

I n d u s t r y 4 . 0

스마트 물 관리를 위한 빅데이터 분석활용 기술

K-water 연구원

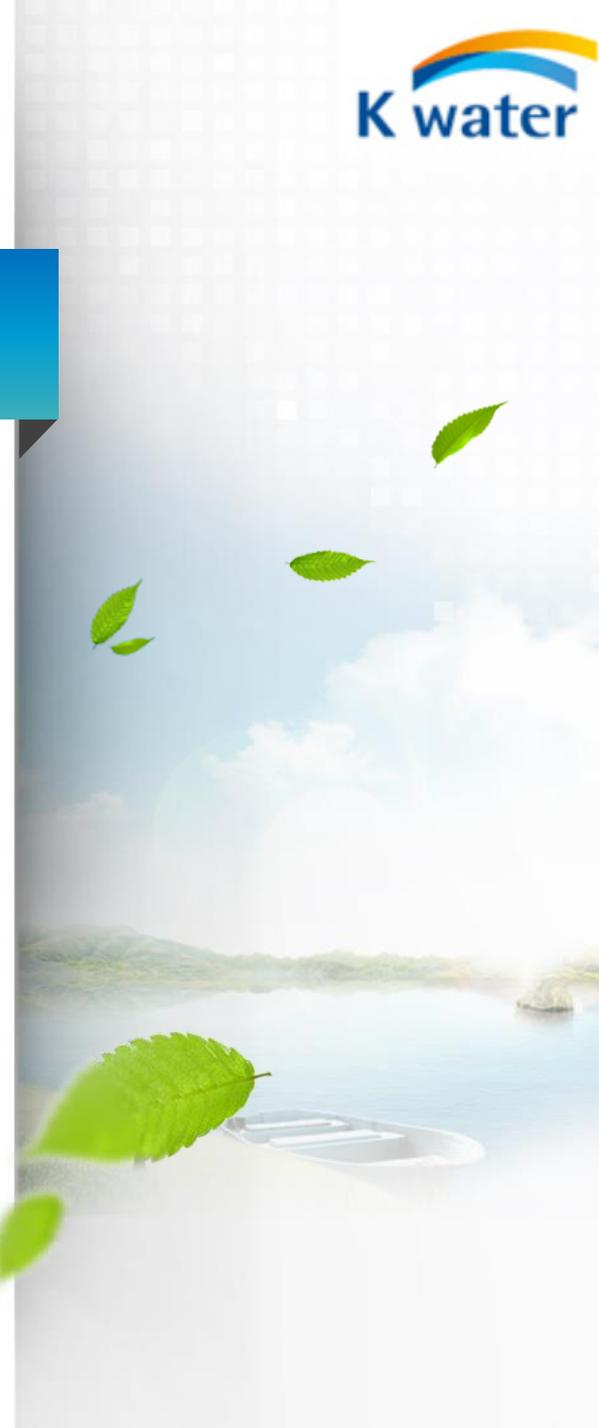
이호현

CONTENTS

01 물 관리와 인공지능

02 정수처리공정 활용

03 취송수공정 활용



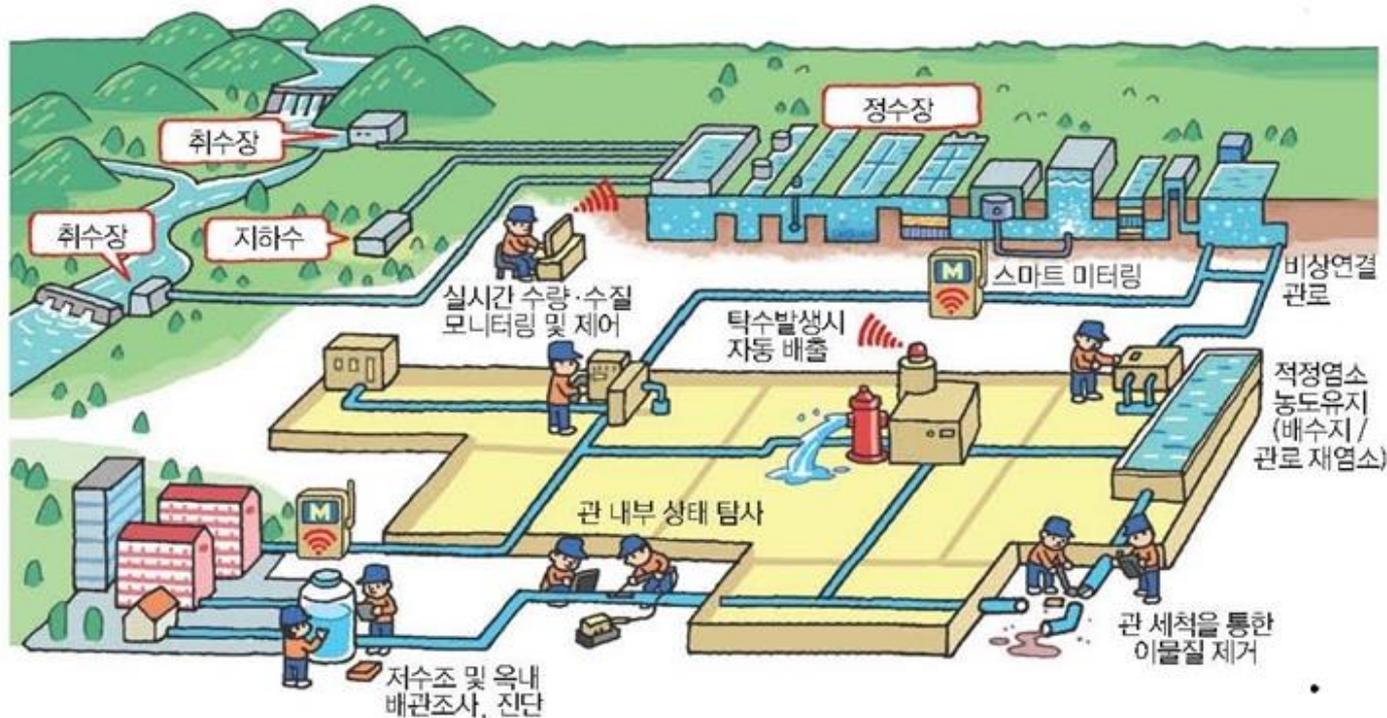
1. 물 관리와 인공지능



1. 물 관리와 인공지능

· AI 활용 스마트 물관리

- SWM(Smart Water Mgmt)는 취수원에서 수도꼭지까지 공급 전 과정에 ICT를 접목, 수량과 수질을 과학적 관리하여 소비자가 믿고 마실수 있는 건강한 물 공급 체계 실현



안전한 취수원 관리

건강한 수돗물 생산

철저한 수돗물 공급과정 관리

소비자 중심 서비스 제공

1. 물 관리와 인공지능

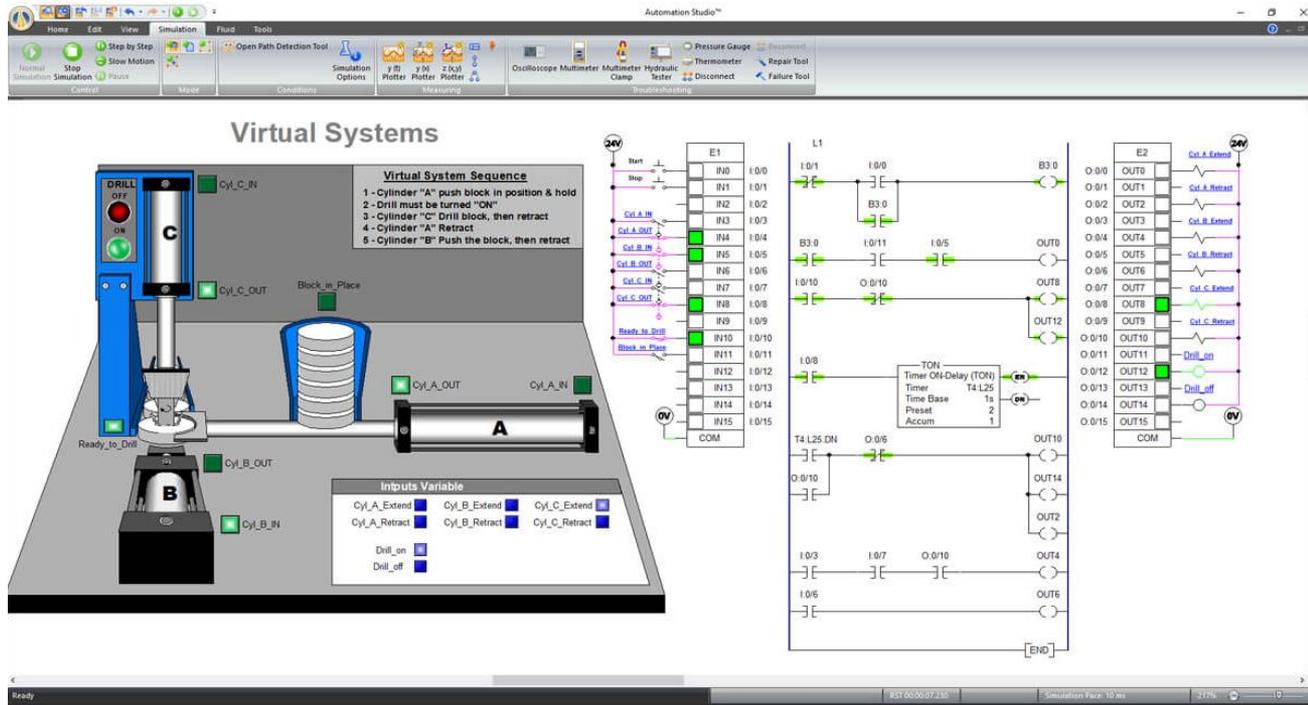
기존 제어방식

- 제어방식 : 시퀀스 로직(On-Off, Timer 등)
- 구현방식 : PLC 래더로직 활용

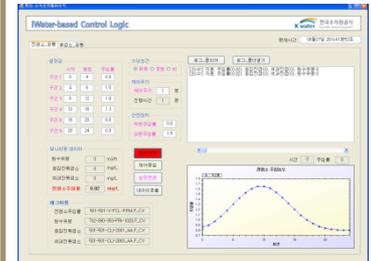
알고리즘 고도화

Date	TB	pH	Te	Cond	Alk	Dose
2008.1.1	3.6	7.9	9.5	207.0	82.8	13.4
2008.1.1	3.8	7.9	9.6	207.0	82.6	14.0
2008.1.1	3.9	8.0	9.4	206.8	82.5	14.0
2008.1.1	3.9	8.0	9.3	206.4	82.7	14.2
2008.1.1	4.1	7.9	9.7	207.2	82.6	14.2
2008.1.1	3.6	7.9	9.5	207.0	83.4	14.2
2008.1.1	4.1	7.9	9.7	207.2	82.7	14.2
2008.1.1	4.1	7.9	9.7	207.1	82.7	14.3
2008.1.1	4.0	7.9	9.7	207.0	82.7	14.3
2008.1.1	3.6	7.9	9.5	207.0	82.7	14.3
2008.1.1	4.2	7.9	9.7	207.3	82.9	14.3
2008.1.1	3.6	8.2	9.1	206.2	83.4	14.3
2008.1.1	3.6	8.1	9.3	206.3	83.0	14.4
2008.1.1	3.7	8.1	9.3	206.3	83.5	14.4
2008.1.1	4.4	8.0	9.7	207.5	83.0	14.5
2008.1.1	3.6	8.2	8.9	206.8	82.9	14.6
2008.1.1	4.4	8.0	9.6	207.6	83.0	14.6
2008.1.1	3.8	8.1	9.3	206.3	82.5	14.7

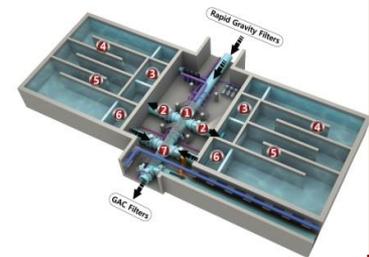
시퀀스 로직



[약품 : 통계방정식]



[소독공정 : Fuzzy]



[오존 : 다지점연산식]

1. 물 관리와 인공지능

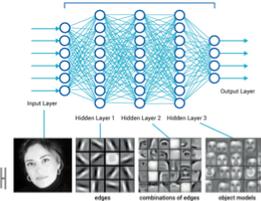
알고리즘 발전과정

음성인식SCADA
(2018~)

STEP .01
Deep Learning **01**

2010

힌튼 교수 제안
정형, 비정형 데이터의 처리
병렬처리 기술개발, 복잡한 신경망 구조, 신경망 구조의 재해

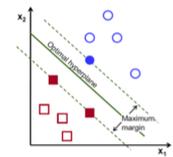


수질/수량예측
(2010~)

STEP .02
SVM **02**

2005

수학적 모델 기반 예측
복잡한 신경망 구조

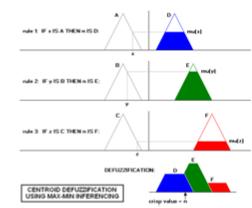
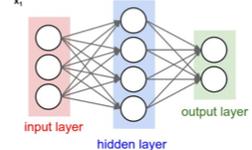


약품, 누수, 수질예측
(2008~)

STEP .03
Neural Net(신경망) **03**

2000

신경망 최초 개발
신경망 암흑기
Blackbox Theory.

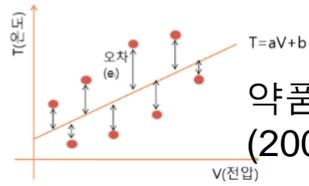


소독공정
(2012)

STEP .04
퍼지 **04**

1990

Sugeno Takagi Kang에 의해 제안
일본 정수장 소독공정제어에 실증



약품공정
(2005~)

STEP .05
선형회귀 **05**

1950

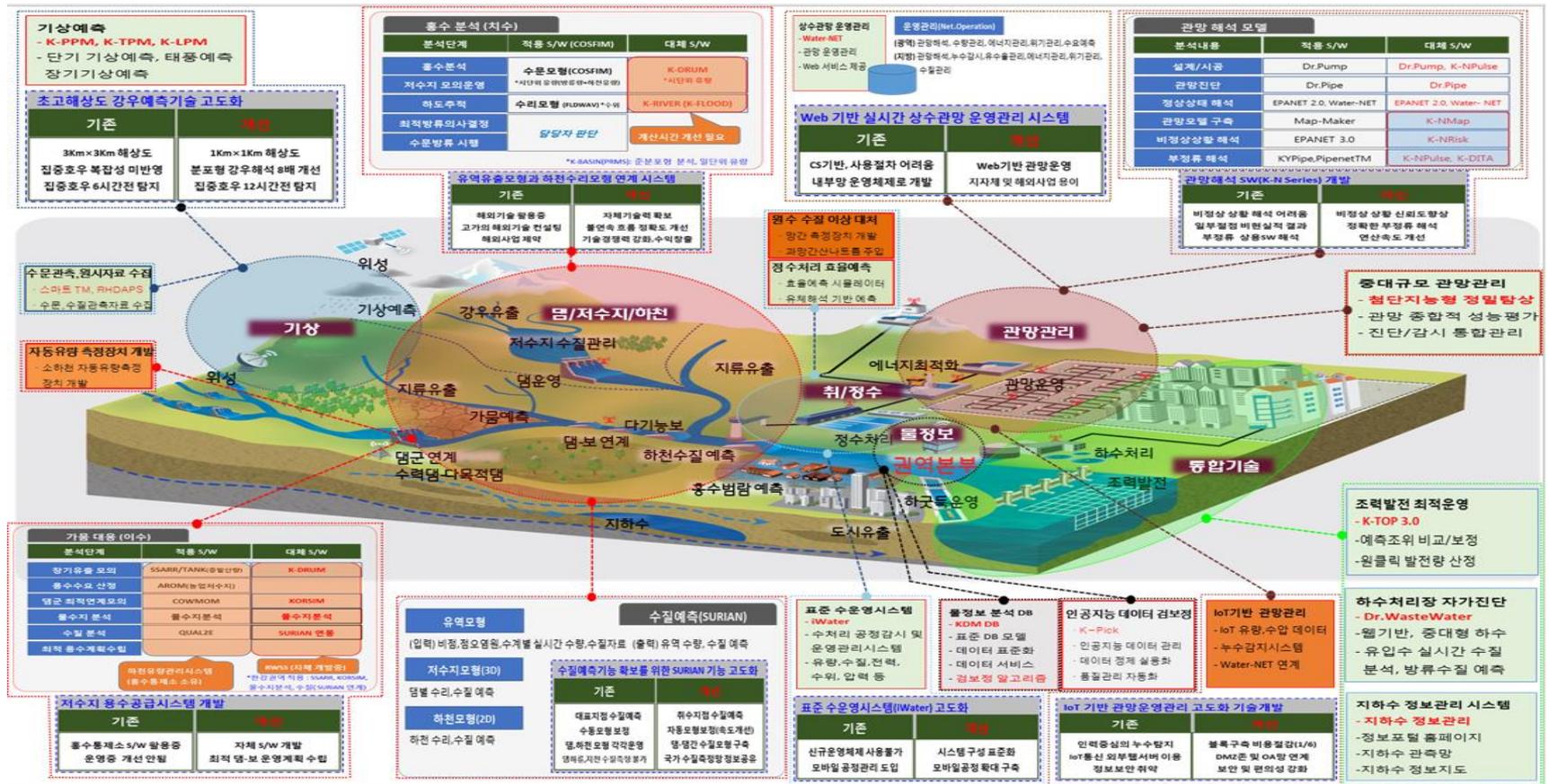
인공지능 시작
예측의 기본, 약품공정제어

시퀀스로직 : PLC -> 컴퓨터(2000~)

