

台湾地区湖库水酸化之研究

王冰洁 陈镇东

(中山大学海洋地质研究所 台湾 高雄)

摘 要

本文旨在探讨酸雨对台湾地区湖泊、水库等自然水域酸化的影响程度。主要内容为建立水域酸化程度之资料,以及不同pH值湖水中,铝离子释放的情形。

针对台湾地区120个湖库、澎湖3个湖库、金门地区6个湖库、马祖地区5个湖库、小琉球、绿岛、兰屿等地区之普遍调查,发现较受酸雨威胁,也就是^碱度较低的湖、库,大约占了20%。此类湖、库大多位于高海拔之高山、次高山湖泊,或是靠近北部大屯火山区,基隆火山群附近。

利用NTA(normalized total alkalinity, 盐度标准化之碱度)来判断湖泊酸化情形,结果显示,在不同采样时期的27个湖库中,情人湖、新山水库、暖暖水库,鸳鸯湖、龙寮潭、鲤鱼潭以及小鬼湖7处的NTA有变小记录,酸化迹象明显;其中基隆情人湖、新竹鸳鸯湖、花莲鲤鱼潭与台东小鬼湖的酸化可能与酸雨较有相关。其余湖泊之NTA大多保持一定。

于12个湖泊测量了重金属含量,均在水质标准之内,其中情人湖之pH值最低,重金属含量均比其他湖泊来得高。

关键词: 酸雨, 湖泊, 水库, 碱度, 重金属, pH, 台湾

一、绪 论

酸雨问题,由来已久;自从1872年英国科学家 R.A.Smith 正式揭示“酸雨”一词后,各国研究人员对于雨水酸化的现象,从其形成的机制到其影响的范围,都付与相当的关心及研究,力求了解问题,进而解决问题。

在台湾有关酸雨的报导也相当多,早在1980年,孙、吴^[4]二人就曾提出警告,台湾已处于酸雨威胁之下而不自知。洪、陈^[3]于1987的报告中亦指出,自1986年5月至1987年6月期间,南部地区雨水测站出现酸雨频率高达47.6%。而设于小港国中及文山国中的测站,曾出现pH小于4的雨水,显示台湾地区酸雨问题之严重性。根据分析,台湾地区1992年空气污染物种中有88.1%为悬浮微粒,7.8%为二氧化硫,臭氧3.6%,一氧化碳0.5%^[14]。王等人^[1]分析桃园地区空气尘粒成分显示,除了主要元素钙、钾、钠、硫外,重金属占了37%,其中又以Al、Fe、Hg、Pb、Zn为较大宗。因此,酸性的大气沉降,不仅使受体酸化,而且还可能带来重金属污染。

台湾地区的酸雨问题已被证实, 尤其南北两大都会更是严重^[3,6~9,19], 本文旨在探讨台湾的天然水域是否已受酸雨的侵蚀? 作者从1985年开始至今, 陆陆续续于台湾地区、金门、马祖、澎湖、小琉球、绿岛、兰屿各地采取各湖库之水样。另外, 由于高山湖泊人为干扰较少, 可作为平地湖泊之对照组, 因此在本研究中相当重要(表1)。

表 1 本研究所采高山湖泊之湖名及标高

Table 1. The names of the lakes in this study and their altitudes.

湖 名 Lake name	标高 (公尺) Altitude (m)	湖 名 Lake name	标高 (公尺) Altitude (m)
台北 松萝湖	1230	花蓮 白石池	2770
宜兰 明池	1140	万里湖	2790
	1850	莲花池	1100
新竹 鸳鸯湖	1670	七彩湖	2900
苗栗 翠池	3520	高雄 嘉明湖	3310
南投 天盛池	2900	天池	2290
	2850	溪南鬼湖	2290
		万山神池	2150
		大鬼湖	2100
		屏东 小鬼湖	2040

二、材料与方 法

在采样现场以pH测定仪及溶氧仪测量水样之温度、pH值、溶氧量与溶氧饱和度等。另取100ml水样, 加入一至二滴1%碳酸镁溶液, 以防叶绿素a(chlorophyll a)酸化成脱镁叶绿素(pheophytin)。而后以0.45 μ m滤膜(millipore)过滤之, 滤膜以干冰保存后, 运回实验室。采得的水样分别装入事先经酸洗过之500ml棕色塑胶瓶中。所有采样及处理过程, 均依实验室水质分析品保/品管手册^[15]之要求, 防范各种可能的污染, 以确保实验之准确。

测量方法:

温度: 现场以ORION model 250A pH meter与Y.S.I. model 58 D.O.meter之温度计测定。

溶氧量: 以溶氧仪(Y.S.I.model 58 D.O.meter)现场测量溶氧饱和度与溶氧量。若为高山湖泊, 则依高度补偿值, 调整该高度应有之饱和度。

回实验室后, 以0.45 μ m不含硝酸盐之滤纸过滤, 进行下列分析工作:

导电度: 在恒温25 $^{\circ}$ C下, 以Basic Model DCM-3/Digital Conductivity meter测量。

碱度: 以Gran滴定法测量^[20]。

主要离子: SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-$ 、 Ca^{+2} 、 Mg^{+2} 、 K^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 以离子层析仪(Dionex 2000i)测量。

营养盐的测定: 以流动注入分析法(Flow Injection Analysis), 分析水体中 NO_3^- 、 NO_2^- 、 PO_4^{3-} 、 SiO_2 。

微量重金属: 将样本送至国科会南部贵重仪器中心——中山大学化学系, 以感应偶合电

浆——质谱仪直测水样。分析的元素计有 Ag, Al, Cd, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn 等十项。

叶绿素a: 以包上铝箔纸以防透光的离心管, 加90%之丙酮萃取滤膜上的叶绿素a, 猛烈振荡后静置于4℃冰箱中20小时, 使萃取完全。定量、离心、而后取上层澄清液以 TURNER DESIGNS Model 100—05 RF fluorometer 测其荧光值, 加酸酸化后再测荧光值。经由标准曲线及公式求得叶绿素a与脱镁叶绿素之浓度。

分析方法之准确度均以NIST(National Institute of Science and Technology) 雨水及 ERA(Environmental Resource Associate) potable water 标准品之标定值比较, 偏差均小于10%, 显示分析方法之可靠。

三、结果与讨论

3.1 台湾湖库碱度含量

水体中碱性物质能中和进入水中的酸性物质, 称之为缓冲能力。碱度的定义为:

$$[Alk] = [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] + [OH^-] - [H^+]$$

依照 Zimmerman 和 Harvey^[20] 分类标准, 将湖沼依碱度高低分成六级:

- A: 0~0.05 meq/l
- B: 0.05~<0.2 meq/l
- C: 0.2~<0.5 meq/l
- D: 0.5~<1.0 meq/l
- E: 1.0~<2.0 meq/l
- F: ≥2.0 meq/l

依此分类原则, 台湾地区120个湖库、澎湖3个湖库、金门地区6个湖库、马祖地区5个湖库、小琉球、绿岛、兰屿等地区的湖库, 属于A级湖库占了15%, B级湖库占了5%, C级湖库占了14%, D级湖库占了17%, E级湖库占了21%, F级湖库占了28%(表2)。由此来看, 台湾大部分湖库对酸雨具高缓冲能力: 属于D、E、F级的湖库, 就占了68%, 因此湖泊酸化问题并不似北欧各国如此严重。

上述68%湖泊, 大多在台湾西部(图1), 由于地质背景为沉积岩区^[2], 以及集水区范围较大, 使得水体碱度以及总离子数反而有偏高之虑; 另外, 一些藻类过度繁衍的优化化水体, pH值跟着升高。未来, 这些湖泊不太可能受到酸雨的威胁。而碱度较低, 属于A、B、C级的湖库, 分布在二处, 一是位于北部大屯及基隆火山群附近, 另一处则是在标高1,000公尺以上的次高山、高山湖泊。前者因为火山喷出物质含有硫酸, 而使得附近水域水质偏酸; 后者则因为高山湖盆所在地质大多是尚未风化的岩块, 或者风化土壤层较薄, 提供给湖泊之离子数也就较低, 因此湖水偏向天然酸性之雨水。这二处湖泊之水质偏向酸性, 碱度较低, 未来受酸雨的威胁毋庸置疑^[10~14, 16~17]。

金门、马祖的岩性为酸性火成岩(花岗岩), 为本研究中唯一具欧美湖泊受酸雨威胁区相同岩性者。花岗岩具有结晶构造, 岩石不易进行化学风化, 湖库之水质易呈现弱酸性。因此单就岩性来看, 金马两区的湖库应较受酸雨威胁。然而, 结果却显示金马湖库优化化之严重,

表 2

湖 库 之 各 级 碱 度 分 类 表

Table 2.

