Journal of Korean Society on Water Quality, Vol. 23, No. 1, pp.131-137 (2007)

가죽, 모피 가공 및 제조업 폐수처리시설의 경제성 평가

김재훈† · 양형재 · 권오상 · 이성종

국립환경과학원 배출시설연구과

Economical Assessment of Wastewater Treatment Facilities in Leather Tanning and Finishing Industry

Jaehoon Kim† · Hyung jae Yang · Oh sang Kwon · Sung jong Lee

National Institute of Environmental Research, Emission source research division

(Received 7 September 2006, Accepted 26 December 2006)

Abstract

Industrial wastewater management guideline and evaluation model of Best Available Technologies for the leather tanning and finishing industry was developed as an economical evaluation model using evaluation of BAT including economical evaluation combined with cost analysis model and cost annualization model in considering of economical factors and non-water environmental factors. It was verified that approximately 10% will be increased annually to modify conventional treatment process (3,700 m^3/d) of J leather wastewater treatment plant to advanced process of K leather wastewater treatment plant.

keywords : BAT, Economical assessment, Wastewater treatment facility

1. 서 론

현대화된 산업구조에서 보다 합리적으로 산업폐수를 관리하기 위해서는 업종별 폐수특성, 오염물질의 종류, 최적처리기술 등에 따른 차등적 배출허용기준의 도입이 요구된다. 또한 과학적이고 합리적인 산업폐수관리체계 근거를 마련하여, 이에 따른 체계적인 허가제도의 개선방안을 마련하는 것이 필요하다.

미국은 NPDES(National Pollutants Discharge Elimination System)에 근거하여 모든 배출업체는 업종 특성 및 수계의 수질환경에 근거하여 업종별 또는 개별 업체별로 배출허용기준을 차등 적용하고 있다(US.EPA, 2003, 2004). 유럽연합은 통합오염방지(Integrated system of Pollutant prevention and Control, IPPC) 지침에 근거 회원국들의 배출시설 허가 조건으로서 업체별 차등화하고 있다(IPCC, 2001a,b,c). 배출허용기준 설정시 고려 항목은 ① 시장형성, 비용 등 경제적 요소와 ② 기술의 존재여부 등 기술적 요소 ③ 건강 위해성, 환경, 국제협약, 관련법률 등의 사회·정치적 요소로 대별할 수 있다. 그 가운데 환경영향과 경제적 파급효과까지를 분석하는 미국, 유럽의 BAT(Best Available Technology)평가 절차는 ① 대상 업체 폐수배출시설의 배출특성을 파악하고, ② 처리기술 파악 및 조사하여 적용가능한 처리기술을 조사한다. 다음 ③ 평가대상 업소의 물질 및 에너지 수지식을 작성하고, 폐수처리공정에 대한 처리방법, 처리효율, 운영비, 유지관리비, 에너지 사용량 등을 조사한다. ④ 최적 폐수처리기술 결정을 위해 관련된 영향인자들을 고려해서 각 기술별로 환경, 운전, 에너지와 자원 및 경제성과 관련된 영향을 평가하고, 방류수의 농도와 배출허용기준을 비교하여 법규준수 여부를 파악한다. ⑤ 최종적으로 이상의 검토결과를 종합하여 BAT를 선정한다.

† To whom correspondence should be addressed.
clean@me.go.kr

2. 연구방법

2.1. 평가체계

본 연구에서는 국내의 대표적인 질소 다량 배출사업장인 가죽, 모피가공 및 제조업을 대상으로 김 등(2005)이 제안한 우리나라의 BAT 평가체계에 Fig. 1과 같이 비수질환경인자와 경제성 평가 기능을 추가하였다. 이를 이용하여 현재 우리나라 가죽, 모피가공 및 제조 사업장에서 운영중인 폐수처리기술들 가운데 후보기술을 선정하고 비수질환경인자를 포함한 현장조사와 경제적 평가를 통해 질소처리공정을 포함한 고도처리기술의 경제적 적용가능성을 평가하였다.

