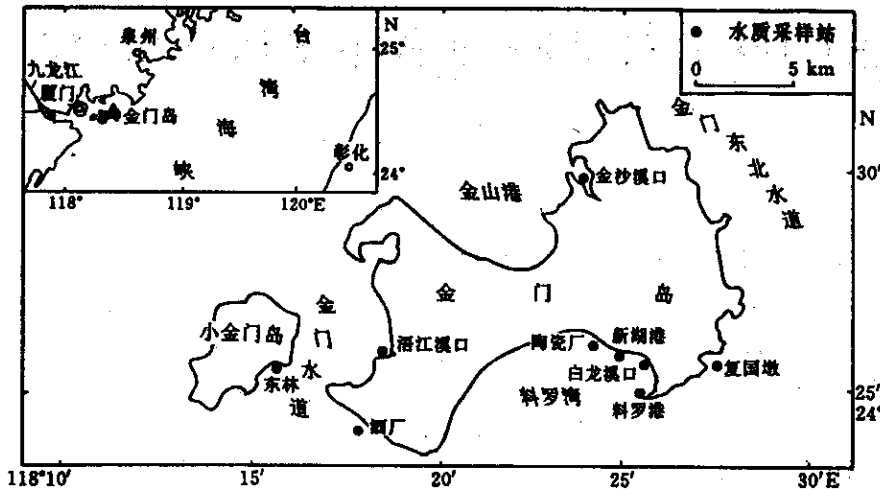


图 1 金门沿岸水质调查与采样位置的分布

Fig. 1 Study area and sampling sites of water quality investigation

列三种:

(1)主要溪流入海处:分别于活江溪、金沙溪、白龙溪入海处取得沿岸海水。

(2)废水漫流入海处:分别于东林、酒厂、陶瓷厂、复国墩所排放之废水入海处取得沿岸海水。

(3)港区海水:分别于新湖港及料罗港取得海水。

采样时间于 1992 年 9 月至 1993 年 5 月之间进行,采样频率每月一次,皆为当月大潮左右。取得水样后,现场测量气温、水温、pH、溶氧量、溶氧饱和度。并取得海水样本及叶绿素甲(Chl-a)样本,加以冷藏保存后运回实验室。采样当晚,立即以携带式比色仪,测量氨氮(NH₃-N)含量。在实验室分析的项目分别为盐度、亚硝酸(NO₂⁻)、硝酸盐(NO₃⁻)、磷酸盐(PO₄³⁻)、硅酸盐(SiO₂)及叶绿素甲。

所有采样及处理过程,均依本实验室水质分析品保/品管手册^[2]之要求,以确保分析之准确度。pH 值及营养盐之准确度请见表 1。

表 1 本实验室 1994 年 12 月参加 APG 盲样测试之结果

Tab. 1 Tests of APG (Analytical Product Group) blind samples in Dec. 1994

测 项	方 法	单 位	参 考 值	本实验室测值
pH	电极法	无	3.815	3.83
			6.349	6.20
NH ₃ -N	比色法	mg/dm ³	2.072	2.25
			8.235	9.00
NO ₃ -N	比色法	mg/dm ³	0.753	0.88
			10.687	11.64
PO ₄ -P	比色法	mg/dm ³	2.894	2.37
			15.385	11.20

1.2 背景资料

1.2.1 主要溪流 金门主要溪流包括浯江溪、金沙溪和白龙溪。

浯江溪发源于榜林、昔果山一带,由金门岛西方之金城镇出海,集水面积虽然为金门岛上三条主要溪流中最小者,但区内人口数及垃圾量均为三者之冠(表 2)。溪口出海处有天然生长之海茄苳(即白骨壤 *Avicennia marina*)红树林,但可能因生育条件较差,海茄苳多呈灌木状。另有数十棵水笔子(即秋茄 *Kandelia candel*)乔木,混生于海茄苳林中,成为上层林。红树林外之潮间带,有牡蛎养殖。

表 2 金门三处主要溪流口污染量之估计

Tab. 2 Estimation of various sources of pollution from major estuaries in Jinmen

项目 地点	集水区 (hm ²)	人口数 (个)	垃圾量 (t/d)	养殖业 (hm ²)	农林业 (hm ²)	畜牧业 (头)	工矿业 (家)
浯江溪	~720	12 294	1 162	32.89	188	猪 1 003	0
金沙溪	~840	4 155	468	35.68	656	猪 1 548	0
白龙溪	~1 000	4 656	321	43.7	0	牛 120, 猪 1 268	3

