

<論 文>

酸化溝에서의 有機物 處理에 關한 研究

The Removal of Organics in an Oxidation Ditch

金 健 興*

Geon Heung, Kim

ABSTRACT

The oxidation ditch is an efficient, low cost form of treatment of domestic and many industrial waste. It has gained rapid acceptance because of its simplicity, low cost operation, ease of operation, simple maintenance and flexibility.

The objective of this investigation was to measure the removal of organics in an existing ditch that does not have return sludge and which is not preceded by primary sedimentation.

To accomplish this objective, samples of the wastewater influent and effluent were collected from the wastewater treatment plant of Mansfield, Texas during practical training. These samples were collected over an extended period of time to obtain samples at various treatment temperatures.

Two analytical tests, COD and suspended solids, were used to monitor the operation of the plant. The results show that high removal efficiencies were obtained at high temperatures, with the efficiency decreasing as the temperature decreased to approximately 16°C, at which point the efficiency-temperature relationship appeared to stabilize.

要 旨

職場이나 家庭의 下水를 處理하기 위하여 酸化溝를 利用할 수 있다. 本 實驗에서는 沈澱處理를 하지 않은 廢水를 返送슬러지가 없는 溝에서 處理할 경우 溫度變化에 따른 有機物 處理를 조사하였다. 有機物 處理效率는 溫度에 영향을 받고 있으며 16°C 이상에서는 效率이 溫度上昇에 따라 증가하나 16°C 이하에서는 溫度變化에 따른 效率의 차이는 크게 나타나지 않았다.

1. 序 論

Netherland의 Institute of Public Health Engineering T.N.O에서 建設費와 維持運營費가 적게드는 廢水處理方法을 研究하여 酸化溝를 개발하였으며 最初의 處理場은 1954년 Voorschoten에 세워졌다. 長氣曝氣法에 기초를 둔 이 酸化溝는 英國의 Shaftesbury市, 美國의 mansfield市等 小都市 廢水處理施設로 많이 이용되고 있다.

酸化溝에서 處理할 수 있는 정도까지 다른 處理方法을 이용한다고 가정하면 酸化溝의 初期 建設費가 20~30% 적게 든다.^(1,2) 그림 1-1은 간단한 酸化

溝의 모양으로 溝内에서는 微生物에 의하여 有機物이 分解되며 內生成長을 하게 된다. 溝内에 流入된 廢水는 활성슬러지와 混合되어 0.3~0.6 m/sec 速度로 흐르고 滯留時間은 1~3日間이며 處理廢水の 깊이는 1~1.5 m이다.⁽³⁾ Rotor는 두가지 役割을 하는 메 췌는 廢水와 활성슬러지를 混合시키면서 충분한 酸素를 공급하며 돌췌는 형성된 Floc이 沈澱하지 않게 0.3~0.6 m/sec의 流速을 갖도록 한다.

在來式方法은 沈澱池에서 除去된 廢슬러지의 一部를 적당한 溝内の MLSS 濃度를 維持하기 위하여 返送된다. 溝内の MLSS濃度는 4000~8000 mg/l 이

* 本學會 正會員 仁荷大學校 土木工程科 專任講師

며, F/M 比는 매우 낮아 0.023 ~ 0.045 kg · BOD day · kg · VSS 정도로 衝擊負荷에도 잘 적응할 수 있다.⁽⁴⁾

本 研究에서는 一次沈澱處理를 하지 않은 廢水를 返送슬러지가 없는 酸化溝에서 처리할 경우, 溫度變化에 따른 有機物處理를 조사하였다.

