

《總說》

정유공장폐수처리

崔 義 昭 *

1. 序

정유 공업은 우리 나라에 있어서 매우 중요한 산업으로 현재 대한 석유공사는 1日 115,000 bbl(barrel=42gallons), 호남정유는 60,000 bbl의 원유를 처리하고 있으며 가까운 장래에 대한 석유공사는 그 처리시설을 175,000 bbl로 호남정유는 120,000 로 증가시킬 계획중에 있다. 또한 60,000 bbl 규모의 한국화성의 인천공장이 설립되면 현재 총 175,000 bbl의 국내 시설의 분량이 倍加되어 355,000 bbl로 증대 될 것이다.

정유 공업은 다른 공업시설과 마찬가지로 물을 많이 사용하고 있는데 그 량은 미국의 제작자 협회⁽¹⁾(National Association of Manufacturers)에 의하면 원유 1 bbl 당 대략 770 gallon이 소요된다고 한다. 사실상 이렇게 많은 양의 물이 사용되고 있는지는 의문시되나 물을 사용하는 경우에 있어서 필연적인 결과는 폐수가 방출되는 것인데 국내 175,000 bbl의 원유 처리 시설이 355,000 bbl로 倍加되는 경우 그 폐수량도 매우 증가 될것이며 따라서 폐수 처리 방법도 더욱 중요하게 될 것이다.

여러 가지 처리방법이 API⁽²⁾ (American Petroleum Institute)에 의해서 제시되었는데, 여기에 필자는 우리나라의 공해 방지법과 지역적인 특색을 고려하여 그 처리방법을 기술하고자 한다.

2. 공해 방지법

1963년 11월 5일 법률 제1436호 공해방지법 제2조 공해의 정의로써, “公害라 함은 大氣를 汚染하는 煤煙粉塵, 惡臭 및 가스와 化學的, 物理學的, 生物學的 要因에 의하여 河川을 汚染하는 工場廢水 事業場廢水 및 一般下水와 騒音 또는 振動으로 인하여 발생하는 保健衛生上에 미치는 危害를 말한다” 라고 規定하고 있다. 우리 나라에 있어서의 精油공장의 위치를 볼것 같으면, 대한 석유공사는 울산에, 호남정유는 여수에, 한국 화

* 고려대학교 이공대학

표 1 각국의 공해 안전기준(공장폐수)
허용한도 (mg/l)

함 유 물 명	1)* 한 국 (1964)	Texas U. S. A. (1965) (4)	Illinois, U. S. A. (1968) (5)	Meloorne e Austra lia (6)	Lake Onterio, Canada (6)
pH ²⁾ *	5.6-8.3	5.5-8.5	6.0-10.0	5.0-10.0	5.5-10.6
Cresol	1.5	—	—	—	—
시아화합물	0.2	—	—	0.75	—
油 類	50	25	15	20	15
염화물	500	—	(?)	—	—
호치온 염소	0.5	—	—	1	—
비 소	0.1	—	1.0	—	—
銅	10	—	0.1	0.15	—
아 인	20	—	1.0	—	—
바 른	100	—	5.0	—	—
철	100	—	10	5	17
유화수소	0.2	—	—	—	—
크 롬	10	—	0.05-1	—	—
Dyestuff	300	—	—	—	—
硫酸鹽(硫酸의 짝)	100	—	—	1	—
소다 (Na ₂ O)로서	100	—	—	—	—
코발트	10	—	—	—	—
닛 켈	10	—	2.0	—	—
수 은	10	—	—	—	—
BOD ₅ (20°C)	150	100	40	20	20
대장균 군 1cc	300	—	—	—	—
COD	—	400	—	50 (4-h, KMnO ₄)	—
S. S.	—	100	45	40	20
Phenol	—	—	0.2	2	0.02
Nitrate (as NO ₃)	—	—	45	—	—
Nitrogen, Ammonia (N)	—	—	2.5	—	—
Cd	—	—	0.05	—	—
Color	—	—	—	200	—
Turbidity	—	—	—	200	—

1)* 공해 방지법 1959호 공장폐수를 일반 하수구에 유출 시키지 않는 경우

2)* 단위 없음

성은 인천에 각각 공장을 설치 혹은 설치 중에 있어 사실상 河川을 오염시키고 있지는 않으므로 法律이 정하는 바로 해석한다면 폐수로 “公害”를 야기시키고 있다

고는 볼수 없으나 이 폐수를 처리하지 않고 바다로 방류시에는 어류 및 조개류에 영향⁽³⁾을 미칠것이므로 이에 대한 법적인 규제가 필요하다고 생각된다.

