

# 제주도 하수처리장 방류수를 이용한 소수력 발전에 대한 연구

김 귀 식\* · 문 일 성\*\*

## Micro Hydropower Generation by Discharge Water of Sewage Treatment Plant in Jeju

Gui-Shik Kim\* · Il-Seong Mun\*\*

### ABSTRACT

This study is to investigate the micro hydropower by discharge water of Jeju sewage treatment plant located in Jeju city and Dongbu sewage treatment plant located in Seogwipo city, Jeju. The flow rate is applied at 1.11m<sup>3</sup>/sec in Jeju and 0.157m<sup>3</sup>/sec in Dongbu, which are the average 95 day flow rates for the recent 3 years. The net head is 5.21m in Jeju and 12.41m in Dongbu which are hight between discharge flow chamber and the location of hydraulic turbine installation. Therefore, the quantity of electric power generation is estimated to be 42.97kW in Jeju and 14.6kW in Dongbu. The monthly quantity of electric generation is 28.23MW in Jeju and 9.46MW in Dongbu. Also the yearly quantity of electric generation is 338.7MW in Jeju and 113.53MW in Dongbu. The type of hydraulic turbine recommends a crossflow or a tubular in Jeju and an inline-type hydraulic turbine in Dongbu.

**Key Words :** Micro HydroPower, Discharge Water, Sewage Treatment Plant

### 1. 서 론

에너지자원이 적은 우리나라에서는 다각적으로 에너지 다변화를 추구하여 석유, 석탄, 천연가스 등의 화석 에너지와 원자력 에너지가 주요 에너지원으로 사용하고 있지만, 우리나라는 전 세계에서 에너지 수

입량이 10위이고, 에너지 해외 의존도가 97%나 되며, 이산화탄소 배출량이 세계 9위로서 2013년부터 감축대상이 될 예정이다. 이에 대한 대비책으로 국가 차원에서 환경에의 부하가 적은 태양에너지, 풍력에너지, 수소연료전지, 소수력에너지 등의 청정에너지의 개발과 도입촉진을 적극적으로 추진하고 있다.

소수력은 시설용량이 작아 발전설비를 설치할 때의 지형을 변화시키지 않으며 사용수량이 적어 하천수질이나 수생생물 등의 주변 생태계에 미치는 영향이 작은 자연스러운 환경조화형 에너지이며 발전 중에 이산화탄소를 발생하지 않는 청정에너지이다. 소수력발전은 엄밀하게 정의하기는 어려우나 통상 학술적인

\* 제주대학교 기계에너지시스템공학부, 첨단기술연구소  
Dep't of Mechanical Eng., Cheju Nat'l Univ., Res. Inst. Adv. Tech.

\*\* (주)대저토건  
Daejeo Engineering

분류를 보면 설비용량과 낙차방식에 따라 분류하는데, 설비용량을 기준으로 100kW 미만의 소수력 발전은 micro hydropower, 100~1,000kW 규모의 소수력 발전은 mini hydropower, 1,000~10,000kW 규모의 소수력발전은 small hydropower 등으로 구분한다[1].

본 연구에서는 제주도의 하수처리장에서 버려지는 방류수로서 소수력 발전을 하여 하수처리장에 필요한 에너지를 대체함으로써 하수처리장 자체 에너지 자급 기반을 구축하여 환경친화적인 하수처리장 운영과 에너지 수급안정에 기여하는 가능성을 검토 하였다.

## II. 발전량 해석

### 2.1 유입하수량

일반적으로 하수처리시설에서의 소수력발전은 기상 및 강우특성에 따라 시간적, 공간적으로 유입량 변동을 크게 받는 일반 대수력 발전과는 달리 상기한 요인에 의한 직접적인 영향은 거의 없으나 단지 온도가 상승하는 하절기에는 물 사용량의 증대에 따라 하수 발생량이 대체로 증가하게 되며 반대로 동절기에는 대체로 감소하게 되고, 태풍이나 폭풍 시에는 처리용량을 초과하는 유량은 비상방류(bypass)를 하므로 소수력 발전에는 별다른 영향이 없으나 해수면의 상승으로 인한 유효낙차가 다소 감소된다.