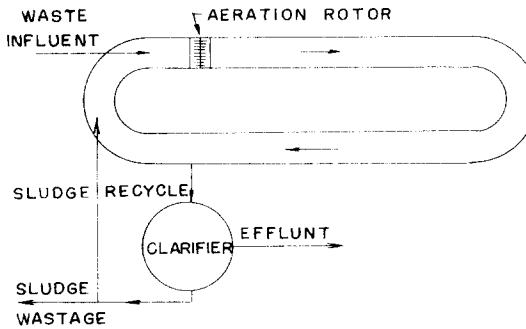


FIGURE 1-1 OXIDATION DITCH

2. 酸化溝에 依한 處理

2-1. 有機物の 處理

酸化溝는 활성슬러지공법중의 長期曝氣法에 속한다. 微生物에 의한 有機物の 섭취분해는 微生物을 增加시키지만 낮은 F/M比에서 溝内の 全體의 物質代謝가 內生的이라고 할 수 있다. 이런 경우에 계속적인 曝氣는 細胞의 分解와 再合成에 의한 自酸化를 초래한다. 비록 內生成長段階에서 微生物의 新陳代謝率이 比較的 낮다 하더라도 有機物の 섭취분해는 거의 完全하게 達成되며 微生物이 빨리 凝結하기 때문에 沈澱池에서 쉽게 침전한다. 그러므로 有機物除去는 滯留時間, 溫度, 廢水의 特性에 관계된다.^(2,5)

有機物の 除去 方程式은 다음의 質量方程式에서 유도된다.⁽⁶⁾

$$\frac{\text{kg 流入 BOD}}{\text{日}} - \frac{\text{kg 流出 BOD}}{\text{日}} = \frac{\text{kg 除去된 BOD}}{\text{日}} \dots \text{①}$$

만약 강우량 및 증발량이 적다면 ①式은 아래와 같다.

$$L_0Q - L_eQ = rV \dots \text{②}$$

여기서 Q = 日廢水量

V = 酸化溝의 부피

r = BOD 除去率

BOD除去率은 一次反應이므로 r값은 잔류농도에 비

례하게 된다.

$$\frac{dc}{dt} = r = KL \dots \text{③}$$

여기서 L=BOD 濃度

만약 溝内에서 有機物の 완전혼합이 유지되면, 流出水의 BOD 濃度는 內部的 것과 같게 된다. 그러한 평형상태가 유지되면, r값은 KLe값으로 대치될 수 있다.

$$L_0Q - L_eQ = KLeV \dots \text{④}$$

그리고 V=Qt 이므로

$$L_0Q - L_eQ = KLeQt \dots \text{⑤}$$

$$\therefore \frac{L_e}{L_0} = \frac{1}{1+Kt} \dots \text{⑥}$$

여기서 L₀= 流入 BOD 또는 COD

L_e= 流出 BOD 또는 COD

K = 除去率

t = 滯留時間

除去率 K는 온도에 영향을 받으며 그것은 Vant Hoff-Arrhenius⁽⁸⁾式으로 表示된다.

$$d \ln K / dt = E / RT^2 \dots \text{⑦}$$

여기서 T = 온도 °C

R = 기체상수

E = 반응에 필요한 에너지

온도가 T₁에서 T₂까지의 變化에 대하여 적분하면

$$\ln(K_2/K_1) = [E(T_2 - T_1)] / RT_1T_2 \dots \text{⑧}$$

대부분의 폐수처리는 거의 室溫에서 처리되어 E/RT₁T₂는 거의 一定하므로 E/RT₁T₂ = C로 놓으면

$$\ln(K_2/K_1) = C(T_2 - T_1) \dots \text{⑨}$$

$$K_2/K_1 = e^{C(T_2 - T_1)} \dots \text{⑩}$$

여기서 e^C = θ로 놓으면

$$K_2/K_1 = \theta^{(T_2 - T_1)} \dots \text{⑪}$$

K₁의 값을 20°C의 것으로 사용하면

$$K_T = K_{20} \theta^{(T - 20)} \dots \text{⑫}$$

여기서 K_T = T°C에서의 除去率

K₂₀ = 20°C에서의 除去率

θ = 溫度係數

T = 溫度 °C

除去率 K는 廢水의 性質과 處理場에 따라 다르므로 유사한 廢水에 대하여도 여러가지 다른 값을 가질 수 있다. K값이 이와같이 다양한 또다른 이유는 BOD 除去方程式을 유도한 假定에서 기인된다고 할 수 있다.⁽⁶⁾ 家庭下水인 경우 K가 0.3에서 1.0 이상의 값

을 가질 수 있다. (6)

溫度係數 θ 는 處理工程에 따라 다른 값을 갖는다. Eckenfelder (6) 는 曝氣式 安定化池에 대하여 溫度가 10 ~ 30 °C 범위 내에서 θ 가 1.06 ~ 1.09 임을 발표했다. 이 安定化池는 酸化溝와 가장 흡사한 것이다. Wu-hrmann (9) 은 활성슬러지에 대하여 θ 가 1.0, Howland (10) 는 살수여과상에 대하여 θ 가 1.035, Sawyer (11) 는 호기성 Lagoon 에 대하여 θ 가 1.035 임을 발표했다.