2.2. 조사업체 선정 및 폐수처리시설 운영 실태 조사

국내 가죽, 모피가공 및 제조업체에서 운영하고 있는 폐수처리시설의 경제성을 평가하기 위해 2001년 환경부 폐수배출시설 조사 자료(환경부, 2002)에 등록된 183개 시설 가

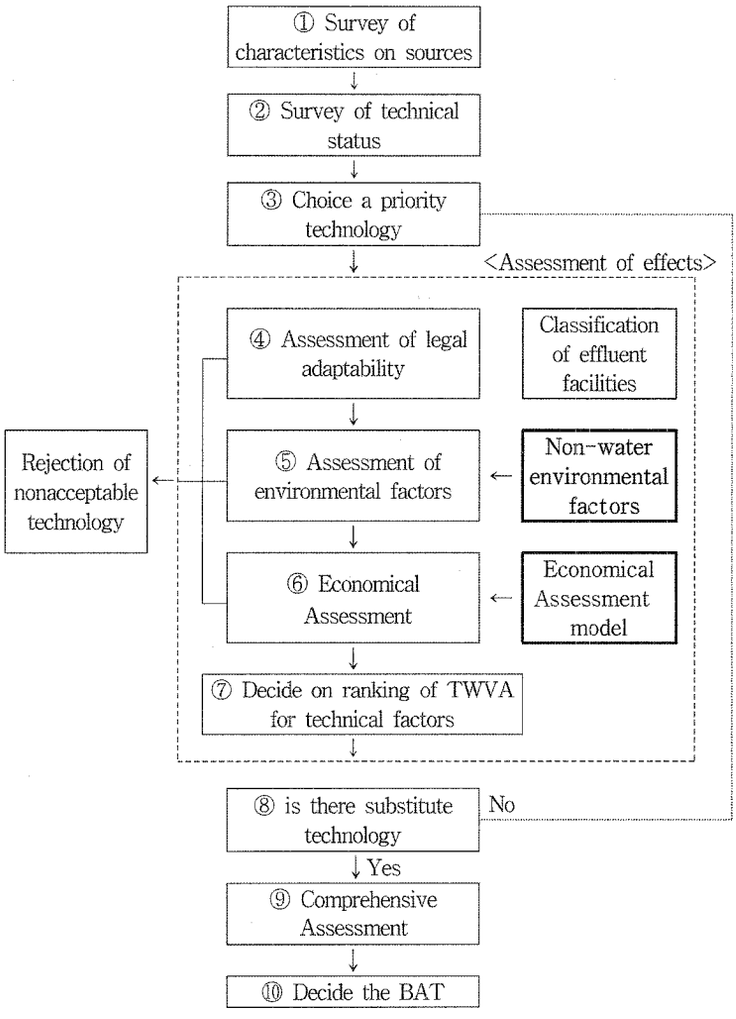

Fig. 1. Evaluation system for best available technology.

운데 산업단지 폐수종말처리장과 사업장에서 배출하는 폐수를 연계처리하고 있는 시설들을 제외한 125개 사업장에 대하여 설문조사를 실시하였다. 설문조사 결과와 지역과 규모, 현장접근의 용이성 등을 고려하여 19개 사업장을 현장조사 대상사업장으로 선정하였다. 선정된 사업장을 방문하여 각 사업장의 생산공정, 폐수처리시설 및 처리공정운영, 폐수배출실태 등에 대해 보다 정밀한 조사를 수행하였다.

최종적으로 각 사업장의 폐수처리시설 운영에 따른 에너지사용, 대기오염물질 배출, 폐기물발생 등 비수질환경인자를 조사하고 생산공정, 제품생산량, 매출액, 생산량 등 회사운영현황 및 폐수처리장에서 소요되는 약품비, 전기비, 슬러지처리비 등 처리시설 운영비용 등을 조사하였다. 이를 통해 현재 우리나라의 가죽, 모피가공 및 제조시설에서 정상적으로 운영되고 있는 폐수처리공정은 각 처리공정의 단위공정 조합에 따라 아래와 같이 크게 기술A부터 기술G까지 7가지로 분류할 수 있었다.