각 처리장의 현재 처리용량은 제주시의 경우 130,000m<sup>3</sup>/day, 서귀포시 동부하수처리 20,000m<sup>3</sup>/day 이다[3,4,7].

### 2.2 하수 처리공정

제주 및 동부하수처리장의 하수처리공정은 차집관거(遮集管渠)를 통하여 자연유하로 중계펌프장에 하수가 유입되고 모아진 하수는 중계펌프에 의해 압송(壓送)되어 하수처리장으로 유입된다. 유입된 하수는 침사지내 조목 및 세목스크린을 거쳐 자연유하로 유입분배조로 이송된다. 유입분배조에서는 하수를 지별로 분배시키고 각 수처리 공정으로 분배된 하수는 물

리적 및 생물학적 처리과정을 통해 적정 처리된 후 방류해역으로 방류된다[3,4].

### 2.3 발전기실 위치선정

먼저 제주 하수처리시설내 소수력발전을 적용하기에 가장 적합한 곳은 Fig. 1과 같이 염소접촉조 이후 방류관거 맨홀사이의 방류부이며, 동부하수처리장은 Fig. 2에 나타난 바와 같이 방류유량계실과 해수면사이의 하수처리장 서측부지로 이곳에 소수력발전시설을 설치함으로써 기존 처리공정과 상충되는 문제를 최소화 할 수 있고, 현 시설물 운영담당부서에서 소수의 인력보강으로 소수력 발전시설을 병행 관리할 수 있다. 또한, 필요시에는 소수력발전 전력을 처리 시설내에 바로 공급할 수 있다는 장점이 있다.

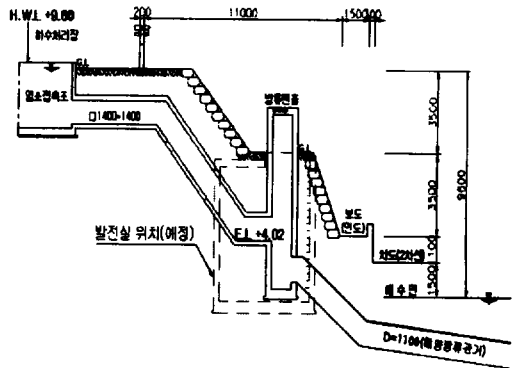


Fig. 1 Lay out of generation room in Jeju

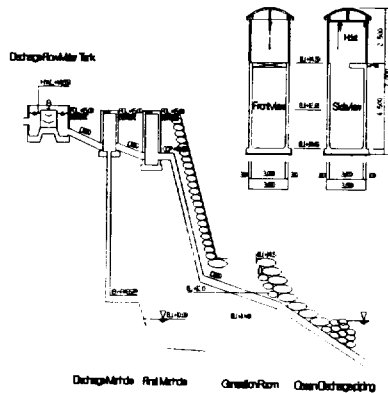


Fig. 2 Lay out of generation room in Dongbu

발전관로 시작부를 방류유량계설로 하고 별도의 관저매설공사 없이 기존의 방류관거를 따라 Fig. 1과 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 적정지점에 발전기실을 설치하도록 하며 발전기실은 발전기실인 수차와 발전기가 지진, 해일, 태풍 등에 의하여 침수되거나 월파 등에 의한 침수 등 외부의 불리한 환경으로부터 보호되어야 하고 토지 사용계획 등에 의거 그 사용 계획에 부합 되어야한다. 따라서 제주하수처리장은 평균 해수면보다 약 4.02m높은 지상 E.L.(+)4.02에 동부하수처리장은 약 2m 높은 지상 E.L.(+)2.0에 설치하며 이는 조수간만의 차에 의한 수위변동을 고려하고 또한 발전설비가 들어설 구조물내의 배수를 위해서 이기도 한다. 발전소는 다른 기존시설물의 활용 및 기능에 영향이 없도록 하여야 한다.