上記法律이 海域에 폐수를 유출시키고 있는 경우에도 적용된다면 1964년 10월 16일 대통령령 제1959號 공해방지법 시행령의 “공해안전기준”에 준하여 처리하여야 될것이다. 공장 폐수에 대한 우리나라와 타국의 공해 안전 기준은 표 1과 같다. 표 1에 보는 바와같이 COD, S.S. Phenol Nitrogen, Phosphate 등 매우 중요한 오염물질(Pollutants)에 대한 규정이 없으며 대체적으로 외국과 비교할적에 엄격한 규정은 아닌것 같다.

3. 폐수 처리 방법

정유 공장으로 부터 생산되는 폐수는 3가지로 분류한다. 즉 비교적 깨끗한 물(Clean water)과 기름 물(Oily waste) 및 공정폐수(Process waste water)로 분류시켜 적절한 처리를 한다. 비교적 깨끗한 물이라 함은 냉각수, 보일러 부로우다운(Boiler blow down)과 우수를 포괄하여 칭하며 기름물은 정유 공장내의 탱크 배수(Tank drainage), 펌프의 누수(leakage) 등 기름을 함유하고 있는 폐수이며, 공정폐수라 함은 精製, 蒸溜, 接觸分解, 接觸改質, 탈황장치등에서 생성되는 폐수를 말하고 있다.

대체적으로 냉각수, 보일러 부로우다운과 우수에는 유기물질이 거의 없고 무기물질이 많이 함유되어 있으므로 이를 처리 시키려는 경우에는 흔히 큰못(Pond)에 일정시간 체류후에 방류시켜 부유물질 등을 제거시킨다. 기름물은 공정폐수와 혼합되어 유출되는 수가 많은데 공정폐수와 혼합되지 않는 경우에 있어서는 기름물에서 중력식 Oil separator에 의하여 표면에 뜬기름을 제거한후 방류시킨다. 말할 필요도 없이 방류시의 수질은 공해안전기준에 맞아야 함은 물론이다. 일반적인 공정폐수의 성질은 API⁽⁷⁾에 의하면 표 2와 같은데 공정폐수는 원유의 원산지, 정류방법등에 따라 그 성질이 다르게 되는데 대부분의 경우에 있어서 Phenol, Ammonia, H₂S, Mercaptanes, Oil 등을 함유하고 있으며 BOD 및 S.S.의 농도는 매우 크다. H₂S와 Ammonia는 정유공정중에서 사용한 蒸氣의 냉각수(Condensate water)에 가장 많이 농축되어 있으며 이를 Sour condensate 혹은 Sour water 라고 부르고 있으며, Caustic scrubs에 의해서 Sodium sulfide, Phenol 등을 유출하게 되는데 이를 Spent caustic waste 라고 부른다. BOD₅는 기름 자체와 또한 기타 유기물질에 의하여 생성되어지며 Beychock⁽⁶⁾에 의하면 탈염장치(Desalter Unit)에서 평균 약 260 mg/l의 BOD₅가 유출된다고 말하고 있다 S.S.는 물위에 뜨는 기름 즉 Free

표 2 정유공장의 폐수 성질
(After McKinney)⁽²⁾

유량(gpm)	1,100
온도(°F)	88
S.S. (mg/l)	350
Sulfides (mg/l)	88
Phenol (mg/l)	27
BOD ₅ (mg/l)	160
COD ₂ (mg/l)	320
pH	8.4
Alkalinity (mg/l)	180
Oil (mg/l)	57
Ammonia Nitrogen(mg/l)	87
Phosphates (mg/l)	49
Chlorides (mg/l)	310