1. 물 관리와 인공지능

· AI 활용 스마트 물관리

- 물리/화학적 모델 + 인공지능 모델 => 20여종의 K-series S/W 모델 개발
- 폭넓은 활용 : 기상 -> 댐/저수지/하천 -> 정수장 -> 관망관리 -> 소비자



2. 정수처리과정 활용



2-1. 정수장 유입탁도 예측

· 선제적 대응 방안 마련 필요 : 수도권 탁도변화

- 목표 : 취수원 탁도 발생시 탁도 유입시점 휴먼에러 -> 예측 -> 사전대응 방안 마련
- 제약 : 유입유량에 따른 체류시간, 시간경과 후 가중치 Update

시간	팔당호 여주 팔당(취) 탁도	팔당2(취) 원수 탁도									
2017-07-15 21:00	19.18	12.85		20.95	13.28	13.92	19.57	12.64	14.2	14.34	21.26
2017-07-15 22:00	19.32	12.13		19.95	13.11	12.43	19.33	12.41	13.83	14.26	19.89
2017-07-15 23:00	20.85	11.26		19.72	12.76	11.7	18.18	12.46	14.62	15.49	19.95
2017-07-15 24:00	23.42	11.84		19.83	12.94	11.46	18.1	12.07	14.22	14.56	19.26
2017-07-16 1:00	27.98	12.66		20.63	13.12	11.15	18.01	12.6	13.69	14.52	18.81
2017-07-16 2:00	30.22	13.33		19.34	12.51	10.96	18.19	12.67	13.33	14.37	18.03
2017-07-16 3:00	31.32	13.39		18.62	11.74	10.93	18.09	12.09	12.64	13.73	17.91
2017-07-16 4:00	29.92	12.53		18.27	10.51	10.62	18.29	11.02	12.2	13.49	17.98
2017-07-16 5:00	29.02	12.75		18.3	9.58	9.94	18.65	10.44	11.93	12.97	18.34
2017-07-16 6:00	31.08	12.41		18.82	8.89	9.01	19.4	10.18	11.54	12.72	17.44
2017-07-16 7:00	76.5	13.47		20.35	8.46	8.37	18.87	10.1	11.54	12.91	16.58
2017-07-16 8:00	64.32	13.16		21.59	8.72	8.59	18.48	9.99	11.85	12.59	18.54
2017-07-16 9:00	98.58	19.33		22.85	9.27	8.46	18.79	9.78	11.91	12.47	16.5
2017-07-16 10:00	236.8	29.8		24.89	10.04	9.28	19.11	9.82	11.4	12.2	16.27
2017-07-16 11:00	407.13	42.05	28.04	9.87	9.68	19.68	9.83	11.3	14.46	15.82	
2017-07-16 12:00	460.07	41.42	39.07	9.82	9.26	20.32	10.09	12.08	13.59	15.73	
2017-07-16 13:00	401.82	35.3	47.56	10.71	8.85	20.39	10.1	12.09	13.75	15.19	
2017-07-16 14:00	376.87	31.22	52.26	12.92	8.89	20.75	10.04	11.92	13.17	14.85	
2017-07-16 15:00	335.63	35.87	49.69	13.97	9.73	21.12	9.95	11.43	13	14.8	
2017-07-16 16:00	300.9	40.36	45.98	24.43	11.69	22.33	10.58	11.78	13.74	14.86	
2017-07-16 17:00	276.35	43.6	42.57	40.98	21.08	28.85	11.06	12.64	14.42	14.77	
2017-07-16 18:00	263.65	47.36	44.26	39.56	33.76	42.53	12.08	13.77	15.33	14.54	
2017-07-16 19:00	413.25	55.55	46.89	32.97	33.29	51.22	12.21	14.25	15.41	15.27	
2017-07-16 20:00	519.45	62.51	49.02	34.83	29.73	61.47	12.55	14.48	15.54	14.47	
2017-07-16 21:00	541.28	73.78	51.57	37.93	29.77	65.9	13.02	14.83	15.77	14.93	
2017-07-16 22:00	538.57	104.26	57.38	41.87	32.9	68.42	14.03	16.01	16.52	13.94	
2017-07-16 23:00	547.2	120.95	69.93	47.32	37.17	66.94	19.2	21.95	25.42	14.24	
2017-07-16 24:00	474.22	130.17	92.21	54.41	39.96	71.13	30.62	37.31	30.01	12.98	
2017-07-17 1:00	415.32	143.49	111.13	64.46	45.88	68.59	39.2	48.13	37.48	12.49	

2-1. 정수장 유입탁도 예측

■ 지연시간 예측(상관관계 분석)

%% Correlation Analysis

```
MaxDelayTime = 150;
```

```
Corr_R_Ilsan = ones(MaxDelayTime,1);
```

```
Corr_R_Goyang = ones(MaxDelayTime,1);
```

```
for i = 0 : MaxDelayTime
```

```
    A = corrcoef(Input(1:length(Input)-i, 1), Input(1+i:length(Input), 2));
```

```
    Corr_R_Ilsan(i+1) = A(1,2);
```

```
    A = corrcoef(Input(1:length(Input)-i, 1), Input(1+i:length(Input), 3));
```

```
    Corr_R_Goyang(i+1) = A(1,2);
```

```
end
```

```
figure(1),
```

```
plot(Corr_R_Ilsan, 'r', 'LineWidth', 2)
```

```
[Max_Value, Max_Index] = max(Corr_R_Ilsan); % 61(15시간 전) % 0.9596
```

```
xlabel('지연시간(15분주기)', 'fontWeight', 'bold', 'FontSize', 14); ylabel('상관계수(R)', 'fontWeight', 'bold', 'FontSize', 14); %grid on
```

```
title(strcat('일산정수장(최대지연시간 : ', num2str(Max_Index)/4, '(', num2str(Max_Index), '), 최대상관계수', num2str(Max_Value), ')'), 'fontWeight', 'bold', 'FontSize', 14);
```

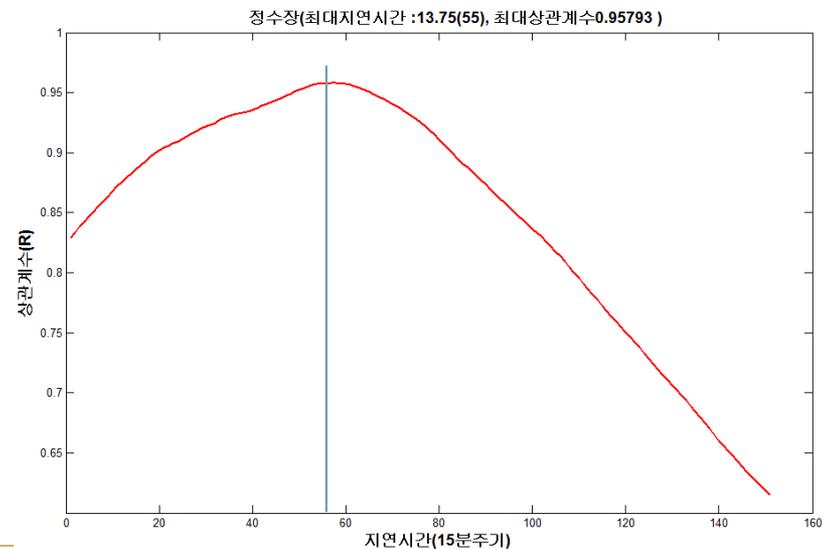
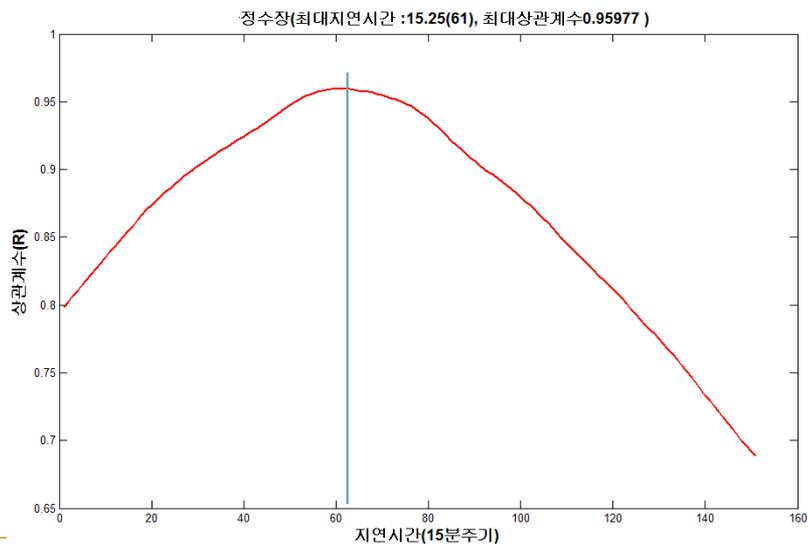
```
figure(2), plot(Corr_R_Goyang, 'r', 'LineWidth', 2)
```

```
[Max_Value, Max_Index] = max(Corr_R_Goyang); % 55(13.5시간 전) % 0.9596
```

```
xlabel('지연시간(15분주기)', 'fontWeight', 'bold', 'FontSize', 14); ylabel('상관계수(R)', 'fontWeight', 'bold', 'FontSize', 14); %grid on
```

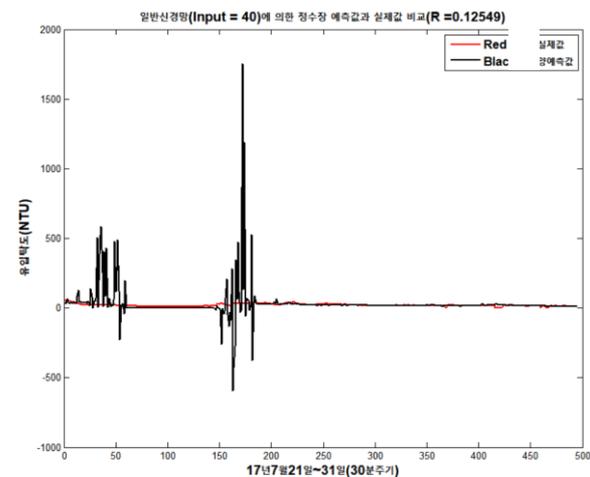
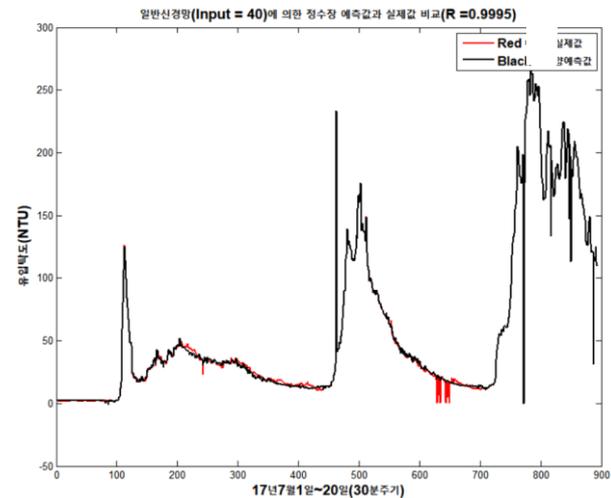
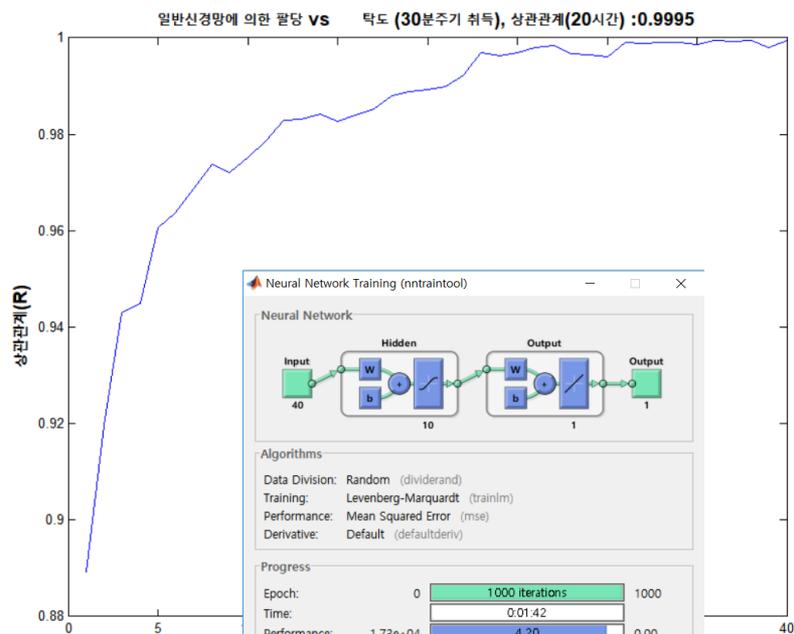
```
title(strcat('고양정수장(최대지연시간 : ', num2str(Max_Index)/4, '(', num2str(Max_Index), '), 최대상관계수', num2str(Max_Value), ')'), 'fontWeight', 'bold', 'FontSize', 14);
```

