

KEI/2000
연구보고서

대규모 하수종말처리시설의 자동화설비 확대방안 연구

2000. 12

이병국



한국환경정책·평가연구원
Korea Environment Institute

序 言

우리나라에는 1999년말 현재 운전중인 하수종말처리장은 150개이며, 2005년까지 그 수는 350개로 증가될 전망입니다. 앞으로는 질소와 인 등 영양염류의 배출기준이 강화됨에 따라 이를 처리하기 위한 새로운 수요가 창출될 것이며, 기존의 유기물질을 제거하기 위한 것보다 더욱 고도화된 하수처리 기술이 필요하게 될 것입니다. 또한 하수처리분야에서도 경쟁력 확보를 위하여 생산성을 높이고 인원을 감축하는 노력을 다각도로 모색하고 있으며, 이를 위하여 대부분의 처리공정을 자동화, 무인화해가고 있습니다.

일반적으로 자동화가 선행되고 인원감축이 뒤따르는 것으로 생각하지만, 실제로는 자동화가 이루어지기도 전에 조업인원이 먼저 감축되어 조업자의 업무부담이 증대되고 있습니다. 이러한 업무부담을 경감하고 처리기술을 고도화하기 위하여 자동화 관련 설비의 활용이 늘고 있지만 국내에는 아직 이의 실태에 대한 조사가 미비한 상태입니다. 따라서 이 연구에서는 국내 대규모하수종말처리시설을 중심으로 자동화 설비에 대한 실태를 조사하고, 외국의 기술동향과 비교하여 하수처리시설에서의 자동화설비 활용도를 제고하기 위한 방안을 제시하고자 하였습니다.

국내에 하수처리시설에 대한 역사가 길지 않고, 자동화 설비의 필요성에 대한 인식이 높지 않은 것이 현실입니다. 따라서 국내에 이에 대한 연구자료와 기초실태자료가 매우 부족한 실정입니다. 아무쪼록 이번 연구 결과가 향후 하수처리시설의 효율적인 운영을 위한 자동화 설비의 활용도를 높일 수 있는 작은 시작이 되었으면 합니다.

끝으로 본 연구를 맡아 수고해 준 이병국 박사 그리고 보고서를 읽고 유익한 논평을 해 준 정희성, 최상기, 이희선, 문현주 박사, 부산대학교 김창원 교수, 포항공대 이인범 교수, 환경부 박희정 과장, 최진락 사무관, 환경관리공단 김창욱 과장께 진심으로 감사를 표합니다. 또한 현장 방문에 협조해 주신 하수처리장 관계자 여러분과 유용한 자료를 제공해 주신 환경관리공단 수처리진단팀께도 감사드립니다.

아울러 본 연구의 내용은 본 연구원의 공식견해가 아닌 연구자 개인의 견해를 밝혀 드립니다.

2000年 12月

韓國環境政策・評價研究院
院 長 李 相 垠

목 차

I. 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구의 범위 및 방법	2
II. 국내 하수종말처리시설의 자동화설비 실태 조사	4
1. 현재 가동중인 대규모 하수종말처리시설	4
2. 조사방법과 결과	5
2.1. 방문조사	5
2.1.1. 조사양식	5
2.1.2. 방문조사 결과	7
2.2. 자료에 의한 조사	14
2.2.1. 하수처리장 진단 자료	14
2.2.2. 하수처리장 설계보고서	33
III. 외국의 하수처리시설 자동화 기술동향 조사	34
1. 외국에서의 하수처리공정 자동화 역사	34
1.1. 하수처리공정 자동제어 연구 배경 및 연구 분야	34
1.2. 하수처리공정 자동제어의 기술 동향	35
2. 외국에서의 하수처리시설 자동화 사례	37
2.1. 스칸디나비아안 국가	37
2.1.1. 스칸디나비아안 국가들의 하수처리시설 ICA 역사	37
2.1.2. 스웨덴 Uppsala의 Kungsangsverket 하수처리장 사례	39
2.2. 프랑스	46
2.3. 일본	46
2.4. 최근 국제수질협회(IWA) ICA 분과의 연구 동향	48
IV. 하수처리시설 자동화설비의 확대 방안	49
1. 국내 자동화설비의 문제점	49
1.1. ICA에 대한 인식 부족	49
1.2. 기기의 문제점	49
1.2.1. 계측기의 문제점	49
1.2.2. 제어시스템의 문제점	50
1.2.3. 구동기와 제어시스템간의 문제점	50
1.3. 설계상의 문제점	51
1.4. 제도적 문제점	51
2. 자동화설비 활용도 개선을 위한 방안	51
2.1. 단기적 방안	51
2.1.1. 이력·점검 카드 사용 의무화	52

2.1.2. 부품 확보	52
2.1.3. 교육 훈련	52
2.1.4. 대규모 처리장의 주요 운전자료에 대한 원격 감시	52
2.1.5. 사용자 집단과 전문가 집단 구성 및 지원	53
2.2. 장기적 방안	53
2.2.1. 제도적 개선 방안	53
2.2.2. 기기 국산화 및 표준화	54
2.2.3. 저렴한 PC 기반의 처리장 관리 시스템 구축	55
2.2.4. 포상제도 도입	56
 V. 결론	 57
 참고문헌	 58
 부 록	 59

표 목 차

<표 II-1> 국내 하수종말처리장 현황	4
<표 II-2> 국내 하수종말처리장의 항목별 운전비용 구성	4
<표 II-3> 국내 하수종말처리장의 규모별 운전비용과 인원	5
<표 II-4> 처리장 방문 조사 항목	6
<표 II-5> 공공환경시설 기술진단제도 시행 대상 시설	14
<표 II-6> 공공환경시설 진단내용	14
<표 II-7> 공공환경기초시설 기술진단 실시 현황(1995.12 이후)	15
<표 II-8> 계측기 점검관리 대장	17
<표 II-9> 계측기기 이력카드 (예)	17
<표 II-10> 계측기 점검관리기준	18
<표 II-11> 계장설비 점검표 예	19
<표 II-12> 계측기기 종류별 수와 고장원인	20
<표 II-13> 계측기기별 측정방식과 고장원인	21
<표 II-14> 공정별 계측기기와 고장원인	23
<표 II-15> 계측기별 고장원인	25
<표 II-16> 계측기별 모델명	29
<표 IV-1> IAWPRC 주최 ICA 관련 워크샾	36

그 림 목 차

<그림 I-1> 본 과제의 연구 흐름도	3
<그림 III-1> Uppsala Kungsangsverket 하수처리장 전경	40
<그림 III-2> 수동운전계열 화면	41
<그림 III-3> 반자동운전이 되는 개조중인 시설	41
<그림 III-4> 신설확장된 처리공정	42
<그림 III-5> 화학적 인 처리공정	42
<그림 III-6> 운전형태별 처리수 COD 변화	44
<그림 III-7> 운전형태별 처리수 BOD7 변화	44
<그림 III-8> 운전형태별 처리수 Total P 변화	45
<그림 III-9> 운전형태별 처리수 Total N 변화	45

부 록 목 차

부록	59
1. 국내 하수처리장의 계장관련 설비 예	60
2. 국내 하수처리장 자동화 설비 자료 사진	60
3. 하수처리장 진단보고서 관련 자료	61
(1) 하수처리장 진단보고서 목차	61
(2) 하수처리장 진단자료에 의한 계측기의 고장원인 종류	63
(3) 하수처리장 진단보고서중 1997년 이전 진단 자료	64
4. 스웨덴과 프랑스 자동화 설비 자료 사진	66
5. 공공환경시설 기술진단 제도 관련 법령	70
6. 자동화 설비의 Benefit/Cost 분석 방법	74
7. 환경부 하수 67712-386(2000. 7. 15)호	75

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

하수처리시설의 자동화 설비는 공장자동화 설비 분야로 볼 수 있으며 1970년대 이후 하수처리시설 개소수의 증가와 함께 지속적으로 발전해 왔으며, 처리공정의 자동제어에 필요한 계측·제어·자동화(이하 ICA: Instrumentation, Control and Automation) 기술들은 1980년 중반이후 컴퓨터 및 자동화기기의 비약적인 개발에 힘입어 활용도가 더욱 높아지고 있다. 하수처리시설에 자동화 설비를 도입함으로써 하수처리장 조업자는 이전보다 손쉽게 처리장을 운영할 수 있게 되었으며, 하수처리장의 외부 부하변동에 따라 내부 운전조건으로 자동제어함으로써 처리수질의 개선과 안정화, 그리고 최적제어에 의한 운전비용 절감 등의 효과를 거두고 있다. 앞으로 수질 규제 강화, 경제성의 확보, 처리장 복잡성의 증가, 운전을 위한 모델의 필요성 등은 하수처리공정을 안정적으로 운전하기 위하여 ICA 기술을 개발하고 도입하는 중요한 동기가 되고 있다.

ICA의 목적은 크게 운전정보의 실시간 수집, 떨어져 있는 여러 구동기의 원격제어, 공정제어 방식의 개선 등으로 볼 수 있다. 먼저 운전정보의 실시간 수집은 계측기를 통하여 운전정보를 파악하는 것으로, 측정기기의 발전과 공정에 대한 이해도가 높아짐에 따라 단순한 정보를 가공하여 유용한 정보를 얻을 수 있게 되었다. 원격제어란 계기와 제어요소를 통하여 여기서 거기에 설치되어 있는 여러기기를 동시에 운전하는 것을 의미하며, 이는 곧 인력의 절감으로 이루어진다. 공정제어 방식의 개선은 말 그대로 사람이 해야 할 일을 제어기가 대신하는 것으로 운전을 개선하고 인력을 절감하는 효과가 있다.

ICA는 원칙적으로 처리장의 개념 설계 단계에서부터 고려되어야 최적의 설계가 가능하며, 설계의 마지막 단계에서 ICA 설비를 고려하게 되면 결국 적절한 ICA 기술을 구현하기 어려운 경우가 발생한다. 일반적으로 ICA 관련 기술과 기기를 도입함에 따라 운전인원은 감소하지만 유지관리인원은 증가하게 된다. 따라서 ICA 기술과 관련기기를 도입하기 위해서는 하수처리시설에서 ICA 기술도입에 따른 충분한 경제적 타당성이 있는지를 검토하여야 한다.

우리나라의 경우 1999년말 현재 운전중인 하수종말처리장은 150개이며, 2005년까지 그 수는 350개로 증가될 전망이다. 이와 같이 아직까지 하수처리장을 계속 건설해야 하는 것이 현실이지만, 선진 외국의 경우 하수처리장과 폐수처리장이 대부분 1970년대에 건설되어 폐수처리 관련 운전 기술에 치중하고 있다. 1980년 후반부터 질소와 인 등 영양염류의 배출기준이 강화됨에 따라 이를 처리하기 위한 새로운 수요가 창출되었으며, 기존의 유기물질을 제거하기 위한 것보다 더욱 고도화된 폐수처리 기술이 필요하게 되었다. 따라서 새로운 오염물질을 처리하고 기존의 처리장 용량을 최대로 활용하기 위하여, 폐수처리에 관련되는 미생물, 공정 기술, 제어와 자동화, 조업자의 역할 등에 대한 구체적인 연구가 계속되고 있다.

하수처리분야에서도 경쟁력 확보를 위하여 생산성을 높이고 인원을 감축하는 노력을 다각도로 모색하고 있으며, 이를 위하여 대부분의 처리공정을 자동화, 무인화해가고 있다. 자동화가 선행되고 인원감축이 되는 것이 일반적일 것으로 생각하지만, 실제로는 자동화가 이루어지기 전에 조업인원이 먼저 감축되어 조업자의 업무부담이 증대되는 경우도 많다. 산업체의 경우 이러한 추세에 따라 대부분의 생산공정은 자동화가 진행되고 있으나, 폐수처리설비 등의

비생산 공정들은 자동화에 대한 투자나 기술개발이 뒤쳐져 있다.

폐하수처리 자동제어 기술이 개발됨에 따라 처리장의 동적(dynamic) 특성을 파악하여, 과거의 정상상태(steady state) 설계와 운전으로부터 외부 환경에 대한 변화를 신속히 파악하여 적극적으로 대처할 수 있게 되었다. 이러한 실시간(real time) 자동제어 기술은 신속한 외부 부하와 처리장내의 상태 파악에 의해 처리장의 비정상 운전을 방지하고, 안정적인 운전 조건을 관리하여 처리수질을 개선하는 한편, 현재의 처리능력을 극대화함으로써 새로운 설비의 증설 없이 처리장내의 유입부하 증가를 상당 부분 흡수할 수 있다. 또한 동력비, 약품비, 인건비 등의 원가 절감 효과도 실제로 입증되고 있다.

국내에서는 그동안 하수종말처리시설의 각종 자동화 설비에 대한 구체적인 실태 조사와 진단 등의 연구가 없었고, 대부분 최초로 설치된 자동화설비를 충분히 활용하지 못하고 있는 것으로 보인다. 또한 앞으로 시설될 질소, 인 제거 공정의 안정적 운전을 위해서는 외부오염부하에 적절히 대처하기 위한 기술이 필요하고, 우리나라의 지리적 특성상 처리장 개소수가 급격히 늘고 있는 중소규모 하수종말처리시설에 대한 효율적 관리방안의 연구도 시급하다.

따라서 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 현재 가동중인 대규모 하수종말처리시설을 중심으로 하수처리시설의 자동화 설비 실태를 조사하여 활용도와 문제점을 파악하고, 외국의 사례를 참고하여 자동화 관련기술을 활용하여 하수처리시설 운영관리 기술을 제고시키기 위한 확대보급 방안을 강구하여 제시하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

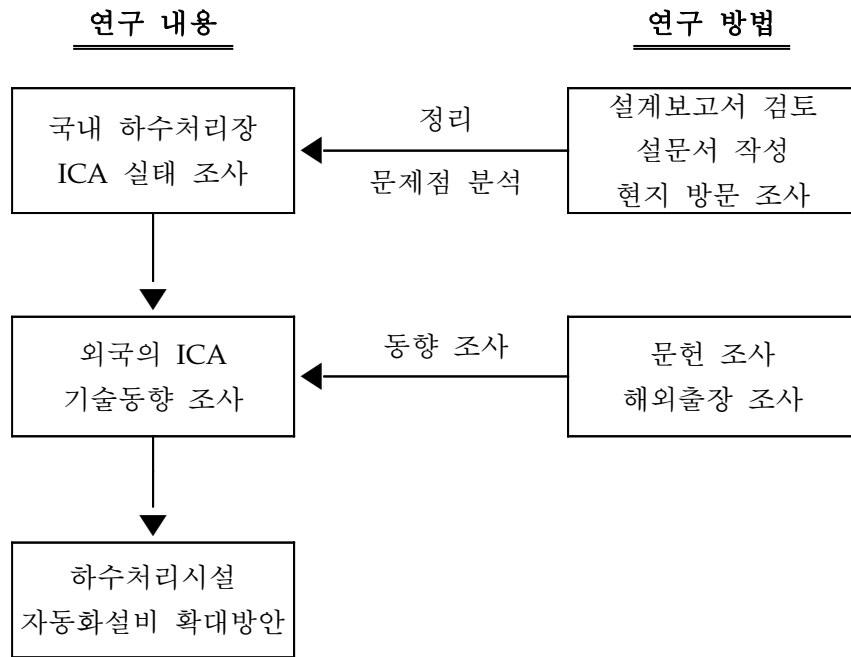
이 연구의 범위는 국내 대규모 하수종말처리시설의 자동화 설비에 대한 조사와 외국의 ICA 관련 기술의 동향 분석, 그리고 향후 ICA 기술의 확대 사용을 위한 방안을 강구하는 것이다.

국내 대규모 하수종말처리시설의 ICA 실태 조사는 현재 운전되고 있는 하수종말처리시설중 10만톤/일 규모 이상인 처리장과 일부 소규모 처리장을 대상으로 조사가 가능한 범위까지 방문하여 조사하고, 기타 하수처리장 진단자료와 설계보고서 등의 자료를 조사하여 자동화 설비 내역과 사용실태 및 향후 개선방안 등을 조사하는 것이다. 애초에는 하수처리시설 전체에 대한 자동화기기 실태를 설문조사하려고 하였으나, 몇 개 하수처리시설의 방문조사 결과 처리장 별로 ICA의 설비에 대한 기기 실태가 너무 다양하고 설문서를 발송해도 제대로 작성되지 않을 것으로 판단하여 수행하지 못하였다.

외국의 ICA 관련 기술 동향 조사를 위해서는 이미 ICA 기술을 적극 활용하고 있는 유럽, 미국, 일본의 ICA 기술 적용 사례와 효과 등의 자료를 조사하고, 최근의 관련 기술 발전 동향을 발간자료, Internet 조사, 그리고 해외현장조사 등을 통해 조사하였다. 소규모 시설의 중앙집중식 관리를 위한 방안을 외국의 사례를 중심으로 조사하고자 하였으나, 구체적인 실시 예를 찾지 못하였다.

ICA 기술의 적극적 활용에 의한 기대 효과 및 확대 보급 방안 제시를 위하여 현장 출장에서 조사된 ICA 설비의 활용실태 조사에 기초하여 문제점을 분석한 후 설비 활용도 개선을 위한 방안을 도출하고, 최근의 외국 기술동향을 고려하여 향후 환경기초시설에 활용되는 ICA 기술의 수요와 이에 대비한 국내 기술의 발전 방향을 제시하였다.

그림 I-1은 연구수행 흐름도이다.



<그림 I-1> 본 과제의 연구 흐름도

II. 국내 하수종말처리시설의 자동화설비 실태 조사

1. 현재 가동중인 대규모 하수종말처리시설

1999년말 가동중인 국내 하수종말처리장은 다음과 같다. 이중 10만톤/일 이상의 대규모 처리장은 38개소로, 처리용량은 15,663만톤/일이다. 이는 총 하수처리시설 용량 17,712만톤/일의 88%에 해당한다. 10만톤/일 이상인 처리장의 처리공법은 100% 표준활성슬러지 공법이다.

<표 II-1> 국내 하수종말처리장 현황

(단위: 개, 만톤/일)

공법 용량	구분	계	1차 처리	2차 처리							고도 처리
				표준 활성	장기 포기	산화 구	회전 원판	접촉 산화	토양 접촉	혐기 호기	
계	개소	150	2	98	21	13	11	2	2	1	5
	용량	17,712	530	16,944	24.38	56.9	80.1	6.4	1.1	69	137.1
10 미만	개소	112		62	21	13	11	2	2	1	5
	용량	2,049		1,811	24.38	56.9	80.1	6.4	1.1	69	137.1
10~ 50	개소	28	2	26							
	용량	6,303	530	5,773							
50 이상	개소	10		10							
	용량	9,360		9,360							

항목별 운영비 집행 현황을 보면 인건비가 가장 많고 전력비 보수비, 슬러지 처분비의 순이다. 시설규모별 운영비를 보면 규모가 작을수록 급격히 증가하는데 이는 인건비에 의한 영향 때문이다. 이는 앞으로 증가할 소규모 하수처리시설의 운영비용을 절감하기 위해서는 복수개소의 처리장을 중앙에서 원격 감시·제어하는 방식의 도입이 불가피함을 시사한다.

<표 II-2> 국내 하수종말처리장의 항목별 운전비용 구성

구분	계	인건비	전력비	보수비	슬러지 처분비	약품비	기타
금액 (백만원)	252,140	81,951	48,916	36,793	35,186	7,565	41,729
비율(%)	100	32.5	19.4	14.6	14.0	3.0	16.5

<표 II-3> 국내 하수종말처리장의 규모별 운전비용과 인원

시설규모 (만톤/일)	50이상	50 ~ 10이상	10~ 5이상	5~ 1이상	1~ 0.5이상	0.5~ 0.1이상	0.1미만
톤당 운영비(원)	37	57	78	127	173	596	1,586
인원 (인/천톤·일)	0.14	0.26	0.51	0.92	1.28	2.27	7.84

2. 조사방법과 결과

이번 연구의 대상 처리장인 10만톤 이상의 하수처리시설중 최근에 건설 또는 증설이 완료된 처리장중 일부는 방문하여 조사하였으며, 기타 처리장은 설계보고서 또는 취득이 가능한 자료를 사용하여 자동화 설비의 실태를 조사하였다.

2.1. 방문조사

하수처리시설 자동화 설비에 대한 서면 설문 조사를 실시할 계획이었으나, 몇 개의 처리장을 1차 조사해 본 결과 사실상 설문 만으로는 제대로 된 조사가 불가능하다고 판단하였다. 따라서 규모별로 10만톤/일 이상인 처리장들중 가장 최근에 신설 또는 증설 공사를 한 것들과 일부 오래 전에 건설된 하수처리장을 대상으로 방문 조사를 실시하였다.

2.1.1. 조사 양식

국내 하수처리시설의 자동화 설비 실태를 조사하기 위하여 설계보고서상의 자료와 일부 처리장의 사전 현장조사를 통해 다음과 같은 양식의 조사 내역을 작성하였다. 대부분의 처리장은 2단계 이상의 증설을 통하여 자동화 설비를 보수 또는 개량한 바 있기 때문에, 이러한 조사양식을 일반화하는 것이 매우 어려웠다. 그러나 일관성을 유지하기 위하여 처리공정별로 다음과 같은 항목을 조사하였다.

<표 II-4> 처리장 방문 조사 항목

() 하수종말처리장, 담당자:

용량1: 용량2:

시공사: 계장시공사:

		공정	센서	메이커	년도	참고	구동기	메이커	년도	참고
일반 현황	펌프장									
	침사지									
	1차침전지									
	폭기조									
	2차침전지									
	농축조									
	탈수기									
	소화기									
	배출수									
	시스템	표시방법: Mosaic () CRT () 기타 () H/W O/S SCADA CCTV								
제어 루프										
통신 방법										
PLCs										
운전자										
유지 관리										
관리 기능										
원격 감시										
기타										

2.1.2. 방문조사 결과

(1) 처리장별 조사 결과

① A 하수종말처리장

A 하수종말처리시설은 중소규모이지만 최근에 자동화사업을 시행하였고, 주변의 소규모처리장들을 원격관리하는 자동화 계획을 가지고 있기 때문에 먼저 조사를 실시하였다.

이 처리장의 자동화 시설은 하수처리장이 가동된 이후 주변에 여러 개의 소규모하수처리장이 가동되면서, 인력절감과 운전편리성 제고의 목적으로 시작된 것으로 보인다. 처리용량은 1계열 11,000톤/일, 2계열 9,000톤/일의 20,000톤/일의 용량이며, 자동화 사업은 1998년초에 시작하여 1998년 10월에 준공하였으며, 시운전을 거쳐 1999년 6월부터 안정적으로 운전하고 있다. 여기에 투입된 금액은 7억원 정도이다.

처리시설을 전체적으로 감시하는 SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) 시스템은 MODSOFT사의 제품을 근거로 국내 회사에서 작성한 프로그램을 사용하고 있었다. 이 제품은 OS를 Windows NT를 기반으로 하고 있었으며, 컴퓨터 H/W는 Advantec사의 산업용 PC를 채택하고 있었다. Control computer는 6대를 사용하고 있었으며, file server가 1대, HDD(CISCO4000), Backup용 HDD 등을 보유하고 있었다.

PLC(Programmerble Logic Controller)는 MODCON사 제품을 사용하고 있는데, 이전의 설비에 부착되어 있던 다른 PLC는 호환장치를 사용하여 자료호환이 가능하도록 하고 있다. 현재 중앙통제실에는 20대의 CCTV 화면이 설치되어 있는데, 주로 유입 펌프장의 상태감시와 처리장내 주요시설 감시가 목적이다. CCTV 및 계측제어신호의 전송은 원격인 경우 전용전화선을 사용하고 있었다.

처리시설의 센서류는 다음과 같다.

- 침사지: 초음파수위계, pH계
- 1차침전조: 유량계, 농도계
- 폭기조: DO계(Dissolved Oxygen; 초음파세척기 또는 압축공기 세척기 부착; Yokogawa 제품, 일본 KRK 제품), MLSS계(Mixed Liquor Suspended Solids; 하나인스트루먼트 제품, 한창 제품), 온도계
- 방류조: 유량계, pH계
- 잉여슬러지 펌프선: MLSS계

폭기조의 송풍기는 AC Inverter가 장착되어 있으며, DO계와 연동하여 송풍량을 제어할 수 있도록 되어 있으나 실제로 사용하고 있지 않고 폭기조의 DO 농도를 일정하게 유지하기 위하여 송풍기를 On-Off 방식으로 일정시간씩 켜는 방식으로 제어하고 있었다. 또한 펌프장의 가동은 수위계의 신호에 따라 펌프 가동대수를 자동으로 제어하고 있었다.

기기의 유지관리와 관련해서는 DO, MLSS 계측기는 2주에 1회씩 검교정을 하고 있으며, pH와 유량계는 이보다는 낮은 빈도로 검교정하고 있다. 반송펌프의 경우 이전에 고장이 잦았는데 펌프의 seiling 부분이 문제여서 이를 교체한 후로는 고장이 없어졌다.

이 지역은 하수처리시설의 증가에 대비하여 신규 소규모 처리장은 최대한 무인화한다는 방침이며, 앞으로 현재 추진하고 있는 무인자동화 시스템을 2년 이내에 완성할 계획이다. 이와 같은 자동화 및 무인화 추진에 의해 소규모 처리장의 인원이 과거의 4인에서 현재는 3인으로

줄어들었으며, 향후 1인 상주체제로 유지할 계획이다. 또한 신설 처리장은 설계단계부터 무인화를 추진하고 있다. 현재 이 지역의 상황으로는 소규모처리장이 신설되더라도 무인화 추진에 의하여 신규인력 배치는 없을 것으로 보인다.

처리장의 자동화에 의한 효과는 중앙운전자의 운전 편리성 증대를 가장 큰 효과로 꼽았으며, 인력감축은 신규인력 충원없이 광주군내 새로운 처리장의 운전을 할 수 있으므로 실질적인 인력감축효과가 있다고 보여진다.

② B 하수종말처리장

B 하수종말처리시설은 1990년부터 1999년까지 건설되었으며, 8만톤/일의 시설용량이다. 앞으로 시설확장을 고려하여 토목기초 공사와 계장 설비는 24만톤/일 규모로 건설되었다.

펌프장에는 요코가와 제품의 유량계가 설치되어 있으며, 초음파 방식의 액위계를 사용하고 있는데 박쥐 또는 모기에 의한 오측정이 가끔 있다. 침사지에는 pH계가 있다.