Oil과 유액상인 Emulsified Oil 등에 기인한다. 공정폐수의 처리방법을 볼것 같으면 H₂S와 Ammonia는 Sour Water Stripper⁽⁶⁾나 이온교환법(Ion Exchange Process)⁽⁸⁾에 의해서, Sodium Sulfide(Na₂S), Ammonium Sulfide((NH₄)₂S)나 Mercaptide Sulfur(RS⁻)등은 Spent Caustic Oxidizer⁽⁹⁾로 처리하는 것이 흔한 방법이다. 필요에 따라서 이 유황 물은 산을 가해서 H₂S로 만들어 Sour water stripper에 의하여 제거시키는 경우가 있는데 이때 이것을 Caustic Spent Neutralizer⁽⁶⁾라고 부른다. Sour Water Stripper, Caustic Spent Neutralizer, Oxidizer는 공정 폐수처리과정에 있어서 In-plant Pretreatment 라고 칭한다.

In-plant Pretreatment의 유출수는 Oil, Phenol, BOD, COD, S.S. 등의 함량이 커서 그대로 방류시킬 수는 없으므로 이를 필요한 정도까지 처리시키지 않으면 안된다. 이 유출수를 처리함에 있어서 Oil Separator를 두어 Oil을 분리제거하며 Oil Separator의 유출수를 처리하기 위해서는 2차적인 처리(Secondary Treatment)를 하고 있는데 2차적인 처리로는 폐수내의 불순물을 응집시켜 분리하는 方法과 혹은 생물학적인 처리방법으로 유기물질을 물질대사(Metabolize)시키는 방법 등이 널리 사용되어 지고 있다.

생물학적인 처리 방법에 있어서 기름을 처리하는 경우 기름 자체를 처리시키기 위해서는 매우 오랜 시일이 소요되므로 될수 있는 한 장기기의 Sludge Age가 필요하리라고 생각된다.

중력식 Oil Separator는 문자 그대로 폐수내의 油性分 전부를 분리시키지는 못하나 Free Oil(뜬기름)을 제거시키는 데는 매우 효과적이며 이때 BOD₅는 약 10% 정도 제거된다.

대부분의 정유공장의 폐수처리과정에는 우수를 저류시키거나 혹은 2차처리 과정으로 큰 못(Retention

Pond or Oxidation Pond)이 설치되고 있는데 Oxidation Pond를 2차 처리의 목적으로 사용하는 경우 그 소요 채류시간은 McKinney⁽⁹⁾에 의하면 약 60일, Eckenfelder Jr.⁽¹⁰⁾에 의하면 약 25일이 필요하다고 하는데 이 채류시간을 확보하기 위해서는 막대한 용지가 필요하게 된다. 또는 Oxidation Pond로서의 기능을 발휘시키기 위해서는 Pond 내의 기름성분과 Sulfide의 농도는 매우 중요한 요소로써 Pond의 기능을 좌우한다. 즉 기름은 물위에 떠서 대기중으로 부터의 공기의 Diffusion을 방해하며 Sulfide는 용존산소를 급격히 소모시켜서 Pond 내의 미생물의 물질대사를 방해하기 때문이다. McKinney에 의하면 기름은 20mg/l 이하, H₂S는 15mg/l 이하야 한다고 하며 Gloyna⁽¹¹⁾에 의하면 H₂S의 농도가 5-10mg/l 이상인 경우에 있어서 Pond의 처리 기능이 마비된다고 한다. 또한 Pond 내에는 조류(藻類: Algae)가 성장하며 박테리아와 공생을 하여야 효과적인데 H₂S는 조류에 매우 독성⁽¹²⁾이 있으므로 2차처리 과정으로 Pond를 사용하는 경우에 있어서 기름과 Sulfide의 농도에 깊은 주의가 필요하다고 할 수 있다.