### 2.4 발전량 검토

소수력발전은 그 형식에 따라 약간의 차이는 있으나 기본적인 원리는 높은 곳에 있는 물이 아래로 흘러 떨어지는 힘, 즉 물의 고저차(낙차)에 의한 위치 에너지를 이용하여 수차에 회전력을 발생시키고 수차와 직결되어 있는 발전기에 의해서 전기에너지를 생산하는 발전방식이다. 즉 수차를 회전시키는 수량이 많을수록, 낙차가 클수록 발전 전력 생산량이 많아지며, 물이 위치에너지에서 전기에너지로 변환되는 발전능력의 산출식은 다음과 같다[2,5].

$$P = G \times Q \times H \times \eta_t \times \eta_g \quad (1)$$

$P$  : 발전용량 (kW)

$G$  : 중력가속도(9.8m/s<sup>2</sup>)

$Q$  : 사용수량 (m<sup>3</sup>/s)

$H$  : 유효낙차 (m)

$\eta_t$  : 수차효율 (%)

$\eta_g$  : 발전기 효율(%)

### 2.5 사용수량

일반적으로 수로식 발전소의 최대 사용수량은 보통 하천 갈수(渴水)량의 2~3배로 유허곡선에서 평수

(平水)량(약50% 지속유량)을 적용하고 Dam식 발전소에서는 풍수(豊水)량(약 26% 지속유량)을 적용하는데 하수처리시설의 경우는 연간 유량변동이 적으므로 풍수량 이상을 계획 사용수량으로 적용하는 것이 적절할 것으로 생각된다[3]. 따라서 소수력발전의 계획사용수량을 결정하기 위하여 제주하수처리장은 2001년에서 2003년, 동부하수처리장 2002년에서 2004년까지 3년간의 일간 유입하수량을 Table 1에서 Table 6에 분석하여 나타내었다[3,4]. 유량 데이터를 바탕으로 하수처리장의 유입하수량을 통계분석한 후 유허곡선을 작성하여 각각 Fig. 3과 Fig. 4에 나타내었으며, 이 유허곡선에서 도출된 최대유량 Q1, 풍수량 Q95, 평수량 Q185, 저수량 Q275 및 갈수량 Q355 등의 유허 값들을 Table 7과 Table 8에 나타내었다. 앞서 언급한 바와 같이 하수처리시설의 계획 사용수량은 풍수량을 적용하게 되는데 Table 9과 Table 10에서 알 수 있듯이 연도별 풍수량의 평균치는 제주처리장 1.11m<sup>3</sup>/sec, 동부하수처리장 0.157 m<sup>3</sup>/sec로 나타났다. 따라서 소수력발전을 위한 사용수량을 제주와 동부 각각 1.11m<sup>3</sup>/sec와 0.157m<sup>3</sup>/sec로 결정하였다.

Table 1. Flowrate Jeju sewage treatment plant in 2001

class(01)	m3/sec											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Max	1.26	1.23	1.11	1.22	1.48	1.37	1.28	1.65	1.35	1.26	1.17	1.40
Min	0.77	0.80	0.77	0.84	0.83	0.85	0.92	0.89	0.73	0.78	0.78	0.84
Ave.	0.91	0.82	0.88	0.86	0.94	0.95	1.02	1.08	0.92	0.93	0.86	0.97

Table 2. Flowrate Jeju sewage treatment plant in 2002

class(02)	m3/sec											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Max	1.28	1.19	1.31	1.36	1.43	1.42	1.61	1.55	1.58	1.53	1.20	1.59
Min	0.85	0.72	0.86	0.96	1.00	0.98	0.96	1.20	0.96	1.00	1.01	0.98
Ave.	0.94	0.92	0.99	1.05	1.09	1.07	1.25	1.32	1.28	1.19	1.08	1.14

Table 3. Flowrate Jeju sewage treatment plant in 2003

m3/sec												
class(02)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Max	1.51	1.37	1.60	1.34	1.61	1.75	1.54	1.35	1.50	1.33	1.56	1.0
Min	0.99	0.92	0.98	0.95	0.98	1.04	1.02	0.95	0.92	0.59	0.86	0.8
Ave.	1.10	1.11	1.17	1.10	1.17	1.23	1.20	1.06	1.06	0.93	1.02	0.9