- 기술A : 응집침전처리+생물학적처리(폭기조)
- 기술B : 1차응집침전처리+2차응집침전처리+생물학적처리(폭기조)
- 기술C : 1차응집침전처리+2차응집침전처리+생물학적처리(폭기조)+급속여과
- 기술D : 응집침전처리+생물학적처리(탈질조+폭기조+후탈질조+재폭기조)
- 기술E : 1차응집침전처리+생물학적처리(탈질조+폭기조+후탈질조+재폭기조)+2차응집침전처리
- 기술F : 응집침전처리+생물학적처리(폭기조)+Fenton처리
- 기술G : 응집침전처리+생물학적처리(탈질조+폭기조)+Fenton처리

이 가운데 국내의 질소규제 강화추세를 반영하여 질소제거공정을 포함하고 있는 기술E를 경제성 평가 대상 기술로 선정하였고. 기술E의 경제성 평가를 위해 응집침전공정과 활성슬러지공정으로 이루어진 일반폐수처리공정인 기술A의 J피혁(주)과 질소제거공정을 포함한 고도처리공정인 기술E의 K피혁(주)을 평가 대상사업장으로 선정하였다. 이들 두 사업장을 대상으로 기술A를 기술E로 보완 또는 변경하고자 하는 경우를 가정하여, 해당 처리기술의 경제성 여부를 평가하였다.

2.3. 폐수처리시설의 경제성 평가

사업장에서 운영하고 있는 폐수처리시설에 대한 BAT 평가는 Fig. 2와 같이 현재 운영하고 있는 처리기술의 경제적 수용가능성 여부를 평가하는 경제성 평가 부분과 처리기술

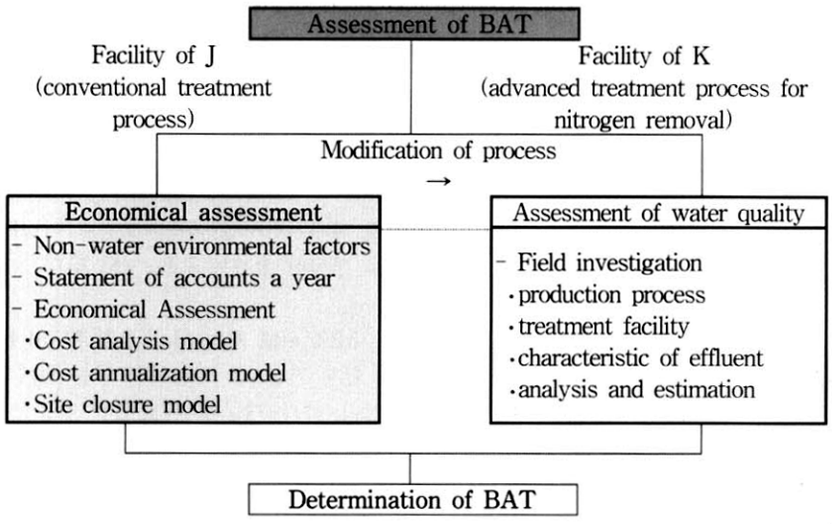

Fig. 2. Evaluation model for best available technology.

적용에 따른 방류수 수질을 평가하는 수질평가(기술평가)로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 가죽, 모피가공 및 제조업 중 J피혁(주)과 K피혁(주)을 대상으로 대기, 폐기물 등 비수질 환경인자와 회사의 년간 매출액, 경상경비 및 처리시설 운영비 등의 경제적 인자를 조사하여 경제성 평가를 실시하였다.

2.3.1. 경제성 평가 방법

본 연구에서는 폐수처리시설의 경제성 평가를 위해 ① 비용분석(Cost analysis)을 통한 폐수처리기술의 비용분석, ② 연간균등비용산정(Cost Annualization Model)을 이용한 폐수처리기술의 Incremental Pollution Control Costs 분석, ③ 처리기술도입에 따른 손익 분석(Site Closure Model)을 이용한 폐수처리기술 경제적 수용가능성 분석 기능을 포함하는 경제성 평가모델을 적용하였다.

① 비용분석

비용분석모형(Cost analysis model)은 폐수배출시설과 폐수처리시설의 특성을 연계하여 자본비용, 고정가동비용 및 가변가동비용을 계산할 수 있도록 고안되었다. 오염조절비용은 크게 자본비용(capital costs)과 가동비용(operation and maintenance costs, O&M)으로 구분하고, 가동비용은 다시 고정가동비용(fixed O&M)과 가변가동비용(variable O&M)으로 구분한다. 고정가동비용은 폐수처리시설의 가동과 무관하게 발생하는 비용이고, 가변가동비용은 폐수배출량에 비례하여 발생하는 비용으로 약품비, 슬러지 처리비, 에너지(전기) 사용비 등이 이에 속한다.