교차상관계수



2-1. 정수장 유입탁도 예측

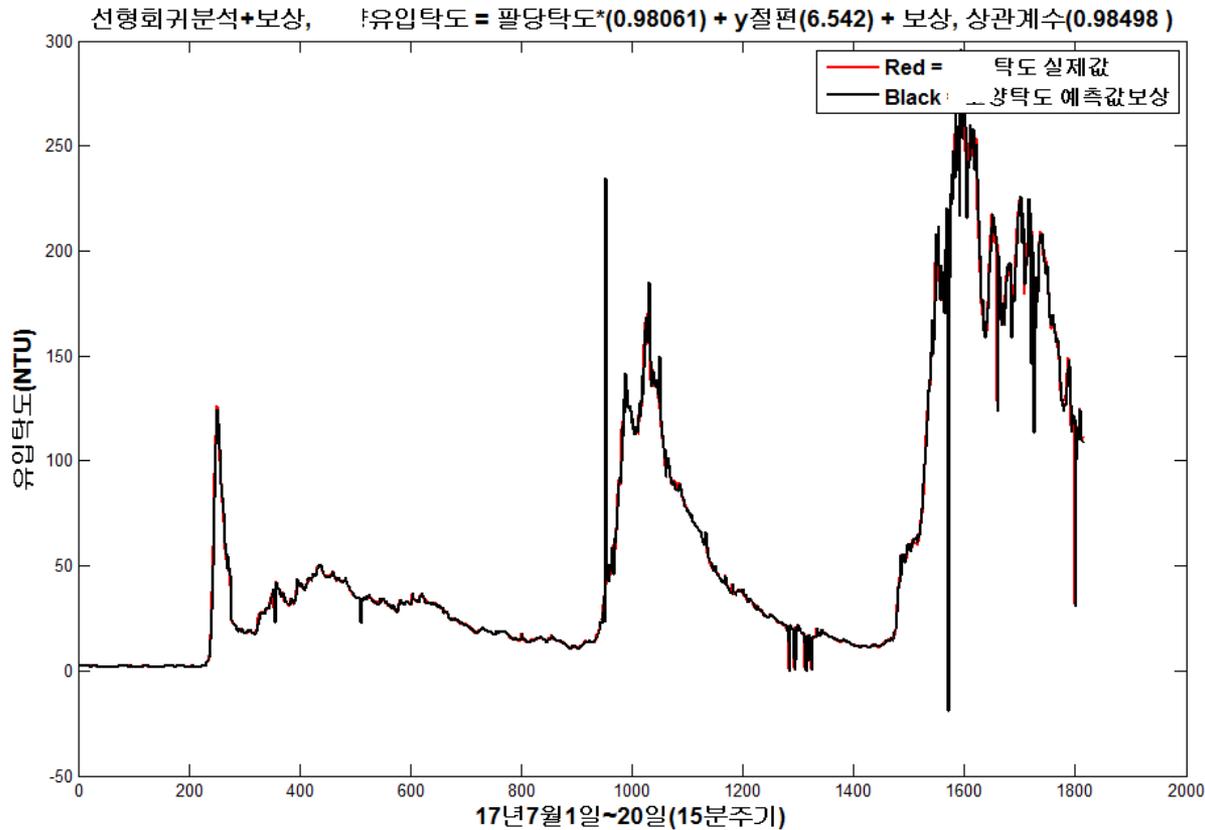
시계열 신경망



2-1. 정수장 유입탁도 예측

알고리즘 선정

- 현장탁도[1~16시간후] = [13 or 16시간전팔당탁도 * a + y절편] + (현재탁도 - 현재예측탁도) * 보정상수

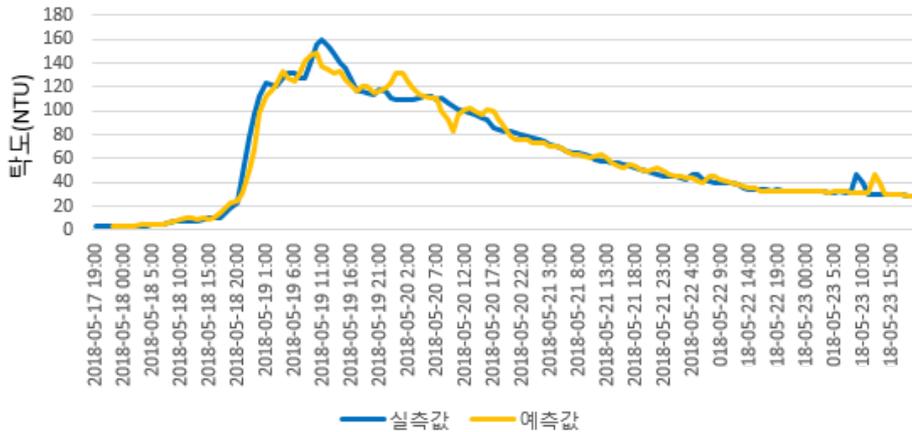


2-1. 정수장 유입탁도 예측

지연시간 예측(상관관계 분석)

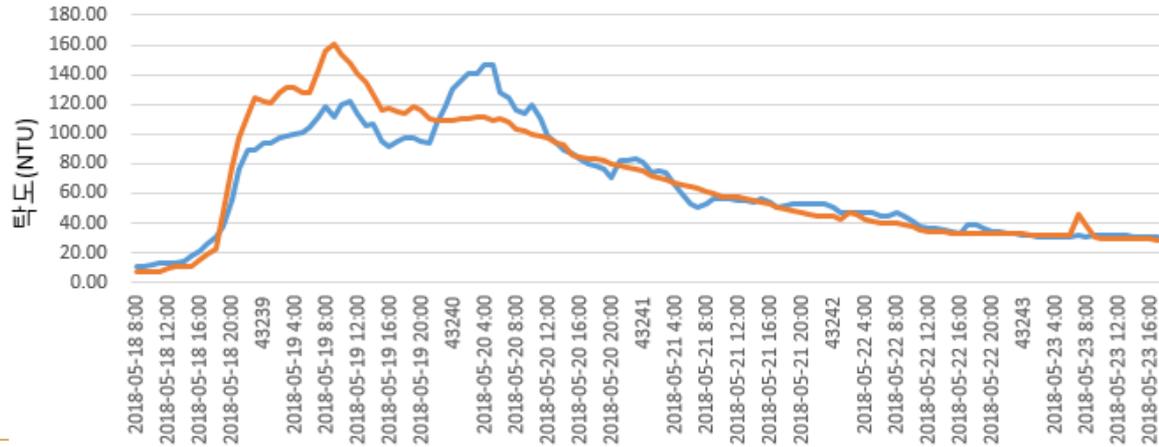
17년도 학습자료 -> 18년도 검증자료 적용 결과

3시간 경과후 예측값과 실측값 비교



R=0.984

15시간 경과후 예측값과 실측값 비교



R=0.93

2-1. 정수장 유입탁도 예측

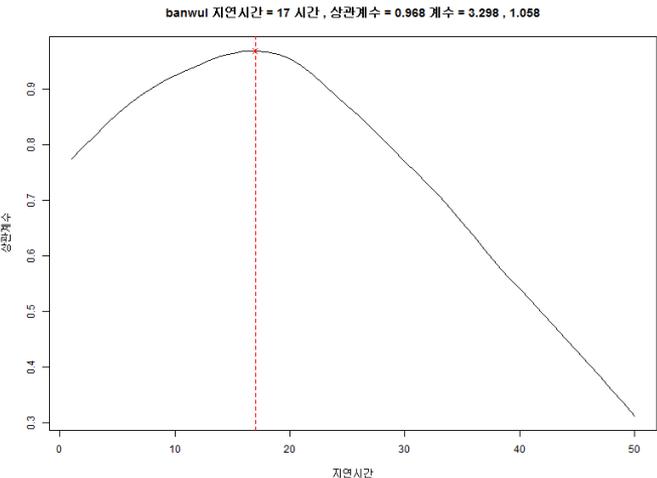
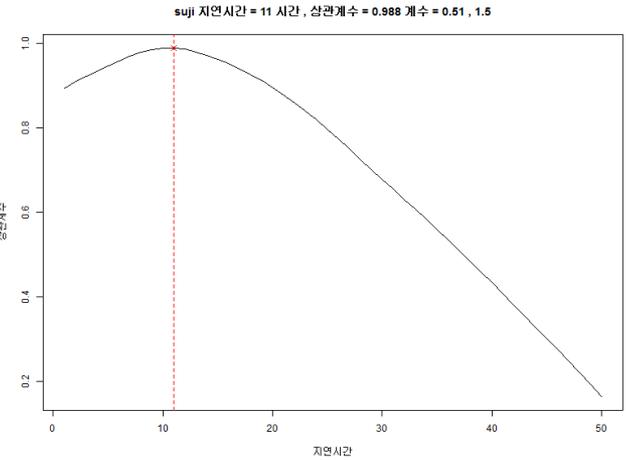
수도권 정수장 확대 구축(탁도, pH, AL)

```
In selection Match case Whole word Regex Wrap
23 final_result <- data.frame('w?rboo'=0, 'dukso'=0, 'ilsan'=0, 'goyang'=0,
24
25 for(i in 2:ncol(Paldang.1))
26 {
27   for(j in 1:time.delay)
28   {
29     paldang_turb <- Paldang.1[1][1:(row.length+1-j),]
30     sdg_turb <- Paldang.1[i][i-row.length,]
31     result[j,i-1] <- cor(paldang_turb, sdg_turb)
32   }
33   result
34   result[4]
35
36   max_delay[1,i-1] <- which(max(result[i-1]) == result[i-1])
37   max_delay
38   max_corr[1,i-1] <- round(max(result[i-1]), 3)
39   max_corr
40
41   paldang_turb.1 <- Paldang.1[1][1:(row.length+1-max_delay[1,i-1]),]
42   sdg_turb.1 <- Paldang.1[i][max_delay[1,i-1]:row.length,]
43
44   A <- data.frame(paldang_turb.1, sdg_turb.1)
45
46   corr.sdg <- lm(A[,2]~A[,1])
47
48
```

```
lm(formula = A[, 2] ~ A[, 1])
```

Coefficients:

(Intercept)	A[, 1]
3.298	1.058



2-1. 정수장 유입탁도 예측

시스템 구현

수질예측 시스템

- 외부
- 성남
- 수지
- 화성
- 반월
- 시흥
- 일산
- 고양
- 파주

데이터 분석 | 데이터 적용

분석결과 적용 | 변경사항 저장 | 수질예측 적용

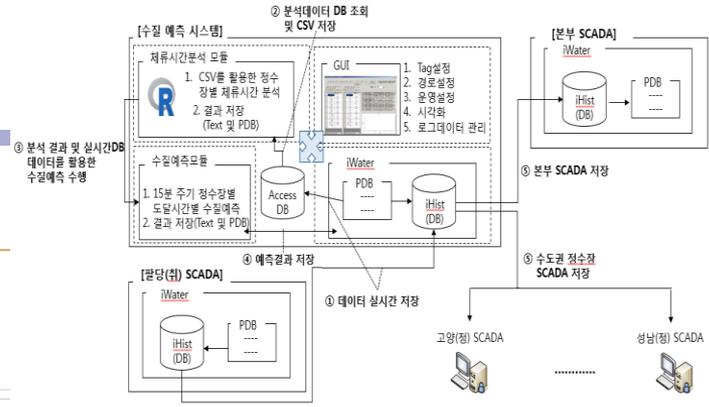
지역 시가	TB	PH	AL	오남	서남	스기	진서	반월	시흥	일산	고양	파주																		
사과재	0	0	0	0.861	0.613	0.603	0.916	0.534	0.484	7.6	0.765	0.263	0.91	0.559	0.335	1.18	0.666	0.314	1.18	0.666	0.314	1.276	0.534	0.484	1.101	0.603	0.334	0.276	0.534	0.484
	1	1	1	0.405	3.022	12.039	1.16	3.488	27.711	0.469	1.908	38.746	1.067	3.249	36.483	-0.801	2.446	25.45	-0.801	2.446	25.45	-0.515	3.488	27.711	1.546	2.908	30.704	-0.515	3.488	27.711
	4	4	4	6	7	6	9	7	7	10	9	12	17	17	22	24	34	34	24	24	24	18	17	21	17	17	21	18	17	21
	1	1	1	6	1	1	9	5	2	10	1	1	17	1	1	22	1	1	24	1	1	18	1	1	17	5	6	18	1	1

상관관계 | 회귀분석

Waboo_TB 지연시간 = 4 시간, 상관계수 = 1 계수 = 0, 1

Waboo_ph 지연시간 = 4 시간, 상관계수 = 1 계수 = 0, 1

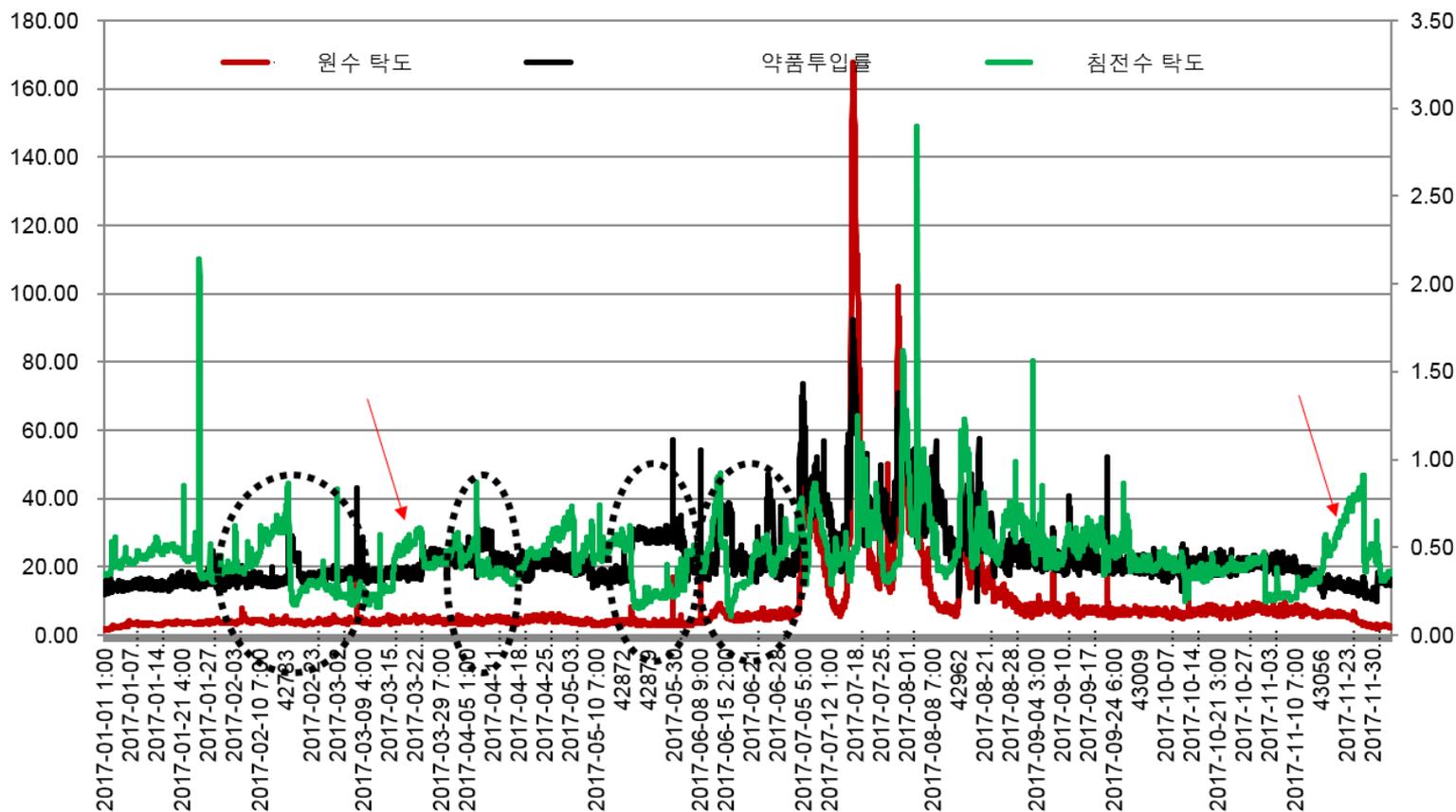
Waboo_al 지연시간 = 4 시간, 상관계수 = 1 계수 = 0, 1