Table 4. Flowrate Dongbu sewage treatment plant in 2002

m3/sec												
class(02)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Max	0.201	0.165	0.181	0.208	0.185	0.168	0.186	0.226	0.190	0.198	0.171	0.206
Min	0.104	0.091	0.106	0.107	0.111	0.106	0.109	0.075	0.101	0.100	0.109	0.107
Ave.	0.119	0.116	0.123	0.132	0.126	0.122	0.139	0.175	0.128	0.135	0.138	0.122

Table 5. Flowrate Dongbu sewage treatment plant in 2003

m3/sec												
class(03)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Aug	Nov	Dec
Max	0.221	0.188	0.249	0.239	0.208	0.217	0.251	0.249	0.204	0.201	0.164	0.131
Min	0.111	0.108	0.108	0.110	0.114	0.132	0.183	0.140	0.149	0.136	0.111	0.105
Ave.	0.125	0.124	0.131	0.136	0.138	0.159	0.214	0.200	0.180	0.157	0.164	0.113

Table 6. Flowrate Dongbu sewage treatment plant in 2004

m3/sec												
Class(04)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Aug	Nov	Dec
Max	0.130	0.168	0.185	0.214	0.254	0.227	0.218	0.238	0.226	0.181	0.170	0.185
Min	0.110	0.109	0.107	0.108	0.124	0.114	0.127	0.131	0.154	0.124	0.106	0.106
Ave.	0.117	0.119	0.119	0.126	0.167	0.138	0.143	0.160	0.173	0.148	0.120	0.121

Table 7. Flowrate Jeju sewage treatment plant by time

m3/sec					
Class	Ave.	Mar	Jun	Aug	Dec
Ave.	1.09	0.99	1.03	1.22	1.11
Max	1.86	1.31	1.31	1.49	1.86
Min	0.28	0.28	0.62	0.95	0.68

Table 8. Flowrate Dongbu sewage treatment plant by time

m3/sec					
Class	Ave.	Feb	May	Aug	Nov
Ave.	0.160	0.125	0.224	0.149	0.144
Max	0.234	0.194	0.415	0.245	0.334
Min	0.056	0.033	0.095	0.054	0.032

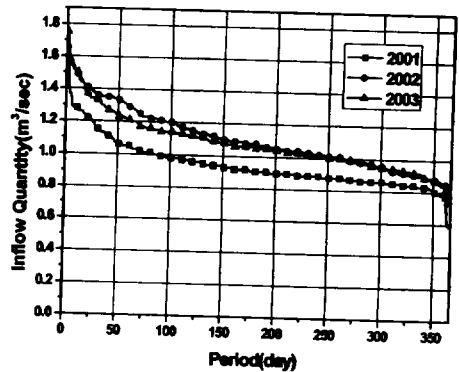


Fig. 3 Duration curve in Jeju

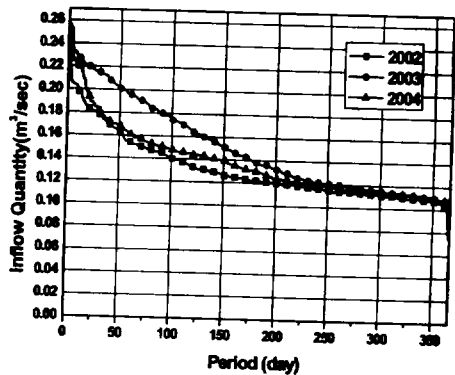


Fig. 4 Duration curve in Dongbu

Table 9. Flowrate Jeju sewage treatment plant Analysis of year

m3/sec						
Year	Capacity	Q <sub>1</sub>	Q <sub>95</sub>	Q <sub>185</sub>	Q <sub>275</sub>	Q <sub>355</sub>
2002	1.51	1.65	0.99	0.91	0.87	0.79
2003	1.51	1.61	1.20	1.07	0.99	0.87
2004	1.51	1.75	1.14	1.05	0.98	0.84
Ave.	1.51	1.67	1.11	1.01	0.95	0.83