폭기조에는 8개의 DO와 MLSS계가 있다. MLSS계는 물세척기가 달려 있다. 폭기량은 버터플라이식 밸브로 조정하는데 수동 방식이라서 조정이 매우 어렵다. 송풍기 압력이 5,900mm가 필요한데, 실제로는 5,700mm 기기라서 송풍연결운전이 제대로 되지 않고 있다.

2차침전조의 반송펌프는 8대가 있는데 가변식이 아니라 조정이 어렵다. 농축조의 하부에는 인입라인에 MLSS계가 설치되어 있다. 배출수에는 pH계가 설치되어 있다.

운전실에는 FOXBRO사 DCS(Distributed Control System)가 있으며, DCS상에는 DO제어를 포함한 모든 자동제어 루프가 있으나 구동기 등이 이를 사용할 수 없도록 되어 있다. CCTV는 처리장내 6개소가 있으며, 펌프장에도 CCTV가 있으나 처리장 운전실로 연결되어 있지 않다.

B 처리장의 특성을 살펴보면, 340톤/일 규모의 난형 독일식 혐기성 소화조가 있는데, IBRD 차관으로 과거 건설부에서 우리나라 6개 도시에 보급한 것중 하나이다. 이 처리장은 지역특성상 해수면이 높아서 관내 전역에 64개의 해수역류 방지 체수문이 설치되어 있다. 통상 340일은 하수처리를 하지만 20일 정도는 처리하지 못하고 직접 배수하고 있다. 시운전시 보름 정도의 침수경험이 있기 때문에 펌프장을 중요하게 관리하며 조업인원을 별도로 배치하고 있다.

펌프장은 자체 PLC가 있어서 자동운전이 가능하며, 133톤/분 용량의 펌프가 2대 가동중이다. 하천수를 바로 차집하여 처리장으로 이송하기 때문에 약 54%가 녹지수가 유입되어, 유입부하가 매우 낮다. 침사지의 협잡물은 반자동 방식으로 제거하며, 펌프장 28개소에서 유량과 농도가 어느 정도 조정된다. 염분 때문에 기계부식이 우려되며, 겨울의 심야에는 온도가 2℃까지 저하된다.

운전실은 2인이 3교대를 하며 야간에는 2인이 근무한다. 분뇨처리장에는 2인+1인이 근무하며 탈수운전에 1인이 근무한다. 기계보수 등의 기능직이 2인 근무한다.

③ C 하수종말처리장

C 하수종말처리장은 1985년부터 1988년까지 28.6만톤/일 규모의 1단계 사업을 완료하고 1992년부터 1998년까지 26.4만톤/일 규모의 2단계 공사를 완료하여 현재 50만톤/일의 하수를 처리하고 있다.

침사지의 수문게이트는 타이머에 의해 제어한다. 수위계는 독일 제품이다. 침사지에서의 부

하변동이 심하여 평소에는 $1\text{m}^3/\text{일}$ 정도의 토사가 싸이는데 많을 때는 $10\text{m}^3/\text{일}$ 이상인 경우도 있다. 과거에 큰 사석이 들어와 게이트 밑을 막아서 CRT(Cathod Ray Tube)에서는 게이트가 닫힌 것으로 되어 있는데, 실제로는 닫히지 않은 경우도 있었다.

1단계 시설에는 아나로그 타입 유량계가 있다. 유입수위계와 pH계가 있다. 1차 침전조의 수위계는 차압식의 요코가와 제품이다. 2단계 시설은 turbo식 유량계이며, 파살플롭이 2개 있다.

폭기조는 1단계 시설에는 3계열에 12지씩의 폭기조가 있으며 맨 끝지에 DO계(DKK, 요코가와 제품), MLSS계가 맨 끝 지에 설치되어 있었다. 그러나 이 계측기들의 고장이 잦아 이를 없애버리고 매일 오후 3시경에 휴대용 DO계로 측정하여 운전하고 있다. 그럼에도 불구하고 유입 BOD 150 ppm에서 처리수의 BOD는 3 ~ 5 ppm으로 처리는 상당히 잘 되고 있다. 공기는 직경 300mm 1개, 700mm 2개의 유량계를 거쳐 공급된다. Actuator는 영국 로토코사 제품이다.

2단계 시설에는 pH가 1개, DO(DKK사)가 7개, MLSS(DKK사)가 7개씩 있다. 그러나 센서를 고정하기 위해 나사가 4개씩 있는 지지대를 2개나 설치하여, 유지관리에 불필요한 시간낭비가 되도록 설치되어 있다.

2차 침전지의 잉여슬러지 펌프는 하루 2회 타이머에 의해 작동한다. 잉여오니량 유량계는 일본의 TOKYO KEIJO 제품이다. 약품탱크에도 2개의 수위계가 있다.

처리장의 제어실에는 DCS가 설치되어 있으며 운영체제는 UNIX이고 A/S는 원활한 것으로 보인다. 전체 CCTV는 8개소로 관로 유입부에도 설치되어 있다. 1계열 설비는 노후화가 매우 심각하다. CCTV는 4개 있으며, 수동으로 전환해서 보고 있다.

새로 지은 아파트로부터의 관거는 분류화되어 있으나, 하천변에서부터는 차집되어 합류식으로 유입된다. 따라서 강우시 유입 BOD가 저하된다. 조정조나 저류장치가 없어 토사유입에 의한 기계설비 손상이 많다.

2000년 1월부터 이 처리장에는 기존의 하수처리조직을 시설공단으로 변경하여 본부를 2단계 증설 건물에 설치하였다. 이전의 처리인원은 82명이었는데, 민영화와 처리장 증설 이후에는 53명의 인원으로 운영하고 있어서 휴가를 가지 어려운 형편이라고 하며, 5명 정도의 인원 증원을 희망하고 있다.

④ D 하수종말처리장

D 하수종말처리시설은 1985년부터 1991년까지 30만톤/일 규모의 1단계 사업을 완료하고 1993년부터 1997년까지 2단계로 30만톤/일 규모를 증설하여 현재 60만톤/일의 하수를 처리하고 있다.

A, B line에 32개의 폭기조가 있다. 1단계 시설은 DO 센서가 없으며 2단계 시설에는 DO 센서가 설치되어 있는데 반 고정방식이다. DO의 오차가 커서 범위 설정이 어려우며 이로 인해 공기조절용 전동 밸브가 설치되어 있지만 사용하지 않고 있다. 용존산소량은 송풍기의 각도를 조절해서 조절한다.

2차 침전조에는 전동식 밸브가 2개 있는데, 이는 공사시 차단을 위한 것이다. 침사지와 탈수기동에는 CCTV가 설치되어 있다. 탈수기동, 용수설비, 탈취설비에는 PLC가 별도로 설치되어 있다. 펌프장은 CCTV없이 3인이 교대로 근무하고 있다.

운전실에는 모자이크 판넬과 CRT가 있다. DCS는 도시바의 제품을 사용하고 있으며 운영체제는 Unix이고 효성에서 공급한 것이다. PLC도 도시바에서 공급한 것이며 운영체제는

PCS4000 Basic Builder이다.

운전자는 일보와 월보는 별도로 입력하고 있다. 운전시에 센서값을 참고하지 않고 있다. DCS는 애프터서비스가 원활하지 않아서 필요한 지원을 제때 받지 못하고 있다.

⑤ E 하수종말처리장

E 하수종말처리장은 1991년부터 1993년까지 135천톤/일의 1단계 시설 설치와 1995년부터 1999년까지 135천톤/일의 2단계 증설공사를 하여, 총 처리용량은 370천톤/일이다. 1단계 설비의 계장제어설비는 외부업체와 유지보수 계약을 맺어 유지관리하고 있으며, 2단계 설비는 자체 정비하고 있다.

외부 업체에 의한 유지보수는 2개월에 1번 꼴로 정비¹⁾를 하고 있으며, 처리장의 계장담당자들은 전체 처리장을 1주일에 2~3회씩 순회하며 점검하고 있다.

펌프장에는 펌프장에 유입되기 직전의 관구에 초음파 level계(Milltronics 제품)가 있는데 거울철에는 습기에 의한 산란이 커서 오차를 보이는 경우가 있다. 펌프장 내부에는 수위계가 2개 있으며, 이들은 실내이기 때문에 문제없이 잘 작동하고 있다. 과거에는 압전소자를 이용한 레벨계가 있었으나, 고양시 하수종말처리장으로 유입되는 하수는 빨 성분이 많아 오작동의 경우가 많아서 폐기한 경험이 있다.

침사지는 4개 라인 7지로 구성되어 있다. 따라서 유량계가 4대 설치되어 있으며, 1차 침전지의 슬러지는 모두 모여 1개 관으로 인발되며 유량계가 1단계, 2단계 각각 1개씩 2개가 설치되어 있다. 1차 침전지의 슬러지 펌프는 IR detector 방식의 고정식 계측기로 계측하며, 슬러지 펌프와 연동되어 있다. BOD 측정기가 침사지 앞부분에 설치되어 있으나, 가동되지 않고 있다.

폭기조는 1단계, 2단계 모두 각각 14지로 구성되어 있으며, 중간 부분의 폭기조에 DO 측정계가 2개씩 있어 총 4개의 DO 계가 설치되어 있다. 측정기는 bubble이 직접 접촉하는 경우 순간적으로 높게 측정되기도 하고, 하루만 지나면 slime이 부착되어 0까지 떨어지는 경우도 있다. 1단계 설비에 장착된 DO 측정계는 Ultronics 제품이며, 조업자들이 slime이 덜 부착되도록 센서 하부를 물로 일정간격으로 세척하는 장치를 부착하여 사용하고 있다. 2단계의 DO 측정계는 미국 GLI사 제품으로 세정장치가 고가여서 부착하지 못한 상태이다.

원래 하수종말처리장 운전실 DCS에서는 폭기조 DO와 송풍기가 연동되어 PI 제어를 할 수 있도록 프로그램되어 있으나, DO 계측계의 불안정과 송풍기의 잦은 on-off에 의한 과부하 등의 문제가 있어서 하루 한번씩 폭기조의 DO 농도를 측정하여 필요한 송풍기 가동시간을 조절하여 공기공급량을 조절하고 있다. 송풍기는 1단계에는 8개로 용량이 큰 것과 작은 것이 섞여 있다. 2단계에는 대용량인 3개만으로 송풍을 하고 있다. 송풍기는 차압방식에 의해 송풍량을 조절할 수 있는 것들이 있다.

2차 침전조에는 반송펌프가 1단계에 4개, 2단계에는 5개(대용량 3개, 소용량 2개)가 설치되어 있다. 잉여슬러지 인발펌프는 1단계, 2단계 각각 3개씩 설치되어 있다. 펌프 가동시간은 MLSS 농도를 수동측정하여 결정한다.

탈수기에는 1단계 설비시 자동운전이 가능하도록 설비가 있었으나, 슬러지가 넘친 이후로는 수동으로 운전하고 있으며, 이후 2단계에서는 아예 시방서에 자동설비를 배제하였다. 혐기성

1) 환경관리공단의 지침을 보면 이보다 더 자주 설비를 정비하도록 권고하고 있다.

소화조와 보일러도 사고를 우려하여 수동으로 운전하고 있다. PLC는 탈수기동과 용수공급동에 펌프를 제어하기 위해 설치되어 있으며, 금성 K-MASTER 제품이다.

배출구에는 수위계, COD계, SS계, pH계, DO계가 설치되어 있으며, 이중 COD 계는 약품공급 등의 유지관리가 어려워 제대로 사용하지 않고 있다. 배출수를 사여과기 5개로 더 처리하여 처리장 내부의 용수로 사용하고 있다.

전체 운전은 국산 DCS로 운전하고 있으며, 이 DCS는 Motorola사의 CPU(167 모델)를 사용하고 있는데, 메모리 용량이 부족하여 알람 기능의 일부를 구현하지 않고 있다. DCS의 OS는 UNIX이며 MMI는 국내업체에서 제작한 것으로 보이나 확인이 필요하다. 운전자들이 일부 그래픽을 수정하여 사용하기도 한다.

운전실에는 벽면에 대형 모자이크 판넬이 있으며, DCS CRT 모니터가 4개 있고, CCTV 화면을 보여주는 모니터가 1개 있다. 운전자들은 처리장 전체를 한눈에 파악하기 위해 모자이크 판넬을 이용하고 있으며, CRT에는 단위 공정 화면을 띄워놓고 있다. CCTV는 유입펌프동, 정문, 배출구 3곳에 설치되어 있으며, 1개 모니터에서 화면을 분할하여 감시하고 있다. 처리장의 모든 기기 측정치는 DCS 프로그램에 의해 일보, 월보, 시보 등으로 구분하여 출력할 수 있다.

제어루프는 결국 모두 on-off에 불과하다. 하수종말처리장에는 센서와 펌프류에 대한 장비 이력카드를 사진과 함께 관리하고 있었다. 센서 유지관리에 대한 운전자의 관심과 노력이 큰 편이다.

운전자는 2인이 주간에는 상주하고, 야간에는 수처리반에서 대리 감시를 해 준다. 운전시 가장 문제되는 것은 유입 펌프동의 수위계가 오작동하는 경우이므로, 이의 관리는 철저히 하고 있다.

이 처리장 관내에는 서울특별시의 난지 처리장으로 유입되는 하수처리분구가 있는데, 여기에는 펌프장과 하수처리요금 산정을 위한 유량적산계가 설치되어 있으나 pump장의 가동 여부 및 유량 자료는 원격으로 송출되지 않는다. 처리장내의 자료를 외부로 보내기 위한 장치는 없다.

직원은 공무원이며, 7년 이상 장기 근무한 운전자는 그동안의 경험을 살려 처리장 운전시 가장 문제가 되는 것들에 대한 사항은 별도로 check할 수 있도록 장치를 보강하고 있다. 1단계 사업시 근무하던 운전자의 증원없이 2단계 사업 완료후에도 처리장을 동일 인원으로 운전하고 있으며, 계장 설비를 비교적 규칙적으로 정비하고 있다.

⑥ F 하수종말처리장

F 하수종말처리시설은 1984년부터 1차 처리공정만 갖춘 1000천톤/일을 건설한 이래, 1995년까지 2차 처리공정을 증설하였다. 또한 1992년부터 1999년까지 1000천톤/일 규모의 2단계 공정을 완공하여, 총 처리규모는 2000천톤/일이다.

처리장은 1단계, 2단계 모두 각 6계열씩으로 구성되어 있다. 펌프장의 모터는 오수펌프가 6대, 우수펌프가 4대이다. 1차 침전지에는 펌프가 4개에 밸브가 각각 8개씩 달려있다. 1차 침전지에는 BOD, COD계가 달려 있으나, 측정치는 신뢰성이 크지 않다.

폭기조에는 각 계열별로 DO가 2개씩 설치되어 있으며, 각 계열은 4개의 지로 구성되어 있다. 1단계는 DO 격막이 찢어져서 파손되는 경우가 있으며, 2단계는 상대적으로 폭기조의 깊이가 깊어서 DO의 농도가 낮게 측정되고 있다. 폭기조의 송풍기는 6개, 밸브도 6개이다. 각 공기공급 라인별로 밸브, 송풍기, 밸브로 구성되어 있으며, 송풍기는 500 kWh의 용량이다.

2차 침전지의 반송 밸브는 아날로그 방식의 제어가 가능하다. 반송펌프는 계열별로 8개가 설치되어 있으며, 잉여펌프는 계열별로 4개씩 설치되어 있다. 배출수에는 BOD, COD계가 설치되어 있다. 송풍기의 온도, 압력, 윤활유를 공급을 위한 PLC, 1차침전지 슬러지 수집기, 탈수기동에 각각 PLC가 설치되어 있었다.

운전실에는 모자이크 판넬과 CRT가 모두 있으며, 1단계와 2단계의 DCS가 각각 다른 기종으로 운영되고 있다. 1단계는 Fischer & Porter사 제품인데 이 제품은 처리장이 설계되던 1980년대말에 채택된 것으로 1992년에 단종되어 Y2K 문제가 해결되지 않는 점이 있으나, 잔고장은 없는 편이다. 2단계는 국내업체에서 공급한 KADAC2000으로 모토롤라 CPU를 채택하고 있으나 초기에 다소 불안정한 모습을 보였다. 1단계 제품은 1980년대말에 설계된 것이라 설치될 당시에는 단종되게 되었다. 운영체제는 1단계는 RSX-LIM이고 2단계는 UNIX이다. CCTV는 중앙의 CCTV는 없고 local CCTV만 있다.

운전자는 DCS의 프로그램을 직접 수정할 수 있는 수준이다. 처리장의 5년 근무한 운전자가 자동운전에 대한 관심이 매우 높아서 공기량을 연속 PI(Promotion Items) 운전하고, 반송오니 인발과 소화조 가스교반송풍기를 연속운전할 수 있도록 하고 있다²⁾. 그러나 송풍기 공기량 제어는 현재는 송풍기의 대수만을 제어하고 있다. 처리장의 연속운전은 수처리반 등에서 이해가 부족하기도 하고, 인력감축을 우려하기도 하여 제대로 운영되지 못하고 있다.

유지관리를 위해서는 안정성이 중요하며, 실험실 계기반에서 3인이 전담하여 센서들을 1주일에 1회씩 점검한다. 증계펌프장에는 현재 3교대로 1인이 상주한다. 원래는 강서구청 관할이었는데 1999년에 이관되었으며, 2000년에 TM/TC 시설이 설치될 예정이다. 각 구청별로 빗물 펌프장이 있으며 2~3인이 근무한다. 운전자료는 서울시청 건설국 하수계획과로 매월 보고한다.

하수처리시설의 근무인원은 250인 정도인데, 최근 시설진단을 왔던 호주의 전문가는 호주의 경우 2만톤당 1인의 근무요원이 있기 때문에 인력이 많다고 지적한 바 있다. 슬러지는 600 ~ 700 톤/일 규모로 발생하고 있으며, 처리는 해양투기가 60%, 매립이 40% 비율로 처리되며, 처리단가는 26000원/톤이다. 2000.10에 1단계 시설에 대한 기술진단을 완료한 바 있다.

⑦ G 하수종말처리장

G 하수종말처리시설은 1988년부터 1994년까지 165천톤/일의 1단계 시설 설치와 1990년부터 1994년까지 175천톤/일의 2단계 증설공사를 했으며, 최근 처리구역별로 55천톤/일, 45천톤/일을 각각 증설하여 총 440천톤/일의 하수를 처리하는 시설을 갖추고 있다.

펌프장에는 초음파 수면계가 1개 달려 있으며, 게이트 후단에도 1개 달려 있다. 게이트의 수면계 높이에 따라 하수 유입펌프의 가동대수를 자동으로 제어한다. 통상 3m, 3.25m, 4m 등으로 구분하여 가동대수를 정한다. 유입유량계는 4개가 있으며, 유입펌프는 전기로 가동하는 것이 5대, 경유로 가동하는 것이 3대 있다. 침사지에는 pH계가 있다. 1차침전지는 계열당 4지씩 있으며, 농도계가 있으나 부정확하여 사용하지 않고 있다. 슬러지 인발펌프는 계열당 1개씩 있으며 계열당 9개의 밸브가 있다. 각 구역당 2계열씩 처리장에는 총 4계열이 있다.

폭기조에는 1계열당 1개씩의 DO 센서가 있다. DO 센서를 지당 1개씩 늘려 운전해보기도 했으나, 유지관리가 어려워 2차 공사시에는 계열당 1개씩으로 수정하였다. DO계는 tip이 자동

2) 처리장 운전자 김영수씨의 홈페이지 참조 <http://www.ableduck.com/>

으로 입출되면서 세척되는 방식이다. 송풍기는 일반 4대, 터보 송풍기 1대이며, 이중 터보 송풍기는 DO와 연동되어 있으나 가동하지는 않고 있다. 터보 송풍기는 국산제품인데, 소음도 작고 고장도 작아서 조업자들은 매우 만족하고 있다.

2차 침전지에는 농도계가 있으나 계측치를 믿지 못하여 사용하지 못한다. 반송펌프는 3계열에 12개, 잉여펌프는 2계열에 3개가 있다. 배출수에는 BOD, SS계가 있으며 BOD는 수질계에서 집중관리하여 양호한 상태를 유지하고 있으며, SS계는 계측치가 다소 불량한 상태이다.

제어실의 하드웨어는 2단계 증설시 1단계의 것을 1개의 DCS로 통합하여 운전하고 있다. 운영체계는 Windows NT를 사용하고 있다. 운전자들이 처리장 상태를 보는 방법은 모자이크 판넬과 DCS CRT가 모두 설치되어 있는데, CRT를 주로 보고 모자이크 판넬은 이상시 참고하고 있다. CCTV는 시설물위주로 26대가 설치되어 있으나, 운전실에서는 6개의 화면을 사용하고 있다.

센서의 유지관리는 수질계에서 분기에 1회 정도 점검하는 것으로 보이며, DO는 1개월에 1번 정도 청소하고 있다. 한편 농도계는 설치된 장소인 반송슬러지 파이프 라인이 바닥에서부터 벨브까지의 높이가 30cm에 불과하여 유지관리가 사실상 불가능하다. 이 때문에 농도계는 사용하지 못하고 있다.

운전실의 통제실은 계장설비의 유지관리만을 담당하고 있으며, 상주 4인, 야간 1인이 5일마다 교대로 운전하고 있다. 기기이력 카드는 사무실에 비치되어 있으며, 운전실에서 작성해도 되지만 사무실에서 직접관리하고 있다. 전체 시스템은 하수유입부터 슬러지처리계통까지 일관된 통합시스템으로 설계되었으나, 현재는 슬러지 계통은 별도로 수동운전하고 있다. 수질 계측치는 수질계에서 측정하여 수처리과로 보내지지만 운전실에는 통보되지 못하여, 센서의 유지관리가 제대로 되고 있는지가 매일 파악되지 못하고 있다. 1단계, 2단계 모두 시설진단을 받은 바 있다.

(2) 방문조사 결과 분석

하수처리장을 방문하여 조사한 결과 자동화 설비의 실태를 파악하는데는 처리장의 운전 일보가 가장 적합한 것으로 나타났다. 처리장의 일보에는 각 공정별로 모자이크 판넬이나 DCS CRT로 들어오는 계측기의 신호와 구동기의 신호가 시간대별로 일목요연하게 기록되어 있다. 처리장 일보에 기록된 내용은 공정, 측정항목, 위치, TAG 번호, 측정값 등으로 한 하수처리시설의 예를 '부록 1 국내 하수처리장의 계장관련 설비 예 - 처리장 일보 수록 자료'에 수록하였다.

그러나 일보로는 처리시설 전체의 자동화 설비 목록은 파악할 수 있으나, 각 기기의 상태와 특성은 파악할 수 없다. 이들 기기의 특성자료는 기기이력카드로 파악이 가능한데, 대부분의 처리장에서 기기이력카드를 관리하고는 있지만 관리상태는 차이가 크다. 또한 처리장별로 유사한 공정과 기기를 채택한 경우라도 설치방법과 관리방법의 차이가 큰 것으로 보여진다.

처리장별로 사용하고 있는 기기의 메이커가 다른 곳이 많았으며, 대부분 외국제품이라 유지보수에 어려움을 겪고 있었다. 또한 대부분의 처리장이 증설을 하면서 자동화 설비를 확충하고 있지만, 일부 처리장에서는 오히려 관리의 어려움 때문에 기기 설치를 줄이는 경우도 있다. 한편 필요성이 크지 않은 대형 모자이크 패넬은 여전히 설치되고 있으며, DCS에는 자동제어기능이 있으나 구동기는 변속운전이 불가능한 것이 설치되는 등의 문제점이 있었다.

2.2. 자료에 의한 조사

2.2.1 하수처리장 진단 자료

(1) 하수처리장 진단 자료 개요

국내 하수처리장은 환경기술개발및지원에관한법률(이하 “환기법”, 부록 4 참조) 제 10조에 의한 공공환경시설 기술진단제도에 의해 기술진단을 받도록 되어 있다[부록 4 참조]. 이 제도의 목적은 운영중인 각종 환경기초시설에 대하여 시설·공정·운영 등 처리시설 전반에 대한 기술점검을 통하여 수명연장과 처리효율 개선을 유도하기 위한 것이다. 공공환경시설진단 대상은 하수종말처리시설, 폐수종말처리시설, 분뇨및축산폐수처리시설, 폐기물매립시설, 폐기물소각시설이며, 시설가동후 매 5년마다 진단을 하도록 규정되어 있다.

<표 II-5> 공공환경시설 기술진단제도 시행 대상 시설

구분	개별관련법	시설규모	주기	비고
하수종말처리시설	하수도법 제17조 및 동법 시행령 제13조	전부	5년	의무
폐수종말처리시설	환기법 제10조	전부	5년	
분뇨및축산폐수처리시설	오분법 제23조 및 동법 시행규칙 제44조	전부	5년	의무
폐기물매립시설	환기법 제10조	매립면적 4만㎡ 이상 또는 사용기간 5년 이상	5년	
폐기물소각시설	환기법 제10조	소각능력 600 kg/hr 이상	5년	

주) 오분법 : 오수·분뇨 및 축산폐수처리에 관한 법률

환기법 : 환경기술개발 및 지원에 관한 법률

시설진단기관은 환경관리공단이며, 진단비용은 환경부고시 1997-4호인 환경기술지원및진단비용산정기준에 의해 산정된다. 진단은 환경부훈령 제314호(1995.12.6) 공공환경시설의 기술진단업무 처리규정에 의한 절차에 따라 시행되며 진단보고서는 시설관리자 및 환경부에 제출된다. 진단신청이 시설관리자에 의해 접수되면 환경관리공단은 자료협조요청 및 예비조사를 하게 되고, 시설관리자와 환경관리공단간에 진단항목 조정후 계약이 체결되어 진단을 실시하게 된다. 진단의 내용은 현상진단, 시설진단, 운영진단으로 구분되며 포함되는 주요내용은 다음과 같다.

<표 II-6> 공공환경시설 진단내용

구분	내용
현상진단	당초 설계자료와 운영과정 및 현장 실측자료 등에 근거 처리공정의 적정성, 운영방법의 적합성 등 처리계통 전반에 걸친 문제점과 원인 분석 및 개선방안 제시
시설진단	처리시설의 기계, 기기, 전기, 계측장비 등 설비 전반에 대한 정상작동여부, 교체시기, 정비대상, 운영요령 등에 대한 현황, 문제점과 개선방안 제시
운영진단	처리시설 운영조직, 운영인력, 운영 제경비의 적정성 분석 단위시설별 관리기준, 점검방법 등 운영요원의 실무기술능력 배양을 위한 기술지도 등

공공환경시설 진단에 따른 효과는 다음과 같다.