② 연간균등비용 산정

폐수처리시설의 특성과 법인세법을 고려하여 폐수처리시설의 내용연수를 15년으로 정하였다. 자본비용의 연간가치 계산에 있어서 잔존가치를 고려하기 위해, 연간균등비용 산정에서는 비용분석모형에서 지정한 잔존가치를 이용하여 그 비율을 계산하며 이를 연간가치 계산에 적용한다. 그리고 비용분석모형에서 산정된 자본비용, 고정가동비용, 가변가동비용 등 제반 비용의 현재가치를 연간가치로 환산하여 전체 비용이 포함된 연간가치를 산정한다.

③ 처리기술도입에 따른 손익 분석

처리기술도입에 따른 경제성 분석은 해당업체에서 보고한 손익계산서를 바탕으로 기술도입 관련 규제로 인한 수익구조 변화를 평가하였다. 세전당기 순손익에 폐수배출시설의 운영에 소요되는 비용을 연간가치로 환산한 금액을 차감하여 법인세 과세표준을 산정하여 법인세를 계산한다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 비수질환경인자 평가

일반적인 폐수처리방법인 기술A와 질소제거공정을 포함한 고도처리방법인 기술E를 평가하기 위해 각 기술을 적용하고 있는 사업장들의 폐수처리장 운영에 따른 전기 등 에너지비용, 슬러지 발생량, VOC, 악취 등 대기오염물질 발생량을 조사하였다.

① 에너지 사용비용

기술A와 기술E의 에너지 비용을 비교한 결과, 기술E는 기술A보다 1.25% 에너지사용량이 줄어드는 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 기술E를 적용한 폐수처리장의 경우, 무산소공정의 운영으로 폭기량이 기술A를 적용할 때에 비해 감소하기 때문으로 판단된다.

② 슬러지 발생량

기술E를 적용하는 경우, 기술A보다 1.40%의 슬러지 발생량이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 기술E의 무산소조에서의 미생물수율이 호기조건에서의 미생물수율보다 낮은 데서 슬러지 발생량이 줄어들기 때문으로 판단하였다.

③ 대기오염물질 발생량

폐수처리로 인해 야기되는 대기오염은 주로 고농도의 황화물과 암모니움염으로 인한 악취이다. 폐수 중의 VOCs 농도는 195.9 pg/L로 전량이 휘발한다고 가정하고 배출시설의 배출량을 1,000 m^3/일로 할 경우 연간 58.77 mg의 작

은 양만이 대기 중으로 배출된다. 기술A와 기술E는 모두 VOCs 및 악취제거 기술이 별도로 운영되고 있지 않으므로 대기오염에 대한 기술 간의 차이는 없는 것으로 판단된다.

3.2. 처리기술별 비용산정

3.2.1. 기술A의 초기투자비용 산정

기술A를 적용하고 있는 사업장들에 대한 설문조사와 현장조사결과를 바탕으로 기술A에 대한 폐수처리량별 초기투자비 조사 결과를 Table 1에 정리하였다. 초기투자비 산정을 위해 적용한 공정 및 장치의 종류 및 개수는 모두 동일하다고 보고, 단지 처리용량차이에 의해서만 비용을 결정하였다. 이때 처리조의 크기, 토지이용 및 각 단위공정의 효율은 동일한 것으로 가정하였다. 또한 이를 바탕으로 임의용적(폐수처리량, Q)에 따른 항목별 비용을 평가할 수 있도록 지수식을 작성하였다.

현장조사 결과를 정리한 Table 1를 이용하여 가죽, 피혁제조시설의 폐수 처리용량별 기술A에 따른 초기투자비용을 산정한 결과는 Table 2에 정리하였다.

3.2.2. 기술E의 초기투자비용 산정

기술E를 적용하고 있는 사업장들에 대한 설문조사와 현장조사결과를 바탕으로 기술E에 대한 용량별 기술E에 따른 초기투자비 산정결과를 Table 3에 정리하였다. 또한 이를 바탕으로 기술E에 따른 임의용적의 폐수 처리량 Q에 적용할 수 있는 지수식을 작성하였다.