注:1. 集水面积无详细资料,系概估; 2. 人口数由金门县政府主计室提供; 3. 垃圾量由金门县政府民政科提供; 4. 养殖业资料由金门县水产试验所提供; 5. 农林业资料来自金门县农业暨农地利用综合规划; 6. 畜牧业资料由金门县畜产试验所提供; 7. 工矿业资料来自金门县府统计年报。

金沙溪位于金门岛北方,溪口出海处养殖有文蛤。金沙溪发源于太武山,集水面积约 840hm²。集水区上游多畜牧业及农林业,下游途经田墩养殖区。溪口曾有水笔子造林,但因田墩养殖区之开发,业已全部死亡。

白龙溪介于料罗码头与新湖渔港中间,溪口沿海近牡蛎养殖区。白龙溪发源于太武山,过去上游曾产磁土矿,现已停止开采。集水面积约 1 000hm²,集水区内有养殖业、畜牧业及工矿业。

1.2.2 废水流 包括东林、酒厂、陶瓷厂、复国墩等生活废水。

东林位于小金门东南方,汇集了小金门主要的家庭废水,直接由此排放入海。

酒厂即生产著名的金门高粱所在地,位于金门岛西南方。酿酒后的酒糟及废水,由酒厂直接排入水沟,水沟流经海防兵营、养鸡场及放牧牛只的草丛,而后由纯度极高的石英沙滩入海。沙滩右临野鸟栖息地,冬季候鸟过境时,沿岸海面上水鸟云集,白沙滩上则鸟粪密布。

陶瓷厂为金门陶瓷厂洗陶废水及附近家庭废水主要排水口,在离岸不远处,渔民以平挂式养殖牡蛎。

复国墩位于金门岛东方,为舢舨及小渔船出入港,渔获丰富。冬季退潮时,居民多于浅岸岩礁上采收紫菜。附近住户及餐馆之废水,均由水沟直接流至海滩,漫流入海。

1.2.3 港区 包括新湖港和料罗港。

新湖港于 1986 年正式启用,为近海及沿岸捕鱼渔船之主要停泊港,目前固定有 37 艘大小渔船由此进出,海面上多有浮油。

料罗港位于金门岛南方,为重要港口,平均每个月约有 15 艘不定期商用及军用船只出入,海面上浮油漫布。

以集水区面积、人口数、垃圾量、养殖业、农林业、畜牧业、工矿业产生的污染量,预估其大小顺序分别是,主要溪流:浯江溪>金沙溪>白龙溪,废水流:酒厂>东林>复国墩>陶瓷厂,

港区:新湖港>料罗港(表 3)。

表 3 金门内陆污染源污染量估计

Tab. 3 Estimation of various quantities of inland pollution in Jinmen

项目		集水区面积	人口数 (垃圾量)	养殖业	农林业	畜牧业	工矿业	计 分
地点								
溪流	浯江溪	○○○○	○○○	○○	○	○○○	—	14
	金沙溪	○○○○	○○	○○	○○	○○○	—	13
	白龙溪	○○○○○	○○	○○	—	○○○	○	13
废水流	东林	○○○	○○	—	—	—	—	5
	酒厂	○	○○	—	○○○○○	—	—	8
	陶瓷厂	○	○○	—	—	—	○	4
港区	复国墩	○○	○○○	—	—	—	—	5
	新湖港	○○	○	—	—	—	—	3
	料罗港	○○○	○	—	—	—	—	4

注:此表系利用表 2 中各行业可能产生之污染量,将其统计数字大小化为圆圈多寡

2 结果与讨论

2.1 温度

金门沿岸并无明显之热污染源,由 9 个月的调查资料中显示,各站海水水温在 9 月最高,自 9 月开始下降,至 2 月达到最低温,而后随气温回暖而向上攀升(图 2 a₁)。