2-2. 處理場의 概況

現場實적을 하였던 處理場은 Texas 의 Arlington에서 남쪽으로 19km 떨어져 있는 Mansfield市였다. 1978年末 人口는 3,650名이며 한 개의 큰 乳牛공장을 포함해서 17개의 공장이 있었으며 도시주위는 대부분 農場과 牧草地인 小都市였다.

年平均 降雨量은 845 mm, 平均氣溫은 18.3°C이다. 이 處理場은 下水를 酸化溝에서 처리한 후, Lagoons 으로 보내며 返送슬러지는 없다. 下水는 直徑 457 mm의 주

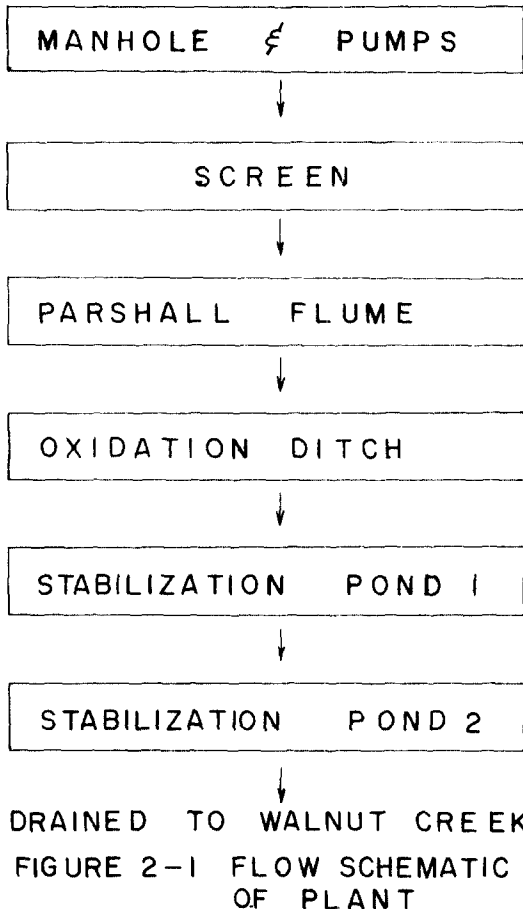


FIGURE 2-1 FLOW SCHEMATIC OF PLANT

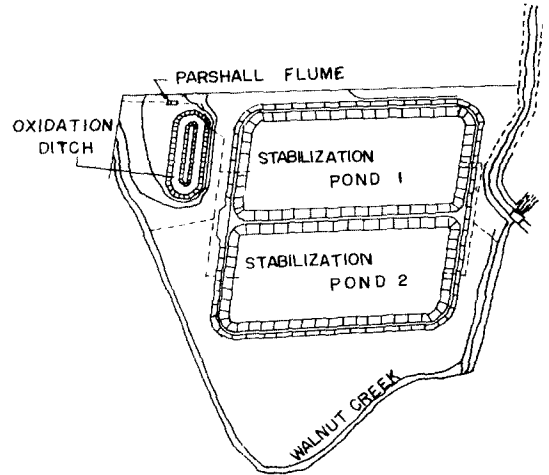


FIGURE 2-2 SCHEMATIC DIAGRAM OF MANSFIELD'S TREATMENT PLANT

철관을 통해 2.3m x 1.5m x 6.4m의 맨홀로 보내진다. 그곳에서 두 개의 7 1/2 HP 펌프에 의해 양수되어 직경 254 mm의 주철관을 통해 Bar Screen 에 보내진다. 큰 浮遊物이 除去된 다음 직경 305 mm의 주철관을 통해 酸化溝로 보내진다. Lagoon 으로 연결되는 迂回路가 설치되어 있다. 溝에서의 廢水處理 깊이는 1.2 m 이며 斷面은 밑바닥의 폭이 8.2 m 이고 1:1 경사로 수면에서의 폭은 10.7 m 인 철근콘크리트 梯形이다. 직경 698.5 mm, 길이 3.1 m의 로터(Rotor) 가 두개 설치되어 있고 5 cm 간격으로 5 cm x 5 cm 날이 12개씩 용접되어 있다. 이것은 20 HP모터에 의해 가동되며 14 cm 廢水 물속에 잠겨 있다.