Classification of the lakes or reservoirs according to alkalinity

A 级湖库 Class A		B 级湖库 Class B		C 级湖库 Class C		D 级湖库 Class D		E 级湖库 Class E		F 级湖库 Class F	
基隆	情人湖 南雅水塘	台北	翠翠谷 面天堂池	基隆	新山水库 暖暖水库 月眉山水池	台北	内湖大埤 双溪公园	基隆	金龙湖	宜兰	九芎湖
台北	梦幻湖 地热池 磺嘴池 擎天岗 松萝湖	新竹	鸳鸯湖	台北	翡翠水库 碧潭 直潭 内湖 醉月湖 向天池 大屯池 二子坪池	宜兰	龙潭湖 大湖	台北	植物园	新竹	青草湖
		台中	翠池			桃园	石门水库 湖滨公园 慈湖	新竹	大埔水库	苗栗	鲤鱼潭
		南投	马淋窟			南投	万里湖 杉林溪	苗栗	永和山水库 明德水库	南投	碧潭 日月潭
		高雄	溪南鬼湖			南投	宝山水库 丽池	台中	石冈水坝 中兴湖	彰化	彰工池 员林公园
宜兰	翠峰湖 明池 双连埤	兰屿	天池	宜兰	梅花湖	新竹	台中公园	南投	涌泉池 大学池	嘉义	兰潭 布袋 北势坑 农村文物公园
南投	七彩湖 天窑池 能高主峰湖 白石池 屯廐池			桃园	昂天湖 龙潭	台中	台中公园	台中	德基水库 谷关水库 思源池	云林	育英国小 大埤
				台中	梨山天池 埔里鲤鱼潭	高雄	万山神池	彰化	百果山水池 红毛井 翠家花园	台南	白河水库 台南公园 成功湖
嘉义	上东埔 大草原 (洼地)			嘉义	姐潭 受镇鲤鱼池	屏东	北大武水源地	嘉义	曾文水库 妹潭	高雄	澄清湖 莲池潭 阿公店水库 寿山小水池 观音池 中正湖 宝来水池
高屏	南横天池 大鬼湖 小鬼湖 南仁池 嘉明湖			花莲	鲤鱼潭	金门	擎天水库 田埔水库 柴湖 莲湖	台南	鸟山头水库	屏东	龙寮潭 绿茵湖 垦丁青年 活动中心 垦丁水源地
						马祖	三二水库 胜利水库 津沙水库 储水溪	高雄	凤山水库 佛光山水池 蓝水潭	台东	鲤鱼池 大南水库
								屏东	双流水坝	澎湖	东卫水库 成功水库 兴仁水库
								澎湖	小兴仁水池	小琉球	乌鬼洞 蓄水池 仙人泉 丽池
								绿岛	绿岛水厂 观音洞水池		
								金门	太湖 西湖		
								马祖	中兴水库		
15%		5%		14%		17%		21%		28%	

