

渗出水流量、水质、雨量及其处理研究

陈 鸿 烈*

(中兴大学水土保持研究所,台湾台中市)

摘 要 本研究除对台湾中部地区各掩埋场渗出水水质随掩埋龄的变化作一比较外,并以台中县大屯区垃圾卫生掩埋场为一典型渗出水处理场作为实场之研究。研究显示,渗出水水质受掩埋龄的影响几乎是以掩埋龄一年至一年半期间作为一个分界线,亦即当掩埋场之掩埋龄达一年至一年半以上时,各项水质均渐趋稳定状态。此外,从大屯场渗出水流量与雨量的关系显示:雨量愈大,渗出水流量愈大,然C值随雨量增加而降低。由TOC与电导度的分析则可知降雨对渗出水水质具有稀释的效果,但发现在连续下雨天之稀释斜率较非连续下雨天为小。在渗出水的处理方面发现,场内对BOD、COD、氨氮与TKN之去除主要是靠生物处理;而对SS、VSS与TP而言,则以化学混凝处理占优势。

关键词 渗出水流量 水质 掩埋龄 雨量 实场处理

The Investigation of the Rainfall Effects on Leachate Flow, and Leachate Quality

Hong-lay Chen

(Department of Soil and Water Conservation, Chung-Hsing University, Taichung Taiwan)

Abstract The purpose of this study was to search for landfill age and rainfall effects on landfill leachate in Taiwan, as well as to carry on a site treatment study of a typical leachate treatment plant (Tatun). According to the results of analysis, a critical time, so called the leachate-mature-time, is much faster than the record, 10 to 20 years, in literatures. In addition, it is clearly shown that the leachate flow linearly increases with an increase of rainfall, i. e. the leaching coefficient C value decreases. The results of TOC and conductivity exhibit that different dilution slope exist between the continuous and continual raining days and the higher slope is observed at continual days. Finally, the typical treatment of leachate in Taiwan includes two parts, biological treatment and chemical aided precipitation system. The biological treatment processes are dominating for the removal efficiencies of BOD, COD, NH-N and TKN. However, the main removals of SS, VSS and TP were obtained in the chemical precipitation system.

Key words leachate flow characteristics of leachate landfill age rainfall on-site treatment

① 收稿日期 1995-05-10 ※中兴大学水土保持系副教授。

1 前言

台湾地区垃圾的性质与其他国家相比较,在组成上有很大的差异,且含水量特高,加上台湾地区年平均降雨量又高达2 500mm左右,即使排除迳流部份,直接降至掩埋面而渗入掩埋层中的水份亦相当可观,因此,垃圾渗出水的问题实在不容忽视,垃圾渗出水中含有高浓度的有机物、无机盐类及重金属,外观呈浓黑色并发出恶臭,污染性甚高,系掩埋场二次公害防治上最重要的课题。

本研究分四部分进行:(1)针对中部地区各不同掩埋场渗出水予以采样分析,藉以了解不同掩埋龄之渗出水水质特性;(2)针对台中县大屯区联合区域性垃圾卫生掩埋场作水质、水量研究;(3)探讨大屯场渗出水处理场对各项水质的处理效能。

2 方法与步骤

掩埋龄与渗出水质的关系,系针对台湾中部10个掩埋场进行 COD、BOD、SS、VSS、TKN 等的分析,掩埋龄则由场方提供。

对大屯场雨量的研究,是利用雨量计进行实验。至於水质的研究,是以 TOC 及电导度为指标,实地至贮水池采样研究。

在污水场处理效能的研究方面,采样点共有8点,研究之水质项目包括 pH、温度、电导度、DO、SS、VSS、... 14项。

3 结果与讨论

3.1 掩埋龄与渗出水水质的关系

3.1.1 以 BOD/COD 比值为指标 BOD/COD 代表渗出水中易被生物分解的有机物比率,其值愈低表示氧化状态愈完全,不易提供微生物生长代谢所需之碳源。从10个垃圾掩埋场渗出水中 BOD/COD 比值与掩埋龄作图(图 1)显示:掩埋龄在一年以内的,其 BOD/COD 下降速率非常快,达一年至一年半期间时, BOD/COD 仍继续减少,但已渐趋稳定,表示此时渗出水中易分解的有机物比率已减少,致使微生物反应趋于迟缓。此外,雨水冲洗也是造成 BOD/COD 下降的原因。由上述可知掩埋龄在一年至一年半期间内,渗出水处理场主要处理单元应为生物处理,一年至一年半以上的掩埋场之渗出水可增加物化处理,或增加前处理流程作为辅助设施,因此时 BOD/COD 很小(≈ 0.13),易被微生物分解的有机物有限。