Table 10. Dongbu sewage treatment plant  
Flowrate Analysis of year

Year	Capacity	Q <sub>1</sub>	Q <sub>95</sub>	Q <sub>185</sub>	Q <sub>275</sub>	Q <sub>355</sub>
2002	0.231	0.226	0.143	0.122	0.113	0.106
2003	0.231	0.250	0.178	0.137	0.118	0.109
2004	0.231	0.254	0.150	0.129	0.116	0.108
Ave.	0.231	0.243	0.157	0.129	0.116	0.108

※ Q<sub>1</sub> : Maximum water flow  
 Q<sub>95</sub> : 95day water flow  
 Q<sub>185</sub> : 185day (ordinary) water flow  
 Q<sub>275</sub> : 275day (low) water flow  
 Q<sub>355</sub> : 355day (drought) water flow

## 2.6 유효낙차

유효낙차는 소수력 발전시스템의 출력을 산정 하는데 있어서 매우 중요한 인자로서 물이 수차발전기에 도달하기까지의 수직거리를 말하며 수차발전기에 유용한 에너지를 주는 낙차를 설계유효낙차라 한다. 통상 하수처리시설에서 소수력 발전량은 하수처리시설 방류관실이나 방류 펌프(pump)실의 물리적 특성인 낙차와 유량이 결정됨으로써 계산된다. 유효낙차는 총 낙차에서 손실수두를 제외한 설계유효수두로써 일반적으로 각 하수처리시설에서 시설기준에 따라 유입 손실, 마찰손실, 만곡 또는 벨브손실 등을 고려하여 수리계산을 통해 계획된 손실수두를 조사하여 반영하고 있다.

제주하수처리시설의 경우는 Fig. 1의 수리단면도에서 제시한 바와 같이 평균해수면과 염소접촉조 방류단 맨홀사이의 총낙차는 5.58m이며, 동부하수처리장의 총낙차는 Fig. 2와 같이 방류유량계실과 발전기실 사이의 낙차로서 12.65m이다. 이 중 유효낙차는 총낙차에서 손실수두를 제외한 낙차값을 말하며 아래의 식(2)와 식(3)과 같이 마찰손실수두를 산정하고 이에따른 유효낙차의 산출결과를 Table 11 에 나타냈다. 이때 마찰손실 수두식은 Darcy Weisbach식을 사용하였다6).

$$\Delta h_L (m) = f \times (L/D) \times (V^2/2G) \quad (2)$$

$$f = 0.03 + \{(1/(1,000 \times D))\} \quad (3)$$

f = 마찰손실 계수

L= 관 길이  
 D= 관직경  
 V= 관내 평균유속(m/s)  
 Q= 유량(m<sup>3</sup>/s)  
 A= 관의 단면적(m<sup>2</sup>)  
 G= 중력 가속도(9.8m/s<sup>2</sup>)

Table 11. Analysis of effective head

Classification	Jeju	Dongbu
Q [m <sup>3</sup> /s]	1.1	0.157
f	0.03	0.03
L [m]	200	1,246
D [m]	1.1	0.8
V [m/s]	1.158	0.314
A [m <sup>2</sup> ]	0.95	0.5
Δh <sub>L</sub> [m]	0.37	0.24
Gross Head [m]	5.58	12.65
Net head [m]	5.21	12.41

Table 12. Scale of Power Generation

Classification	Unit	Jeju	Dongbu
Flowrate of Use	m <sup>3</sup> /sec	1.1	0.157
Effective head	m	5.21	12.41
Overall efficiency	%	76.5%	76.5%
Output	kW	42.97	14.6
Used Equipment	%	90	90
Monthly Generation	MW	28.23	9.60
Yearly Generation	MW	338.7	115.16

## 2.6 발전규모

하수처리시설에서의 소수력발전 시설용량 즉, 발전 규모는 앞서 언급한 바와 같이 사용수량, 낙차 그리고 수차와 발전기의 효율 등을 적용하고 여기에다 발전시설의 가동률을 적용하여야 한다. 발전시설의 가동률은 일반 하천 및 소계곡의 경우 유량이 불규칙하기 때문에 약 40~50% 정도이나 하수처리시설의 경우에는 유입유량이 다소의 일간변동은 있으나 일반하천이나 소계곡에 비해서 1일 유입량이 거의 일정하기 때문에 가동률을 통상 90%이상으로 적용한다 [5].