두 개의 安定化池가 있으며 각각 195m x 90m의 크기이다. 처리된 廢水는 Walnut Creek으로 放流한다. 處理系統圖 및 平面圖는 그림 2-1, 2-2와 같다.

3. 實驗方法

流入水의 試料을 채취하기 위하여 파살 후름(parshall flume)에 自動試料採取機(Sigmamotor Automatic Sampler)를 설치하고, 流出水의 試料採取를 위해서 流出堰(Weir) 뒤에 같은 종류의 채취기를 설치하였다. 試料는 每時間마다 1分間씩 1,000ml 채취하여 24時間 계속하였다. 任意採取를 하였을 때 廢水의 流量과 濃度가 변해서 발생하는 沈沈도의 沈沈를 막기 위해 綜合採取를 하였다. 試料들은 당일로 處理·分析되었다.

COD는 Dichromate Method에 의하여, 浮遊物質은

Table 4-1. Percentage of COD Removal

Temp. °C	Influent COD mg/l	Effluent COD mg/l	Suspended Solids mg/l	COD Removal %
13.5	248	40	59	84
14.0	349	110	45	69
14.5	246	101	80	59
14.5	212	92	85	57
15.0	252	25	77	90
16.0	307	90	10	71
17.0	202	63	125	69
18.0	160	10	125	94
18.0	204	34	125	84
19.0	216	-	200	100
19.0	158	21	115	87
20.0	145	-	188	100

Table 4-2. Observed K and Calculated K

Temp. C	Inf. COD (Lo)mg/l	Eff. COD (Le)mg/l	$K = \frac{Lo/Le-1}{t}$	$K = K_{20}\theta^{T-20}$
13.5	248	40	2.77	2.43
14.0	349	110	1.17	2.52
14.5	246	101	0.75	2.62
14.5	212	92	0.70	2.62
15.0	252	225	4.80	2.72
16.0	307	90	1.28	2.93
17.0	202	63	1.17	3.18
18.0	160	10	8.00	3.23
18.0	204	34	2.68	3.23
19.0	216	-	3.40*	3.70
19.0	158	21	3.47	3.70
20.0	145	-	4.00*	4.00

* Obtained from Figure 4-1

Table 4-3. Variations in Observed θ

Temp. C	K	θ From $K = K_{20} \theta^{T-20}$
13.5	2.77	1.06
14.0	1.17	1.23
14.5	0.75	1.35
14.5	0.70	1.36
15.0	4.80	0.96
16.0	1.28	1.33
17.0	1.17	1.50
18.0	8.00	0.71
18.0	2.68	1.22
19.0	3.47	1.15
19.0	3.40	1.17
20.0	4.00	-

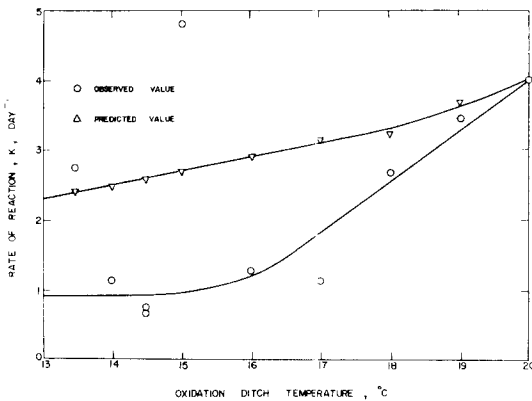


FIGURE 4-1. CALCULATION OF K FOR OBSERVED TEMPERATURE

Gooch Crucible Method에 의하여 측정하였다.⁽⁷⁾ 溝의 체적은 1,625 m^3 一日平均廢水量은 863,13 m^3/day , 滯留時間은 1.88 day 였다.

4. 實驗結果 및 考察

Standard Method⁽⁷⁾에 의한 COD 및 SS의 값은 표 4-1과 같다.