由资料显示^[3],一般垃圾卫生掩埋系指厌气性者,因有机物分解系在自然情况下进行,反应速度极为缓慢,常需10~20年或更长的时间才能达到稳定状态。而其他文献^[4]也指出,垃圾渗出水之水质随掩埋龄而改变,其中 COD 浓度在掩埋1~8年间逐渐降低;BOD 浓度则随掩埋方式不同而降低程度也不同。一般而言,掩埋场在掩埋初期水质浓度较高,至掩埋末期或关闭后水质浓度会渐渐降低,且在雨季时因雨水充分稀释而使渗出水水质浓度较旱季时为低。但有一例外之情形,即在掩埋场使用初期,由於雨水的入渗作用,可能将分解之有机物洗出,水质浓度较高。根据 Chian & Dewalle (1977)^[5]分析渗出水中 COD/TOC 与 BOD/COD 比值,发现以新鲜渗出水的比值偏高。至掩埋中末期,渗出水中的有机物主要是不易被分解之长链形碳水化合物,或腐殖质及木质素等,因而使 BOD₅/COD 比值降低。此外,据高思怀等人1991年^[6]发表的文献中指出,台北市福德坑垃圾掩埋场启用初期,BOD/COD 比值为0.6:0.8,5年后,其值降至0.2~

0.4. Kennedy 等人1987年^[7]亦指出: 一操作良好的厌气处理系统能承受低埋龄渗出水中高有机负荷, 且可去除 COD 达90% 左右, 剩余10% 左右的有机物, 因其性质类似于中埋龄以上之渗出水, 故一般生物或物化处理均无法经济而有效的予以去除, 造成掩埋场渗出水处理上的困扰。

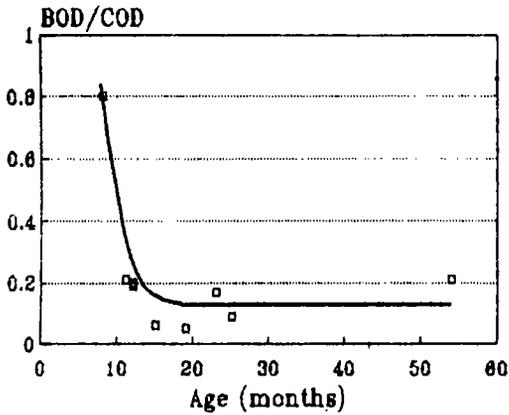


图1 BOD/COD 比值与掩埋龄的关系

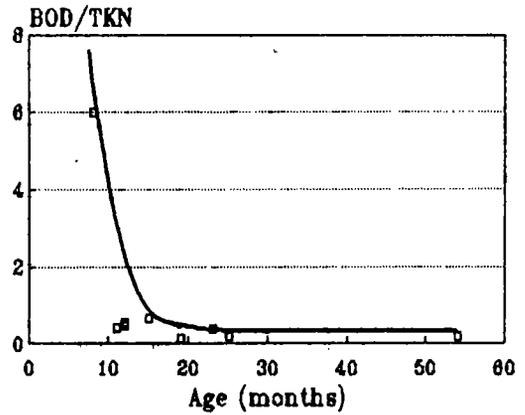


图2 BOD/TKN 比值随掩埋龄的变化情形

3.1.2 以 BOD/TKN 比值为指标 BOD/TKN 代表渗出水中碳、氮养分比。图2显示掩埋龄在一年以内的掩埋场, 渗出水中 BOD/TKN 随时间下降非常快速, 表示在此期间微生物对易分解有机物具有很高的活性。达一年至一年半以上时, BOD/TKN 下降较为迟缓, 且渐趋稳定, 其值小于0.3, 表示此时碳、氮养分比率减少, 微生物分解渗出水中有机养分的速率减缓。若将 BOD/TKN 比值转换成 C/N 比, 则最后达稳定状态时, C/N 比大约等于0.1。