Table 3에서 제시한 지수식을 이용하여 임의의 가죽, 피혁 폐수처리시설 폐수처리량별 기술E에 따른 초기투자비용을 산정한 결과는 Table 4와 같다.

3.2.3. 시설 개선 시 필요한 투자비용의 산정

현재 기술A를 적용하고 있는 업체는 질소제거를 위한 공정이 없기 때문에 배출수내 질소규제를 강화하는 새로운 환경규제 추세에 대응하기 위하여 폐수처리시설을 개선이 필요하다. 이와 같이 기술E로 폐수처리시설을 개선하는 경우 소요되는 용량별 시설투자비용을 Table 5와 같이 산정하였다. 또한 이를 바탕으로 임의용적 폐수 처리량 Q에 따라 항목별 비용을 평가할 수 있도록 지수식을 작성하였다.

3.2.4. 운영비 산정

① 기술A의 운영비 산정

Table 1. Estimation of construction cost for the applied process "A" (unit: 1,000 won/year)

Option	Discharge amount (m^3/day)	Engineering works	Construction works	Machinery	Piping works	Electrical works	Others	Total
A	500	302,534	25,093	283,771	61,435	124,858	70,943	868,634
B	650	393,294	32,621	368,902	79,865	162,316	92,226	1,129,224
C	1,000	534,663	35,410	516,939	98,695	227,451	129,235	1,542,393
D	3,700	1,717,753	76,350	1,725,446	275,727	759,188	431,361	4,985,825

- Engineering works : $C_{A1} = 1{,}440 \times Q^{0.88}$
- Construction works : $C_{A2} = 945 \times Q^{0.53}$
- Machinery : $C_{A3} = 1{,}079 \times Q^{0.85}$
- Piping works : $C_{A4} = 835 \times Q^{0.64}$
- Electrical works : $C_{A5} = C_{A3} \times 0.44$
- Others : $C_{A6} = C_{A3} \times 0.25$
- Total : $C_{An} = C_{A1} + C_{A2} + C_{A3} + C_{A4} + C_{A5} + C_{A6}$

Table 2. Estimation of construction cost for the process "A" (unit: 1,000 won/year)

Discharge amount (m^3/day)	Engineering works	Construction works	Machinery	Piping works	Electrical works	Others	Total
100	75,572	10,850	54,078	15,911	13,520	23,794	193,725
500	301,632	25,462	212,396	44,568	53,099	93,454	730,610
1,000	547,473	36,765	382,844	69,452	95,711	168,451	1,300,696
3,000	1,408,273	65,812	974,035	140,296	243,509	428,575	3,260,499

Table 3. Estimation of construction cost for the applied process "E" (unit: 1,000 won/year)

Optoin	Discharge amount (m^3/day)	Engineering works	Construction works	Machinery	Piping works	Electrical works	Others	Total
E	500	362,744	33,087	320,394	66,123	153,203	80,098	1,015,649
F	1,200	719,993	47,220	636,510	110,210	350,516	159,127	2,023,577

- Engineering works : $C_{B1} = 1{,}625 \times Q^{0.87}$
- Construction works : $C_{B2} = 1{,}041 \times Q^{0.55}$
- Machinery : $C_{B3} = 1{,}838 \times Q^{0.83}$
- Piping works : $C_{B4} = 1{,}760 \times Q^{0.58}$
- Electrical works: $C_{B5} = C_{B3} \times 0.44$
- Others : $C_{B6} = C_{B3} \times 0.25$
- Total : $C_{Bn} = C_{B1} + C_{B2} + C_{B3} + C_{B4} + C_{B5} + C_{B6}$

Table 4. Estimation of construction cost of the process "E" (unit: 1,000 won/year)

Discharge amount (m^3/day)	Engineering works	Construction works	Machinery	Piping works	Electrical works	Others	Total
100	89,282	13,100	83,995	25,433	20,999	36,958	269,767
500	362,134	31,746	319,448	64,683	79,862	140,557	998,431
1,000	661,859	46,479	567,879	96,692	141,970	249,867	1,764,745
3,000	1,721,316	85,050	1,413,404	182,860	353,351	621,898	4,377,880

Table 5. Additional construction cost to improve the process as process "E" (unit: 1,000 won/year)