2-2 수질변화에 따른 응집제 투입률 결정

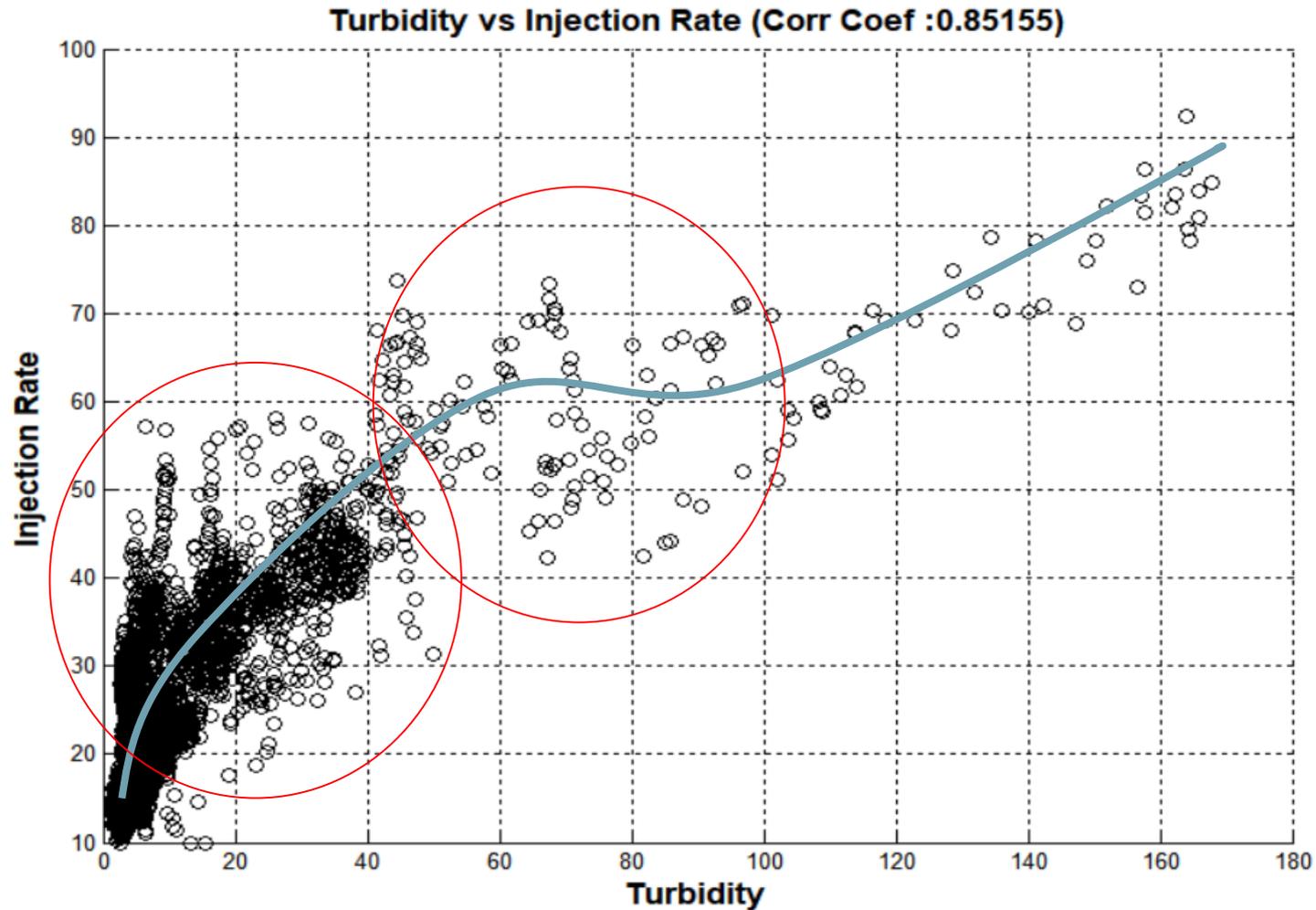
2017년 약품투입자료

- 목표 : 운영자 실시간 수질변화 대응불가 → 원수 수질 고려한 응집제 투입률
- 제약 : No Feedback, 단발성, 안전성 확보



2-2 수질변화에 따른 응집제 주입률 결정

- 탁도에 따른 예상 주입률



2-2 수질변화에 따른 응집제 투입률 결정

■ 상관관계분석

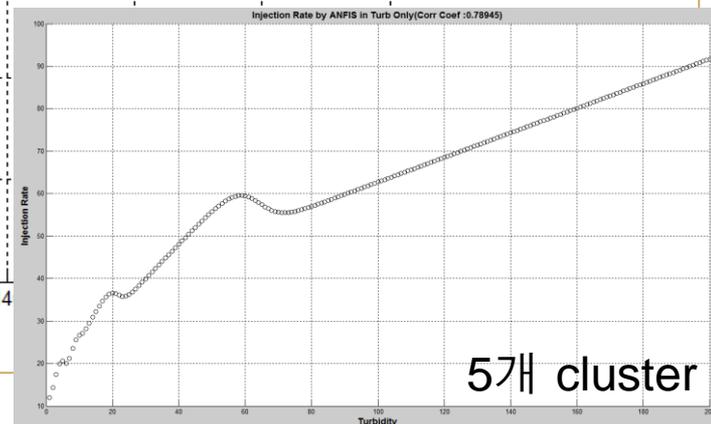
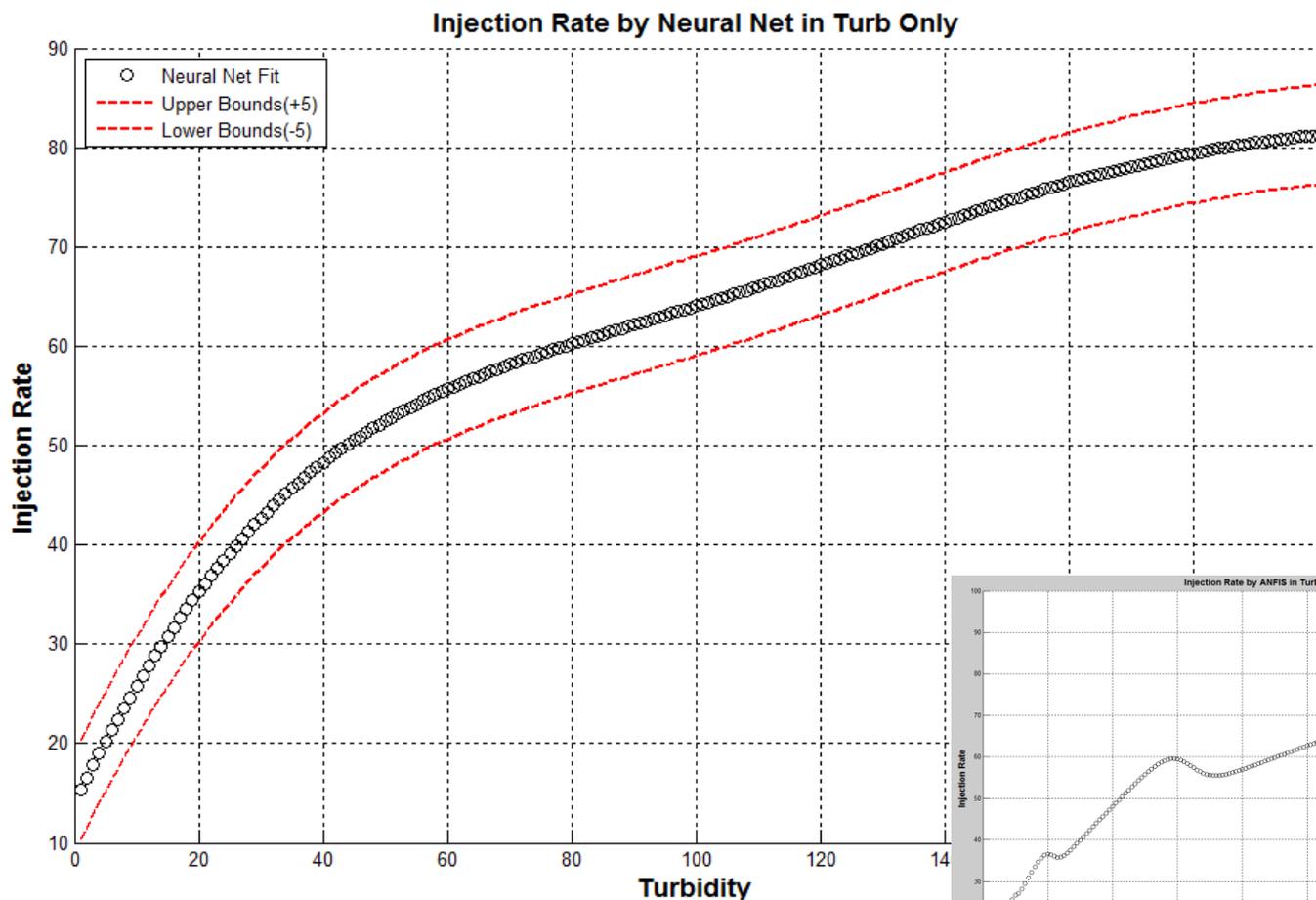
- 수질과 투입률간 선형적인 관계 설명 : 탁도, 알칼리도, pH 순서

	탁도	PH	알칼리도	전도도	온도	약품투입률
탁도	1					
PH	-0.53254	1				
알칼리도	-0.67993	0.596561	1			
전도도	-0.47922	0.445696	0.754288	1		
온도	0.32953	-0.71218	-0.411416	-0.249185	1	
약품투입률	0.78945	-0.641993	-0.676344	-0.540396	0.55409	1

2-2 수질변화에 따른 응집제 주입률 결정

■ 약품절감방안 : 뉴럴넷 + 단순편차 적용

- 뉴로퍼지에 의한 약품절감 : Cluster 2개, Cluster 10개 이상이면?



5개 cluster

2-2 수질변화에 따른 응집제 주입률 결정

■ 주요코드

● 선형회귀

```
MLR_Parameter = pinv(Trn_Input)*Trn_Target; % pseudo inverse inverse[(A'A)]*A*B
MLR_TrnOut = Trn_Input * MLR_Parameter;
Error = MLR_TrnOut - Trn_Target;
    M1_MLR_Trn_MAPE = mean(abs((Error)./Trn_Target))*100;
    M1_MLR_Trn_MAE = mae(Error);
    M1_MLR_Trn_RMSE = sqrt(mse(Error));
Estimated_Value = MLR_TrnOut; TrueValue = Trn_Target; Trn_Out = MLR_TrnOut;
[R P] = corrcoef(Trn_Target, Trn_Out)

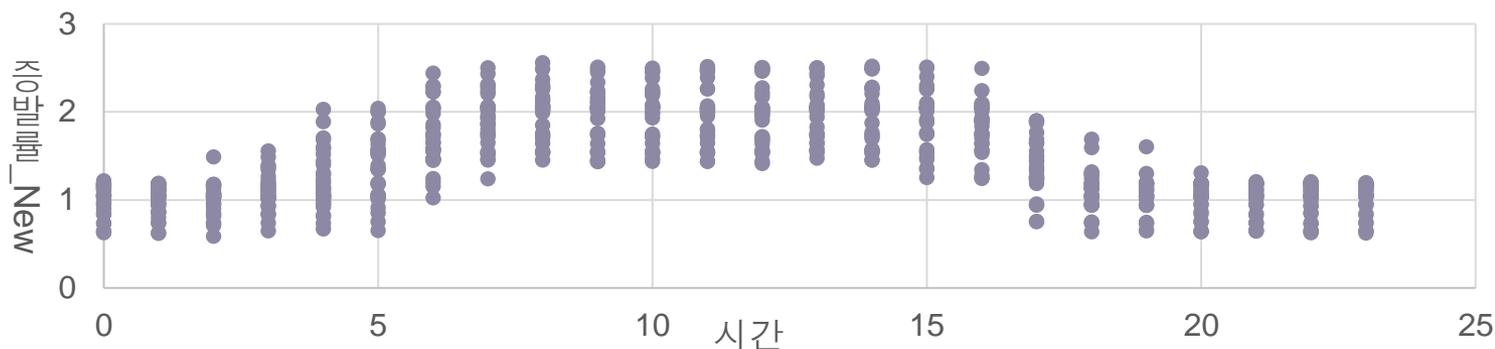
% ANFIS (탁도 vs 주입률)
Trn_Input = [A(:, 1)]; % Bias 제외
trnData = [Trn_Input Trn_Target];
mfType = 'gaussmf'; epoch_n = 100; type = 'sugeno';
cluster_n = 5; %10
in_fis = genfis3(Trn_Input,Trn_Target ,type,cluster_n);
out_fis = anfis(trnData,in_fis,epoch_n);
ANFIS_TrnOut = evalfis(Trn_Input, out_fis); Trn_Out = ANFIS_TrnOut;
```

2-3. 염소증발률을 고려한 주입률 결정

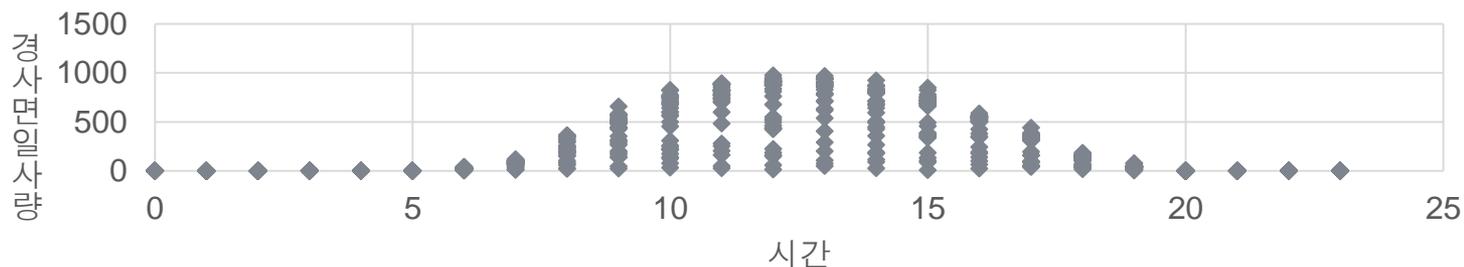
■ 전염소 : 증발량 → 온도, 풍속(센서 미설치) → 시간

- 목표 : 염소 증발률 예측 어려움 → 인공지능 활용 과년도 증발량 학습
- 제약 : FA망 기상청 기상자료 연계 제약

시간에 따른 증발률_New 산점도



시간에 따른 경사면일사량 산점도

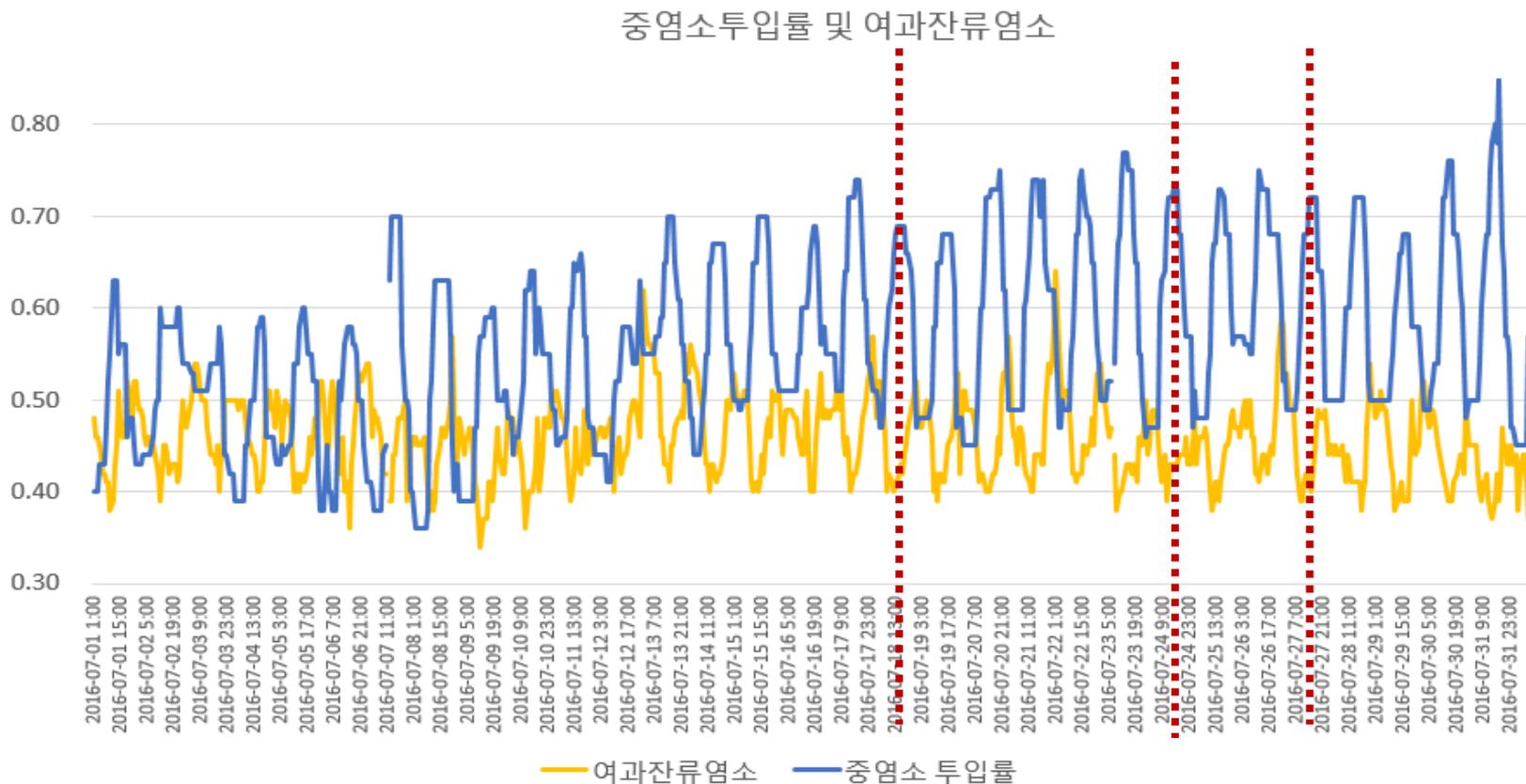


- 시간대에 따른 증발률과 경사면일사량이 일정한 패턴을 나타내는 걸 볼 수 있다.