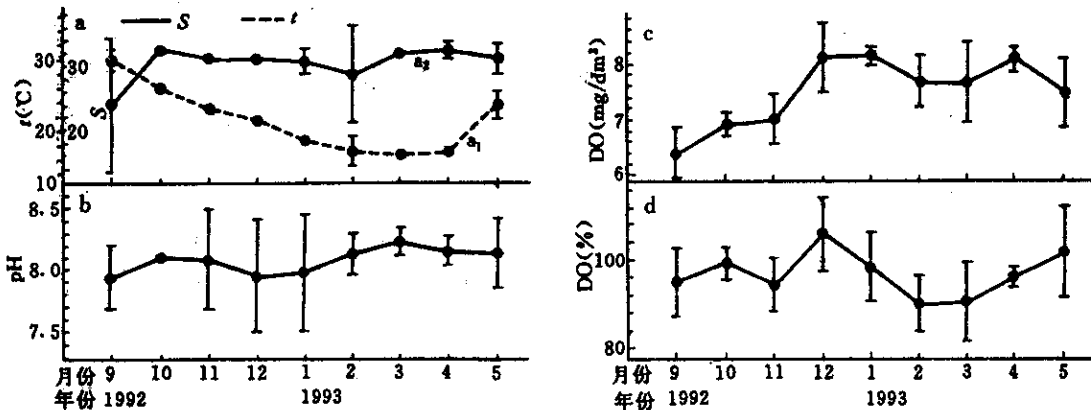


图 2 金门沿岸海水 1992 年 9 月至 1993 年 5 月之平均温、盐度、pH、溶解氧和溶氧饱和度的变化

Fig. 2 Variations of average temperature, salinity, pH, DO and DO(%) around Jinmen

2.2 盐度

各站盐度分布范围介于 8.97~32.94 之间,平均为 30.01。此值较台湾海峡其他地区为低,如澎湖群岛之 33.78~35.88^[3](大多介于 34.20~34.86 间)、苗栗通霄沿岸表水之 33.32~34.07^[4]、云林离岛之 33.20~34.00^[5]。金门沿岸海水盐度普遍偏低之现象,显示采样位置之沿岸水受到了淡水的稀释。盐度之季节性变化并不大,除了 1992 年 9 月采样时,适逢大雨,各站盐度较低外,其余各月份沿岸平均盐度差异并不明显(图 2 a₂)。

大金门的三条主要溪流河口的盐度,以流经田墩养殖区的金沙溪最高,平均值为 31.40±1.50;浯江溪及白龙溪偏低,分别是 29.06±3.29 及 28.03±7.25。白龙溪的低值是由于 1993

年2月份采得盐度仅有8.97的低盐海水所造成,若扣除该月之低值,白龙溪的平均盐度约为30.75。较低盐度的浯江溪,应是由其溪水流量较高所造成。此站不仅溪水流量高,输出变化量也较大。

废水漫流入海处4站的盐度,以东林站的平均值较低,为 28.83 ± 3.00 ,其余3站的值相当接近,酒厂为 30.61 ± 0.92 、陶瓷厂为 30.14 ± 2.65 、复国墩为 30.96 ± 0.95 。东林站低盐度之现象,可能是大量淡水输入所造成,然而此处仅是小金门一处约5000人的村落,所排放之废水量不大,除了1992年9月采样时,适逢大雨,有大量淡水流入此处外,其余月份采样时,均不见大量的废水流入。因此造成东林低盐度之淡水,除了村落的废水外,应有其他来源。由其紧临九龙江口之位置来看,很可能是九龙江的淡水对此处的盐度有较大的影响。

离九龙江最远的复国墩,盐度也仅高出东林约2单位。由于复国墩的废水量不大,常常只是浅细漫流入海的废水,因此尚不致于造成海域盐度的改变,显然九龙江的水有流至此处的可能,然而此假设还需实测流况加以证实。

新湖港、料罗港的平均盐度,分别是 30.99 ± 0.65 、 29.84 ± 2.40 ,此二处较无明显陆源排放物,因此盐度的变化应该不大;新湖港的盐度变化,即符合这样的水文条件,然而料罗港的盐度变化却很大,推究其资料,发现料罗港各月份的盐度,大多与新湖港相近,仅1993年1月及5月盐度突然变低,显然此处有间接性、不明来源的淡水流入。

2.3 pH

沿岸海水pH介于6.74~8.47之间,平均为 8.08 ± 0.31 ,较通霄及云林沿岸低约0.1~0.2单位^[4,5],而与屏东、台南附近海域pH值相当^[6]。各站pH并无明显季节性变化(图2b)。

大金门的三条主要溪流出口平均pH值,以金沙溪 8.20 ± 0.09 最高,其次是白龙溪 8.13 ± 0.21 ,最低是浯江溪 7.97 ± 0.39 。由于一般海水之pH值约在8.2~8.3之间,因此浯江溪之低pH值,可能是受到较低盐度的淡水影响。