2차적인 처리방법으로서 불순물을 응집침전시키는 방법과 응집부상시키는 방법을 들 수 있는데 이런 약품의 투입없이 부상법만으로는 중력식 Oil Separator와 별 큰 효과는 없는것 같다. 불순물은 응집 분리시키는 경우에 기름을 약 75~95%, S.S.를 약 55~75%, CO D를 약 45~85% 가량 제거⁽⁶⁾시킨다. 중력식으로 기름을 제거시키는 경우에 있어서는 대부분 Free oil만 제거되는데 응집시키는 경우에는 Free oil뿐만 아니라 Emulsified oil도 대량 제거 된다. 또한 2차적인 처리방법으로 유출시의 허용수질 기준이 엄격하여 짐에 따라 Aerated Lagoon, Trickling Filter, Activated Sludge System 등도 많이 사용되어오고 있는데, 즉 이미 설명한 바와 같이 Oxidation Pond의 소요 용지문제를 절감시키기 위하여 Aerated Lagoon이 사용되어지고 있으며, Trickling Filter는 유입폐수내의 독성물질의 일시적인 증가에 대해서 안정성이 있어 많이 사용되어져 왔다. 또한 Activated Sludge는 Trickling Filter보다 많은 장점이 있어 최근 널리 사용되어지고 있는데 생물학적인 처리 방법에 있어서 그 효율은 표 2와 같다.

대체적으로 불순물을 응집 분리시키는 방법에 있어서는 주로 Oil, S.S. 등이 제거됨에 비하여 생물학적인 처리방법에서는 BOD, Phenol 등이 추가되고 있으며 또한 여과법⁽¹⁷⁾(Filtration), 활성탄소⁽¹⁸⁾(Activated Carbon) 및 산화탑⁽¹⁹⁾(Oxidation Tower)에 의한 방법 등

표 3 생물학적 처리방법의 효율
불순물 제거율

처리방법	Oil	Sulfide	Phenol	BOD ₅	참조문헌
Oxidation Pond			25-80	20-96	(9)
Aerated Lagoon	78	96	94	70-85	(9)(11)
Trickling Filter		58-90	60-98	86(BOD)	(9)
Activated Sludge	55-89	98	99	40-77	(9)(10)(13)(14)(15)
Oxidation Ditch (pasveer-sloot)		55	99	90(COD)	(16)

이 정유공장 폐수처리에 적용되어지고 있다.

폐수 처리장을 설치하는데 가장 중요한 요소는 처리 시설의 효과와 그 시설비와 유지관리비의 대소인데 즉 각 처리 방법의 경제성을 현장의 사정과 아울러 검토해야 될 것이다. 즉 각 처리방법이 동일한 목적으로 같은 효율을 나타낸다면 비 경제적인 처리 방법은 이미 사용되어지고 있지 않은 것이지만 각 처리방법은 그 목적과 효능이 서로 상이하여 그 경제성을 정확히 추정하기란 매우 어렵다. 대체적으로 흔히 사용되어지고 있는 방법에 대한 초기 시설비의 일반적인 자료는 그림 1과 같은데 정확한 자료는 못되지만 시설비의 대소를 나타내 주고 있다. 대체적으로 유지관리비는 그 시설 투자가 크면 클 수록 그 경비가 커지게 되는것이 상례라고 할수 있는데 Oxidation Pond가 가장 저렴하고 다음이 Oil Separator Aerated Lagoon, Oxidation Ditch 순위가 될 것이다.

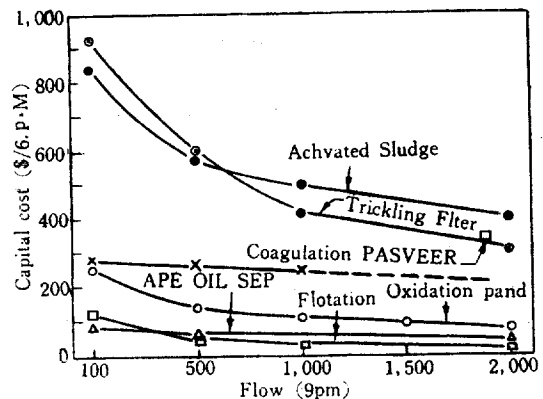


Fig. 1 각 처리 방법의 소요공사비의 비교
(AFTER BEYCHOCK⁽⁶⁾)