- 최적시설 운영 유도에 따른 유지관리비 절감
- 운전여건 개선에 따른 처리효율 증대로 관련민원 예방
- 정확한 문제원인 인식을 통하여 시설운영 관리자 스스로의 문제 해결 능력 배양
- 진단결과를 예산편성, 국고지원 등 분야에 객관적 자료로 활용

1996부터 진단을 시작한 이래 1999년까지 37개의 하수처리장에 대한 기술진단이 완료되었으며, 2000년에는 14개의 처리장에 대한 진단이 완료될 예정이다. 기술진단은 처리장 가동후 매 5년마다 실시하도록 되어 있고, 대규모 처리장 이외에는 대부분 1990년대 후반에 완공된 것들이기 때문에 앞으로 하수처리장의 진단 개소수는 꾸준히 증가할 것이다.

<표 II-7> 공공환경기초시설 기술진단 실시 현황(1995.12 이후)

구분	1999까지	년도				2000	
		1996	1997	1998	1999	완료	진행
하수처리시설	37	13	7	2	15	11	3
공단폐수시설	12	7		4	1	1	4
농공폐수시설	6		3	2	1		
분뇨처리시설	32	4	8	10	10	7	2
축산폐수시설	1				1		
매립시설	18	3	5	5	5	4	3
소각시설	2			2			
합계	108	27	23	25	33	23	12

하수처리진단업무를 계속 수행함에 따라 진단을 처음 시작한 1996년에 비하여 최근의 진단 보고서는 체계적이고 상세한 자료를 담고 있다. 가장 최근에 수행된 진단보고서는 하수처리장의 설계, 운영에 대한 다양한 진단 결과를 포함하고 있으며 보고서에 포함된 진단내용을 파악하려면 부록 3의 전체목차를 보면 짐작할 수 있다.

이중 계장설비의 유지관리 상태 분석부분의 상세 목차는 다음과 같다.

- (1) 감시제어설비
 - 가. 현황
 - 나. 문제점
 - 다. 개선방안
- (2) 계측설비
 - 가. 현황
 - (1) 설비점검내용
 - (2) 유량비교측정 결과
 - 나. 문제점
 - 다. 개선방안
 - (1) 계측기 점검관리대장 및 이력카드 작성
 - (2) 계측기 점검관리기준의 설정
 - (3) 계장설비 관리요원 전문기술 교육기회 부여
- (3) 시설자동화 방안 검토
 - 가. 유입펌프시설 자동운전
 - (1) 가동현황
 - (2) 분석 및 평가
 - (3) 개선방안
 - 나. 생슬러지 인발펌프 자동운전
 - (1) 가동현황
 - (2) 분석 및 평가
 - 다. DO 값에 의한 송풍기 및 포기조 자동운전
 - (1) 가동현황
 - (2) 분석 및 평가
 - (3) 개선방안
 - 라. 반송슬러지 펌프의 자동운전
 - (1) 가동현황
 - (2) 분석 및 평가
 - 마. 농축슬러지 펌프의 자동운전
 - (1) 가동현황
 - (2) 분석 및 평가
- (4) 감시제어시스템 개선방안
 - 가. 분석 및 평가
 - 나. 개선방안
- (5) 시설개선비용 및 추진시기(전기 및 계장설비)

진단보고서에는 계측기 점검관리대장, 이력카드대장 및 점검관리기준에 대한 예시를 하고 있는데 내역은 다음과 같다.

○ 계측기 점검관리대상 및 이력카드대장 작성

계측기의 효과적인 관리를 위해서는 계측기의 점검관리대장 및 이력카드를 작성하여 계측기별 사양, 점검기준 및 유지보수내용, 보수비용 등을 기록관리하여 사후관리에 활용함으로써, 계측기의 점검관리기준의 설정자료와 트러블에 대한 원인분석 및 대처 등으로 효과적인 유지관리를 도모할 수 있다.

<표 II-8> 계측기 점검관리 대장

계측기명	점검 일정	Cleaning			Calibration			작동 상태	특기사항
		전	후	오차 %	전	후	오차 %		
DO Meter (DOT-209)	98.8.5	0.8	0.9	11	-	-		양호	
"	98.8.8	-	-		7.6	8.6	11.6	양호	전극막교체
"	98.8.13	1.5	1.3	13				양호	
계속									

※ 점검일자는 계측기 점검관리기준에 근거해 실시하되, 트러블로 인한 수시점검 사항도 기록한다.

<표 II-9> 계측기기 이력카드 (예)

설비명	포기조 유입유량계	취득년월일	1996. 5. 12	
TAG 번호	FT-201	취득 가격	300만원	
규격	Magnetic Type · 전원: AC220V · Output: DC 4~20mA with Pulse · Range: 0~70 m ³ /hr	설치 장소	포기조 유입배관	
제조 및 고유번호	No. 1234567	용도	유입유량 측정	
제작사	○○○	비고	납품: ○○○사 Tel: 02-123-3456	
제작년월	1996. 3			
일자	수리내역		수리비용(원)	비고
1998.3.23	· Converter PCB Zero Volume 불량/교체 - 이하 여백 -		50,000	자체

○ 계측기 점검관리기준의 설정

계측기 점검관리기준은 설치장소, 주변환경 및 사용조건 등 계측기의 특성을 고려해서 설정 하되, 표준주기는 유지관리실적을 분석한 후 정확도에 대한 신뢰도를 검증하여 설정되어야 하며, 각 계측기는 점검관리기준에 의거 주기적인 점검을 통해 Detector Cleaning과 Calibration 작업 등이 적기에 실시되도록 하여야 한다.

<표 II-10> 계측기 점검관리기준

계측기명	점검관리주기				비고
	Sensor Cleaning		Calibration		
	회수	일정	회수	일정	
Flow Meter	2회/년	첫째주 화요일	2회/년	첫째주 화요일	- Auto Water Jet Cleaning System이 있을 경우는 3회/월 이상 점검이 필요함
DO Meter	2회/주	월요일	1회/월	둘째주 목요일	
MLSS Meter	"	"	"	"	
pH Meter	"	"	"	"	
Temperature Meter	-	-		"	- Calibrator로 Simulation Test후 교정 필요
Level Transmitter	1회/분기	둘째주 수요일		"	
Recorder	-	-	1회/년	셋째주 금요일	
Indicator	-	-	1회/년	"	

진단보고서에는 빠짐없이 처리장 운전요원들의 교육에 대해 언급하고 있다. 즉 처리장 운영요원들은 수처리관련 계측기의 유지보수에 필요한 정보 및 전문적인 기술능력의 확보를 위해서 처리시설 전반에 대한 자체 직무교육의 활성화를 통한 직원 상호간 기술전수와 전문성이 필요한 분야에 대해서는 전문교육기관에 위탁교육 기회를 부여하여 직원 보직순환시 업무의 공백없이 처리시설을 직정운영할 수 있도록 하는 것을 권고하고 있다.

진단보고서의 부록에는 기기별로 다음 표와 같은 상세한 점검내역표가 첨부되어 있다.

<표 II-11> 계장설비 점검표 예

◎ 처리장명	○○하수처리장															
◎ 장비명	유입거수위계	◎ 모델명	Multi Ranger Plus													
◎ Tag-No	LT-0101	◎ 측정방식	Ultrasonic type													
1. 기기사항																
1) 전원	AC110V	2) 출력	DC4~20mA													
3) 측정범위	0~10M	4) 정도	± %													
2. 점검사항																
1) 설치위치	☐ 배관()A ☒ 토목구조물 ☐ 기계팩키지															
2) 변환지시계	☒ 유 . ☐ 무	3) 피뢰기	☒ 유 . ☐ 무													
4) 직관장 확보	☐ 유 . ☐ 무	5) by-pass	☐ 유 . ☐ 무													
6) 센서부	본체(G) 플랜지() 플랜지볼트/너트() 가스켓() 신호용케이블() 지지금구() 세정라인() 드레인라인() 신호용접지() 기타()															
7) 변환기부	☒ 보호외함유 ☐ 보호외함무 신호용케이블() 지지금구() 세정라인() 드레인라인() 신호용접지() 기타()															
3. 특기사항																
4. 종합평가																
※ 점검기호	정상	G	부식	B	파손	C	변형	D	손상	D	노화	O	절단	E	설치요	F

(2) 하수처리장 진단 자료에 의한 자동화 설비 실태 분석

하수처리장 진단은 완공후 5년이 경과한 시설물을 대상으로 수행하기 때문에 최근에 완공한 처리장인 경우 진단이 되지 않은 것들도 있다. 또한 동일 처리장인 경우에도 기존 처리설비와 증설 처리설비는 각각 진단을 받기 때문에 처리장에서 별도로 요청하지 않는 경우 일부만 진단된 경우가 있다. 진단이 완료된 하수처리장중 최근에 진단된 시설들은 상세한 기기별 상태 진단 자료가 있는 반면에 초기에 진단된 자료는 최근 것만큼 상세한 자료가 수록되어 있지 않다.

진단이 완료된 하수처리장중 비교적 상세한 실태 조사 자료가 있는 12개 하수처리장으로 기기별로 설비명, TAG, 사양, 모델명, 상태 등이 조사되어 있다. (‘부록 1. 국내 하수처리장의 계장관련 설비 예 - 기술진단보고서 자료’ 참조) 동일 처리장에 대하여 하수처리장 운전일보와 진단보고서의 기기별 조사자료를 비교해보면, 하수처리장 진단자료에는 계측기기 이외에 DCS 및 PLC 등 감시제어 기기도 조사된 반면 일보에서는 이러한 자료를 파악할 수 없고 일부 기기의 표기 방법이 일치하지 않는 것들이 있다. 이외에도 1단계 시설이나 하수처리장 진단 초기에 조사된 처리장 10여개의 자료를 조사했으나 기기의 종류별 개수를 개략적으로 파악할 수 있을 뿐이며, 기기의 상태는 파악할 수 없었다.

하수처리장의 방문조사에서는 모든 기기의 상태를 일일이 조사하여 비교할 수 없었기 때문에, 최근에 진단된 보고서의 자료를 중심으로 기기의 종류와 사양 등의 통계를 정리해 보았다. 처리장별로 단위공정을 구분하는 방법이 달랐고, 실제로 모든 처리장이 동일한 단위공정을 가지고 있는 것은 아니기 때문에 이를 정확하게 비교하는 것은 불가능하였다. 따라서 공정을 크게 하수처리순서대로 유입동 및 침사지, 포기조, 최종침전지, 농축조 및 소화조, 급수동

및 방류동, 기타 등으로 크게 구분하여 자료를 정리하였다.

1) 기기종류

12개 하수처리시설에서 사용되는 계측기의 종류별 개수를 보면 <표 II-12>와 같다. 표에서 볼 수 있듯이 하수처리시설에서 사용되는 계측기의 종류는 약 14 종류로 볼 수 있으며, 설치 갯수로는 유량계, 수위계, 온도계, 농도계, DO계, 압력계, MLSS계, pH계, 중량계, 개도계, SS계, BOD계, COD계, MLSS계 순이다. 고장원인은 작동이 가능하더라도 고장의 소지가 있는 것은 모두 기록한 것이며, 고장원인 2, 3은 1가지 이상의 고장원인을 가진 것을 나타낸 것이다. 따라서 고장율은 고장원인 1의 숫자를 기기수로 나누면 되는데, 표에서 볼 수 있듯이 고장의 소지가 있는 것들이 매우 많은 실정이다.

<표 II-12> 계측기기 종류별 수와 고장원인

기기종류	기기수	고장원인			고장율
		1	2	3	
가스분석기	1	1			100%
개도계	18	6			33%
농도계	146	138	68	11	95%
수위계	247	166	24		67%
압력계	66	53	4		80%
온도계	177	73	4		41%
유량계	576	391	60	4	68%
중량계	20	14	4		70%
BOD계	3	2			67%
COD계	1				0%
DO계	88	82	31		93%
MLSS계	45	40	12		89%
pH계	27	15	4		56%
SS계	7	2			29%

다음의 표 <II-13>은 계측기기의 종류별로 측정방식을 구분한 것이다. 측정기 종류별로 개도계는 2, 농도계는 4, 수위계는 9, 압력계는 5, 유량계는 16, DO계는 4, MLSS계는 2, pH계는 4가지의 방식이 사용되고 있는 것으로 나타났다. 그러나 이들 측정방식도 원리는 동일한 것들도 있기 때문에 정확한 구분은 아닐 수 있다.

종류별로 가장 많이 사용되는 측정방식은 개도계는 potential meter 방식, 농도계는 초음파 감쇄방식, 수위계는 초음파방식, 압력계는 pressure 방식, 유량계는 전자기식, DO계는 갈바닉 셀식, MLSS계는 투과광산란방식, pH계는 복합전극식이었다. 그러나 조사된 자료중 특정 처리장에서 특정기기를 많이 사용할 수 있기 때문에 다소간의 오차가 있을 수도 있다. 따라서 이들 기기별 측정방식의 구분은 향후 관련협회나 업계와 같이 표준적인 구분방법에 따라 재분류하는 것이 필요하다.

<표 II-14>는 처리공정별로 사용되는 계측기와 고장율을 나타낸 것이다. 각 공정별로 살펴보면 유입동 및 침사지에는 8종류, 포기조 및 송풍시설에는 6종류, 최종침전지에는 6종류, 농

축조 및 소화조에는 8종류, 탈수시설에는 4종류, 방류동 및 급수동에는 8종류가 설치되어 있었으며, 부대시설인 분뇨처리설비, 정화조오니처리설비, 발전기동, 중계펌프장에도 개도계, 수위계, 유량계, 중량계, 압력계, 농도계 등이 설치되어 있다. 이들 공정의 구분은 각 처리장별로 단위공정의 특성이 다르기 때문에 일부 오차가 있을 수 있다.

각 공정별로 설치된 계측기의 종류를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 유입동과 1차침전지가 있는 침사지에 설치된 계기는 개도계, 농도계, 수위계, 유량계, 중량계, DO계, pH계, SS계 등으로 개도계, 수위계, 유량계 등은 하수량과 관련된 것이다. 그리고 1차 침전지에서 침전된 슬러지량을 파악하기 위해 농도계, 중량계 등이 설치되어 있다. 후공정인 포기조의 운전 을 위해서 pH계를 설치하는 것이 일반적이며, 일부 처리장에서는 DO계를 설치한 곳도 있다.

<표 II-13> 계측기기별 측정방식과 고장원인

기기종류	측정방식	기기수	고장원인		
			1	2	3
가스분석기	자동샘플링방식	1	1		
개도계	Float Type	3	3		
	Potential Meter 방식	15	3		
농도계	광투과식	4	1		
	초음파감쇄방식	136	131	65	11
	투과광산란방식	1	1	1	
	초음파방식	5	5	2	
수위계	차압식 (Air Purge 방식)	6	5	2	
	Float Type	47	29	8	
	Immersion Type	2	2		
	Pressure Type	65	47	2	
	Quick Float Type	1	1		
	초음파방식	90	52	8	
	차압방식	13	12	3	
	정전용량방식	13	9	1	
	Pressure Type(Diaphragm)	8	8		
압력계	Diaphragm Type	1			
	Differential Pressure Type(Orifice)	1	1		
	Gage Pressure Type	3	2		
	Pressure Type	37	35	1	
	차압방식	24	15	3	
온도계	측온저항체	177	73	4	
유량계	초음파감쇄방식	16	16	8	4
	Diff. Pressure(플랜지탭)	11	2		
	Diff. Pressure(Orifice)	17	16		

<표 II-13> 계측기기별 측정방식과 고장원인 - 계속

기기종류	측정방식	기기수	고장원인		
			1	2	3
유량계	Draft Pressure Type	20	19	4	
	Drag-Body Type	3	3	3	
	Oval Type	1	1		
	Pressure Type	24	1		
	초음파방식	21	13	9	
	전자기식	327	215	29	
	차압방식	108	91	3	
	정전용량방식	2	1	1	
	Parshall Flume 방식	2	2	2	
	웨어 초음파식	1			
	V-Cone 방식	11	11	1	
	Parshall Flume 초음파식	8			
	개수로 초음파식	2			
중량계	Load Cell 방식	20	14	4	
BOD계	자동샘플링방식	3	2		
COD계	산성법(과망간산칼륨)	1			
DO계	Amperometric Type	9	9		
	Electro-Chemical Type	2	2		
	Polarographic Type	37	36	9	
	갈바닉셀식	40	35	22	
MLSS계	광투과식	8	6	2	
	투과광산란방식	37	34	10	
pH계	복합전극식	20	10	2	
	투과광산란방식	1	1		
	Glass Electrode Type	2	1	1	
	Immersion Type	4	3	1	
SS계	투과광산란방식	7	2		

<표 II-14> 공정별 계측기기와 고장원인

공정	기기종류	기기수	고장원인		
			1	2	3
유입동 및 침사지	개도계	12			
	농도계	25	22	11	1
	수위계	37	20	3	
	유량계	60	39	17	
	중량계	4	4	4	
	DO계	2	1		
	pH계	15	14	3	
	SS계	1			
포기조	압력계	5	2		
	온도계	19	5		
	유량계	111	57	2	
	DO계	84	81	31	
	MLSS계	44	39	11	
	pH계	8	1	1	
최종침전지	농도계	59	56	24	
	수위계	6	2		
	압력계	1	1		
	온도계	1			
	유량계	86	63	3	
	MLSS계	1	1	1	
농축조 및 소화조	가스분석기	1	1		
	농도계	53	51	33	10
	수위계	121	88	11	
	압력계	48	41	2	
	온도계	157	68	4	
	유량계	241	189	34	4
	중량계	4	4		
	pH계	1			

<표 II-14> 공정별 계측기기와 고장원인 - 계속

공정	기기종류	기기수	고장원인		
			1	2	3
탈수시설	농도계	4	4		
	수위계	4	2		
	유량계	28	14		
	중량계	2	2		
방류동 및 급수동	수위계	33	20	2	
	압력계	7	4	1	
	유량계	17	5	3	
	BOD계	3	2		
	COD계	1			
	DO계	2			
	pH계	3			
	SS계	6	2		
분뇨처리장	수위계	2	2		
	유량계	3	3		
분뇨처리설비	수위계	5	5		
	유량계	3	2		
정화조오니처리장	농도계	5	5		
	수위계	19	10	5	
	유량계	15	7	1	
	중량계	6			
발전기동	수위계	4	4		
	압력계	5	5	1	
	유량계	12	12		
중계펌프장	개도계	6	6		
	수위계	14	12	3	
	중량계	4	4		

포기조와 송풍시설에는 압력계, 온도계, 유량계, DO계, MLSS계, pH계 등이 설치되어 있다. DO계, MLSS계는 포기조의 상태를 직접 파악하기 위한 것이고, pH계도 포기조의 상태를 파악하기 위해 필요한 계측기인데 설치개수는 많지 않았다. 압력계, 온도계, 유량계는 포기조에 공기를 공급하는 송풍시설에 설치된 것이다.

최종침전지에 설치된 기기는 농도계, 수위계, 압력계, 온도계, 유량계, MLSS계 등이다. 이중 농도계, MLSS계, 유량계 등은 반송 또는 잉여 슬러지량을 측정하기 위한 것이다. 나머지 압력계, 온도계, 수위계 등은 방류시설 또는 소화시설 등과 관련된 것들이다.

농축조 및 소화조 공정에 설치된 기기는 가스분석기, 농도계, 수위계, 압력계, 온도계, 유량계, 중량계, pH계 등이다. 대부분 혐기성 소화방식을 택하고 있고, 소화가스를 열원으로 사용하고 있고 탱크 시설물들이 있기 때문에 온도계, 수위계, 농도계 등이 설치되어 있다. 이중 가스분석기, pH계는 일부 처리장에서 제어를 위해서 설치된 것이나 사용하지 않고 있다.

탈수시설에는 농도계, 수위계, 유량계, 중량계가 설치되어 있다. 수위계는 대부분 탈수시설에 공급되는 약품의 액위를 측정하기 위한 것이고, 나머지 농도계, 유량계, 중량계 등은 슬러지의 유입량과 케이크의 양을 측정하기 위한 것이다.

방류동과 급수동에는 수위계, 압력계, 유량계, BOD계, COD계, DO계, pH계, SS계 등이 설치되어 있다. 방류수는 배출수 기준을 준수하여야 하기 때문에 BOD계, pH계, SS계 등이 설치되어 있다. 수위계, 압력계 등은 처리수를 모래여과하여 하수처리시설내 잡용수로 사용하기 위한 후단처리설비에 설치된 것들이다.

이외에도 분뇨처리시설이나 정화조오니처리시설 등과 연계된 경우 수위계, 유량계, 농도계,

중량계 등이 설치되어 있다. 또한 중계펌프장을 하수처리장에서 관리하는 경우 펌프장에 개도계, 수위계, 중량계를 설치하기도 한다.

2) 계측기 고장 원인

계측기의 상태를 점검하여 고장의 원인을 조사한 바에 의하면, 고장의 소지가 전혀 없는 완전한 상태의 기기는 그리 많지 않다. 고장원인의 종류에는 기기에 대한 낙뢰보호장치(arrester)의 미설치 등과 청소불량 등의 기기작동에 치명적인 원인이 되지 않는 경우도 있으며, 측정기 검출부에의 이물질 부착, 측정값 오차, 변환기 이상, 센서 고장, 결선 이상, 입출력 단자 연결 이상, 설치 이상, 감시제어 설비로의 연결 불량, 노후화, 부식 등의 여러 가지 원인이 있다. 계측기의 고장율은 앞에서 설명된 <표 II-14>와 같지만, 고장원인을 분석해 보았다. (부록 3. 하수처리장 진단자료에 의한 계측기의 고장원인 종류 참조)

전체적으로 피뢰기가 설치되지 않아 낙뢰로 인한 고장의 원인이 있으며, 이를 제외하고 각 기기별로 고장원인을 살펴보면 다음과 같다.(표 II-15) 수위계의 경우 발신기, 변환기의 고장, 부유체 방식인 경우 작동 불량 등이 원인이다.

포기조에 설치되는 DO계의 경우 변환기 이상, 센서고장, 점검 및 세척 미비로 인한 측정치 신뢰도 저하가 고장 원인이다. MLSS계의 경우 변화기 고장, 세정장치 고장, 검출부 이물질 부착 등이 주요 고장원인이었다. pH계의 경우 타 계측기와 달리 이물질 부착 등에 의한 고장 원인보다는 관리소홀로 인한 고장이 주였다.

슬러지양을 측정하는 농도계의 경우 측정치의 신뢰도 저하에 의한 고장원인이 대부분인데, 검출부 이물질 부착이외에 적정 측정범위 미비 등의 원인도 나타났다. 중량계의 경우 관리소홀로 인한 문제외에는 고장원인이 별로 없었다. 온도계의 경우는 센서고장에 의한 고장원인이 많았다.

가장 많이 설치된 계측기인 유량계의 경우 측정방식별로 고장원인이 다른 것으로 나타났으며, 검출부 이물질 부착, 변환기 이상 등이 주 고장원인이었다.