废水漫流入海处4站的pH,以复国墩 8.25 ± 0.10 ,及陶瓷厂 8.21 ± 0.11 较高,其次是东林站 8.01 ± 0.24 ,最低是酒厂 7.66 ± 0.57 。根据台湾现行之海域水质标准^[7],甲类海域之pH值应在7.50~8.50之间,然而在9次调查中,酒厂的pH就有4次低于7.50,推究此时之盐度,皆在29左右,并非是未经稀释的淡水,亦即此处是混合完全的海水。显然,由酒厂酿酒后排放之酒糟与废水,在流经海防兵营、养鸡场及放牧牛只的草丛后,加入更多污染物质,使得附近海域pH值降低,而可能对海洋生物有所伤害。此外,水沟所流经之沙滩右侧,恰临野鸟栖息地,冬季候鸟过境时,沙滩上鸟粪密布;由于鸟粪中富含磷酸盐,亦可能是导致海水pH值降低的原因之一。

pH值低于7.50的样本,除了有4次出现在酒厂之外,亦有2次分别出现在东林及浯江溪。此6次低pH发生时,营养盐含量皆为当次采样中之最高值,显见污染严重的地方,已造成海水pH下降的现象。然而这些水样的溶氧量及叶绿素甲并没有随之增加,因此营养盐增高的海域,虽然pH有下降现象,但目前尚无富营养化的情形。

新湖港、料罗港的pH平均值,分别是 8.13 ± 0.07 、 8.21 ± 0.08 ,较接近一般海水值,而且变异较小。料罗港两次盐度较低时,pH并未下降,显然流入之淡水并未改变此地的pH值。

2.4 溶氧量

沿岸海水溶氧量介于5.52~9.38mg/dm³之间,平均为 (7.47 ± 0.74) mg/dm³(图2c);溶

氧饱和度介于 79.7%~123.5% 之间,平均为 97%±8.7%(图 2 d)。溶氧量由 1992 年 9 月至 12 月各站均有上升趋势,然而过了 12 月,各站的变化却不一致,显示金门沿岸溶氧量的控因,除了温度影响其生物作用外,风浪导致表水溶氧改变之物理作用亦不可忽视。由 pH 的季节性变化不大来看,金门沿岸溶氧改变的主因,应该是物理作用大于生物作用,因此无法以溶氧量看出生物作用变化情形。

9 个测站的溶氧量,以半封闭且海面常布满浮油的新湖港最低,若剔除 1993 年 5 月极高值,其余 8 次的值平均为 $(7.30 \pm 0.93) \text{mg}/\text{dm}^3$,且常未达到饱和,平均仅 $91.9\% \pm 4.8\%$ 。

2.5 营养盐

海水中之营养盐主要有氨氮盐($\text{NH}_3\text{-N}$)、亚硝酸盐(NO_2^-)、硝酸盐(NO_3^-)、磷酸盐(PO_4^{3-})及硅酸盐(SiO_2),均为水中浮游性植物生长所不能或缺的化学物质。一般在大洋中,营养盐的来源主要为有机质之分解,沿岸地区则可能受溪流中家庭和工业废水排放的影响。金门海域的主要陆源污染应为聚落的民生废水,除酒厂外工业之污染微乎其微。

2.5.1 氨氮盐 金门沿岸氨氮盐之含量介于侦测下限以下($<10 \mu\text{g}/\text{dm}^3$)至 $1550 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 之间,9 个月的平均值为 $(190 \pm 270) \mu\text{g}/\text{dm}^3$,各月份与各测站间的差异都很大,亦无明显季节性变化。

大金门的三条主要溪流入海口平均氨氮盐,以浯江溪($310 \pm 470) \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 最高,其次是白龙溪($129 \pm 171) \mu\text{g}/\text{dm}^3$,最低的是金沙溪($60 \pm 67) \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (表 4)。由于浯江溪乃是汇集金门第二大城镇金城镇民生废水的主要溪流,而人口数及垃圾量均居此三溪流之冠,造成此处沿岸海水高量氨氮盐的污染。

废水漫流入海处 4 站的氨氮盐,除了陶瓷厂较低,为 $(23 \pm 30) \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 之外,其余 3 站皆有偏高的现象,分别是东林($473 \pm 383) \mu\text{g}/\text{dm}^3$,酒厂($259 \pm 307) \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 及复国墩($178 \pm 175) \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 。若以人口数及垃圾量来推究对沿岸海水的污染量,应是浯江溪远大于东林。至此,我们却看到浯江溪的氨氮盐较低。可能的原因有二:一是影响东林沿岸海水的水质不仅东林废水而已,可能另有来源。由于该处盐度常年偏低,因此此另外来源,很可能是由九龙江而来;其二可能是因为浯江溪口生长着面积约 1hm^2 的红树林。这片由海茄冬与水笔子所组成的红树林,在废水与潮水流经之际,会由密生的支持根与呼吸根,将废水中的氮吸收固定以供生长之需。