4. 울산정유공장의 폐수처리

울산 정유공장은 국내에서 그 규모가 가장 크며 UOP (Universal Oil Product)에 의한 방법으로 Thermal Cracking이 없기 때문에 처리과정중에 생성되는 폐수 내의 Phenol의 함량이 매우 적다고 한다. 현재 폐수 처리 시설로는 2개의 API Oil Separator와 2개의 계열적 Pond가 있으며 최종적으로 울산만에 폐수를 방류시키기 전에 Free oil을 제거시키는 시설을 갖추고 있다. 2개의 pond의 총용량은 갈수시에 있어서 약 1.7일간 공정폐수를 저류시킬수 있는 규모이다⁽²⁰⁾.

현 울산 정유공장의 폐수처리 시설을 통한 유출수내에는 많은 Oil 등이 함유되어 있는데 이는 현 API Oil Separator로는 Free Oil을 제거시킬 수 있으나 Emulsified oil의 제거는 불가능 하기 때문이다. 현 공해방지법에 있어서 BOD₅에 대한 유출수의 허용한도는 150 mg/l로 外國과 비교할적에 대단히 높으며 또한 Oil을 제거시키고 현 유출수의 수질을 좋게 하기 위하여 현 Pond를 Aerated Lagoon, Oxidation Ditch 등으로 개조하기에는 현장의 장소가 협소하므로 Emulsified oil을 제거시키기 위하여 Chemical treatment를 택하는 것이 경제적이라고 할 수 있다.

Emulsified oil를 제거시키기 위해서 화학적인 처리방법을 사용할 경우 폐수를 산성화(Acidification)시켜서 Emulsified oil을 Free oil로 변화시켜서 현 API Oil separator로 제거시키거나 혹은 Emulsified oil과 부유물질을 함께 응집 분리시키는 방법을 고려할 수 있는데 후자에 대해서는 그 효율을 검토하기 위해 간단한 실험을 시행하였다. 즉 Sample을 현 API Oil separator의 Inlet에서 채취하여 600ml씩 6개의 Beaker에 넣고 100 r. p. m.으로 Sample을 잘 Mixing한 후에 Alum을 30, 60, 80, 120, 150, 및 180 mg/l씩, Activated Silica를 20 mg/l씩 각 Sample에 투약한 후 약 1분후에 회전 속도를 약 40r. p. m으로 감소시키고 20분 후에 회전속도를 0으로 하였다. 약 15분 후에 각 Beaker 내의 불순물의 분리현상을 관측한 결과 Alum 60 mg/l이 가장 좋은 투약율로 판명되었는데 이 Jar. Test⁽²¹⁾에 의한 실험 결과치는 표 3과 같다.

표 3에서 보는 바와 같이 유입폐수내의 oil은 114.1 mg/l 이상으로써 응집부상시키는 경우에 있어서 그 유출수의 농도는 6.7mg/l로 COD는 240mg/l로 감소되었는데 COD의 값을 BOD로 환산하는 경우 150 mg/l 이하가 되리라고 추정된다. 또한 현 API oil separator의 효율은 표 1에서 보는 바와 같이 응집 분리시키는 방법에 비하여 매우 저조한데 Chemical의 투약없이 Flo

표 4 API Oil Separator와 응집에 의한 결과

불순물	유입폐수	유출폐수 API Oil Separator	응집부상
온도 °F	105	100	105
pH	9.6	9.4	9.6
Oil mg/l	114.1	104.0	6.7
S. S. mg/l	58	33	7
COD mg/l	470	440	240

tation 만으로는 어떠할까가 문제시 되어 8" pipe을 절단하여 Air Drum을 제작하여 사용하였다. Air/Solid ratio⁽¹⁰⁾는 현지사정으로는 측정할 수는 없었으나 Chemical의 투약없이 Flotation만에 의해서는 Emulsified oil을 제거할 수는 없는 것 같았다. 사용한 Air drum 내의 압력은 약 3.4kg/cm² 이었다.