除去率 K는 溫度에 따라 ⑥式에 의해 계산하였으며 ⑥式은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$K = \frac{Lo / Le - 1}{t} \dots\dots\dots ⑬$$

溫度係數 θ 를 사용하여 ⑬式에 의해 구해진 予想值 K는 ⑬式에 의한 觀測值 K와 비교될 수 있다. 溫度에 따른 除去率 K와 關係를 나타낸 그림 4-1에서 19°C 및 20°C에 대한 觀測值 3.40 및 4.00을 얻었다. Eckenfelder는 溫度가 10~30°C인 경우 溫度

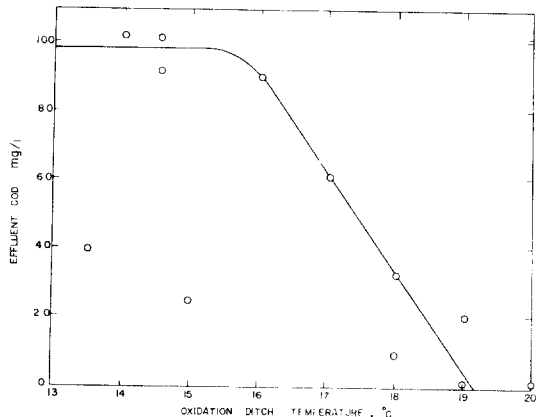


FIGURE 4-2. TEMPERATURE EFFECT ON EFFLUENT COD

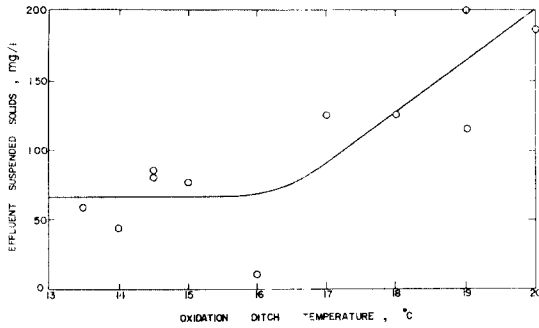


FIGURE 4-3. TEMPERATURE EFFECT ON EFFLUENT SUSPENDED SOLIDS.

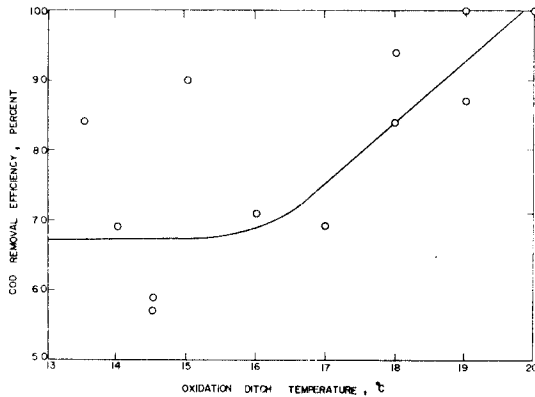


FIGURE 4-4. TEMPERATURE EFFECT ON EFFICIENCY OF COD REMOVAL.

係數 θ 는 1.06 ~ 1.09 임을 발표했으며 予想值 K 를 구하기 위해 $\theta = 1.08$ 값을 사용했다. 溫度에 따른 觀測 및 予想된 K 값들은 표 4-2 와 같다. 가정된 $\theta = 1.08$ 값의 신뢰성을 조사하기 위해 觀測된 K 값들로부터 ②式을 사용하여 θ 값을 구하였으며 표 4-3 과 같다.

표 4-2 에 나타난 값들은 曝氣式 安定化池에 대하여 Bartsch⁽⁵⁾ 가 발표한 觀測值보다 약간 높았다. 그림 4-1 에서 보는 바와 같이 20°C에서 16°C까지 감소하는 동안에 觀測值 K 는 급격히 감소하나 그 이후는 대개 0.9 day⁻¹ 로 변화가 거의 없다. 觀測 및 予想值 K 는 낮은 溫度에서는 약간의 차이가 있으며 予想值가 높았다. 觀測된 θ 값의 平均은 1.18 이었으며 予想值를 알아보기 위해 사용한 $\theta = 1.08$ 과 10% 정도 차이를 나타낸다.