Discharge amount (m^3/day)	Engineering works	Construction works	Machinery	Piping works	Electrical works	Others	Total
100	13,710	2,250	29,917	9,522	13,164	7,479	76,042
500	60,502	6,285	107,053	20,115	47,103	26,763	267,821
1000	114,386	9,714	185,035	27,239	81,415	46,259	464,049
3000	313,043	19,238	439,369	42,565	193,322	109,842	1,117,380

- Engineering works : $C_{R1} = 199 \times Q^{0.92}$
- Construction works : $C_{R2} = 123 \times Q^{0.63}$
- Machinery : $C_{R3} = 788 \times Q^{0.79}$
- Piping works : $C_{R4} = 1{,}266 \times Q^{0.44}$
- Electrical use : $C_{R5} = C_{R3} \times 0.44$
- Others : $C_{R6} = C_{R3} \times 0.25$
- Total : $C_{Rn} = C_{R1} + C_{R2} + C_{R3} + C_{R4} + C_{R5} + C_{R6}$

기술A를 적용한 업체의 설문조사 및 현장방문 조사자료를 통해 산정한 처리용량별 폐수처리시설의 운영비 결과는 Table 6과 같다. 또한 이를 바탕으로 임의용적(폐수 처리량, Q)에 따른 항목별 비용을 평가할 수 있도록 지수식을 작성하였다. 이때 폐수처리장 운영을 위한 인건비는 업체규모에 따라 인원이 다르고 따로 정해진 기준이 없어 운영비 산정 평가항목에서 제외하였고, 년간 시설가동일은 300일로 하였다. 또한 보수비(C_{A4})는 시설의 고장과 같은 유지보수에 소요되는 비용으로 시설의 규모에 따라 발생하므로 앞서 산출된 초기 시설투자비(C_{An})의 3%를 적용하였다.

Table 6의 산정된 지수식을 이용하여 가죽, 피혁 폐수처리시설로부터 발생하는 폐수량별 기술A에 따른 운영비는 Table 7과 같다.

② 기술E의 운영비 산정

설문 및 현장조사를 통해 확인된 기술E를 활용한 처리기술의 운영비 산정결과는 Table 8과 같다. 이를 바탕으로 임의용적(폐수 처리량, Q)에 따른 항목별 비용을 평가할 수 있도록 지수식을 작성하였다. 이때 기술A와 마찬가지로 인건비는 제외하였으며, 유지비(C_{B4})는 앞서 산정된 초기 시설투자비(C_{Bn})의 3%, 년간 시설가동일은 300일로 하였다.

위 지수식을 이용하여 임의의 폐수처리 용량별로 산정한 가죽, 피혁폐수처리시설의 폐수처리량별 기술E에 따른 운영비는 Table 9와 같다.

Table 6. Operating cost for process "A" (unit: 1,000 won/year)

Option	Discharge amount (m^3/day)	Chemicals use	Electrical use	Sludge treatment	Maintenance	Total
A	500	95,500	40,000	56,000	25,000	216,500
B	650	172,130	140,000	179,300	30,000	521,430
C	1,000	157,310	120,000	105,000	15,000	397,310
D	3,700	471,624	300,091	713,903	220,000	1,705,618

- Chemicals use : $C_{A1} = 1{,}133 \times Q^{0.74}$
- Electrical use: $C_{A2} = 431 \times Q^{0.81}$
- Sludge treatment : $C_{A3} = 0.01Q \times 14{,}000{,}000$
- Maintenance : $C_{A4} = C_{An} \times 0.03$
- Total : $C_{A0} = C_{A1} + C_{A2} + C_{A3} + C_{A4}$

Table 7. Estimation of operating cost for process "A" (unit: 1,000 won/year)

Discharge amount (m^3/day)	Chemicals use	Electrical use	Sludge treatment	Maintenance	Total
100	34,216	17,967	14,000	5,812	71,995
500	112,582	66,167	70,000	21,918	270,667
1,000	188,031	116,005	140,000	39,021	483,057
3,000	423,935	282,453	420,000	97,815	1,224,203

Table 8. Operating cost of process "E" (unit: 1,000 won/year)