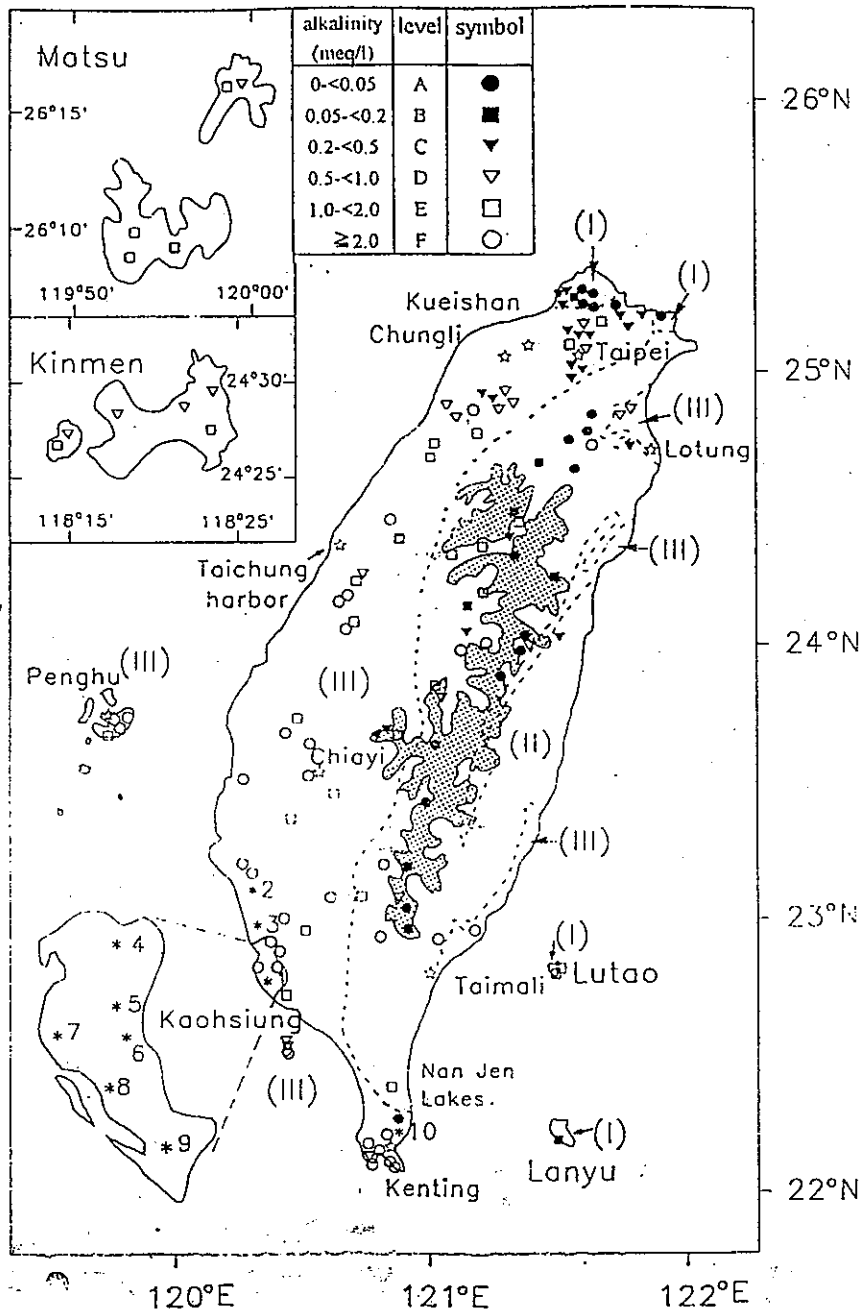


图1 台湾地区岩性(I)(II)(III)区及湖泊、水库碱度示意图。
(网点部份为标高大于2000公尺以上区域)

Fig. 1 Regions of different rocks and the alkalinity of lakes and reservoirs in Taiwan.

可能居台澎金马之冠，未来不易受酸雨威胁^[14]。

3.2 由碱度看湖泊是否酸化

在各项测量因子中，pH值最能直接表示湖泊酸碱情形。但若要看一个湖泊长久以来，是否已渐渐变酸或变碱，因为pH值会受生物作用而改变，就不是很好的指标。以一天24小时来看，白天浮游植物行光合作用而耗掉二氧化碳，此时pH值会上升。晚上，浮游植物行

呼吸作用而释出二氧化碳, pH值因而下降。此种现象, 于生物量愈多的湖泊愈明显。因此不同的采样时间。所得到不同的pH值, 大多由生物作用造成, 而非水域酸化或是碱化了。使得pH值较难直接当作追踪湖泊是否正在进行酸化的指标, 仅能作为参考之用。

另一个指标因子——碱度, 则能免除生物作用的困扰。因为碱度中最主要的组成——碳酸氢根——大多由矿物风化而来, 因此不受生物作用的影响。若要比较湖泊是否酸化, 碱度不失为最好的判断因子。但不同时期采的水样, 则由于季节的不同, 湖泊水量多寡, 势必影响碱度的高低。因此直接比较两次不同采样时间的碱度, 也就显得毫无意义。

要比较不同采样时间之碱度, 必须先扣除因蒸发、降雨对碱度所造成的改变, 也就是将碱度盐度标准化(normalized total alkalinity, NTA)。作者利用盐度(10^{-6}) = 导电度($\mu\text{S}/\text{cm}$) / 1.517^[5]之实验公式, 求得各湖泊盐度, 并将各时期碱度标准化至盐度 1×10^{-6} 得到表3。若考虑导电度及碱度的测量误差各为5%, 则前后期NTA的变化在7%以内者, 视之为实验误差。若前后NTA的变化大于7%, 则视为水体碱度确实有变化。以此准则来看, 不同采样时期的27个湖库NTA变化大多在实验误差左右, 显示大部分湖泊碱度变化不大。然而, 基隆市情人湖、新山水库、暖暖水库, 新竹鸳鸯湖、屏东龙銮潭、花莲鲤鱼潭以及台东小鬼湖7个湖泊的NTA, 却有变小记录, 其意义在于湖泊有酸化的现象。湖泊酸化可能源于酸雨, 也可能源于周围树木腐叶。

表 3 不同时期湖泊之 NTA 比较表

Table. 3 Values of NTA at different times for the lakes and reservoirs

湖 名 Lake or res.	日 期 Y/M/D	pH	Alk meq./l	Conduc $\mu\text{S}/\text{cm}$	NTA $\mu\text{eq}/\text{l}$
台北 梦幻湖	1987/3/19	4.72	0.016	59	0.4
	1987/7/16	4.52	nd	41	nd
	1990/3	4.39	nd	—	nd
	1992/3/17	4.66	0.001	38	nd
	1993/4/23	5.80	0.015	36	0.6
基隆 情人湖	1987/3/20	6.20	0.041	104	0.6
	1987/7/14	6.57	0.054	92	0.9
	1992/2/15	—	0.021	78	0.4
	1993/4/22	5.14	0.005	90	0.08
新山水库	1987/3	7.44	0.417	115	5.5
	1987/7	7.67	0.248	103	3.7
	1993/4	7.46	0.27	105	3.9
暖暖水库	1987/3	6.39	0.342	78	6.7
	1987/7	7.55	0.266	76	5.3
	1993/4	8.02	0.22	71	4.7
宜兰 梅花湖	1986/7/5	7.86	0.431	115	5.7
	1987/7/15	7.31	0.379	172	3.3
	1992/1/14	—	0.718	144	7.6
	1993/4/25	—	0.600	117	7.8