<표 II-15> 계측기별 고장원인

계측기	고장원인	개소
개도계	Arrester 필요	6
수위계	가동상태 양호하나 점검 및 유지보수가 곤란함	1
	고장으로 사용 않음	1
	낙뢰상습지역으로 주기적으로 피뢰기 접지상태 점검 필요	1
	노후화로 작동상태 불량하여 현재 정전용량식을 압력식으로 교체 필요	1
	발신기 고장	1
	변환기 이상으로 교체요	1
	변환기에 Power 공급이 안되고 있어 정상작동 않됨	1
	사용하지 않음	2
	저수위 운전시 하수액면상의 와류현상으로 생긴 부유물질로 인해 수위계가 오동작되는 경우가 있다.	2
	측정치의 신뢰도가 저하된 상태로 주기적인 검출부 세정작업 및 Calibration이 필요	1
	Air Control Units의 필터에 물이 차있는 상태로 수시 점검 및 배수가 되도록 조치 요.	3
	Air Supply Unit 및 Compressor 소음 등 작동상태 불량	1
	Arrester 필요	134
	Arrester(AR-SA) 가 이상으로 Socket에 연결안됨	11
	Float 수위감지용 Measuring Tape가 끊어진 상태로 보수요	1
	현재 사용되지 않고 있으나 유지관리 필요	1
	Float 수위계 유동에 따른 Contack Flicker 현상으로 Pump 잦은 오동작 발생하여 초음파수위계로 교체가 바람직	1
	초음파 발신센서 및 변환기 이상	1
	변환기 이상으로 정상 작동 안되는 상태로 보수 필요	1
압력계	Arrester 필요	51
	Arrester(AR-SA) 가 이상으로 Socket에 연결안됨	2

<표 II-15> 계측기별 고장원인 - 계속

계측기	고장원인	개소
DO계	변환기 동작이 안되는 상태로 전원 및 변환기 점검필요	2
	변환기 이상으로 보수중	1
	센서고장으로 수리의뢰중	2
	측정값에 신뢰성 저하	8
	측정치의 신뢰도 저하로 센서 주기적인 점검 및 세척 필요	34
	Arrester 필요	35
MLSS계	검출부 이물질 부착에 의한 오차발생이 있으며 주기적인 세척 및 Calibration 필요	12
	변환기 고장상태로 교체필요	2
	센서 세정 및 Calibration 작업 필요	4
	자동세정장치 가동이 안됨	1
	측정값에 신뢰성 상실	2
	측정오차가 심하게 발생하고 있는 상태로 주기적인 센서점검 및 Calibration 필요	2
	측정오차가 심하여 검출부 세정작업 및 Calibration이 필요	1
	Arrester 필요	11
	Arrester(AR-SA) 가 이상으로 Socket에 연결안됨	2
	검출기 이물질 부착 등에 의한 측정치 신뢰도 상실 상태로 주기적인 검출부 세정작업 및 점검 필요	1
	측정기 신뢰도 저하 상태	2
pH계	고장	1
	센서가 피측정액에 접촉되지 못하고 있음	1
	자동세정장치 Controller의 Fuse가 빠져있고 자동세정 안됨	1
	측정치에 오차가 있어 주기적인 수동세척 및 점검이 필요	1
	Arrester 필요	7
	부식 및 노후화로 계측이 불량하여 2차공사에서 교체계획	1
SS계	Arrester 필요	2
BOD계	Arrester 필요	2

<표 II-15> 계측기별 고장원인 - 계속

계측기	고장원인	개소
농도계	검출부 및 컨버터 신호케이블 연결 및 보수 필요	1
	변환기 Power Off 상태로 사용치 않고 있음	2
	정상작동 안되는 상태로 변화기 점검 및 Calibration 필요	1
	초음파 Detector 이물질 부착으로 정상작동이 안되는 상태로 주기적인 점검 및 청소 필요	1
	측정범위가 지나치게 크고 측정치에 신뢰성 저하	2
	측정이 안되고 있는 상태로 재Calibration 필요	1
	측정치에 신뢰성 저하	1
	측정치의 신뢰도 저하로 센서 주기적인 점검 및 세척 필요	3
	측정치의 신뢰도 저하 상태로 주기적인 검출부 세정작업 및 Calibration이 필요	12
	현재 사용치 없음	1
	Arrester 필요	76
	E01 Error Message 발생상태로 정상작동 안됨	2
	검출기 오염으로 측정치 신뢰도 저하 상태임	3
	검출기 이물질 부착 등에 의한 측정치 신뢰도 상실 상태로 주기적인 검출부 세정작업 및 점검 필요	26
	검출기 이물질 부착 등에 의한 측정치 오차가 심한 상태로 검출부 세정작업 및 Calibration 필요	5
중량계	Arrester 필요	13
	Loadcell Summing Box에서 출력신호 발생이 안되는 상태로 점검 필요	1
온도계	소화조 유입온도계용 Converter의 고장으로 감시제어설비에 온도지시가 안되고 있음	1
	감시제어설비에 신호연결이 안됨	4
	센서 파손으로 정상작동 안됨	1
	센서고장으로 지시치의 오차가 심한상태로 센서교체요	1
	온도지시계의 오차가 심한 상태로 센서 및 변화기 점검요	9
	일부측정오차가 발생하고 있으므로 온도센서와 Converter에 대한 점검 및 Calibration 실시 필요	12
	Arrester 필요	41
	Arrester(AR-SA)가 이상으로 Socket에 연결안됨	4

<표 II-15> 계측기별 고장원인 - 계속

계측기	고장원인	개소
유량계	감시제어설비에 등록된 Range 이상으로 측정치 오차 심함	1
	검출기 및 변환기 정상작동이 안되는 상태로 초음파유량계로 교체 요망	1
	검출기 접액부위 이물질 부착등에 의한 측정치의 오차가 심한 상태임	4
	고장으로 수리의뢰중	1
	변환지시계의 Hunting이 심한 상태로 변환기 점검 및 Calibration이 필요함	1
	사용하지 않음	1
	상태양호하나 일부 전자유량계에 측정치 오차 발생 상태로 Detector 전극부위 점검 및 세척 필요	14
	센서에서 측정되는 압력변화가 거의 없으며 변환기로 인입되는 신호케이블이 단선되어 정상작동이 안되는 상태로 유량계 측정기능 상실	3
	오차발생이 심하며 변환기 점검 및 Calibration 필요	1
	유량계 노후화에 따른 정도저하로 2차 처리시설공사시 개보수 계획	1
	유량계 작동상태 불량하므로 개보수 필요	1
	유량계 출력신호가 I/P 카운터에만 연결되고 레코더에는 연결안되어 보완 필요	1
	유량계는 정상 작동되나 변환기에 지시치가 표시되지 않아 보수 필요	1
	유량측정시 순간적인 Hunting 현상이 발생되며 유입배관에 과도한 Air 유입 및 초음파 검출부 이물질 부착등으로 측정오차가 발생	3
	차압발생에 대한 변환기 작동이 안되는 상태로 변환기 점검 및 보수 필요	6
	차압발생에 대한 변환기 작동이 안되는 상태로 변환기 점검 및 Calibration 필요	3
	측정값에 신뢰성 상실	1
	측정값에 오차 발생	1
	측정오차가 심하게 발생하고 있는 상태로 주기적인 센서점검 및 Calibraiton 필요	1
	컨버터 및 센서불량 수리 필요	1
	현재 사용치 않음	1
	Arrester 필요	313
	Arrester(AR-SA) 가 이상으로 Socket에 연결안됨	24
	Detector 전극 부위에 이물질 부착이 많아진 것으로 판단되므로 주기적인 점검 및 청소가 필요	3
	Distributor 이상으로 정상 전원공급이 안되는 상태로 Distributor 교체 및 변환기 점검 필요	1
	변환기 이상으로 정상 작동 안됨	1

계측기별로 사용되는 모델은 계측기의 메이커와 측정범위, 설치장소에 따라 다양하다. <표 II-16>은 각 기기별로 국내에서 사용되고 있는 계측기의 모델별 개소수를 정리한 것이다. 많이 사용되는 모델의 수도 특정 모델이 많이 설치된 처리장의 자료가 반영될 수 있기 때문에 대표성에는 다소 문제가 있을 수 있다.

DO계의 경우 Nanochem9000, DC-1Z 등의 모델이 많이 사용되고 있으며, 농도계는 4940(Sensall Control), 수위계는 Multiranger Plus, 유량계는 측정범위에 따라 다양한 모델이 사용되고 있다.

<표 II-16> 계측기별 모델명

계측기	모델명	개수
DO계	1054A	9
	DC-1Z	12
	DO-94	2
	EXA DO	2
	Nanochem 9000	22
	ODM136	7
	Water Jet Cleaning 장치 부착	1
MLSS계	7010	2
	74MLSS(PHOX)	6
	D630-0-B3M1TP-D	12
	MC-1X	2
pH계	5000(ROCYE)	1
	EXA pH	2
	HDM-136	1
	Leeds & Northrup	2
	PH-200G	1
	PH-2100S	1
	SSD-10	1
SS계	7010	2
	DKK	2
	SSD-10	1
BOD계	BOD-2200	2

<표 II-16> 계측기별 모델명 - 계속

계측기	모델명	개수
개도계	HT-100F	2
	HT-100WS	3
	HT-110F	1
농도계	4940(Sensall Control)	55
	MSM40	2
	MSM40(MOBREY)	20
수위계	1151DP3S22M3B3	3
	1151LT5EB-2B22DM1	8
	1151LT6EA0A22DMI	16
	FMU860	7
	HP-100P	2
	HT-100C	3
	HT-100F	6
	HT-100P	8
	HT-100R	1
	KDI51-11221E-5M	5
	KDI52-11221E-5M	6
	KDI-M221E-5M	1
	KLM05-15T-W10	1
	KLM05-30T-W10	1
	LT-1110	9
	Miltronics	3
	Multi Ranger Plus	16
	Multiranger Plus	1
	Probe	3
	SGL	1
	SMC323	4
	SPL-200L	2
	VEGASON	15
온도계	TTRT	21
중량계	BS-300A	4
	FS-1000	2
	FS-1010	3
	PL-200	4

<표 II-16> 계측기별 모델명 - 계속

계측기	모델명	개수
압력계	1151CP3E2211B1	16
	1151CP4E22M1B1	2
	1151CP4E22MBI	3
	1151CP5E22M1B1	2
	1151CP6E2213B1	2
	1151DP4S-22M1B1	1
	1151DP5E22M1B1	5
	1151GP3E-22M1B1	8
	1151GP4E-22M1B1	1
	1151GP5E22M1B1	2
	523TB0143OA0010-1000-65885	2
	EJA430	1
DO계	1054A	9
	DC-1Z	12
	DO-94	2
	EXA DO	2
	Nanochem 9000	22
	ODM136	4
	ODM-136	3
	Water Jet Cleaning 장치 부착	1
MLSS계	7010	2
	74MLSS(PHOX)	6
	D630-0-B3M1TP-D	12
	MC-1X	2
pH계	5000(ROCYE)	1
	EXA pH	2
	HDM-136	1
	Leeds & Northrup	2
	PH-200G	1
	PH-2100S	1
	SSD-10	1
SS계	7010	2
	DKK	2
	SSD-10	1
BOD계	BOD-2200	2

<표 II-16> 계측기별 모델명 - 계속

계측기	모델명	개수
유량계	1151CP5E22M1C1	12
	1151DP3E2212B1	4
	1151DP3S-22M1B1	2
	1151DP3S22M3B3	2
	1151DP4E22M1B1	2
	1151DP4S-22M1B1	44
	1151DP4S22M3B3	2
	1151DR2F22M2B1	14
	335/372(TOSHIBA)	5
	33FT50-MD1AA11A21A	1
	4940(Sensall Control)	4
	504TB0121OA0010-1000-65503	3
	CD1A22A1AB414M5	12
	CD1A22A1AB4L4J2M5	6
	CD1A22A1AB4M5	16
	CD1A22A1AM5B4	6
	COPA-XM	20
	FMC6MIZ	1
	HFT-100Y	3
	HFV-1150	8
	IFC080	30
	IFC080K	1
	KIC020B-C1DP1TY-X	2
	LD-301	2
	LS-5076-23	3
	MAG-XE(50XMI)	6
	MAG-XM	16
	MAG-XM(10D 1465G)	6
	MSM40(MOBREY)	4
	PULSMAG V(DMI-6532)	30
	SC100A	19
	SC100AS	36
	SC80A	2
	SC80AS	12
	TECMAG(E/H)	9
	UFL-10A	4
	UVH-1000K	1
	YUA11-AIJ	6

2.2.2 하수처리시설 설계보고서

최근의 계획중인 하수처리시설의 자동화 설비계획을 보면 대규모 설비는 DCS를 사용하고 있고, 소규모 시설은 PLC를 기반으로 한 PC 시스템을 일반적으로 선정하고 있다. 대규모 처리시설의 경우 대부분 증설 공사이기 때문에 기존에 시설된 것과 연계하여 시스템을 도입하고 있으며, 중소규모 시설인 경우 대부분 신설이기 때문에 비교적 간편한 시스템을 선호하고 있다. 비교적 최근에 설계된 다음의 처리장을 대상으로 설계자료를 검토하였다.

경기도 성남: DCS

충청남도 태안군 안면읍: PLC + 산업용PC

경기도 양평군 지평면: PLC + 산업용PC

강원도 고성군 간성읍: PLC+ 산업용PC

설계보고서상의 자료에 의하면 제어방식을 명확하게 나타내고 있지 않다. 계측기의 내역은 매우 피상적으로 표현되어 있으며, 구체적인 메이커나 제품 특성에 대한 설명도 없다. 또한 대부분 질소와 인의 처리를 포함하고 있는 경우에도 질소, 인을 연속적으로 측정할 수 있는 장치는 포함되어 있지 않아서 향후 문제가 될 것으로 생각된다.

III. 외국의 하수처리시설 자동화 기술동향 조사

1. 외국에서의 하수처리시설 자동화 역사

1.1 폐수처리 자동제어 연구 배경 및 연구 분야

폐수처리장은 유입폐수의 유량, 농도 그리고 조성의 변화 때문에 본질적으로 동적(dynamic)인 특성을 가지고 있다. 이러한 변화는 설계와 운전시에 고려되어야만 경제적으로 원하는 유출수 수질을 만족시킬 수 있다. 동적인 시스템에서 동적 모델링, 컴퓨터 모사, 현대적인 제어 시스템은 매우 가치있는 도구들이다.

최근 하드웨어와 소프트웨어의 빠른 발전에 의하여 개인용 컴퓨터를 사용하여 저렴한 비용으로 이와 같은 도구들을 사용할 수 있게 되었다. 폐수처리공정의 대부분을 차지하고 있는 활성슬러지 공정의 동적특성을 규명하고 이를 제어하기 위한 노력이 계속되어 왔다.

미국, 유럽 등 선진국에서는 1970년대 폐수처리장의 대부분이 건설되었기 때문에, 현재는 처리장의 설계로부터 운전으로 그 관심이 옮겨가고 있다. 이러한 처리장들의 동적 거동에 대한 더 많은 이해와 제어 시스템의 사용은 운전중의 많은 문제점을 해결할 뿐만 아니라 운전 비용을 절감할 수 있는 소지가 많음을 보여주고 있다.

적절하게 설계되고 운전되면, 활성슬러지공정은 질소와 인 등의 영양염류를 포함한 대부분의 수질오염물질을 고성능으로 처리할 수 있다. 그러나 슬러지 팽화나 질산화 능력의 손상과 같은 공정의 실패가 많이 발생하고 있다. 또한 다른 미생물 폐수처리공정에 비하여 에너지를 많이 소모하는 편이다.

제어 시스템의 첫 번째 목적은 공정의 실패를 방지하는 것이다. 활성슬러지 공정에서 이와 같은 공정의 실패를 방지하는 것은 특히 중요한데, 대부분의 경우 한번 공정에 문제가 생기면 이를 완전히 복구하는데 수주일 이상의 많은 시간이 필요하기 때문이다.

공정의 실패를 적절하게 방지한 다음에, 제어 시스템을 사용하여 얻을 수 있는 잇점은 배출 기준을 만족시키기 위하여 양질의 처리수를 생산하는 것이다. 이와 같은 두가지 목적이 달성되고 나면 운전비용을 최소화하는데 관심을 가지게 된다.

과거에는 활성슬러지 공정을 설계하기 위한 많은 설계 수식이 정적 상태(steady state)를 생각하고 만들어졌다. 그러나 유입폐수의 유량, 조성 그리고 농도가 시간에 따라 변하는 동적인 특성을 가지고 있다는 것은 분명한 사실이다. 이와 같이 동적인 특성을 고려하지 못한 이유는 동적인 거동을 정량적으로 수식화할 수 있어도, 분석해(analytic solution)를 구하기 힘들었기 때문이다.

컴퓨터가 발전하기 이전에는 동적인 특성은 최대 부하를 처리하기 위하여 추가적인 용량을 확보하는데 고려되었다. 이에 대한 또다른 대안으로는 설계시 충분한 유연성을 제공하여 큰 부하시에 적절히 제어하는 것이다. 이러한 대안의 한가지 예가 유입되는 폐수를 폭기조의 여러 지점에 분산하여 처리하는 step feed 방법이다.

공정의 동적 모형을 개발하는 주요 이유중 하나는 불만족스러운 상태를 만족스러운 상태로 전환하기 위한 공정제어시스템 설계에 사용하기 위한 것이다. 공정제어를 적용하는데 있어서, 제어기는 적절한 제어 알고리즘에 맞게 모형화되어야 한다. 이러한 제어기 모형들은 펌프의 온-오프와 같은 간단한 것으로부터 제어기가 동적 공정 모형을 사용하여 제어가 없을 때의

오차를 계산하고 이를 제거하기 위한 제어량을 계산하는 model reference 제어와 같은 복잡한 제어기까지 여러 가지가 있다.

제어공학적인 측면에서 제어기의 형태는 온오프, 비례적분미분(PID, proportional-integral-derivative), cascade, self tuning, 그리고 적응기와 같은 것들이 활성슬러지 공정제어를 위하여 연구되어 왔다. 이중 PID 제어 회로들은 공정제어에서 널리 사용되고 있기 때문에 연속형(analog) 또는 비연속형(discrete)의 것들이 상당히 주목을 받아왔다. Feedback, feedforward제어와 이들의 조합들도 연구되어 왔다. 제어 측면에서 제어기들은 공기량 제어를 위한 용존산소, 슬러지일령을 위한 슬러지 재고와 고형물 분배, 그리고 2차 침전조의 외란을 피하기 위한 펌프 제어 등이 논의되어 왔다. 스웨덴의 폐수처리장에서는 몇가지 제어기가 전체규모로 적용되고 있다.

시계열 분석에 근거한 제어시스템은 활성슬러지 공정에서 전통적인인 제어기(on-off, PID 등)와 컴퓨터에 근거한 최적 제어기를 함께 사용하기 위한 계층적(hierarchical) 제어 시스템이 연구되고 있다. 이러한 방법은 일본의 Neyagawa 강의 남쪽 배수구역의 폐수를 처리하는 171,000 m³/일 규모의 Kawamata 처리장에서 실제 적용된 바 있다.

전문가 시스템은 공정 문제점들의 진단 또는 제어를 위해 사용될 수 있다. 예를 들어 전문가 시스템이 처음에는 경보의 원인을 결정한 다음 공정 조업자들이 얼마만큼의 제어를 할 것 인지를 조언해 줄 수 있다.

1.2 폐수처리 자동제어의 기술 동향

IAWQ(International Association on Water Quality, 과거의 IAWPRC)에서는 1973년에 "폐수처리체계의 수단과 제어 그리고 자동화(Instrumentation, Control and Automation for Wasterwater Treatment Systems)"에 관한 워크숍을 시작으로 4년 간격으로 지금까지 6회의 관련 전문가 워크숍을 지속적으로 개최해 왔으며, 1997년에는 7번째 워크숍을 맞이하게 되었다. 이 워크숍을 통하여 폐수처리와 하수도 시스템에 대한 관련 기술들이 정리되고 발전되어 왔으며, 최근에는 컴퓨터의 발전과 정보화에 힘입어 실제 처리장에서의 성과가 가시화되고 있다.

<표 IV-1> IAWPRC 주최 ICA 관련 워크샵

No.	Year	Place	Publication
1	1973	London/Paris	
	1974		Instrumentation, Control, and Automation for Wastewater Treatment Systems (Andrews, J.F., R. Briggs, and S.H. Jenkins, eds.), Progress in Water Technology, 6, 570 p., Pergamon Press
2	1977	London/Stockholm	
	1978		Instrumentation and Control for Water and Wastewater Treatment and Transport Systems, Progress in Water Technology, 9, 646 p., Pergamon Press
3	1981	Munich/Rome	
	1985		Practical Experiences of Control and Automation in Wastewater Treatment and Water Resources Management, Progress in Water Technology, 13, Nrs. 8-12, 645 p., Pergamon Press
4	1985	Houston/Denver	
	1985		Instrumentation and Control of Water and Wastewater Treatment and Transport Systems, (Drake R.A.R., ed.), Advances in Water Pollution Control, 748 p., Pergamon Press
5	1990	Kyoto/Yokohama	
	1990		Instrumentation and Control of Water and Wastewater Treatment and Transport Systems, (Briggs, R., ed.), Advances in Water Pollution Control, 781 p., Pergamon Press
6	1993	Bamff/Hamilton	
	1993		Instrumentation, Control and Automation of Water and Wastewater Treatment and Transport Systems, (B. Jank, ed.), Wat. Sci. Tech. Vol. 28, No. 11-12, 563 p., Pergamon Press
7	1997	Brighton	
	1998		Instrumentation, Control and Automation of Water and Wastewater Treatment and Transport Systems, (R. Briggs, ed.), Wat. Sci. Tech. Vol. 37, No. 12, 405 p., Pergamon Press

최근에 활성슬러지 공정에 대해 활발한 연구를 수행하고 있는 스웨덴 Uppsala 대학에서는 폐수처리장의 제어와 최적화를 위한 일련의 연구를 수행중이다. 이들의 최근 연구 분야는 활성슬러지 공정을 위한 제어 전략, 활성슬러지 공정에서 호흡률과 산소전달율을 결정하기 위한 소프트웨어 센서 개발, 활성슬러지 공정을 위한 제어와 감시 시스템의 설계, 활성슬러지 공정 시뮬레이터, 주성분 분석법과 부분최소자승법(partial least squares)과 같은 선형회귀분석 기법을 이용한 활성슬러지 공정의 모델링 등이다. UCLA의 청정기술센터(Center for Clean Technology)에서는 Chevron's El Segundo 폐수처리장의 제어 개선을 위한 전문가 시스템에 대한 연구를 수행중인데, 처리장 조업자의 지식과 기술을 개선시키고 공정에 대한 미생물 특성, 반응식, 동력학적 특성에 대한 이해를 증진시키기 위한 전문가 공정모사 시스템을 개발하여 자료 처리와 공정진단 도구로 사용하고 있다.

가까운 일본의 예를 보면, 중소규모의 활성슬러지법에 의한 하수처리장의 펌프시설, 처리장을 일괄 관리하기 위한 처리장 야간 무인화를 목표로 하는 자동화 시스템을 구축하고 있다.

또한 인공지능, fuzzy control, ANN(artificial neural network) 등의 기술을 종합적으로 결합한 조업자 지원 시스템을 개발하고 있다.

한편 Webb 등은 121,000 m³/d 규모의 활성슬러지 플랜트에서 고급분산제어시스템(DCS)을 이용하여 자동화함으로써 조업 효율을 향상시켜 실질적인 용량 확장 효과를 얻은 것으로 발표하였다. Adin 등은 220,000 m³/d 규모의 질소, 인 제거를 위한 활성슬러지 공정을 자동제어한 1년간의 운전 자료를 분석하여, 고효율의 유기물 제거, 질화-탈질화와 개선된 질소제거율을 얻을 수 있는 것으로 보고한 바 있다. Wareham 등은 실험실 규모의 SBR 반응조에서의 호기-무산소 슬러지 소화조를 제어하기 위하여 산화환원전위차(ORP)를 사용했는데, 컴퓨터로 질산(nitrate) 불연속점(breakpoint)을 검출하여 제어하는 경우가 임의적으로 공기를 온-오프하는 경우보다 교란에 대해 더 큰 수용능력을 가지는 것으로 나타났다.

2. 외국에서의 하수처리시설 자동화 사례

외국의 하수처리시설 자동화 사례는 현지 조사³⁾와 문헌을 통하여 조사하였다.

2.1. 스칸디나비아 국가

2.1.1. 스칸디나비아 국가들의 하수처리시설 ICA 역사

스웨덴에서의 하수처리는 1950년대 후반에 도시하수 처리장에서 BOD와 SS를 처리하면서 시작되었다. 대부분의 도시지역에서 물리적 또는 물리-생물학적 공정의 처리장을 건설하여 1970년에는 약 80%의 인구가 도시하수처리장의 서비스를 받게 되었다.

1970년 초에 전국적으로 도시하수처리장에서 인 제거를하기로 결정하였으며, BOD 제거율과 방류지점 선정이 더 강화되었다. 처리장에서 배출수질은 BOD₇이 15mg/ℓ, 총인은 0.5mg/ℓ을 준수하도록 하였다. 결과적으로 대부분의 처리장에서는 물리적, 생물학적 그리고 화학적 처리공정을 단기간에 갖추게 되었다. 1980년에는 도시지역인구의 95% 이상을 고도처리하게 되었다.

1990년대초에 스웨덴 남부 지역에서는 질소 제거와 BOD와 인의 처리를 강화하였다. 이로 인해 처리장 배출수 기준은 BOD₇이 10mg/ℓ, 총인은 0.3mg/ℓ, 총질소는 8 또는 12mg/ℓ로 강화되었다. 이로 인해 기존의 처리장을 개선시키기 위한 연구개발 노력이 이루어졌다. 스웨덴에서는 처리장의 설계와 개발단계에서 온라인센서가 광범위하게 사용되었다.

덴마크에서는 1960년대에 BOD와 SS, 1970년대에 호소지역에 대해서 인 제거와 질산화를 하게 되었다. 이로 인해 대부분 저부하의 활성슬러지 처리장이 건설되었다. 이들 중 대부분은 동시침전 공정을 가지고 있는데, 이는 이 지역의 물이 센물(hard water)이어서 후침전방법이 비경제적이기 때문이다. 1987년부터 모든 처리장에 대해서 BOD 10mg/ℓ, 총인 1.5mg/ℓ, 총질소 8mg/ℓ의 기준을 적용하고 있다. 이 기준은 질소는 스웨덴보다 강화된 것이고 총인은 완화

3) 프랑스 파리와 스웨덴의 Upssala 처리장을 현장조사하였다. 조사 목적은 외국에서는 어느 정도 수준으로 자동화 설비를 활용하고 있으며, 그 효과는 어떤 것인지를 파악하기 위한 것이었다. 특히 스웨덴 Upssala 시의 처리장은 2계열로 운전되고 있는데, 이중 1계열은 수동방식으로 운전되고 있고 2계열은 자동방식으로 운전되고 있어서 자동운전과 수동운전에 의한 효과를 간접적으로 비교할 수 있었으며, 질소와 인을 고도처리하고 있기 때문에 이에 필요한 자동화기기의 효용도와 문제점 및 경험에 관한 자료를 구할 수 있었다.

된 것인데, 덴마크의 대부분 염분이 높은 수체지역이어서 N이 제한인자가 되기 때문이다. 엄격한 N 기준 때문에 생물학적 또는 화학적 P와 N 제거 공정이 가장 비용경제적인 것으로 밝혀져서, Bio-Denipho 공정이 성공하게 된 배경이 되었다.

1997년부터 덴마크에서 모든 배출원에 대해 새로운 환경세(green taxation)가 부과됨에 따라 화학약품을 추가하여 P 제거율을 높이는 것이 더 유리하게 되었다. 그러나 어떤 지역에서는 실시간측정을 통해 생물학적 인 처리 효율과 안정성을 높이는 것을 시도하고 있다.

덴마크에서는 초기단계에 적절한 영양염류의 온라인센서가 없어서 제어기술의 적용의 제한인자가 되었다. 질산화는 산소소모에 매우 민감하기 때문에 N 센서의 필요성이 제기되었으며, 1978년부터 1980년까지 Frederikssund 하수처리장에서 활성슬러지공정에서의 암모니아와 질산성질소 온라인센서의 사용법이 개발되고 문서화되었다.

폐수처리에서 ICA 기술을 발전시키는 요인은 몇가지가 있다.

① 기술적 발전 요인

ICA의 적용은 기술적 발전에 의해 확대되었다. 처리장 설계와 운전에 있어서 컴퓨터 기술 발전이 가장 큰 요인이었으나, 다른 분야의 발전도 간과할 수 없다.