Option	Discharge amount (m^3/day)	Chemicals use	Electrical use	Sludge treatment	Maintenance	Total
E	500	197,192	77,760	105,000	37,200	417,152
F	1,200	399,090	93,600	176,400	35,000	704,090

- Chemicals : $C_{B1} = 1{,}514 \times Q^{0.84}$
- Electrical : $C_{B2} = 857 \times Q^{0.78}$
- Sludge treatment : $C_{B3} = 0.015Q \times 14{,}000{,}000$
- Maintenance : $C_{B4} = C_{Bn} \times 0.03$
- Total : $C_{Bo} = C_{B1} + C_{B2} + C_{B3} + C_{B4}$

Table 9. Operating cost for process "E" (unit: 1,000 won/year)

Discharge amount (m^3/day)	Chemicals use	Electrical use	Sludge treatment	Maintenance	Total
100	72,465	31,116	21,000	8,093	132,673
500	280,066	109,189	105,000	29,953	524,208
1,000	501,333	187,491	210,000	52,942	951,766
3,000	1,261,559	441,708	630,000	131,336	2,464,604

3.3. 경제성 평가

사업장에서 현재 적용하고 있거나 향후 적용하고자 하는 폐수처리기술의 경제적수용가능성을 확인하기 위해 J피혁의 일반폐수처리시설을 질소처리공정을 포함한 고도폐수처리시설로 보완하고자할 때 추가로 소요되는 비용을 계산하였다.

3.3.1. 비용 산정

① 투자비용 산정

J피혁은 현재 질소제거공정이 없으므로 질소규제를 포함한 새로운 환경규제에 대응하기 위해 필요한 시설개선을 할 때를 가정하여 시설개선 투자비용을 산정하였다.

② 운영비용 산정

질소제거를 위한 고도처리시설을 추가로 설치하는 경우 시설비 외에 매일 인건비, 약품비, 에너지비, 슬러지 처리비, 보수비 등이 변화하는데 일일 폐수처리용량 3,700톤을 기준으로 추가로 소요되는 약품비는 1,032,956천원/년 / (3,700톤 × 365일) = 765원/톤이고 추가로 소요되는 유지보수비는 39,852천원/년/(3700톤 × 365일) = 29.5원/톤이다. 시설 보완에 따라 추가로 소요되는 인건비는 없다고 가정하였다.

3.3.2. J피혁에 대한 경제성 평가

J 피혁의 사업장 및 폐수처리장 운영에 관한 일반적인 현황은 다음과 같다.

- 일 최대 생산능력 : 400,000 Square Feet
- 연평균 가동일수 : 262일/년
- 일평균 실제 생산 : 307,252 Square Feet
- 연간 실제 생산 : 80,500,000 Square Feet
- 일 최대 폐수처리용량 : 4,000 m^3
- 폐수처리기술의 수명 : 15년
- 잔존가치(Salvage value) : 시설투자비의 5%로 가정

이와 같이 일반적인 폐수처리시설을 운영하고 있는 J피혁이 질소제거를 포함한 고도처리시설로 폐수처리시설을 보완 또는 변경하는 경우 경제적 효과를 분석한 결과는 다음과 같다.

① 비용분석

폐수배출시설과 폐수처리시설의 특성을 연계하여 자본비용, 고정가동비용 및 가변가동비용을 계산한다. 시설보완에 따른 투자비용과 운영비용을 모델에 입력하여 처리기술비용을 산정하였다. 비용분석 모델은 자본비용과 가동비용의 현재가치를 산정하여 이를 연간균등비용 산정모델 제공하며, 투자비용(Capital Cost)에서 시설투자비 1,328,399천원, 내구연한 15년, 폐수처리기술의 수명이 끝난 후 시설의 잔존가치(salvage value)는 투자비용의 5%로 설정하였다. 운영비용은 고정비용인 보수비 39,852,000원이고, 가변비용인 약품비 765원/톤으로 조사되었다. 나머지 인건비, 에너지비, 슬러지 처리비는 모두 "0"로 가정하였다. 고정가동비용은 생산과 무관하게 발생하므로 기술의 특성에 따라 결정되는 39,852,000원으로 조사되었다. J 피혁의 연간 가변가동비용은 741,590,779원이며 이를 현재가치로 환산하면 7,697,453,521원으로 평가되었다.