续表 3

湖 名 Lake or res.	日 期 Y/M/D	pH	Alk meq./l	Conduc μS/cm	NTA μeq/l
明 池	1987/6	5.87	0.014	11	2.0
	1993/4	8.15	0.663	86	11.7
大 湖	1986/7/8	8.44	0.856	120	10.8
	1987/7/15	7.58	0.703	116	9.2
	1992/2/15	—	0.690	113	9.3
双 连 埤	1986/7/7	6.02	0.074	19	5.9
	1987/7/15	6.01	0.034	17	3.0
	1992/2/15	—	0.104	21	7.5
桃园 石门水库	1985/9/19	8.56	0.920	139	10.0
	1986/7/9	8.12	0.966	145	10.1
	1989/8	8.52	0.928	—	—
	1992/2/16	8.09	1.119	173	9.8
新竹 鸳鸯湖	1987/6/30	6.07	0.091	21	6.6
	1992/1/7	6.08	0.049	13	5.7
宝山水库	1985/9/19	8.57	0.730	115	9.6
	1986/3/20	7.42	1.073	193	8.4
	1986/7/9	8.24	0.674	111	9.2
	1992/2/16	—	1.650	260	9.6
苗栗 明德水库	1985/9/19	9.00	1.340	175	11.6
	1986/3/20	8.22	1.205	191	9.6
	1986/7/9	8.57	1.407	175	12.2
	1992/2/17	—	1.452	194	11.4
台中 德基水库	1985/9/19	9.07	1.360	200	10.3
	1986/3/12	8.05	1.371	200	10.4
	1986/7/10	8.57	1.284	175	11.1
	1992/1/9	7.19	0.909	129	10.7
南投 马淋窟	1987/3/10	7.22	0.084	27	4.7
	1992/2/17	6.24	0.087	15	8.8
日月潭	1985/9/19	8.36	2.140	330	9.8
	1986/3/21	8.59	2.472	367	10.2
	1986/7/11	8.14	2.075	303	10.4
	1992/2/18	8.51	2.391	356	10.2
万大水库	1985/9/19	9.03	1.820	210	13.1
	1986/3/21	7.73	2.917	380	11.6
	1986/7/10	8.28	1.920	255	11.4
	1987/3/11	8.42	2.925	371	12.0
	1992/2/18	7.94	2.545	300	12.9
天 壑 池	1987/3/11	5.90	0.013	9	2.2
	1991/7/25	5.84	0.014	4	5.3

续表 3

湖 名 Lake or reS	日 期 Y/M/D	pH	AlK meq./l	ConduC uS/cm	NTA ueq/l
鲤鱼潭	1985/9/19	7.36	0.390	61	9.7
	1986/3/21	8.89	0.202	54	5.7
	1986/7/10	6.25	0.330	55	9.1
	1987/3/12	8.91	0.380	61	9.5
	1991/7/26	8.25	0.105	28	5.7
	1992/2/18	—	0.156	44	5.4
杉林溪	1988/6/10	7.45	0.652	95	10.4
	1992/2/29	6.26	0.287	44	9.9
大学池	1988/6/10	7.48	1.041	144	11.0
	1992/3/1	7.83	1.165	83	21.3
嘉义 兰潭水库	1985/9/19	8.20	2.330	340	10.4
	1986/3/6	8.50	2.746	360	11.6
	1992/2/19	—	2.383	350	10.3
高雄 中正湖	1986/10/1	7.36	2.881	387	11.3
	1991/11/1	7.94	3.711	427	13.2
天 池	1986/3	5.90	0.014	15.0	1.4
	1992/12	7.33	0.136	14.3	14.4
屏东 南仁湖	1988/11/6	6.48	0.030	88	0.5
	1989/4/26	6.80	0.066	89	1.1
	1990/4/3	6.92	—	85	—
	1992/3/9	5.74	0.007	38	0.3
龙銮潭	1986/6/6	7.87	2.380	330	10.9
	1992/3/9	8.27	2.073	389	8.1
花莲 鲤鱼潭	1986/7/5	6.47	0.285	54	8.0
	1991/7/23	6.38	0.234	42	8.5
	1992/2/13	—	0.434	101	6.5
台东 小鬼湖	1983/9/27	6.11	—	—	—
	1987/11/1	6.88	nd	29	nd
	1990/12/8	6.12	0.191	30	9.7
	1992/2/5	—	0.311	57	8.3