- 컴퓨터 : 1970년초에 스웨덴 스톡홀름 외곽에 건설된 Kappala 하수처리장에서는 실시간자료획득(on-line data acquisition)을 하기 위해 처음 컴퓨터를 설치하였다. 이 당시 컴퓨터는 자료획득과 전체적인 감시 제어에 주로 사용되었다. 1976년에 Gavle에 설치된 컴퓨터는 운전자 보조, 경보 분석, 그리고 용존산소의 직접디지털제어(DDC) 기능을 가지고 있었다.
- 계장 : 1970년대 동안 DO센서는 신뢰성이 있는 것으로 생각되었지만, 많은 사람들은 이에 관해 의심을 하고 있었다. 오늘날 DO센서의 경우 안정성과 유지관리의 편리성이 매우 크게 개선되어, DO센서를 사용하는 것은 일반화되어 있다. 1978년부터 1980년까지 덴마크의 Federikssund 하수처리장에서 개발되어 사용된 암모니아와 질산성질소 센서는 그 당시 온라인측정에는 안정성이 아직 떨어지는 상태였다. 그동안 N과 P에 분석기 개발을 위해 수많은 노력이 이루어졌으며, 측정기술에 상당한 발전이 이루어졌다. 1990년에는 Marselisborg와 Frederikssund 처리장에서 생물학적 인 제거를 위한 제어가 이루어졌으며, 오늘날에는 시뮬레이션과 고도의 측정기기에 의한 영양염류 제거 제어는 상용화되어 있다.
- 자료획득소프트웨어 : 적절한 자료획득소프트웨어의 필요성은 일찍부터 인식되었다. 운전자의 컴퓨터활용에 대한 태도를 고려하여 개발되어 왔으며, 최초의 자료획득시스템은 온라인센서를 포함하지 않았었다. 실험 자료를 데이터베이스에 단순히 타이핑하고 있었다. 이후에 시스템은 온라인과 오프라인 정보를 사용할 수 있도록 확장되었다. 스웨덴에서는 이러한 개발 노력에 힘입어 'Waste'라 불리는 이러한 소프트웨어가 개발되었으며, 스웨덴의 5개 처리장에서 공통의 자료획득과 분석 소프트웨어로 채택되었다. 이와 같이 동일한 플랫폼을 사용함으로써 주요 처리장들과 대학의 연구자들이 서로 자료와 경험을 교환할 수 있게 되었다.
- 통신 : 컴퓨터의 발전은 제어실의 개념을 바꾸고 있다. 현재 운전과 제어는 처리장 어느 곳에서나 수행할 수 있으며, 전통적인 제어실은 분산운전방식에 의해 대체되어 가고 있으며 교대시에만 사람이 있을 뿐이다. 운전자는 업무시간에 식탁에서도 처리장에 접속할 수 있다. 처리장 제어시스템은 더 나아가 가용한 펌프장에도 전화나 무선매체로 연결되어 있다. 인터넷의 발전도 하수처리장 운전에 영향을 주어왔다. 인터넷은 다양한 처리장

으로부터 자료획득을 위해 사용되고 있다. STAR와 Waste 같은 많은 사용자인터페이스들이 제어와 보고시스템을 인터넷 브라우저를 통해 어느 곳에서나 접속할 있는 기능을 제공하여, 이제는 완전한 오픈 액세스로 가고 있다.

- 처리장 복잡성과 모델 개발 : 처리장에 대한 규제 요구는 증가되어 가고 있는 반면에 처리장의 복잡도도 점차 증가하고 있다. IAWQ에서 개발된 활성슬러지 모델은 처리시스템을 이해하는데 큰 영향을 주어왔다. 생물학적 인 제거 과정은 더 집중적으로 연구되고 있으며, 운전 모델과 시뮬레이션 소프트웨어도 개발되어 왔다. 아직까지 운전자를 위한 고도화된 컴퓨터 지침 도구는 충분히 개발되지 않고 있다.

계장설비와 컴퓨터 기술, 운전기술이 복합적으로 발전하고 처리장의 동적 변화에 대한 이해가 증진되면서 오늘날에는 처리장 전체 제어가 목표가 되고 있다. 다양한 단위공정간의 상호작용을 인식하면서 처리장의 전체적인 제어를 통하여 처리장 용량과 에너지 기타 자원을 최대화하려는 노력이 이루어지고 있다.

② 경제적 요인

ICA의 목표는 자원사용을 효율화하는 것이다. 예를 들면 다음과 같다.

- DO 제어에 의한 에너지 절약
- 화학적 침전제어에 의한 더 효과적인 약품 사용
- 생물학적 N과 P 제거를 위한 내부탄소원의 활용
- 탈질공정과 같은 공정개발에 의한 에너지 절약
- 합류식하수관거 제어와 처리장 유량제어와 같은 설계와 운전간의 상호 작용
- 야간과 주말동안 무인 운전

고도화된 제어와 계장설비로 인해 지금은 새로운 형태의 교육이 필요하다. 기계 부품들은 더 고도화되고 제어시스템은 더 정교해지고 있다. 전통적인 기계적의 역할은 고도화된 공정운전자로 발전되고 있다. 이로 인하여 교육이 증가될 뿐 아니라 사람들에게도 새로운 자세와 책임이 필요하게 되었다. 처리장운영조직의 변화도 경제적인 운전을 위한 유인을 증가시켜왔다. 스웨덴의 경우 도시의 세제 시스템에서 물에 관한 세금이 별도로 부과되고 있으며, 덴마크에서는 2차 처리 이상의 하수처리장에서 BOD, N, P에 대한 추가 세금이 부과되고 있다.

· 스칸디나비아 국가에서의 ICA 발전

고급 제어를 위한 선결 사항은 처리장을 운전하기 위해 물리적 변수, 즉 액체, 슬러지와 공기량, 레벨과 압력을 위한 수많은 국부 제어기들을 유지관리하는 것이다. 고도화된 온라인 계측기를 사용함으로써 연속적인 품질제어가 가능해졌다. 정상적인 운전을 위해서는 구동기도 마찬가지로 중요하다. 펌프나 송풍을 위한 가변운전도 오늘날에는 가능하게 되었다.

2.1.2. 스웨덴 Uppsala의 Kungsangsverket 하수처리장 사례

스웨덴 Uppsala의 Uppsala Kungsangsverket 하수처리장에서는 과거에 지어진 활성슬러지 공정의 2계열중 자동화하고 있는 것과 수동운전하고 있는 것, 그리고 새로 확장된 완전자동화된 것을 비교해 볼 수 있었으며, 질소, 인 등의 on-line 측정기기와 운전자료 등 필요한 많은

자료를 수집할 수 있었다.

Uppsala시는 스웨덴에서 스톡홀름, 괴텐버그, 말뫼 다음으로 큰 4번째 도시이다. 19세기부터 20세기에 걸쳐 Uppsala시는 도시규모가 커짐에 따라 대규모 펌프장을 설치하고 처리되지 않은 하수를 도시 하류의 Fyris강으로 배수하였다. 첫 번째 하수처리장은 1942년에 건설이 시작되었으나, 전쟁으로 중단되었다가 1946년에 스크린과 침사지, 원형 침전지를 갖춘 형태로 완공하였으며, 침전조의 슬러지는 2개의 소화조에서 소화되었으며 소화가스는 처리장의 온도유지에 사용되었다. 1957년에 유기물제거를 위한 생물학적 공정이 시작되었으나, 도시의 성장이 너무 빨라서 계속되는 증설이 필요하였다. 1960년말에 Malaren 호수가 부영양화되어 인을 화학침전으로 처리하기 위한 시험이 시작되었으며 1972년부터 운전이 시작되었다. 최근의 처리장 확장공사는 질소제거를 위한 것으로 생물처리공정 하수량은 70%가 증가하였다. 현재 이 처리장의 배출수 규제치는 다음과 같다.

유기물(BOD7)	: 분기평균 10 mg/ℓ
총인	: 분기평균 0.3 mg/ℓ
총질소	: 연평균 15 mg/ℓ

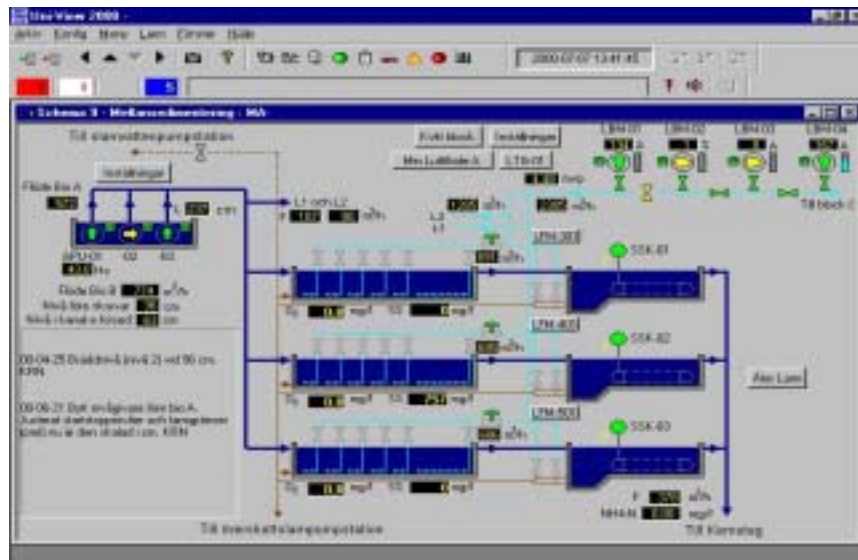
처리장은 겉으로 보기에는 매우 평범해 보였으나, 사무실은 매우 깨끗하고 잘 정돈되어 있었다. 놀랍게도 운전실이 별도로 있지 않았으며, 모든 자료는 Windows NT 기반의 server로부터 각 담당자의 컴퓨터로 제공되고 제어도 직접 할 수 있도록 되어 있었다. 제어 프로그램의 제작사는 Pronyx이며 Uni-View 2000이라는 GUI를 사용하고 있었다. 공정기술자의 말에 의하면 처리장내의 모든 사람의 컴퓨터 작업을 처리장 제어 컴퓨터가 함께 처리하고 있기 때문에 공정제어 면에서는 다소 문제가 있다고 하면서 제어용 컴퓨터를 별도로 두는 것이 나을 것이라고 하였다.



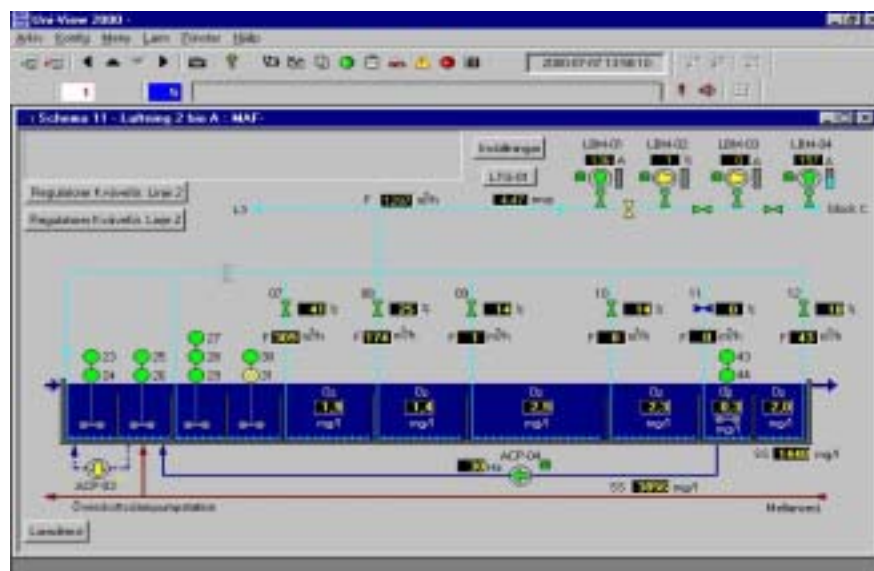
<그림 III-1> Uppsala Kungsängsverket 하수처리장 전경

처리장의 제어는 폭기조의 송풍량을 용존산소 농도에 맞추어 제어하는 것이 가장 복잡한 것이었으며 PID 제어를 사용하고 있었는데, 유도형(derivative term)은 사용하고 있지 않았

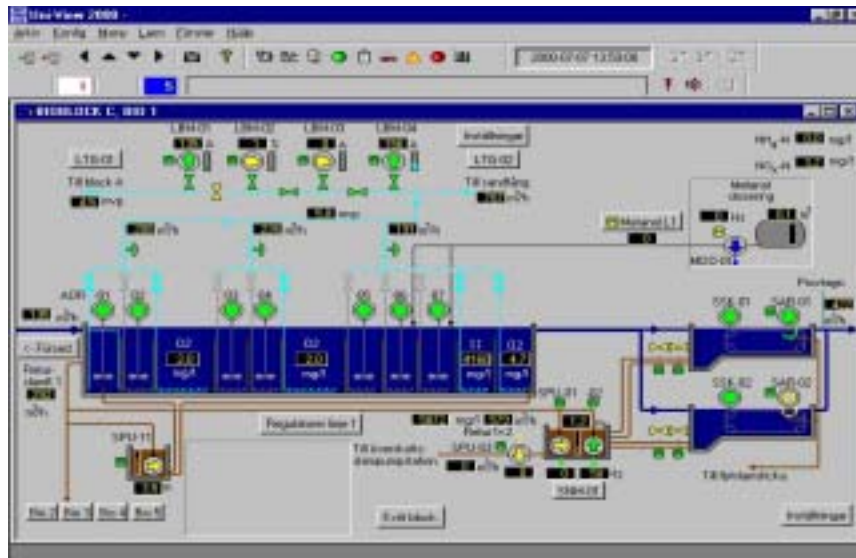
다. 맨 처음 제어기 공급사에서 PI 변수를 조정한 이후에 조정은 한번도 없었다고 하였으며, 큰 문제는 없다고 하였다. 송풍기의 압력은 변환장치에 의해 제어되며, 송풍량은 다시 밸브에 의해 제어되고 있었다. 일반적으로 야간의 경우 유입하수량이 작기 때문에 제어기에 의해 송풍량이 자동으로 줄어들게 되어 있다.



<그림 III-2> 수동운전계열 화면



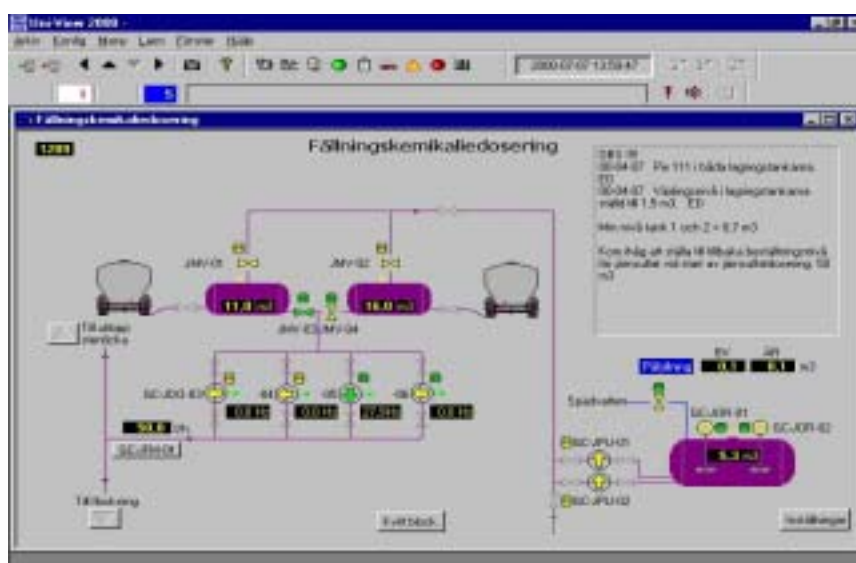
<그림 III-3> 반자동운전이 되는 개조중인 시설



<그림 III-4> 신설확장된 처리공정

처리장에서 사용하고 있는 질소와 인 관련 측정기는 $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, Phosphate 센서였다. 현재 설치된 센서는 시료를 채취(pumping)해서 분석하는데, 그 이유는 on-site 분석기를 사용할 경우 각각 설치하여야 하기 때문에 비용이 많이 들기 때문이었다. 따라서 여러 지점의 시료를 분석하기 위해 시료를 채취하는 방법을 사용하고 있었다. 성능은 on-site 방식이나 채취 방식이 동일하기 때문에 분석기를 충분히 살만한 돈이 있으면 on-site 방식이 낫다고 하였다.

$\text{NH}_4\text{-N}$ 센서는 실험실의 습식 방법에 의한 분석방법과 정확하게 일치하고 있으며 1년에 두 번 정도 멤브레인을 갈아주기만 하면 된다. $\text{NH}_4\text{-N}$ 은 폭기량과 PI 제어기로 제어 루프가 구성되어 있다. $\text{NO}_3\text{-N}$ 센서는 수치가 정확하게 일치하진 않지만 변화경향을 잘 일치하며, 1달 또는 2달에 한번씩 검교정을 한다고 한다. 그러나 Phosphate 센서는 습식 분석치와 잘 일치하지 않아 매일 상태를 check하고 4 hrs/wk 정도의 인력을 투입하고 있다고 한다.



<그림 III-5> 화학적 인 처리공정

배출수의 시료채취는 타이머에 의해 자동으로 채수되고 있으며, 항목에 따라 시간당 표본추출된 일 평균치, 월평균치를 분석하여 제시하고 있다.

이 처리장의 경우 현재 탈질을 위한 메탄올 투입설비가 갖추어져 있으나, 기본적으로 C/N비가 높기 때문에 사용하고 있지 않다.

현재 하수관거와 처리장을 함께 감시하는 종합화된 감시는 하고 있지 않으며, 유입하수량의 액면높이에 따라 처리장의 유입량을 펌프의 온-오프로 제어하고 있는데, 펌프실에 CCTV가 없어서 감시가 곤란하다고 하였다.

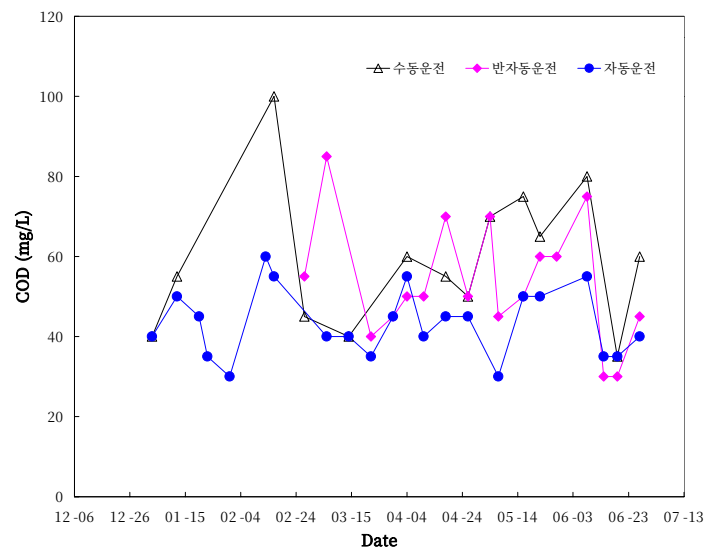
자동화후의 비용절감효과는 새로운 기계의 효율이 다르기 때문에 자동제어에 의한 효과를 정확하게 추출하는 것은 어렵다.

인원절감 효과에 대해서는 처리장의 용량확장후에도 인원증가없이 과거의 인원으로 운전할 수 있기 때문에 실질적인 인원절감 효과가 있는 것으로 보이며, 이는 자동화 덕분인 것으로 판단되고 있다. 그러나 자동화설비의 증가에 따라 유지관리에 소요되는 시간과 인력투입은 더 증가하였다.

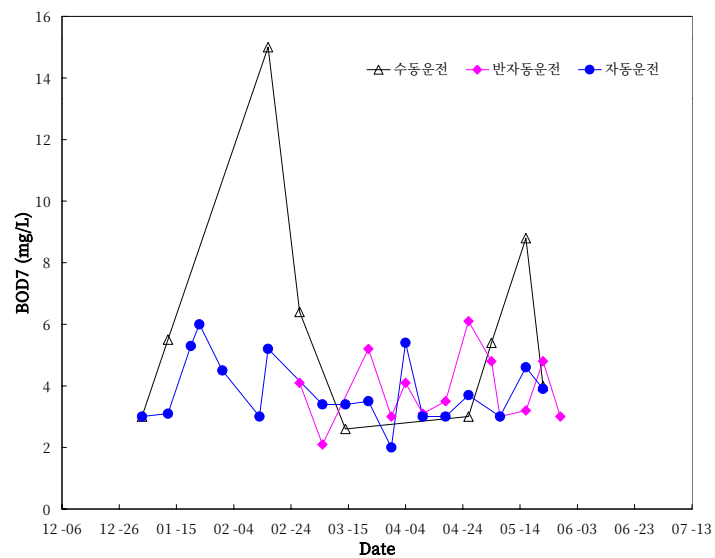
스웨덴의 경우 하수처리장 등의 시설은 국가의 주요 사회기반시설로 간주되고 있기 때문에, 민영화하지 않고 있다. 따라서 하수처리장의 방류수가 기준을 초과했다 해도 경고가 주어지고 개선방안이 수립될 뿐 개인에 대한 견책이나 초과부과금은 부과되지 않는다고 한다. 그러나 처리장으로 폐수를 배출하는 사업장의 경우 초과부과금이 적용된다.

처리장의 운전자료에 의한 자동화 전후 수처리 자료는 다음과 같다. COD와 BOD7의 경우 수동운전계열 < 반자동운전계열 < 자동운전계열 순으로 큰 차이는 없으나 다소 안정적인 것으로 나타났다. 총인의 경우 처리수질이 운전방식에 관계없이 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 총질소의 경우 자동운전하는 계열은 수동운전이나 반자동운전하는 계열에 비해 월등히 개선된 상태를 보이고 있다.

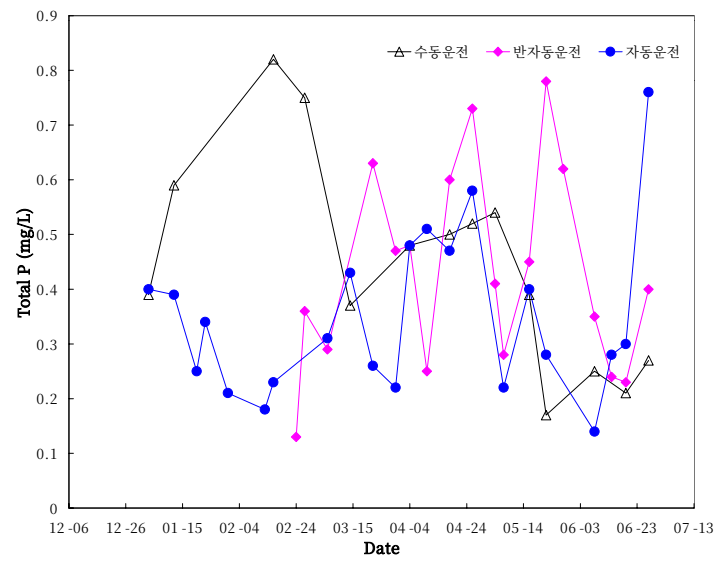
처리장 운전자의 말에 의하면 스톡홀름에 위치한 처리장은 자동화도가 매우 높고 처리장 운전방법이 최적화되어 배출수의 총질소가 평균 7 mg/ℓ 이하로 유지되고 있다고 한다. 이 처리장도 자동화와 최적화가 완료되면 배출수의 총질소농도를 6~7 mg/ℓ로 유지할 수 있을 것으로 기대하고 있다.



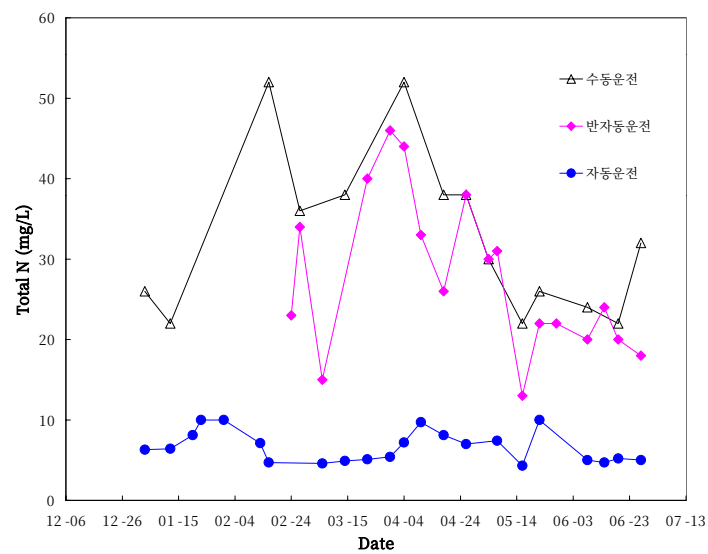
<그림 III-6> 운전형태별 처리수 COD 변화



<그림 III-7> 운전형태별 처리수 BOD₇ 변화



<그림 III-8> 운전형태별 처리수 Total P 변화



<그림 III-9> 운전형태별 처리수 Total N 변화

2.2. 프랑스 Mazas 펌프장

프랑스 파리의 Mazas 펌프장에서는 파리의 우수와 하수 이송을 위해 만든 펌프장의 하나이다. 이 펌프장에서 배수하는 양은 연간 16백만톤이며, 1992년 이후 종합적인 제어실을 만들어 운영하기 시작하였다. 측정항목은 수심과 유량이며, 제어실은 10개의 단말기와 4개의 감시 카메라, 12개의 제어판넬로 구성되어 있었다. 제어프로그램의 운영체제는 Windows NT였으며, 프로그램은 GAASPAR라고 하는데 작동되고 있는 6개의 단말기중 1개에서는 모든 제어가 가능하다.

경보, 측정기와의 인터페이스 화면, Mazas 펌프장의 밸브 상태, Prodhon basin의 밸브 상태를 나타내는 수계 도식(hydraulic diagram)이 표시되는 단말기가 각각 1대씩 켜져 있었으며, 1개의 단말기에서는 운전자료를 엑셀로 정리할 수 있도록 되어 있었다. 제어실은 우리나라의 대규모 처리장에서 볼 수 있는 대형 모자이크 그래픽 판넬은 없었으며, 겉보기로는 매우 볼품없이 보였지만 펌프장을 감시하고 제어하는 데는 문제가 없어보였다. 특기할 만한 것으로는 화면보호기 그림이 Mazas 펌프장의 지상부터 지하까지의 역할을 소개하는 것으로 구성되어 있다.

2.3. 일본

일본은 최근 여러 가지 재난사고를 겪으면서 사회간접자본시설들의 안전에 대한 인식이 매우 높아졌다. 상수도 공급시설은 생명선으로 인식되었으며, 안전하고 확고한 상수도공급시스템을 유지할 수 있도록 재난관리시스템을 잘 구축하고 있다. 마찬가지로 대부분의 수원이 하천지표수, 하수, 그리고 댐인 일본은 안전한 원수를 확보하고, 처리수의 수질을 개선하기 위해 하수처리시스템을 개선할 필요성이 인식되고 있다.