3.1.3 以 VSS/FSS 比值为指标 VSS/FSS 表示有机物与无机物的比例, 随掩埋龄的增加而减少, 减少原因主要为雨水入渗之冲洗作用^[8]及有机物分解。从图3可知 VSS/FSS 随掩埋时间的变化情形与上述其它项目类似, 即掩埋龄在一年以内的, 渗出水中 VSS/FSS 减少非常迅速, 在一年至一年半以上趋于缓慢, 而达稳定状态 (≈ 1.6)

3.1.4 以 pH 值为指标 图4显示渗出水的 pH 值随掩埋龄的增加而增加, 直至稳定状态。主要是因有机氮被分解成氨氮, 造成氨氮浓度随掩埋时间的增加而增加, 亦使渗出水的 pH 值偏向微硷性^[8]。

由上述知, 渗出水水质受掩埋龄的影响几乎是以一年至一年半期间作为分界线, 即当掩埋场之掩埋龄达一年至一年半以上时, 各项水质均渐趋稳定。因此, 渗出水的处理可依掩埋时间的长短而修正适当的方法, 才能发挥处理设施的实际效果。

3.2 雨量与渗出水量的关系

研究期间, 当晴天无雨时, 渗出水流量变化为 7.5~19.5CMD, 平均值约为15CMD。由图5可知流量随雨量的增加而增加, 二者间呈线性关系, 其线性回归系数 R 平方值等于0.932, 回归

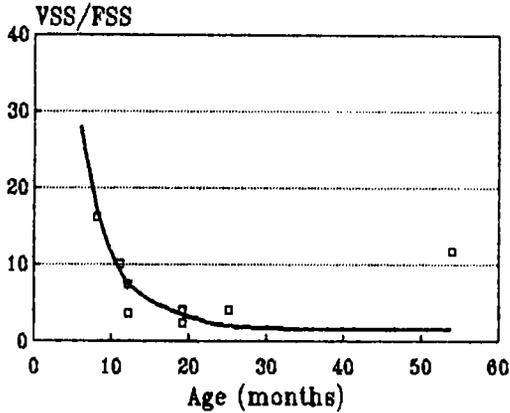


图3 VSS/FSS 比值与掩埋龄的关系

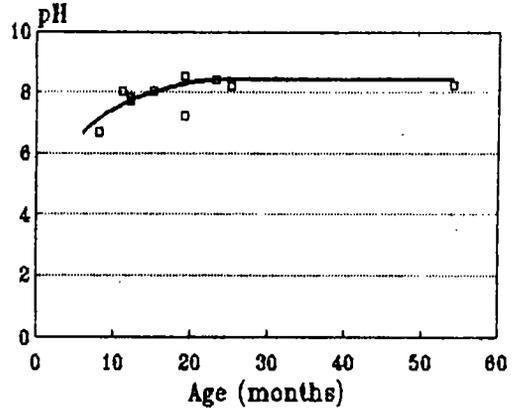


图4 pH 值随掩埋龄的变化情形

方程式为：

$$Q = 21.25 + 2.40I \tag{1}$$

其中：Q 及 I 分别代表流量与雨量。

垃圾渗出水水量的推估方法中以合理化公式法最简单，最常被使用。大屯场即是采用此方法，其公式如下：

$$Q = (1/1\ 000) \cdot C \cdot I \cdot A \tag{2}$$

其中：Q=平均日渗水量 (m³/d)，C=渗出水渗出系数，I=平均日降雨量(mm/d)，A=掩埋面积(m²)。因此，从方程式(2)可推得 C 值与雨量的关系如图6，显示 C 值随雨量的增加而减少，其减少的趋势呈曲线关系。