与浯江溪之氨氮盐比较,除了东林偏高外,酒厂的测值则与之相当。在 9 个月的调查中,酒厂沿岸海域的氨氮盐含量变化很大,如 1993 年 1 月及 5 月,分别高达 75 及 $74 \mu\text{g}/\text{dm}^3$,然而 2 月及 4 月又都低于侦测下限以下。此现象可能是潮流流向不定,或酒厂不定期排放酒糟及废水,因此造成时而高,时而低之浓度变化。然而其平均值如此之高,显然对海域已有所冲击。

新湖港、料罗港港区氨氮盐的含量分别是 $(206 \pm 345) \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 及 $(32 \pm 44) \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 。新湖港并无明显的内陆污染,但因停泊的渔船会将洗濯废水及废弃物倒入港中,可能即是港区氨氮盐的来源。而料罗港港区大,停泊船只不定期之商用与军用船,较少渔船污染,也无明显内陆污染,因而氨氮盐含量低是可以理解的。

2.5.2 亚硝酸盐 金门沿岸亚硝酸盐之含量介于侦测下限以下($<7 \mu\text{g}/\text{dm}^3$)至 $580 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 之间,9 个月的平均值为 $(50 \pm 84) \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 。此值远高于高雄永安附近海域之 $1 \sim 116 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ^[8],澎湖内湾之 $1 \sim 12 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ^[3],及屏南海域之 $1 \sim 28 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ^[6];而与苗栗通霄海域表水相当^[4]。大多数的测站在 1992 年 9 月时含量皆偏高,而其余月份则小于 9 月份近一个数量级。此现象

指出 9 月份之大雨,将陆上大量有机质冲入沿岸,使得还原性的亚硝酸盐普遍存在表水,严重污染海域。

表 4 金门沿岸海水 1992 年 9 月至 1993 年 5 月盐度、氮氮盐、亚硝酸盐、硝酸盐、磷酸盐、硅酸盐、叶绿素甲之平均值、偏差值及其浓度大小排序

Tab. 4 Averages, deviations and sequences of concentration of sea water salinity, ammonia, nitrite, nitrate, phosphate, silicate and chlorophyll-a around Jinmen

项目		站名								
		浯江溪	金沙溪	白龙溪	东林	酒厂	陶瓷厂	复国墩	新湖港	料罗港
盐度	平均值	29.06	31.40	28.03	28.83	30.61	30.14	30.96	30.99	29.84
	偏差值	3.11	1.50	7.25	3.00	0.92	2.65	0.95	0.65	2.40
	排序	7	1	9	8	4	5	3	2	6
氮氮盐	平均值	310	60	129	473	259	23	178	206	32
	偏差值	470	67	171	383	307	30	175	345	44
	排序	2	7	6	1	3	9	5	4	8
亚硝酸盐	平均值	67	31	90	86	19	48	67	25	17
	偏差值	92	39	174	104	22	51	50	23	15
	排序	4	6	1	2	8	5	3	7	9
硝酸盐	平均值	482	223	3 258	1 287	198	528	595	413	150
	偏差值	561	241	7 768	1 858	278	489	463	261	137
	排序	5	7	1	2	8	4	3	6	9
磷酸盐	平均值	293	62	50	388	1 510	60	72	139	41
	偏差值	359	64	40	342	1 602	51	62	208	47
	排序	3	6	8	2	1	7	5	4	9
硅酸盐	平均值	1 556	1 416	2 185	2 137	2 027	1 477	1 372	1 368	1 202
	偏差值	540	637	1 860	791	737	420	330	320	290
	排序	4	6	1	2	3	5	7	8	9
叶绿素甲	平均值	5.61	2.05	9.12	2.89	1.14	1.63	1.30	2.28	8.88
	偏差值	7.60	1.13	15.36	3.61	0.45	1.21	0.53	1.86	9.77
	排序	3	6	1	4	9	7	8	5	2

注:表中除盐度外,各要素的单位均为 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 。

除了 1992 年 9 月大多数测站有高值出现之外,其余各月份亚硝酸盐含量虽然较低,却或多或少出现。一般而言,表水大多与空气饱和平衡而呈氧化态,亚硝酸盐会完全氧化成硝酸盐,因此表水若没有有机质污染,亚硝酸盐不会出现在表水中。而今在表水检测到亚硝酸,显然金门沿岸海水常年受到有机质的污染,才会不断降解产生还原性的亚硝酸盐。

2.5.3 硝酸盐 金门沿岸硝酸盐之含量介于侦测下限以下($<7 \mu\text{g}/\text{dm}^3$)至 $2 521 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 之间,9 个月的平均值为 $(917 \pm 3 040) \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 。与苗栗通霄海域表水^[4]及云林县附近海域^[5]相当。略高于屏南海域之 $6 \sim 615 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ^[6],而远高于澎湖内湾之 $nd \sim 24 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ^[3],以及高雄永安附近海域之 $4 \sim 121 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ^[3]。与亚硝酸盐一样,1992 年 9 月各站的硝酸盐亦有高于其他月份之现象,其余月份则大多偏低,显示 9 月的大雨将陆上污染物质冲下海域,造成海域有机质之污染。