하수처리시스템은 도시지역에서 국지적 폭우와 태풍에 의한 급작스런 홍수를 막기 위해서도 관리가 필요하다. 이외에도 도시상수도과 하수처리시스템 모두 인력과 에너지를 절감하고 다양한 시설과 시스템을 손쉽게 다루고 관리하고, 초기투자비와 운영비를 절감하여 전체적인 시스템의 효율을 높일 필요성이 있다. 이의 실현을 위한 기본적인 기술개발 방향은 다음과 같다.

- 시스템의 기능을 개선하여 여러 도시와 마을이 위치한 넓은 지역을 관리하고, 개선된 서브시스템을 조율하여 다층화된 상·하수도시스템을 통합하는 것이 필수적이다. 이와 같이 함으로써 안전과 재난관리체계가 정립될 수 있다.
- 인력과 에너지를 절감하고, 시스템의 관리를 쉽게 하고, 비용을 낮추어 전체적인 효율을 제고하여야 한다.

이러한 기본적인 기술방향을 실현하기 위한 전략은 모든 분야의 기술을 고도화하고, 이러한 기술들을 통합하고 융화하는 것이다. 상·하수도시스템의 ICA 분야에서 전기, 계측, 제어시스템 통합(EIC: Electric, Instrumentation, and Control systems)은 거의 실현된 상태이다. 관련 기술은 EIC 수준으로부터 제어, 컴퓨터, 그리고 통신이 융화되는 '3C Fusion'으로 급속히 발전되고 있다. '3C Fusion'의 분야별 주제어는 다음과 같다.

- ① 컴퓨터 : 국제 표준, 공개 구조, 소형화, 실시간, 고신뢰도, 분산화
- ② 통신 : 초고속, 광범위, 고용량, 고신뢰도, 디지털, 통합네트워크
- ③ 제어 : EIC 통합의 포함, fuzzy, neuro, 지식기반 모델을 이용한 수학적 모델의 검토와 발전, 이들 모델의 단순화와 일체화

○ 고도처리시스템

일본에서도 표준활성슬러지 공정외에 혐기/호기 또는 혐기/무산소/호기 공정들이 점차 증가하고 있다. 영양염류제거가 필요하게 됨에 따라 용존산소, 산화환원전위차, 총질소, 총인의 결정과 폭기량, 하수순환, 반송슬러지량, 폐기슬러지량, 응집제 주입율, 오존주입율의 자동제어 등이 필요하게 되었다. 여러 가지 수단을 사용하여 화학적산소요구량(COD)과 총질소 방류수질 10 mg/ℓ을 성공적으로 달성하였으며, 강우강도가 높은 지역을 제외하고는 대부분의 경우 총인의 배출수질 0.5 mg/ℓ를 달성하고 있다.

센서격막에 이물질이 부착되는 문제 등이 발생하고 있으나 회전형 세정솔과 약품을 첨가한 세정수 등을 사용하여 센서의 유지관리 주기가 하루 한번에서 한달에 한번 정도로 개선되고 있다.

○ 도시지역에서의 홍수 방지

일본에서의 도시화율은 매우 높으며, 모든 도로가 콘크리트와 아스팔트로 포장되어 강우가 지하로 침투되지 않기 때문에 비가 심하게 오면 도로가 하천처럼 되는 도시범람을 야기한다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 도시지역에서 강우, 풍향, 풍속, 수위, 하천수위, 유속, 호수, 댐, 관거 등의 평면적 정보와 광역 기상예보와 국지적 상세 강우 예보, 강우레이다 정보를 결합하고 단일화하여 단기간에 구름의 생성, 성장, 감퇴를 예측함으로써 강우강도를 추정할 수 있게 되었다. 강우량의 실시간 추정으로부터 이 지역과 하수도로의 유출량을 추정하여 강우배제를 위한 펌프 운전이 가능하다.

○ 하수관거에 설치한 광케이블네트워크

합류식 하수관거와 분류식 우수관거에는 긴 연장의 엄청난 지하공간이 확보되어 있다. 1996년에 하수도법을 수정하면서 동경도에서는 214 km의 광케이블과 6개의 비동기식교환기(ATM : Asynchronous Transfer Mode)를 하수관거에 포설하였다. 이중 60 km의 케이블을 이용하여 멀티미디어 통신실험을 수행하였으며, 향후 광케이블의 연장을 800 km로 확장하고 2개의 ATM을 추가로 설치할 계획이다. 이 시험은 펌프장의 원격감시와 제어, 폐수처리장의 슬러지 처리시설의 원격감시와 제어, 처리장간의 정보이송이 주요 목표였다. 앞으로 순차적이고 시간에 따라 변화하고 움직이는 영상을 CRT를 통하여 전송하여 다지점 회의를 시범 적용하고, 강우자료, 하수관거 도면, 처리장 장비 상세내역, 운전, 유지관리 기록 등의 자료를 모두 전자서식으로 공유할 계획이다. 20개의 지자체들이 동경도의 예를 따를 것으로 전망되며, 건설성에서는 2010년까지 100,000 km의 광케이블을 포설할 국가계획을 가지고 있다.

○ 매체 융합

매체융합(media fusion)은 하수도시스템에 포설된 광케이블의 빠른 전송능력을 이용하여 상·하수도시스템에서 공통적으로 사용되는 감시제어시스템에 의해 달성될 것이다. 컴퓨터 스크린의 윈도우 화면은 수치자료, 문자정보, 막대차트, 파이차트, 경향그래프, 계측기형태그림,

공정도, 계측기기 및 라인 도면 등의 시각화된 그래픽 자료를 표시할 수 있다. 윈도우에서 심볼과 아이콘을 클릭함으로써 운전중인 기계설비와 기기의 상태를 알 수 있으며, 결과적으로 실시간 운전이 가능하다. 이는 현재 상·하수도시스템의 감시와 운전에서 일반적으로 사용되는 방법이다.

매체융합의 발전에 의해 원격감시카메라로 동영상의 확대, 축소 뿐 아니라 특정지역의 소리까지 윈도우 화면에서 인식할 수 있으며, 스피커를 사용할 수 있다.

과거의 정보와 현재의 정보를 실시간으로 파악할 수 있게 되어, 운전실의 운전자들은 현장에 있는 조업자와 정보, 영상 등을 공유할 수 있으며, 위급한 상황에서 운전자 뿐 아니라 관리자도 정보를 공유하여 의사결정을 개선할 수 있다.

2.4. 최근 국제수질협회(IWA) ICA 분과의 연구 동향

2000년에 개최된 IWA ICA에서 발표된 논문을 보면 실제 처리장의 자료에 근거한 것들이 주류를 이루고 있었으며, 특히 독일 발표자의 연구결과가 주목할 만한데 이를 요약하면 다음과 같다.

먼저 생활하수와 산업폐수를 함께 처리하는 Krummennohl 하수처리장은 60,000명의 등가인구부하를 처리하고 있으며, 앞단의 탈질조와 2개의 폭기조를 사용하는 활성슬러지 공정이다. 이 처리장에서는 슬러지 탈수설비에서의 여액을 폭기조로 반송함에 따라 20%의 추가적인 N 부하가 발생하여 문제가 되었다. 처리장의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도는 $5 \text{ mg}/\ell$ 이하이어야 하며, 총질소 기준으로는 $20 \text{ mg}/\ell$ 이하이어야 한다. 이를 fuzzy logic과 neural networks를 이용하여 학습 제어함으로써 수질기준 이하로 방류하는 확률을 높일 수 있었다. 독일 하수처리장에서는 질소와 인 센서가 실용화되어 실제 처리장에서 잘 활용되고 있다.

독일 Wuppertal-Bucherhufe 처리장에서는 유입수의 유량, 암모니아, COD, 탁도, 온도, 전도도 등을 측정하여 상호간의 관계를 다중회귀 또는 neural network에 의한 계산방법으로 상관도가 0.9 이상인 수식을 도출하여 결측이 있을 경우 사용하는 소프트웨어적인 방법이 사용되고 있다.

IV. 하수처리시설 자동화설비 확대 방안

1. 국내 자동화설비의 문제점

1.1. ICA에 대한 인식 부족

국내 하수종말처리시설의 ICA에 대한 실태를 조사하면서 가장 먼저 파악된 문제점은 ICA 관련 기기를 부담스럽게 생각하고 있다는 것이다. 자동화 기기는 본래 운전자의 편의성을 높이고 공정을 안정적으로 운전하기 위해 설치된 것이다. 그러나 현재 국내 하수종말처리시설에 설치된 계측기와 제어시스템을 편리한 것으로 생각하고 활용하는 처리장이 일부 있는 반면 많은 처리장에서는 계기들이 설치되었기 때문에 유지관리해야 하는 것으로 받아들이고 있었다.

이러한 ICA 기기에 대한 인식은 기본적으로 하수처리시설이 플랜트 설비임에도 불구하고 시간적인 변화에 비교적 둔감한 설비이기 때문인 것으로 생각된다. 또한 현재의 하수처리장 처리수 기준이 관리항목과 배출농도 양면에서 모두 매우 약하게 설정되어 있기 철저한 관리에 대한 필요성이 낮은 것도 ICA 기기를 적극적으로 활용하지 않게 되는 이유이다. 즉, 하수처리장 관리를 느슨하게 해도 운전상 별 문제가 없기 때문에 관리자와 운전자 모두 실시간 계측과 부하변동에 따른 신속한 조치 기술에 대한 인식이 부족하게 된 것으로 판단된다.

1.2. 기기의 문제점

ICA 기기는 계측기, 제어시스템, 구동기로 크게 구분할 수 있다. 현재 우리나라 대규모 하수처리시설에는 대부분 분산제어방식의 DCS(Distributed Control System)을 제어시스템으로 채택하고 있으며, 계측기는 수위계, 유량계, 수질항목 측정기(pH, DO, MLSS, COD, BOD, 탁도, 슬러지 농도)를 사용하고 있고 구동기로는 펌프, 밸브 등이 다양하게 사용되고 있다. 이들의 문제점은 다음과 같다.

1.2.1. 계측기의 문제점

ICA 기기중 계측기는 사람의 오감에 해당한다. 즉 외부의 변화요인을 체크하고 내부의 상황을 정량적으로 파악하는 기기이다. 따라서 외부의 변화요인인 교란(disturbance)이 크지 않을 경우 필요성을 크게 느끼지 못한다. 또한 내부의 상태 변화가 크지 않을 경우도 마찬가지이다.

우리나라의 경우 대부분의 하수처리시설에 유입유량과 부하 변화를 줄이기 위한 조정조(Equalization Basin)가 거의 없고 강우의 변화도 심하기 때문에 하수처리장에 대한 외란은 크다고 볼 수 있다. 또한 하수처리장 내부의 상태도 시간대별로 상당한 변화를 보이는 것으로 측정되고 있다. 그러나 이러한 외란과 내부상태의 변화에도 불구하고 하수처리시설의 결과물인 처리수질은 단기적으로 크게 변하지 않는 것이 일반적이다.

하수처리시설에서 사용되는 계측기는 단위공정별로 특성에 따라 차이가 있지만, 크게 수위

계, 유량계, 온도계, 압력계, 농도계, DO계, pH계 등이다. 현장 실태조사와 문헌조사를 통해 파악한 국내 하수처리시설의 계측기의 문제점중 가장 큰 것은 유지관리가 제대로 되지 않고 있는 것이었다. 특히 하수처리장의 주요 공정인 활성슬러지 공정의 운전을 위해 반드시 필요한 계측항목인 DO, MLSS 등의 경우에도 계측기의 유지관리에 여러 가지 문제점을 안고 있다.

1.2.2. 제어시스템의 문제점

국내 하수처리장은 대부분 1단계 시설을 완공하여 처리를 시작한 이후 한 두차례의 증설을 통해 처리장 용량을 확장해 왔다. 따라서 최초 설치한 제어시스템과 이후 증설한 시스템을 통합해서 한 시스템으로 하기도 하고 두 시스템을 각각 운영하기도 한다. 국내 대규모 하수처리 시설에는 대부분 DCS 시스템을 채택하고 있으며, 기종이 매우 다양하다.

제어시스템의 문제점은 최초 설치된 DCS의 경우 관련 분야의 빠른 발전에 따라 이미 단종된 경우가 많다는 것이다. 따라서 Y2K 문제에 대응하지 못하여 연도를 계속 1900년대로 변경하여 사용하고 있는 경우도 있으며, 부품을 구하지 못하는 경우 시스템을 가동하지 못할 우려도 있다. 또한 시스템 사양이 CPU의 메모리 부족, 저장장치의 용량부족으로 실시간 자료를 기록보관하기에 부족한 경우가 있다.

계측신호의 감시와 제어를 위해서는 모자이크 판넬과 DCS CRT를 동시에 사용하는 곳이 대부분이었으며, 계측기 신호가 모자이크 판넬과 CRT에 모두 동시에 모두 다 표시되는 것은 아니었다. 운전자들중 전체적인 시스템 감시를 위해서 모자이크 판넬을 주로 본다고 응답하는 경우가 있었는데, 이는 CRT의 화면구성이 운전자가 처리장을 전체적으로 파악하기 어렵게 구성되어 있기 때문이다. 일부 처리장의 경우 운전자가 직접 DCS의 프로그램을 수정하여 감시화면을 구성하거나 제어프로그램을 하는 경우도 있었으나, 대부분의 처리장에서는 최초에 설치된 화면구성을 변경하지 않고 사용하고 있었다.

처리장의 DCS에는 포기조 송풍량 제어, 최종침전조 슬러지 인발량 제어, 반송슬러지량 제어 등의 제어기능을 갖추고 있는 곳이 다수 있었다. 이들 제어기는 대부분 PID 제어기로 연속제어가 가능하도록 프로그램이 되어 있으나 실제로 연속으로 제어하는 곳은 거의 없었다. 이와 같은 이유는 센서에 대한 신뢰도 부족과 펌프, 밸브 등의 구동기가 연속운전을 하기에 적합하지 않기 때문이다.

1.2.3 구동기와 제어시스템간의 문제점

제어시스템에 의해 자동제어를 할 수 있도록 구성되어 있는 경우라 하여도, 구동기가 연속운전을 할 수 있는 기기가 아닌 경우는 자동제어가 불가능하다. 또한 연속제어의 효과를 내기 위해 기기의 가동과 중지 시간을 조절하는 방식도 기기에 무리가 가기 때문에 시행에는 상당한 주의가 필요하게 된다.

하수처리장에서 일반적으로 시행할 수 있는 자동제어 대상인 용존산소(DO) 자동제어 운전의 예를 보면, 포기조 DO 값을 계측하여 송풍기의 흡입밸브와 공기조절밸브, 그리고 송풍기 가동 대수 등을 조절하게 된다. 서울의 한 처리장의 경우 송풍기 토출압력에 대한 변도의 제어루프를 구성하고 Cascade 방식의 제어에 의한 송풍기 대수 제어를 하고 있으나, 자동운전

시 포기조 DO가 급격히 변화할 경우 송풍기 흡입 또는 토출밸브에 의한 적정 제어가 어려운 상태이다. 따라서 DO 농도에 따라 송풍량을 충분히 제어할 수 있는 용량과 조절기능을 갖춘 송풍기와 자동밸브가 있어야 제어시스템에 의한 자동제어가 가능하다.

1.3. 설계상의 문제점

ICA 기기와 자동제어방식은 처리장의 개념설계단계에서부터 반영되어야 충분한 효과를 볼 수 있다. 또한 자동제어에 필요한 계측기, 구동기, 제어프로그램이 잘 구성되어야만 실제 자동운전이 가능하다. 그러나 국내 하수처리장에서는 DCS에서는 자동제어를 할 수 있도록 필요한 제어기가 갖추어져 있지만, 구동기는 자동제어에 적합하지 않은 기기로 구성되어 있거나 자동운전에 필요한 여러 가지 응용프로그램은 구성은 미약한 경우가 대부분이다. 최근에 설계보고서를 보더라도 아직까지 자동운전을 위한 세심한 배려가 부족하며, 아직 초기단계에 있는 N, P 처리공정의 경우 N과 P를 연속측정할 수 있는 계측기가 반영되어 있지 않다.

1.4. 제도적 문제점

ICA에 대한 인식부족 문제는 결국 제도적인 문제에 기인한다고 볼 수 있다. 최근 하수처리시설에 대한 민영화가 지속적으로 이루어지고 있지만, 아직까지 대부분 공조직의 형태를 가지고 있다. 따라서 관리직의 경우 계속적인 보직순환으로 인하여 수처리, 계측기, 제어기술 등을 종합적으로 파악하여야 하는 하수처리장 자동제어에 관한 기술축적이 안되고, 처리기술을 고도화하기 위한 필요성을 느끼지 못하며, 전문성도 뒤떨어지는 상태가 반복되고 있다.

하수처리시설의 조직상으로도 수질관리조직과 시설운영조직으로 구분되어 있는데, 수처리에 관한 운영은 수질관리조직에서 담당하고 있고 계측기와 감시제어설비의 운전은 시설운영조직에서 하고 있다. 따라서 수처리를 담당하는 파트에서는 하루에 1회 정도 별도로 MLSS, DO를 측정하여 송풍량과 반송슬러지량을 요청하고, 중앙운전실에서는 요청하는대로 기기를 조작해주는 상태이다. 따라서 하수처리장 운전이 유기적으로 되지 않고 수동적으로 되고 있다.

2. 자동화설비 활용도 개선을 위한 방안

2.1. 단기적 방안

대규모 하수종말처리시설에서의 자동화 설비 활용도를 높이기 위해서는 다음과 같은 장·단기적 조치가 필요한 것으로 판단된다.

2.1.1. 이력·점검 카드 사용 의무화

현재 설치되어 있는 ICA 관련 기기의 활용도를 높이기 위해서는 가장 먼저 기기의 이력카드와 점검카드를 잘 관리하는 것이 필요하다. 설비의 이력 및 점검카드 정리를 위하여 기기별 사진을 포함한 설치위치, 제작사, 모델명, 구입년도, 점검시기, 점검내역, 고장원인, 수리비용 등의 자료를 기록하고 정리함으로써 기기의 활용도를 높일 수 있다⁴⁾. 이력카드 관리는 대부

분의 처리장에서 시행하고 있지만 대부분 손으로 적고 있고, 점점 내역 등이 체계적으로 정리되어 있지 않기 때문에 가능하면 공통의 자료 정리 프로그램을 개발하여 보급하는 것이 바람직하다.

2.1.2. 부품 확보

컴퓨터 관련 부품은 모델의 변경기간이 불과 3년을 넘지 않는 반면 하수처리시설의 건설에는 최소 3년 이상 소요되기 때문에, 설계 당시에 선정된 모델은 가동될 때에는 이미 구형이 되고 시간이 조금 더 지나면 단종되는 것이 대부분이다. 따라서 새로운 기종으로 꾸준한 업그레이드가 어렵기 때문에, 주요 부품은 기기 수명이 다할 때까지 사용할 수 있도록 미리 비축해 놓는 것이 필요하다. DCS의 CPU 카드, 통신 카드 등 뿐만 아니라 각 단위공정별로 설치된 PLC 등의 부품도 사전에 확보해 놓거나 수리하는 방안을 강구하는 것이 필요하다.

2.1.3. 교육 훈련

하수처리장을 운전함에 있어서 가장 효율적인 방법은 하수처리장에 근무하는 누구나 처리공정을 이해하고 기기조작을 할 줄 알게 되는 것이다. 따라서 처리장 운영요원들은 수처리관련 계측기의 검교정 및 유지보수 등에 필요한 전문적인 기술능력을 확보할 필요가 있다. 이를 위해서 운전실의 운영요원과 수처리 담당자들은 상호 정보를 충분히 교류하는 한편, 기술전수와 전문성이 필요한 분야에 대해서는 전문교육기관에 위탁교육 기회를 부여하는 것이 바람직하다.

2.1.4. 대규모 처리장의 주요 운전자료에 대한 원격 감시

좁은 국토에 과도한 오염부하로 인한 수질오염은 기존의 기술에 근거한 동일한 배출수 기준의 적용만으로는 수질을 유지할 수 없게 되었다. 따라서 처리시설의 배출수 기준을 강화하는 한편, 수체에서 받아들일 수 있는 오염물질의 총량을 관리하는 오염총량관리제도를 시행하고 있다. 시행초기 단계인 오염총량관리제는 이전보다 더 엄격한 배출시설의 배출기준 강화와 처리수질의 모니터링을 필요로 하며, 이를 위해서는 처리수질의 연속 모니터링과 감시가 필요하다.

현재 하수처리시설에서 계측하고 있는 유입유량, 처리수량, 수질의 변동 등은 처리장에 따라 해당 시·군으로 자료를 전송하는 곳이 일부 있으나, 대부분은 그렇지 않다. 앞으로 대기 TMS와 같이 하수처리시설도 TMS를 갖출 필요가 있으며, 이는 궁극적으로 오염총량관리를 위한 사후 모니터링의 자동화와 신뢰도 향상을 가져오게 될 것이다. 최근의 컴퓨터 및 통신기술의 괄목할 만한 발전에 의해 이러한 원격 자료 전송 및 감시는 당장 실현가능한 기술이기 때문에, 최소한 처리장의 유입, 유출 수량과 안정적으로 계측이 가능한 자료를 원격 전송

4) 고양시 하수처리장에서는 각 기기별로 이력카드를 잘 정리하고 있으며, 사진과 설치위치 등이 잘 표기되어 있다.

하도록 함으로써 계측기 및 처리장의 철저한 관리를 유도할 수 있을 것이다.

2.1.5. 사용자 집단과 전문가 집단 구성 및 지원

하수처리시설 운전기술을 개선시키기 위해서는 운전을 담당하는 사람들간의 경험을 공유하고 확산시키는 것이 필요하다. 국내에는 상하수도협회와 환경관리공단 등에서 이들의 회합을 촉진시키기 위한 일들을 하고 있다. 최근 인터넷의 확산에 따라 언제 어디서나 필요한 정보의 검색과 공유가 가능해지고 있으며, 미국의 물환경협회(WEF : Water Environment Federation)에서는 이를 적극 활용하고 있다.

WEF에는 수처리관련기술을 촉진시키기 위한 인터넷을 통한 정보교류의 장을 만들고 있다⁵⁾. 먼저 기술토의를 위하여 계측, 제어 자동화 위원회(Instrumentation, Control and Automation Committee)를 운영하여 처리시설 운영자, 공무원, 기업체, 학계 등에서 전문가들이 정보를 교류하고 있다. 또한 계측과 제어에 관한 토의 포럼을 운영하여 원격 감시, 제어기와 소프트웨어, 측정기기, 자동화 기기, 센서 등에 관한 주제를 게시판에 올리고 서로 응답함으로써 정보를 교류하고 있다.⁶⁾

이러한 인터넷을 이용한 정보교류와 확산은 매우 효과가 크기 때문에, 국내에서도 조속히 관련 인터넷 사이트를 운영할 수 있도록 지원하는 것이 필요하다.

2.2. 장기적 방안

2.2.1. 제도적 개선 방안

장기적으로 추진해야 할 방안중 가장 기본적으로 필요한 것은 하수처리시설 운영 조직을 근본적으로 재검토하는 것이다. 즉, 기존의 단편적인 업무구분 방식으로부터 실제 하수처리를

5) <http://www.wef.org/MembershipBenefits/MembershipBenefits/chlst.jhtml>

Instrumentation, Control and Automation

The committee shall develop, recommend, support, and conduct continuing assessments of technologies and techniques to promote the overall understanding of the application of process instrumentation, control equipment, and automation used in the water environment.

6) <http://www.wef.org/Forums/Index.cfm?cfapp=11>

▽ Instrumentation & Control General Discussion

- Autodialer software for pump station and plant alarms 12/07/00 (1)
- Chlorine Analyzer 12/07/00 (8)
- Oil detector 11/30/00 (1)
- Redox monitoring 11/21/00 (2)
- Any ideas for computer courses related to env. sci. & tech. 11/21/00 (2)
- Location of oxygen monitors 11/17/00 (4)
- Any experience with Danfoss DO probes? 11/16/00 (4)
- cost analysis 11/15/00 (1)
- References for DO probes and energy savings 11/09/00 (3)
- floating cover level for SCADA system 10/20/00 (2)

Subscribe to Thread

잘하기 위해서는 무엇이 필요한가에 대한 업무분석(process based business process reengineering)을 하여 인력자원을 하수처리시설의 운전과 유지관리가 잘 될 수 있도록 재배치하고 인사방법도 재구성하는 것이다. 앞으로 BOD 뿐만 아니라 질소와 인의 배출수 기준이 본격적으로 강화되면 하수처리장은 이전보다 더 많은 종류의 계측기와 자동제어 기기를 사용하게 될 것이기 때문에, 이러한 추세변화에 맞도록 인력관리 방식을 보완하는 것이 필요할 것이다.

또한 기존의 공무원 조직방식의 운영이 계속될 경우 관리직은 한 업무를 계속하여 전문지식을 축적하여야 하는데, 통상 2, 3년에 한번씩은 보직을 바꾸기 때문에 하수처리에 필요한 전문지식을 피상적으로 파악할 수 밖에 없다. 또한 장기적으로 처리장 운영 개선을 위해 필요한 업무도 지속적으로 추진되지 못하는 경우가 있다. 현재 국내에는 많은 지자체에서 기존의 공무원이던 하수처리시설 조직을 공사화하거나 민간위탁 운영방식으로 변경하고 있다. 이와 같은 전문사업 조직화를 지속적으로 추진함으로써 공무원 방식의 보직순환에 따른 운전자의 전문지식 확보 및 장기적인 개선 방안 추진이 가능할 것이다.

2.2.2. 기기 국산화 및 표준화

현재 국내 하수처리시설에서 사용하고 있는 ICA 관련기기중 계측기와 주전산기 등은 외국 제품이 대부분이다. 따라서 기기가 고장났을 경우 수리와 교체에 많은 시간이 소요되고, 아예 부품을 구하지 못해 사용하지 않게 되는 경우도 있다. 또한 처리장마다 서로 다른 기기와 프로그램을 사용함으로써 부품의 교체 사용이나, 성능 비교가 매우 어렵다.