3.3 雨量与渗出水质的关系

在渗出水水质与雨量的关系中，以 TOC 的测定来代替 COD，是因 TOC 具有时效性。TOC 与 COD 间的线性回归方程式为：

$$[COD] = -1.79 + 2.21[TOC] \tag{3}$$

回归系数 R 平方值为0.999，表示 COD 与 TOC 间具有良好的线性关系。从方程式(3)可知 COD 浓度约为 TOC 的2.2倍。

3.3.1 TOC 与雨量的关系 TOC 与雨量的变化关系恰可分为两组线性关系资料，即连续性下雨天与非连续性下雨天 在连续性下雨天时，TOC 因稀释作用，随雨量的增加而减少(图7)，其线性回归方程式为：

$$[TOC] = 1\ 448.13 - 10.99(Rain) \tag{4}$$

回归系数 R 平方值为0.984。在非连续性下雨天，TOC 与雨量的关系亦如图7，回归系数 R 平方值为0.954，回归方程式为：

$$[TOC] = 1\ 133.19 - 19.70(Rain) \tag{5}$$

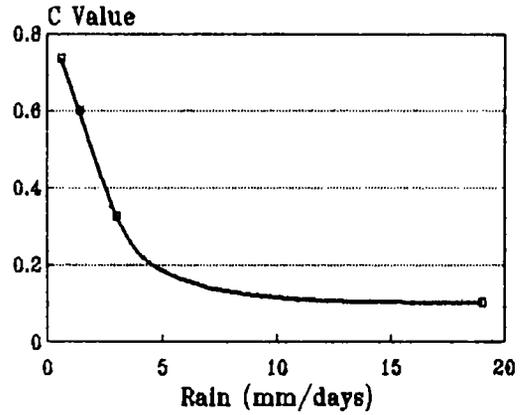
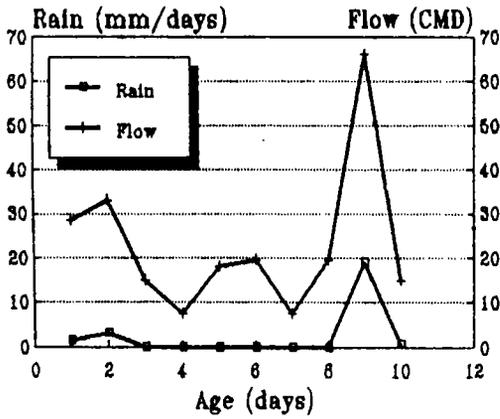


图5 大屯场贮水池雨量渗出水量的变化情 图6 大屯场贮水池渗出水渗出系数C 与值与雨量的关系

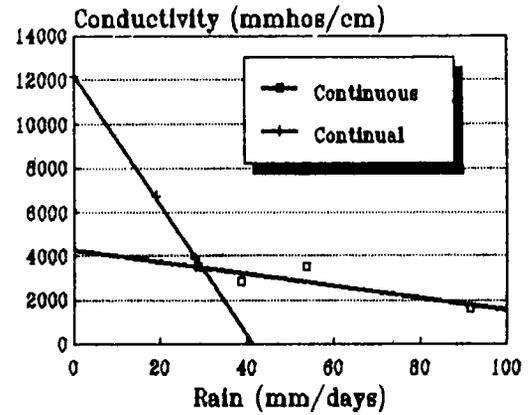
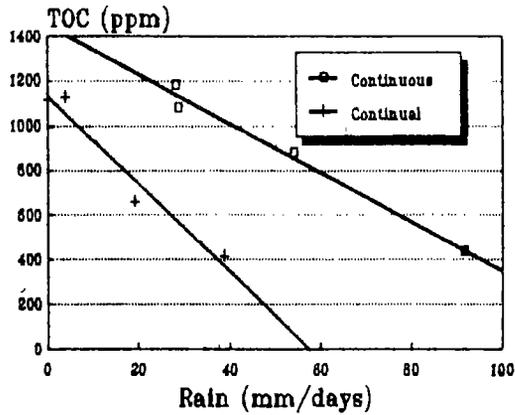


图7 连续性下雨天及非连续性下雨天之 TOC 与雨量的关系比较

图8 连续性下雨天及非连续性下雨天之电导度与雨量的关系比较

从图7可看出,在非连续性下雨天的稀释斜率较大。可能是因在连续下雨天时,有大量雨水渗入掩埋层而将有机物冲刷出来,因此渗出水中有机物浓度较高,稀释斜率较小;至于非连续下雨天,其雨水入渗造成的冲刷作用较小,有机物可藉由掩埋层中微生物的分解而去除,故有机物浓度较低,稀释斜率较大。此与干季采得之渗出水的有机物浓度较低,而雨季采得之水样的有机物浓