2-3. 염소증발률을 고려한 투입률 결정

중염소주입률 vs 여과잔류염소

- 중염소주입률과 여과잔류염소는 반비례 : 증발률
- 전염소 투입률을 1ppm으로 일정하게 운영



2-3. 염소증발률을 고려한 주입률 결정

■ 전 염 소 제 어

- 목표 : 침전지 주야 증발률 차이, 근무자 수시변경 → 이를 고려한 잔류염소 안정화
 - 제약 : 증발률 계산, Data미취득, 날씨변화에 대한 대응, 제어에 따른 안전성 확보
- *** 염소주입률 = 증발률 + 침전지유출목표잔류염소 or 여과지유출목표잔류염소

BR_염소투입_POP0003.grf

주입률 조건표 자동 전 염 소 제 어 전 염 소 투 입 조 건 표 자 동 운 전 설 정

시 간	주입률 (ppm)												
	현재 주입률	1 월	2 월	3 월	4 월	5 월	6 월	7 월	8 월	9 월	10 월	11 월	12 월
00:00 ~ 01:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01:00 ~ 02:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02:00 ~ 03:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.25	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03:00 ~ 04:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04:00 ~ 05:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05:00 ~ 06:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06:00 ~ 07:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07:00 ~ 08:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.90	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08:00 ~ 09:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
09:00 ~ 10:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10:00 ~ 11:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11:00 ~ 12:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12:00 ~ 13:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13:00 ~ 14:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14:00 ~ 15:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15:00 ~ 16:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16:00 ~ 17:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17:00 ~ 18:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18:00 ~ 19:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19:00 ~ 20:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:00 ~ 21:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21:00 ~ 22:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:00 ~ 23:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:00 ~ 24:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

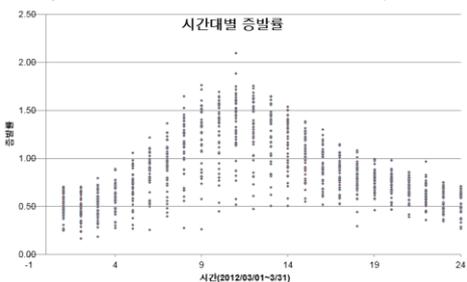
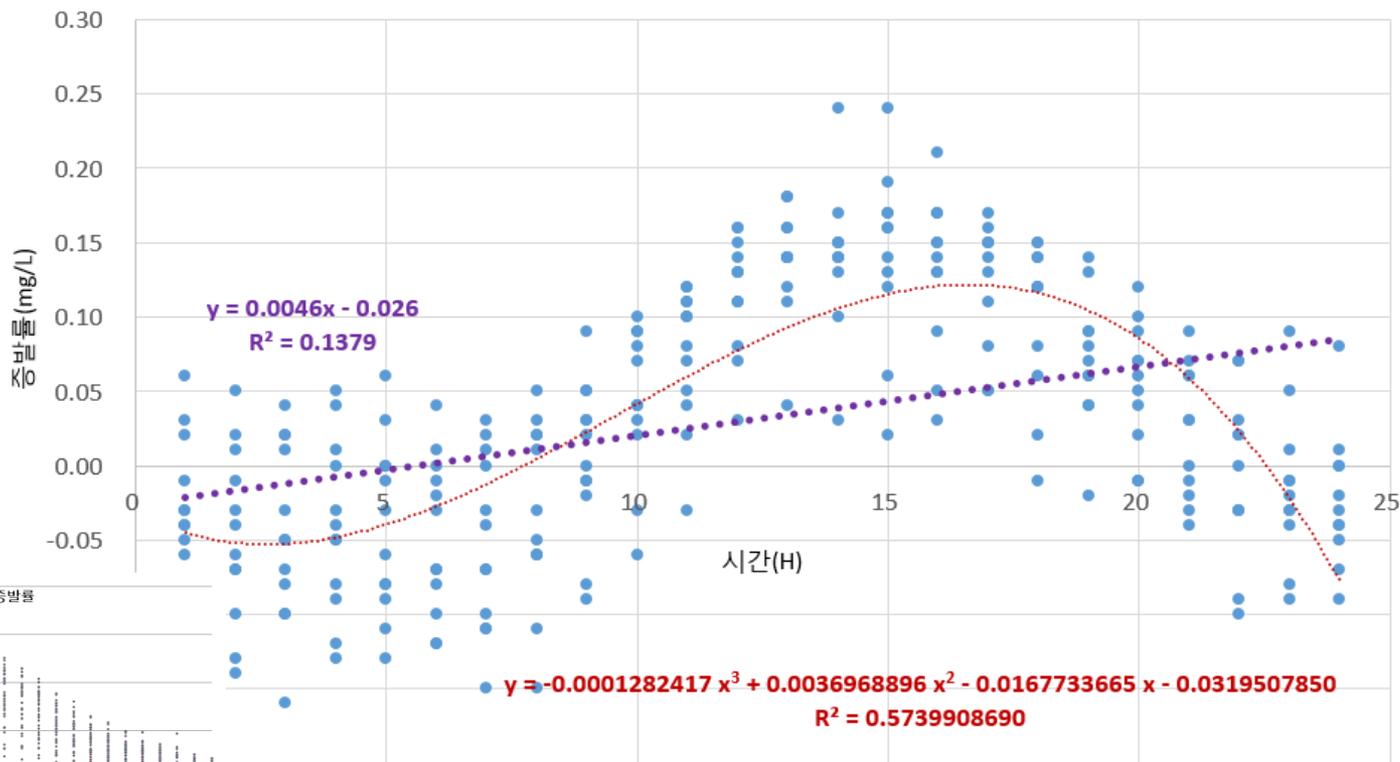
제류시간 0.00 달기

2-3. 염소증발률을 고려한 주입률 결정

■ 기초통계분석 : 상관관계

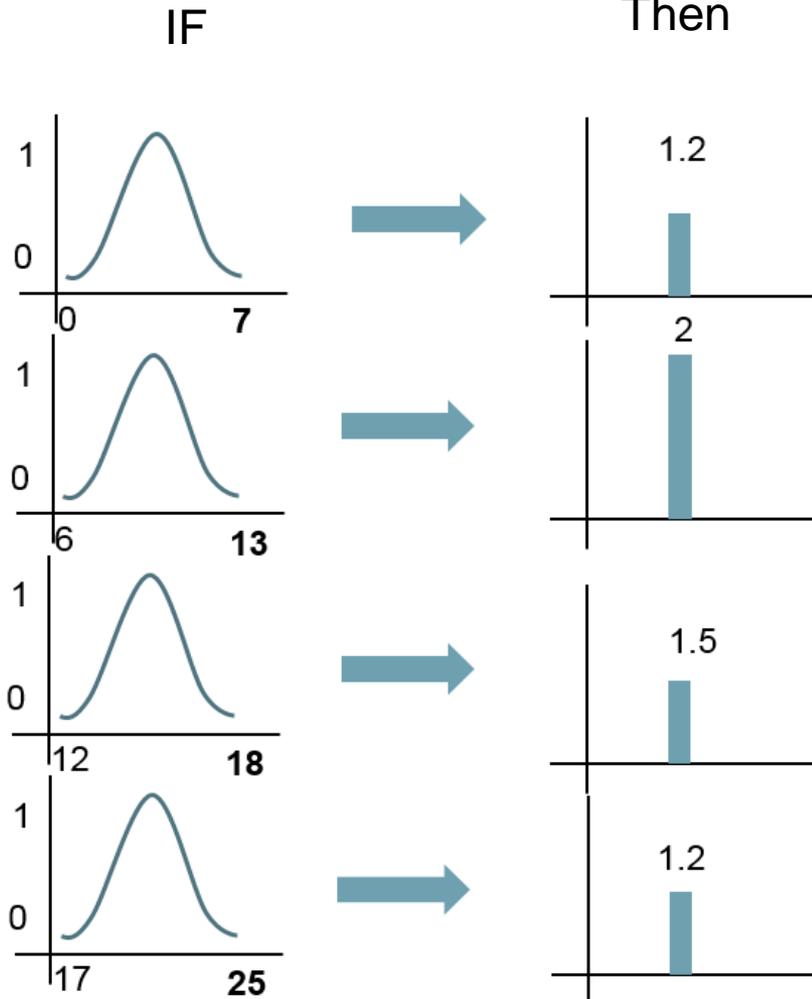
- 비선형이면, R_Square = 0.57 이므로, **R = 0.755**
- 중염소는 14시에 최대 주입률 투입 필요 : 증발이 많이 돼서 들어오므로

증발률(중염소투입률-잔류염소, 6/3~6/5, 1시간지연고려)

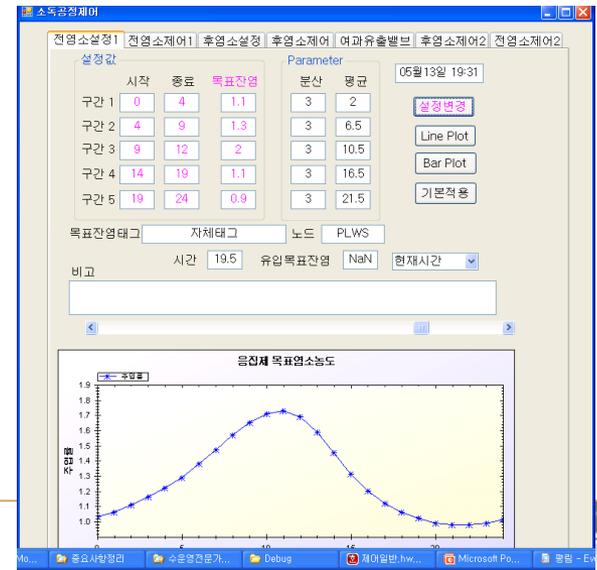
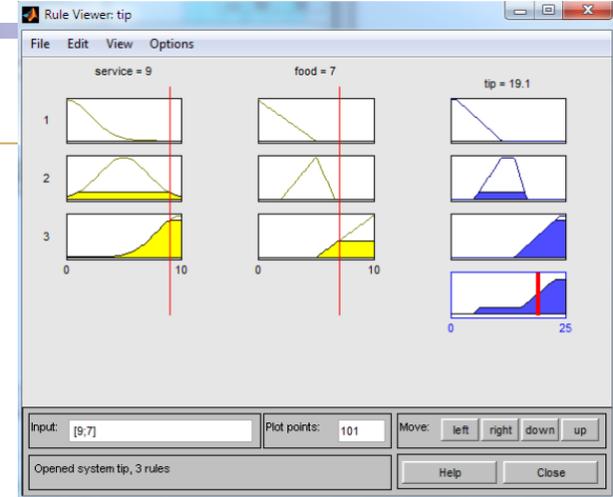


2-3. 염소증발률을 고려한 주입률 결정

■ 전염소 제어(Fuzzy)



$$\text{Output} = \frac{W_1 f_1 + W_2 f_2}{W_1 + W_2}$$



2-3. 염소증발률을 고려한 주입률 결정

■ 시스템 구현

● 알고리즘 : 중염소주입률 = Fuzzy 주입률 + 보정상수(목표여과잔염-현재여과잔염)

The screenshot displays a control interface for a water treatment system. At the top, it shows '후염소주입률' (0.49 mg/L) and '중염소주입률' (0.91 mg/L). Below this is a table with columns for '시간' (Time), '중염소주입률' (Chlorine Dosing Rate), '여과유과잔염' (Filter Residual Chlorine), '정수유과잔염' (RO Residual Chlorine), '정수유과잔염' (RO Residual Chlorine), and '원수+원수유과잔염' (Raw Water + RO Residual Chlorine). A line graph below the table plots '중염소 주입농도' (Chlorine Dosing Concentration) against '시간' (Time), showing a bell-shaped curve peaking around 1.05 mg/L at time 15.