将湖水中 SO_4^{2-} 扣除海水盐沫贡献后($SO_{4(excess)}$)对NTA作图(图2)。可以了解湖泊碱度的变化(酸化),是否与酸雨($SO_{4(excess)}$)有关。图上显示,基隆情人湖,新竹鸳鸯湖,花莲鲤鱼潭与台东小鬼湖之 $SO_{4(excess)}$ 对NTA有负相关,显示这两湖的酸化可能与酸雨有关。其余湖泊碱度变小之原因,有可能是周围腐叶流入湖泊所造成,但详细原因则待进一步的了解。

3.3 湖泊重金属

针对12个湖库,分析水中重金属含量,项目包括Ag, Al, Cd, Co, Cu, Fe, Hg, Mn,

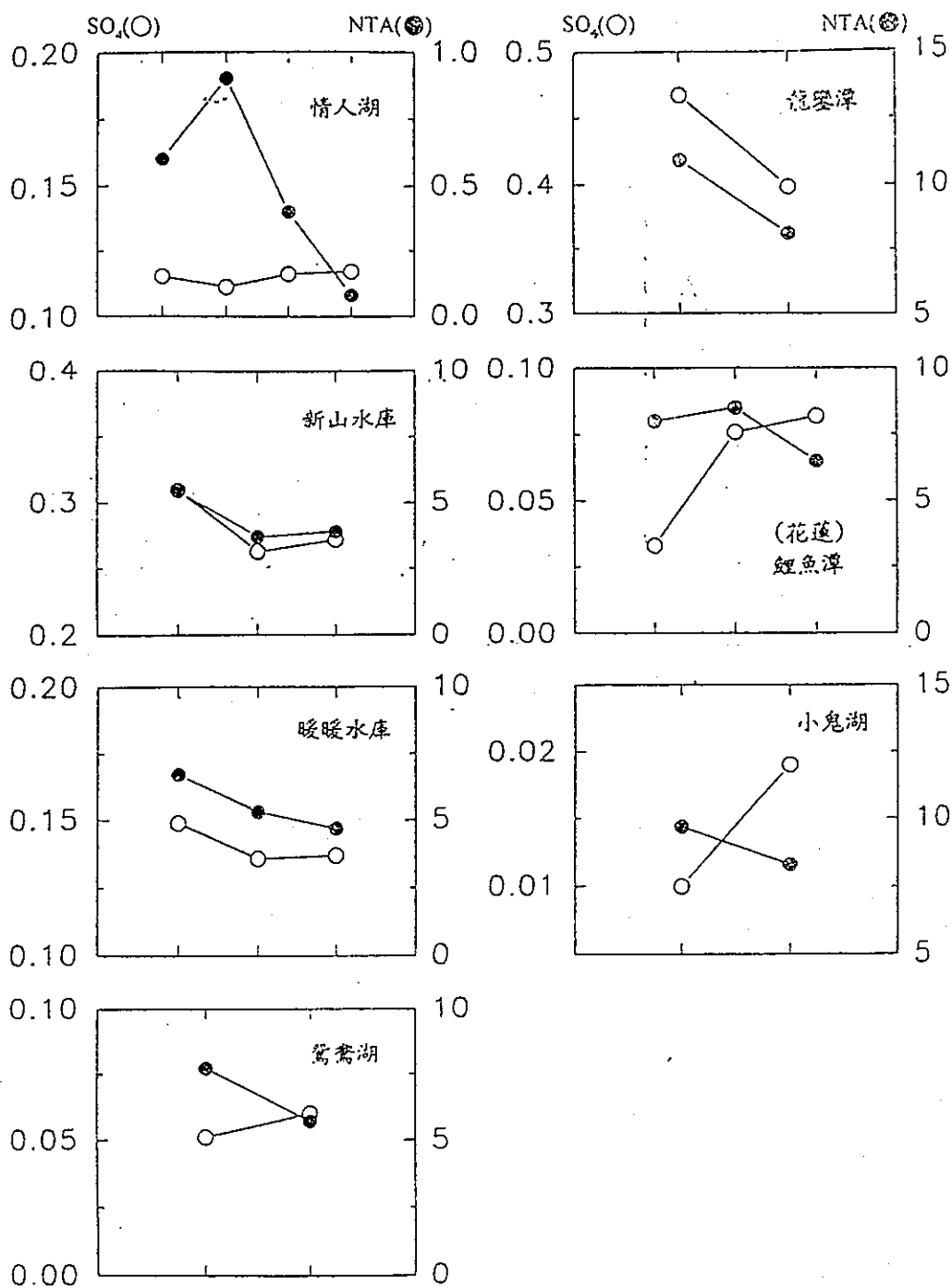


图2 情人湖、新山水库、暖暖水库、鸳鸯湖、龙銜潭、花莲鲤鱼潭以及小鬼湖之NTA及SO_{4(excess)}变化图

Fig. 2 Variations of NTA and SO_{4(excess)} in Lovers Lake, Hsin-Shan Reservoir, Nuannuan Reservoir, Yuen-Yang Lake, Lung-Rung Lake, Carp Lake and Little Ghost Lake.