따라서 하수처리시설에서 사용되는 ICA 관련기기의 국산화율을 높이고 하드웨어와 소프트웨어를 표준화하는 것이 필요하다. 또한 앞으로의 수질규제항목의 증가에 대비한 센서개발 기술 확보 방안이 필요하다. 특히 국내에서 종말처리시설에 대한 인과 질소 규제에 대비한 기존 처리공정의 변경과 신설·증설을 위한 설계자료에 인과 질소를 실시간으로 측정할 수 있는 센서 설치 계획이 없는 곳이 있는데, 질소와 인의 처리 경험이 있는 외국의 예를 보면 실시간 측정기기 사용이 일반화되고 있기 때문에 관련 센서 기술 개발이 시급히 필요하다.

최근 실시간 현장실시간 수질 계측기와 분석기에 대한 표준화가 가시화되고 있다. 실험실에서 수질분석 분야에서의 표준화는 국가, 유럽, 세계 수준에서 잘 설정되어 있다. 그러나 현장온라인 측정기에 대해서는 흔히 사용되는 pH와 전도도 측정기조차도 아직 국제표준이 없는 상태이다.⁷⁾

표준화가 이루어지면 현장온라인계측기를 사용자들은 다음과 같은 잇점을 갖게 된다.

- 다른 생산자와 공급자에 의한 센서/분석기를 공통된 스펙에 의해 비교 가능하다.
- 따라서 센서의 선택은 질과 가격에 의해 결정된다.
- 센서 브로셔는 이해가 쉽고 검증이 가능한 형태의 설명이 포함된다.
- 최종사용자는 센서를 자신의 실험실에서 독립적으로 검증하고 보정할 수 있게 된다.
- 최종사용자는 공급자와 무관하게 수행된 재교정을 받을 수 있다.
- 최종사용자는 자신의 온라인분석기를 실험실 분석기와 마찬가지로 문서화할 수 있다.
- 궁극적으로 규제를 위한 이행 평가에 온라인 분석기를 사용할 수 있다.

7) Standardised testing of on-line sensors/analysers, Anders Lyggard-Jensen Hans Svankjar Jacobsen, ISA, 1999

현장 온라인 센서/분석기의 생산자와 공급자는 다음과 같은 잇점이 있다.

- 공통의 스펙은 생산자들과 공급자들이 기기의 수준차이에 대한 경쟁을 할 수 있도록 해 준다.
 - 또한 시장 수요에 맞는 다른 센서를 개발할 수 있도록 해 준다.
 - 최종사용자가 검증된 센서를 사용하게 되어 근본적으로 시장규모가 커지게 된다.
 - 규제기관이 온라인센서를 사용하게 되어 시장규모는 더 커지게 된다.
- 규제기관은 다음과 같은 잇점을 가지게 된다.
- 적정하게 검증된 온라인센서는 이를 이용한 이행평가를 가능하게 해 준다.
 - 또한 지표수로 배출되는 배출수와 수원을 연속측정할 수 있으므로 현재보다 더 효과적으로 환경을 보호할 수 있게 된다.

Cenelec, ASTM 등의 기구에서는 현장온라인센서와 분석기의 표준화를 추진하고 있으나 접근방법과 결과는 매우 다르다. 즉 Cenelec은 측정항목에 중점을 두고 있는 반면, ASTM은 실험실 분석기에 근거한 자동화 작업에 초점을 맞추고 있다. 유럽에서는 ETACS(European Testing and Assessment of Comparability of on-line Sensors/ analysers) 프로젝트를 수행하고 있다.

ETACS는 암모니아, 질산성 질소, 인산염, BOD, COD, TOC와 같은 수질항목을 측정하는 현장온라인 측정기의 표준화된 검증 방법을 개발하였다. 이들 작업은 온라인현장센서/분석기를 표준화하기 위해 새로 구성된 ISO(International Standardization Organization)의 TC(Technical Committee) 147 WG(Working Group) 2에 반영되고 있다. ISO의 작업범위는 다음과 같다.

- 온라인현장센서/분석기들과 그들의 종류를 정의한다.
- 온라인현장센서/분석기들의 성능특성을 기술하는 용어를 정의한다.
- 온라인현장센서/분석기들의 성능특성을 평가하기 위해 사용되는 시험방법(실험실과 현장)을 정의한다.
- 특정한 적용분야에서 온라인현장센서/분석기의 능력을 평가하는 방법을 정의한다.

2.2.3. 저렴한 PC 기반의 처리장 관리 시스템 구축

국내 대규모 하수처리시설의 경우 대다수가 제어시스템으로 DCS를 도입하고 있다. 최근 컴퓨터 기술과 통신 기술의 발전에 따라 산업용 PC와 워크스테이션은 성능면에서 기존의 DCS와 큰 차이가 없게 되었다. 따라서 중소규모 처리장에는 PC 또는 워크스테이션을 기반으로 한 PLC 통신 방식으로 시스템을 구축하고 있다.

PC 기반의 자료획득(Data Acquisition) 기술, GUI 개발도구, PLC 기술, 원격접속 소프트웨어 도구들이 급속하게 발전함에 따라 상대적으로 저렴한 비용으로 복잡한 폐수처리 SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) 시스템을 구성할 수 있게 되었다. 이런 시스템들은 복잡한 폐수처리장에서도 오염부하 배출 감소, 규제 기준 이행을 개선, 획기적인 보고 자료 작성 노력 감소, 공정별 처리 과정 추적, 시스템 운영 인력 감소, 통신을 이용한 24시간 원격 감시 등을 가능하게 하고 있다.⁸⁾ 이런 시스템들은 대부분 범용적인 하드웨어와 소

8) Industrial implementation of remote accessed SCADA system using fully integrated graphical user interface, data acquisition system, and PLC control, Scott A. Klages, ISA, 1997

프트웨어로 구성되기 때문에 유지보수 측면과 가격면에서 큰 강점을 가지고 있으므로, 불요불급한 경우가 아니면 PC 기반의 처리장 관리시스템을 구성할 것을 권장한다.

2.2.4. 포상제도 도입

하수처리장간의 벤치마크 시스템이나 포상제도 도입은 장기적으로 하수처리 기술 발전에 도움을 준다. 미국 EPA에서는 하수처리 규모별, 종류별로 여러 분야를 고려하여 국가최우수유지관리상(National Operations and Maintenance Excellence Awards)을 여러 가지 기준을 고려하여 개선 정도에 따라 포상을 하고 있다⁹⁾. 여기에 포함된 ICA 관련 기준은 기기 유지관리와 하수관거 시스템 제어, 처리장 자동화, 공정제어 및 현장 측정 등이다.

이외에도 WEF에서는 매년 하수처리장 건설, 운전, 유지관리에 관한 새로운 혁신적인 제품이나 서비스에 대한 포상을 하고 있으며, 분야는 계측(Instrumentation), 공정 기기(Process Equipment), 수거시스템(Collection System), 고형물취급/처분(Sludge Handling/Disposal)의 4 분야이다. 이러한 포상제도는 손쉽게 시행할 수 있으며, 각 처리장간의 경쟁과 벤치마킹을 유도함으로써 하수처리장 운전기술 발전에 도움이 될 것이다.

9) <http://www.epa.gov/owm/nexcel.htm>:

National Operations and Maintenance Excellence Awards의 평가 기준

- Best Management Practices, · Biosolids Handling and Disposal,
- Collection System Controls, · Collection System Maintenance Management, · Compliance Equipment Maintenance Management, · Financial Management,
- Innovative O&M Practices, · Laboratory Management
- Personnel Training Programs, · Plant Automation
- Pollution Prevention, · Process Control and Field Monitoring
- Public Education, · Safety Education
- Septage Management, · Toxic Waste Controls

V. 결론

국내 대규모하수종말처리시설의 ICA에 대한 실태를 조사와 외국의 실태를 조사하여 하수처리시설에서의 자동화설비 활용도를 높이기 위한 것이 이번 연구의 목적이다. 국내 하수처리장의 실태조사에서 가장 먼저 파악된 문제점은 본래 운전자의 편의성을 높이고 공정을 안정적으로 운전하기 위해 설치한 자동화 기기를 적극 활용하는 곳보다는 설치된 기기를 부담스러워 하는 곳이 많다는 것이다. 이는 계측기의 잦은 고장과 검교정의 필요성, 사용이 어렵고 구형인 제어시스템, 그리고 애초부터 자동운전을 고려하지 않은 설계로 인한 자동운전의 불가능 등에 기인한다.

그러나 근본적으로 ICA 기기활용도가 낮은 이유는 현행 방류수 기준이 처리장 운전의 ICA 기기를 적극 활용할 필요가 없을 만큼 느슨하고 고도의 처리공정 기술이 필요치 않기 때문이다. 또한 처리장 운전자도 잦은 보직순환으로 인한 전문지식 부족과 장기적인 성능개선의 추진의 어려움, 그리고 수처리 파트와 계장설비 운전 점검 파트의 괴리 등도 주요 요인으로 생각된다. 앞으로 질소, 인 등의 고도처리 필요성과 방류수 기준 강화, 총량관리에 필요한 모니터링 강도의 증가 등이 본격화되면 상황은 달라질 것이다.

따라서 자동화설비의 활용도를 개선하기 위하여 다음과 같은 장단기 방안이 필요할 것으로 사료된다. 먼저 단기적인 방안으로는 기기 이력·점검 카드 사용 의무화, 기기 고장 등에 대비한 부품 확보, 운전자에 대한 교육 훈련 강화, 대규모 처리장의 주요 운전자료에 대한 원격 감시제도 시행, 처리장조업자 모임과 전문가 집단 구성 및 인터넷을 이용한 지원 등의 방안을 강구할 필요가 있다. 장기적으로는 민영화 추진등에 의한 하수처리장 운영요원의 전문화, 관련기기 국산화 및 표준화, 저렴한 PC 기반의 처리장 관리 시스템 구축, 포상제도 도입과 벤치마킹 제도를 통한 인센티브 제도 도입 등이 필요하다.

참 고 문 헌

- ASTM(American Society for Testing and Material) : Designation: D 3864- 96 Standard Guide for Continual On-Line Monitoring Systems for Water Analysis.
- Automated Process Control Strategies, WEF, 1997
- Cenelec prEN50228: Performance requirements and test methods for control and monitoring pH analysers for use in the water industry. Part 1: Specification and test methods for assessing performance under laboratory conditions and part 2: Specification and test methods for assessing performance under field conditions.
- EU-Project SMT-CT96-2131: European Testing and Assessment of Comparability of on-line Sensors/analysers. ETACS Newsletters and Final Report (under preparation).
- Industrial implementation of remote accessed SCADA system using fully integrated graphical user interface, data acquisition system, and PLC control, Scott A. Klages, ISA, 1997
- Instrumentation in Wastewater Treatment Facilities, Manual of Practice 21, WEF, 1993
- Instrumentation, Control and Automation
- ISO/TC 147/WG2; Doc. N5 - Outline of the WG activities 2. ed. 1999-02-15
- On-Line Monitoring to Control Transients in Wastewater Treatment PROJECT 92-OPW-1, WEF, 1994
- Selected Applications of Instrumentation and Automation in Wastewater-Treatment Facilities, EPA-600/2-76-276
- Standardised testing of on-line sensors/analysers, Anders Lyggard-Jensen Hans Svankjar Jacobsen, ISA, 1999
- USEPA, <http://www.epa.gov/owm/nexcel.htm>:
- <http://www.wef.org/Forums/Index.cfm?cfapp=11>
- <http://www.wef.org/MembershipBenefits/MembershipBenefits/chlst.jhtml>

부 록

1. 국내 하수처리장의 계장관련 설비 예

2. 국내 하수처리장 자동화 설비 자료 사진



<국내 하수처리장 운전실 DCS와 CRT>



<운전실에 설치된 대형 모자이크 판넬>

3. 하수처리장 진단보고서 관련 자료

(1) 하수처리장 진단보고서 목차

제1장 기술진단의 개요

- 1.1 기술진단의 목적
- 1.2 기술진단의 범위 및 내용
 - 1.2.1 기술진단의 범위
 - 1.2.2 기술진단의 내용

제2장 일반현황

- 2.1 처리장 현황
- 2.2 하수처리 기본계획
 - 2.2.1 목표연도 및 처리구역
 - 2.2.2 하수배제방식 및 계획처리인구
 - 2.2.3 계획하수량
 - 2.2.4 계획수질
- 2.3 처리시설 현황
 - 2.3.1 처리공정도
 - 2.3.2 주요시설물 현황
 - 2.3.3 기계 및 배관설비 현황
- 2.4 단위공정별 수질조사
 - 2.4.1 분석항목 및 분석방법
 - 2.4.2 진단시료 분석결과

제3장 시설 및 운영진단

- 3.1 유입하수 및 반입분뇨의 특성조사
 - 3.1.1 유입하수량
 - 3.1.2 반입분뇨량
 - 3.1.3 유입하수의 성상 및 처리수질
- 3.2 정화조오니 전처리공정
 - 3.2.1 정화조오니 처리시설
 - 3.2.2 토양 탈취시설
- 3.3 하수처리공정
 - 3.3.1 침사지
 - 3.3.2 유입펌프시설
 - 3.3.3 분수조
 - 3.3.4 최초침전지
 - 3.3.5 포기조
 - 3.3.6 최종침전지
 - 3.3.7 농축조
 - 3.3.8 소화조
 - 3.3.9 탈수시설
 - 3.3.10 급수시설
 - 3.3.11 토양 탈취시설

- 3.3.12 총괄 처리효율
- 3.3.13 단위공정별 물질수지 분석
- 3.3.14 우천시 3Q처리 검토
- 3.4 기계장비(기기류)의 유지관리상태
 - 3.4.1 정화조오니 처리시설
 - 3.4.2 하수처리시설
 - 3.4.3 시설개선비용 및 추진시기(기계 및 배관설비)
- 3.5 전기설비의 유지관리상태
 - 3.5.1 전기설비
 - 3.5.2 전기사용합리화를 통한 에너지절감 및 업무효율성제고방안
- 3.6 계장설비의 유지관리상태
 - 3.6.1 감시제어설비
 - 3.6.2 계측설비
 - 3.6.3 시설자동화 방안검토
 - 3.6.4 감시제어시스템 개선방안
 - 3.6.5 시설개선비용 및 추진시기(전기 및 계장설비)
- 3.7 토목 건축구조물
 - 3.7.1 일반사항
 - 3.7.2 현장조사
- 3.8 수질분석 및 공정관리
 - 3.8.1 수질분석 및 공정관리
- 3.9 일반관리
 - 3.9.1 조직 및 업무분장
 - 3.9.2 과년도 예산집행실적
 - 3.9.3 근무환경등 설문조사
- 제4장 요약 및 종합평가
 - 4.1 문제점 및 개선방안 요약
 - 4.1.1 정화조오니 처리시설
 - 4.1.2 하수처리시설
 - 4.2 종합평가

● 부록보고서 목차

1. 분뇨처리시설 기계설비 기기테스트 결과
2. 하수처리시설 기계설비 기기테스트 결과
3. 분뇨처리시설 기계장비 점검표
4. 하수처리시설 기계장비 점검표
5. 전력분석 측정결과
6. 전기설비 점검표
7. 계장설비 점검표
8. 기술진단시료 분석결과

(2) 하수처리장 진단자료에 의한 계측기의 고장원인 종류

(3) 하수처리장 진단보고서중 1997년 이전 진단 자료

하수처리장 진단보고서로부터 상세한 계장설비 내역을 파악하기 어려운 처리장들의 기기 내역을 간단히 정리한 것이다. 이들은 대부분 1997년 이전에 진단된 것이기 때문에, 현재의 실태와는 차이가 있을 수 있다.

○ 대구 달서천 하수처리장

- DCS
- 구형 모델과 신형 모델이 맞지 않음
- 아날로그 기기를 디지털로 바꾸는 것이 필요함
- DO계는 Floating Ball Type을 바꾸면 6개월 동안 사용 가능
- 인력구성상 분석계기 정기점검이 어려움
- pH 2개
- MLSS 투광식 6개
- DO Galvanic Cell Type(물세정기 장착) 6개
- 전자식유량계 36개
- 송풍유량계(차압식 orifice) 43개
- 소화조 압력식, 초음파식 수위계 16개

○ 인천 가좌 하수처리장

- DCS
- pH (복합전극식) 8개
- DO 갈바닉식 3개
- 슬러지밀도계(소포식 초음파식) 1개
- 유량계 (전자식, 초음파식, 차압식, 정전식, 임펠러식) 53개
- 수위계 (Capacitance식, Float식, 전극식) 40개

○ 고양시 하수처리장

- DCS PID 조절계 있음.
- PRS 4기
- pH계 복합전극식 1개
- DO계 갈바닉식 2개
- MLSS 광투과식 2개
- 농도계 초음파식 4개
- 이중 슬러지를 재는 수위계와 농도계는 감도 저하
- 유량계
 - 전자식 12개
 - 초음파식 1개
 - 용적식 1개
 - 차압벤츨리식 6개 (송풍량)
- 수위계
 - 압력식 2,

- 공기버블식 1개,
 - 레벨게이지 1개,
 - 초음파식 7개,
 - 적외선식 3개 (슬러지)
- 압력계 전자식 1개

- 진주 하수종말처리장 1996
 - System 내역 미상
 - 수질측정기 내역 미상
 - 수위계
 - Air bubble Type 2
 - 유량계
 - 전자식 7개
 - 차압식 3개

- 제주 하수종말처리장 1996
 - PLC PC
 - 수질측정기 내역 미상
 - 수위계
 - Air purge식 3개
 - 유량계
 - 전자마그네틱식 15개
 - 차압식 orifice 2개

- 안양하수종말처리장 1996
 - DCS
 - 송풍기 인버터 PID 조절계 : DO 센서 문제로 사용않음
 - 계측기 수량 미상

- 구미하수종말처리장 1996
 - 탁도계 (방류수) 1개
 - pH계 복합전극식 5개
 - COD계 (방류수) 1개
 - DO계 갈바닉식 1개
 - MLSS 광투과식 1개
 - 슬러지 탁도계 (광투과식) 5개
 - 농도계 광투과식 1개
 - 유량계
 - 마그네틱식 15개
 - Level계
 - Air bubble식 10개

Level switch 1개
 Level transmitter식 3개
 압력식 3개
 차압식 6개
 초음파식 2개
 슬러지 레벨계 1개

○ 장림하수처리장 1996

- 정량적 자료 없음

○ 수영하수처리장 1996

- DCS
- pH 복합전극식 1개
- DO계 갈바닉식 물세정 방식 3개
- MLSS계 (산란광식) 3개
- 소화슬러지 농도계 초음파식 1개
- 유량계
 Parshall flume식 2개
 전자식 11개
 차압식(송풍량) 3개
- 수위계
 투입압력식 2개

○ 광주하수종말처리장 1996

- 자료없음 (현재는 기기이력과 보수내역이 관리되고 있음)

4. 스웨덴과 프랑스 자동화 설비 자료 사진



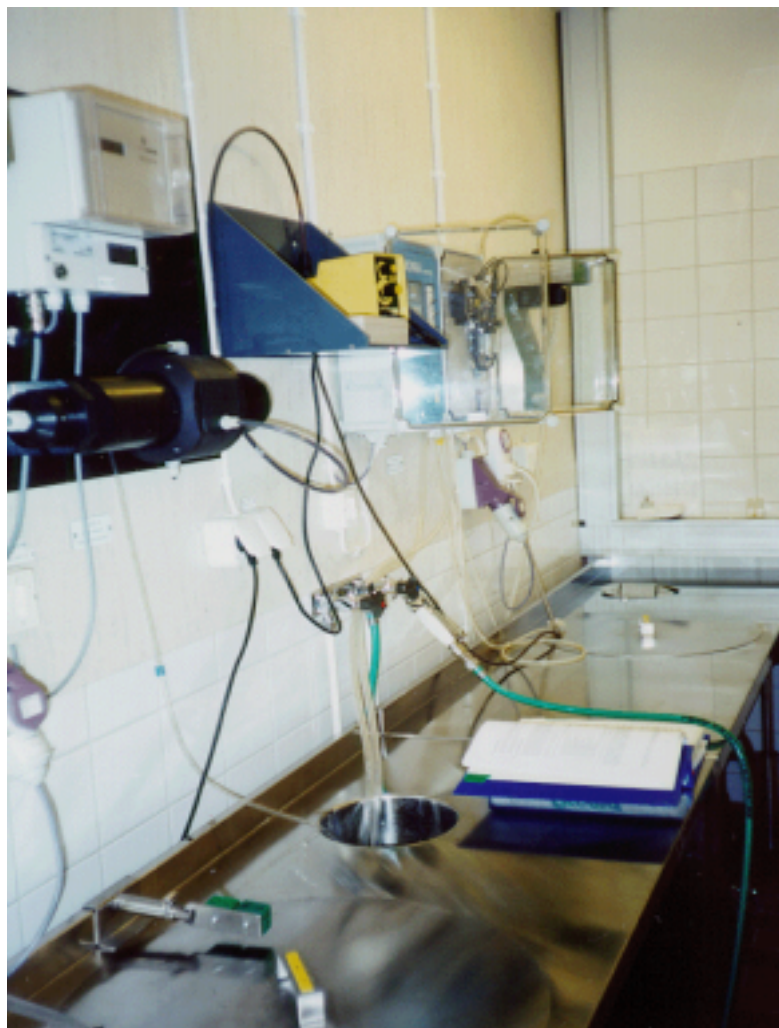
<사무실에 위치한 제어감시 화면>



<쉽게 들어올릴 수 있도록 설치된 용존산소 측정기>



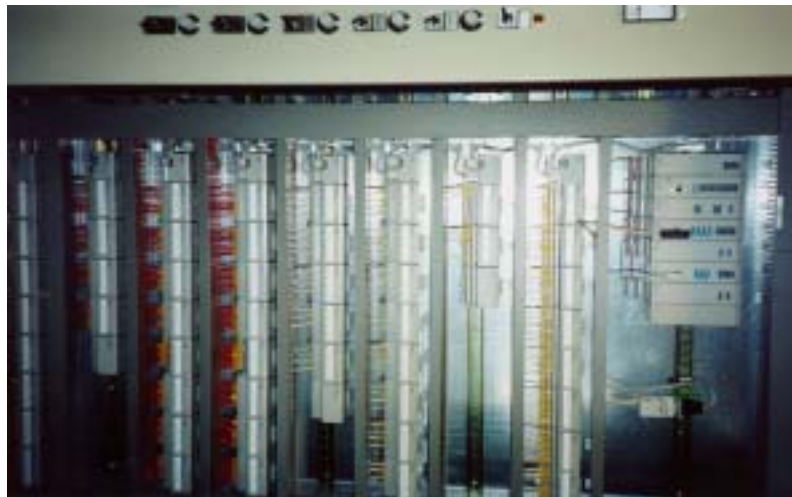
<MLSS 측정기>



<실내에 설치된 $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 연속측정기와 시료채취기>



<송풍기 용량조절을 위한 인버터 판넬>



<I/O card 및 신호단자>



<프랑스 Mazas 땀프장 운전실>



<유입 땀프장에 설치된 초음파 수위계>

5. 공공환경시설 기술진단 제도 관련 법령

(1) 관련 법령

1) 환경기술개발 및 지원에 관한 법률

제10조(기술진단)

- ① 환경부장관은 공공의 환경시설에 대한 고장을 예방하고 적정운영을 도모하기 위하여 공공의 환경시설에 대한 기술진단을 실시할 수 있다.
- ② 제1항의 규정에 의한 기술진단의 대상시설·진단주기 및 진단비용 등 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.
- ③ 환경부장관은 제1항의 규정에 의한 기술진단의 결과 시설개선이 필요하다고 인정될 경우에는 소요경비의 일부를 지원할 수 있다.
- ④ 공공의 환경시설관리자에게 제1항의 규정에 의한 기술진단의 결과에 따라 시설의 보완 등 필요한 조치를 요청할 수 있다.
- ⑤ 공공의 환경시설관리자는 제1항의 규정에 의한 기술진단에 협조하여야 한다.

<시행령>

제18조(권한의 위임 및 위탁)

- ③ 환경부장관은 법 제19조의 규정에 의하여 다음 각호의 권한을 환경관리공단법에 의한 환경관리공단에 위탁한다.
 1. 법제9조 규정에 의한 환경기술지원업무 및 소요경비지원업무
 2. 법제10조 규정에 의한 기술진단업무 및 소요경비지원업무

<시행규칙>

제7조(기술진단 대상시설 등)

- ① 법 제10조의 규정에 의한 기술진단의 대상시설은 다음 각호와 같다.
 1. 하수도법 제2조5호의 규정에 의한 하수종말처리시설
 2. 수질환경보전법 제25조제1항 및 제2항의 규정에 의한 폐수종말처리시설
 3. 오수·분뇨및축산폐수의처리에관한법률 제2조제7호 및 동조 제8호의 규정에 의한 분뇨처리시설 및 축산폐수처리시설
 4. 폐기물관리법 제2조제7호의 규정에 의한 폐기물처리시설로서 다음 각목에 해당하는 시설
 - 가. 매립면적이 4만제곱미터 이상이거나 사용기간이 5년 이상인 매립시설
 - 나. 시간당 소각능력이 600 킬로그램 이상인 소각시설
 - 다. 기타 환경보전을 위하여 환경부장관이 필요하다고 인정하는 폐기물처리시설

제9조(기술진단내용등)

- ① 법 제10조1항의 규정에 의한 환경관리공단의 기술진단에는 다음 각호의 사항을 포함하여야 한다.
 1. 대상시설의 공정별 처리효율 검토
 2. 대상시설에 대한 실태조사
 3. 대상시설에 대한 개선방안 제시

- ② 환경관리공단이사장은 법 제10조1항의 규정에 의하여 기술진단을 실시할 때에는 30일 이내에 그 결과를 통보하여야 한다.

제10조(기술진단주기)

법 제10조제2항의 규정에 의한 기술진단주기는 시설가동일로부터 매 5년으로 한다. 다만, 시설을 관리운영하는 자가 기술진단주기에 이르기 전에 기술진단을 신청하는 경우에는 그러하지 아니하다

제11조(기술진단비용)

- ① 법 제10조제2항의 규정에 의한 기술진단비용은 대상시설의 종류·규모 및 진단기간 등을 감안한 인건비·출장비 및 시료분석비 등으로 한다.
- ② 제1항의 규정에 의한 비용의 산정기준은 환경부장관이 환경관리공단이사장의 의견을 들어 정한다.