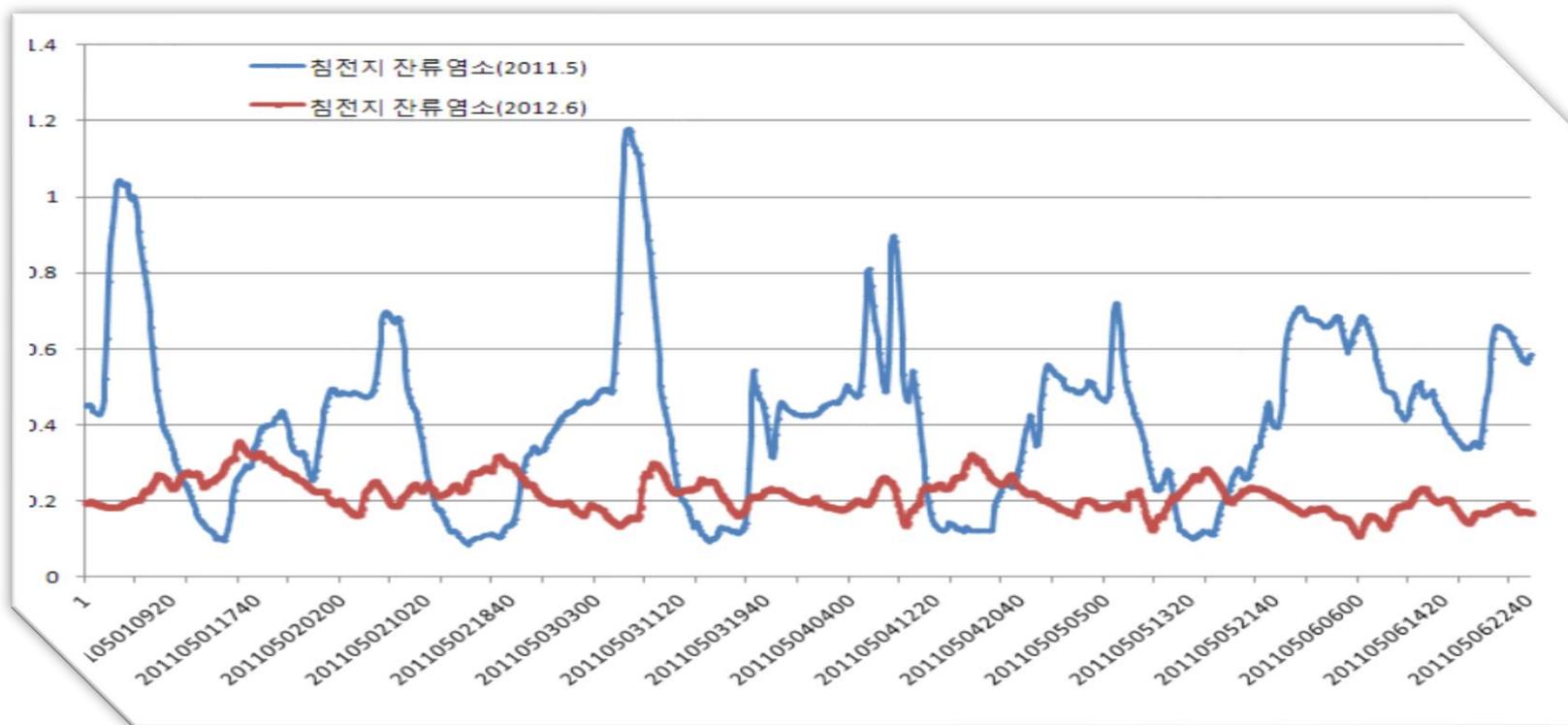
시간	중염소주입률	여과유과잔염	정수유과잔염	정수유과잔염	원수+원수유과잔염
09-27 06:30	0.91	0.45	0.996	0.876	2077.776
09-27 06:25	0.91	0.454	1.003	0.874	2063.008
09-27 06:15	0.9	0.453	1.007	0.873	2068.672
09-27 06:10	0.9	0.457	1.006	0.871	2048.733
09-27 06:05	0.9	0.458	0.998	0.876	2054.744
09-27 06:00	0.9	0.456	1	0.876	2069.624
09-27 07:55	0.9	0.458	0.997	0.882	2090.082
09-27 07:50	0.9	0.461	0.991	0.878	2052.379
09-27 07:40	0.89	0.46	1	0.874	2079.984
09-27 07:35	0.89	0.461	0.997	0.874	2065.274
09-27 07:30	0.89	0.46	1.001	0.876	2067.08
09-27 07:25	0.89	0.461	1.009	0.875	2066.396
09-27 07:20	0.89	0.461	1	0.882	2073.936
09-27 07:15	0.89	0.459	1.007	0.887	2072.788
09-27 07:05	0.88	0.46	1.006	0.881	2068.589
09-27 07:00	0.89	0.462	1.006	0.872	2071.111
09-27 06:55	0.89	0.46	1.01	0.877	2059.031
09-27 06:50	0.89	0.462	0.996	0.874	2076.133
09-27 06:45	0.89	0.462	0.991	0.875	2047.46
09-27 06:40	0.88	0.463	0.996	0.872	2071.034
09-27 06:30	0.88	0.463	1.005	0.881	2064.37
09-27 06:25	0.88	0.459	0.999	0.883	2072.126
09-27 06:20	0.88	0.459	0.992	0.888	2068.82
09-27 06:15	0.88	0.456	1.002	0.869	2056.459
09-27 06:10	0.88	0.457	1.015	0.866	2089.401
09-27 06:05	0.88	0.46	1.009	0.867	2072.906
09-27 05:55	0.88	0.455	1.006	0.857	2064.467
09-27 05:50	0.88	0.456	0.999	0.854	2099.999
09-27 05:45	0.88	0.454	1.001	0.851	2072.879
09-27 05:40	0.88	0.45	1.011	0.853	2081.111
09-27 05:35	0.88	0.451	1.007	0.846	2070.192
09-27 05:30	0.88	0.451	1.003	0.849	2078.941
09-27 05:20	0.88	0.452	0.993	0.849	2086.146

The screenshot displays a control interface for a water treatment system, showing a schematic diagram of the process. The diagram includes components like '원수' (Raw Water), '정수' (RO), '여과' (Filter), and '중염소' (Chlorination). Below the diagram are several control panels for '중염소 주입률' (Chlorine Dosing Rate) and '정수 유과 잔염' (RO Residual Chlorine). The interface also shows a '관제사상' (Control Status) section with various indicators and a 'PLC 시간' (PLC Time) section.

2-3. 염소증발률을 고려한 주입률 결정

■ 침전지유출 잔류염소

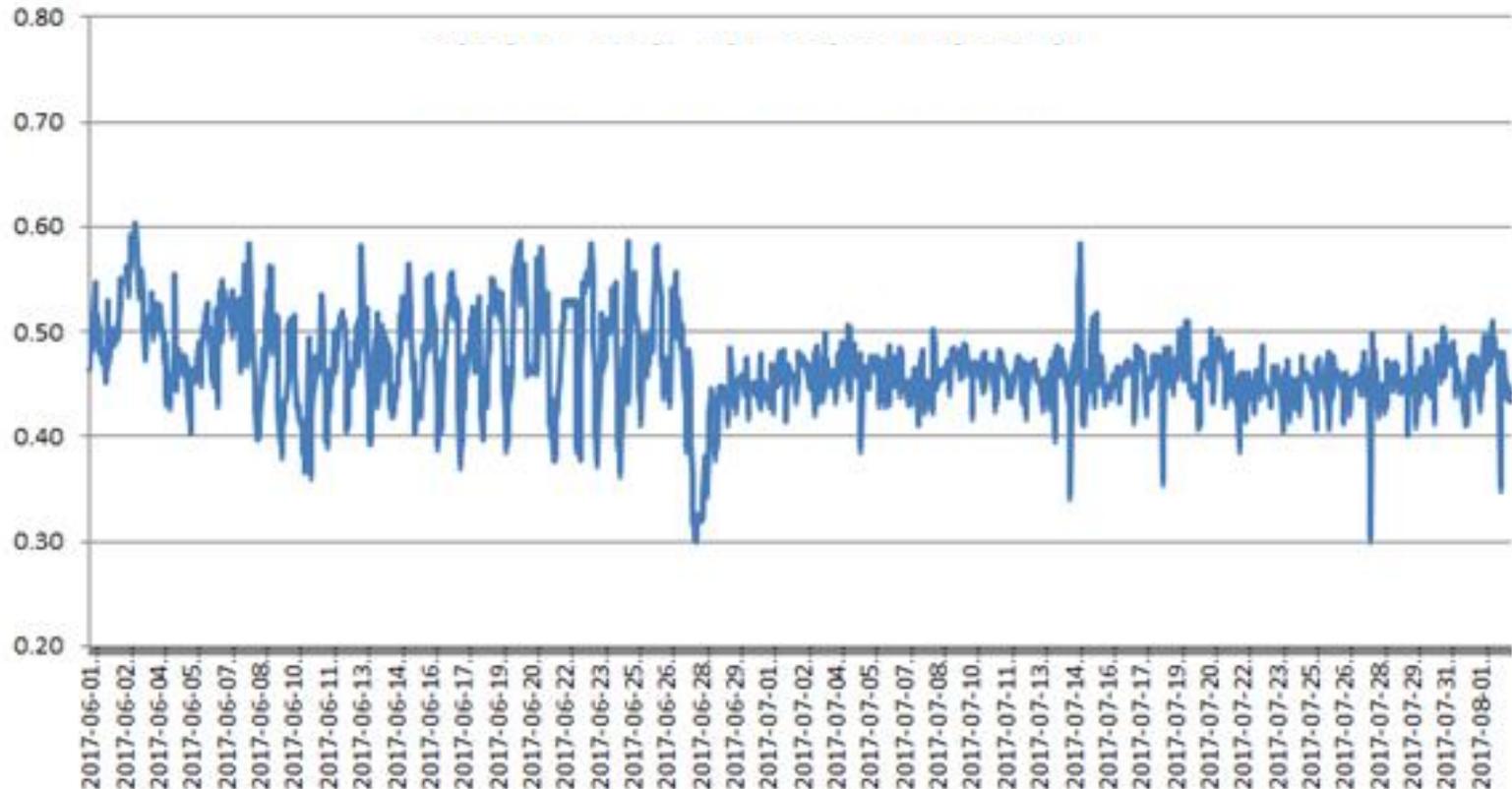
- 침전지 잔류염소 안정화 : 0.1~1.2ppm → 0.15~0.3ppm
- 기존대비 변화율 개선 : 7.3배



2-3. 염소증발률을 고려한 주입률 결정

■ 여과지 유출 잔류염소

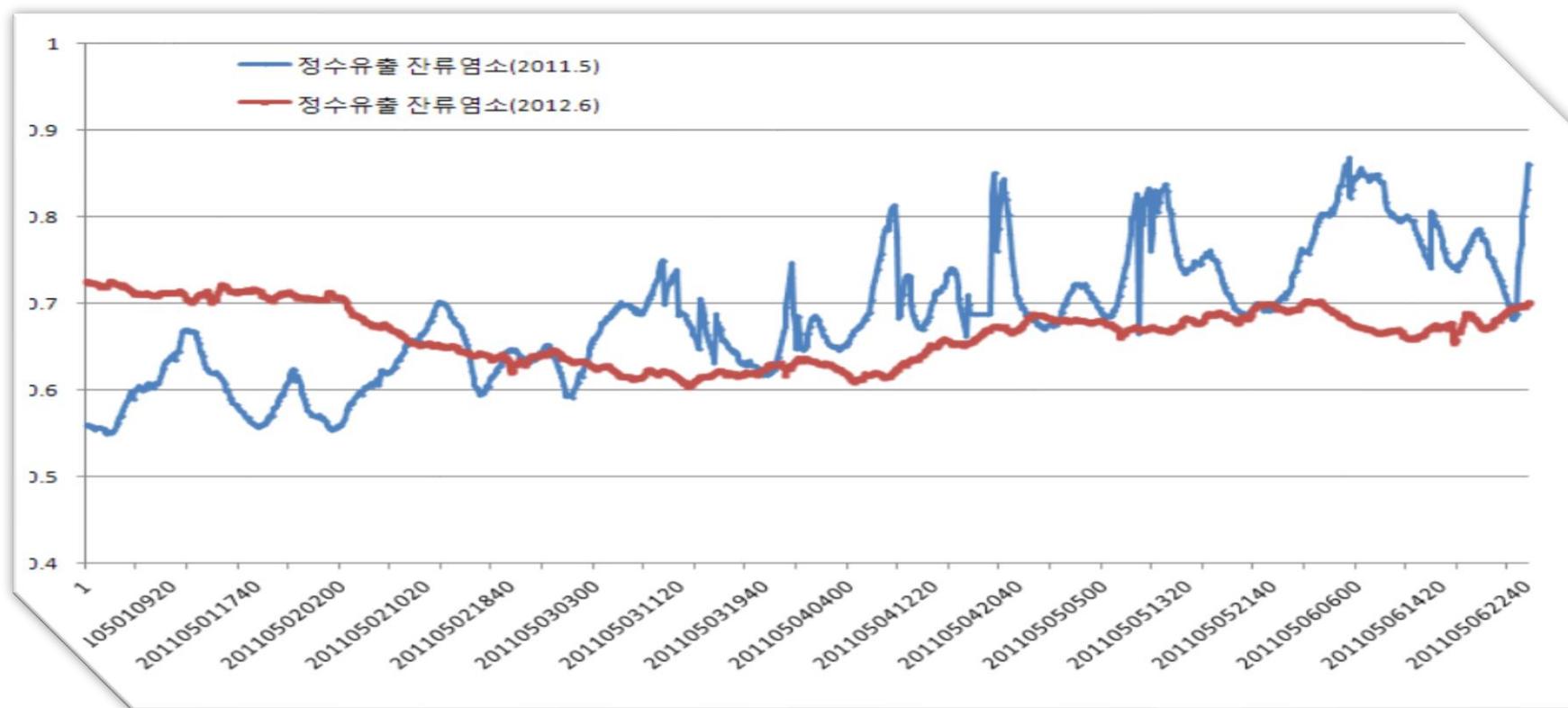
- 여과유출 잔류염소 안정화 : 0.4~0.6ppm → 0.4~0.5ppm
- 기존대비 변화율 개선 : 2배



2-3. 염소증발률을 고려한 주입률 결정

■ 정수유출 잔류염소

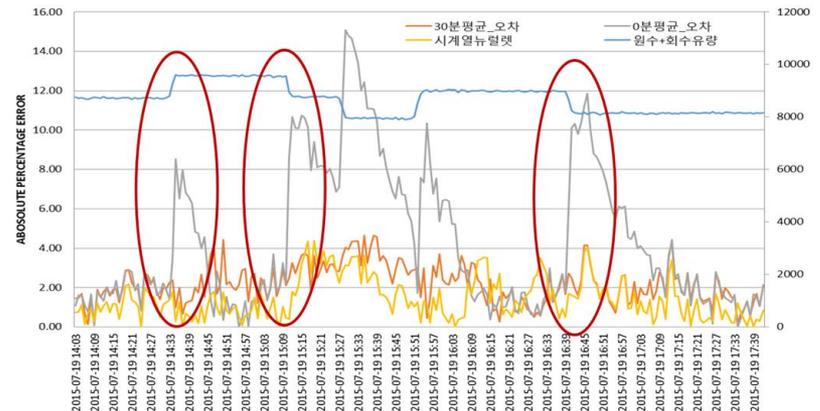
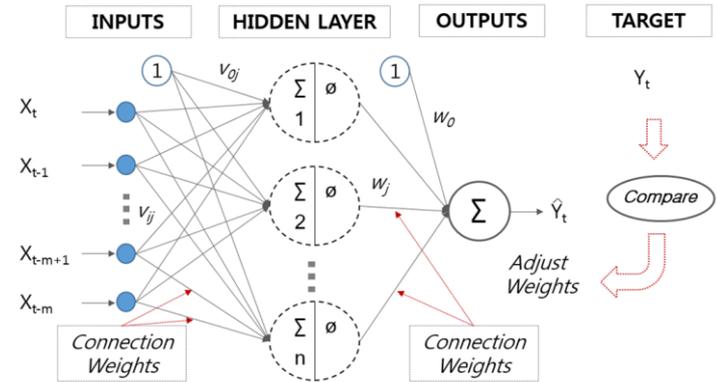
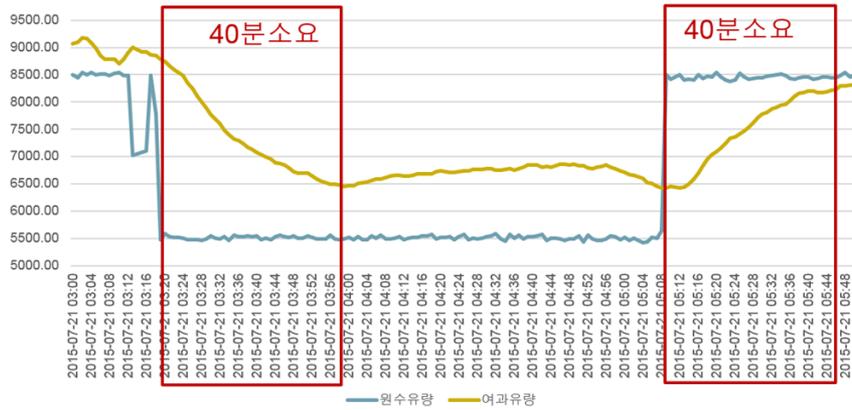
- 정수유출 잔류염소 안정화 : 0.55~0.85ppm → 0.6~0.7ppm
- 기존대비 변화율 개선 : 2배