大金门三条主要溪流入海口之平均硝酸盐,以白龙溪之 $(3 260 \pm 7 770) \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 最高,其次是浯江溪 $(482 \pm 561) \mu\text{g}/\text{dm}^3$,最低的是金沙溪 $(223 \pm 241) \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 。白龙溪之所以最高,是由 1993 年 2 月未混合完成之淡水海样本所引起。若是不计该高值,其年平均值仍高达 587

$\mu\text{g}/\text{dm}^3$, 显然此处常年受到硝酸盐的污染。由于白龙河流域人口、垃圾量远少于浯江溪, 且畜牧业仅与之相当, 硝酸盐含量为何较浯江溪来得高, 是否白龙溪集水区较广, 因天然地质因素或炮战之残留硝酸盐溶出所造成? 值得进一步推究。

废水漫流入海处 4 站的硝酸盐, 以东林最高, 为 $(1\ 290 \pm 1\ 860)\mu\text{g}/\text{dm}^3$, 复国墩次之, 为 $(595 \pm 463)\mu\text{g}/\text{dm}^3$, 而后是陶瓷厂之 $(528 \pm 489)\mu\text{g}/\text{dm}^3$, 及酒厂之 $(198 \pm 278)\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 。与浯江溪的硝酸盐值相比, 东林、复国墩及陶瓷厂的硝酸盐显然都过高了。这三站若非另有更大的污染量进入, 则是浯江溪口之红树林将该处硝酸盐吸收、降低了。

新湖港、料罗港港区硝酸盐的含量分别是 $(413 \pm 261)\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 及 $(150 \pm 137)\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 。仅有渔船出入的新湖港, 腹地人口数远低于浯江溪, 但硝酸盐含量却与浯江溪相当, 可见此地污染量之大。但也可能是红树林将浯江溪硝酸盐的污染减低了。

2.5.4 磷酸盐 金门沿岸磷酸盐之含量介于侦测下限以下 ($<50\mu\text{g}/\text{dm}^3$) 至 $4\ 310\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 之间, 平均 $(318 \pm 747)\mu\text{g}/\text{dm}^3$; 各月份与各测站间的差异很大, 几乎每个月都有一两个高值出现, 其余测站含量极微, 因此上述的平均值及偏差值代表性极低, 亦无季节变化可言。

磷为浮游植物生长繁殖不可或缺的必要元素, 但水中含磷量过高, 则常导致赤潮的发生。因此张^[9]认为, 海水中的活性磷在 $14\ \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 之下, 才能免于赤潮的发生。显然, 磷酸盐可作为水体富营养化的指标之一。中国大部分海域的活性磷含量, 春夏两季为 $0\sim 10\ \mu\text{g}/\text{dm}^3$, 秋冬两季为 $3\sim 21\ \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 。在个别河口和港湾, 活性磷含量有时可达 $60\ \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 。金门沿岸海水磷酸盐的含量较上述报道值来得高。

大金门的三条主要溪流输出口平均磷酸盐, 以浯江溪之 $(293 \pm 359)\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 最高, 金沙溪及白龙溪含量都很低, 分别是 $(62 \pm 64)\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 及 $(50 \pm 40)\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 。浯江溪的磷酸盐污染, 应是金城镇民生废水所造成。

废水漫流入海处 4 站的磷酸盐, 以酒厂最高, 为 $(1\ 510 \pm 1\ 600)\mu\text{g}/\text{dm}^3$, 东林次之, 为 $(388 \pm 342)\mu\text{g}/\text{dm}^3$, 复国墩及陶瓷厂较低, 分别是 $(72 \pm 62)\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 及 $(60 \pm 51)\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 。金门酒厂因有酒糟、养殖废水, 以及季节性候鸟所带来的高磷酸粪便污染, 使得该处磷酸盐含量高, 且波动很大。

新湖港、料罗港港区磷酸盐的含量分别是 $(139 \pm 208)\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 及 $(41 \pm 47)\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 。四类营养盐皆是新湖港较料罗港来得高, 足见新湖港所产生的污染物, 明显高于料罗港许多。

2.5.5 硅酸盐 硅酸盐在自然界中分布极广, 是多数岩石、土壤和灰尘的主要成份。硅酸盐为硅藻类生长所需之重要元素之一, 而硅藻又是牡蛎之主要食物。据黄^[10]指出, 牡蛎以滤食海水中之浮游植物为生, 其消化管内 90% 以上是由 35 种硅藻所组成的, 因此海水中的硅酸盐可能影响牡蛎之生长。