5. 처리방법에 대한 검토

이미 지적한 바와 같이 우리 나라의 공해 방지법은 외국에 비하여 그리 엄격하다고는 할수 없으며 또한 phenol 등에 대한 규정이 없어 유출수의 수질을 양호하게 하기 위한 생물학적인 처리방법을 병용하지 않더라도 공정폐수내의 H₂S나 Sulfide를 전술한 방법에 의하여 적절히 제거시키고 응집 분리시키는 방법을 사용하는 경우 그 유출수의 수질은 공해 방지법이 허용하는 수질을 확보할 수 있으리라고 생각된다.

현 울산 정유공장에 있어서는 사실상 폐수를 적절히 처리하지 못하고 있는데 그 이유는 폐수처리과정에 대한 기술적인 지식의 부족이라고 하겠는데 즉 폐수처리과정중의 Oxidation pond는 그 규모가 너무작고 또한 Oil과 Sulfide의 농도가 pond의 기능을 저해하는 농도 이상이므로 그 처리능력을 발휘하지 못하고 있다. API Oil separator의 Inlet에서의 BOD₅의 농도는 최종적으로 유출되는 폐수의 BOD₅의 농도와 별 변화는 없다는 사실이 이를 뒷받침해 주고 있다. 따라서 현 pond는 Oil과 Sulfide의 농도를 Pond가 처리기능을 발휘할 수 있는 농도 이하로 각각 제거시키지 않는 한 처리과정에 있어서는 어떤 보탬이 될 수 있는 시설이라고는 할 수 없다.

또한 응집 분리시키는 방법에 대한 시설비를 절감시키는 방법으로 현 API Oil Separator를 Flotation Unit으로 변화시키고 여기에 약품을 직접 투입시키는 방법에 대해 고려해 보았는데 이 경우에 있어서도 부상한 Oil을 제거시켜야 하며 또한 현 API Oil Separator의 Free Oil의 제거 효과는 매우 크다는 것을 감안할때 응

집분리시키는 방법을 사용하는 경우에 있어서도 API Oil Separator의 유출수를 처리하는것이 보다 안전한 방법이라고 하겠다.

Alum과 Activated Silica를 Coagulant로 사용하는 경우에 있어서 실험치에 의하면 각각 그 적정량인 60 mg/l과 20 mg/l이었는데 이는 화학약품비가 당 약 2원, 시설비는 Ton 당 약 2,000원 가량 소요되는 것으로 산출된다. 또한 유입폐수의 pH를 응집시키기에 좋은 범위로 조정하거나 혹은 API Oil Separator의 유입폐수를 산성화시켜 Emulsified Oil을 Free Oil로 변화시켜 제거하고, API Oil Separator의 유출수중의 잔유하게 될 Emulsified Oil을 응집 분리시키는 경우에는 아마 소요 약품비가 감소되어 폐수 처리비가 절감될지도 모른다.

한편 Alum 대신 Ferric chloride를 Coagulant로 사용하는 경우를 고려할 수 있는데 Vegulescu⁽¹³⁾ 등에 의한 실험결과를 보면 그 효율에는 별 차이가 없었다. 그러나 Ferric chloride를 사용하는 경우 이에 의한 Floc은 매우 무거워서 잘 부상되지 않고 오히려 침전시키는 경우에 적당하리라고 생각된다. 말한 Alum과 Activated silica의 투약에 있어서도 Alum의 양이 120 mg/l인 경우에 있어서는 형성된 Floc이 상하부로 부상과 침전되었으며, 150mg/l인 경우에 있어서는 下部로만 침전 되었다.