2-3. 염소증발률을 고려한 주입률 결정

■ 침전지 유출유량 예측

● 중염소 및 후염소 주입을 위한 침전지 및 유출유량 산정



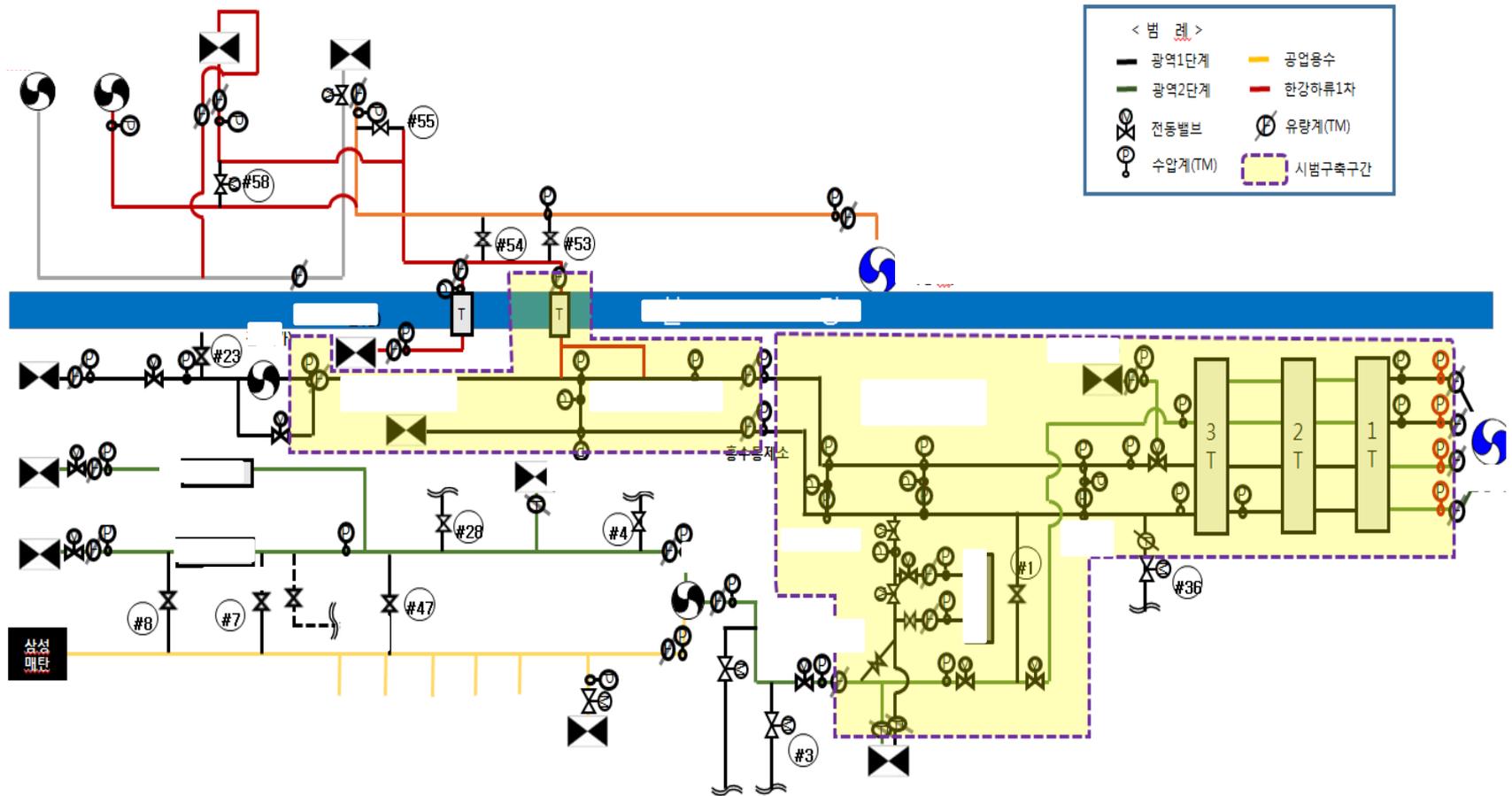
3. 취송수공정 활용방안



2 제안 알고리즘

· 광역상수도 관망도

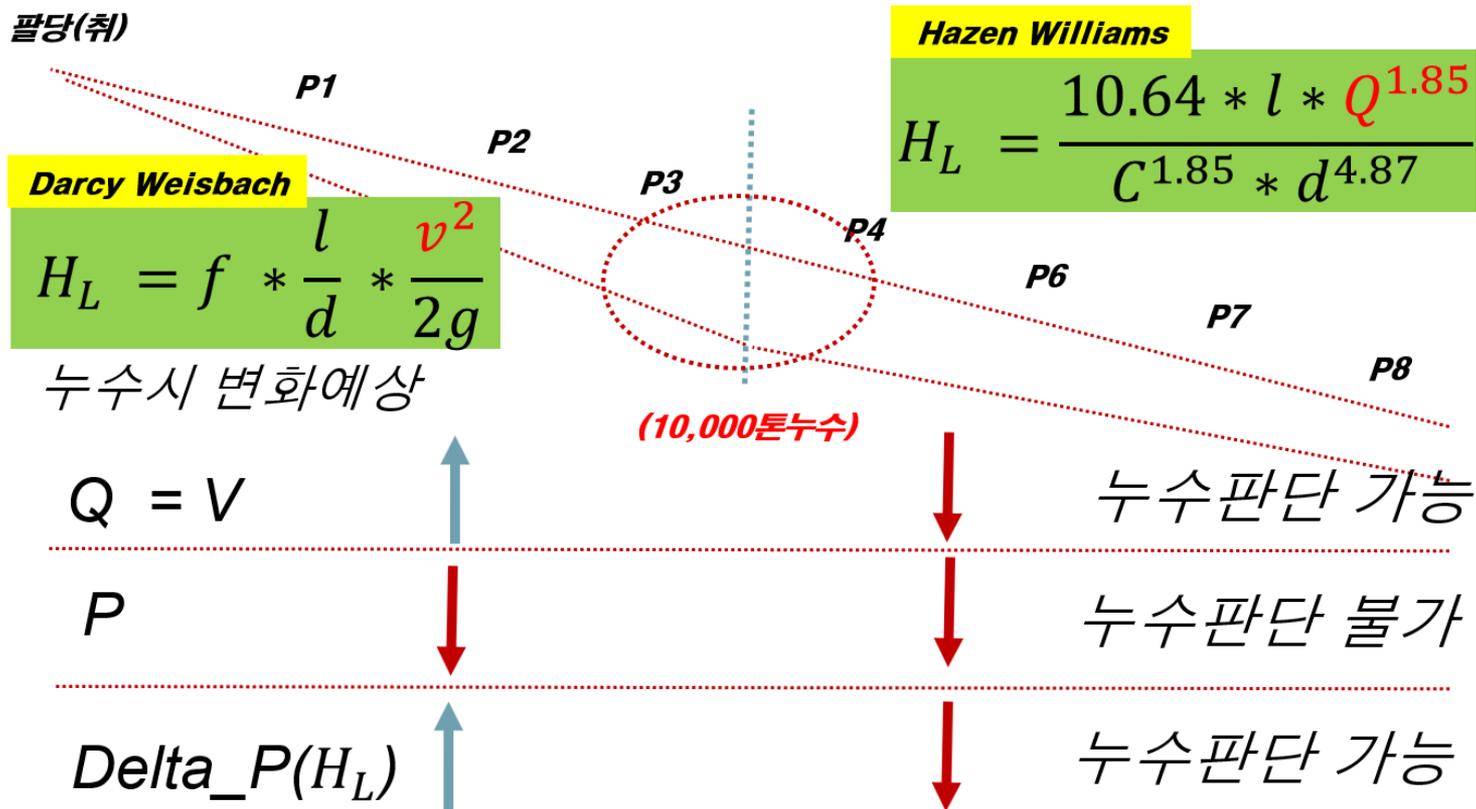
- 유량센서 계측한계 발생, 타 센서 이용방안 마련 필요



3-1. 광역상수도 실시간 누수예측

■ 누수지점 : 압력데이터를 이용한 누수분석(차압이용)

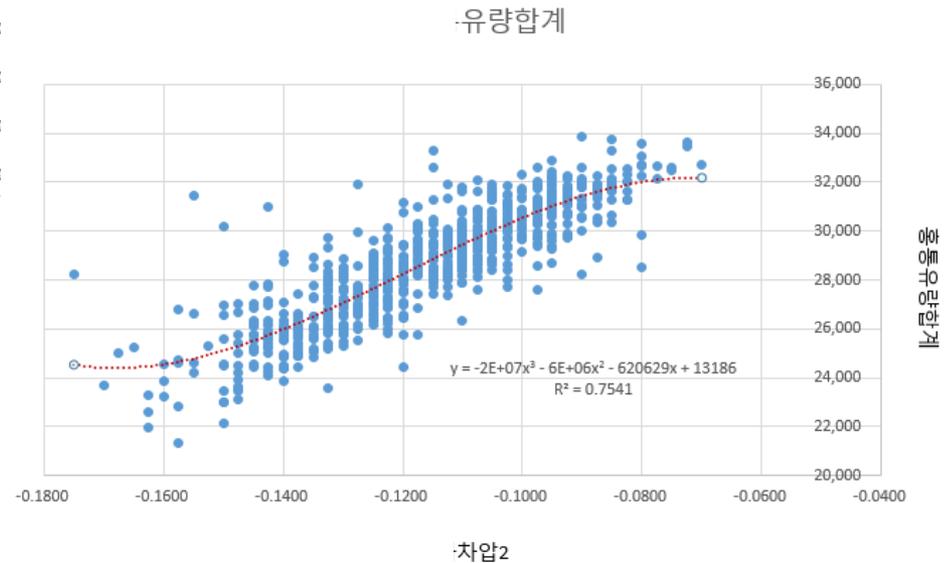
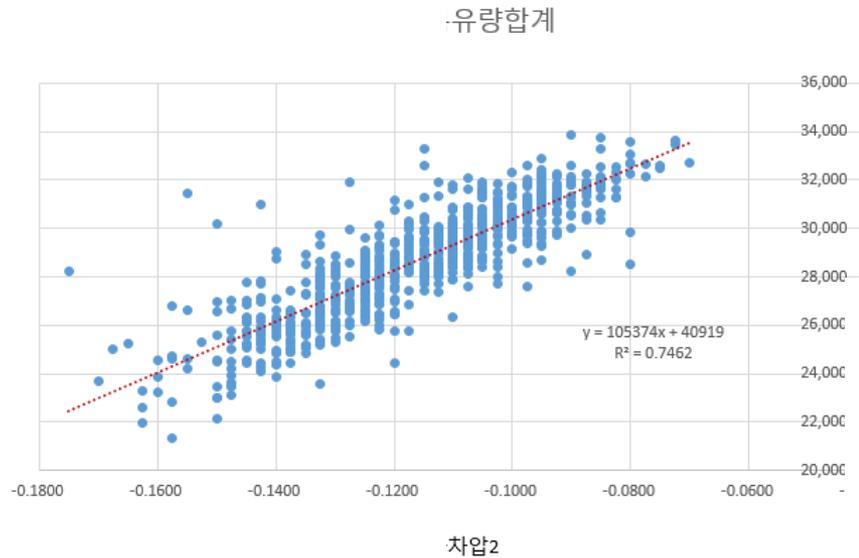
- 목표 : 중대규모 정수장 실시간 누수감지 기술
- 제약 : 유량계 설치제약, 관망자료 Hunting, 관망의 변화



3-1. 광역상수도 실시간 누수예측

차압과 유량관계

- 선형과 비선형 학습결과 : 손실수두 공식과의 일부 차이 발생



3-1. 광역상수도 실시간 누수예측

■ 누수인지

● 누수인지 프로세스 : Hunting Data로 인한 누수인지 해제 빈번 해소 방법

=> WECR, Outlier 제거기법

누수량 = 공급량 - 수수량

누수량 이동평균 (5분이상)

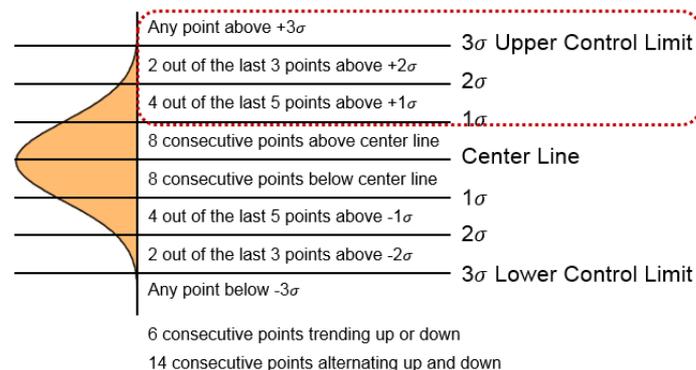
지정편차를 초과했는가?

Yes

편차초과를 지속했는가?

Yes

누수확정 및 위치프로세스 가동



No

종료

3-1. 광역상수도 실시간 누수예측

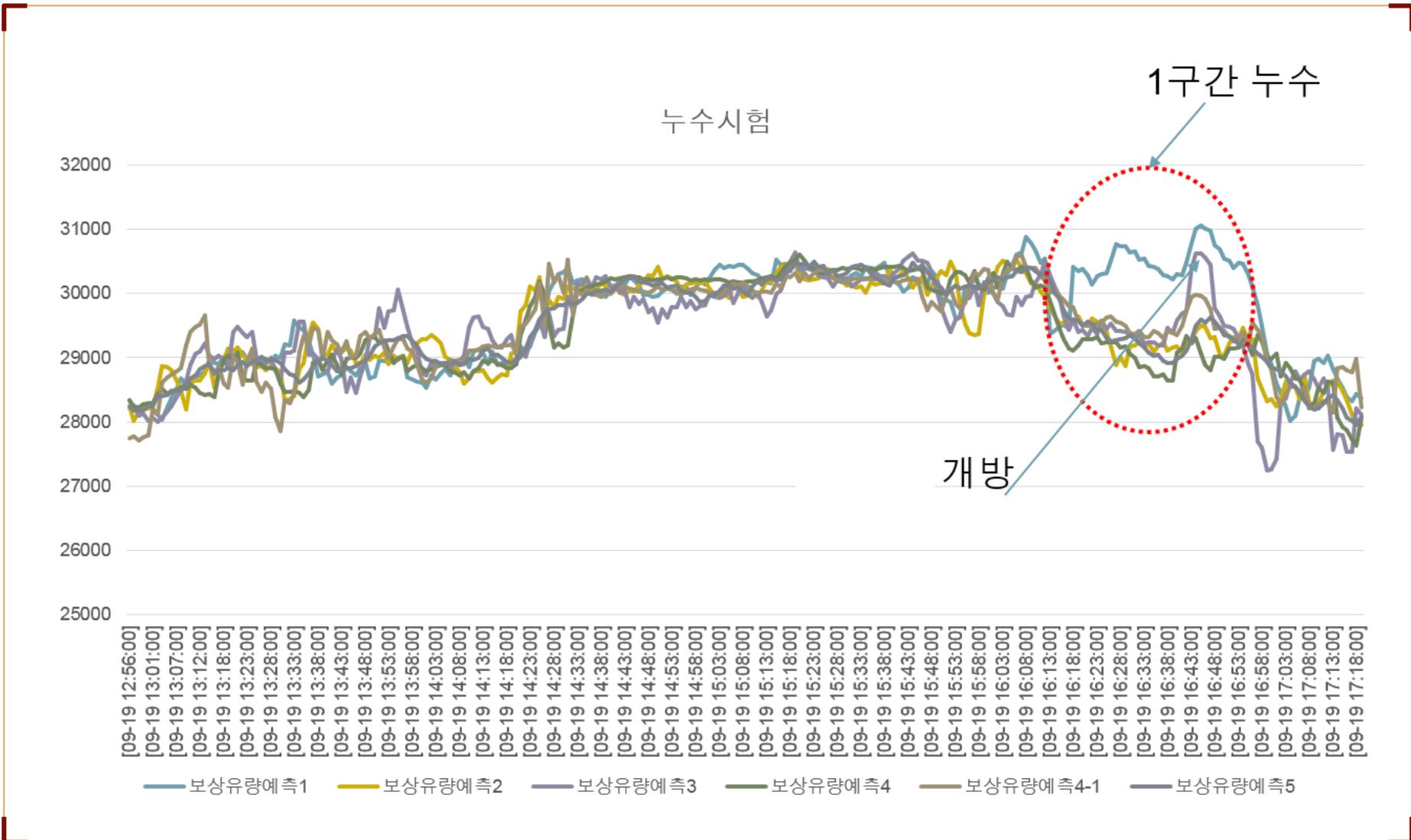
■ 누수인지 및 누수 지점

- 누수지점 프로세스 : Hunting Data와 학습오차 해소방안 마련 필요
=> 이동평균 필터 사용



3-1. 광역상수도 실시간 누수예측

■ 누수인지 및 누수 지점(변경)