金门沿岸硅酸盐之含量介于 $543\sim 7\ 050\ \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 之间, 平均 $(1\ 610 \pm 868)\mu\text{g}/\text{dm}^3$, 与澎湖沿岸者相当^[3,11]。由于金门沿岸的硅酸盐远远高于一般外海表水, 因此我们可以推论此处陆源性的物质仍站有很大成份, 此由硅酸盐与盐度有某程度的负相关可以验证(图 3)。在此, 我们若大胆地假设硅酸盐的含量为陆源量之指标, 则是白龙溪 > 东林 > 酒厂 > 浯江溪 > 陶瓷厂 > 金沙溪 > 复国墩 > 新湖港 > 料罗港(表 4)。

然而白龙溪的高值是由 1993 年 2 月低盐度的样本所造成, 若剔除该高值, 则白龙溪的陆源量排名应在浯江溪之后。以此来看, 金门沿岸陆源物质含量最高的前三名, 分别是东林、酒厂

及浯江溪。其中, 东林的各类营养盐含量均属一属二。浯江溪是氮氮盐偏高, 酒厂则是磷酸盐的污染。

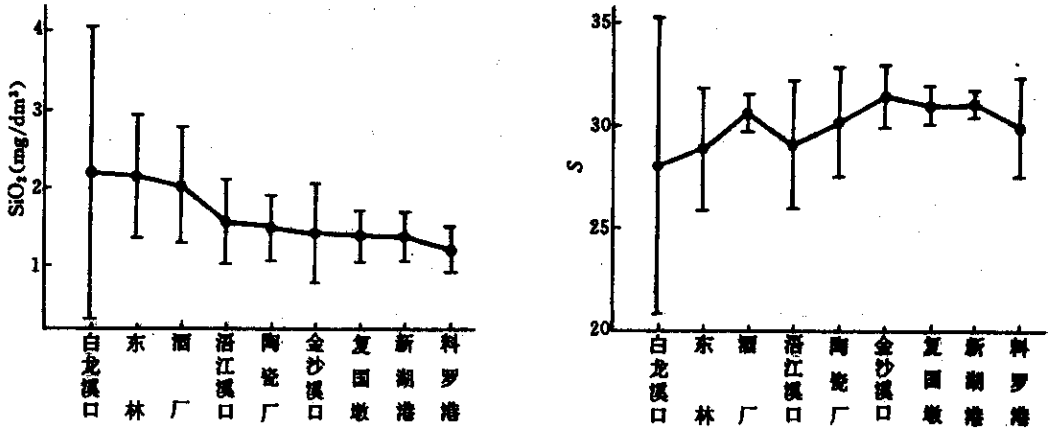


图 3 各站硅酸盐与盐度平均值之变化

Fig. 3 Variations of average silicate concentration and salinity at each station

这 9 站的垃圾量、废水流量是以浯江溪最大, 理论上讲, 应是浯江溪沿岸海水所受到的冲击最大, 然而由陆源量指标物——硅酸盐, 我们看到了东林及酒厂均远大于浯江溪, 此有两种可能造成:

- (1) 东林及酒厂废水中单位浓度的硅酸盐原本就很高, 因此海域的硅酸盐浓度偏高。
- (2) 东林及酒厂的沿岸海域另有陆上物质来源。

第一点可采取陆上废水加以验证。然而由流量远小于浯江溪来看, 其陆源硅酸盐浓度必须相当高, 才能造成海域如此高量的值。酒厂废水入海的海滩正是一片纯度极高的石英所组成, 因此废水的浓度有可能原本就相当高。然而, 东林的集水区, 并没有这种情景。针对第一点, 东林站的可能性很低。第二点的假设, 由东林、酒厂依序临近九龙江之位置来看, 是相当可能的。若第二点假设成立, 则东林附近海域之氮污染之所以远高于浯江溪, 可能大部分是由九龙江所造成。然而, 东林的磷酸盐并没有高于酒厂, 因此酒厂之磷污染大部分是由金门本岛陆源排放物所造成。

2.6 叶绿素甲

金门沿岸叶绿素甲之含量介于 $0.41 \sim 49.9 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 之间, 平均为 $(3.67 \pm 7.03) \mu\text{g}/\text{dm}^3$, 与高雄永安海域相当^[8], 比厦门港之 $6.41 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ^[12] 为低。