제19조(권한의 위임 및 위탁)

- ① 이 법에 의한 환경부장관의 권한은 그 일부를 대통령령이 정하는 바에 따라 국립환경연구원장, 지방환경관서의 장 또는 특별시장·광역시장·도지사에게 위임할 수 있다.
- ② 이 법에 의한 환경부장관의 권한은 그 일부를 대통령령이 정하는 바에 따라 환경관리공단법에 의한 환경관리공단, 환경관계기관, 단체 또는 중앙행정기관의 장이 지정하는 기관, 단체에 위탁할 수 있다.

2) 하수도법

제17조(하수종말처리시설의 유지관리)

공공하수도관리청은 대통령령이 정하는 바에 의하여 하수종말처리시설을 유지관리하여야 한다.

<시행령>

제13조(하수종말처리시설의 유지관리)

- ③ 공공하수도관리청은 하수종말처리시설 가동일로부터 5년마다 전문기관에 의한 기술진단을 실시하고, 기술진단내용과 개선계획을 수립하여 환경부장관에게 보고하여야 한다.

3) 오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률

제23조(분뇨처리시설의 운영·관리 등)

- ② 분뇨처리시설의 설치자 또는 관리자는 환경부령이 정하는 바에 의하여 분뇨처리시설의 방류수 수질을 자가측정하고, 환경부령이 정하는 유지·관리기준에 따라 그 시설을 적정하게 유지·관리하여야 한다.

<시행규칙>

제44조(분뇨처리시설의 유지·관리기준)

- ③ 분뇨처리시설의 관리자는 분뇨처리시설의 적정 운영을 도모하기 위하여 분뇨처리시설의 가동개시일로부터 5년마다 다음 각호의 1의 기관에 의한 기술진단을 실시하고, 기술진단내용과 개선이 필요한 경우에는 그 개선계획서를 환경부장관 또는 시·도지사에게 보고하여야 한다.

1. 환경관리공단법에 의한 환경관리공단

2. 엔지니어링기술진흥법 제4조의 규정에 의하여 신고된 수질관리분야 엔지니어링 활동주체
3. 기술사법에 의하여 기술사사무소의 개설을 등록한 수질분야 기술사
- ④ 분뇨전처리시설에 대하여는 제3항의 규정에도 불구하고 제43조제1항 단서의 규정에 의하여 분뇨를 최종처리하는 시설의 기술진단시 함께 기술진단을 하여야 한다.

(2) 기술진단 관계규정

1) 공공 환경시설의 기술진단업무 처리규정

(환경부 훈령 제314호, 1995. 12. 6)

제1조(목적) 기술진단업무를 효율적으로 추진하기 위하여 기술진단에 관한 업무처리절차, 진단내용과 방법 등 필요한 사항을 규정

제5조(기술진단 계획수립)

- ① 관리자는 소관 기술진단대상 환경시설에 대한 차기 5년동안의 기술진단계획을 매년 수립하여 이를 지방환경관리청장(하수종말처리시설의 경우 지방환경청장 경우 환경부장관)에게 11월 30일까지 송부하여야 하며 관리자는 다음 연도에 기술진단 대상시설이 있을 경우에는 진단에 소요되는 비용을 예산에 반영하여야 한다.
- ② 제1항의 규정에 의한 기술진단 계획에는 다음 각호의 사항이 포함되어야 한다.
 1. 대상 시설명
 2. 진단실시 예정연도, 진단실시예정기간
 3. 진단소요 예상비용, 예산확보계획(다음연도 기술진단 대상시설의 경우에는 예산확보 내역)

제7조(기술진단 신청) 관리자는 제5조 제1항의 규정에 의하여 수립된 기술진단계획의 내용 중 다음연도에 기술진단을 받고자 하는 환경시설에 대하여 환경기술법 시행규칙 별지 제6호서식의 기술진단신청서에 다음 각호의 서류를 첨부하여 12월 31일까지 공단에 제출하여야 한다.

1. 환경오염물질배출공정도 : 처리구역에 대한 오염물질의 배출특성, 오염물질 유입방식과 유입공정
2. 환경오염물질처리계통도 : 해당처리시설의 처리대상물질 처리공정과 처리과정에서 생성된 잔류물질의 처리방법
3. 환경오염원 현황자료
4. 기술진단 과업지시서(기술진단기간 포함)
5. 운영조직·인력 및 업무분장내용
6. 기타 참고자료 : 운영실태, 자체파악된 문제점 및 개선계획 등 대상시설의 현황파악에 도움이 되는 자료

제10조(진단결과 통보) 공단은 기술진단이 종료된 후 30일 이내에 해당시설의 기술진단결과를 환경부장관, 관할 지방환경관리청장 및 해당시설의 관리자에게 통보하여야 한다.

제11조(개선계획의 수립)

- ① 관리자는 제10조의 규정에 의하여 공단으로부터 기술진단결과를 통보받은 날로부터 2개월 이내에 기술진단결과 도출된 문제점 및 개선요구사항에 대한 세부개선계획을 수립하여 관할 지방환경관리청장에게 보고하여야 한다.
- ② 제1항의 규정에 의한 개선계획에는 다음 각호의 사항이 포함되어야 한다.
 1. 문제점 및 개선요구사항에 대한 구체적 해결방안

2. 소요예산 추정 및 확보방안
 3. 개선실시기간
 4. 기타 개선계획추진에 필요한 사항
- 제13조(개선계획 이행상황 확인·점검)

- ① 지방환경관리청장은 제11조의 규정에 의하여 관리자로부터 제출된 개선계획을 종합하고 이의 이행상황을 분기별로 확인·점검하고 그 결과를 분기말 다음달 20일까지 환경부장관에게 보고하여야 한다.

2) 기술진단업무규정 (환경부기지 67085-63, 1997. 2. 22)

제4조(기술진단의 내용)

- ① 공단이 시행하는 기술진단의 내용은 동법 시행규칙 제9조 제1항과 같다.
- ② 제1항의 규정에 의한 기술진단의 범위와 방법은 [별표1]과 같고 시설별 구체적인 기술진단항목은 환경부장관의 승인을 얻어 공단이 따로 정한다.

[별표1] 환경기술진단 업무수행범위 및 방법

구분	수행범위	방법
유입오염물질의 특성	○ 오염물질의 유입특성조사	· 처리장으로 유입되는 오염물질 유입특성 분석 · 오염물질의 유입부하량에 대한 운전자료와 실측자료에 의한 설계조건과 실제조건과의 비교분석 · 계절별, 일별 등 주요특성별 분석
	○ 유입시설의 관리상태 조사	· 유입방식, 유입시설의 기본계획 등 실시설계내용과 설치상태의 비교 · 유입시설의 관리상태와 실유입조건과의 인과관계 분석
시설 및 운영에 대한 현상 진단	○ 시설진단	· 자료조사 - 가동일지 등의 운전자료를 검토하여 정기점검 작업내용, 설비의 보사·교환·개조 등의 기록점검, 고장횟수 등의 파악 · 구조물 - 각각의 구조물에 대한 침수·누수 등의 외관조사 · 장치 및 기계·기구류 - 각 설비에 대한 부식, 손상, 이상진동 및 소음, 마모, 온도상승 등을 검사하여 기능의 정상 여부조사 · 설치 및 보수년도를 병행조사하여 실제 내구년수의 파악 · 전기·계장 - 부식, 손상, 절연상태와 부하조건에 대한 수전용량, 예비전력 등 기계·기구와 연관하여 점검 · 계측설비의 정상작동 상태조사 · 설치 및 보수년도를 병행조사하여 내구년수의 파악

[별표1] 계속

구분	수행범위	방법
시설 및 운영에 대한 현상 진단	○ 시스템 진단	· 가동일지 등의 과거 운전자료와 각 단위처리공정별 주요지점에 대한 실측, 시료분석에 의한 처리효율 조사 · 물질수지에 의한 실제조건하에서의 운전방법의 적정성과 장치설계의 적합성 등 문제점 분석 · 목표년도에 대한 예측분석 병행누수
	○ 운영진단	· 운전요원과 면담결과를 토대로 한 인원조직의 적합성 · 관리인원의 기술능력, 유지보수의 적정성 및 운영비 상황과악
시설개선 및 효율화 방안	○ 현상진단 내용의 문제점들에 대한 원인분석	· 현상진단에서 나타난 문제점들에 대한 순서화 · 상호 관련사항의 조사에 의한 원인추론 · 시설, 시스템, 운영관련 등으로 나누어 방안 수립 · 시설개선전 운영관리방안과 기존처리시설의 최적화 방안 수립 · 시설개선의 응급 단·장기대책 수립과 기대효과 예측
시설관리 방안	○ 적정 처리 효율 유지를 위한 일반적인 사항	· 단위시설별 시설기준·구조 및 관리기준 점검방법 지도 · 시설기자재의 관리점검 등 운영관리방법의 지도 등

6. 자동화 설비의 Benefit/Cost 분석 방법

자동화에 의한 경제적 타당성을 평가하기 위해서는 비용편익 분석이 필요하다. 이중 산업체에서는 회수기간 산정방법을 주로 사용한다. 하수처리시설은 일반적으로 이익을 위해 운영하는 것이 아니기 때문에 회수기간은 자동화로부터 얻어지는 절감액에 기초하여 모든 자동화 관련 장비의 설치에 필요한 비용을 회수하는데 필요한 기간이 반영되어야 한다.

이러한 비용편익 분석을 위한 예를 들면 다음과 같다¹⁰⁾. 수동운전에 비해 자동운전으로 얻어지는 총 절감액이 \$50,000이라고 산정되었다고 하자. 자동화에 필요한 분석기, 제어기, 최종 제어 요소의 투자비용은 다음과 같이 총 \$70,000이고 종류별로 내구연한과 소요비용은 다음과 같다고 하자.

- 분석기: 내구년수 5년, 투자비 \$10,000
- 제어기: 내구년수 10년, 투자비 \$50,000
- 최종제어요소: 내구년수 15년, 투자비 \$10,000

10) Selected applications of instrumentation and automation in wastewater-treatment facilities, EPA-600/2-76-276, Section VIII Cost/Benefit Analysis

이러한 초기투자비용 이외에 매년 운전과 유지관리 비용이 필요하다. 예를 들어 기기유지를 위해 연간 800인·시간이 필요하고 인건비가 \$10/시간이라고 하면, 총 \$8,000/년의 인건비가 필요하다. 투자하는 비용은 10년 이상의 장기자금을 쓸 경우 6%의 낮은 이자율을 5년 이하의 단기자금을 쓸 경우 8%의 높은 이자율을 적용하기로 한다.

총비용은 다음의 식과 같이 계산된다.

총연간비용 = 연간초기투자회수비용 + 연간인건비 + 연간수선비용

$$= \frac{P(1+i)^N i}{(1+i)^N - 1} + LC + RC$$

여기서 P = 현가

i = 이자율

N = 내구년수

LC = 연간인건비

RC = 연간 수선비

기기들은 사용후 가치가 없어지는 것으로 하면 총연간비용은 \$18,340이 된다. 따라서 연간 순 절감액은 \$50,000 - \$18,340 = \$31,660이 된다. 따라서 자동화에 소요된 투자액 \$70,000의 회수기간은 \$70,000/\$31,660/년 = 2.2년이 된다.

7. 환경부 하수 67712-386(2000. 7. 15)호

하수도 시설 설치사업 업무처리 일반지침(개정)중 자동화 관련 내용

(1) 사업계획 수립시 유의할 사항

3항. 처리시설의 위치 및 규모의

바. 무인화 및 자동화운전에 대비하여 자동화시설을 설치할 수 있도록 계획하고 호환성이 있는 설비를 설치하도록 하여야 한다.

14항. 하수처리시설 운영인력 산정

가. 하수처리시설의 운영인력 산정은 시·군 단위별로 통합운영관리하는 것을 전제로 하여 적정한 인력을 산정하여야 한다.

① 시·군별로 대표하는 처리시설을 1개소 선정한 후 동 처리시설에서 사업소장, 행정·관리인력, 유지보수인력, 실험실인력 등을 확보하고, 나머지 처리시설에는 무인 자동 운전 또는 처리시설 운전에는 필요한 최소한의 인력을 확보한 후 운전하는 것으로 인력 운용계획을 수립하여야 한다.

② 특히, 소규모 처리시설, 마을하수도 등은 중앙원격감시·제어시스템을 이용하여 무인 자동으로 운전실태를 상시 파악하고 정기적으로 순회 점검하는 것으로 인력운용계획을 수립하여야 한다.

나. 하수처리시설의 운영인력은 행정자치부의 공공시설 인력 증원 억제지침('99. 6. 12)에 따라 운영인력 증원을 하지 않아야 한다.

① 기 설치·가동중인 처리시설은 설비의 무인 자동화 운전추세를 감안하여 운영인력의 적정성여부를 검토하여 인력활용의 효율성을 도모하여야 한다.

(2) 건축물 및 주요설비를 설계할 때 유의할 사항

1항. 건축물의 소형화 및 집약화

- 가. 운영요원의 관리사택은 처리시설을 자동화하고 운영·관리를 민영화하는 점을 감안하여 설치하지 아니하여야 한다.
- 나. 수위실의 기능은 관리동에서 수행할 수 있으므로 원칙적으로 설치하지 아니하고 출입자 관리를 위해 CCTV에 의한 원격감시를 행한다.
- 다. 관리동의 면적은 실제 주간에 근무하는 운영요원을 기준으로 산정하고 용도별 배치계획 및 설계면적의 산출근거를 제시하여야 한다.
 - ① 소장실, 사무실 등의 면적은 상시근무인원의 업무수행에 지장이 없는 범위 이내로 최소화하고, 현장운영요원의 사무실은 설비동 등 작업현장에 전진 배치하여야 하며, 특히 소규모 하수처리시장 및 마을하수도는 무인자동운전 감시·제어시스템 도입이 의무화되는 점을 감안하여 관리동은 설치하지 않는 것으로 계획하여야 한다.
 - ② 특히, 처리시설의 무인자동운전 및 민영화를 전제로 한 운영인력을 기준으로 사무실 면적을 산정하여야 한다.
 - ④ 소규모 하수처리시설의 경우 현장에서 휴대형 시험기기로 간단히 측량할 수 있는 시험항목을 제외한 나머지 항목을 시험하기 위한 자체 실험실은 설치를 금지하고, 1개 시·군에 1~2개 정도의 실험실을 두어 공동분석하는 방안을 검토하여 효율적인 수질 관리 및 운영비 절감효과를 도모하여야 한다.

4항. 스크린 설비

- 바. 협잡물 제거는 연속 자동스크린에 의해 제거하는 것을 원칙으로 하고, 소규모 처리시설일 경우에는 수동스크린을 검토하여야 한다.

5항. 유입펌프동 설비

- 라. 유입펌프의 용량을 선정할 때에는 유지관리상 동일용량으로 선정하는 것이 바람직하지만 가동초기 및 시간대별로 저유량 유입에 대비하여 최적유량이송으로 펌프의 잦은 가동을 방지하며 에너지 절감 및 수처리 운전의 균일화를 위하여 일부 속도제어(VVVF) 및 2종류 이상의 용량이 다른 펌프를 선정하는 방안을 강구하여야 한다.

6항. 수문 및 밸브 설비

- 가. 수문 및 밸브의 개폐장치 선정은 개폐빈도 및 운전조건에 따라 검토되어야 하며, 운전빈도가 적고 원격조작에 의해 긴급차단할 필요가 없는 경우에는 수동방식을 채택하여야 한다. 다만, 전동식은 기능상 중요하거나 원격운전이 필요한 경우에는 관리조건에 따라 설치할 수 있다.
 - ① 중·소규모 처리시설로서 무인 원격감시운전 등을 위한 자동화시스템이 도입된 경우에는 전동과 수동조작이 가능한 방식을 채택하여야 한다.
- 바. 유입수문에 전동식을 사용하는 경우에는 현장조작 및 중앙조작이 가능하도록 하여야 한다.

7항. 1차·2차 침전지 설비

- 라. 1차 및 2차 침전지의 슬러지수집기는 수중에 설치되어 있어 육안으로는 설비 보전 및 가동상태에 대한 확인이 곤란한 점을 감안하여 다음 사항을 유의하여 설계하여야 한다.
 - ③ 플라이트식 슬러지 수집기는 체인 및 스프라켓 등 많은 부품으로 구성되어 있는 점을 감안하여 재질은 내식성에 강한 스테인레스강, 주강 및 논-메탈 등 현장조건을 고

려하여 결정하고, 특히, 하수처리시설의 복개로 육안에 의한 작동상태 확인이 곤란한 경우와 향후 중·소규모 하수처리시설의 무인자동화 운전 또는 최소한 인력에 의한 운전 등으로 인력에 의한 작동상태 확인이 곤란하여 체인의 늘어남, 궤도이탈 등의 이상상태를 전자센스 등의 방법에 의하여 감지할 필요가 있을 경우에는 이에 필요한 안전장치 설치방안을 강구하여야 한다.

12항. 전기설비

- 다. 각종 배전반은 향후 시·군별로 통합감시가 가능하도록 운전이 간단하고 안전하며 신뢰성이 높아야 하며 필요할 경우에는 주처리시설에서 원격제어가 가능한 설비로 구비하여야 한다.
- 라. 처리시설의 구내 배관공사시에는 전기, 계장, 통신설비 등의 지하매설물에 대한 설치 위치, 깊이, 수용되는 배전 등의 내용을 도면에 표기하여 보수, 사고, 증설시에 신속, 정확한 대처가 가능하도록 하여야 한다.
- 바. 수변전설비의 옥내형 변압기 형식은 화재의 위험이 없고 저손실기기로 유지관리가 용이한 몰드형변압기를 표준으로 사용하여야 한다.
 - ② 변압기는 사고에 대비하여 예비변압기를 설치하고 별도의 결선 변경 등의 조치없이 현장 및 원격에서 즉시 예비변압기로 회로를 변경하여 부하설비에 안정적으로 전력을 공급할 수 있도록 회로를 구성하여야 한다.
- 차. 전동기 속도제어용 인버터, 전력변환장치 등 고조파가 발생되어 주변기기에 고조파로 인한 영향을 미칠 수 있는 기기에 대해서는 고조파 억제 방안을 강구하여야 한다.

13항. 계장설비 및 감시제어시스템

- 가. 시·도 또는 시·군에서는 각종 정보통신기술 등을 이용하여 하수처리시설 등 환경기초시설을 지역별 또는 유역별로 통합 운영할 수 있는 중앙집중식 감시·제어체계 구축방안을 강구하여야 한다.
 - ① 정부의 『물 관리 종합대책』 등에 의하여 각 시·군별로 상당수의 하수종말처리시설, 마을하수도, 폐수종말처리시설, 분뇨처리시설, 축산폐수공공처리시설 등이 설치되어 이를 효율적으로 관리할 수 있는 통합관리 시스템 구축이 절실히 요구되고 있음.
 - ※ 『팔당호 등 한강수계 상수원 수질관리 특별종합대책('98, 정부합동)』 및 『낙동강수계 물 관리 종합대책('99.12월, 정부합동)』에 의하여 총량규제가 실시되는 팔당상수원 수질보전 특별대책지역 및 낙동강수계 지역의 하수처리시설 등 환경기초시설은 유역별로 통합관리할 수 있는 중앙집중식 감시·제어체계를 구축하는 것이 필요할 것으로 판단됨.
 - ② 환경기초시설을 중앙집중식 감시·제어체계로 전환할 경우 단위시설에 흩어져 있는 관리자들을 중앙의 최소 관리자로 대체할 수 있고 건축물 등 각종시설의 규모를 최소화할 수 있으며, 실험장비, 유지보수 장비 등을 공동 활용함으로써 운영관리비의 절감 등을 통하여 환경기초시설 경영의 합리화를 도모할 수 있어 선진외국의 경우에는 중앙집중식 관리체계를 기 도입하여 운영하고 있음.
 - ③ 시·군에서는 기 설치·운영중인 환경기초시설을 최소한의 운영인력으로 통합관리할 수 있도록 시·군을 대표하는 하수처리시설을 선정한 후 동 처리시설에서 다른 처리시설을 인터넷 등 최산 각종 정보통신 기술 등을 이용하여 운영실태를 실시간으로 무인 자동으로 원격감시·제어할 수 있는 방안을 강구하여야 한다.
 - ④ 특히, 소규모 하수처리시설, 마을하수도 및 하수처리시설과 연계처리중인 분뇨처리시

설, 축산폐수공공처리시설 등은 인터넷 등 최신 각종 통신기술을 이용한 감시·제어와 동 시스템 이상시 자동경보 차단 및 비상호출기능을 갖춘 무인자동화 운전이 가능한 설비로 구성하고 중앙집중 원격감시제어시스템에 의한 무인 자동운전하는 방안을 반드시 도입하여야 한다.

※ 경기도 남양주시의 경우 화도하수처리시설(25,000톤/일)에 중앙집중감시·제어시스템을 설치하고 인근 6개소 소규모 하수처리시설은 무인 자동운전하는 것으로 계획하고 2개소는 운전중, 4개소는 공사중에 있음.

- ⑤ 또한, 중앙집중식 감시·제어체계를 도입한 소규모 처리시설 등의 경우에는 별도의 운전인력을 확보하지 말고 중앙집중식 관리시스템이 설치된 대표 처리시설에 순회점검반을 편성하여 매일 순회·점검하는 것으로 인력운영계획 및 운영체계를 구축하여야 한다.

나. 계측장치의 계측항목은 처리방식, 운전방식, 유지관리 체제 등을 고려하여 최소한도로 선정하여야 한다.

- ① 하수도법 제16조 및 같은 법 시행령 제12조의 규정에 의하여 정기적으로 방류수 수질을 검사하고 있으므로 특별한 경우가 아니면 방류구에는 COD 측정기만을 설치하여야 한다. 다만, 산업단지 전용이거나 총량규제가 시행되는 지역의 경우에는 그러하지 않을 수 있다.
- ② 정확한 계측, 측정자료의 신뢰성 확보, 유지관리비 절감 등을 위하여 계측기에 세정장치를 부착하는 방안을 검토하여야 한다.

다. 감시제어설비중 중앙감시·조작반은 처리시설 운영에 직접적인 영향이 적으며, 감시기능을 제어설비의 컴퓨터로 수행할 수 있으므로 처리시설의 규모 및 특성에 따라 차등 설치하여야 한다.

- ① 중·소규모처리시설은 컴퓨터, MCC, 현장반에서 운전제어할 수 있고, 중앙감시실 조작은 컴퓨터 “키보드” 및 “CRT”로 할 수 있으므로 특별한 경우가 아니면 중앙감시·조작반을 설치하지 아니하여야 한다.

※ 불필요한 감시·조작반을 설치하면 건물면적이 커지고, 유지관리가 복잡해지며, 공사비가 과다 소요되는 등 비효율적임..

- ② 중·소규모처리시설의 중앙감시반은 지역주민에게 시각적인 교육 및 홍보효과를 줄 수 있으므로 시·군 단위별로 1개소만 설치하는 것을 원칙으로 하고, 나머지 처리시설에는 특별한 경우가 아니면 설치하지 아니하여야 한다.
- ③ 처리시설을 증설하는 경우에는 가능한 한 기존의 중앙감시반을 보완하여 사용하여야 한다.
- ④ 현장 감시·조작반은 처리장 규모, 처리방법, 운전요원의 기술능력 등 제반여건을 검토하여 타당한 경우에만 설치하여야 한다.
- ⑤ 중앙감시반의 컴퓨터에 모든 기능이 내장되어 있는 점을 감안하여 기록계, 지시계 등은 상시감시가 필요한 일부 지시계(유입·유출유량, 유입·유출수질 등)를 제외하고는

가급적 설치하지 아니하여야 한다.

라. 중·소규모 처리시설의 감시제어설비는 원칙적으로 PLC & PC 시스템을 표준으로 하여야 한다.

중·소규모 처리시설에 제어설비를 과다하게 설치하면 설비의 효용성이 떨어지고 유지관리가 복잡하며, 유지비용이 과다하게 소요되므로, CRT 감시제어반을 채택하는 것이 바람직함.

마. 감시제어시스템을 채택하는 경우에는 설비의 자동운전 및 감시가 가능하므로 운영인력 절감방안을 제시하여야 한다.

감시제어시스템의 채택 유무에 따른 소요인력 변화여부를 비교·분석하여 인력절감방안을 제시함으로써 불필요한 낭비를 제거.

바. 중계 및 간이 펌프장 등에는 운전자료의 저장 및 분석 기능을 탑재하여 운전성능 진단이 가능한 무인 자동운전 설비 및 각종 통신기술을 이용한 원격감시제어설비를 구비하도록 설치하여야 하며, 특별한 경우를 제외하고는 무인 자동운전하여야 한다.

※ 중계 및 간이 펌프장은 무인운전이 가능하고 시스템 구성이 간단하며, 신뢰성이 높은 자동화된 무인설비로 구성하여 최소한의 운영인력으로 처리시설 운영이 가능하도록 하여야 한다.

사. 중·소규모 처리시설의 감시·제어방식중 감시제어시스템의 기종은 유지관리가 편리하고 경제적인 시스템을 적용하여야 한다.

- ① 자동화의 범위가 과도할 경우 유지관리가 복잡하고 유지관리비용이 과다하게 소요됨으로 꼭 필요한 곳에만 설치하여야 한다.
- ② 계장 시스템을 구성할 경우에는 처리시설의 규모에 맞게 분산제어시스템의 수를 최소한으로 하거나 중앙집중제어시스템으로 구성하여야 한다.

아. 처리시설의 민간위탁에 대비하여 유량 측정시 상호간 검증이 쉽도록 설치하여야 한다.

자. 계측장비중 처리시설의 기능에 크게 영향을 주지는 않으나 처리현황을 자세하게 파악하기 위한 계측항목의 증가는 설치비 및 보수비의 증가를 초래할 수 있으므로 필요한 최소의 범위로 하여야 한다.

- ① 계측장비의 계측항목은 처리방식, 운전방식, 유지관리체계 등을 고려하여 최소한도로 선정하여야 한다.
- ② 약품공급설비 등의 정량펌프 토출 측에 유량계를 설치할 경우에는 맥동이 발생하지 않는 형식을 선정하여야 한다.

차. 처리시설의 감시용 CCTV는 컴퓨터로 감시 및 제어를 수행함으로써 화상에 의한 감시가 꼭 필요한 설비 및 시설보안 등의 용도에만 설치하여야 한다.