② 연간균등비용 산정

현장조사 및 평가 결과, 잔존가치와 감가상각 내용연수를

Table 10. Additional construction cost to improve the wastewater treatment facility (unit: 1,000 won/year)

Parameter	Engineering works	Construction works	Machinery	Piping works	Electrical works	Total
Cost	381,581.5	21,770.7	519,284.8	47,446	228,485	1,328,399

Table 11. Operating cost to improve the wastewater treatment facility (unit: 1,000 won/year)

Parameter	Chemicals use	Maintenance	Personnel expenses
Cost	1,032,956	39,852	0

Table 12. Income statement for leather tanning and finishing facility of J

Parameter	Cost (won/year)	Parameter	Cost (won/year)
The sales	198,694,340,648	operation profit	1,155,044,691
Selling cost	187,969,046,868	non-operation profit	9,960,724,895
Total selling profits	10,725,293,780	non-operation expenses	5,585,429,217
Sales and management expenses	9,570,249,089	recurring profit	5,530,340,369

이용하여 계산된 J피혁의 연간가치는 123,962,694원이다. 고정가동비용은 39,851,972원이며 가변가동비용은 741,590,264원이다. 이 모든 비용을 모두 반영한 폐수처리기술의 연간가치는 905,404,930원으로 평가되었다.

③ 처리기술도입에 따른 손익분석

생산과 폐수처리량을 반영한 오염조절비용의 연간가치는 J피혁의 손익계산서를 이용하여 처리기술도입에 따른 손익을 분석하였다. Table 12는 J피혁이 당국에 공식적으로 제출한 기업의 손익계산서이며, 이를 활용하여 폐수처리기술의 도입으로 인해 발생하는 실질적 비용 평가를 하였다.

J피혁이 제출한 Table 12의 손익계산서를 바탕으로 평가된 오염조절비용의 연간가치는 905,404,930원, 감가삼각비는 87,893,267원이었고. 여기에 법인세율 25%를 적용하여 법인세를 산정하였다. 최종적으로 평가된 폐수처리기술 도입 이전 J피혁의 세후당기순이익은 4,147,755,277원이며, 처리기술도입에 따른 경제성 분석을 통해 산정된 폐수처리기술 도입 이후의 세후당기순이익(Post Regulatory Earning)은 3,556,594,846원이다.

4. 결 과

기존 연구결과를 통해 제안된 우리나라 사업장에 적용가능한 BAT 평가체계를 바탕으로 폐수처리기술의 경제성 평가모델을 마련하고 가죽, 모피가공 및 제조시설의 폐수처리기술에 대한 경제성 평가 결과는 다음과 같다.

1) 폐수처리기술에 따른 에너지 사용, 폐기물 발생량, 대기오염물질 발생량 등 비수질 환경인자를 평가한 결과, 대기오염물질의 발생량은 일반폐수처리기술A와 질소제거공정을 포함한 고도처리기술E간의 차이는 거의 없으며, 에너지사용 비용 및 슬러지 발생량이 기술A가 기술E에 비해 각각 1.25%, 1.4% 낮은 것으로 조사되었다.
2) 비용분석(Cost analysis model), 연간균등비용산정(Cost annualization model), 처리기술도입에 따른 손익분석(Site closure model)으로 구성된 경제성 평가모델을 적용하여 J피혁의 시설비, 운영비, 손익계산서 등을 통해 현재 운영중인 일반폐수처리시설을 K피혁의 질소제거공정을 포함한 고도폐수처리시설로 변경하는 경우, 폐수처리비용의 증가에 따라 년간 약 10%내외의 비용증가가 발생하는 것으로 평가되었다.

참고문헌

김영노, 임병진, 권오상, 처리기술수준에 근거한 배출허용기준 설정을 위한 BAT도입 연구, *한국육수학회지*, **38**(3), pp. 281-288 (2005).

환경부, *2001폐수배출시설조사* (2002).

IPPC, Reference Document on Best Available Techniques for the Tanning of Hides and Skins, E.C. Joint Research Centre (2001a,b,c).

U.S. EPA, Economic Analysis of Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Centralized Waste Treatment Industry, USA (2003).

U.S. EPA, Economic and Environmental Impact Analysis of the Proposed Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Concentrated Aquatic Animal Production Industry, USA (2004).