이상 언급된 발전규모 산정의 기본전제 아래에서 앞서 도출된 사용수량, 유효낙차, 수차와 발전기의 합성효율 및 설비이용률을 적용하여 정격출력과 월간 및 연간 발전량을 산정하여 Table 12에 나타낸다.

먼저 제주하수처리장의 소수력발전 정격출력은 설계하수량의 시간 최대유량일 때는 74.91kW, 유황분석에서의 풍수량을 적용할 시는 47.46kW이다. 따라서 수차선정은 풍수량 기준의 정격출력으로 약 60~80kW정도면 충분할 것으로 판단된다. 풍수량 기준의 월간발전량은 28.23MWh로 산정되며 연간발전량은 338.7MWh로 나타난다. 또한 동부하수처리장의 소수력발전 정격출력은 설계하수량의 시간 최대유량일 때는 34.06kW, 유황분석에서의 풍수량을 적용할 시는 14.6kW이다. 따라서 수차선정은 풍수량 기준의 정격출력으로 약 20~50kW정도면 충분할 것으로 판단된다. 풍수량 기준의 월간발전량은 9.60MWh로 산정되며 연간발전량은 115.16MWh로 나타난다.

### III. 발전설비 검토

#### 3.1 수차의 형식

수차의 선정은 Fig. 5에 나타난 수차형식 선정도를 이용하도록 한다. 수차형식 선정도는 사용유량과 적용하려는 유효낙차에 적합한 수차들을 그래프 내에서 쉽게 찾을 수 있도록 하였다[5].

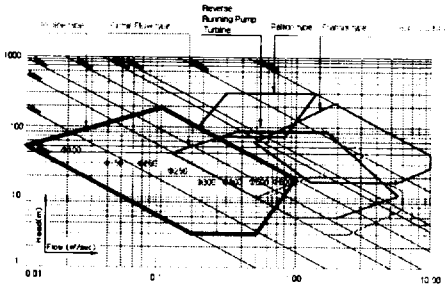


Fig. 5 Example of Choosing Hydraulic Turbine

제주하수처리시설 소수력발전의 경우 사용유량이 1.1m³/sec이고, 유효낙차가 5.21m이므로 충동식의

크로스플로우(Cross Flow)수차나 반동식의 튜브형(Tubular) 수차에 가깝게 해당된다. 그리고 국내에서 저낙차용의 카플란수차가 개발되어 있으므로 3종류의 수차를 우선 선정 대상으로 하였는데 장래 예상되는 대량생산 가능성, 운전조건 변화, 효율곡선, 건설비 등의 사항을 고려해볼 때 카플란수차와 튜브형 수차가 유리할 것으로 판단된다.

또한 동부하수처리장 소수력발전의 경우 사용유량이 0.157m³/sec이고, 유효낙차가 12.41m이므로 인라인형(Inline-Type)수차 또는 충동식의 크로스플로우(Cross Flow) 수차에 가깝게 해당되나 동부하수처리장의 경우에는 저 낙차 소수력이기 때문에 발전기와 수차가 일체로 되어있어 구조가 간단하고 유지관리가 용이한 인라인형(Inline-Type) 수차가 유리할 것으로 판단된다.

#### 3.2 발전기의 형식

발전기 형식은 제주와 동부하수처리장 모두 구조적인 측면과 운전의 안전성 및 경제성 측면에서 유도발전기가 유리할 것으로 판단된다. 또한 유도발전기 중에서 회전자를 동기속도 이상으로 회전시켜 발전하는 농형이 회전자의 2차에 외부에서 교류전압을 인가하여 2차 유기전압과 상쇄되는 점을 동기속도로 발전하는 권선형에 비해 구조적으로 견고하므로 농형 유도발전기로 계획하는 것이 좋을 것 같다.