이상 처리 방법에 대한 이론과 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

결론 및 제언

1) 현행 공해 방지법이 사실상 폐수를 바다에 방류시에도 적용되는지에 대한 확실한 규명이 필요하겠다.
2) 우리 나라의 공해 방지법이 정유공장의 폐수를 “海域”에 방류시에도 적용된다면 현행 공해 방지법 중의 공장폐수에 관한 규정에 의해 처리해야 될것인데 이 규정에 있어서 BOD₅은 허용한도가 150 mg/l나 되고 phenol에 대해서는 그 규정이 없으므로, 정유공장폐수중 가장 문제가 되는 것은 H₂S, sulfide와 Oil이라고 하겠다. H₂S, Sulfide를 Sour Stripper와 Spent caustic neutralizer 등에 의해서 처리시키고 Free Oil을 API oil separator에 의해서 제거시키고 그 유출수내의 Emulsified oil을 응집 부상시켜 제거하는 경우 그 유출수는 공해방지법이 허용하는 수질에 적합하리라고 생각된다.

참고 문헌

1) Nemerow, N. L., Theories and Practices of

Industrial Waste Treatment. Addison and Wesley Publishing Co. (1963)

- 2) API, Volume I, Waste Water Containing Oil, Six Edition, American Petroleum Institutes, Division of Refining, N. Y., N. Y. (1959)
- 3) Mitchell, C. T., and et al., “What Oil Does to Ecology” Vol. 42, 812, Part 1, Journal Water Pollution Control Federation (May 1970)
- 4) “Texas Sets Water Quality Rules for Giant Oil Complex”, The Oil and Gas Journal (December 1965)
- 5) State of Illionis, Sanitary Board, Sewage and Industrial Waste Treatment Requirements and Effluent Criteria, Technical Release 20-22, Second Edition(April 1968)
- 6) Beychock, M. R., Aqueous Wastes from Petroleum and Petrochemical Plants, John Wiley and Sons (1967)
- 7) Mc Kinney, R. E., “Biological Treatment of Petroleum Refinery Wastes, American Petroleum Institute (1963)
- 8) Pollio, F. X., and et al., “Ion Exchange Resins For Treat Sour Water”, The Oil and Gas Journal, 67, 20, 126 (1969)
- 9) McKinney, R. E., “Biological Treatment Systems for Refinery Wastes”, Vol. 39, No. 3, 326, Journal Water Pollution Control Federation. (March 1967)
- 10) Eckenfelder Jr., W. W., Industrial Waste Pollution Control, McGraw-Hill Book Co., N. Y. N. Y., (1969)
- 11) Gloyne, E. F., and et al., “Use of Aerated Lagoons and Ponds in Refinery and Chemical Waste Treatment”, 429, Vol. 41, No. 3, Journal Water Pollution Control Federation (March 1969)
- 12) Silva, P. C., and et al., “A Systematic Study of the Algae of Sewage Oxidation Ponds, S. W. P. C. B. (Cal.) Pub. No. 7 (1953)
- 13) Negulescu, M. G., and et al., “Aspects Concerning the Treatment of Wastewaters from Oil Refineries in Romania”, Advances in Water Pollution Research, Proceedings of the Third International Conference held in Munich, Germany, Vo. 2 (September 1966)
- 14) Lamkin, and Sorg, “Amarican Oil Cleans Up

- Wastes in Aerated Lagoon", Petrol. Refiner. (May 1964)
- 15) Pursell and Miller, "Waste Treatment of Skelly Oil Company's El Dorado, Kansas Refinery, Proc. 16th Ind. Waste Conf. Purdue Univ. (1961)
 - 16) Biczysko, J. and Suschka J., "Investigations an Phenol Waste Treatment in an Oxidation Ditch", Advances in Water Pollution Research, Proceedings for the Third International Conference held in Munich, Germany, Vol.2 (September 1966)
 - 17) Beavon, D.K., "Sand Filtration Cuts Pollution", The Oil and Gas Journal, 67, 22, 76 (1969)
 - 18) Paulson, E.G., "Activated Carbon Cleans Effluents", The Oil and Gas Jour. 85 (June 1970)
 - 19) Prather, B.V., "Advanced Treatment of Petroleum Refinery Waste-water by Autoxidation", Vol. 42, 569, No.4 (April 1970)
 - 20) 精油工場의 廢水處理 및 水質汚濁에 關한 考察, 大韓石油工社, 精油技術部 (1969 5)
 - 21) Parsons, W. A., Chemical Treatment of Sewage and Industrial Wastes, Published by National Lime Association, Washington D. C. (1965)