溫度에 따른 流出水의 COD 濃度は 그림 4-2 에서 볼 수 있다. 16°C 이하에서는 COD 濃度は 90 mg/l 이 상이며 16°C와 19°C 사이에서 濃度は 급격히 감소되었다. 대체로 溫度가 約 5 ~ 35°C에서 溫度가 10°C

增加함에 따라 親溫性 微生物의 成長速度(反應速度)는 약 2배로 增加된다.⁽²⁾ 따라서 有機物의 섭취분해는 거의 完全하게 되며 溫度增加에 따라 COD는 감소하게 된다. 浮遊物質濃度和 溫度와의 관계는 그림 4-3에 나타내었다. 16°C 이하에서는 濃도가 65mg/l 정도이나 溫度가 올라감에 따라 濃度は 급격히 증가하고 20°C에서는 200 mg/l 가 되었다. Rotor를 지난 廢水는 DO가 증가된 후 溝內를 돌며 時間이 흐르면 DO가 감소하게 된다. 이와같은 DO의 變化로 溝는 窒酸化와 脫窒素化상태로 운영되며⁽¹²⁾ 遊離된 窒素로 인한 Rising Sludge 현상으로 SS가 증가한다.

COD 處理效率和 溫度와의 관계는 그림 4-4에서 볼 수 있으며 16°C 이상에서는 效率는 증가됨을 알 수 있다. COD 處理效率에 관한 값들은 어느정도 분산되어 있음이 觀測되었다. 이와 같은 것은 다음의 3 가지 원인에 기인되었다고 생각된다. 첫째, 試料分析의 過誤를 들 수 있다. 試料採取 및 分析技術이 익숙하지 못했던 實驗初期의 分析值에서 가장 심한 차이를 나타내고 있다. 둘째, 流出水에 대한 試料採取와 流入水에 대한 試料採取를 同時에 하였기 때문이다. 試料採取 도중이나 前에 流入水의 量이나 濃도가 변할 것 같으면 滯留時間이 거의 2日間이나 되기 때문에 處理效率를 정확하게 구할 수 없다. 셋째, 19°C 이상에서 有機物 處理能力和 流出水의 浮遊物濃度は 높았다. 어떤 경우에는 계산된 流出 COD 값이 測定된 COD 값보다 많았다. 그러므로 높은 溫度에서는 실제 溶解性 COD 값을 알 없었다.

5. 結 論

1. 酸化溝에서의 有機物處理는 溫度에 영향을 받고 있다. 대체로 16°C 정도에서 溫度가 上昇함에 따라 效率도 增加하나 16°C 이하에서 溫度에 따른 效率變化는 별로 나타나지 않았다.

2. 사용된 公式으로는 정확하게 酸化溝에 대한 除去率을 구할 수 없으며 觀測值가 予想值보다 항상 적었다.

3. 觀測된 溫度係數는 여러값을 가졌으며 平均値는 1.18 로 보통 사용되는 1.08 보다 조금 높았다.

BIBLIOGRAPHY

1. Berk, W. L., "The Lakeside Oxidation Ditch Process," Lakeside Engineering Corporation.
2. 崔義昭·趙光明, "環境工學" 清文閣
3. Fair, G. M., Geyer, J. C., and Okun, D. A., "Elements of Water Supply and Wastewater Disposal," John Wiley and Sons, Inc. (1971).
4. Berk, W. L., "Rotor Aeration, A Fresh Approach to an Old Problem," Lakeside Engineering Corporation.
5. Bartsch, E. H., and Randall, C. W., "Aerated Lagoons," JWPCF, 43, 4, 699-708 (1971).
6. Eckenfelder, W. W., "Industrial Water Pollution Control," McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, N. Y. (1966).
7. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater," APHA, AWWA, WPCF., 14th ED., APHA, Inc., (1975).
8. Ramalho, R. S., "Introduction to Wastewater Treatment Processes," Academic Press, Inc., (1977).
9. Wuhrmann, K., "Advances in Biological Waste Treatment," Pergamon Press., Oxford, England (1963)
10. Howland, W., "Flow Over Porous Media as in a Trickling Filter," Proc. 12th Ind. Waste Conf., Purdue Univ., Ext. Ser. #94, p. 435 (1958)
11. Sawyer, C. N., "New Concepts in Aerated Lagoon Design and Operation," In "Advances in Water Quality Improvement," E. F. Gloyna and W. W. Eckenfelder, Univ. of Texas Press, Austin, 325 (1968)
12. Wastewater Treatment Plant Design," WPCF, ASCE., Lancaster Press, Inc., (1977)