叶绿素甲较高的前三名, 分别是白龙溪、料罗港及浯江溪, 其变异数都相当高(表 4), 显示高值都是由几个突出值所造成, 而非正常现象。若将高值剔除, 此三海域叶绿素甲平均值约为 $2 \sim 3 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, 此值则与其他站相当。这些高值出现时, 白龙溪的营养盐也表现高值, 然而料罗港与浯江溪则没有同步现象。尤其料罗港的各类营养盐都偏低, 叶绿素甲却高居首位。然而, 各类营养盐较高的酒厂, 其叶绿素甲反而最低。因此叶绿素甲与营养盐之间的相关性, 并非全然的正相关或是负相关。

3 结论

1. 金门沿岸海水并没有热污染。

2. 影响海域 pH 及溶氧量变化主控于物理作用,而非生物之呼吸或光合作用。

3. 沿岸海域盐度普遍偏低,平均仅 30.01,显示采样位置仍受到淡水的影响;离九龙江最近的东林,平均盐度最低,仅 28.83,最远的复国墩也仅 30.96,由于这两处的废水很少,其量不足以改变海域的盐度。因此以盐度来看,九龙江的水极有可能经过东林流至复国墩,然而此需要流况加以证实。

4. 以人口数与垃圾量来看,应是浯江溪口对海域的污染量最大,然而由五类营养盐来看,并非如此;此有可能是浯江溪口的红树林将溪流的营养盐吸收而降低了。

5. 人口数与垃圾量不及浯江溪的东林与酒厂测站,营养盐反而较高。其中,东林的氮污染很可能是由九龙江而来,酒厂的磷污染则由金门本岛而来。

6. 污染量最低的是料罗港,虽有两次低盐度的水样,但没有引起水域任何水文及水质之改变,然而其叶绿素甲含量却高居首位。

参考文献

- 1 黄美珍,李志棠. 保护厦门海洋环境,增创特区优势. 海洋开发与管理,1995,12,47~49
- 2 陈镇东,郭景圣,王冰洁. 水质样品采样及实验室品保/品管试用标准操作手册. 渔业推广工作专刊,1991,5,pp. 132
- 3 蔡万生,胡兴华. 澎湖内湾环境调查. 海洋生物科学学术研讨会论文集.“国科会”生物科学研究专刊第十四集. 1986. pp. 177~197
- 4 陈镇东. 水文与水质化学调查. 于陈镇东,沈建全,洪佳章等,苗栗县通霄镇附近海域生态调查研究(一)~(五).(1988~1993)
- 5 黄煌辉. 云林县离岛式基础工业区整体开发规划调查分析天然环境现场调查. 成大水工所研究试验报告第 136 号(共 6 章). 1992.
- 6 洪楚璋,陈汝勤,林良平等. 屏南工业区海洋放流环境调查专刊第 37 号. 1982. 10~11
- 7 “行政院”环境保护署法规委员会(编). 环境法令(共 24 章). 环保通讯周刊杂志社,1988.
- 8 郭锦洛与洪楚璋. 高雄永安附近海域水质调查研究. 台湾环境保护,1986,4:106~116
- 9 张春明. 海洋监测规范. 1991. pp. 766
- 10 黄哲崇. 澎湖内湾桡脚动物现存量及生产量之研究. *ACTA Oceanographica Taiwanica*, 1988, 20:, 53~63
- 11 薛月娥,蔡万生,胡兴华. 澎湖沿岸营养盐及水质调查研究. 台湾省水产试验所报告 33 号. 1981. pp306~316
- 12 高亚辉,金德祥,程兆第. 厦门港微型浮游生物叶绿素的分布与作用. 海洋与湖沼,1994,25(1):87~93

Influences of land effluent from Jinmen Island on coastal waters

Chen Chen-Tung, Chen Chao-King* and Wang Bing-Jye

(Institute of Marine Geology and Chemistry, National Sun Yat-sen University, Kaohsiung, Taiwan)

** (Fisheries Research Institute, Jinmen, Taiwan)*

Abstract

Hydrology and water chemistry were surveyed monthly in the coastal area surrounding the Jinmen (i. e. Kingmen) Island during Sept. 1992 and May 1993. The low salinity was perhaps caused mainly by the Jiulong River outflow. The Wujiang (i. e. Wu-chiang) Stream supplied the most pollutants but the water quality at the estuary was not the worst, probably due to the nutrient uptake by the mangroves. The highest concentration of nitrogen was found at the Donglin (i. e. Tung-ling) station and the highest phosphorus at the Brewery station. The high nitrogen at Donglin might be supplied by Jiulong River, and the phosphorus at Brewery by the terrigenous inputs from Jinmen Island.

KEYWORDS Hydrology, water quality Jinmen, Taiwan Strait