Ni, Pb, Zn等11项(表4)。情人湖的pH值为12个湖泊当中最低者, 而其各项重金属含量都比其他湖泊来得高, 显见酸化对吸附在颗粒上重金属之溶解现象。12个湖库之重金属含量(Ag, Cd, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Zn)均符合甲类河川湖潭库水质标准, 以及台北市饮用水水质标准。就Al含量而言, 12个湖库也符合欧洲共同市场(EEC)设定200μg/l为最大允许

值(maximum permissible level)之标准。

表 4 湖水重金属含量表
Table 4. Contents of heavy metals in lake water

湖名 Lake	项目 Item	pH	重 金 属 (Heavy metals)										
			Ag	Al	Cd	Co	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
			μg/l										
台北	梦幻湖	5.80	0.16	157.72	0.27	0.15	3.31	41.50	nd	11.78	0.44	2.54	23.11
	向天池	7.52	0.25	37.70	0.19	0.16	8.67	156.52	nd	2.34	6.57	1.44	14.94
	大屯池	6.77	nd	5.36	0.25	0.04	3.25	36.32	nd	0.80	0.00	0.62	6.81
	面天堂池	5.82	1.02	2.44	0.88	0.10	4.97	20.97	nd	12.84	1.60	0.99	13.84
	二子坪池	7.15	0.08	19.32	0.16	0.12	3.12	28.01	nd	0.70	0.00	0.66	7.22
基隆	情人湖	5.14	nd	89.72	0.82	1.17	5.71	194.97	nd	121.81	2.70	2.16	21.70
	新山水库	7.46	0.04	5.90	0.49	0.04	2.89	33.08	nd	1.46	1.33	0.59	7.26
	暖暖水库	8.02	nd	6.59	0.17	0.10	2.48	33.80	nd	1.29	0.57	0.69	19.34
宜兰	明池	8.15	0.66	52.17	0.07	0.05	3.76	74.75	nd	2.16	0.00	0.67	11.63
	梅花湖	8.20	nd	22.53	0.03	0.08	2.90	41.24	nd	0.44	0.00	0.47	2.73
高雄	天池	7.33	nd	17.90	0.30	0.17	22.60	21.18	nd	20.45	1.26	3.52	29.99
	嘉明湖(南)	5.15	nd	60.44	0.14	0.37	12.64	142.74	nd	17.70	1.05	3.94	28.96
	嘉明湖(北)	5.18	nd	48.10	0.10	0.15	8.59	27.74	nd	12.86	1.19	1.37	19.20
甲类河、川、湖、潭、库水质标准		6.5 ~ 8.5	50	—	10	—	30	—	2	50	—	100	500
	乙、丙、丁类河、川、湖、潭、库水质标准	6.0 ~ 9.0	50	—	10	—	30	—	2	50	—	100	500
台北市饮用水水质标准		6.0 ~ 9.0	50	—	10	—	1000	300	—	300	—	100	5000

四、结 论

针对台湾地区120个湖库、澎湖3个湖库、金门地区6个湖库、马祖地区5个湖库、小琉球、绿岛、兰屿等地区普遍调查,发现较受酸雨威胁,也就是碱度较低的湖、库,大约占了20%。此类湖、库大多位于高海拔之高山、次高山湖泊,或是靠近北部大屯、基隆火山群附近。与欧美岩性相似,较受酸雨威胁的花岗岩地区——金门、马祖之湖库,却因优养化严重,反而不受酸雨之威胁。

利用NTA来判断湖泊酸化情形,结果显示,27个湖库中,湖泊之NTA大多保持一定。其中仅基隆情人湖、新山水库、暖暖水库,新竹鸯鸳鸯湖、屏东龙盗潭、花莲鲤鱼潭以及台东小鬼湖7个湖泊的NTA有变小记录,酸化迹象明显;其中基隆情人湖、新竹鸳鸯湖、花莲鲤鱼潭与台东小鬼湖的酸化可能与酸雨较有相关。