度较高^[9]应有类似效果。

3.3.2 电导度与雨量的关系 电导度(conductivity)的测定可作为水中固态成分的指标,亦即电导度大时,代表水中溶解性固体物(TDS)较多。

研究显示,电导度与雨量的关系和上述 TOC 与雨量的关系类似(图8),亦即可分为连续性下雨天及非连续性下雨天两组资料。在连续下雨天,电导度随雨量的增加而减少,且稀释成线性关系,线性回归系数 R 平方值等于0.879,回归方程式为:

$$\text{Conductivity} = 4711.36 - 31.94(\text{Rain}) \quad (6)$$

图8亦显示在非连续下雨天时,电导度因雨水的稀释作用而降低,二者间的线性回归系数 R 平方值为0.990,回归式如下:

$$\text{Conductivity} = 11871.20 - 242.67(\text{Rain}) \quad (7)$$

3.4 掩埋场渗出水处理效能

3.4.1 pH 值变化 渗出水的 pH 位于7.9~9.8之间,到曝气池后降至5.5~6.8,其原因为曝气池具有旺盛的硝化作用,在硝化过程中氨氮会释出 H⁺,增加处理水的酸度,亦即使系统中的 pH 值下降。

3.4.2 BOD/COD 比值变化 表1指出生物处理对 BOD、COD 平均去除率分别为78.4%与 65.0%;物化处理之平均去除率则分别等于 BOD 51.2%, COD 52.7%,可知生物处理与物化处理在此皆可有效去除 BOD 与 COD。二者对 BOD 的平均总去除率为 88.8%, COD 为 85.0%。

表1 大屯场污水处理场对各项水质之去除效能

项 目	生物处理 ^a	物化处理 ^b	总去除率
BOD	53.0%~98.4% ^c (78.4%) ^d	7.9%~74.6% ^d (51.2%)	74.8%~97.2% (88.8%)
COD	39.2%~87.2% (65.0%)	6.0%~86.2% (52.7%)	45.5%~93.0% (85.0%)
NH ₄ ⁺ -N	60.0%~100% (82.5%)	0%~100% (42.5%)	52.4%~100% (88.0%)
TKN	62.3%~89.3% (73.3%)	0%~75.5% (41.1%)	71.4%~94.8% (83.3%)
SS	4.2%~68.0% (38.6%)	23.1%~80.0% (59.0%)	32.2%~95.0% (72.6%)
VSS	17.2%~66.7% (43.0%)	23.1%~79.3% (56.3%)	32.2%~94.0% (71.3%)
TP	21.5%~52.0% (34.3)	90.2%~96.4% (93.0%)	80.0%~98.0% (91.5)
Fe	22.9%~75.3% (47.0%)	2.0%~78.4% (46.9%)	50.0%~95.0% (76.9%)
Cr	20.0%~87.5% (49.0%)	12.5%~76.9% (48.8%)	76.8%~93.8% (84.4%)

a: 生物处理系指渗出水储留槽→曝气池→生物沉淀池。

b: 物化处理系指中间池→快混池→慢混池→混凝沉淀池。

c: 表示范围。d: 表示平均值。

3.4.3 氮的变化 表1指出生物处理对 NH_4^+-N 及 TKN 之平均去除率分别是82.5%、73.3%;物化处理分别等于45.2%与41.1%;二者的平均总去除率则为 NH_4^+-N 88.0%、TKN83.3%。

3.4.4 SS 与 VSS 值的变化 表1显示生物处理对 SS、VSS 的平均去除率分别为38.6%、43.0%;物化处理则为 SS59.0%与 VSS56.3%;二者的平均总去除率分别等于72.6%及71.3%。

3.4.5 总磷变化 表1指出生物处理仅能去除34.3%的 TP,而物化处理则可去除 TP 达93.0%左右,平均总去除率为91.5%。

表2 大屯场渗出水处理场放流水水质

项 目	范 围	平均值	项 目	范 围	平均值
pH	5.5~8.3	6.7	COD(mg/L)	262~397	304
水温(C)	18.4~25.0	22.2	NH_4^+-N (mg/L)	78~264	157
电导度(mmhos/cm)	9.5~11.0	10.1	TKN(mg/L)	89~275	191
DO(mg/l)	2.3~4.7	3.3	TP(mg/L)	0.3~3.8	1.5
SS(mg/L)	19~120	61	Fe(mg/L)	0.22~1.12	0.65
VSS(mg/L)	17~120	50	Cu(mg/L)	ND	ND
BOD ₅ (mg/L)	23~110	44	Cr(mg/L)	0.06~0.26	0.18