#### 3.3 용량 및 대수

수차와 발전기의 용량은 계산식을 식(4)부터 식(6)에 나타내었으며, 제주하수처리장의 경우는 시간 최대하수량(1.86 m³/sec)과 최대낙차(풍수량의 유효낙차 5.21m)를 이용하여 계산하였다. 또 수차와 발전기 대수는 100kW급 카플란(Kaplan)수차 1대와 87kW급 농형 유도발전기 1대로 설치하는 것이 좋을 것으로 판단되며, 동부하수처리장의 수차와 발전기의 용량은 시간최대하수량0.415(m³/sec)과 최대낙차(풍수량의 유효낙차 12.41m)를 이용하여 수차와 발전기는 50kW급 Inline-Type 농형유도발전기 1대를 설치하는 것이 좋을 것으로 판단되며 각각의 결과를

Table 13에 나타내었다[2].

$$P_1 = G \cdot H \cdot Q \text{ (kW)} \quad (4)$$

$P_1$  = 이론수력  
 $G$  = 중력가속도 (9.8m/s)  
 $H$  = 최대유효낙차  
 $Q$  = 최대사용수량

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_t \text{ (kW)} \quad (5)$$

$P_2$  = 수차수력  
 $\eta_t$  = 수차효율(0.85)

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_g \text{ (kW)} \quad (6)$$

$P_3$  = 발전출력  
 $\eta_g$  = 발전기 효율(0.92)

Table 13. Capacity of Installation of hydropower system

	Jeju		Dongbu	
	Hydraulic Turbine	Generator	Hydraulic Turbine	Generator
Type	Kaplan Turbine or Vertical Tubeler	Induction Generator Vertical ubeller	Inline -Type	Induction Generator
Output	94.68 kW	87 kW	50 kW	50 kW
Efficiency	Over 85%	92%	Over 85%	Over 90%

#### IV. 결 론

제주도내의 제주와 동부하수처리장의 방류수를 이용한 소수력발전에 대하여 검토한 결과는 다음과 같다.

소수력발전시설을 설치하기에 적합한 곳으로 제주 하수처리장의 경우 염소접촉조 이후 방류관거 맨홀사

이 EL(+).4.02의 방류부이며, 동부하수처리장은 방류유량계설 이후와 해수면 사이 EL(+).2.0 지점인 서측 공유수면이 적합하다.

발전량 산정에 있어서 사용수량을 최근 3년간의 풍수량의 평균을 산출하였으며 그 값은 제주하수처리장 1.11m<sup>3</sup>/sec, 동부하수처리장 0.157m<sup>3</sup>/sec로 나타났다.

유효낙차와 발전용량은 제주하수처리장 5.21m, 42.87kW으로 동부하수처리장 12.41m, 14.6kW로 나타났다.

소수력발전에 적용될 수차 및 발전기의 용량과 형식은 제주하수처리장의 경우 100kW급 카플란(Kaplan)수차 1대와 87kW급 농형 유도발전기 1대, 동부하수처리장은 50kW급 Inline-Type 농형유도발전기 1대를 설치하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

소수력 발전은 완벽한 무공해 에너지의 생산시스템으로 제주도가 국제자유도시추진과 함께 청정제주의 이미지를 부각시킬 수 있고 일반적으로 혐오시설로 인식된 하수처리장에 대한 친환경적인 이미지 제고에도 크게 기여하게 될 것이므로 대체에너지사업의 일환으로 심층 있게 고려해 보아야 할 것이다.

#### 참고문헌

- [1] 박완순, 이철형, 2004, "소수력 기술개발 및 보급 추진 현황". 대한설비공학회 설비저널, 제33권, 제10호, pp.50~58.
- [2] 제주시, 2004, "제주하수처리장 대체에너지사업 타당성 조사", pp.77~126.
- [3] 제주시, 2003, "제주하수처리장 운영자료".
- [4] 서귀포시, 2004, "동부하수처리장 운영자료".
- [5] 남광현, 2002, "신천하수종말처리시설 소수력발전 적용검토" 대구경북개발원.
- [6] 환경부 "하수종말처리시설 기계설비 공사 설계 지침" 2001, p.29.
- [7] 서귀포시, 2003, "2003 환경백서".