有重金属资料之12个湖泊重金属含量均在水质标准之内,其中情人湖之pH值最低,重金属含量均比其他湖泊来得高。

致谢 本文得以完成,要感谢海地所研究助理杨菊美、郑莉伶、喻秀蓉协助采样及水质分析,重金属资料承中山大学化学系江旭祯教授分析。此研究由环保署、垦管处、国科会之经费所支持,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 王竹方、杨末雄、魏文晴、谢淑妃、储凤丽、蔡淑梅, 1992, 行政院环保署空保处八十一年度研究计划成果摘要汇编, 64~69页。
- [2] 何春荪, 1987, 台湾地质概论, 台湾地质图说明书, 经济部出版。
- [3] 洪佳章与陈镇东, 1987, 高南地区酸雨现况及天然水域酸化程度, 行政院卫生署环境保护局。
- [4] 孙岩章与吴瑞铃, 1980, 台湾地区的酸雨, 科学发展月刊, 第八卷, 第五期, 428—434页。
- [5] 陈佩芬, 1988, 台湾地区天然水之物理化学性质: 密度与导电度, 国立中山大学海洋地质研究所硕士论文, 108页。
- [6] 陈镇东, 1988, 最具毁灭性的环境污染——酸雨(一), 大自然, 第18期, 94~96页。
- [7] 陈镇东, 1988, 最具毁灭性的环境污染——酸雨(二), 大自然, 第19期, 98~100页。
- [8] 陈镇东, 1988, 最具毁灭性的环境污染——酸雨(三), 大自然, 第20期, 98~101页。
- [9] 陈镇东, 1988, 最具毁灭性的环境污染——酸雨(四), 大自然, 第21期, 100~104页。
- [10] 陈镇东、洪佳章与王冰洁, 1988e, 台湾地区湖泊酸化程度之过去、当前与未来, 国立中山大学海洋地质研究所研究报告第二号, 共131页。
- [11] 陈镇东与洪佳章, 1990, 台湾地区酸性沉降调查评估研究计划子题(三)——酸雨对台湾自然水域影响之研究, 行政院环境保护署空气品质保护及噪音管制处研究计划期末报告, 共37页。
- [12] 陈镇东、洪佳章与刘文彻, 1991, 台湾地区酸性沉降调查评估研究计划子题(四)——酸雨对台湾自然水域及土壤酸化影响之研究, 国立中山大学海洋地质研究所研究报告第十二号, 共83页。
- [13] 陈镇东、洪佳章与刘文彻, 1991, 台湾地区酸性沉降调查评估研究计划子题(四)——酸雨对台湾自然水域及土壤酸化影响之研究, 行政院环境保护署空气品质保护及噪音管制处研究计划成果摘要汇编, 第156~174页。
- [14] 陈镇东、王冰洁与陈朝金, 1991, 金门地区之水质现况, 大自然, 第31期, 110~113页。
- [15] 陈镇东、郭景圣、王冰洁, 1991, 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, 第五号, 132页。
- [16] 陈镇东, 1992, 大尺度空气污染调查及防制策略之研究——子题(三)酸雨对台湾自然水域酸化之影响研究, 行政院环境保护署空保处研究计划期末报告, 共39页。

17. 陈镇东, 1993, 酸雨对台湾自然水域影响之研究, 行政院环境保护署水保处研究计划期末报告, 共56页。
18. 环保署统计室, 1993, 台湾地区环境保护月报, 第51期, 共197页。
19. Chen, C. T., and Hung, J. J., 1987, Acid rain and lake acidification in Taiwan, Proceedings of the National Science Council Part A: Physical Science and Engineering, 11(6), 436—442.
20. Zimmerman, A. P., and Harvey, H. H., 1978-1979, Final report on sensitivity to acidification of waters of Ontario and neighboring states, Univ. of Ontario, 136.

ACIDIFICATION OF LAKES AND RESERVOIRS IN TAIWAN

Bing-Jye, Wang and Chen-Tung Arthur Chen
(Institute of Marine Geology, National Sun Yat-Sen University,
Kaohsiung, Taiwan)

Abstract

This research focuses on understanding the influence of acid rain on lakes in Taiwan. Our purpose is to document the extent of lake acidification and the release of Al at various pH levels. Over 120 lakes and reservoirs in Taiwan, 3 in Penghu, 6 in Kingman, 5 in Matsu, and several in Hsialiuchiu, Lutao and Lanyu have been investigated in the past few years. About 20% lakes with low alkalinity are more threatened by the acid rain. These are mostly alpine and subalpine lakes or are located near the Tatun and Keelung volcano groups. The NTA (normalized total alkalinity) is an acidification index for lakes. The decrease of the NTA for Lovers Lake, Hsin-shan Res., Nuannuan Res., Yuen-Yang Lake, Lung-Rung Lake, Carp Lake (Hua Lien County) and Little Ghost Lake suggested acidification. The acidification of Lovers Lake, Yuen-Yang Lake, Carp Lake and Little Ghost Lake were probably related to the acid rain. The other lakes NTA mostly remained constant. Heavy metal concentrations in 12 lakes were within the limit set by EPA. The Lovers Lake has lower pH but Higher Heavy metal concentrations than the other lakes.

Key words: acid rain, lake, reservoir, alkalinity, heavy metals, pH, Taiwan