3-1. 광역상수도 실시간 누수예측

■ 학습 → 당시

● 누수지점 감지 능력(전체)

	1구간	2구간	3구간	4구간	5구간
개수	140	39	8	33	0
확률	64%	18%	4%	15%	0%

● 누수지점 감지 능력(충분한 누수량)

11:30-11:40	1구간	2구간	3구간	4구간	5구간
개수	56	8	1	0	0
확률	86%	12%	2%	0%	0%

3-2 수송에너지 절감기술

■ 취송수 펌프요금 최소화

- 목표 : 전력요금체계와 저장탱크 용량을 고려한 최적 용수공급
- 제약 : 배수지, 저류조 관리권 이원화로 인한 이용제약 발생

※ 전력요금체계 : 경부하와 최대부하 3배 차이 (한전 전기요금표 참조)

구 분	기본요금 (원/kWh)	전력량요금(원/kWh)			비고
		여름철 (7~8월)	봄가을철 (3~6, 9~10월)	겨울철 (11~2월)	
산업용을 고압A	경부하	61.6	61.6	68.6	10시간
	중간부하	114.5	84.1	114.7	9시간
	최대부하	196.6	114.8	172.2	5시간

※ 2016년도 전력사용량 : 1,450억원/년 (전력원단위 참조)

구 분	전력사용량(kWh)	기타사용량(kWh)	전력요금(원)
계	1,292,358,109	12,159,192.97	145,031,035,510

※ 전국 배수지 및 가압장 수량(국가통계포털 KOSIS 2015 참조)

구 분	배수지수	가압장
전 국	2,063	3,828

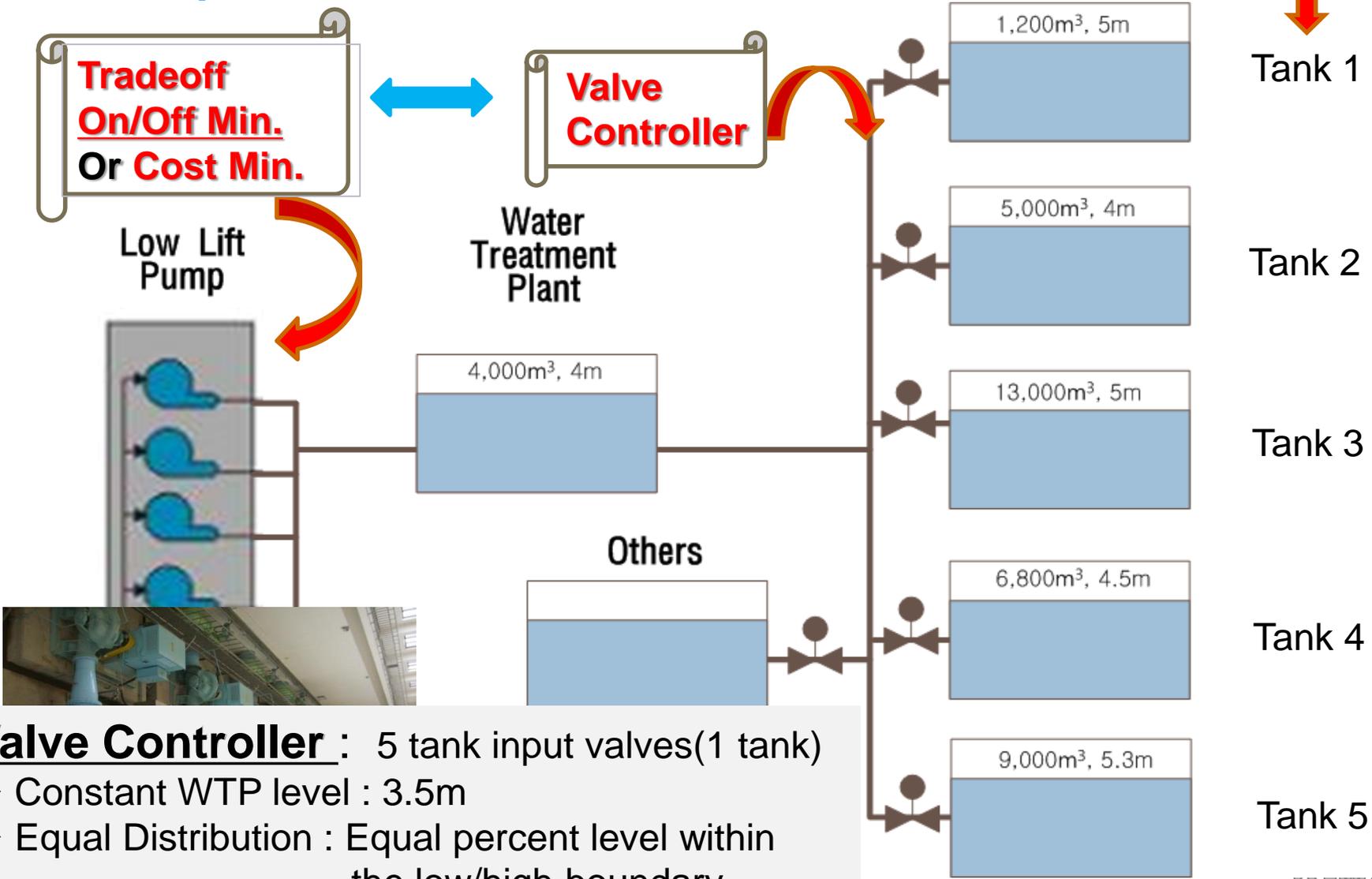
Pump Control : WTP level , Tank level

- ❖ On/Off Min : Operation at the low/high level
- ❖ Cost Min. : Operation at the varying target levels by flow prediction and load shift

Flow to Level Prediction

Tradeoff On/Off Min. Or Cost Min.

Valve Controller



Valve Controller : 5 tank input valves(1 tank)

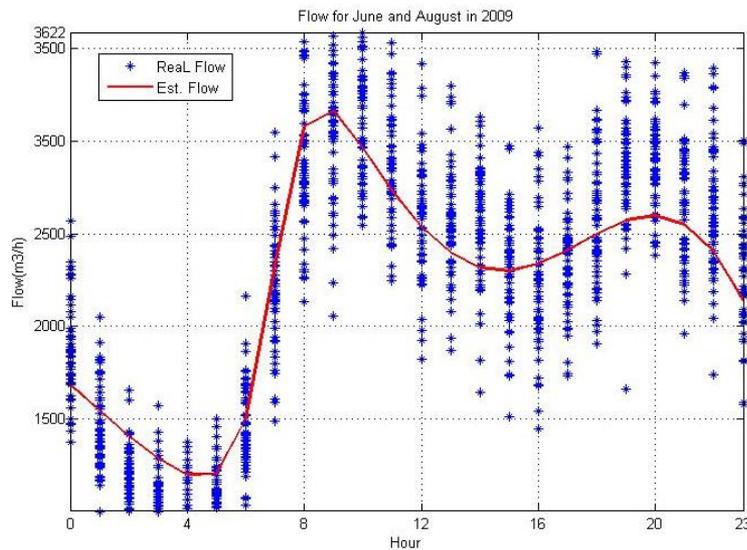
- ❖ Constant WTP level : 3.5m
- ❖ Equal Distribution : Equal percent level within the low/high boundary

3-2 수송에너지 절감기술

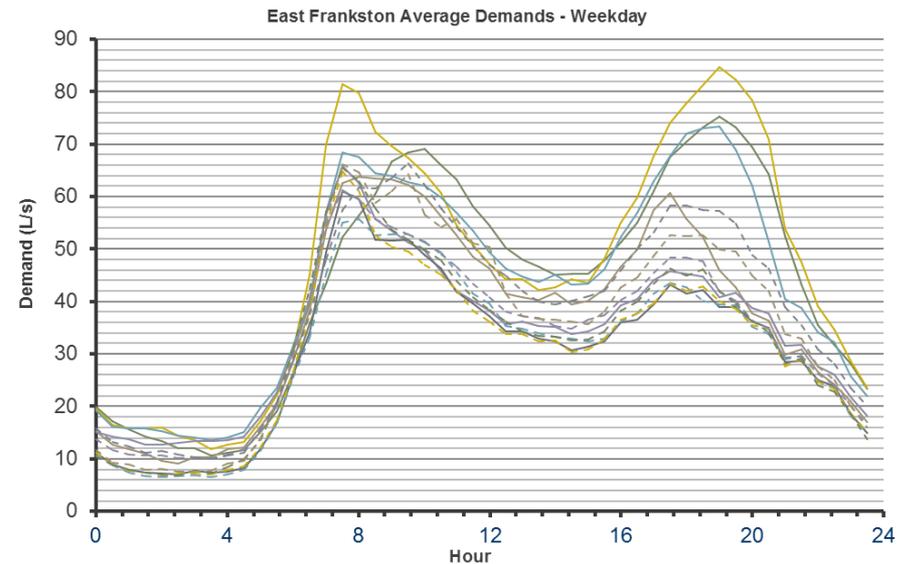
■ 용수 수요예측

● 시간대별 수요량 예측

- 유량자료 (7~8월), 고려대상 : 시간,계절,온도 등
- 적용알고리즘 : 뉴로퍼지, MLP, SVR 등 (MLR은 부적합)



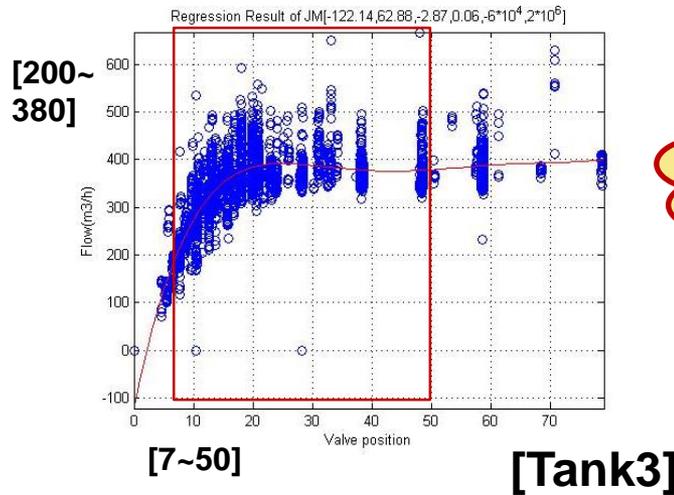
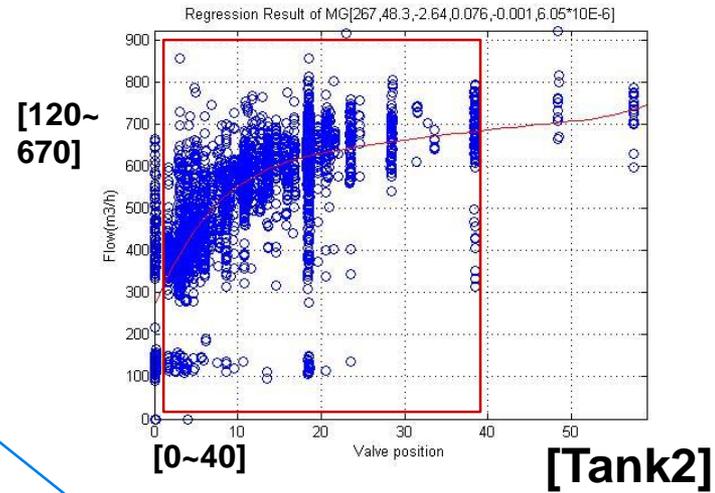
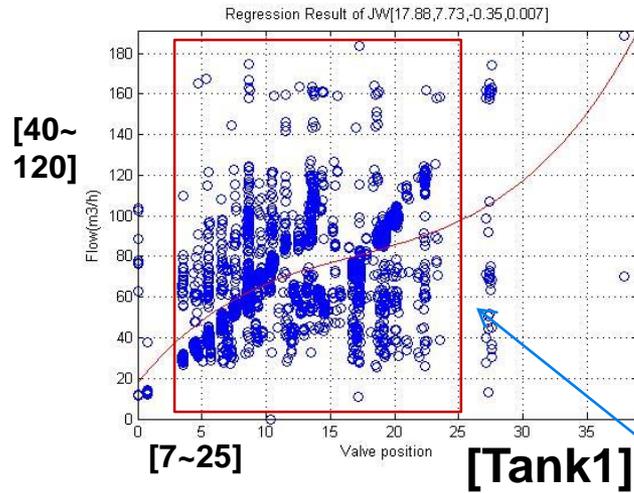
[Estimation Result]



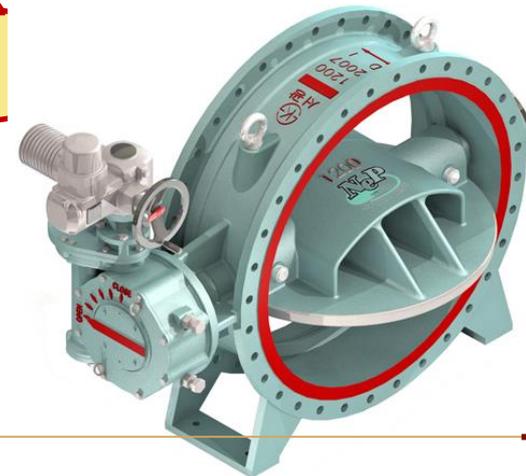
[Australian Result]

3-2 수송에너지 절감기술

· 밸브 제어



vulnerable to big tanks



3-2 수송에너지 절감기술

예상효과

Spring & Fall

Fee	Before (Big 2, Small 1)		After (Big 4)	
	HV A, Type I	HV A, Type II	HV B, Type I	HV B, Type II
Basic Fee(won)	5,815,950	6,709,150	10,000,000	11,000,000
Usage Fee(won)	34,417,993	32,435,295	28,174,950	25,670,250
Sum (won)	40,233,943	39,144,445	38,174,950	36,670,250

Summer

Fee	Before (Big 2, Small1)		After (Big 4)	
	HV A, Type I	HV A, Type II	HV B, Type I	HV B, Type II
Basic Fee(won)	5,815,950	6,709,150	10,000,000	11,000,000
Usage Fee(won)	46,598,805	44,095,528	31,678,650	28,026,450
Sum (won)	52,414,755	50,804,678	41,678,650	39,026,450

절감금액

➡ **60,977,050 won/year**

Winter

Fee	Before (Big 2, Small 1)		After (Big 4)	
	HV A, Type I	HV A, Type II	HV B, Type I	HV B, Type II
Basic Fee(won)	5,815,950	6,709,150	10,000,000	11,000,000
Usage Fee(won)	40,376,643	37,876,893	30,441,937	27,942,187
Sum (won)	46,192,593	44,586,043	40,441,937	38,942,187

감사합니다