注:ND 表示小于0.01。

3.4.6 重金属浓度变化 表1显示生物处理与物化处理对重金属去除效率差不多约47%~49%,二者之平均总去除率则为 Fe76.9%与 Cr84.4%。

表2为大屯场之放流水质,若与放流水标相互比较,可知悬浮固体物 SS 符合现行放流水标准80mg/L,然对于87年的要求(50mg/L)仍有待努力。化学需氧量 COD 之放流水质介于262~397mg/L 间,可达现行之标准500mg/L,但与87年的200mg/L 之要求尚有一段差距。放流水中 NH_4^+-N 浓度为78~264mg/L,已超过现行的最大限值20mg/L 甚远,必须谋求解决之道。至于总磷及重金属 Fe、Cu、Cr 方面,则均能符合现行与87年的放流水标准。

4 结 论

渗出水水质受掩埋龄的影响极大,其间的关系几乎是以掩埋龄一年至一年半期间作为一个分界线,亦即当掩埋场之掩埋龄达一年至一年半以上时,各项水质均渐趋稳定状态。因此,渗出水的处理可依掩埋时间的长短而修正适当的方法,才能发挥处理设施的实际效果。

雨量与流量的关系方面,数据显示雨量愈大,渗出水水量愈大,而渗出水渗出系数 C 值则随雨量增加而减少。至于雨量和渗出水水质的关系,发现降雨具有稀释的效果,且在连续降雨天对 TOC 及电导度的稀释斜率较非连续降雨天小,表示在连续降雨天之 COD 与溶解性固体物(TDS)较高。

由大屯渗出水处理场处理效能的研究显示,其生物处理单元对于垃圾渗出水中 BOD、COD、 NH_4^+-N 、TKN 等之平均去除率较物化处理者为佳;但对于 SS、VSS、TP 之去除,则以物化处理的平均去除率较好;至于重金属 Fe 及 Cr,生物处理与物化处理的平均去除率相差不大。

参考文献

- 1 高思怀,周锦东.准好氧性卫生掩埋场垃圾渗出水水量模式之研究.土木水利工程学会第三届废弃物处理技术研讨会论文集,1988 195~211.
- 2 Mennerich, A. and H. Alber. Anaerobic pretreatment of high concentrated landfill leachate. Aquatech '86 Water Treatment Conference, Proceeding, Amsterdam. 1986, 359~371.
- 3 谢锦松,黄正义.固体废弃物处理.三版,台北:淑馨出版社,1991,287~292.
- 4 高肇藩,张祖恩,高维德.改良式厌氧滤床法处理垃圾渗出水之研究.土木水利工程学会第十一届废水处理技术研讨会论文集,1986,477~490
- 5 Chian, E. S. K. and F. B. Dewalle. Evaluation of leachate treatment, Vol. I: Characterization of leachate. EPA 600/2-77-186a, Cincinnati, Ohio. 1977,2~36.
- 6 高思怀,张宝旗,张芳淑.FENTON法对垃圾渗出水之处理程序探讨.环境工程学会第十六届废水处理技术研讨会论文集,1991,527~537
- 7 Kennedy, K. J., M. F. Hamada and S. G. Guiot. An-aerobic treatment of leachate using fixed films and sludge bed System. J. WPCF. 1987, 60 (9):1675
- 8 Chian, E. S. K. and F. B. Dewalle. Sanitary landfill leachate and their treatment. J. EE2, ASCE. No. E4. 1976,411~431
- 9 张祖恩,高肇藩,徐志豪.垃圾渗出水中有机物去除之研究.环境工程学会第十五届废水处理技术研讨会论文集,1990,125~138